普通高等教育“十二五”规划教材

工程制图与CAD

杜冬梅　崔永军　主　编
董兴辉　杨志凌　副主编

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

扰动材料力学有限元分析——基于MATLAB编程	刘杰民
非线性振动	顾致平
大学物理实验	彭　建
化学与生活	周小力
大学计算机基础	潘卫华等
大学计算机基础实训	潘卫华等
信息技术基础	曲俊华
信息技术基础实验指导与习题	曲俊华
新编C语言程序设计教程	林碧英
计算机导论（第二版）	郑顾平等
Visual Basic 程序设计实用教程	肖　彬
工程力学	郭应征
工程力学	黄孟生
工程力学（静力学+材料力学）	韩秀清
理论力学	武清玺
材料力学	黄孟生
材料力学习题解答	黄孟生
材料力学	郭应征
材料力学学习指导	郭应征
材料力学教程	刘杰民
材料力学精要和题解	刘杰民
材料力学学习与考试指导	邱棣华
工程制图与CAD	杜冬梅
AutoCAD从基础到应用	于春艳
AutoCAD 2010机械制图及上机指导	张　琳
图学基础教程（第二版）	袁　威
图学基础教程习题集（第二版）	袁　威
工程经济学	李相然
工程经济学（第二版）	郭献芳等

中国电力出版社
刮开涂层
查询真伪

关注我，关注更多好书

中国电力出版社教材中心
教材网址　http://jc.cepp.sgcc.com.cn
服务热线　010-63412706　63412548

ISBN 978-7-5123-4804-2
9 787512 348042 >
定价：39.80 元

014C07174

TB237-43
28

391

普通高等教育“十二五”规划教材

工程制图与CAD

主　编　杜冬梅　崔永军
副主编　董兴辉　杨志凌
编　写　伍　鹏　陈正荣　李　红
　　张　志　郑　凯　冯　欣
主　审　刘静华

北京航空航天大学
★ 藏书 ★
图书馆

TB237-43
28

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

北航　C1690302

普通高等教育“十二五”规划教材

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十二五”规划教材，是根据高等院校工科和管理类各专业对本课程的要求，并结合全体编写人员多年的教学经验编写的。本书主要内容包括：基础部分有机械制图和建筑制图国家标准基本知识、画法几何、投影制图；专业制图部分有机械制图、建筑识图、管道图、展开图、计算机绘图等内容。

为了适应各专业的要求，本书采用最新的国家标准，精选内容、突出重点、保证基础、深浅适中，文字叙述通俗简练。在注重分析解题思路和步骤的同时，对一些难点和重点问题采用与作图步骤基本相同的分解图。

本书可作为高等工科院校各专业制图课程的教材，也可供相关人员学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

工程制图与CAD/杜冬梅，崔永军主编. —北京：中国电力出版社，2013.9

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-4804-2

Ⅰ.①工… Ⅱ.①杜…②崔… Ⅲ.①工程制图－AutoCAD软件－高等学校－教材 Ⅳ.①TB237

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第181643号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013年9月第一版 2013年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 25印张 611千字

定价 **39.80** 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前　言

本书是根据高等学校工科工程制图课程教学基本要求结合各工科和管理类本专科专业对本课程的要求，集教研室全体教师尤其是老教师多年的教学经验，贯彻少而精的原则编写的。本书的内容包括基础部分和专业制图部分。基础部分有机械制图和建筑制图国家标准基本知识、画法几何、投影制图；专业制图部分有机械制图、建筑识图、管道图、展开图、计算机绘图等内容。各本专科专业可根据要求选讲不同内容。

需要说明的有以下几点：

（1）为了适应各专业的要求，本书在选材上力求做到突出重点、精选内容、保证基础、深浅适中。画法几何以特殊位置为主，一般位置用小号字印刷，换面法以一次换面为主，曲面立体以回转体为主，剖视以单一剖切平面的全、半、局剖为主等。

（2）本书既适用于非机械类各专业，又适用于机械类和近机类各专业，也适用于建筑工程管理各专业。非机械类专业在画法几何部分的教学中，可只选特殊位置，其中小号字所述内容不讲即可，而机械类和近机类专业可全部选用。

（3）文字叙述力求通俗简练，注意分析解题的思路和步骤，注意培养学生的空间想象能力，从而解决图物互相转换的问题。图形编排上尽量符合学生的习惯，对一些难点和重点问题采用与作图步骤基本相同的分解图。

（4）书中绝大多数图形用计算机绘制，有些不符合国家标准要求，如虚线、点画线与其他图线相交时，可能出现和空、点相交的情况，点画线的线段太短等。但由于计算机绘图是本课程发展的方向，这些出入是应该允许的。

（5）本书采用了最新发布的国家标准《技术制图与机械制图》。

（6）由于计算机绘图技术发展很快，内容庞杂，本书只介绍 AutoCAD 2012 绘制电气图样和少量的机械图样等内容。

本书由杜冬梅教授和崔永军教授主编，董兴辉教授、杨志凌副教授任副主编，伍鹏、陈正荣、李红、张志、郑凯、冯欣等老师参编，由教育部工程图学教学指导委员会副主任、北京图学学会理事长、北京航空航天大学教授刘静华主审。

由于编者水平有限，且教学工作繁忙，虽经反复校对，书中仍会存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

编　者

2013 年 7 月

目　录

前言

绪论 …… 1
第一章　制图的基本知识 …… 6
　第一节　国标《技术制图与机械制图》简介 …… 6
　第二节　绘图工具和仪器的使用方法 …… 14
　第三节　几何作图 …… 16
　思考题 …… 22
第二章　点、直线、平面的投影 …… 23
　第一节　投影的基本知识 …… 23
　第二节　点的多面投影 …… 25
　第三节　直线的投影 …… 30
　第四节　平面的投影 …… 40
　第五节　直线与平面、平面与平面的相对位置 …… 50
　第六节　换面法 …… 59
　思考题 …… 66
第三章　基本体的三视图 …… 67
　第一节　平面基本体的三视图 …… 67
　第二节　回转体的三视图 …… 71
　思考题 …… 76
第四章　回转体表面的交线 …… 77
　第一节　平面与回转体表面的交线——截交线 …… 77
　第二节　二回转体表面的交线——相贯线 …… 89
　思考题 …… 97
第五章　组合体的三视图及尺寸注法 …… 98
　第一节　组合体三视图的画法 …… 98
　第二节　读组合体三视图的方法 …… 103
　第三节　组合体的尺寸注法 …… 110
　思考题 …… 115
第六章　轴测图 …… 116
　第一节　轴测图概述 …… 116
　第二节　正等测图 …… 117
　第三节　斜二测图 …… 126
　思考题 …… 129

第七章　机件的表达方法 …… 130
第一节　视图 …… 130
第二节　剖视图 …… 133
第三节　断面图 …… 145
第四节　其他表达方法 …… 148
第五节　第三角画法简介 …… 151
第六节　机件的各种表达方法举例和小结 …… 153
思考题 …… 155
第八章　标准件和常用件 …… 156
第一节　螺纹 …… 156
第二节　螺纹紧固件及其连接 …… 164
第三节　齿轮 …… 170
第四节　弹簧 …… 175
第五节　键和销 …… 179
第六节　滚动轴承 …… 182
思考题 …… 184
第九章　零件图 …… 186
第一节　零件图的内容和作用 …… 186
第二节　零件图的视图选择 …… 187
第三节　零件图的尺寸注法 …… 192
第四节　常见的零件工艺结构 …… 195
第五节　表面结构 …… 198
第六节　公差与配合 …… 204
第七节　几何公差 …… 211
第八节　读零件图 …… 214
思考题 …… 217
第十章　装配图 …… 219
第一节　装配图的内容及其作用 …… 219
第二节　装配图的表达方法 …… 220
第三节　装配图的尺寸标注 …… 223
第四节　装配图中的零件编号和明细栏 …… 224
第五节　机器上常见的装配结构 …… 226
第六节　读装配图和拆画零件图 …… 227
思考题 …… 233
第十一章　建筑图的识读 …… 234
第一节　建筑图的分类及组成 …… 234
第二节　建筑制图的国家标准及规定画法 …… 235
第三节　建筑图的基本表达方法 …… 256
第四节　总平面图的阅读 …… 259

第五节　建筑施工图的阅读…… 262
第六节　结构施工图的阅读…… 270
思考题…… 281
第十二章　管道图…… 283
第一节　管道施工图…… 283
第二节　管道安装图和管道轴测图…… 287
思考题…… 293
第十三章　表面展开图…… 294
第一节　展开图概述…… 294
第二节　可展表面展开图画法…… 294
第三节　不可展表面的近似展开…… 304
思考题…… 309
第十四章　AutoCAD 2012 绘图 …… 310
第一节　软件知识和基本绘图…… 310
第二节　图形编辑与标注…… 325
第三节　实体造型方法…… 339
第四节　典型工程图绘制实例…… 356
附录…… 375
参考文献…… 391

绪　论

一、本课程的性质、研究对象和任务

在现代工业生产中，设计制造机器、仪器、仪表，建造厂房、变电站和其他各种用途的建筑物等，都需要画出设计施工图纸，然后根据图纸进行施工。这种被称为图纸的技术文件，在工程界称之为图样。图样包含了制造产品所需的全部信息，如用图形表达产品准确的形状和结构、在图形上标注完整清晰正确的尺寸、技术要求以及使用的材料等。图样是表达和交流技术思想的重要工具，被人们称为“工程界的语言”。设计人员用图样表达自己的设计意图和产品的功能及形状结构尺寸等信息，加工制造人员则根据图样将设计师的设计转化为合格的产品。因此，从事工业生产的工程技术人员和管理人员必须具备绘制、阅读工程图样的知识和能力。工程制图是研究绘制和阅读工程图样的学科，是工程图学的一个重要组成部分，是工科各专业及工程管理等专业必须掌握的一门既有理论又有较多绘图实践的技术基础课。本课程是工程类课程进行课程设计的重要基础，也是一切需要阅读工程图样课程的基础，更是机械设计、制造、检验、维修等工作的技术基础。本课程的研究对象是利用正投影的理论表达空间形体和解决空间几何问题。学习本课程将为学生的画图和读图打下初步基础，通过后续课程的课程作业、课程设计、生产实习等绘图和读图的实际训练，以及生产实践的锻炼，才能使所画图样和读图能力接近或达到生产实际的要求。

本课程的主要内容包括：

(1) 画法几何部分。

(2) 制图基础部分。

(3) 专业制图部分（包括机械制图、建筑制图等）。

(4) 计算机绘图部分。

本课程的主要任务是：

(1) 学习正投影法的基本理论。

(2) 培养绘制和阅读工程图样的基本能力。

(3) 培养空间想象、空间分析和初步图解空间几何问题的能力。

(4) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

二、工程上常用的图样

(1) 多面正投影图。用正投影法将空间形体投影在两个或两个以上的互相垂直的投影面上得到多个正投影图，称为多面正投影图或多面视图。多面视图用于绘制机械制图中的零件图、装配图及建筑制图中的建筑施工图和结构施工图等，是工程上应用最广泛的一种图样。如图 0-1 所示为支架的零件图，图 0-2 为手柄操纵机构的装配图，其中 (a) 为装配图，(b) 为装配图的明细栏。

(2) 轴测图。用正投影法或斜投影法绘制的空间物体的立体图称为轴测图。如图 0-3 (a) 所示为一个箱体零件的轴测图，如图 0-3 (b) 所示的轴测图是在建筑工程中用作辅助图样的给水系统图，这种系统图（轴测图）和平面图一起被用来表达管道的空间走向。由于

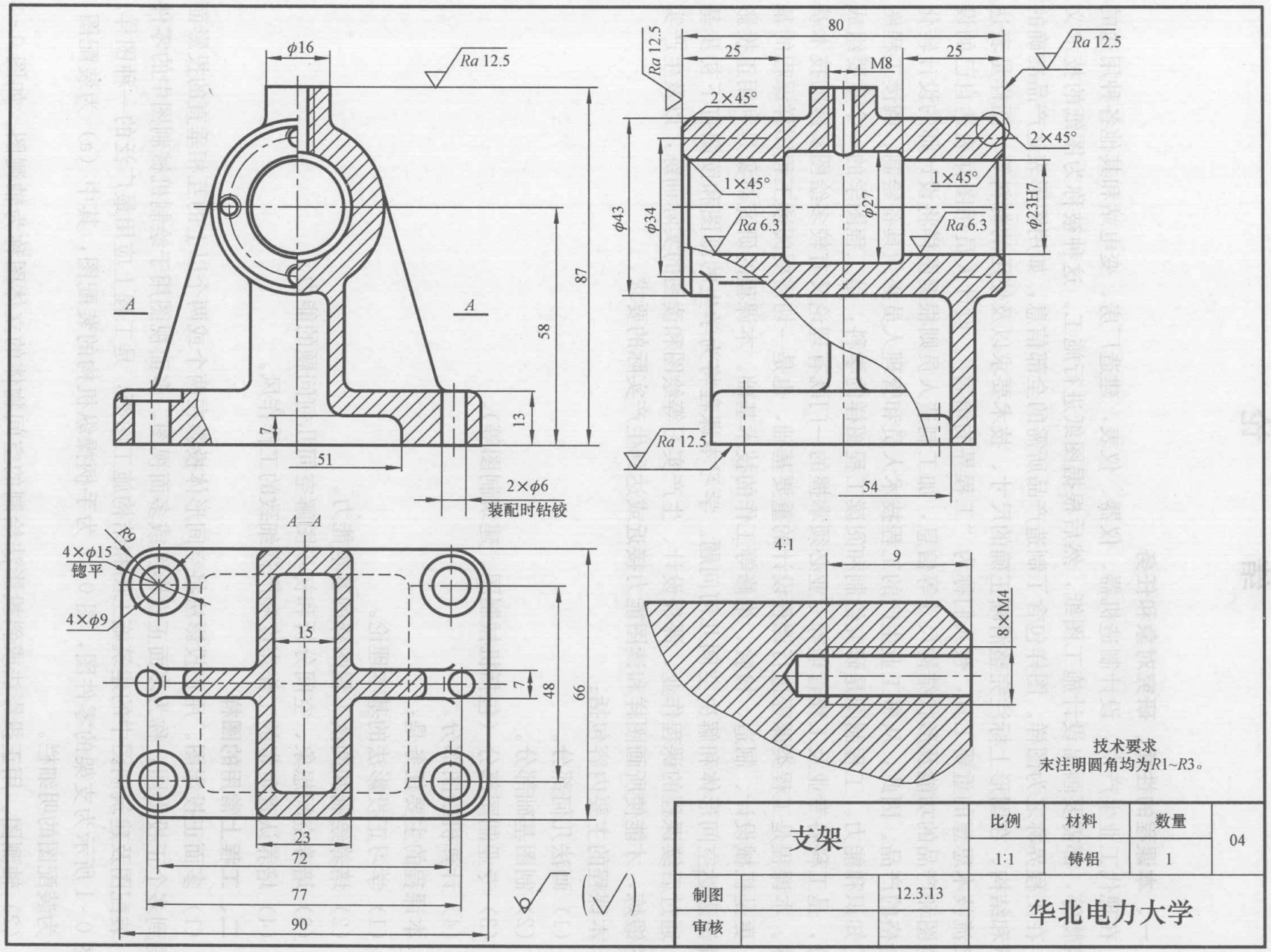
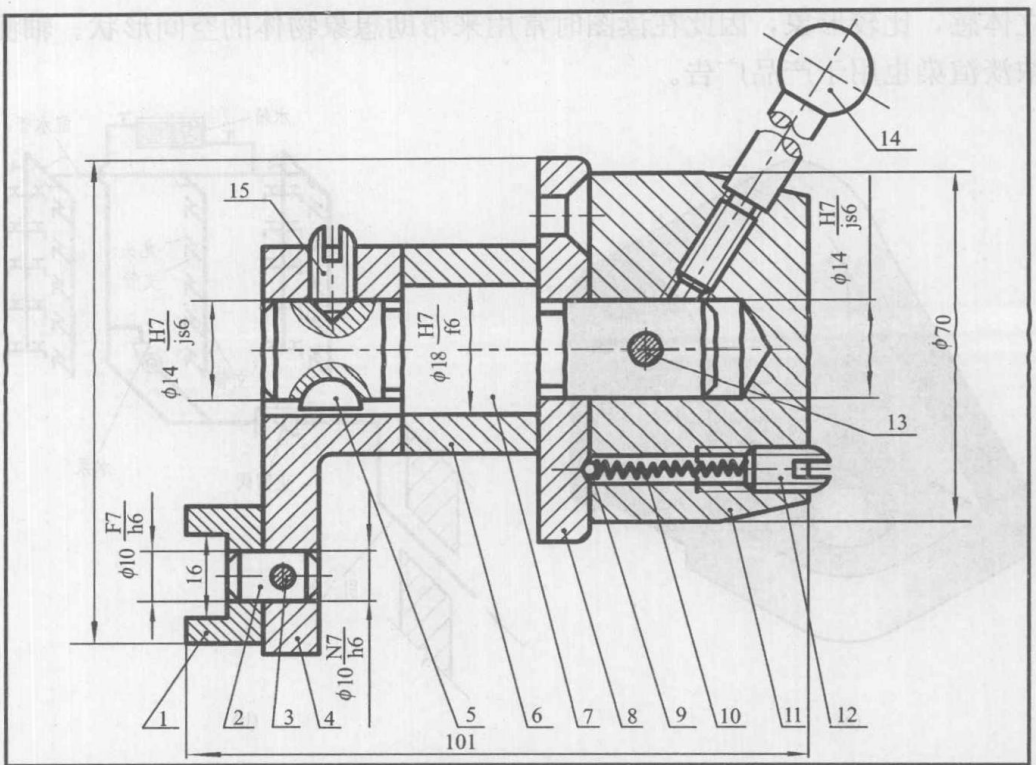


图 0-1　多面正投影图(零件图)



标记	处数	分区	更改文件号		签名	年月日		
设计			标准化			阶段标记	重量	比例
工艺			批准			共　张	第　张	

手柄操纵机构

(a)

序号	代　号	名　称	数量	材　料	备　注
1		拨　叉	1	HT200–GB9439	
2	GB/T119–1986 10×18	圆柱销	1	35	
3	GB/T117–1986 A3×15	圆锥销	1	35	
4		摇　臂	1	HT200–GB9439	
5	4×25 GB/T1099–1979	半圆键	1	45	
6		轴　套	1	35	
7		轴	1	35	
8		定位板	1	40	
9		钢　球	1	GCr6	
10		弹　簧	1	65Mn	
11		手柄座	1	HT200–GB9439	
12	GB/T73–1985 M8×10	螺　钉	1	35	
13	GB/T117–1986 A5×70	圆锥销	1	35	
14		手　柄	1	35	
15	GB/T71–1985 M8×10	螺　钉	1	35	

标记	处数	分区	更改文件号		签名	年月日		
设　计			标准化			阶段标记	重量	比例
工艺			批准			共　张　第　张		

手柄操纵机构

(b)

图 0-2　多面正投影图

(a) 装配图；(b) 明细栏

轴测图有立体感，比较形象，因此在读图时常用来帮助想象物体的空间形状。轴测图涂上阴影或施以浓淡渲染也用于产品广告。

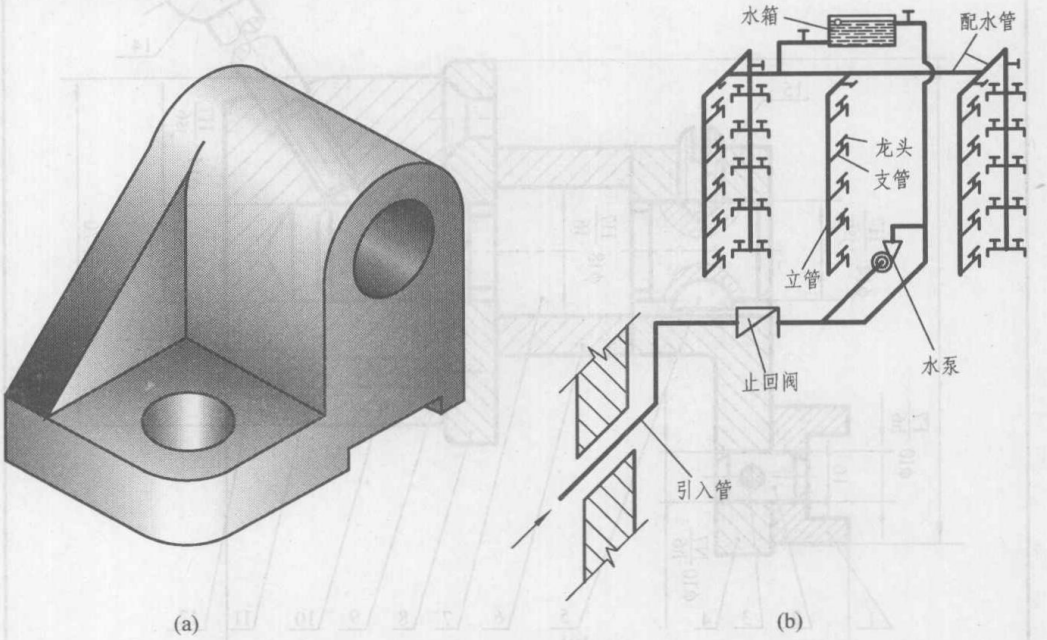


图 0-3 轴测图

(a) 零件轴测图；(b) 给水系统图

三、学习本课程的基本要求和学习方法建议

本课程是高等工科教育中的一门必修的技术基础课，学习本课程应达到如下基本要求：

(1) 掌握投影法尤其是正投影法的基本理论、方法及其应用；了解轴测图的基本知识，并能绘制简单及中等复杂的轴测图；掌握基本的度量和定位问题的图解方法；了解及掌握计算机绘图。

(2) 能画能读中等复杂的零件图和装配图。画图应做到投影关系正确；尺寸标注完整清晰正确；懂得图样中各种符号和文字的含义；画图要求图面整洁、符合国家标准。

(3) 学会查阅各种制图手册和设计手册，熟悉常用国家标准。

(4) 学会正确使用绘图工具和仪器。

本课程具有与其他课程不同的特点：

(1) 本课程解题的思维方法除了逻辑思维，更重要的是空间思维。

(2) 本课程是一门具有较多实践的课程，需要掌握正确的绘图方法。

(3) 本课程几乎没有公式推导，主要是培养能力，如由物想图的能力、由图想物的能力、由图想图的能力以及正确使用绘图工具仪器的能力等。因此在学习过程中要特别注意采用正确的学习方法。根据我们的经验，建议如下：

1) 课前预习。在学习每一章前，建议首先对该章内容预习，了解基本内容，做到心中有数，以便听课抓住重点。

2) 有意识地培养空间思维能力。在学习过程中尤其在做作业的过程中，不但作图方法正确，更重要的是想象空间形象和空间几何关系，也可画出立体草图或用橡皮泥做出模型。

3）及时、独立、认真地做好课内外作业。有人说本课程是一门以习题为主的课程，从学生画图实践较多这个角度看，这种说法也有一定道理。反过来说，如果只听课，不做作业，将肯定学不好本课程。

4）严格遵守国家标准。国家标准是规范图样画法和标注的指导性文件，有些同学认为学习就是学习，反正也不是真的用于生产，何必那么认真，有无所谓的想法，这是不对的。要牢固树立标准化意识，要培养责任心，这是将来参加工作回报社会所必需的品格。

第一章　制图的基本知识

第一节　国标《技术制图与机械制图》简介

为了适应生产的发展和技术交流的需要，国家标准（后面简称国标）《技术制图与机械制图》对图纸幅面、绘图比例、图纸上所用的字体、绘图所用的线型、尺寸标注及图样的表示方法等问题都做了统一规定。我国于1959年首次颁布国标《机械制图》，1970、1974、1984、1989、1993、1995、2003年及2008年又分别颁布了修订的标准。《技术制图与机械制图》国标的内容很多，本书只介绍最新修订本的基本内容，该标准与国际标准ISO十分相近。国标《技术制图与机械制图》的标准号由三部分组成，第一部分是国标代号，用"GB"表示，两个字母是"国标"二字汉语拼音的第一个字母，"GB/T"表示该标准为推荐性标准；第二部分是国标的编号，用数字表示；第三部分是标准颁布的年号，国标编号与颁布年号之间用短横线隔开。如10609.2—89表示1989年发布的第10609条国标，其中的".2"表示该条国标中的第2条。

一、图纸幅面及格式（GB/T 14689—2008）

为了使图纸幅面规整，便于管理，GB/T 14689—2008中规定五种基本幅面，分别用A0、A1、A2、A3、A4表示，各幅面的长与宽的比为$\sqrt{2}$。每种幅面的尺寸见表1-1。在实际绘图时，图纸幅面允许加长或加宽，关于加长与加宽的规定可查阅标准的有关部分。

各种型号幅面的尺寸关系是，即沿上一号幅面的长边平分对裁，即为下一号幅面，如图1-1所示。绘图时，可以根据图形布置的具体情况横向或竖向使用图纸。国标规定，各种幅面的图样，必须用粗实线画出图框，需要装订的图纸，一般采用A3幅面横装或A4幅面竖装，如图1-2所示。图框的尺寸：$a=25$，c分为两类，A0～A2号幅面中的$c=10$，A3～A5号幅面中$c=5$，见表1-1。

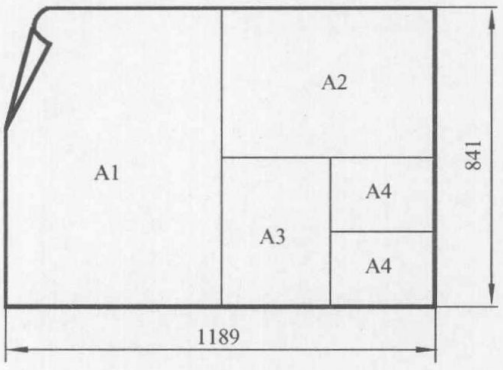


图1-1　图纸幅面的种类

表1-1　　图纸幅面尺寸（mm）

幅面代号	尺寸$B\times L$	c	a
A0	841×1189	10	25
A1	594×841		
A2	420×594		
A3	297×420	5	
A4	210×297		

在图框的右下角绘制标题栏，标题栏的格式由GB/T 10609.1—2008规定，该标准规定了绘制标题栏的基本要求、标题栏的内容、标题栏的填写、标题栏的尺寸与格式。标题栏一般由更改区、签字区、其他区、名称及代号区组成，如第九章的图9-1所示，也可按实际需要增加或减少。在绘制工程图样时，应按国标要求绘制标题栏。学生制图作业建议采用

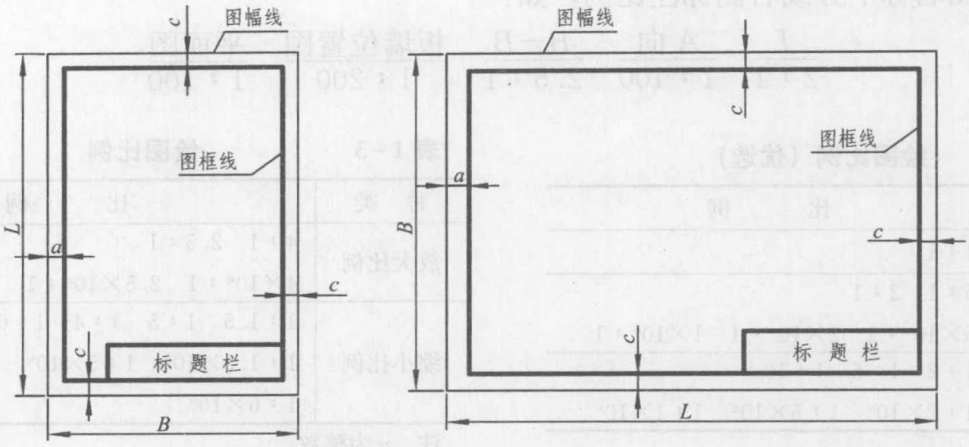


图 1-2　图样幅面和图框尺寸

图 1-3的简化格式。其中图 1-3（a）为一般制图作业的标题栏，图 1-3（b）为零件图的标题栏格式。

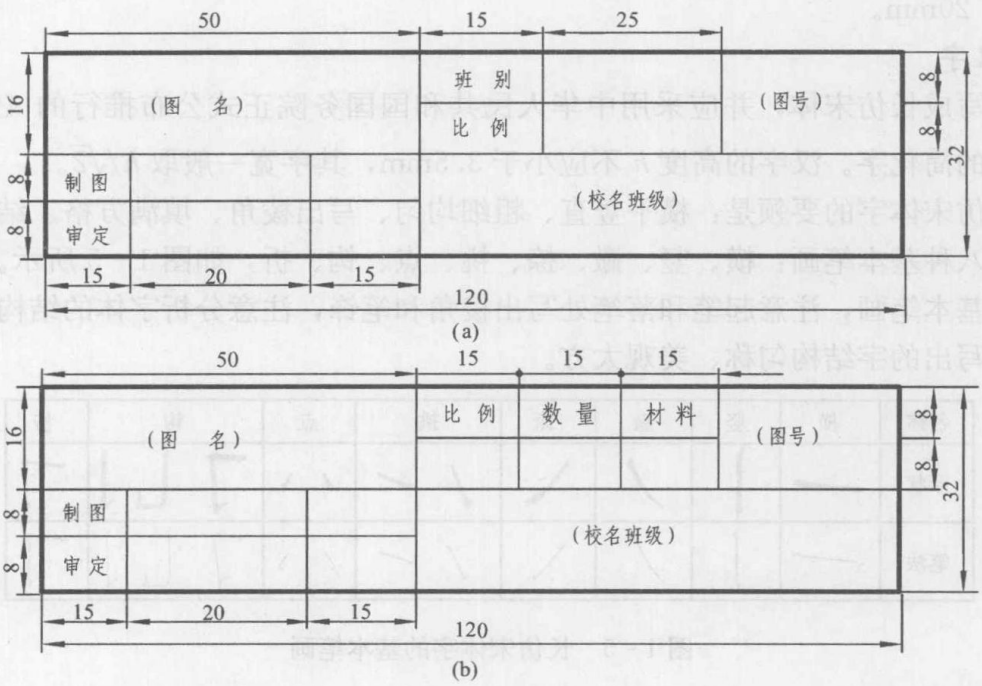


图 1-3　标题栏的格式

二、比例（GB/T 14690—93）

比例是图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

国标规定了三类比例，即原值比例（比值为 1 的比例，即 1∶1）、放大比例（比值大于 1 的比例，如 2∶1 等）和缩小比例（比值小于 1 的比例，如 1∶2 等），如图 1-4 所示为用不同的比例画的同一矩形。绘图时应由表 1-2 规定的系列中选取适当的比例。必要时，也允许选取表 1-3 中的比例。

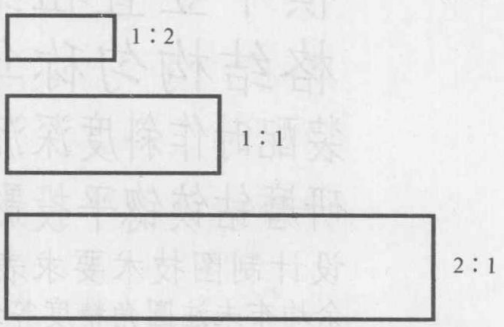


图 1-4　用不同的比例画出的图形

比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。必要

时，可在视图名称下方或右侧标注比例，如：

$$\frac{I}{2:1}\quad\frac{A\text{向}}{1:100}\quad\frac{B-B}{2.5:1}\quad\frac{\text{板墙位置图}}{1:200}\quad\frac{\text{平面图}}{1:100}$$

表 1-2　　绘图比例（优选）

种　类	比　　例
原值比例	1∶1
放大比例	5∶1　2∶1 $5\times10^n:1$　$2\times10^n:1$　$1\times10^n:1$
缩小比例	1∶2　1∶5　1∶10 $1:2\times10^n$　$1:5\times10^n$　$1:1\times10^n$

注　n为整数。

表 1-3　　绘图比例

种　类	比　　例
放大比例	4∶1　2.5∶1 $4\times10^n:1$　$2.5\times10^n:1$
缩小比例	1∶1.5　1∶5　1∶4　1∶6 $1:1.5\times10^n$　$1:5\times10^n$　$1:4\times10^n$ $1:6\times10^n$

注　n为整数。

三、字体（GB/T 14691—1993）

图样中书写的文字必须做到字体端正、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的号数即字体的高度（单位为mm），字体高度（用h表示）的公称尺寸系列为：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20mm。

（一）汉字

汉字应写成长仿宋体，并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度h不应小于3.5mm，其字宽一般取$h/\sqrt{2}$。

书写长仿宋体字的要领是：横平竖直、粗细均匀、写出棱角、填满方格、结构匀称。长仿宋体字有八种基本笔画：横、竖、撇、捺、挑、点、钩、折，如图1-5所示。在书写时，要注意练好基本笔画，注意起笔和落笔处写出棱角和笔锋，注意分析字体的结构和偏旁部首的写法，使写出的字结构匀称、美观大方。

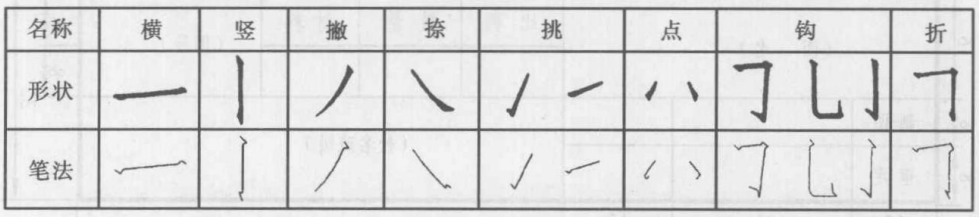


图1-5　长仿宋体字的基本笔画

练习写长仿宋体字宜用HB铅笔，铅芯要削得尖一些，初练时要先打长方格后再写长仿宋体字。图1-6为长仿宋体字的示例。

横平竖直粗细均匀写出棱角填满方
格结构匀称华北电力大学学院系班
装配时作斜度深沉大小球直网纹均布水平镀抛光
研磨钻铰锪平投影制图视图长对正高平齐宽相等
设计制图技术要求表面处理基本尺寸材料向视图旋转其
余均布未注圆角精度等级热处理公差与配合粗糙度比例班级学号

图1-6　长仿宋体字

（二）字母和数字

图样中的字母和数字分A型和B型。A型字体的笔画宽度（d）为字高的1/14，B型字体的笔画宽度（d）为字高的1/10。在同一张图样上，只允许选用一种型式的字体。字母和数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜与水平线成75°。用作指数、极限偏差、注脚等的数字和字母，一般用小一号字体。图1-7为字母写法示例。图1-8为数字写法示例。图1-9为罗马数字写法示例。

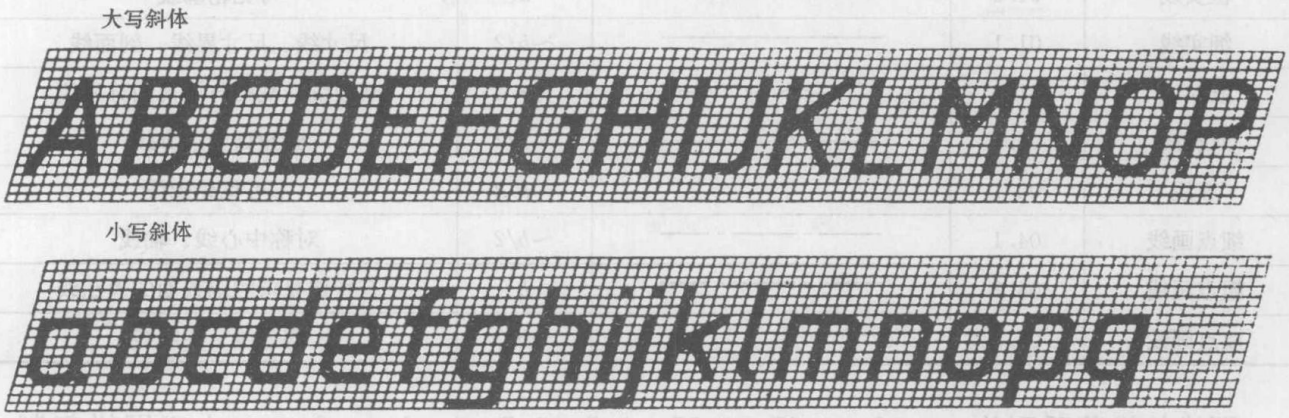


图1-7　字母写法示例

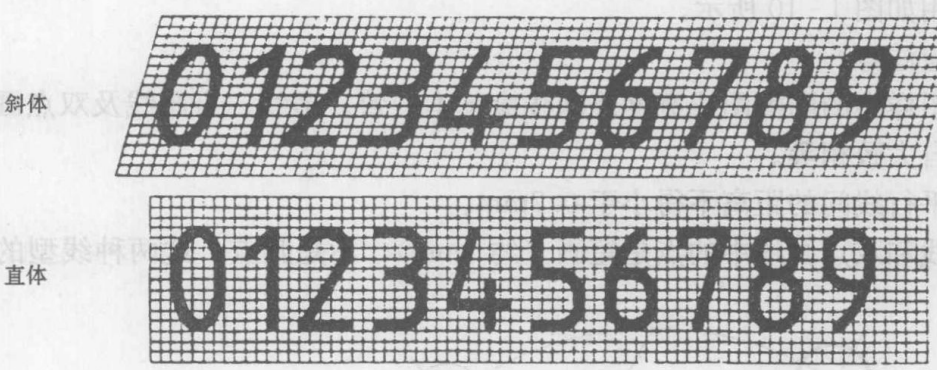


图1-8　数字写法示例

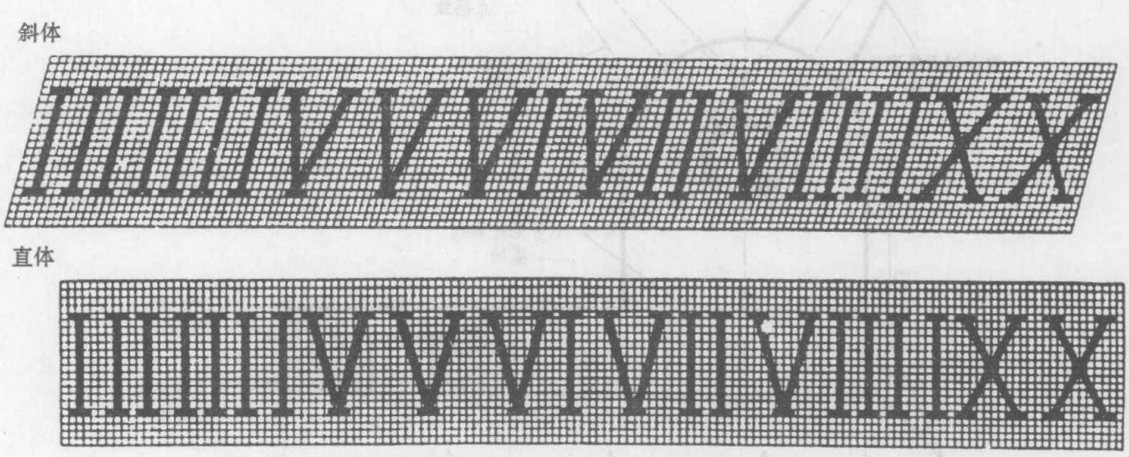


图1-9　罗马数字写法示例

四、图线（GB/T 4457.4—2002）

绘制图样时应采用表1-4中规定的八种线型。图线分粗、细两种。粗线的宽度 b 应按图样的大小和复杂程度在0.5～2mm之间选取，细线的宽度约为粗线的1/2。

表1-4　　图线名称、型式、宽度和主要用途

图线名称	代号	图线类型及画法	线宽	主要应用
粗实线	01.2		b	可见轮廓线
细实线	01.1		～$b/2$	尺寸线、尺寸界线、剖面线
波浪线	01.1		～$b/2$	断裂线、视图与剖视图分界线
双折线	01.1		～$b/2$	断裂处的边界线
虚线	02.1		～$b/2$	不可见轮廓线
细点画线	04.1		～$b/2$	对称中心线、轴线
粗点画线	04.2		b	有特殊要求的线或面的表示线
双点画线	05.1		～$b/2$	假想线、中断线

图线的推荐系列为：0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4、2mm。由于图样复制中的困难，应避免采用0.18mm的图线。

图线的应用如图1-10所示。

画图线时应注意：

（1）同一图样中的同类图线宽度及深浅应基本一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。

（2）两条平行线间的距离不得小于0.7mm。

（3）点画线和双点画线中的点是短画（约1mm），不是圆点；这两种线型的首末两端应

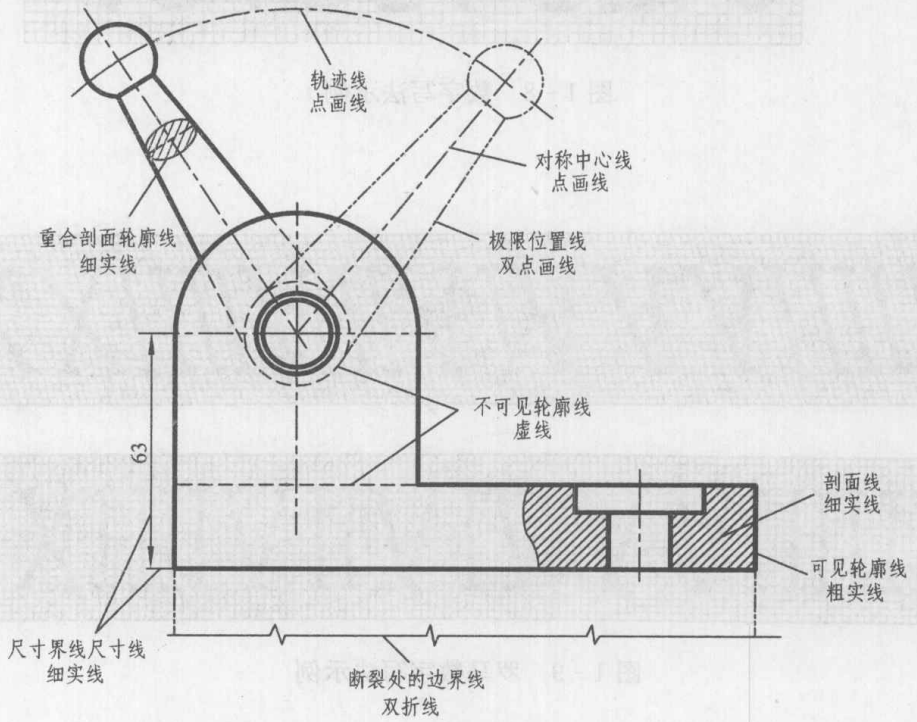


图1-10　图线的应用

是线段，而不是短画。

（4）在较小的图形上绘制点画线和双点画线有困难时，可用细实线代替。

（5）轴线、对称中心线和作为中断线的双点画线，根据图形的大小在首末两端超出轮廓线 2～5mm。

（6）其他图线与虚线、点画线、双点画线相交时，应在线段处相交，不应交在空隙处。

五、尺寸注法（GB/T 4458.4—2003）

（一）基本规则

（1）机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘图的准确度无关。

（2）图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以毫米为单位时，不需标出计量单位的代号或名称，如采用其他单位，则必须注明相应计量单位的代号或名称。

（3）图样中所标注的尺寸，为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

（4）机件上的每一尺寸，一般只标注一次，并标注在反映该结构最清晰的图形上，必须标注重复尺寸时，重复的尺寸数字需用括号括起来。

（二）常用的尺寸注法

图样上标注的每一个尺寸，一般由尺寸界线、尺寸线、尺寸数字（包括单位）三个部分组成，如图 1-11 所示。

1. 尺寸数字

（1）线性尺寸的数字一般注在尺寸线的上方，也允许写在尺寸线的中断处，如图 1-12 所示。

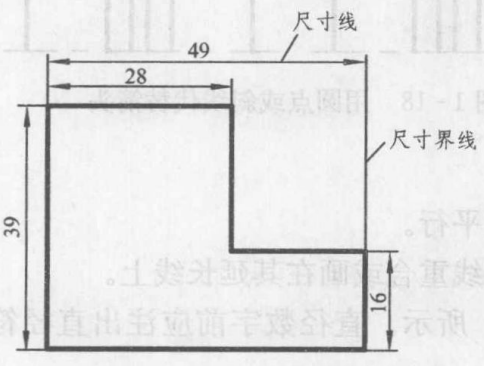


图 1-11　尺寸的构成

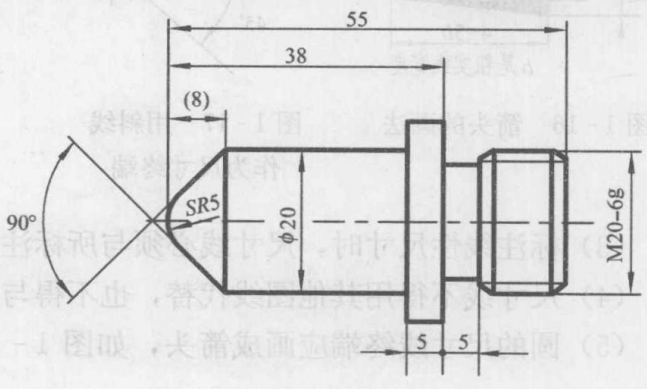


图 1-12　尺寸数字的位置

（2）尺寸数字应按图 1-13 的方向注写（即水平尺寸和倾斜尺寸均自左向右书写，垂直尺寸朝左），并尽可能避免在图示 30°范围内标注尺寸，当无法避免时，可按图 1-14 的形式标注。

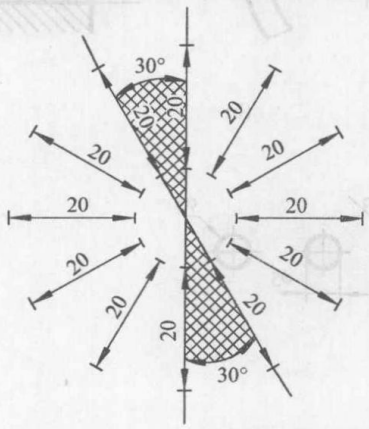


图 1-13　线性尺寸数字注法

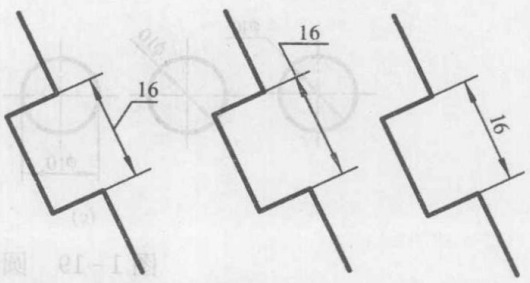


图 1-14　在 30°范围内的尺寸数字注法

（3）角度数字一律写成水平方向，一般注在尺寸线的中断处，必要时也允许写在尺寸线的外面，如图 1-15 所示。

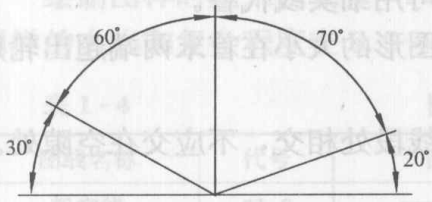


图 1-15　角度数字注法

（4）尺寸数字不可被任何图线通过，必要时应将图线断开。

（5）在一般零件图和制图作业中的仪器图中，尺寸数字采用 3.5 号字。练习作业中的图样较小，宜用 2.5 号数字。同一张图中尺寸数字大小应一致。

2. 尺寸线

（1）尺寸线用细实线绘制，其终端可以有两种形式：

1）箭头：形式如图 1-16 所示，箭头应指到尺寸界线。

2）斜线：用细实线绘制，其方向和画法如图 1-17 所示。当尺寸终端采用斜线形式时，尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。

同一张图样中只能采用一种尺寸线终端的形式。

（2）当采用箭头时，在位置不够的情况下，允许用斜线或圆点代替箭头，如图 1-18 所示。

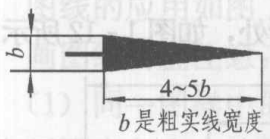


图 1-16　箭头的画法

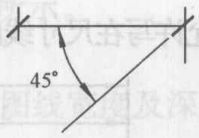


图 1-17　用斜线作为尺寸终端

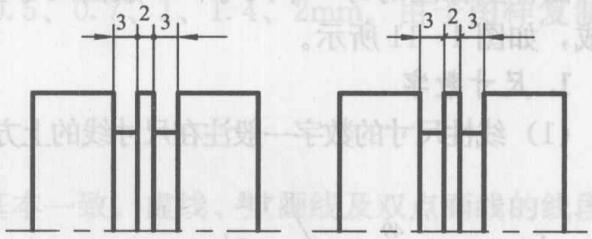


图 1-18　用圆点或斜线代替箭头

（3）标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行。

（4）尺寸线不得用其他图线代替，也不得与其他图线重合或画在其延长线上。

（5）圆的尺寸线终端应画成箭头，如图 1-19（a）所示。直径数字前应注出直径符号

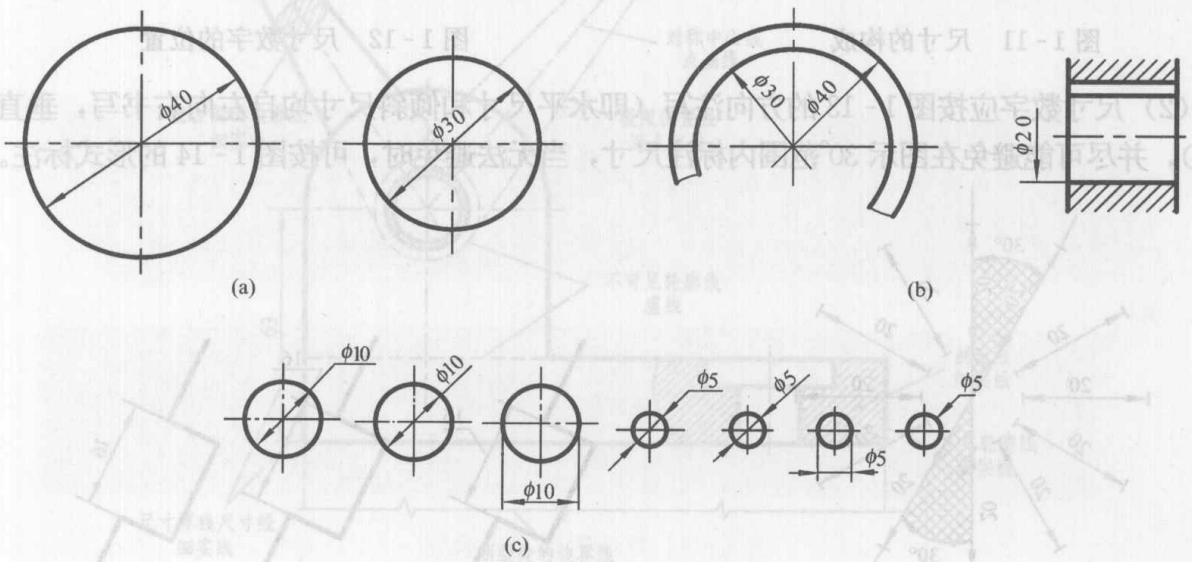


图 1-19　圆的尺寸注法

（a）圆的尺寸注法；（b）不完整圆的尺寸注法；（c）小圆的尺寸注法

“ϕ”。图 1-19（b）为不完整圆的尺寸线画法。图 1-19（c）为小圆尺寸线的画法。

（6）圆弧的尺寸线指向圆弧的一端画成箭头另一端终止到圆心，如图 1-20 所示。半径数字前应写出半径符号“R”。当圆弧的半径过大在图纸范围内无法标出圆心位置时，可按图 1-21 的方式标注，图中尺寸中的“S”代表球面。小圆弧的尺寸线画法如图 1-22 所示。

图 1-20 圆弧的尺寸注法

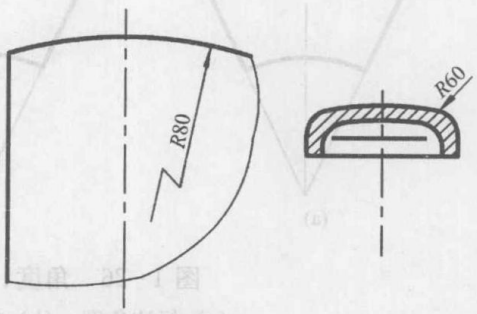


图 1-21 大圆弧的尺寸注法

（7）角度尺寸的尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点，如图 1-23 所示。

当对称机件的图形只画出一半时，尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界线，这时仅在尺寸线的一端画出箭头，如图 1-24 所示。

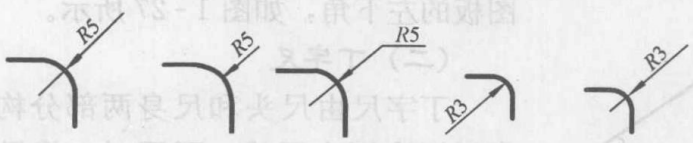


图 1-22 小圆弧的尺寸注法

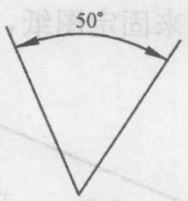


图 1-23 角度的标注

3. 尺寸界线

（1）尺寸界线用细实线绘制，并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出，也可利用这三种线作尺寸界线，如图 1-25 所示。

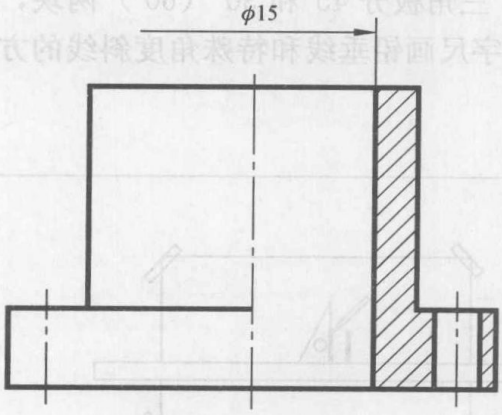


图 1-24 不完整结构的尺寸注法

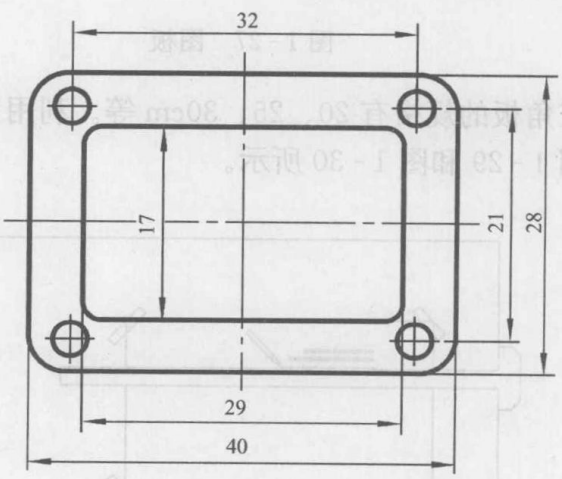


图 1-25 尺寸界线的画法

（2）角度的尺寸界线应沿径向引出，如图 1-26（a）所示。弦长的尺寸界线平行于该弦

的垂直平分线，如图1-26（b）所示。弧长的尺寸界线，一般与标注弦长的画法相同，如图1-26（c）所示。

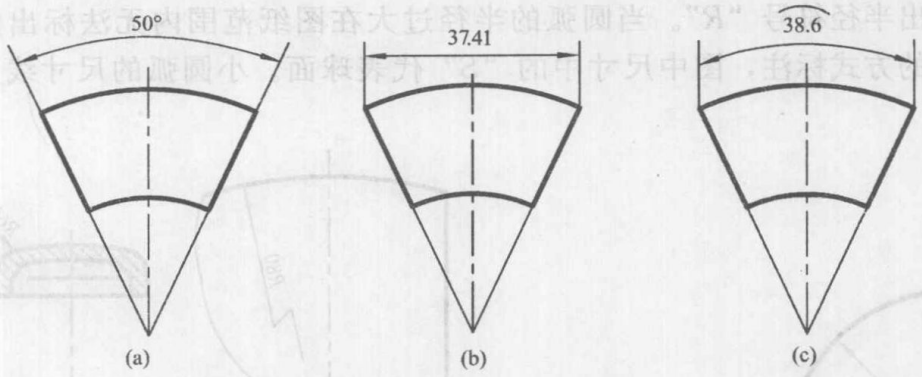


图1-26　角度、弦长和弧长的标注

（a）标注角度；（b）标注弦长；（c）标注弧长

第二节　绘图工具和仪器的使用方法

一、图板、丁字尺和三角板

（一）图板

图板用来固定图纸，在画图时，其左边作为丁字尺的导边。一般用胶带纸将图纸固定在图板的左下角，如图1-27所示。

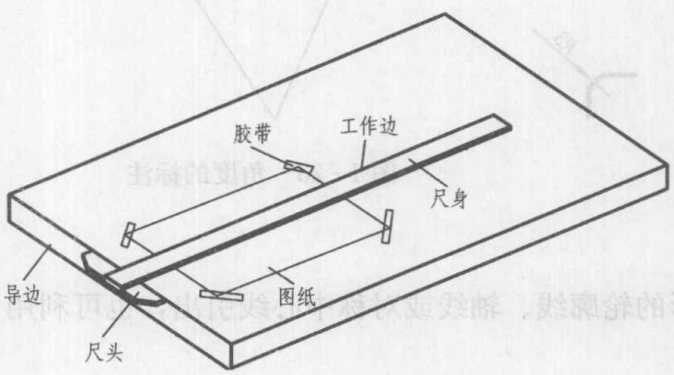


图1-27　图板

（二）丁字尺

丁字尺由尺头和尺身两部分构成。丁字尺用来画水平线，画图时，将尺头紧靠在图板的左边（导边）上，左手压紧丁字尺，右手画线，如图1-28所示。丁字尺沿图板的导边前后移动，从而画出不同的水平线。

（三）三角板

三角板分45°和30°（60°）两块，常用三角板的规格有20、25、30cm等。利用三角板和丁字尺画铅垂线和特殊角度斜线的方法如图1-29和图1-30所示。

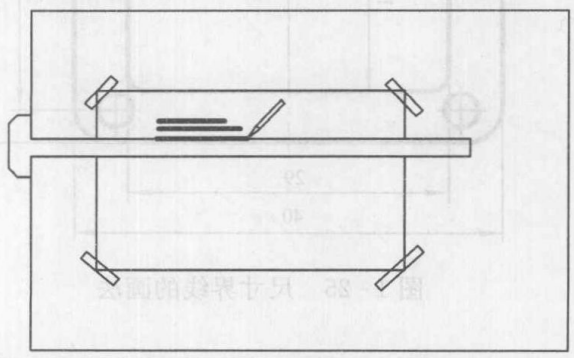


图1-28　用丁字尺画水平线

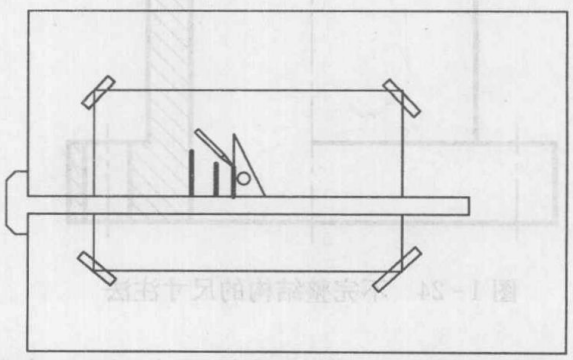


图1-29　用三角板和丁字尺画铅垂线

利用两块三角板画平行线和垂直线的方法如图 1-31 所示。

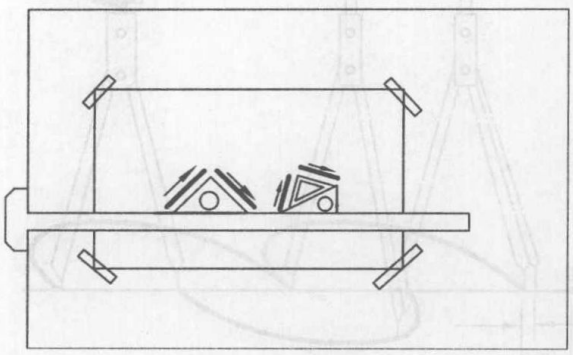


图 1-30　用三角板和丁字尺画特殊角度斜线

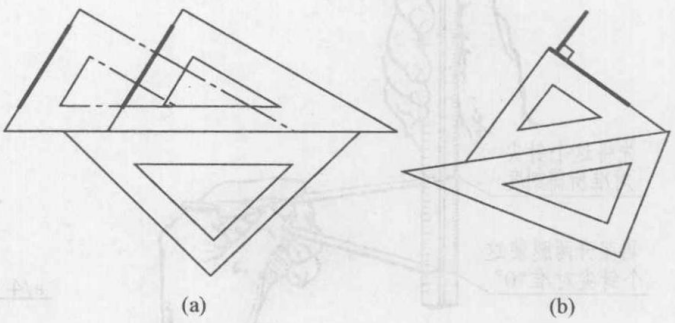


图 1-31　用两块三角板画平行线和垂直线

二、圆规、分规、比例尺等

（一）圆规

圆规用来画圆和圆弧。附件有铅芯插脚（画圆或圆弧）、钢针插脚（当分规用）、鸭嘴插脚（上墨）和延伸插杆（画大圆）等，如图 1-32 所示。圆规固定脚上装有定心针，定心针带有台阶的一端画圆时用，另一端锥形针尖在圆规当分规时用。

用圆规画圆时，定心针和插脚均应垂直于纸面，如图 1-33 所示。

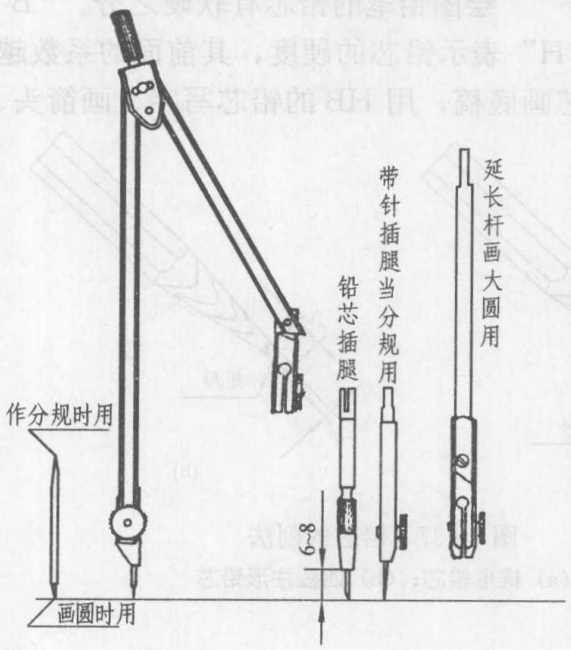


图 1-32　圆规及其附件

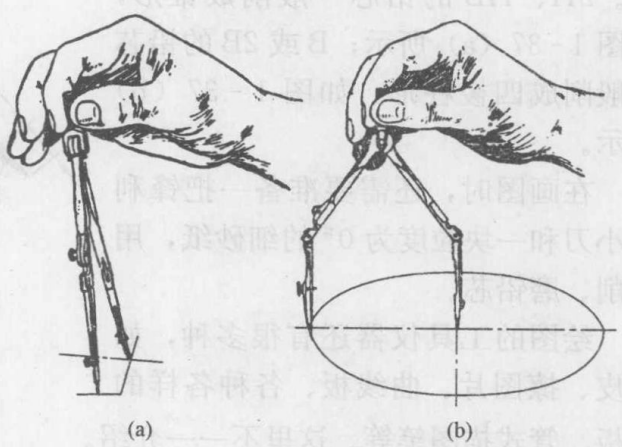


图 1-33　画圆的方法

(a) 开始时圆规向画线方向倾斜；

(b) 圆规应弯曲成垂直于纸面

（二）分规

分规是用来截取线段、等分直线段和圆周以及从直尺上量取尺寸的工具。其两个针尖并拢时应对齐。用分规量取尺寸和等分线段的方法如图 1-34 和图 1-35 所示。

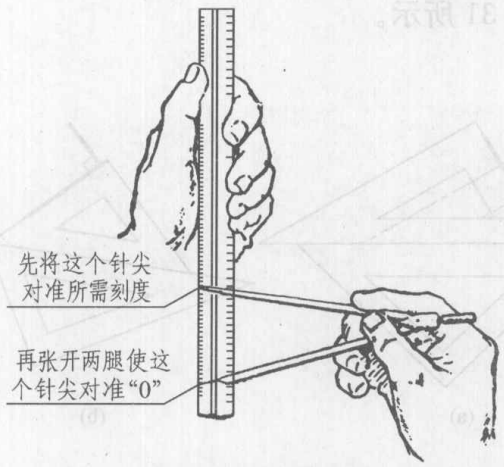


图 1-34 量取尺寸的手姿

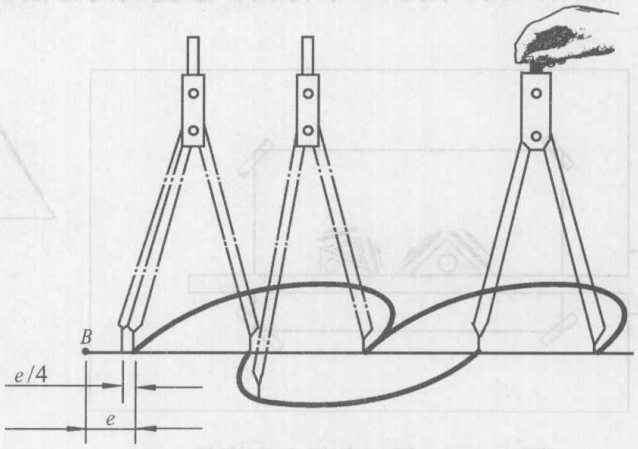


图 1-35 用分规等分线段的方法

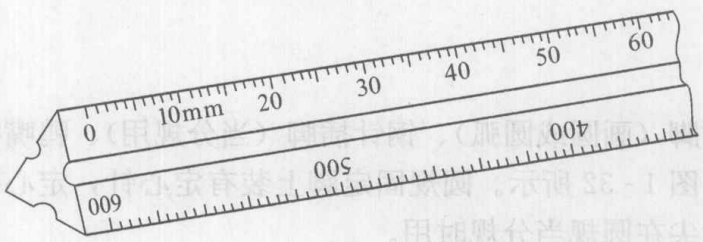


图 1-36 机械制图用三棱尺

（三）比例尺

比例尺又叫三棱尺。在它的三个棱面上共有六种常用比例刻度，如图 1-36 所示。比例尺只用来量取尺寸，不可用来画线，其用法如图 1-34 所示。

（四）绘图铅笔

绘图铅笔的铅芯有软硬之分。“B”表示铅芯的软度，“B”前面的系数越大铅芯越软；“H”表示铅芯的硬度，其前面的系数越大铅芯越硬；“HB”的软硬度适中。常用 2H 的铅芯画底稿，用 HB 的铅芯写字、画箭头、画细线；用 B 或 2B 的铅芯加深粗实线。2H、HB 的铅芯一般削成锥形，如图 1-37（a）所示；B 或 2B 的铅芯一般削成四棱柱形，如图 1-37（b）所示。

在画图时，还需要准备一把锋利的小刀和一块粒度为 0# 的细砂纸，用来削、磨铅芯。

绘图的工具仪器还有很多种，如橡皮、擦图片、曲线板、各种各样的模板、管式描图笔等。这里不一一介绍。

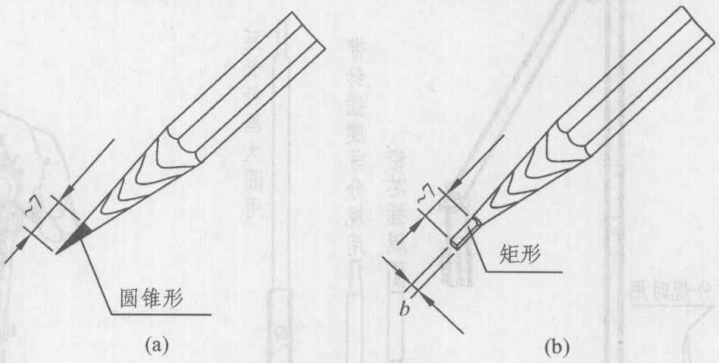


图 1-37 铅芯的削法

（a）锥形铅芯；（b）四棱柱形铅芯

第三节 几何作图

一、正多边形

（一）正六边形

介绍两种正六边形的作图方法：

（1）利用外接圆半径作图，如图 1-38 所示。

（2）利用外接圆以及三角板和丁字尺配合作图，如图 1-39 所示。

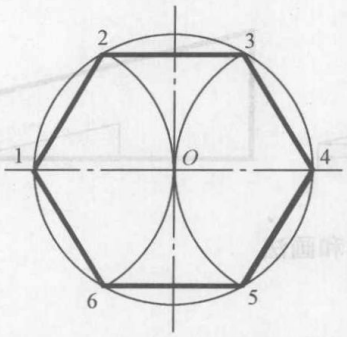


图 1-38　正六边形的作图方法（一）

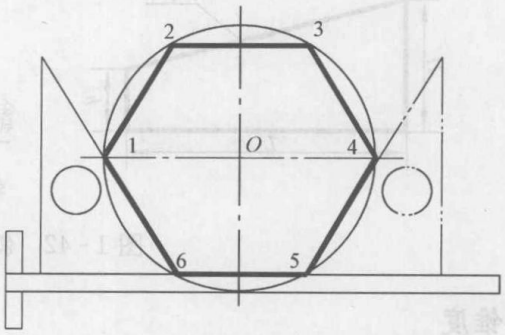


图 1-39　正六边形的作图方法（二）

（二）正五边形

作图方法如图 1-40 所示。

（1）过 O 点作正五边形的外接圆及其对称中心线 AB、CD。

（2）作 BO 的中点 P。

（3）以 P 为圆心，PC 为半径画圆弧交 AO 于 H，则 CH 即为正五边形的边长。用此长度中 C 点开始作出圆的五个等分点，将各等分点顺次连接，即得正五边形。

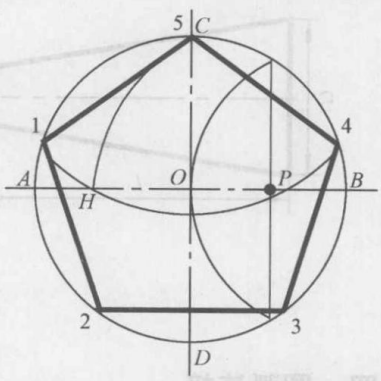


图 1-40　正五边形的作图方法

二、椭圆的近似画法（四心扁圆法）

椭圆为非圆曲线，在绘图时，常利用四段相切的圆弧近似代替，称为四心扁圆法，作图步骤如图 1-41 所示。

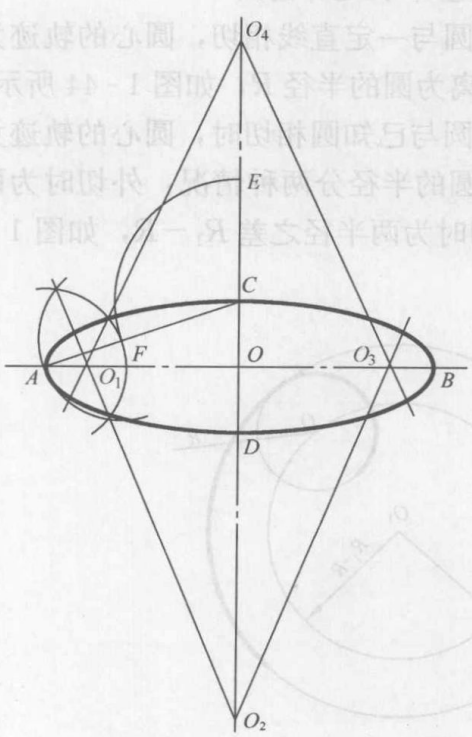


图 1-41　用四心扁圆法作近似椭圆

（1）作椭圆的长轴 AB 和短轴 CD，二轴的交点 O 为椭圆的中心。

（2）连接 AC，在 AC 上截取 AF，使 $AF=AC-(AO-CO)$。作图时可延长 OC 到 E，使 $OE=AO$，再以 C 为圆心，CE 为半径画弧，交 AC 于 F，即为所求。

（3）作 AF 的中垂线，与两轴分别交于 O_1、O_2 点。

（4）作出 O_1、O_2 的对称点 O_3、O_4。

（5）以 O_1、O_2、O_3、O_4 为圆心，以 O_1A、O_2C、O_3B、O_4D 为半径作弧，这四段弧两两相切，即得所求的四心扁圆。

三、斜度与锥度

1. 斜度

斜度是指一直线对另一直线的倾斜度。斜度$=(H-h)/L$，在图样上用斜度符号和 $1:n$ 的形式标注，如图 1-42 所示。

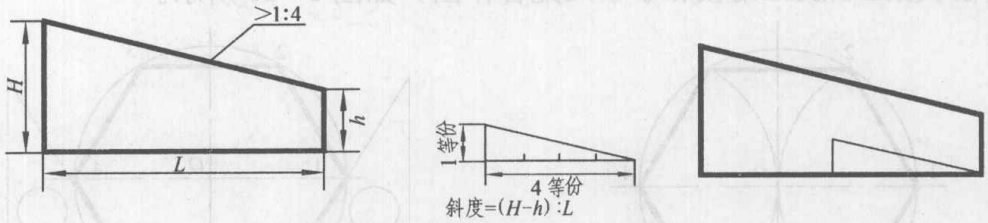


图 1-42　斜度的表示法和画法

2. 锥度

锥度是指圆锥底圆直径与高度之比。对于圆台是指两底圆的直径差与圆台的高度之比。在图样上用锥度符号和 1∶n 的形式标注，如图 1-43 所示。

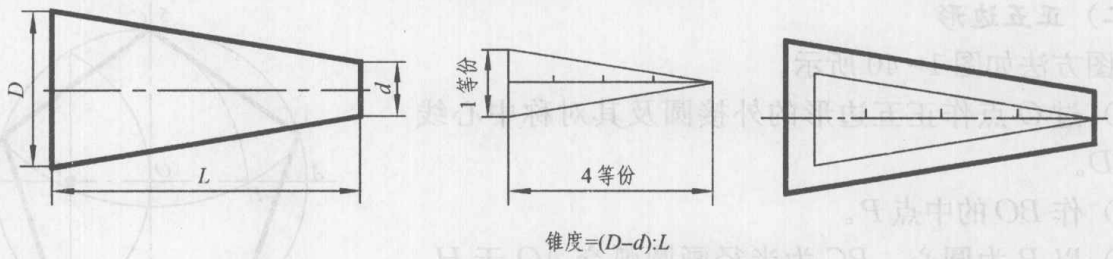


图 1-43　锥度的表示法和画法

四、圆弧连接

用已知半径的圆弧光滑连接（即相切）两已知线段（直线或圆弧），称为圆弧连接。这条公切圆弧称为连接圆弧。作图时，必须求出连接弧的圆心和两个切点，才能保证光滑连接。

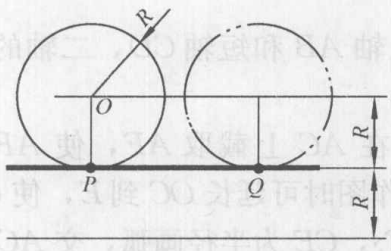


图 1-44　和定直线相切的圆的圆心轨迹

（一）圆弧连接的基本轨迹作图法

（1）半径为 R 的圆与一定直线相切，圆心的轨迹为定直线的平行线，其距离为圆的半径 R，如图 1-44 所示。

（2）半径为 R 的圆与已知圆相切时，圆心的轨迹为已知圆的同心圆，轨迹圆的半径分两种情况：外切时为两半径之和 R_1+R；内切时为两半径之差 R_1-R，如图 1-45 所示。

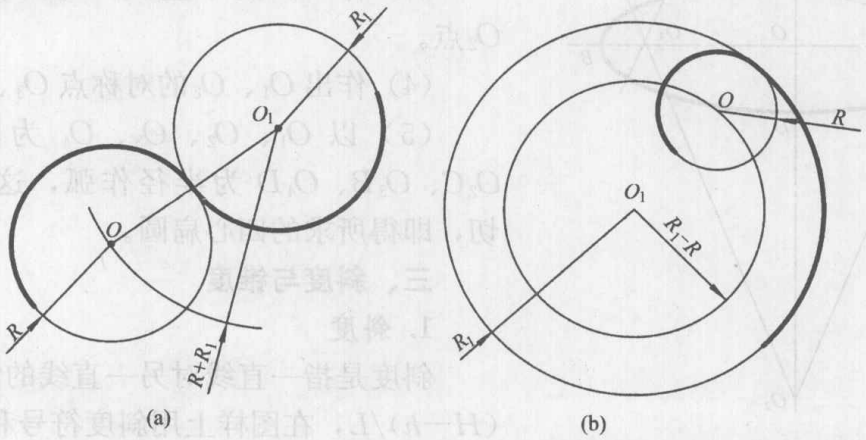


图 1-45　和给定圆弧相切的圆的圆心轨迹

（二）圆弧连接作图举例

圆弧连接共有三种情况：

（1）用定半径的圆弧光滑连接两已知直线。作图方法如图 1 - 46（a）所示。分别做到两已知直线距离为连接弧半径 R 的平行线，两平行线交于点 O，即为连接弧的圆心，过 O 分别作两已知直线的垂线，得垂足 P、Q，即为切点，以 O 为圆心，从 P 到 Q 画圆弧，即为所求的连接弧。如图 1 - 46（b）所示为两已知直线互相垂直时的连接弧作图方法。

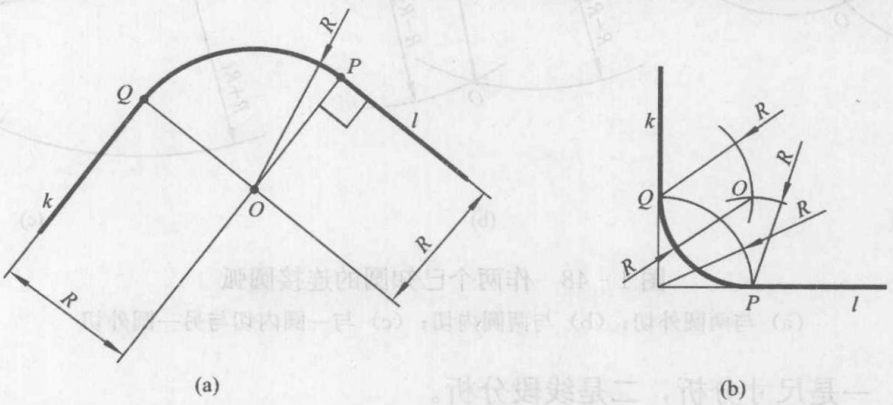


图 1 - 46　作两已知直线的连接圆弧

（2）用定半径的圆弧光滑连接已知直线和已知圆弧。作图方法如图 1 - 47 所示。先以已知圆的圆心 O_1 为圆心，以 $R+R_1$（内切时为 R_1-R）为半径作圆弧，再作距离已知直线为 R 的平行线，二者交于 O 点，即为连接圆弧的圆心。过 O 点作已知直线的垂线，垂足 P 即为一个切点，连接 O 和 O_1，交已知圆弧于点 Q，即为另一个切点。然后以点 O 为圆心，以 R 为半径从点 P 到点 Q 作圆弧，即为所求。

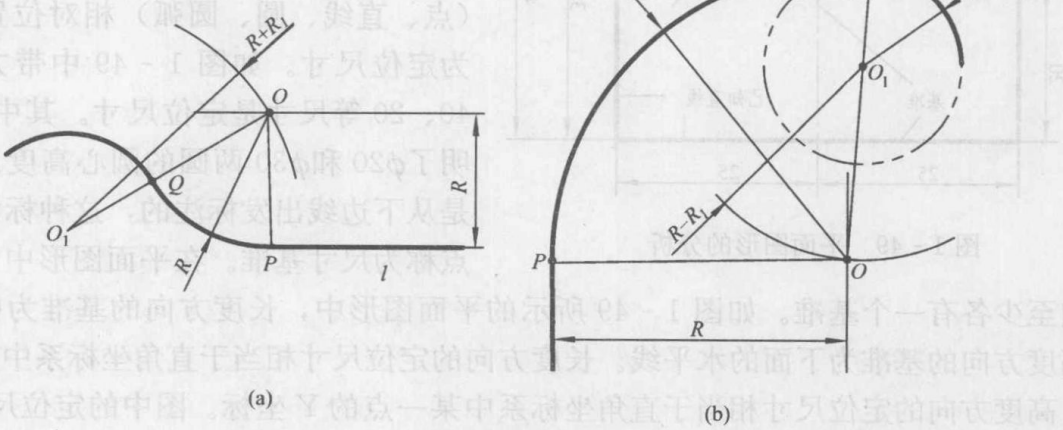


图 1 - 47　作已知直线和已知圆弧的连接圆弧

（a）与圆外切；（b）与圆内切

（3）用定半径的圆弧光滑连接两已知圆弧。作图方法如图 1 - 48 所示。其中图 1 - 48（a）为与两已知圆外切，图 1 - 48（b）为与两已知圆内切。图 1 - 48（c）为与已知圆中的一个内切，与另一个外切。

五、平面图形的线段分析和尺寸分析

在绘图前，首先要对平面图形进行分析，以便正确而迅速地绘制图形。对平面图形的分

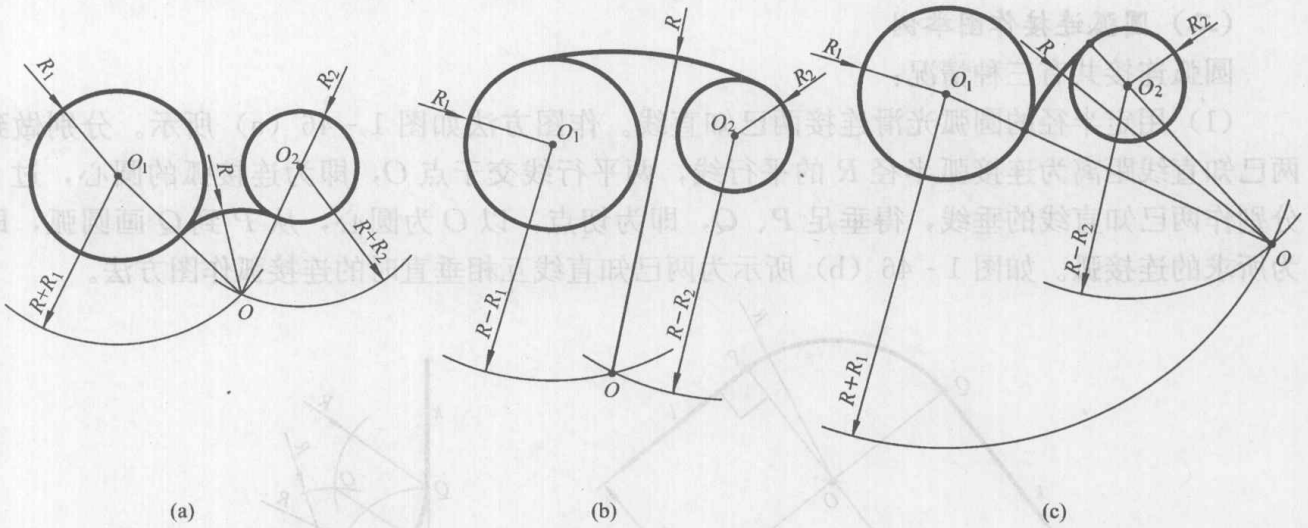


图 1 - 48　作两个已知圆的连接圆弧

(a) 与两圆外切；(b) 与两圆内切；(c) 与一圆内切与另一圆外切

析分两个方面，一是尺寸分析，二是线段分析。

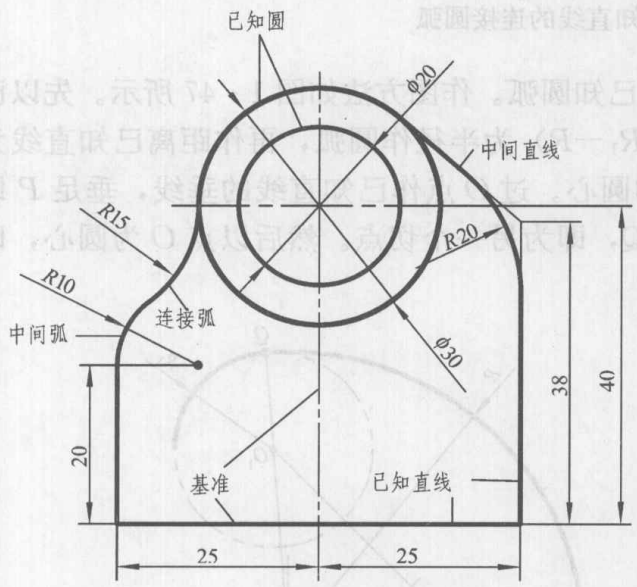


图 1 - 49　平面图形的分析

(一) 平面图形的尺寸分析

平面图形中的尺寸按其作用可分为两类：

(1) 定形尺寸。定形尺寸就是确定图形形状和大小的尺寸，也称大小尺寸。如图 1 - 49 中的圆的直径、圆弧的半径ϕ20、ϕ30、R10、R15 以及直线的长度等。

(2) 定位尺寸。确定图形各基本图素（点、直线、圆、圆弧）相对位置的尺寸称为定位尺寸。如图 1 - 49 中带方框的尺寸 40、20 等尺寸是定位尺寸。其中尺寸 40 标明了ϕ20 和ϕ30 两圆的圆心高度。这个尺寸是从下边线出发标注的，这种标注尺寸的起点称为尺寸基准。在平面图形中，长度和高度方向至少各有一个基准。如图 1 - 49 所示的平面图形中，长度方向的基准为中间的点画线，高度方向的基准为下面的水平线。长度方向的定位尺寸相当于直角坐标系中某一点的 X 坐标，高度方向的定位尺寸相当于直角坐标系中某一点的 Y 坐标。图中的定位尺寸 40 相当于ϕ20 和ϕ30 两圆圆心的 Y 坐标为 40，由于该圆心在长度方向的基准上，因此其定位尺寸为 0，由于图中已表示清楚，因此省略不注。

(二) 平面图形的线段分析

平面图形中的线段按所注尺寸的情况可分为三类：已知线段、中间线段和连接线段。

(1) 已知线段。下面的线段为已知线段：已知直线的两个端点或已知一个端点且已知直线的长度和方向，如图 1 - 49 中右侧的铅垂线；已知圆或圆弧的直径或半径及圆心长度和高度方向的定位尺寸，如图 1 - 49 中ϕ20 和ϕ30 的圆。

（2）中间线段。除图中所注尺寸外，还要根据一个连接关系才能画出的直线或圆弧。如图 1-49 中右侧的斜线，图中只知道右下方的端点，还要根据直线与ϕ30 的圆相切的关系才能画出，因此该直线为中间直线。而左侧的 R10 的圆弧，只知道其半径和圆心高度方向的尺寸，要根据圆弧与左侧铅垂线相切的关系才能画出，因此该圆弧是中间圆弧。

（3）连接线段。需要根据两个连接关系才能画出的线段。如图 1-49 中半径为 R15、R20 的两段圆弧。

需要说明的是，平面图形不一定包含全部三种线段，例如有些图形没有中间线段。因此在画图前需要认真分析。

（三）平面图形的画图步骤

抄画一个平面图形的步骤如图 1-50 所示。

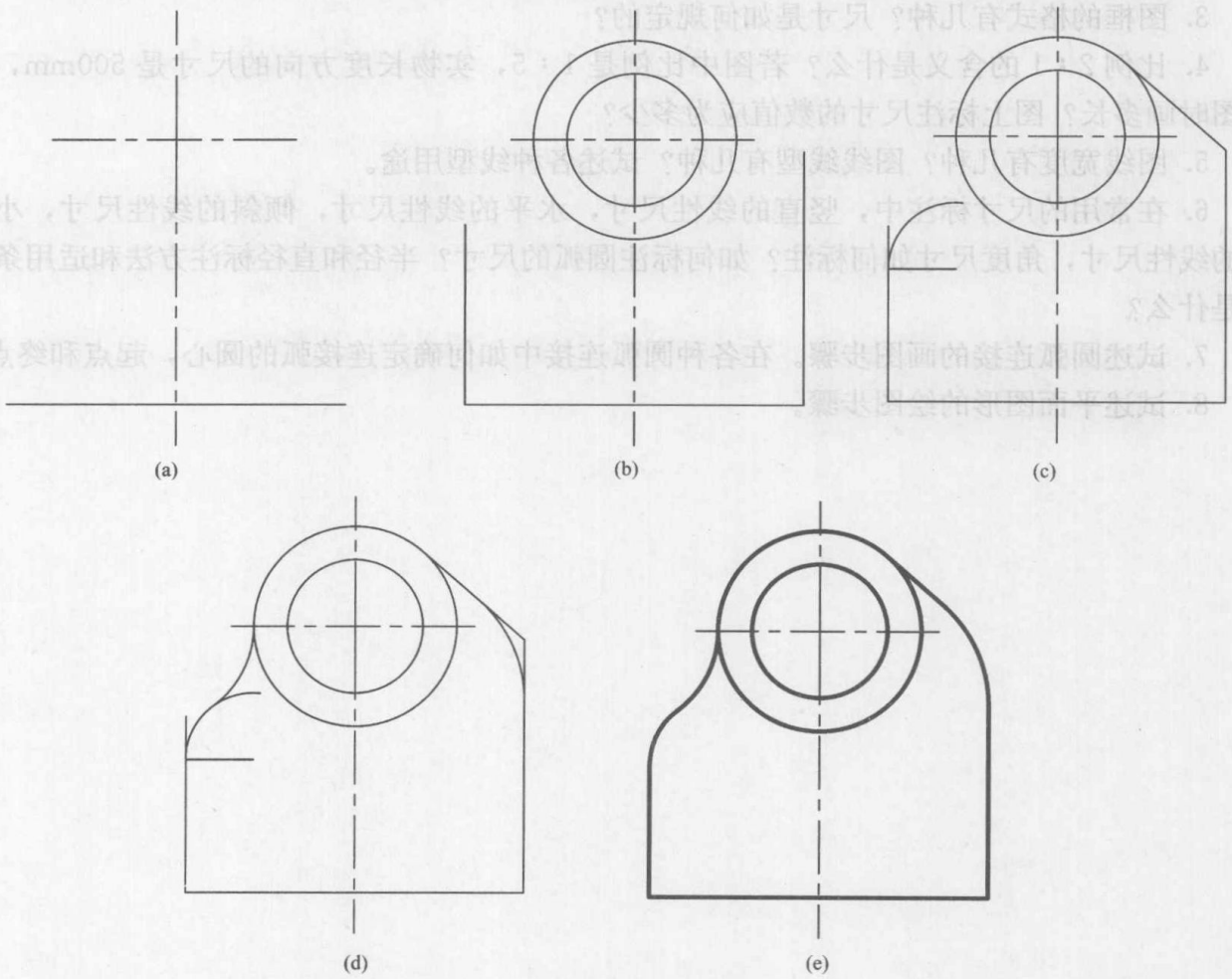


图 1-50　平面图形的画图步骤

（1）准备工作。包括根据图形的大小选定绘图比例和图纸幅面；将图纸用胶带纸固定在图板的左下角；对图形进行尺寸分析和线段分析，分清定形尺寸和定位尺寸，找出两个方向的尺寸基准。分清已知线段、中间线段和连接线段，明确画图顺序，在画图时，先画已知线段，然后画中间线段，最后画连接线段。

（2）打底稿。包括画出基准线和主要的定位线，如图 1-50（a）所示；画已知线段，如图 1-50（b）所示；画中间线段如图 1-50（c）所示；画连接线段，如图 1-50（d）所示。底稿用细线轻轻画出，自己能够看清楚就可以了，不要画得太深，以免修改时擦不掉图线而

把图面弄脏。

(3) 检查并加粗。检查所画图形有无错误，擦掉多余作图线，然后加粗，如图1-50(e)所示。加粗时，一般按先曲线后直线，先水平线后垂直线，再斜线，从上向下，从左向右的顺序加粗。要注意尽量将一种线型加粗后再加粗另外一种线型。尺寸线、尺寸界线、箭头及尺寸数字要一次完成，不要加粗。

思 考 题

1. 国家标准代号中各组成部分的含义是什么？
2. 图纸基本幅面有几种？其中A3图纸的长、宽尺寸各是多少？
3. 图框的格式有几种？尺寸是如何规定的？
4. 比例2∶1的含义是什么？若图中比例是1∶5，实物长度方向的尺寸是500mm，则画图时画多长？图上标注尺寸的数值应为多少？
5. 图线宽度有几种？图线线型有几种？试述各种线型用途。
6. 在常用的尺寸标注中，竖直的线性尺寸，水平的线性尺寸，倾斜的线性尺寸，小间隔的线性尺寸，角度尺寸如何标注？如何标注圆弧的尺寸？半径和直径标注方法和适用条件各是什么？
7. 试述圆弧连接的画图步骤。在各种圆弧连接中如何确定连接弧的圆心，起点和终点？
8. 试述平面图形的绘图步骤。

第二章　点、直线、平面的投影

第一节　投影的基本知识

一、投影的概念及其分类

如图 2-1（a）所示，设空间物体 B 在光源 S 所发出的光线 A 的照射下，在平面 P 上就会产生影子 C，这种现象就是人们常见的投影现象。人们对这种现象进行抽象，将光线 A 称为投射线（或投影线），将平面 P 称为投影面，将影子的轮廓称为投影。由此可以看出，**投射线、空间物体和投影面**是获得投影的三个要素。

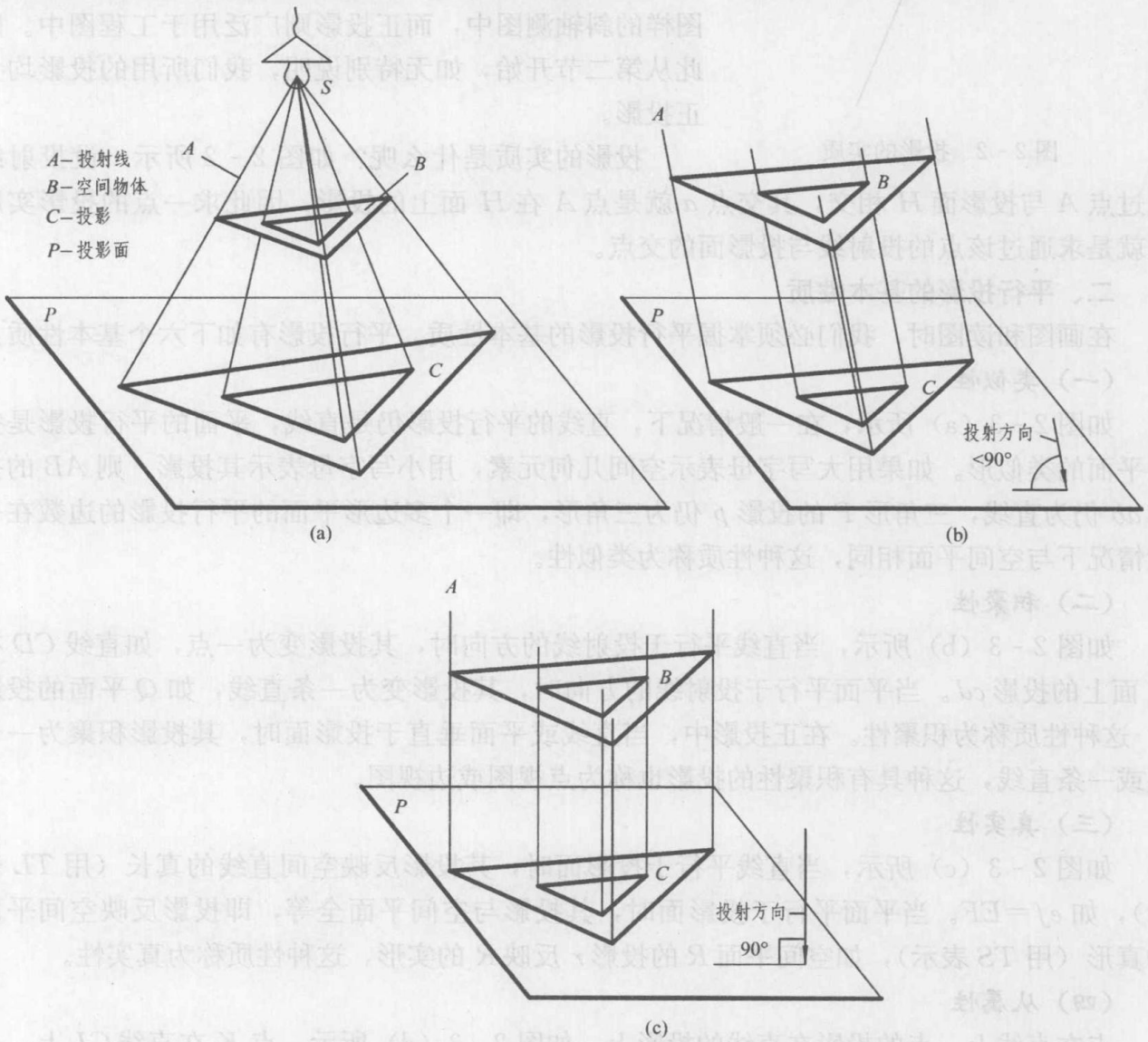


图 2-1　投影概念及分类

（a）中心投影；（b）斜投影；（c）正投影

图中光线是由点 S 发出的，这种投射线交于一点的投影法称为**中心投影法**。点 S 称为

投影中心。在中心投影法中，当空间物体和投影中心及投影面的相对位置发生变化时，投影也会发生变化。例如投影中心和投影面的位置不变，将空间物体向上平移，投影就会变大，反之则变小。因此中心投影主要用于电影、幻灯等，在工程图中只用于画透视图，而不用于施工和制造。

如果向远离投影面的方向将投影中心移到无穷远处，则投射线就变为互相平行的直线，这种投射线互相平行的投影法称为**平行投影法**。平行投影具有度量性好、作图方便等性质，在工程和其他领域广泛使用。平行投影又分为两类，当投射线与投影面的夹角为锐角时称为**斜投影**，如图 2-1（b）所示；当投射线与投影面互相垂直时称为**正投影**，如图 2-1（c）所示。斜投影在工程图中用得比较少，只用于作为辅助图样的斜轴测图中，而正投影则广泛用于工程图中。因此从第二节开始，如无特别说明，我们所用的投影均为正投影。

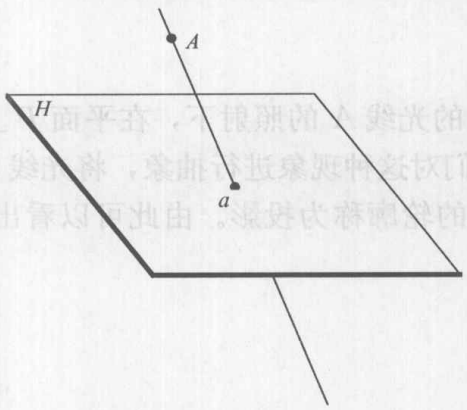


图 2-2 投影的实质

投影的实质是什么呢？如图 2-2 所示，设投射线通过点 A 与投影面 H 相交，其交点 a 就是点 A 在 H 面上的投影，因此求一点的投影实质上就是求通过该点的投射线与投影面的交点。

二、平行投影的基本性质

在画图和读图时，我们必须掌握平行投影的基本性质。平行投影有如下六个基本性质：

（一）类似性

如图 2-3（a）所示，在一般情况下，直线的平行投影仍是直线，平面的平行投影是空间平面的类似形。如果用大写字母表示空间几何元素，用小写字母表示其投影，则 AB 的投影 ab 仍为直线，三角形 P 的投影 p 仍为三角形，即一个多边形平面的平行投影的边数在一般情况下与空间平面相同，这种性质称为类似性。

（二）积聚性

如图 2-3（b）所示，当直线平行于投射线的方向时，其投影变为一点，如直线 CD 在 H 面上的投影 cd。当平面平行于投射线的方向时，其投影变为一条直线，如 Q 平面的投影 q。这种性质称为积聚性。在正投影中，当直线或平面垂直于投影面时，其投影积聚为一个点或一条直线，这种具有积聚性的投影也称为点视图或边视图。

（三）真实性

如图 2-3（c）所示，当直线平行于投影面时，其投影反映空间直线的真长（用 TL 表示），如 $ef=EF$。当平面平行于投影面时，其投影与空间平面全等，即投影反映空间平面的真形（用 TS 表示），如空间平面 R 的投影 r 反映 R 的实形，这种性质称为真实性。

（四）从属性

点在直线上，点的投影在直线的投影上。如图 2-3（d）所示，点 K 在直线 GI 上，点 K 在 H 面上的投影 k 在直线 GI 在 H 面上的投影 gi 上。这种性质称为从属性。

（五）平行性

空间两直线平行，则它们在同一投影面上的投影平行。如图 2-3（d）所示，空间直线 $UV/\!/ST$，它们在 H 面上的投影 $uv/\!/st$。这种性质称为平行性。

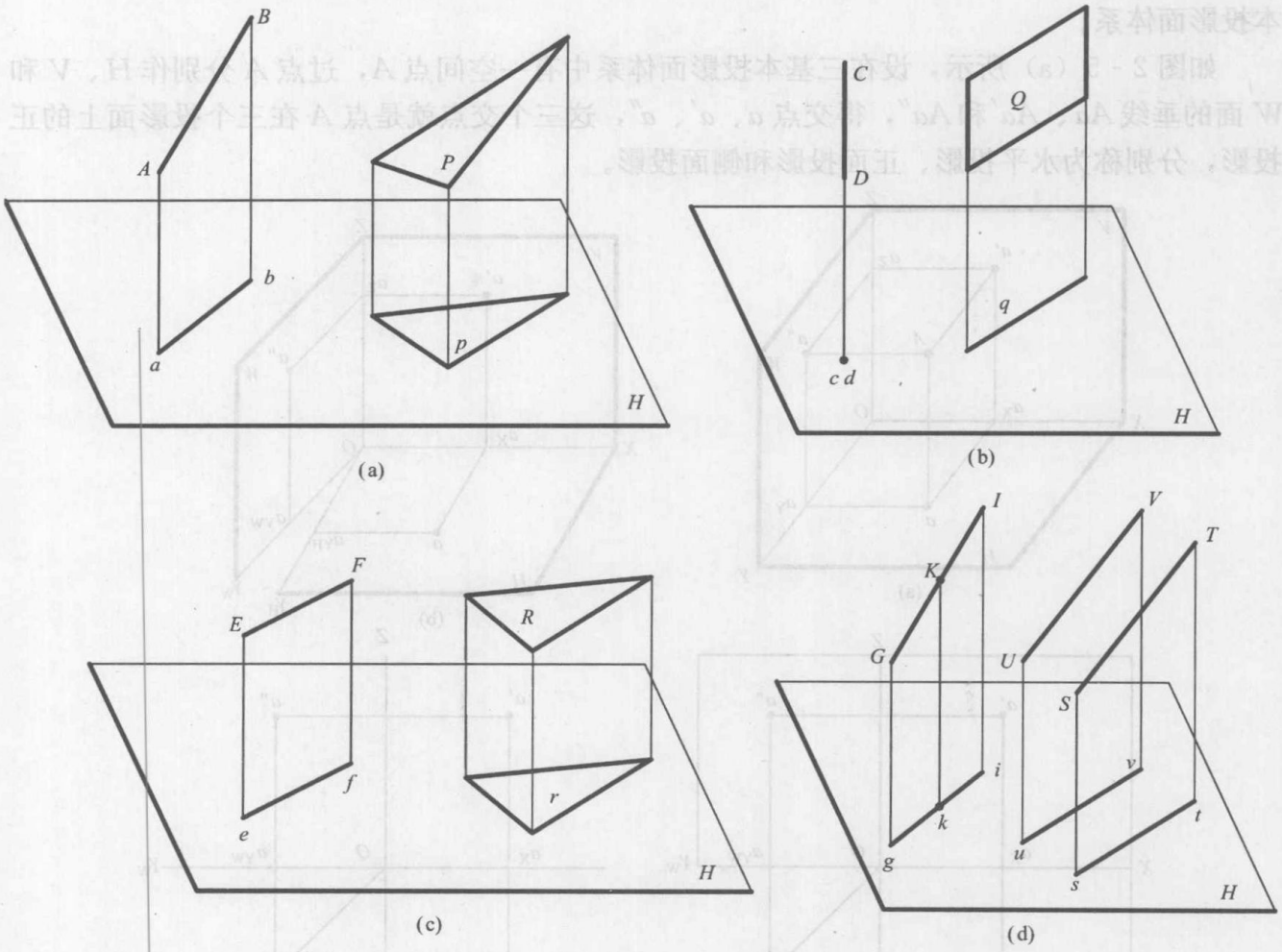


图 2 - 3　平行投影的基本性质

(a) 类似性；(b) 积聚性；(c) 真实性；(d) 从属性、平行性和定比性

(六) 定比性

直线上两线段的长度之比或两平行线段的长度之比，分别等于其投影之比。如图 2 - 3 (d) 所示，$gk : ki = GK : KI$，$uv : st = UV : ST$。这种性质称为定比性。

平行投影的基本性质是今后研究图示法和图解法的基础，必须熟练掌握。

第二节　点的多面投影

点的一面投影不能确定点的空间位置。在实际应用中，经常使用点的多面投影体系，多面投影体系包括三个基本投影面体系和多个投影面体系（又称为换面法）。

一、点在三个基本投影面上的投影

如图 2 - 4 所示，设有三个互相垂直的投影面 V、H 和 W，其中 V 面称为正立投影面（简称正面），H 面称为水平投影面（简称水平面），W 面称为侧立投影面（简称侧面），它们两两相交于直线 OX、OY 和 OZ，这三条直线称为投影轴，它们也是互相垂直的。V、H、W 三个投影面及其投影轴构成了三基

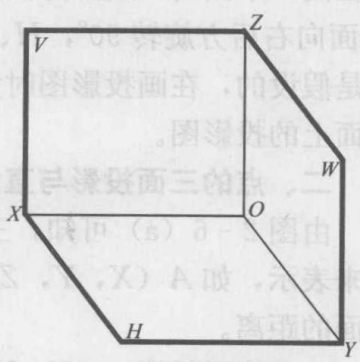


图 2 - 4　三基本投影面体系的形成

本投影面体系。

如图 2 - 5（a）所示，设在三基本投影面体系中有一空间点 A，过点 A 分别作 H、V 和 W 面的垂线 Aa、Aa'和 Aa''，得交点 a、a'、a''，这三个交点就是点 A 在三个投影面上的正投影，分别称为水平投影、正面投影和侧面投影。

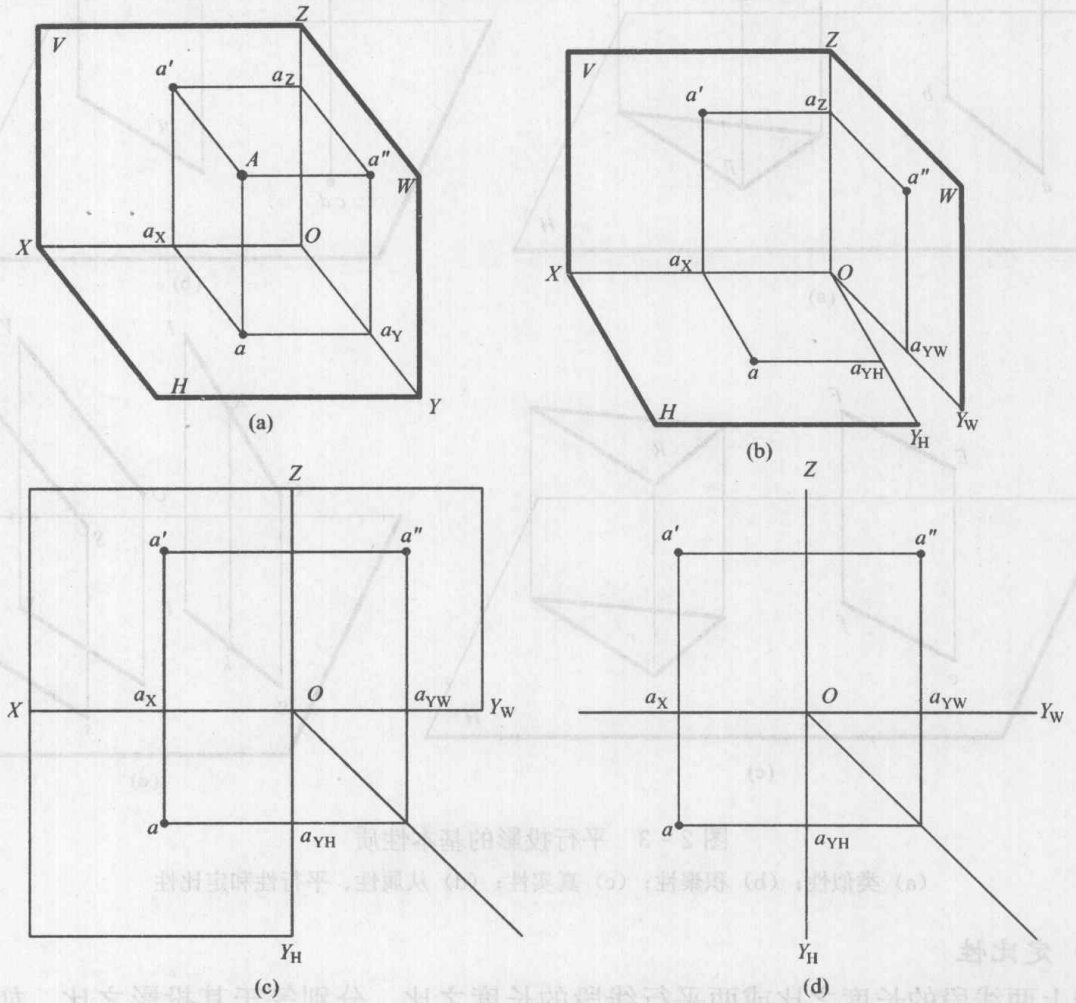


图 2 - 5　点的三面投影图的形成过程

（a）三面投影图形成；（b）投影面旋转；（c）投影面旋转后的投影图；（d）点的三面投影图

为了作图方便，国家标准规定，当投影作出后，移去空间点 A，并将三个基本投影面展开在同一平面内，展开方法如图 2 - 5（b）所示，V 面不动，H 面向下后方旋转 90°，同时 W 面向右后方旋转 90°，H、W 与 V 面重合在同一平面内，如图 2 - 5（c）所示，由于投影面是假设的，在画投影图时无需画出，其结果如图 2 - 5（d）所示，这就是点在三个基本投影面上的投影图。

二、点的三面投影与直角坐标

由图 2 - 6（a）可知，三基本投影面体系相当于空间直角坐标系。因此点可以用它的坐标来表示，如 A（X，Y，Z）。点的每一个投影都反映两个坐标，每个坐标反映空间点到投影面的距离。

（1）水平投影 a（X，Y）到 OY_H 和 OX 轴的距离反映空间点 A 到 W 和 V 面的距离，$x=aa_{YH}=Aa''$，$y=aa_X=Aa'$。

(2) 正面投影 a' (X, Z) 到 OZ 和 OX 轴的距离反映空间点 A 到 W、H 的距离，$x=a'a_Z=Aa''$，$z=a'a_X=Aa$。

(3) 侧面投影 a'' (Y, Z) 到 OY_W 和 OZ 轴的距离反映空间点 A 到 H、V 的距离，$y=a''a_Z=Aa'$，$z=a''a_{YW}=Aa$。

三、点的三面投影规律

如图 2-6 (b) 所示，点的三面投影的投影规律就是三面投影之间的关系，由投影面体系的构成和展开可知：

$aa_X\perp OX$，$a'a_X\perp OX$；

$a'a_Z\perp OZ$，$a''a_Z\perp OZ$；

$aa_{YH}\perp OY_H$，$a''a_{YW}\perp OY_W$。

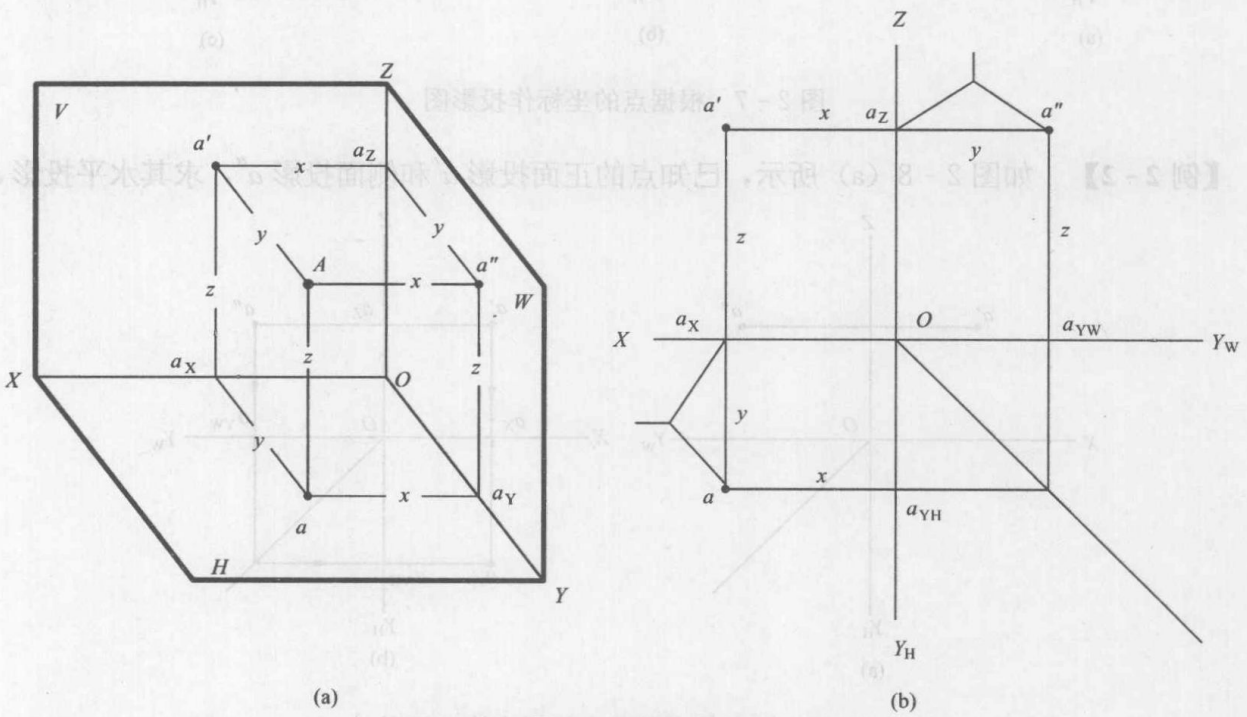


图 2-6　点的三面投影与坐标

(a) 立体图；(b) 投影图

由此可得如下投影规律：

(1) **水平投影和正面投影的连线垂直于 *OX* 轴**，即 $aa'\perp OX$。

(2) **正面投影和侧面投影的连线垂直于 *OZ* 轴**，即 $a'a''\perp OZ$。

(3) **水平投影到 *OX* 轴的距离等于侧面投影到 *OZ* 轴的距离**，即 $aa_X=a''a_Z$。

点的三面投影规律是作投影图的依据，也是检查投影图正误的依据。

【例 2-1】　已知点 A (10, 12, 14)，根据其坐标作三面投影图。

作图步骤：

第一步　如图 2-7 (a) 所示，在 OX 轴上量取坐标 $x=10$ 得点 a_X。

第二步　如图 2-7 (b) 所示，过点 a_X 作 OX 的垂线（正面投影和水平投影的连线），在垂线上量取 $a_Xa=12$，得水平投影 a。在垂线上量取 $a_Xa'=14$，得正面投影 a'。

第三步　如图 2-7 (c) 所示，过 a' 作 $a'a''\perp OZ$ 轴，过 a 作 OY_H 轴的垂线与 45°斜线相

交，过交点作 OY_W 轴的垂线与 $a'a''$ 交于 a''（$aa_X=a''a_Z$），即得侧面投影。

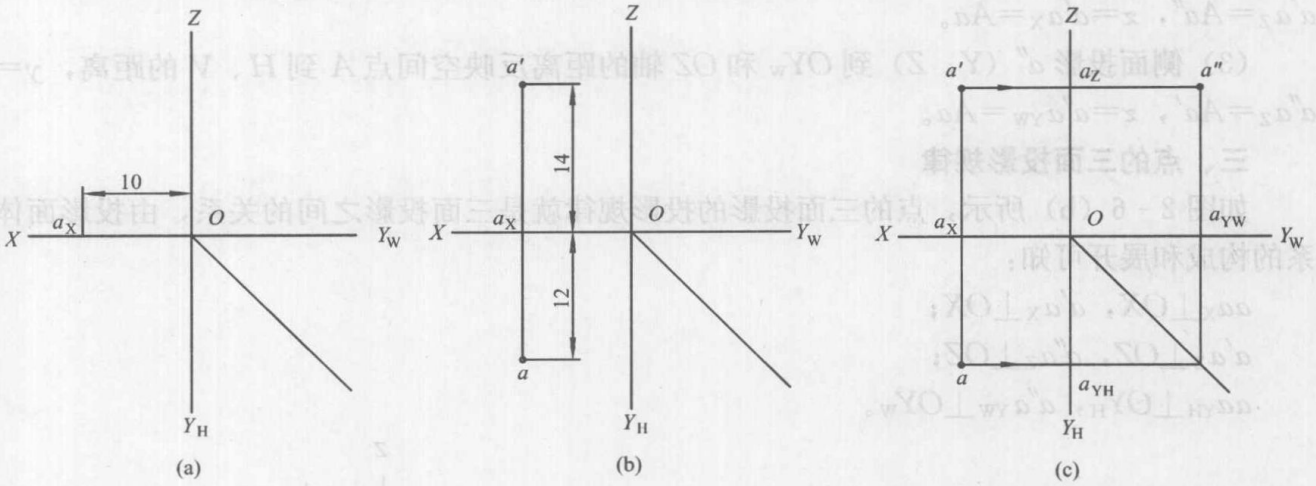


图 2-7　根据点的坐标作投影图

【例 2-2】　如图 2-8（a）所示，已知点的正面投影 a' 和侧面投影 a''，求其水平投影 a。

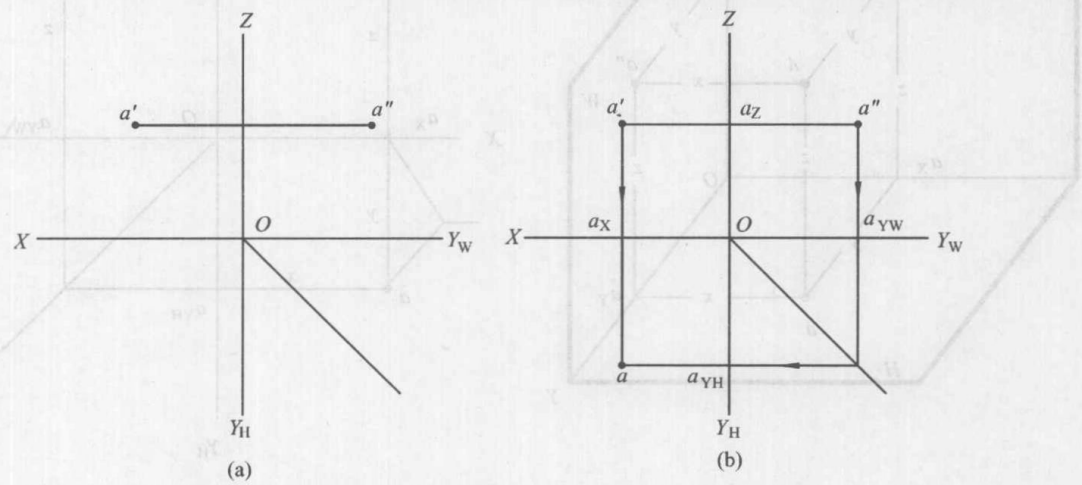


图 2-8　根据点的两个投影求第三投影

（a）已知条件；（b）作图步骤

作图步骤：

如图 2-8（b）所示，首先，过 a' 作连线 $a'a\perp OX$ 轴，然后过 a'' 作 OY_W 轴的垂线与 45° 斜线相交，过交点再作 OY_H 轴的垂线与 $a'a$ 相交于 a，即得水平投影。

四、两点的相对位置

（一）两点的相对位置

两点的相对位置就是指两点左右、前后、上下的位置关系。图 2-9（a）表示点 A 和 B 的投影图，由两点的 X、Y、Z 三个坐标可得两点到 W、V、H 面的距离，同时根据两点的 X、Y、Z 三个坐标也可以看出两点的位置关系。我们规定：**两点中 *X* 坐标大的点在左，*X* 坐标小的点在右；*Y* 坐标大的点在前，*Y* 坐标小的点在后；*Z* 坐标大的点在上，*Z* 坐标小的点在下**。我们以 B 点为基准，因 $x_A>x_B$，所以点 A 在点 B 的左方；因 $y_A<y_B$，所以点 A 在点 B 的后方；因 $z_A>z_B$，所以点 A 在点 B 的上方。如果以点 A 为基准，仍比较两点坐标的大小，则得点 B 在点 A 的右、前和下方，图 2-9（b）为两点相对位置的立体图。

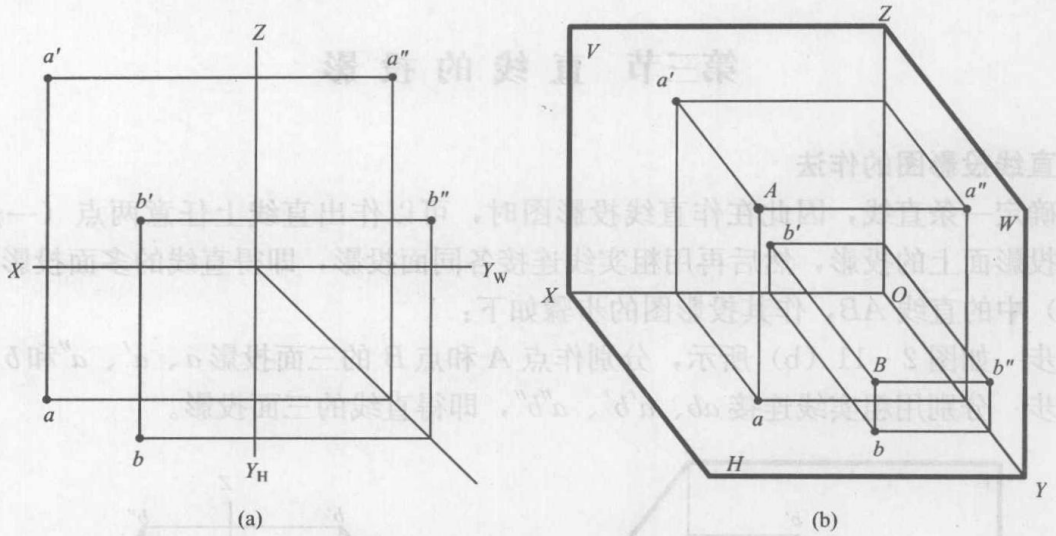


图 2-9　判断两点的相对位置

(a) 投影图；(b) 立体图

(二) 重影点和可见性

当空间两点位于某一投影面的同一条投射线上时，它们在该投影面上的投影重合为一点，则称这两点是对该投影面的**重影点**。为了判别两个重合投影的可见性，规定观察方向与投射线的投射方向一致，即对 H 面从上向下，对 V 面从前向后，对 W 面从左向右，距观察者较近的点的投影为可见，反之不可见。如果用点的坐标判断可见性，则**坐标大的点的投影可见，即 Z 坐标大的点的水平投影可见，Y 坐标大的点的正面投影可见，X 坐标大的点的侧面投影可见。**

如图 2-10 (b) 所示，A、B 两点是对 H 面的一对重影点，其水平投影 a 和 b 重合，由于 $z_A > z_B$，所以点 A 的水平投影 a 可见，而点 B 的水平投影 b 不可见，为便于区别，我们用括号将不可见投影 b 括起来。同理点 A 和点 C 是对 V 面的一对重影点，其正面投影 a' 和 c' 重合，由于 $y_A > y_C$，所以 a' 可见，而 c' 不可见，用括号括起来。点 A 和点 D 是对 W 面的一对重影点，a'' 和 d'' 重合，由于 $x_A > x_D$，所以 a'' 可见，而 d'' 不可见，用括号括起来。

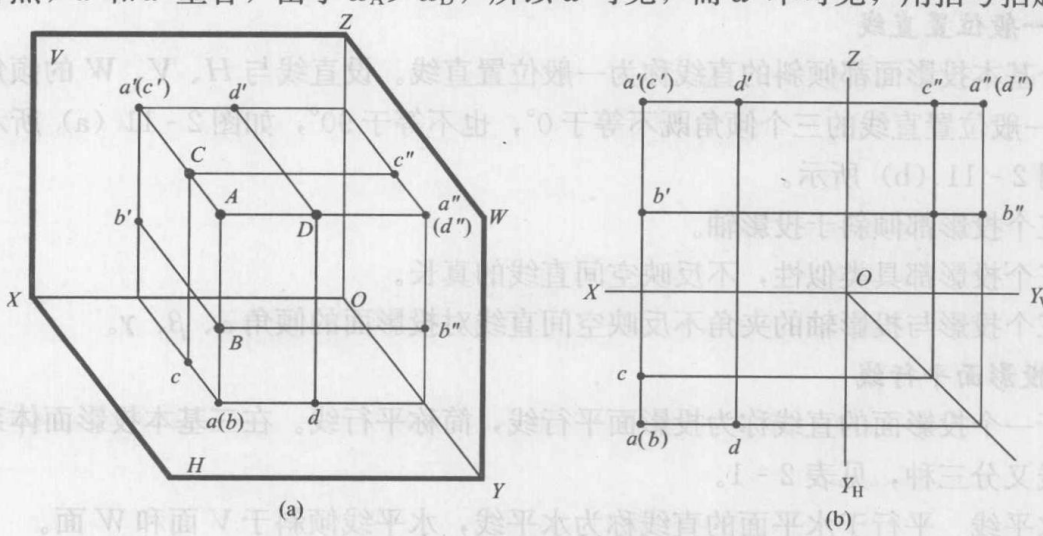


图 2-10　重影点和可见性

(a) 立体图；(b) 三面投影图

第三节 直线的投影

一、直线投影图的作法

两点确定一条直线，因此在作直线投影图时，可以作出直线上任意两点（一般为两端点）在各投影面上的投影，然后再用粗实线连接各同面投影，即得直线的多面投影图。如图2-11（a）中的直线AB，作其投影图的步骤如下：

第一步　如图2-11（b）所示，分别作点A和点B的三面投影a、a'、a''和b、b'、b''。

第二步　分别用粗实线连接ab、$a'b'$、$a''b''$，即得直线的三面投影。

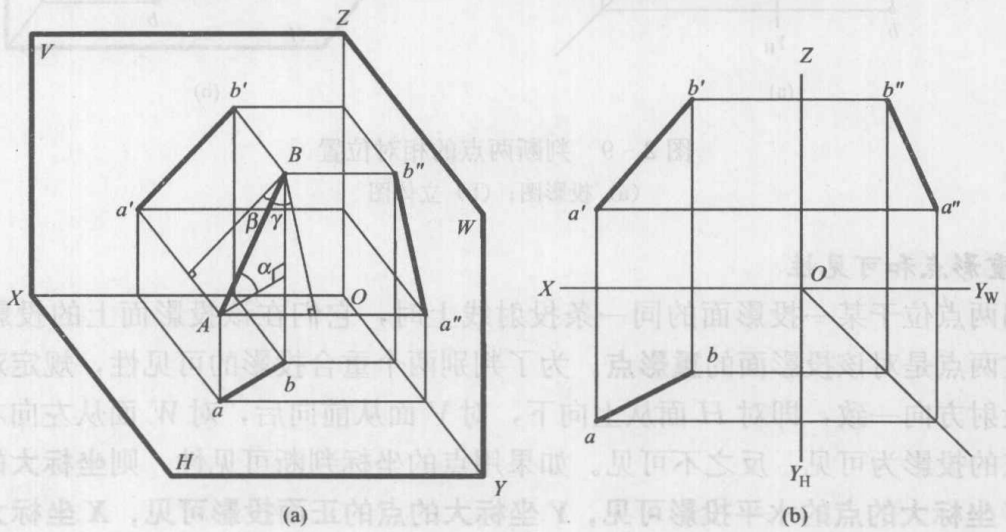


图2-11　直线的投影

（a）立体图；（b）三面投影图

二、直线对投影面的相对位置及其投影特性

在三基本投影面体系中，直线对投影面的相对位置可以归纳为**一般位置直线**、**投影面平行线**和**投影面垂直线**三类，其中后两类直线为特殊位置直线。下面分别讨论其投影特性。

（一）一般位置直线

与三个基本投影面都倾斜的直线称为一般位置直线。设直线与H、V、W的倾角分别为α、β、γ，一般位置直线的三个倾角既不等于0°，也不等于90°，如图2-11（a）所示。其投影特性如图2-11（b）所示。

（1）三个投影都倾斜于投影轴。

（2）三个投影都具类似性，不反映空间直线的真长。

（3）三个投影与投影轴的夹角不反映空间直线对投影面的倾角α、β、γ。

（二）投影面平行线

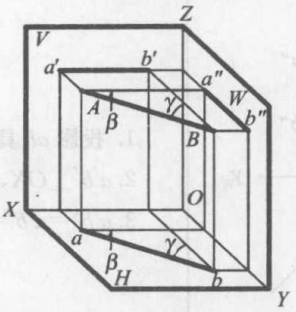
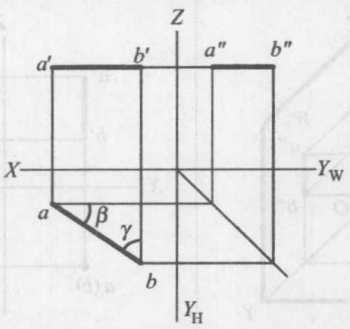
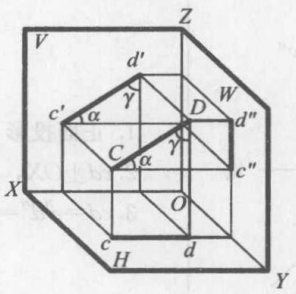
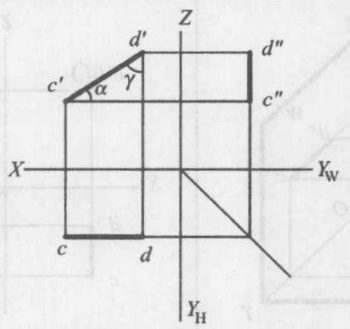
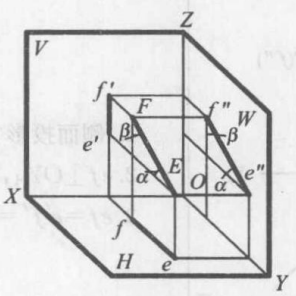
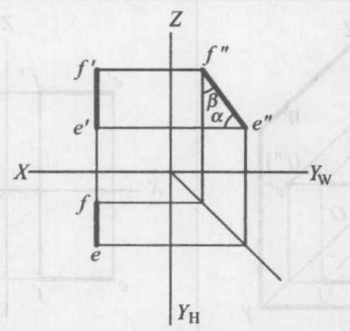
平行于一个投影面的直线称为投影面平行线，简称平行线。在三基本投影面体系中，投影面平行线又分三种，见表2-1。

（1）水平线　平行于水平面的直线称为水平线，水平线倾斜于V面和W面。

（2）正平线　平行于正面的直线称为正平线，正平线倾斜于H面和W面。

（3）侧平线　平行于侧面的直线称为侧平线，侧平线倾斜于H面和V面。

表 2-1　　投影面平行线

名称	轴测图	投影图	投影特性
水平线			1. $ab=AB=TL$ 2. $a'b'/\!/OX$，$a''b''/\!/OY_W$ 3. 反映 β，γ
正平线			1. $c'd'=CD=TL$ 2. $cd/\!/OX$，$c''d''/\!/OZ$ 3. 反映 α、γ
侧平线			1. $e''f''=EF=TL$ 2. $ef/\!/OY_H$，$e'f'/\!/OZ$ 3. 反映 α、β

三种平行线的投影特性见表 2-1。它们的投影特性概括起来如下：

(1) 在其所平行的投影面上的投影反映空间直线的真长（用 TL 表示）。如水平线的水平投影 ab，正平线的正面投影 $c'd'$，以及侧平线的侧面投影 $e''f''$。

(2) 反映真长的投影与投影轴的夹角反映空间直线与投影面的倾角。如表 2-1 图所示 AB 的 β 和 γ，$\alpha=0°$；CD 的 α 和 γ，$\beta=0°$；EF 的 α 和 β，而 $\gamma=0°$。

(3) 另外两个投影平行于投影轴。如 $a'b'/\!/OX$，$a''b''/\!/OY_W$；$cd/\!/OX$，$c''d''/\!/OZ$；$ef/\!/OY_H$，$e'f'/\!/OZ$。需要说明的是，有两个投影平行于投影轴是判断平行线的特征性投影，在三面投影中，有两个投影平行于投影轴，或在两面投影中，有一个投影平行于投影轴，说明空间直线上各点到投影面的距离相等，所以直线平行于投影面。

(三) 投影面垂直线

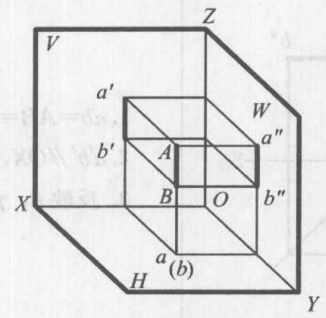
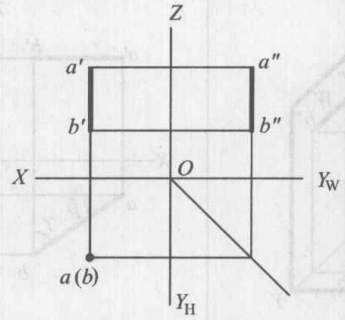
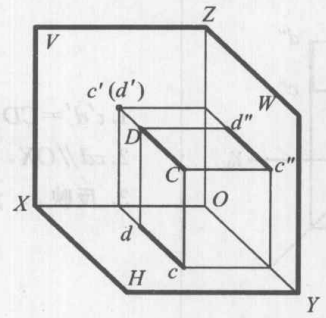
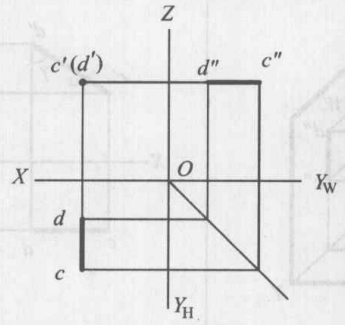
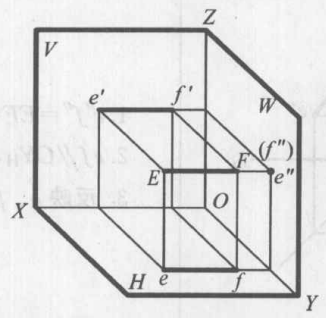
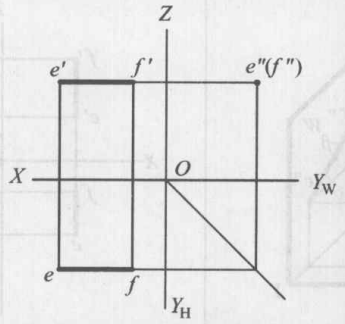
垂直于一个投影面的直线称为投影面垂直线，简称垂直线。在三个基本投影面体系中，投影面垂直线又分为三种，见表 2-2。

(1) 铅垂线。垂直于水平面的直线称为铅垂线，铅垂线必平行于 V 面和 W 面。

(2) 正垂线。垂直于正面的直线称为正垂线，正垂线必平行于 H 面和 W 面。

(3) 侧垂线。垂直于侧面的直线称为侧垂线，侧垂线必平行于 H 面和 V 面。

表 2-2　　投 影 面 垂 直 线

名称	轴测图	投影图	投影特性
铅垂线			1. 投影 ab 具积聚性 2. $a'b' \perp OX$，$a''b'' \perp OY_W$ 3. $a'b' = a''b'' = AB = TL$
正垂线			1. 正面投影 $c'd'$ 具积聚性 2. $cd \perp OX$，$c''d'' \perp OZ$ 3. $cd = c''d'' = CD = TL$
侧垂线			1. 侧面投影 $e''f''$ 具积聚性 2. $ef \perp OY_H$，$e'f' \perp OZ$ 3. $ef = e'f' = EF = TL$

三种垂直线的投影特性概括起来如下：

(1) 在所垂直的投影面上的投影具积聚性。如表 2-2 中 AB、CD、EF 的投影 ab、$c'd'$、$e''f''$ 各重合为一点。这种特性是判断垂直线的重要特征，不论两面投影还是三面投影，只要有一个投影具积聚性，就可判断该空间直线是垂直线。

(2) 另外两个投影垂直于投影轴，且反映空间直线的真长。如 $a'b' \perp OX$，$a''b'' \perp OY_W$，$a'b' = a''b'' = AB$；$cd \perp OX$，$c''d'' \perp OZ$，$cd = c''d'' = CD$；$ef \perp OY_H$，$e'f' \perp OZ$，$ef = e'f' = EF$。

(3) 三个倾角都是已知的。如直线 AB 的 $\alpha = 90°$，$\beta = \gamma = 0°$；直线 CD 的 $\beta = 90°$，$\alpha = \gamma = 0°$；直线 EF 的 $\gamma = 90°$，$\alpha = \beta = 0°$。

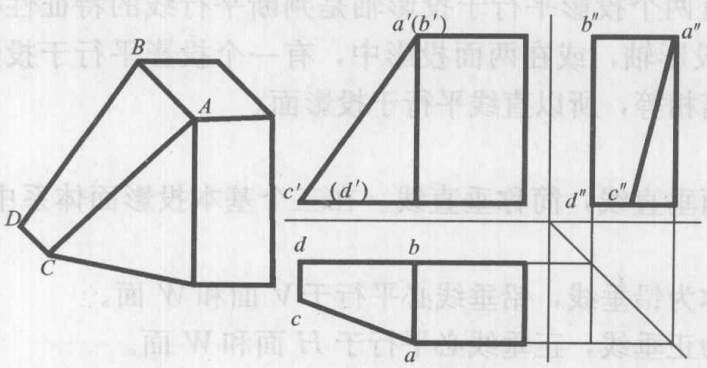


图 2-12　分析立体表面直线的位置

【例 2-3】　根据图 2-12 中立体的三面投影图并参照立体图分析立体表面棱线 AB、AC、BD 对投影面的相对位置。

分析：因直线 AB 的正面投影具积聚性，$a'b'$ 重合为一点，所以 AB 为一正垂线，再观察其水平投影和侧面投影，$ab \perp OX$，$a''b'' \perp OZ$，也符合正垂线的投影特性，说明判断是正确的。直线 AC 的三面投影 ac、$a'c'$ 和 $a''c''$ 均倾斜于投影轴，所以直线 AC 是一般位置直线。直线 BD 的水平投影 $bd \,//\, OX$ 轴，侧面投影 $b''d'' \,//\, OZ$ 轴，而正面投影 $b'd'$ 为一倾斜线，所以它是一条正平线。

【例 2-4】　如图 2-13 所示，已知水平线 AB 的端点 A 的两投影 a、a'，且 AB 对 V 面的倾角 $\beta=45°$，长度为 25，点 B 在点 A 的右前方，画出直线的两面投影图。

作图步骤：

第一步　由于 AB 是水平线，$a'b' \,//\, OX$，所以首先过 a' 作 OX 轴的平行线。

第二步　由于 $\beta=45°$，所以过 a 作直线 ab 与 OX 轴成 45°角，且 $ab=25$。

第三步　过 b 作连线垂直于 OX 轴与过 a' 所作 OX 轴的平行线相交于 b'。

第四步　将 ab、$a'b'$ 加粗为粗实线。

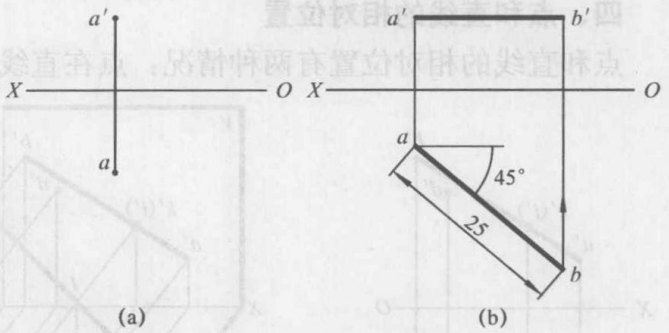


图 2-13　根据已知条件作直线的投影

(a) 已知条件；(b) 作图步骤

三、求一般位置直线的实长及其 α、β、γ 角

求一般位置直线的实长及其 α、β、γ 角有很多方法，下面介绍直角三角形法。

1. 空间几何关系分析

如图 2-14 (a) 所示，过 A 作 $AB_0 \,//\, ab$，则三角形 ABB_0 为一直角三角形，在此三角形中，AB 是空间直线，其长度就是真长 TL，又因为 $AB_0=ab$，$BB_0=Bb-B_0b=Bb-Aa=Z_B-Z_A=\Delta z$，所以以水平投影 ab 和 Z 坐标差 Δz 为直角边作直角三角形，斜边就是直线 AB 的真长，斜边与水平投影 ab 的夹角就是直线 AB 对 H 面的倾角 α。同理，以正面投影 $a'b'$ 和 Y 坐标差 Δy 所作直角三角形的斜边就是直线 AB 的真长 TL，斜边与正面投影 $a'b'$ 的夹角就是直线 AB 对 V 面的倾角 β；而以侧面投影 $a''b''$ 和 X 坐标差 Δx 为直角边所作直角三

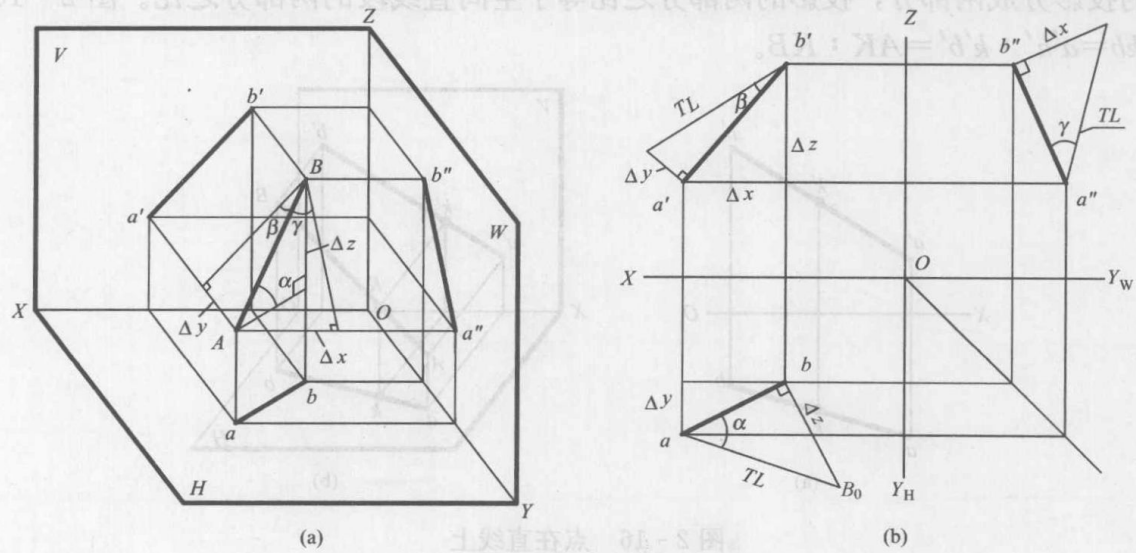


图 2-14　用直角三角形法求直线实长

(a) 立体图；(b) 实长求法

角形的斜边就是直线 AB 的真长 TL，斜边与侧面投影 $a''b''$ 的夹角就是 AB 对侧面的倾角 γ。

2. 作图

如图 2 - 14（b）所示，过水平投影 ab 的端点 b（或 a）作 ab 的垂线，在垂线上截 $bB_0=\Delta z$ 得 B_0，连接 aB_0，则 $aB_0=TL$，$\angle B_0ab=\alpha$。也可以在投影图外作此三角形。

求 β 角和真长 TL 用正面投影 $a'b'$ 和 Δy，作图方法同上；

求 γ 角和真长 TL 用侧面投影 $a''b''$ 和 Δx，作图方法同上。

四、点和直线的相对位置

点和直线的相对位置有两种情况：点在直线上和点不在直线上。

（一）点不在直线上

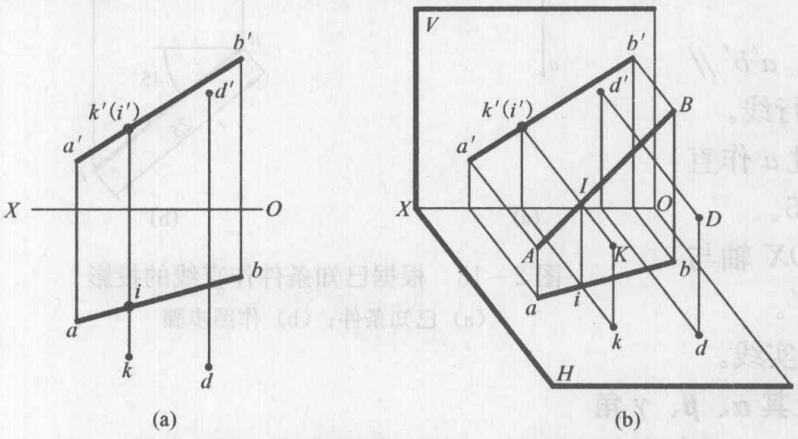


图 2 - 15　点不在直线上的两种情况

（a）投影图；（b）立体图

点在直线上，点的投影在直线的同面投影上。因此如果点的一个投影在直线的投影上，而另一个投影不在直线的投影上，或点的两个或两个以上的投影都不在直线的同面投影上，则点不在直线上。换言之，只要点的一个投影不在直线的同面投影上，则点不在直线上。在图 2 - 15（a）中，点 K 的正面投影 k' 在 $a'b'$ 上，但水平投影 k 不在 ab 上，因此点 K 不在直线 AB 上，点 D 的两个投影 d、d' 均不在 ab、$a'b'$ 上，所以点 D 不在直线 AB 上。图 2 - 15（b）是点 K、D 和直线 AB 相对位置的立体图。

（二）点在直线上

图 2 - 16 是点在直线上的一般情况，因为点 K 的两投影 k、k' 均在直线 AB 的同面投影 ab、$a'b'$ 上，所以点 K 在直线 AB 上。点在直线上时，点把直线段分成两部分，点的投影把直线段的投影分成两部分，投影的两部分之比等于空间直线段的两部分之比。图 2 - 16（a）中 $ak:kb=a'k':k'b'=AK:KB$。

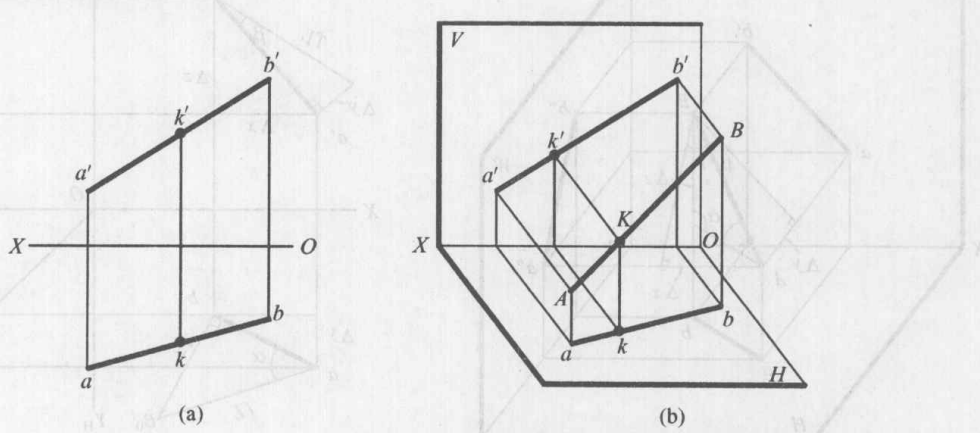


图 2 - 16　点在直线上

（a）投影图；（b）立体图

（三）特殊情况

当直线为侧平线时，直线的水平投影和正面投影与连线重合，此时点的正面投影和水平投影必在直线的同面投影上，但点不一定在直线上，如图 2 - 17（a）中的点 C，虽然 c 和 c' 在 ab 和 $a'b'$ 上，但点 C 不一定在直线 AB 上。在这种情况下要判断点是否在直线上，可用两种方法：一是图 2 - 17（b）所示的方法，求出点和直线的第三投影，如果点的第三投影在直线的第三投影上，则点在直线上，否则点不在直线上。二是图 2 - 17（c）所示的方法，用定比法来判断，具体作法是：过水平投影 ab 的端点 a 任作一斜线，在斜线上截取 $ac_0 = a'c'$，$C_0B_0 = c'b'$，连接 B_0b，过 C_0 作 B_0b 的平行线与 ab 相交，如果交点与 C 重合，则点 C 在直线 AB 上，图中点 C 不在直线 AB 上。

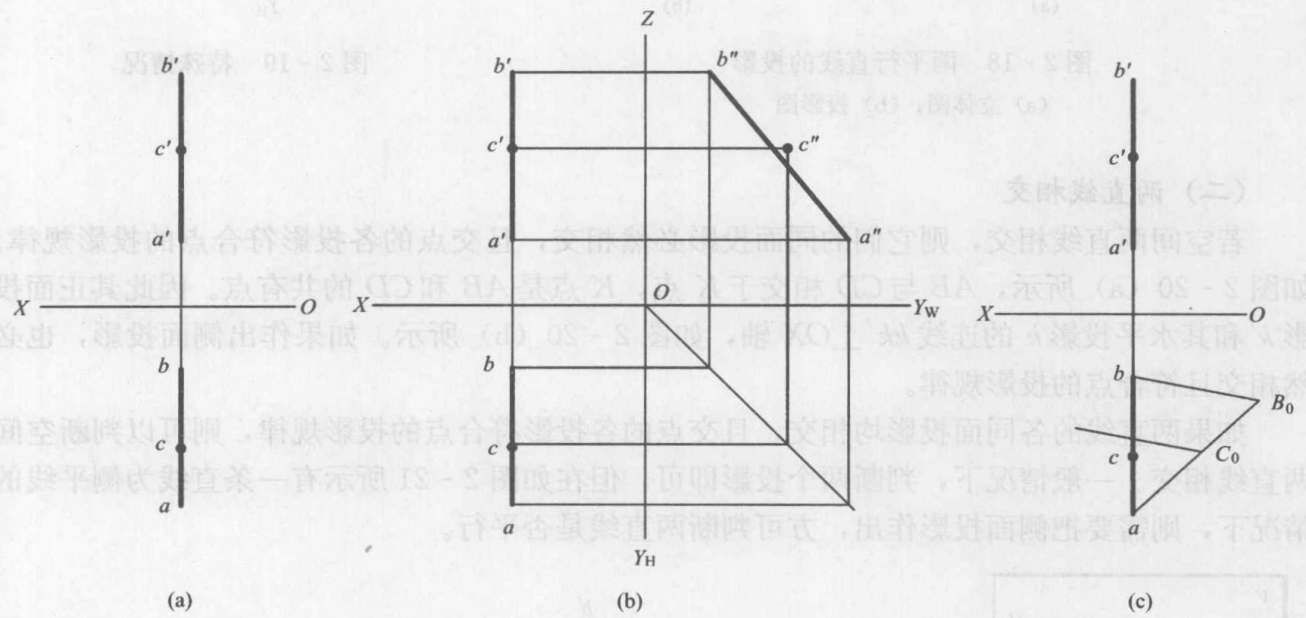


图 2 - 17　特殊情况

（a）已知条件；（b）用第三投影判断；（c）用定比法判断

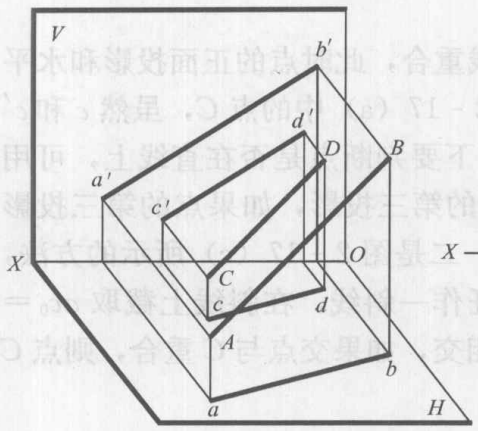
五、两直线的相对位置

空间两直线的相对位置有平行、相交和交叉三种情况。前两种情况属同一平面内的两直线，后一种情况为两异面直线。

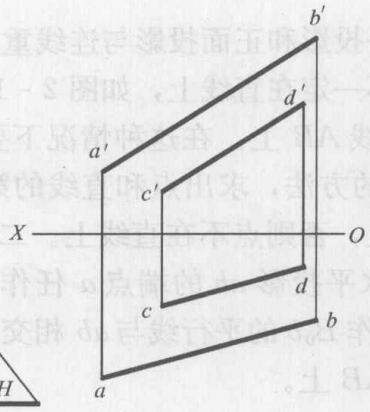
（一）两直线平行

若空间两直线平行，则其同面投影互相平行，且两直线段的长度之比等于其投影的长度之比。如图 2 - 18（a）所示，空间直线 $AB // CD$，则 $ab // cd$，$a'b' // c'd'$，且其长度之比相等，即 $AB : CD = ab : cd = a'b' : c'd'$，其投影图如图 2 - 18（b）所示。反之如果两直线的同面投影互相平行，则可判断空间两直线互相平行。

在一般情况下，如果两直线有两个投影互相平行，则空间两直线平行。但在如图 2 - 19 所示的情况下，必须作出直线的第三投影，才能判断两直线是否平行。图中因 $a''b''$ 不平行于 $c''d''$，所以直线 AB 不平行于 CD。



(a)



(b)

图 2-18 两平行直线的投影

(a) 立体图；(b) 投影图

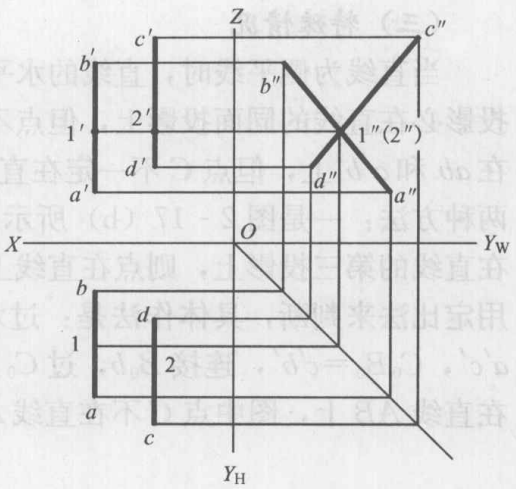
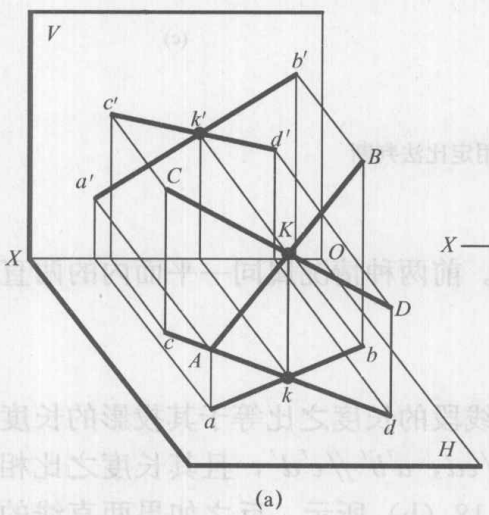


图 2-19 特殊情况

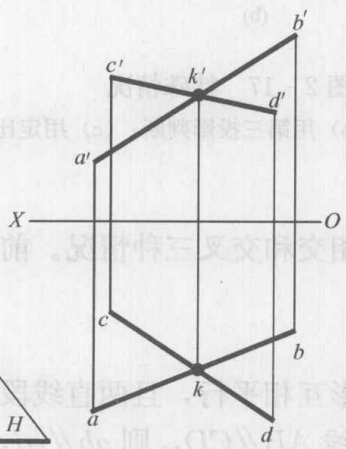
(二) 两直线相交

若空间两直线相交，则它们的同面投影必然相交，且交点的各投影符合点的投影规律。如图 2-20 (a) 所示，AB 与 CD 相交于 K 点，K 点是 AB 和 CD 的共有点。因此其正面投影 k' 和其水平投影 k 的连线 $kk' \perp OX$ 轴，如图 2-20 (b) 所示。如果作出侧面投影，也必然相交且符合点的投影规律。

如果两直线的各同面投影均相交，且交点的各投影符合点的投影规律，则可以判断空间两直线相交。一般情况下，判断两个投影即可，但在如图 2-21 所示有一条直线为侧平线的情况下，则需要把侧面投影作出，方可判断两直线是否平行。



(a)



(b)

图 2-20 两相交直线的投影

(a) 立体图；(b) 投影图

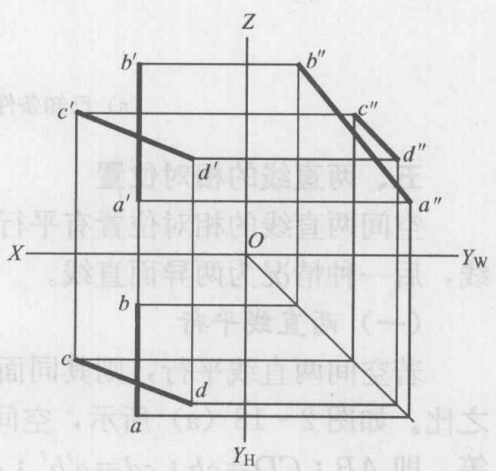


图 2-21 特殊情况

(三) 两直线交叉

两交叉直线是既不平行又不相交的两条异面直线，因而其投影不具有两直线平行或相交的投影特性。换言之，交叉两直线可以有一个投影或两个投影平行，但不可能所有的投影都平行，如图 2-19 所示，两直线的正面投影和水平投影均平行，但侧面投影不平行，所以两

直线为交叉直线。同样交叉两直线可以有一个投影或两个投影甚至三个投影相交，但其投影的交点不符合点的投影规律，如图 2 - 21 所示，两直线的水平投影、正面投影均相交；侧面投影不相交，明显不符合两直线相交的投影规律，所以两直线是交叉直线。

两交叉直线投影的交点反映了空间的一种什么情况呢？如图 2 - 22 所示，AB、CD 是空间的两个交叉直线，其水平投影 ab、cd 及正面投影 $a'b'$、$c'd'$ 都相交，水平投影的交点对应空间直线上的两个点 M、N，因此水平投影的交点实际上是对 H 面的两个重影点 M、N 在 H 面上的投影 m（n），而正面投影的交点是对 V 面的两个重影点 S、T 在 V 面上的投影 s'（t'）。在判断两个交叉直线的可见性时我们常利用重影点，如图 2 - 22（b）所示，由水平投影的交点 m、n 可得两点对应的正面投影 m' 和 n'，由于 M 在 CD 上，N 在 AB 上，$z_M > z_N$，所以点 M 的水平投影 m 可见，说明直线 CD 在上，遮挡了直线 AB。同理根据正面投影的交点可判断直线 AB 的正面投影可见。

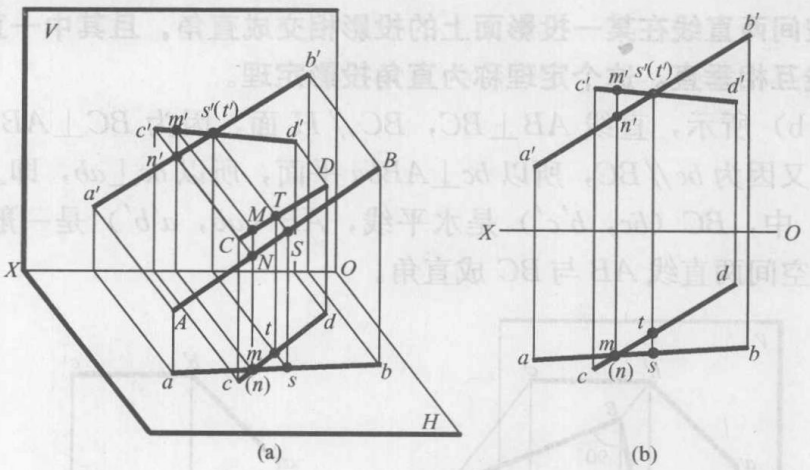


图 2 - 22　两交叉直线的投影

（a）立体图；（b）投影图

【例 2 - 5】　如图 2 - 23（a）所示，已知直线 AB（ab，$a'b'$）、空间点 E（e，e'）和直线 CD 的正面投影 $c'd'$，过点 E 作直线 EF（ef，$e'f'$）与直线 CD 平行且与直线 AB 相交。

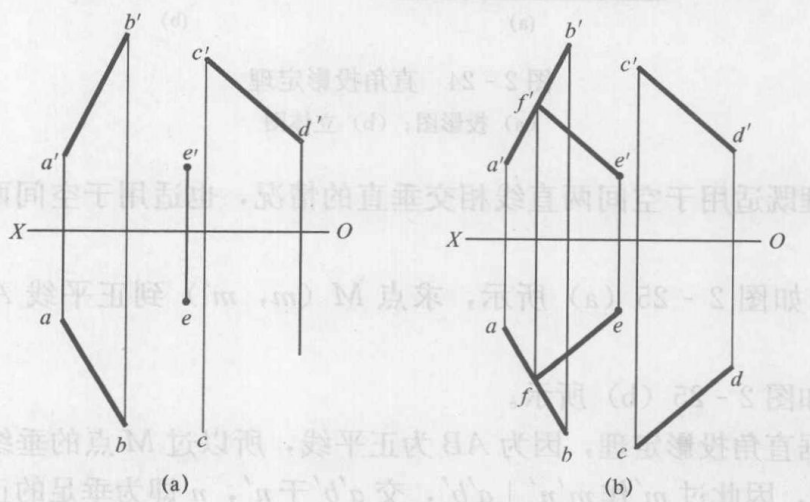


图 2 - 23　已知 EF 与 AB 相交与 CD 平行作 ef、$e'f'$ 和 cd

（a）已知条件；（b）作图步骤

分析：过 E 点与直线 CD 平行的直线的两投影必与 CD 的两投影平行，由于 $c'd'$ 为已知，所以 $e'f'$ 的方向是确定的，但由于 cd 未知，所以水平投影 ef 待求，又由于 EF 与 AB 相交，所以 $e'f'$ 与 $a'b'$ 相交，交点 F 的正面投影 f' 可求出，根据点的投影规律，可求出交点的水平投影 f，连接 ef 即得 EF 的水平投影，又由于 EF 与 CD 平行，所以作 $cd /\!/ ef$，即完成作图。

作图步骤如图 2 - 23（b）所示：

第一步　过 e' 作 $e'f' /\!/ c'd'$，与 $a'b'$ 相交于 f'。

第二步　过 f' 作连线交 ab 于 f。

第三步　连接 ef，并过 c 作 $cd /\!/ ef$。

六、直角投影定理

若空间两直线垂直，且其中一直线平行于某一投影面时，则在该投影面上的投影仍然成直角。反之，若空间两直线在某一投影面上的投影相交成直角，且其中一直线平行于该投影面，则空间两直线互相垂直。这个定理称为直角投影定理。

如图 2 - 24（b）所示，直线 $AB \perp BC$，$BC /\!/ H$ 面，因为 $BC \perp AB$，$BC \perp Bb$，所以 $BC \perp ABba$ 平面，又因为 $bc /\!/ BC$，所以 $bc \perp ABba$ 平面，所以 $bc \perp ab$，即 $\angle abc = 90°$。

图 2 - 24（a）中，BC（bc，$b'c'$）是水平线，AB（ab，$a'b'$）是一般位置直线，因为 $\angle abc = 90°$，所以空间两直线 AB 与 BC 成直角。

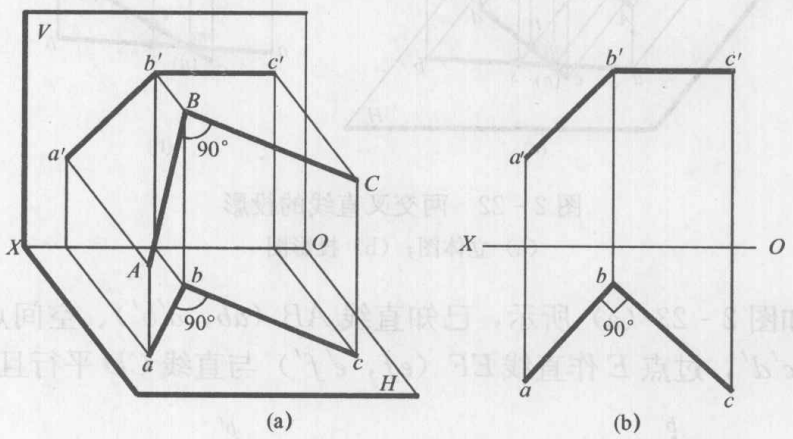


图 2 - 24　直角投影定理

（a）投影图；（b）立体图

直角投影定理既适用于空间两直线相交垂直的情况，也适用于空间两直线交叉垂直的情况。

【例 2 - 6】　如图 2 - 25（a）所示，求点 M（m，m'）到正平线 AB（ab，$a'b'$）的距离。

作图步骤：如图 2 - 25（b）所示。

第一步　根据直角投影定理，因为 AB 为正平线，所以过 M 点的垂线 MN 的正面投影 $m'n'$ 应与 $a'b'$ 垂直，因此过 m' 作 $m'n' \perp a'b'$，交 $a'b'$ 于 n'，n' 即为垂足的正面投影。

第二步　过 n' 作垂直于 OX 轴的连线交 ab 于 n。

第三步　连接 mn，则 mn 和 $m'n'$ 为垂线 MN 的两投影。

第四步　由图可看出，垂线 MN 为一般位置直线，必须求出其真长，才能求出点 M 到

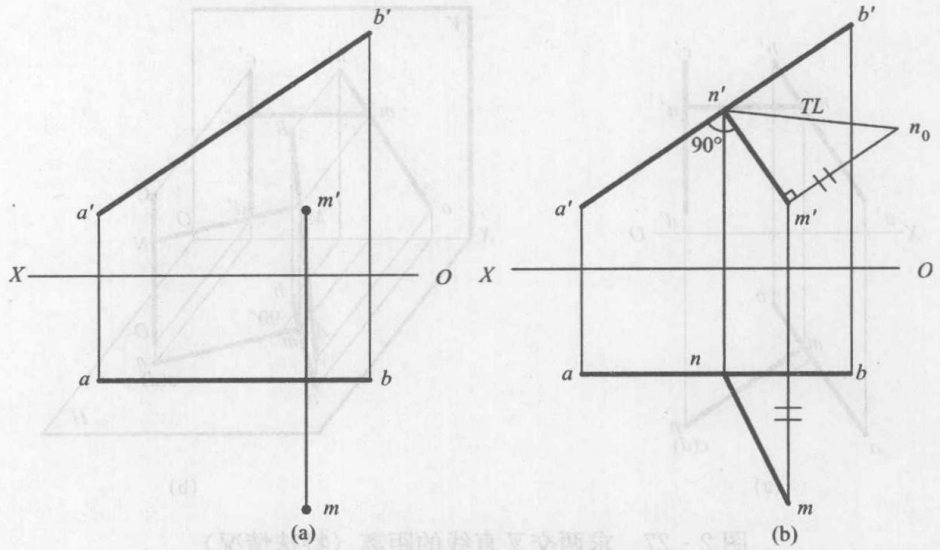


图 2 - 25　求点 M 到正平线 AB 的距离

(a) 已知条件；(b) 作图步骤

直线 AB 的距离，图中 MN 的真长是利用直角三角形法求得的。

【例 2 - 7】　判断图 2 - 26 中的各对直线是否垂直。

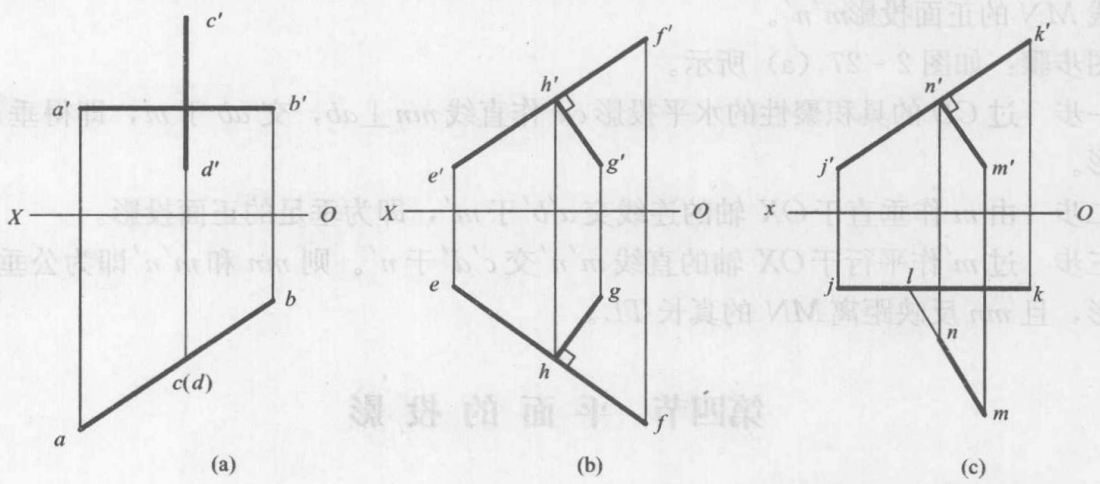


图 2 - 26　判断两直线是否垂直

(a) 相交垂直；(b) 不垂直；(c) 交叉垂直

分析：在图 2 - 26 (a) 中，因为 CD 为铅垂线，所以 CD 必平行于 V 面，又由于 $c'd' \perp a'b'$，所以符合直角投影定理，即 $AB \perp CD$，为相交垂直。

在图 2 - 26 (b) 中，尽管直线 EF 和 GH 的两个同面投影都互相垂直，但两直线均不是投影面的平行线，所以两直线不垂直。

在图 2 - 26 (c) 中，因为 $jk // OX$，所以 JK 为正平线，又 $m'n' \perp j'k'$，所以两直线为交叉垂直。

【例 2 - 8】　如图 2 - 27 所示，已知 AB (ab，$a'b'$)、CD (cd，$c'd'$) 是两条交叉直线，其中 CD 为铅垂线，求两直线间的距离。

分析：如图 2 - 27 (b) 所示，两个交叉直线的距离就是两直线公垂线的真长，由于直线 CD 为铅垂线，与 CD 垂直的公垂线 MN 必是水平线。又因为公垂线 MN 垂直于一般位

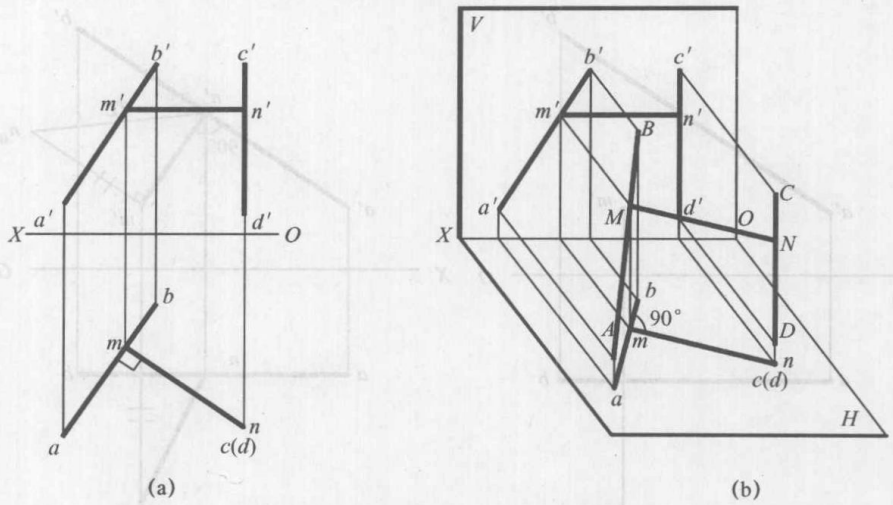


图 2 - 27 求两交叉直线的距离（特殊情况）

（a）投影图；（b）立体图

置直线 AB，根据直角投影定理，AB 的水平投影 ab 必垂直于 MN 的水平投影 mn。作图时由于 CD 的水平投影 cd 有积聚性，垂足 N 的水平投影 n 为已知，因此公垂线的水平投影 mn 垂直于 ab，可直接作出，另一垂足 M 的水平投影 m 可作出，由 m 求出 m'，即可作出水平公垂线 MN 的正面投影 $m'n'$。

作图步骤：如图 2 - 27（a）所示。

第一步　过 CD 的具积聚性的水平投影 cd 作直线 $mn \perp ab$，交 ab 于 m，即得垂足 M 的水平投影。

第二步　由 m 作垂直于 OX 轴的连线交 $a'b'$ 于 m'，即为垂足的正面投影。

第三步　过 m' 作平行于 OX 轴的直线 $m'n'$ 交 $c'd'$ 于 n'。则 mn 和 $m'n'$ 即为公垂线 MN 的两投影，且 mn 反映距离 MN 的真长 TL。

第四节　平面的投影

一、平面在投影图上的表示法

平面在投影图上有两种表示方法。

（一）用几何元素表示平面

如图 2 - 28 所示，平面可由下列任意一组几何元素来表示：

（1）不在同一直线上的三点。

（2）直线和线外一点。

（3）两相交直线。

（4）两平行直线。

（5）任意平面图形。

这五组表示方法可以互相转换，如将图 2 - 28（a）中的点 A（a，a'）和点 B（b，b'）连接起来，就转换成图 2 - 28（b）的表示法，但是由于空间三点的位置没有发生变化，所以两个投影图所表示的是同一个平面。

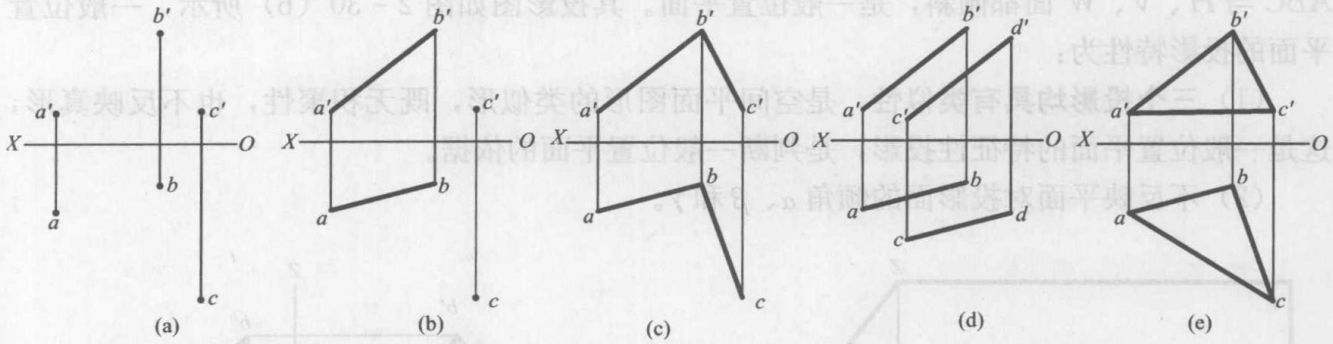


图 2 - 28　用几何元素表示平面

（a）不在同一直线上的三点；（b）直线和线外一点；（c）两相交直线；（d）两平行直线；（e）任意平面图形

（二）用平面的迹线表示平面

平面与投影面的交线称为平面的迹线，如图 2 - 29（a）所示，平面 P 有三条迹线，它与 H 面的交线称为水平面迹线，用 P_H 表示，它与 V 面的交线称为正面迹线，用 P_V 表示，它与 W 面的交线称为侧面迹线，用 P_W 表示。同一平面的两条迹线可能相交，也可能平行，两迹线相交时，其交点称为迹线的集合点，如图 2 - 29 中的 P_X、P_Z。在投影图上用迹线表示平面时，只画出迹线本身，而不画出其他投影，在图 2 - 29（b）的投影图中，只画出了三条迹线 P_H、P_V、P_W，而未画出另外两投影，但我们要知道，迹线既然是平面与投影面的交线，因而必在投影面上，其另外两投影必在投影轴上。在后面的实际应用中，我们还常用平面的一条具有积聚性的迹线来表示特殊位置平面，如投影面垂直面和投影面平行面，如图 2 - 29（c）所示。

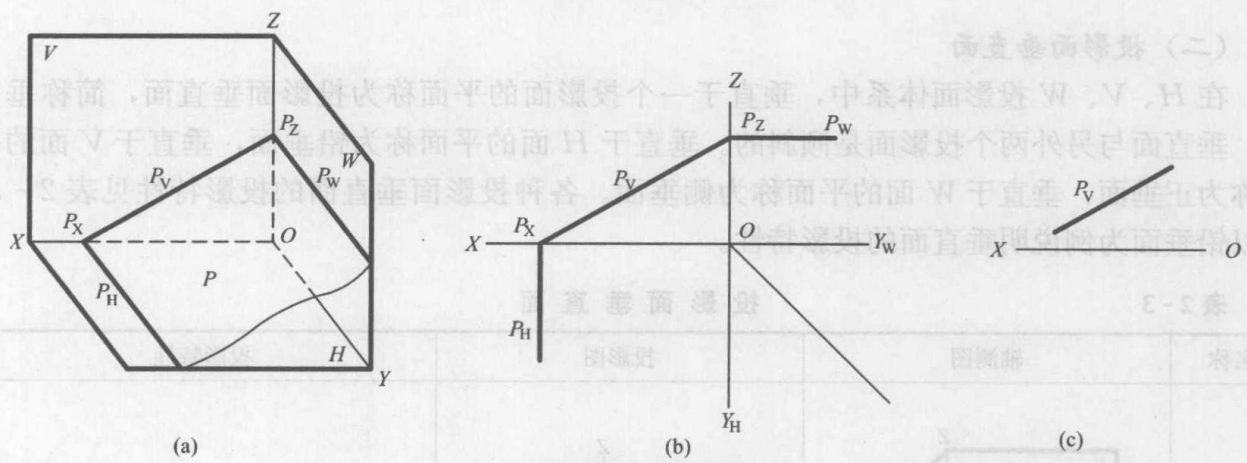


图 2 - 29　用迹线表示平面

（a）迹线概念立体图；（b）投影图；（c）特殊位置平面迹线表示法

人们通常把用迹线表示的平面称为迹线平面。

二、各种位置的平面及其投影特性

在三基本投影面体系中，平面对投影面的相对位置有三类：一般位置平面、投影面垂直面和投影面平行面，其中后两类为特殊位置平面。

（一）一般位置平面

与三个基本投影面都倾斜的平面称为一般位置平面。如图 2 - 30（a）所示，三角形

ABC 与 H、V、W 面都倾斜，是一般位置平面。其投影图如图 2 - 30（b）所示，一般位置平面的投影特性为：

（1）**三个投影均具有类似性**，是空间平面图形的类似形，既无积聚性，也不反映真形，这是一般位置平面的特征性投影，是判断一般位置平面的依据。

（2）不反映平面对投影面的倾角 α、β 和 γ。

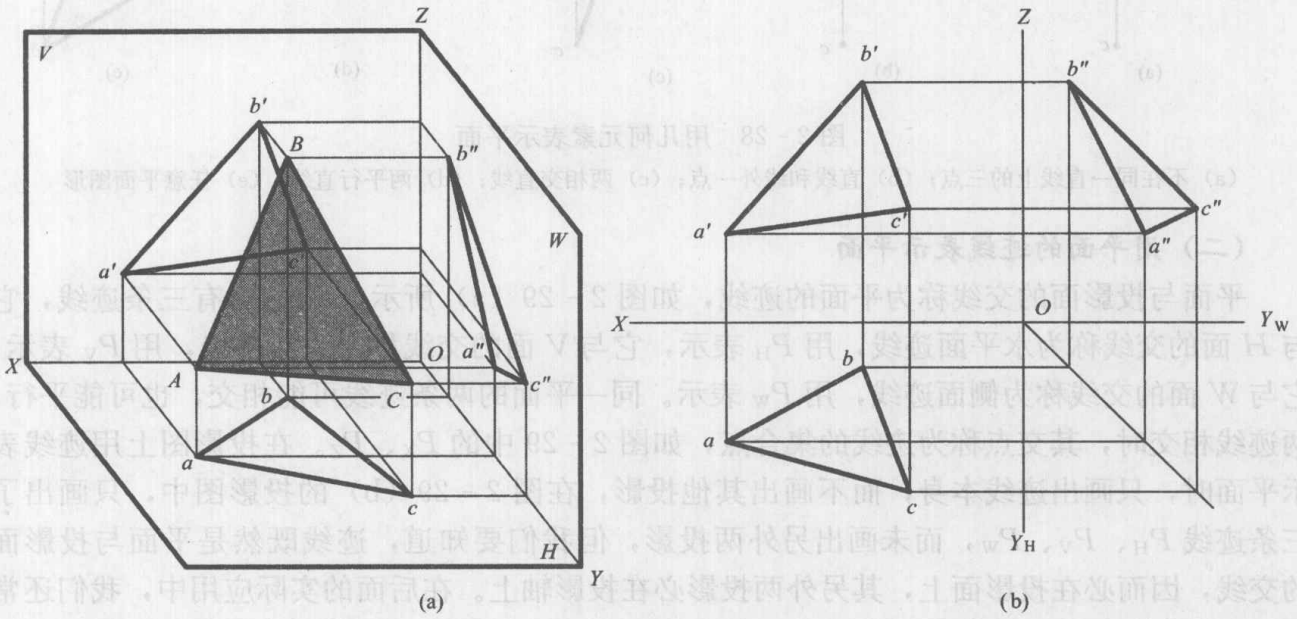


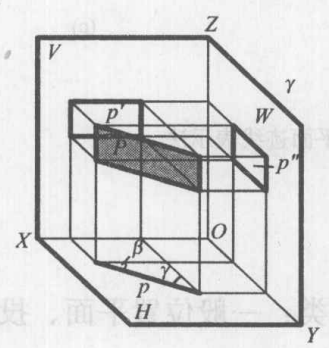
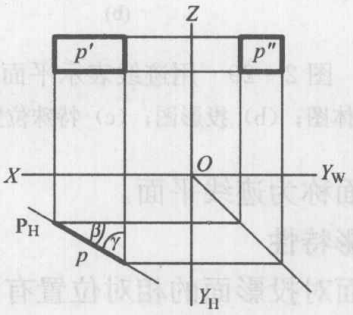
图 2 - 30 一般位置平面

（a）立体图；（b）投影图

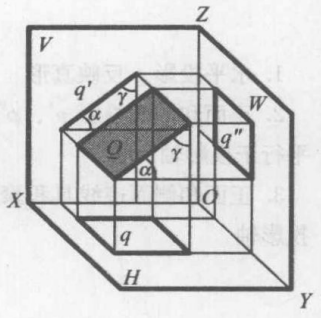
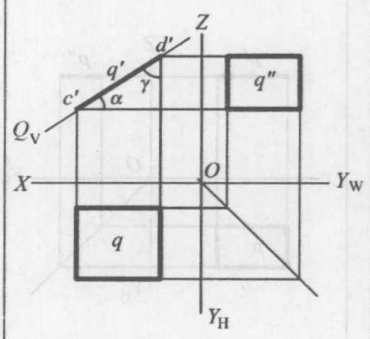
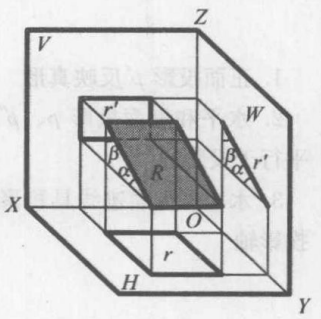
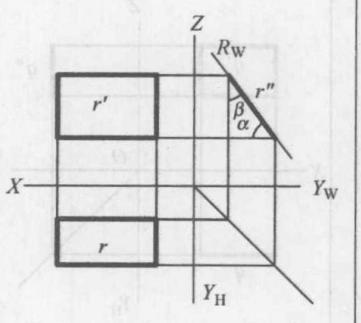
（二）投影面垂直面

在 H、V、W 投影面体系中，垂直于一个投影面的平面称为投影面垂直面，简称垂直面。垂直面与另外两个投影面是倾斜的。垂直于 H 面的平面称为铅垂面，垂直于 V 面的平面称为正垂面，垂直于 W 面的平面称为侧垂面。各种投影面垂直面的投影特性见表 2 - 3。现以铅垂面为例说明垂直面的投影特性。

表 2-3　　投 影 面 垂 直 面

名称	轴测图	投影图	投影特性
铅垂面			1. 水平投影 p 具积聚性 2. 正面和侧面投影 p'、p'' 具类似性 3. 反映 β 角和 γ 角 4. 水平迹线 P_H 具积聚性

续表

名称	轴测图	投影图	投影特性
正垂面			1. 正面投影 q' 具积聚性 2. 水平和侧面投影 q、q'' 具类似性 3. 反映 α 角和 γ 角 4. 正面迹线 Q_V 具积聚性
侧垂面			1. 侧面投影 r'' 具积聚性 2. 水平和正面投影 r、r' 具类似性 3. 反映 α 角和 β 角 4. 正面迹线 R_W 具积聚性

(1) 水平投影 p 积聚为一条直线。

(2) 正面投影 p' 和侧面投影 p'' 具有类似性。

(3) 水平投影与 OX 轴的夹角等于 β 角，与 OY_H 的夹角等于 γ 角。

(4) 如用迹线表示平面，则其水平迹线 P_H 具有积聚性。

正垂面和侧垂面具有类似的投影特性，见表 2 - 3。

注意，**一个投影积聚为直线是垂直面的特征性投影**，是判断垂直面的主要依据。

(三) 投影面平行面

在 H、V、W 投影面体系中，平行于一个投影面的平面称为投影面平行面，简称平行面。平行于 H 面的平面称为水平面，平行于 V 面的平面称为正平面，平行于 W 面的平面称为侧平面。各种投影面平行面的投影特性见表 2 - 4。现以水平面为例说明平行面的投影特性。

(1) 水平投影反映真形，$p \cong P = TS$。

(2) 正面投影和侧面投影具有积聚性，且平行于投影轴，$p' /\!/ OX$，$p'' /\!/ OY_W$。

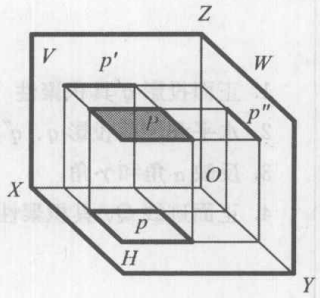
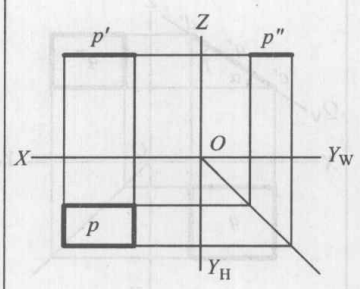
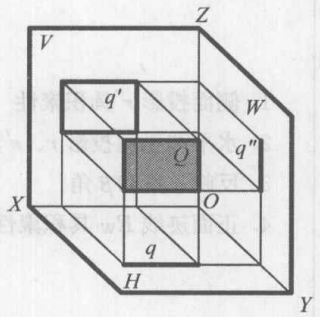
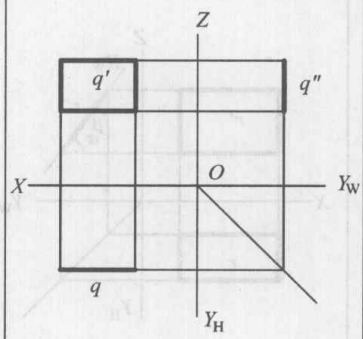
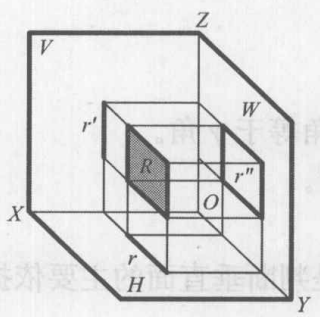
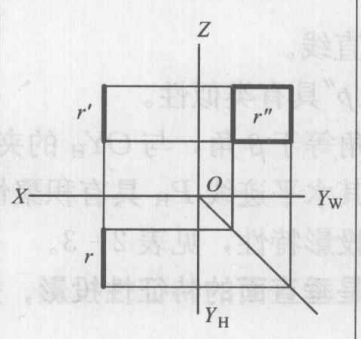
(3) 正面迹线和侧面迹线具有积聚性。

水平面的 $\alpha = 0°$，$\beta = \gamma = 90°$。

正平面和侧平面具有类似的投影特性。

注意，**两个投影具有积聚性且平行于投影轴是投影面平行面的特征性投影**，是判断平行面的主要依据。

表 2-4　　投 影 面 平 行 面

名称	轴测图	投影图	投影特性
水平面			1. 水平投影 p 反映真形 2. 正面和侧面投影 p'、p''具积聚性且平行于投影轴 3. 正面和侧面迹线具积聚性且平行于投影轴
正平面			1. 正面投影 p'反映真形 2. 水平和侧面投影 p、p''具积聚性且平行于投影轴 3. 水平和侧面迹线具积聚性且平行于投影轴
侧平面			1. 侧面投影 p''反映真形 2. 水平和正面投影 p、p'具积聚性且平行于投影轴 3. 水平和正面迹线具积聚性且平行于投影轴

【例 2-9】 如图 2-31（b）所示，根据立体的三面投影图分析立体表面 P、Q、R 对投影面的相对位置。

分析：由于平面 P 的正面投影 p'具有积聚性，水平投影 p 和侧面投影 p''是相类似的直角梯形，因此平面 P 是正垂面；由于 Q 平面的水平投影 q 具有积聚性，正面投影 q'和侧面投影 q''是两个形状类似的五边形，因此该平面是一个铅垂面；由于平面 R 的正面投影 r'和侧面投影 r''均具有积聚性，且 $r' // OX$，$r'' // OY_W$，因此平面 R 是一个水平面，其水平投影 r 必反映实形。图 2-31（a）是空间立体。

三、平面内取点线

（1）点在平面内的几何条件：点在平面内的某一条直线上，则点在平面上。如图 2-32（a）所示，点 A 在 P 平面的左侧棱上，则点 A 在平面 P 上。

（2）直线在平面内的几何条件：如果直线上有两点在平面内，则直线在平面内，或直线上一点在平面内，且该直线平行于平面内的某一条直线，则直线在平面内。如图 2-32（a）

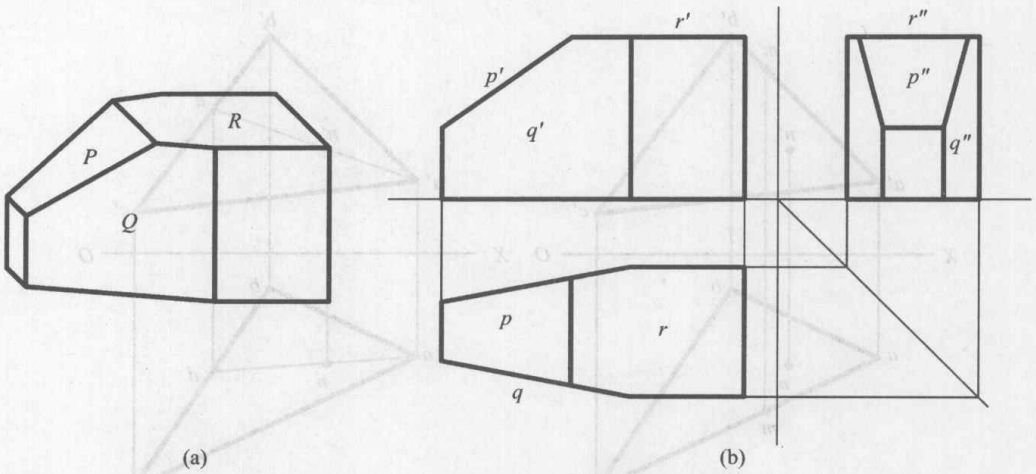


图 2 - 31　分析立体表面的位置

(a) 空间立体；(b) 投影图

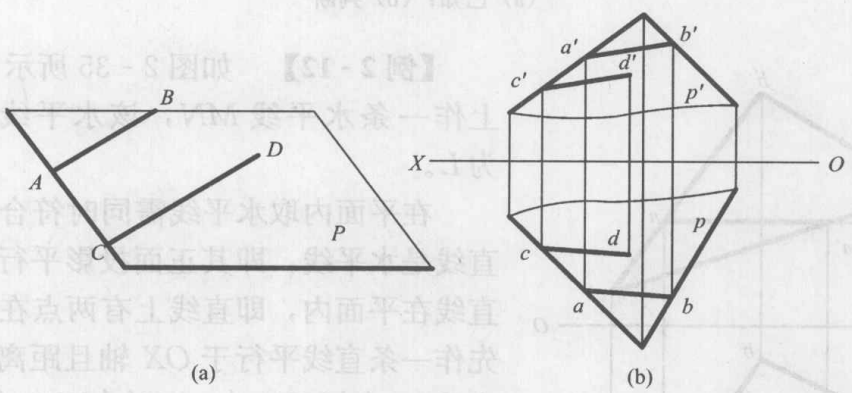


图 2 - 32　面内取点取直线

(a) 直观图；(b) 投影图

所示，直线 A、B 的两端点在平面 P 上，则直线在平面 P 上；直线 CD 的端点 C 在平面 P 上，且 $CD/\!/AB$，则直线 CD 在平面 P 上。

图 2 - 32 (b) 是面内取点取直线的投影图。

【例 2 - 10】　如图 2 - 33 所示，判断点 M、N 是否在平面 Q 内。

分析：因为 q' 具有积聚性，q 具类似性，所以平面 Q 是一个正垂面，如果点的正面投影在平面具有积聚性的正面投影 q' 上，则点在平面 Q 内，否则点不在平面 Q 内。所以点 M 不在平面 Q 内，而点 N 在平面 Q 内。

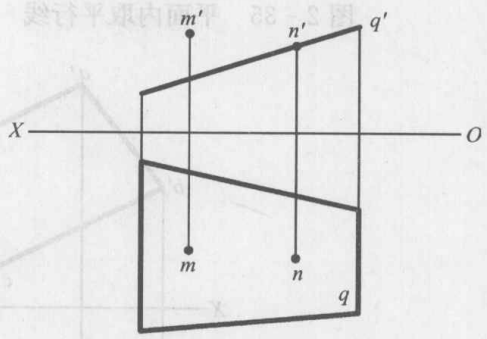


图 2 - 33　判断点 M、N 是否在平面 Q 上

【例 2 - 11】　如图 2 - 34 (a) 所示，判断点 M、N 是否在三角形 ABC 内。

分析：如果点在平面内的一条直线上，则点在平面上。由于点 M 的正面投影 m' 在 $a'b'$ 上，其水平投影 m 在 ac 而不在 ab 上，所以点 M 不在三角形 ABC 上；点 N 是否在三角形 ABC 上，要看是否在面内的某一条直线上，过点 N 的正面投影 n' 在平面内任意作一条直线 $a'd'$，求出 AD 的水平投影 ad，如果点 N 的水平投影 n 在 ad 上，则点 N 在三角形 ABC 上，否则不在。图 2 - 34 中点 N 在三角形 ABC 上。

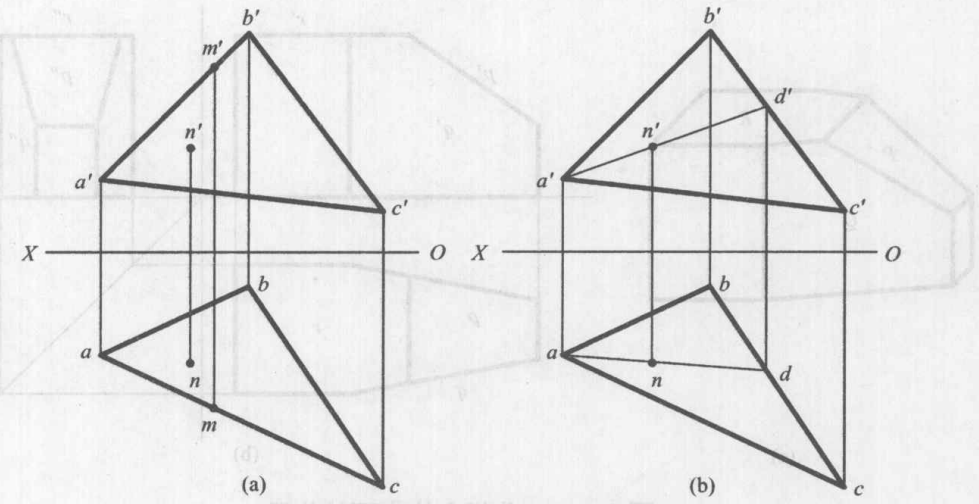


图 2 - 34 判断点是否在平面内

(a) 已知；(b) 判断

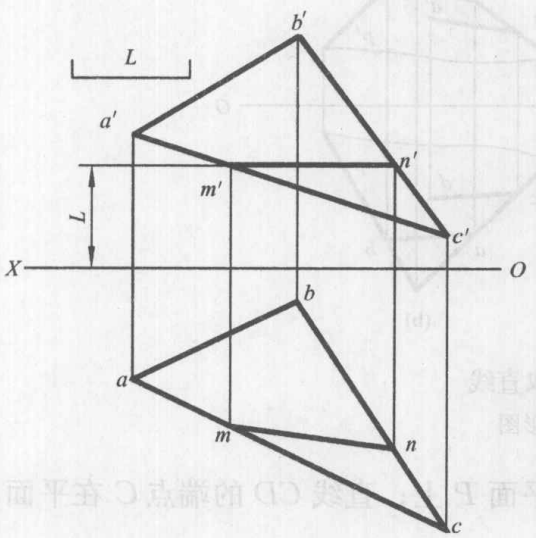


图 2 - 35 平面内取平行线

【例 2 - 12】 如图 2 - 35 所示，在三角形 ABC 上作一条水平线 MN，该水平线到 H 面的距离为 L。

在平面内取水平线需同时符合两个条件，一是直线是水平线，即其正面投影平行于 OX 轴，二是直线在平面内，即直线上有两点在平面内。因此首先作一条直线平行于 OX 轴且距离 OX 轴为 L，此直线与 $a'b'$ 交于 m'，与 $b'c'$ 交于 n'，$m'n'$ 就是面内水平线的正面投影，然后作连线，在 ab、bc 上求出 m 和 n，并将两点连接为一直线，则 MN（mn，$m'n'$）就是所求的水平线。

【例 2 - 13】 如图 2 - 36 (a) 所示，已知四边形 $ABCD$ 为一平面，完成其水平投影。

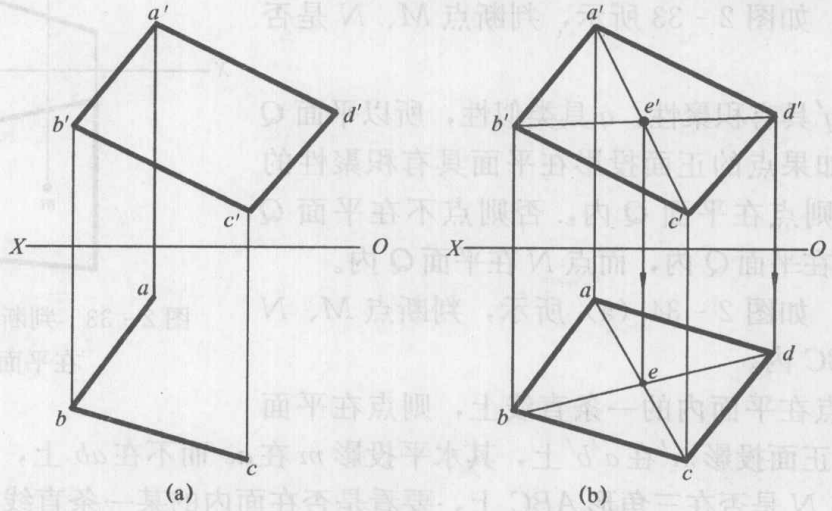


图 2 - 36 完成四边形的水平投影

(a) 已知条件；(b) 作图原理和步骤

分析：因为四边形 $ABCD$ 是一平面，所以点 D 在 ABC 三点所确定的平面内，问题归结为在平面内取点 D。

作图步骤：如图 2 - 36（b）所示。

第一步　连接 $a'c'$ 和 $b'd'$，其交点为 e'。

第二步　连接 ac 并过 e' 作 $\perp OX$ 轴的连线交 ac 于 e。

第三步　连接 be 并延长它，过 d' 作 $\perp OX$ 轴的连线，二者相交于 d，则 D（d，d'）在四边形上。

第四步　连接 ad 和 cd。则完成作图。

【例 2-14】　如图 2 - 37（a）所示，已知四棱台表面上点 A、B 的水平投影 a、b，求出它们的正面投影 a'、b' 和侧面投影 a''、b''。

分析：点 A 所在的平面是棱台的左侧棱面，该棱面的正面投影具有积聚性，是一个正垂面，因此点的正面投影 a' 必落在具有积聚性的投影上，其侧面投影是与水平投影类似的等腰梯形，点的侧面投影 a'' 可根据两投影求出；点 B 位于四棱台的上底面上，该底面的正面投影具有积聚性且平行于 OX 轴，其侧面投影也具有积聚性且平行于 OY_W 轴，因此点的正面和侧面投影 b' 和 b'' 必落在具有积聚性的投影上，根据投影规律作图即可。图 2 - 37（b）是该立体的立体图。

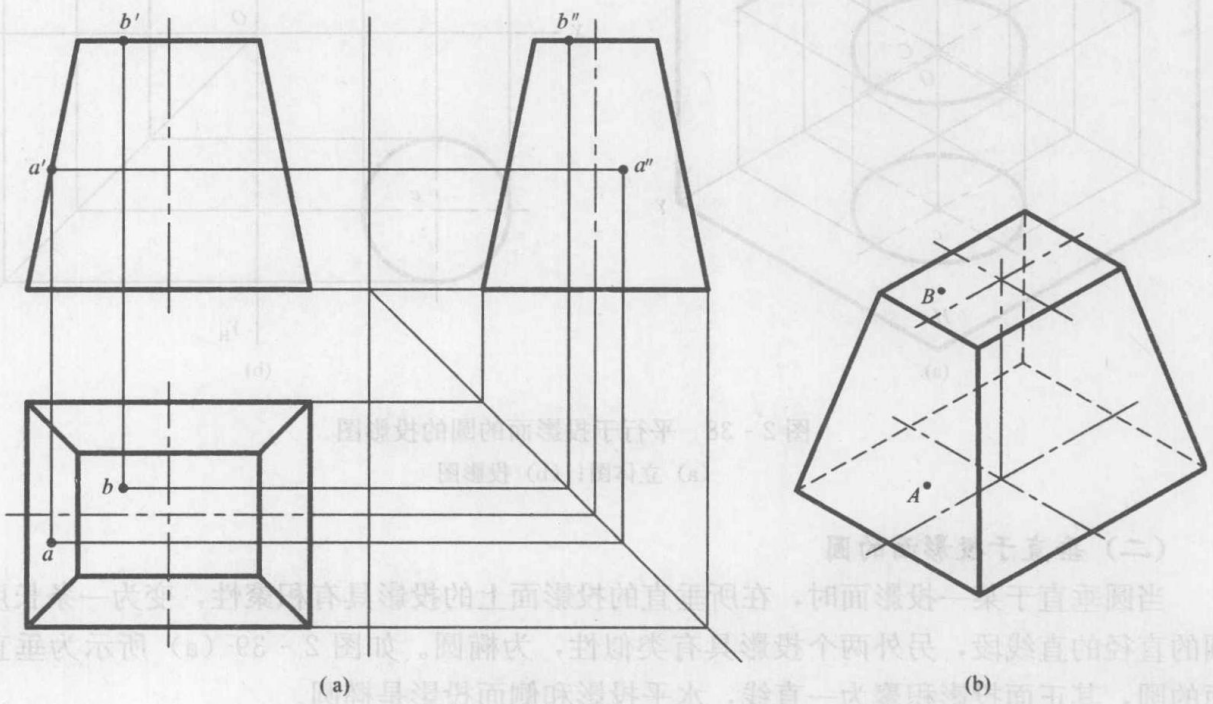


图 2 - 37　平面体表面上取点

（a）投影图作图方法；（b）立体图

作图步骤：

作点 A 的正面和侧面投影：

第一步　过 a 作垂直于 OX 轴的连线交左侧棱面具有积聚性的正面投影于 a'，即为正面投影。

第二步　过 a 作垂直于 OY_H 的连线与 45°斜线相交，过交点作垂直于 OY_W 的连线与过 a' 作垂直于 OZ 轴的连线交于 a''，即为点 A 的侧面投影。

点 B 的正面投影 b' 和侧面投影 b'' 的作法与点 A 类似，因其侧面投影也具有积聚性，直接利用积聚性作图即可。

四、圆的投影

圆的投影有三种情况：平行于投影面的圆、垂直于投影面的圆、一般位置的圆。一般位置的圆使用很少，不予讨论，下面分别讨论前两种情况。

（一）平行于投影面的圆

如图 2 - 38（a）所示，当圆平行于投影面时，在所平行的投影面上的投影反映实形，仍然是圆，另外两个投影积聚为平行于投影轴的直线。图中的圆为水平圆，其水平投影仍为圆，正面投影积聚为直线且平行于 OX 轴，侧面投影也积聚为直线且平行于 OY_W。图 2 - 38（b）是水平圆的三面投影图。

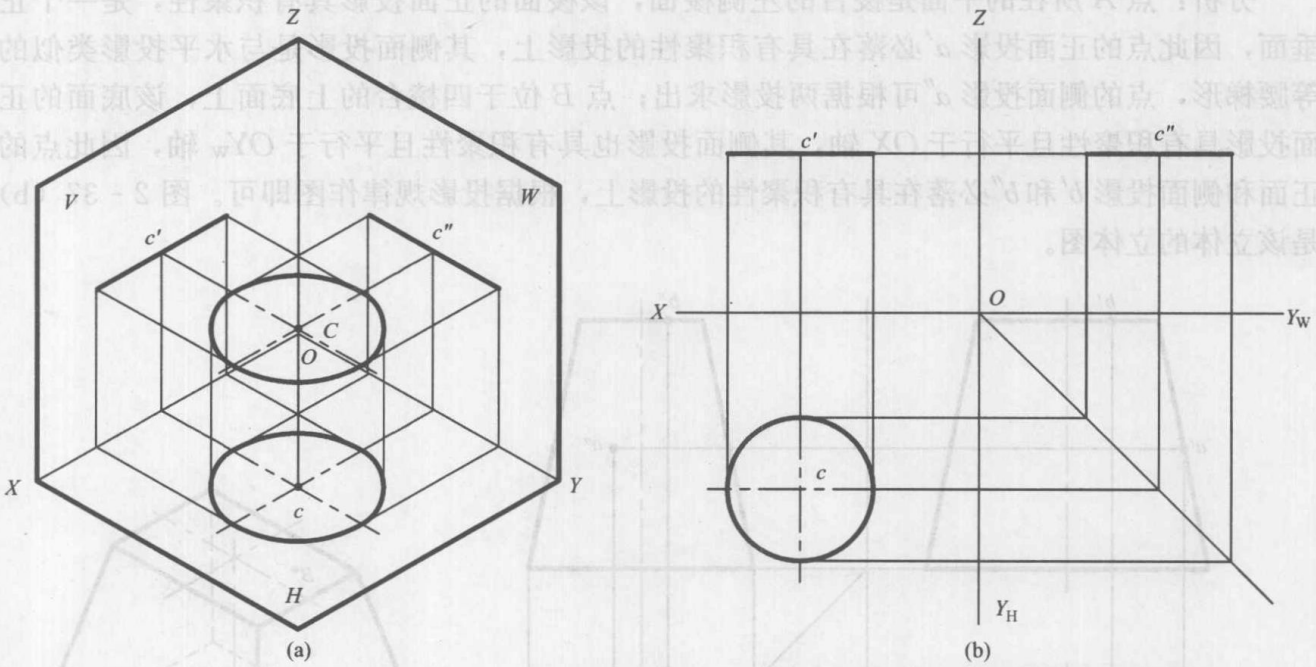


图 2 - 38 平行于投影面的圆的投影图

（a）立体图；（b）投影图

（二）垂直于投影面的圆

当圆垂直于某一投影面时，在所垂直的投影面上的投影具有积聚性，变为一条长度等于圆的直径的直线段，另外两个投影具有类似性，为椭圆。如图 2 - 39（a）所示为垂直于正面的圆，其正面投影积聚为一直线，水平投影和侧面投影是椭圆。

投影图采用四心扁圆法近似作出水平投影和侧面投影，如图 2 - 39（b）所示，椭圆的作图步骤如下：

（1）求水平投影和侧面投影的特殊点 a、b、c、d 和 a''、b''、c''、d''，即得两椭圆的短轴和长轴 ab、cd 及 $a''b''$、$c''d''$。

（2）用四心扁圆法近似作出两椭圆（见本书第 17 页）。

五、包含点或直线作平面

在实际应用中，经常碰到包含一点或一条直线作平面的问题，尤其是包含一点或一条直线作平行面或垂直面的问题，所作平面均为迹线平面。下面分三方面介绍。

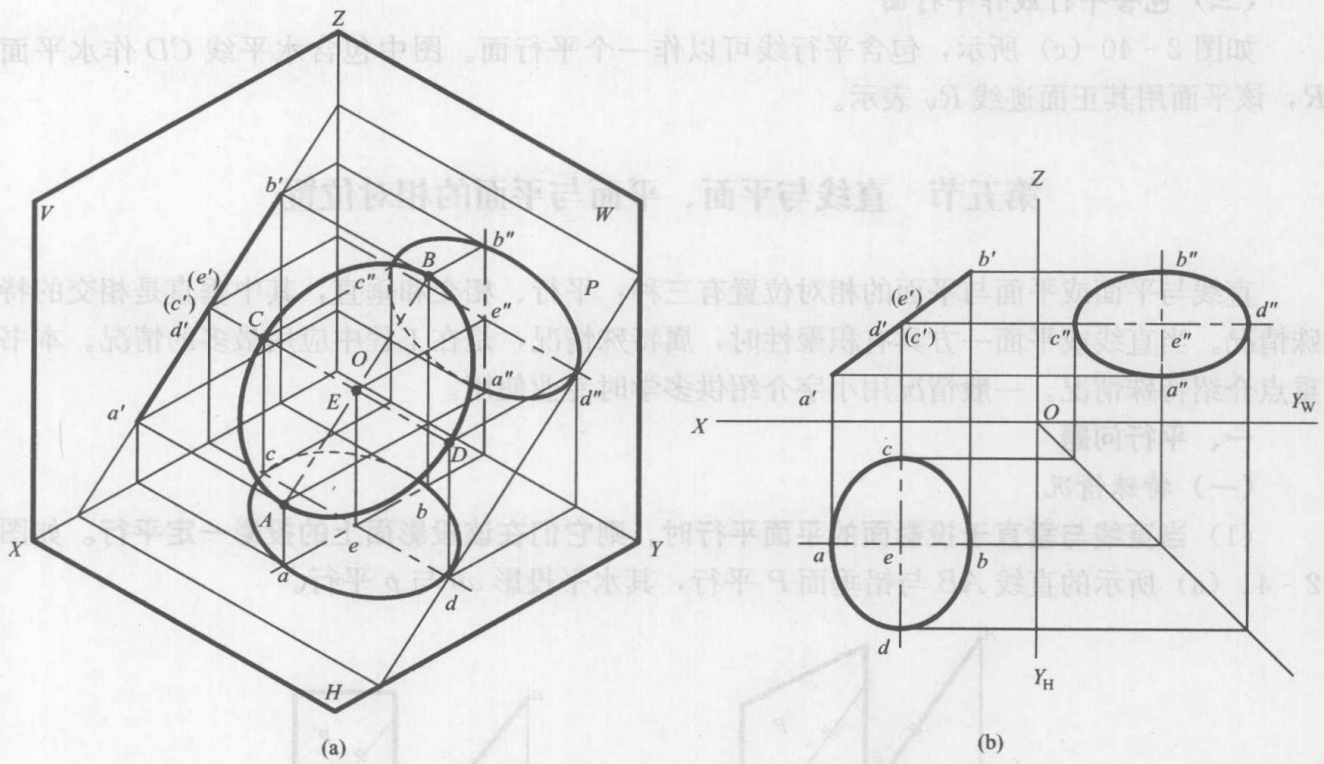


图 2 - 39　垂直于投影面的圆的投影图

(a) 立体图；(b) 投影图

(一) 包含点作平面

如图 2 - 40 (a) 所示，如无其他条件限制，包含一点可作无数个平面，图中包含点 A 作出用正面迹线 P_V、Q_V 表示的水平面 P 和正垂面 Q。

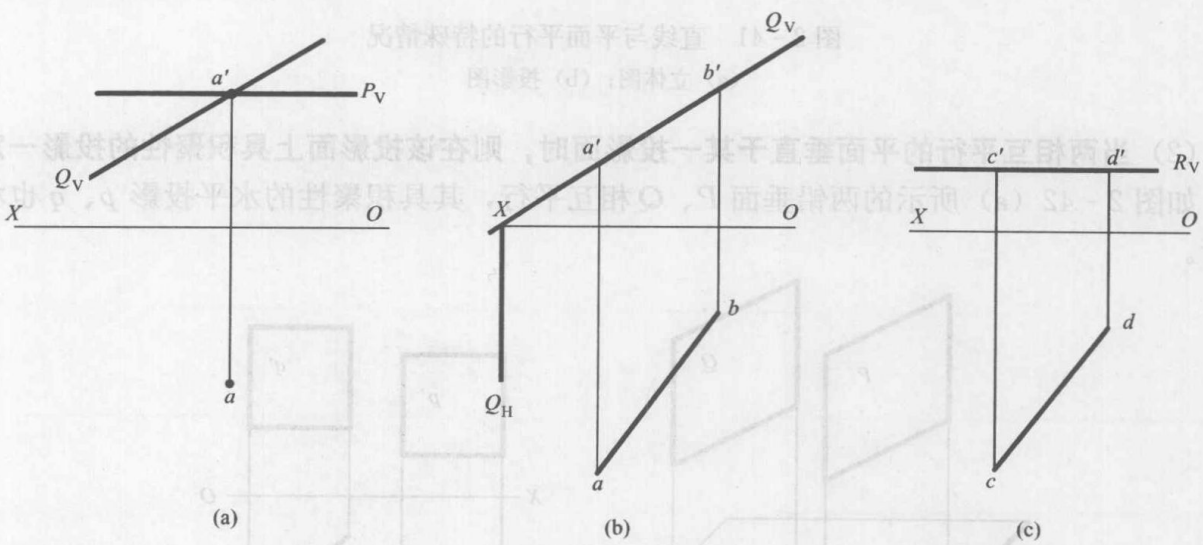


图 2 - 40　含点线作平面

(a) 包含点作平面；(b) 包含一般位置直线作垂直面；(c) 包含平行线作平面

(二) 包含一般位置直线作垂直面

如图 2 - 40 (b) 所示，包含一般位置直线 AB 可作一个正垂面或一个铅垂面，图中作出用正面迹线 Q_V 表示的正垂面 Q。

（三）包含平行线作平行面

如图 2 - 40（c）所示，包含平行线可以作一个平行面。图中包含水平线 CD 作水平面 R，该平面用其正面迹线 R_V 表示。

第五节　直线与平面、平面与平面的相对位置

直线与平面或平面与平面的相对位置有三种：平行、相交和垂直，其中垂直是相交的特殊情况。当直线或平面一方具有积聚性时，属特殊情况，是在工程中应用最多的情况。本书重点介绍特殊情况。一般情况用小字介绍供多学时专业使用。

一、平行问题

（一）特殊情况

（1）**当直线与垂直于投影面的平面平行时，则它们在该投影面上的投影一定平行。**如图 2 - 41（a）所示的直线 AB 与铅垂面 P 平行，其水平投影 ab 与 p 平行。

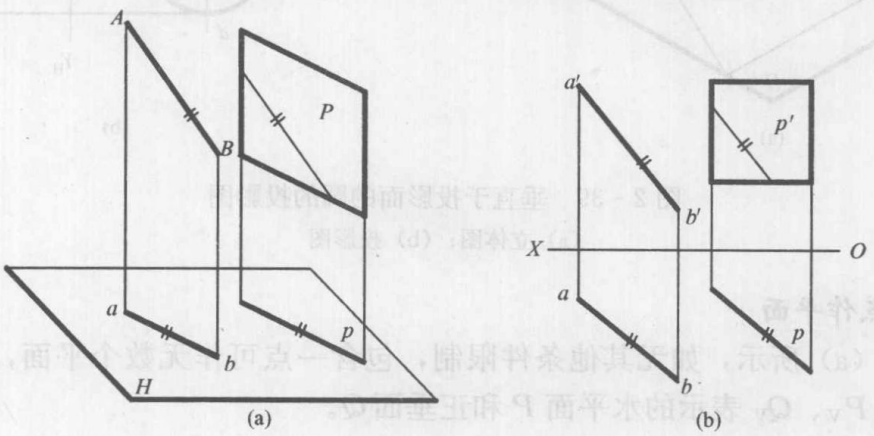


图 2 - 41　直线与平面平行的特殊情况

（a）立体图；（b）投影图

（2）**当两相互平行的平面垂直于某一投影面时，则在该投影面上具积聚性的投影一定平行。**如图 2 - 42（a）所示的两铅垂面 P、Q 相互平行，其具积聚性的水平投影 p、q 也相互平行。

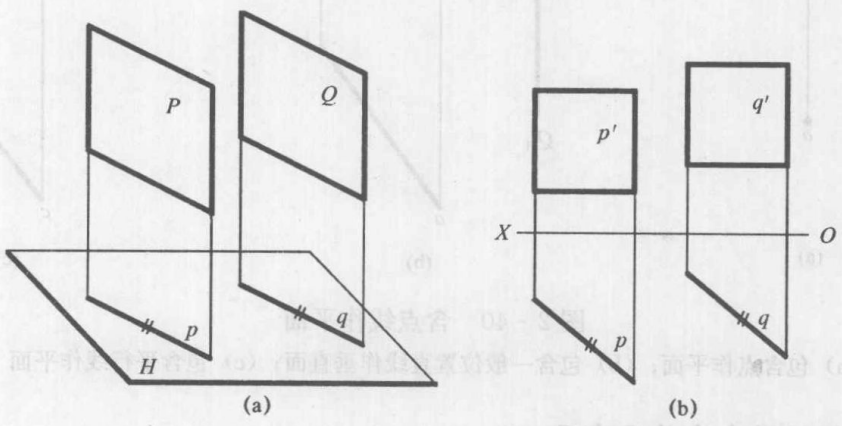


图 2 - 42　两平面平行的特殊情况

（a）立体图；（b）投影图

（二）一般情况

当双方均无积聚性时为一般情况，应按几何条件作图。直线平行于平面的几何条件是：若直线平行于平面内的一条直线，则直线平行于平面。两平面平行的几何条件是：若两平面内的两相交直线平行，则两平面平行。图 2 - 43（a）所示为直线平行于平面的几何条件，图 2 - 43（b）为两平面互相平行的几何条件。在图 2 - 43（a）中，因为 $mn /\!/ \triangle ABC$ 内的直线 AD 的水平投影 ad，$m'n' /\!/ \triangle ABC$ 内的直线 AD 的正面投影 $a'd'$，故直线 $MN /\!/ \triangle ABC$。在图 2 - 43（b）中，由于 $ab /\!/ de$，$a'b' /\!/ d'e'$，$ac /\!/ df$，$a'c' /\!/ d'f'$，所以 $AB /\!/ DE$、$AC /\!/ DF$，所以平面 P（$AB \times AC$）//平面 Q（$DE \times DF$）。

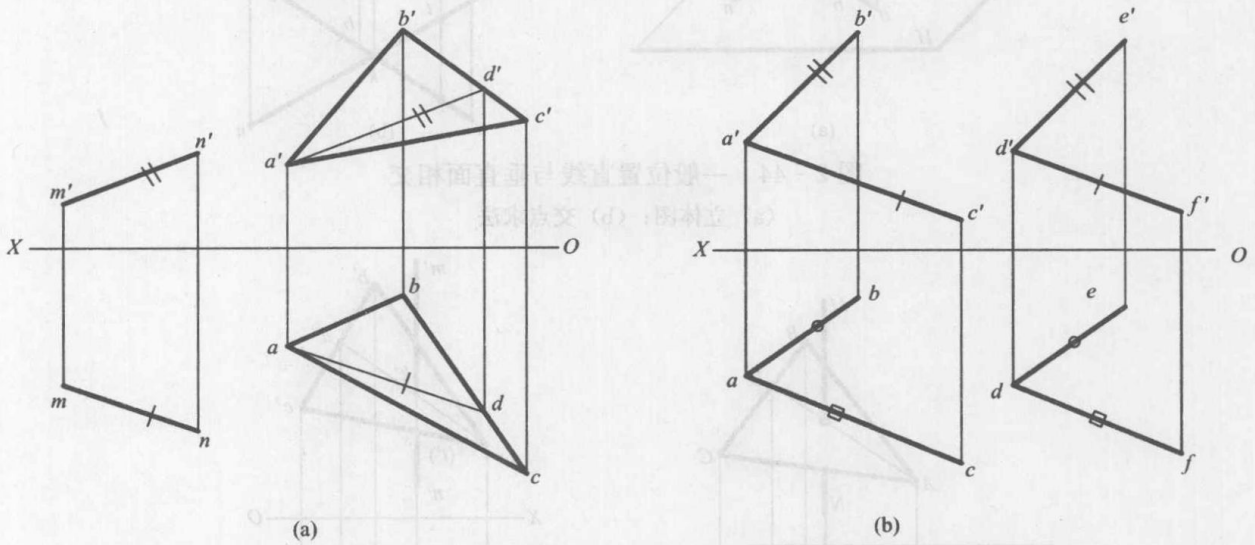


图 2 - 43　直线平行于平面和平面平行于平面的一般情况

（a）直线//平面；（b）平面//平面

二、相交问题

相交问题包括直线与平面相交和两平面相交，当相交的两个几何元素当中的一个垂直于投影面其投影具有积聚性时为特殊情况，当双方均处于一般位置时为一般情况，相交问题的核心是求交点或交线。下面分别介绍问题的解法。

特殊情况：

（一）直线与平面相交

直线与平面相交时，需求出交点。要作出交点的投影，需了解交点的性质，如图 2 - 44（a）和图 2 - 45（a）所示，交点 K 是直线 MN 与三角形 ABC 的共有点，即交点 K 既在直线 MN 上，又在三角形 ABC 平面上。下面分三种情况介绍求直线与平面交点的原理和作图方法。

（1）一般位置直线与垂直面相交。如图 2 - 44（b）所示，当直线 MN 处于一般位置而三角形 ABC 为铅垂面时，三角形 ABC 的水平投影 abc 积聚为一条直线，此时平面上所有点的水平投影都位于其具积聚性的水平投影 abc 上，因为交点 K 在平面上，其水平投影 k 必在直线 abc 上，又因为交点 K 同时在直线 MN 上，因此交点的水平投影 k 在直线 abc 和 mn 的交点处，即交点的水平投影 k 可以直接得到。根据从属性可知，交点 K 的正面投影 k' 必在直线 MN 的正面投影 $m'n'$ 上，由 k 作垂直于 OX 轴的连线与 $m'n'$ 相交的交点 k' 就是所求交点的正面投影。

（2）一般位置平面与垂直线相交。如图 2 - 45（b）所示，平面处于一般位置，而直线 MN 的水平投影 mn 积聚为一个点，说明直线 mn 是一条铅垂线，由于交点 K 在直线 MN

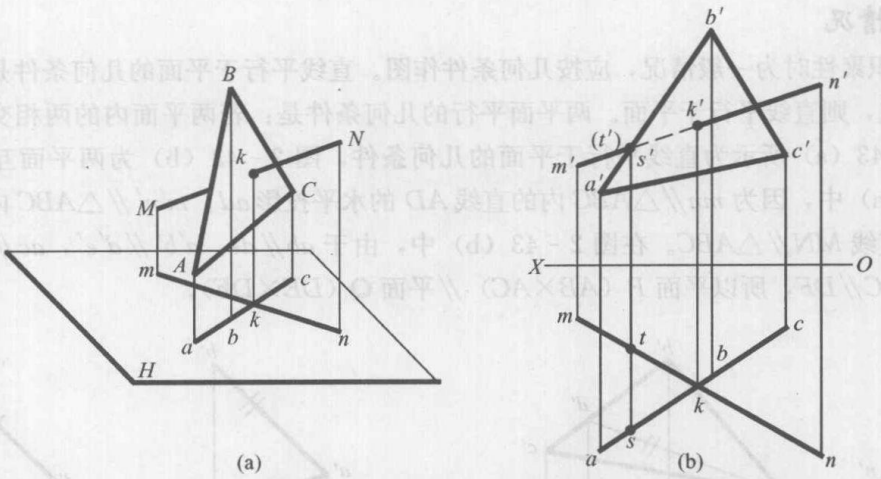


图 2-44 一般位置直线与垂直面相交

(a) 立体图；(b) 交点求法

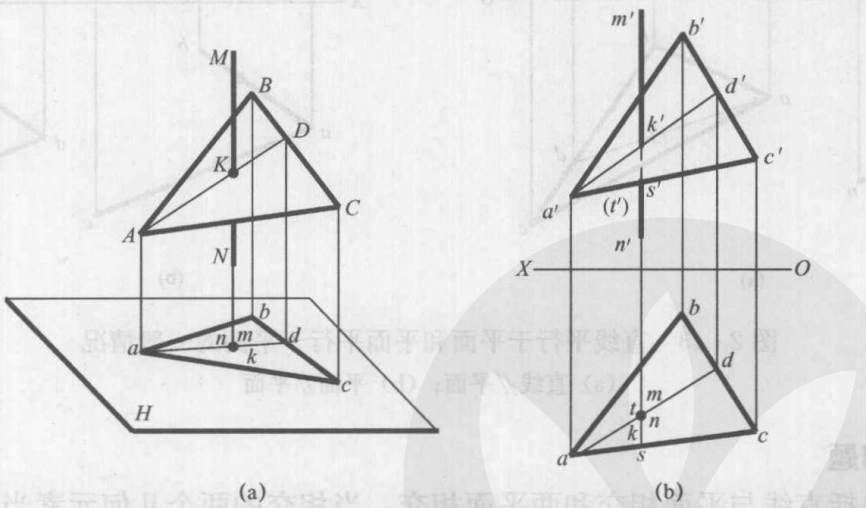


图 2-45 一般位置平面与垂直线相交

(a) 立体图；(b) 交点求法

上，因此其水平投影 k 必与 mn 重合，即交点的水平投影 k 可以直接得到。由共有性可知，交点又在三角形 ABC 上，因此问题归结为根据面内一点的一个投影求另一个投影的问题，即根据三角形 ABC 内点 K 的水平投影 k 求其正面投影 k'。由一般位置平面内取点的原理可知，欲求点必先过该点在平面内作一条辅助线，再利用点在辅助线上求出另一投影。图中先过 k (mn) 作辅助线的水平投影 ad，根据从属性求出点 D 的正面投影 d'，连接 $a'd'$ 与 $m'n'$ 交于 k'，k' 就是所求交点的正面投影。

判断可见性。由图 2-44 (b) 和图 2-45 (b) 正面投影可以看出，直线和平面的投影均没有积聚性时，两者互相重叠，以交点分界，直线的一端可见，另一端不可见，在画图时需要表示出来，因此需要判断其可见性。判断可见性的方法有**观察法**和**重影点法**两种。

(1) 观察法：要判断图 2-44 (b) 的正面投影的可见性，需要观察其水平投影，由图中可以看出，直线水平投影的 kn 段位于平面水平投影 kc 段的前面，因此 KN 的正面投影 $k'n'$ 可见，画成粗实线。以交点 k' 为界，$m'k'$ 与平面重叠的部分 $s'k'$ 不可见，画成虚线。因此要判断正面投影的可见性，需要观察水平投影，看二者的前后关系；如要判断水平投影的可见性，则要观察其正面投影，看二者的上下关系，在上面的可见，在下面的不可见。

(2) 重影点法：当用观察法不易看出时，则一般需要利用重影点判断。如图 2-45 (b)

所示，直线和平面的正面投影均没有积聚性，需要判断可见性，而直线的水平投影具有积聚性，不必判断可见性，但观察其前后关系不够明显，为此可利用重影点来判断。直线的正面投影 $m'n'$ 与平面 AC 边的正面投影 $a'c'$ 相交于一点，这一点实际上是 MN 和 AC 上的一对重影点的互相重合的正面投影，我们标记为 $s't'$，其中 s' 在 $a'c'$ 上，t' 在 $m'n'$ 上。根据从属性求出它们的水平投影 s（在 ac 上）和 t（在 mn 上），由它们可看出 S 点的 Y 坐标大于 T 点的 Y 坐标，因此 s' 可见，t' 不可见，即直线 MN 的 $k't'$ 段不可见，画成虚线。以交点 k' 为界，$m'k'$ 段可见，画成粗实线。

归纳起来，求直线与平面交点的步骤如下：

（1）分析各投影，找出直线或平面具积聚性的投影，从而确定交点的一个投影。

（2）根据从属性或面内取点的方法求出交点的另一个投影。

（3）利用观察法或重影点法判断没有积聚性的投影的可见性。

（二）两平面相交

两平面相交的核心问题是求出它们的交线，为此先要说明交线的性质。由图 2 - 46（a）可以看出，交线是两平面的**共有线**，即交线既在三角形平面上，又在四边形平面上。

两平面相交的特殊情况有两种：一是一般位置平面与垂直面相交；二是垂直于同一投影面的两平面相交。

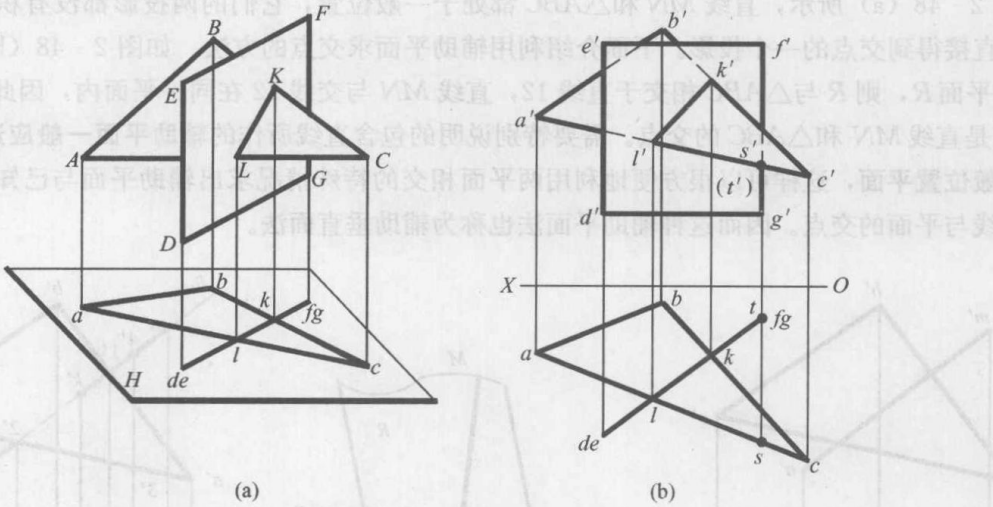


图 2 - 46　一般位置平面与垂直面相交

（a）立体图；（b）交线求法

（1）一般位置平面与垂直面相交。如图 2 - 46（b）所示，已知 $\triangle ABC$（$\triangle abc$，$\triangle a'b'c'$）是一般位置平面，四边形 $DEFG$（$defg$，$d'e'f'g'$）是铅垂面，求它们的交线 KL（kl，$k'l'$）。由于四边形的水平投影具积聚性，交线 KL 在四边形上，所以交线的水平投影 kl 为已知，其中 k、l 分别位于 bc 和 ac 上。然后根据从属性求其正面投影 $k'l'$，k' 在 $b'c'$ 上，l' 在 $a'c'$ 上，两点通过作垂直于 OX 的连线即可得到，作法同图 2 - 44（b）。本题可采用观察法判断可见性。因水平投影具积聚性，无需判断可见性，正面投影需要判断可见性。由水平投影可知，$\triangle ABC$ 的 klc 部分在四边形右半部分的前面，其正面投影 $k'l'c'$ 可见，画成粗实线。以交线为界，$a'b'k'l'$ 与 $d'e'f'g'$ 重叠的部分不可见，画成虚线。

（2）垂直于同一投影面的两平面相交。由图 2 - 47（a）和立体几何可知，当相交两平面垂直于同一平面时，其交线也垂直于该平面。图中平面 P、Q 都垂直于 H 面，其交线 KL 也垂直

于 H 面，为铅垂线，交线的水平投影 kl 积聚为一点，为两平面具积聚性投影的交点。交线的正面投影 $k'l'$ 垂直于 OX 轴且位于两平面的公共部分。可见性的判断采用观察法很方便。

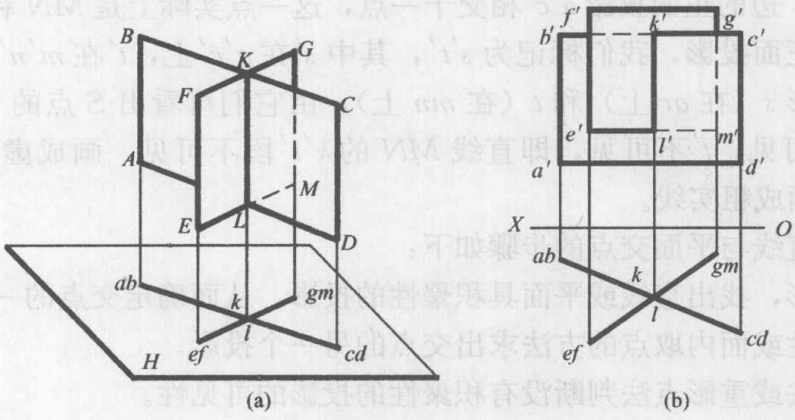


图 2-47 垂直于同一投影面的两平面相交

(a) 立体图；(b) 交线求法

一般情况：

(一) 直线与平面相交

如图 2-48 (a) 所示，直线 MN 和△ABC 都处于一般位置，它们的两投影都没有积聚性，因此不能通过分析直接得到交点的一个投影。下面介绍利用辅助平面求交点的方法。如图 2-48 (b) 所示，包含直线 MN 作平面 R，则 R 与△ABC 相交于直线 12，直线 MN 与交线 12 在同一平面内，因此必然相交，其交点 K 必定是直线 MN 和△ABC 的交点。需要特别说明的包含直线所作的**辅助平面一般应选投影面垂直面，不能选一般位置平面**，这样可以很方便地利用两平面相交的特殊情况求出辅助平面与已知平面的交线，进而求出直线与平面的交点。因而这种辅助平面法也称为辅助垂直面法。

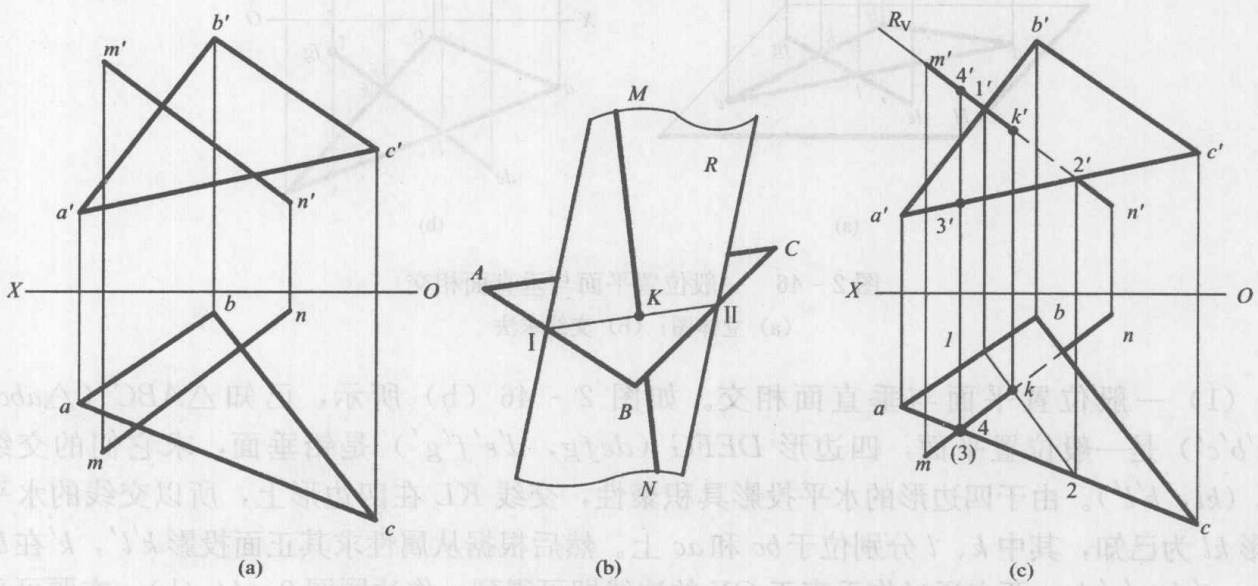


图 2-48 一般位置直线与一般位置平面相交

(a) 问题；(b) 解题原理；(c) 作图方法

作图方法：如图 2-48 (c) 所示。

(1) 包含直线 MN 作辅助正垂面 R（也可以作铅垂面），作出其具积聚性的正面迹线 R_V。

(2) 求出平面 R 与△ABC 的交线 12（12，1′2′）。

(3) 交线的水平投影 12 与 mn 的交点 k 就是所求交点的水平投影。

(4) 根据从属性由 k 求出 k'，则 K（k，k'）就是直线与平面的交点。

(5) 利用重影点判断两投影的可见性。

(二) 两平面相交

求一般位置平面交线的方法有两种：一是利用前面所讲的求一般位置直线与一般位置平面的交点的方法，利用辅助垂直面法分别求出两个交点的投影，然后将两交点的同面投影连接起来，即得到交线的各投影；二是利用三面共点法分别求出两个交点的投影，然后连接同面投影，即得交线的各投影。下面分别介绍。

利用辅助垂直面法求交线。

如图 2 - 49 所示，已知相交的一般位置平面△ABC（△abc，△$a'b'c'$）和△DEF（△def，△$d'e'f'$），求两平面的交线。

分析：为了求出两平面的交线，我们分别求出△DEF 的两条边 DF（df，$d'f'$）、EF（ef，$e'f'$）与△ABC 的交点L（l，l'）及 K（k，k'），然后连接 kl 和 $k'l'$ 即得两平面的交线。

作图步骤：

(1) 包含 DF 作辅助正垂面 P，作出其正面迹线 P_V，则 P_V 具有积聚性，因此平面 P 与交线 MN 的正面投影 $m'n'$ 必与 P_V 重合，求出其水平投影 mn，mn 与 df 的交点 l，再根据 l 求出 l'，则 L（l，l'）就是 DF 与△ABC 的一个交点；同法再求出 EF 与△ABC 的交点 K（k，k'）。

(2) 连接 K 和 L 的同面投影 kl，$k'l'$。

(3) 利用重影点分别判断各投影的可见性。

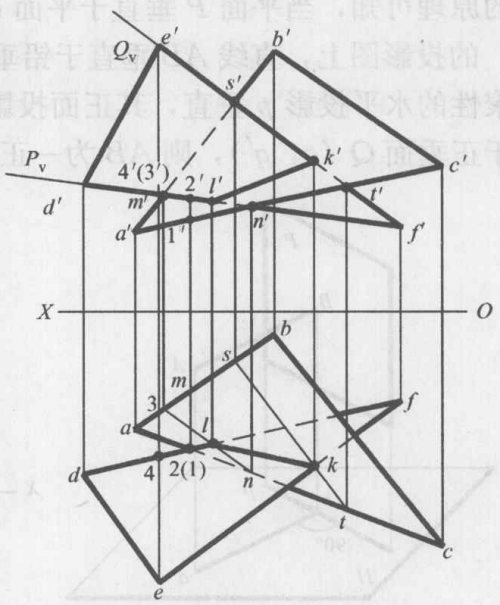


图 2 - 49　求两一般位置平面的交线

应该说明的是，利用这种方法求交线时，哪些边与另一平面有交点我们往往看不出来，需要作图试求。一个平面的两条边与另一平面都有交点的情况称为**全交**，如图 2 - 50（a）所示；两个平面各有一条边与对方相交的情况称为**互交**，如图 2 - 50（b）所示。

利用三面共点法求交线：

如图 2 - 51 所示，两平行线 AB（ab，$a'b'$）、CD（cd，$c'd'$）确定一个平面 P，两相交直线 EF（ef，$e'f'$）、FG（fg，$f'g'$）确定平面 Q，欲求 P 与 Q 的交线，我们作辅助水平面 R_1（图中作出了其具积聚性的正面迹线 R_{1V}）R_1 与 P、Q 分别相交于Ⅲ（12，1′2′）和ⅢⅣ（34，3′4′），它们的交点 M（m，m'）就是两平面的一个交点。同法再作平面 R_2，再求出一个交点 N（n，n'）。连接 MN（mn，$m'n'$），就是所求的交线。

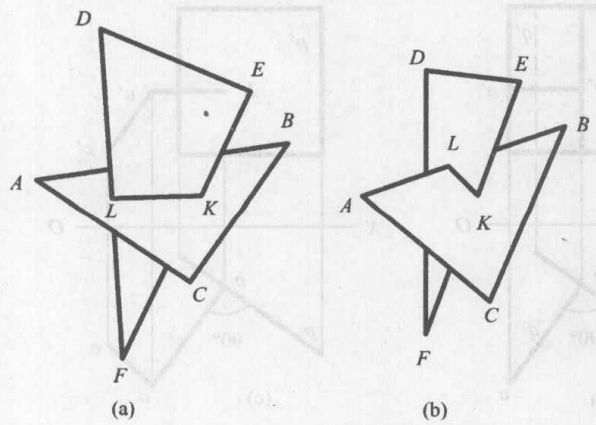


图 2 - 50　相交的两种情况

(a) 全交；(b) 互交

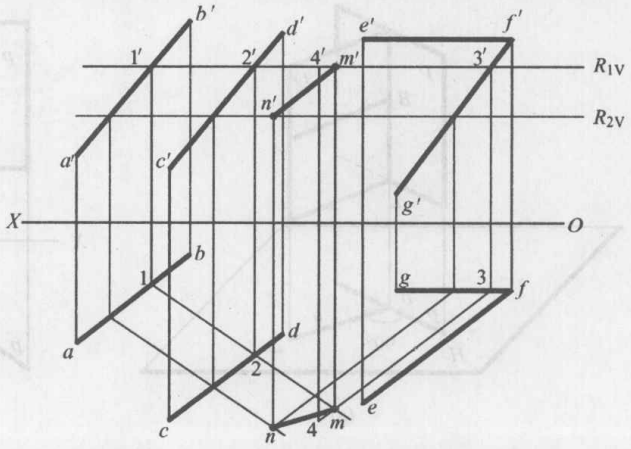


图 2 - 51　用三面共点法求两平面交线

三、垂直问题

垂直问题分两种情况：直线与平面垂直和两平面垂直，前者是后者的基础。直线与平面垂直、平面与平面垂直时，若一方垂直于投影面称为特殊情况，若两方均处于一般位置称为一般情况。

特殊情况

（一）直线与平面垂直

线面垂直的特殊情况，即直线与投影面垂直面垂直的情况。由图 2 - 52（a）和立体几何的原理可知，当平面 P 垂直于平面 H 时，垂直于 P 的直线 AB 必平行于 H。在图 2 - 52（b）的投影图上，直线 AB 垂直于铅垂面 P，则 AB 为一水平线，其水平投影 ab 与 P 平面具积聚性的水平投影 p 垂直，其正面投影 $a'b'$ 平行于 OX 轴。图 2 - 52（c）所示为直线 AB 垂直于正垂面 Q（q，q'），则 AB 为一正平线。此时 $a'b'$ 垂直于 q'，ab 平行于 OX 轴。

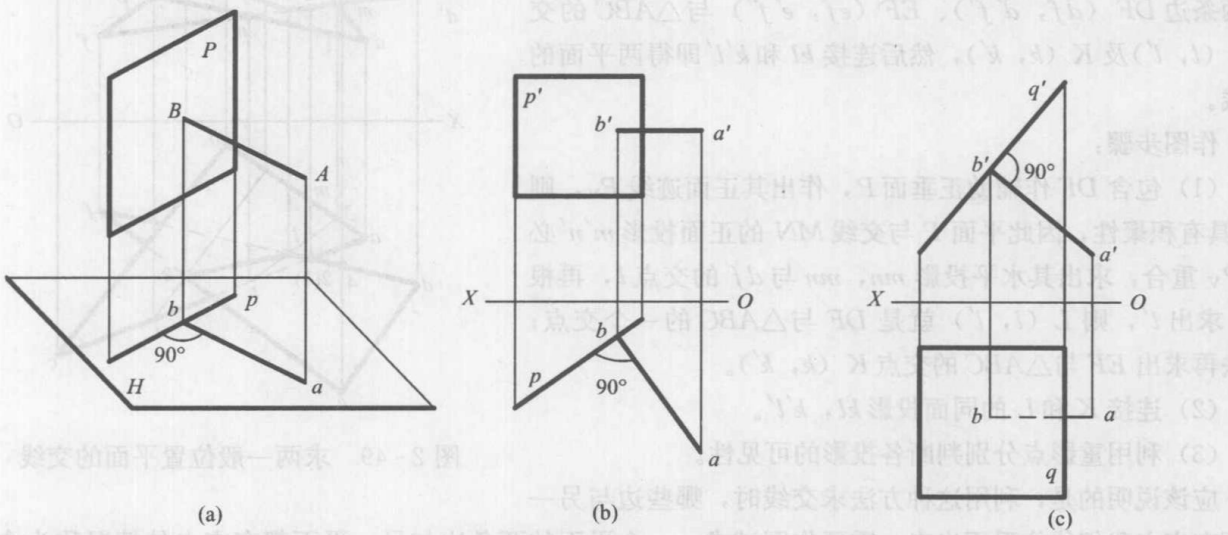


图 2 - 52　直线与垂直面垂直

（a）原理图；（b）直线与铅垂面垂直；（c）直线与正垂面垂直

（二）两平面垂直

由立体几何可知，如果一平面包含另一平面的一条垂线，则两平面垂直。如图 2 - 53（a）所示，平面 P 为一铅垂面，直线 AB 垂直于 P，则包含 AB 所作的平面必垂直于 P。图

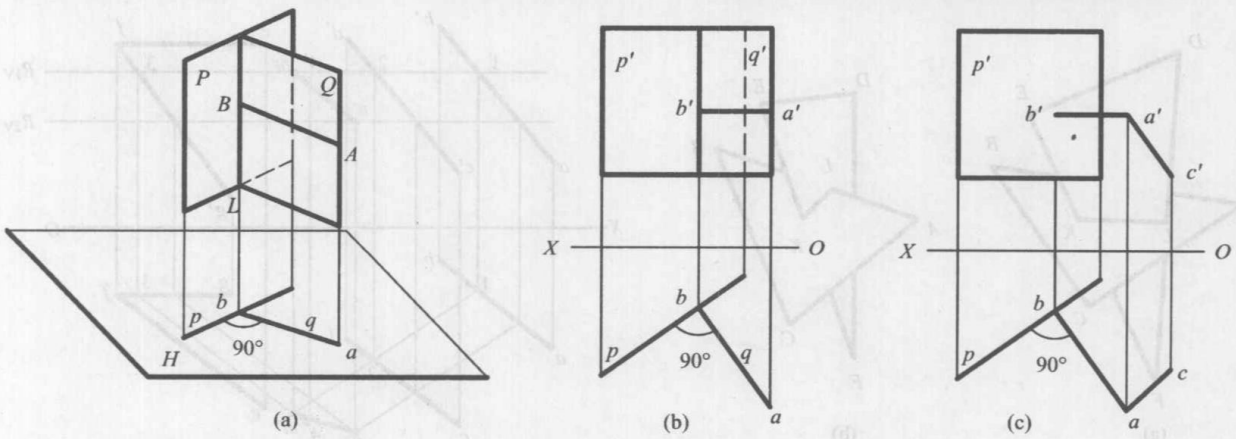


图 2 - 53　两平面垂直

（a）原理图；（b）两铅垂面垂直；（c）一般位置平面与铅垂面垂直

2-53（b）所示为包含 AB 作铅垂面 Q，则 Q 垂直于 P，此时两铅垂面互相垂直，它们具积聚性的水平投影互相垂直。图 2-53（c）所示为包含 AB 作一般位置的平面 $AB\times AC$（$ab\times ac$，$a'b'\times a'c'$），则所作平面与 P 平面垂直。

一般情况

（一）直线与平面垂直

如果平面处于一般位置，则与之相垂直的直线也一定处于一般位置，如图 2-54 所示，由立体几何可知，若使直线 MN（mn，$m'n'$）$\perp\triangle ABC$（$\triangle abc$，$\triangle a'b'c'$），必须使 MN 垂直于 $\triangle ABC$ 内的两条相交直线，如果这两条相交直线是投影面平行线，利用直角投影定理可作 MN 与它们垂直，因此，我们先在 $\triangle ABC$ 内取水平线 CD（cd，$c'd'$），再过 m 作 $mn\perp cd$，则不管其正面投影如何，都确保 $MN\perp CD$；然后在 $\triangle ABC$ 内取一条正平线 AE（ae，$a'e'$），过 m' 作 $m'n'\perp a'e'$，则确保 $MN\perp AE$，由于 MN 垂直于 $\triangle ABC$ 内的两相交直线 Cd 和 AE，因此 $MN\perp\triangle ABC$。

（二）两一般位置平面垂直

一般位置直线与一般位置平面垂直的问题解决了，只要包含平面的垂线作任意一个平面，则所作平面与已知平面一定垂直，如图 2-55 所示，$MN\perp\triangle ABC$，因此由 MN 和 MK 两相交直线所构成的平面一定垂直于 $\triangle ABC$。

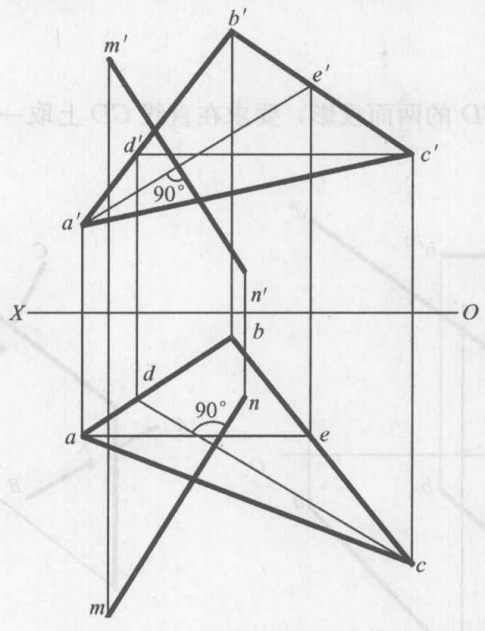


图 2-54　一般位置直线与一般位置平面垂直

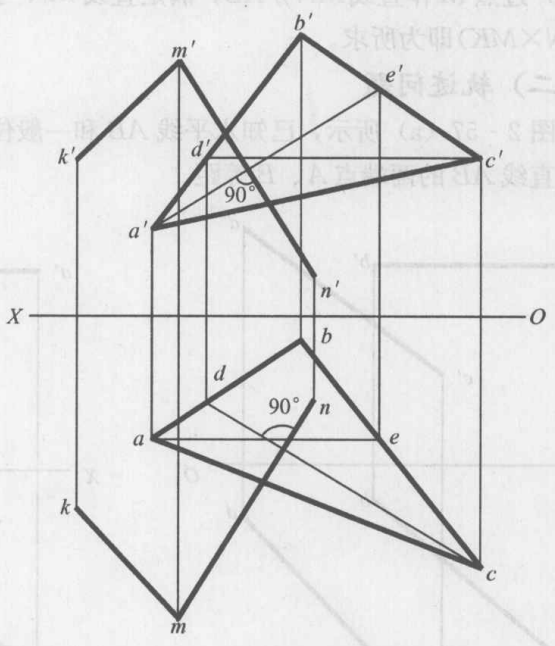


图 2-55　两一般位置平面垂直

四、综合问题解法

需满足两个以上条件的问题称为综合问题。综合问题分两类：一类是分别满足条件，另一类是轨迹问题。下面通过例题予以讨论。

（一）分别满足条件类综合问题

如图 2-56（a）所示，已知直线 AB、平面 Q 和点 M 的两面投影，要求过点 M 作一个平面 P（$MN\times MK$）垂直于平面 Q 且平行于直线 AB。

分析：由题目可知，所作平面 P 需要满足两个条件，一是垂直于已知平面 Q，根据两平面垂直的几何条件可知，平面 P 需包含已知平面 Q 的一条垂线，因此需先过点 M 作直线 MK 垂直于 Q；二是平行于直线 AB，根据两直线平行的几何条件，作 $mn/\!/ab$，作 $m'n'/\!/a'b'$，则直线 MN（mn，$m'n'$）$/\!/AB$。

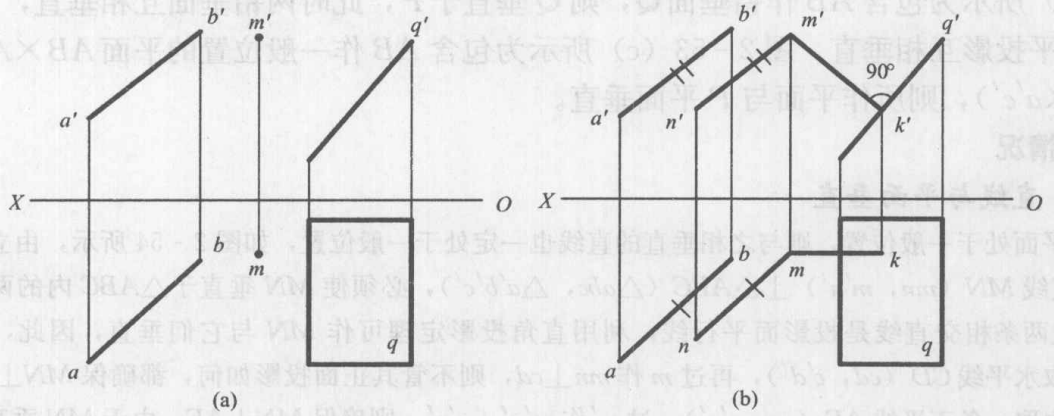


图 2-56 分别满足条件综合题

(a) 已知条件；(b) 作图步骤

作图步骤：

(1) 过点 M 作直线 $MK \perp$ 平面 Q。因 Q 为正垂面，故 MK 为正平线，即 $m'k' \perp q'$，$mk // OX$ 轴。

(2) 过点 M 作直线 $MN // AB$，满足直线 MN 与 AB 同面投影平行即可，则由两相交直线确定的平面 P ($MN \times MK$)即为所求。

(二) 轨迹问题

如图 2-57 (a) 所示，已知水平线 AB 和一般位置直线 CD 的两面投影，要求在直线 CD 上取一点 M，使它到直线 AB 的两端点 A、B 等距。

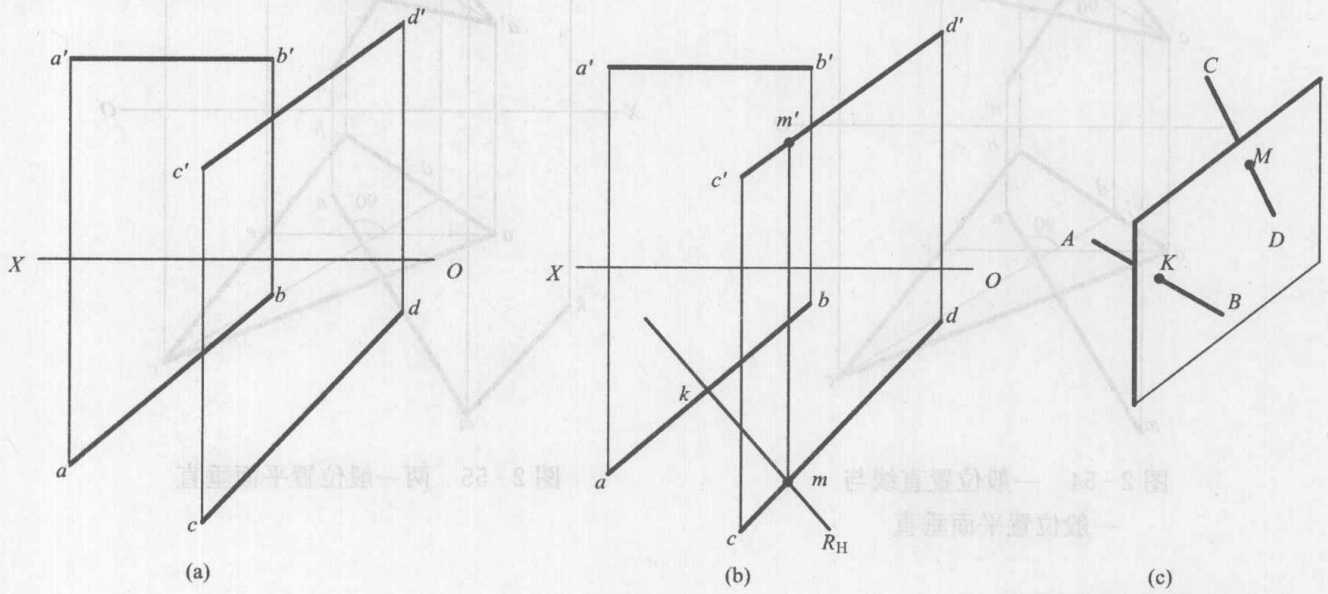


图 2-57 轨迹问题

(a) 已知条件；(b) 作图步骤；(c) 直观图

分析：如图 2-57 (c) 所示，到 A、B 两点等距的点的轨迹是直线 AB 的垂直平分面 R，直线 CD 与轨迹平面 R 的交点 M 即为所求。

作图步骤：如图 2-57 (b) 所示。

(1) 作直线 AB 的垂直平分面 R。因直线 AB 为水平线，故垂直平分面 R 为铅垂面，其水平投影积聚为一条直线，此直线就是该平面的水平迹线 R_H。R_H 过 ab 的中点 k 且与 ab 垂直。

(2) 求直线 CD 与平面 R 的交点 M。因平面 R 为铅垂面，故交点的水平投影 m 可直接得到，再利用从属性求出其正面投影 m'，则点 M (m，m') 即为所求。

小结　分别满足条件的问题比较简单，在作图时，应首先对问题进行分析，看清题目的要求，然后按题目要求利用前面所讲的基本作图方法分别作出各几何元素即可。轨迹问题比较复杂，在解此类问题时，需先分析清楚满足题目要求的几何元素的轨迹是什么，然后再在轨迹上求出满足题目要求的解。由于题目要求不同，轨迹的形式各异，有平面、圆柱、球等，因此在解题时需仔细分析。

第六节　换　面　法

投影变换研究如何改变空间几何元素与投影面的相对位置，借助于改变以后所得的新投影——辅助投影，来简便地解决空间问题。

常用的投影变换方法有更换投影面法（简称换面法）和旋转法两种。本节介绍换面法及其应用，换面法可使空间几何问题的求解较之在原三面投影体系中的图解更为方便、简单。

一、换面法概述

当几何元素对于投影面处于一般位置时，不能从投影上直接得出它们的真实形状、距离和角度。如图 2-58（a）所示，矩形 *ABCD* 是一般位置平面，它的两面投影都不直接反映实形。但若矩形 *ABCD* 平行于某一投影面，则它在该投影面上的投影就能直接反映实形，如图 2-58（b）所示。

在图 2-59（a）中，当三角形 *CDE* 对投影面处于一般位置时，从投影上不能直接图解出 *F* 点到三角形 *CDE* 的真实距离。但若三角形 *CDE* 垂直于某一投影面，则它在该投影面上的投影积聚成一条直线，就可以直接在图上图解出所求的真实距离，即为 *FG* 的长度，如图 2-59（b）所示。

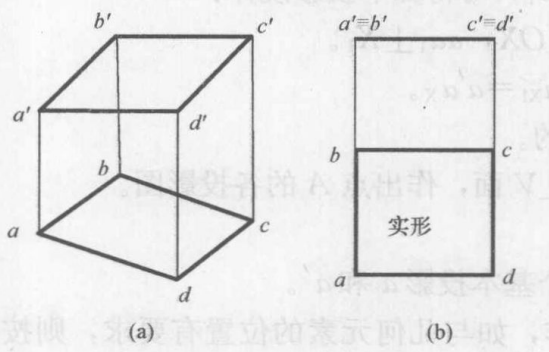


图 2-58　矩形的投影

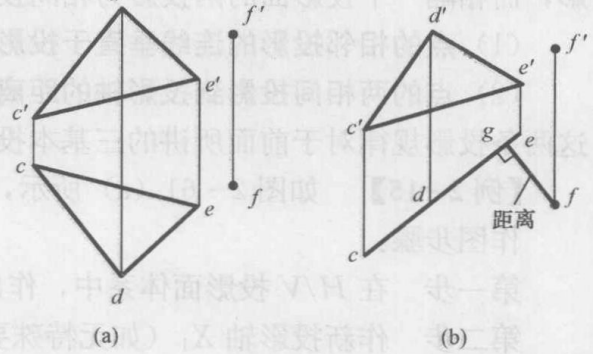


图 2-59　点到面的距离

综合以上两个例子，可知，在用图示法或图解法解决实际问题时，三个基本投影面有时不能满足需要。这时，可以引进辅助投影面作为新投影面，使之与空间物体处于有利的解题位置，并与原有的投影面构成新的投影面体系，根据具体情况有时放弃某些基本投影面。

换面法就是：空间几何元素的位置保持不变，用新的投影面来代替旧的投影面，使空间几何元素对新的投影面的相对位置变成有利于解题的位置，然后找出其在新投影面上的投影。

新投影面的选择原则是：

(1) 新投影面必须垂直于原投影面体系中的一个投影面。

(2) 新投影面必须与空间几何元素处于某种特殊位置。

二、点的投影变换规律

点是一切几何体的基本元素，点的投影变换规律是学习换面法的基础。

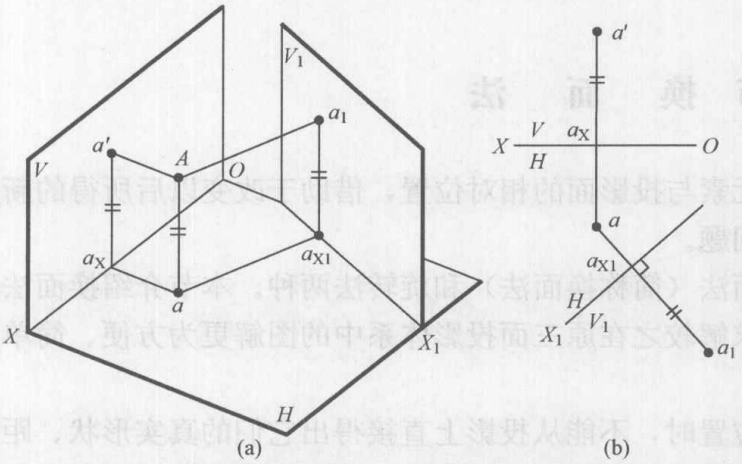


图 2 - 60　换面法

(a) 立体图；(b) 投影图

如图 2 - 60 (a) 所示，在 H/V 两投影面体系中，设有 V_1 新投影面与 H 面垂直，V_1 投影面与 H 面构成 H/V_1 直角投影面体系，所以正投影法的投影规律在新的两投影面体系 H/V_1 中仍然适用。另外在解决具体问题时，新投影面的设置还应与空间几何元素处于最有利于解题的特殊位置，这一点我们将在后面章节中碰到。

设在图 2 - 60 (a) 中的三投影面体系中有一空间点 A，分别作出 A 在 H、V 和 V_1 投影面上的投影 a、a'、a_1，按投影面旋转的规定，H 面向下后方旋转至与 V 面重合，然后旋转 V_1 投影面与 HV 面重合，注意旋转后必须使水平投影 a 与新投影 a_1 位于新投影轴 X_1 的两侧，旋转后得图 2 - 60 (b) 所示的投影图。

分析图 2 - 60 (b) 可知，$aa_1 \perp X_1$，$a_1a_{X1}=a'a_X$，因 a_1a_{X1} 和 $a'a_X$ 都反映了点 A 的 Z 坐标。如果在投影图上定义相隔一根轴的两投影为相邻投影，如 a 和 a'、a 和 a_1 均为相邻投影，而相隔一个投影面的两投影为相间投影，如 a' 和 a_1，可得如下投影规律：

(1) **点的相邻投影的连线垂直于投影轴**，如 $aa' \perp OX$，$aa_1 \perp X_1$。

(2) **点的两相间投影到投影轴的距离相等**，如 $a_1a_{X1}=a'a_X$。

这两条投影规律对于前面所讲的三基本投影也是适用的。

【例 2 - 15】　如图 2 - 61 (a) 所示，H_1 投影面 $\perp V$ 面，作出点 A 的各投影图。

作图步骤：

第一步　在 H/V 投影面体系中，作出点 A 的两个基本投影 a 和 a'。

第二步　作新投影轴 X_1（如无特殊要求可任意作，如与几何元素的位置有要求，则按要求作）。

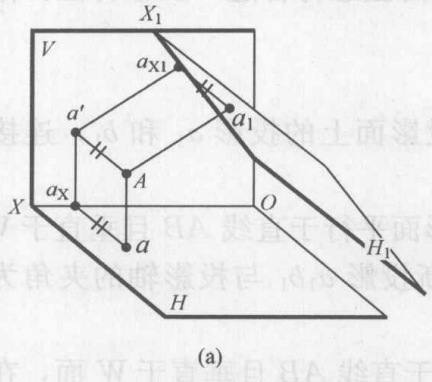
第三步　过 a' 作连线 $a'a_{X1} \perp X_1$ 并将其延长。

第四步　在连线上量取 $a_1a_{X1}=aa_X$，即得新投影 a_1。

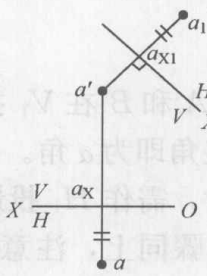
【例 2 - 16】　如图 2 - 62 (a) 所示，已知点 A 的水平投影 a 和辅助投影 a_1，求其正面投影 a'。

作图步骤：如图 2 - 62 (b) 所示，根据相间投影到投影轴的距离相等的规律，在水平投影与正面投影的连线上量取 $a_Xa'=a_{X1}a_1$，即得所求的正面投影 a'。

综上所述，新投影面既可以垂直于 H 面，也可以垂直于 V 面，可以由基本投影求辅助投影，也可以由辅助投影求基本投影，但不论如何作图，辅助投影面的设置原则和换面法的两条投影规律在画投影图时必须遵循。



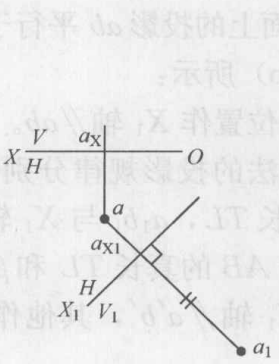
(a)



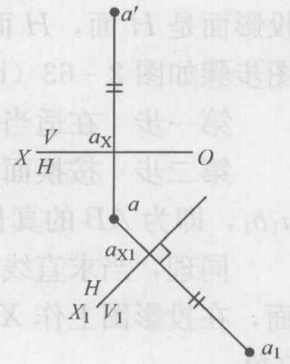
(b)

图 2 - 61　辅助投影面垂直于 V 面

(a) 立体图；(b) 投影图



(a)



(b)

图 2 - 62　由辅助投影求基本投影

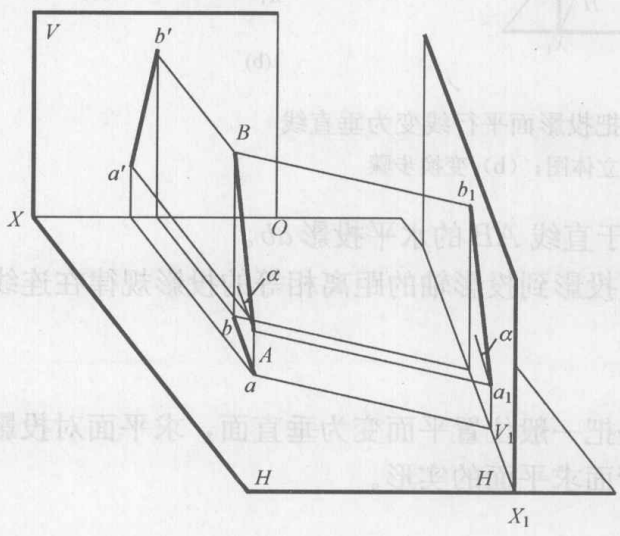
(a) 已知条件；(b) 作图步骤

三、直线的投影变换

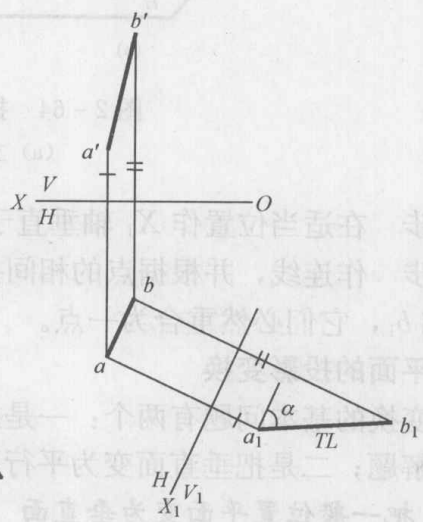
直线变换的基本问题有两个：一是把一般位置直线变为投影面平行线，求直线实长及其对投影面的倾角；二是把投影面平行线变为投影面垂直线。

（一）把一般位置直线变换为投影面平行线

我们知道，当直线平行于某一投影面时，其在该平面上的投影反映真长，投影与投影轴的夹角即为直线与相应的投影面的夹角。因此，常常将一般位置直线变换为投影面平行线来求真长和与投影面的夹角，其变换方法如图 2 - 63 所示，作 V_1 投影面垂直于 H 面且平行于直线 AB，则 AB 在 V_1 投影面上的投影 a_1b_1 反映直线 AB 的真长，a_1b_1 与 X_1 轴的夹角就是 AB 对 H 面的倾角 α 角。如图 2 - 63 (a) 所示，投影面的旋转规定有：V 面不动，H 面仍按原来的规定向下后方旋转 90°，再旋转 V_1 投影面与 H、V 面重合，旋转时需注意旋转后投影 a 和 a_1 位于新投影轴 X_1 的两侧。



(a)



(b)

图 2 - 63　用换面法求直线的实长

(a) 立体图；(b) 投影图

根据投影面平行线的投影特性作投影图。当直线平行于 V_1 投影面时，V_1 投影面的相邻

投影面是 H 面，H 面上的投影 ab 平行于新轴 X_1，在作图时需注意符合这一投影特性。作图步骤如图 2-63（b）所示：

第一步　在适当位置作 X_1 轴 // ab。

第二步　按换面法的投影规律分别作点 A 和 B 在 V_1 投影面上的投影 a_1 和 b_1，连接 a_1b_1，即为 AB 的真长 TL，a_1b_1 与 X_1 轴的夹角即为 α 角。

同理，当求直线 AB 的真长 TL 和 β 角时，需作 H_1 投影面平行于直线 AB 且垂直于 V 面，在投影图上作 X_1 轴 // $a'b'$，其他作图步骤同上，注意新投影 a_1b_1 与投影轴的夹角为 β 角。

当求直线 AB 的真长 TL 和 γ 角时，需作 V_1 投影面平行于直线 AB 且垂直于 W 面，在投影图上作 Z_1 轴 // $a''b''$，其他作图步骤同上，注意新投影 a_1b_1 与投影轴的夹角为 γ 角。

（二）把投影面平行线变换为投影面垂直线

投影面垂直线的问题如图 2-64（a）所示，作 V_1 新投影面与 H 面垂直，同时垂直于直线 AB，由于直线 AB 为投影面平行线，因此其投影 ab 与 AB 平行，所以 ab 也垂直于 V_1 投影面，由立体几何可知，ab 必垂直于新投影轴 X_1，作图步骤如图 2-64（b）所示。

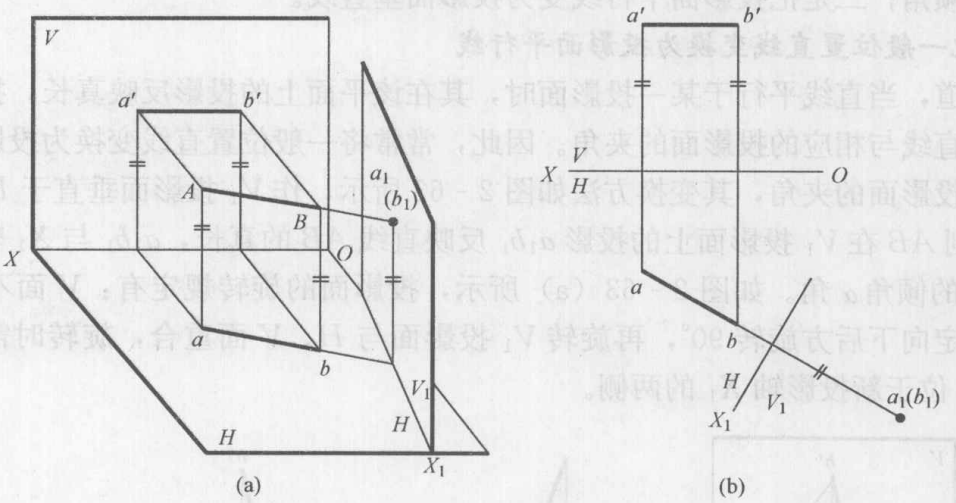


图 2-64　把投影面平行线变为垂直线

（a）立体图；（b）变换步骤

第一步　在适当位置作 X_1 轴垂直于直线 AB 的水平投影 ab。

第二步　作连线，并根据点的相间投影到投影轴的距离相等的投影规律在连线上作出新投影 a_1 和 b_1，它们必然重合为一点。

四、平面的投影变换

平面变换的基本问题有两个：一是把一般位置平面变为垂直面，求平面对投影面的倾角并有利于解题；二是把垂直面变为平行面求平面的实形。

（一）把一般位置平面变为垂直面

由立体几何可知，当平面内的某一直线垂直于新投影面时，则平面垂直于投影面。又由图 2-64 可知，投影面平行线可通过一次换面变为垂直线，因此**把一般位置平面变为垂直面，应先在该平面内取一条与保留投影面平行的平行线，然后再作新投影面与这条平行线垂直，则该平面变为新投影面的垂直面**。如图 2-65（a）所示，在三角形 ABC 内取水平线 AD，作 V_1 投影面与 AD 垂直，则三角形 ABC 垂直于 V_1 投影面，在该面的投影 $a_1b_1c_1$ 积

聚为一条直线，且与新投影轴 X_1 的夹角等于 α 角。值得注意的是，AD 是三角形 ABC 内的平行 H 面的平行线，其正面投影 $a'd' /\!/ OX$ 轴，且点 A、D 均在三角形 ABC 内，即 d' 在 $b'c'$ 上，d 在 bc 上，$dd' \perp OX$ 轴。如图 2 - 65（b）所示，在作新投影轴 X_1 时，应使 $X_1 \perp ad$。

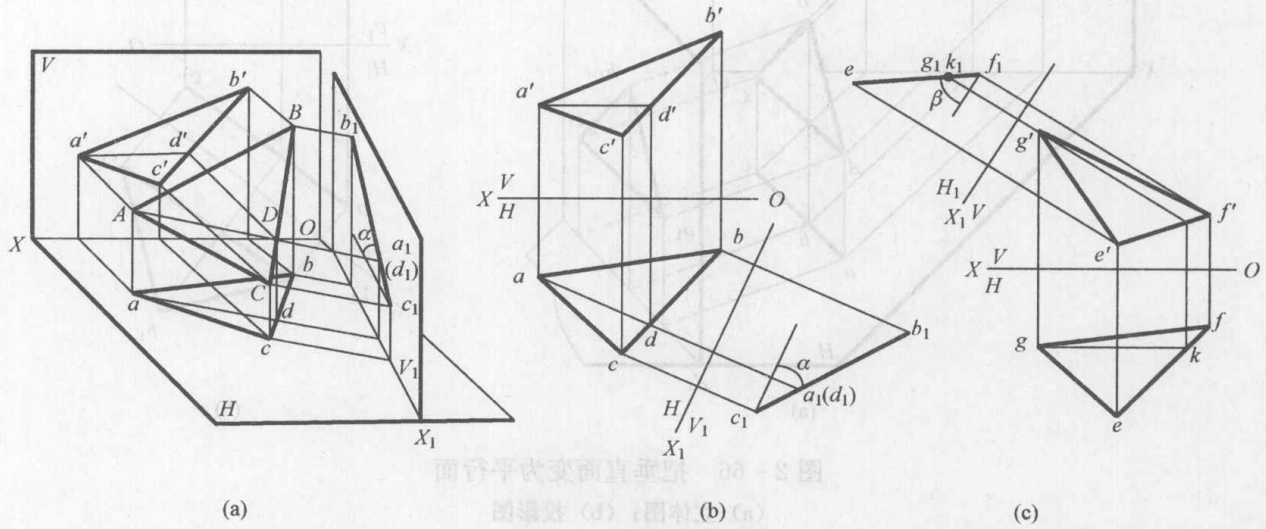


图 2 - 65　把一般位置平面变为垂直面

（a）立体图；（b）求角 α；（c）求角 β

作图步骤：如图 2 - 65（b）所示。

第一步　作 $a'd' /\!/ OX$，过 d' 作垂直于 OX 轴的连线求出水平投影 d，连接 ad，即得面内平行线 AD（ad，$a'd'$）。

第二步　作新投影轴 $X_1 \perp ad$。

第三步　依相间投影到投影轴的距离相等的投影规律作出新投影 a_1、b_1、c_1，并将它们连接为一条直线，即得三角形具有积聚性的新投影。

此时，新投影与 X_1 的夹角就是平面对 H 面的倾角 α。

如果求一般位置平面对 V 面的倾角 β，则应先在面内取一条正平线，再作 H_1 投影面垂直于 V 面和该平面，如图 2 - 65（c）所示，GK（gk，$g'k'$）是三角形 EFG 内的正平线，新投影轴 $X_1 \perp g'k'$，其作图原理和作图步骤与图 2 - 65（b）相同。

（二）把垂直面变为平行面

如图 2 - 66（a）所示，若将铅垂面三角形 ABC 变为平行面，需作 V_1 投影面平行于该铅垂面且垂直于 H 面，此时三角形 ABC 在 V_1 投影面上的投影 $a_1b_1c_1$ 反映真形 TS。注意新投影轴 X_1 与铅垂面具积聚性的水平投影 abc 互相平行。

作图步骤：如图 2 - 66（b）所示。

（1）在适当位置作新投影轴 $X_1 /\!/ abc$。

（2）依换面法的投影规律求出三角形 $a_1b_1c_1$，就得三角形 ABC 的真形 TS。

如果要**将一般位置平面变为投影面的平行面，需先将其变为投影面垂直面，再将垂直面变为平行面**，即把图 2 - 65（b）和图 2 - 66（b）二者结合起来。

五、换面法的综合应用

【例 2 - 17】 如图 2 - 67 所示，已知空间一点 C（c'，c）和直线 AB（$a'b'$，ab）的两面

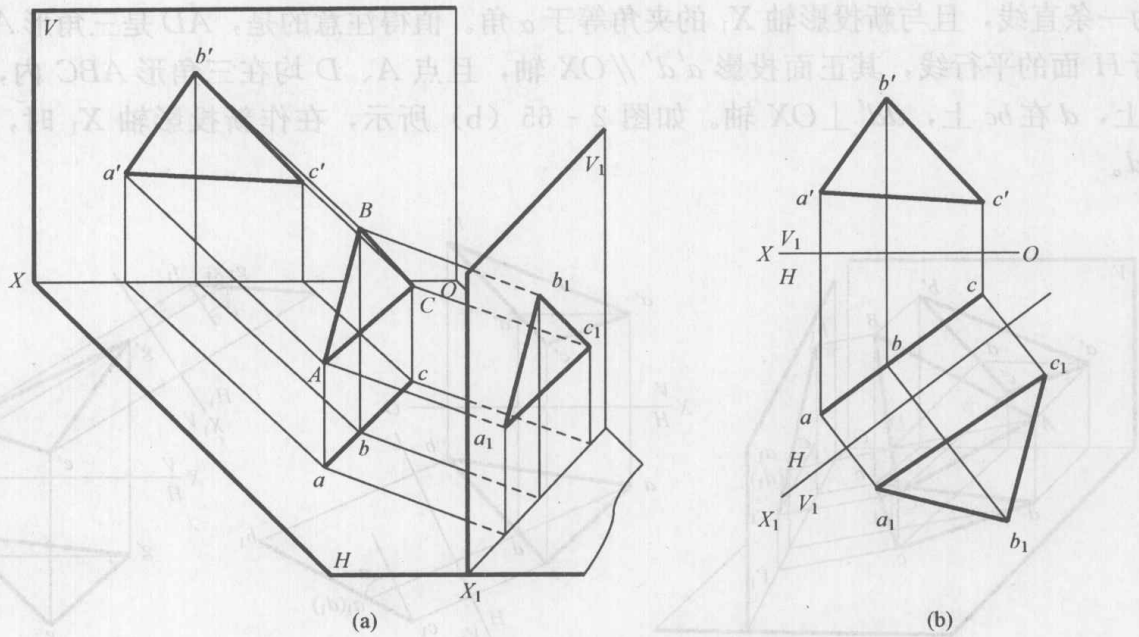


图 2 - 66 把垂直面变为平行面

(a) 立体图；(b) 投影图

投影，求点 C 到直线 AB 的距离，并求垂足 D。

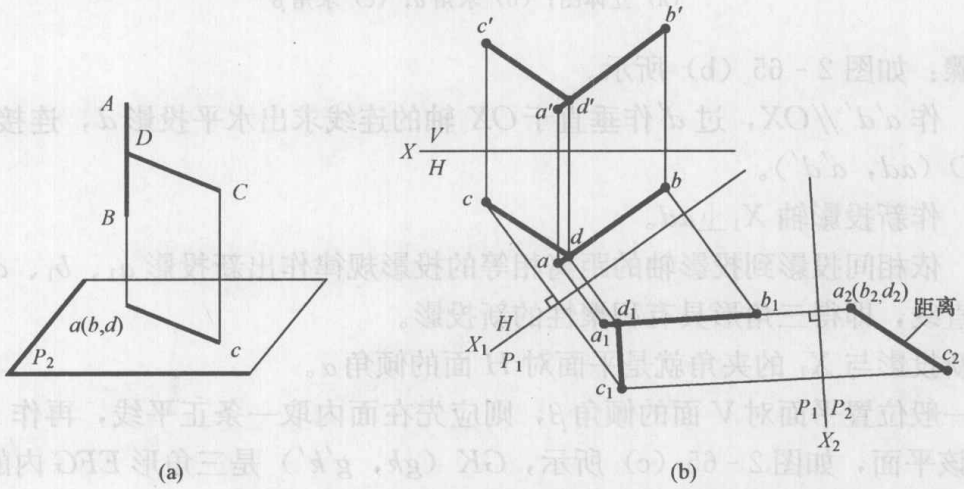


图 2 - 67 求点到一般位置直线的距离

分析：求空间一点 C 到直线 AB 的距离，就是求垂线 CD 的实长。如图 2 - 67 (a) 所示，当直线 AB 垂直于某一投影面时，它的垂线 CD 平行于该投影面，则 CD 在该投影面上的投影反映实长。

作图步骤：

第一步：作新投影轴 $X_1 /\!/ ab$，用 P_1 面换掉 V 面，使 AB 成为 P_1 面的平行线。

第二步：根据换面法的投影规律分别作出 AB 和 C 点在 P_1 面的投影 a_1b_1 和 c_1。

第三步：作新投影轴 $X_2 \perp a_1b_1$，用 P_2 面换掉 H 面，使 AB 成为 P_2 面的垂直线，AB 在 P_2 面上的投影积聚为一点。由于垂足 D 在 AB 上，所以 D 点在 P_2 面上的投影和 AB 具有积聚性的投影重合，即为 a_2 (b_2，d_2)，如图 2 - 67 (b) 所示。

第四步：连接 c_2d_2，即为所求 C 点到 AB 的距离。

第五步：根据换面法的投影规律分别作出 CD 在 P_1，H 和 V 面的投影 c_1d_1，cd 和 $c'd'$，即完成作图，如图 2 - 67（b）所示。

【例 2 - 18】 如图 2 - 68 所示，求两交叉直线 AB（ab，$a'b'$）和 CD（cd，$c'd'$）间的最短距离。

分析：两交叉直线间的最短距离是它们的公垂线长度。图中 CD 的正面投影平行于 OX 轴，所以 CD 直线是一条水平线，如果把它变成某个投影面的垂直线，则公垂线即为该新投影面的平行线，其在该新投影面的投影即为实长。

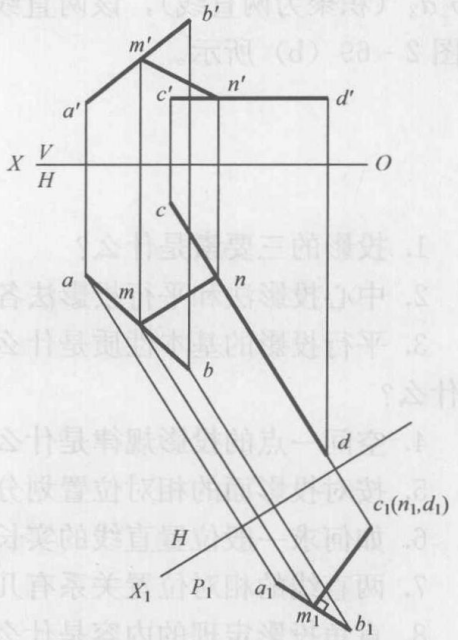


图 2-68　求两交叉直线的距离（一般情况）

作图步骤：

第一步：作新投影轴 $X_1 \perp cd$，用 P_1 面换掉 V 面，使 CD 成为 P_1 面的垂直线。

第二步：根据换面法的投影规律作出 AB、CD 在 P_1 面的投影 a_1b_1、c_1d_1，c_1d_1 在 P_1 面上积聚为一点。

第三步：过 c_1d_1（n_1）作 $m_1n_1 \perp a_1b_1$，交 a_1b_1 于 m_1。

第四步：由 m_1 求出 m，过 m 作 $mn // X_1$ 轴，交 cd 于 n。

第五步：由 m、n 求出 m'、n'，连接 $m'n'$，即完成作图，如图 2 - 68 所示。

【例 2 - 19】 如图 2 - 69 所示，求平面 ABC 和 ABD 的两面角。

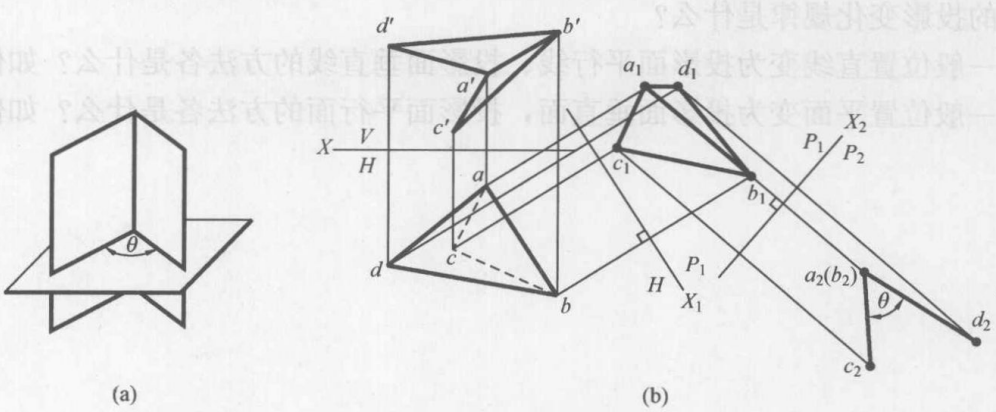


图 2 - 69　求两平面的两面角

分析：如图 2 - 69（a）所示，在投影图中，当两平面的交线垂直于投影面时，则两平面垂直于该投影面，它们的投影积聚成直线，该两直线间的夹角即为所求二面角。

作图步骤：

第一步：作新投影轴 $X_1 // ab$，用 P_1 面换掉 V 面，使 AB 成为 P_1 面的平行线。

第二步：根据换面法的投影规律分别作出平面 ABC 和 ABD 在 P_1 面的投影 $a_1b_1c_1$ 和 $a_1b_1d_1$。

第三步：作新投影轴 $X_2 \perp a_1b_1$，用 P_2 面换掉 H 面，使 AB 成为 P_2 面的垂直线，则 AB 在 P_2 面上的投影积聚为一点，平面 ABC 和 ABD 在 P_2 面上分别积聚为两条直线。

第四步：根据换面法的投影规律分别作出平面 ABC 和 ABD 在 P_2 面的投影 $a_2b_2c_2$ 和

$a_2b_2d_2$（积聚为两直线），该两直线的夹角即为平面 ABC 和 ABD 的两面角，即完成作图，如图 2-69（b）所示。

思 考 题

1. 投影的三要素是什么？
2. 中心投影法和平行投影法各有什么特点？适用范围是什么？
3. 平行投影的基本性质是什么？直角投影法和斜角投影法的特点各是什么？适用范围是什么？
4. 空间一点的投影规律是什么？什么是重影点？试说明重影点间的相互遮挡关系。
5. 按对投影面的相对位置划分，直线可分为几类？投影特性各是什么？
6. 如何求一般位置直线的实长和与三个投影面的夹角？
7. 两直线的相对位置关系有几种？如何判断？
8. 直角投影定理的内容是什么？如何应用？
9. 按对投影面的相对位置划分，平面可分为几类？投影特性各是什么？
10. 两平面的相对位置关系有几种？如何判断？
11. 在平面内取点的方法是什么？
12. 直线和平面相交、平面和平面相交，如何求交点及交线并判断可见性。
13. 投影变换的目的是什么？什么是换面法？新投影面的选择原则是什么？
14. 点的投影变化规律是什么？
15. 把一般位置直线变为投影面平行线、投影面垂直线的方法各是什么？如何作图？
16. 把一般位置平面变为投影面垂直面，投影面平行面的方法各是什么？如何作图？

第三章　基本体的三视图

基本体是构成立体的基本单元。按围成基本体的表面不同可分为平面基本体和曲面基本体。完全由平面围成的基本体称为平面基本体，由平面和曲面或完全由曲面围成的基本体称为曲面基本体。本章主要介绍平面基本体和曲面基本体三视图的画法及其表面取点的方法，以及平面基本体截交线的画法。

第一节　平面基本体的三视图

常见的平面基本体有棱柱和棱锥。画它们在 H、V、W 三个基本投影面上的投影可归结为画出围成这些立体的点、线、平面的投影。

一、平面基本体的三视图

图 3-1（a）所示为一长方体，为了画图和读图方便，令其前后两平面平行于 V 面为正平面，因此其上下两平面为水平面，左右两平面为侧平面。将长方体分别向 H、V、W 面投影，得如图 3-1（b）所示的三面投影图。可以看出，只要保持六个表面与投影面的平行关系不变，长方体与三个投影面的距离虽然发生变化，但其投影图的形状不变，且由于三个投影面的大小是假定的，因此在实际画图时，可以将三根投影轴省略，得如图 3-1（c）所示的投影图。实际画图时，假定画图者站在无穷远处，视线互相平行且垂直于投影面，从前向后看所得投影图即正面投影，又称主视图，从上向下看所得投影图即水平投影又称俯视图，从左向右看所得投影图即侧面投影又称左视图。这就是人们通常所说的三视图。各视图的名称是根据观察者相对于物体的位置确定的。观察者在前称为主视图，观察者在上称为俯视图，观察者在左称为左视图。

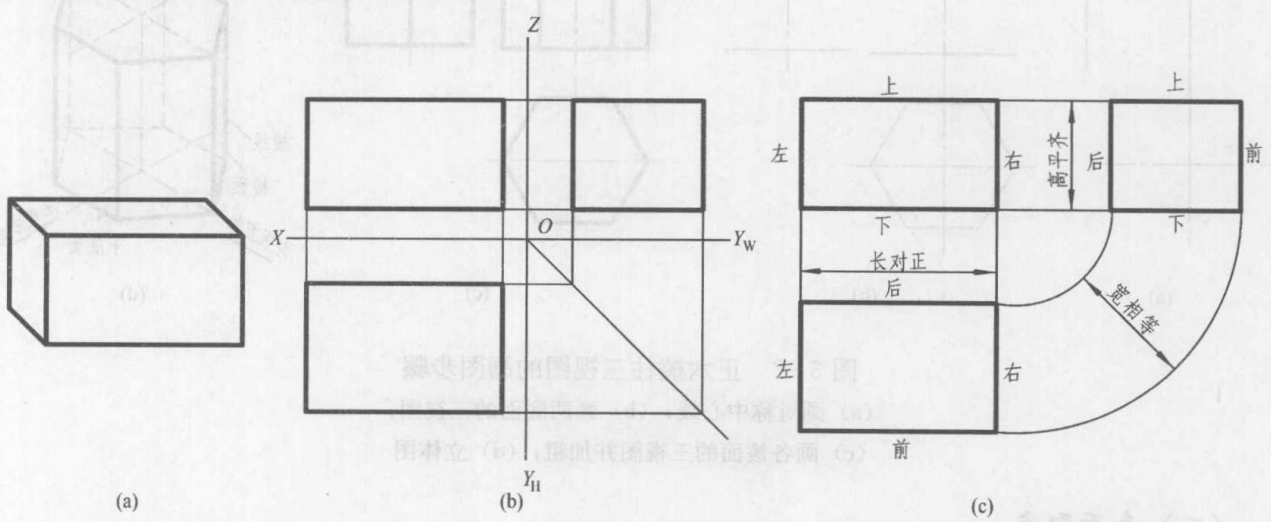


图 3-1　长方体的三视图

（a）长方体；（b）有轴投影图；（c）三视图

根据三视图的生成过程，其投影规律有三条。

（1）三视图的位置：三视图应按图 3-1（c）布置，俯视图位于主视图的下方，左视图位于主视图的右方。

（2）三视图与物体各方位的对应关系：如图 3-1（c）所示，主视图表示物体的上下左右，俯视图表示物体的左右前后，左视图表示物体的上下前后。其中特别注意前后方位的规律：以主视图为准，俯视图和左视图距离主视图远的一边为前，近的一边为后。

（3）三视图间的尺寸关系：主视图和俯视图的长度相等，简称长对正；主视图和左视的高度相等，简称高平齐；俯视图和左视图宽度相等，简称宽相等。

二、棱柱

棱柱由上下两个底面和若干侧面（又称棱面）围成，各侧面的交线称为棱线，各棱线互相平行。根据侧面或棱线的数量棱柱可分为三棱柱、四棱柱、五棱柱、六棱柱等。图 3-2（d）所示为一六棱柱，它由上下两个底面和六个侧面围成。其中上下两底面为水平面，前后两侧面为正平面，左前右前及左后右后四个侧面均为铅垂面。

（一）棱柱三视图的作图方法和步骤

（1）确定三视图的位置，画出定位线。如果物体对称，用点画线画出对称中心线，如果不对称，则用细实线画出定位线。如图 3-2（a）所示。

（2）画出上下两底面的三视图。如图 3-2（b）所示，由于两底面为水平面，其俯视图为真形，画出正六边形，其主、左两视图分别积聚为直线，按长对正、高平齐和宽相等的关系画出。

（3）根据投影规律画出各侧面和棱线的三视图、判断可见性并加粗。如图 3-2（c）所示，由于棱柱的前后、左右均对称，故主视图和左视图的可见线和不可见线的投影重合，用粗实线画出可见投影即可。

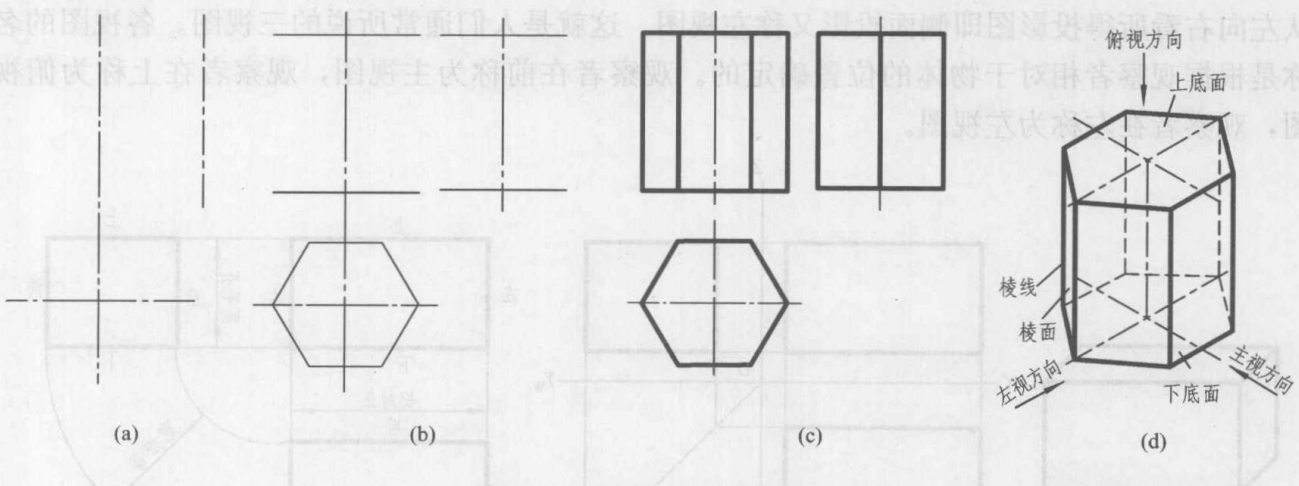


图 3-2 正六棱柱三视图的画图步骤

（a）画对称中心线；（b）画两底面的三视图；（c）画各棱面的三视图并加粗；（d）立体图

（二）表面取点

图 3-3 是一三棱柱的三视图，由图可知，其上下两底面为水平面，其后面为正平面，前边两侧面为铅垂面。已知三棱柱表面上三点 K、L、M 的正面投影 k'、l'、m'，求出它们水平投影和侧面投影。

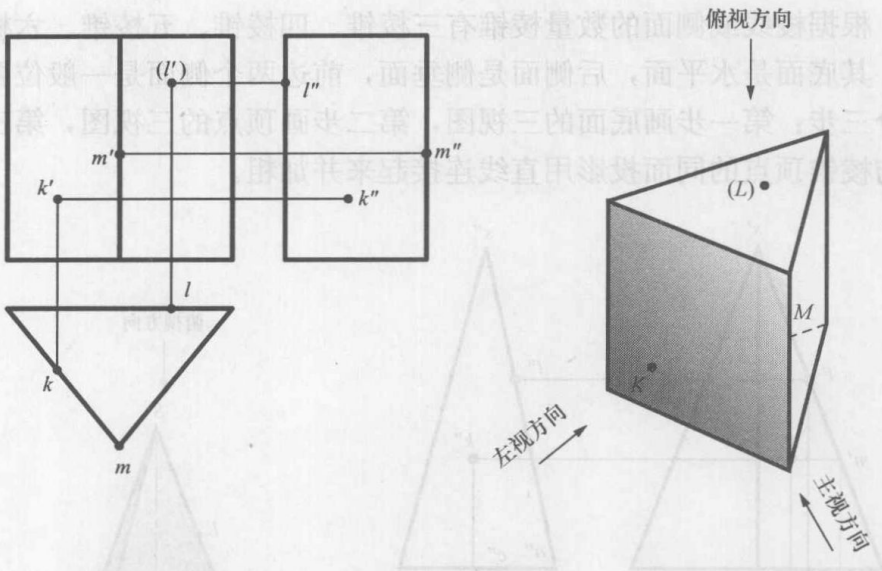


图 3-3　在三棱柱表面取点

由主视图可知，点 K 在左前棱面上，此棱面为铅垂面，其水平投影具有积聚性，利用积聚性可求出其水平投影 k，然后根据高平齐和宽相等的投影关系求出侧面投影 k''。由于 l' 不可见，因此点 L 在后面的棱面上，由于后棱面为正平面，其侧面投影和水平投影均积聚为一条直线，故 l''和 l 必在这两条直线上。由于 m'可见且位于棱柱前面的棱线上，故 m 和 m''必位于该棱线的水平投影和侧面投影上。

（三）截交线的求法

如图 3-4 所示，立体（图中为三棱柱）被一截平面截断，在立体的表面产生一多边形切口，这一切口称为截交线。在画三视图时需画出截交线的三视图。显然，**截交线是立体表面和截平面的共有线**，即截交线既位于截平面上，又位于立体的表面上。求截交线多边形的方法是求出多边形各顶点的投影，然后按顺序将各点连接为多边形。因此求截交线问题归结为在立体表面取点的问题。图中三顶点 A、B、C 分别位于三条棱线上，利用点在直线上点的投影必在直线的同面投影上的从属性原理可很容易求出 abc、$a''b''c''$。

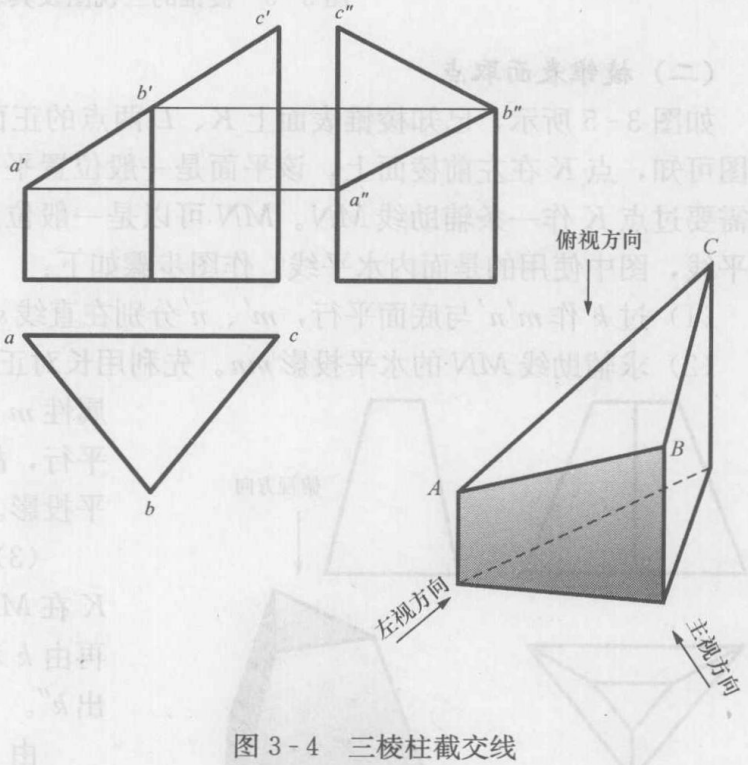


图 3-4　三棱柱截交线

三、棱锥

（一）棱锥三视图的画法

棱锥由一个底面和若干侧面围成，各侧面的交线称为棱线，各棱线交于一点，这个点称

为棱锥的顶点。根据棱线或侧面的数量棱锥有三棱锥、四棱锥、五棱锥、六棱锥等。图3-5所示为三棱锥，其底面是水平面，后侧面是侧垂面，前边两个侧面是一般位置平面。画棱锥的三视图一般分三步：第一步画底面的三视图，第二步画顶点的三视图，第三步将底面三角形的三个顶点与棱锥顶点的同面投影用直线连接起来并加粗。

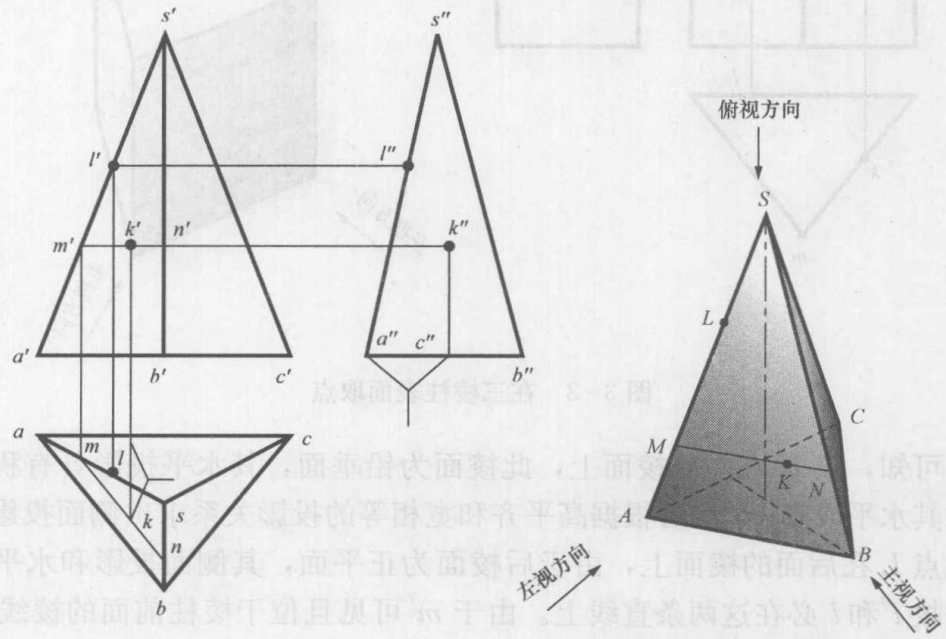


图3-5 棱锥的三视图及其表面取点

（二）棱锥表面取点

如图3-5所示，已知棱锥表面上K、L两点的正面投影k'、l'，求出它们的水平投影。由图可知，点K在左前棱面上，该平面是一般位置平面，各投影均无积聚性，因此表面取点需要过点K作一条辅助线MN。MN可以是一般位置直线，可以过锥顶，也可以是面内水平线，图中使用的是面内水平线。作图步骤如下：

（1）过k'作$m'n'$与底面平行，m'、n'分别在直线$s'a'$和$s'b'$上。

（2）求辅助线MN的水平投影mn。先利用长对正的投影关系求出水平投影m，根据从属性m在sa上，因为MN是水平线，与AB平行，故作mn平行于ab，即得辅助线的水平投影。

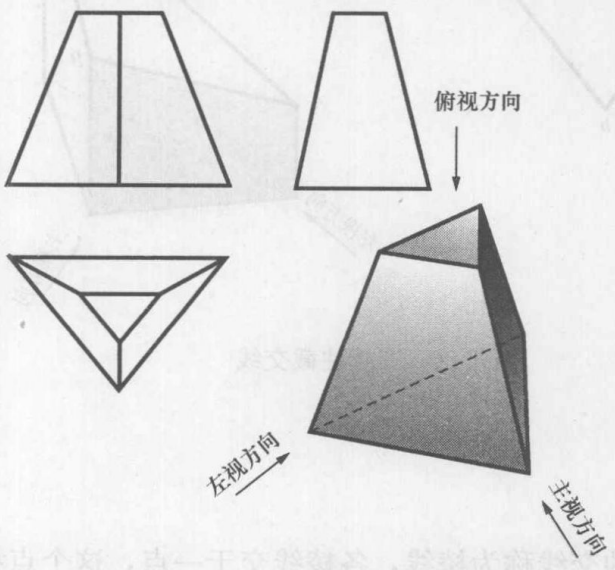


图3-6 三棱台的三视图

（3）求点K的水平投影和侧面投影。点K在MN上，其水平投影k在mn上。然后再由k和k'根据高平齐和宽相等的关系求出k''。

由l'在$s'a'$上可知，点L在直线SA上，根据从属性其水平投影l和侧面投影l''分别在sa和$s''a''$上。

图3-6为一三棱台的三视图，它是由一水平面截三棱锥得到的，作图时注意上下两

底面的各边互相平行。

（三）三棱锥截交线的画法

图 3-7 所示为一三棱锥的截断体，它是由一水平面和一正垂面切割得到的。在主视图中，两截平面具积聚性。作图时，先求出水平面和侧棱 SA 的交点 D 的水平投影 d，过 d 作 de 平行于 ab，交 sb 于 e，过 e 作 ef 平行于 bc，过 d 作 dk 平行于 ac，则折线 $kdef$ 是水平面截三棱锥所得截交线的水平投影。其中 K、F 两点是水平面截交线与正垂面截交线的结合点，在求水平投影时根据长对正的投影规律由正面投影得到。水平面截交线的侧面投影具有积聚性，为一条水平直线。正垂面切割得到的截交线为 GK、GF 两条，由于结合点 K、F 的三面投影已经求出，因此只需求出点 G 的三面投影，又由于 G 在棱线 SC 上，根据从属性由正面投影 g' 可求出水平投影 g 和侧面投影 g''。分别连接 gk、gf、$g''k''$、$g''f''$ 即得截交线的投影。在作图中注意水平截平面和正垂截平面的交线 KF 是一条正垂线，其正面投影 $k'f'$ 积聚为一点，其水平投影 kf 与侧面投影 $k''f''$ 的长度应相等，即保持宽相等的关系。

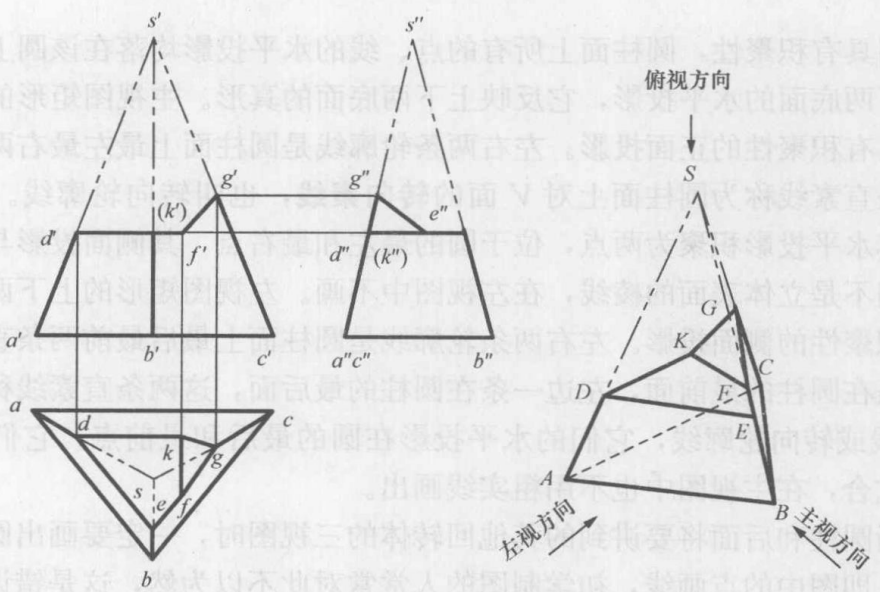


图 3-7　三棱锥截断的画法

第二节　回转体的三视图

回转体包括圆柱、圆锥、圆球、圆环（含圆弧回转体）。这些立体上的曲面都是母线（包括直线、圆或圆弧）绕轴线旋转形成的，称为回转面。回转体是由平面和回转面或完全由回转面围成的立体。

一、圆柱

（一）圆柱的三视图

如图 3-8 中的立体图所示，圆柱由上下两个底面和圆柱面围成，圆柱面是由与轴线平行的直母线绕轴线旋转一周得到的，母线在旋转过程中的每一个具体位置称为素线。因为圆柱的轴线垂直于水平投影面，所以其俯视图是一个圆，主视图和左视图是两个全等的矩形。

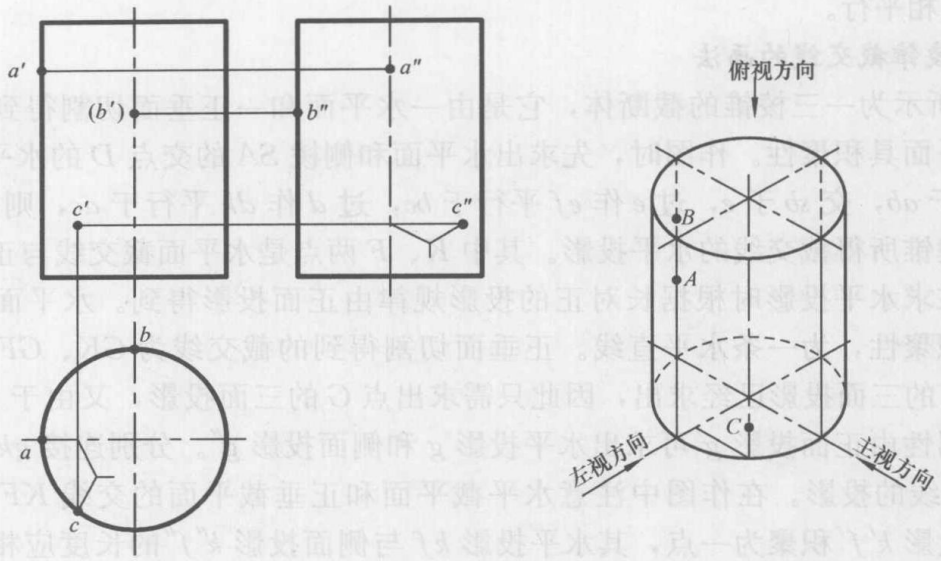


图 3-8 圆柱的三视图及表面取点

俯视图的圆具有积聚性，圆柱面上所有的点、线的水平投影均落在该圆上。这个圆所包围的区域是上下两底面的水平投影，它反映上下两底面的真形。主视图矩形的上下两条直线是上下两底面具有积聚性的正面投影。左右两条轮廓线是圆柱面上最左最右两条直素线的正面投影，这两条直素线称为圆柱面上对 V 面的**转向素线**，也叫转向轮廓线。这两条转向素线是铅垂线，其水平投影积聚为两点，位于圆的最左和最右点，其侧面投影与左视图的轴线重合，由于它们不是立体表面的棱线，在左视图中不画。左视图矩形的上下两条直线是上下两个底面具有积聚性的侧面投影。左右两条轮廓线是圆柱面上最后最前两条直素线的侧面投影，右边的一条在圆柱的最前面，左边一条在圆柱的最后面，这两条直素线称为圆柱面上对 W 面的转向素线或转向轮廓线，它们的水平投影在圆的最后和最前点，它们的正面投影与主视图的轴线重合，在主视图中也不用粗实线画出。

注意：在画圆柱和后面将要讲到的其他回转体的三视图时，一定要画出圆的对称中心线和轴线的投影，即图中的点画线，初学制图的人常常对此不以为然，这是错误的。

（二）在圆柱面上取点

在圆柱面上取点分两种情况：

（1）位于转向素线上的点：图 3-8 所示主视图中的 A、B 两点，A 点在最左面的转向素线上，B 点在最后面的转向素线上。当已知正面投影 a'、b'（不可见）时，则其水平投影 a、b 位于圆上，根据长对正可很容易地求出，侧面投影 a''在左视图的轴线上，而 b''位于左视图中最后的转向素线上。总而言之，**主视图转向素线上的点，其侧面投影在左视图的轴线上；左视图转向素线上的点，其正面投影在主视图的轴线上。**

（2）不在转向素线上的点：图 3-8 中已知点 C 的正面投影 c'，根据其位置可知，它不在转向素线上，是一般情况。由于圆柱面的水平投影有积聚性，c'是可见投影，因此 C 点的水平投影 c 必落在前半个圆上，按长对正即可求出。侧面投影 c''与正面投影 c'及水平投影 c 保持高平齐和宽相等的关系，作图方法见图。

二、圆锥

（一）圆锥的三视图

如图 3-9 的立体图所示，圆锥由一个底面和圆锥面围成。圆锥面是与轴线相交的直母线绕轴线旋转一周形成的。当圆锥的轴线垂直于水平投影面时，其俯视图是一个圆，主视图和左视图是全等的等腰三角形。

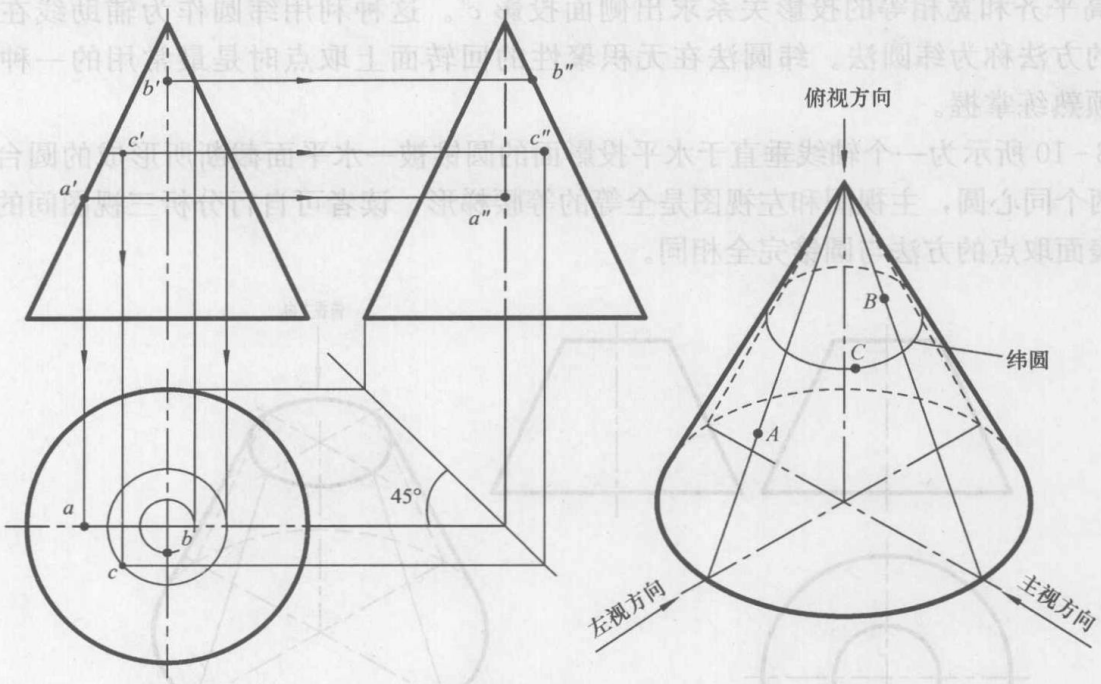


图 3-9　圆锥的三视图及表面取点

俯视图圆及其所包围的区域是圆锥面和底面的水平投影，因为底面是水平面，故其水平投影反映实形，圆锥面的水平投影没有积聚性。在主视图和左视图的等腰三角形中，底边是圆锥底面具有积聚性的正面投影和侧面投影。主视图的左右两腰是圆锥面对 V 面的最左和最右两转向素线的正面投影，其水平投影是圆的左右两条水平半径，其侧面投影位于左视图的轴线上，因不是棱线不予画出。由此可见，圆锥面上对 V 面的转向素线是两条正平线。左视图的左右两腰是圆锥面上最后和最前两条对 W 面的转向素线的侧面投影，其水平投影是圆的上下两条竖直半径，其正面投影位于主视图的轴线上。可见圆锥面上对 W 面的转向素线是两条侧平线。

（二）圆锥表面上取点

（1）在转向素线上的点。图 3-9 中，已知圆锥表面上点 A 的正面投影 a'，由其位置可知点 A 在左边的转向素线上，根据从属性可知，其水平投影 a 在俯视图圆的对称中心线上，其侧面投影 a''在左视图的轴线上，按长对正和高平齐即可求出。点 B 在最前面的转向素线上，当已知正面投影 b'时，可按高平齐先求出侧面投影 b''，然后再根据两投影按长对正和宽相等求水平投影 b。由空间位置和三视图可知，在主视图转向素线上的点，其侧面投影必在左视图的轴线上；在左视图转向素线上的点，其正面投影必在主视图的轴线上。

（2）不在转向素线上的点。如图 3-9 中的 C 点，根据其正面投影 c'可知它不在转向素线上，欲求其水平投影 c 和侧面投影 c''，因圆锥面无积聚性可利用，所以我们介绍一种新的方法纬圆法。作图原理是：见图 3-9 中的立体图，过 C 点作一个与轴线垂直的圆，

我们称之为**纬圆**，该圆必是一个水平圆，点 C 在这个纬圆上，其投影必在纬圆的同面投影上。在三视图上作图的方法是：当已知正面投影 c' 时，过 c' 作一条垂直于轴线的水平线，该水平线与转向素线相交，在该水平线上轴线到交点的线段就是纬圆的正面投影，其长度 R 就是纬圆的半径。以俯视图圆的中心为圆心，以 R 为半径画圆，即得纬圆的水平投影，由 c' 按长对正作竖直线与纬圆的水平投影相交于 c，就是点 C 的水平投影。再由 c、c' 按高平齐和宽相等的投影关系求出侧面投影 c''。这种利用纬圆作为辅助线在圆锥表面取点的方法称为纬圆法。纬圆法在无积聚性的回转面上取点时是最常用的一种有效方法，必须熟练掌握。

图 3-10 所示为一个轴线垂直于水平投影面的圆锥被一水平面截断所形成的圆台，其俯视图为两个同心圆，主视图和左视图是全等的等腰梯形，读者可自行分析三视图间的投影规律。其表面取点的方法与圆锥完全相同。

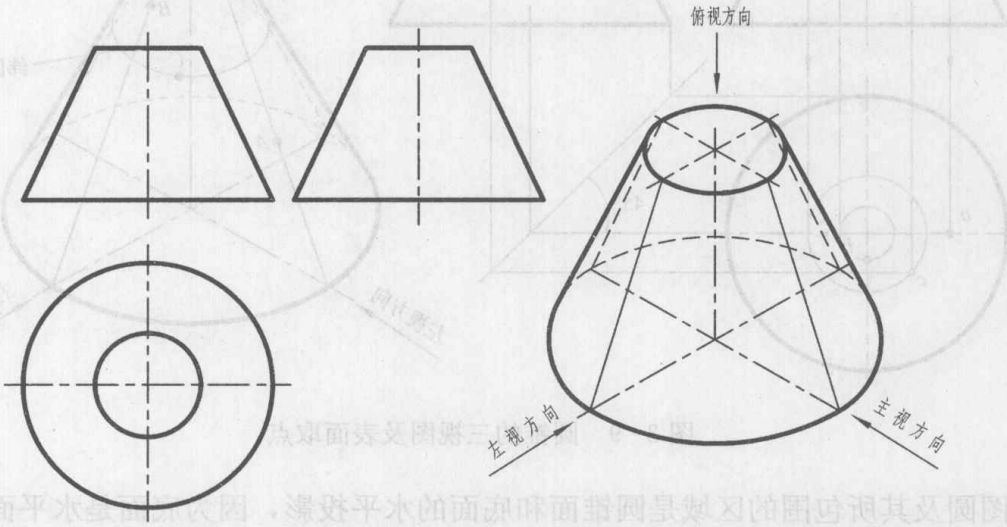


图 3-10 圆台的三视图

三、圆球

（一）圆球的三视图

半圆绕其直径旋转一周形成圆球面，由圆球面围成的立体称为圆球，如图 3-11 的立体图所示。球的三个视图是直径等于圆球直径的圆，如图 3-11 所示。但三个圆并不是球面上同一圆的三个投影。主视图 a' 是圆周上最大正平圆的投影，其水平投影 a 为俯视图圆的水平直径，其侧面投影 a'' 是左视图圆的竖直直径。俯视图圆 b 是圆球面上最大水平圆的投影，其正面投影 b' 和侧面投影 b'' 均位于对称中心线上。左视图圆 c'' 是圆球面上最大侧平圆的投影，其正面投影 c' 和水平投影 c 均位于对称中心线上。

（二）圆球表面取点

如图 3-11 所示，已知点 M、N 的正面投影 m'、n'，求其水平投影 m、n 和侧面投影 m''、n''。由 m' 可知点 M 在主视图的轮廓线上，因此其水平投影 m 和侧面投影 m'' 必在对称中心线上，根据长对正和高平齐的投影规律很容易求出。点 N 为一般点，因球面没有积聚性，需利用纬圆法来求。过 n' 作水平线求出纬圆的半径 R，然后以俯视图圆的中心作圆心，以 R 为半径作圆，就是纬圆的水平投影，根据长对正由 n' 求出 n，即得水平投影。再由 n 和 n' 求出 n'' 即完成作图。

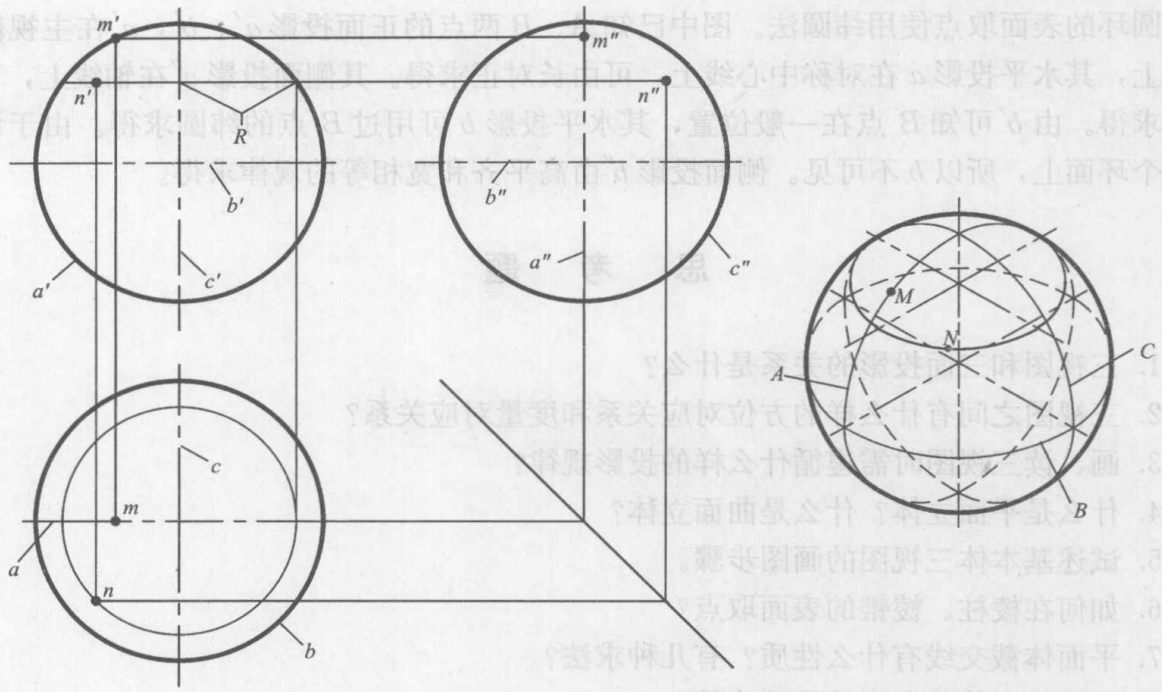


图 3-11　圆球的三视图及表面取点

四、圆环

与轴线在同一平面内的母线圆绕轴线（轴线不通过圆心）旋转一周所形成的回转面称为圆环面，简称环面。环面分为内环面和外环面，靠近轴线的半圆形成的环面叫内环面，远离轴线的半圆形成的环面叫外环面。由圆环面围成的立体称为圆环。如图 3-12 所示，圆环的俯视图是两个同心圆，它们是圆环对 H 面的内外轮廓线，外轮廓线是母线圆上距离轴线最远的点旋转形成的最大纬圆，内轮廓线是母线圆上距离轴线最近的点旋转形成的最小纬圆。在画图时还需用点画线画出母线圆心旋转所形成的圆。主视图上的两个小圆是圆环对 V 面的转向素线，上下两直线是环面上最高和最低的两纬圆的投影，是对 V 面的轮廓线。左视

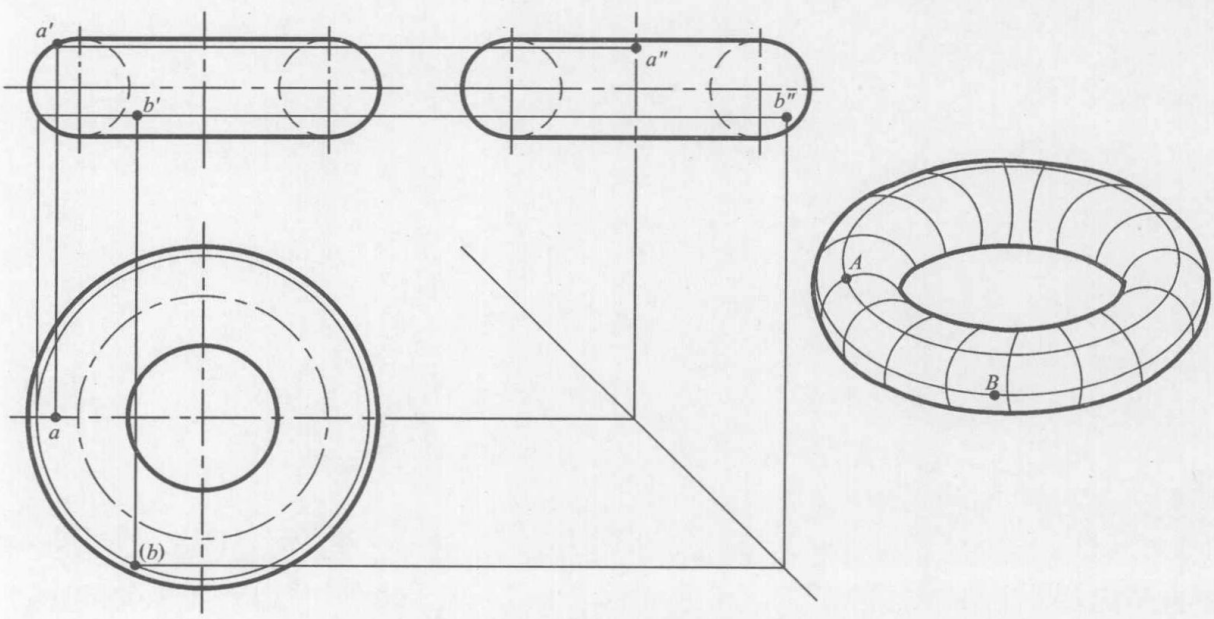


图 3-12　圆环的三视图及表面取点

图与主视图情况类似，请自行分析。

圆环的表面取点使用纬圆法。图中已知 A、B 两点的正面投影 a'、b'，a'在主视图的轮廓线上，其水平投影 a 在对称中心线上，可由长对正求得。其侧面投影 a''在轴线上，可由高平齐求得。由 b'可知 B 点在一般位置，其水平投影 b 可用过 B 点的纬圆求得。由于该点在下半个环面上，所以 b 不可见。侧面投影 b''由高平齐和宽相等的规律求得。

思 考 题

1. 三视图和三面投影的关系是什么？
2. 三视图之间有什么样的方位对应关系和度量对应关系？
3. 画、读三视图时需遵循什么样的投影规律？
4. 什么是平面立体？什么是曲面立体？
5. 试述基本体三视图的画图步骤。
6. 如何在棱柱、棱锥的表面取点？
7. 平面体截交线有什么性质？有几种求法？
8. 试述平面体截交线的作图步骤。
9. 如何在圆柱、圆锥、球和圆环的表面取点？

第四章　回转体表面的交线

在机器零件中，经常出现相交问题，如图4-1所示，左图圆柱被三个平面切割出一个槽，这三个平面与圆柱相交，在表面产生的交线称为截交线。右图是机器上常用的三通管接头，它的主体是由两个圆柱相交而成，在两个圆柱的表面也产生一条交线，这条交线称为相贯线。截交线和相贯线的投影在画图时均需画出。下面分别讨论它们的画法。

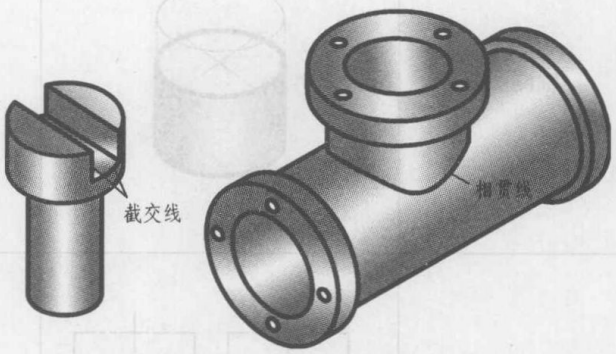


图4-1　回转体表面的交线

第一节　平面与回转体表面的交线——截交线

截交线的性质：图4-2所示为平面P和一个圆柱相交，在圆柱的表面产生一条截交线，由于截交线是平面和圆柱面相交而成的，所以截交线的性质是：

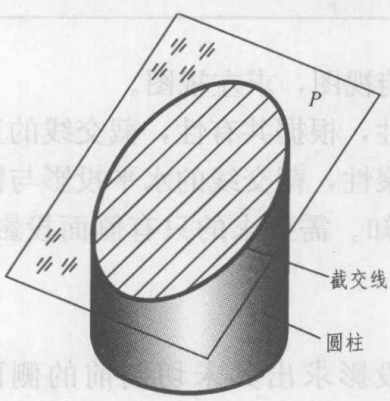


图4-2　截交线的性质

（1）截交线是截平面与圆柱面的**共有线**。

（2）在一般情况下，截交线是封闭的多边形、曲线或由直线和曲线组成的平面图形。截交线的形状由立体的形状和截平面的位置所决定。

画截交线的投影时，应首先根据截平面与回转体的切割位置关系，判断截交线的形状。如果截平面处于特殊位置，则利用投影的积聚性求得截交线上的一系列点，然后光滑连线。作图步骤一般是：

（1）求截交线上的特殊点，如最高、最低、最左、最右、最前、最后诸点以及转向素线上的点等。

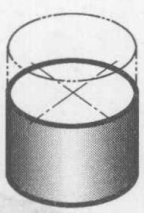
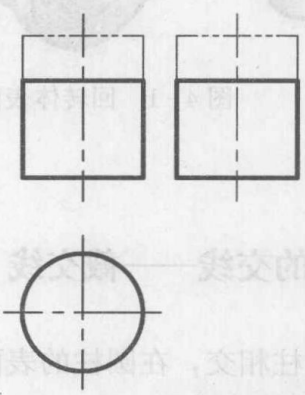
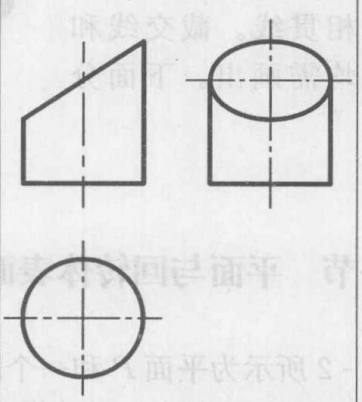
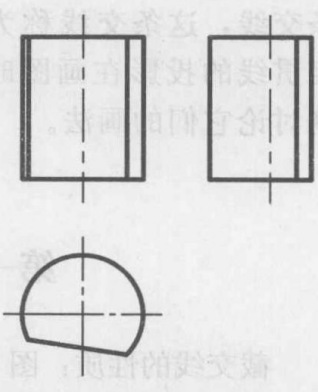
（2）求中间点。

（3）判断可见性后将所求得的点按顺序连成光滑曲线，即完成作图。下面分别介绍特殊位置平面截回转体表面所得截交线的求法。

一、平面与圆柱相交

根据截平面与圆柱面的相对位置不同，圆柱表面的截交线有三种形式。在表4-1中，当截平面垂直于圆柱轴线时，截交线是一个圆；当截平面平行于圆柱轴线时，截交线是一个矩形，其中上下两边是截平面与圆柱两底面的交线，左右两边是截平面与圆柱面的交线；当截平面倾斜于圆柱轴线时，截交线是一个椭圆。

表 4-1　　圆柱截交线的三种形式

截平面位置	垂直于轴线	倾斜于轴线	平行于轴线
截交线形状	圆	椭圆	二直素线
轴测图			
三视图			

【例 4-1】 如图 4-3 所示，已知被切割圆柱的主视图和俯视图，求左视图。

分析：由图可以看出，截平面是正垂面，正面投影有积聚性，根据共有性，截交线的正面投影与截平面的正面投影重合。同理圆柱面的水平投影具积聚性，截交线的水平投影与圆柱面的水平投影重合。因而截交线的水平投影和正面投影为已知。需要求的只有侧面投影，可根据截交线的两面投影求出侧面投影。

作图步骤：

(1) 如图 4-3 (a) 所示，根据圆柱的水平投影和正面投影求出其未切割前的侧面投影。

(2) 如图 4-3 (b) 所示，求截交线上的特殊点 A、B、C、D 的侧面投影 a''、b''、c''、d''，其中 A 为最左点兼最低点，B 为最右点兼最高点，C、D 分别为最前点和最后点，它们的侧面投影位于转向素线或轴线上。

(3) 如图 4-3 (c) 所示，求截交线上的中间点 E、F、G、H 的侧面投影 e''、f''、g''、h''。中间点的数量可根据需要确定。

(4) 如图 4-3 (d) 所示，按顺序将所求各点的侧面投影连成光滑曲线，擦去多余作图线并加粗，即完成作图。

【例 4-2】 如图 4-4 所示，已知切口圆柱的主、俯两视图，求左视图。

分析：由主视图和俯视图可知，圆柱的上部左右两侧各被一个水平面和一个侧平面切割，水平面垂直于圆柱的轴线，截得的截交线为圆弧，侧平面平行于圆柱轴线，截得的截交

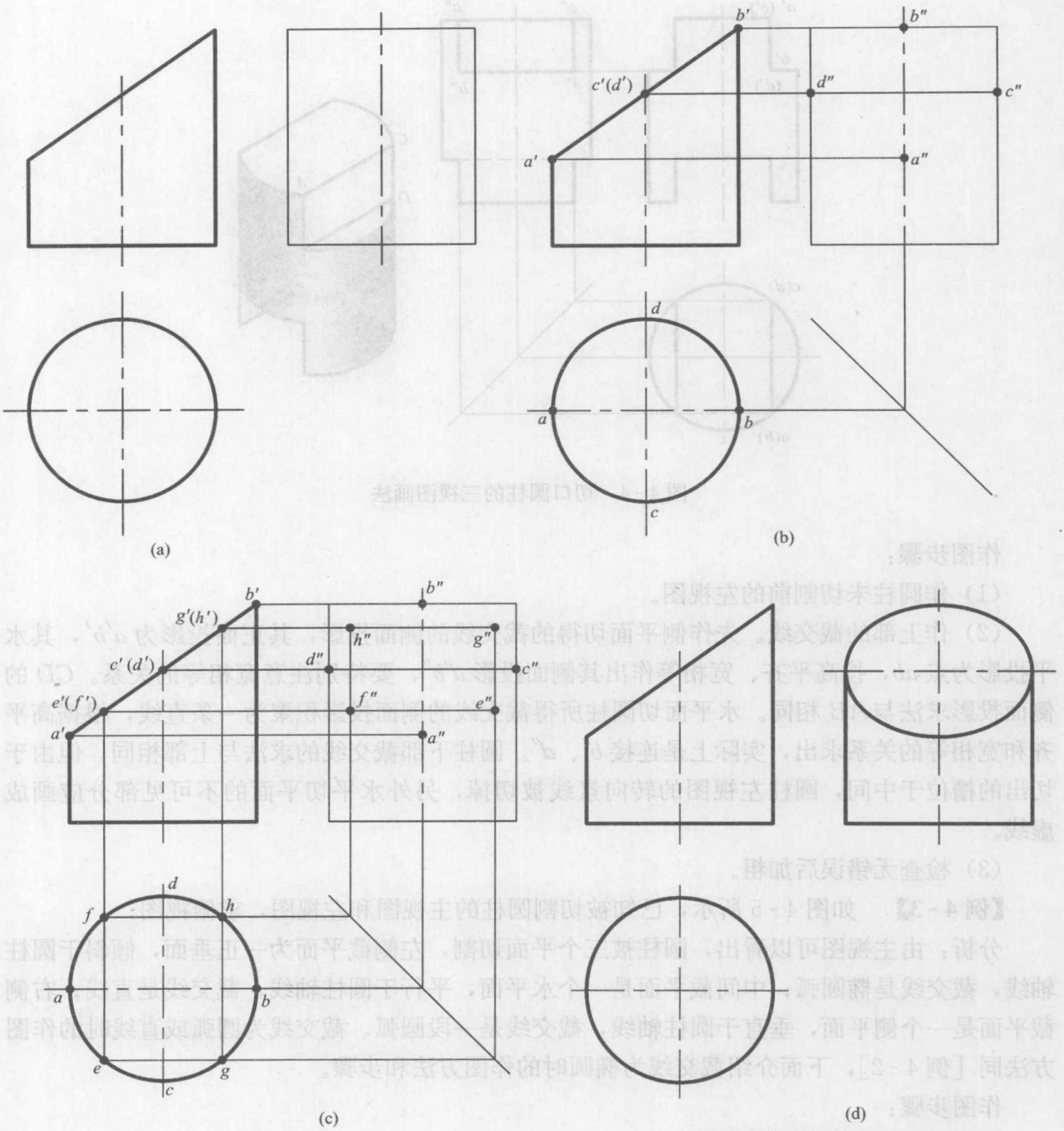


图 4-3　截平面倾斜于圆柱时截交线的画图步骤

线为直线，如 AB。两截平面的正面投影具有积聚性，截交线的正面投影为已知，圆柱的水平投影和侧平截平面的水平投影具有积聚性，截交线的水平投影为已知。因此只需根据两投影求出截交线的侧面投影即可。圆柱的下面被两个侧平面和一个水平面在中间切出一个槽，两侧平面切出的截交线为直线，它们的正面投影和水平投影均具积聚性，为已知，只需求出侧面投影。水平面切出的截交线为圆弧，其正面投影和侧面投影均具有积聚性，为已知，水平投影反映真形。截交线的空间位置如立体图所示。

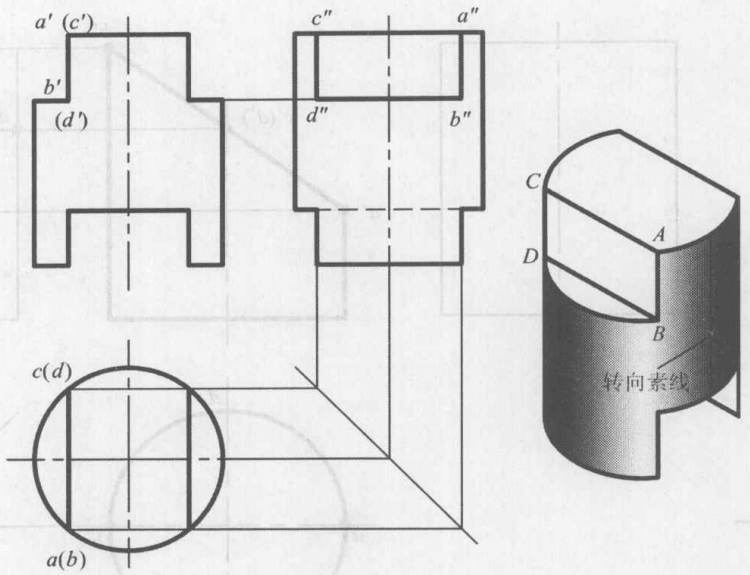


图 4-4 切口圆柱的三视图画法

作图步骤：

(1) 作圆柱未切割前的左视图。

(2) 作上部的截交线。先作侧平面切得的截交线的侧面投影，其正面投影为 $a'b'$，其水平投影为点 ab，按高平齐、宽相等作出其侧面投影 $a''b''$，要特别注意宽相等的关系。CD 的侧面投影求法与 AB 相同。水平面切圆柱所得截交线的侧面投影积聚为一条直线，根据高平齐和宽相等的关系求出，实际上是连接 b''、d''。圆柱下部截交线的求法与上部相同，但由于切出的槽位于中间，圆柱左视图的转向素线被切掉，另外水平切平面的不可见部分应画成虚线。

(3) 检查无错误后加粗。

【例 4-3】 如图 4-5 所示，已知被切割圆柱的主视图和左视图，求俯视图。

分析：由主视图可以看出，圆柱被三个平面切割，左侧截平面为一正垂面，倾斜于圆柱轴线，截交线是椭圆弧；中间截平面是一个水平面，平行于圆柱轴线，截交线是直线；右侧截平面是一个侧平面，垂直于圆柱轴线，截交线是一段圆弧。截交线为圆弧或直线时的作图方法同 [例 4-2]，下面介绍截交线为椭圆时的作图方法和步骤。

作图步骤：

(1) 画出未切割前的俯视图。

(2) 求截交线上的特殊点，其中最前、最后点为 D (d，d'，d'')、C (c，c'，c'')，这两个点位于圆柱的前后两条转向素线上；最左点为 A (a，a'，a'') 和 B (b，b'，b'')，其水平投影 a、b 由正面投影 a'、b' 和侧面投影 a''、b'' 利用长对正、宽相等的关系求得；最右点为 E (e，e'，e'')、F (f，f'，f'') 两点，它们是最右点，也根据长对正和宽相等的投影关系求出。这两点同时又是两段截交线的连接点，我们把这种连接点称为结合点，结合点也是截交线上的特殊点，必须准确作出。

(3) 求截交线上的中间点。如图 4-5 中的 M (m，m'，m'') 和 N (n，n'，n'')，这两点前后对称，只需求出一点，再相对于轴线作对称点即可。欲求点 M 的水平投影 m，可根

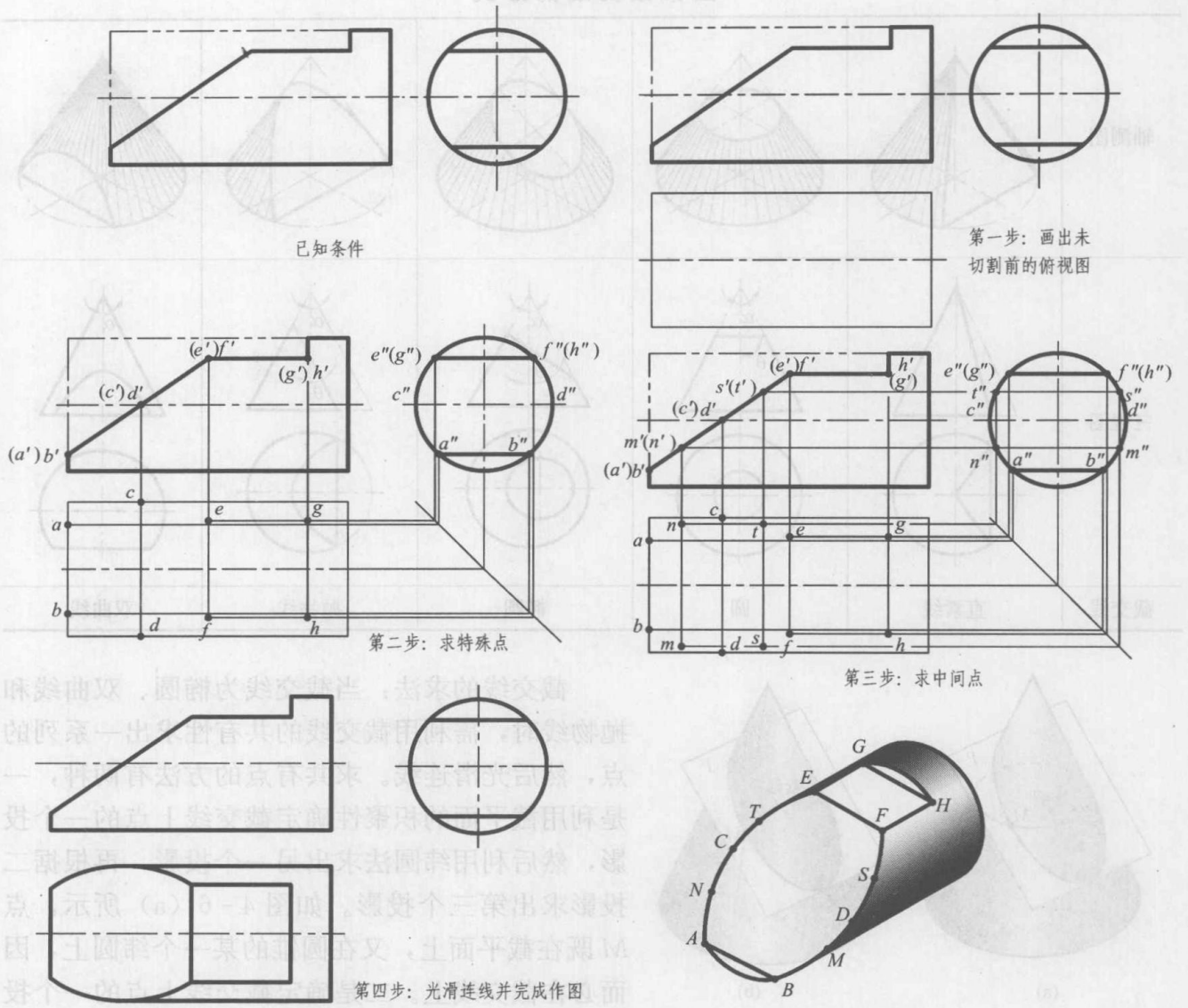


图 4-5　被切割圆柱三视图的作图步骤

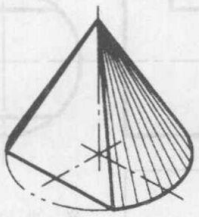
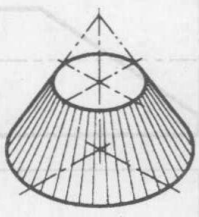
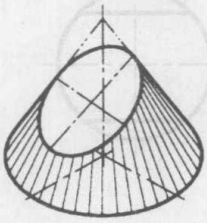
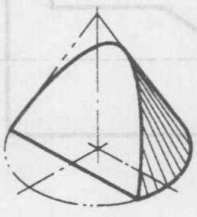
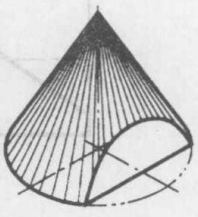
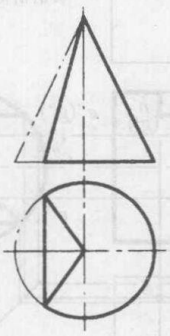
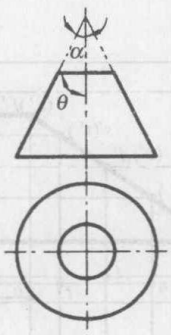
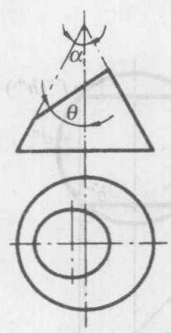
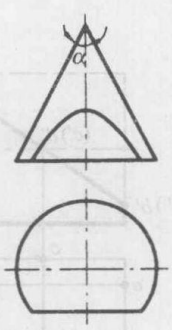
据具体情况先利用积聚性在主视图上确定其正面投影 m'，再利用积聚性求出其侧面投影 m''。然后根据 m'、m''求出水平投影 m。图中作出了四个中间点 M、N、S、T。

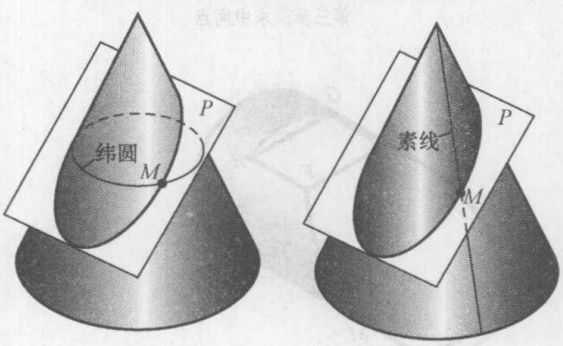
（4）将所求各点按顺序连接成一条光滑曲线。求出另外两条截交线后，加粗，即完成作图。

二、平面与圆锥相交

根据截平面与圆锥的相对位置不同，可以得到五种截交线。在表 4-2 中，当截平面通过锥顶时，截交线为一个等腰三角形，二腰为截平面截圆锥所得直素线，下底为截平面与底面的交线；当截平面垂直于轴线时，截交线为圆，这个圆是一个纬圆；当截平面倾斜于轴线且截断圆锥的全部素线时，截交线为椭圆；当截平面平行于轴线时，截交线为双曲线；当截平面平行于一条素线时，截交线为一条抛物线。其中第一、二两种情况为特殊情况，作图简单。第一种情况锥顶的三面投影为已知，只需利用积聚性求出底圆上两点的三面投影，再把同面投影连成直线即完成作图。截交线为椭圆、双曲线和抛物线三种情况在作图时需利用截平面的积聚性和纬圆法求出一定数量的点，然后按顺序光滑连线。

表 4-2　　圆锥截交线的形式

轴测图					
三视图					
截交线	直素线	圆	椭圆	抛物线	双曲线



(a)　　(b)

图 4-6　圆锥截交线上点的求法

(a) 纬圆法；(b) 素线法

截交线的求法：当截交线为椭圆、双曲线和抛物线时，需利用截交线的共有性求出一系列的点，然后光滑连线。求共有点的方法有两种，一是利用截平面的积聚性确定截交线上点的一个投影，然后利用纬圆法求出另一个投影，再根据二投影求出第三个投影。如图 4-6 (a) 所示，点 M 既在截平面上，又在圆锥的某一个纬圆上，因而必在截交线上。二是确定截交线上点的一个投影，然后利用素线法求出另一个投影，再由二投影求第三投影。如图 4-6 (b) 所示，点 M 在截平面上，又在锥面的一条直素线上，因而必在截交线上。第二种方法有时作图不方便，因此我们要求必须掌握第一种方法而对第二种方法不作要求。

【例 4-4】　如图 4-7 所示，已知被截后圆锥的主、左视图，求俯视图。

分析：由图可知，截平面为水平面，平行于圆锥的轴线，截交线是一条双曲线，截交线上的点用纬圆法求。由于截平面是水平面，其正面投影和侧面投影均积聚为一条直线，只需求出截交线的投影。

作图步骤：

(1) 作圆锥未切割前的俯视图。

(2) 求截交线上的特殊点。因截平面为水平面，没有最高点和最低点，只需求出最左点和最右点。因截平面的主视图有积聚性，最左点的正面投影为 a'，在圆锥主视图转向素线上，其水平投影 a 必在俯视图的轴线上。最右点有两个，在圆锥的底圆上，其正面投影为 b'、c'，根据高平齐可直接得到侧面投影 b''、c''，根据正面和侧面两投影利用长对正、宽相

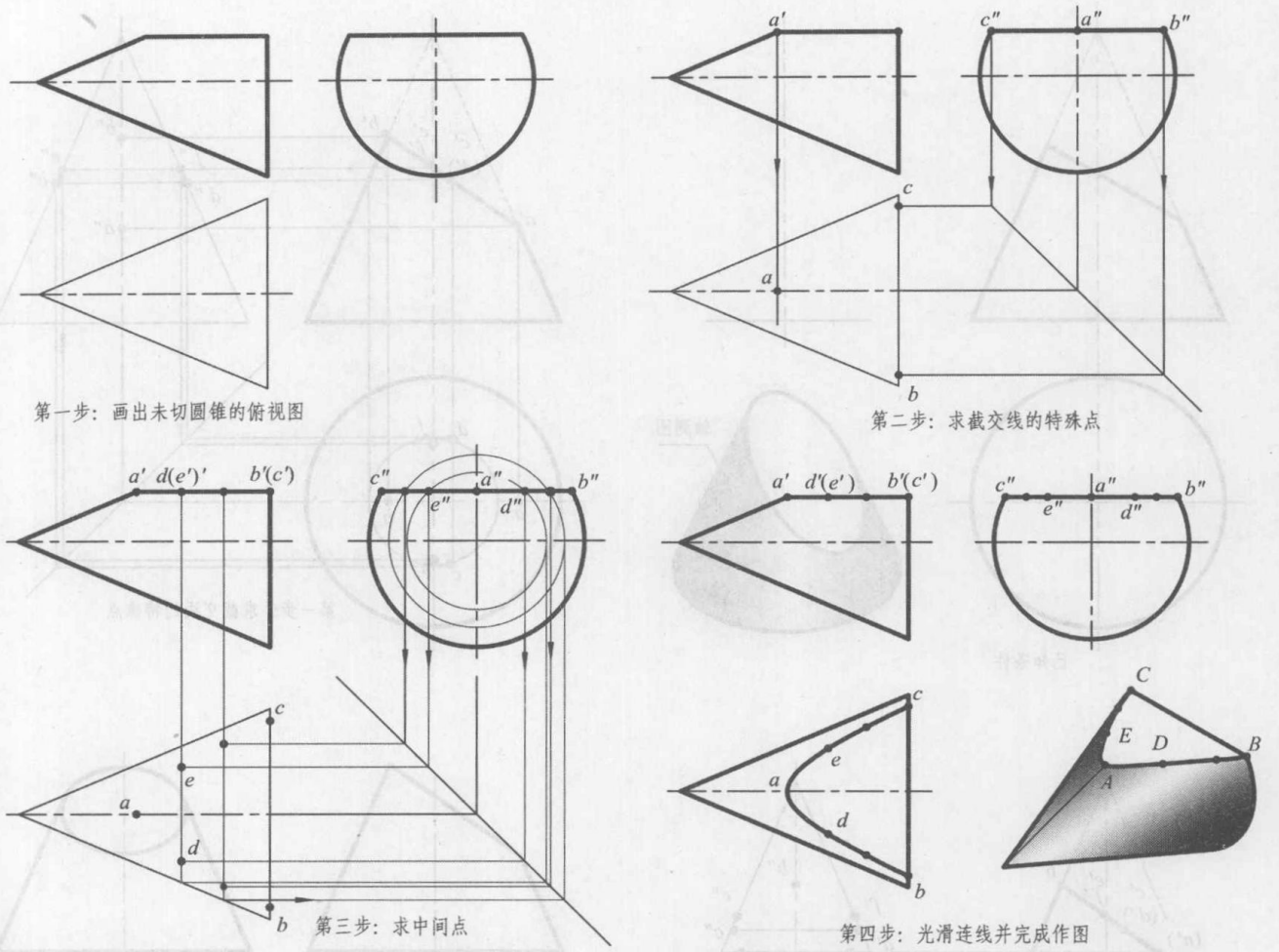


图 4-7　求圆锥的截交线

等的关系求出水平投影 b、c。

（3）求截交线上的中间点。在截交线正面投影的适当位置确定中间点的正面投影 d'、e'，过 d'、e'作轴线的垂线，得纬圆的半径，作出纬圆的侧面投影，该圆与截平面的侧面投影相交，交点 d''、e''就是中间点的侧面投影。再根据 d'、e'和 d''、e''按长对正、宽相等的投影关系求出水平投影 d、e。

（4）按顺序将各点连接成光滑曲线。

（5）整理加粗。

【例 4-5】　如图 4-8 所示，求斜截圆锥的侧面投影。并补画截交线的水平投影。

分析：由图可知，截平面为一正垂面并将圆锥的全部素线截断，截交线是一个椭圆。截交线的正面投影有积聚性为已知，水平投影需要用纬圆法求出，侧面投影根据正面投影和水平投影求出。

作图步骤：

（1）作圆锥未切割前的侧面投影。

（2）求截交线上的特殊点。最左点为 A，其正面投影 a'在转向素线上，水平投影 a 在对称中心线上，侧面投影 a''在轴线上，它同时又是最低点。最高点 B 也是最右点，也在转向素线上，其三面投影的求法与 A 点相同。最前点和最后点 C、D 位于椭圆的短轴上，其正面投影

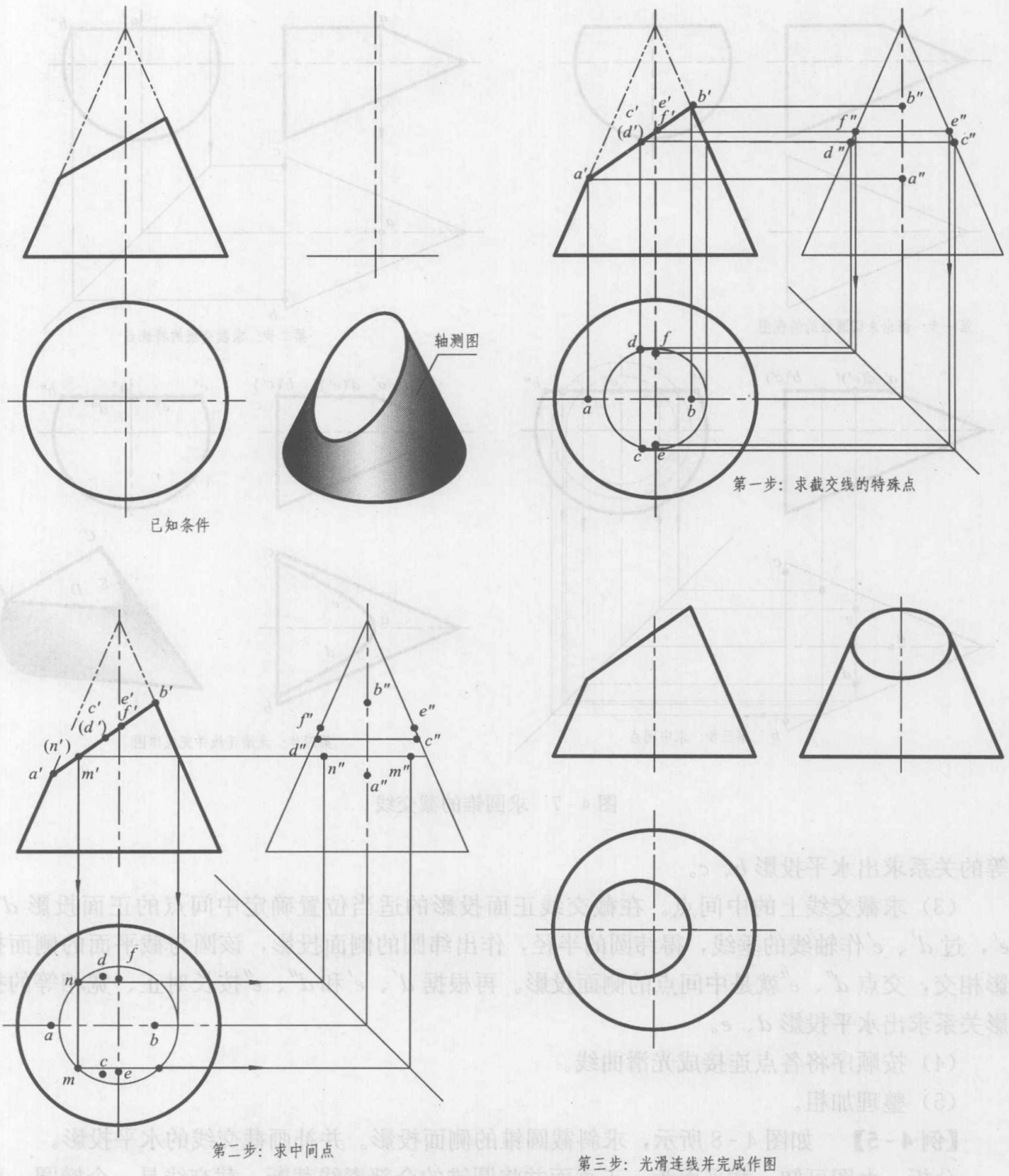


图 4-8 斜截圆锥截交线的求法

c'、d'位于$a'b'$的中点，其水平投影 c、d 用纬圆法求，其侧面投影 c''、d''根据正面投影和侧面投影求出。另外还有一对特殊点需要求出，就是侧面投影转向素线上的点 E、F，它们的正面投影 e'、f'在轴线上，其水平投影 e、f 也用纬圆法求，侧面投影 e''、f''必在转向素线上，按高平齐求出。这种位于转向素线上的点也叫虚实分界点，在画图时转向素线需画到该点。

(3) 求出适当数量的中间点，图 4-8 中的 M (m，m'，m'') 和 N (n，n'，n'') 就是一对中间点，中间点的各投影一般利用积聚性和纬圆法求出。

（4）用曲线将各点按顺序连接为光滑曲线。

（5）整理并加粗。

【例 4-6】　如图 4-9 所示，已知切口圆锥的主、俯视图，求左视图并补画俯视图中截交线的投影。

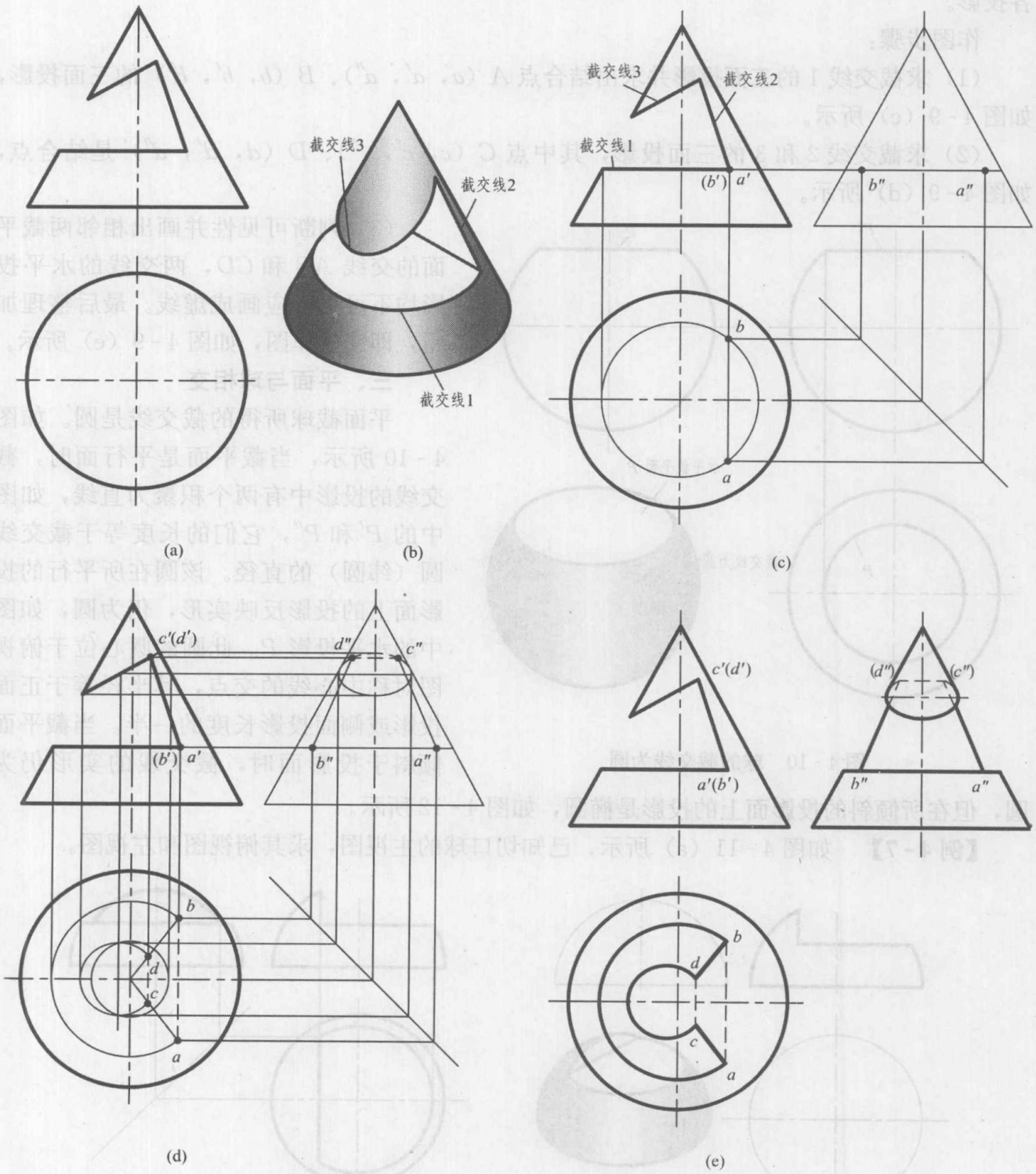


图 4-9　组合截交线的求法

（a）已知条件；（b）立体图；（c）第一步：求截交线 1 的三面投影；

（d）第二步：求截交线 2、3 的三面投影；（e）判断可见性并连线

分析：由图可以看出，圆锥被三个截平面截出一个切口，三个截平面分别是水平面 1、过锥顶的正平面 2 和正垂面 3，它们截出的截交线分别是圆弧、两直素线和一段椭圆弧。作图时按不同方法分别作出各段截交线的三面投影，圆弧和直线可直接作图，而椭圆则要利用截平面的积聚性和纬圆法求出若干个点，然后光滑连线。在作图时要注意求出虚实分界点的各投影。

作图步骤：

(1) 求截交线 1 的三面投影并求出结合点 A (a, a', a'')、B (b, b', b'') 的三面投影，如图 4 - 9 (c) 所示。

(2) 求截交线 2 和 3 的三面投影，其中点 C (c, c', c'')、D (d, d', d'') 是结合点，如图 4 - 9 (d) 所示。

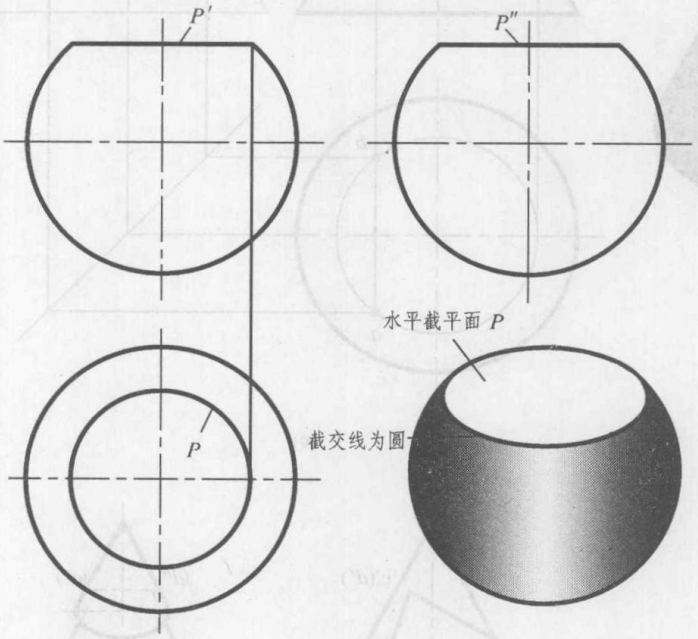


图 4 - 10　球的截交线为圆

(3) 判断可见性并画出相邻两截平面的交线 AB 和 CD，两交线的水平投影均不可见，应画成虚线。最后整理加粗，即完成作图，如图 4 - 9 (e) 所示。

三、平面与球相交

平面截球所得的截交线是圆。如图 4 - 10 所示，当截平面是平行面时，截交线的投影中有两个积聚为直线，如图中的 P' 和 P''，它们的长度等于截交线圆（纬圆）的直径。该圆在所平行的投影面上的投影反映实形，仍为圆，如图中的水平投影 P。此圆的圆心位于俯视图对称中心线的交点，其半径等于正面投影或侧面投影长度的一半。当截平面倾斜于投影面时，截交线的实形仍为圆，但在所倾斜的投影面上的投影是椭圆，如图 4 - 12 所示。

【例 4 - 7】　如图 4 - 11 (a) 所示，已知切口球的主视图，求其俯视图和左视图。

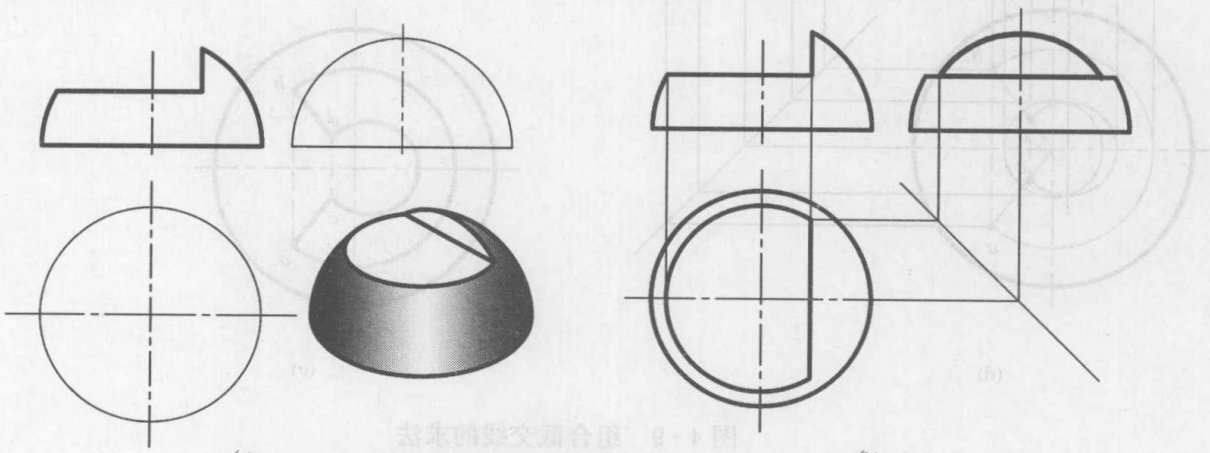


图 4 - 11　球的截交线

(a) 题图；(b) 作图方法

分析：由图可知，球的切口由一个水平截平面和一个侧平截平面切割而成，水平截平面截得的截交线为一个水平圆，其正面和侧面投影积聚为一条直线，其水平投影反映实形，为一段圆弧；侧平截平面截得的截交线为一个侧平圆，其水平投影和正面投影积聚为一条直线，其侧面投影反映实形，为一段圆弧。作图方法如图 4-11（b）所示。

【例 4-8】　如图 4-12（a）所示，求被正垂面和水平面切割后球的俯视图和左视图。

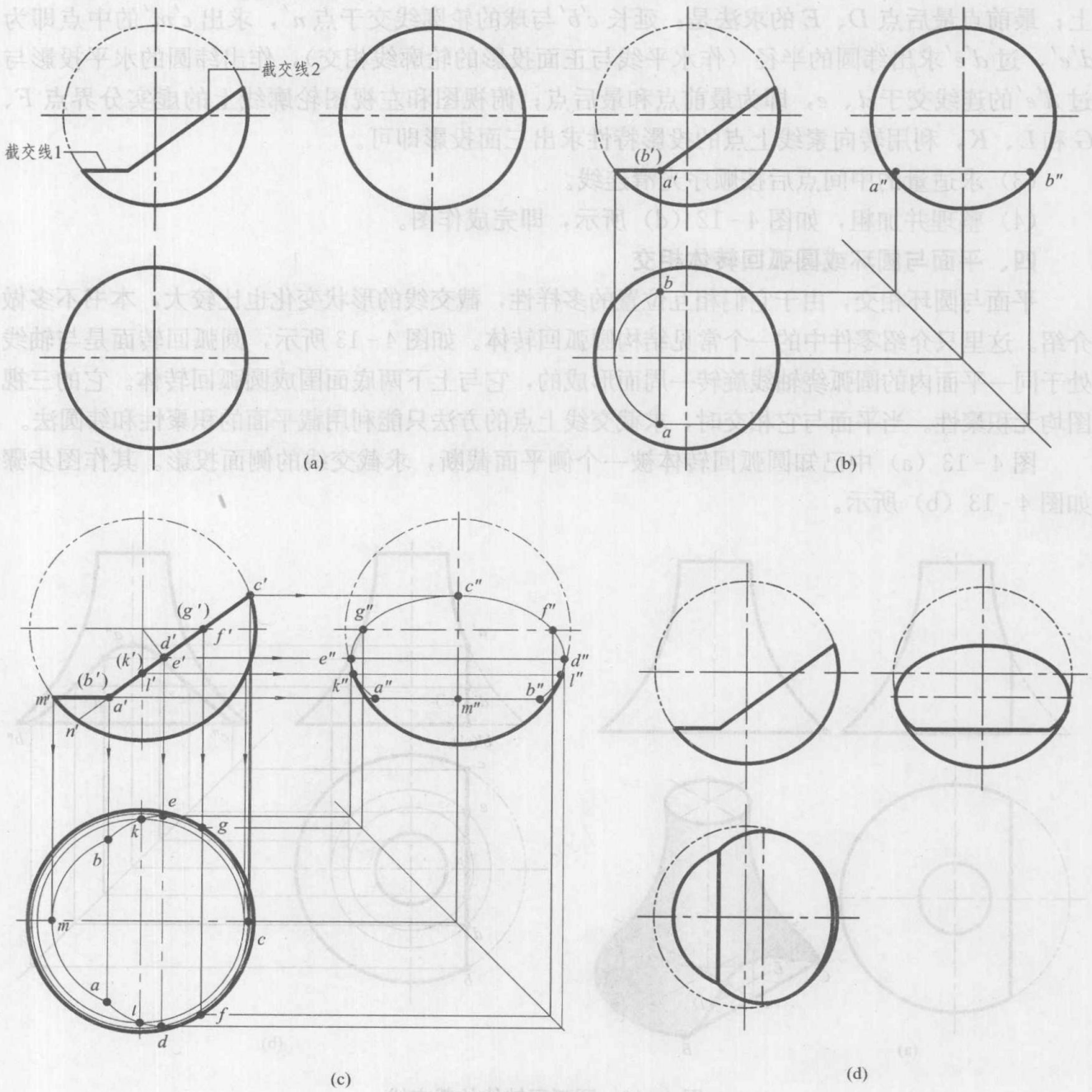


图 4-12　斜面切割球时截交线的求法

（a）已知条件；（b）求截交线 1 的另外两投影；

（c）求截交线 2 的另外两投影；（d）整理并加粗

分析：水平面切割球面所得交线为一段圆弧，其正面和侧面投影积聚为一段直线，其水平投影反映圆弧的实形。正垂面切割球面所得截交线圆的正面投影积聚为一条直线，其水平

投影和侧面投影均为椭圆弧，可利用纬圆法求出若干个点，然后光滑连线。

作图步骤：

（1）如图 4-12（b）所示，作截交线 1（圆弧）的三面投影。

（2）如图 4-12（c）所示，求截交线 2 的三面投影，由于截交线的投影是椭圆，因此需先求特殊点，特殊点如下：最低点（最左）点 A、B，它们又是结合点，用纬圆法求；最高（最右）点 C，由于它位于主视图的轮廓线上，其水平投影 c 和侧面投影 c''必在对称中心线上；最前点最后点 D、E 的求法是：延长 $c'b'$与球的轮廓线交于点 n'，求出 $c'm'$的中点即为 $d'e'$，过 $d'e'$求出纬圆的半径（作水平线与正面投影的轮廓线相交），作出纬圆的水平投影与过 $d'e'$的连线交于 d、e，即为最前点和最后点；俯视图和左视图轮廓线上的虚实分界点 F、G 和 L、K，利用转向素线上点的投影特性求出三面投影即可。

（3）求适量的中间点后按顺序光滑连线。

（4）整理并加粗，如图 4-12（d）所示，即完成作图。

四、平面与圆环或圆弧回转体相交

平面与圆环相交，由于它们相互位置的多样性，截交线的形状变化也比较大，本书不多做介绍。这里只介绍零件中的一个常见结构圆弧回转体。如图 4-13 所示，圆弧回转面是与轴线处于同一平面内的圆弧绕轴线旋转一周而形成的，它与上下两底面围成圆弧回转体。它的三视图均无积聚性。当平面与它相交时，求截交线上点的方法只能利用截平面的积聚性和纬圆法。

图 4-13（a）中已知圆弧回转体被一个侧平面截断，求截交线的侧面投影。其作图步骤如图 4-13（b）所示。

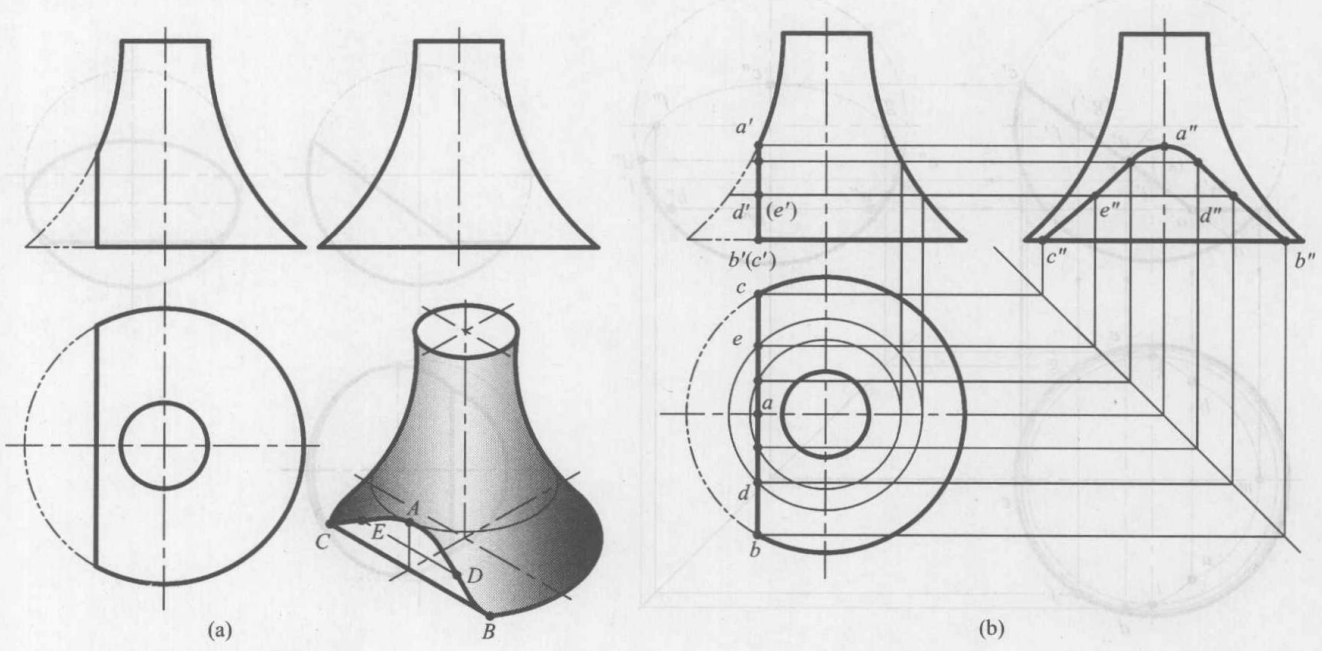


图 4-13　圆弧回转体的截交线

（a）题图；（b）作截交线的侧面投影

（1）求特殊点。特殊点有三个：最高点 A 的正面投影 a'在转向素线上，其水平投影 a 和侧面投影 a''一定位于俯视图和左视图的对称中心线及轴线上。最低点 B、C 也是最前点和最后点，它们在下底圆上，正面投影 b'、c'在截平面和下底圆的交点处，水平投影 b、c 在大圆上，侧面投影根据高平齐和宽相等求出。

（2）利用纬圆法求中间点。先指定中间点的正面投影如图中的 $d'e'$，过该点作垂直于轴线的直线，求出该直线与转向素线的交点，则此直线上轴线到交点的距离即纬圆的半径，以俯视图的中心为圆心即可画出纬圆的水平投影，它与截平面水平投影的交点 d、e 即中间点的水平投影。根据 d、e、d'、e'求出侧面投影 d''、e''。

（3）将各交点的侧面投影连接成一条光滑曲线，再整理加粗，即完成作图。

五、简单组合体的截交线

两个或两个以上的基本体组合在一起，称为组合体，组合体的组合形式有多种，我们将在下一章介绍。这里只介绍图 4-14 所示的简单叠加或相切的组合体被一个或一个以上的平面截断时截交线的求法。

【例 4-9】　画出图 4-14 立体图所示组合体的三视图。

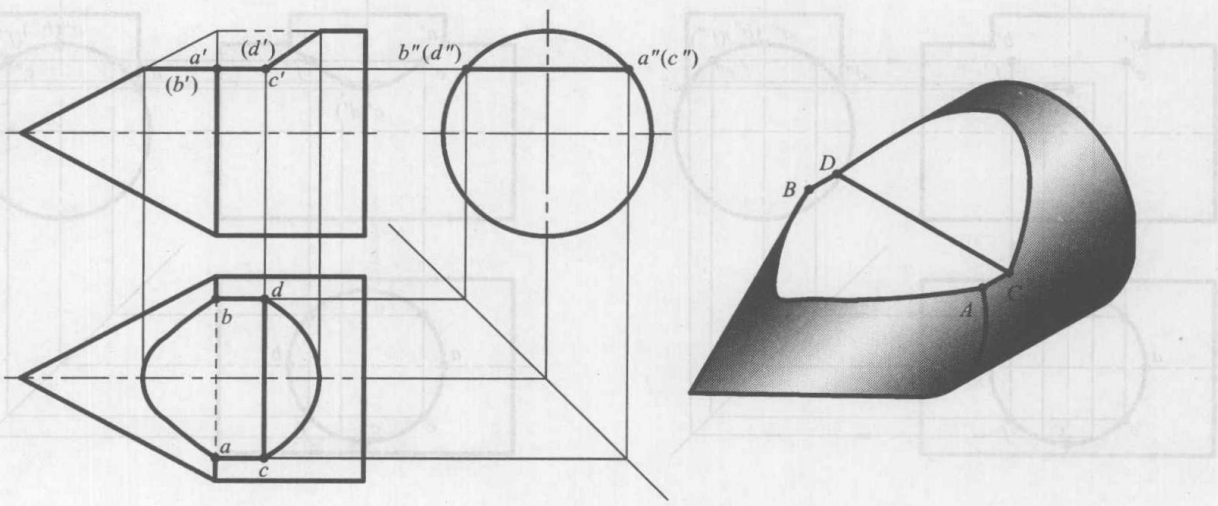


图 4-14　组合体的截交线

由图可以看出，组合体由同轴的一个圆柱和一个圆锥组合而成，它被一个水平截平面和一个正垂面在上面截掉一部分。画图步骤如下：

（1）先画出组合体未切割前的三视图。

（2）分析截交线的形状。本例截交线由三部分组合而成：水平面切圆锥得到的截交线是一条双曲线，切圆柱得到的截交线是两条直素线，正垂面斜切圆柱所得截交线为一段椭圆弧。按前面所述方法分别求出各段截交线。

（3）判断可见性后画出个平面的交线，并整理加粗。

第二节　二回转体表面的交线——相贯线

一、相贯线的基本概念和基本性质

如图 4-15（a）所示，两立体表面相交所产生的交线称为相贯线。

相贯线的基本性质如下：

（1）**相贯线是两个立体表面的共有线**，是相交两立体表面一系列共有点的集合。

（2）相贯线在一般情况下是一条封闭的空间曲线（特殊情况下可能是不封闭的，也可能是直线或平面曲线）。

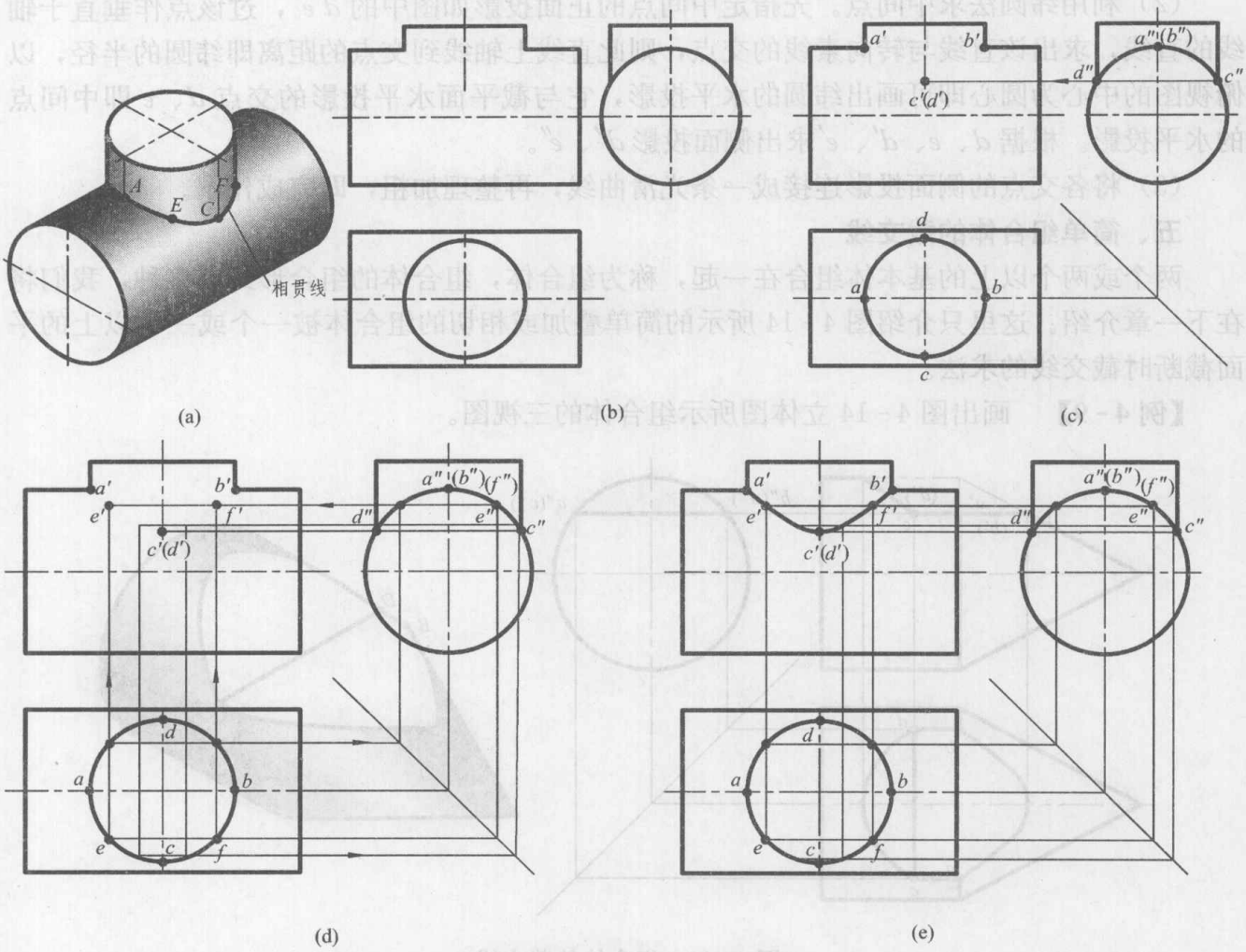


图 4-15 利用积聚性在表面取点求相贯线

(a) 立体图；(b) 题图；(c) 求特殊点；(d) 求中间点；(e) 光滑连线

(3) 相贯线投影的可见性判断：如果**一段相贯线同时位于两立体可见的表面上，相贯线的投影是可见的，否则不可见。**

相贯线的作图方法类似于截交线，在一般情况下，也是先求出若干个共有点，然后按顺序将各点的同面投影光滑连线。求相贯线的方法有多种，本书只介绍最常用的两种方法：利用积聚性在表面取点及辅助平面法。

不论用哪一种方法求相贯线，作图步骤一般有四步：

(1) 求相贯线上的特殊点。

(2) 求相贯线上中间点。

(3) 判断投影的可见性，将各点的同面投影按顺序连接成光滑曲线。

(4) 整理并加粗。

二、利用积聚性在表面取点求相贯线

【例 4-10】 如图 4-15 (b) 所示，已知相交两圆柱的三视图，补画相贯线的投影。

分析：由图可知，相交两圆柱的轴线垂直于投影面且互相垂直相交，其中大圆柱的侧面投影积聚为一个圆，相贯线在大圆柱上，其侧面投影必在此圆上；小圆柱的水平投影积聚为一个圆，相贯线在小圆柱上，其水平投影必在此圆上。相贯线是两圆柱表面的共有线，所以

其水平投影是俯视图中的整个圆，其侧面投影是大圆柱与小圆柱共有的部分，即弧 $c''b''a''d''$。这就是说，相贯线的水平投影和侧面投影为已知，只需根据这两个投影求出正面投影即可。另外由于两圆柱轴线垂直相交，因此前后对称，相贯线的前面一半和后面一半重合，故不必判断可见性只画出前面一半即可。

作图步骤：

（1）求相贯线上特殊点的正面投影。特殊点有最左点、最右点、最前点、最后点、最高点和最低点。由水平投影可以看出，最左点和最右点分别是圆的最左点 a 和最右点 b，根据表面取点法可知，其侧面投影重合为一点 $a''b''$，按长对正和高平齐求出正面投影为 a'、b'。它们恰好位于两圆柱转向素线的交点处。可以看出这两点又是最高点。由水平投影可得，最前点和最后点位于圆的最前点 c 和最后点 d，其侧面投影为小圆柱左视图转向素线与圆的交点 c''、d''，根据长对正和高平齐求出正面投影 $c'd'$，它们重合为一点，可以看出，这两点又是最低点。

（2）求相贯线上的中间点。如图 4 - 15（d）所示，在水平投影圆上的适当位置取一点 e，即中间点 E 的水平投影，根据宽相等在相贯线的侧面投影圆弧上求出 E 的侧面投影 e''，然后根据长对正和高平齐求出正面投影 e'。由图可以看出，点 F（f，f'，f''）也是中间点，它与点 E 左右对称，两点的侧面投影 e''、f''是互相重合的，正面投影 e'、f'以及水平投影 e、f 均左右对称。因此求一个中间点的同时可求出与之对称的另一个中间点。中间点的数量可根据具体情况而定。

（3）将所求的一系列点连接成光滑曲线。由于相贯线前后对称，可见部分与不可见部分重合，故画出可见部分即可。

（4）整理并加粗。

两圆柱正交的几种情况：

（1）当水平圆柱的直径小于竖直圆柱的直径时，相贯线的弯曲趋势如图 4 - 16 所示。

（2）当两圆柱直径相等且轴线相交时，相贯线变为两条平面曲线——椭圆，在两轴线所平行的投影面上两椭圆的投影变为两条直线，如图 4 - 17 所示。这是相贯线的一种特殊情况，常用于管路中的等径三通管及其他机件中。

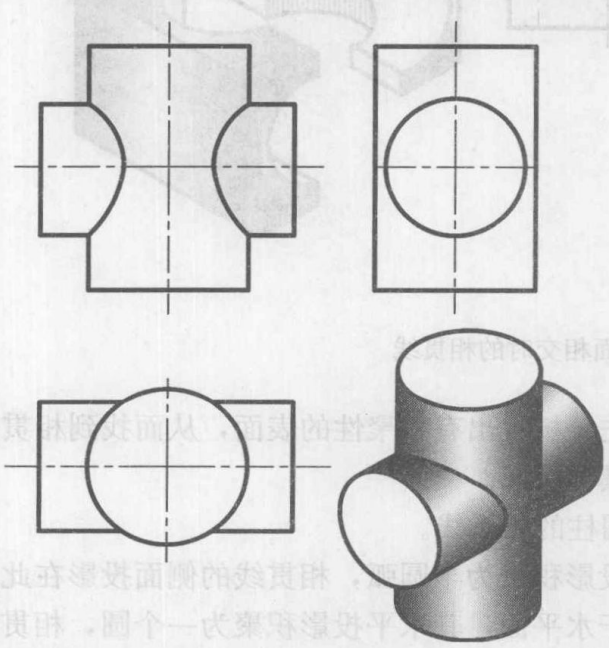


图 4 - 16　竖直圆柱直径较大时的相贯线

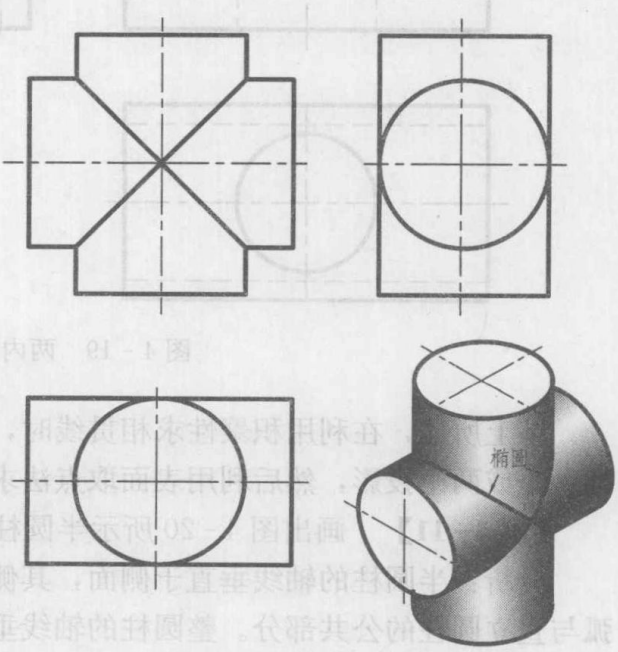


图 4 - 17　等径圆柱相交时的相贯线

（3）一圆柱的外表面和另一圆柱的内表面相交（也称虚实相交）产生的相贯线如图4-18所示，在圆柱上制作一个穿通的圆柱孔，产生了上下两条相贯线，相贯线的求法与前面所述的方法完全相同。

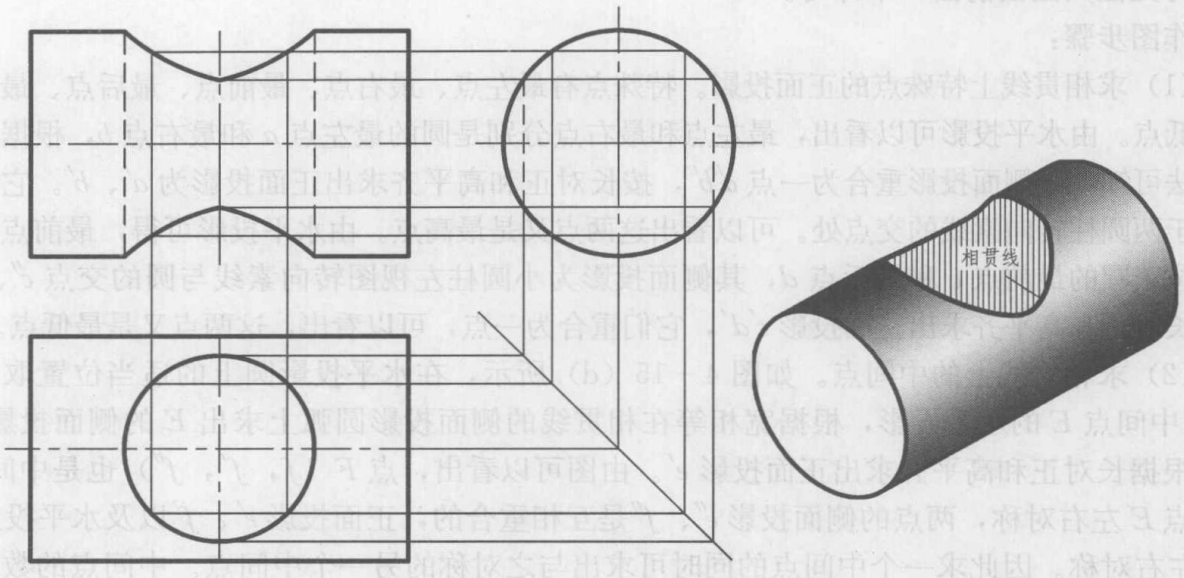


图4-18 内外圆柱表面相交时的相贯线

（4）两个内圆柱面（也称虚虚相贯）相交时也产生相贯线，如图4-19所示，两圆柱孔相交所得的相贯线为上下两条，求法与前述相同。

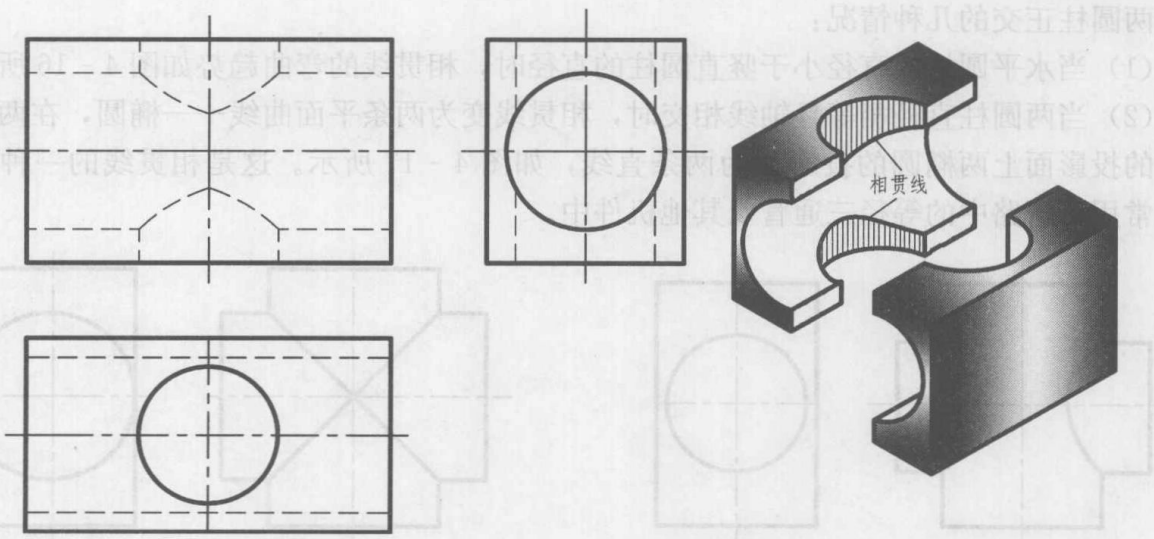


图4-19 两内圆柱面相交时的相贯线

综上所述，在利用积聚性求相贯线时，需先分析找出有积聚性的表面，从而找到相贯线的一个或两个投影，然后利用表面取点法求出其他投影。

【例4-11】 画出图4-20所示半圆柱与圆柱的相贯线。

分析：半圆柱的轴线垂直于侧面，其侧面投影积聚为半圆弧，相贯线的侧面投影在此圆弧与直立圆柱的公共部分。整圆柱的轴线垂直于水平面，其水平投影积聚为一个圆，相贯线的水平投影与此圆重合。但由于两圆柱的轴线不相交，所以相贯线前后两部分的正面投影不

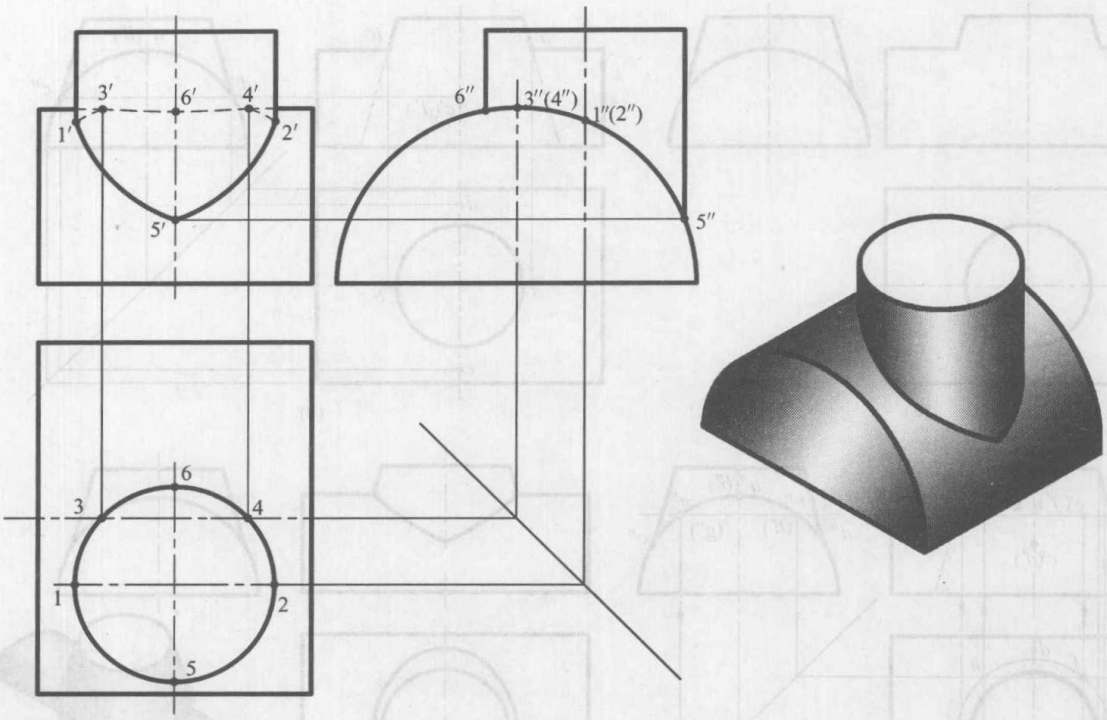


图 4-20　轴线交叉垂直的二圆柱相交

重合，需要判断可见性，同时位于两圆柱可见表面的部分是可见的，而位于整圆柱后半部表面的部分不可见，应画成虚线。相贯线上点的求法与［例 4-10］相同。应注意：

（1）在主视图中，两圆柱转向素线的交点不是相贯线上的点。

（2）在作图时，需求出主视图上四个虚实分界点 $1'$、$2'$、$3'$、$4'$，转向素线应画到这些点。

三、利用辅助平面法求相贯线

（一）辅助平面法的原理

如图 4-21（a）中的立体图所示，假定用一个平面切割立体，则在两基本体上各切出一条或一条以上的截交线，图中在圆柱上切出的截交线为两条直素线，在圆台上切出的截交线为一个圆，两直素线与圆相交于四个点 E、F、G、H，这四个点必然是两基本体的共有点，因此是相贯线上的点。

（二）辅助平面的选择原则

从理论上讲，辅助平面法可以用于求各种立体的相贯线，包括有积聚性和没有积聚性。但在实际画图时，辅助平面不能任意选，当切出非圆曲线时，一来画图很麻烦，二来误差比较大，所以不宜使用。由此可得出辅助平面的选择原则：所选**辅助平面在两基本体上切出的截交线是直线或圆**。

（三）用辅助平面法求相贯线的作图步骤

（1）**求特殊点**。如图 4-21（b）所示，立体前后对称，因此转向素线的交点必是相贯线上最左和最右点（也是最高点）的正面投影，如 a'、b'，又因半圆柱的侧面投影积聚为半个圆，因此圆台的转向素线与半圆的交点 c''、d''是相贯线上最低（也是最前最后）点的侧面投影。

（2）**求中间点**。先选择辅助平面，如果辅助平面为正平面或侧平面，在圆台上切出的截

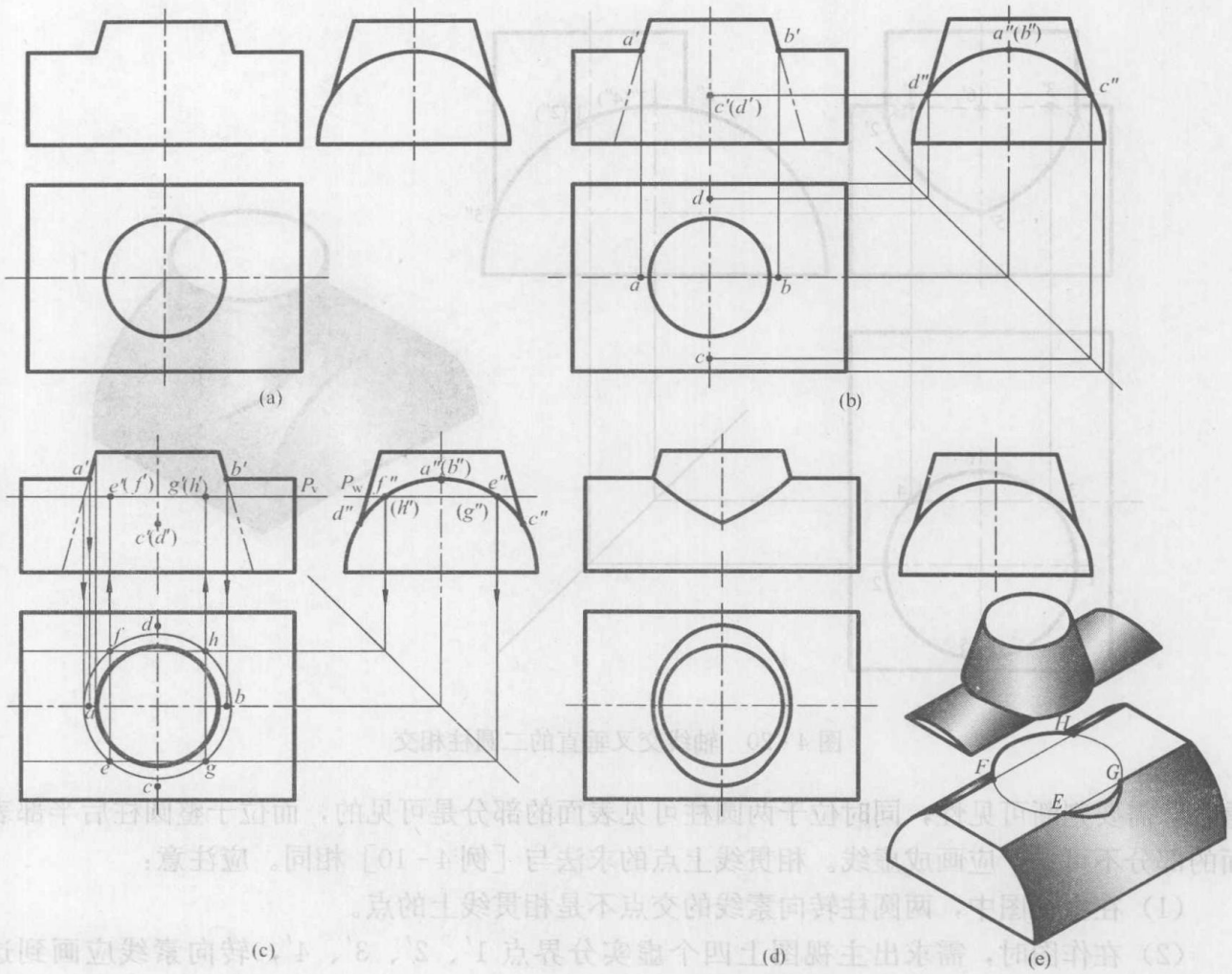


图 4-21 用辅助平面法求相贯线

(a) 题图；(b) 求特殊点；(c) 求中间点；(d) 光滑连线；(e) 立体图

交线是双曲线，不宜选用。如果选择水平面为辅助平面，在圆台上切出的截交线为圆，在圆柱上切出的截交线为直素线，符合上述选择原则。因此本例选择水平面作为辅助平面，如平面 P，图中画出了正面迹线 P_V 和侧面迹线 P_W。由侧面投影可得平面 P 截圆柱所得截交线的具体位置，根据宽相等求出两直素线的水平投影，由正面投影可得 P 截圆台所得截交线圆的半径，据此求出水平投影，两截交线水平投影的交点 e、f、g、h 即相贯线上点的水平投影，这些点在辅助平面上，由水平投影作连线可求出正面投影 $e'f'$、$g'h'$。

(3) **判断可见性并连线**。由于两基本体的轴线垂直相交，立体前后对称，因此相贯线前后两部分的正面投影互相重合，又因两立体相交表面的水平投影均可见，所以相贯线的正面投影和水平投影都是可见的，用粗实线连接成光滑曲线。而半圆柱的侧面投影有积聚性，无需连线。

(4) **整理并加粗**，即完成作图，如图 4-21 (d) 所示。

【例 4-12】 如图 4-22 (a) 所示，已知立体的主、俯两视图，补画所缺的相贯线。

因为圆锥和球均无积聚性，所以此题必须用辅助平面法作图。辅助平面的选择：用正平面切圆锥所得截交线为双曲线，因此不能选正平面。若辅助平面为水平面，则在两基本体表面截得的截交线都是圆，因此水平辅助平面可用，如图 4-22 (d) 所示。

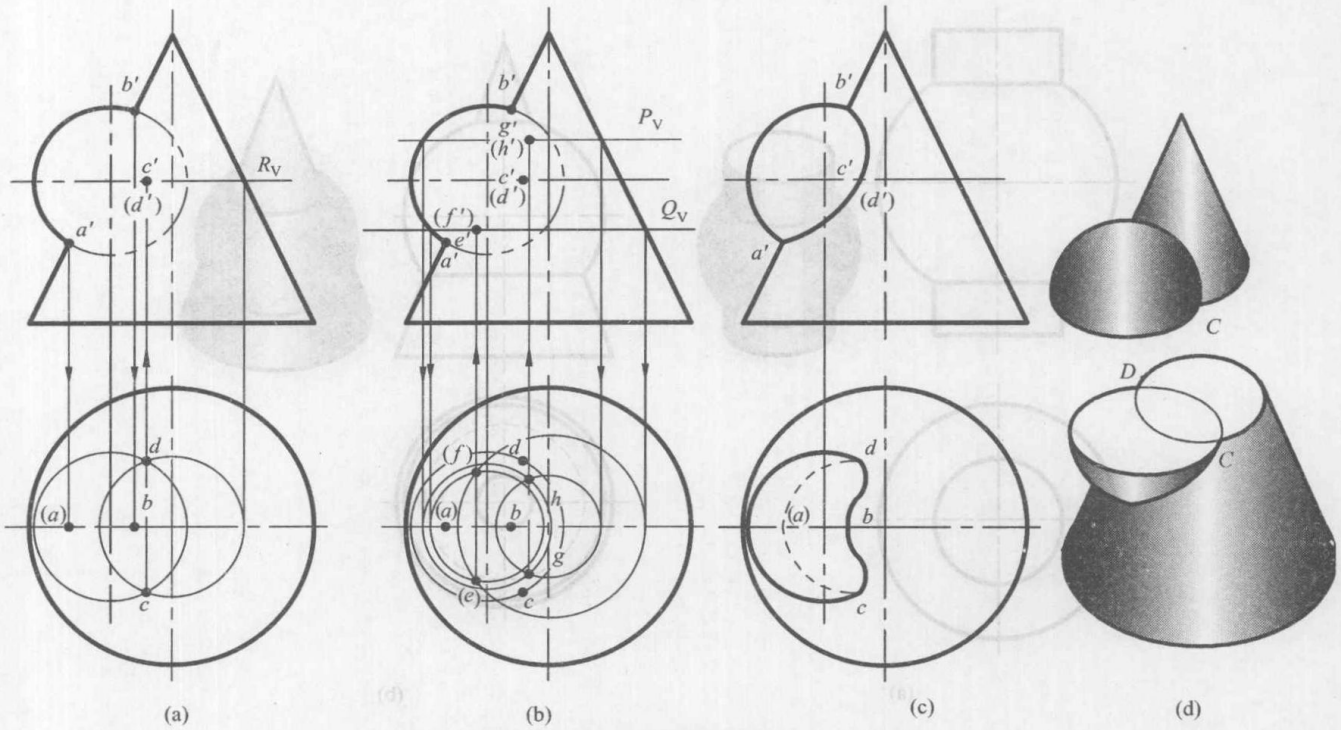


图 4 - 22　用辅助平面法求圆锥和球的相贯线

（a）求特殊点；（b）求中间点；（c）判断可见性并光滑连线；（d）立体图

作图步骤：

（1）求特殊点。此题的特殊点有四个：其中最高点和最低点，它们的正面投影恰好是两基本体正面投影轮廓线的交点 b' 和 a'，由 b'、a' 作连线在俯视图的中心线上可求出水平投影 b、a；另外两个特殊点是球面俯视图轮廓线上的点，作图方法是过球面正面投影水平中心线作辅助水平面，得球面的截交线是水平投影的轮廓圆，截圆锥为一个纬圆，两圆的交点 c、d，这两点是截交线水平投影的虚实分界点。

（2）求中间点。如图 4 - 22（b）所示，作辅助水平面 P，在两个基本体上分别截得一个圆，两圆的交点 g、h 即为相贯线上点的水平投影，再由 g、h 作连线求出正面投影 g'、h'。同法用辅助水平面 Q 可求出中间点 E（e，e'）、F（f，f'）。

（3）判断可见性并连线。由图可知，相贯线的正面投影前后对称，画成粗实线即可。相贯线的水平投影需要判断可见性，位于上半个球面上的相贯线的水平投影可见，而位于下半个球面上的相贯线的水平投影不可见，可见与不可见段的分界点是俯视图中的虚实分界点 c、d，最后结果见图 4 - 22（c）。

四、相贯线的特殊情况

（1）**当两等直径圆柱相交时，相贯线为椭圆，**若轴线为平行线或垂直线，相贯线的某些投影为直线。如图 4 - 17 所示，前面已讲，不再重复。

（2）**当球与其他回转体相交时，如果球心位于其他回转体的轴线上，相贯线为圆。**图 4 - 23（a）所示为球心在圆柱的轴线上时，相贯线是两个圆，其正面投影各为一条直线，水平投影反映实形仍为圆。图 4 - 23（b）所示为球心在圆锥轴线上时相贯线的两投影及其立体图，与圆柱类似。

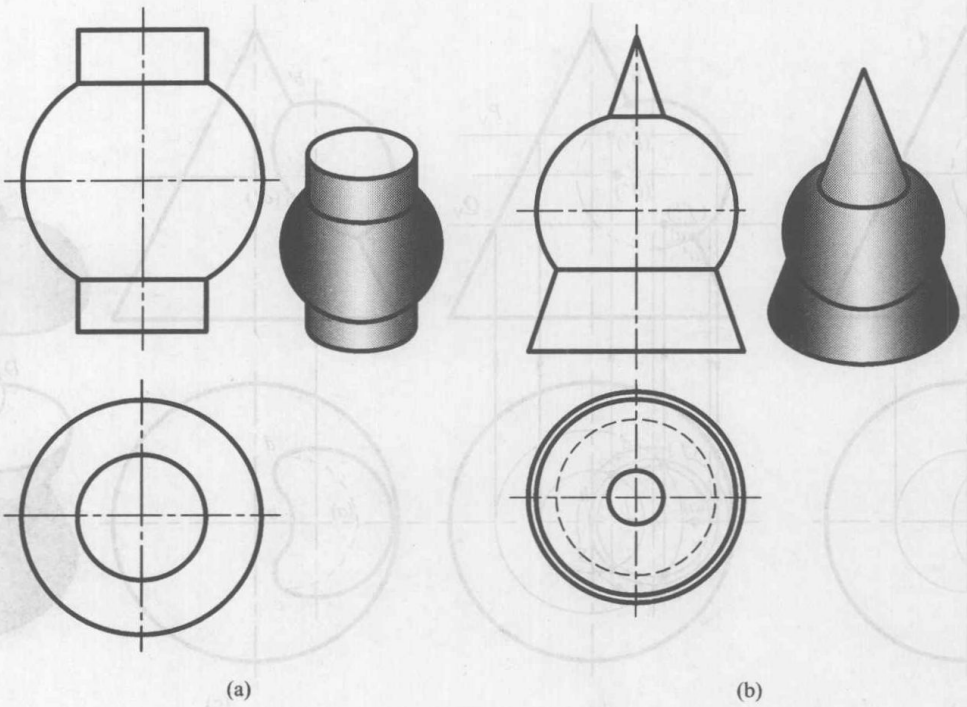


图 4-23 球心在回转体轴线上相贯线为圆

(a) 球心在圆柱轴线上；(b) 球心在圆锥轴线上

五、综合举例

在实际应用的机器零件结构中，截交线或相贯线是经常遇到的，下面举两个综合运用交线的例子。

【例 4-13】 如图 4-24 (a) 所示，补画出三视图中所缺的相贯线。

这类问题一般分三步解决：第一步进行空间分析，即根据三视图想象出相交的分别是

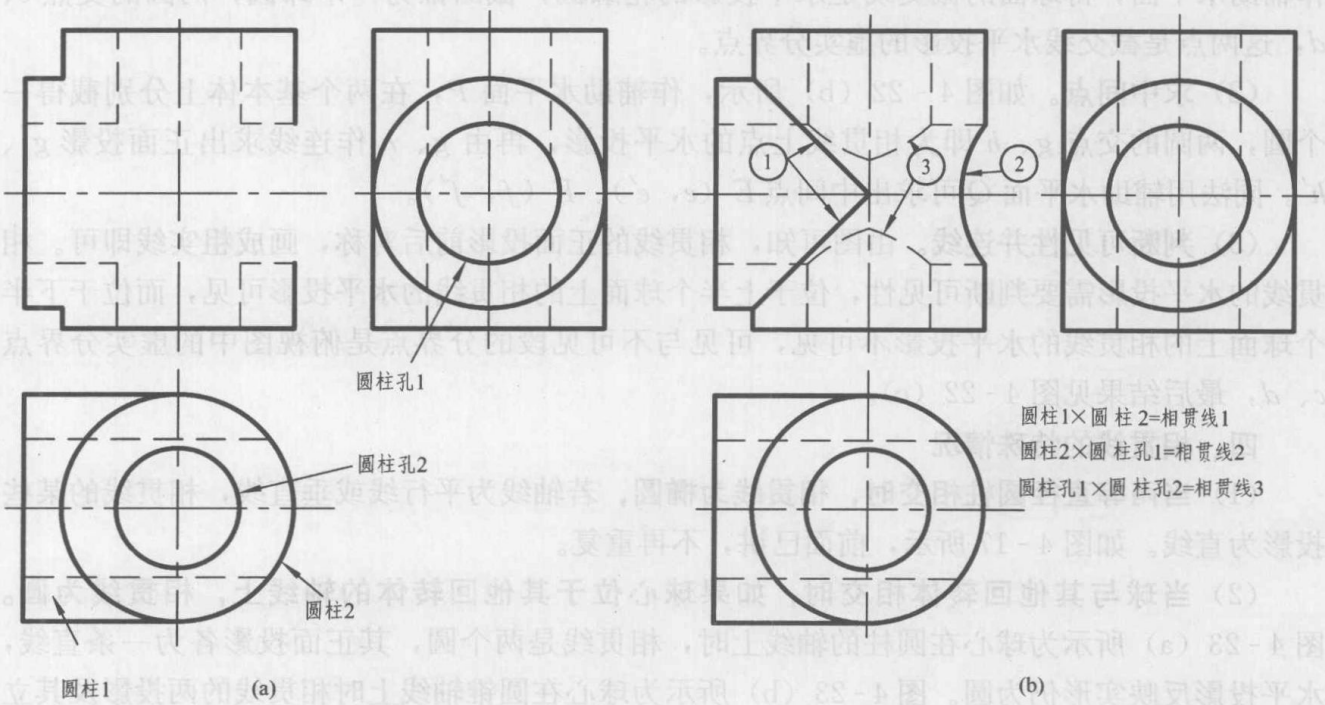


图 4-24 综合举例 (一)

什么基本体，图 4-24 中的基本体分别是圆柱 1 和圆柱 2，在圆柱 1 挖了一个圆柱孔 1，在圆柱 2 挖了一个圆柱孔 2；第二步进行相贯线分析，由俯视图可知，圆柱 1 和圆柱 2 相切，且其轴线垂直相交，因此是特殊情况，交线的正面投影必为两直线，如图 4-24（b）中的相贯线 1，孔 1 和圆柱 2 相交（虚实相交）为一般情况，利用积聚性求出，孔 1 和孔 2 相交（虚虚相交）也是一般情况，同样利用积聚性求出；第三步根据不同情况分别画出交线。

【例 4-14】　如图 4-25（a）所示，补画出三视图中所缺的相贯线。

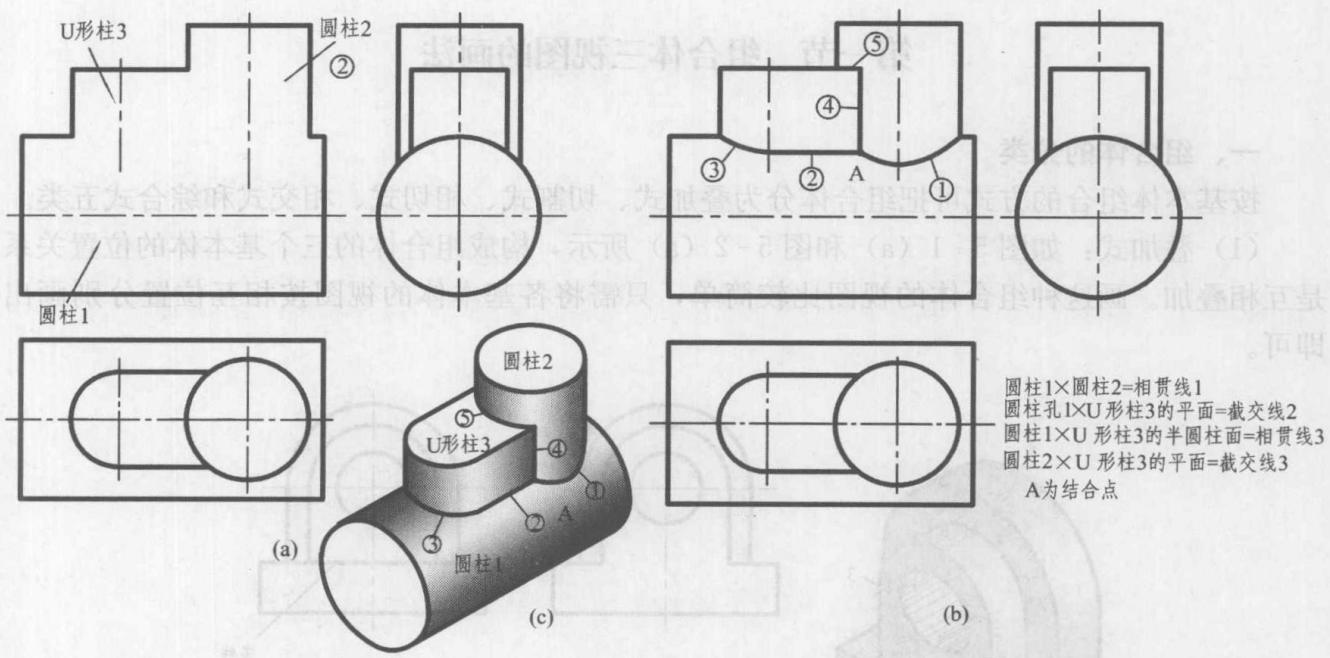


图 4-25　综合举例（二）

空间分析：这是一个多体相交的例子，由三视图可知，组成立体的基本体为圆柱 1、圆柱 2 和 U 形柱 3；交线分析：如图 4-25（c）所示，圆柱 1 和圆柱 2 的相贯线为 1，U 形柱 3 和圆柱 1 的交线分两段，一段为截交线 2，另一段为半圆柱与圆柱 1 的相贯线 3，U 形柱 3 和圆柱 2 的交线为两段截交线 4 和 5，其中 5 的正面投影具有积聚性。画图，如图 4-25（b）所示，注意点 A 是三个表面的共有点，一定要准确求出。

思　考　题

1. 根据平面与圆柱面、圆锥面的相对位置不同，截交线分别有几种形式？

2. 曲面体截交线有什么性质？截交线是非圆曲线时，如何分析和求作截交线上的特殊点和中间点？

3. 试述曲面体截交线的作图步骤。

4. 平面体和回转体、回转体和回转体相贯，相贯线有什么性质？

5. 试述求相贯线的作图方法和步骤。

第五章　组合体的三视图及尺寸注法

组合体是由第三章所述基本体（包括不完整基本体）组合而成的立体。大部分机器零件是组合体。

第一节　组合体三视图的画法

一、组合体的分类

按基本体组合的方式可把组合体分为叠加式、切割式、相切式、相交式和综合式五类。

（1）叠加式：如图 5-1（a）和图 5-2（a）所示，构成组合体的三个基本体的位置关系是互相叠加。画这种组合体的视图比较简单，只需将各基本体的视图按相互位置分别画出即可。

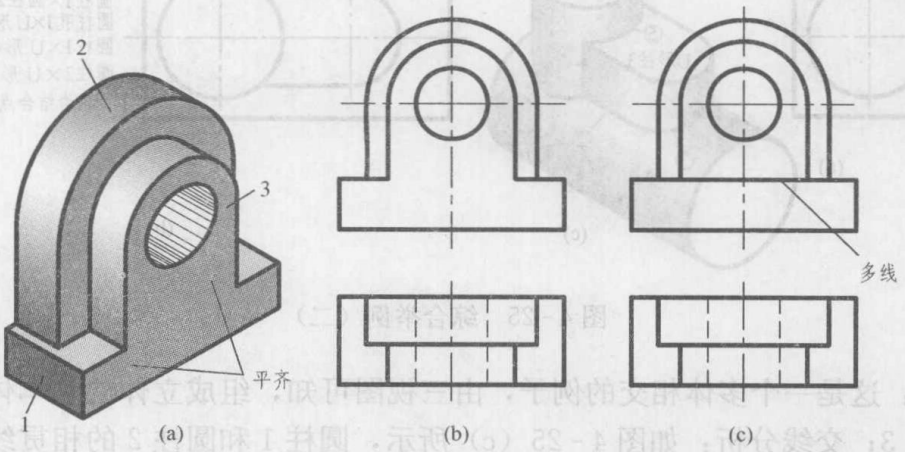


图 5-1　叠加式立体（平齐）

（a）立体图；（b）正确画法；（c）主视图多线

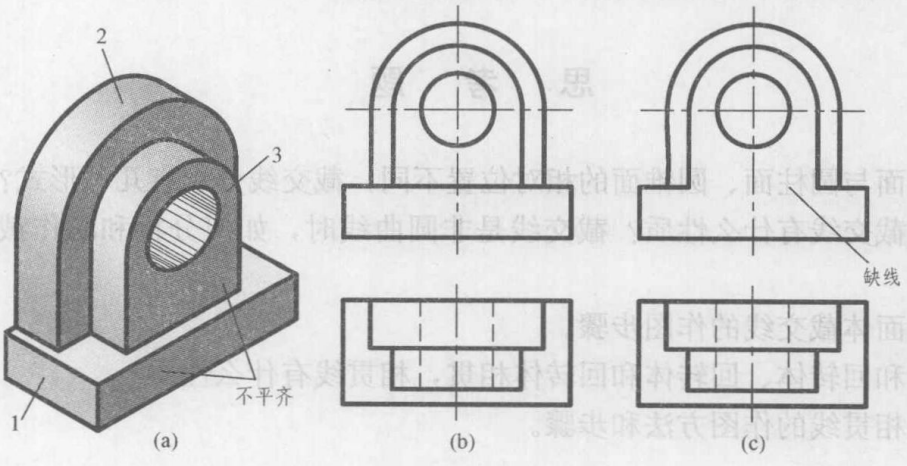


图 5-2　叠加式立体（不平齐）

（a）立体图；（b）正确画法；（c）主视图缺线

在画图时应注意：当两基本体的表面平齐时，则分界处不应画线，图 5-1（b）的主视图中基本体 1 和基本体 3 的分界处无线，是正确的，而图 5-1（c）主视图中分界处则多画了一条直线；当两基本体的表面不平齐时，分界处应该画线，如图 5-2（b）中的主视图，基本体 1 和 3 的分界处应该画线，图 5-2（c）的主视图中缺线。

（2）切割式：图 5-3 所示的立体可看作一个长方体经三次切割而形成的，这种组合体称为切割式立体。在画图时，先画出未切割前基本体的各视图，然后分别用切割面将各部分切掉，切割的顺序可自行选择，只要画图方便即可。但必须注意正确画出截平面与基本体的交线。

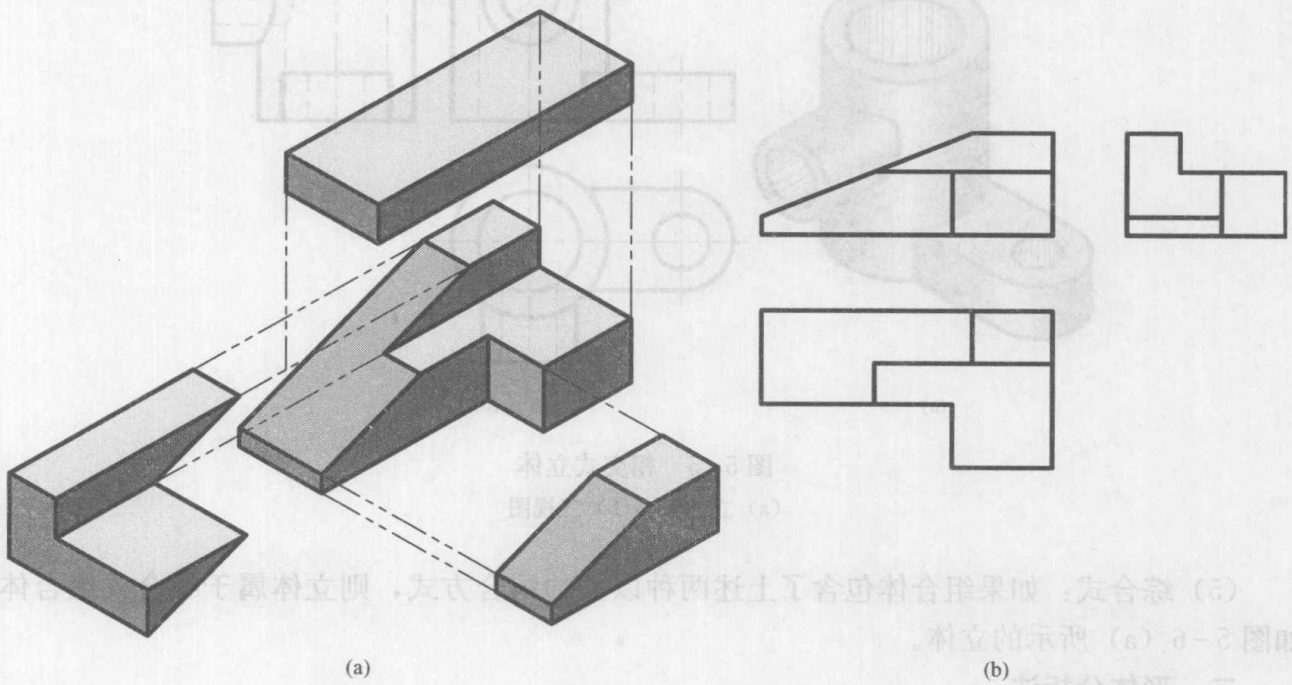


图 5-3　切割式立体

（a）立体图；（b）三视图

（3）相切式：图 5-4 所示立体由一个圆筒和一块耳板组合而成，耳板的前后面与圆筒

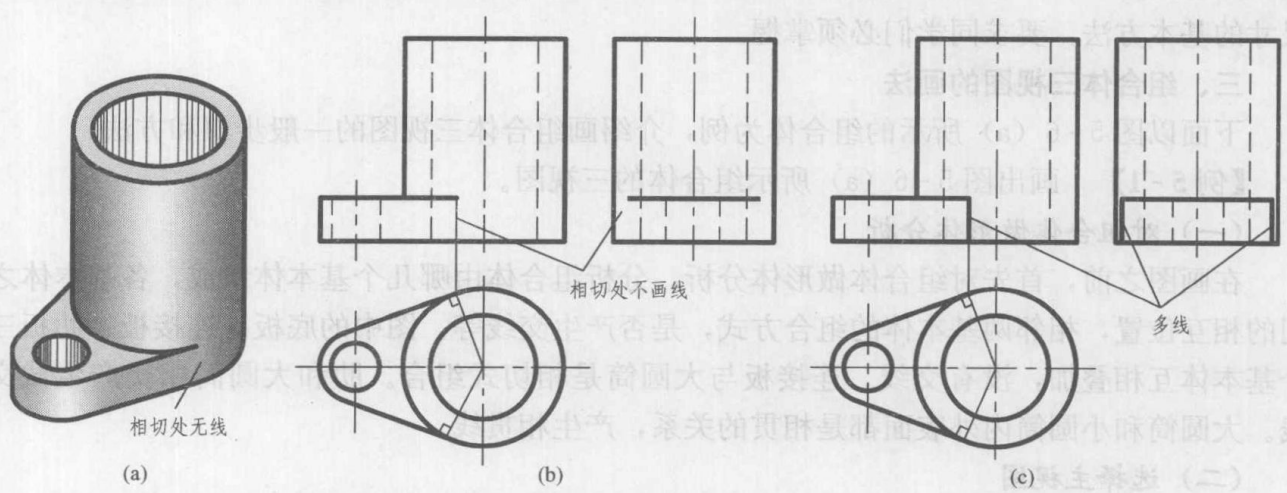


图 5-4　相切的画法

（a）立体图；（b）正确画法；（c）错误画法

外圆柱面相切，属光滑过渡，连接处无交线，因此画图时应注意：主视图中连接处不画线，左视图中耳板上底面的投影画到切点处，按宽相等作出，图5-4（b）是正确的画法，图5-4（c）的主视图和左视图多线，是常见错误。

（4）相交式：图5-5（a）所示立体由两个圆筒和一块耳板组合而成，其中耳板的前后两平面与大圆筒的外表面相交产生截交线；两圆筒相交产生相贯线，这类立体称为相交式组合体，在画各视图时，要准确作出交线的各投影。

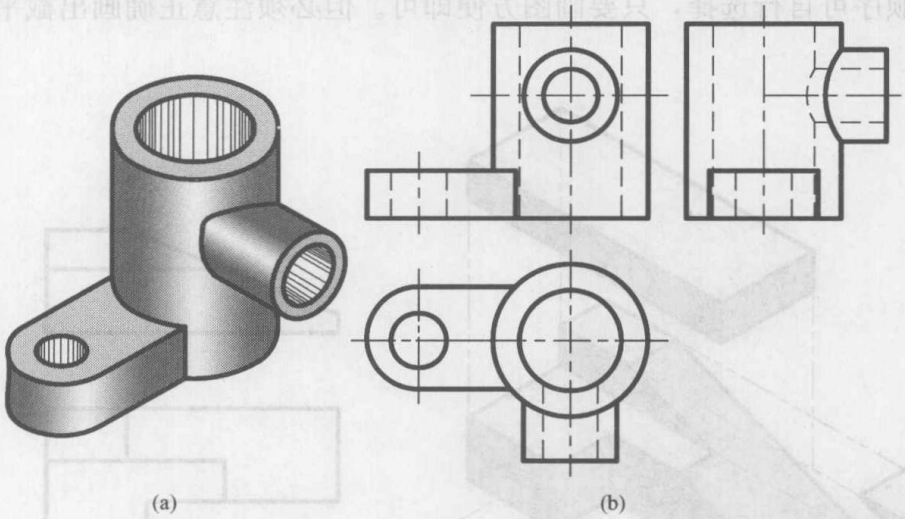


图5-5 相交式立体

（a）立体图；（b）三视图

（5）综合式：如果组合体包含了上述两种以上的组合方式，则立体属于综合式组合体，如图5-6（a）所示的立体。

二、形体分析法

在画图前，首先应将组合体分解为若干个基本体，分别画出各基本体的视图，然后按各种组合方式和相互位置进行调整从而得到组合体视图的方法称为形体分析法。如图5-6（a）所示，支架是一个综合式的组合体，它由小圆筒、大圆筒、连接板、肋和底板五部分组成。在画图时先分后合，从而简化作图。形体分析法不仅是画图的基本方法，而且是读图和标注尺寸的基本方法，要求同学们必须掌握。

三、组合体三视图的画法

下面以图5-6（a）所示的组合体为例，介绍画组合体三视图的一般步骤和方法。

【例5-1】 画出图5-6（a）所示组合体的三视图。

（一）对组合体做形体分析

在画图之前，首先对组合体做形体分析，分析组合体由哪几个基本体组成，各基本体之间的相互位置，相邻两基本体的组合方式，是否产生交线等。图中的底板、连接板、肋板三个基本体互相叠加，没有交线。连接板与大圆筒是相切式组合。肋和大圆筒相交产生截交线。大圆筒和小圆筒内外表面都是相贯的关系，产生相贯线。

（二）选择主视图

主视图应能比较明显地反映组合体的主要形状特征和各基本体的主要位置关系。如图中箭头指示的方向满足了上述基本要求，可选为主视图的方向。主视图方向确定后，其他视图

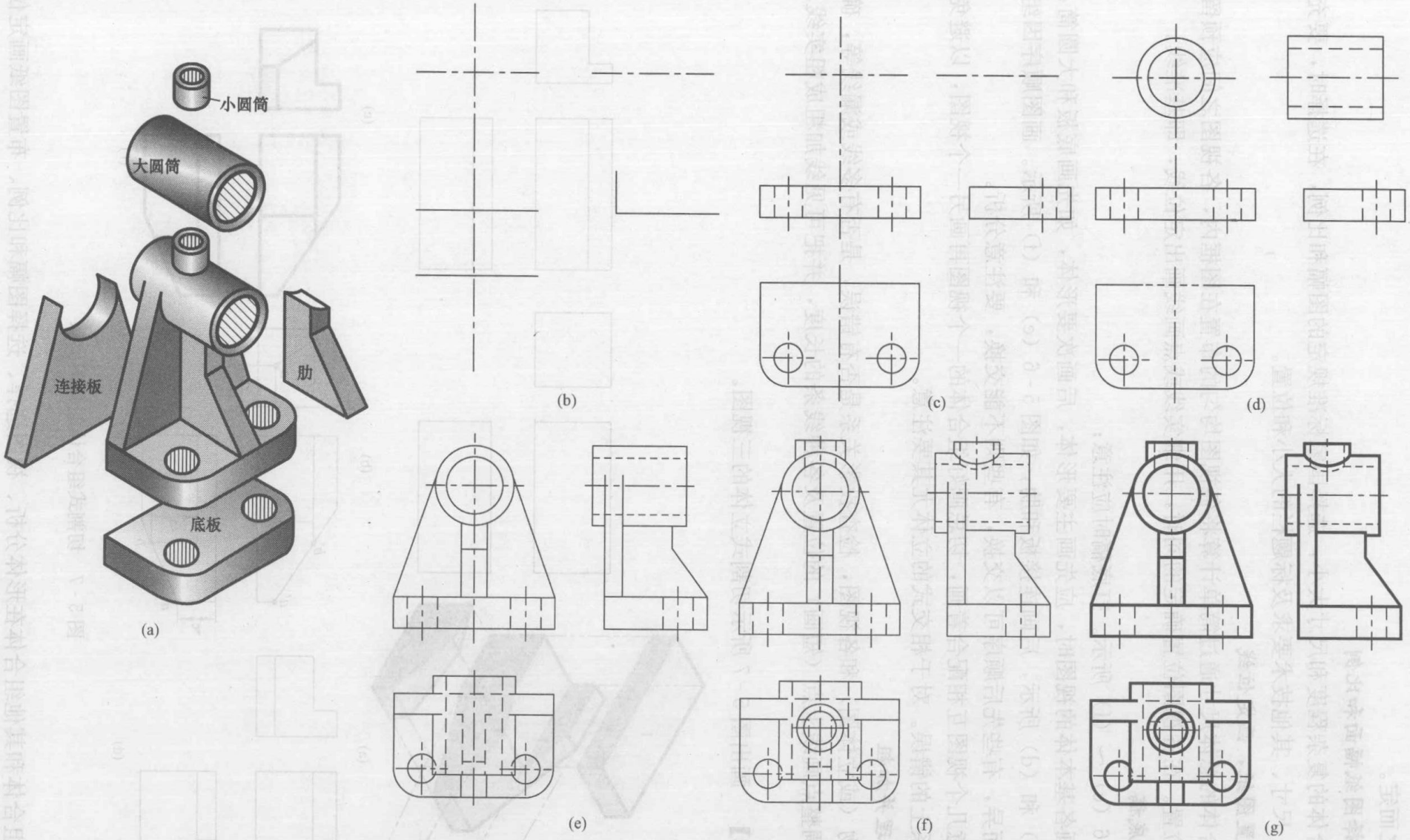


图 5-6 组合体三视图的画法

(a)形体分析法;(b)置图纸,画定位线;(c)画底板的三视图;(d)画大圆铜的三视图;(e)画连接板和肋板的三视图;(f)画小圆筒的三视图并画出交线;(g)检查整理并加粗

的方向则随之而定。

（三）选择图纸幅面和比例

根据组合体的复杂程度和尺寸大小，选择国家标准规定的图幅和比例，在选择时，要充分考虑视图、尺寸、其他技术要求及标题栏的大小和位置。

（四）布置图纸，画定位线

根据组合体的总体尺寸通过简单计算将各视图均匀的布置在图框内，各视图之间应预留标注尺寸的位置。在各视图位置确定的同时，用细实线或点画线画出定位线，即基准线。

（五）打底稿

如图 5-6（c）～（f）所示。打底稿时应注意：

（1）在画各基本体的视图时，应先画主要形体，后画次要形体，如先画底板和大圆筒，如图 5-6（c）和（d）所示，后画连接板和肋，如图 5-6（e）和（f）所示。画图顺序因组合体的结构而异，有些先后顺序可以交换，有些则不能交换，要注意分析。

（2）注意几个视图互相配合着画，切忌画好组合体的一个视图再画另一个视图，以避免出现投影关系上的错误。对于相交式的立体尤其要注意。

（六）整理并加粗

对照实物（或立体图）和各视图，检查投影关系是否有错误，是否有多线或漏线等，确认无误后，调整点画线上点（短画）的位置及各种线条的长度，并把可见线加粗成粗实线。即完成画图。

【例 5-2】 画出图 5-7 所示切割式立体的三视图。

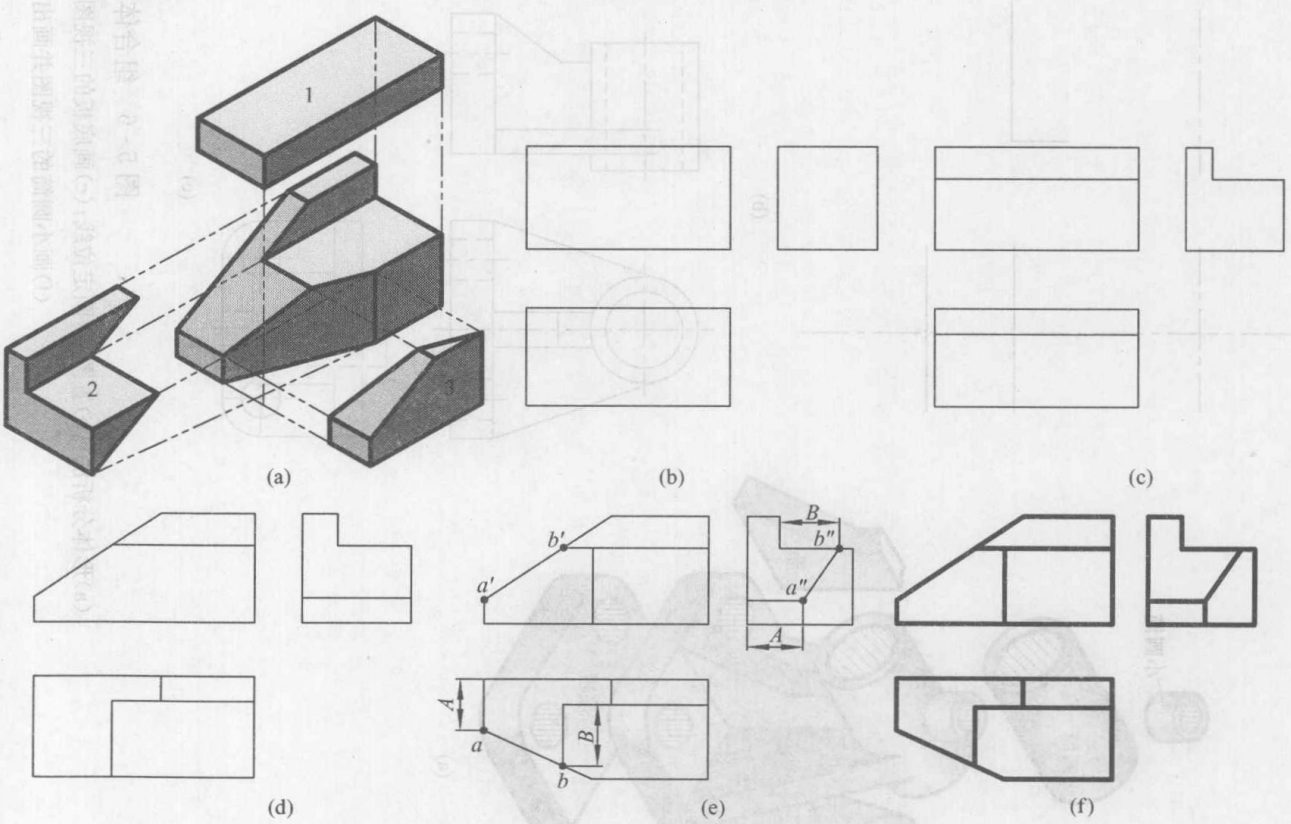


图 5-7 切割式组合体的画图步骤

切割式组合体和其他组合体在形体分析、视图选择、选择图幅和比例、布置图纸画定位

线等步骤上是相同的。在打底稿时作图方法有所区别，如图 5-7（b）～（e）所示。

（1）画出未切割长方体的三视图。

（2）分别切去第 1、第 2、第 3 部分，画出相应各视图，注意每切一次，画出平面与立体表面的交线，尤其在两斜面相交时，交线是一般位置直线，要按照长对正、高平齐、宽相等的投影规律求出交线的两端点之后连线。

（3）整理并加粗，即完成作图。

第二节　读组合体三视图的方法

根据立体的投影图想象出该立体的空间形状，称为读图。读图是画图的逆过程。如前所述，立体的一个视图不能完全确定其空间形状和组成立体的各基本体的相互位置。因此在读图时，不能孤立地看一个视图，需要以主视图为中心，几个视图对照起来看。如图 5-8 所示，四个立体的主视图完全相同，但它们的俯视图不同，因而它们的空间形状也不同。读图的基本方法有两种，一是形体分析法，二是线面分析法。前者是从体的角度构思立体的空间形状，后者通过分析立体表面的“线”和“面”构思立体的空间形状。

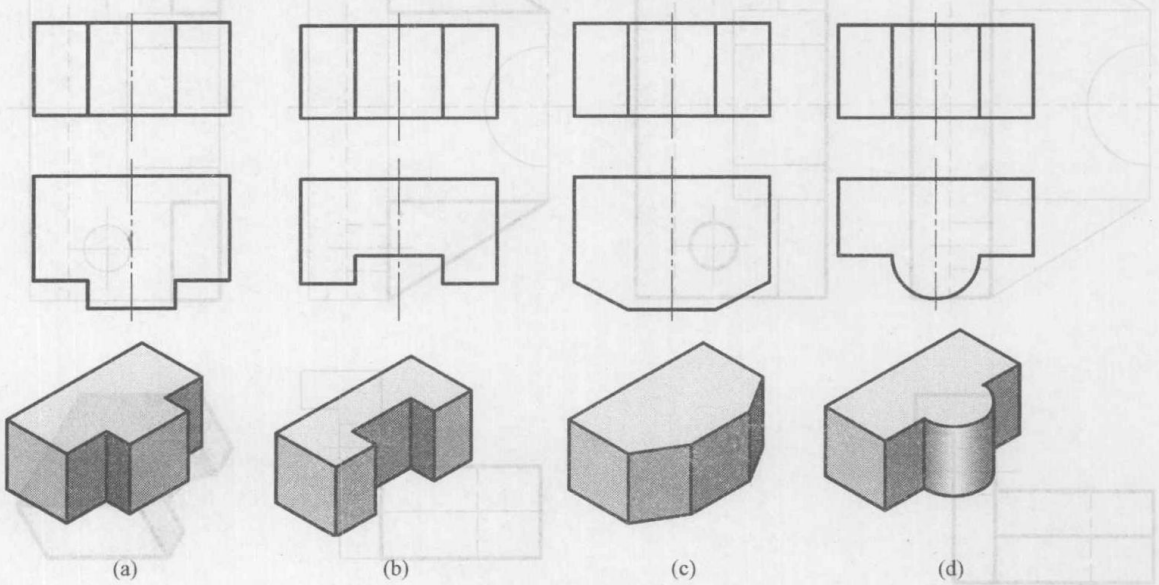


图 5-8　几个视图对照起来看

一、用形体分析法读图

利用形体分析法读图就是将组合体的视图分解为若干个部分，找出各视图中的相关部分，分别想象出各部分的形状，然后综合起来，把各个组成部分按图示位置加以组合，构思出立体的整体形状。下面通过图 5-9 说明读图的具体步骤。

（1）如图 5-9（a）所示，将主视图分为四个线框，其中线框 3 为左右两个完全相同的三角形，因此可归结为三个线框。每个线框各代表一个基本形体。

（2）分别找出各线框对应的其他投影，并逐一构思出它们的形状。如图 5-9（b）所示，线框 1 的主、俯二视图是矩形，左视图是 L 形，可以想象出其立体形状是一块直角弯板，板上制作有两个圆柱孔；如图 5-9（c）所示，线框 2 的俯视图是一个矩形中间多两条直线，其左视图是一个矩形，矩形的中间多一条虚线，可以想象它的立体形状是一个长方体上中部

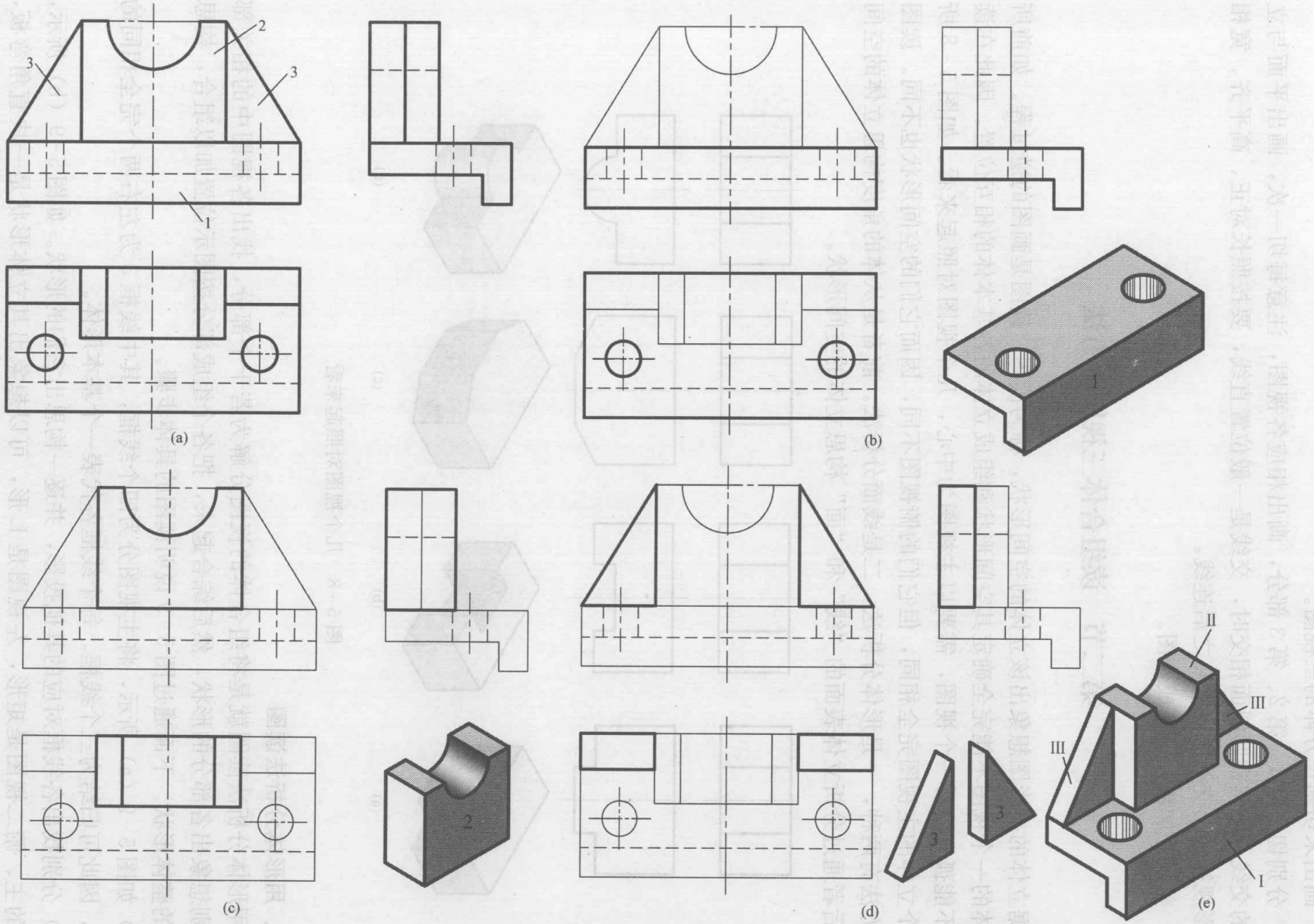


图 5-9　用形体分析法读图

(a)将主视图分为四个线框；(b)线框 1 所对应的基本体形状；(c)线框 2 所对应的基本体形状；(d)线框 3 所对应的基本体形状；(e)综合起来想象整体

切掉一个半圆槽；如图 5-9（d）所示，线框 3 的俯、左两视图都是矩形，因此它们是两块三角形板对称放在组合体的左右两侧。

（3）如图 5-9（e）所示，根据各部分的形状和它们的相互位置综合起来构思出组合体的整体形状。

（4）一般组合体用上述三步即可读懂，但有些较复杂的综合式立体还需要用线面分析法构思某些局部难点结构。

二、用线面分析法读图

线面分析法是利用第二章所介绍的各种位置的直线、平面及回转面等的投影特性构思立体的空间形状，因此我们需要先搞清视图中线条和线框的含义。

（一）视图中线条的含义

如图 5-10 所示，视图中线条的含义如下：

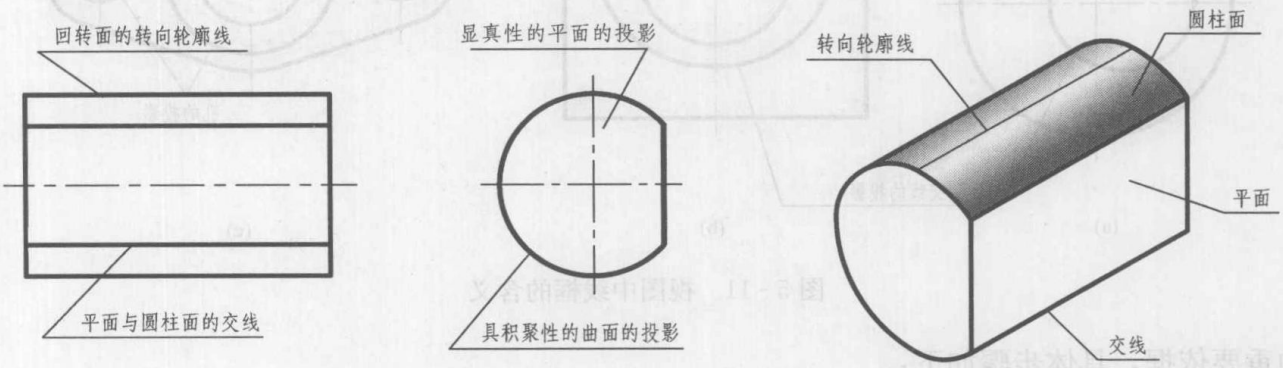


图 5-10　视图中线条的含义

（1）代表回转面的转向轮廓线（转向素线）。

（2）代表具积聚性的平面或回转面。

（3）代表平面与回转面、两回转面等的截交线或相贯线。

（二）视图中线框的含义

如图 5-11 所示，视图中线框的含义如下：

（1）代表单一平面或单一回转面的投影。

（2）代表交线的投影。

（3）代表由回转面和与该回转面相切的平面或回转面所构成的组合面的投影。

（4）代表孔的投影。

（三）用线面分析法读图的步骤

如图 5-12（a）所示，该组合体基本属于切割式立体。在读图时可以想象该立体由一个长方体切割而成。由主视图可以看出，长方体的左右两侧分别用一水平面和一侧平面各切去一个小长方体，在长方体的上部中间用两个斜面和一个水平面切去一个槽，再由左视图可以看出，立体的前面切出一个斜面。下面具体分析每一个表面对投影面的相对位置。

由第二章可知，一个平面图形，它的各投影除了符合“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律外，还有一条重要的规律，即平面的投影可能是“具积聚性的直线”或是“具类似性（或真实性）的平面形”，简言之“不具有积聚性，必具类似（或真实）性”。另外，如两线框有公共线，则两线框所表示的平面不是相交的，必是错开的。这些规律是线面分析法读图

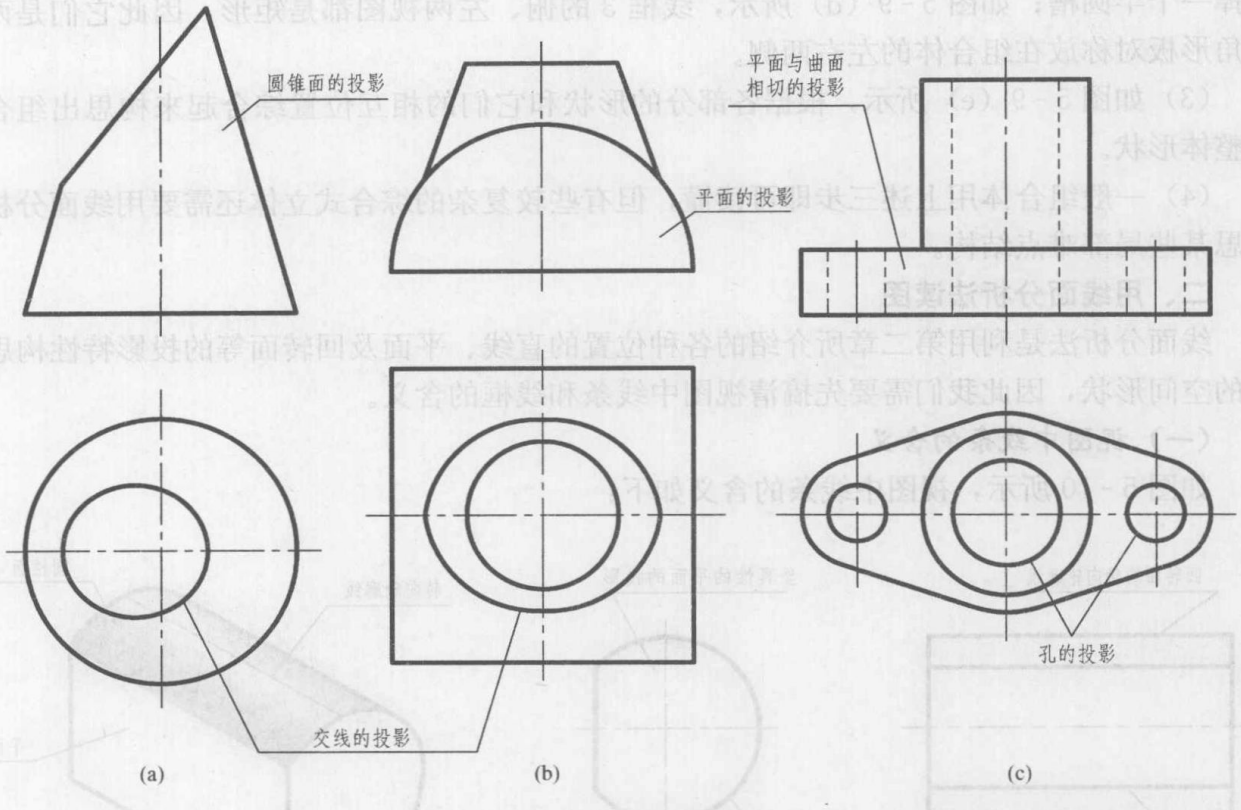


图 5-11 视图中线框的含义

的重要依据，具体步骤如下：

(1) 分线框，对投影（根据三等关系找出线、面的各投影）。

(2) 按投影，想形状，定位置（想象出线、面的形状及其对投影面的相对位置）。

(3) 综合起来想整体。

如图 5-12（b）所示水平投影中的线框 p，按长对正可知其正面投影为 p'，按高平齐和宽相等可知其侧面投影为 p''，因此平面 P 是一个水平面；如图 5-12（c）所示水平投影中的线框 q，根据三等关系可知其正面和侧面投影分别为 q' 和 q''，由于 q、q' 为类似形，q' 具积聚性，所以平面 Q 为一个侧垂面。同理，图 5-12（d）的水平投影中的梯形线框 r 所对应的正面和侧面投影分别为 r'、r''，因 r、r'' 为类似形，r' 具有积聚性，所以平面 R 是一个正垂面。其他平面也逐一进行分析。对立体表面的直线尤其是一些斜线同样利用其投影特性进行分析，以便想象出该直线的空间位置，如图 5-12（e）所示的直线 AB（ab，$a'b'$，$a''b''$），因其水平和正面两投影为水平线，其侧面投影积聚为一点，所以 AB 是一条侧垂线；直线 CD（cd，$c'd'$，$c''d''$）的正面投影和水平投影为竖直线，侧面投影为斜线，所以它是一条侧平线；直线 EF（ef，$e'f'$，$e''f''$）的三个投影均为斜线，所以它是一条一般位置直线。通过以上分析构思立体的整体形状如图 5-12（f）所示。立体中间的槽由两正垂面和一个水平面构成，前面是一个侧垂面，其他平面均为平行面。

注意：在读图时一般先用形体分析法想象出立体的大致形状，然后对一些比较难的斜线和斜面进行线面分析，最后构思出立体的整体形状。

三、读图中应注意的几个问题

(一) 抓住形状特征和位置特征视图

在组合体的几个视图中，有的视图能够较多地反映其形状特征，称为形状特征视图，有

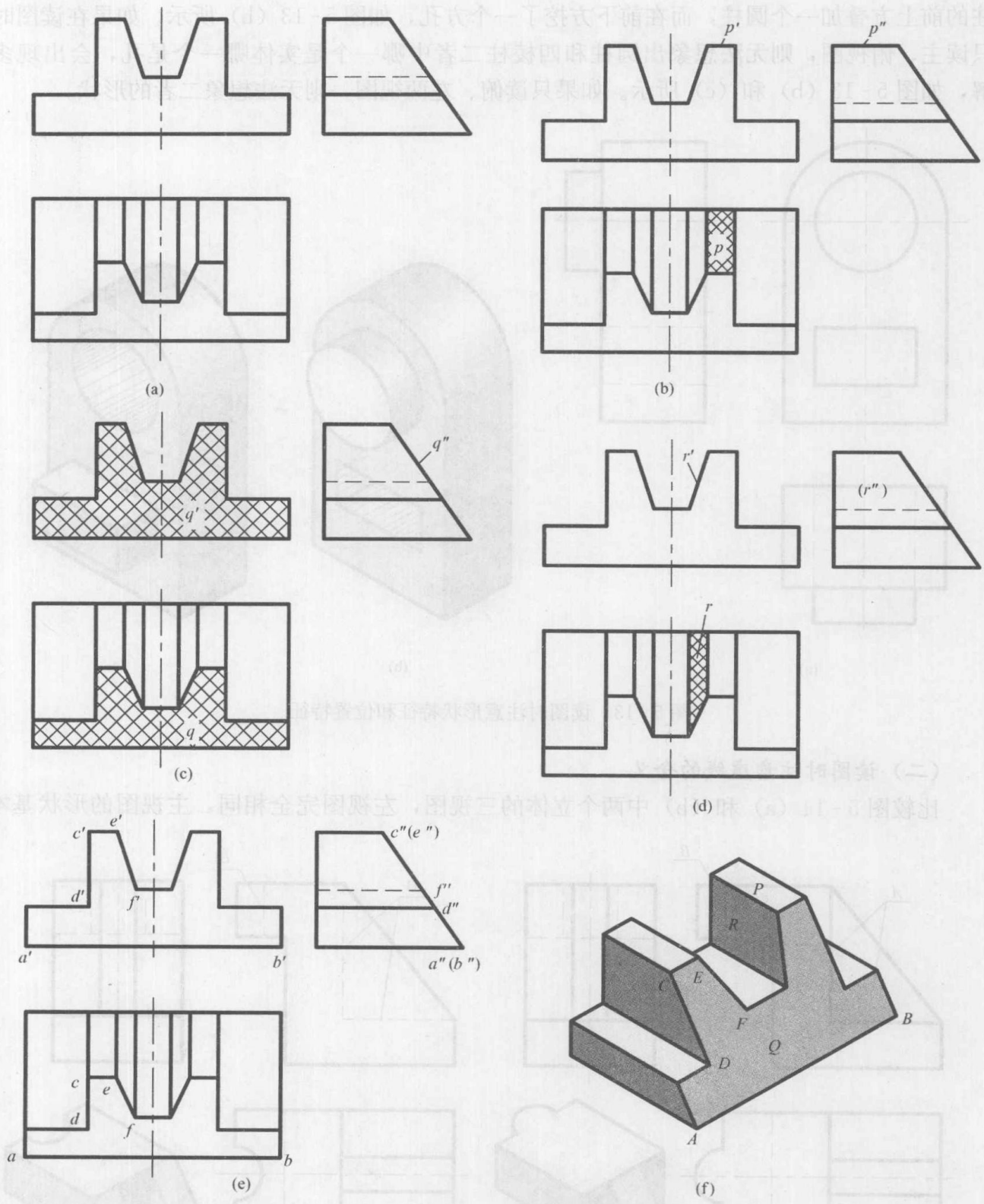


图 5-12　用线面分析法读图

的视图能够比较清晰地反映各基本体的相互位置关系，称为位置特征视图，也有的视图既不反映形状特征，也不反映位置特征。因此在读图时，抓住形状特征和位置特征视图来想象立体的空间形状，会起到事半功倍的效果。如图 5-13（a）所示的三视图中，主视图是形状特征视图，左视图是位置特征视图，由这两个视图很容易想象出组合体的形状是在一个 U 形

柱的前上方叠加一个圆柱，而在前下方挖了一个方孔，如图5-13（b）所示。如果在读图时只读主、俯视图，则无法想象出圆柱和四棱柱二者中哪一个是实体哪一个是孔，会出现多解，如图5-13（b）和（c）所示。如果只读俯、左两视图，则无法想象二者的形状。

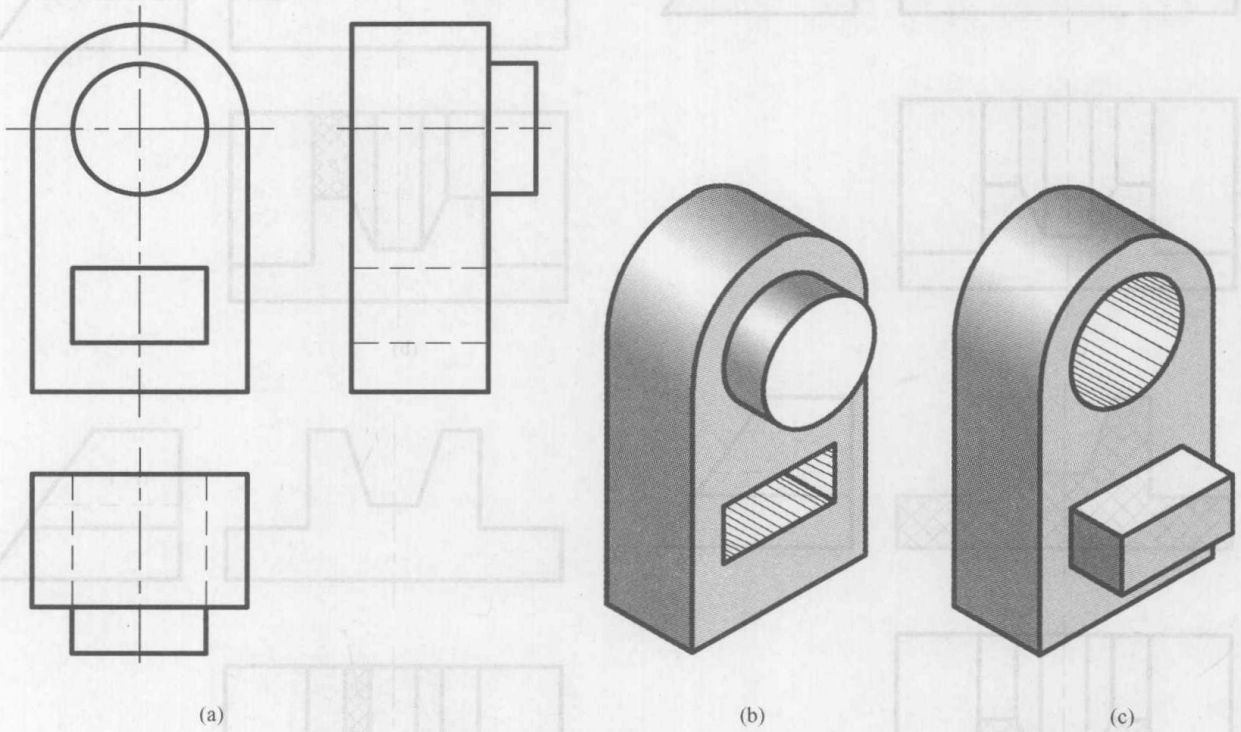


图5-13 读图时注意形状特征和位置特征

（二）读图时注意虚线的含义

比较图5-14（a）和（b）中两个立体的三视图，左视图完全相同，主视图的形状基本

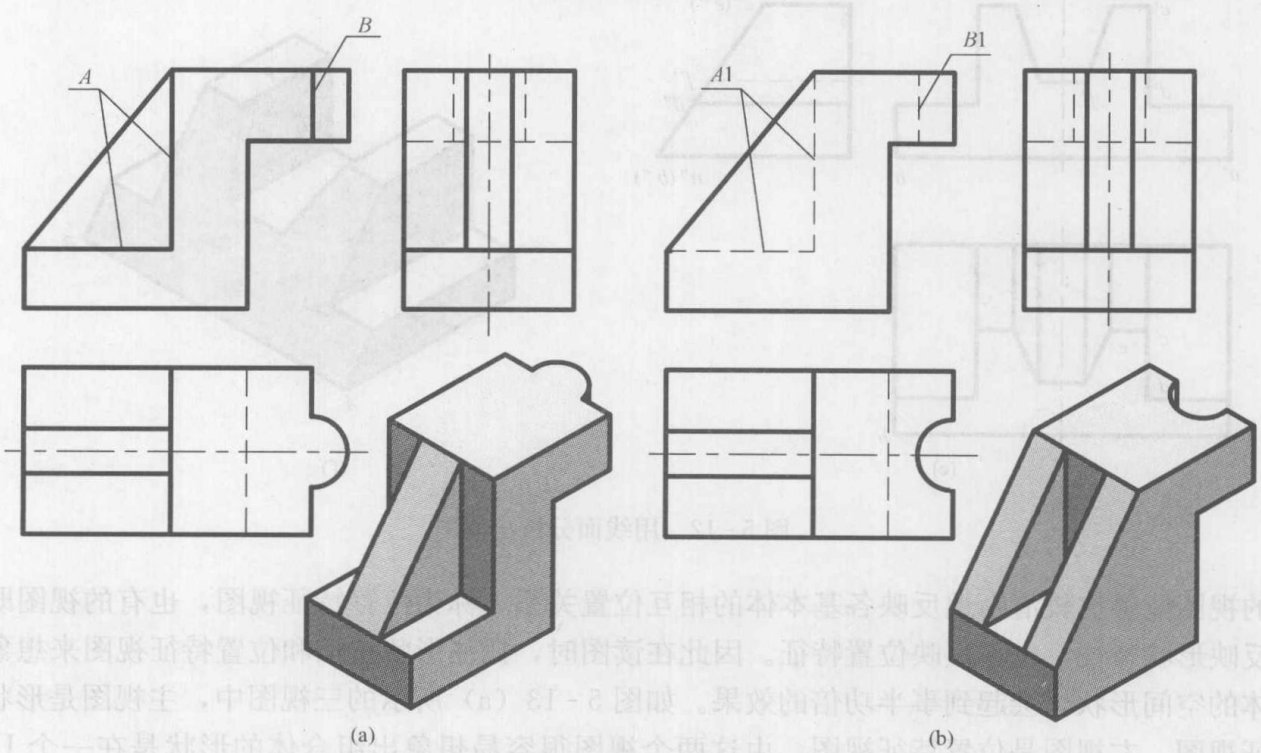


图5-14 读图时注意虚线

相同，只有 A 和 B 所指示的三条线是粗实线，而 $A1$ 和 $B1$ 指示的三条线是虚线，俯视图的右侧略有差别，但这两个立体的形状却有很大差别，如图 5-14 中的立体图所示。由国标规定可知，虚线所表示的是不可见结构，是孔、槽或孔、槽中的结构。

（三）利用立体图帮助读图

立体图也是用投影法画出的图（又称轴测图，见第六章），这种图的立体感较强，当有些形状和结构想不清楚时，可以画出立体草图以帮助想象空间形状。如图 5-15 所示三视图都是一个矩形中多一条对角线，因此立体的形状一定是一个长方体被切割，但怎样切的却不容易想象。如果画出立体图则一目了然。因此画立体图是帮助读图的一种辅助手段。

四、根据两个视图求第三个视图

根据两个视图求第三个视图（简称二求三）的实质是读图，同时也是检查是否读懂的一个重要手段。

如图 5-16 所示，已知组合体的主、左两个视图，补画俯视图。由形体分析法可以看出，组合体的后面是一块带圆角和两个圆柱孔的长方形板，前下方是一块切了一个斜面和一个方槽的长方形板，在它的上方又叠加一块矩形板，在此板及后面圆角板的上部挖去一个半圆柱槽。画第三视图时按形体分析法和长对正、高平齐、宽相等三个相等关系顺序作图。作图步骤如下：

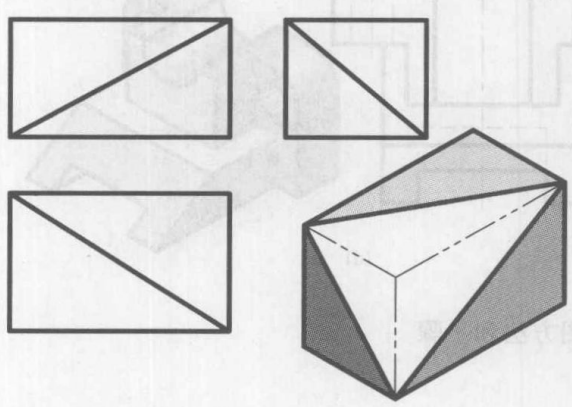


图 5-15　借助立体图读图

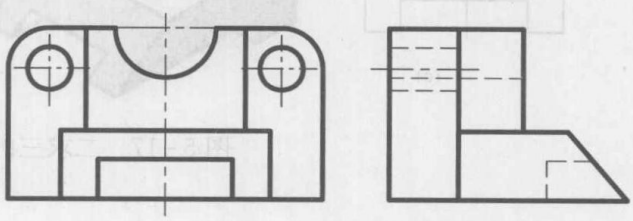


图 5-16　已知组合体的主、左视图

第一步：如图 5-17（a）所示，画圆角板的俯视图，包括两圆柱孔和半圆槽。

第二步：如图 5-17（b）所示，画斜面槽板的俯视图，先画出长方形，再切去斜面和槽。

第三步：如图 5-17（c）所示，画上面矩形板的俯视图，同时画出上部的半圆柱槽。

第四步：如图 5-17（d）所示，整理加粗，因为作图是按形体分析法分别进行的，有时会出现多线的情况，如后面的圆角板和上面的矩形板，二者的上面是同一个平面，半圆柱槽为同一个圆柱面，中间没有分界线。

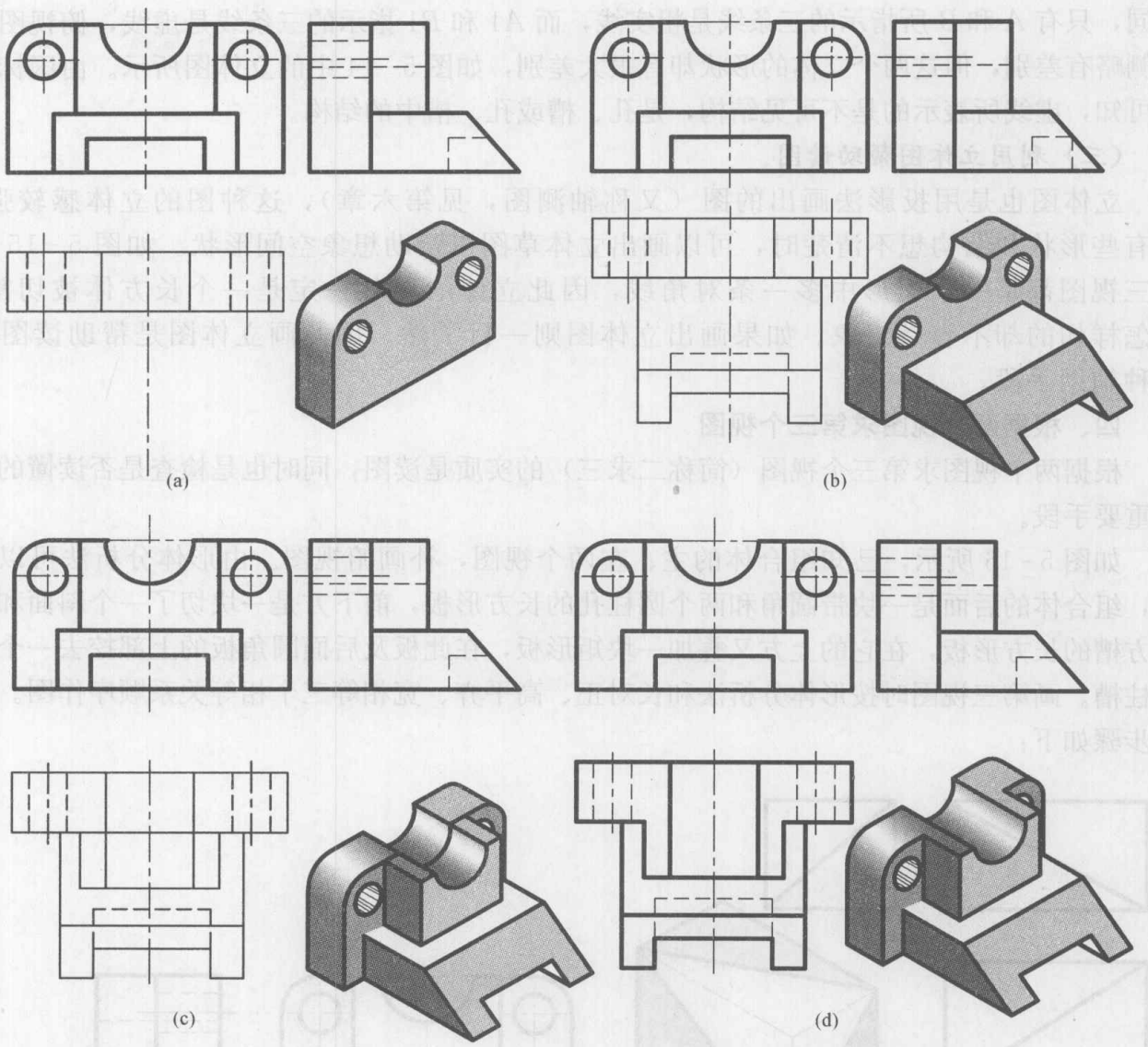


图 5-17 二求三的作图方法和步骤

第三节 组合体的尺寸注法

视图只能表达组合体的形状和结构，其大小需要用尺寸来确定。

一、基本体的尺寸标注

立体是三维的，都具有长、宽、高三个尺寸，但因基本体的几何形状不同，标注尺寸的方法和尺寸的数量也不同。图 5-18 所示是各种基本体的尺寸注法。图中的（f）、（g）、（h）、（i）分别为圆柱、圆锥、球、圆环的尺寸注法，由于它们的尺寸数字前面加注一个希腊字母“ϕ”，表示基本体是回转体，因此在标注尺寸后，这些基本体的俯、左视图均可省略不画。另外按国家标准规定，球的直径尺寸数字前面加注“$S\phi$”（半径加注“SR”）两个字母。

二、组合体的尺寸标注

标注组合体尺寸的基本要求是完整、清晰、正确。

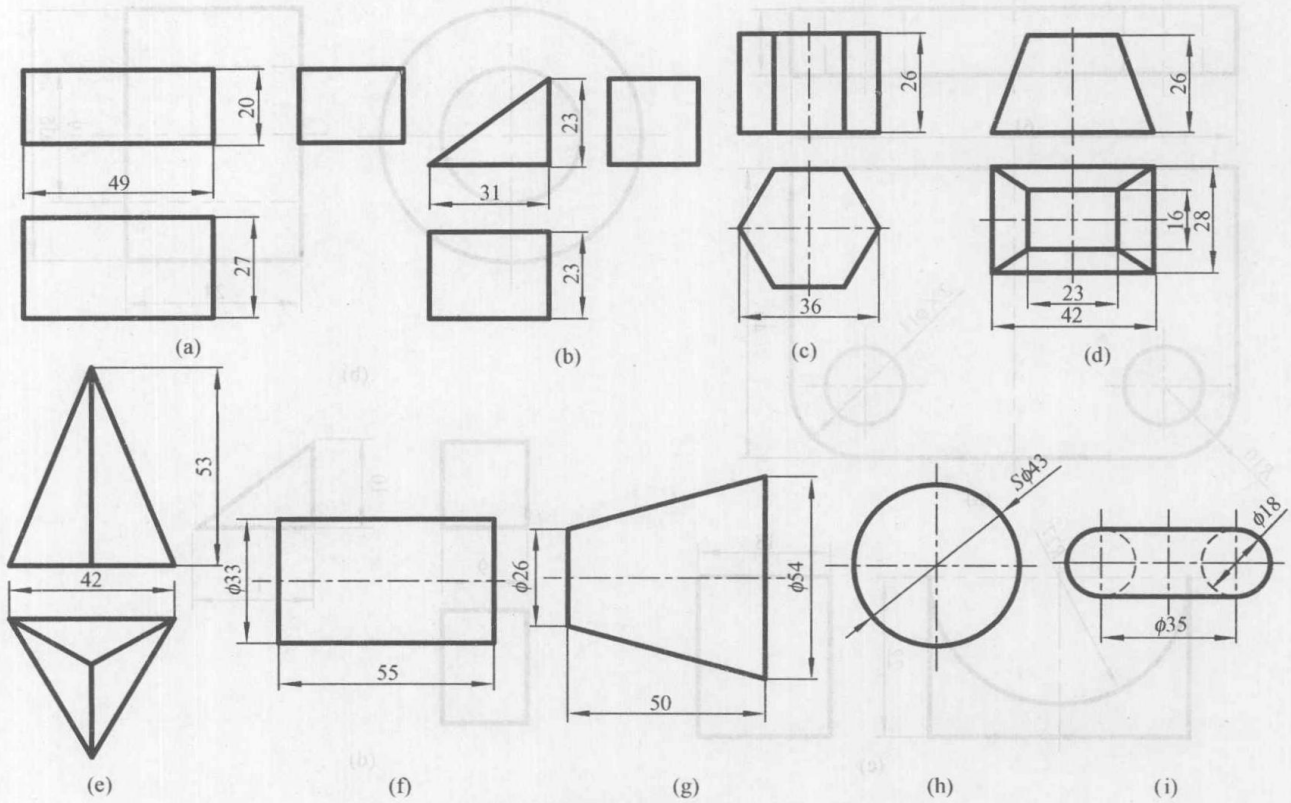


图 5-18　基本体的尺寸标注

（一）怎样做到尺寸“完整”

所谓完整就是所标注的尺寸既不少，也不多，同一个尺寸一般只标注一次，不能重复。要做到完整，必须按形体分析法将组合体分解为若干个基本体，先注出各基本体的定形尺寸，即表示各基本体大小的尺寸。然后标注确定各基本体相互位置的定位尺寸，最后对尺寸进行必要的调整。下面举例具体说明注尺寸的步骤。

【例 5-3】　如图 5-19 所示，已知组合体的三视图，标注它的全部尺寸。

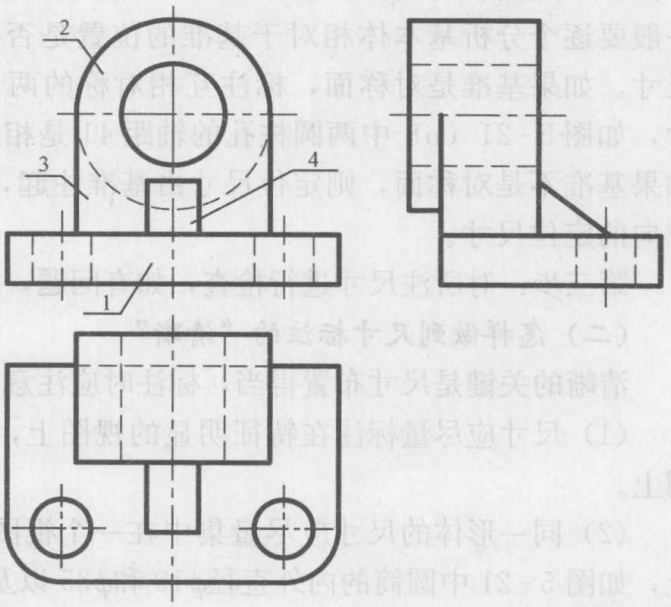


图 5-19　标注组合体的尺寸

第一步：如图 5-20 所示，按形体分析法标注各基本体的定形尺寸。其中图（a）是底板及该板上圆柱孔的定形尺寸；图（b）是圆筒的定形尺寸；图（c）是连接板的定形尺寸；图（d）是三角形肋板的定形尺寸。

第二步：选定尺寸基准，标注定位尺寸。所谓尺寸基准，就是定位尺寸的起点。平面图形在互相垂直的两个方向上一般至少各有一个基准。组合体一般在长、宽、高三个方向上至少各有一个基准。一般选择组合体的对称面、圆的对称中心线、主要回转体的轴

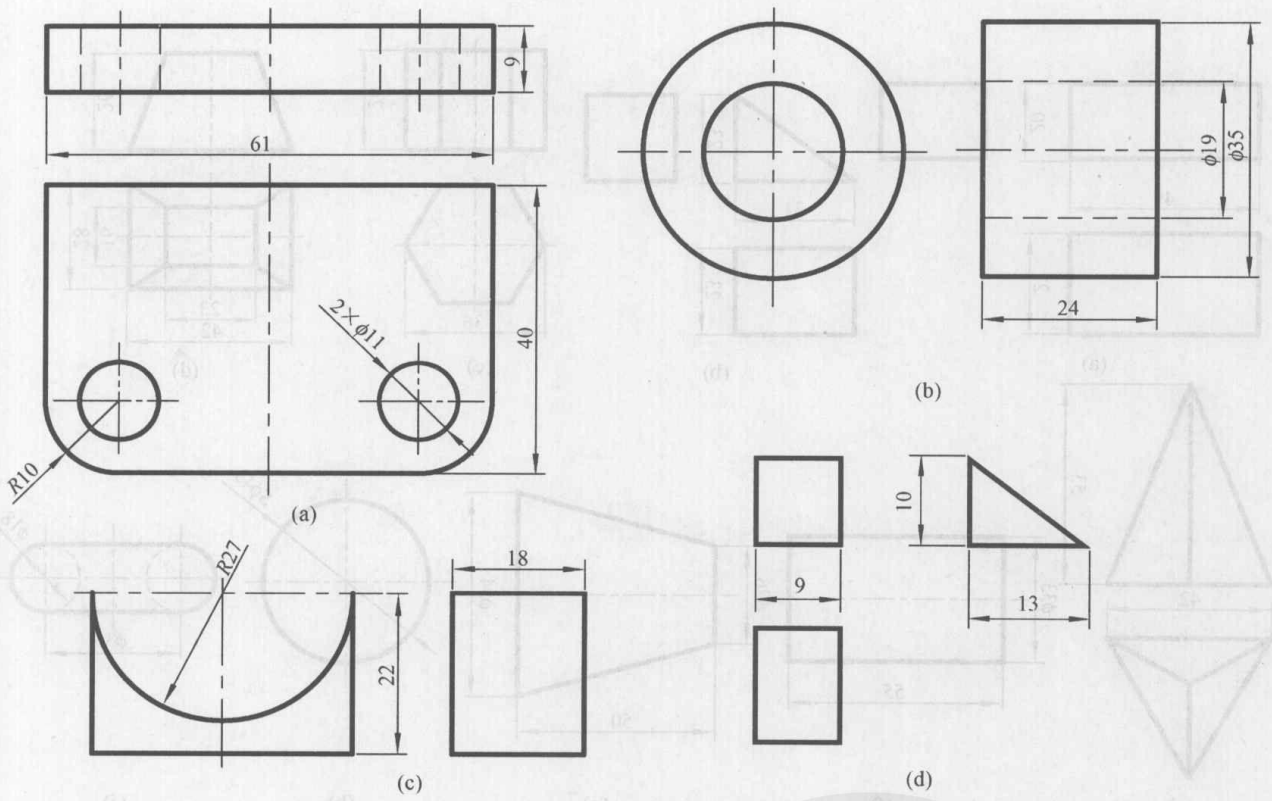


图 5-20 标注各基本体的定形尺寸

线、平行于投影面的底面或端面作为基准。图 5-21 中标明的三个方向的基准分别为对称平面、下底面和后底面。基准确定之后，就可以标注定位尺寸了。在标注定位尺寸时，一般要逐个分析基本体相对于基准的位置是否确定了，如果没有确定，则需要标注定位尺寸。如果基准是对称面，标注互相对称的两个基本体的定位尺寸时，直接注出整体尺寸，如图 5-21（b）中两圆柱孔的轴距 41 是相对于对称面的定位尺寸，在图中直接注出。如果基准不是对称面，则定位尺寸由基准注起，如图中的尺寸 31、30 分别是上下、前后方向的定位尺寸。

第三步：对所注尺寸进行检查，如有问题，则做必要的调整。

（二）怎样做到尺寸标注的“清晰”

清晰的关键是尺寸布置得当，标注时应注意以下几点：

（1）尺寸应尽量标注在特征明显的视图上，如图 5-21 中底板的尺寸基本集中在俯视图上。

（2）同一形体的尺寸应尽量集中在一个视图上。圆筒的直径尺寸应尽量注在非圆视图上，如图 5-21 中圆筒的内外直径ϕ19 和ϕ35 以及它的高度尺寸 24 均注在左视图上，看图时很方便。

（3）同一方向有多个尺寸并列时，要注意把它们排列整齐，一般小尺寸在内，大尺寸在外，由小到大依次向外排列。尺寸线与轮廓、尺寸线与尺寸线之间的距离大小一致，一般取 7～10mm。

（三）怎样做到尺寸标注的“正确”

所谓尺寸标注正确，就是所注尺寸必须符合第一章讲的国家标准的各项基本内容，重点

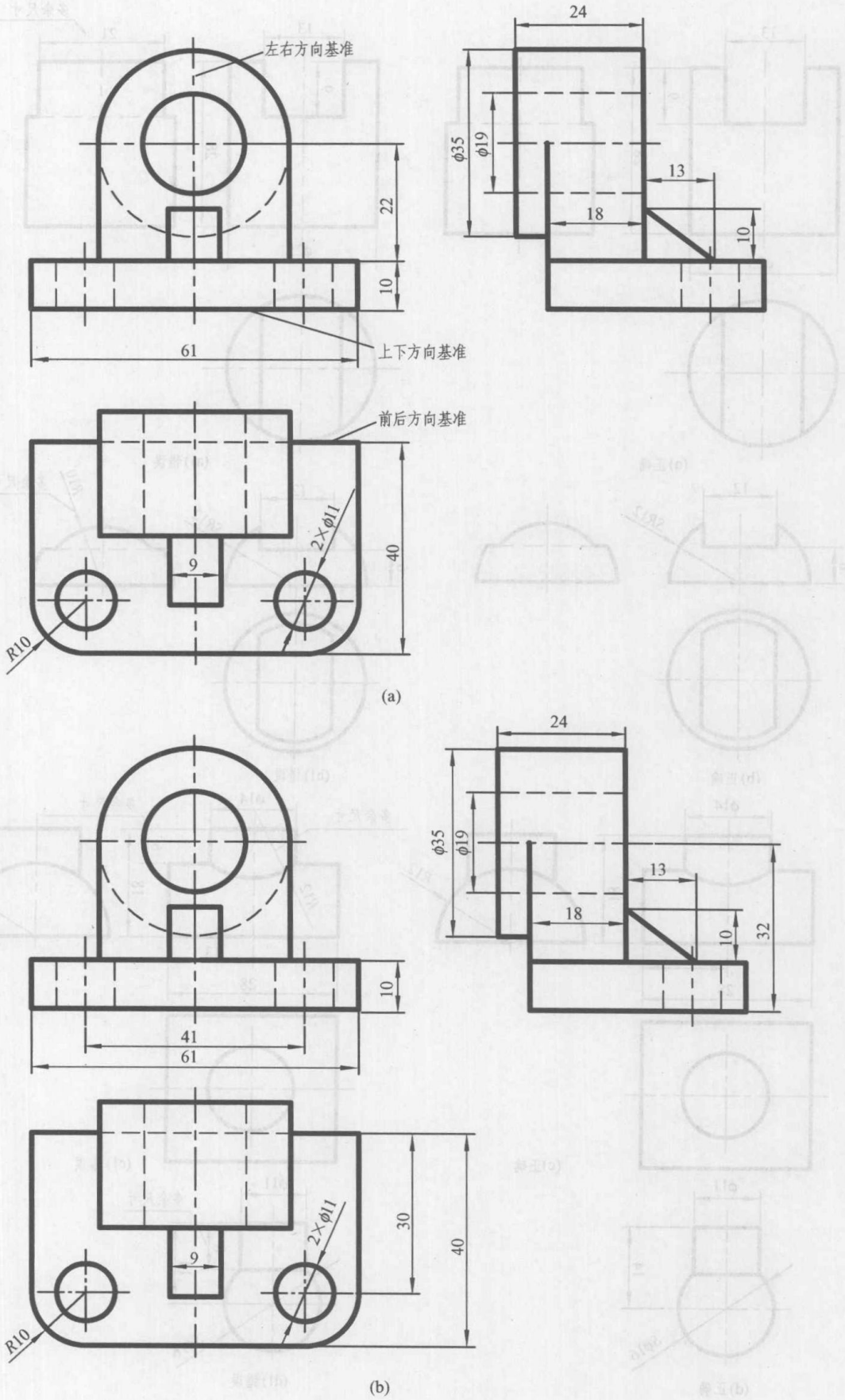

左右方向基准
24
φ35
φ19
13
18
10
22
10
61
上下方向基准
前后方向基准
2×φ11
9
40
R10
(a)
24
φ35
φ19
13
18
10
32
10
41
61
30
40
2×φ11
9
R10
(b)

图 5-21　标注定位尺寸

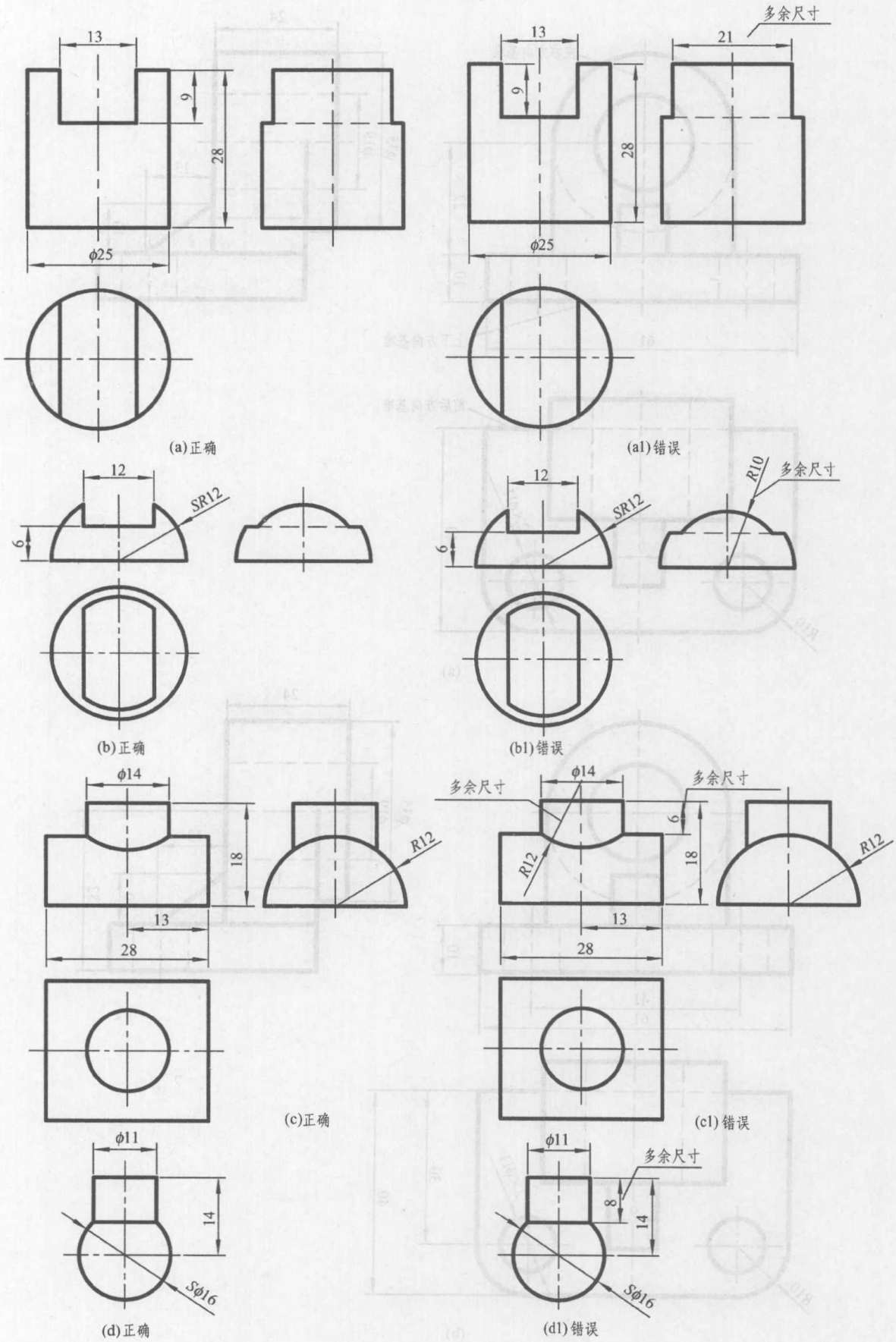


图 5-22 切割式及相交式立体尺寸正误对比

注意以下几点：

（1）竖直方向的尺寸数字朝左，在不引起误解时也可水平地注在尺寸线的中断处，但在一张图样中，应尽可能采用同一种方法。

（2）角度尺寸数字的方向一律朝上。

（3）圆角的尺寸必须注在反映为圆弧的视图上，不允许注在非圆的视图上。

（4）机械图中的尺寸不允许注成封闭尺寸，这个问题将在第九章讲。

三、相交式组合体的尺寸标注

带切口和相贯的立体均为相交式组合体，其定形、定位尺寸的注法如图 5-22 所示，要注意交线是平面和立体或两立体相交自然产生的，不要注交线的定形和定位尺寸（如图中指明的“多余尺寸”），否则会与其他尺寸出现矛盾。

四、常见底板平面图形的尺寸注法

底板、端盖、法兰盘等常见结构，一般为板状柱体，图 5-23 是这类立体尺寸标注的几个例子。

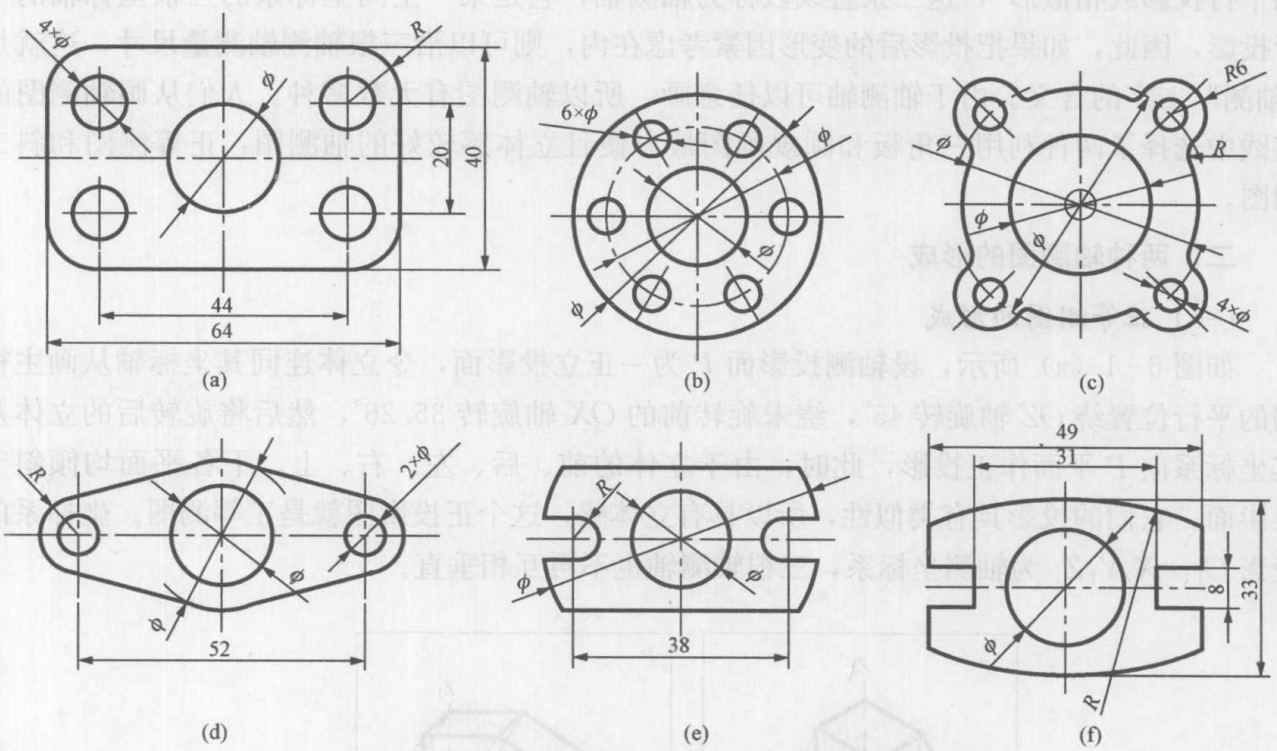


图 5-23　几种常见连接板的形状及尺寸

思　考　题

1. 组合体常见的组合方式有几种？分别是什么？

2. 什么是形体分析法？什么是线面分析法？如何应用？

3. 画组合体时，主视图的选择原则是什么？定位线的选择原则是什么？

4. 标注组合体尺寸时遵循的原则是什么？如何分析和标注？

5. 读图时，以叠加为主的组合体采用什么样的读图方法和步骤？截切式组合体采用什么样的读图方法和步骤？

第六章 轴 测 图

第一节 轴测图概述

一、基本概念

轴测图是具有立体感的单面投影图。它的度量性较差，画图较繁，但它补充了多面正投影图的立体感差、识读较难的不足，因此它是工程上采用的一种辅助图样，常用来说明产品的形状、结构和使用方法，在电厂管道图和建筑图的设备施工系统图中有时也用轴测图作为施工图样。在读图时，可用轴测图帮助想象立体的形状和结构。

从理论上讲，"从平面上任一点引三条互不重合的直线段，都可以看作空间直角坐标系的平行投影或相似形"，这三条直线段称为轴测轴，它是某一空间坐标系的三根坐标轴的平行投影，因此，如果把投影后的变形因素考虑在内，则可以沿三根轴测轴测量尺寸，这就是"轴测"二字的含义。由于轴测轴可以任意画，所以轴测图有无数多种。人们从画轴测图的实践中选择了两种利用三角板和圆规画图最方便且立体感较好的轴测图：正等测图和斜二测图。

二、两种轴测图的形成

（一）正等测图的形成

如图 6-1（a）所示，设轴测投影面 P 为一正立投影面，令立体连同其坐标轴从画主视图的平行位置绕 OZ 轴旋转 45°，绕未旋转前的 OX 轴旋转 35.26°，然后将旋转后的立体及其坐标系向 P 平面作正投影，此时，由于立体的前、后、左、右、上、下各平面均倾斜于投影面，它们的投影具有类似性，所以具有立体感，这个正投影图就是正等测图。坐标系的投影 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 为轴测坐标系，三根轴测轴也不再互相垂直。

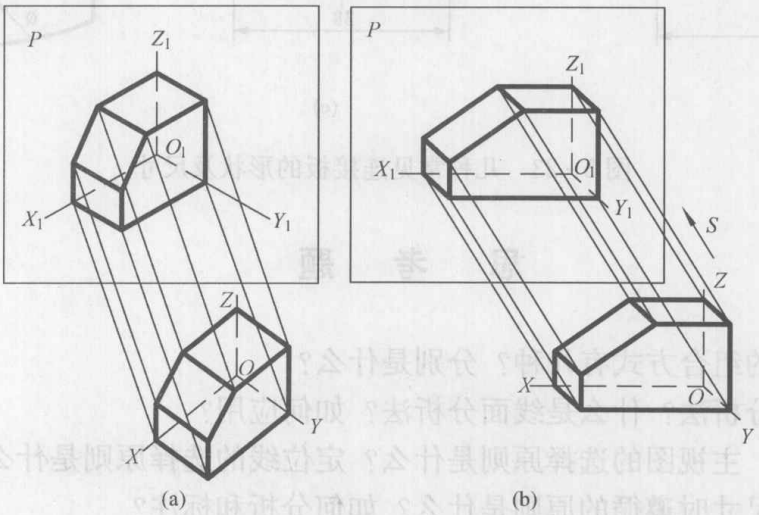


图 6-1 轴测图的形成

（a）正等测图；（b）斜轴测图

（二）斜轴测图的形成

如图 6-1（b）所示，设轴测投影面 P 仍为正立投影面，立体仍按画三视图的位置放置，即前后两个平面平行于投影面 P，令投影方向 S 倾斜于投影面，作出立体在投影面上的斜投影图，这个具有立体感的斜投影图就是斜轴测图。

第二节 正 等 测 图

一、正等测图的轴间角和轴向变形系数

（一）轴间角

轴测坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 中三根坐标轴的夹角称为轴间角。为了简便起见，后面我们把轴测坐标系也记为 $O-XYZ$。正等测图中的三根轴测轴的轴间角均为 120°，如图 6-2 所示。

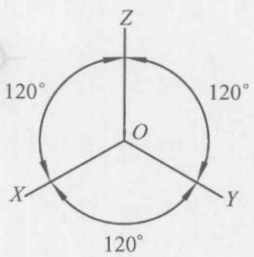


图 6-2 正等测图的轴间角

（二）正等测图的轴向变形系数

轴测轴上的线段与空间坐标轴上的对应线段的长度之比称为轴向变形系数。通常用字母 p、q、r 分别表示 OX、OY、OZ 方向的变形系数。根据数学推导的结果，在正轴测图中，$p=q=r=\sqrt{\frac{2}{3}}\approx 0.82$，如图 6-3（b）所示。用这种轴向变形系数画出的轴测图与立体的大小基本相同，但在画图时每量一个尺寸均要乘以 0.82，因此画图比较麻烦。为了简化作图，一般取轴向简化变形系数 $p=q=r=1$，用这种简化系数作图，三个轴向的尺寸放大了 1/0.82=1.22 倍。如图 6-3（c）所示。比较图 6-3（b）和（c）可知，同一个立体采用不同轴向变形系数时，画出的轴测图立体感不变，只是大小略有所不同。但因轴测图是辅助图样，为画图方便，一般采用简化变形系数作图。本书后面的例题均采用简化变形系数。

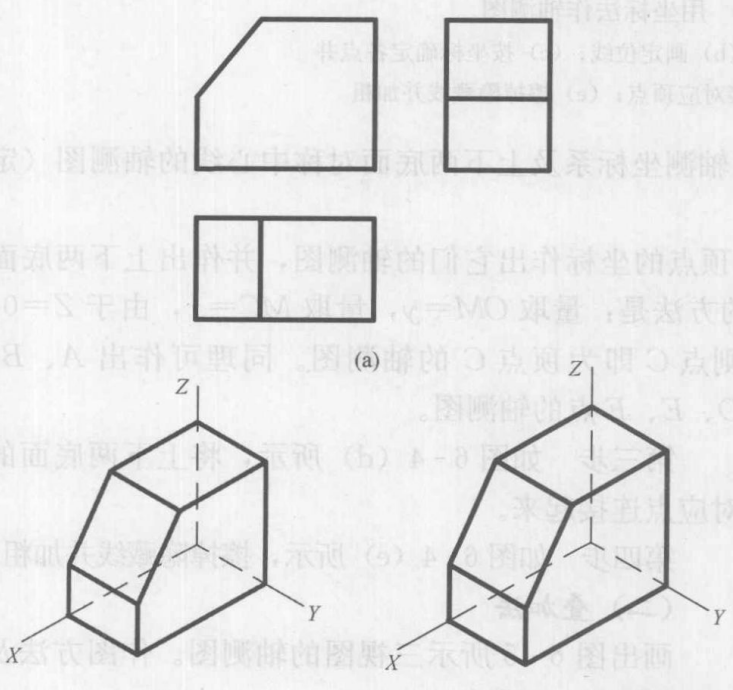


图 6-3 正等测图的轴向变形系数

（a）三视图；（b）$p=q=r=0.82$；（c）$p=q=r=1$

二、平面立体正等测图的画法

平面立体的作图方法根据立体的组合方式不同而不同，一般有叠加法、切割法、坐标法、拉伸法等。下面分别介绍。

（一）坐标法

坐标法是画轴测图的基本方法，对于平面立体，它的作图要点是根据各顶点的坐标分别作出它们的轴测图，然后按顺序将各顶点的轴测图连接起来，即得到立体的轴测图。图 6-4（a）所示为六棱柱的二视图，根据二视图作它的轴测图采用坐标法比较方便，即用坐标法作出各顶点的轴测图，先作出上下两底面，

然后将两底面上的对应顶点连接起来即可。下面是六棱柱轴测图的作图步骤。

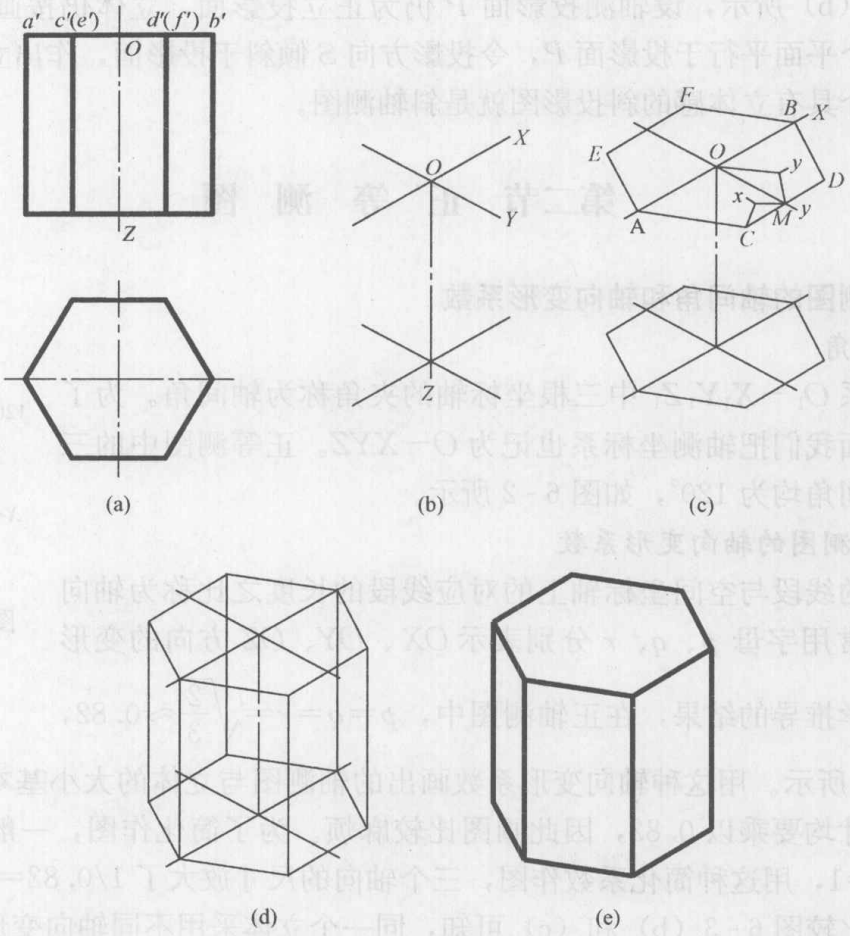


图 6-4　用坐标法作轴测图

（a）六棱柱的二视图；（b）画定位线；（c）按坐标确定各点并画两底面；（d）连接对应顶点；（e）擦掉隐藏线并加粗

第一步　如图 6-4（b）所示，画出轴测坐标系及上下两底面对称中心线的轴测图（定位线）。

第二步　如图 6-4（c）所示，按各顶点的坐标作出它们的轴测图，并作出上下两底面的轴测图。作各顶点（如点 C）轴测图的方法是：量取 $OM=y$，量取 $MC=x$，由于 $Z=0$，则点 C 即为顶点 C 的轴测图。同理可作出 A、B、D、E、F 点的轴测图。

第三步　如图 6-4（d）所示，将上下两底面的对应点连接起来。

第四步　如图 6-4（e）所示，擦掉隐藏线并加粗。

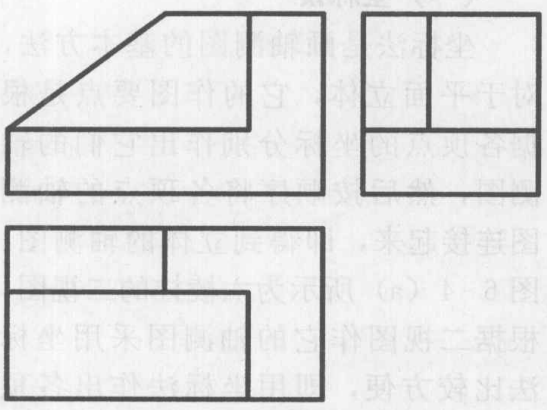


图 6-5　平面立体的三视图

（二）叠加法

画出图 6-5 所示三视图的轴测图。作图方法及步骤如图 6-6 所示。

第一步　如图 6-6（a）所示，此立体可以看作叠加式组合体，它由三个基本体组成，基本体 1

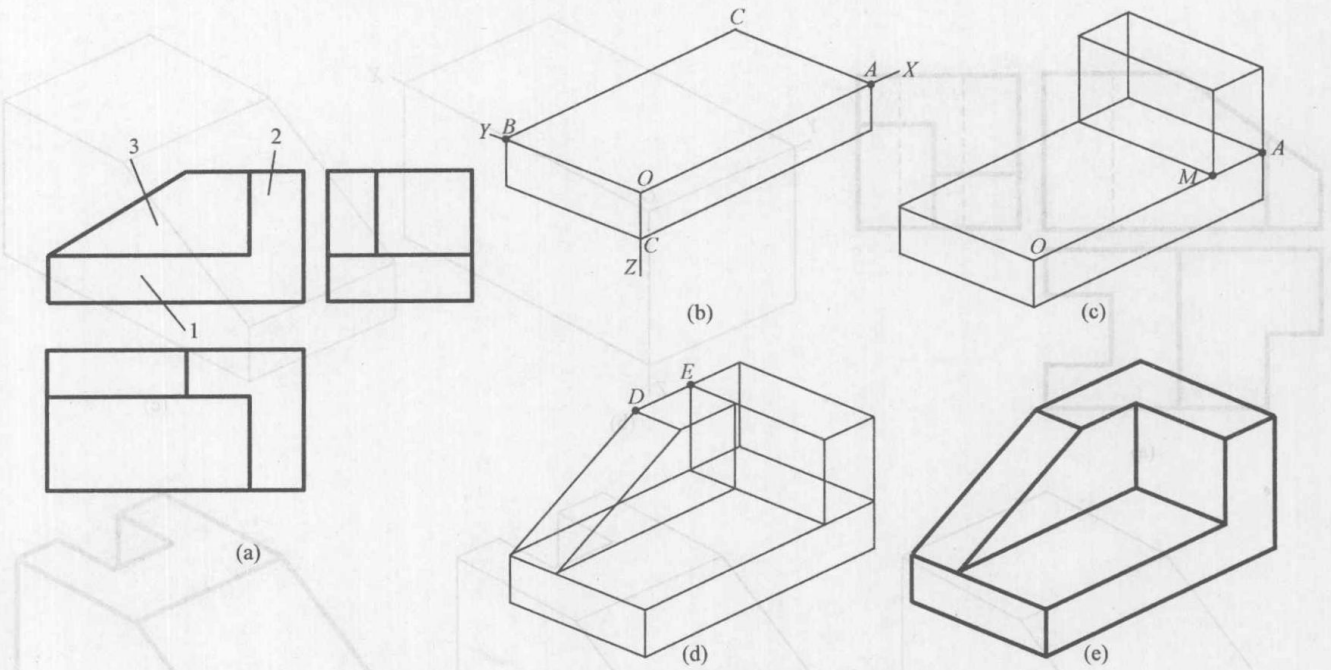


图 6-6 叠加式组合体轴测图的作图步骤

(a) 形体分析；(b) 画基本体 1 的轴测图；(c) 画基本体 2 的轴测图；(d) 画基本体 3 的轴测图；(e) 擦去隐藏线并加粗

和 2 是长方体板，基本体 3 是一块不等腰梯形板，它们都是棱柱体。可按顺序分别作出三个基本体并把它们叠加起来。

第二步 如图 6-6 (b) 所示，作长方体 1 的轴测图。首先画出轴测轴，分别沿 OX、OY、OZ 量取长方体的长、宽、高 OA、OB、OC，过 A、B、C 三点分别作三根轴测轴的平行线，即为所求长方体的轴测图。这种作长方体轴测图的方法是常用的一种方法。

第三步 如图 6-6 (c) 所示，画长方体 2 的轴测图。画图方法与长方体 1 基本相同，注意长方体 2 的位置应以长方体 1 为基准定位，定位点 M 应沿轴向测量，如 OX 方向可从坐标原点 O 量取 OM，也可从右端的点 A 量取 AM。

第四步 如图 6-6 (d) 所示，画基本体 3 的轴测图。注意斜面的画法，在量取尺寸时一定沿轴测轴的方向，如确定 D 点可由长方体 2 的左面向左量取 ED 得到。

第五步 如图 6-6 (e) 所示，擦掉不可见的隐藏线以及其他多余的作图线，最后加粗，即完成作图。

(三) 切割法

画出图 6-7 (a) 所示三视图的轴测图。

分析：由图 6-7 (a) 所示的三视图可知，这是一个切割式组合体，它的原形是一个长方体，左上角被一个正垂面切去一角，左前方用一个正平面和一个侧平面切去一个缺口，右边用两个正平面和一个侧平面切去一个方槽，作轴测图时可先画出长方体，然后按这个切割顺序切去各部分。在画图时，应注意沿轴向量取尺寸。

作图步骤：

第一步 如图 6-7 (b) 所示，确定轴测坐标系并画出长方体。

第二步 如图 6-7 (c) 所示，用正垂面切去左上角。

第三步 如图 6-7 (d) 所示，切去左前方的缺口。

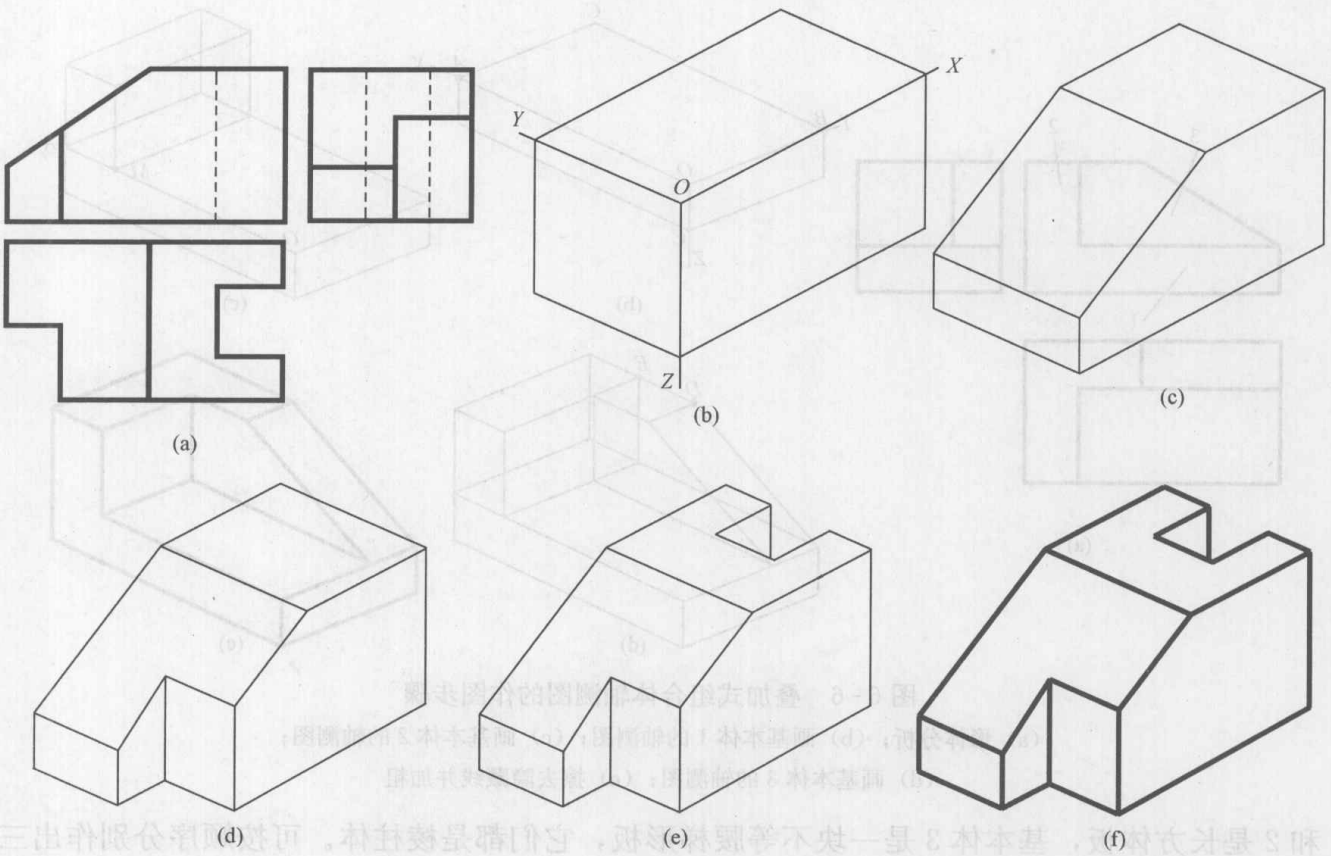


图 6-7 切割式立体轴测图的画图步骤

(a) 切割体的三视图；(b) 画出未切割前的基本体；(c) 切去左上角；(d) 切去左前方缺口；(e) 切去右面方槽；(f) 加粗

第四步 如图 6-7 (e) 所示，切去右边的方槽。

第五步 整理加粗，即得切割体的轴测图 [图 6-7 (f)]。

(四) 拉伸法

当立体（主要为柱体）在某一坐标轴的方向上截面完全一致时，我们可以先画出可见的底面，然后过所画底面上的顶点作出各互相平行的棱线并截取相应的长度，即得另一底面的各顶点，最后将它们按顺序连接起来，这种作轴测图的方法称为拉伸法。如图 6-8 (a) 所示的立体可以看作一个棱柱体，此棱柱的前后两个底面是一个凹多边形。作轴测图时，可先

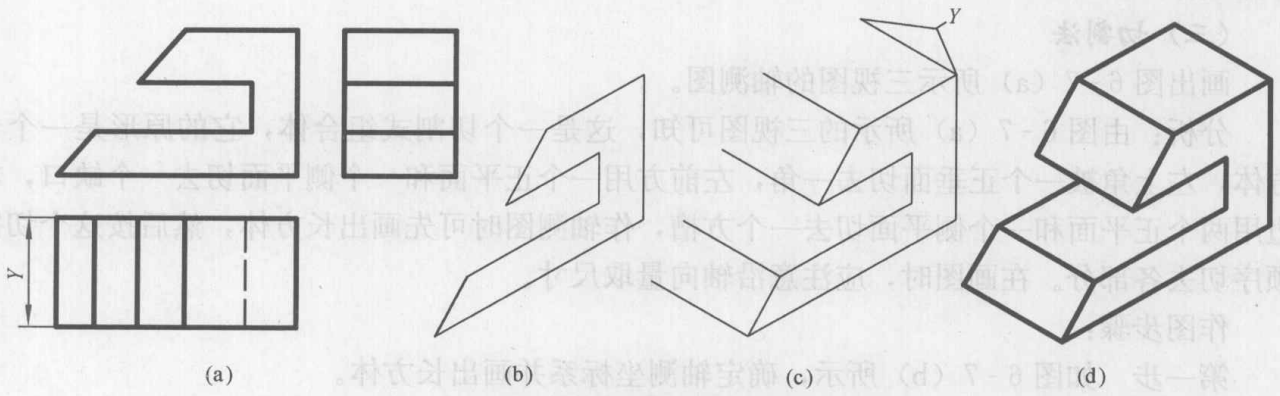


图 6-8 用拉伸法画轴测图

(a) 三视图；(b) 画前面的轴测图；(c) 将各顶点向后拉伸；(d) 连线、消隐、加粗

作出前底面的轴测图，然后向后作各条棱线（拉伸）。作图步骤如下：

第一步　如图 6-8（b）所示，画出前底面的轴测图。

第二步　如图 6-8（c）所示，过前底面的各顶点作出前后方向的各条棱线，即向后拉伸到棱柱的高（图中的 Y），得到后底面的各顶点。

第三步　如图 6-8（d）所示，顺序将后底面的各顶点连接起来并加粗。

三、圆及回转体的轴测图

（一）近似轴测椭圆的画法

圆的正等测图在一般情况下是椭圆。准确作出这种椭圆需要用坐标法，即作出圆上若干个点的轴测图，然后把这些点连成一条光滑曲线，如有些书上介绍的“平行弦法”。在手工作图时，这种方法很麻烦，因此较少采用。为了简化作图，常采用“四心扁圆”近似代替轴测椭圆。即用四段圆弧光滑连接成一个近似椭圆。作平行面圆的近似轴测椭圆—四心扁圆的作图方法和步骤如下（图 6-9）。

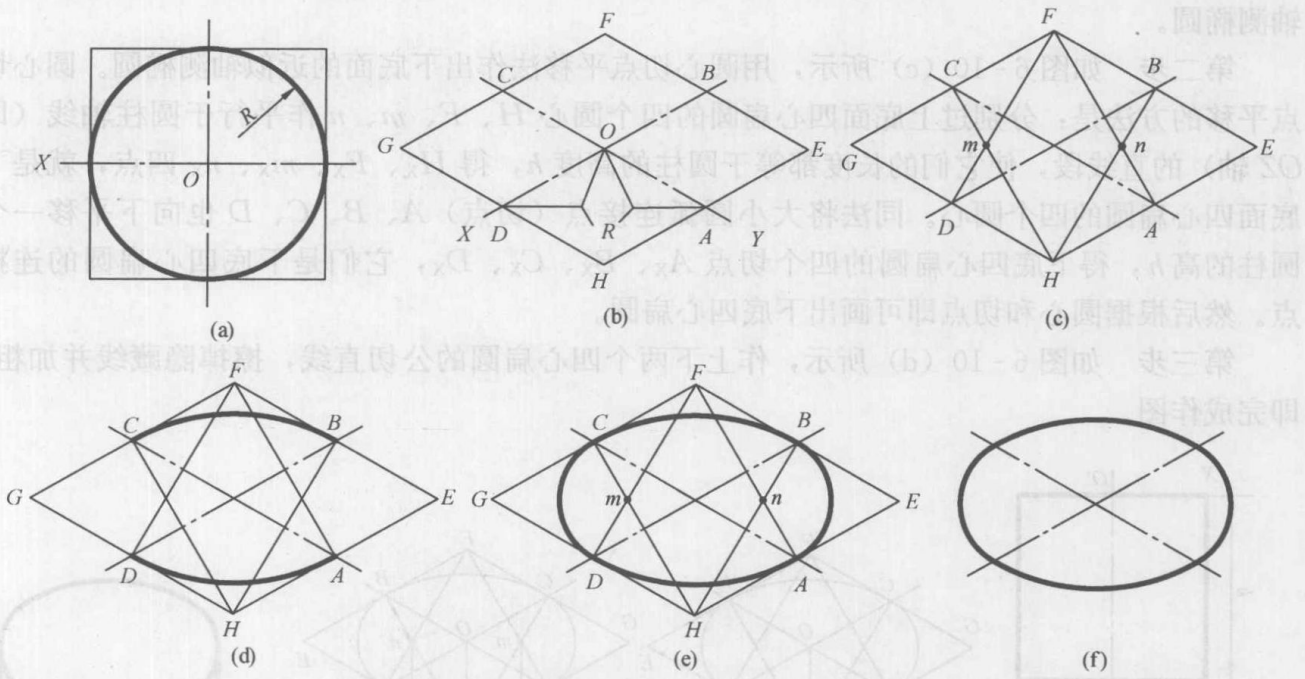


图 6-9　正等测椭圆的近似画法

（a）水平圆的两投影；（b）画轴测轴并作轴测扁圆的外切菱形；（c）求四段圆弧的圆心；（d）画两段大圆弧；（e）画两段小圆弧；（f）擦掉多余作图线并加粗

第一步　如图 6-9（a）所示，作出圆的投影图，图中是一个水平圆的水平投影，并作出该圆的外切正方形（画轴测图时不必画此正方形）。

第二步　如图 6-9（b），画轴测坐标轴，如图中的 OX 和 OY 轴，在轴上截取 $OA=OB=OC=OD=R$（圆的半径），过 A、B、C、D 四点作二轴测轴的平行线，得圆的外切正方形的轴测图—四心扁圆的外切菱形。

第三步　如图 6-9（c）所示，分别连接 HB、HC、FA、FD，得交点 m、n，则 H、F、m、n 四点就是四段圆弧的圆心，$HB=HC=FA=FD$ 是大圆弧的半径，$mC=mD=nA=nB$ 是小圆弧的半径。

第四步　如图 6-9（d）所示，分别以 H、F 为圆心，画出两段大圆弧（为清楚起见，

图中用粗实线画出）。

第五步　如图 6-9（e）所示，分别以 m、n 为圆心，画出两段小圆弧。

第六步　擦掉多余作图线并加粗，即得如图 6-9（f）所示的轴测图。

（二）常见回转体轴测图的画法

圆柱和圆锥轴测图的作法通常是先作出两个底面的轴测图—两个四心扁圆，然后作出它们的公切直线。球的轴测图是一个圆，如采用简化变形系数，则轴测图轮廓圆的半径等于实际半径的 1.22 倍，但只画出这个轮廓圆没有立体感，所以一般画球的轴测图时常用细实线或双点画线画出平行于水平面、正面、侧面三个方向的轮廓圆的轴测图，有时将球剖掉八分之一。

【例 6-1】　如图 6-10（a）所示，根据圆柱的二视图画轴测图。

作图步骤如下：

第一步　如图 6-10（b）所示，画出坐标轴及上下底面的定位线，并画出上底面的近似轴测椭圆。

第二步　如图 6-10（c）所示，用圆心切点平移法作出下底面的近似轴测椭圆。圆心切点平移的方法是：分别过上底面四心扁圆的四个圆心 H、F、m、n 作平行于圆柱轴线（即 OZ 轴）的直线段，使它们的长度都等于圆柱的高度 h，得 H_X、F_X、m_X、n_X 四点，就是下底面四心扁圆的四个圆心。同法将大小圆弧连接点（切点）A、B、C、D 也向下平移一个圆柱的高 h，得下底四心扁圆的四个切点 A_X、B_X、C_X、D_X，它们是下底四心扁圆的连接点。然后根据圆心和切点即可画出下底四心扁圆。

第三步　如图 6-10（d）所示，作上下两个四心扁圆的公切直线，擦掉隐藏线并加粗，即完成作图。

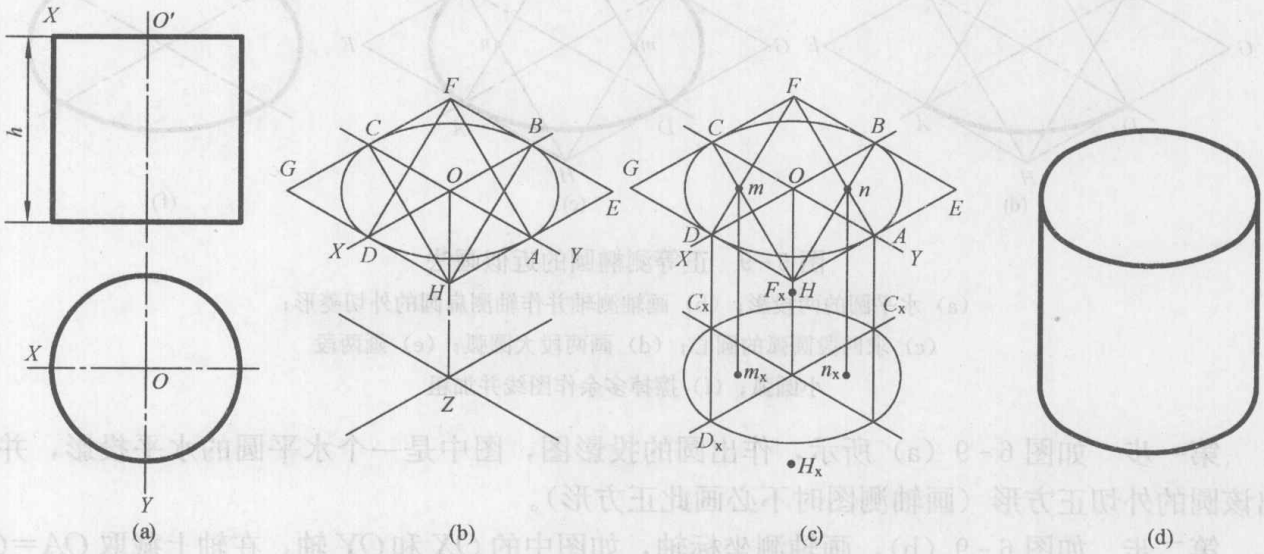


图 6-10　圆柱正等测图的作图步骤

（a）选定坐标系；（b）画轴测坐标系和上底面轴测图；

（c）平移圆心和切点并画下底面轴测图；（d）画外公切线并加粗

图 6-9 介绍了水平面内圆的近似轴测椭圆—四心扁圆的画法，图 6-10 表示出轴线为铅垂线的圆柱的轴测图的画法，这种圆柱的底面是水平圆，水平圆的轴测图四心扁圆由 OX 和 OY 轴确定。正平圆和侧平圆的近似轴测椭圆的画法和水平圆基本相同，在作图时需要注意

的是正平圆和侧平圆的四心扁圆分别由 OX、OZ 和 OY、OZ 轴确定，如图 6-11（a）和图 6-11（b）分别表示轴向变形系数为 0.82 和 1 时的三个方向的四心扁圆的长短轴方向及其画法。图 6-12 所示为三个方向圆柱的形状，当半径相同时，圆柱的形状一样，只是轴线的方向和四心扁圆长短轴的方向不同。值得注意的是，不论圆在哪一个坐标面上，其四心扁圆的短轴方向一定与回转体轴线的轴测图重合。

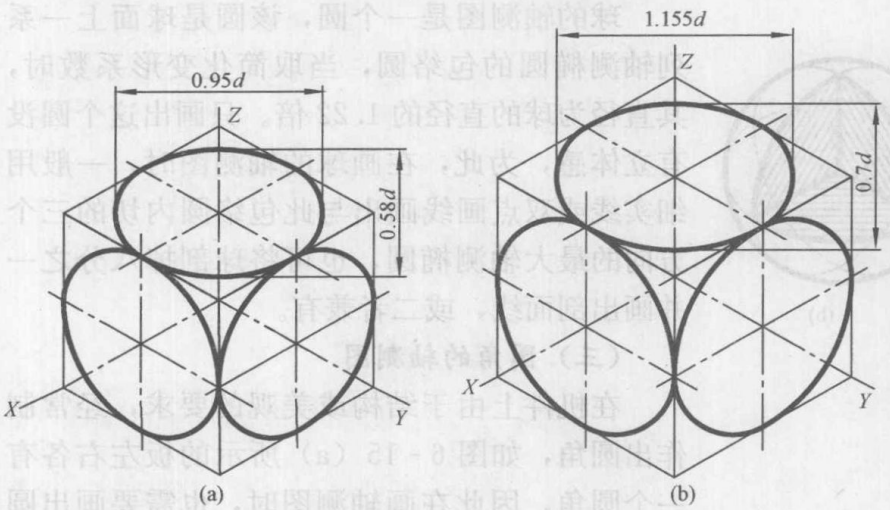


图 6-11　投影面平行面上圆的正等测图

（a）$p=q=r=0.82$；（b）$p=q=r=1$

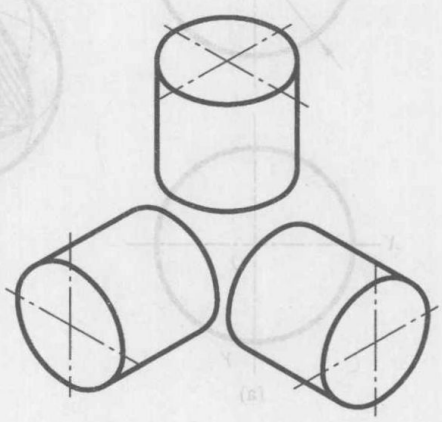


图 6-12　轴线垂直于投影面的圆柱的正等测图

【例 6-2】　如图 6-13 所示，根据圆台的两面投影画它的轴测图。

因圆台的轴线为正垂线，所以前后两底面为平行于正面的圆，其四心扁圆由 OX、OZ 确定，又由于前后两底面大小不同，不能用圆心切点平移法。作图步骤如下：

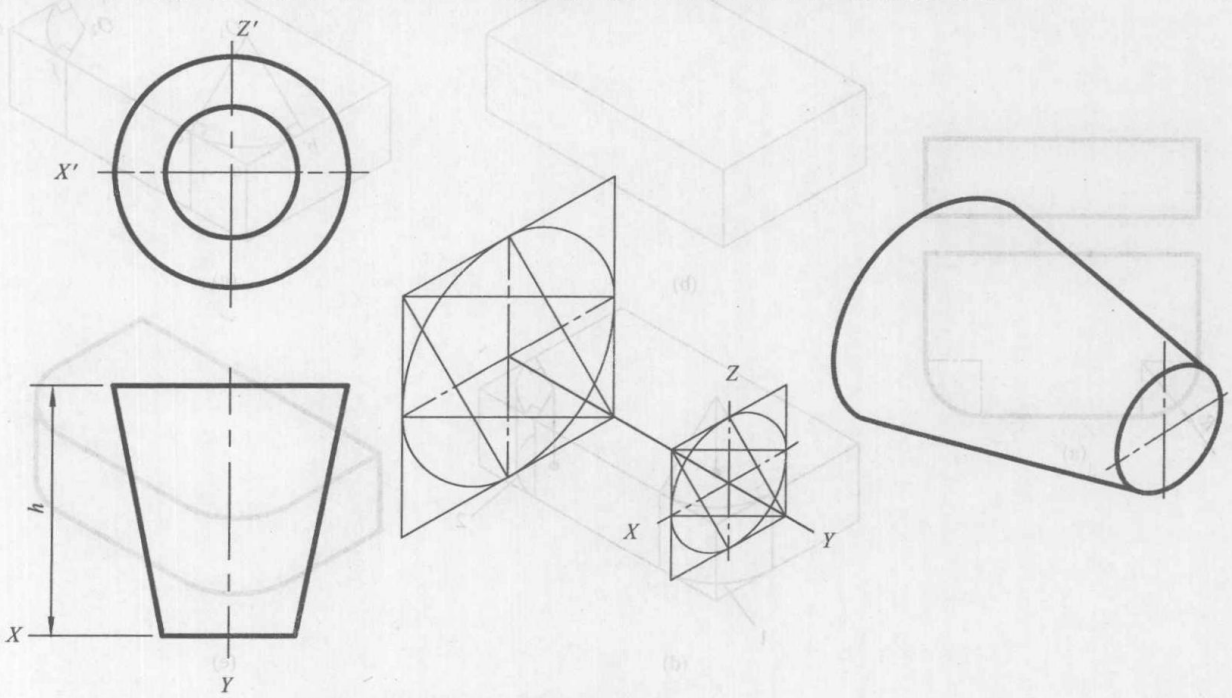


图 6-13　圆台的正等测图

（a）圆台的二视图；（b）画定位线和前后两底面；（c）作公切线消隐并加粗

第一步　如图 6-13（b）所示，画轴测坐标系、圆台定位轴线和前后两底面的轴测图。

第二步　如图 6-13（c）所示，作两四心扁圆的公切直线、消隐并加粗，即完成作图。

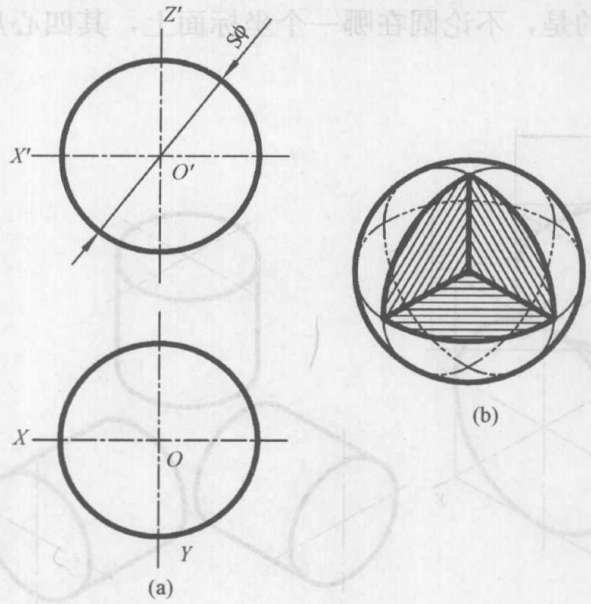


图 6-14　圆球的正等测图

（a）圆球的二视图；（b）圆球的轴测图

【例 6-3】　如图 6-14 所示，根据球的视图画轴测图。

球的轴测图是一个圆，该圆是球面上一系列轴测椭圆的包络圆，当取简化变形系数时，其直径为球的直径的 1.22 倍。只画出这个圆没有立体感，为此，在画球的轴测图时，一般用细实线或双点画线画出与此包络圆内切的三个方向的最大轴测椭圆，也可将球剖掉八分之一并画出剖面线，或二者兼有。

（三）圆角的轴测图

在机件上由于结构或美观的要求，经常制作出圆角，如图 6-15（a）所示的板左右各有一个圆角，因此在画轴测图时，也需要画出圆角的轴测图。圆角是圆柱的一部分，但在画轴测图时采用一种较简单的画图方法用一段圆弧代替，作图步骤如下：

第一步　如图 6-15（b）所示，画出无圆角的矩形板的轴测图。

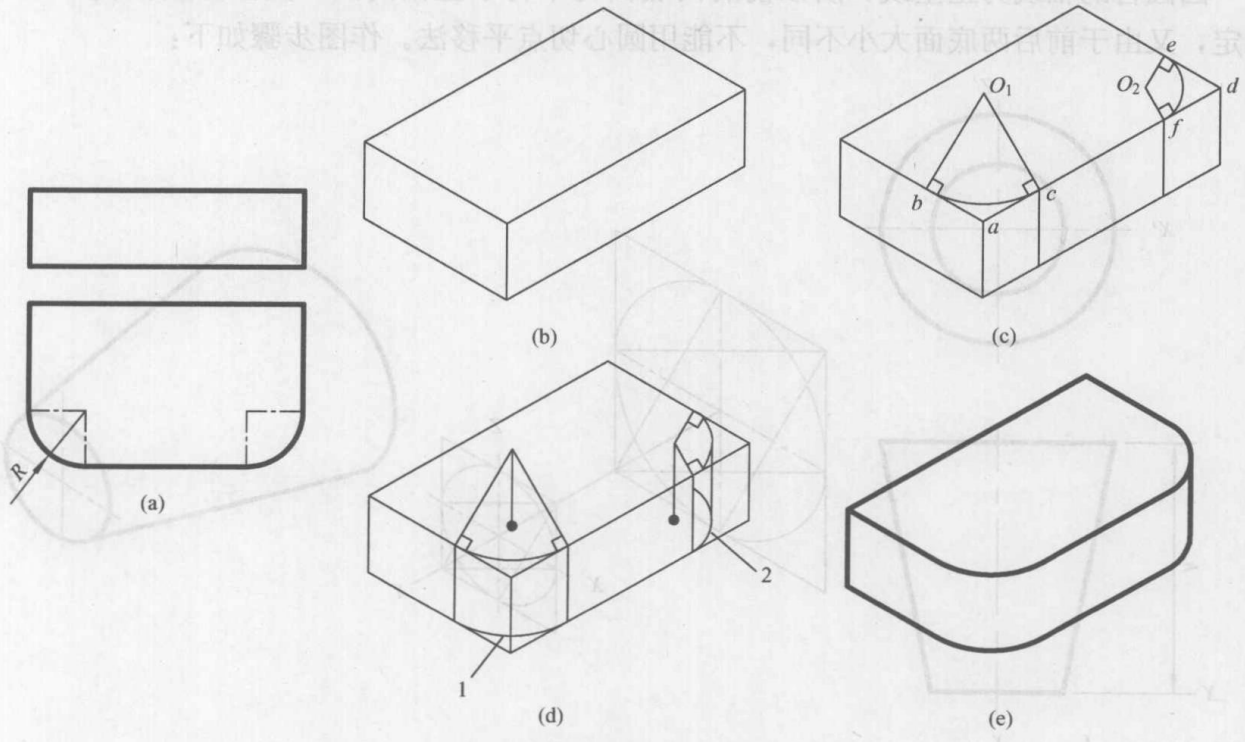


图 6-15　圆角的正等测图

（a）底板的二视图；（b）画长方体的轴测图；（c）画上底面圆角；

（d）画下底面圆角；（e）整理并加粗

第二步　如图 6-15（c）所示，过上底面的顶点 a 量取 $ab=R$（圆角半径）、$ac=R$，得 b、c 两点，过 b、c 分别作所在边的垂线，二垂线的交点 O_1 即为所求圆弧的圆心，以 O_1 为圆心，O_1b 为半径从 b 到 c 作弧，即为上底面圆角的轴测图。

第三步　如图 6-15（d）所示，用圆心切点平移法画出下底面圆角的轴测图，并作两圆弧的公切直线。

第四步　擦掉多余作图线及隐藏线，将可见轮廓线加粗，即完成作图。

【例 6-4】　如图 6-16 所示，根据组合体的二视图画轴测图。

画组合体的轴测图是前面所讲内容的综合运用，因此在画图前首先用形体分析法分析清楚组合体由哪些基本部分组成，然后用相应的画法画出各部分的轴测图。图 6-16（a）所示组合体由底板和支撑板两部分组成，底板上有圆柱孔和圆角，支撑板上部的圆柱面大于四分之一圆柱，因此用画圆柱的方法画图。其他结构按前面所讲方法画图即可。画图步骤如下：

第一步　如图 6-16（b）所示，画底板的正等测图。

第二步　如图 6-16（c）所示，画支撑板及板上孔的正等测图。

第三步　如图 6-16（d）所示，画底板上孔的正等测图。

第四步　如图 6-16（e）所示，整理并加粗。

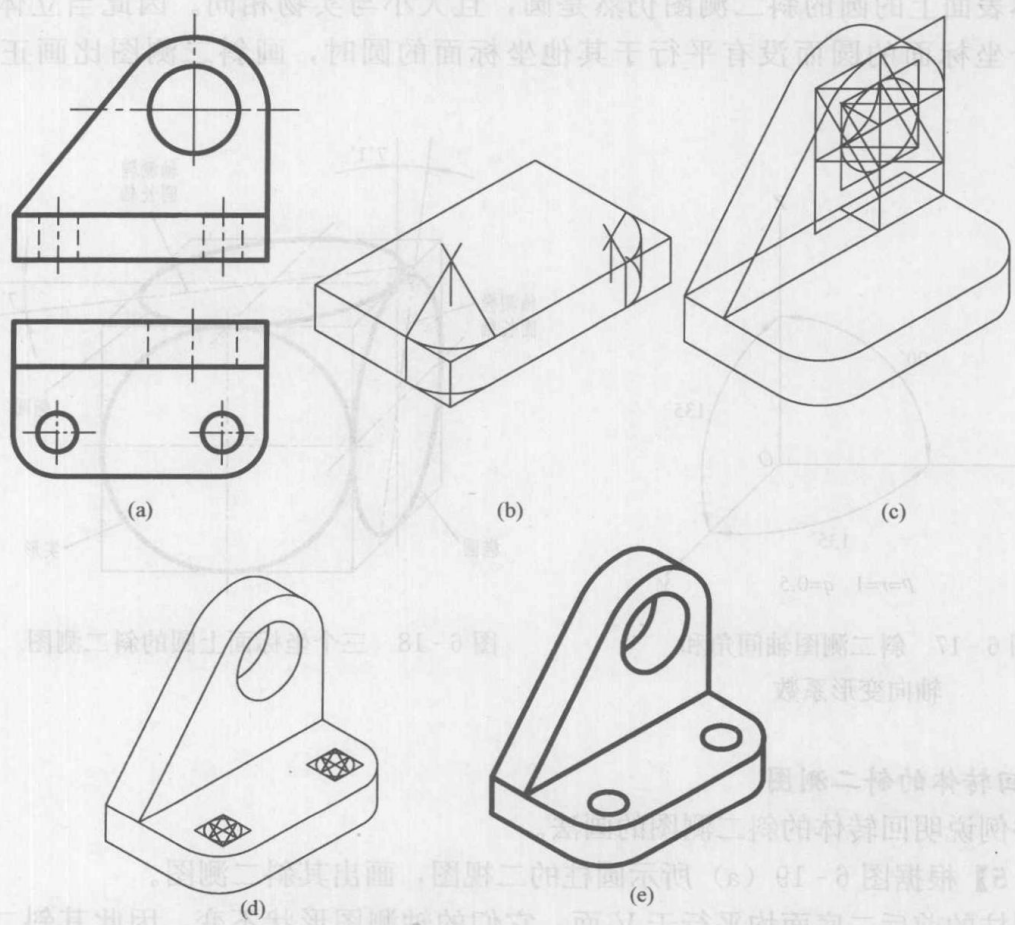


图 6-16　组合体正等测图的画法

（a）组合体二视图；（b）画底板的正等测图；（c）画支撑板及板上孔的正等测图；（d）画底板上孔的正等测图；（e）整理并加粗

第三节 斜二测图

一、斜二测图的轴间角和轴向变形系数

由图6-1（b）可以看出，由于立体对投影面处于特殊位置，即立体上与坐标面$O-XZ$平行的表面平行于轴测投影面P，所以这些表面的轴测图反映实形，即轴测投影轴中的OX和OZ轴仍然互相垂直，且这两根轴测轴方向的轴向变形系数$p=r=1$，如图6-17所示。轴测轴OY的方向和轴向变形系数q可以任意选定。为了作图方便且立体感较强，通常选用特殊角度，如$\angle XOZ=\angle YOZ=135°$，轴向变形系数$q=0.5$。因为这种轴测图由斜投影得到，两个轴向变形系数为1，一个为0.5，所以称为斜二等轴测图，简称斜二测图。

二、斜二测图的画法

（一）平行于坐标面的圆的斜二测图的画法

图6-18所示为平行于坐标面的圆的斜二测图，在XOY和YOZ坐标面上或平行于这两个坐标面上的圆的斜二测图是椭圆，且形状相同，这两种椭圆的长轴与所在面内一根轴测轴的夹角为7°1′，这两种椭圆只能采用取点连线的平行弦法画图，因此在需要画这两个方向的椭圆时，一般采用正等测图而不采用斜二测图。在坐标面XOZ及平行于这个坐标面的立体表面上的圆的斜二测图仍然是圆，且大小与实物相同。因此当立体上有较多平行于一个坐标面的圆而没有平行于其他坐标面的圆时，画斜二测图比画正等测图更简便。

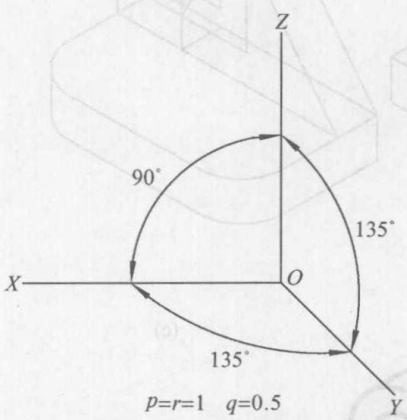


图6-17 斜二测图轴间角和轴向变形系数

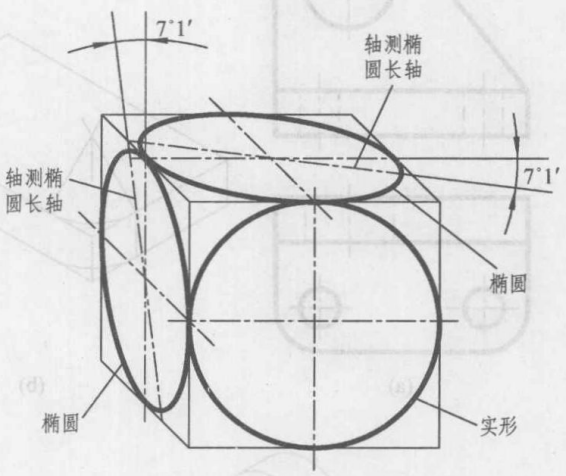


图6-18 三个坐标面上圆的斜二测图

（二）回转体的斜二测图

下面举例说明回转体的斜二测图的画法。

【例6-5】根据图6-19（a）所示圆柱的二视图，画出其斜二测图。

由于圆柱的前后二底面均平行于V面，它们的轴测图形状不变，因此其斜二测图只需画出两底圆，然后作公切线即可。作图步骤如下：

第一步 画出圆柱前后两底圆的对称中心线、轴线及两底圆的轴测图。

第二步 作两底圆的公切直线。

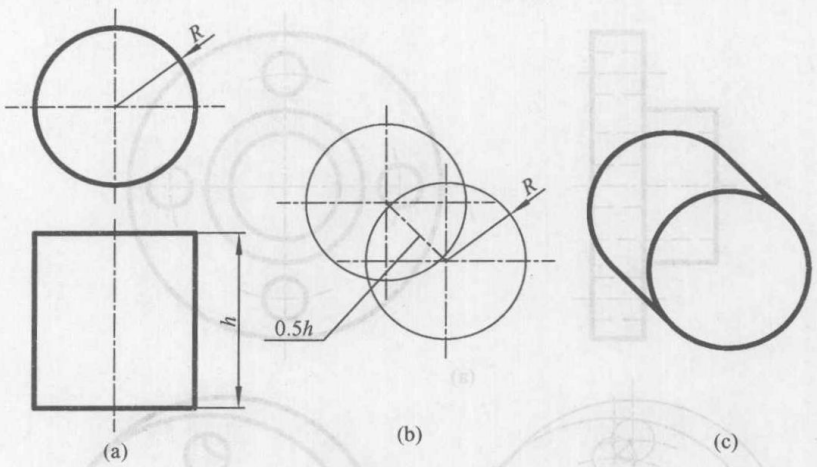


图 6-19 圆柱斜二测图的画法

(a) 圆柱的二视图；(b) 画轴测轴及前后两底圆；

(c) 作两圆的公切线并加粗

第三步 擦掉隐藏线并加粗。

【例 6-6】 根据图 6-20 (a) 所示圆锥台的二视图，画出其斜二测图。画法同上面的圆柱，作图步骤如图所示。

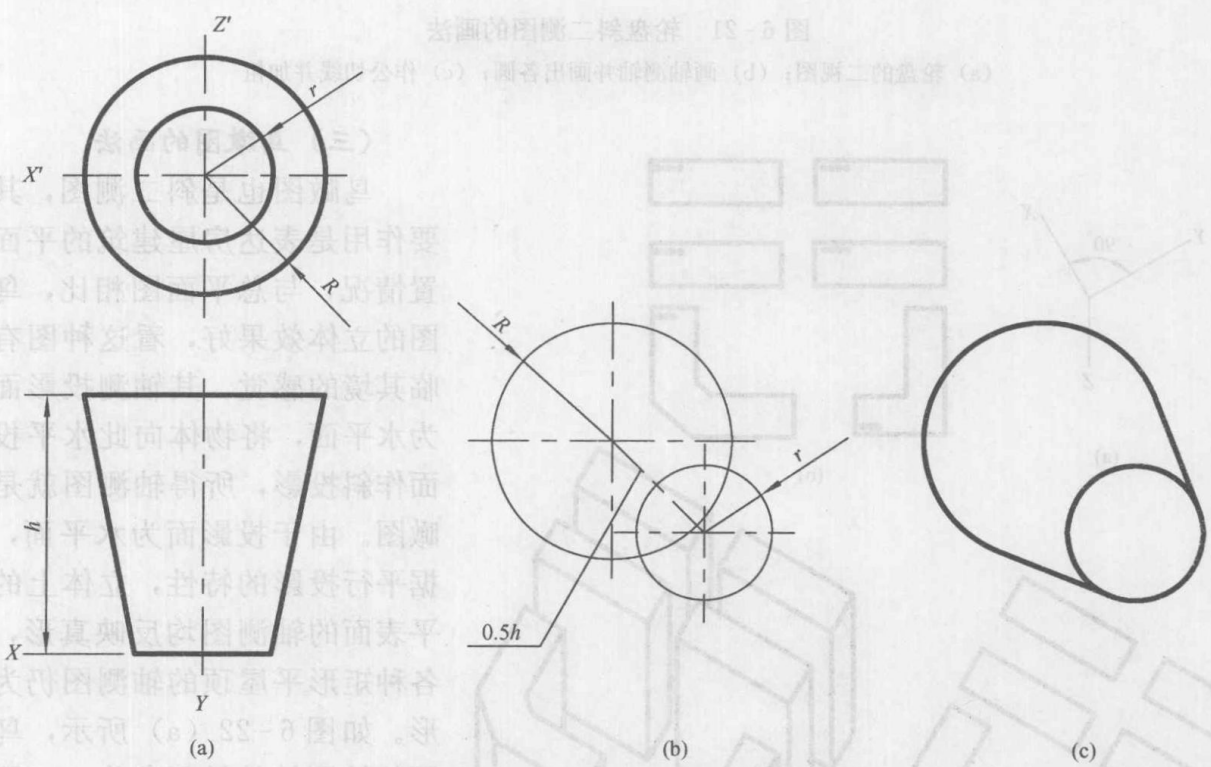


图 6-20 圆锥台斜二测图的画法

(a) 圆锥台的二视图；(b) 画轴测轴及前后两底圆；

(c) 画两圆的公切线并加粗

【例 6-7】 根据图 6-21 (a) 所示轮盘的二视图，画出其斜二测图。

这个轮盘的主体结构由两个圆柱组成，其中间有一个大圆孔，在圆盘的周围有四个孔，由图可知，圆盘上所有的圆都平行于侧面。因此画斜二测图比较方便。作图步骤如图 6-21 所示。

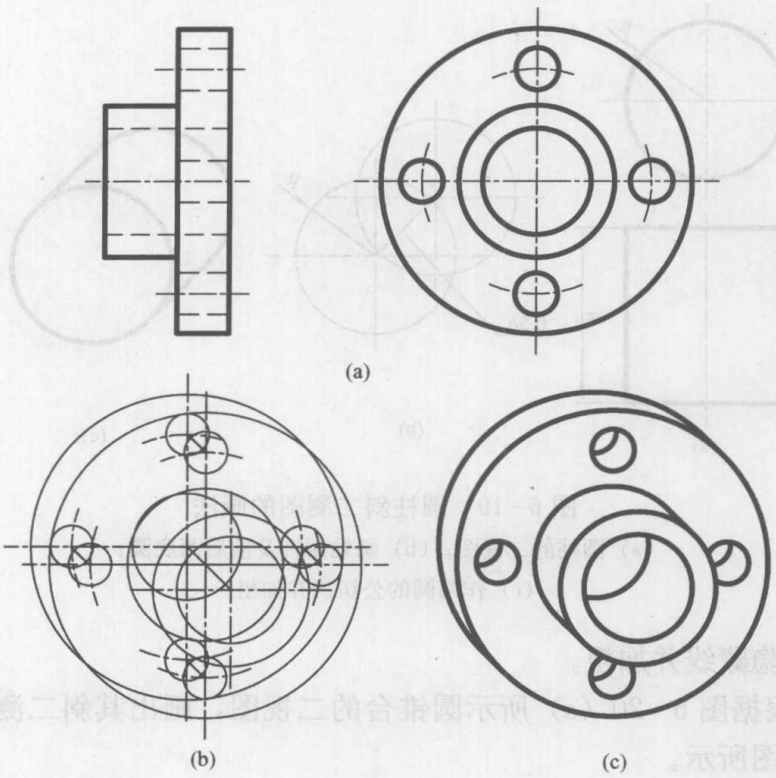


图 6-21 轮盘斜二测图的画法

(a) 轮盘的二视图；(b) 画轴测轴并画出各圆；(c) 作公切线并加粗

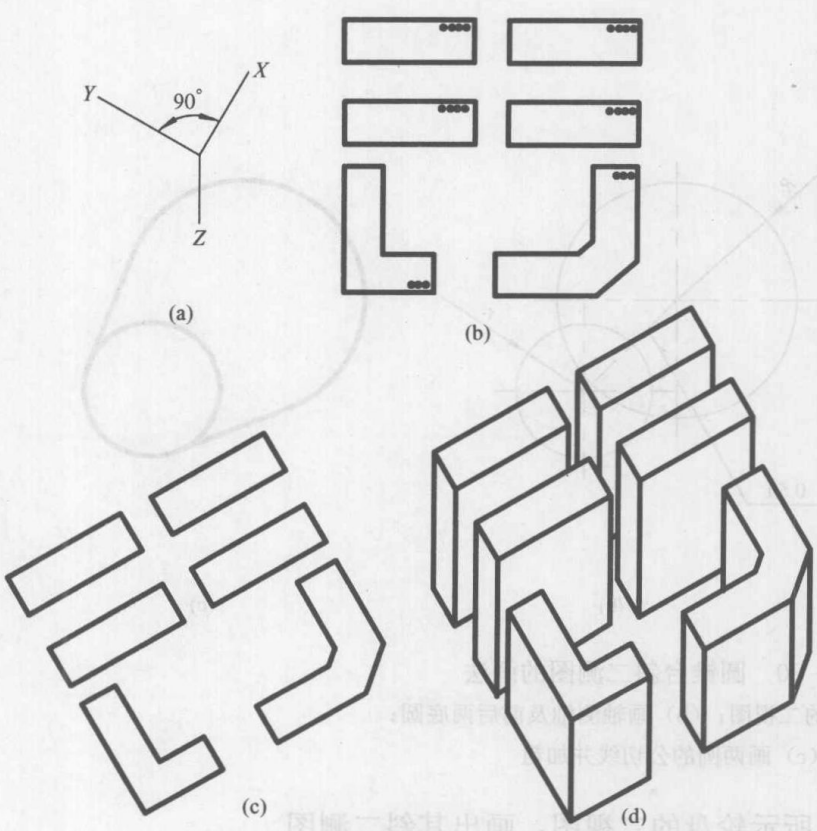


图 6-22 鸟瞰图

(a) 轴测轴；(b) 平面图；(c) 旋转后的平面图；(d) 鸟瞰图

(三) 鸟瞰图的画法

鸟瞰图也是斜二测图，其主要作用是表达房屋建筑的平面布置情况，与总平面图相比，鸟瞰图的立体效果好，看这种图有身临其境的感觉。其轴测投影面设为水平面，将物体向此水平投影面作斜投影，所得轴测图就是鸟瞰图。由于投影面为水平面，根据平行投影的特性，立体上的水平表面的轴测图均反映真形，如各种矩形平屋顶的轴测图仍为矩形。如图 6-22 (a) 所示，鸟瞰图的轴测轴的轴间角为：$\angle XOY=90°$，$\angle YOZ$ 和 $\angle XOZ$ 的角度可根据效果确定，没有固定的数值。轴向变形系数 $p=q=1$，$r=0.5$。例如已知图 6-22 (b) 的平面图，画鸟瞰图的步骤为：先将平面图旋转一个合适的角度（理

论上讲任意角度都可以），并画出旋转后的平面图，如图 6-22（c）所示，然后根据建筑物的高度按比例和 Z 轴方向的轴向变形系数画出轴测图，就是所求的鸟瞰图，如图 6-22（d）所示。

思 考 题

1. 试述轴测图的形成。
2. 轴测图的投影特性是什么？与多面投影图有哪些异同点？
3. 正等轴测图、斜二轴测图的轴向伸缩系数和轴间角各是多少？
4. 斜二轴测图的主要优点是什么？
5. 如何采用四心扁圆法画平行于各坐标面的圆的正等轴测图？

第七章　机件的表达方法

机件（包括零件、部件和机器）的形状结构是多种多样的，有时还相当复杂，前面所讲的三视图往往不能满足要求。为了能够使图形完整清晰地表达机件的形状和结构，方便画图和读图，《技术制图与机械制图》国家标准在图样画法中规定了机件的各种表达方法。本章介绍常用的一些表达方法。

第一节　视　图

视图主要用于表达机件的外部形状，在表达清楚的前提下可以只画出机件的可见部分，必要时才画出其不可见部分。

一、基本视图

当机件的形状比较复杂，仅用主、俯、左三个视图表达不清楚时，图样画法规定，在原有三个投影面的基础上，增加三个投影面，即把六面体的六个面作为基本投影面，从机件的前、后、左、右、上、下六个方向向六个基本投影面投影，所得的六个视图称为基本视图。除主、俯、左三个视图外，还有仰视图、右视图和后视图，如图 7 - 1 所示。其中仰视图是从下向上投影所得的视图；右视图是从右向左投影所得的视图；后视图是从后向前投影所得的视图。

投影面展开的规定是，V 面不动，其他投影面按图 7 - 2 所示的方向旋转与 V 面重合在同一平面。展开后各视图的配置如图 7 - 3 所示。国家标准规定，按此位置配置时，不标注各视图的名称。在画图和读图时，应注意下面几个问题。

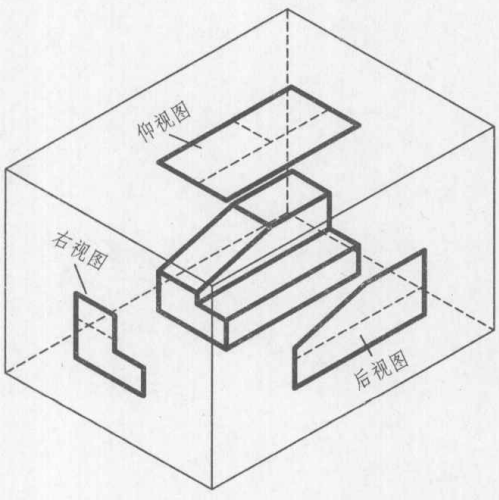


图 7 - 1　右、后、仰视图的形成

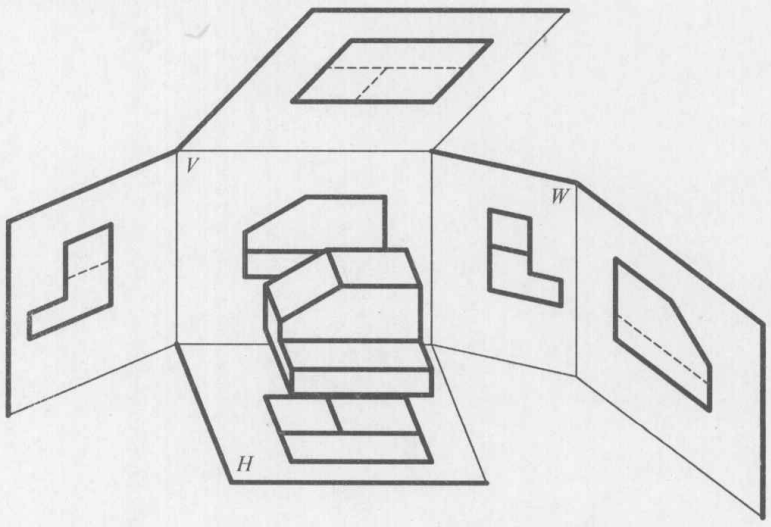


图 7 - 2　六个基本投影面的展开

（1）六个基本视图的尺寸关系仍然是“长对正、高平齐、宽相等”，其中主视、俯视、仰视三个视图长对正，同时它们与后视图长度相等；主视、左视、右视和后视四个视图高平

齐；俯视、左视、仰视和右视四个视图宽相等。

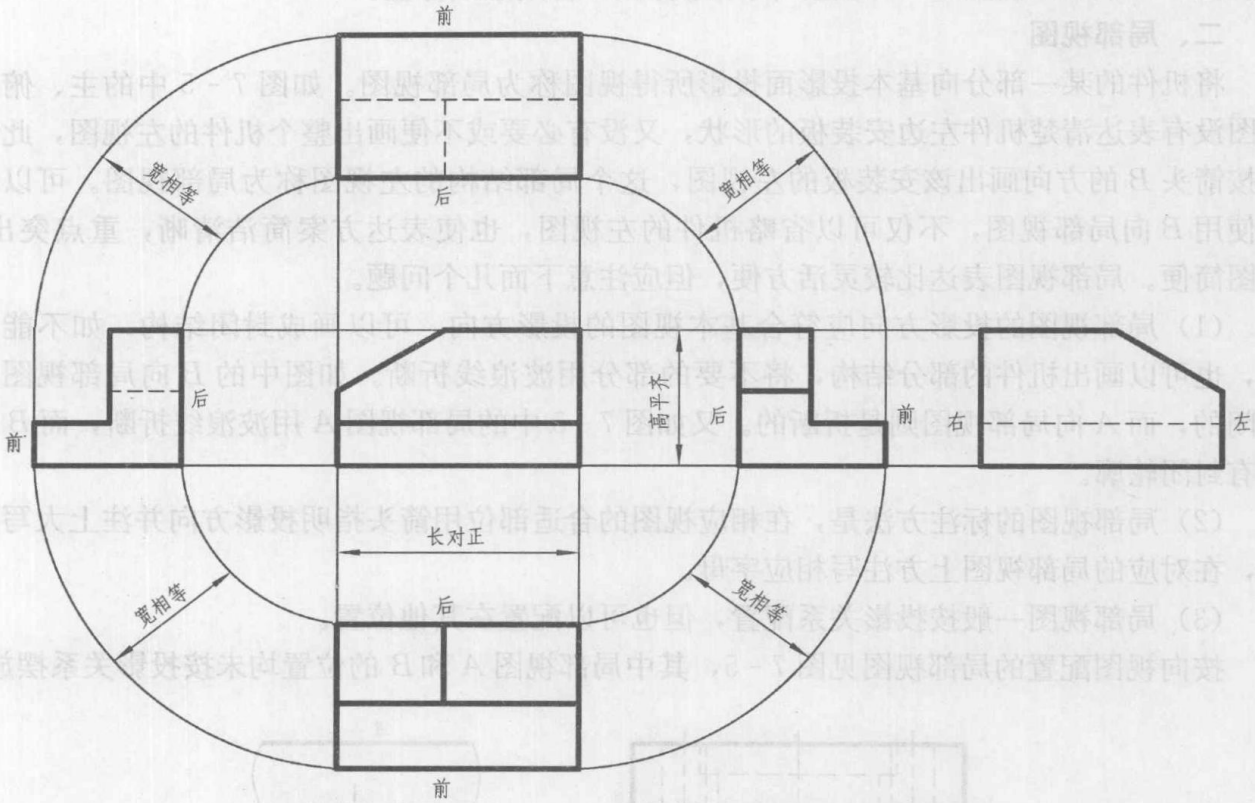


图 7 - 3　六个基本视图的配置

（2）视图间的方位关系要特别注意左、右、俯、仰四个视图，它们**距主视图近的一侧都反映机件的后面，远的一侧都反映机件的前面。**另外，后视图的左、右分别表示机件的右面和左面。

（3）如果不按图 7 - 3 的位置配置各视图时，可按向视图配置，但必须予以标注。标注的方法如图 7 - 4 所示，在相应视图的部位用箭头指明投影方向并注上大写字母，在对应视图的上方标注相应字母，如图 7 - 4 所示，*A* 是右视图、*B* 是仰视图、*C* 是后视图。

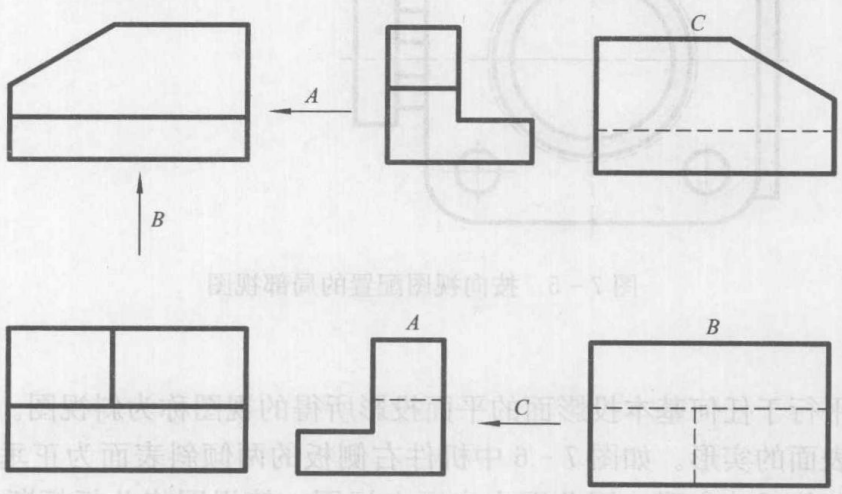


图 7 - 4　按向视图配置时的标注方法

(4) 在实际使用时，正好选用六个基本视图的情况很少，但可以根据需要选用其中的几个视图，如果视图按图 7 - 3 配置，则不用标注，否则必须标注。

二、局部视图

将机件的某一部分向基本投影面投影所得视图称为局部视图。如图 7 - 5 中的主、俯两视图没有表达清楚机件左边安装板的形状，又没有必要或不便画出整个机件的左视图，此时可按箭头 B 的方向画出该安装板的左视图，这个局部结构的左视图称为局部视图。可以看出使用 B 向局部视图，不仅可以省略机件的左视图，也使表达方案简洁清晰，重点突出，画图简便。局部视图表达比较灵活方便，但应注意下面几个问题。

(1) 局部视图的投影方向应符合基本视图的投影方向，可以画成封闭结构，如不能封闭，也可以画出机件的部分结构，将不要的部分用波浪线折断。如图中的 B 向局部视图是封闭的，而 A 向局部视图则是折断的。又如图 7 - 5 中的局部视图 A 用波浪线折断，而 B 则具有封闭轮廓。

(2) 局部视图的标注方法是，在相应视图的合适部位用箭头指明投影方向并注上大写字母，在对应的局部视图上方注写相应字母。

(3) 局部视图一般按投影关系配置，但也可以配置在其他位置。

按向视图配置的局部视图见图 7 - 5，其中局部视图 A 和 B 的位置均未按投影关系摆放。

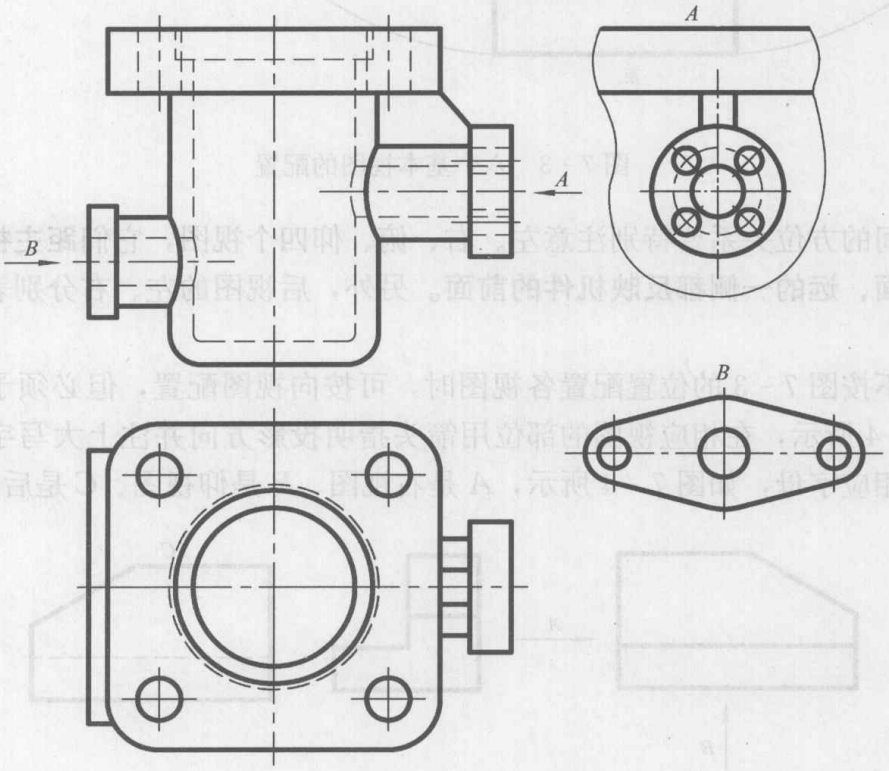


图 7 - 5 按向视图配置的局部视图

三、斜视图

当机件向不平行于任何基本投影面的平面投影所得的视图称为斜视图。斜视图用于表达机件上倾斜结构表面的实形。如图 7 - 6 中机件右侧板的两倾斜表面为正垂面，在俯视图或左视图上它们都不能反映实形，因此图中未画左视图，俯视图将此板折断。沿箭头 C 所指的方向向与箭头垂直的斜投影面 P 上投影所得的视图即为斜视图，如图中的 C 向视图。斜

视图的投影面按换面法的规定展开。斜视图是局部倾斜结构的视图，一般按投影关系配置，并用箭头加注大写字母表示投影方向，在斜视图的上方注出相应字母（图 7 - 6 “*C*”），必要时也可以配置在其他适当位置。在不致引起误解时，允许将图形旋转，标注形式为“×⌒”，如图 7 - 6 中的“*C*⌒”，箭头表示图形旋转的方向。

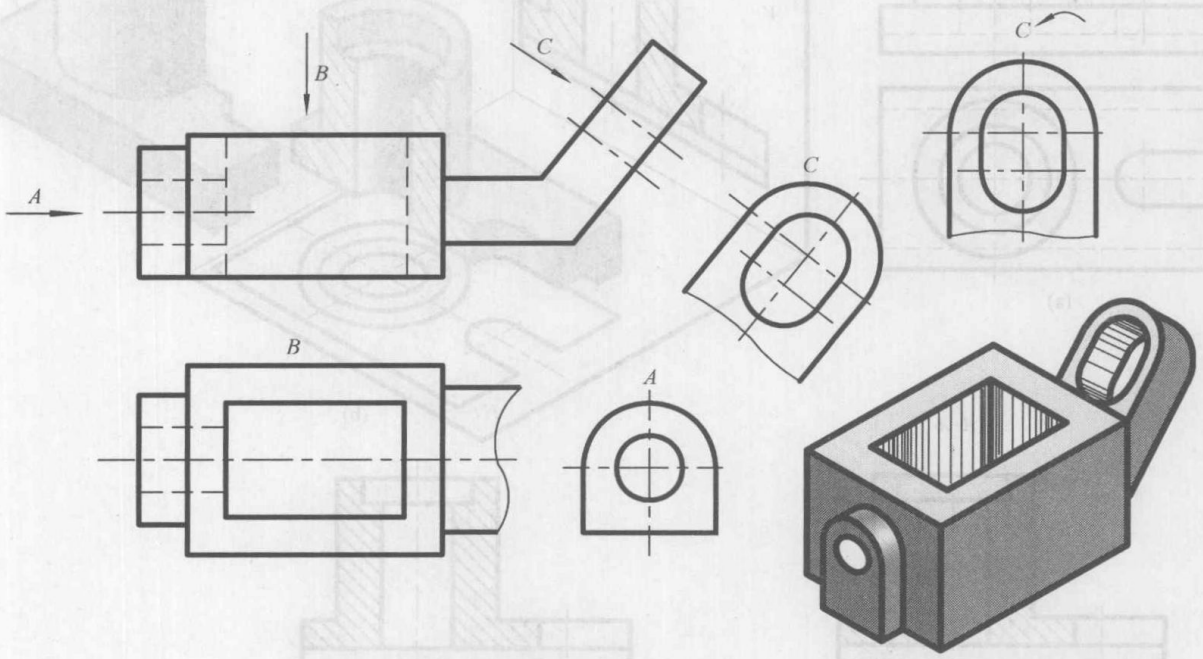


图 7 - 6　局部视图和斜视图

第二节　剖　视　图

在视图中，不可见的内部结构用虚线表示，当内部结构比较复杂时，虚线太多影响图形的清晰，造成画图、读图的困难，如图 7 - 7（a）的主视图所示。为此国标图样画法规定用剖视图表达机件内部结构的形状。

一、剖视图的基本概念

如图 7 - 7（b）所示，假想用剖切面剖开机件，将处在观察者和剖切面之间的部分移去，而将其余的部分向投影面投影，并将剖切到的实体部分的断面轮廓内画上剖面符号，所得的视图称为剖视图，简称剖视。由于剖切后的内部轮廓变为可见而画成粗实线，因而图形清晰，便于画图和读图。

二、剖视图的画法

（一）剖视图的画图步骤

如图 7 - 7（b）～（d）所示：

（1）确定剖切平面的位置。一般用投影面平行面作为剖切平面，这样可使剖切后的内部结构反映实形。还需使剖切平面通过机件孔、槽的轴线或机件的对称平面。

（2）画剖视图的轮廓。用粗实线画出剖切平面剖切机件实体所得截断面的轮廓和剖切平面后面结构的可见轮廓。

（3）画剖面符号。在剖视图中，剖切平面与机件实体相交的部分称为断面，断面的投影

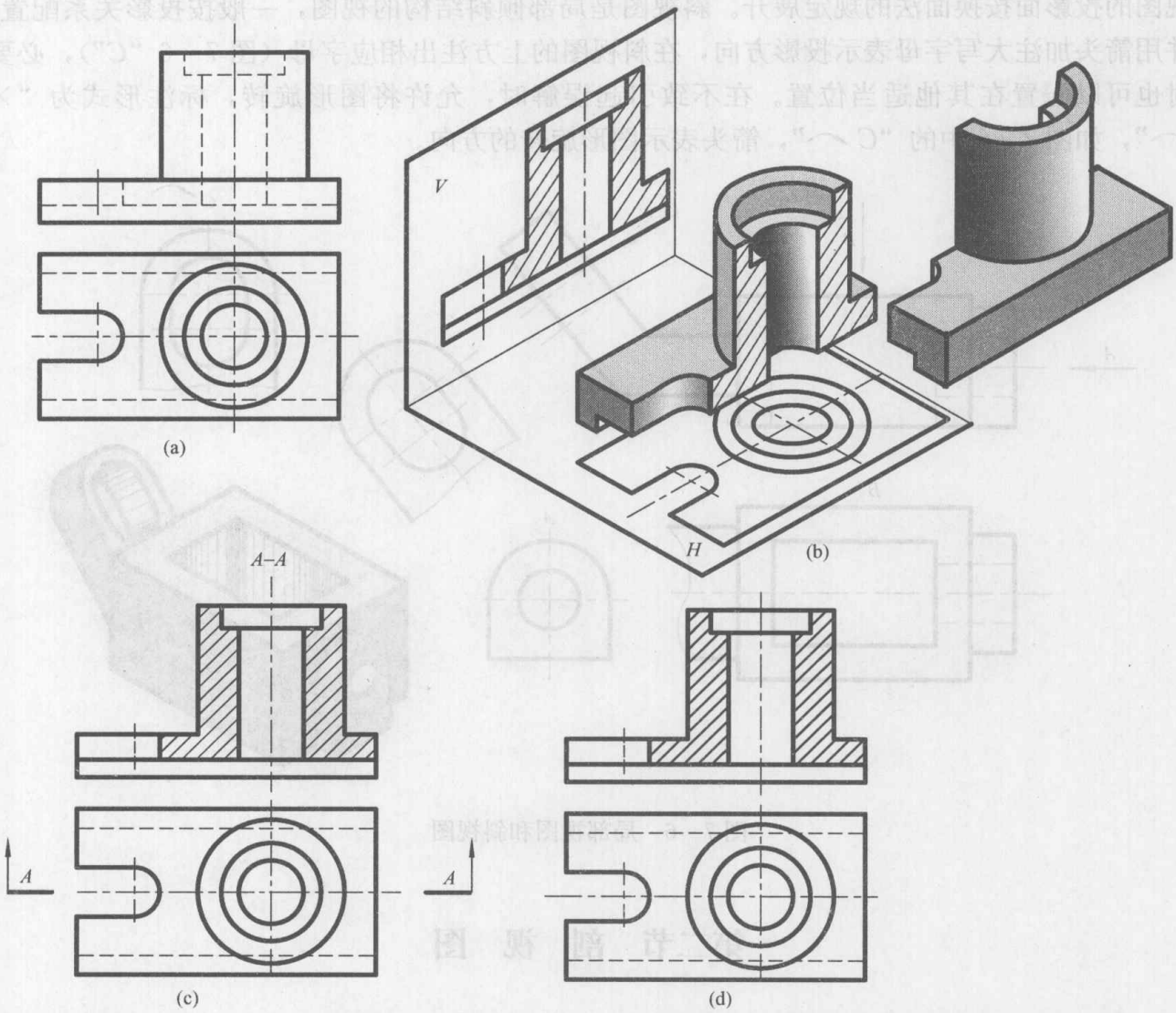


图 7 - 7 剖视图的概念

(a) 机件的主俯视图；(b) 剖视图的概念；(c) 剖视图的画法和标注；(d) 剖视图

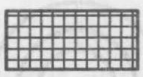
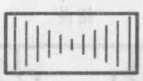
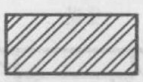
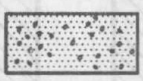
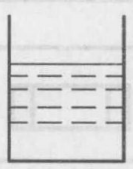
称为剖面。国家标准规定，剖面内应画剖面符号。各种材料的剖面符号如表 7 - 1 所示。金属材料的剖面符号应画成与水平成 45°的等距细实线（称为剖面线）。同一机件各视图中的剖面线方向和间隔应当一致。当某一剖视图的主要轮廓与水平成 45°时，其剖面线应画成与水平成 30°或 60°，但二者的倾斜趋势应相同，其余图的剖面线方向仍为 45°。

(4) 剖视图的标注。为了便于找出剖视图与其他视图的投影关系，一般应在相应的视图上用剖切符号表示剖切平面的位置，用箭头指明投影方向，并注上大写字母；在剖视图的上方注出相应字母“×－×”，即剖视图的名称，如图 7 - 7 (c) 中的“A—A”。剖切符号用断开的粗实线表示，线宽为 1～1.5b (b 为粗实线线宽)，线长约为 5～10mm，剖切符号尽可能不与图形的轮廓线相交。

当剖切平面通过机件的对称平面或基本对称平面，且剖视图按投影关系配置，中间又没有其他视图隔开时，可省略标注，如图 7 - 7 (d) 所示。

当剖视图按投影关系配置，中间又没有其他图形隔开时，可以省略箭头，如图 7 - 10 所示。

表 7-1　　各种材料的剖面符号

各种金属材料（已有规定剖面符号者除外）			型砂、填砂、砂轮、粉末冶金、陶瓷刀片、硬质合金刀片		
木制胶合板（不分层数）			塑料、橡胶、油毡等非金属材料（已有剖面符号者除外）		
线圈绕组元件			玻璃及供观察用的其他透明材料		
基础周围的泥土			钢筋混凝土		
转子、电枢、变压器和电抗器等的叠钢片			砖		
混凝土			格网		
木材	纵剖面		液体		
	横剖面				

（二）画剖视图应注意的几个问题

（1）剖切平面必须垂直于投影面（平行面或垂直面）。

（2）因剖切平面是假想的，因此一个视图画成剖视图后，其他视图仍按完整的机件画出。

（3）剖视图中必须画出剖切面后面可见部分的全部投影，切不可漏画台阶面或内表面交线的投影。这些投影又称**孔后线**，有无孔后线，取决于机件的结构。常见孔后线的正误对照如图 7-8 所示。

（4）采用剖视图后，机件的内部结构已表达清楚，该部分结构的其他视图中的虚线可以省略。但如果有些结构表达不清楚时，仍应画出虚线，如图 7-9 所示。

（5）同一物体各剖视图的剖面线的方向和间隔应一致。

（6）剖视图可按基本视图的规定配置。必要时允许配置在其他适当位置。

三、剖视图的种类

图样画法标准中将剖视图分为三类：

（一）全剖视图

用剖切平面完全的剖开机件所得的剖视图称为全剖视图。图 7-7 中的主视图、图 7-10 中的俯视和左视图都是用单一剖切平面剖切机件画出的全剖视图。全剖视图用于外形比较简单，内部形状比较复杂的不对称机件。在图 7-10 中，连接底板和圆筒的肋板在左视图中没有画剖面线，这是国标的一项重要规定，即当肋在纵剖时（剖切平面通过肋的对称平面）不画剖面线，但横剖时（剖切平面垂直肋的对称平面）必须画出剖面线，如图 7-10 中的俯视图所示。

剖视图中的常见错误如图 7-11 所示：

（1）同一机件几个剖视图中剖面线的方向不同。

（2）同一机件几个剖视图中剖面线的间隔不同。

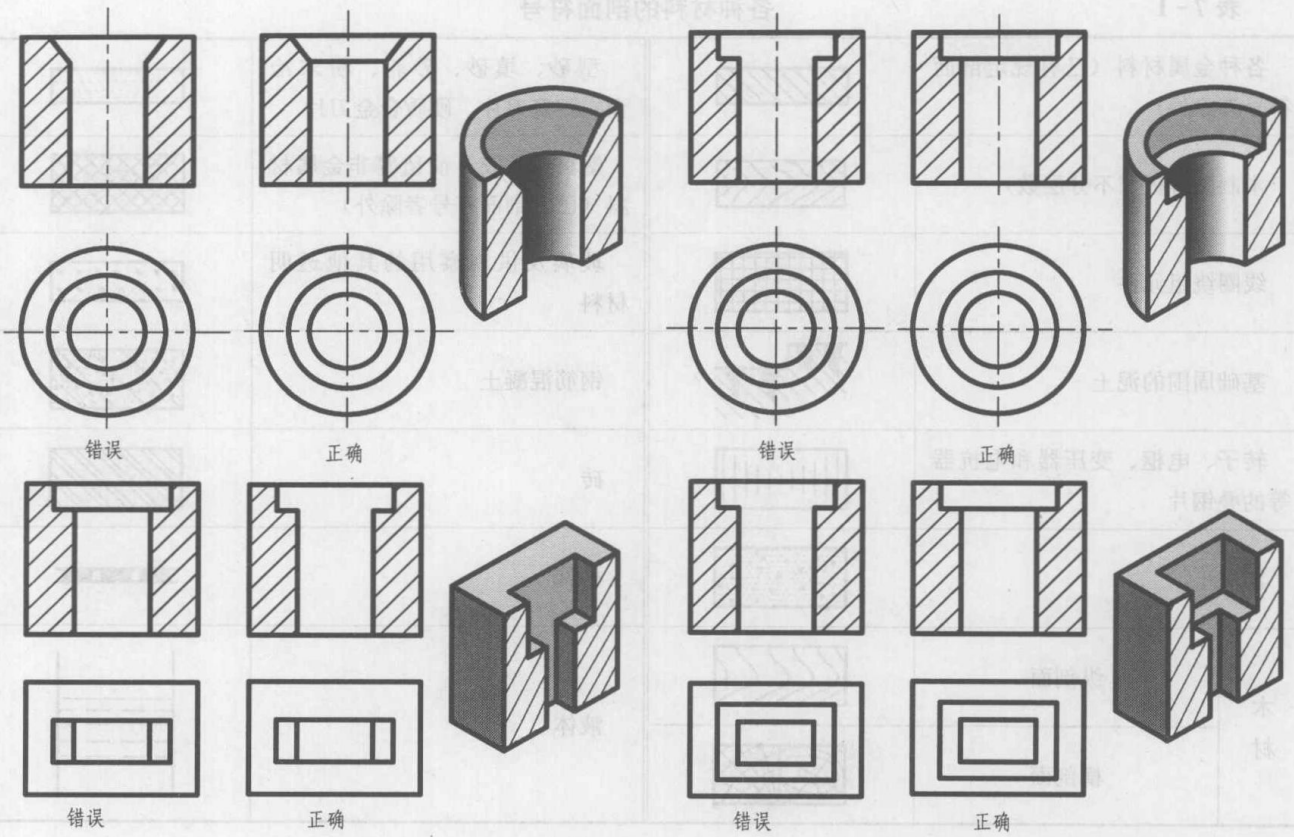


图 7-8 剖视图中孔后线的正误对照

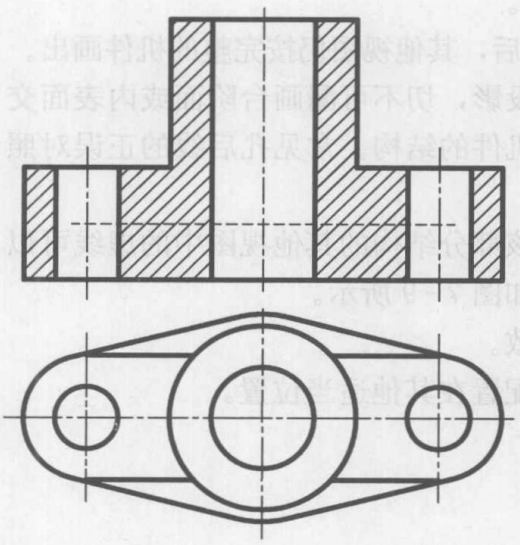


图 7-9 不能省略虚线的情况举例

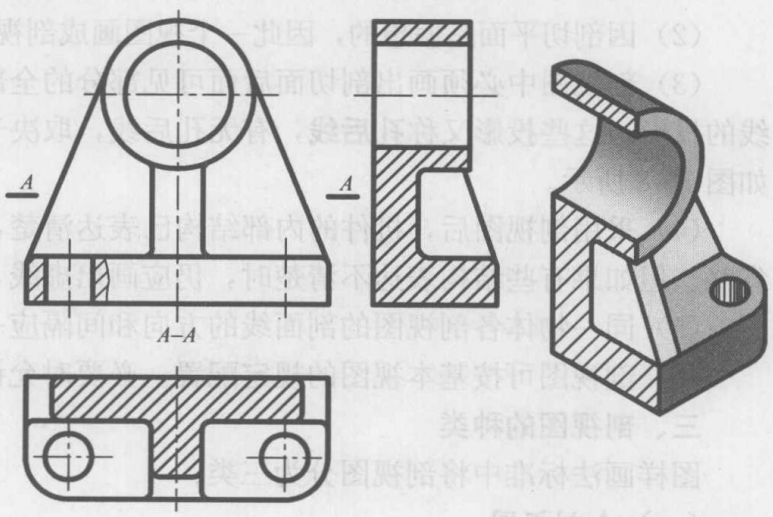


图 7-10 滑动轴承的全剖视图和肋的规定画法

(3) 肋被剖切后与主体结构的分界线应在剖切平面与该结构的相交处。

(二) 半剖视图

当机件具有对称平面时，在垂直于对称平面的投影面上投影所得的图形，可以对称中心线为界，一半画成剖视图，另一半画成视图，这样所得的图形称为半剖视图。如图 7-12 所示机件，主视图若采用全剖，虽然内形表达清楚了，但前面的 U 形凸台被剖切掉而影响外形的表达。若采用半剖视图将对称线左边一半画成视图，右边一半画成剖视图，则兼顾了内

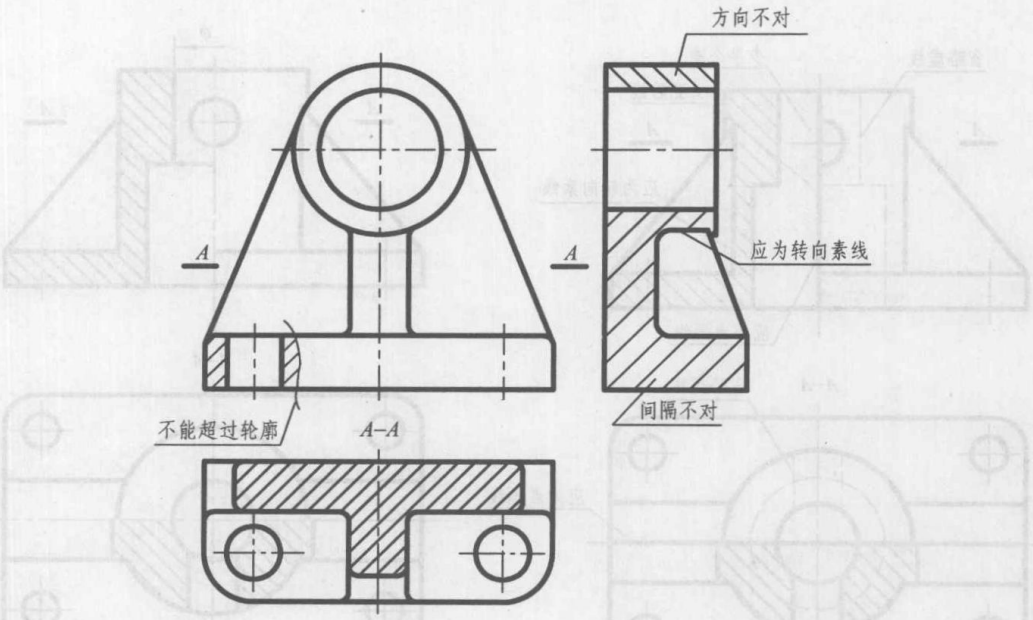


图 7-11　剖视图中的常见错误

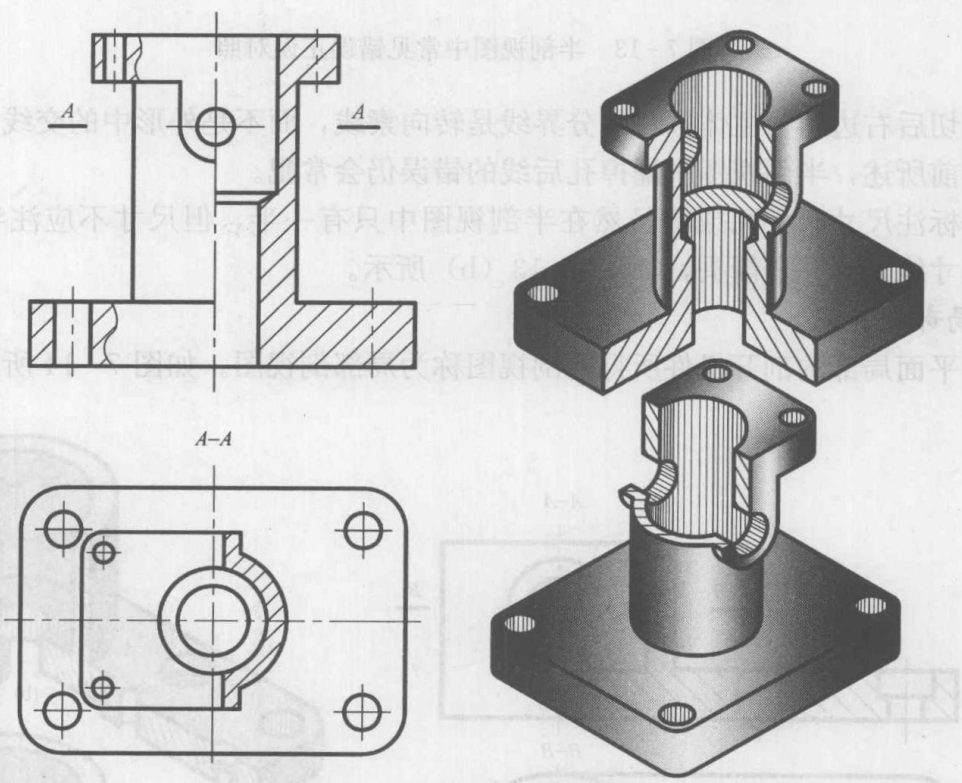


图 7-12　机件的半剖视图

外形的表达。同理，俯视图也采用了半剖视图，既表达了 U 形凸台上小孔与机件大孔的连通关系，又将上部方板的形状及孔的分布情况表达清楚了。由此可知，半剖视图适用于内外形状均需表达，且具有对称平面的机件。在读图时可利用这种对称的特点由半个视图想象机件的外部形状，由半个剖视图想象机件的内部形状。

画半剖视图时的常见问题如图 7-13（a）所示：

（1）半个视图中表达内形的虚线均可以省略。

（2）视图与剖视图的分界线是点画线，而不能画成粗实线。

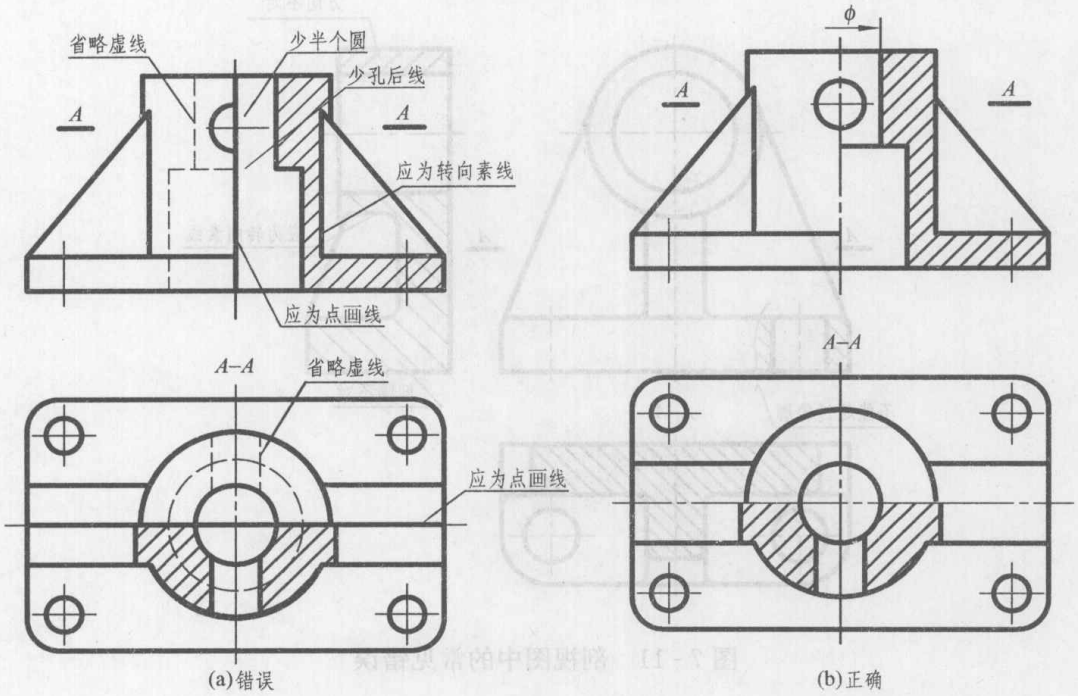


图 7-13 半剖视图中常见错误正误对照

(3) 剖切后右边肋与主体圆柱的分界线是转向素线，而不是外形中的交线。

(4) 如前所述，半剖视图中漏掉孔后线的错误仍会常犯。

(5) 在标注尺寸时，孔或槽虽然在半剖视图中只有一半，但尺寸不应注半个孔槽的大小，此时尺寸线只画一个箭头，如图 7-13 (b) 所示。

(三) 局部剖视图

用剖切平面局部的剖开机件所得的剖视图称为局部剖视图。如图 7-14 所示，机件的内

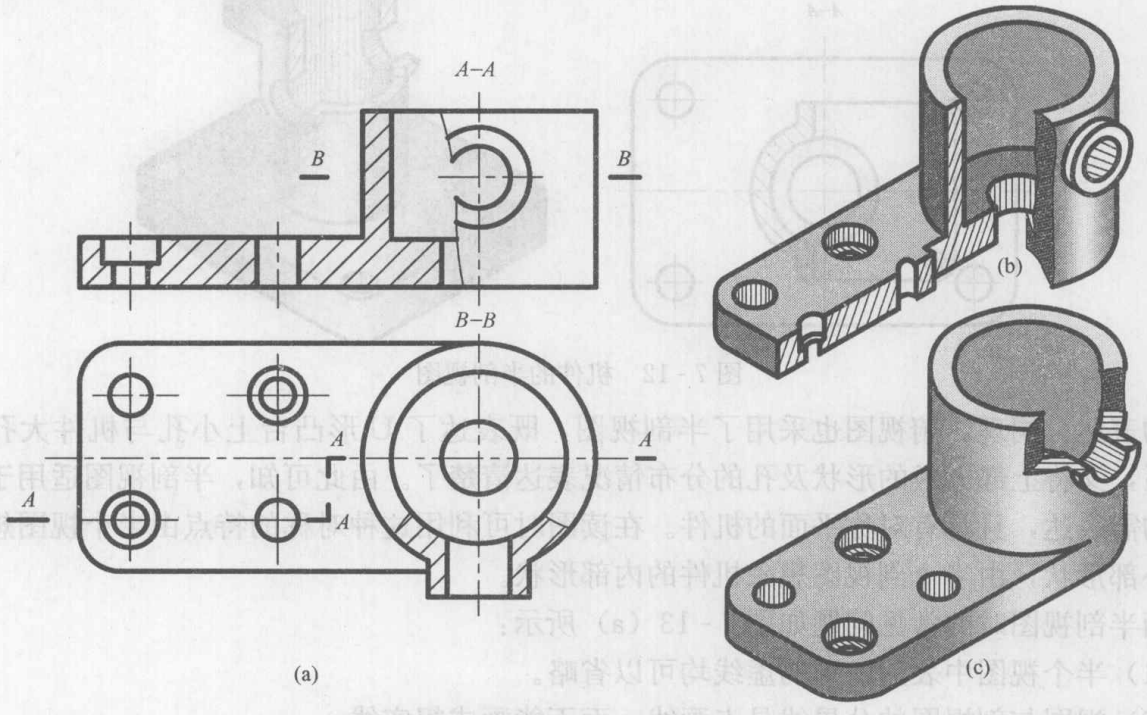


图 7-14 局部剖视图

外形均需表达，如采用全剖，则既不能完整的表达内形，又不能完整的表达外形，如果采用如图 7-15 所示的表达方案，左边用正平面 $A-A$ 剖切开一部分，右边用正平面 $C-C$ 剖切开一部分，而将前面的圆形凸台保留一部分，这样主视图由两个局部剖视图和一部分视图组合起来，就将机件的内外形都表达清楚了。局部剖视图与外形图的分界线是波浪线。同样，为了表达前面凸台上的小圆孔与主体圆筒上的大圆柱孔的连通关系，在俯视图中也采用了一个局部剖视图。图 7-14（a）中，剖切平面由两个互相平行的正平面 $A-A$ 组合而成，成阶梯状，但主视图也保留了一部分外形，这种表达方法称为阶梯剖视的局部剖视图，这个问题后面还要讲到。这种表达方法更显简捷。局部剖视用于内外形均需表达，机件又不是对称结构或机件的某一局部结构需要剖开时使用，因此这种剖视图比较灵活。但是应该注意，同一视图不宜过多地采用局部剖，以免剖切凌乱，使读图不便。

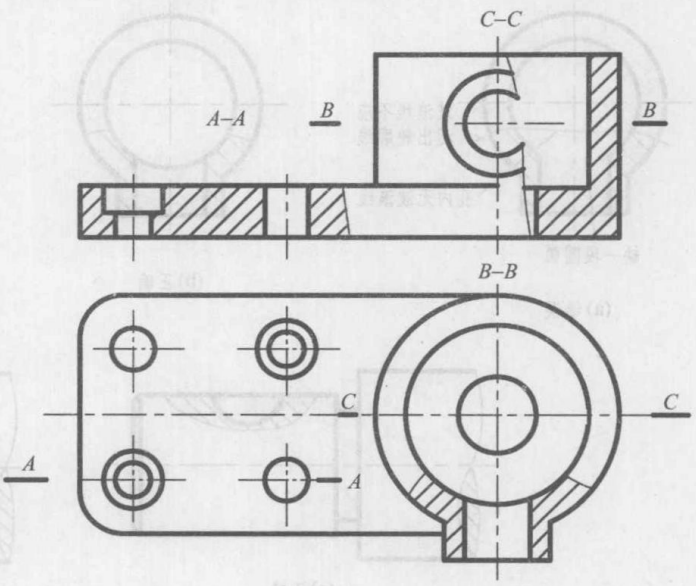


图 7-15　局部剖的另一表达方案

有些机件虽然是对称结构，但由于对称中心线与机件的棱线重合，不宜采用半剖，而采用局部剖视，如图 7-16 所示。画局部剖视图应注意的几个问题：

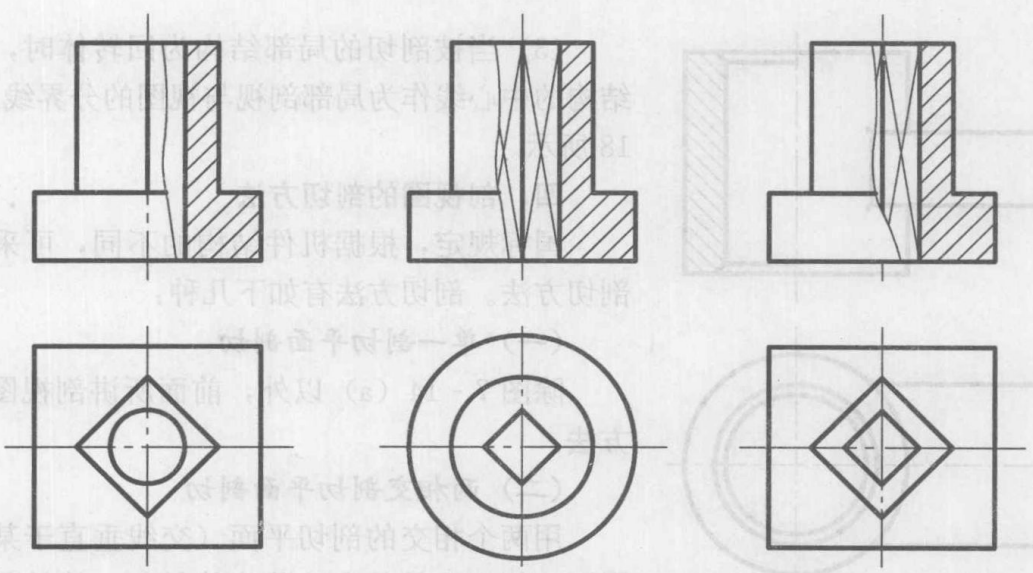


图 7-16　不宜采用半剖视的机件

（1）局部剖视图中波浪线的含义是假定机件断裂，因此波浪线不能超出轮廓，图 7-17（a）的画法是错误的，图 7-17（b）的画法是正确的，图 7-17（c）的画法是错误的，图 7-17（d）的画法是正确的。

（2）局部剖视图中的波浪线不应与视图中的其他图线重合，如图 7-17（e）的画法是正确的，图 7-17（f）画法是错误的。

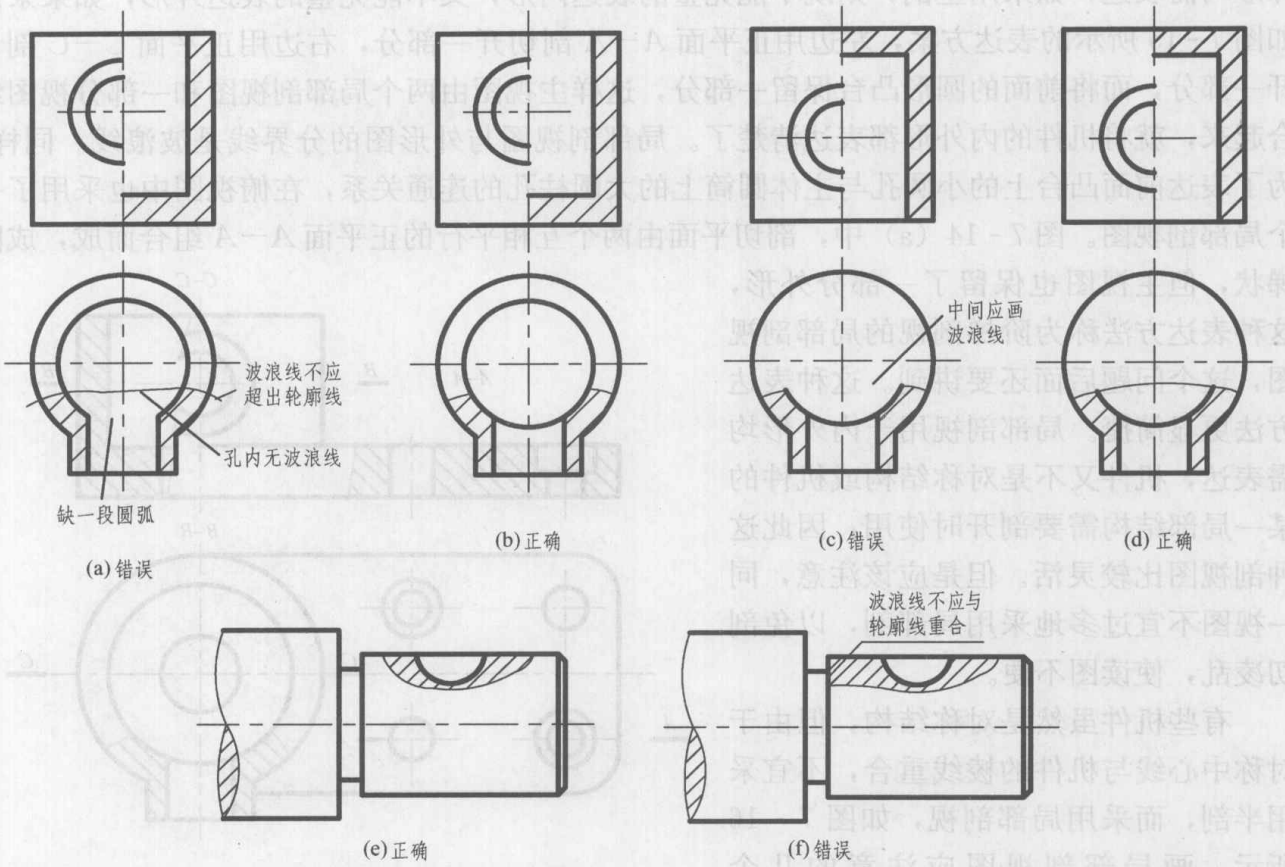


图 7-17 局部剖中的常见错误

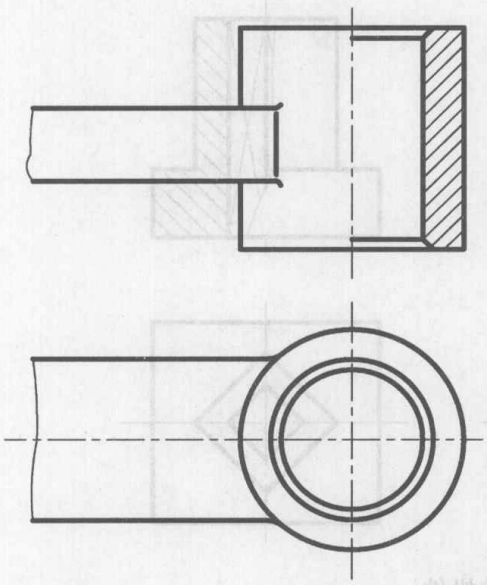


图 7-18 回转体结构可以对称中心线为分界线

(3) 当被剖切的局部结构为回转体时，允许将该结构的中心线作为局部剖视与视图的分界线，如图 7-18 所示。

四、剖视图的剖切方法

国标规定，根据机件结构的不同，可采用不同的剖切方法。剖切方法有如下几种：

(一) 单一剖切平面剖切

除图 7-14 (a) 以外，前面所讲剖视图均属这种方法。

(二) 两相交剖切平面剖切

用两个相交的剖切平面（交线垂直于某一基本投影面）剖开机件的方法称为旋转剖。旋转剖用来表达具有明显轴线，分布在两相交平面上的内形，如图 7-19 所示的圆盘形机件上有四个台阶孔和两个销孔，如用单一平面剖切，只能切到销孔，而用两个相交平面剖切，不仅可以切到销孔，而且可以切到台阶孔，如图中的立体图所示。在画剖视图时，需要将斜面切到的倾斜结构绕两平面的交线旋转到与平行面切到的结构重合在一个平面时再向投影面投影，以便在剖视图上反映倾斜结构的实形。旋转剖必须标注，标注的方法如图所

示。当剖视图按投影关系配置，中间又没有其他图形隔开时，箭头可以省略。

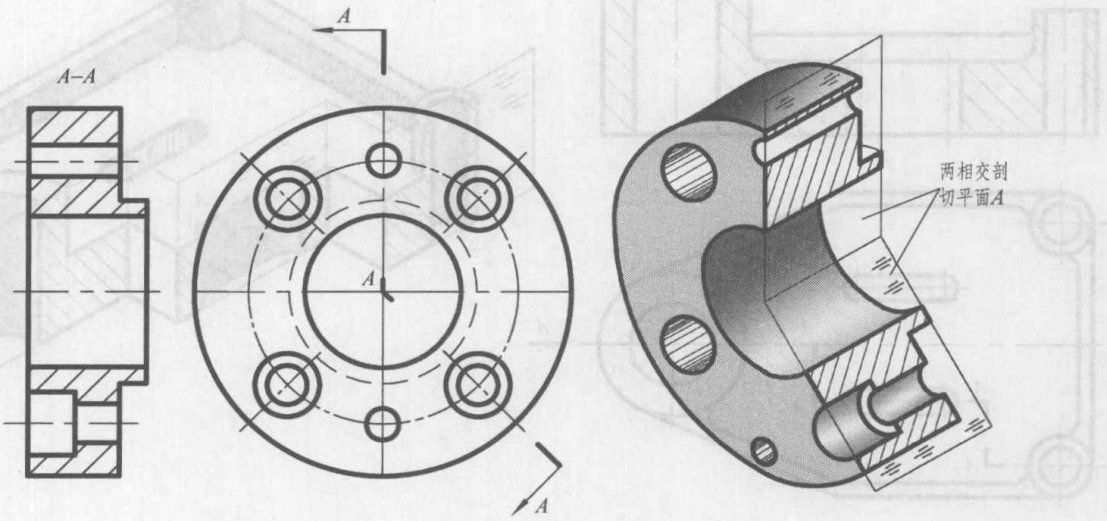


图 7 - 19　旋转剖视（一）

在剖切平面后面的结构一般仍按原来位置投影，如图 7 - 20 所示中间圆筒中的小孔仍按原来位置画出其水平投影。

当剖切后产生不完整要素时，此部分按不剖画出，如图 7 - 21 所示。

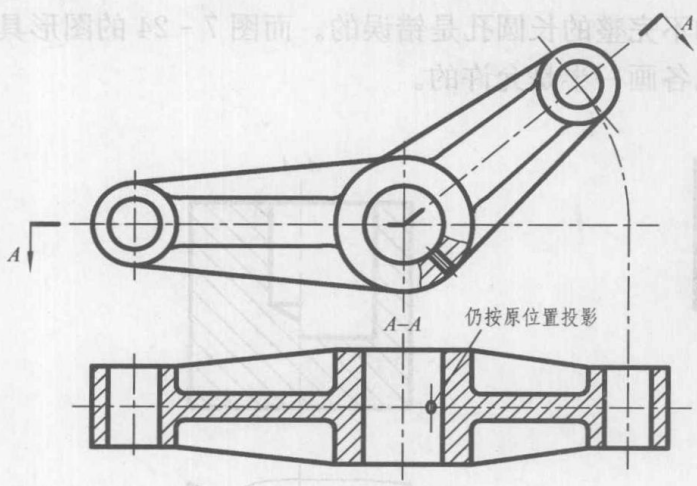


图 7 - 20　旋转剖视（二）

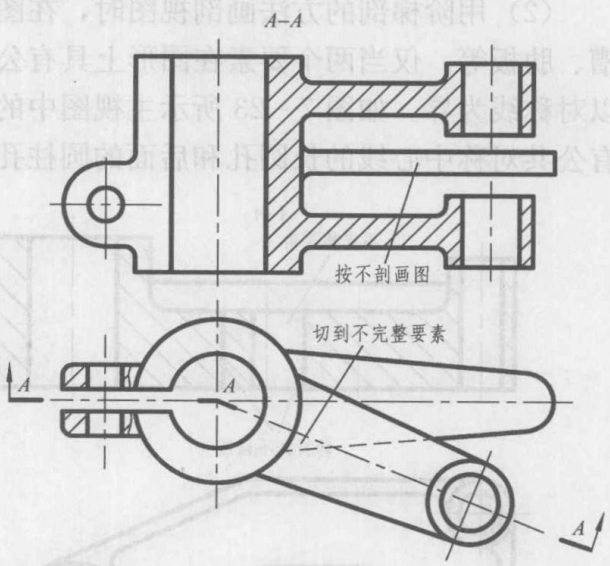


图 7 - 21　旋转剖视（三）

（三）几个平行的剖切平面剖切

用几个平行的剖切平面剖开机件的方法称为阶梯剖视，用来表达机件在几个平面不同层次的内形。如图 7 - 22 所示机件的左边前后凸台上制作出的小孔，底板中间的两个长圆孔，右边圆筒的内孔用一个平面不能全都切到，用旋转剖又没有公共轴线，因而采用三个平行的平面 $A-A$ 剖切，将三个平面剖切到的及其后面的可见结构合并成一个剖视图，即阶梯剖视图。这样，机件上三个层次上的结构在一个剖视图上清晰的表达出来。图中的主视图是一个用阶梯剖方法画出的全剖视图。前面的图 7 - 14 所示主视图是用阶梯剖方法画出的局部剖视图。

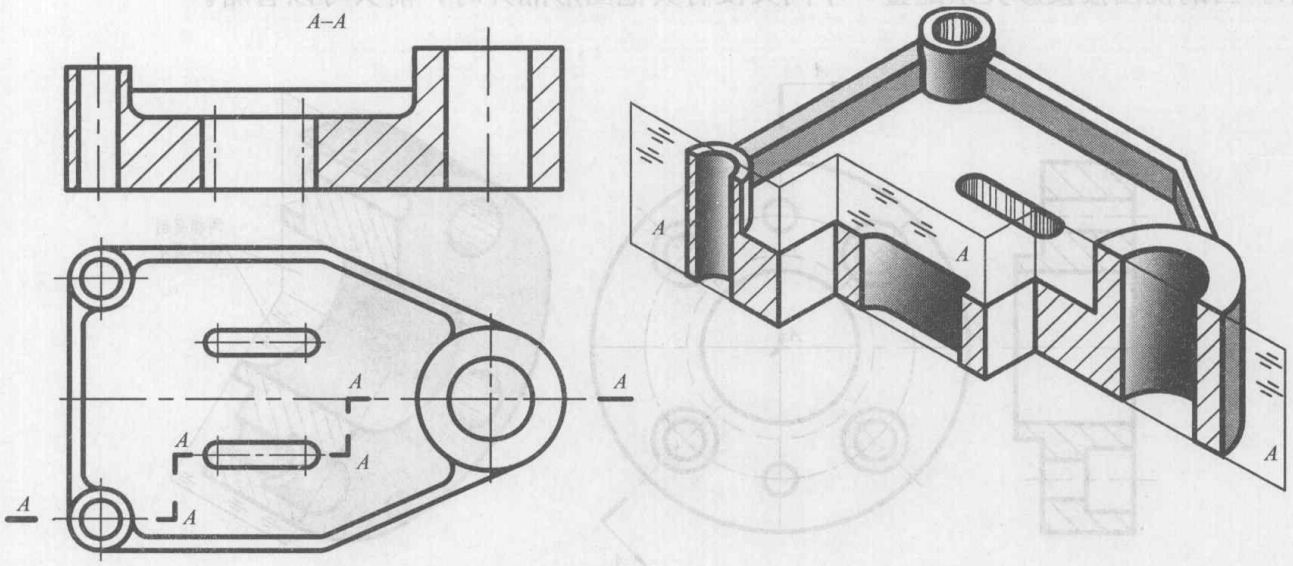


图 7 - 22 阶梯剖视

用阶梯剖视画图时应注意：

(1) 剖切平面的转折处，不应与机件的轮廓线重合。在剖视图上，不应画出两个剖切平面转折处的投影。如图 7 - 23 所示的画法是错误的。

(2) 用阶梯剖的方法画剖视图时，在图形内不应出现不完整要素，如半个孔、不完整的槽、肋板等。仅当两个要素在图形上具有公共对称中心线或轴线时，可以各画一半，这时应以对称线为界。如图 7 - 23 所示主视图中的不完整的长圆孔是错误的。而图 7 - 24 的图形具有公共对称中心线的长圆孔和后面的圆柱孔各画一半是允许的。

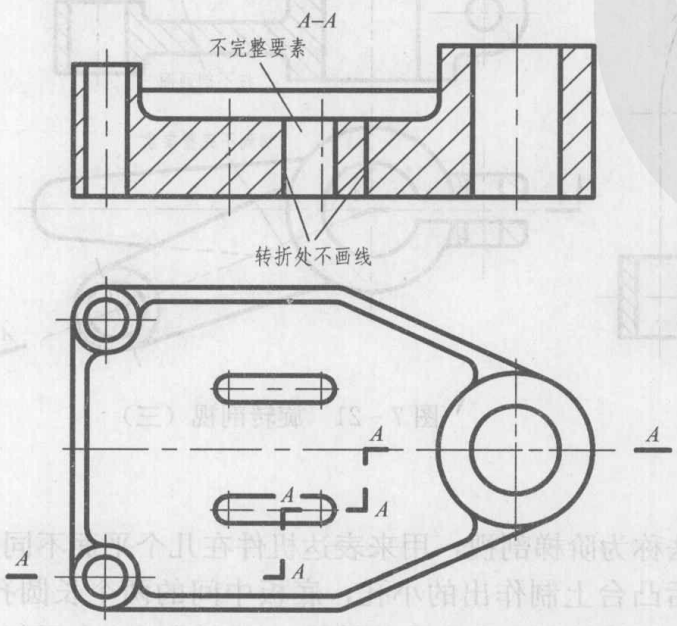


图 7 - 23 阶梯剖视的常见错误

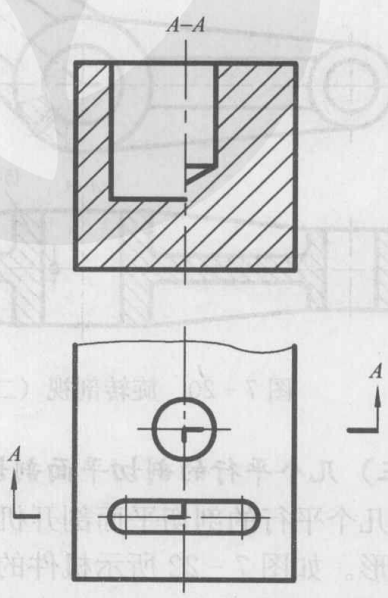


图 7 - 24 阶梯剖视的允许画法

(3) 阶梯剖视必须标注，标注方法如图 7 - 22、图 7 - 24 所示。

（四）不平行于任何基本投影面的剖切平面剖切

用不平行于任何基本投影面的剖切平面剖开机件的方法称为斜剖，用来表达机件倾斜结构的内形。如图 7 - 25 所示机件，主体结构是一个倾斜圆筒，上部有半圆形的耳板，耳板中间开槽，耳板上以槽分界，一边有圆柱孔，一边有螺孔。要表达清楚这部分结构的实形，只能选用通过耳板螺孔轴线且垂直于主体轴线的正垂面作为剖切平面，剖切后所得的斜剖视图如图中的“$A-A$”所示。斜剖视图一般按投影关系配置且必须标注，在不致引起误解时，允许将图形旋转，但应标注字母及旋转方向，如图中的“$A-A$ ⌒”。

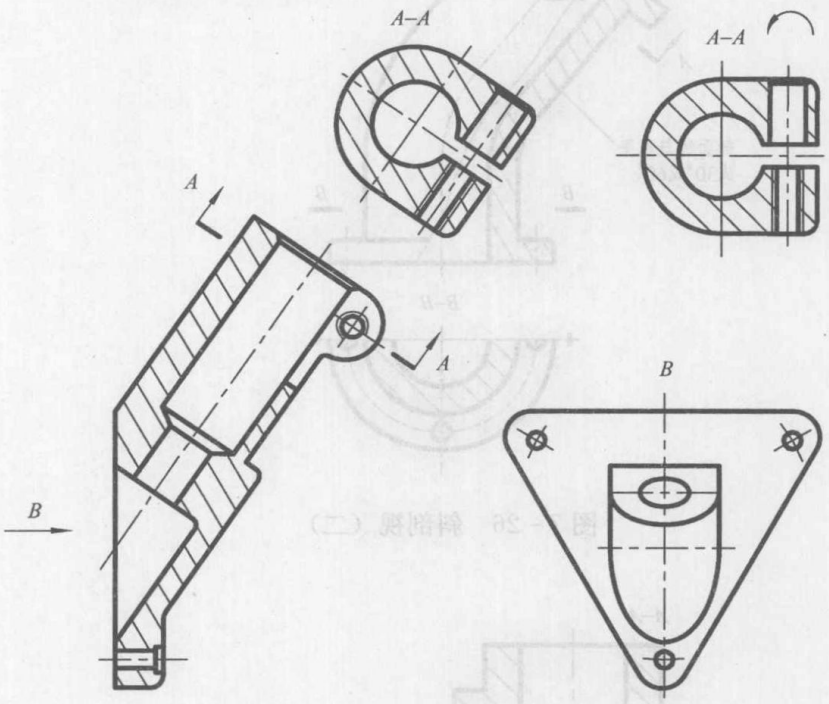


图 7 - 25 斜剖视（一）

图 7 - 26 是一个管接头，其主视图采用单一平面剖切的局部剖，用 $A-A$ 斜剖视表达凸台孔和主体孔的连通关系、连接板的形状及板上孔的分布情况。俯视图是一个全剖视图，采用对称符号后只画了一半。

（五）组合的剖切面剖切

除旋转剖、阶梯剖以外，用组合的剖切平面剖开机件的方法称为复合剖，用来表达内形较为复杂，且分布在不同位置的机件。如图 7 - 27 所示，用两个正平面和一个铅垂面剖切机件，将几个平面剖切到的及其后面的可见结构组合起来所得的$A-A$剖视图，就是一个复合剖视图。

图 7 - 28 是复合剖的又一个实例。

由图 7 - 27 和图 7 - 28 可以看出，复合剖的剖切平面由平行面和垂直面组合而成，它比旋转剖和阶梯剖更复杂，但这两种剖切方法的画图注意点仍然适用。

图 7 - 29 的复合剖采用了展开画法，即让机件的上、下、右三个轴孔的轴线旋转展开在一个和基本投影面平行的平面上，然后再向基本投影面投影，这样可使三个孔的两个轴距保持不变。采用这种画法时，剖视图的名称应注为“×－×展开”。

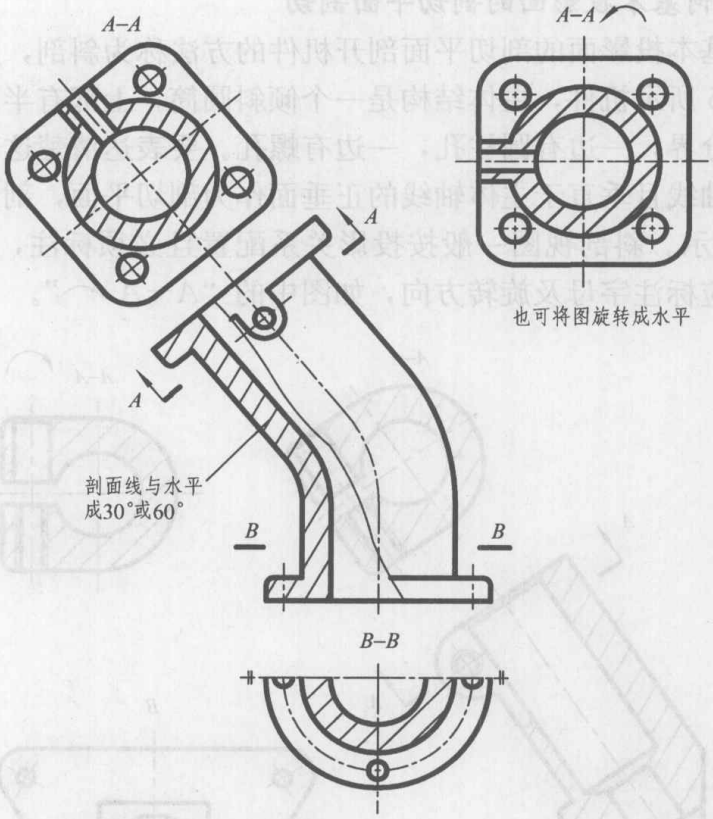


图 7 - 26 斜剖视（二）

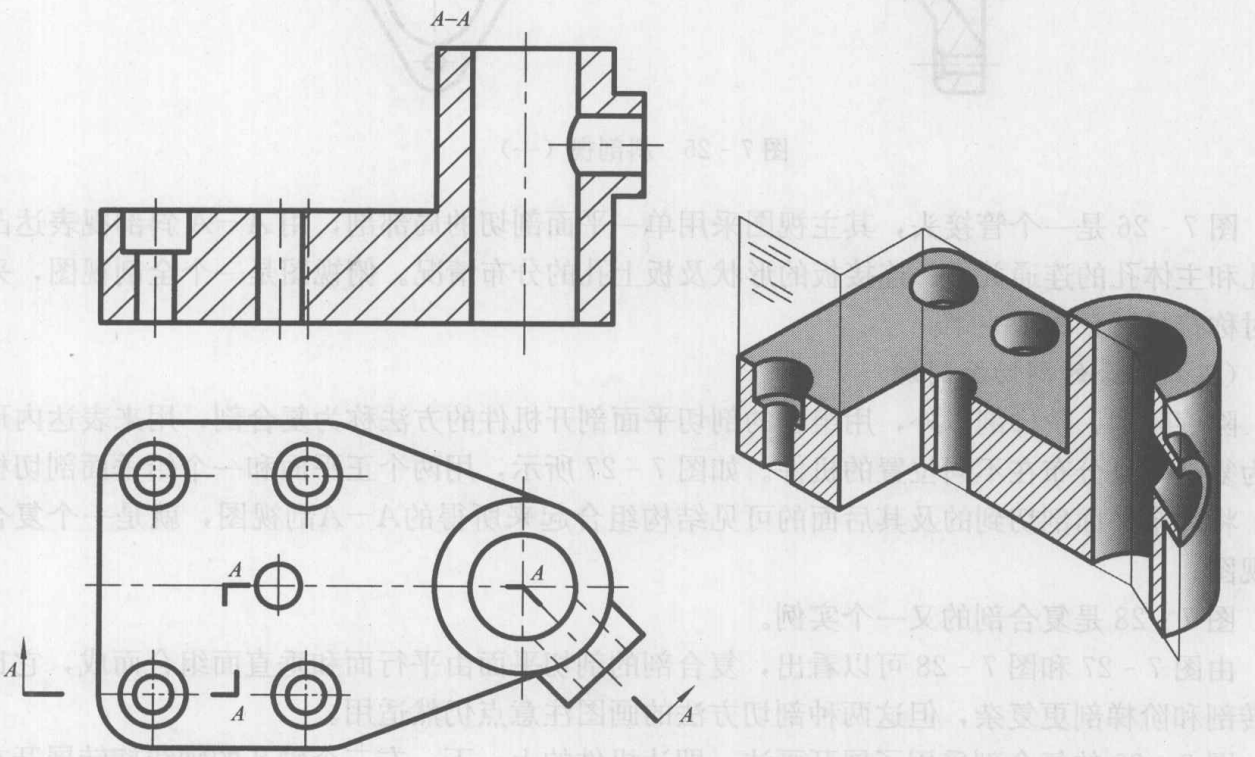


图 7 - 27 复合剖视（一）

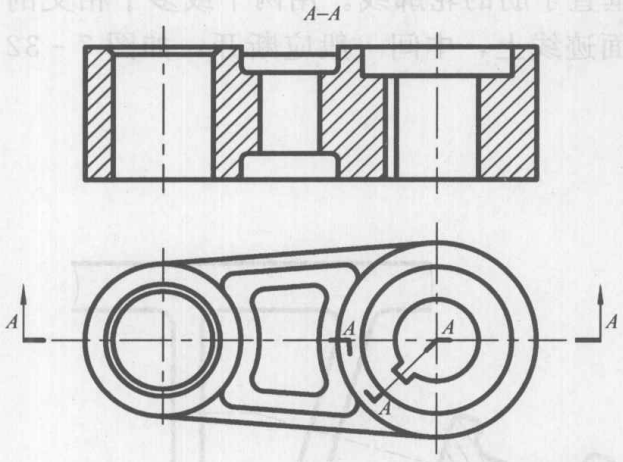


图 7 - 28　复合剖视（二）

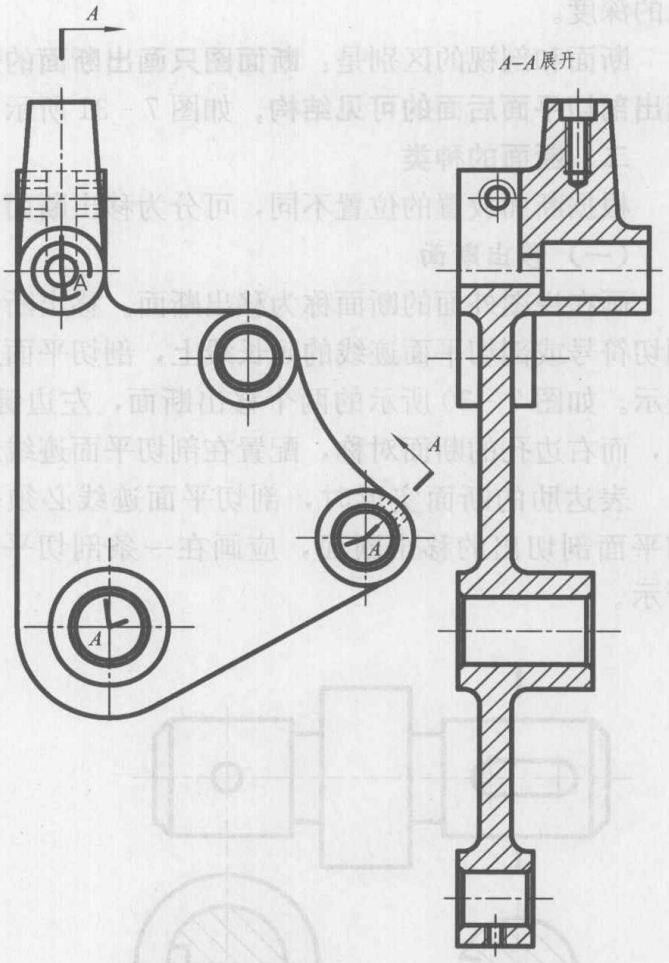


图 7 - 29　复合剖视（三）

第三节　断　面　图

一、断面图的基本概念

假想用剖切平面将机件某处切断，仅画出断面的图形称为断面图，简称断面。断面用来表达机件上某一局部结构的断面形状。如图 7 - 30 所示，两个断面分别表达轴上的键槽和通

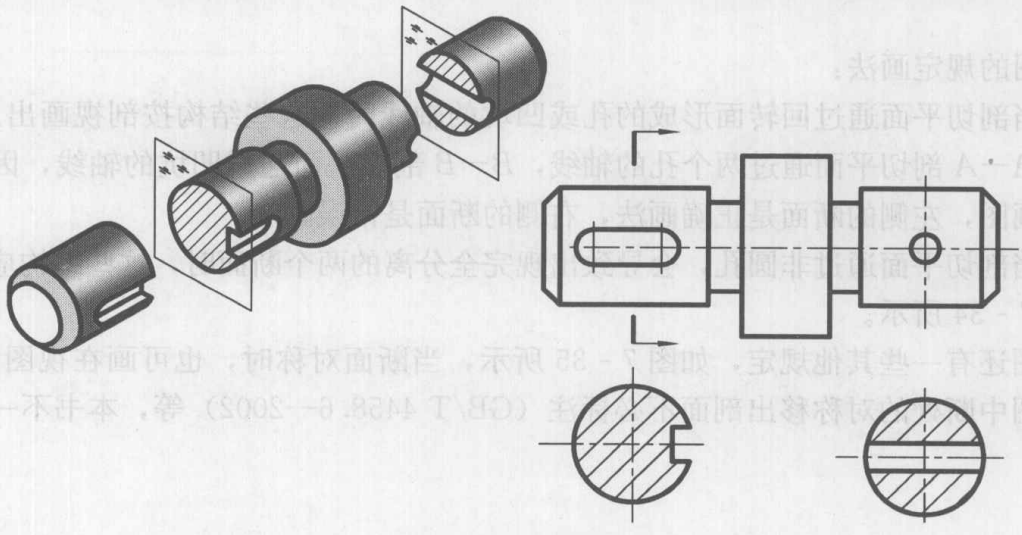


图 7 - 30　断面图

孔的深度。

断面和剖视的区别是：**断面图只画出断面的形状，而剖视图不仅画出断面的形状，而且画出剖切平面后面的可见结构，**如图 7 - 31 所示。

二、断面的种类

根据断面放置的位置不同，可分为移出断面和重合断面。

（一）移出断面

画在视图外面的断面称为移出断面。移出断面的轮廓线用粗实线绘制。并应尽量配置在剖切符号或剖切平面迹线的延长线上，剖切平面迹线是该平面与投影面的交线，用细点画线表示。如图 7 - 30 所示的两个移出断面，左边键槽剖面不对称，配置在剖切符号的延长线上，而右边孔的断面对称，配置在剖切平面迹线的延长线上。

表达肋的断面实形时，剖切平面迹线必须垂直于肋的轮廓线。用两个或多个相交剖切平面剖切出的移出断面，应画在一条剖切平面迹线上，中间一般应断开，如图 7 - 32 所示。

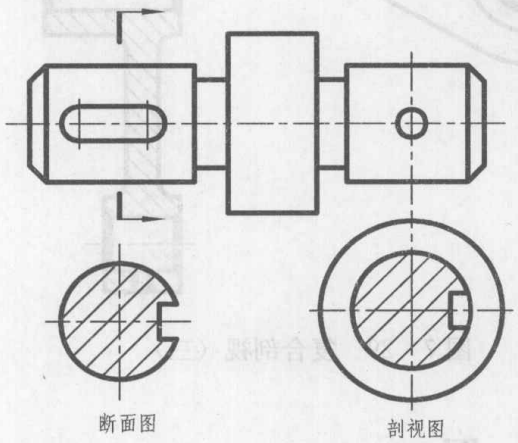


图 7 - 31　断面图与剖视图的区别

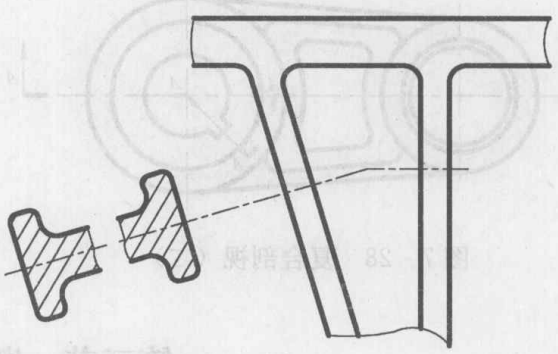


图 7 - 32　用两个相交平面剖切

断面也可配置在其他位置，此时必须标注，如图 7 - 33 和图 7 - 34 所示，标注的方法与剖视基本相同。当断面不是对称图形时，必须标注投影方向；当断面对称时，不必标注投影方向。

断面图的规定画法：

（1）当剖切平面通过回转面形成的孔或凹坑的轴线时，这些结构按剖视画出。如图 7 - 33 所示，$A-A$ 剖切平面通过两个孔的轴线，$B-B$ 剖切平面通过凹坑的轴线，因此这些结构按剖视画图，左侧的断面是正确画法，右侧的断面是错误画法。

（2）当剖切平面通过非圆孔，会导致出现完全分离的两个断面时，这些结构应按剖视绘制，如图 7 - 34 所示。

断面图还有一些其他规定，如图 7 - 35 所示，当断面对称时，也可画在视图的中断处，配置在视图中断处的对称移出剖面不必标注（GB/T 4458.6—2002）等，本书不一一列举。

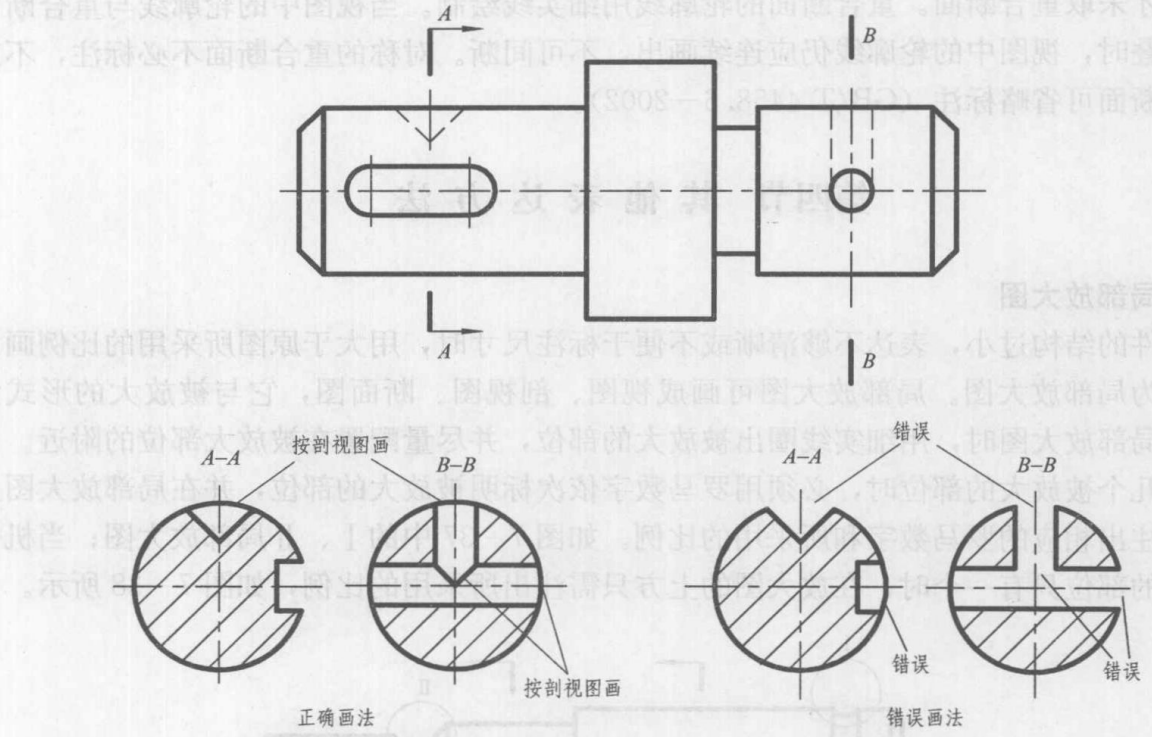


图 7 - 33　断面图的标注和规定画法

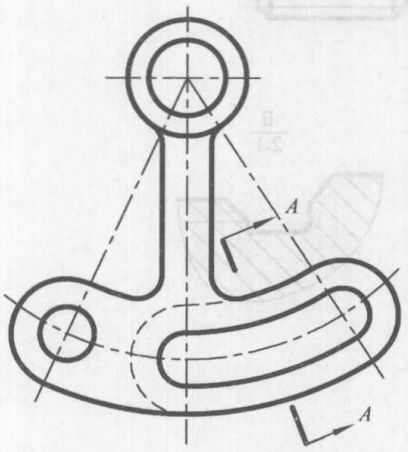


图 7 - 34　断面图的规定画法

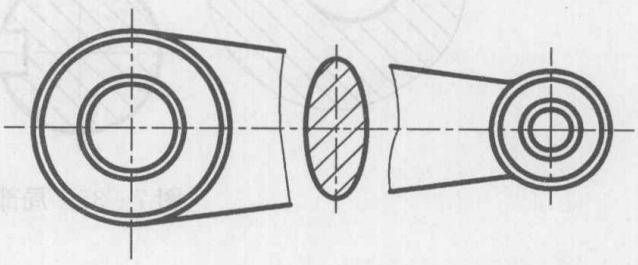


图 7 - 35　移出断面图画在视图中断处的画法

（二）重合断面

画在视图内的断面称为重合断面。如图 7 - 36 所示。当断面形状简单，且不影响图形清

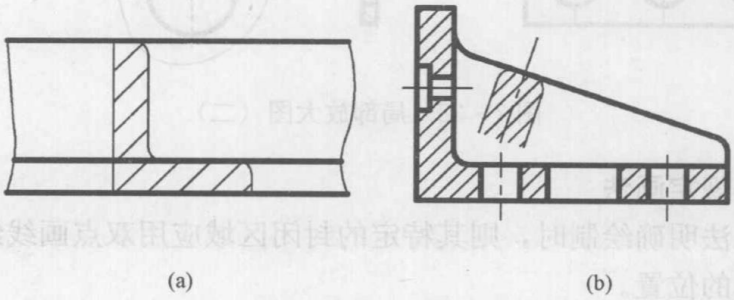


图 7 - 36　重合断面

晰的情况才采取重合断面。重合断面的轮廓线用细实线绘制。当视图中的轮廓线与重合断面的图形重叠时，视图中的轮廓线仍应连续画出，不可间断。对称的重合断面不必标注，不对称的重合断面可省略标注（GB/T 4458.6—2002）。

第四节 其他表达方法

一、局部放大图

当机件的结构过小，表达不够清晰或不便于标注尺寸时，用大于原图所采用的比例画出的图形称为局部放大图。局部放大图可画成视图、剖视图、断面图，它与被放大的形式无关。绘制局部放大图时，用细实线圈出被放大的部位，并尽量配置在被放大部位的附近。当机件上有几个被放大的部位时，必须用罗马数字依次标明被放大的部位，并在局部放大图上方用分式注出相应的罗马数字和所采用的比例。如图7-37中的Ⅰ、Ⅱ局部放大图；当机件上被放大的部位只有一个时，在放大图的上方只需注出所采用的比例，如图7-38所示。

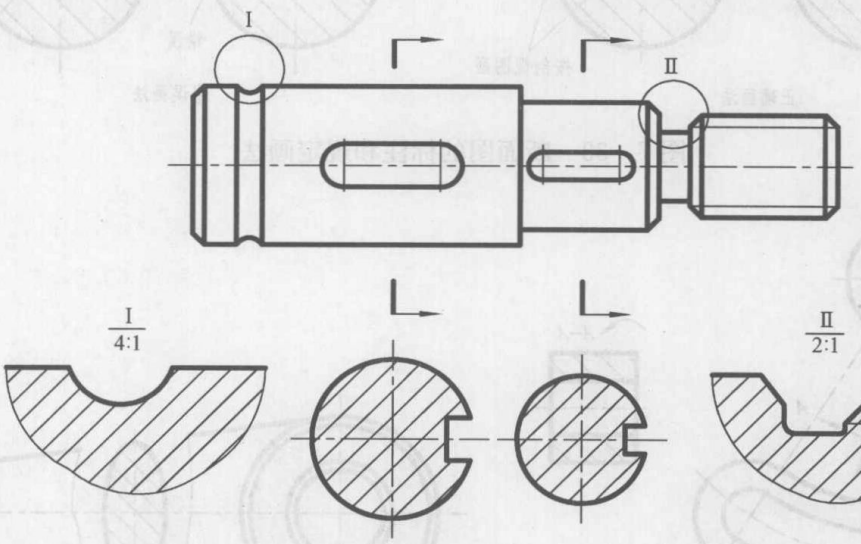


图7-37 局部放大图（一）

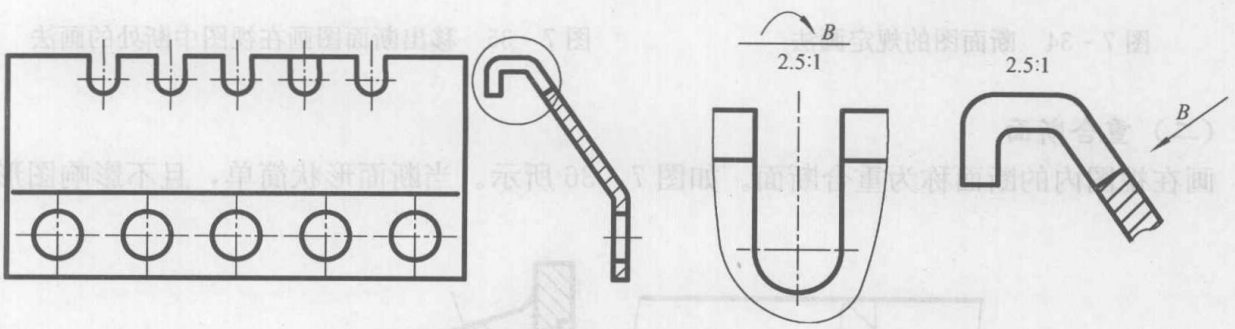


图7-38 局部放大图（二）

二、简化画法和规定画法

（1）当轮廓线无法明确绘制时，则其特定的封闭区域应用双点画线绘制，如图7-39中用双点画线表示铭牌的位置。

（2）当机件具有若干相同的结构（如孔、槽等），并按一定规律分布时，只需画出几个

完整的结构，其余用细实线相连接，并在图中注明该结构的总数（图 7 - 40）。

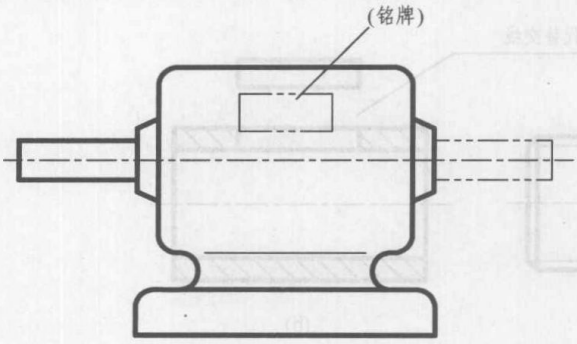


图 7 - 39　轮廓线无法明确绘制时的画法

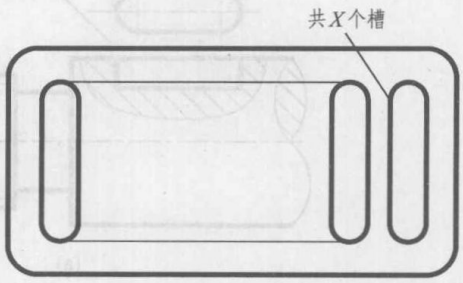


图 7 - 40　相同结构的画法

（3）若干直径相同并且规律分布的孔（圆孔、螺孔、沉孔等），可以仅画出一个或几个，其余只需用点画线表示其中心位置（图 7 - 41）。

（4）圆盘上均匀分布的孔可按图 7 - 42 的方式画出。

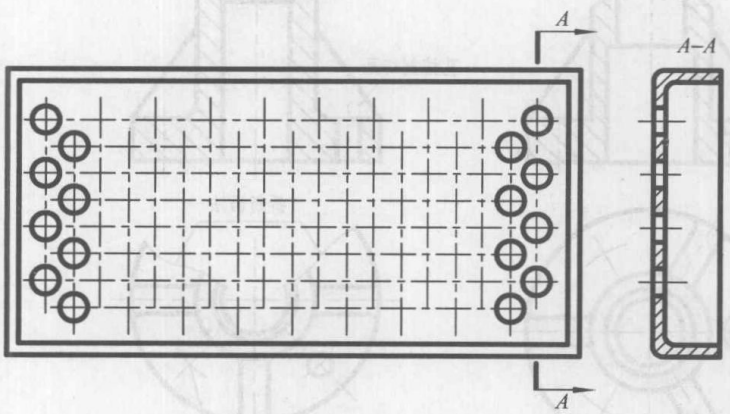


图 7 - 41　规律分布圆孔的画法

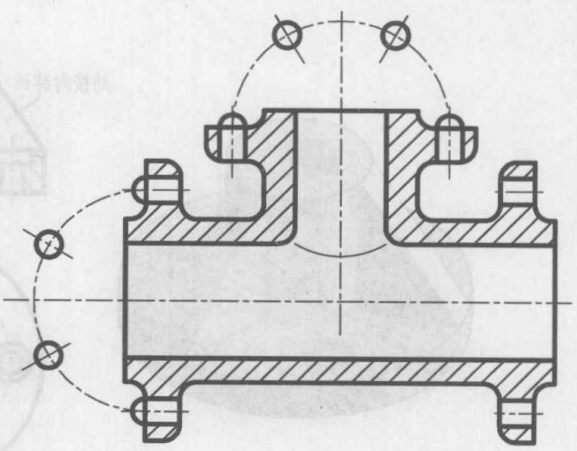


图 7 - 42　圆盘上均匀分布孔的画法

（5）在不致引起误会时，对于对称机件的视图可只画一半（或 1/4），并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的平行细实线（图 7 - 43、图 7 - 44）。

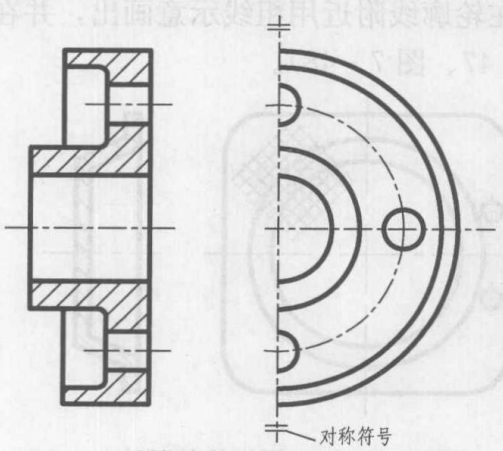


图 7 - 43　对称机件的简化画法（一）

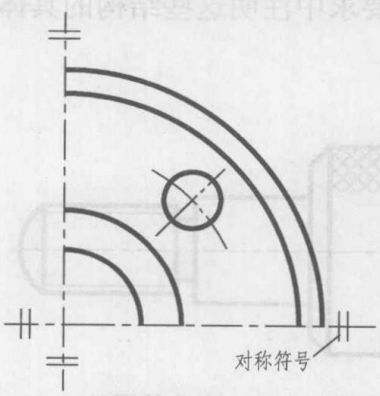


图 7 - 44　对称机件的简化画法（二）

（6）机件上较小结构所产生的交线，如在一个图形中已表达清楚时，其他图形可简化或

省略（图 7 - 45）。

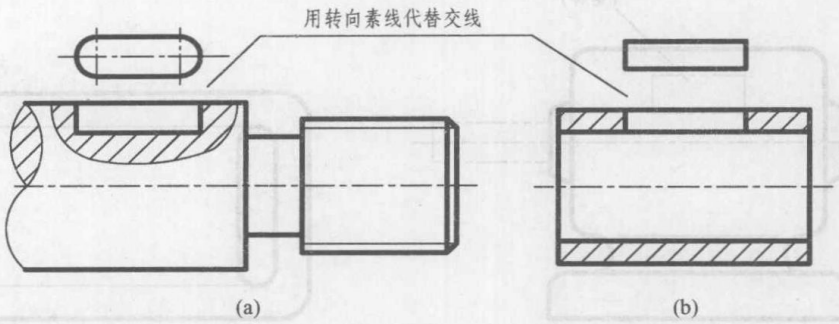


图 7 - 45 对称局部结构及交线的简化画法

（7）机件的肋、轮辐及薄壁等，如按纵向剖切，这些结构都不画剖面符号，而用粗实线将它与其邻接部分分开。当零件回转体上均匀分布的肋、轮辐、孔等结构不处于剖切平面上时，可将这些结构旋转到剖切平面上画出（图 7 - 46）。

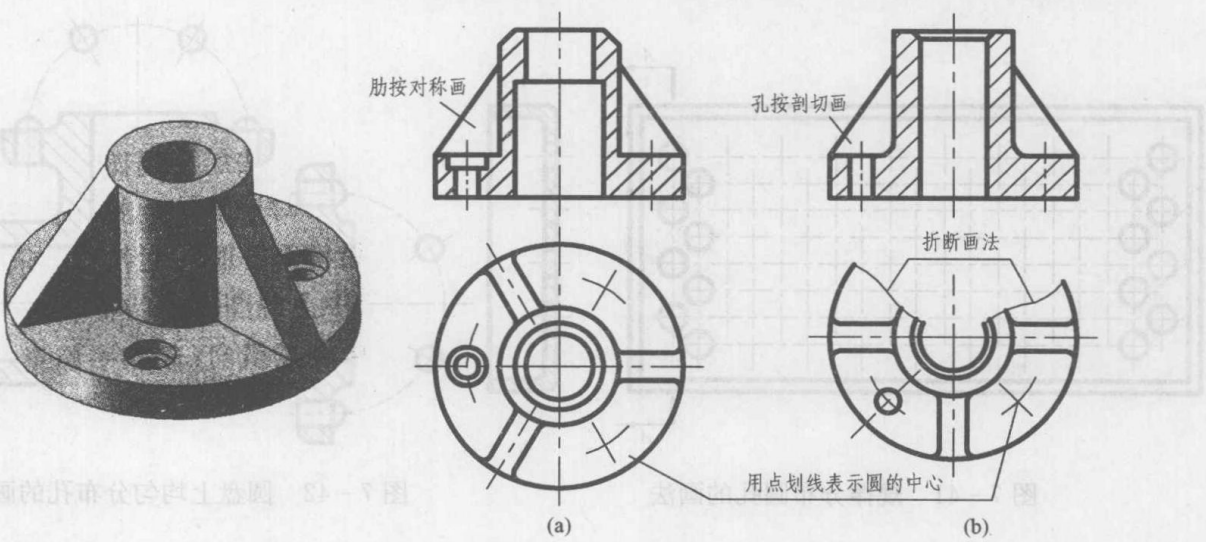


图 7 - 46 剖视图中肋和孔的简化画法

（8）网状物、编织物或机件上的滚花部分，可在轮廓线附近用粗线示意画出，并在零件图上或技术要求中注明这些结构的具体要求（图 7 - 47、图 7 - 48）。

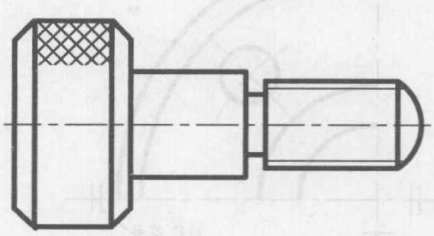


图 7 - 47 滚花的画法

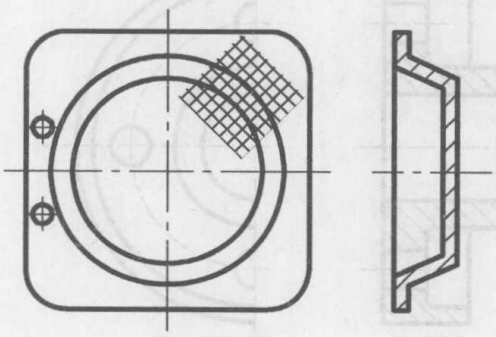


图 7 - 48 金属织物的画法

（9）较长的机件（轴、杆、型材、连杆等）沿长度方向的形状一致或按一定规律变化时，可断开后缩短绘制（图 7 - 49）。

（10）当图形中的平面不能充分表达时，可用平面符号（相交的两条细实线）表示（图7-50）。

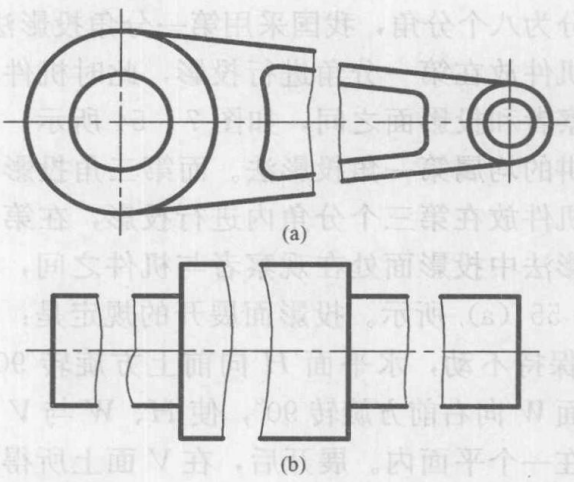


图7-49 折断画法

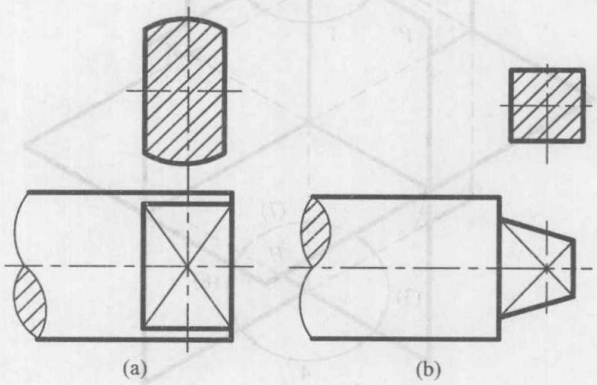


图7-50 平面符号

（11）与投影面倾斜角度小于或等于30°的圆或圆弧，其投影可用圆或圆弧代替（图7-51）。

（12）在需要表示位于切割平面前的结构时，这些结构按假想投影的轮廓线（双点画线）绘制（图7-52）。

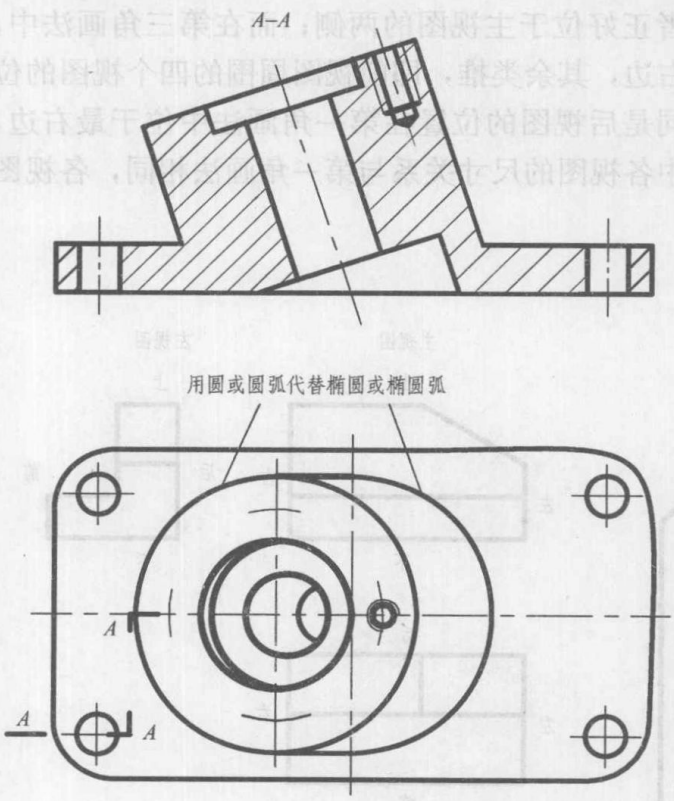


图7-51 用圆或圆弧代替椭圆或椭圆弧

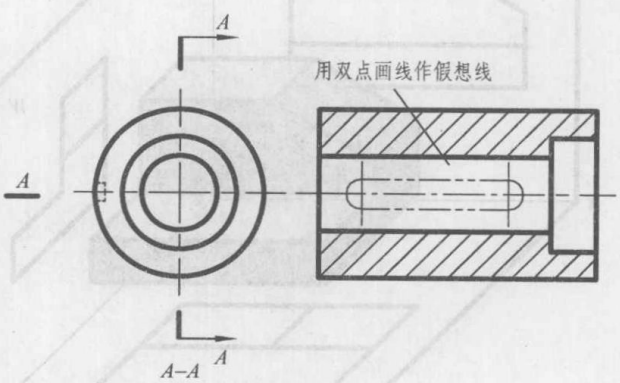


图7-52 假想画法

第五节 第三角画法简介

国际标准ISO规定，在表达机件结构时，第一角和第三角投影法等效。为适应对外开

放和国际交流的需要，对第三角投影法简介如下：

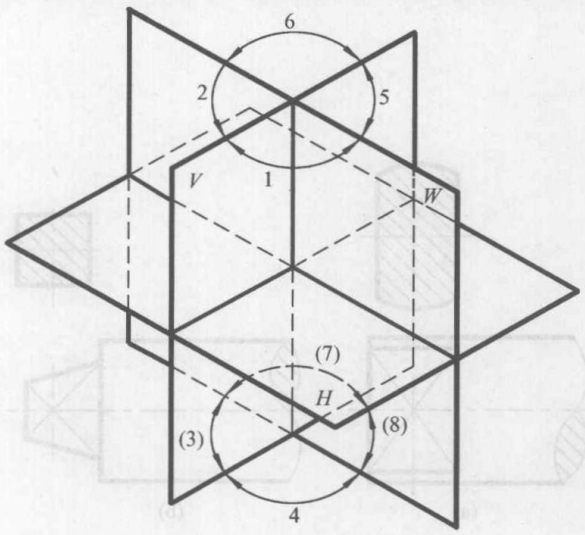


图 7 - 53 八个分角

如图 7 - 53 所示，三个互相垂直的平面将空间分为八个分角，我国采用第一分角投影法，即把机件放在第一分角进行投影，此时机件处于观察者和投影面之间，如图 7 - 54 所示，前面所讲的均属第一角投影法。而第三角投影法是将机件放在第三个分角内进行投影，在第三角投影法中投影面处在观察者与机件之间，如图 7 - 55（a）所示。投影面展开的规定是：正面 V 保持不动，水平面 H 向前上方旋转 90°、右侧面 W 向右前方旋转 90°，使 H、W 与 V 面重合在一个平面内。展开后，在 V 面上所得的投影图称为前视图（front view），在 H 面上所得的投影图称为顶视图（top view），在 W 面上所得的投影图称为右视图（right view）。三个视图的配置如图 7 - 55（b）所示，顶视图在前视图的上方，右视图在前视图右方。六面基本视图的配置如图 7 - 56 所示。请注意与第一角画法的不同点是：第一角画法中，左视图在主视图的右方，右视图在主视图的左方，其余类推，即主视图周围的四个视图的位置与观察者正好位于主视图的两侧；而在第三角画法中，左视图在前视图的左边，右视图在前视图的右边，其余类推，即前视图周围的四个视图的位置与观察者处于前视图的同一侧。另一点不同是后视图的位置在第一角画法中位于最右边，而在第三角画法中位于最左边。第三角画法中各视图的尺寸关系与第一角画法相同，各视图的方位如图 7 - 55（b）所示。

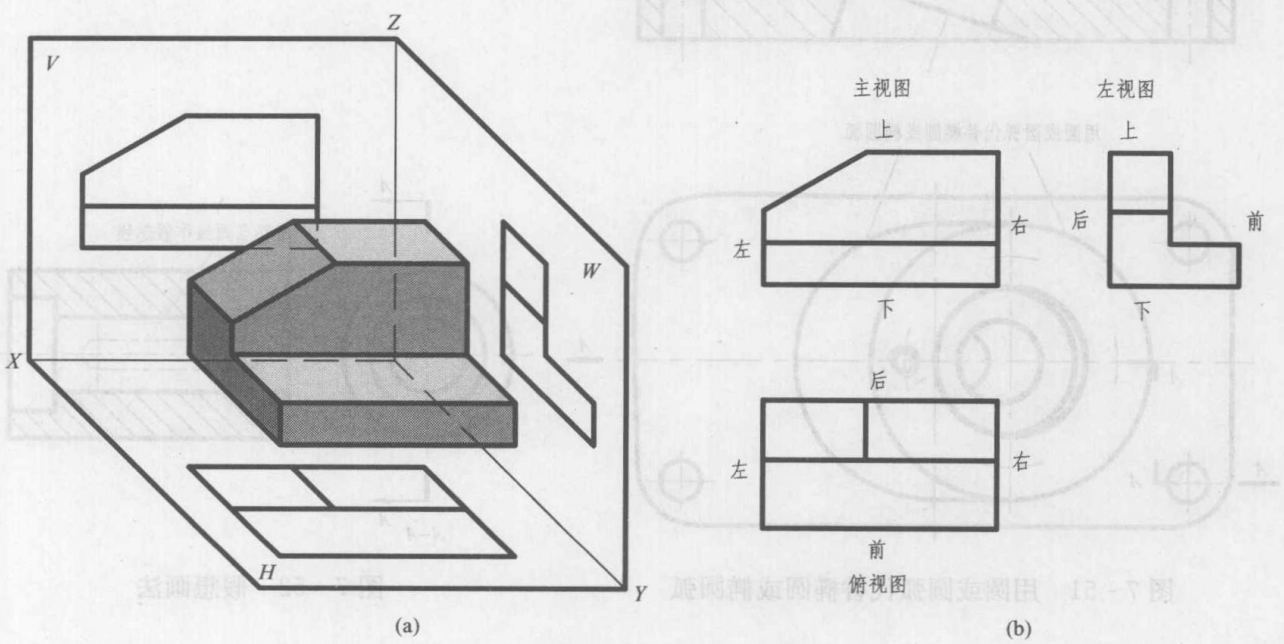


图 7 - 54 第一角投影

ISO 标准规定，当采用上述两种方法时，必须在标题栏中专设的格内画出相应的辨别标记。由于我国规定只采用第一角画法，所以无须标出辨别标记。

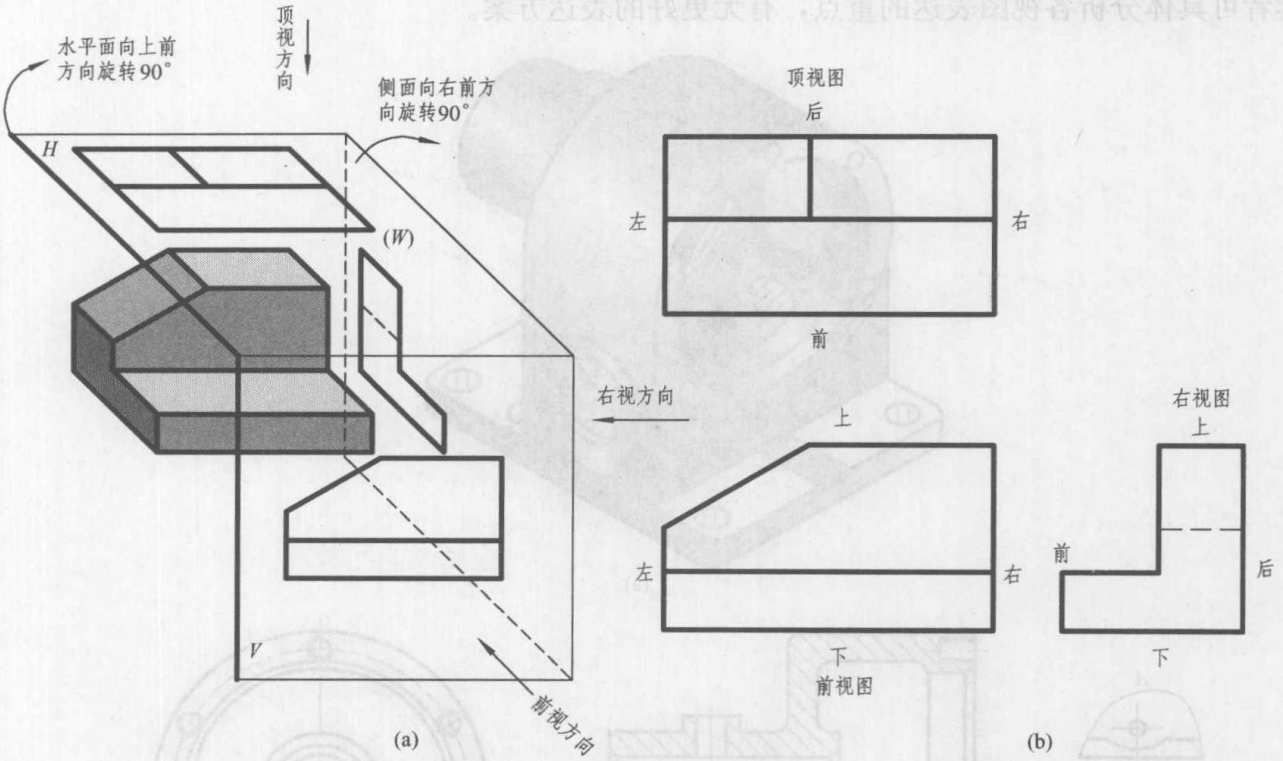


图 7 - 55　第三角投影

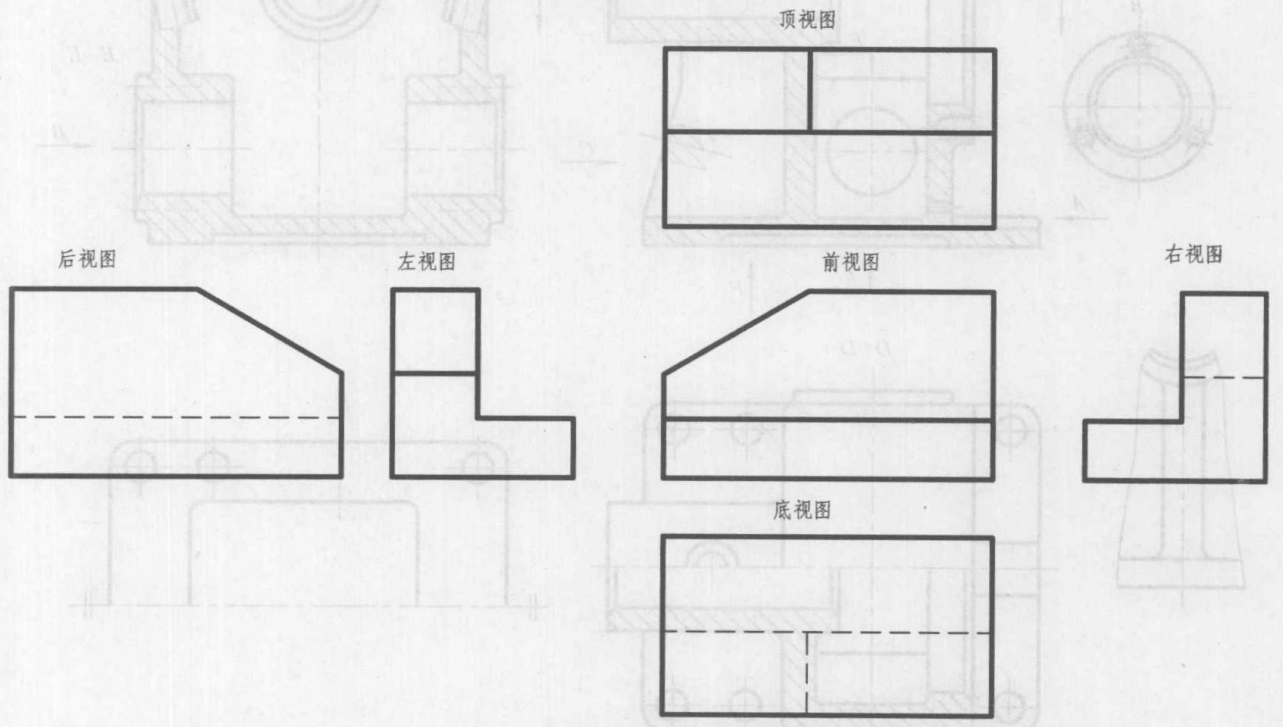


图 7 - 56　第三角投影中六面基本视图的配置

第六节　机件的各种表达方法举例和小结

表达机件的内外形状和结构，可采用前面所讲的各种表达方法。图 7 - 57 是蜗轮蜗杆减速器箱体的视图表达方案。图中采用了取剖视的基本视图，四个局部视图和一个重合断面。

读者可具体分析各视图表达的重点，有无更好的表达方案。

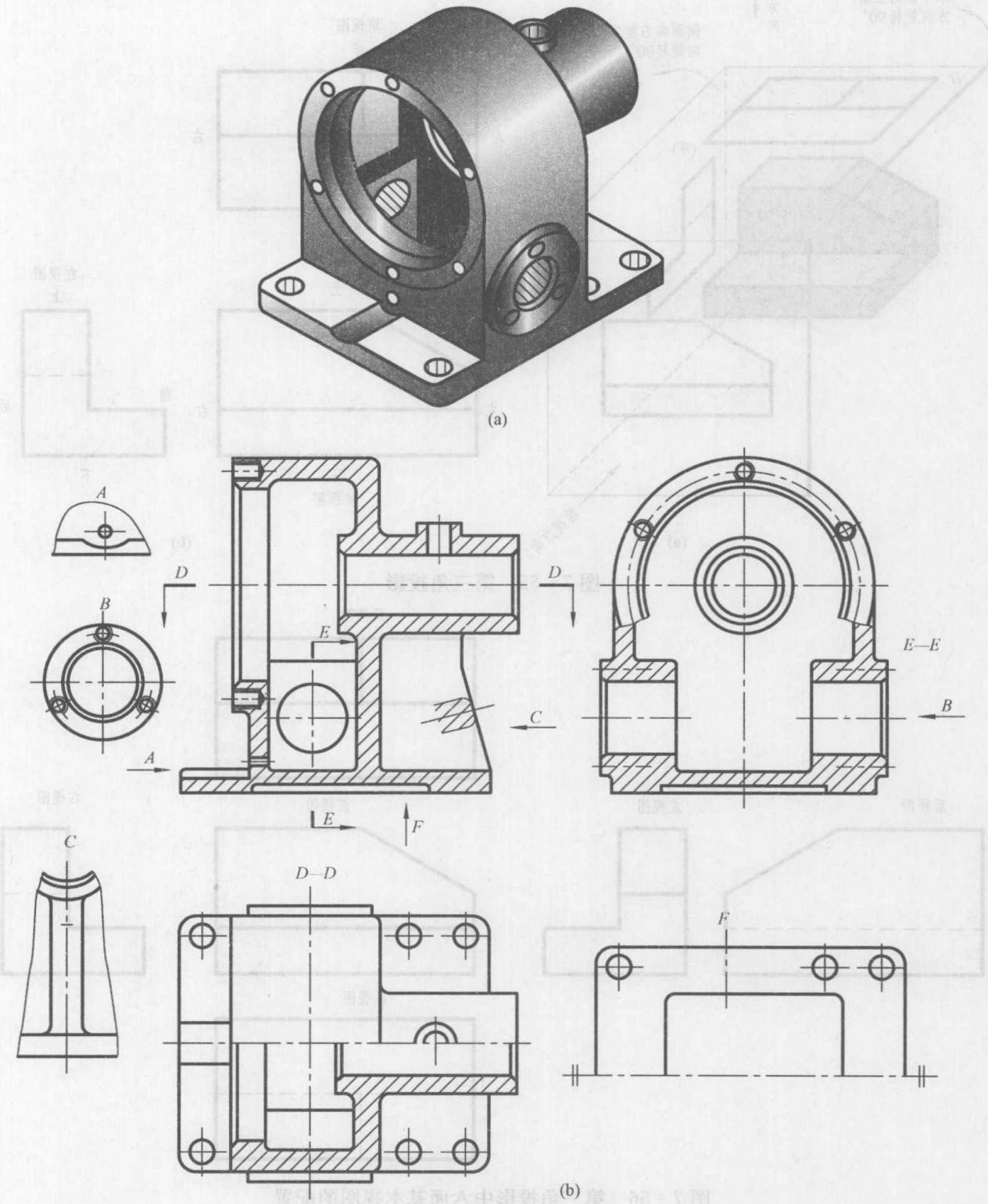


图 7-57 综合举例

一个机件可以有几种不同的表达方案，选择表达方案的标准是：用尽量少的视图，把机件的内外形状和结构全部表达清楚。机件的各种表达方法可归纳成下表：

- 表达方法
  - 视图
    - 六面基本视图
    - 局部视图
    - 斜视图
  - 剖视图
    - 全剖
    - 半剖
    - 局部剖
    - 剖切方法
      - 单一剖切平面
      - 两个以上剖切平面
        - 阶梯剖
        - 旋转剖
        - 复合剖
      - 斜剖
  - 断面图
    - 移出断面
    - 重合断面
  - 其他表达方法（用时可查手册）
    - 局部放大图
    - 简化画法
    - 规定画法
    - 第三角画法

表中所列各种表达方法可根据具体情况选用，使用时可查《机械制图国家标准》或制图手册。

思　考　题

1. 试归纳各种视图的画法、配置、标注和应用场合。
2. 剖视图分为哪几种？适用范围分别是什么？在画法上各有什么特点？
3. 剖视图中剖切平面的种类有哪些？各适用于什么情况？画法各有什么特点？斜剖视、旋转剖、阶梯剖的适用场合分别是什么？画图和标注时应注意什么？
4. 剖视图如何标注？试述标注方法。在什么条件下可省略标注（全部或部分省略）？
5. 断面图与剖视图有什么区别？断面图有哪几种？在画法上有什么特点？
6. 断面图应如何标注？在什么条件下可省略标注（全部或部分省略）？
7. 剖视图中画肋板时应注意哪些问题？
8. 第三角画法与第一角画法有哪些相同点和不同点？

第八章　标准件和常用件

机器与部件中的机械部分一般由三类零件组成，第一类是非标准件，这类零件的结构、形状及尺寸都是根据机器的专门需要在设计过程中确定的，是非标准化、非系列化的零件，因此需要准确画出它们的零件图，本书将在第九章介绍这类零件的画图和读图的有关知识。第二类零件是标准件，这类零件对各种机器是通用的，为了便于制造和使用，降低成本，简化制图工作，国家标准对它们的结构、尺寸、标记和画法，都作了统一的规定。常用的标准件有螺栓、螺母、垫圈、双头螺柱、螺钉、键、销和滚动轴承等。标准件的零件图一般不需要绘制，只是在装配图中按规定画法画出。第三类零件是常用件，它们是机器和仪器中常用的零件，常用件包括齿轮、弹簧等，它们的部分结构已标准化、系列化，如齿轮的轮齿部分等。这类零件的零件图仍需要画出，其标准化部分按规定画法画，非标准化结构按真实投影画出。本章主要介绍标准件和常用件的基本知识、规定画法、标注和标记的方法。

第一节　螺　　纹

螺纹是机器上的一种常见结构，国标对常用的几种螺纹已标准化。本节主要介绍螺纹的规定画法和标注方法。

一、螺纹的基本知识

（一）螺纹的形成

螺纹是在圆柱或圆锥表面上沿着螺旋线所形成的、具有相同剖面的连续凸起和凹槽。螺纹的加工方法很多，既可以机械加工，又可以手工制作。图 8-1 表示在车床上车削螺纹的示意图。卡紧在卡盘中的工件绕其轴线作匀速旋转运动，车刀沿工件的轴线做匀速直线运动，当车刀车入工件规定深度时，便在工件表面上车削出螺纹。在圆柱的外表面上形成的螺纹称为外螺纹，在圆柱的内表面上即圆柱孔内形成的螺纹称为内螺纹，如螺母上的螺孔。

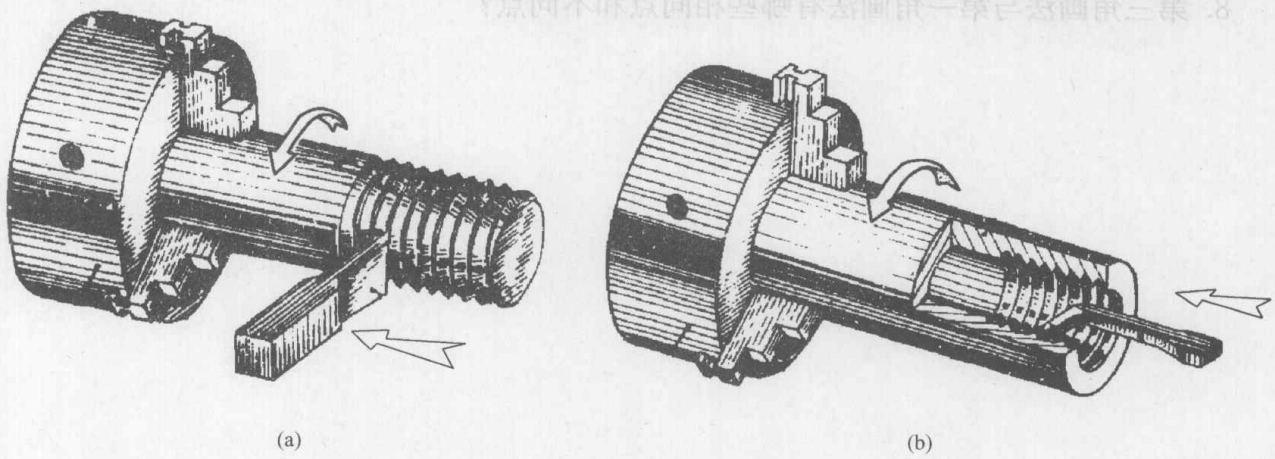


图 8-1　车削螺纹

（a）车削外螺纹；（b）车削内螺纹

（二）螺纹的结构要素

（1）螺纹的牙型。在通过螺纹轴线的断面上，螺纹的轮廓形状称为螺纹牙型。常见的螺纹牙型见图 8-11。

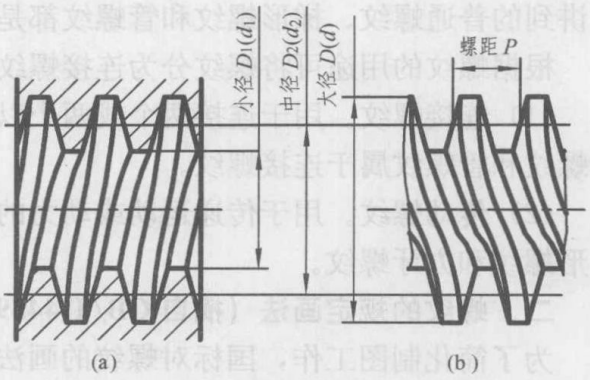


图 8-2　螺纹的直径和螺距

(a) 内螺纹；(b) 外螺纹

（2）大径（d、D）、小径（d_1、D_1）和中径（d_2、D_2）（小写字母表示外螺纹，大写字母表示内螺纹）。如图 8-2 所示，与外螺纹牙顶或内螺纹的牙底相重合的假想圆柱面的直径称为大径。与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相重合的假想圆柱面的直径称为小径。螺纹的中径是一个假想圆柱面的直径，该圆柱的母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等的地方。这三个直径中，大径有时被称为公称直径，它是代表螺纹尺寸的直径。

（3）螺纹的线数（n）。如图 8-3（a）所示，沿一条螺旋线所形成的螺纹，称为单线螺纹；如图 8-3（b）所示，沿两条或两条以上，在轴向等距分布的螺旋线所形成的螺纹，称为多线螺纹。

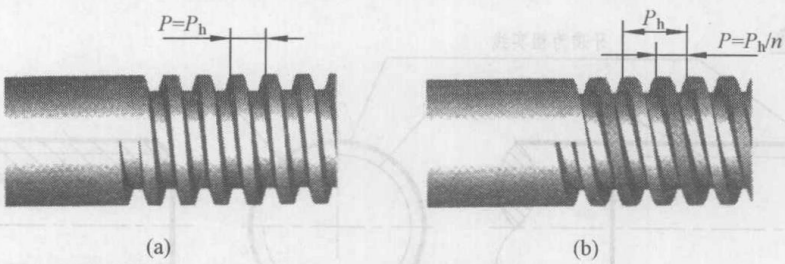


图 8-3　螺纹的线数

(a) 单线；(b) 双线

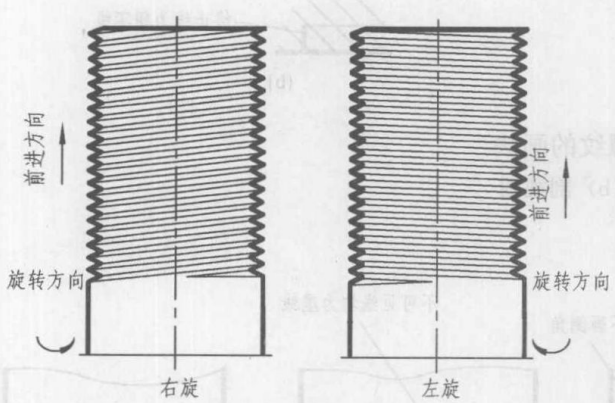


图 8-4　螺纹的旋向

（4）螺距（P）和导程（Ph）。如图 8-2（b）所示，螺距是相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离。如图 8-3（b），导程是同一条螺旋线上相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离。螺距与导程的关系是：$Ph=nP$，其中 n 是螺纹的线数。单线螺纹的螺距与导程相等。

（5）旋向。顺时针旋转时旋入的螺纹，称为右旋螺纹。逆时针旋转时旋入的螺纹，称为左旋螺纹。如图 8-4 所示。右旋螺纹在生产中用得较多。

上述牙型、直径、导程（或螺距）、线数和旋向这五个要素完全相同是内外螺纹互相旋合的必备条件。

（三）螺纹的分类

螺纹使用很广泛，为了便于制造和使用，国标对螺纹的牙型、直径和螺距作了统一规定。凡这三个要素都符合国标规定的螺纹称为标准螺纹。牙型符合国标规定，而直径和螺距不符合国标规定的螺纹称为特殊螺纹。牙型不符合国标规定的螺纹称为非标准螺纹。后面将

要讲到的普通螺纹、梯形螺纹和管螺纹都是标准螺纹，而方牙螺纹是非标准螺纹。

根据螺纹的用途可将螺纹分为连接螺纹和传动螺纹两类。

(1) 连接螺纹。用于连接两个或两个以上零件的螺纹，称为连接螺纹。标准螺纹中的普通螺纹和管螺纹属于连接螺纹。

(2) 传动螺纹。用于传递运动或动力的螺纹，称为传动螺纹。常用的有：梯形螺纹、锯齿形螺纹和方牙螺纹。

二、螺纹的规定画法（摘自 GB/T 4459.1—95）

为了简化制图工作，国标对螺纹的画法作了规定，而不按其真实投影画图。

(1) 螺纹的牙顶圆的投影用粗实线表示；牙底圆的投影用细实线表示，在螺杆的倒角或倒圆部分也应画出。在垂直于螺纹轴线的投影面的视图中，表示牙底的细实线圆只画约 3/4 圈（空出约 1/4 圈的位置不作规定），此时，螺杆或螺孔上的倒角圆不应画出。其中外螺纹的画法如图 8-5 所示。其大径为牙顶，画成粗实线。小径为牙底，画成细实线且画入倒角。左视图中的倒角圆不画。内螺纹的画法如图 8-6 所示。其小径为牙顶，在剖视图中画成粗实线。大径为牙底，在剖视图中画成细实线，且不画入倒角。在左视图中，大径画成约 3/4 圈。值得注意的是，在内外螺纹的轴向剖视图中，剖面符号画到牙顶，即画到粗实线。

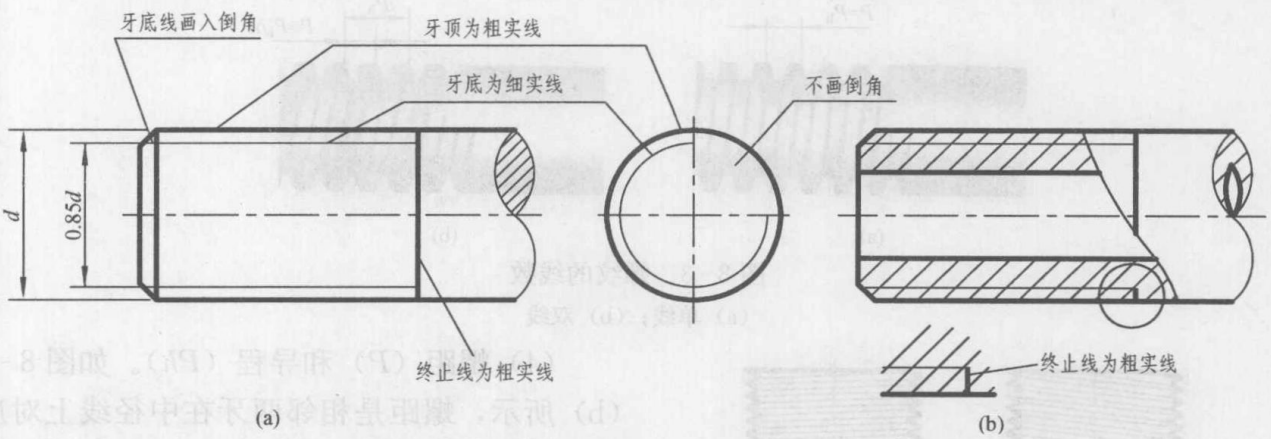


图 8-5 外螺纹的画法

(a) 外形图；(b) 剖视图

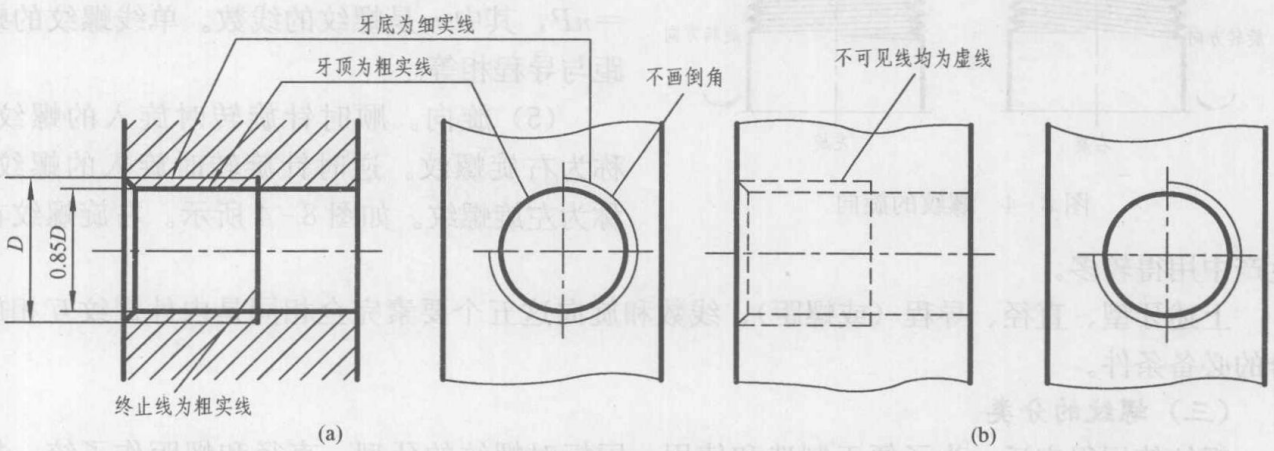


图 8-6 内螺纹的画法

(a) 剖视图；(b) 外形图

（2）有效螺纹的终止界线（简称螺纹终止线）在外螺纹的外形图和内螺纹的剖视图上用粗实线表示。当外螺纹剖开时，其螺纹终止线只画出牙型高度的一小段，如图 8-5（b）所示。

（3）螺纹小径可采用比例画法绘制：$d_1=0.85d$（或 $D_1=0.85D$）。

（4）不可见螺纹的所有图线均按虚线绘制，如图 8-6（b）所示。

（5）内外螺纹连接的画法如图 8-7 所示，以剖视图表示内外螺纹的连接时，其旋合部分应按外螺纹的画法绘制，其余部分仍按各自的画法表示。注意在螺纹连接图上，内外螺纹的大、小径要分别对齐。

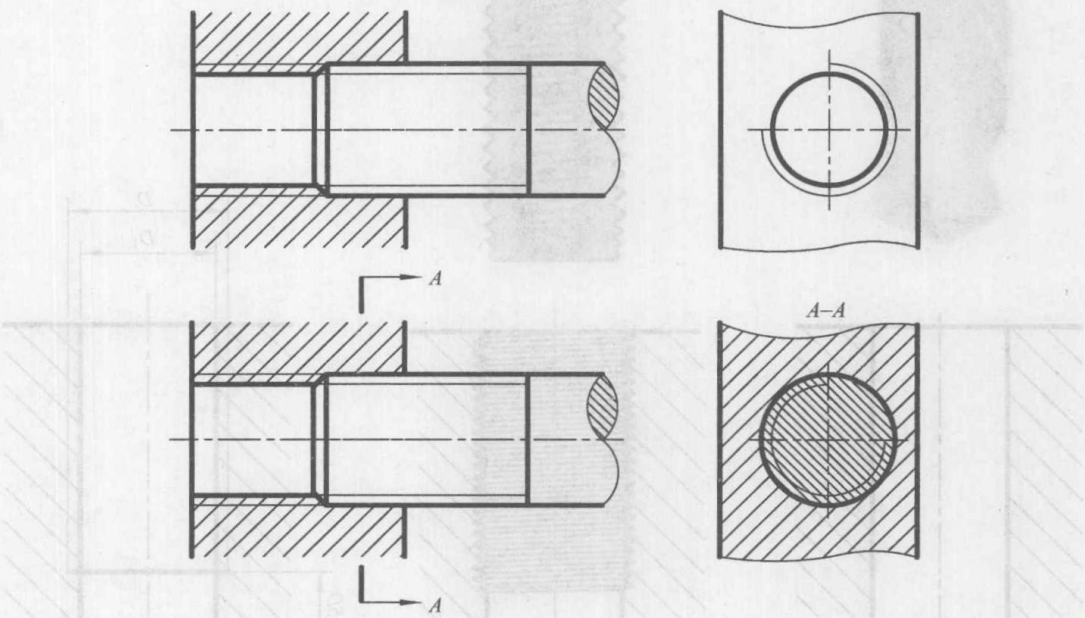


图 8-7　螺纹连接的画法

当剖切平面通过螺纹的轴线时，实心的外螺纹按不剖绘制，当剖切平面垂直于螺纹轴线时，内外螺纹均需画出剖面符号，如图中的 $A-A$ 剖视图。

（6）螺纹的工艺结构及其画法。下面介绍三种常见的螺纹工艺结构。

1）倒角。为了便于内外螺纹的安装和避免碰伤螺纹的端部，常在螺纹的端部制成倒角。倒角与螺距有关，设计时一般查表确定。内外螺纹倒角的画法及其标注方法如图 8-8 所示。

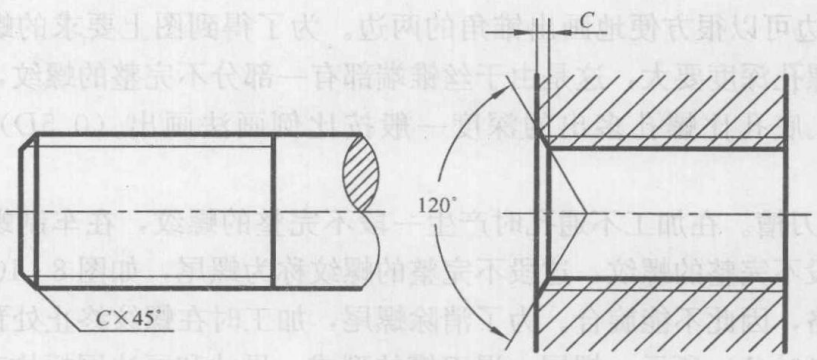


图 8-8　倒角的画法及标注

2）不通螺纹孔。如图 8-9 所示，不通螺纹孔的加工一般分两步，首先用钻头按小径钻

出底孔，如图8-9（a），然后用丝锥攻出螺纹，如图8-9（b）所示。由于钻头端部为118°的锥角，因此在底孔底部形成一个118°的锥孔，在画图时需要画出，简化为120°。绘图用

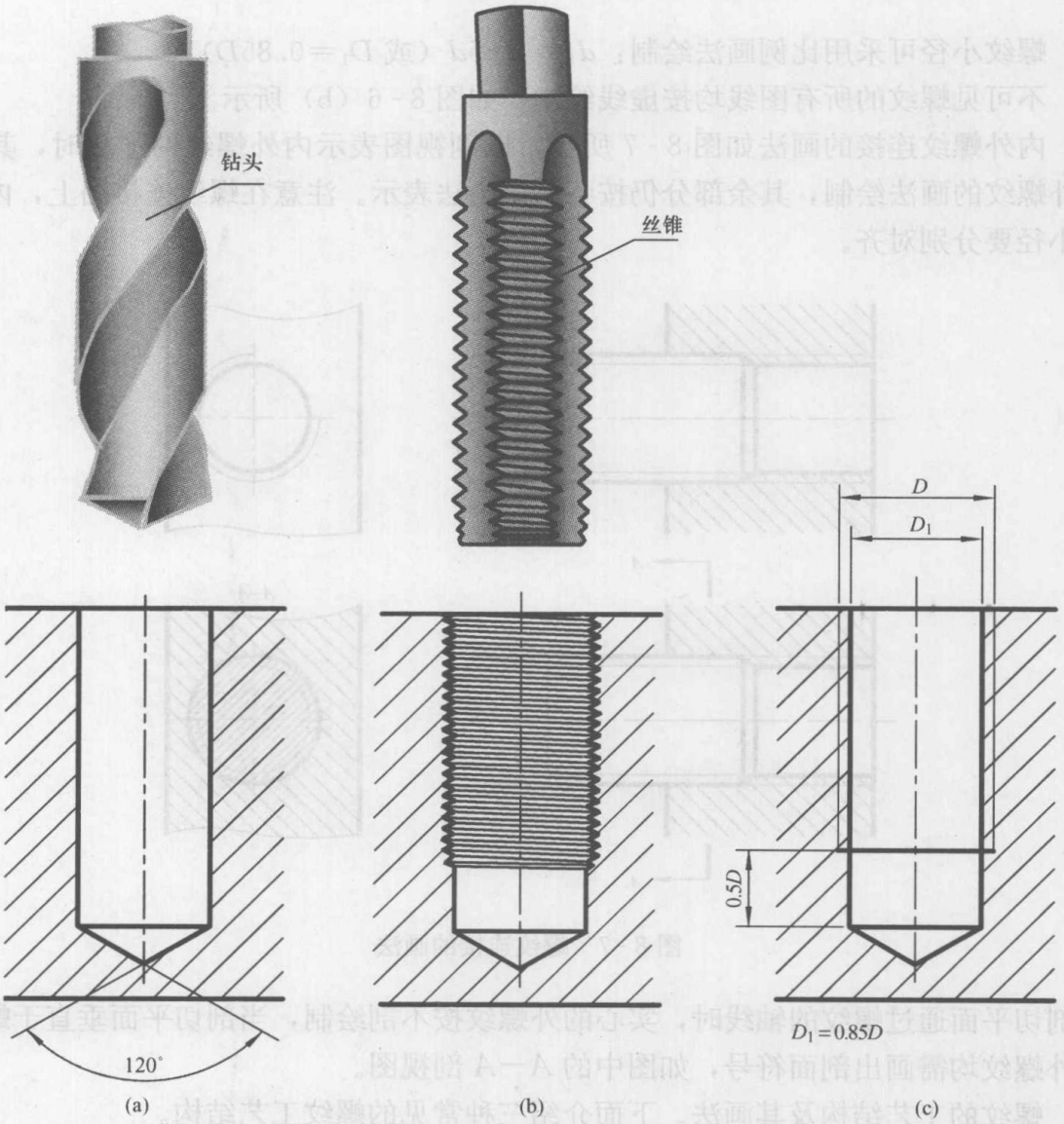


图8-9 不通螺纹孔的加工及画法

（a）钻底孔；（b）攻螺纹；（c）画法

30°的三角板的斜边可以很方便地画出锥角的两边。为了得到图上要求的螺孔的深度，不通孔的底孔深度比螺孔深度要大，这是由于丝锥端部有一部分不完整的螺纹，螺孔深度不包括这部分螺孔深度。底孔比螺孔多出的深度一般按比例画法画出（0.5D），如图8-9（c）所示。

3）螺尾和退刀槽。在加工不通孔时产生一段不完整的螺纹，在车制螺纹时由于刀具逐渐退出也产生一段不完整的螺纹，这段不完整的螺纹称为螺尾，如图8-10（a）所示。螺尾部分的螺纹不合格，因此不能旋合。为了消除螺尾，加工时在螺纹终止处预制一个槽，称为退刀槽，如图8-10（b）所示。螺尾、退刀槽的型式、尺寸和画法国标均有规定，设计时可查表确定。

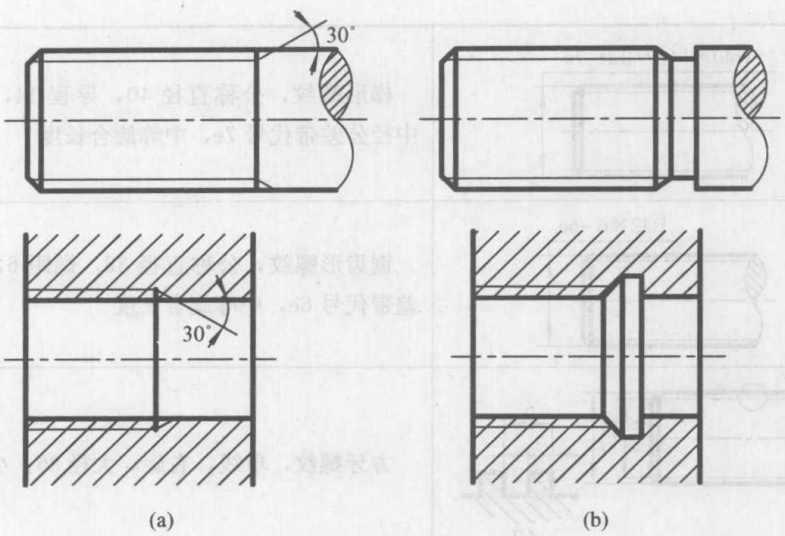


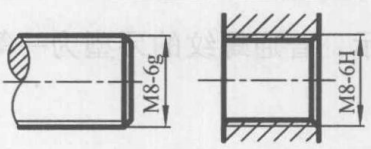
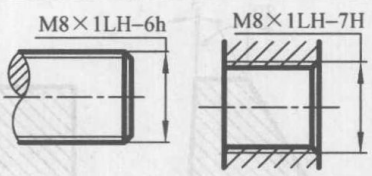
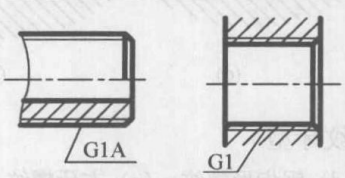
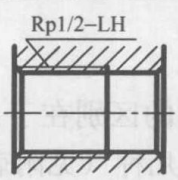
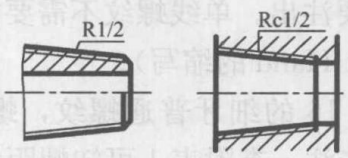
图 8-10　螺尾和退刀槽

(a) 螺尾的画法；(b) 螺纹退刀槽

三、螺纹的标注

螺纹的画法并没有全部表达螺纹的五个要素，因此必须对螺纹进行标注。螺纹的标注实例见表 8-1。

表 8-1　　螺 纹 的 标 注

普通螺纹	粗牙		粗牙普通螺纹，公称直径 8，右旋，外螺纹中径和顶径公差带代号均为 6g；内螺纹中径和顶径公差带均为 6H，内外螺纹旋合长度均为中等
	细牙		细牙普通螺纹，公称直径 8，螺距 1，左旋，外螺纹中径顶径公差带代号均为 6h；内螺纹中径顶径公差带代号均为 7H，内外螺纹旋合长度均为中等
管螺纹	非螺纹密封		非螺纹密封的管螺纹，内外螺纹的尺寸代号均为 1，右旋，外螺纹为 A 级
	用螺纹密封		用螺纹密封的圆柱管螺纹（Rp），尺寸代号为 1/2，左旋
			用螺纹密封的圆锥外螺纹（R）和圆锥内螺纹（Rc），尺寸代号均为 1/2，右旋

续表

梯形螺纹	Tr40×14(P7)LH-7e	梯形螺纹，公称直径 40，导程 14，螺距 7，双线，左旋，中径公差带代号 7e，中等旋合长度
锯齿形螺纹	B32×6-6e	锯齿形螺纹，公称直径 32，螺距 6，单线，右旋，中径公差带代号 6e，中等旋合长度
方牙螺纹（非标准螺纹）	φ30　φ36　6　3　4:1	方牙螺纹，单线，右旋，大径 36，小径 30，螺距 6，齿厚 3

（一）普通螺纹的标注

完整的标注格式和内容如下：

螺纹代号－公差带代号－旋合长度代号

其中螺纹代号的标注格式为

牙型符号	公称直径	×	导程（螺距）	旋向

说明如下：

（1）牙型符号：各种螺纹的牙型如图 8-11 所示。普通螺纹的牙型为一等边三角形，牙型符号为 M。

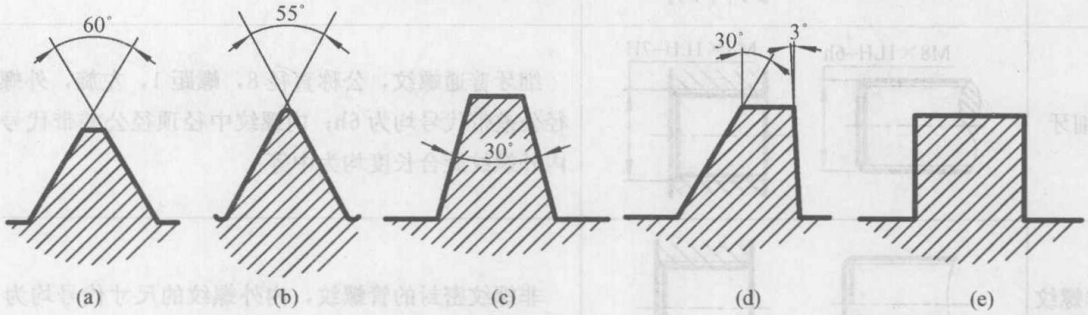


图 8-11　常见的螺纹牙型

（a）普通螺纹；（b）管螺纹；（c）梯形螺纹；（d）锯齿形螺纹；（e）方牙螺纹

（2）公称直径：一般指螺纹的大径。

（3）螺距：普通螺纹分粗牙和细牙两种，这两种螺纹的区别在于：在同一尺寸分段中，粗牙普通螺纹的螺距是唯一的，而细牙普通螺纹的螺距有几种（见附表 1）。因此国标规定，粗牙普通螺纹的螺距不注，细牙普通螺纹的螺距需要注出。单线螺纹不需要标注导程。

（4）旋向：右旋不注，左旋需要注“LH”（Left Hand 的缩写）。

例如：M16×1LH　这个螺纹代号表示大径是 16 的细牙普通螺纹，螺距是 1，左旋。而 M24 表示大径为 24 的右旋粗牙普通螺纹，螺距未注，查附表 1 可知螺距为 3。

公差带代号按 GB/T 197—2003 的规定，普通螺纹应注为

中径公差带代号　　顶径公差带代号

公差带代号由表示公差大小（公差带宽度）的数字和表示公差带位置的基本偏差字母（外螺纹用小写，内螺纹用大写）组成，其基本概念详见第九章。

旋合长度代号分为三组：短旋合长度、中旋合长度和长旋合长度，分别用代号S、N、L表示，其具体数值国标有规定。

普通螺纹标注的说明：

（1）中等旋合长度时，代号“N”不注。

（2）当中径、顶径的公差带相同时，则只注一个代号。

（3）内螺纹的基本偏差代号用大写字母表示，外螺纹的基本偏差代号用小写字母表示。

例如：M10－6H表示一个公称直径为10，中径和顶径公差带代号为6H、旋向为右旋、中等旋合长度的粗牙普通螺纹孔。M10－6g表示一个公称直径为10、中径和顶径公差带代号为6g、旋向为右旋、中等旋合长度的粗牙普通外螺纹。M10－5g6g－S表示一个大径为10、中径公差带代号为5g、顶径公差带代号为6g、右旋、短旋合长度的粗牙普通外螺纹。

（二）梯形螺纹的标注

完整的标注格式和内容为：

梯形螺纹代号－中径公差带代号－旋合长度代号

其中梯形螺纹代号分两种情况：

单线：格式：**Trd×P 旋向**。其中Tr是梯形螺纹的牙型代号，d是公称直径，P是螺距，右旋不注，左旋注“LH”。例如Tr36×6LH，表示梯形螺纹的公称直径为36，螺距是6，左旋。

多线：格式：**Trd×Ph（P）旋向**。其中Tr是梯形螺纹的牙型代号，d是大径，P是螺距，Ph是导程，n是线数，右旋不注，左旋注“LH”。例如Tr36×12（P6）LH，表示梯形螺纹的公称直径为36，螺距为6，导程为12，线数为2，左旋。

梯形螺纹只注中径公差带代号。公差带代号国标有相应规定，可查表确定。旋合长度只有中等旋合长度和长旋合长度两种，分别用N、L表示，中等旋合长度可省略标注。

例：Tr40×7－8H表示公称直径为40、螺距为7、中径公差带代号为8H、右旋的单线梯形螺纹孔。Tr40×14（P7）LH－8e－L表示公称直径为40、螺距为7，导程为14、旋向为左旋、中径公差带代号为8e、长旋合长度的双线梯形外螺纹。

梯形螺纹的直径与螺距见附表3。

（三）锯齿形螺纹的标注

锯齿形螺纹标注的格式和内容按GB/T 13576—2005的规定，除牙型符号为“B”与梯形螺纹不同外，其他各项都类似。

例如：B40×10－7H表示公称直径为40、螺距为10、右旋、公差带代号为7H、中等旋合长度的单线锯齿形螺纹孔。B40×20（P10）LH－8e－L表示公称直径为40、导程为20、左旋、中径公差带代号为8e、长旋合长度的双线锯齿形外螺纹。

（四）管螺纹

管螺纹分为非螺纹密封的管螺纹和用螺纹密封的管螺纹两种。

（1）非螺纹密封的管螺纹。根据GB 7307—2001的规定，非螺纹密封的管螺纹的标注

如下：

内螺纹　G　尺寸代号－旋向

外螺纹　G　尺寸代号　级别－旋向

其中G是管螺纹的牙型符号［牙型见图8-11（b）］，尺寸代号不是螺纹的大径或小径，而近似等于管子的孔径（用英寸表示）。旋向为右旋时不注，左旋注LH。例如，G1/2－LH表示尺寸代号为1/2（1/2″）的左旋管螺纹（内螺纹）。外螺纹分为A、B级，其中径公差带不同，A级公差带的宽度是B级的二分之一，即A级比B级精密。例如G1A和G1B的尺寸代号都是1，都是外螺纹，但前者比后者精密。内螺纹只规定一种公差代号，不标注。

非螺纹密封的管螺纹的大径、小径、螺距、直径公差见附表4。

（2）用螺纹密封的管螺纹。根据GB 7306—2000的规定，用螺纹密封的管螺纹的标注如下：

圆柱内螺纹　Rp1/2－LH

其中Rp表示圆柱内螺纹，1/2表示尺寸代号，LH表示左旋，右旋不注。

圆锥内螺纹　Rc 1/2

其中Rc表示圆锥内螺纹，1/2表示尺寸代号，右旋（左旋注LH，右旋不注）。

圆锥外螺纹　R1/2

其中R表示圆锥外螺纹，1/2表示尺寸代号，右旋（左旋注LH，右旋不注）。

第二节　螺纹紧固件及其连接

通过螺纹起连接作用的零件称为螺纹紧固件或螺纹连接件。常用的螺纹紧固件有螺栓、螺母、垫圈、双头螺柱和螺钉等，如图8-12所示。它们的种类很多。国标对其结构、尺寸和技术要求都作了统一规定，在机械设计中选用这些标准件时，不必画出它们的零件图，但要求写出标记，以便外购。在画装配图时，这些标准件采用比例画法，各部分结构均以公称

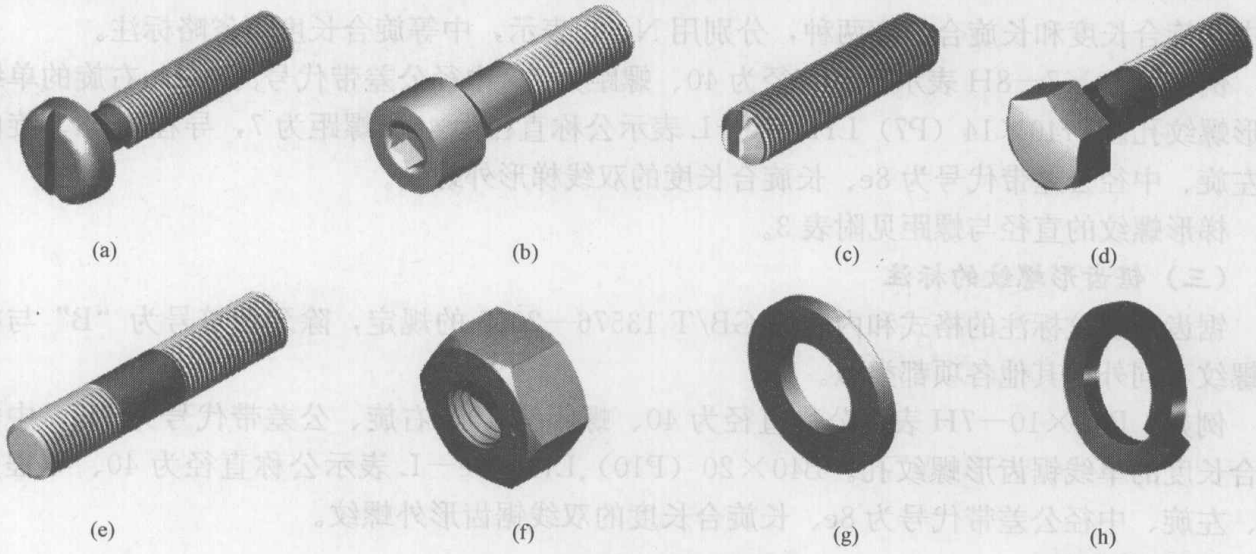
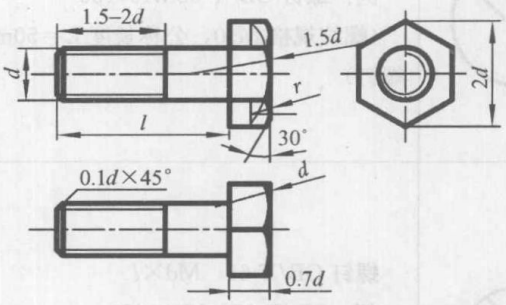
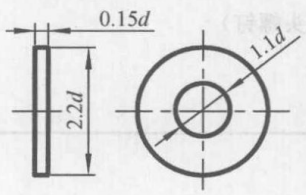
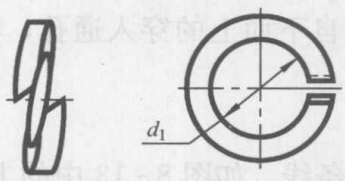
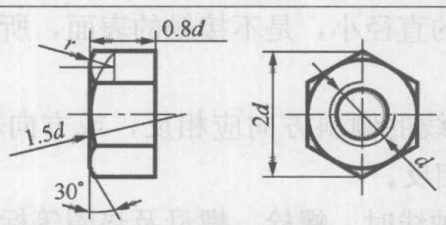
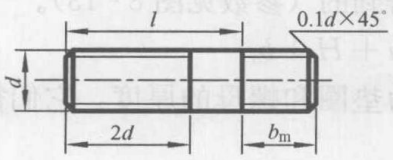


图8-12　常用螺纹紧固件

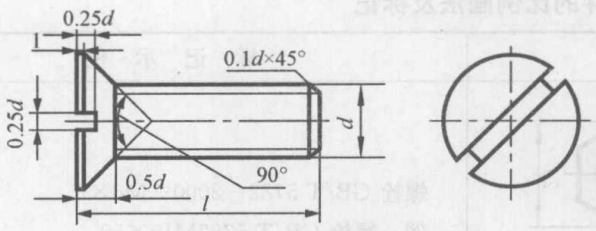
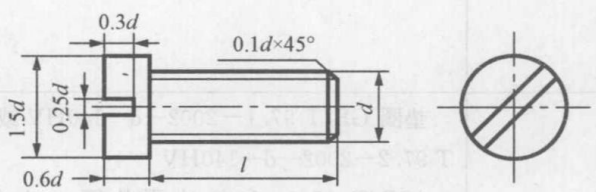
（a）开槽盘头螺钉；（b）内六角圆柱头螺钉；（c）开槽锥端等定螺钉；（d）六角头螺栓；（e）双头螺栓；（f）六角螺母；（g）平垫圈；（l）弹簧垫圈

直径为基数按比例画出。表 8-2 为常用的几种螺纹紧固件的比例画法及标记示例。它们的实际结构见附录二。

表 8-2　　常用紧固件的比例画法及标记

名称	比例画法	标记示例
六角头螺栓		螺栓 GB/T 5782—2000—Md×l 例：螺栓 GB/T 5782M10×50 （A 级六角螺栓，螺纹规格为 M10，公称长度为 50）
垫圈		垫圈 GB/T 97.1－2002—d—140HV 或垫圈 GB/T 97.2－2002—d—140HV （GB/T 97.1—2002 为平垫圈－A 级；GB/T 97.2—2002 为平垫圈倒角型－A 级） 例：垫圈 GB/T 97.110—140HV （A 级平垫圈，公称尺寸（螺纹大径）为 10，机械性能等级为 140HV）
标准型弹簧垫圈 GB/T 93—1987		垫圈 GB/T 93—1987 例：垫圈 GB/T 93 20［表示标准型弹簧垫圈，规格（螺纹大径）为 M20］
螺母		螺母 GB/T 6170—2000—Md 例：螺母 GB/T 6170M10 （A 级的 1 型六角螺母，螺纹规格为 M10）
双头螺柱		螺柱 GB/T 897—1988Md×l（B 型） 螺柱 GB/T 897—1988 AMd×l（A 型） 旋入机体一端的确定： GB/T 897—1988 用于机体材料为青铜、钢 $b_m=d$ GB/T 898—1988 用于机体材料为铸铁 $b_m=1.25d\sim1.5d$ GB/T 899—1988 用于机体材料为铸铝 $b_m=2d$ 例：螺柱 GB/T 897—1988M10×50 （两端均为粗牙普通螺纹，螺纹规格为 M10，公称长度 $l=50$，$b_m=d$ 的双头螺柱）

续表

名称	比例画法	标 记 示 例
开槽沉头螺钉		螺钉 GB/T 68—2000Md×l 例：螺钉 GB/T 68M10×50 （螺纹规格 M10，公称长度 L=50mm 的开槽沉头螺钉）
开槽圆柱头螺钉		螺钉 GB/T 65　Md×l 例：GB/T 65　M10×20 （螺纹规格 M10，公称长度 L=20mm 的开槽圆柱头螺钉）

一、螺栓连接

螺栓可以连接不太厚并能钻成通孔的两个或两个以上的零件。如图 8-13 所示，在被连接的零件上钻一个比螺栓大径略大的通孔，将螺栓自下而上的穿入通孔，在上面套上垫圈，将螺母拧紧，即完成螺栓连接的装配。

（一）螺栓连接装配图的规定画法

（1）两零件的接触面画一条线，不接触面画两条线。如图 8-13 中的上下两块被连接板的接触面画一条线，而螺栓的大径比板上通孔的直径小，是不接触的表面，所以在主视图上左右两边均画出两条转向素线。

（2）在装配图中，相邻两金属零件的剖面线的倾斜方向应相反，或方向相同而间隔不等。如图 8-13 主视图中两块板的剖面线方向相反。

（3）在装配图中，当剖切平面通过螺杆的轴线时，螺栓、螺母及垫圈等标准件均按未剖切绘制。

（二）螺栓公称长度的确定

画螺栓连接装配图的已知条件是两被连接零件的厚度 a_1、a_2，各紧固件的型式和螺纹的大径及螺栓的公称长度 l。其中 l 是按下式计算得到的（参数见图 8-13）。

$$l \geqslant a_1 + a_2 + m + H + b_1$$

其中 a_1、a_2 是两块板的厚度。m、H 分别为垫圈和螺母的厚度，它们需要从附录中查表得到。$b_1 = (0.3 \sim 0.4)d$。

例如，已知被连接零件厚度 $a_1=25$，$a_2=20$，用螺栓 GB/T 5782—2000M16×l、螺母 GB/T 6170—2000M16、垫圈 GB/T 97.1—200216—140HV 连接，计算螺栓的有效长度 l。查附表 8 和附表 9 得 $H=14.8$、$m=3$。

$$l \geqslant 25 + 20 + 3 + 14.8 + (0.3 \sim 0.4) \times 16 = 69.2$$

由计算值查附表 5 得标准值 $l=70$。因此螺栓的标记为：螺栓 GB/T 5782—2000M16×70。

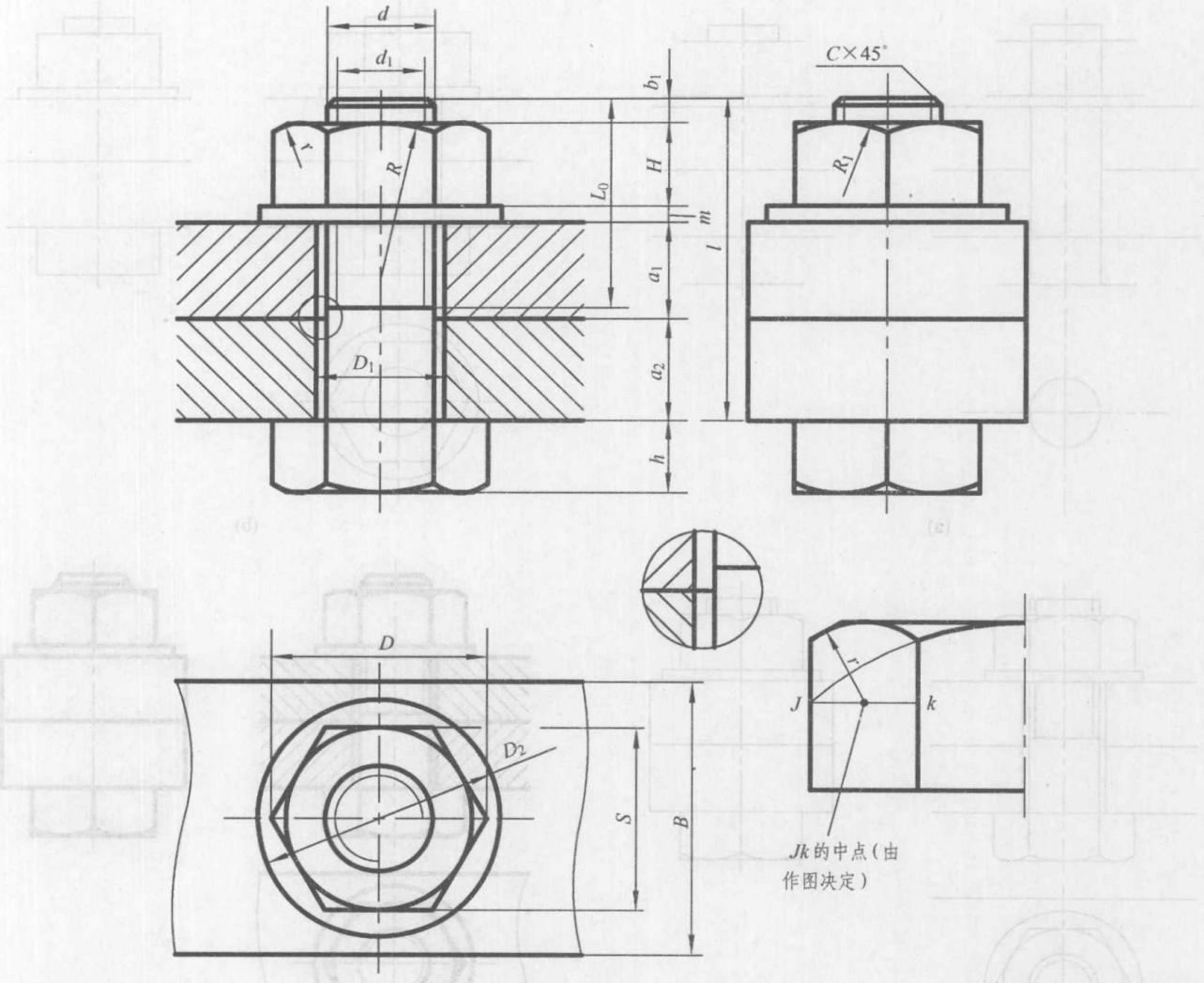


图 8-13 螺栓连接装配图的画法

说明：$d_1=0.85d$；$L_0=2d$；$D_1=1.1d$；$D=2d$；
$D_2=2.2d$；$R=1.5d$；$R_1=d$；r 由作图确定；$h=0.7d$；
$H=0.8d$；$m=0.15d$；$b_1=(0.3\sim0.4)d$；$c=0.1d$；
S 由作图确定；a_1、a_2、B 由设计确定。

（三）螺栓连接装配图的画图步骤

如图 8-14 所示，用比例画法画螺栓连接装配图的步骤如下：

第一步：如图 8-14（a）所示，确定三视图的位置，画出定位线和螺栓的大径、被连接零件的厚度及各标准件的高度。

第二步：如图 8-14（b）所示，画出螺栓、垫圈、螺母的轮廓及被连接零件中通孔的正面投影。

第三步：如图 8-14（c）所示，画全标准件及被连接板的各视图。

第四步：如图 8-14（d）所示，画出被连接板的剖面线、波浪线、整理并加粗。

二、双头螺柱连接

当被连接的两个零件中有一个比较厚或不宜于制作通孔时，可以使用双头螺柱连接。图 8-15 是双头螺柱连接装配图，图中二零件接触面以上部分的画法与螺栓连接的画法相同。双头螺柱旋入下面零件的部分，即接触面下面的部分称为旋入端，旋入端的长度 b_m 取决于

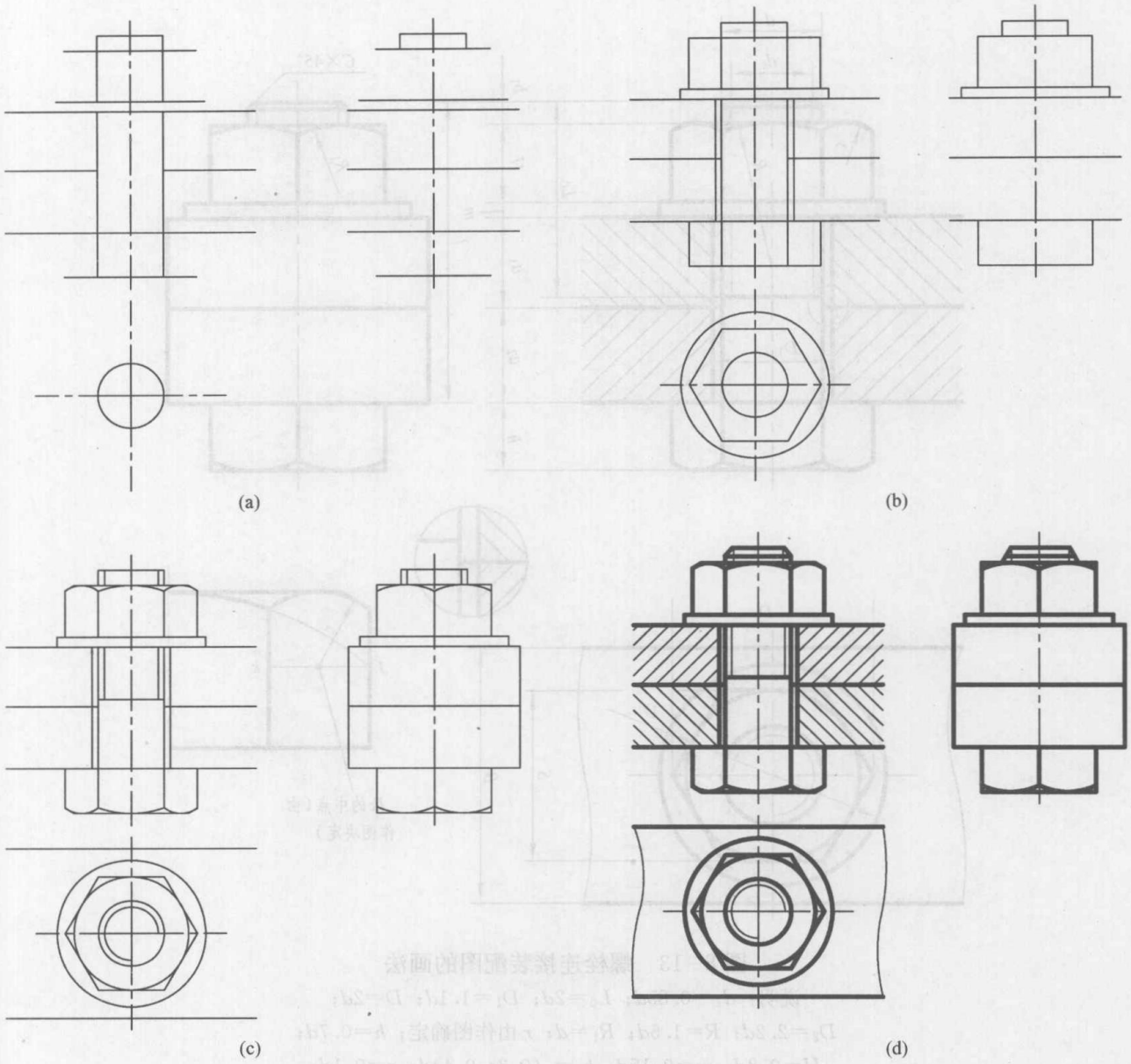


图 8-14 螺栓连接装配图画图步骤

被旋入零件的材料，其取值见表 8-2。

画双头螺柱连接装配图的注意事项：

(1) 在画图时，旋入端螺纹的终止线应与被连接二零件的接触面平齐，否则视作不合理装配。

(2) 双头螺柱旋入不通孔时，旋入端的长度小于螺纹孔的深度，螺纹孔的深度小于底孔的深度，一般按图 8-15 所示比例尺寸画图。

(3) 双头螺柱的有效长度 l 不包括旋入端，如表 8-2 所示。l 的确定方法与螺栓类似，它的计算值为上板、垫圈、螺母及螺柱高出螺母的长度（约 $0.03d$）之和，然后查附表 6 取与计算值相近的标准值。

三、螺钉连接

螺钉连接一般用于受力较小且不经常拆装的地方。螺钉连接一般不用螺母和垫圈。

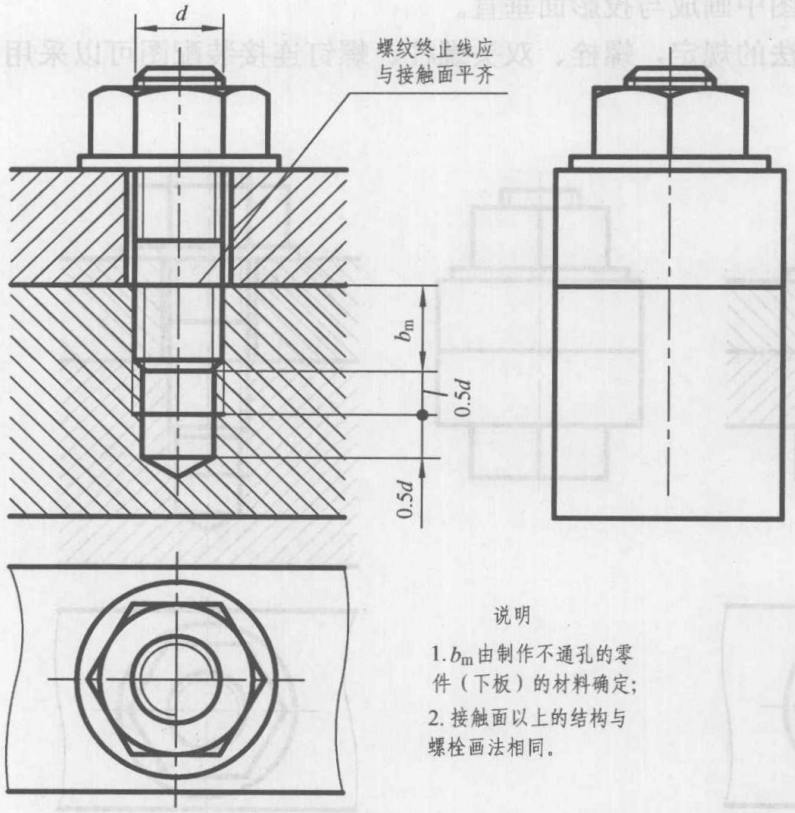


图 8-15 双头螺柱连接装配图的画法

图 8-16所示为沉头螺钉连接装配图，画图时仍采用比例画法，各部分的尺寸如图 8-16 所示。注意螺钉的一字形起子槽或十字形起子槽在垂直于螺钉轴线的视图中应画成倾斜 45°角；

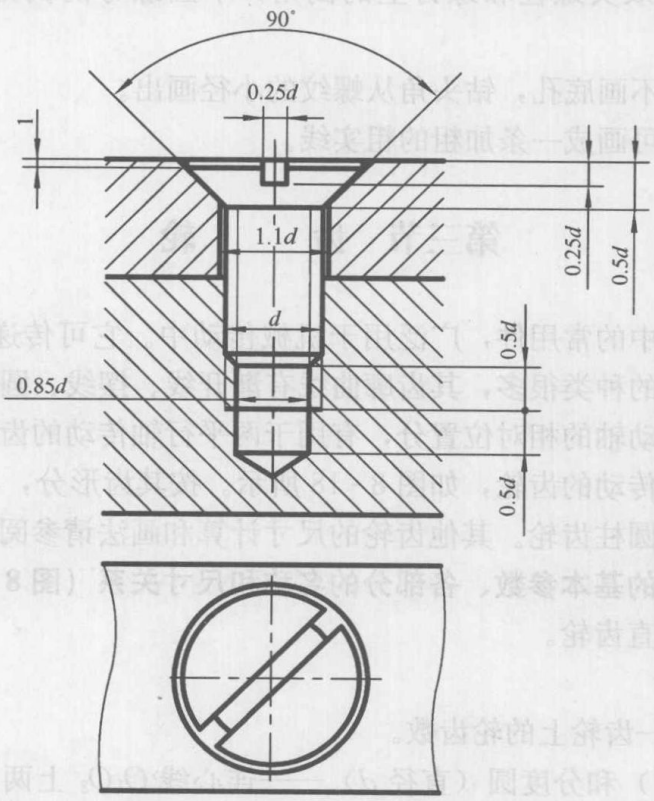


图 8-16 沉头螺钉连接装配图

在平行于轴线的视图中画成与投影面垂直。

按国标图样画法的规定，螺栓、双头螺柱、螺钉连接装配图可以采用图 8-17 所示的简化画法。

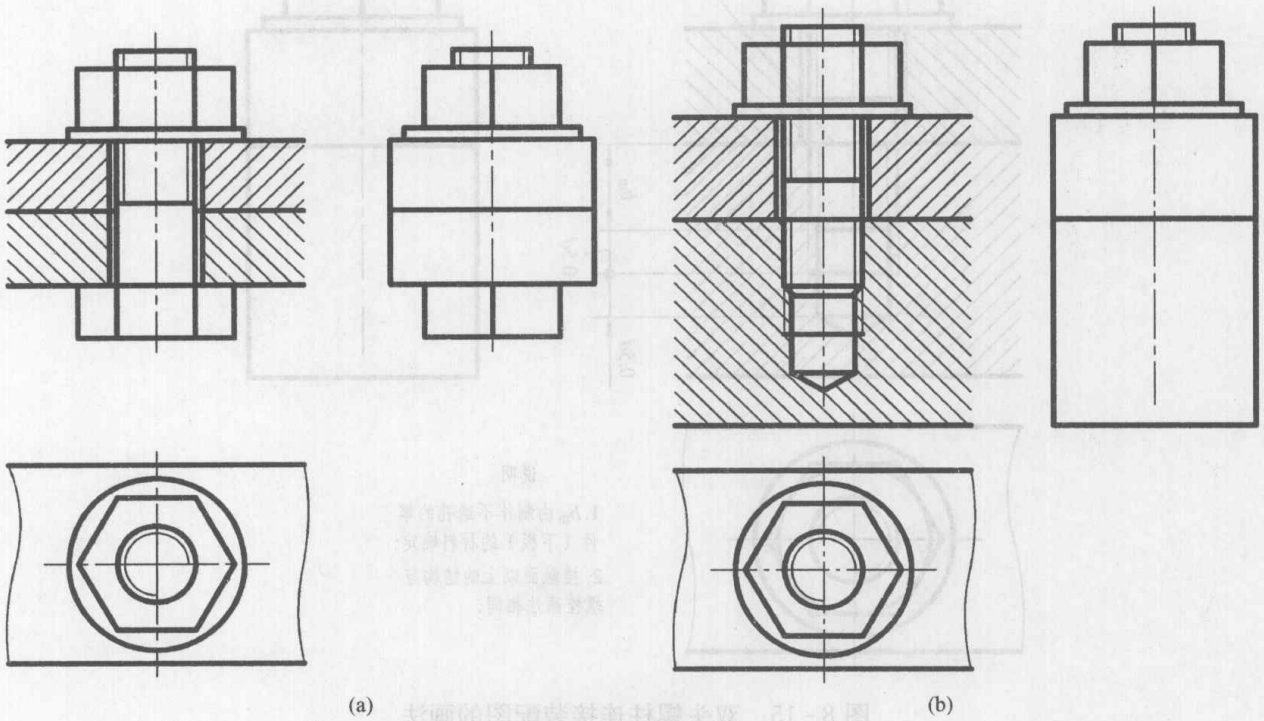


图 8-17 螺栓螺柱连接的简化画法

(a) 螺栓连接；(b) 双头螺柱连接

(1) 可不画螺栓、双头螺柱和螺钉上的倒角，不画螺母的倒角及因倒角而产生的截交线。

(2) 对不通孔，可不画底孔，钻头角从螺纹的小径画出。

(3) 螺钉的起子槽可画成一条加粗的粗实线。

第三节 齿 轮

齿轮是机器和仪器中的常用件，广泛用于机械传动中。它可传递动力、改变运动方向、速度及运动方式。齿轮的种类很多，其齿廓曲线有渐开线、摆线、圆弧等，最常用的是渐开线齿廓的齿轮。按其传动轴的相对位置分，有用于两平行轴传动的齿轮、用于两相交轴传动的齿轮和用于两交叉轴传动的齿轮，如图 8-18 所示。按其齿形分，有直齿、斜齿和人字齿等。本书主要介绍直齿圆柱齿轮。其他齿轮的尺寸计算和画法请参阅有关标准和书籍。

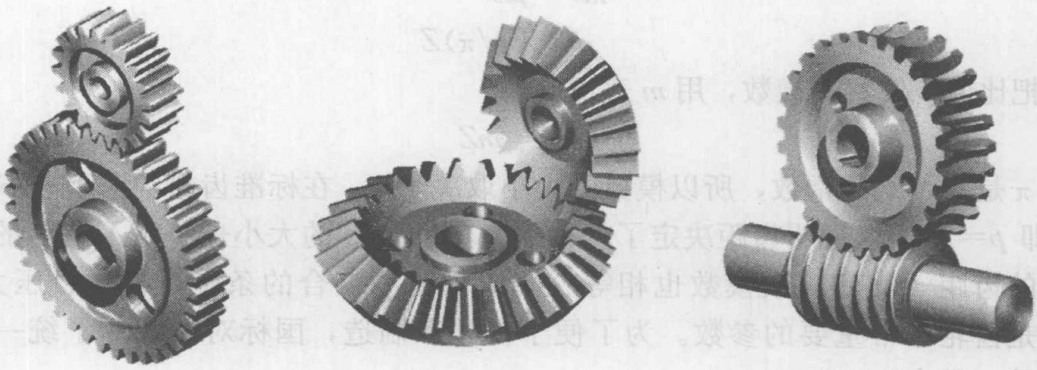
一、直齿圆柱齿轮的基本参数、各部分的名称和尺寸关系（图 8-19）

直齿圆柱齿轮简称直齿轮。

（一）名词术语

(1) 齿数（Z）——齿轮上的轮齿数。

(2) 节圆（直径 d'）和分度圆（直径 d）——连心线 O_1O_2 上两相切的圆称为节圆，其切点位于连心线上两齿廓的接触点 P，在 P 点两齿轮的圆周速度相等。在加工齿轮时，作



(a)　　(b)　　(c)

图 8-18　齿轮传动

(a) 直齿圆柱齿轮；(b) 圆锥齿轮；(c) 蜗轮蜗杆

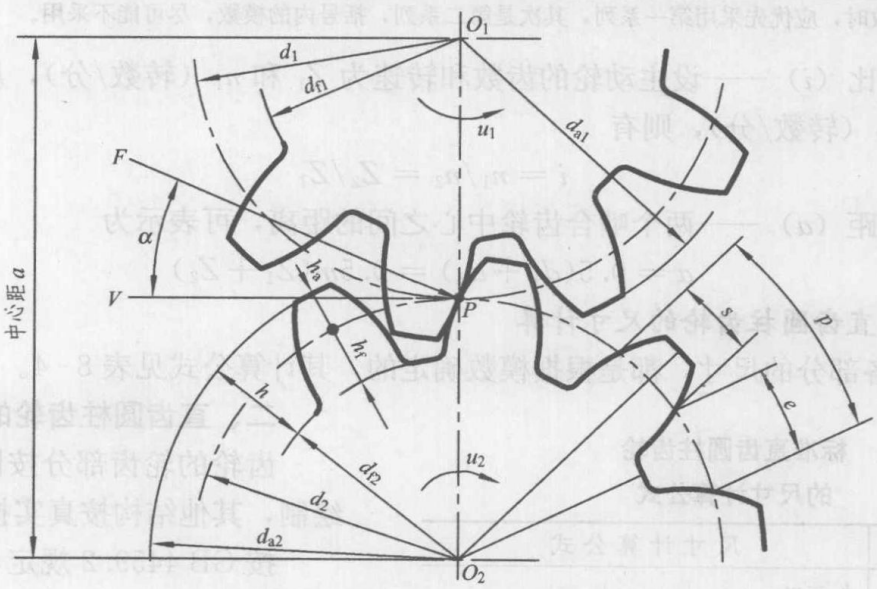


图 8-19　直齿圆柱齿轮各部分的名称

为轮齿分度的圆称为分度圆。在标准齿轮中，$d'=d$。

(3) 齿顶圆（直径 d_a）——通过齿顶的圆称为齿顶圆。

(4) 齿根圆（直径 d_f）——通过齿根的圆称为齿根圆。

(5) 齿顶高（h_a）——齿顶圆到分度圆的径向距离。

(6) 齿根高（h_f）——齿根圆到分度圆的径向距离。

(7) 齿高（h）——齿顶高与齿根高之和。

(8) 齿厚（S）——每个轮齿在分度圆上的弧长。

(9) 齿距（p）——在分度圆上相邻二齿廓对应点间的弧长。

(10) 压力角（α）——接触点 P 处两齿廓公法线与该点两节圆公切线的夹角，即运动方向与受力方向的夹角。我国采用的标准压力角 $\alpha=20°$。

(11) 模数（m）——模数是齿轮的基本参数之一，它是计算齿轮各部分尺寸及加工齿轮的依据。由图 8-19 可知，齿轮分度圆的周长为

$$\pi d = pZ$$

$$d = (p/\pi)Z$$

我们把比值 p/π 称为模数，用 m 表示，则

$$d = mZ$$

由于 π 是无量纲的常数，所以模数的大小取决于 p，在标准齿轮中，齿厚 S 和齿槽宽 e 相等，即 $p=2S$。这说明齿距决定了轮齿的大小，故 m 的大小也决定了轮齿的大小。两啮合齿轮的齿距 p 相等，故模数也相等。两齿轮正确啮合的条件是模数、压力角相等。因此模数是齿轮非常重要的参数。为了便于设计和制造，国标对模数作了统一规定，称为标准模数（见表 8-3）。

表 8-3　　齿轮标准模数系列（GB/T 1357—87）

第一系列	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50				
第二系列	1.75	2.75	(3.25)	3.5	(3.75)	4.5	5.5	(6.5)	7	9	(11)	14	18	22	28	30	36	45			

注　在选用模数时，应优先采用第一系列，其次是第二系列，括号内的模数，尽可能不采用。

（12）传动比（i）——设主动轮的齿数和转速为 Z_1 和 n_1（转数/分），从动轮的齿数和转速为 Z_2 和 n_2（转数/分），则有

$$i = n_1/n_2 = Z_2/Z_1$$

（13）中心距（a）——两个啮合齿轮中心之间的距离，可表示为

$$a = 0.5(d_1 + d_2) = 0.5m(Z_1 + Z_2)$$

（二）标准直齿圆柱齿轮的尺寸计算

标准齿轮各部分的尺寸，都是根据模数确定的，其计算公式见表 8-4。

表 8-4　　标准直齿圆柱齿轮的尺寸计算公式

参　数	尺寸计算公式
齿顶高	$h_a=m$
齿根高	$h_f=1.25m$
齿高	$h=h_a+h_f=2.25m$
分度圆直径	$d=mZ$
齿顶圆直径	$d_a=m\ (Z+2)$
齿根圆直径	$d_f=m\ (Z-2.5)$
齿厚	$S=0.5\pi m$
齿距	$p=\pi m$
中心距	$a=0.5\ (d_1+d_2)\ =0.5m\ (Z_1+Z_2)$

二、直齿圆柱齿轮的画法

齿轮的轮齿部分按国标的规定画法绘制，其他结构按真实投影画。

按 GB 4459.2 规定，齿轮轮齿部分的画法如下：

（1）齿顶圆和齿顶线用粗实线绘制。

（2）分度圆和分度线用点画线绘制（分度线超出轮廓线 2～3mm）。

（3）齿根圆和齿根线用细实线绘制，可省略不画；在剖视图中齿根线用粗实线绘制。

（一）单个齿轮的画法

表示齿轮一般用一个或两个视图，当没有轮辐或辐板上没有分布孔时，用一个轴向剖视图即可。如果有轮辐或辐板上有分布孔时，一般采用两个视图表达，主视图轴线水平横放且取适当剖视，左视图或右视图表达轮辐或辐板上的分布孔，有时还使用其他的表达方法，如剖面、局部视图、局部放大图等。如图 8-20 所示，按国标规定，在剖视图中，当剖切平面通过齿轮的轴线时，轮齿部分按不剖处理，齿顶线和齿根线均为粗实线。

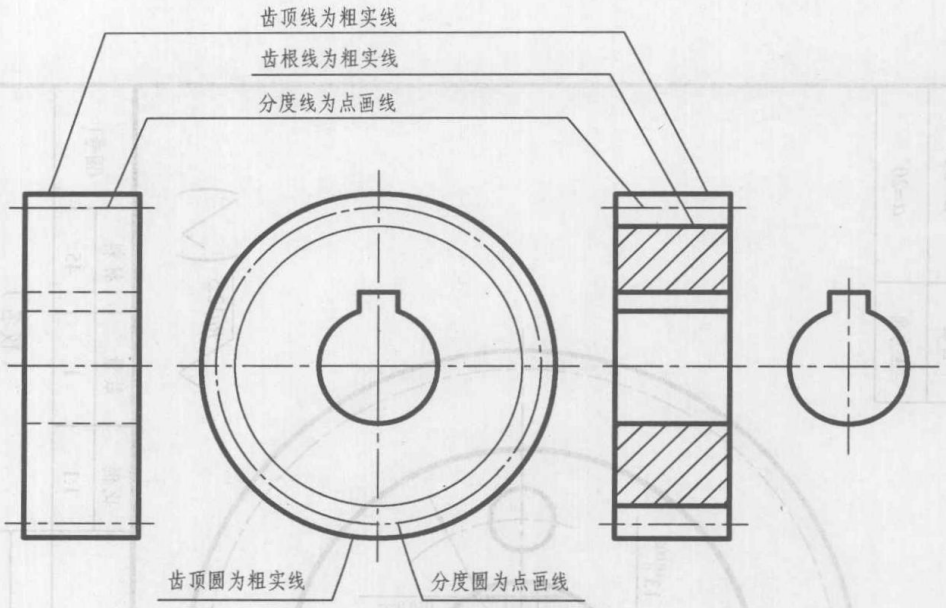


图 8-20　直齿圆柱齿轮的画法

（二）齿轮啮合的画法

齿轮啮合时，非啮合区的画法与单个齿轮相同。只需注意啮合区的画法，国标规定啮合区的画法如下：

（1）如图 8-21（a）所示，在垂直于齿轮轴线的投影面的视图中，两节圆相切；啮合区内齿顶圆均用粗实线绘制，也可省略，如图 8-21（b）所示。

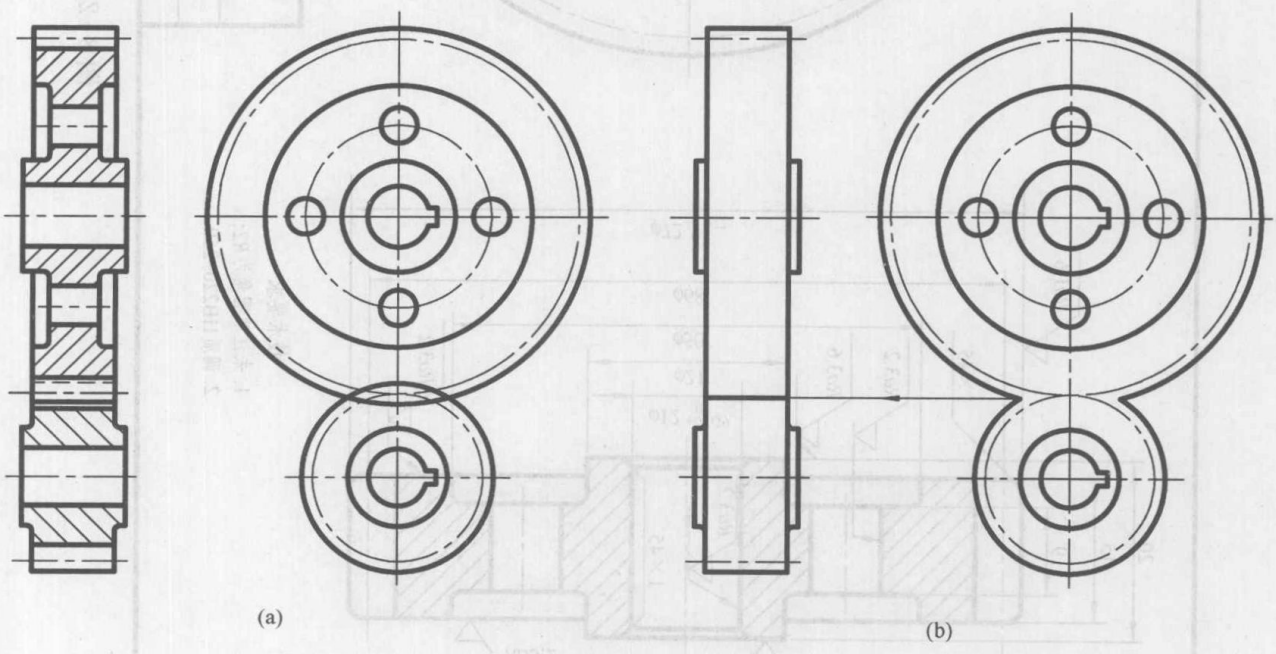


图 8-21　齿轮啮合的画法

（a）剖视图画法；（b）不剖画法

（2）如图 8-21（b）所示，在平行于齿轮轴线的投影面的视图中，啮合区的齿顶线不需要画出，节线用粗实线绘制。

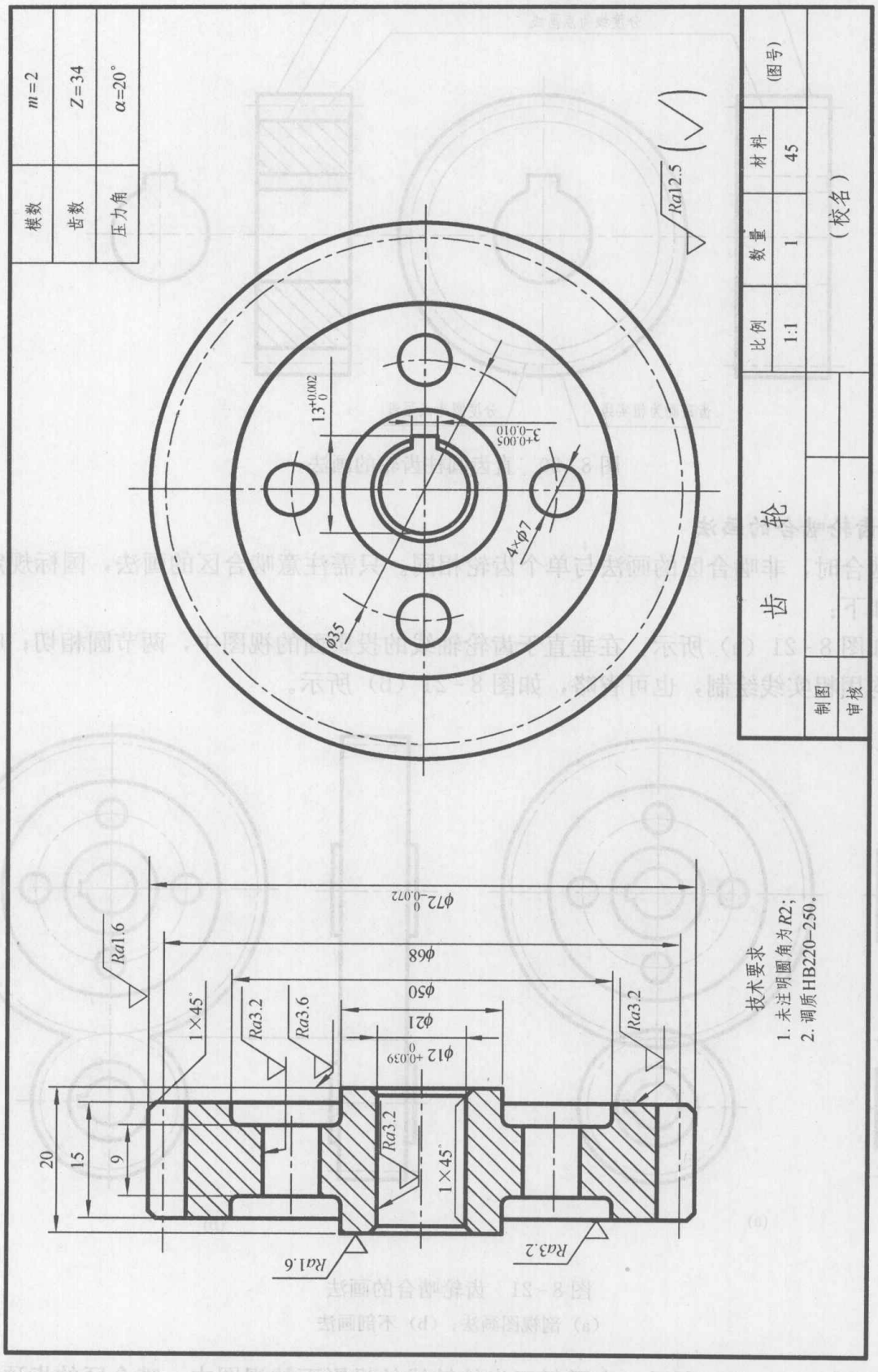

模数 m=2
齿数 Z=34
压力角 α=20°
齿轮
制图
审核
比例 1:1
数量 1
材料 45
(图号)
(校名)
Ra12.5
Ra1.6
Ra3.2
Ra6.3
1×45°
φ72 0 -0.072
φ68
φ50
φ21
φ12 +0.039 0
φ35
4×φ7
13 +0.002 0
3 +0.005 -0.010
20
15
9
技术要求
1. 未注明圆角为R2;
2. 调质HB220~250。

图 8-22 齿轮零件图

（3）如图 8-21（a）所示，在剖视图中，当剖切平面通过啮合齿轮的轴线时，在啮合区内，两齿轮的齿根线用粗实线绘制，两齿轮中被遮挡齿轮的齿顶线用虚线绘制，另一齿轮的齿顶线用粗实线绘制。

（三）齿轮零件图

图 8-22 是一张齿轮零件图。该齿轮的形状构造用两个视图表示，主视图为全剖视，左视图为外形图，由图可以看出，这是一个辐板式齿轮，主视图表达轴向结构，左视图表达ϕ7 分布孔的位置及键槽的深度。其模数 $m=2$，齿数 $Z=34$，压力角 $\alpha=20°$。尺寸和技术要求读者可自己分析。

斜齿圆柱齿轮的画法与直齿圆柱齿轮的画法类似。国标规定，用三条与齿线方向相同的细实线表示斜齿（图 8-23）。

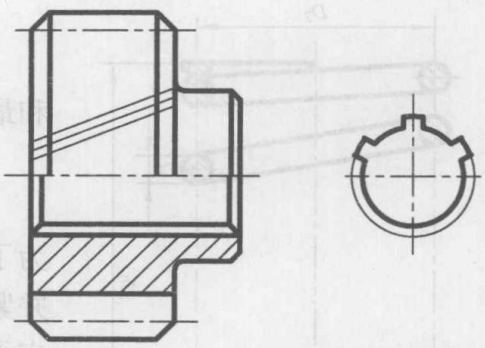


图 8-23　斜齿圆柱齿轮的画法

第四节　弹　　簧

弹簧是常用件，它用于减震、测力、夹紧、储能及保证两零件的接触或脱离等。

如图 8-24 所示，弹簧的种类很多，常见的有螺旋弹簧［图 8-24（a）～（c）］、涡卷弹簧［图 8-24（d）］、板弹簧［图 8-24（e）］等。根据受力情况不同，又分为压缩弹簧、拉伸弹簧、扭转弹簧等。其中使用最广泛的是压缩弹簧。下面主要介绍圆柱压缩弹簧的画法，其他弹簧的画法可查阅 GB 4459.4—2003。

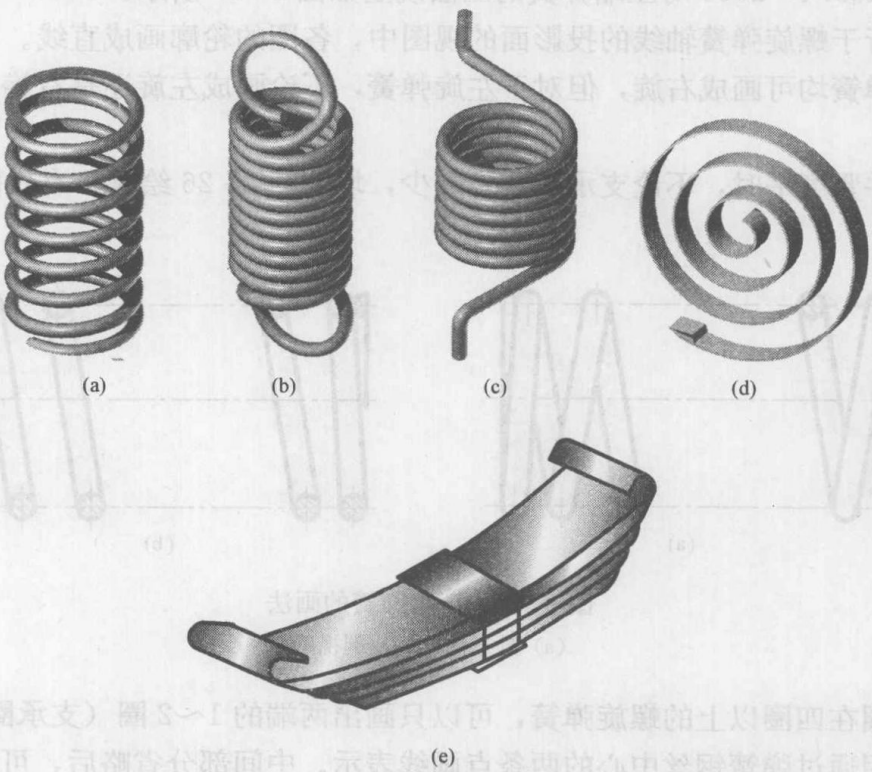


图 8-24　常见弹簧外形

（a）压缩弹簧；（b）拉伸弹簧；（c）扭转弹簧；（d）涡卷弹簧；（e）板弹簧

一、圆柱压缩弹簧各部分的名称及其相互关系

图 8-25 为按国标规定画出的压缩弹簧的剖视图，现根据此图说明有关术语及其相互关系。

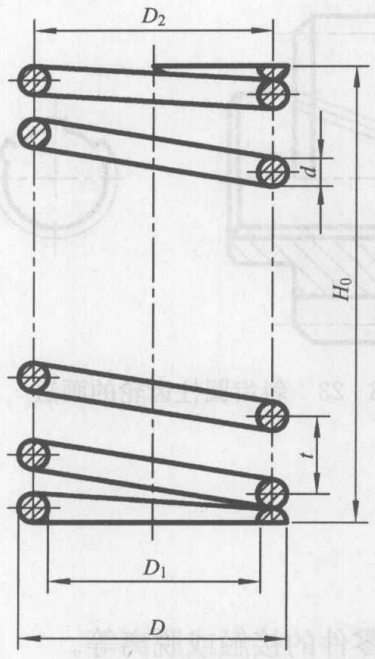


图 8-25　压缩弹簧剖视图及参数

（1）弹簧材料直径（d）：制造弹簧用的材料直径。

（2）弹簧的外径（D）和内径（D_1）：弹簧的最大直径和最小直径。弹簧的中径（D_2）为：

$$D_2 = D - d = D_1 + d = 0.5(D + D_1)$$

（3）有效圈数（n）、支承圈数（n_0）和总圈数（n_1）：为了使压缩弹簧的端面受力均匀、工作平稳，将弹簧两端并紧、磨平，并紧、磨平圈数起支承作用，称为支承圈。支承圈两端各有 1.25 圈，即 $n_0 = 2.5$ 圈，其余保持节距相等的圈数称为有效圈。总圈数 $n_1 = n_0 + n$。

（4）节距（t）：有效圈中相邻两圈对应点间的轴向距离。

（5）自由高度（H_0）：未受力时的弹簧高度。

$$H_0 = nt + (n_0 - 0.5)d$$

（6）展开长度（L）：制造弹簧所需材料的长度。

$$L = n_1 \sqrt{(\pi D)^2 + t^2}$$

（7）旋向：分为右旋和左旋，判断方法与螺纹相同。

二、圆柱压缩弹簧的规定画法

国标 GB 4459.4—2003 对压缩弹簧的画法规定如图 8-26 所示。

（1）在平行于螺旋弹簧轴线的投影面的视图中，各圈的轮廓画成直线。

（2）螺旋弹簧均可画成右旋，但对于左旋弹簧，不论画成左旋还是右旋，一律要注出旋向“左”字。

（3）两端并紧磨平时，不论支承圈数是多少，均按图 8-26 绘制，有效圈为整数，支承圈为 2.5 圈。

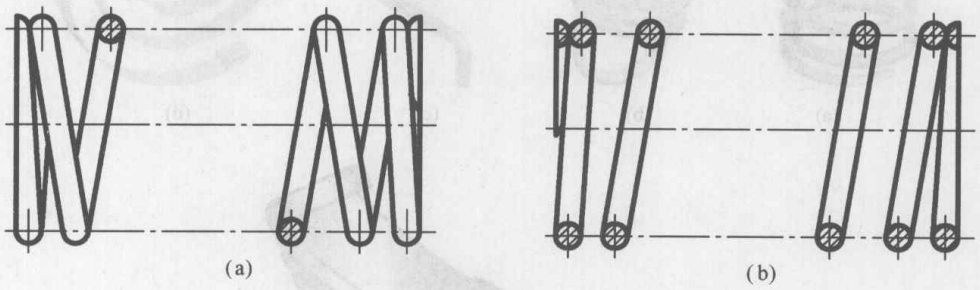


图 8-26　压缩弹簧的画法

（a）外形图；（b）剖视图

（4）有效圈在四圈以上的螺旋弹簧，可以只画出两端的 1～2 圈（支承圈除外），中间部分省略不画，用通过弹簧钢丝中心的两条点画线表示。中间部分省略后，可适当地缩短图形的长度。

（5）在装配图中，被弹簧挡住的结构一般不画出，可见部分应从弹簧的外轮廓线或从弹

簧钢丝的剖面中心线画起，如图 8-27（a）所示。型材直径或厚度在图形上等于或小于 2mm 的螺旋弹簧允许用示意图绘制，如图 8-27（b）所示。当弹簧剖切时，剖面直径或厚度等于或小于 2mm 时也可只用涂黑的剖面表示，如图 8-27（c）所示。

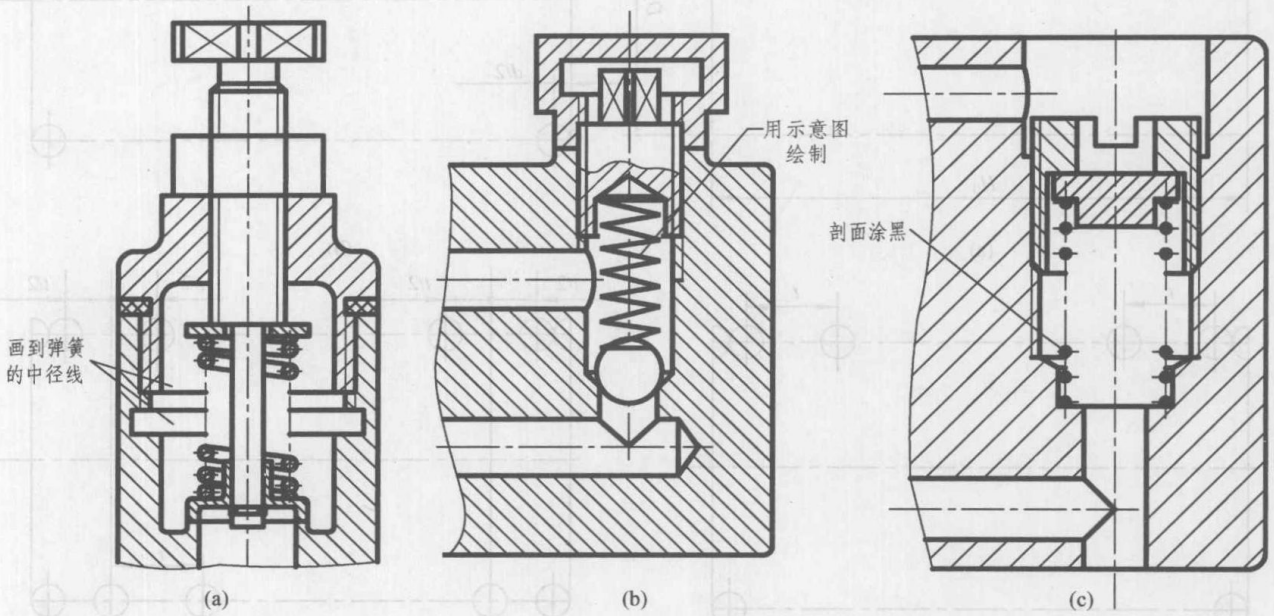


图 8-27　压缩弹簧在装配图中的画法

三、圆柱压缩弹簧的画图步骤

绘制弹簧的已知条件是：材料直径 d、中径 D_2、自由高度 H_0（在装配图中，弹簧高度应采用受初压力的高度）、有效圈数 n、总圈数 n_1 以及旋向。节距 t 由计算得到。画图步骤如图 8-28 所示。

第一步：如图 8-28（a）所示，以中径 D_2 和自由高度 H_0 为边用细实线或点画线作矩形，并画出弹簧的轴线。

第二步：如图 8-28（b）所示，作出两端的并紧磨平圈。具体作法如图 8-28（b）所示。

第三步：如图 8-28（c）所示，两端各量取一个节距 t，并作出材料的剖面轮廓。

第四步：如图 8-28（d），由两端下边节距的中点作垂直于轴线的直线与上边中径线的交点即为剖面轮廓的中心，并根据右旋的特点再量取一个节距，求出另一个材料剖面的中心，作出各剖面轮廓。

第五步：如图 8-28（e）所示，如果画成剖视图，画出材料剖面的剖面线，并作切线画出弹簧的轮廓线（公切线）。如果画成视图，则画成图 8-28（f）所示图形。

四、普通圆柱压缩弹簧的标记及零件图

国标（GB 2089—2009）规定了压缩弹簧的标记格式：

名称	尺寸	精度	旋向	标准编号	材料牌号	表面处理

说明：

(1) 压缩弹簧的名称为“压簧”。

(2) 尺寸为：$d\times D_2\times H_0$，当要求检查弹簧内径时，在 D_2 的数字后加 D_1 符号。

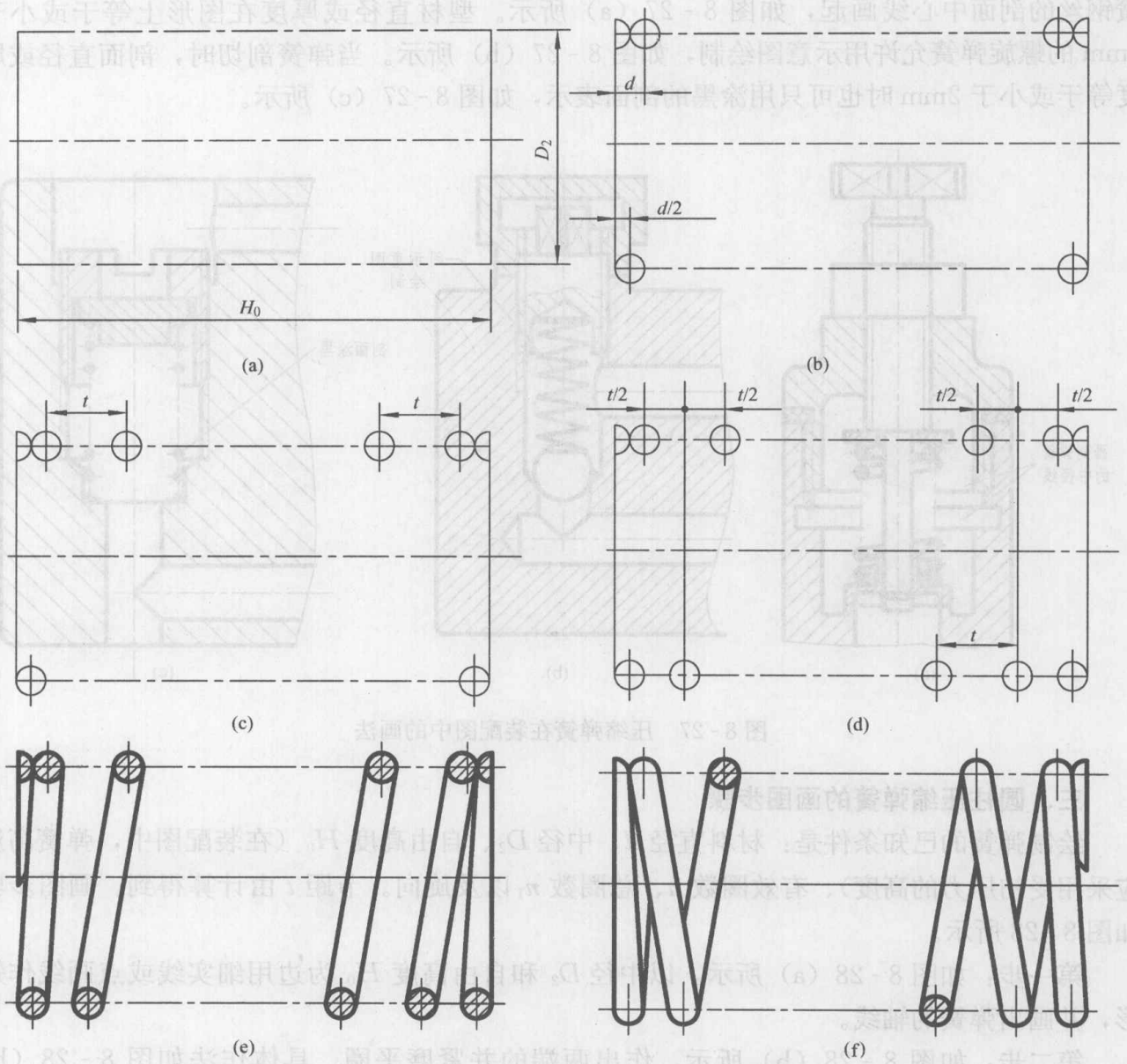


图 8-28 压缩弹簧的画图步骤

(3) 精度按 GB 1239—76 的规定标注，最常用的 3 级精度不注。

(4) 右旋可不标注，左旋需注“左”。

(5) 当 $d \leqslant 8$，材料为碳素弹簧钢丝及 $d > 8$，材料为 60Si2MnA 时，不标注材料牌号。

(6) 材料为碳素钢丝，表面氧化处理，及材料为 60Si2MnA，60Si2Mn，表面涂漆处理时，不标注表面处理。

例如，标记为压簧 4×30×80 GB 2089—2009 的弹簧是 $d=4$，$D_2=30$，$H_0=80$，按 3 级精度制造，材料为碳素弹簧钢丝，表面氧化处理的右旋压缩弹簧。

如果不采用标准的普通圆柱压缩或拉伸弹簧时，则要画出弹簧的零件图。图 8-29 为压缩弹簧零件图实例。

从该图可以看出，弹簧的参数应直接注在图形上，当直接标注有困难时，可写在技术要求中。如果需要标注弹簧的机械性能，应在主视图的上方用三角形表示，P_1、P_2 表示工作负荷，P_i表示极限负荷。图中的 P_3 为极限负荷。82.9、74.5 表示在相应负荷下的工作高

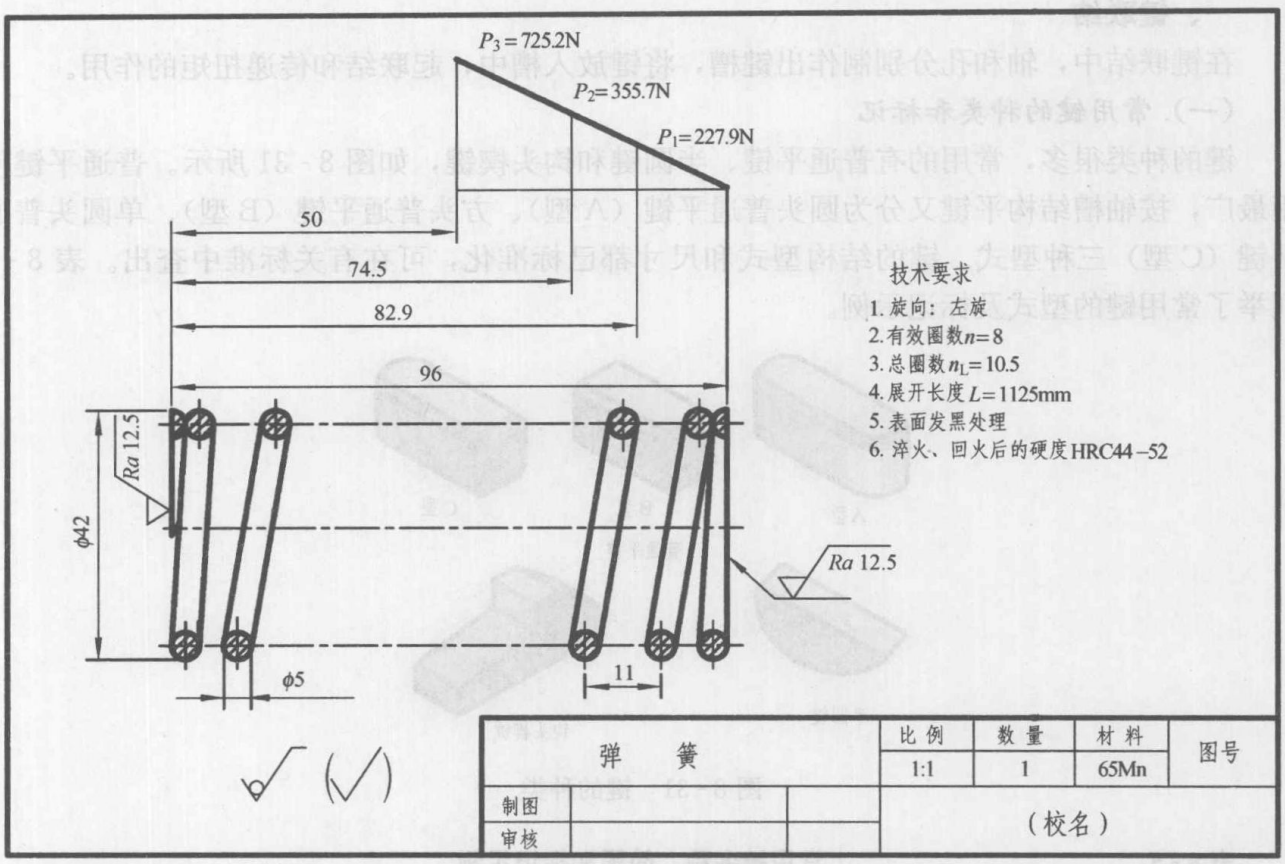


图 8-29　压缩弹簧零件图

度，50 表示极限高度。

第五节　键　和　销

键和销都是标准件。通常用键联结轴及轴上的零件（皮带轮、齿轮、蜗轮等），使它们一起转动，如图 8-30（a）所示。销通常用于零件间的联结或定位，如图 8-30（b）所示。

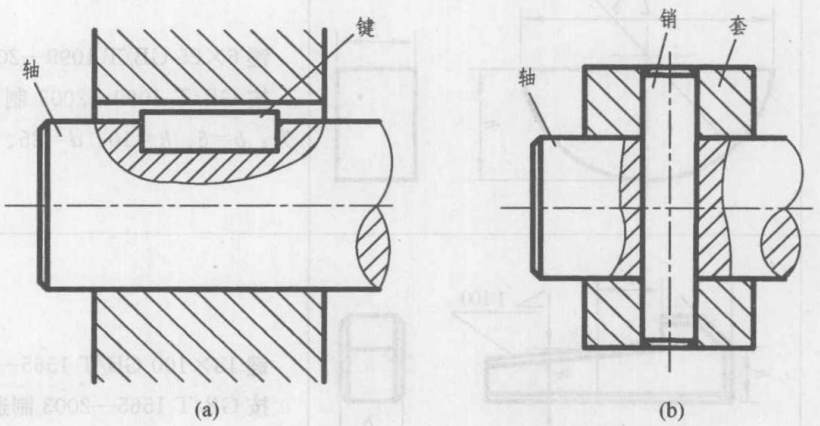


图 8-30　键和销

（a）键与轴；（b）销与轴

一、键联结

在键联结中，轴和孔分别制作出键槽，将键放入槽中，起联结和传递扭矩的作用。

（一）常用键的种类和标记

键的种类很多，常用的有普通平键、半圆键和钩头楔键，如图 8-31 所示。普通平键使用最广，按轴槽结构平键又分为圆头普通平键（A 型）、方头普通平键（B 型）、单圆头普通平键（C 型）三种型式。键的结构型式和尺寸都已标准化，可在有关标准中查出。表 8-5 列举了常用键的型式及标记示例。

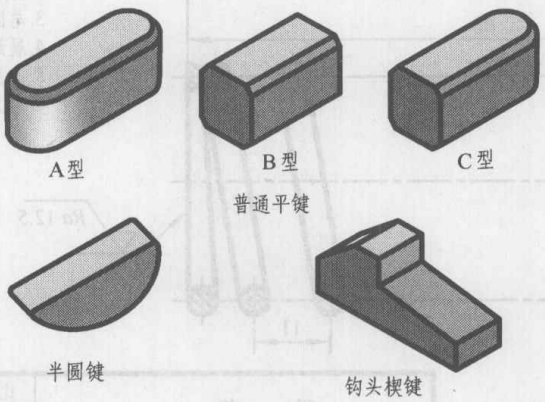
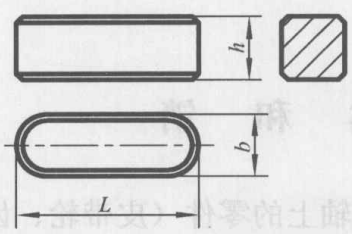
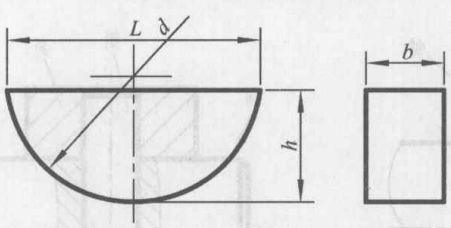
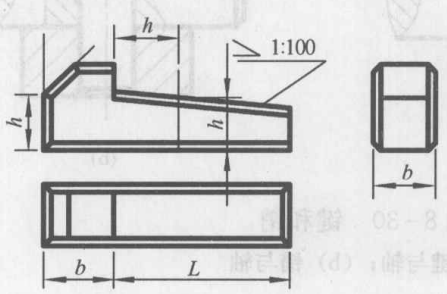


图 8-31 键的种类

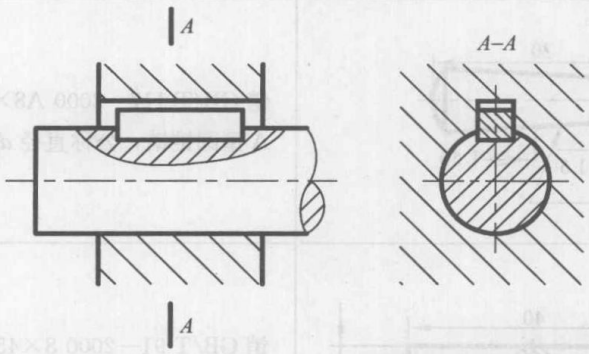
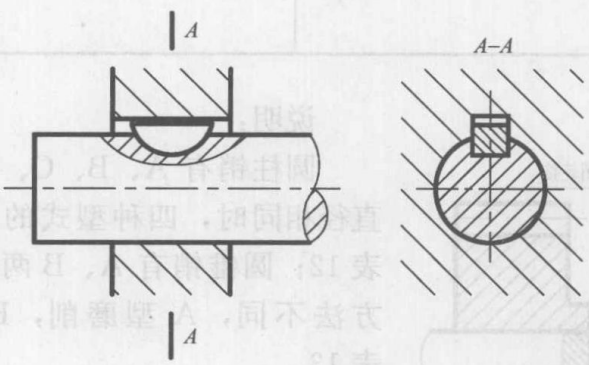
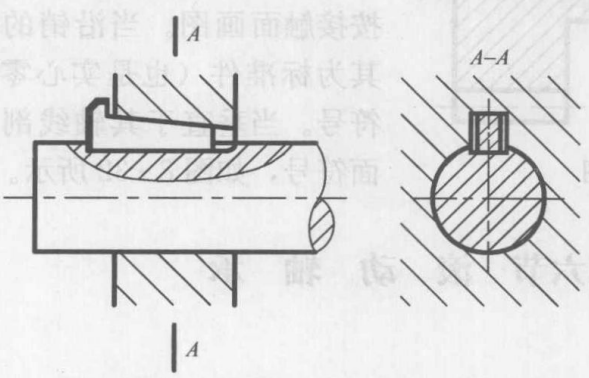
表 8-5 常用键名称、简图和标记示例

名称及标准号	简图	标记及说明
普通平键 GB/T 1096—2003		键 18×100 GB/T 1096—2003 按 GB/T 1096—2003 制造的 A 型圆头普通平键，其尺寸为 $b=18$、$h=11$、$L=100$
半圆键 GB/T 1099—2003		键 6×25 GB/T 1099—2003 按 GB/T 1099—2003 制造的半圆键，其尺寸为：$b=6$、$h=10$、$d=25$、$L=24.5$
钩头楔键 GB/T 1565—2003		键 18×100 GB/T 1565—2003 按 GB/T 1565—2003 制造的钩头楔键，其尺寸为：$b=18$，$h=11$，$L=100$

（二）键联结装配图的画法

键联结装配图根据轴径和键的型式绘制。通常根据轴径查有关标准确定键的公称尺寸 b、h 以及轴和轮上键槽的尺寸，并选定键的标准长度 L。下面通过表 8-6 说明键联结装配图的画法。

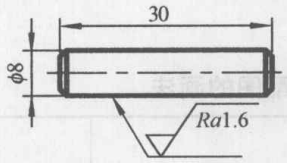
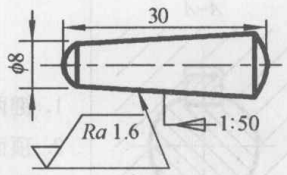
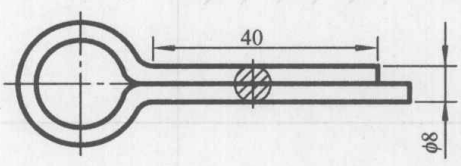
表 8-6　　键联结装配图的画法

名　称	联结画法	说　明
普通平键		1. 键两侧面和键槽接触 2. 顶面留有一定间隙 3. 省略键上的倒角和圆角
半圆键		1. 键两侧面和键槽接触 2. 顶面留有一定间隙
钩头楔键		1. 键顶面、底面与键槽接触 2. 键两侧面与键槽留有间隙 3. 省略键上倒角

二、销联结

常用销有圆柱销、圆锥销和开口销，其形状及标记如表 8-7 所示。

表 8-7　　常用销的形状及标记

名　称	简　图	标记及说明
圆柱销 GB/T 119.1—2000		销 GB/T 119.1—2000 B8×30 B型圆柱销，公称直径 $d=8$，长度 $L=30$
圆锥销 GB/T 117—2000		销 GB/T 117—2000 A8×30 A型圆锥销，公称直径 $d=8$，长度 $L=30$
开口销 GB/T 91—2000		销 GB/T 91—2000 8×45 公称直径 $d=8$，长度 $L=45$

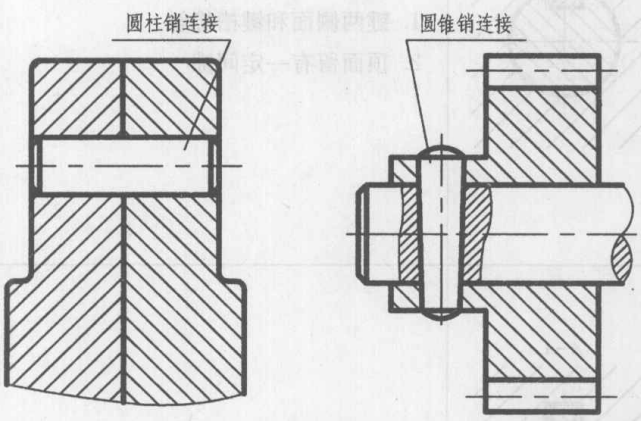


图 8-32　销联结装配图

说明：

圆柱销有 A、B、C、D 四种型式，在直径相同时，四种型式的公差不同，见附表 12；圆锥销有 A、B 两种型式，其加工方法不同，A 型磨削，B 型车削，见附表 13。

圆柱销、圆锥销与销孔是配合关系，按接触面画图。当沿销的轴线剖切时，因其为标准件（也是实心零件）而不画剖面符号。当垂直于其轴线剖切时，则应画剖面符号，如图 8-32 所示。

第六节　滚　动　轴　承

一、滚动轴承的结构

滚动轴承是标准件。它是支承轴的部件，滚动轴承比滑动轴承摩擦力小，在机器中使用很广。滚动轴承的种类很多，但其结构基本相同，由内圈、外圈、滚动体和隔离圈（保持架）四部分组成。因此滚动轴承是一个小装配体。如图 8-33 所示。滚动轴承的内圈套在轴上，外圈装入机器的轴承室（孔）内。一般情况下，外圈固定不动，内圈随轴转动。滚动轴承的类型、结构、尺寸可查有关标准。

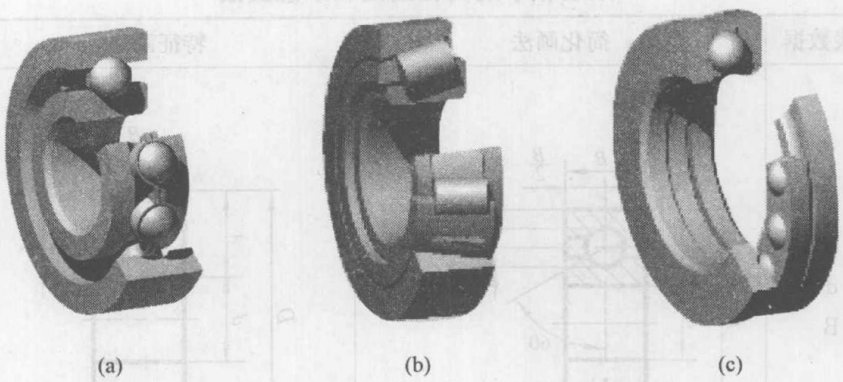


图 8-33　滚动轴承的类型和结构

(a) 向心球轴承；(b) 圆锥滚子轴承；(c) 单列推力球轴承

二、滚动轴承的代号

滚动轴承的代号可查阅 GB/T 272—1993。如表 8-8 所示，基本代号一般用七位数字表示，从右向左数，每位数字的含义为：第一、第二位数字表示内径尺寸系列，第三位表示直径系列，即在内径相同时，有各种不同的外径，第四位表示轴承的类型，第五、第六位表示轴承的结构型式，其代号由制造厂主管部门统一规定，第七位表示宽度系列。左边的数字如为 0，可省略不写，如 0000208 写成 208。

表 8-8　　轴承基本代号

代号位	七	六	五	四	三	二	一
代号意义	宽度系列	结构型式		类型	直径系列	轴承内径	

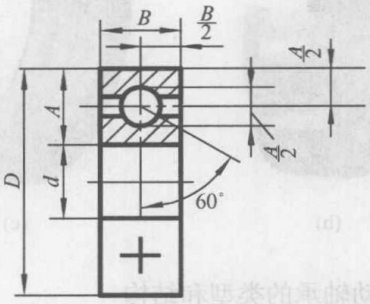
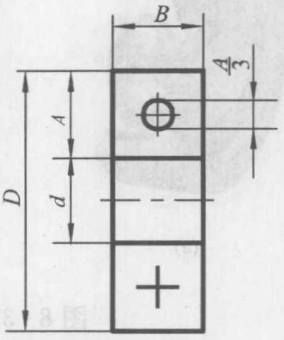
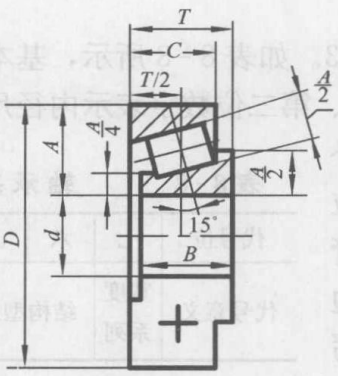
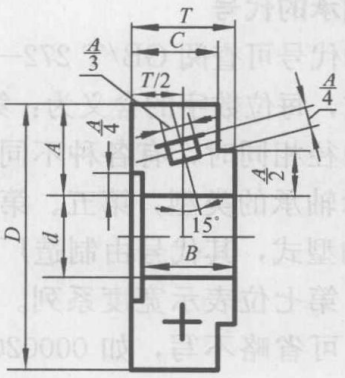
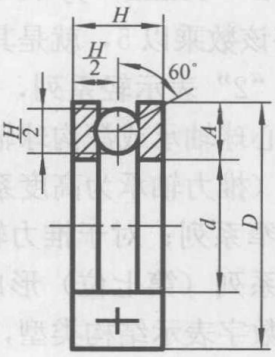
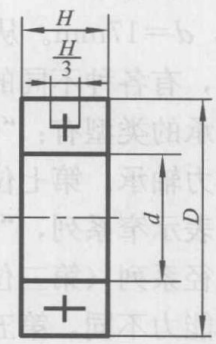
当右起第一、第二位数字为 00 时，内径 $d=10$mm，为 01 时，$d=12$mm，为 02 时，$d=15$mm，为 03 时，$d=17$mm。从 04 开始将该数乘以 5，就是其内径尺寸。第三位直径系列表示在内径相同时，有各种不同的外径，如“2”表示轻系列，“3”表示中系列，“4”表示重系列。第四位轴承的类型有：“0”表示向心球轴承或深沟球轴承。“7”表示单列圆锥滚子轴承。“8”表示推力轴承。第七位宽度系列（推力轴承为高度系列）有：对于向心轴承和圆锥滚子轴承，“0”表示窄系列，“8”表示特窄系列；对于推力轴承，“0”表示正常系列，“9”表示低系列。直径系列（第三位）和宽度系列（第七位）形成不同的外径、宽度分组，各分组中轴承的承载能力不同，第五、第六位数字表示结构类型，其代号由制造厂主管部门统一规定。

例如滚动轴承 208 表示向心球轴承，轻窄系列，内径 $d=8\times5=40$mm。7309 表示单列圆锥滚子轴承，中窄系列，内径 $d=9\times5=45$mm。8312 表示推力轴承，中正常系列，内径 $d=12\times5=60$mm。

三、滚动轴承的画法

滚动轴承剖视图轮廓应按外径 D、内径 d、宽度 B 等实际尺寸绘制，轮廓内可用简化画法或示意画法绘制。在装配图中需较详细地表达滚动轴承的主要结构时，可采用简化画法，若只需简单地表达其主要结构时，可采用示意画法。表 8-9 给出了三种滚动轴承的简化画法和示意画法，其他滚动轴承的画法可查阅 GB/T 4459.7—1998。

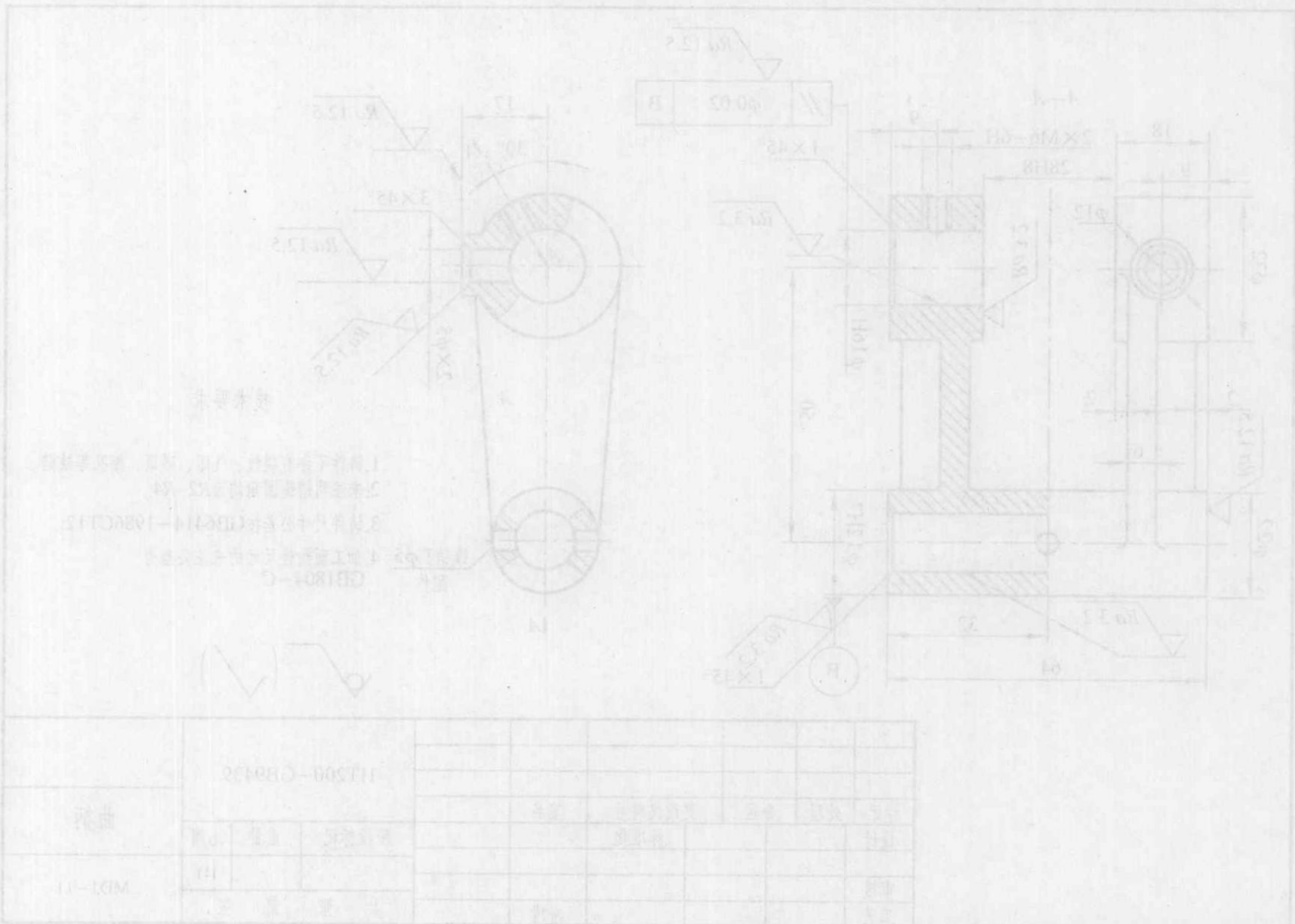
表 8-9　　滚动轴承的简化画法和示意画法

名称及代号	查表数据	简化画法	特征画法	图示符号
向心球轴承 GB/T 276—1998 0000 型	D d B			
圆锥滚子轴承 GB/T 297—1998 7000 型	D d T C B			
单向推力轴承 GB/T 301—1995 8000 型	D d H			

思　考　题

1. 什么是标准件、非标准件和常用件？分别举几个例子。
2. 螺纹的五个要素是什么？内外螺纹连接要具备什么条件？
3. 试述螺纹的规定画法。
4. 常用的标准螺纹有哪几种？它们的特征代号是什么？
5. 普通螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹、管螺纹标注的格式和内容分别是什么？M20×Ph4P2-5g6g-S、Tr40×14（P7）LH-8e-L、G1/2 的含义分别是什么？

6. 如何按照国家标准的规定画法绘制常用的螺纹连接件及其连接图？
7. 螺栓、螺柱、螺钉的有效长度如何确定？
8. 螺纹的倒角、退刀槽的作用是什么？如何标注？
9. 直齿圆柱齿轮的基本参数是什么？参数之间如何换算？
10. 两齿轮啮合的条件是什么？
11. 试绘制直齿圆柱齿轮及其啮合图。
12. 圆柱压缩弹簧的规定画法和画图步骤是什么？
13. 试绘制键、销的连接装配图。
14. 向心球轴承的简化画法是如何规定的？



第九章 零 件 图

第一节 零件图的内容和作用

任何机器或部件都是由若干个零件按一定要求构成的。加工零件的依据是零件图。零件图是生产上用来表达单个零件的图样，是最重要的技术文件之一。机器或部件中除标准件外的所有零件均需画出零件图。零件图需要表达零件的形状、尺寸以及零件制造、检验时所需的技术要求等，因此它应具有图 9-1 所示的四个方面的内容。

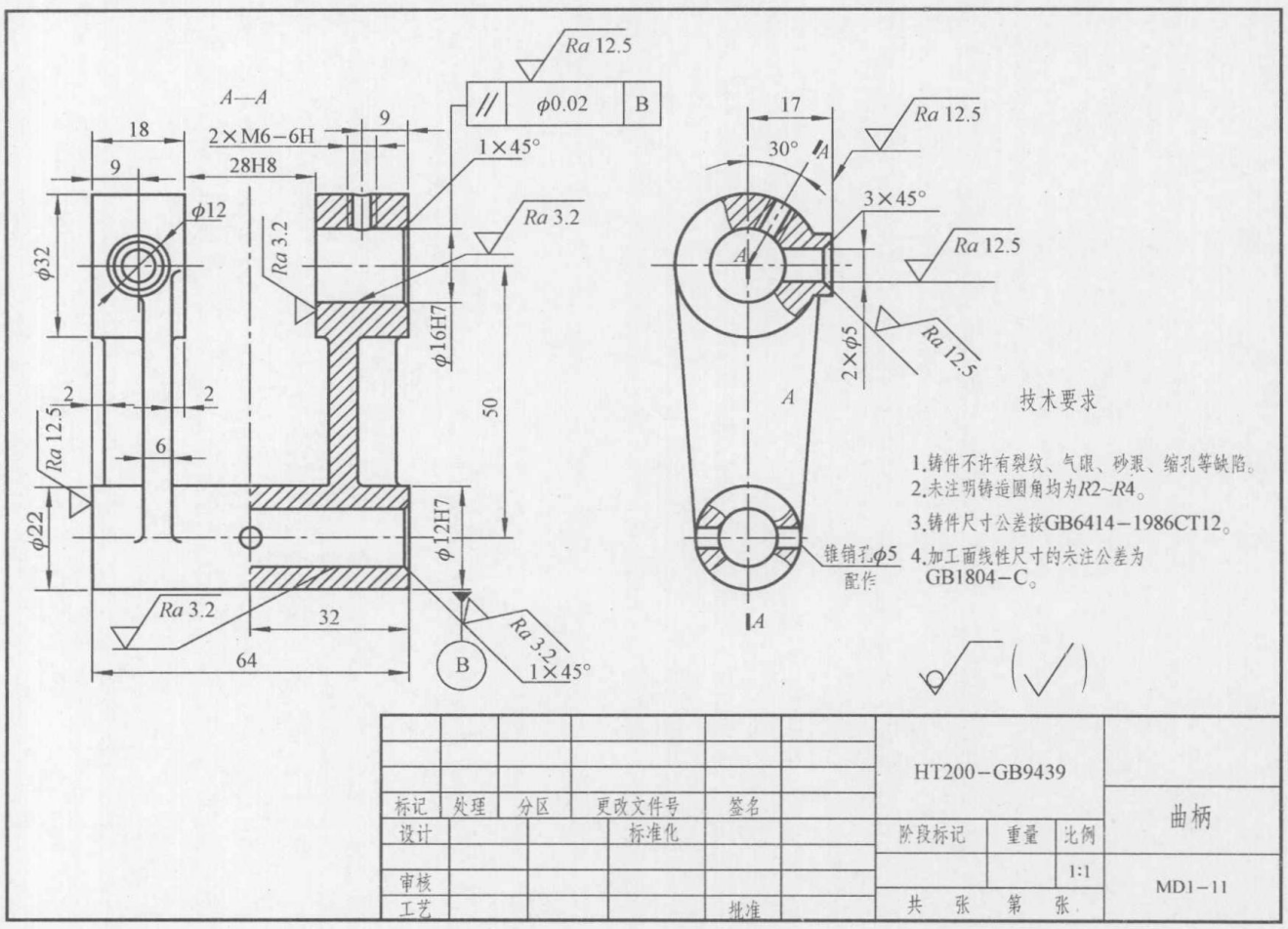


图 9-1 零件图的内容

(1) 一组视图（包括剖视、断面及图样画法中的各种表达方法）。用以完整地表达零件的形状和结构。

(2) 制造零件时所需的全部尺寸。

(3) 技术要求。说明零件在制造、检验和使用时应达到的要求。如尺寸公差、形位公差、表面结构以及热处理、表面镀覆、涂覆等要求，这些技术要求有的直接注在图形上，有的用文字写在图纸适当的地方。

(4) 标题栏。用来填写零件的名称、材料、数量、绘图比例、图号以及绘图、审核、批

准等人员的签名等。

本章主要介绍零件图的视图选择、尺寸标注、主要技术要求及零件上常见的工艺结构等知识。

第二节 零件图的视图选择

零件图的视图选择，就是用适当的视图、剖视图、断面图等表达方法把零件的形状结构完整清楚地表达出来。同一个零件的视图表达方案可以有若干种，视图选择的目的就是选取其中的最佳表达方案，即用较少的视图最清楚地表达零件的形状。要做到这一点，一般需要画出几种方案进行比较。视图选择不是随意的，而是按照某些原则和规律进行深入细致的分析比较后，得到零件的视图表达方案。下面就主视图和其他视图的选择以及典型零件的视图选择进行具体分析。

一、主视图的选择

顾名思义，主视图是表达零件的核心，是最主要的视图。在画图和读图时，一般先从选择主视图入手。主视图选择的优劣，对其他视图的选择以及画图和读图的方便与否会产生直接影响。主视图的选择原则有三个：

(1) **形状特征原则**。所谓形状特征原则，就是选择最能反映零件形状特征和零件各组成部分相互位置关系的方向作为主视图。对于比较复杂的零件，画图前，一般先画出几个方案，然后进行分析比较，选择其中反映形状特征最明显的一个作为主视图。如图 9-2 所示的零件，分别从 A、B、C 三个方向投影画出三个视图，A、B 向视图均取了局部剖视，通过比较可以看出，A 向视图最能反映零件的形状特征，作为主视图效果最好；而 B 向视图较差，C 向视图最差，因为它们均不能比较全面清晰地反映零件的形状特征，因而不宜选为主视图。

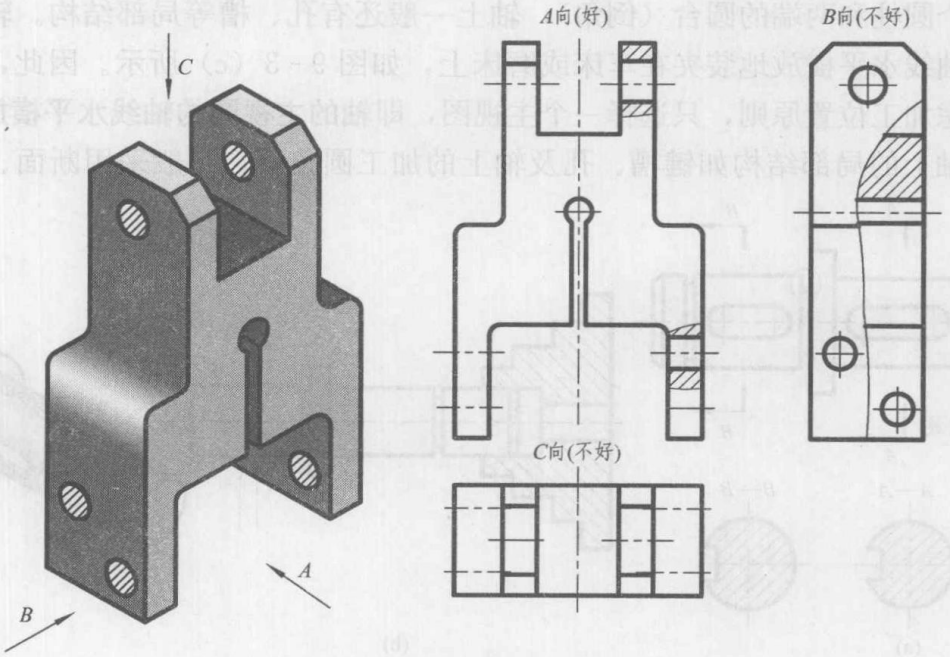


图 9-2 主视图的选择应考虑形状特征

(2) 加工位置原则。所谓加工位置，就是零件在加工制造时的装夹位置。如果零件（如轴和轮盘）的加工方法比较单纯，基本在车床和磨床上加工，则在选择该零件的主视图时，使主视图与零件的主要加工位置一致，便于加工时看图。我们将在讨论典型零件的视图选择时举例说明。

(3) 工作位置原则。所谓工作位置，就是零件在机器上的安装位置。为了使看图的人能够把零件和机器联系起来，将装配图和零件图结合起来，从而想象出零件的工作情况。在选择主视图时，最好使主视图与零件的工作位置相一致。但是，当零件的工作位置倾斜或运动零件的工作位置不确定时，为了避免因零件的倾斜而使得某个视图因类似性而变形，一般将零件放正，使主要平面、定位面、主要轴线平行或垂直于投影面，使它处于“自然安放”位置。从而简化画图，方便读图，提高效率。

二、其他视图的选择

其他视图的选择原则是：在完整、清晰地表达零件的形状、结构和方便读图的前提下，在选定主视图的基础上选择其他视图，视图的数量要适当，即以读图方便为前提条件，采用尽量少的视图，但决不能误认为视图的数量越少越好。在选择其他视图时，还要全面考虑表达方法，兼顾内外形状，兼顾整体和局部。

三、典型零件的视图选择

机器上的零件是多种多样的。为了在画图时能够快速而准确地选择好视图表达方案，人们根据零件的形状、加工方法及其在机器中的作用等情况将零件分成四类典型零件。按照零件的类型和视图选择原则，可以基本确定它们的视图表达方案或视图选择的思路，从而做到视图选择有章可循。这四类典型零件是：轴套类零件，轮盘类零件，叉架类零件，箱壳类零件。下面分别讨论它们的视图表达方案。

(1) 轴套类零件。轴套类零件包括轴类零件和套类零件。图 9-3（a）所示为一根轴，轴类零件的构形特点是：构成轴的各基本体是回转体，如圆柱、圆台、球、环等，本图中的基本体为几个圆柱和两端的圆台（倒角），轴上一般还有孔、槽等局部结构。轴的主要加工位置一般是轴线水平横放地装夹在车床或磨床上，如图 9-3（c）所示。因此，轴的主视图选择主要考虑加工位置原则，只选择一个主视图，即**轴的主视图的轴线水平横放**，如图 9-3（b）所示。轴上的局部结构如键槽、孔及轴上的加工圆角等，一般采用断面、局部放大图

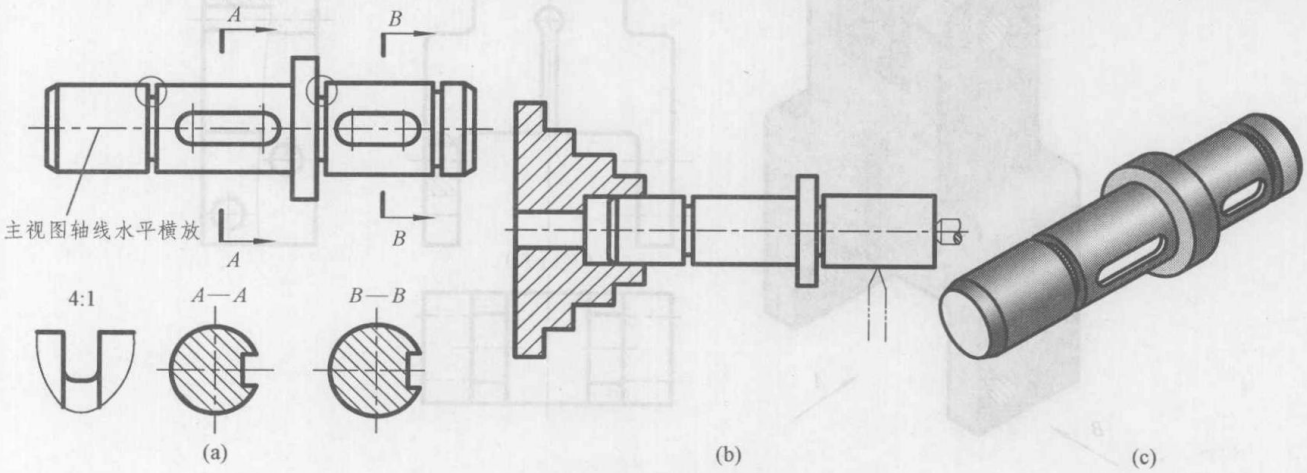


图 9-3 轴套类零件的视图选择

（a）视图表达方案；（b）轴的加工位置；（c）轴

等表达方法，一般不需要俯视图和左视图。轴上的一些标准结构，如中心孔，则可采用标注的方法表示。图 9-4（a）所示为一个套类零件，这类零件的构形特点与轴类似，也是由回转体构成的，所不同的是套类零件一般具有同轴线的、中空的孔。套的加工位置也是轴线水平横放，如图 9-4（c）所示。因此视图选择与轴基本相同，为了表达内部的孔、槽，套类零件的主视图多采用剖视图，如图 9-4（b）所示。

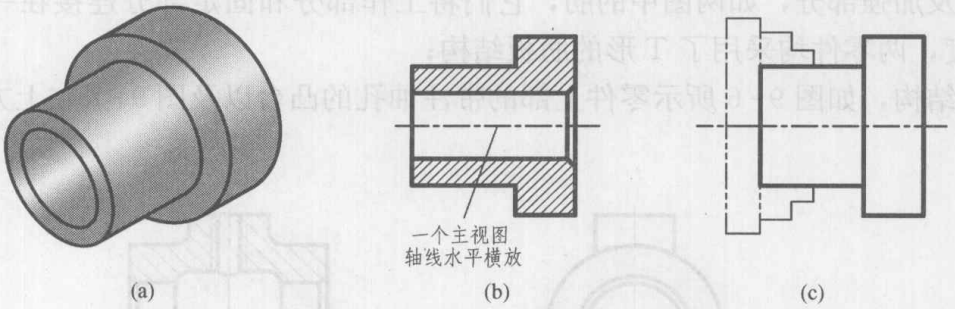


图 9-4　轴套的视图选择

（a）套；（b）视图选择；（c）套的加工位置

（2）轮盘类零件。轮盘类零件包括传动齿轮、皮带轮、端盖、法兰盘、靠背轮等零件。这类零件的构形特点与轴套类零件类似，主体部分是轴向尺寸较小的圆柱，形成盘状，与轴套类零件所不同的是，这类零件周围的凸缘上还有一些分布孔。轮盘类零件主体结构的加工位置是轴线水平横放，因此其主视图的选择与轴类零件相同，也是采用加工位置原则，即主视图轴线水平横放，为了表达内部结构，一般采用剖视，如全剖、半剖或旋转剖等。为了表达轮盘类零件周围凸缘上的孔的分布情况，一般还需要一个左视图或右视图。如图 9-5（a）所示的轮盘，周围的分布孔有三种，大光孔六个，小光孔两个，螺纹孔六个，因此，表达方案用了两个视图。主视图轴线水平横放且采用 $A-A$ 旋转剖视，左视图表达外形。既表达了内部形状，又表达了凸缘上的孔的分布情况。

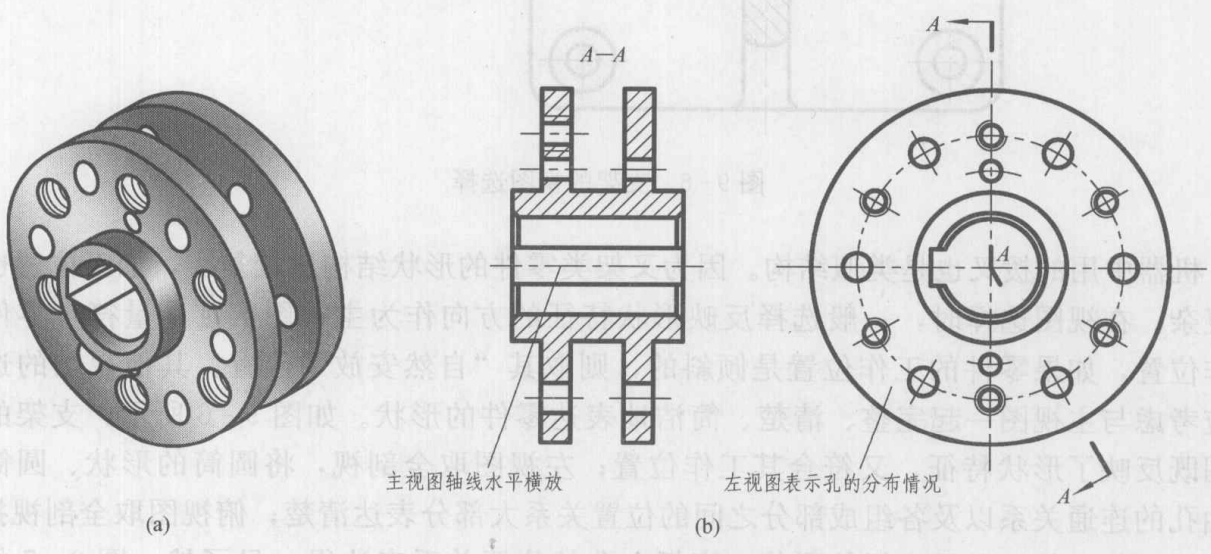


图 9-5　轮盘类零件的视图选择

（a）轮盘；（b）表达方案

（3）叉架类零件。叉架类零件是指变速机构中的拨叉和起支承作用的支架两种零件。图

9-6所示为一个滑动轴承；图9-7所示为一个托架。这两个支架的形状虽有较大差别，但构形特点基本相同，即它们都是由四部分组成。

1）工作部分，如两零件中的圆筒；

2）固定（或安装）部分，如图9-6所示零件的底板和图9-7所示零件L形板，用它们将支架与机器固定在一起；

3）连接及加强部分，如两图中的肋，它们将工作部分和固定部分连接在一起，为了增加零件的强度，两零件均采用了T形的肋板结构；

4）辅助结构，如图9-6所示零件上部的带注油孔的凸台以及图9-7左上方的耳板夹紧装置。

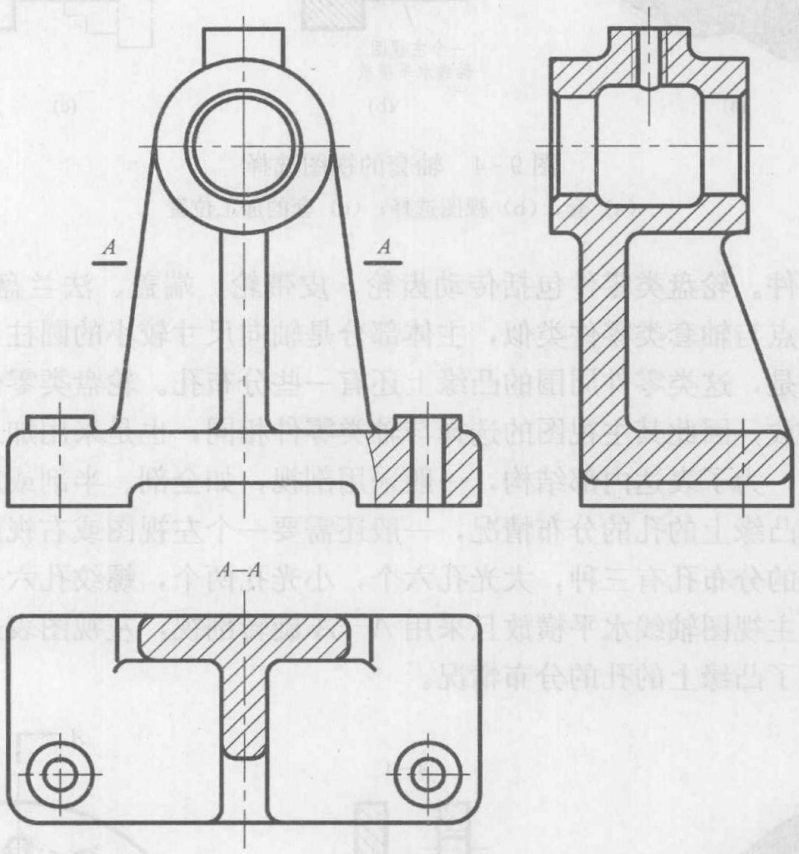


图9-6 支架的视图选择

机器中用的拨叉也是类似结构。因为叉架类零件的形状结构比较复杂，加工位置也比较复杂。在视图选择时，一般选择反映形状特征的方向作为主视图，且尽量符合零件的工作位置，如果零件的工作位置是倾斜的，则取其“自然安放”位置。其他视图的选择则应考虑与主视图一起完整、清楚、简洁地表达零件的形状。如图9-6所示，支架的主视图既反映了形状特征，又符合其工作位置；左视图取全剖视，将圆筒的形状、圆筒与注油孔的连通关系以及各组成部分之间的位置关系大部分表达清楚；俯视图取全剖视把T形肋板的相互位置以及底板的形状、底板上孔的位置关系表达得一目了然。图9-7的肋板为一倾斜结构，因此，选择圆筒的轴线垂直于正面同时固定板的加工面平行于侧面的方向作为主视图；同时选了一个左视图；这两个视图均取局部剖视，把大部分形状表达清楚；然后选择了一个断面图和一个A向局部视图将两肋板的相互位置以及耳板的形状

表达清楚。

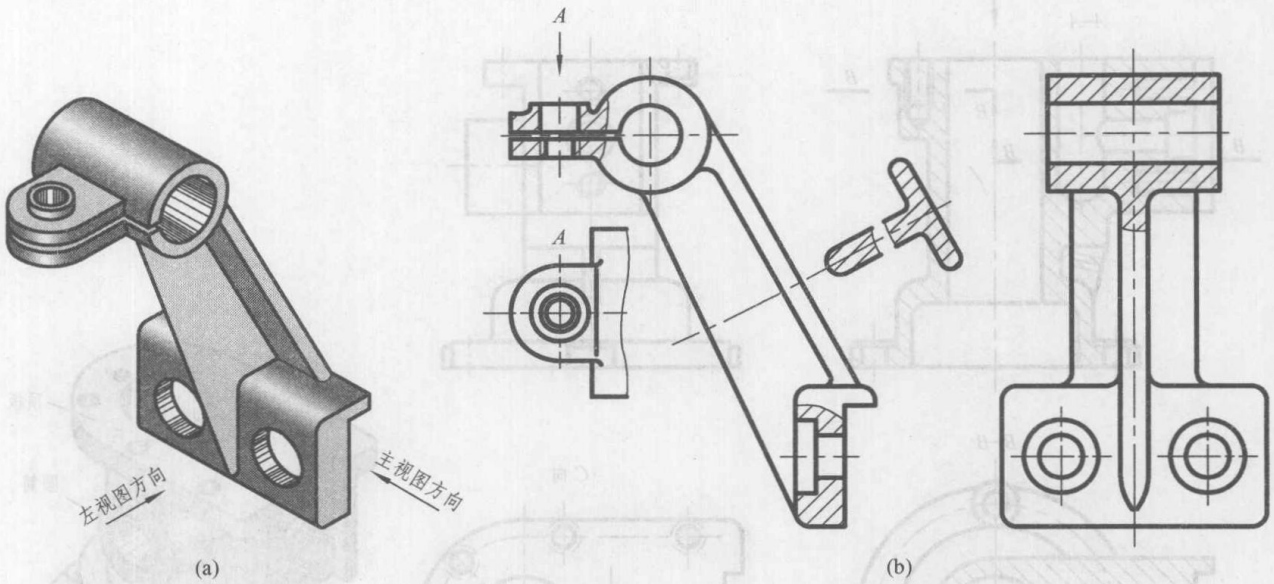


图 9-7 托架的视图选择

(a) 托架立体图；(b) 视图选择

叉架类零件属于中等复杂的零件，在视图选择时，主视图的选择主要考虑形状特征和工作位置两个原则。各视图统一考虑，要兼顾内外形状，明确各视图表达的重点，使各视图既有侧重又互相配合，以便选择适当的视图、剖视或断面等表达方法。

(4) 箱壳类零件。箱壳类零件是指机器或部件的壳体。这类零件的主要作用是支承或包容其他零件，因此这类零件的形状结构是四类典型零件中比较复杂的。图 9-8 (b) 所示为一个壳体，它基本由下面四部分构成：下面的底板、上面的本体、左面的凸块以及本体前面的圆筒。底板、本体和圆筒的各基本体是回转体，凸块是一个带槽的长方体。壳体的内部结构也比较复杂，上下、左右、前后各方向的孔都有，而且有的互相连通。在选择视图表达方案时，这类零件的主视图选择主要考虑形状特征和工作位置两条原则，且兼顾内外形的表达。如壳体选择了如图 9-8 (a) 的方向作为主视图的方向，它基本上反映了零件各基本体的相互位置并符合零件的工作位置。由于零件前面的圆筒和内部的孔槽均需表达且不能做到内外兼顾，为了突出表达内部的结构，主视图采用了 $A-A$ 剖视图，将底板上的阶梯孔、本体内的台阶孔以及左凸块上的螺纹孔、上下的不通孔和左边台阶孔的互相连通的关系都表达得很清楚，没有表达前面的圆筒。为了表达前面圆筒内的台阶孔和左凸块上不通孔的连通关系以及底板的形状，俯视图采用了 $B-B$ 阶梯剖。左视图主要表达零件的外部形状及前面圆筒的上下位置。由于俯视图采用了剖视，顶面的形状在三个基本视图上均未表达，因此选择 C 向局部视图。另外在主视图的左边肋板位置上画了一个重合断面表达肋的截面形状。

箱壳类零件的视图表达方案有多种，在画图时需要根据具体情况对各种方案进行比较分析，选择其中表达最清楚且画图和读图最方便的方案为最终表达方案。

四类典型零件中的轴套和轮盘两类零件的视图选择已经基本定型，而叉架和箱壳两类零件的视图选择因零件的形状结构不同而差异较大，在画图过程中，除了遵循视图选择的原则

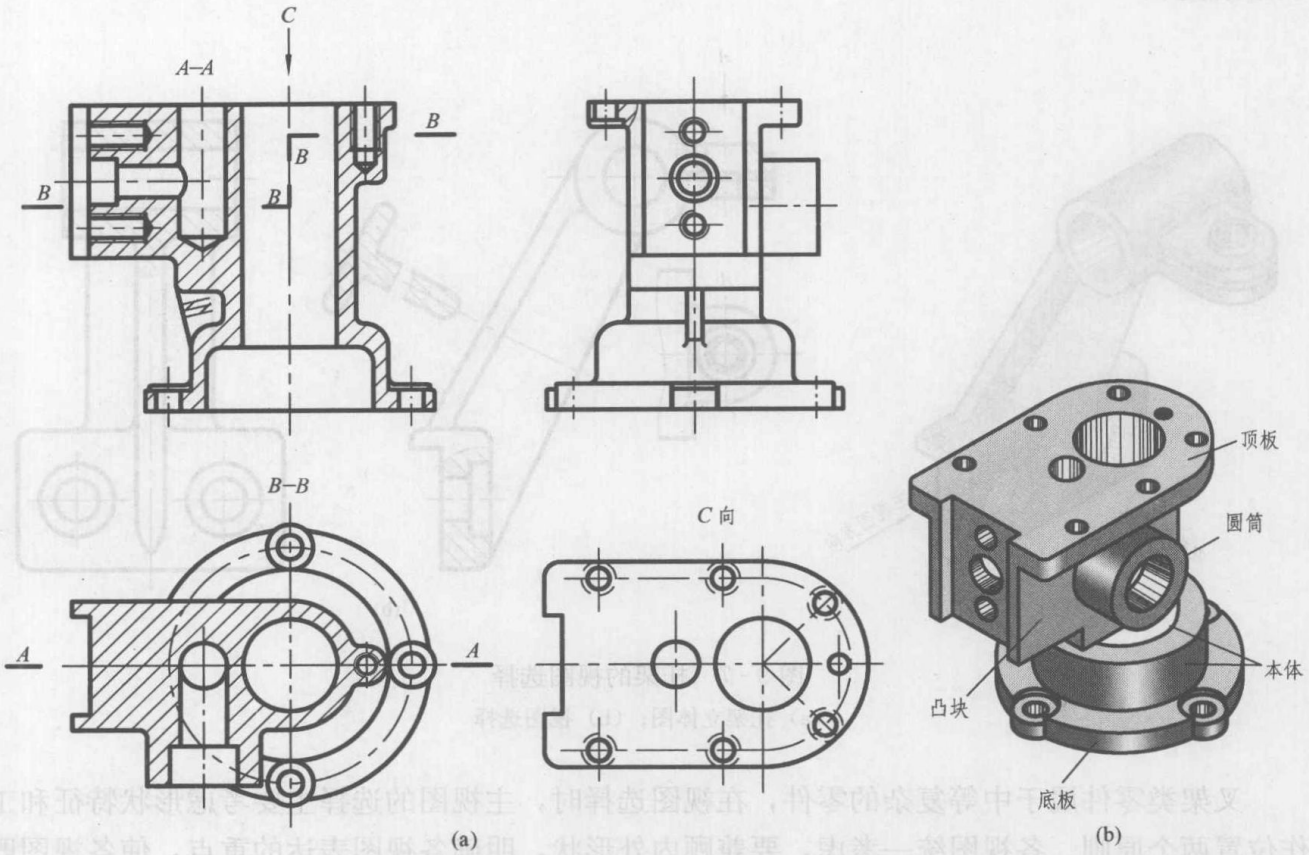


图 9-8 壳体的视图选择

(a) 视图选择；(b) 立体图

外，还要通过多练习才能掌握。

第三节 零件图的尺寸注法

尺寸标注是零件图的一项重要内容，它不仅表达零件的大小，而且关系到零件的加工方法、加工顺序和制造的质量。尺寸标注是一项实践性很强的工作，它涉及零件在机器或部件中的作用、定位以及加工方法。因此必须具备丰富的实践知识才能注好尺寸。这里只讨论零件图上尺寸标注中的基本问题。由第五章组合体的尺寸注法可知，尺寸标注的基本要求是完整、清晰和正确。所谓正确就是尺寸按国标规定标注；所谓完整就是注全零件的定形尺寸和定位尺寸以及必要的总体尺寸；所谓清晰就是尺寸布置便于读图。但是这三项基本要求对于零件图是不够的，为了满足零件的使用要求和制造工艺的要求，尺寸标注还必须合理。三项基本要求这里不再重复，本节主要介绍合理标注尺寸的几个基本问题。

一、尺寸基准的选择

尺寸基准是标注尺寸的起点。在选择尺寸基准时，必须考虑零件在机器或部件中的位置与作用，零件之间的装配关系，以及零件在加工过程中的定位和测量等要求，因此基准应根据设计要求、加工情况和测量方法确定。按基准的用途可分为设计基准、工艺基准等。按基准的主次可分为主要基准和辅助基准。下面只讨论设计基准和工艺基准。

(1) **设计基准。**在零件设计时，根据零件的结构要求而选定的基准称为设计基准。例如

轴类和轮盘类零件的径向设计基准是其轴线，它是径向尺寸的定位线。而轴类和轮盘类零件的轴向基准一般是起定位作用的某一轴肩或端面，该端面是轴或轮盘在机器或部件中定位的平面。叉架类和箱体类零件的设计基准一般为工作部分的主要轴线、对称平面或与机器部件连接的安装底面，它们是零件在机器或部件中起定位作用的线和面。

(2) 工艺基准。零件在加工或测量过程中用以装夹定位的点、线、面被称为工艺基准。工艺基准又分为定位基准和测量基准。

定位基准是在加工过程中进行零件的装夹定位时所用的基准。如图 9-9 所示，左侧外圆柱面 B 在加工右侧圆柱面时起定位作用，是定位基准。

测量基准是在测量、检验零件已加工面的尺寸时所用的基准。图 9-9 中的轴肩面 A 是测量右端轴的轴向尺寸的测量基准。

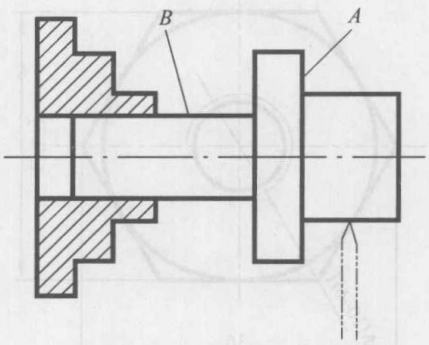


图 9-9 轴类零件的定位基准

尺寸基准的选择原则是尽量使设计基准和工艺基准相重合。当不能重合时，应首先满足设计要求，即重要的设计尺寸应从设计基准出发标注，次要的尺寸可从工艺基准注起。这样既保证了设计要求，又便于加工和测量。因此在标注零件三个方向（长、宽、高）的定位尺寸之前，首先将设计基准确定为主要基准，某些不能与设计基准重合的工艺基准可确定为辅助基准。比较复杂的零件在一个方向上可能不是只有一个基准，在画图和读图时要注意先确定主要基准，然后再确定辅助基准。

二、尺寸的配置形式

由于尺寸的基准不同，尺寸的配置形式也不同，一般有下列三种形式：

(1) 链式尺寸。把同一方向的各尺寸逐段连续标注，如图 9-10 (a) 所示，a、b、c 三个尺寸是互相串联的链式尺寸，a 的终点是 b 的起点，b 的终点是 c 的起点。链式尺寸的优点是能够保证每一段尺寸的精度，每一段尺寸不会影响其他尺寸。缺点是加工的尺寸误差积累在总体尺寸上，使总体尺寸不能保证。链式尺寸常用于标注一组孔的中心距。

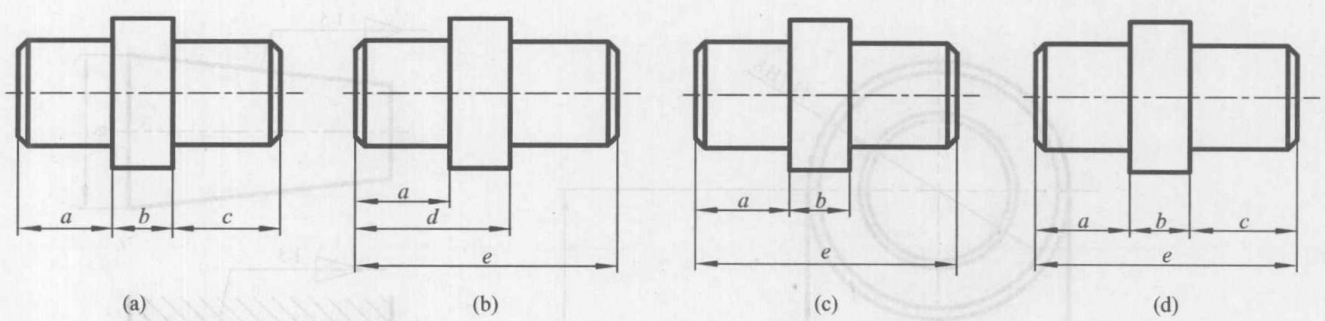


图 9-10 尺寸标注的形式

(a) 链式尺寸；(b) 坐标式尺寸；(c) 综合式尺寸；(d) 封闭式尺寸

(2) 坐标式尺寸。把同一方向的尺寸从同一基准出发标注，如图 9-10 (b) 所示，尺寸 a、d、e 的基准都是轴的左端面。坐标式尺寸的优点是各段尺寸的加工精度只影响其本身的误差，不影响总体尺寸误差。缺点是某些尺寸段受两个尺寸的影响，如中间圆柱的轴向尺寸受 a、d 两个尺寸的影响，右端圆柱的轴向尺寸受 d、e 两个尺寸的影响。坐标式尺寸用于由

一个基准确定一组精确尺寸的情况。

(3) 综合式尺寸。如图 9-10 (c) 所示，链式和坐标式相结合的尺寸标注形式称为综合式尺寸。这种尺寸标注是最常用的形式，它可以根据需要来标注尺寸，比较灵活。

三、标注尺寸的注意事项

(1) 不允许标注封闭尺寸。如图 9-10 (d) 所示，既标注了 a、b、c 三段尺寸，又标注了总体尺寸 e，它们形成一个封闭尺寸链。由于机械加工存在误差，不可能同时满足总体尺寸和各段尺寸，因此标注封闭尺寸是错误的。必须将 a、b、c 三个尺寸中的一个空出不注，如图 9-10 (c) 中未注尺寸 c，这个空出不注的尺寸称为开口环。在某些场合下，为了加工时参考，可以将开口尺寸注出，但要用括号括起来，表示该尺寸是参考尺寸。

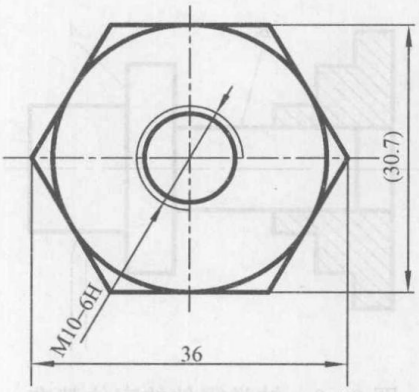


图 9-11 参考尺寸加括号

(2) 互相关联的尺寸不能同时标注。如图 9-11 所示，螺母的尺寸 36 和 30.7 两个尺寸存在函数关系，不能同时标注。如果需要参考，可将其中的一个尺寸用括号括起来。

(3) 重要尺寸直接标注。影响机器或部件使用性能和装配质量的尺寸称为重要尺寸，例如：与其他零件有装配关系的配合尺寸；连接尺寸；反映机器或部件性能规格的尺寸等。这些尺寸在设计、加工和检验中均有严格要求，需在图中直接注出。如图 9-12 所示滑动轴承的孔径 ϕ17H8、该孔的轴线到底面的距离 27 以及底板上两个安装孔的中心距 44 均属于重要尺寸，在标注尺寸时必须直接注出。

(4) 考虑零件加工和测量时的要求。

1) 标注尺寸应尽量符合加工顺序；

2) 为了加工时看尺寸方便，应尽量将不同加工方法所用的尺寸分别集中标注；

3) 为了减少加工时出错，锥轴一般标注大端的直径，锥孔一般标注小端直径，如图 9-13 所示；

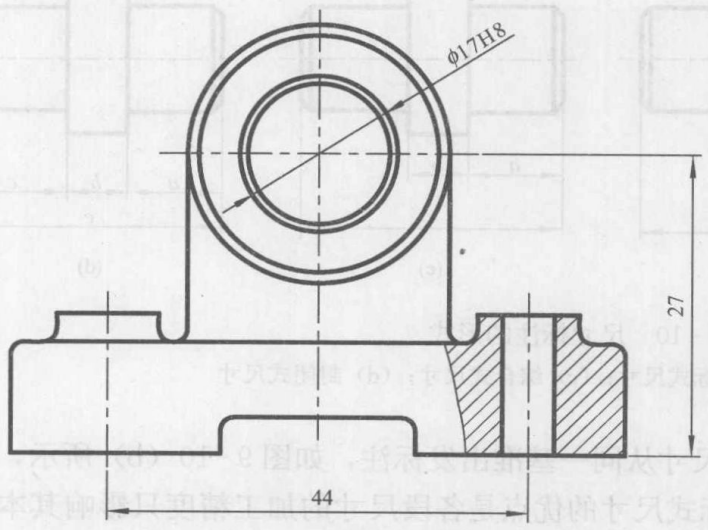


图 9-12 重要尺寸直接标注

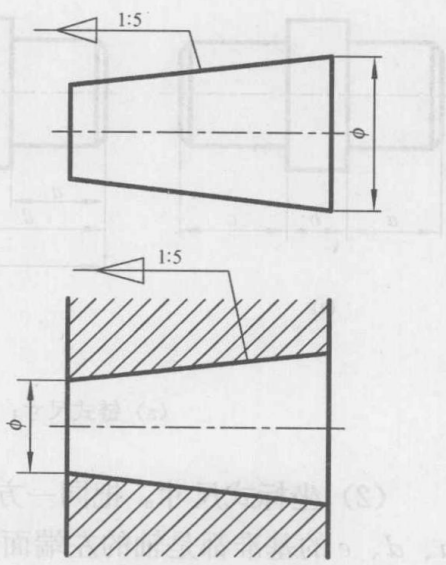


图 9-13 锥轴和锥孔的尺寸标注

4）如图 9-14 所示，标注尺寸应考虑测量方便，其中键槽的尺寸按图 9-4（a）标注测量方便，按图（b）标注测量不方便。台阶孔的尺寸按图（c）标注测量方便，按图（d）标注测量不方便。轴衬的尺寸按图（e）注直径测量方便，按图（f）注半径测量不方便。

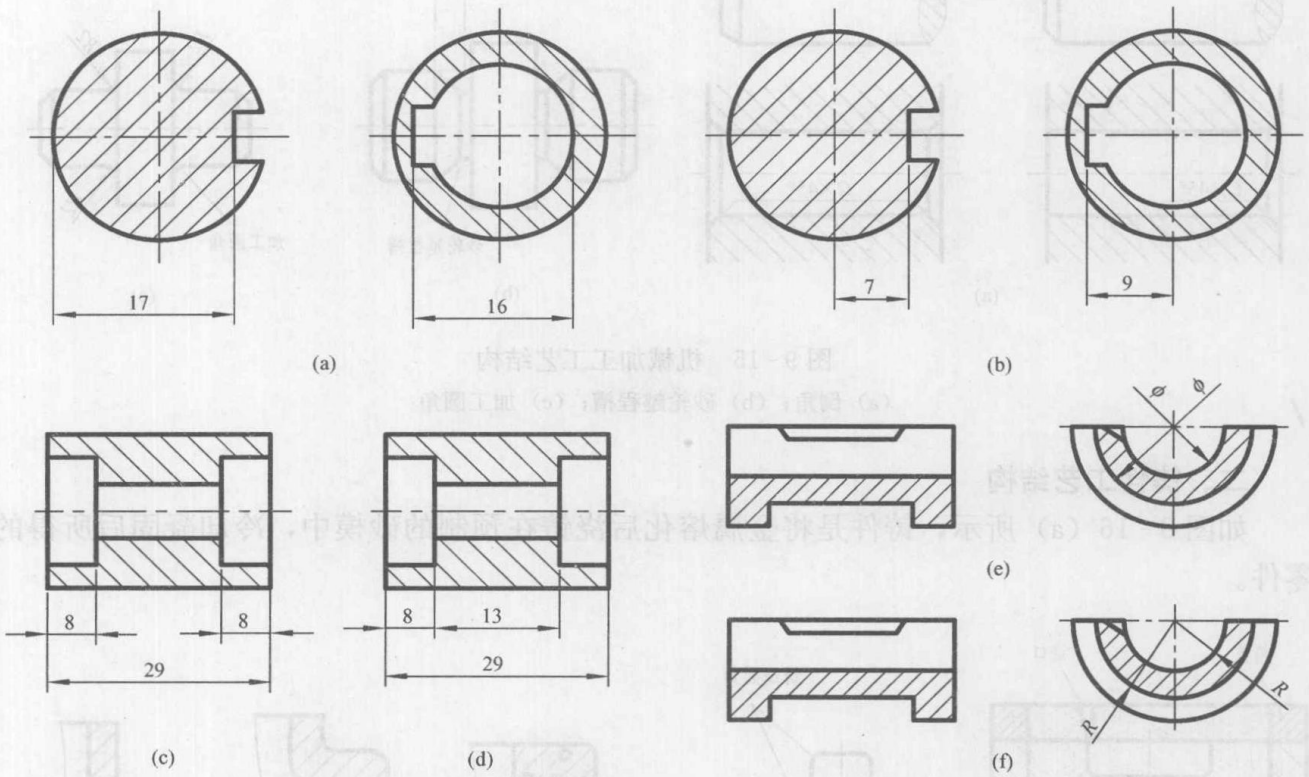


图 9-14 注尺寸应考虑加工和测量方便

（a）易测量；（b）不易测量；（c）易测量；（d）不易测量；（e）加工测量方便；（f）加工测量不方便

第四节 常见的零件工艺结构

零件的结构是由它在机器或部件中的作用以及它的制造工艺决定的，因此零件的结构除了满足强度和功能上的需要外，还要考虑制造工艺的要求。零件的工艺结构有多种，本节介绍常见的几种工艺结构。

一、机械加工工艺

（1）倒角。为了装配方便和操作安全，常在轴的端部和孔口制作出倒角（小圆台），图 9-15（a）表示出倒角的画法和尺寸注法，其中有 45°和 30°倒角，其尺寸注法略有不同。倒角是标准结构，在设计中一般应根据轴径查表确定。

（2）退刀槽和砂轮越程槽。如图 9-15（b）所示，在轴或孔的切削加工中，为了便于退出刀具，保护刀具不受损坏，也为了在装配时能使相关零件的端面紧密接触，在待加工表面的末端预制出退刀槽或砂轮越程槽。退刀槽和砂轮越程槽也是标准结构。

（3）加工圆角。为了避免阶梯轴或阶梯孔在轴肩处有尖角而产生应力集中，导致零件在受力时破坏，一般在轴肩处制出圆角，也称倒圆，如图 9-15（c）所示。

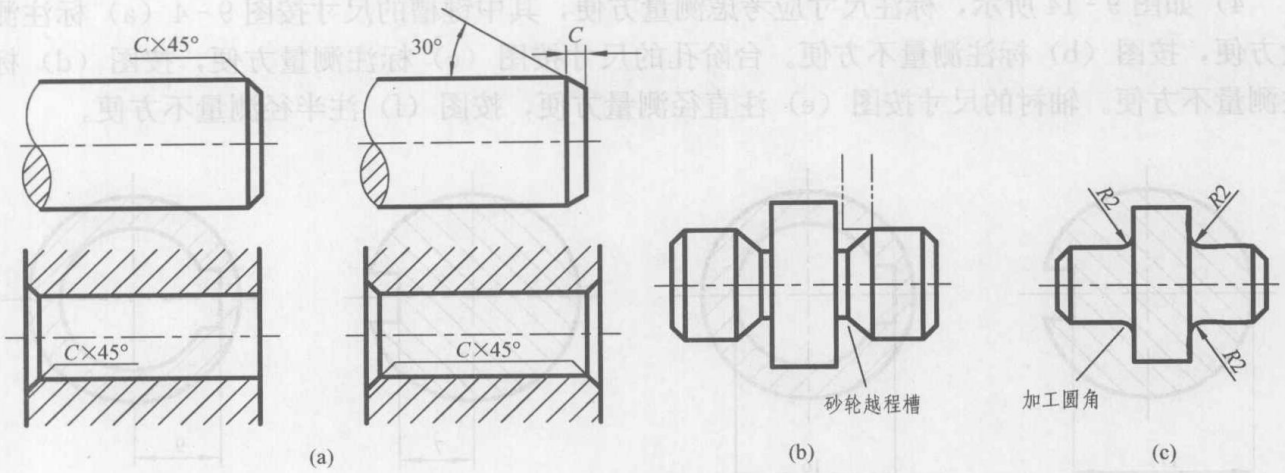


图 9-15 机械加工工艺结构

(a) 倒角；(b) 砂轮越程槽；(c) 加工圆角

二、铸件工艺结构

如图 9-16 (a) 所示，铸件是将金属熔化后浇铸在预制的砂模中，冷却凝固后所得的零件。

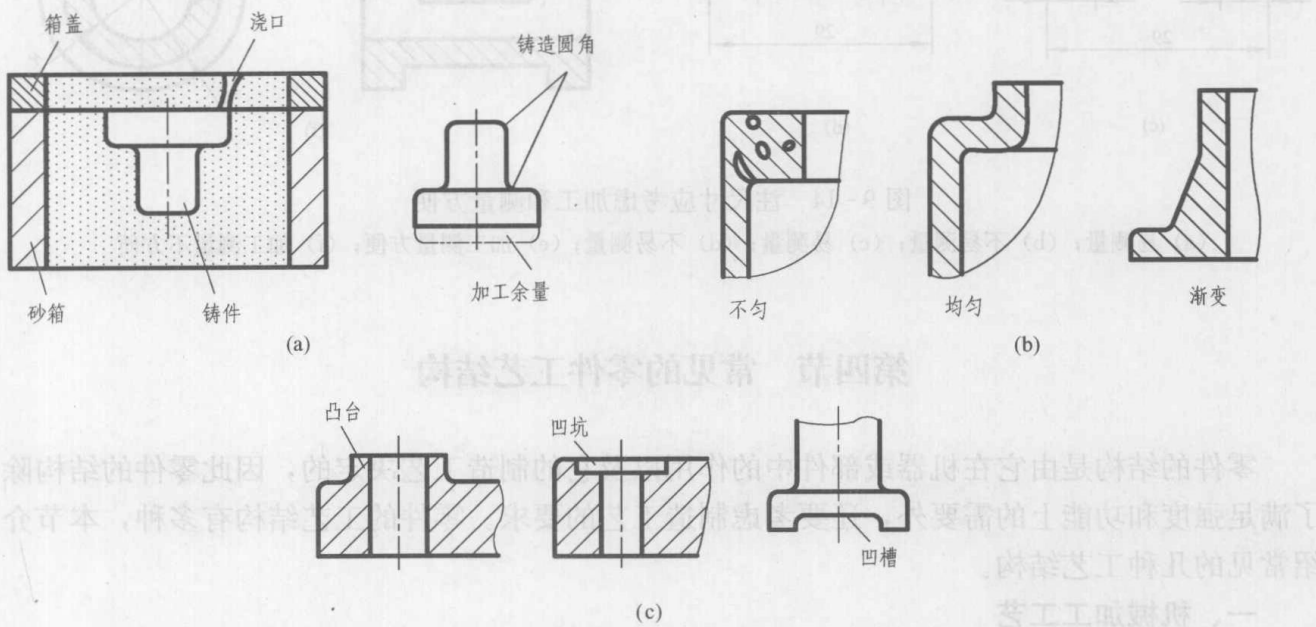


图 9-16 铸件工艺结构

(a) 铸造圆角和拔模斜度；(b) 壁厚均匀；(c) 凸台和凹坑

(1) 铸造圆角。铸件的两相交表面之间应作出过渡圆角，它一方面可防止金属液体冲坏砂型转角，另一方面可避免金属冷却时在转角处产生裂纹。铸造圆角一般为 $R2\sim R4$，在技术要求中注明。铸造圆角在图中需要画出，由于铸造圆角半径较小，一般徒手绘制。画图时应注意，当两相邻表面均未进行机械加工时，应画出铸造圆角，但是当两相邻表面中的一个或两个被机械加工后，则转角处的铸造圆角就不复存在，而变为尖角或倒角。画图时应将铸造圆角或尖角准确画出，二者不可互相代替。

(2) 拔模斜度。为了在制作砂型时起模方便，凡沿拔模方向的不加工表面均应作出拔模斜度，如图 9-16（a）中的圆柱应被制成有一点斜度的锥形。拔模斜度的大小一般为：木模 1°～3°；金属模用手工造型时为 1°～2°；用机器造型时为 0.5°～1°，除了斜度较大时应在图中表示外，一般不必画出。

(3) 壁厚均匀。为了避免金属液体冷却时速度不匀而产生缩孔或裂纹，影响零件的质量，铸件各部分的厚度应尽量均匀或逐渐过渡，如图 9-16（b）所示。

(4) 减少加工面。为了减少机械加工的面积并保证零件表面接触良好，常在铸件表面上铸出凸台或制作出凹坑（铸造或机械加工），如图 9-16（c）所示。

三、过渡线

由于铸件未进行机械加工的两相交表面之间有铸造圆角光滑过渡，使得零件表面的交线变得不明显（严格地说已经不存在交线），但为了区别不同表面，在画图时仍旧画出交线，这种交线称为过渡线。过渡线的位置与两表面理论上交线的位置基本相同。根据国标《机械制图　图样画法　视图》（GB/T 4458.1—2002）的规定，过渡线应用细实线绘制，且不宜与轮廓线相连。各种情况的过渡线画法如图 9-17 所示。

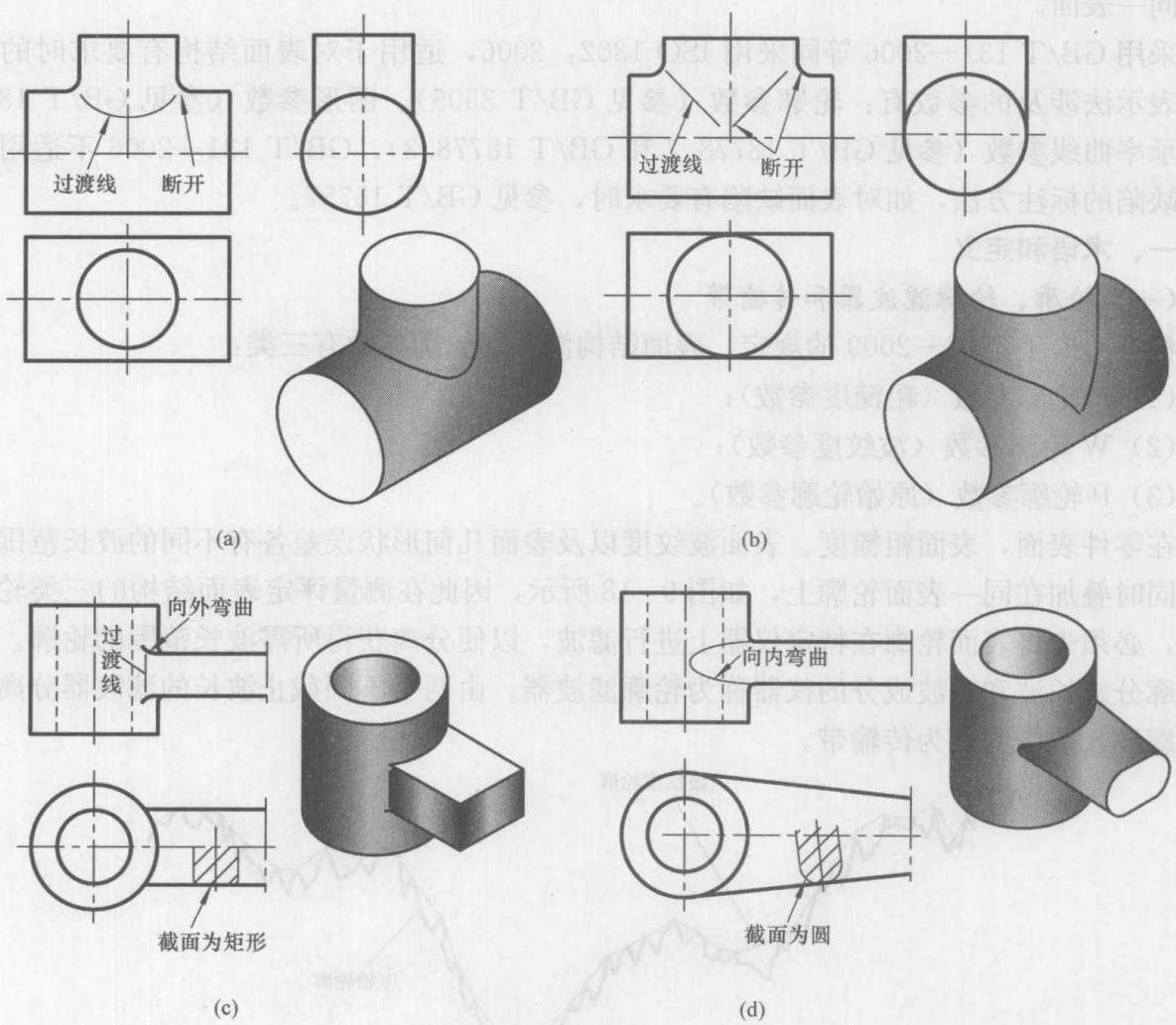


图 9-17　过渡线的画法

第五节 表面结构

表面结构是表面粗糙度、表面波纹度、表面缺陷、表面纹理和表面几何形状的总称，是零件的重要技术要求之一，是衡量零件表面质量的重要指标。表面结构的图形符号及其在图样上的标注由国标《产品几何技术规范（GPS）技术产品文件中表面结构的表示法》（GB/T 131—2006）规定。

零件经过机械加工后的表面会留有许多高低不平的凸峰和凹谷，零件加工表面上具有较小间距与峰谷所组成的微观几何形状特性称为**表面粗糙度**。表面粗糙度与加工方法、刀刃形状和走刀量等各种因素都有密切关系。**表面粗糙度**是评定零件表面质量的一项重要技术指标，对于零件的配合、耐磨性、抗腐蚀性以及密封性等都有显著影响，是零件图中必不可少的一项技术要求。在机械加工过程中，由于机床、工件和刀具系统的振动，在工件表面所形成的间距比粗糙度大得多的表面不平度称为**波纹度**，零件表面的波纹度是影响零件使用寿命和引起振动的重要因素。表面粗糙度、表面波纹度以及表面几何形状误差总是同时生成并存在于同一表面。

采用GB/T 131—2006等同采用ISO 1302：2006，适用于对表面结构有要求时的表示法。表示法涉及的参数有：轮廓参数（参见GB/T 3505）、图形参数（参见GB/T 18618）和支承率曲线参数（参见GB/T 18778.2和GB/T 18778.3）。GB/T 131—2006不适用于对表面缺陷的标注方法，如对表面缺陷有要求时，参见GB/T 15757。

一、术语和定义

（一）轮廓、轮廓滤波器和传输带

根据GB/T 3505—2009的规定，表面结构涉及的轮廓参数有三类：

（1）R轮廓参数（粗糙度参数）；

（2）W轮廓参数（波纹度参数）；

（3）P轮廓参数（原始轮廓参数）。

在零件表面，表面粗糙度、表面波纹度以及表面几何形状误差各有不同的波长范围，它们又同时叠加在同一表面轮廓上，如图9-18所示，因此在测量评定表面结构的三类轮廓参数时，必须先将表面轮廓在特定仪器上进行滤波，以便分离获得所需波长范围的轮廓。这种将轮廓分成长波和短波成分的仪器称为轮廓滤波器。由两个不同截止波长的滤波器分离获得的轮廓波长范围则称为传输带。

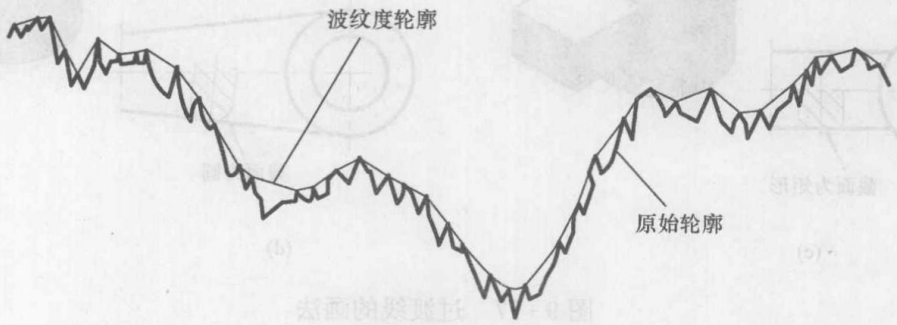


图9-18 零件的表面轮廓（微观）

按滤波器不同的截止波长值，由小到大顺次分为 λ_s、λ_c和 λ_f三种。表面结构涉及的三类轮廓就是分别应用这些滤波器修正表面轮廓和获得的。其中，一个指定平面与实际表面相交所得的轮廓称为表面轮廓；通过 λ_s 轮廓滤波器后的总轮廓称为原始轮廓（P 轮廓）；对原始轮廓采用 λ_c 轮廓滤波器抑制长波成分以后形成的轮廓称为粗糙度轮廓（R 轮廓）；对原始轮廓连续采用 λ_f 和 λ_c 两个轮廓滤波器以后形成的轮廓称为波纹度轮廓（W 轮廓），其中采用 λ_f 轮廓滤波器抑制长波成分，λ_c 轮廓滤波器抑制短波成分。

（二）取样长度和评定长度

按照 GB/T 1031—2009 的规定，取样长度的长度可以根据具体轮廓参数的大小在 0.08、0.25、0.8、2.5、8、25mm 中取值。评定长度默认为 5 个取样长度，否则应当标明个数。例如：*Ra*0.8、*Ra*3 3.2 和 *Rz*1 6.3 分别表示评定长度为 5 个（默认）、3 个和 1 个取样长度。

（三）轮廓参数

评定表面结构的表面轮廓参数有很多，这里主要介绍机械行业常用的两个 *R* 轮廓参数：*R* 轮廓算术平均偏差 *Ra*、*R* 轮廓最大高度 *Rz*。

如图 9-19 所示，*R* 轮廓算术平均偏差 *Ra* 是指在一个取样长度内纵坐标值 $Z(x)$ 的绝对值的算术平均值，即

$$Ra = \frac{1}{lr}\int_0^{lr} |Z(x)|\,\mathrm{d}x$$

如图 9-19 所示，*R* 轮廓最大高度 *Rz* 是指在一个取样长度内，最大轮廓峰高 Z_p 和最大轮廓谷深 Z_v 之和的高度。

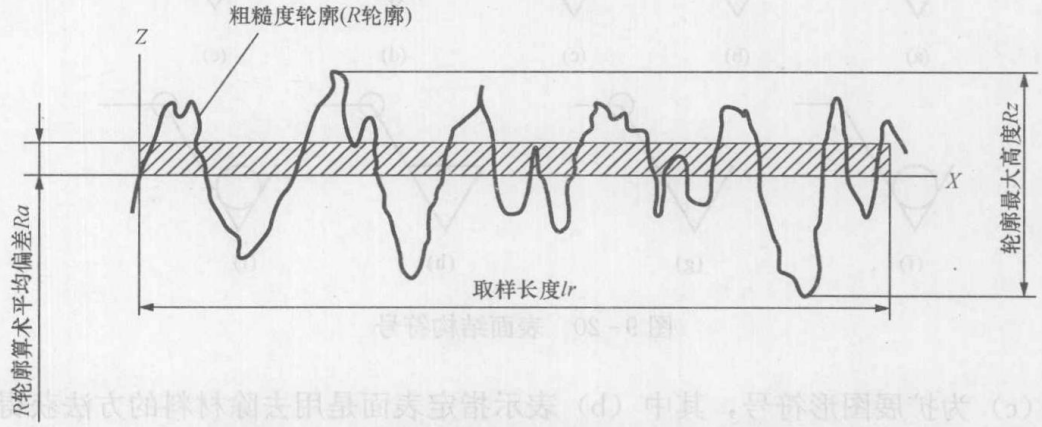


图 9-19　轮廓算术平均偏差 *Ra* 和轮廓最大高度 *Rz*

在使用时，应根据零件的功能、表面的载荷和运动速度，合理选择零件的轮廓参数。常用数值见表 9-1。

表 9-1　　轮廓的算术平均偏差 *Ra* 和最大高度 *Rz* 的数值

（GB/T 1031—2009）　　μm

Ra	0.012	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8
	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	100
Rz	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
	3.2	6.3	12.5	25	50	100	200
	400	800	1600				

注　表中所列的 *Ra* 值，为国标规定的数值系列中的一组优先选用系列。

（四）极限值判断规则

完工零件表面按检验规范测得轮廓参数值后，需与图样上给定的极限比较，以判定其是否合格。极限值判断规则有以下两种。

（1）16%规则：运用本规则时，当被检表面测得的全部参数值中，超过极限值的个数不多于总个数16%时，该表面是合格的。超过极限值有两种含义：当给定上限值时，超过是指大于给定值；当给定下限值时，超过是指小于给定值。

（2）最大规则：运用本规则时，被检的整个表面上测得的参数值一个也不应超过给定的极限值。

16%规则是所有表面结构要求标注的默认规则。即当参数代号后未标注写“max”字样时，均默认为应用16%规则（例如$Ra0.8$）。反之，则应用最大规则（例如$Ra_{max}=0.8$）。

二、表面结构符号

在技术产品文件中，对表面结构的要求可用几种不同的图形符号表示，如图9-20所示。每种符号都有特定的含义。

（a）为基本图形符号，仅用于简化代号标注，没有补充说明时不能单独使用。如果基本图形符号与补充说明一起使用时，则不需要进一步说明为了获得指定的表面是否去除材料或者不去除材料。

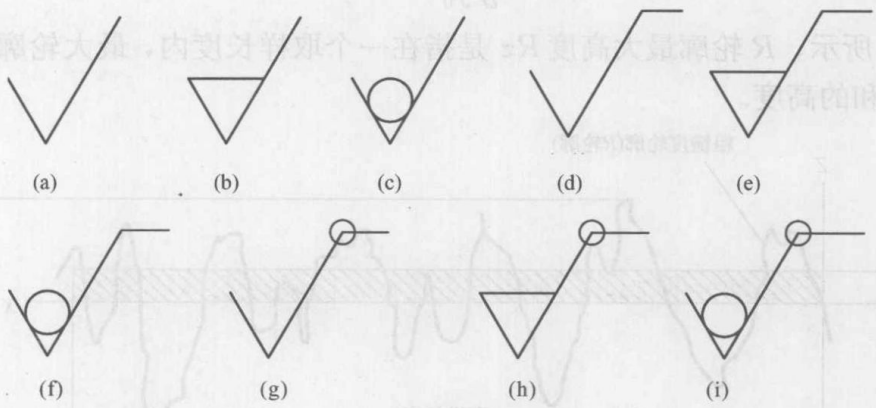


图9-20 表面结构符号

（b）、（c）为扩展图形符号，其中（b）表示指定表面是用去除材料的方法获得，如通过机械加工获得的表面；（c）表示指定表面用不去除材料的方法获得，如铸、锻、轧、冲压变形等。

（d）、（e）、（f）在上述三个符号的长边上均加一横线，用于标注表面结构特征的补充信息。

（g）、（h）、（i）在上述三个符号上均可加一小圆。当在图样某个视图上构成封闭轮廓的各表面有相同的表面结构要求时（不包括前后面），应采用如（g）、（h）、（i）所示的表面结构符号，标注在图样中工件的封闭轮廓线上。如果标注会引起歧义时，各表面应分别标注。

表面结构符号的画法如图9-21所示。

在完整符号中，除了要标注表面结构参数和数值外，必要时应标注补充要求，注写位置如图9-22所示。图中位置a～e分别注写以下内容。

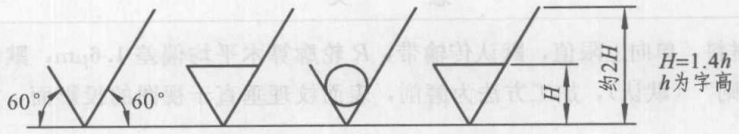


图 9-21 表面结构符号的画法

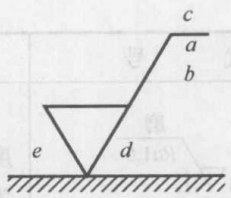


图9-22 表面结构符号及其补充要求的标注

位置 a：注写表面结构的单一要求。包括表面结构参数代号、极限值和传输带或取样长度。为了避免误解，在参数代号和极限值间应插入空格。传输带或取样长度后应有一斜线“/”，之后是表面结构参数代号，最后是数值。

示例 1：0.025－0.8/Rz 6.3（传输带标注）

示例 2：－0.8/Rz 6.3（取样长度标注）

示例 3：Rz 6.3（默认传输带或取样长度可省略）

位置 a 和 b：注写两个或多个表面结构要求。在位置 a 注写第一个表面结构要求，方法同上。在位置 b 注写第二个表面结构要求。如果要注写第三个或更多个表面结构要求，图形符号应在垂直方向放大，以空出足够的空间。扩大图形符号时，a 和 b 的位置随之上移。

位置 c：注写加工方法、表面处理、涂层或其他加工工艺等。如车、磨、镀等加工表面。

位置 d：注写所要求的表面纹理和纹理的方向。如“＝”表示纹理平行于标注代号的视图的投影面；“⊥”表示纹理垂直于标注代号的视图的投影面；“×”表示纹理呈两相交方向；“C”表示纹理呈近似同心圆；“M”表示纹理为多方向；“R”表示纹理呈近似放射形；“P”表示纹理无方向或呈凸起的细粒状。

位置 e：注写所要求的加工余量（单位为 mm）。

位置 f：粗糙度间距参数（单位为 mm）或轮廓支承长度率。

表面结构图形符号、补充要求及其意义见表 9-2。

表 9-2 表面结构图形符号、补充要求及其意义

代 号	意 义
$Rz\ 0.4$	表示不允许去除材料，单向上限值，默认传输带，R 轮廓最大高度 0.4μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“16%规则”（默认）
$Rz_{\max}\ 0.2$	表示去除材料，单向上限值，默认传输带，R 轮廓最大高度的最大值 0.2μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“最大规则”
$0.008-0.8/Ra\ 3.2$	表示去除材料，单向上限值，传输带 0.008～0.8mm，R 轮廓算术平均偏差 3.2μm，默认评定长度，“16%规则”（默认）
$-0.8/Ra\ 3\ 3.2$	表示去除材料，单向上限值，取样长度 0.8mm，R 轮廓算术平均偏差 3.2μm，评定长度包含 3 个取样长度，“16%规则”（默认）
$\begin{matrix}U\ Ra_{\max}\ 3.2\\ L\ Ra\ 0.8\end{matrix}$	表示不允许去除材料，双向极限值，两极限值均采用默认传输带，R 轮廓，上限值：算术平均偏差的最大值 3.2μm，默认评定长度，“最大规则”；下限值：算术平均偏差 0.8μm，默认评定长度，“16%规则”（默认）

续表

代　号	意　义
磨 Ra1.6 0.3	表示去除材料，单向上限值，默认传输带，R轮廓算术平均偏差1.6μm，默认评定长度，“16%规则”（默认），加工方法为磨削，表面纹理垂直于视图的投影面，加工余量为0.3mm
Cu/Ep·Ni5bCr0.3r Rz 0.8	表示不允许去除材料，单向上限值，默认传输带，R轮廓最大高度0.8μm，默认评定长度，“16%规则”（默认），表面处理为铜件镀镍铬，表面要求对封闭轮廓的所有表面有效
−0.8/Ra 1.6 U -2.5/Rz 12.5 L -2.5/Rz 3.2	表示去除材料，单向上限值和一个双向极限值，单向：取样长度0.8mm，R轮廓算术平均偏差1.6μm，默认评定长度，“16%规则”（默认）；双向：两极限值取样长度均为2.5mm，R轮廓，上限值为最大高度12.5μm，下限值为最大高度3.2μm，两极限值均采用默认评定长度，“16%规则”（默认）

三、在图样上的标注方法

表面结构要求对每一表面只标注一次，并尽可能注在相应的尺寸及其公差的同一视图上。除非另有说明，所标注的表面结构要求是对完工零件表面的要求。标注时，国标有如下规定：

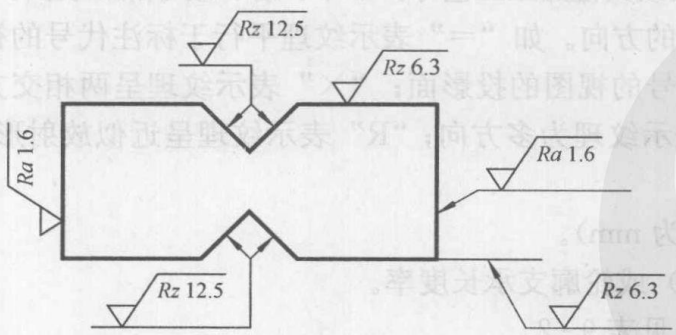


图9-23　表面结构要求在轮廓线上的标注

（1）总的原则是根据GB/T 4458.4的规定，使表面结构的注写和读取方向与尺寸的注写和读取方向一致。表面结构要求可标注在轮廓线上，其符号应从材料外指向并接触表面，如图9-23所示。必要时，表面结构符号也可用带箭头或黑点的指引线引出标注，如图9-24所示。

（2）在不致引起误解时，表面结构要求可以标注在给定的尺寸线上，如图9-25所示。

（3）表面结构要求可标注在形位公差框格的上方，如图9-26所示。

（4）圆柱和棱柱表面的表面结构要求只标注一次，见图9-27（a）和（b）。如果每个棱柱表面有不同的表面结构要求，则应分别单独标注，如图9-27（c）所示。

（5）如果在工件的多数表面有相同的表面结构要求，则其表面结构可统一标注在图样的标题栏附近。此时（除全部表面有相同要求的情况外），表面结构要求的符号后面应有：

——在圆括号内给出无任何其他标注的基本符号，如图9-28（a）所示。

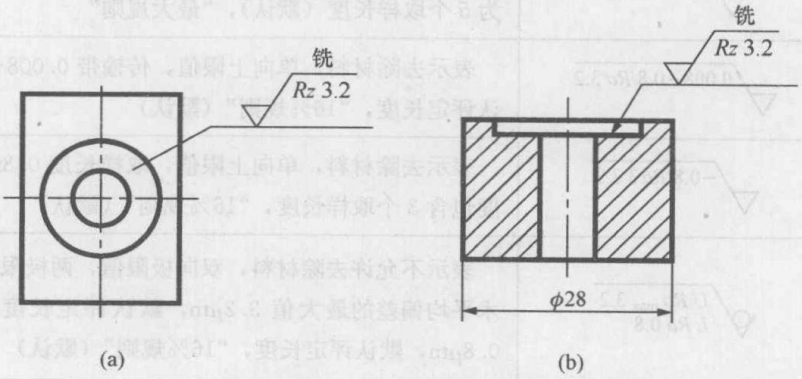


图9-24　用指引线引出标注表面结构要求

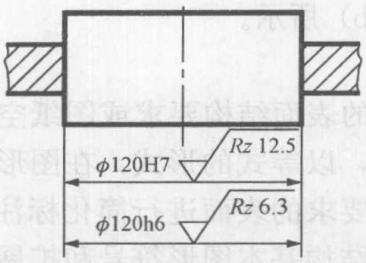


图 9-25 表面结构要求标注在尺寸线上

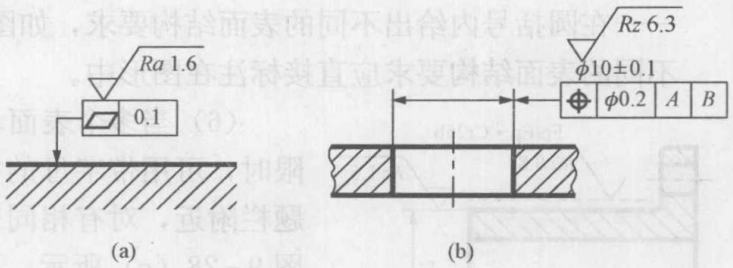
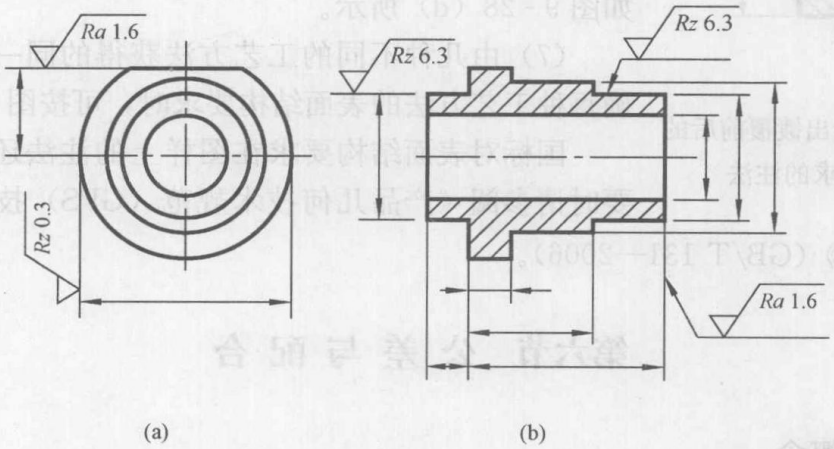


图 9-26 表面结构要求标注在形位公差框格的上方



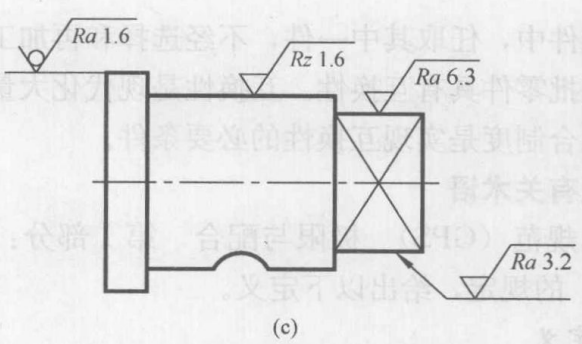


图 9-27 圆柱和棱柱的表面结构要求的注法

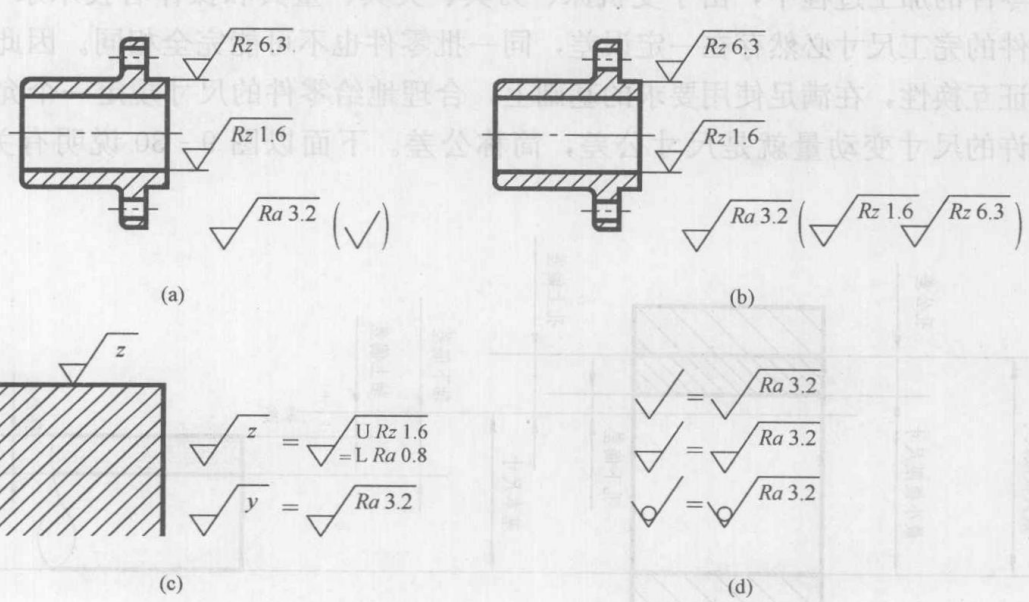


图 9-28 表面结构要求的简化注法

——在圆括号内给出不同的表面结构要求，如图 9-28（b）所示。

不同的表面结构要求应直接标注在图形中。

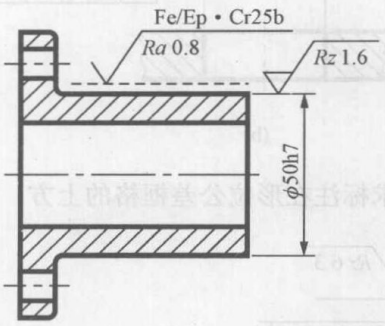


图 9-29　同时给出镀覆前后的表面结构要求的注法

（6）当多个表面具有相同的表面结构要求或图纸空间有限时，可用带字母的完整符号，以等式的形式，在图形或标题栏附近，对有相同表面结构要求的表面进行简化标注，如图 9-28（c）所示。可用表面结构基本图形符号和扩展图形符号，以等式的形式给出对多个表面共同的表面结构要求，如图 9-28（d）所示。

（7）由几种不同的工艺方法获得的同一表面，当需要明确每种工艺方法的表面结构要求时，可按图 9-29 标注。

国标对表面结构要求在图样上的注法还有一些规定，需要时请参阅《产品几何技术规范（GPS）技术产品文件中表面结构的表示法》（GB/T 131—2006）。

第六节　公 差 与 配 合

一、互换性概念

从一批规格大小相同的零件中，任取其中一件，不经选择和再加工，就能顺利地装配成符合使用要求的产品，就称这批零件具有互换性。互换性是现代化大量或成批生产的工业产品必备的基本性质。公差与配合制度是实现互换性的必要条件。

二、公差与配合的定义及有关术语

根据国标《产品几何技术规范（GPS）　极限与配合　第 1 部分：公差、偏差和配合的基础》（GB/T 1800.1—2009）的规定，给出以下定义。

（一）有关公差的术语及定义

在零件的加工过程中，由于受机床、刀具、夹具、量具和操作者技术水平等方面的影响，零件的完工尺寸必然存在一定误差，同一批零件也不可能完全相同。因此，在设计时，为了保证互换性，在满足使用要求的基础上，合理地给零件的尺寸规定一个允许的变动量，这个允许的尺寸变动量就是尺寸公差，简称公差。下面以图 9-30 说明有关公差的术语定义。

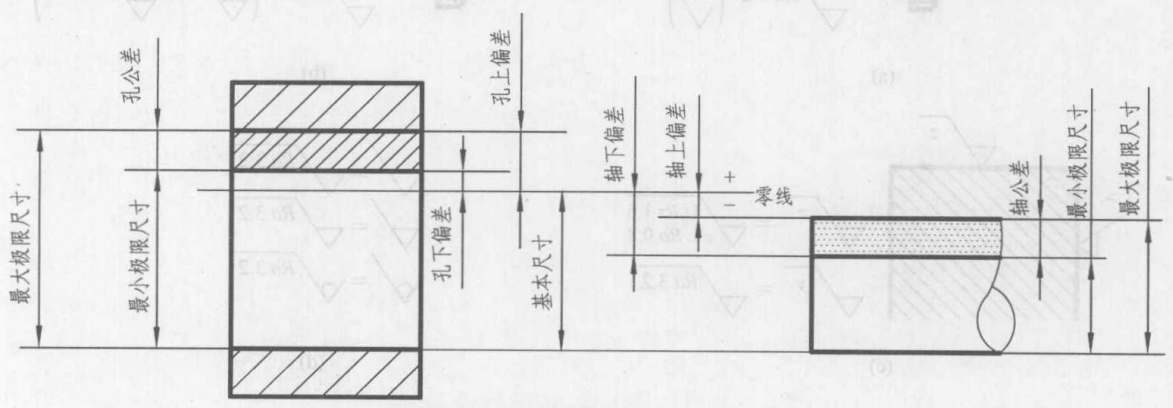


图 9-30　公差与配合示意图

(1) 基本尺寸：设计给定的尺寸。

(2) 实际尺寸：通过测量所得的尺寸。由于存在测量误差，此尺寸并非实际尺寸的真值。

(3) 极限尺寸：允许尺寸变动的两个界限值，它以基本尺寸为基数来确定。其中两个界限值中较大一个为最大极限尺寸，较小的一个为最小极限尺寸。

(4) 尺寸偏差（偏差）：某一尺寸减去基本尺寸所得的代数差。偏差有上偏差、下偏差和实际偏差。国标规定上、下偏差用 ES、es 和 EI、ei 来表示（大写表示孔，小写表示轴）。

上偏差（ES 或 es）＝最大极限尺寸－基本尺寸

下偏差（EI 或 ei）＝最小极限尺寸－基本尺寸

实际偏差＝实际尺寸－基本尺寸，实际偏差在上下偏差所确定的区域内为合格。偏差可以是正值、负值或零。

(5) 尺寸公差（公差）：允许尺寸的变动量。即公差＝最大极限尺寸－最小极限尺寸＝上偏差－下偏差。公差始终是正值。

(6) 零线：在公差与配合图解（简称公差带图）中，确定偏差的一条基准直线，即零偏差线。通常零偏差线表示基本尺寸，如图 9-31 所示。

(7) 尺寸公差带（简称公差带）：在公差带图中，由代表上、下偏差的两条直线所确定的一个区域。

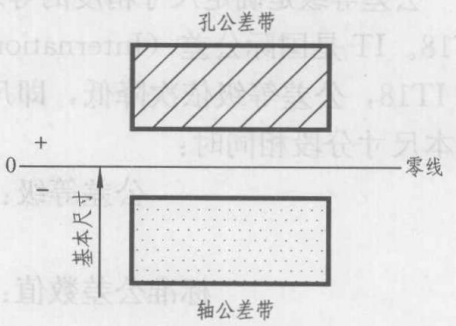


图 9-31　公差带图

(二) 有关配合的术语定义

基本尺寸相同的、互相结合的孔和轴公差带之间的关系称为配合。这里的孔和轴主要指圆柱形的内外表面，也包括内外表面为平面的结构。孔和轴配合时，由于它们的实际尺寸不同，将产生间隙和过盈。

间隙和过盈：孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差为正值时称为间隙，为负值时称为过盈。

三、标准公差和基本偏差

观察图 9-32 可知，孔或轴的公差带由**公差带的宽度**和**公差带的位置**两个要素决定。公差带的宽度确定了零件的精度，国标《产品几何技术规范（GPS）　极限与配合　第 2 部分：标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》（GB/T 1800.2—2009）对其数值做了规定，国标表列的公差称为标准公差。公差带的位置确定了配合的松紧，国标规定**用两个极限偏差中靠近零线的那个极限偏差确定公差带的位置，称为基本偏差。**

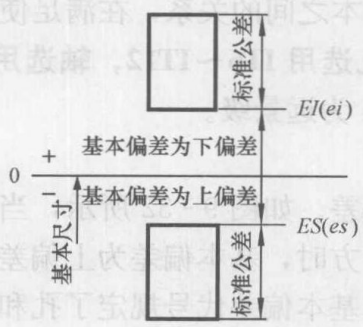


图 9-32　标准公差与基本偏差示意图

国标对公差带的两个要素分别进行标准化和系列化，是为了得到多种不同大小和不同位置的公差带，既满足不同的使用要求，又简化统一，便于生产。

(一) 标准公差和公差等级

标准公差的数值与基本尺寸分段和公差等级有关，见表 9-3。

表 9-3 标准公差数值（节选） μm

基本尺寸（mm）		标准公差等级											
大于	至	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460

公差等级是确定尺寸精度的等级，国标将公差等级分为 20 级：IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18。IT 是国际公差（International Tolerance）的英文缩写，数字表示公差等级。从 IT01 至 IT18，公差等级依次降低，即尺寸精度依次降低，而相应的标准公差值则依次增大。在基本尺寸分段相同时：

公差等级：高＜———————————— 低

IT01 IT0 IT1 IT2 … IT18

标准公差数值：小 ————————————＞大

还要注意，属于同一公差等级的标准公差，对所有基本尺寸，虽然数值不同，但被认为具有同样的精确程度。例如尺寸分段在＞30～50mm 时，IT7 是 0.025mm，而基本尺寸分段在＞180～250mm 时，IT7 是 0.046mm，虽然数值不同，但它们的公差等级都是 7 级。

要正确、合理地处理零件使用要求和制造工艺、加工成本之间的关系，在满足使用要求的前提下，尽可能选择较低的公差等级。在一般配合中，**孔选用 IT6～IT12，轴选用 IT5～IT12**，IT13～IT18 用于自由公差，不需要标注，IT01～IT4 为远景级。

（二）基本偏差

基本偏差一般是指两个极限偏差中距零线较近的那个偏差。如图 9-32 所示，当公差带位于零线上方时，基本偏差为下偏差，当公差带位于零线下方时，基本偏差为上偏差。

为了满足各种配合的要求，国标根据不同的基本尺寸和基本偏差代号规定了孔和轴的基本偏差系列，如图 9-33 所示。

基本偏差代号用拉丁字母及其顺序表示，孔用大写字母，轴用小写字母。在 26 个字母中，除去 I、L、O、Q、W（i、l、o、q、w）五个易与其他含义混淆的字母不用外，增加了 7 个用两个字母表示的基本偏差，即孔和轴各有 28 个基本偏差。国标对这 28 个基本偏差的数值做了规定。

从图 9-33 可以看出：

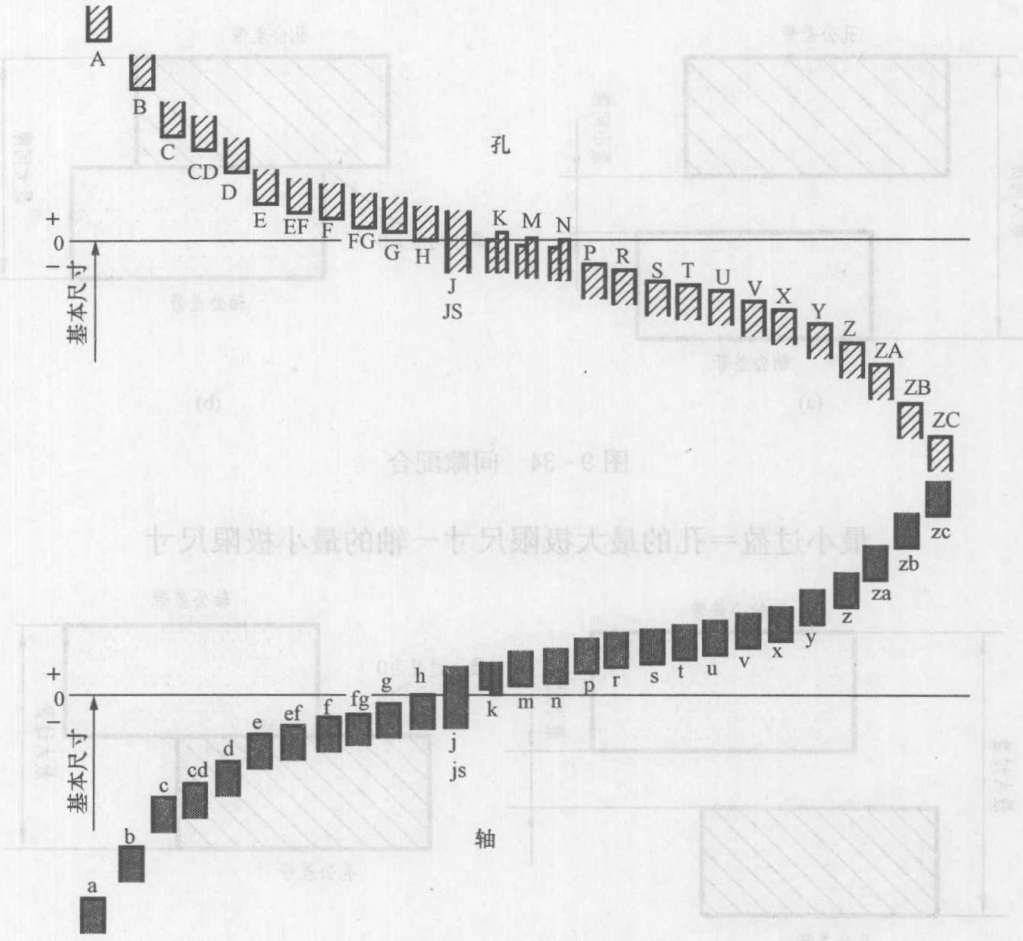


图 9-33 基本偏差系列图

(1) 在轴的基本偏差中，a～h 是上偏差（*es*），且为负值，其绝对值依次减小。j～zc 的基本偏差为下偏差（*ei*），且为正值。在孔的基本偏差中，A～H 的基本偏差是下偏差，且为正值，J～ZC 的基本偏差是上偏差，且为负值。

(2) 孔 JS 和轴 js 的公差带对称地分布在零线的上下两侧，因此其基本偏差为上偏差（+IT/2）或下偏差（-IT/2）。

(3) 孔 *H* 和轴 *h* 的基本偏差均为 0。

基本偏差系列图只表示公差带的位置，而公差带的宽度取决于各级标准公差的大小，所以图 9-33 中每个公差带的另一端是开口的。

四、配合类别和基准制

(一) 配合类别

根据孔和轴公差带的关系，配合分为三种：间隙配合、过盈配合和过渡配合。

(1) 间隙配合。具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。间隙配合中孔的公差带在轴的公差带之上，如图 9-34 所示。此时

最大间隙＝孔的最大极限尺寸－轴的最小极限尺寸

最小间隙＝孔的最小极限尺寸－轴的最大极限尺寸

(2) 过盈配合。具有过盈的配合（包括最小过盈等于零）的配合。过盈配合中孔的公差带在轴的公差带之下，如图 9-35 所示。此时

最大过盈＝孔的最小极限尺寸－轴的最大极限尺寸

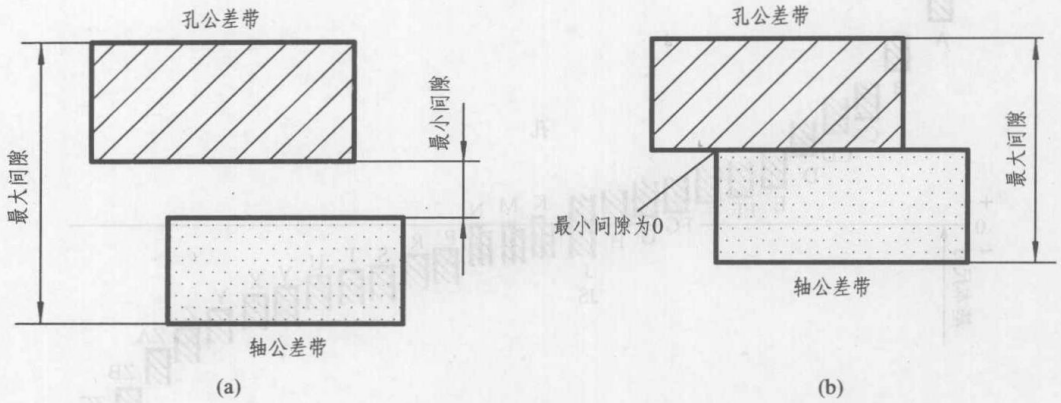


图 9-34 间隙配合

最小过盈＝孔的最大极限尺寸－轴的最小极限尺寸

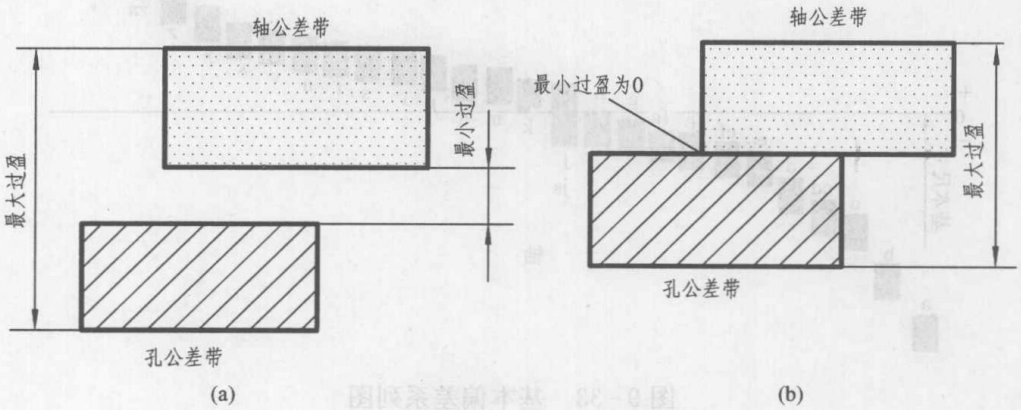


图 9-35 过盈配合

(3) 过渡配合。可能具有间隙或过盈的配合。此时孔和轴的公差带相互交叠，如图 9-36 所示。此时

最大过盈＝孔的最小极限尺寸－轴的最大极限尺寸

最大间隙＝孔的最大极限尺寸－轴的最小极限尺寸

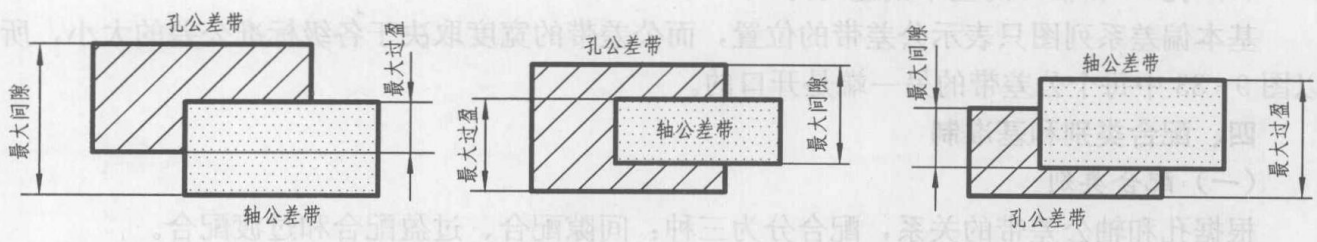


图 9-36 过渡配合

(二) 基准制

为了实现配合的标准化，国标规定了两种基准制，基孔制和基轴制。

(1) 基孔制。基本偏差为一定的孔公差带与不同基本偏差的轴公差带形成各种配合的一种制度。基孔制中的孔为基准孔，其基本偏差代号为 H，即基本偏差为下偏差，数值为 0，如图 9-37 (a) 所示。

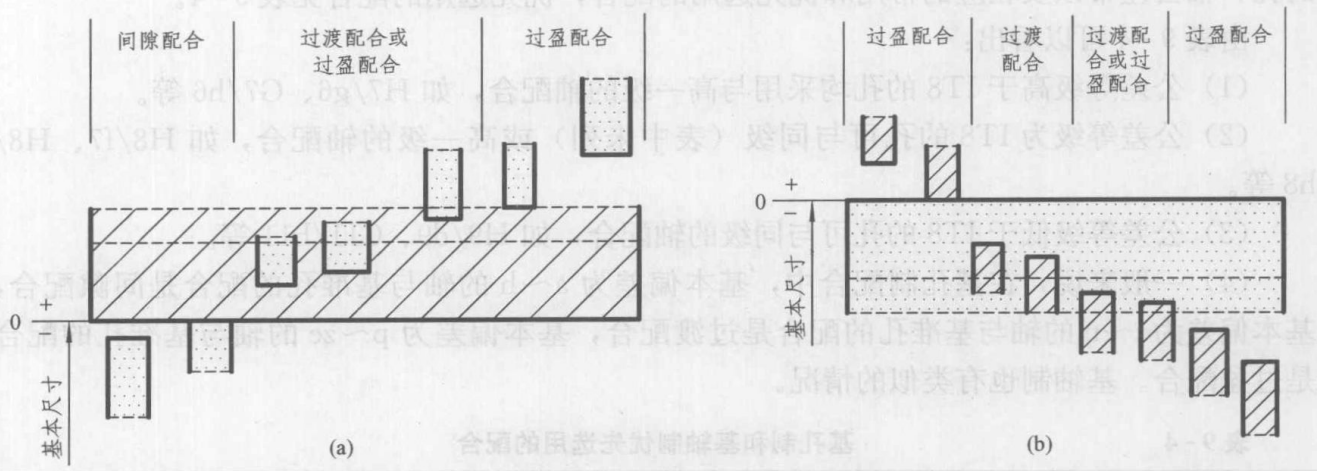


图 9-37 基孔制和基轴制

(a) 基孔制配合公差带图；(b) 基轴制配合公差带图

(2) 基轴制。基本偏差为一定的轴公差带与不同基本偏差的孔公差带形成各种配合的一种制度。基轴制中的轴为基准轴，其基本偏差代号为 h，即基本偏差为上偏差，数值为 0，如图 9-37 (b) 所示。

基孔制和基轴制都可以实现三种不同的配合。

(3) 基准制的选择。基准制是规定配合系列的基础。采用基准制是为了统一基准件的极限偏差，从而达到减少定制刀具、量具的数量，获得最大的经济效益。

1) 一般情况下优先选用基孔制，因为加工相同公差等级的孔比轴要困难，减少了加工孔的定值刀具，就能降低成本。

2) 基轴制用于以下三种情况：用冷拉棒料作轴，不需要再加工；同一基本尺寸的轴与几个孔组成不同的配合，如图 9-38 所示；滚动轴承的外圈与轴承室的配合采用基轴制，因为滚动轴承是标准件，如图 9-39 所示。

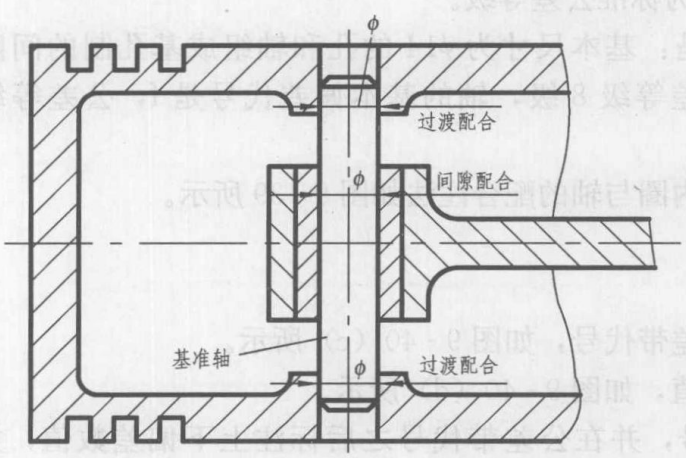


图 9-38 基轴制的应用 (一)

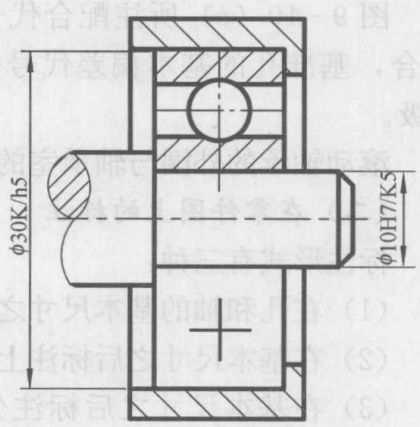


图 9-39 基轴制的应用 (二)

(三) 优先选用的公差带与配合

由于标准公差等级有 20 个，孔、轴的基本偏差各有 28 个，这样可以组成大量的配合。公差带及配合的数量太多，发挥不了标准化的作用。为此国标规定了一般、常用和优先选用

的孔、轴公差带以及相应的常用和优先选用的配合，优先选用的配合见表9-4。

由表9-4可以看出：

(1) 公差等级高于IT8的孔均采用与高一级的轴配合，如H7/g6、G7/h6等。

(2) 公差等级为IT8的孔可与同级（表中未列）或高一级的轴配合，如H8/f7、H8/h8等。

(3) 公差等级低于IT8的孔可与同级的轴配合，如H9/d9、C11/h11等。

(4) 一般来说，在基孔制配合中，基本偏差为a～h的轴与基准孔的配合是间隙配合，基本偏差为j～n的轴与基准孔的配合是过渡配合，基本偏差为p～zc的轴与基准孔的配合是过盈配合。基轴制也有类似的情况。

表9-4　　基孔制和基轴制优先选用的配合

配合类别	基孔制	基轴制
间隙配合	$\frac{H7}{g6}$ $\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{f7}$ $\frac{H9}{d9}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{c11}$ $\frac{H11}{h11}$	$\frac{G7}{h6}$ $\frac{H7}{h6}$ $\frac{F8}{h7}$ $\frac{D9}{h9}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{C11}{h11}$ $\frac{H11}{h11}$
过渡配合	$\frac{H7}{k6}$ $\frac{H7}{n6}$	$\frac{K7}{h6}$ $\frac{N7}{h6}$
过盈配合	$\frac{H7}{p6}$ $\frac{H7}{s6}$ $\frac{H7}{u6}$	$\frac{P7}{h6}$ $\frac{S7}{h6}$ $\frac{U7}{h6}$

五、公差配合在图样上的标注

(一) 在装配图上标注

标注格式如下：

基本尺寸$\frac{\text{孔公差带代号}}{\text{轴公差带代号}}$或基本尺寸 孔公差带代号/轴公差带代号

其中公差带代号由基本偏差代号和标准公差等级组成，如图9-40(a)和(b)中的H8，H为基本偏差代号，表示基准孔，8为标准公差等级。

图9-40(a)所注配合代号的含义是：基本尺寸为ϕ14的孔和轴组成基孔制的间隙配合，基准孔的基本偏差代号是H，公差等级8级，轴的基本偏差代号是f，公差等级8级。

滚动轴承的外圈与轴承室的配合以及内圈与轴的配合注法如图9-39所示。

(二) 在零件图上的标注

标注形式有三种：

(1) 在孔和轴的基本尺寸之后标注公差带代号，如图9-40(c)所示。

(2) 在基本尺寸之后标注上下偏差数值，如图9-40(d)所示。

(3) 在基本尺寸之后标注公差带代号，并在公差带代号之后标注上下偏差数值，如图9-40(e)所示。

(三) 轴和孔的极限偏差表

根据轴和孔的公差带代号，可以查表确定其极限偏差数值（附表15和附表16）。例如ϕ14H8，这是孔的公差带代号，因此查附表16，先在表的左边找到相应尺寸段＞10～14，然后在表的上方横向找到基本偏差代号H，再找到其下的等级8级，由8级向下，由＞10～14

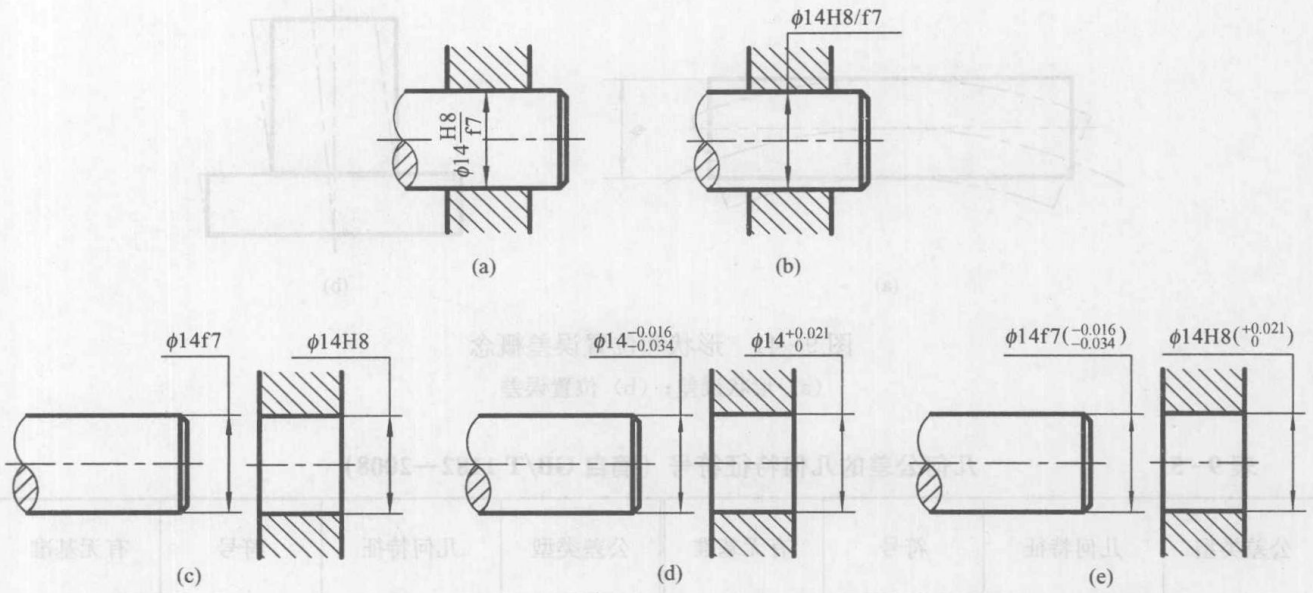


图 9-40 公差配合在图样上的标注

(a) 在装配图上的注法；(b) 在装配图上的注法；(c) 在零件图上的注法（一）；(d) 在零件图上的注法（二）；(e) 在零件图上的注法（三）

向右查到二者的交汇点的两个数值+27 和 0，就是要查的上下偏差值，其单位为 μm，化成 mm 为+0.027 和 0，即可注在图样上。

第七节 几 何 公 差

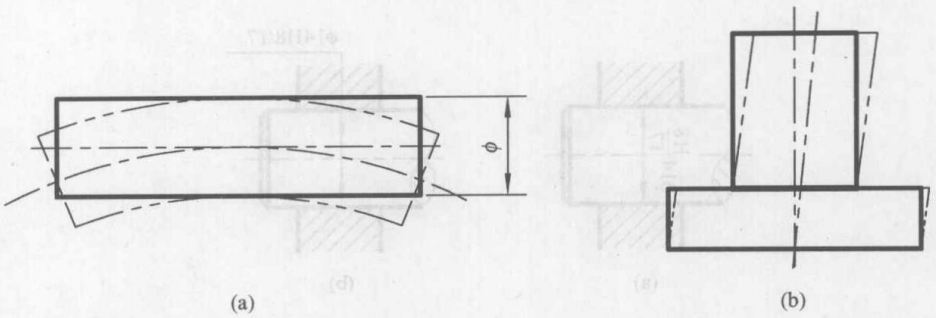
一、基本概念

在零件加工时，除了尺寸产生误差外，形状和位置也会产生误差。①形状误差，是指实际形状对理想形状的误差，如直线不直、平面不平。例如：小轴的理想形状用粗实线表示，如图 9-41（a）所示，但是小轴的轴线在加工时发生弯曲，其实际形状如双点画线所示，这就产生了直线度误差。②位置误差，是指相关要素间的实际位置相对其理想要素所产生的误差。例如：应该垂直的不垂直，应该平行的不平行。如图 9-41（b）所示，零件的轴线相对于下底面的理想位置是互相垂直的（图中用粗实线表示），但二者的实际位置产生了垂直度误差（如图中的双点画线所示）。

如果零件的形状误差和位置误差过大，会导致装配困难，因此在设计时，应对零件的重要棱线、轴线及表面规定形状误差和位置误差的最大允许值，这个允许值被称为几何公差。在零件图中给出几何公差，是设计人员为控制该零件上某些要素的形状或位置误差而提出的一种技术要求。几何公差的术语、定义、代号及其注法在 GB/T 1182—2008 中有详尽规定，本节只做简要介绍。

二、几何公差代号

按国家标准规定，应在零件图中用代号标注几何公差。几何公差的类型及其符号如表 9-5所示。



(a) (b)

图 9-41 形状和位置误差概念

(a) 形状误差；(b) 位置误差

表 9-5 几何公差的几何特征符号（摘自 GB/T 1182—2008）

公差类型	几何特征	符号	有无基准	公差类型	几何特征	符号	有无基准
形状	直线度	—	无	方向	平行度	//	有
	平面度	▱	无		垂直度	⊥	有
					倾斜度	∠	有
	圆度	○	无	位置	同心度/同轴度	◎	有
					对称度	⌯	有
	圆柱度	⌭	无		位置度	⌖	有/无
形状/方向/位置	线轮廓度	⌒	有/无	跳动	圆跳动	↗	有
	面轮廓度	⌓	有/无		全跳动	⌰	有

几何公差代号包括几何特征符号、几何公差框格和指引线、几何公差数值和其他有关符号及基准符号。如图 9-42（a）所示，框格和指引线用细实线绘制。用公差框格标注几何公差时，公差要求注写在划分成两格或多格的矩形框格内，如图 9-42 所示。各格从左向右填写以下内容：

（1）几何特征符号。

（2）公差值，以线性尺寸单位表示的最值，如图 9-42（a）～（f）所示。如果公差带为圆形或圆柱形，公差值前应加注符号“∅”，如图 9-42（c）和（e）所示；如果公差带为圆球形，公差值前应加注符号“S∅”，如图 9-42（d）所示。

（3）基准，用一个字母表示单个基准或用几个字母表示基准体系或公共基准，如图 9-42（b）～（e）所示。

框格内的数字和字母应与图样中的尺寸数字高度相同。框格的高度为字母高度的两倍，长度可根据需要加长。

如果需要就某个要素给出几种几何特征的公差，可将一个公差框格放在另一个的下面，如图 9-42（f）所示。

如图 9-42（g）和（h）所示，与被测要素相关的基准用大写字母表示，字母注写在小方格里，与涂黑的或空白的三角形相连以表示基准。方格和连线均用细实线绘制，方格为正

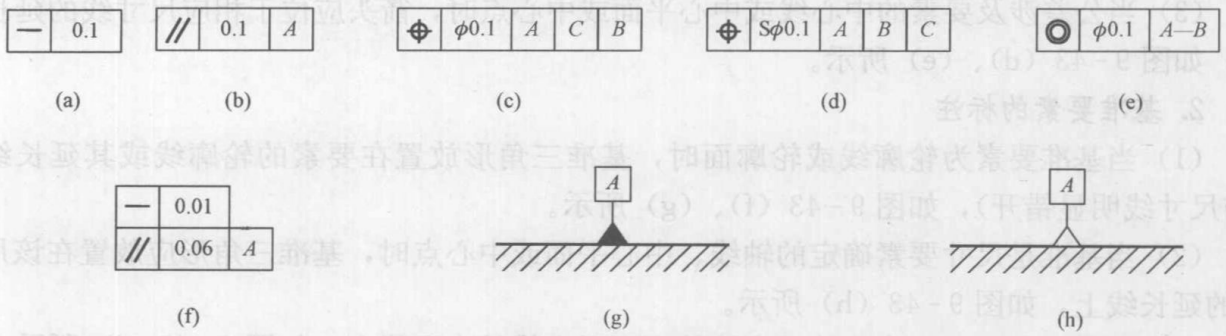


图 9-42 几何公差代号和基准

方形，高度与公差框格同高。字母水平书写，一般不采用 E、I、J、M、O、P 等字母，以免引起误解。涂黑的和空白的基准三角形的含义相同。

三、几何公差的标注

1. 被测要素的标注

(1) 当公差涉及轮廓线或轮廓面时，箭头指向该要素的轮廓线或其延长线（应与尺寸线明显错开），如图 9-43 (a)、(b) 所示。

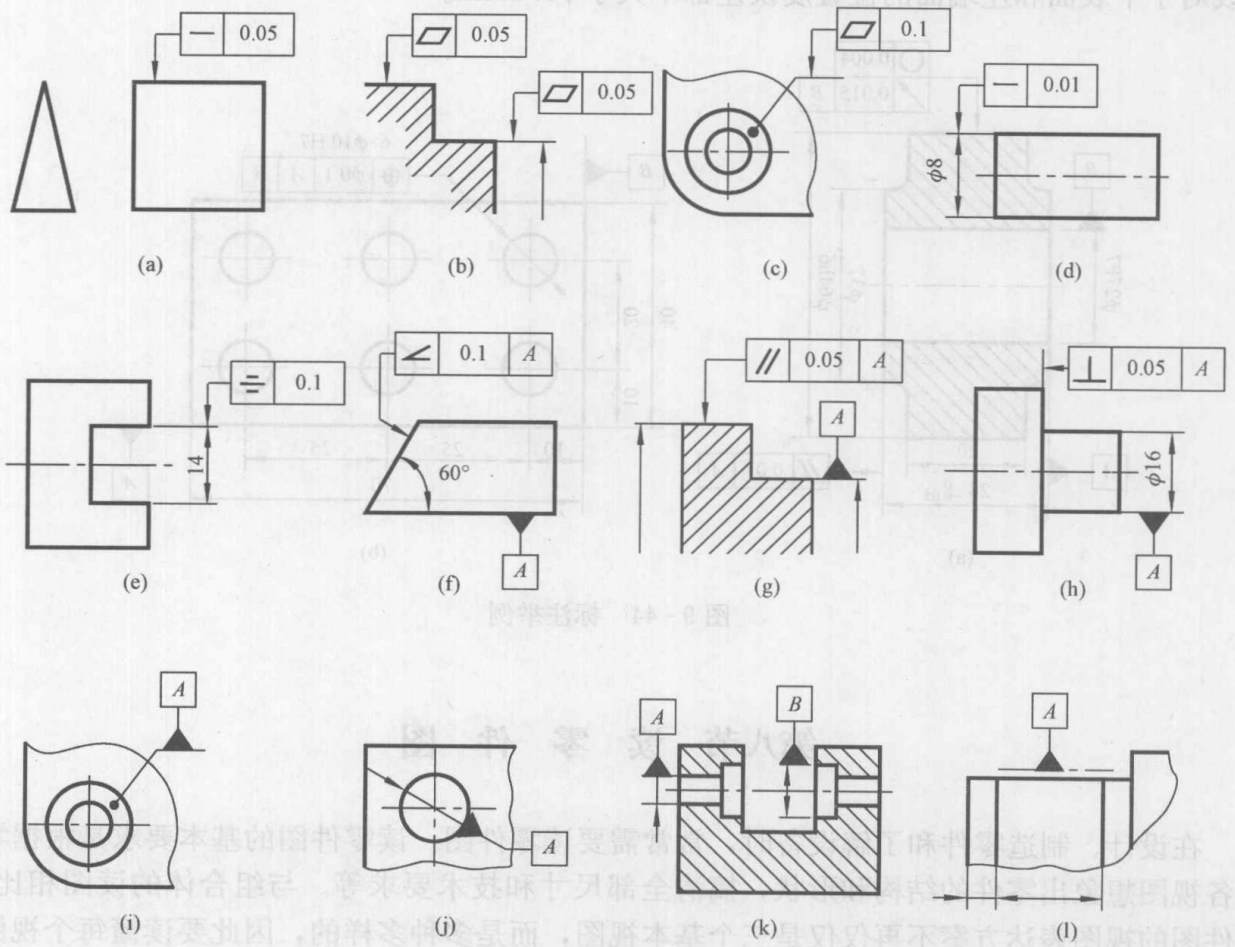


图 9-43 几何公差的标注

(2) 箭头也可以指向引出线的水平线，引出线引自被测面，如图 9-43 (c) 所示。

(3) 当公差涉及要素的中心线或中心平面或中心点时，箭头应位于相应尺寸线的延长线上，如图 9-43 (d)、(e) 所示。

2. 基准要素的标注

(1) 当基准要素为轮廓线或轮廓面时，基准三角形放置在要素的轮廓线或其延长线上(与尺寸线明显错开)，如图 9-43 (f)、(g) 所示。

(2) 当基准是尺寸要素确定的轴线、中心平面或中心点时，基准三角形应放置在该尺寸线的延长线上，如图 9-43 (h) 所示。

(3) 基准三角形也可直接放置在该轮廓面引出线的水平线上，如图 9-43 (i) 所示。

(4) 如果没有足够的位置标注基准要素尺寸的两个箭头，则其中的一个箭头可用基准三角形代替，如图 9-43 (j)、(k) 所示。

(5) 如果只以要素的某一局部作为基准，则应用粗点画线示出该部分并加注尺寸，如图 9-43 (l) 所示。

图 9-44 为几何公差的综合标注实例。图 (a) 中所注各几何公差的含义为：ϕ64 圆柱面的圆度误差不大于 0.004mm，对于 ϕ27 孔的轴线的跳动度误差不大于 0.015mm；右端面对于左端面的平行度误差不大于 0.01mm。图 (b) 中所注各几何公差的含义为：6 个 ϕ10 孔的轴线对于下表面和左端面的位置度误差都不大于 ϕ0.1mm。

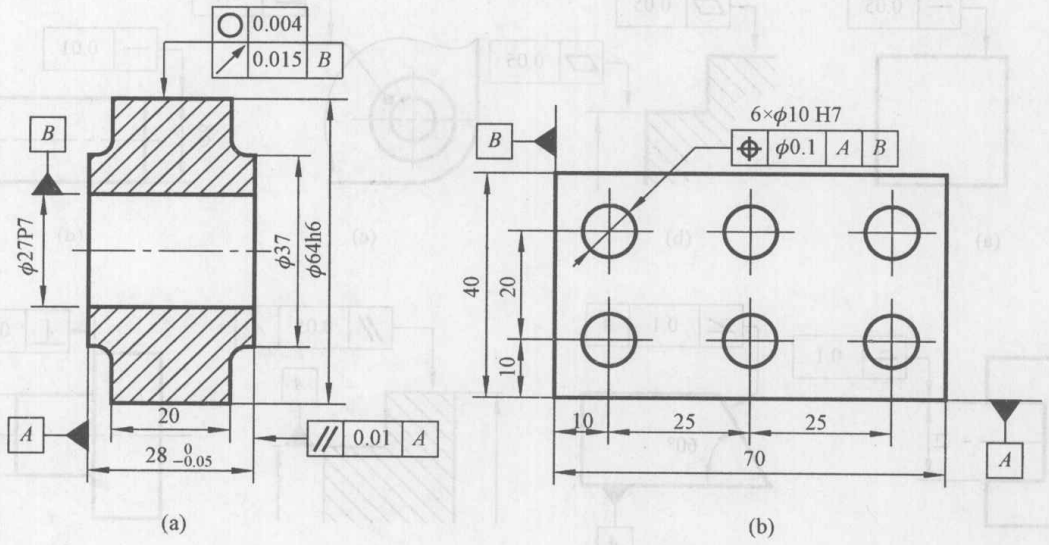


图 9-44 标注举例

第八节 读 零 件 图

在设计、制造零件和了解设备时，常常需要读零件图。读零件图的基本要求是根据零件的各视图想象出零件的结构和形状，搞清全部尺寸和技术要求等。与组合体的读图相比较，零件图的视图表达方案不再仅仅是三个基本视图，而是多种多样的，因此要读懂每个视图采用的表达方法；零件图还包含有各种工艺结构，要通过对这些工艺结构的分析，加深对零件图的理解，以便根据零件图的特点确定适当的加工方法和检测手段，从而保证零件的质量。下面以图 9-45 所示的齿轮泵体为例说明读零件图的方法和步骤。

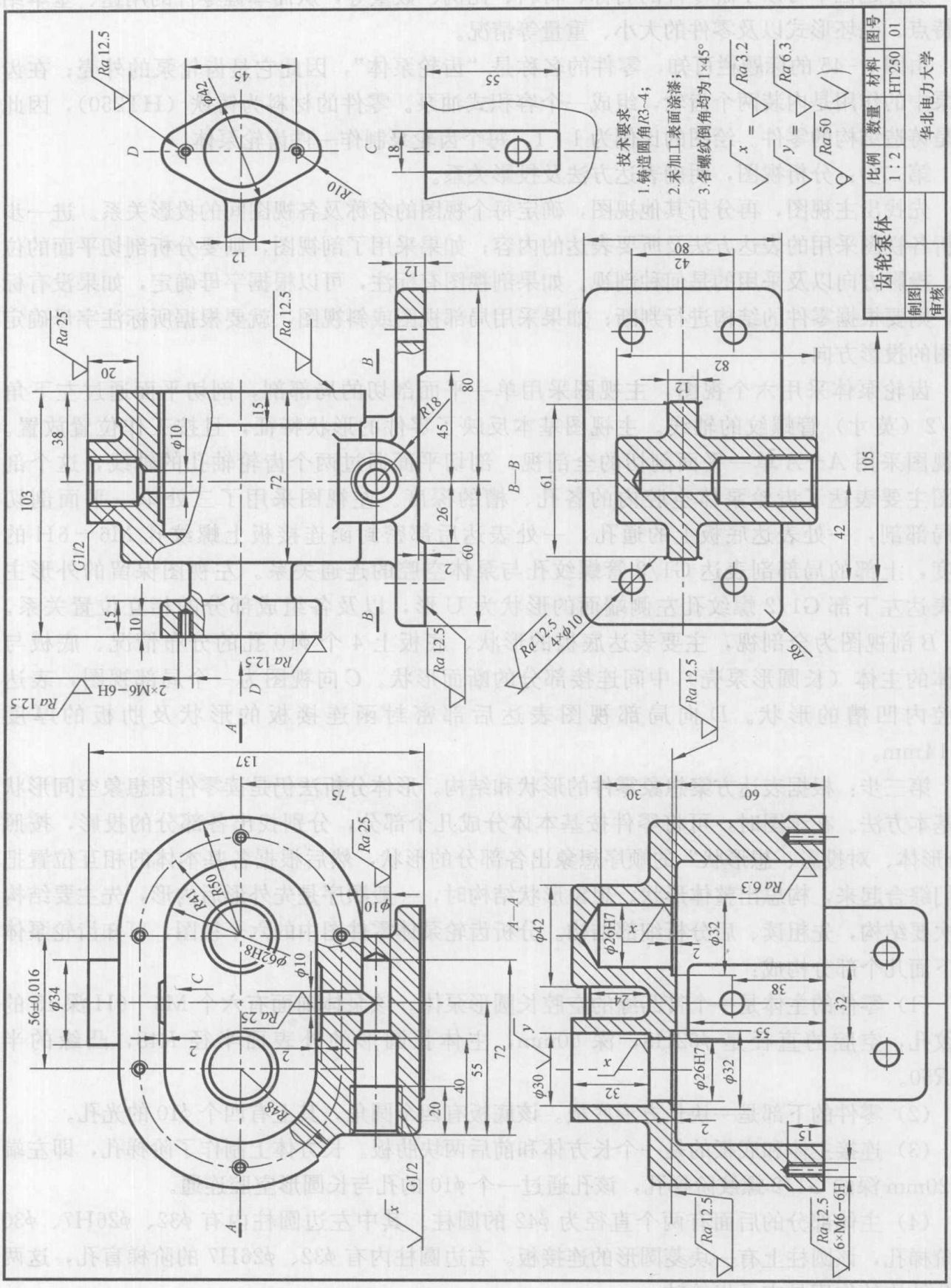


图 9-45 齿轮泵体零件图

第一步：看标题栏，对零件做概括了解。

从标题栏中可以了解零件的名称、材料、比例、数量等，从而掌握零件的用途、基本结构特点、毛坯形式以及零件的大小、重量等情况。

由图 9-45 的标题栏可知，零件的名称是“齿轮泵体”，因此它是齿轮泵的外壳；在齿轮泵中的作用是内装两个齿轮，组成一个容积式油泵。零件的材料为铸铁（HT250），因此它是铸造结构的零件。绘图的比例为 1∶1，每个齿轮泵制作一件齿轮泵体。

第二步：分析视图，明确表达方法及投影关系。

先找出主视图，再分析其他视图，确定每个视图的名称及各视图间的投影关系。进一步分析各视图采用的表达方法及所要表达的内容；如果采用了剖视图，则要分析剖切平面的位置、投影方向以及采用的是何种剖视。如果剖视图有标注，可以根据字母确定，如果没有标注，则要根据零件的结构进行判断；如果采用局部视图或斜视图，就要根据所标注字母确定视图的投影方向。

齿轮泵体采用六个视图，主视图采用单一平面剖切的局部剖，剖切平面通过左下角 G1/2（英寸）管螺纹的轴线。主视图基本反映了零件的形状特征，且按工作位置放置。俯视图采用 $A-A$ 单一平面剖切的全剖视，剖切平面通过两个齿轮轴孔的轴线，这个剖视图主要表达了齿轮泵体空腔内的各孔、槽的深度。左视图采用了三处单一平面剖切的局部剖，一处表达底板上的通孔，一处表达后部密封函连接板上螺纹孔 M6－6H 的深度，上部的局部剖表达 G1/2 管螺纹孔与泵体空腔的连通关系。左视图保留的外形主要表达左下部 G1/2 螺纹孔左侧端面的形状为 U 形，以及各组成部分的相互位置关系。$B-B$ 剖视图为全剖视，主要表达底板的形状、底板上 4 个 ϕ10 孔的分布情况、底板与泵体的主体（长圆形泵壳）中间连接部分的断面形状。C 向视图为一个局部视图，表达泵腔内凹槽的形状。D 向局部视图表达后部密封函连接板的形状及肋板的厚度为 14mm。

第三步：根据表达方案想象零件的形状和结构。形体分析法仍是读零件图想象空间形状的基本方法。在读图时，可将零件按基本体分成几个部分，分别找出各部分的投影，按照“分形体、对投影、想形状”的顺序想象出各部分的形状，然后根据各基本体的相互位置把它们综合起来，构思出整体形状。想象形状结构时，一般顺序是先外形后内形，先主要结构后次要结构，先粗读、后分析细部结构。分析齿轮泵体零件图中的六个视图，可知齿轮泵体由下面几个部分构成：

（1）零件的主体是一个带凸缘的空腔长圆形泵体。该泵体前面有六个 M6－6H 深 15 的螺纹孔，空腔的直径是 ϕ62H8，深 60mm，主体长圆形的外表面半径 R48，凸缘的半径 R50。

（2）零件的下部是一块长方形底板。该底板有四个圆角，其上有四个 ϕ10 的光孔。

（3）连接主体和底板的是一个长方体和前后两块肋板。长方体上制作了阶梯孔，即左端有 20mm 深的 G1/2 螺纹阶梯孔，该孔通过一个 ϕ10 的孔与长圆形空腔连通。

（4）主体部分的后面有两个直径为 ϕ42 的圆柱。其中左边圆柱内有 ϕ32、ϕ26H7、ϕ30 的阶梯孔，该圆柱上有一块菱圆形的连接板。右边圆柱内有 ϕ32、ϕ26H7 的阶梯盲孔，这两部分结构的作用是支承齿轮轴。

（5）泵体的最上部是一个直径为 ϕ34 的圆柱凸台。凸台的孔内有 G1/2 的管螺纹。可以

分析出，两个 G1/2 的管螺纹孔分别是吸油孔和压油孔，螺纹用于外接油管。

第四步：分析尺寸和技术要求。

分析零件长、宽、高三个方向的主要基准；从基准出发分析各尺寸的类型，分清定形尺寸、定位尺寸、重要尺寸、总体尺寸等；然后结合零件的结构、尺寸分析和技术要求，分清加工面和非加工面、粗加工面和精加工面等，据此确定相应的加工方法。

齿轮泵体零件三个方向的尺寸基准是：

(1) 左右方向的主要基准是长圆形主体的对称平面，两齿轮轴线的中心距 56±0.016 就是以它为基准标注的，这个尺寸是重要尺寸，它关系到齿轮安装后的啮合质量，加工时必须保证其精度。由主视图中标注的尺寸可以看出，长度方向还有一个辅助基准：左下端的 U 形平面，它由主要基准定位。

(2) 宽度方向的主要基准是长圆形主体部分的前端面。

(3) 高度方向的设计基准是包含两个齿轮轴孔轴线的水平面，而工艺基准是底板的下底面，它们都是主要基准，只是功能不同而已。两个齿轮轴孔轴线的高度是由下底面保证的，因此定位尺寸 75 是重要尺寸。另外泵体空腔的直径 ϕ62H8 和深度 60、两个齿轮轴孔的直径 ϕ26H7 都是重要尺寸。其他的定形和定位尺寸应逐一按形体分析法进行分析。

泵体的技术要求有三类：

(1) 表面粗糙度。要求最高的是 ϕ26H7 的孔，该表面由去除材料的方法获得，Ra 的上限值为 3.2 (μm)；其次是 Ra 的上限值为 6.3 的表面；还有 Ra 上限值为 12.5 和 25 的表面；未注表面为不进行机械加工的铸造表面，Ra 值的上限值为 50。

(2) 尺寸公差。图中有 ϕ62H8、ϕ26H7、56±0.016、M6－6H 等，如 ϕ62H8 的含义是基本尺寸为 62mm 的基准孔，公差带代号为 H8，其中基本偏差代号为 H，标准公差等级为 8。

(3) 用文字说明的技术要求。图中有三条，读者可自行分析。技术要求也是零件图中的一项涉及零件结构和加工方法的重要内容，应仔细阅读分析。

第五步：综合起来想整体。将上述的视图、尺寸和技术要求综合起来，即可得到零件的全貌。

思 考 题

1. 零件图应包括哪些内容？
2. 零件图视图选择的基本要求是什么？试述视图选择的一般方法和步骤。
3. 试述轴套类、轮盘类、叉架类、箱壳类零件的视图选择原则。
4. 零件图的尺寸标注有哪些要求？如何选择尺寸基准？
5. 试说明零件表面结构代号的意义和在零件图上的标注方法。
6. 常见的机械加工工艺有哪些？在零件图上如何绘制与标注？
7. 常见的铸造工艺结构有哪些？在零件图上如何绘制？
8. 什么是基本尺寸？什么是尺寸公差？什么是极限偏差？
9. 公差带包括哪些内容？各部分的含义是什么？如何确定？
10. 什么是公差等级？共有多少级？公差等级的数值大小与精度高低有什么关系？

11. 什么叫配合？配合有几种？分别适用于什么情况？
12. 什么叫基孔制？什么叫基轴制？为什么优先选用基孔制？
13. 装配图中如何标注配合？零件图中如何标注公差？
14. 什么是形位公差？

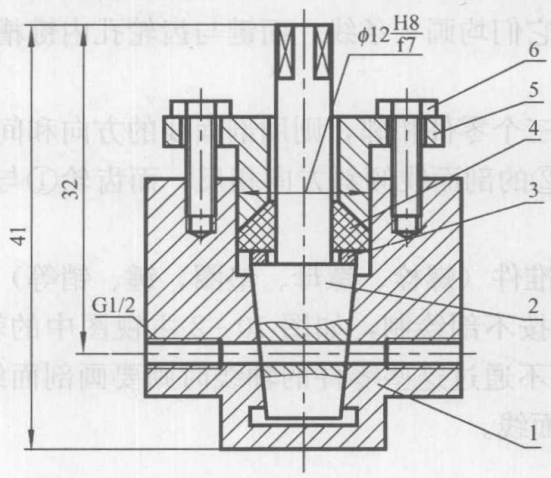
第十章 装 配 图

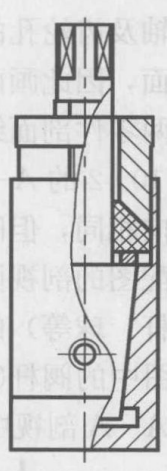
装配图是表达机器或部件的图样。它表达机器或部件的构造、工作原理、各零件之间的装配关系以及该装配体的技术要求等。前面所讲的螺纹紧固件连接、齿轮啮合、键、销联结等图样都是装配图。装配图分两类，第一类是设计装配图，这类装配图在设计过程中首先画出，然后根据它拆画全部非标准零件和常用件的零件图；第二类装配图叫做装配工作图，它是指导工人师傅将机器零件装配成机器或部件的装配图。

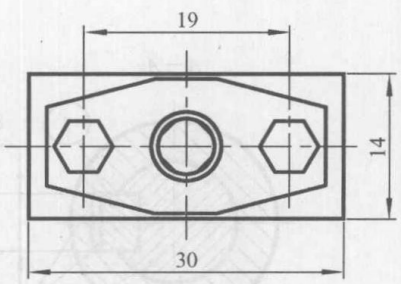
第一节 装配图的内容及其作用

由图 10-1 所示阀 G1/2 的装配图可知，装配图的内容及其作用如下：

(1) **一组视图**：用第六章所介绍的视图、剖视图、断面图等表达方法画出的一组图形，表达机器或部件的构成、工作原理、装配关系、零件的主要形状和结构等。







技术要求

1.旋塞在关闭时，不得有泄漏。

2. 工作压力为2.5×10^5Pa。

6	螺栓M3×10	2	30	GB/T 5780—2000
5	填料压盖	1	A3	
4	填 料	1	石棉绳	无图
3	垫 圈	1	20	
2	阀 杆	1	45	
1	阀 体	1	20	
序号	名 称	数量	材料	备 注

阀G1/2装配图			比 例	
			图 号	
制图			(校名)	
审核				

图 10-1 阀 G1/2 装配图

(2) 必需的尺寸：标注表示机器或部件的性能、规格以及装配、检验、安装时必需的尺寸。

(3) 技术要求：用文字或符号标注对机器或部件的性能、装配、调试、检验及安装等方面的技术要求。

(4) 零件编号和明细栏：标注零件的编号和与之对应的明细栏。说明各零件的名称、数量、材料及有关的备注等。

(5) 标题栏：说明机器或部件的名称、比例、图号及其他有关情况。

第二节 装配图的表达方法

第六章介绍的零件的各种表达方法在装配图中同样适用。但由于装配图表达的内容与零件图不同，因此，装配图在视图选择、表达方法上有自己的特色。

一、装配图的规定画法

第八章我们已经介绍了螺纹紧固件连接装配图的规定画法，它们在装配图中同样适用。下面再做一些必要的补充。

(1) 接触面和配合（包括间隙配合）表面画一条线。而非接触面、非配合表面，即使间隙再小，也要画两条线。如图 10-2 中的轴与齿轮端面为接触面，轴与齿轮孔为配合表面，键的两侧面与轴及齿轮孔的键槽侧面是配合表面，它们均画一条线。而键与齿轮孔内键槽的底面为非接触面，因此画两条线。

(2) 相邻两零件剖面线的倾斜方向应相反。若三个零件相邻，则用剖面线的方向和间隔相区别。如图 10-2 的 A—A 剖视中的齿轮①与轴②的剖面线倾斜方向相反，而齿轮①与键③的剖面线方向相同，但间隔不同。

(3) 在装配图的剖视图上，当剖切平面通过标准件（螺栓、螺母、垫圈、键、销等）和实心件（轴、杆、球等）的基本轴线时，这些零件按不剖绘制，如图 10-2 主视图中的轴、图 10-1 主视图中的阀杆②和螺栓⑥。当剖切平面不通过这些零件的轴线时则要画剖面线，如图 10-2 的 A—A 剖视中的轴②与键③均画出剖面线。

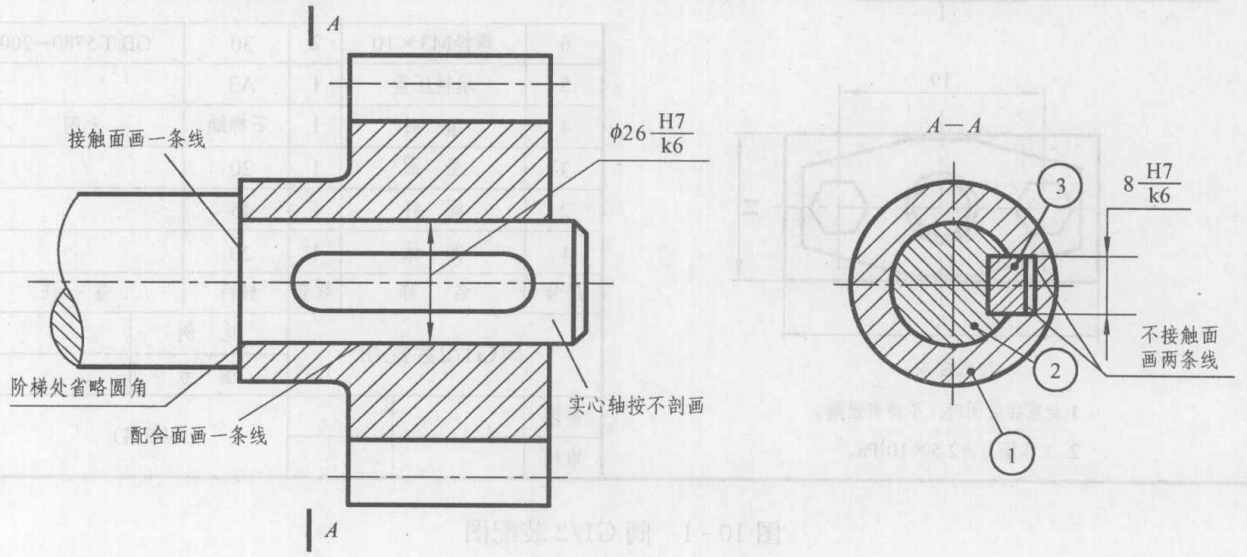
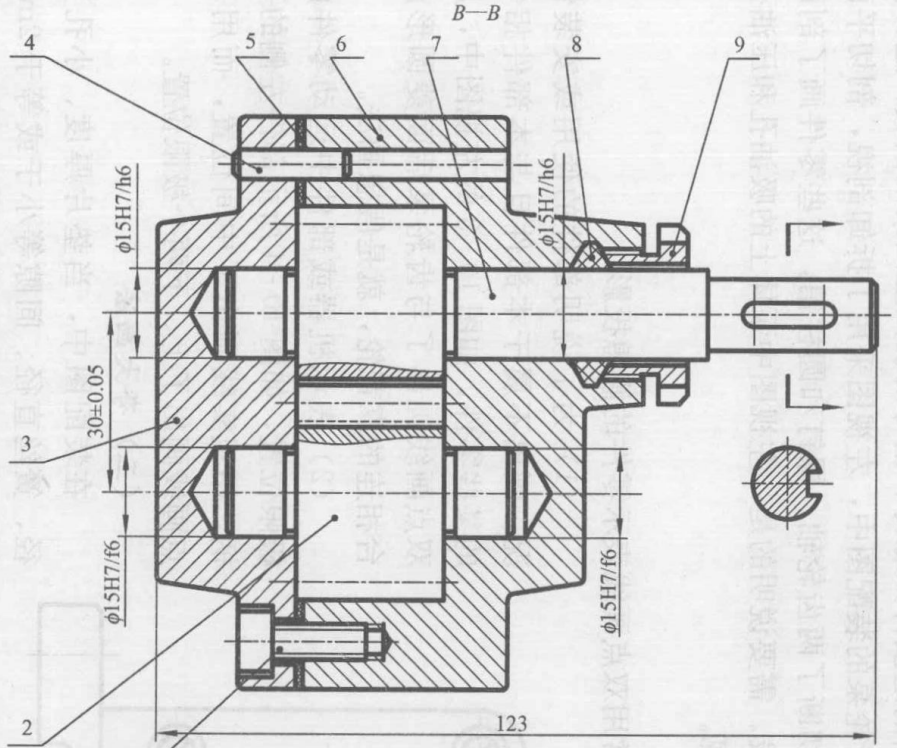
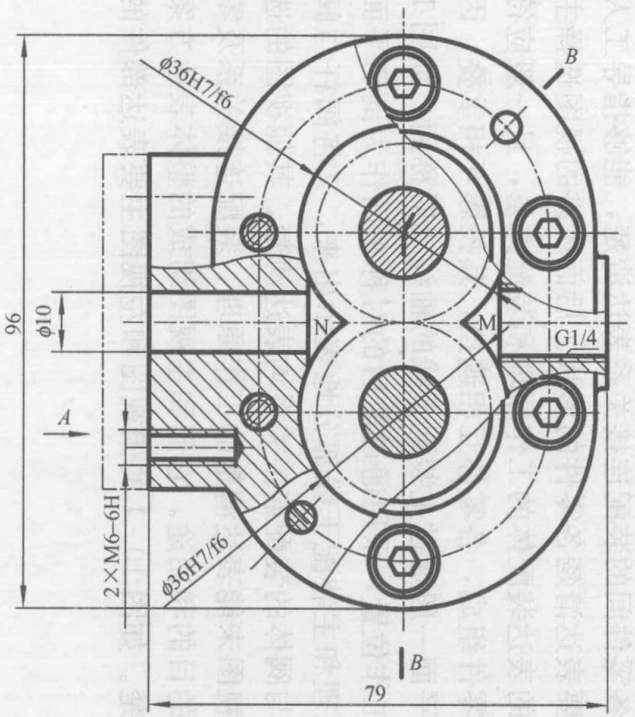
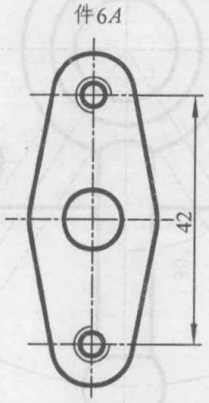


图 10-2 装配图的规定画法







技术要求

1.装配后应转动灵活。

2.密封良好，不得有漏油现象。

序号	名 称	数量	材 料	备 注
9	螺 塞	1	35	
8	毡封油圈	1	粗羊毛毡	
7	齿轮轴	1	45	m=3 Z=9
6	泵 体	1	HT200	
5	垫 片	1	纸	
4	圆柱销	2		
3	泵 盖	1	HT200	
2	齿 轮	1	45	m=3 Z=9
1	圆柱内六角螺钉	6	35	GB70 M6×16

齿轮泵装配图		比 例	
		1:1	
制图		华北电力大学	
审核			

图 10-3 齿轮泵装配图

二、装配图的视图选择

装配图的视图选择是由它的作用决定的。设计装配图除了表达装配体的工作原理、各零件的装配连接关系外，还要将各非标准零件的主体形状结构表达清楚，为后面的拆画零件图做好准备。而装配工作图则只需将各零件间的装配连接关系表达清楚，能够指导工人师傅将各零件装配起来就可以了，没有必要表达清楚各零件的形状。后面所讲的视图选择主要针对设计装配图而言。主视图应尽量多的表达装配体的工作原理和装配关系，且一般应符合装配体的工作位置。由于装配图由多个零件组成，各零件互相遮挡，其投影互相重叠，因此装配图一般画成剖视图。主视图的剖切平面一般通过主装配干线的轴线或对称面。如图 10-1 所示阀 G1/2 的主视图符合该部件的工作位置，采用通过前后的对称平面作为剖切平面，将其画成全剖视图，既将部件的工作原理和主装配干线部分地表示出来，又将阀杆与阀体、垫圈、填料、填料压盖以及填料压盖与阀体的装配连接关系均表达清楚。其他视图的选择根据具体情况而定，总的目标是补充主视图未能表达清楚的工作原理、装配连接关系及零件的主要形状和结构。所选视图应有明确的目的和用途。它们和主视图组成的整体表达方案应能简练、清晰、正确的将装配体表达清楚。如图 10-1 的俯视图和左视图主要表达部件的外形和相对位置。

三、装配图的特殊表达方法

（一）拆卸画法或拆卸剖视

在装配图中，可以假想将已经表达清楚的某些零件拆卸后画出视图，这种画法称为拆卸画法，需要说明时可以加注“拆去××”。也可以假想沿某些零件的结合面剖切，此时在零件的结合面上不画剖面线，只是在切断的连接件如螺钉、销等的视图上画出剖面线，这种剖视图称为拆卸剖视。如图 10-3 所示齿轮泵的装配图中，左视图采用了拆卸剖视，剖切平面沿泵体和垫片之间的接触面剖切，只切断了两齿轮轴、螺钉和圆柱销，这些零件画了剖面线，而泵体没有切到，因此未画剖面线。需要说明的是，左视图中泵体上的吸油孔和压油孔是在拆卸剖视的基础上又做了重合剖视。

（二）假想画法

在下列两种情况下，装配图上经常用双点画线表示零件的假想投影：

（1）为了说明部件的使用或安装情况，画出不属于本部件且与本部件相邻的某些零件，如图 10-3 的左视图中，用双点画线画出了与齿轮泵后面菱圆形凸台相连的靠背轮，就是假想画法。

（2）表示机器或部件中运动零件的极限位置，如图 10-4 所示部件左侧的手柄，用粗实线画出了中间位置，而用双点画线画出了上、下两个极限位置。

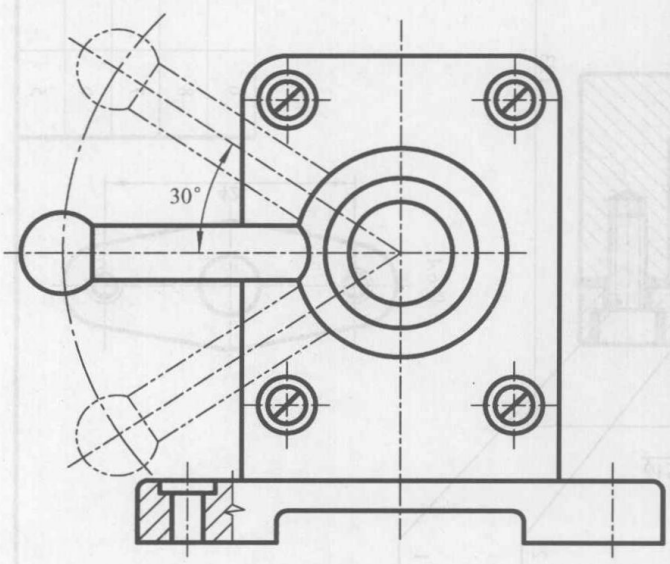


图 10-4 运动零件的极限位置

（三）夸大画法

在装配图中，当垫片厚度、小孔直径、簧丝直径、间隙等小于或等于 2mm 时，可以不按实际尺寸而夸大画出，如

图 10-5 中垫片的厚度采用了夸大画法。

（四）简化画法

（1）在装配图中，对于若干相同的零件组如螺纹紧固件等，可详细的画出一组或几组，其余的只需画出轴线即可，如图 10-5 中的螺钉仅画出了一组，另一组用点画线画出。

（2）滚动轴承可采用如图 10-5 中的简化画法。

（3）螺栓、螺母等可进一步简化，如图 10-5 所示。

（4）可以省略零件上的加工圆角、倒角、螺纹退刀槽、砂轮越程槽等工艺结构，在拆画零件图时再查手册补画，如图 10-5 所示。

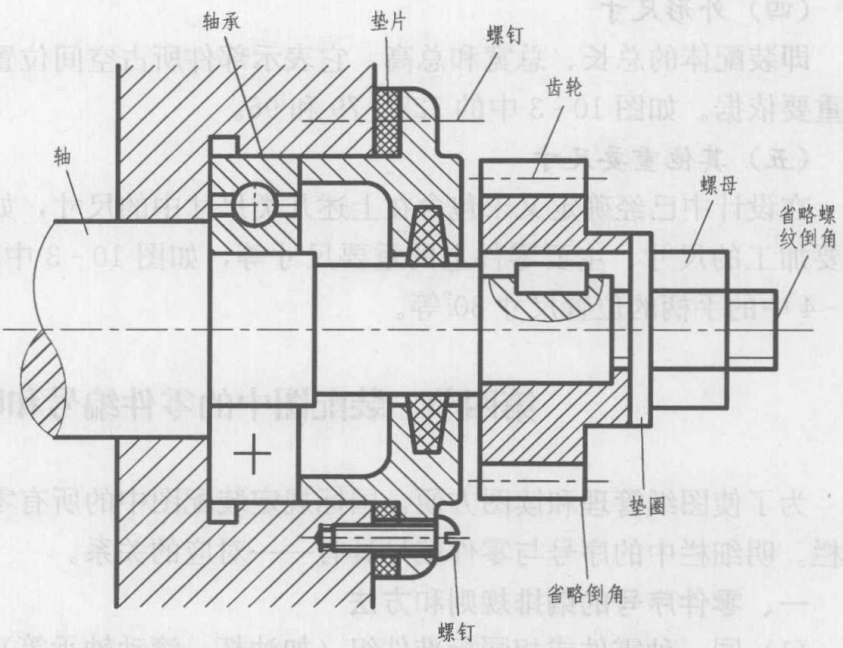


图 10-5 夸大画法和简化画法

（五）单独表达一个零件

在装配图上，当某个零件的主要结构在基本视图中未表达清楚，且影响对整个部件的工作原理、装配关系及重要零件的主体结构的表达时，可以单独画出该零件的一个视图，并在这个视图的上方注出该零件的名称和投影方向，如图 10-3 中的“件 6A 向”。

第三节 装配图的尺寸标注

由于装配图是表达装配体的工作原理、装配关系及各零件间的相互位置的图样，因此没有必要在装配图上标注每个零件的全部尺寸。装配图上一般标注与装配体的性能、装配、安装以及包装运输等有关的尺寸，通常有下列几类尺寸。

（一）规格（性能）尺寸

说明机器或部件规格或性能的尺寸，这类尺寸是设计者设计产品和用户选用产品的重要依据。如图 10-1 所示阀的入口及出口尺寸 G1/2，图 10-3 所示齿轮泵的吸油口和压油口的尺寸 G1/4 和 ϕ10 即属于此种尺寸。

（二）装配尺寸

说明装配体中各零件间装配关系的尺寸。包括下面两类：

（1）零件间的连接尺寸。如图 10-1 俯视图中的尺寸 19，表示两螺栓的中心距。

（2）配合尺寸：表示两零件公差配合的尺寸。如图 10-1 中的 ϕ12H8/f7，图 10-3 中的 ϕ15H7/h6、ϕ36H7/f6 等。

（三）安装尺寸

机器或部件安装时需要的尺寸。如图 10-3“件 5A 向”视图中所注的尺寸 42 和左视图中的 2×M6—6H。

（四）外形尺寸

即装配体的总长、总宽和总高，它表示部件所占空间位置的大小，是包装、运输和安装的重要依据。如图 10-3 中的 123、79 和 96。

（五）其他重要尺寸

在设计中已经确定又未包含在上述几类尺寸中的尺寸，如运动零件的极限尺寸、装配时需要加工的尺寸、主要零件上的重要尺寸等，如图 10-3 中两齿轮的中心距 30±0.05、图 10-4 中的手柄的位置尺寸 30°等。

第四节　装配图中的零件编号和明细栏

为了使图纸管理和读图方便，国标规定装配图中的所有零件和部件均需编号，并填写明细栏。明细栏中的序号与零件编号具有一一对应的关系。

一、零件序号的编排规则和方法

（1）同一种零件或相同标准件组（如油杯、滚动轴承等）在装配图中只编一个序号。

（2）序号的标注形式：在所指零、部件的可见轮廓内画一个圆点，从圆点开始向外用细实线画一条指引线，在指引线的另一端用细实线画一条水平线或一个小圆，在水平线上或小圆内注写序号，序号的字高应比尺寸数字大一号或两号。也可在指引线附近注写序号，此时字高应大两号，如图 10-6（a）所示。

（3）对于很薄的零件或涂黑的剖面，不便画出圆点，可在指引线的末端画一个箭头指向该部分的轮廓，如图 10-6（b）所示。

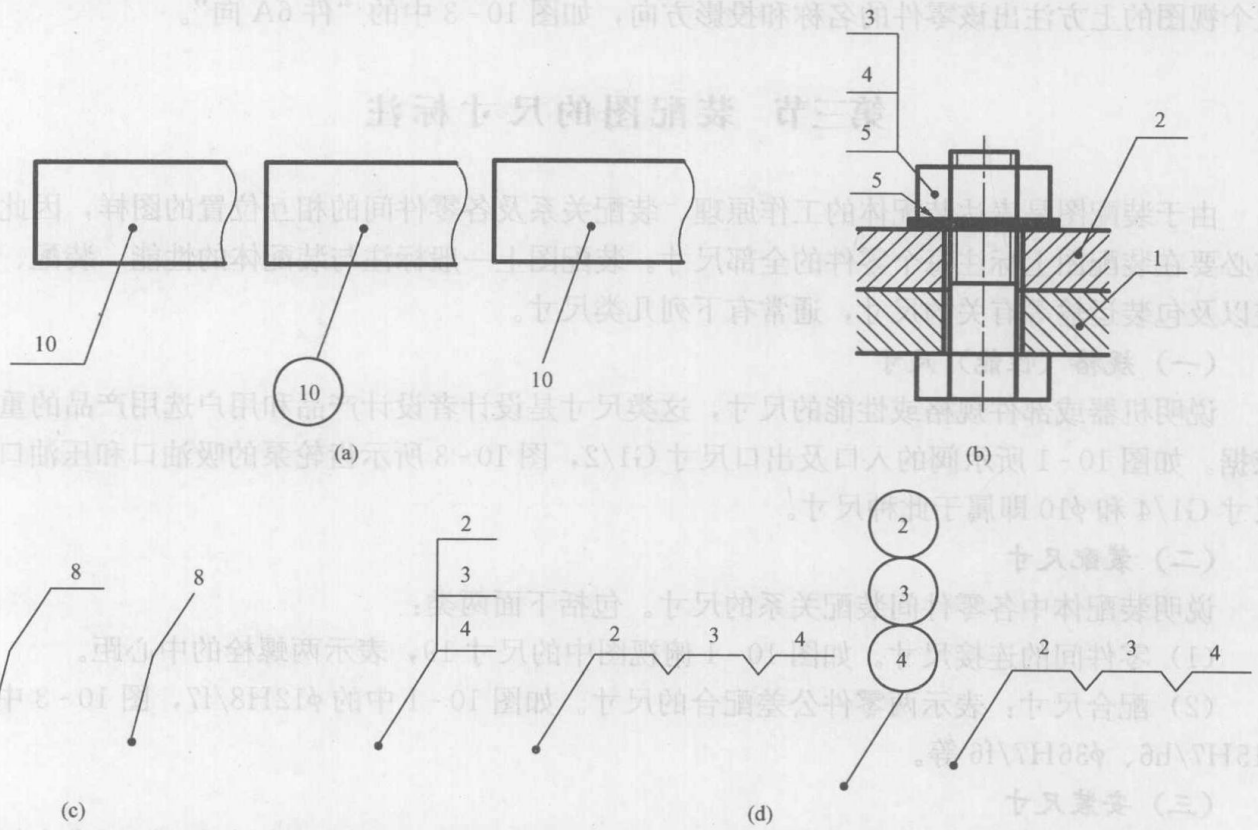


图 10-6　零件编号的形式

(4) 指引线不可相交，且不应与剖面线平行；必要时指引线可画成折线，但只能转折一次，如图 10-6 (c) 所示。

(5) 一组紧固件（如螺栓、螺母、垫圈）以及装配关系清楚的零件组，可以采用公共指引线，如图 10-6 (d) 所示。

(6) 零、部件序号应沿水平方向或垂直方向按顺时针（或逆时针）方向顺次排列整齐，并使间隔均匀。

二、标题栏和明细栏

在第一章已经讲过，标题栏的格式由国标《技术制图标题栏》(GB 10609.1—2008) 统一规定。明细栏是全部零件（或部、组件）的详细目录，国标《技术制图明细栏》(GB 10609.2—2008) 规定了技术图样中明细栏的基本要求、内容与格式。国标规定，装配图中一般应有明细栏。明细栏和标题栏的配置如图 10-7 所示。

明细栏一般配置在装配图中标题栏的上方，按由下而上的顺序填写，其格数应根据需要而定。当由下而上延伸位置不够时，可紧靠在标题栏的左边自下而上延续。如图 10-3 所示。当装配图中不能在标题栏的上方配置明细栏时，可作为装配图的续页按 A4 幅面单独给出，其顺序应是由上而下延伸。如图 0-2 (b) 所示。还可连续加页，但应在明细栏的下方配置标题栏，并在标题栏中填写与装配图相一致的名称和代号。

图 10-7 装配图中的标题栏和明细栏

明细栏一般由序号、代号、名称、数量、材料、重量（单件、总计）、分区、备注等组成，也可按实际需要增加或减少。明细栏的填写如下：

(1) **序号**：填写图样中相应组成部分的编号。

(2) **代号**：填写图样中相应组成部分的图样代号或标准号（参看图 0-2）。

(3) **名称**：填写图样中相应组成部分的名称。必要时，也可写出其型式与尺寸。

(4) **数量**：填写图样中相应组成部分在装配图中所需要的数量。

(5) **材料**：填写图样中相应组成部分的材料标记。

(6) **重量**：填写图样中相应组成部分单件和总件数的重量。以千克（公斤）为计量单位时，允许不写出其计量单位。

(7) **分区**：必要时，应按照有关规定将分区代号填写在备注栏中。

(8) **备注**：填写该项的附加说明或其他有关内容。

建议在制图作业中采用如图 10-7 所示的简化的标题栏和明细栏。

第五节 机器上常见的装配结构

在设计、绘图及读图时，如果对机器上常见的装配结构有所了解，则这些工作就会做的更好更顺利。下面对常见装配结构做一些简要介绍。

一、接触面的合理结构

当两个零件接触时，在同一方向（包括轴向或径向）上应只有一组表面接触。如图10-8（a）所示，上图在左右方向上只有一对平面接触，是正确的，而下图有两对平面接触，由于在机械加工中必然存在误差且误差不可能完全相等，这两个平面同时接触是做不到的，因此是错误的。图10-8（b）所示为阶梯轴与孔的配合，上图只有一对圆柱面接触，是正确的，而下图有两对圆柱面接触，是错误的。

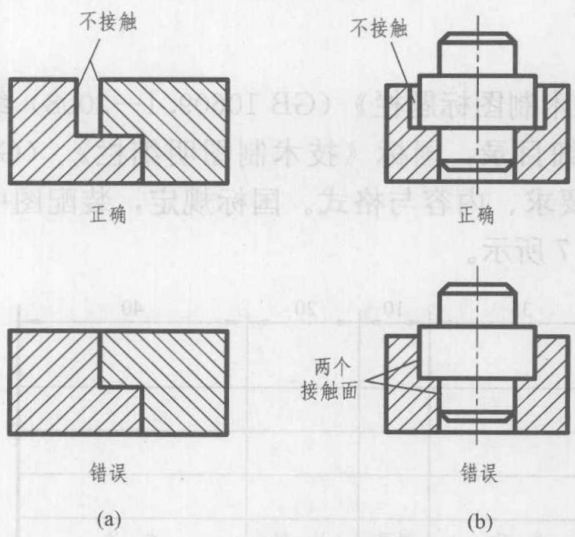


图10-8 同一方向一个接触面

二、避免两零件在转角处互相干涉

当轴和孔互相配合且轴肩与孔的端面接触时，应避免二者在转角处互相干涉，一般应在孔口制出倒角，如图10-9（a）所示，或在轴肩处制出凹槽，如图10-9（b）所示，称为清根。这样可以保证两零件装配后接触良好。图10-9（c）两零件均未做清根处理，装配后可能出现互相干涉，从而使轴肩和孔的端面接触不良。

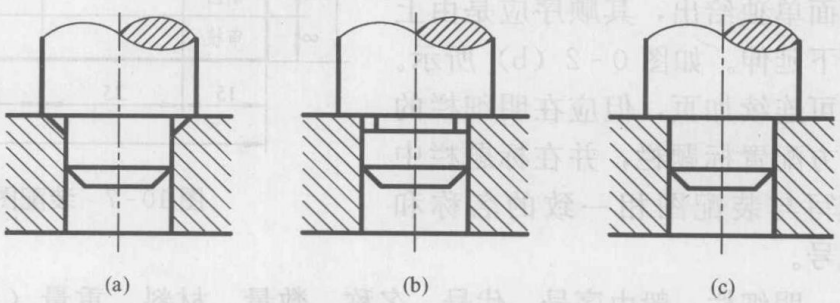


图10-9 转角处避免干涉

三、螺母的防松装置

为了预防在机器运转过程中由于震动使螺母松动，常采用一些螺母防松装置。图10-10给出了双螺母、止动垫圈和弹簧垫圈三种，还有本书未收入的其他一些防松装置，用到时可查有关资料。

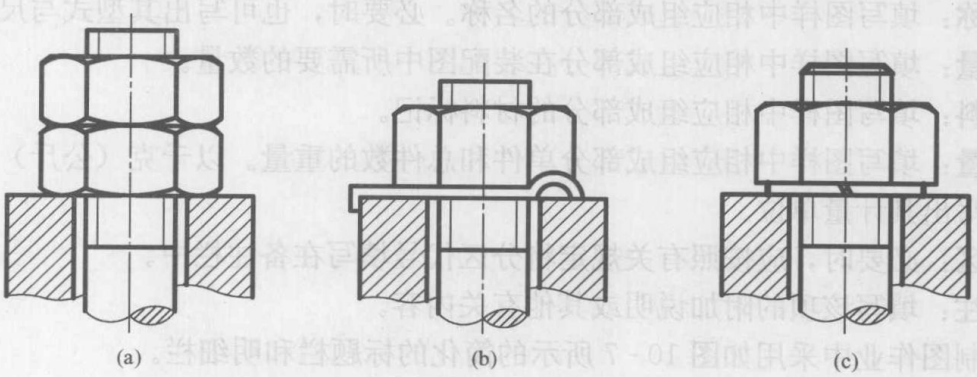


图10-10 螺母防松装置

四、便于拆、装的结构

在设计和绘制装配图时，应考虑零件拆卸和安装的方便。如图 10-11（a）所示滚动轴承和轴便于拆装，而图 10-11（b）所示则拆卸不方便。图 10-11（c）所示滚动轴承与孔便于拆卸，而图 10-11（d）所示拆卸不方便。

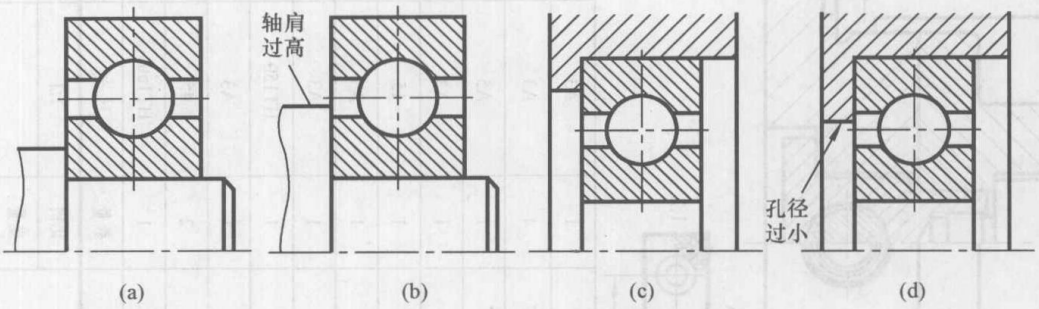


图 10-11 滚动轴承端面接触面应便于拆装

合理的装配结构还有其他情况，如密封装置（图 10-1 及图 10-3 的填料函）等，本书不一一列举。

第六节 读装配图和拆画零件图

读装配图是设计、装配、维修和技术交流中不可缺少的环节。因此应学习和掌握读装配图的一般方法。

一、读装配图的要求

（1）了解部件或机器的名称、用途、性能及工作原理。

（2）了解装配体的结构、各零件的相对位置和装配关系以及拆装的顺序和方法。

（3）分析装配体中每个零件的名称、作用、数量、材料及其结构形状。

要达到以上读图要求，除了前面所学的制图基本知识和工艺知识外，还需要有必要的专业知识。在读图时，需先仔细阅读产品说明书，有时还要查阅有关专业资料，了解装配体的工作原理及相关知识。下面以图 10-12 所示机用虎钳装配图为例说明读装配图的方法和步骤。

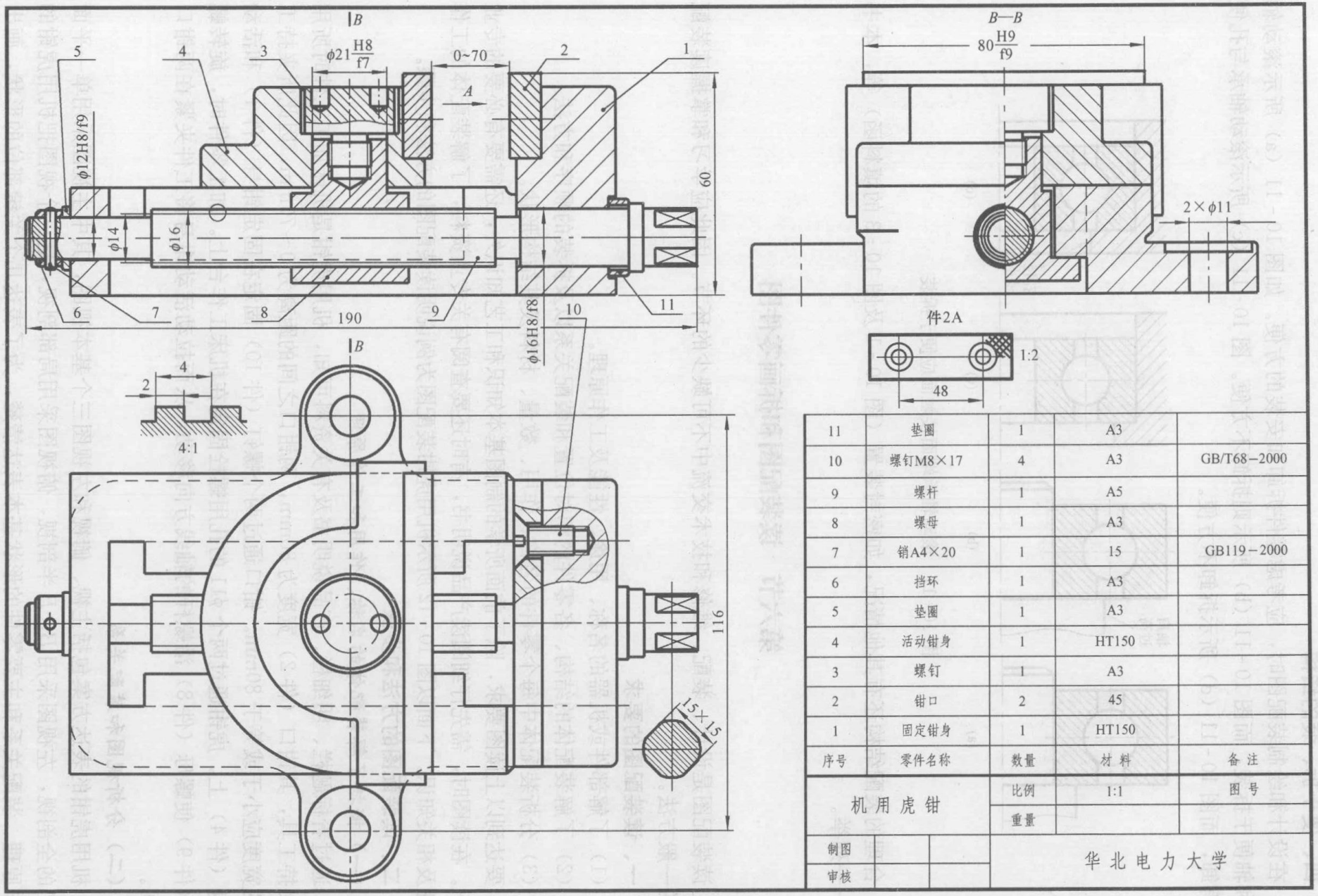
二、读装配图的方法和步骤

（一）概括了解装配体的名称、作用和工作原理

通过看标题栏、明细栏、产品说明书及有关资料可知，机用虎钳是机床加工工件时所用的夹持工具，其钳口（件 2）宽度为 80mm，两钳口之间的距离为 0～70mm，因此所夹持工件的宽度应小于或等于 80mm。钳口通过两个螺钉（件 10）固定在固定钳身（件 1）和活动钳身（件 4）上。虎钳通过两个 ϕ11 的孔用螺栓固定在机床工作台上。加工零件时，旋转螺杆（件 9）使螺母（件 8）沿螺杆的轴线方向移动，从而拉动活动钳身将工件夹紧在两钳口之间。

（二）分析视图和装配关系

机用虎钳的表达方案包括主视、俯视和左视图三个基本视图，其中主视图采用单一平面剖切的全剖视，左视图采用 B—B 半剖视，俯视图采用局部剖视，这三个视图把机用虎钳的工作原理、装配关系和主要零件的形状基本表达清楚，为了表达几个关键部位的形状，画出



序号	零件名称	数量	材料	备注
11	垫圈	1	A3	
10	螺钉M8×17	4	A3	GB/T68—2000
9	螺杆	1	A5	
8	螺母	1	A3	
7	销A4×20	1	15	GB119—2000
6	挡环	1	A3	
5	垫圈	1	A3	
4	活动钳身	1	HT150	
3	螺钉	1	A3	
2	钳口	2	45	
1	固定钳身	1	HT150	

机用虎钳	比例	1:1	图号
	重量		
制图		华北电力大学	
审核			

图 10-12　机用虎钳装配图

了螺杆右端部的 15×15 的横剖面，这是旋转螺杆装套扳手的部位；用 4∶1 的局部放大图表示螺杆上的螺纹是非标准螺纹，并标注了尺寸；用零件 2A 向局部视图表示钳口两螺钉孔的中心距以及钳口的长度和表面滚花的加工要求。

主视图表达了以螺杆轴线为主装配干线的各零件间的装配关系，螺杆的轴向定位面为右端与垫圈 11 接触的轴肩，左端用圆锥销（件 7）定位，螺杆与固定钳身的孔为配合关系，右端是基孔制间隙配合（ϕ16H8/f8），左端也是基孔制间隙配合（ϕ12H8/f9）。螺母（件 8）与活动钳口为 ϕ21H8/f7 的基孔制间隙配合，它通过螺钉（件 3）固定在活动钳身上。另外活动钳身与钳口的前后两侧面为 80H9/f9 的基孔制间隙配合，这是非圆柱面的孔轴配合。

（三）分析非标准件的形状和结构

机用虎钳上除了螺钉（件 10）和销（件 7）为标准件外，其余零件均为非标准件。分析这些零件的形状结构时，一般先从主要零件开始，此部件的主要零件有固定钳身、活动钳身和螺杆。下面以固定钳身为例说明分析过程和方法。一般先把零件从装配体中分离出来，然后从编号的视图开始，用对线条、找投影或根据剖面线的方向、间隔找到该零件的其他视图，进而利用形体分析法想象出零件的形状和结构。固定钳身的编号在主视图上，因此从主视图开始分析。主视图为剖视图，很容易找到它的相应投影。然后根据主视图与左视图高平齐的投影关系以及剖面线的方向和间隔很容易找到固定钳身的左视图。由于俯视图基本为外形图，因此找该零件俯视图的方法只能是利用长对正找投影，要注意图中虚线的意义。由图可知，固定钳身的主体为一个长方体，中间制出一个“工”字形的槽，右边装钳口的部位较高。“工”字形槽的中间凸出的方块的上底面与整个钳身平齐，而该方块的下底面未与整个钳身下面平齐。钳身下部的侧面为未加工表面，有铸造圆角，而上部的前后两侧为加工面，没有铸造圆角。钳身的前后各有一个带台阶孔的凸耳，在安装时使用。钳身上孔的情况请读者自己分析。图 10-13 为固定钳身的立体图。

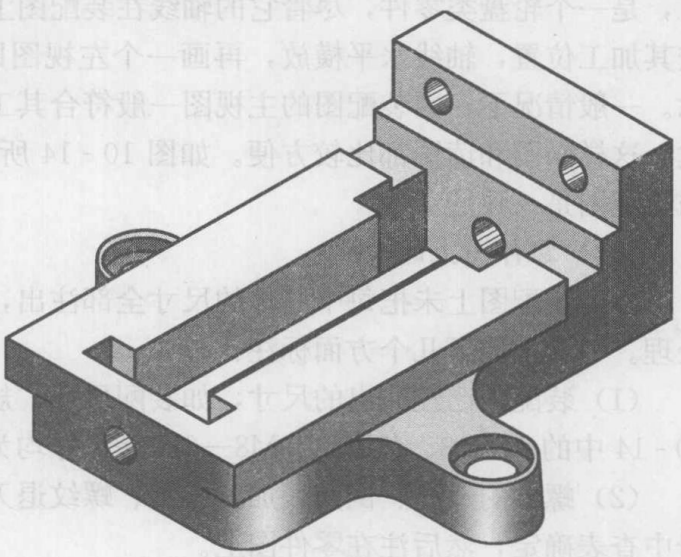


图 10-13 固定钳身立体图

其他零件的分析方法与此类同。

（四）分析尺寸

通过分析尺寸，可以进一步了解机器或部件的规格、大小、零件之间的装配关系及拆装的方法。如图中的 0～70 是机用虎钳的规格尺寸。ϕ12H8/f9、ϕ16H8/f8、ϕ21H8/f7、80H9/f9 等尺寸是配合尺寸，它们表示出两零件之间为基孔制间隙配合，即相对运动关系。零件 2A 向中的 48 是装配尺寸，2×ϕ11、116 是安装尺寸。ϕ16、15×15、非标准螺纹的尺寸等是重要尺寸，这些尺寸对部件的装配、拆图和使用是很重要的，加工时必须满足。190、60 是总体尺寸。

（五）归纳总结

将上面分析的性能、规格、工作原理、装配关系、结构特点、定位调整、安装方法、使用方法、视图表达及尺寸标注等方面进行归纳总结，从而加深对部件的理解，搞清每一个细节。例如钳口（件2）是用两个螺钉固定在钳身上的，钳口的表面制出滚花，其作用是加大摩擦力，另外钳口直接与工件接触，因此需要一定硬度，在其零件图上应注出热处理的方法和硬度要求；又如螺钉（件3）的作用是将螺母（件8）固定在活动钳口上，而在螺钉上底面制出两个小孔，它们的用途是在拆装时旋转螺钉。

三、根据装配图拆画零件图

设计的过程是先画出装配图，审查无误后根据装配图拆画出非标准零件的零件图，简称拆图。所拆画零件图的内容、视图选择、尺寸标注等均按第九章处理。下面介绍拆图中应注意的问题。

（一）零件的结构形状和视图表达方案

装配图只把零件的主要形状结构表达清楚，一些次要结构如倒角、加工圆角等工艺结构在装配图中往往被省略，但在拆图时必须将它们表达清楚，具体用什么样的结构，由拆图人自己设计确定。倒角、加工圆角一般要查手册确定。

视图表达方案仍根据零件图的视图选择原则考虑确定，不能从装配图上照搬。如轴类和轮盘类零件的主视图应使它们的轴线水平横放，如图10-12中的件3，这是一个非标准件螺钉，是一个轮盘类零件，尽管它的轴线在装配图上的位置是铅垂线，但在拆图时其主视图应按其加工位置，轴线水平横放，再画一个左视图即可把零件形状表达清楚，如图10-15所示。一般情况下，因装配图的主视图一般符合其工作位置，所拆零件的视图尽量与装配图一致，这样画图和读图都比较方便。如图10-14所示为固定钳身的零件图，其视图选择方案与装配图是一致的。

（二）零件图上的尺寸

由于装配图上未把每个零件的尺寸全部注出，因此需要根据不同情况对尺寸进行不同的处理。一般按如下几个方面标注：

（1）装配图已经注出的尺寸，如装配尺寸、规格尺寸等，应直接拆注在零件图上，如图10-14中的ϕ12H8、ϕ16H8、M8—6H等尺寸均为直接从装配图中拆注的。

（2）螺纹的通孔、倒角、加工圆角、螺纹退刀槽、砂轮越程槽等结构均应从机械设计手册中查表确定，然后注在零件图上。

（3）两个零件上互相关联的尺寸必须对应，如互相旋合的内外螺纹（图10-14中安装钳口的螺纹孔为M8—6H，应与装配图中的螺钉件10的螺纹）对应，又如件3中的螺纹M12—6h（见图10-15）与件8中的螺纹孔M12—6H（见图10-16）互相关联，都是粗牙普通螺纹，再如互相配合的孔和轴的直径及公差应互相对应，等等。

（4）齿轮的分度圆、齿顶圆的直径等需要计算得到。

（5）装配图上未注的非配合尺寸和不重要的尺寸一般用量具从装配图中直接量取，取整后注在零件图上。如图10-16中的尺寸33、26、42、40等。

（三）表面粗糙度和其他技术要求的标注

表面粗糙度一般根据零件的功能和加工方法参照表9-1确定Ra的值，也可以用类比法确定，即参照已有的同类零件图确定。

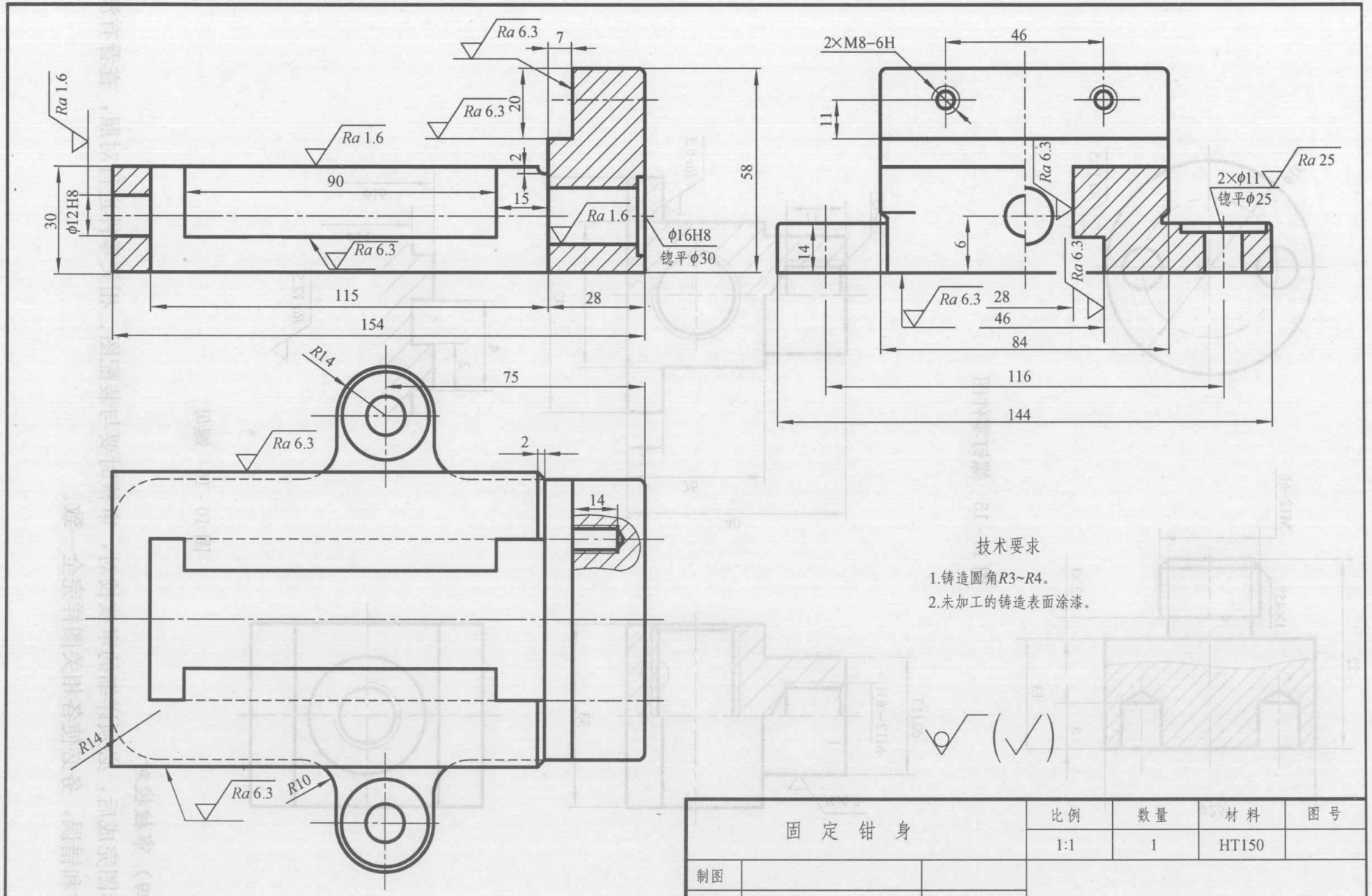


图 10-14　固定钳身零件图

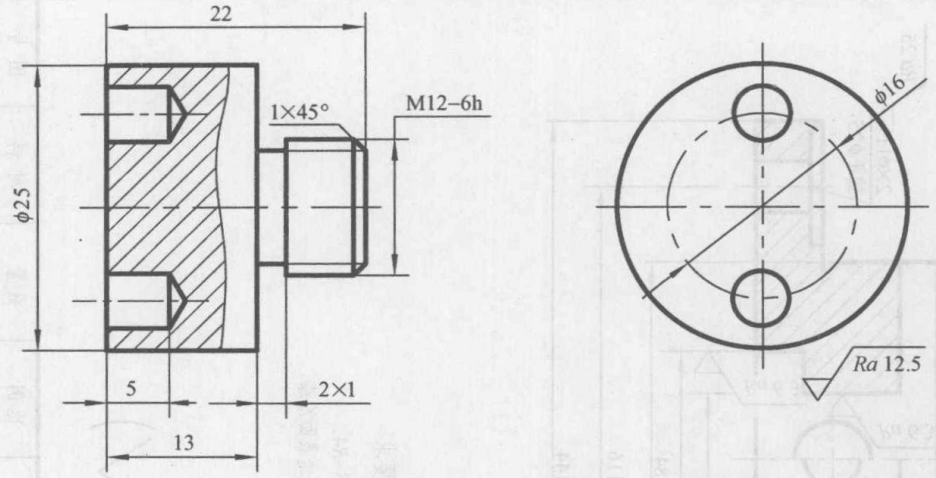


图 10-15 螺钉零件图

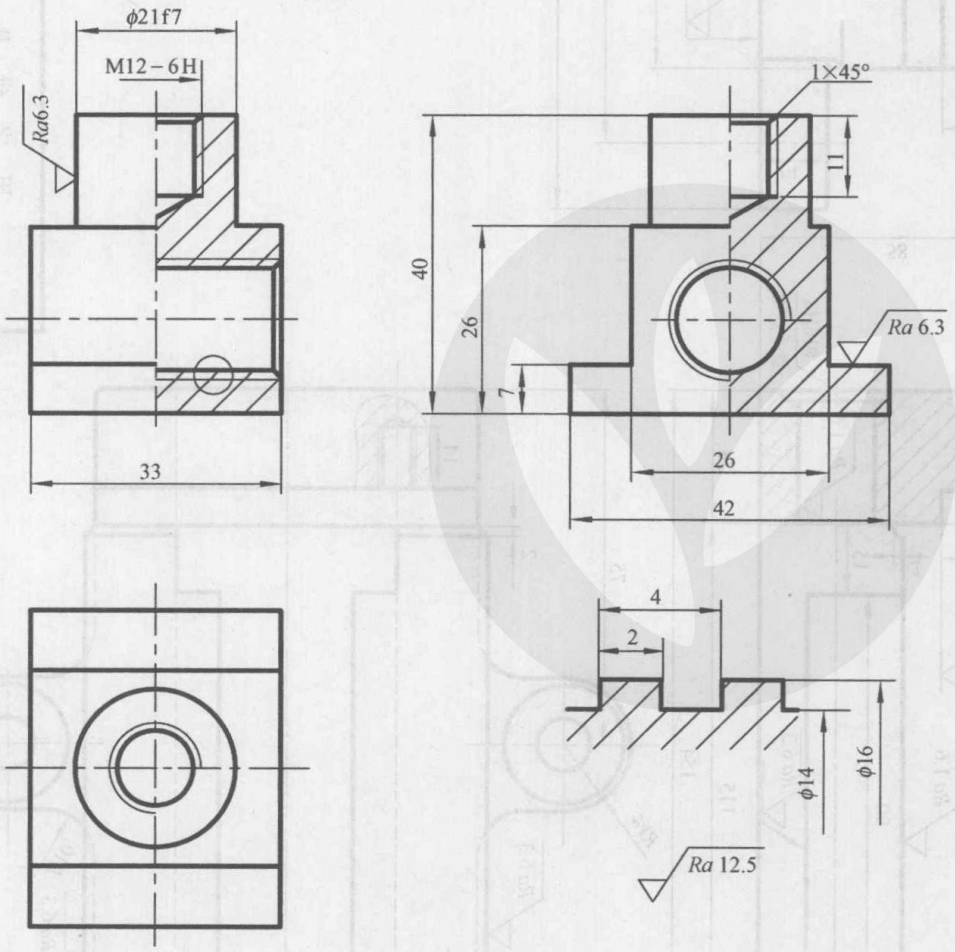


图 10-16 螺母

（四）审核校对

拆图完成后，必须详细的审核校对，审核时要与装配图、相关零件进行对照，查看有没有矛盾和错误，务必使各相关图样完全一致。

思 考 题

1. 装配图应包括哪些内容？
2. 装配图和零件图在作用上有何不同？
3. 装配图中的三种规定画法各是什么？四种特殊画法各是什么？
4. 在装配图中要标注哪些尺寸？各类尺寸含义是什么？
5. 装配图视图选择的原则和步骤是什么？
6. 试述绘制装配图的方法和步骤。
7. 试述读装配图的方法和步骤。
8. 装配图中如何进行零件编号和填写明细栏？
9. 拆画零件图时，如何确定零件各部分的尺寸，表面结构代号和公差？
10. 拆画零件图时，零件的视图表达方案为什么有时与该零件在装配图中的视图表达方案不同？

第十一章 建筑图的识读

建筑图又称建筑施工图，是建造建筑物时使用的图纸。它表达建筑物的外形轮廓、尺寸大小、结构类型、装修做法，是表达工程设计思想和指导施工的必不可少的技术文件。读懂建筑图是每个工程技术人员的一项基本功，也是按图施工的先决条件。

第一节 建筑图的分类及组成

一、建筑物的分类

建筑物一般有下列分类方法。

(1) 按建筑物的用途分

1) 民用建筑。它包括居住建筑和公共建筑两大部分。居住建筑是供人们生活起居使用的建筑，包括住宅、公寓、宿舍、旅馆、招待所等。公共建筑是供人们进行文化活动、行政办公及商业、生活服务设施的建筑，包括生活服务、文教卫生、托幼、科研、医疗、商业、行政办公、交通运输、广播电视、文艺、体育、信息通信、书报出版等多种类型。

2) 工业建筑。包括生产用房、辅助生产用房和仓库。

3) 农业建筑。包括各类农业用房、农机站、仓库等。

(2) 按结构类型分

1) 砖混结构。这种结构的竖向承重构件为砖墙，水平承重构件为钢筋混凝土楼板和屋顶板。

2) 钢筋混凝土板墙结构。这种结构的竖向承重构件为现浇筑和预制的钢筋混凝土板墙，水平的承重构件为钢筋混凝土楼板和屋顶板。

3) 钢筋混凝土框架结构。这种结构的承重构件为钢筋混凝土梁、板、柱组成的骨架。围护结构为非承重构件，它们可以采用砖墙、加气混凝土块及预制板材等。

4) 其他结构。除上述结构类型外，还经常采用砖木结构、钢结构、空间结构（网架、壳体）等。

(3) 按施工方法分

1) 全现浇式。竖直承重构件和水平承重构件均采用现场浇筑的制作方式。

2) 全装配式。竖直和水平两个方向的承重构件均采用预制构件、现场浇筑节点的制作方法。

3) 部分现浇、部分装配式。一般竖向承重构件采用现浇墙体或柱子，水平承重构件大多采用预制装配式的楼板、楼梯。

(4) 按建筑层数分

1) 非高层建筑。1～3层属于低层建筑，4～6层属于多层建筑，7～9层属于中高层建筑。总高度在24m以下。

2) 高层民用建筑，即十层和十层以上的住宅建筑以及建筑高度超过24m的其他民用

建筑。

二、建筑图的组成

一套完整的建筑图除了要有图纸目录和设计说明书外，还应包括下列五类图纸。

(1) 建筑总平面图。它是说明建筑物所在地理位置和周围环境的俯视图（在建筑图中称为平面图）。一般在图中标出新建筑物的外形，建筑物周围的地貌或旧建筑，建成后的道路、水源、电源、下水道干线的位置，如在山区还应标有等高线和坐标网。在总平面图上应标出指北针或风向频率玫瑰图（简称风玫瑰），以标示建筑物的朝向和方位。

(2) 建筑施工图（简称建施）。它是标明建筑物建造的规模、尺寸、细部构造的施工图纸。建筑施工图包括平面图、立面图、剖面图、节点详图以及材料做法表、门窗表等。

(3) 结构施工图（简称结施）。它是标明建筑物承重结构的类型、尺寸、材料和详细构造的施工图纸。它包括基础、楼层、屋盖、楼梯，以及抗震构造措施等项内容。

(4) 水暖设备施工图（简称设施）。它是标明上下水设备、暖气设备、通风设备、空调设备、煤气或天然气设备的施工图纸。它包括平面图、系统图和详图等。

(5) 电气施工图（简称电施）。它是指照明、动力、电话、广播、避雷等电气设备的线路走向及构造的施工图。它包括平面图、系统图和详图等。

在上述各图中一般采用图例符号表达建筑物的结构形状。

第二节　建筑制图的国家标准及规定画法

建筑图与机械图在画法、要求和标准等方面有很多相同之处，如它们都是用正投影的方法绘制的多面视图。对于图样的内容、格式、画法、尺寸标注、技术要求、图例符号等国家有统一的规定，这就是《房屋建筑制图统一标准》（GB/T 50001—2010）。下面分别介绍部分国家建筑制图标准。

一、图纸幅面、图标及会签栏

图纸幅面的分类及其尺寸与机械制图的规定完全相同，有 A0、A1、A2、A3、A4 五种，在绘图时需要画出边框、图标（即机械图中的标题栏）和会签栏，如图 11-1 所示。其中边框、图标与机械图的规定相同，会签栏是建筑图特有的，用于各工种负责人签字，会签栏画在图纸的左上角，其格式如图 11-2 所示。

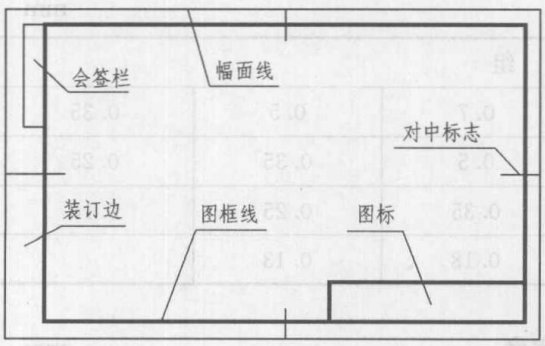


图 11-1　图纸幅面格式

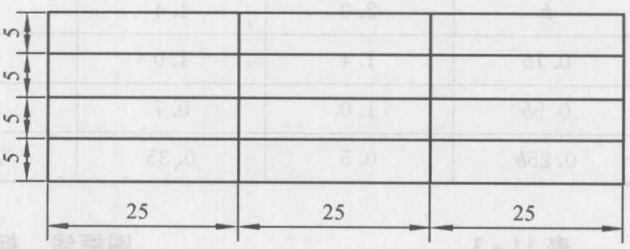


图 11-2　会签栏

二、图线

在《国标》中对各种图线的名称、线型、线宽和用途做了明确的规定，见表 11-1。

每个图样应根据复杂程度与比例选用表11-2中适当的线宽组。边框线和图标线，可采用表11-3中的线宽。

表11-1　　建筑图线型表

名称		线型	线宽	一般用途
实线	粗		b	平、剖面图中被剖切的主要建筑构件（包括构配件）的轮廓线； 建筑立面图或室内立面图的外轮廓线； 建筑构造详图中被剖切的主要部分的轮廓线； 建筑构配件详图中的外轮廓线； 平、立、剖面的剖切符号
	中粗		$0.7b$	平、剖面图中被剖切的次要建筑构造（包括构配件）的轮廓线； 建筑平、立、剖面图中建筑构配件的轮廓线； 建筑构造详图及建筑构配件详图中的一般轮廓线
	中		$0.5b$	尺寸线、尺寸界限、索引符号、标高符号、详图材料做法引出线、粉刷线等
	细		$0.25b$	图例填充线、家具线
虚线	中粗		$0.7b$	建筑构造详图及建筑构配件不可见的轮廓线； 平面图中的起重机（吊车）轮廓线； 拟建、扩建建筑物轮廓线
	中		$0.5b$	投影线、小于$0.5b$的不可见轮廓线
	细		$0.25b$	图例填充线、家具线
单点长画线	粗		b	起重机（吊车）轨道线
	细线		$0.25b$	中心线、对称线、地位轴线
折断线	细		$0.25b$	部分省略表示时的断开界线
波浪线	细		$0.25b$	断开界线、构造层次的断开界线

表11-2　　线宽表　　mm

线宽比	线宽组					
b	2.0	1.4	1.0	0.7	0.5	0.35
$0.7b$	1.4	1.0	0.7	0.5	0.35	0.25
$0.5b$	1.0	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18
$0.25b$	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	

表11-3　　图框线、标题栏线的宽度　　mm

幅面代号	图框线	标题栏外框线	标题栏分格线
A0、A1	1.4	0.7	0.35
A2、A3、A4	1.0	0.7	0.35

三、工程字体

工程字体的规定与机械制图完全相同，相关内容见第一章。

四、比例

与机械制图相同，比例是图形与实物对应长度的线性之比，包括原值比例、放大的比例和缩小的比例三种情况。比例宜标注在图名的右侧，其字号应比图名的字号小一号或二号，如图 11-3 所示。绘图所用比例，应根据图样的用途和被画物体的复杂程度从表 11-4 中选用。

平面图1:200　　5　1:20

图 11-3　比例的标注

表 11-4　　比　　例

图　　名	比　　例
建筑物或构造物的平面图、立面图、剖面图	1∶50　1∶100　1∶150　1∶200　1∶300
建筑物或构造物的局部放大图	1∶10　1∶20　1∶25　1∶30　1∶50
配件及构造详图	1∶1　1∶2　1∶5　1∶10　1∶15　1∶20　1∶25　1∶30　1∶50

注　一般情况下，一个图样应选用一种比例。若专业制图需要，同一图样可选用两种比例。

五、尺寸标注

图形只能表示物体的形状，各部分的大小和相互位置需要用尺寸表示。尺寸是图样重要的组成部分，必须按规定标注清楚，并应力求完整、清晰、合理，否则会直接影响施工，给生产造成损失。图样上所注的尺寸，表示物体的真实大小，与图形的比例以及绘图误差无关。

尺寸由尺寸界线、尺寸线、起止符号和尺寸数字四部分构成，如图 11-4 所示。

尺寸界线用细实线，一般应与被标注的长度垂直。其一端应离开图样轮廓线不小于2mm，另一端应超出尺寸线 2～3mm。必要时图样轮廓线可用做尺寸界线，如图 11-5 所示。

图 11-4　尺寸的组成

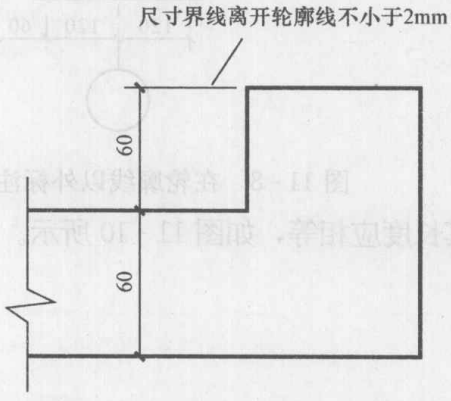


图 11-5　轮廓线做尺寸界线

尺寸线用细实线，应与被标注的长度方向平行，且不超出尺寸界线。图形上的轮廓线不得用做尺寸线。

尺寸起止符号一般应用中粗斜短线绘制，其倾斜方向应与尺寸界线成顺时针 45°角，长度为 2～3mm。半径、直径、角度与弧长的尺寸起止符号，宜用箭头表示。

尺寸数字应按设计规定书写，图样上的尺寸，应以尺寸数字为准，不得从图上直接量

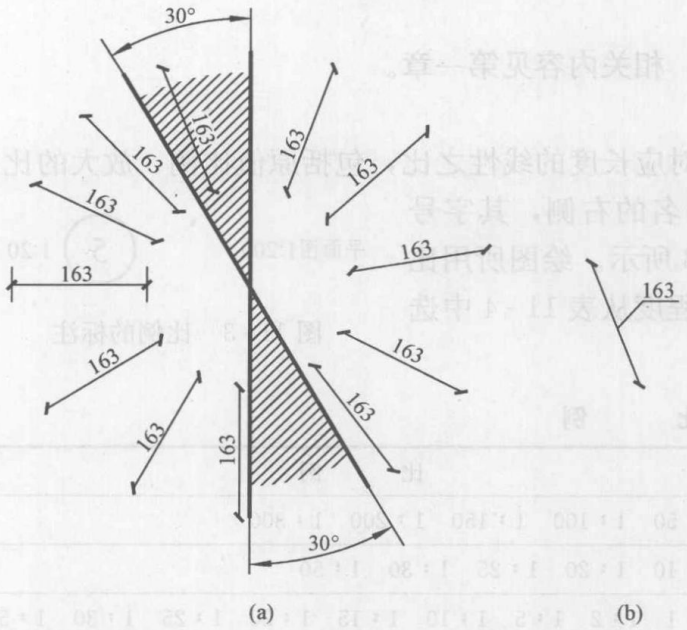


图 11-6 尺寸数字的读数方向

(a) 规定注写方向；(b) 引出注写

取。图样上的尺寸单位，除标高及总平面图以米（m）为单位外，均必须以毫米（mm）为单位。尺寸数字的读数方向，应按图 11-6（a）的规定注写。若尺寸数字在30°阴影范围内，宜按图 11-6（b）引出注写。

尺寸数字应依据其读数方向注写在靠近尺寸线上方中部，如没有足够的注写位置，最外边的尺寸数字可注写在尺寸界线的外侧，中间相邻的尺寸数字可错开注写，也可引出注写，如图 11-7 所示。

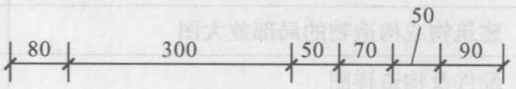


图 11-7 尺寸数字注写位置

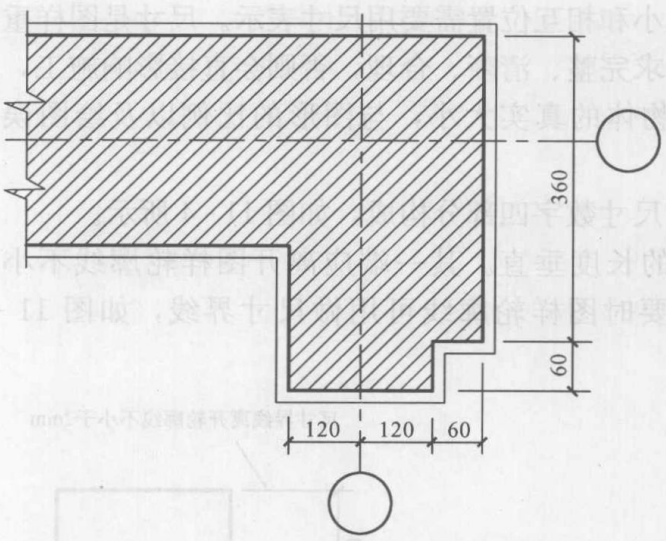


图 11-8 在轮廓线以外标注尺寸

尺寸宜标注在图样轮廓线以外，不宜与图线、文字及符号相交，如图 11-8 所示。

图线不得穿过尺寸数字，不可避免时，应将尺寸数字处的图线断开，如图 11-9 所示。

互相平行的尺寸线，应从被注的图样轮廓线由近向远整齐排列，小尺寸线应离轮廓线较近，大尺寸线应离轮廓线较远。图样最外轮廓线距最近尺寸线的距离不宜小于10mm。平行排列尺寸线的间距，宜 7～10mm，并应保持一致。最外边的尺寸界线，应靠近所指部位，中间的尺寸界线可稍短，但其长度应相等，如图 11-10 所示。

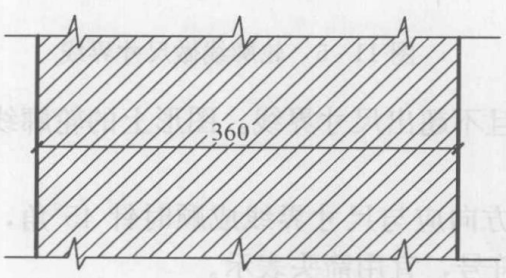


图 11-9 应将尺寸数字处的图线断开

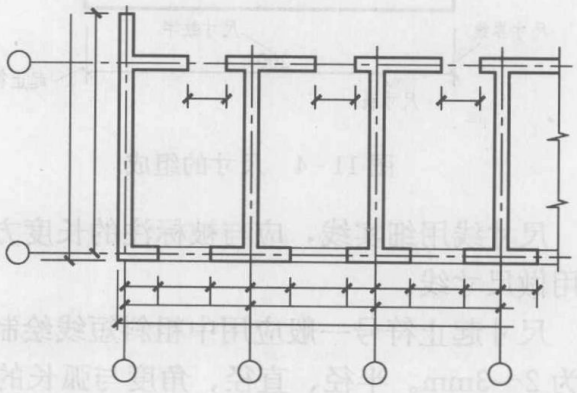


图 11-10 平行排列的尺寸注法

半径、直径、角度的注法。小于或等于半圆的按圆弧标注半径，大于半圆的注直径。半径的尺寸线一端从圆心开始，另一端画箭头指至圆弧（箭头画法见图 11 - 11）。半径数字之前加注半径符号“*R*”，如图 11 - 11 所示。较小圆弧的半径，可按图 11 - 12 的形式标注。较大圆弧的半径按图 11 - 13 的形式标注。

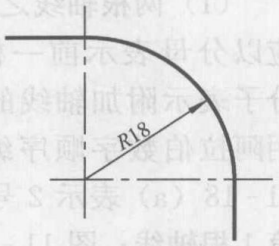


图 11 - 11 半径的注法

图 11 - 12 小圆弧的半径注法

标注圆的直径尺寸时，直径数字前应加直径符号“ϕ”，在圆内标注的直径尺寸线应通过圆心，两端画箭头指至圆的轮廓，如图 11 - 14 所示。

图 11 - 13 大圆弧半径的注法

图 11 - 14 圆的直径注法

较小圆的直径尺寸可注写在圆的外边，如图 11 - 15 所示。

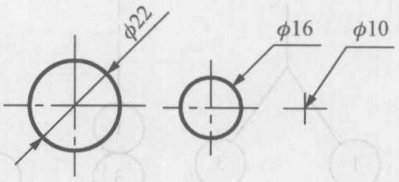


图 11 - 15 小圆直径的注法

角度尺寸的注法同机械制图的标准，请参看第一章。

六、定位轴线

定位轴线是用来确定房屋主要结构或构件的位置及其尺寸的。因此，在施工图中凡承重墙、柱、梁、屋架等主要承重构件的位置处均应画上定位轴线，并进行编号，作为设计与施工放线的依据。定位轴线应用细点画线绘制。编号应注写在轴线端部的圆内，圆用细实线绘制，直径为 8mm，详图上可增为 10mm。定位轴线圆的圆心，应在定位轴线的延长线上或延长线的折线上。平面图上定位轴线的编号，标注在图样的下方与左侧圆内（如标注有困难也可以标注在上方和右侧）。横向编号应用阿拉伯数字，从左向右顺序编写，竖向编号应用大写汉语拼音字母，从下至上顺序编写。如图 11 - 16 所示。

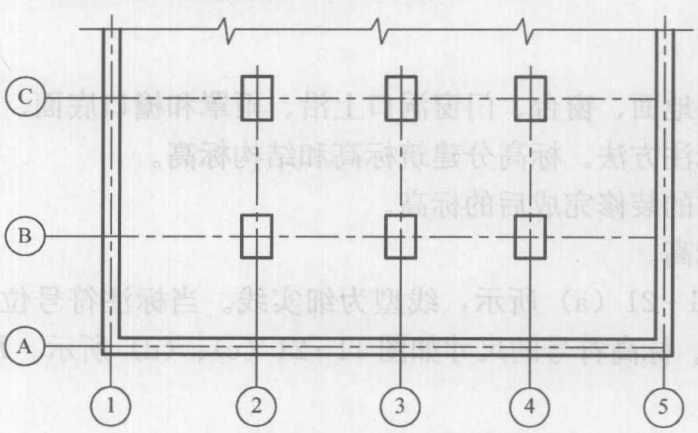


图 11 - 16 定位轴线的编号

汉语拼音字母的I、O、Z不得用做轴线编号。如果字母数量不够使用，可增用双字母或单字母加数字注脚，如AA、BB、…、YY或A_1、B_1、…、Y_1。定位轴线也可采用分区编号，编号的注写形式应为：**分区号—该轴线号**，如图11-17所示。

附加轴线的编号，应以分数表示，并按下列规定编写。

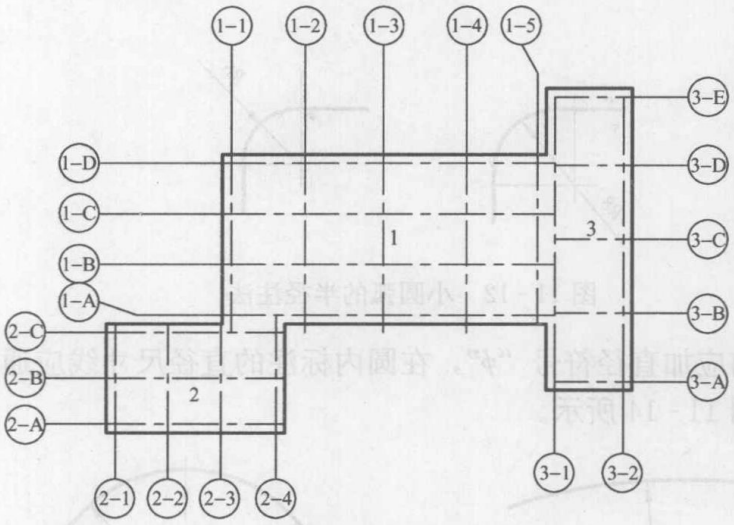


图11-17 轴线的分区编号

(1) 两根轴线之间的附加轴线，应以分母表示前一根轴线的标号，分子表示附加轴线的编号，编号宜用阿拉伯数字顺序编写。例如：图11-18（a）表示2号轴线后附加的第1根轴线；图11-18（b）表示C号轴线后附加的第3根轴线。

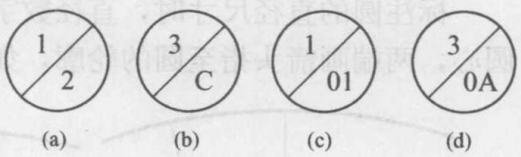


图11-18 附加轴线编号

(2) 1号轴线或A号轴线之前的附加轴线应以字母01、0A表示。如：图11-18（c）表示1号轴线前附加的第1根轴线；（d）表示A号轴线前附加的第3根轴线。

一个详图适用于几根定位轴线时，应同时注明各有关轴线的编号，如图11-19所示。

通用轴线的定位轴线，应只画圆，不注写轴线编号，如图11-20所示。

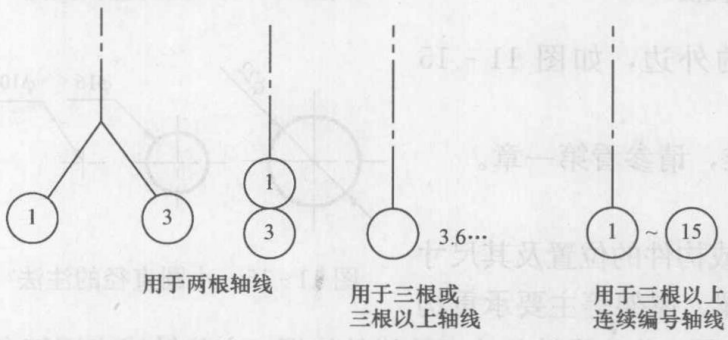


图11-19 详图的轴线编号

图11-20 通用轴线不注写编号

七、标高

标高是用以标明房屋各部分如室内外地面、窗台、门窗洞口上沿、雨罩和檐口底面、各层楼板上皮以及女儿墙顶面等处高度的标注方法。标高分建筑标高和结构标高。

建筑标高：包括粉刷层、装饰层在内的装修完成后的标高。

结构标高：不包括刷层、装饰层的标高。

建筑物图样上标高符号的画法如图11-21（a）所示，线型为细实线。当标注符号位置不够时，可按图11-21（b）的形式标注。标高符号的尺寸如图11-21（c）、（d）所示。H、L应根据需要而定。

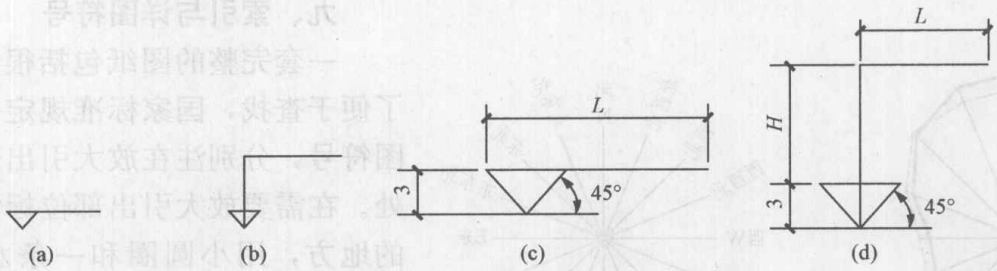


图 11-21 建筑标高符号及画法

总平面图上室外标高符号应用涂黑的三角形表示，如图 11-22（a）所示，其画法如图 11-22（b）。

标高符号的尖端应指向被标注的高度。尖端可向下如图 11-21（a）所示，也可向上如图 11-23 所示。

标高数字的单位为 m，注写到小数点后面第三位。在总平面图中，可注写到小数点后面第二位。

标高分**绝对标高**和**相对标高**两种，我国规定将青岛黄海平均海平面定为绝对标高的零点，其他各地都以此为基准。一般建筑施工图都使用相对标高，即以首层室内地面高度作为相对标高的零点。零点标高应注写成±0.000，高于它的为正，正数标高不注“+”号,；低于它的为负，负数标高应注“−”号。例如 10.000、−1.200。在图样的同一位置表示几个不同标高时，可注写成图 11-24 的形式。

在总平面图上常用±0.000＝49.000 的等式形式表示相对标高与绝对标高的关系，即室内首层地面零点的绝对标高为 49.000m。

八、指北针和风玫瑰

在总平面图和首层平面图上，一般都画出指北针或风向频率玫瑰图（简称风玫瑰）。指北针表示建筑物的朝向。国家标准规定指北针的形式如图 11-25 所示。尖端部位注明“北”或“N”（英文 North 的第一个字母的大写）。

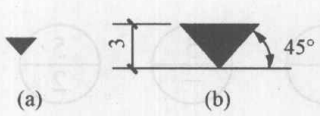


图 11-22 总平面图上的室外标高符号

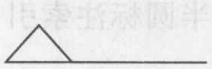


图 11-23 尖端向上的标高符号

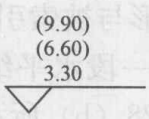


图 11-24 同一位置注写几个不同标高

图 11-25 指北针的表示方法

风玫瑰是总平面图上用来表示该地区每年风向频率的标志。风向频率玫瑰图是根据某一地区多年平均统计的多个方向风吹次数的百分数值，按一定比例绘制而成。一般多用八个或十六个罗盘方位表示，图 11-26 所示为十六个罗盘方位。玫瑰图上所表示的**风向是指从外面吹向地区的中心**。玫瑰图由两个封闭的折线组成。虚线折线表示夏季风向频率（夏季风指 6、7、8 三个月），实线折线表示全年的风向频率（多年风吹频率的平均值）。离中心坐标最远点即为该地区的主导风向。图 11-27 表示我国部分城市的风玫瑰图。

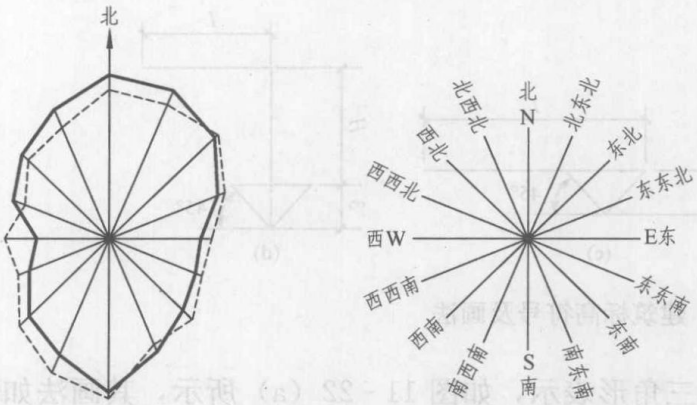


图 11-26 风玫瑰及其罗盘方位

九、索引与详图符号

一套完整的图纸包括很多图样，为了便于查找，国家标准规定了索引与详图符号，分别注在放大引出部位和详图处。在需要放大引出部位标注索引符号的地方，用小圆圈和一条水平直径表示，该圆圈和水平直径线均应以细实线绘制，圆的直径应为 10 mm，如图 11-28（a）所示。索引符号应按下列规定编写。

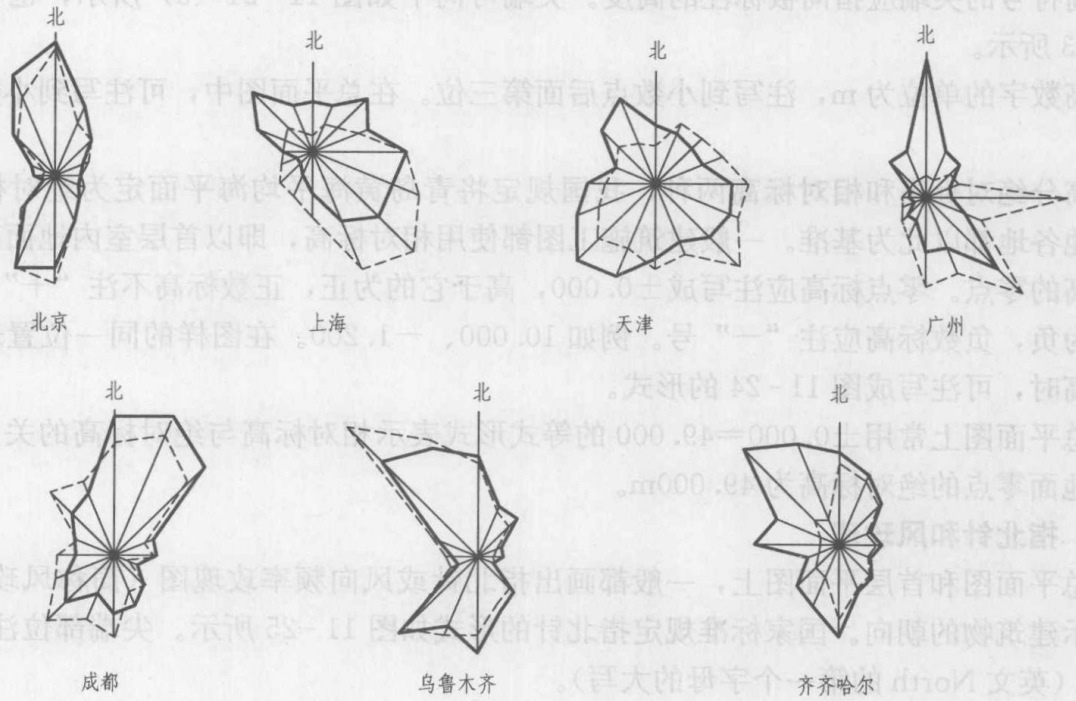


图 11-27 部分城市风玫瑰图

（1）如果索引出的图形与被索引的图形在同一张图纸内，应在索引符号下半圆中画一段水平细实线，上半圆标注索引出的图形编号，如图 11-28（b）所示。

（2）如果索引出的详图与被索引的图形不在同一张图纸内，应在索引符号下半圆中用阿拉伯数字注出详图所在图纸的编号，如图 11-28（c）所示。

（3）如果索引出的详图采用标准图，应在索引符号水平直径的延长线上加注图册的编号，如图 11-28（d）所示。

（4）如果索引出的图形在整张图纸上，应在索引符号上半圆中画一段水平细实线，如图 11-28（e）所示。

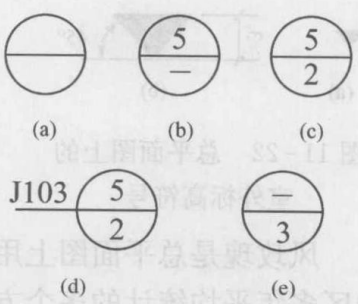


图 11-28 索引符号

（5）索引符号如用于索引剖面详图，应在被剖切的部位绘制剖切位置线，并应以引出线引出索引符号，引出线所在的一侧应为剖视方向，用短粗线表示。索引符号的编写同前面的

规定。如图 11-29 所示。

(6) 零件、钢筋、杆件、设备等的编号，应以直径 6mm 的细实线圆表示，其编号应用阿拉伯数字按顺序编写，如图 11-30 所示。

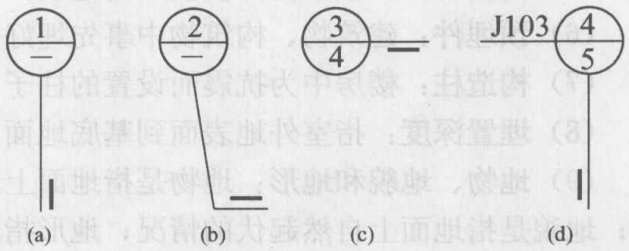


图 11-29 用于索引剖面的索引符号

详图的位置和编号应以详图符号表示，详图符号应以粗实线绘制，直径应为 14mm。详图编号规定如下：

(1) 详图与被索引的图样在同一张图纸内时，应在详图符号内用阿拉伯数字注明详图的编号，如图 11-31 (a) 所示。

(2) 详图与被索引的图样如不在同一张图纸内时，可用细实线在详图符号内画一水平直线，在上半圆中注明详图编号，在下半圆中注明被索引图纸的编号，如图 11-31 (b) 所示。有时也可用 (1) 的方法，不注被索引图纸的编号。

图 11-30 零件、钢筋等的编号

图 11-31 详图符号
(a) 与被索引图样在同一张图纸内；
(b) 与被索引图样不在同一张图纸内

十、对称符号及连接符号

对称符号按图 11-32 绘制，两段平行线用细实线绘制，长度为 6～10mm，其间距约为 2～3mm，平行线在对称线的两侧应相等。

连接符号应以折断线表示，连接的部位应以折断线两端靠图样一侧的汉语拼音字母表示连接编号。两个被连接的图样，必须用相同的字母编号，如图 2-33 所示。

图 11-32 对称符号

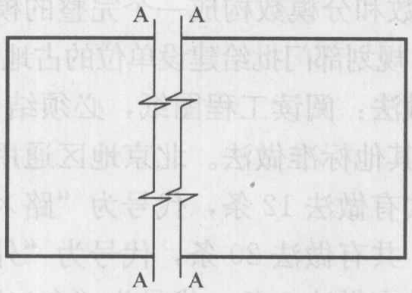


图 11-33 连接符号

十一、常用的建筑名词与术语

(1) **开间**：一间房屋的面宽，即两条相邻横向轴线间的距离。

(2) **进深**：一间房屋的深度，即两条相邻纵向轴线间的距离。

(3) **层高**：楼房本层地面到上一层地面的竖向尺寸。

(4) **建筑物**：所指范围广泛，一般多指房屋。

(5) **构筑物**：多指水池等供使用的建筑。

(6) **预埋件**：建筑物、构筑物中事先埋好做某种特殊用途的小的构件。

(7) **构造柱**：楼房中为抗震而设置的柱子。

(8) **埋置深度**：指室外地表面到基底地面下的埋深。

(9) **地物、地貌和地形**：地物是指地面上的建筑物、构筑物、河流、森林、道路、桥梁等；地貌是指地面上自然起伏的情况；地形指地球上地物和地貌的总称。

(10) **地坪**：一般指室外自然地面。

(11) **竖向设计**：指高度方向的设计。

(12) **标号**：材料 $1cm^2$ 上能承受的拉力或压力。以 28 天抗压强度来命名，单位 kgf/cm^2。

(13) **建筑配件**：除建筑物外其他的一些辅助房屋建成和施工的构件，如脚手架、钢筋接头、建筑用拉杆等。

(14) **建筑面积、结构面积、使用面积和交通面积**：建筑面积是建筑物面积大小的衡量指标。它是由结构面积、使用面积和交通面积组成的。粗略地讲一座建筑物的建筑面积是建筑物的总长与总宽的乘积再乘以层数。结构面积是指建筑物中承重墙体与柱子所占的面积，它因结构类型和墙体多少而异，一般占建筑面积的 10%～15%。使用面积指房间的净面积。它包括主要房间和辅助房间的使用面积，在居住建筑中居室的使用面积算主要房间的使用面积，厨房、厕所等的使用面积算辅助房间的使用面积。一般来说，使用面积约占建筑面积的 50%～75%。交通面积是指各类建筑物中的走道和楼梯间的净面积。

(15) **模数和模数制**：为了减少构配件的规格，协调尺寸，从而实现设计标准化、生产工厂化、施工机械化，在建筑设计中采取了标准化措施，即在建筑设计中使用统一的标准尺寸单位——建筑模数。国家标准 GBJ 2—1986《建筑统一模数制》规定了基本模数、扩大模数和分模数（缩小模数），以 100mm 为单位，用 M_0 表示的是基本模数。扩大模数是基本模数的整倍数，模数制中规定扩大模数有 $3M_0$、$6M_0$、$15M_0$、$30M_0$、$60M_0$，其相应尺寸为 300mm、600mm、1500mm、3000mm、6000mm。模数中凡为基本模数分数倍的称为分模数，我国模数制中有 $1/10M_0$、$1/5M_0$、$1/2M_0$，其相应尺寸为 10mm、20mm、50mm。基本模数、扩大模数和分模数构成一个完整的模数数列，使用时可查标准中的模数数列表。

(16) **红线**：规划部门批给建设单位的占地面积，一般用红笔圈在图纸上，产生法律效力。

(17) **材料做法**：阅读工程图纸，必须结合标准配件图（代号为 J），最主要的有材料做法、门窗详图及其他标准做法。北京地区通用的《材料做法》（京 J12）共 12 项，它们是：

1) 道路，共有做法 12 条，代号为“路×”。

2) 外墙面，共有做法 20 条，代号为“外墙×”。

3) 台阶，共有做法 3 条，代号为“台×”。

4) 散水，共有做法 2 条，代号为“散×”。

5) 坡道，共有做法 2 条，代号为“坡×”。

6) 地面，共有做法 46 条，代号为“地×”。

7) 楼面，共有做法 45 条，代号为“楼×”。

8) 踢脚，共有做法 17 条，代号为“踢×”。

9) 墙裙，共有做法 32 条，代号为“裙×”。

10）内墙面，共有做法23条，代号为“内墙×”。

11）顶棚，共有做法44条，代号为“棚×”。

12）屋面，共有做法14条，代号为“屋×”。

下面举例说明：

“地5”，即170厚水泥地面，其做法为：①素土夯实；②100厚3∶7灰土；③50厚100号水泥；④素水泥浆结合层一道；⑤20厚1∶2.5水泥砂浆抹面，压实赶光。

“外墙9”，即干粘石墙面，20厚，其做法为：①12厚1∶3水泥砂浆打底扫毛或划出纹道；②6厚1∶3水泥砂浆；③刮1厚107胶素水泥浆黏结层（重量比为水泥∶107胶＝1∶0.3～0.5），干粘石面层拍平压实（粒径以小八厘略掺石屑为宜，与6厚水泥砂浆层连续操作）。

“散2”，即混凝土散水，150～180厚，其做法为：①素土夯实；②100～130厚3∶7灰土；③50厚150号混凝土，上撒1∶1水泥砂子，压实赶光并分格。

“楼4”，即水泥楼面，90厚，138kg/m^2。其做法为：①钢筋混凝土楼板；②70厚1∶6水泥焦渣层；③素水泥浆结合层一道；④20厚1∶2.5水泥砂浆，压实赶光。

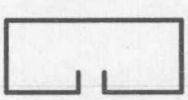
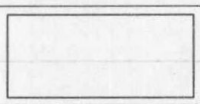
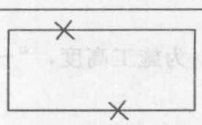
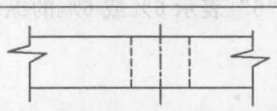
“棚2”，即预制混凝土板喷浆，其做法为：①钢筋混凝土板抹缝（1∶0.3∶3水泥白灰膏砂浆打底，纸筋灰略掺水泥罩面，浅缝，一次成活）；②板底腻子刮平；③喷大白浆。

其他材料做法可查阅《材料做法》有关的标准规定。

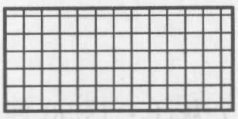
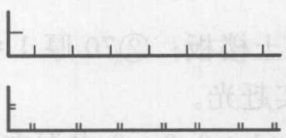
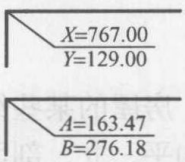
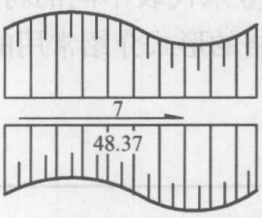
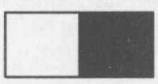
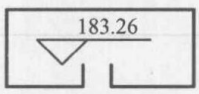
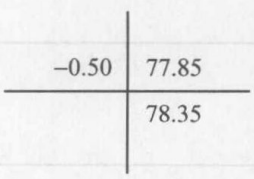
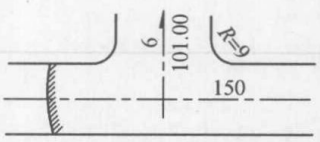
十二、常用图例和符号

为了简化作图，施工图采取了各种专业图例。在一些比较小的图形中，房屋的某些细部构造无法也没有必要按它的真实形状画出，而只能用示意性的符号来表达，如平、立、剖面图中的门窗画法等，又如建筑材料的种类繁多，在图样上也只能以规定的符号来代表不同的材料。这些符号就叫图例。在标准中均有统一规定，表11-5～表11-9为用表格的形式介绍常用的几类图例。

表11-5　　总平面图及运输图例

图　例	名称及说明
	新设计的建筑物 ①比例尺小于1∶2000时可不画入口 ②需要时可在右上角以点数（或数字）表示层数
	原有的建筑物 在建筑中拟采用者均应编号说明
	计划扩建的预留地或建筑物
	拆除的建筑物
	地下建筑物或构筑物用粗虚线表示
	建筑物下面的通道

续表

图　例	名称及说明
	铺砌场地
	储罐或水塔
	烟囱 必要时，可注写出烟囱高度和用虚线表示烟囱基础
	围墙：上图表示砖石、混凝土及金属材料围墙，下图表示镀锌铁丝网、篱笆等围墙
	挡土墙：被挡土在“突出”的一侧
	坐标： 上图表示测量坐标 下图表示建筑坐标
	水沟或排水沟：“7”表示7%，为沟底坡度，“48.37”表示变坡点间距离，箭头表示水流方向
	雨水井
	室外地坪标高
	室内地坪标高
	方格网交叉点标高 “78.35”为原地面标高，“77.85”为设计标高，“-0.50”为施工高度，“-”为挖方，“+”为填方
	新设计道路： 1. R 为道路转弯半径，“150.00”表示路面中心标高，“6”表示6%或6‰的纵坡度，“101.00”表示变坡点间距离 2. 图中斜线为道路断面示意图，根据实际需要绘制

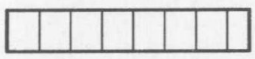
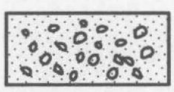
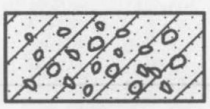
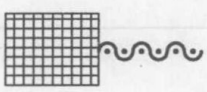
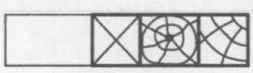
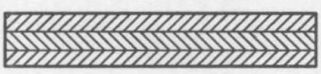
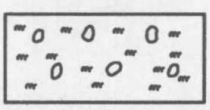
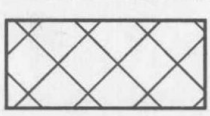
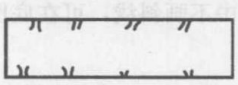
续表

图　例	名称及说明
	原有道路
	计划的道路
	人行道
	桥梁： 上图表示公路桥，下图表示铁路桥

表 11-6　　建筑材料图例

图　例	名称及说明
	自然土壤：包括各种自然土壤、黏土等
	素土夯实
	砂、灰土及粉刷材料
	砂、砾石及碎砖三合土
	石材：包括岩层及贴面铺地等材料
	方整石、条石　本图例表示砌体
	毛石　本图例表示砌体
	普通砖、硬质砖：在比例小于或等于 1∶50 的平、剖面图中不画斜线，可在底图背面涂红
	非承重的空心砖：在比例较小的图面中可不画图例，但须注明材料

续表

图　例	名称及说明
	瓷砖或类似材料：包括面砖、马赛克及各种铺地砖
	混凝土
	钢筋混凝土 1. 在比例小于1∶100的图面中不画图例，可在底图上涂黑表示 2. 剖面图中如画出钢筋时，可不画图例
	加气混凝土
	加气钢筋混凝土
	毛石混凝土
	金属网
	木材
	胶合板 1. 应注明“×层胶合板” 2. 在比例较小的图面中，可不画图例，但须注明木材
	矿渣、炉渣及焦渣
	多孔材料或耐火砖：包括泡沫混凝土、软木等材料
	菱苦土
	玻璃：必要时可注明玻璃名称，如磨砂玻璃、夹丝玻璃等

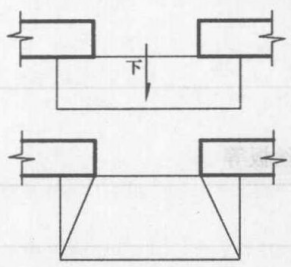
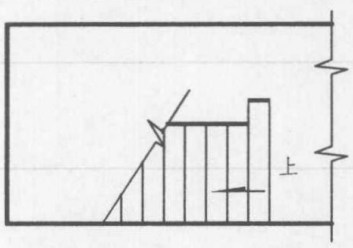
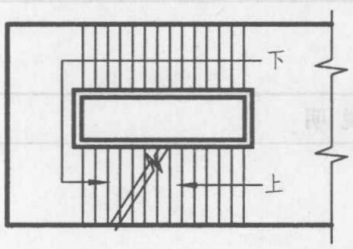
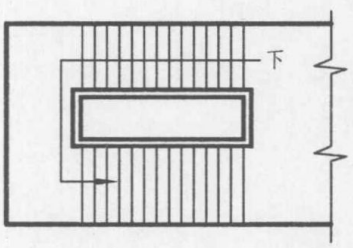
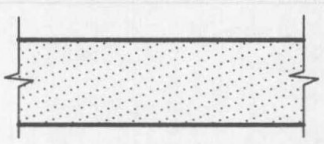
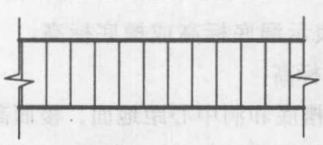
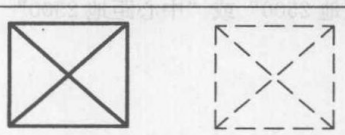
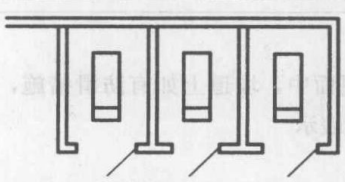
续表

图　例	名称及说明
	松散保温材料：包括木屑、木屑石灰、稻壳等
	纤维材料或人造板 包括麻丝、玻璃棉（毡）、矿棉（毡）、刨花板、木丝板等
	防水材料或防潮层　应注明材料
	橡皮或塑料　底图背面涂红
	金属
	水

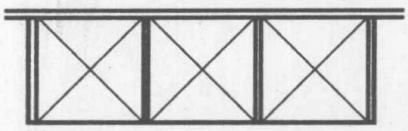
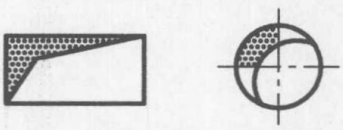
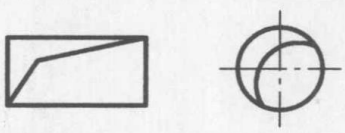
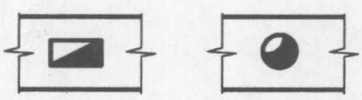
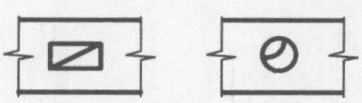
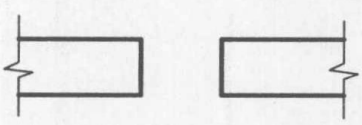
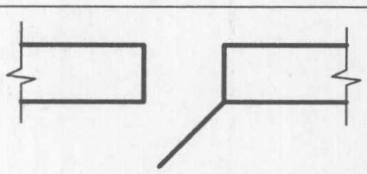
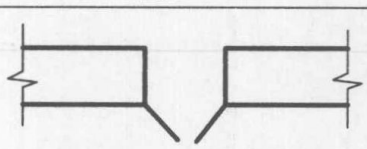
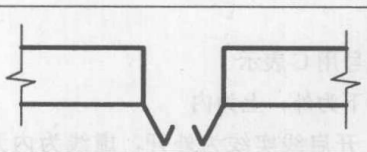
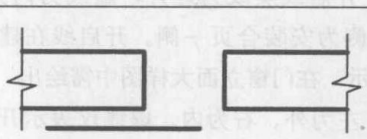
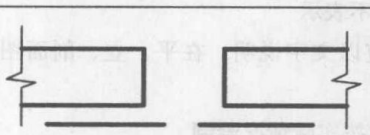
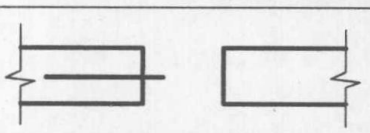
表 11-7　　建筑配件图例

图　例	名称及说明	
	扩建或改建时新设计的墙 1. 左图为剖面图，右图为平面图 2. 新设计的墙身材料，应画普通砖图例	
宽×高 或 直径 洞底标高 中2.500 2.500	墙上预留孔洞	1. “底 2.500”表示洞底标高或槽底标高，“中 2.500”表示洞中心标高 2. 如表示洞底、槽底和洞中心距地面、楼面高度时，注法为“底距地 2500”或“中心距地 2500”
宽×高×深 底2.500	墙上预留孔槽	
下	长坡道	在比例较大的图面中，坡道上如有防滑措施，可按实际形状用细线表示

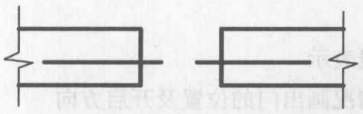
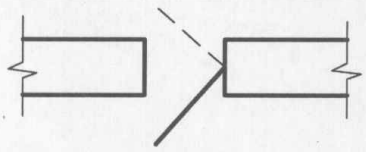
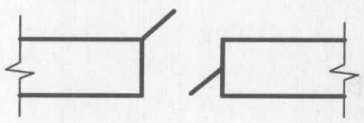
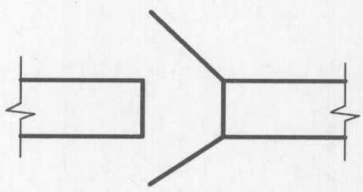
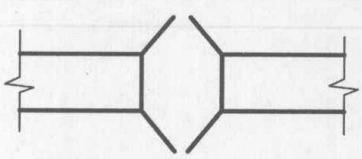
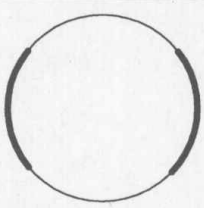
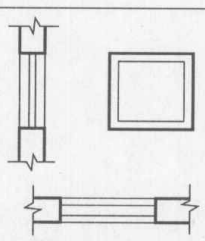
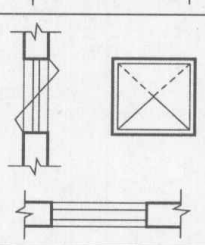
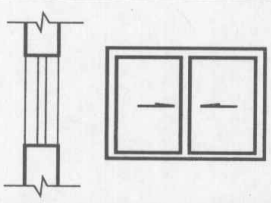
续表

图例	名称及说明	
	入口坡道	在比例较大的图面中，坡道上如有防滑措施，可按实际形状用细线表示
	底层楼梯	楼梯的形状及步数应按设计的实际情况绘制
	中间层楼梯	
	顶层楼梯	
	土墙　包括土筑墙、土坯墙、三合土墙等	
	板条墙　包括钢丝网墙、苇箔墙等	
	检查孔（进入口） 左图为可见检查口，右图为不可见检查口	
	厕所间 1. 在比例较小的图面中，隔断可用单线表示 2. 卫生用具及门的开关方向，应按设计的实际情况绘制	

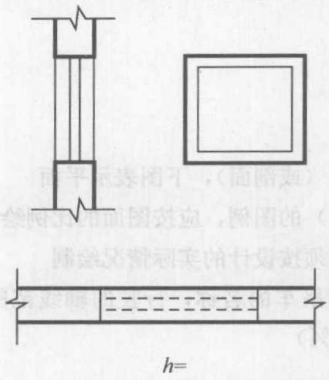
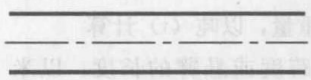
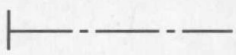
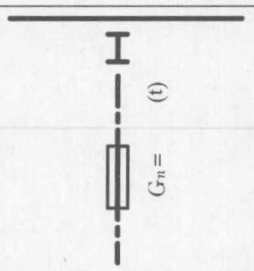
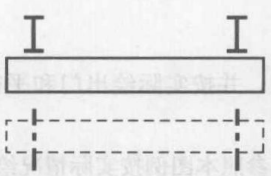
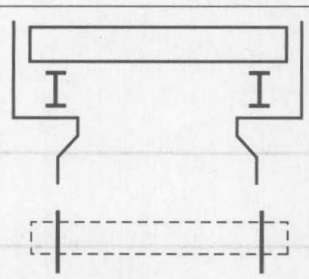
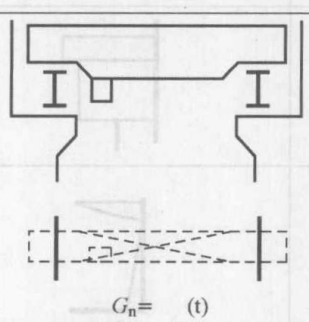
续表

图例	名称及说明	
	淋浴小间 1. 在比例较小的图面中，隔断可用单线表示 2. 如淋浴小间有门时应按设计的实际情况画出门的位置及开启方向	
	孔洞	左图表示长方形 右图表示圆形
	坑槽	
	烟道	
	通风道	
	空门洞	门的代号为 M
	单扇门	
	双扇门	
	对开折叠门	
	单扇推拉门	
	双扇推拉门	
	墙内单扇推拉门	

续表

图例	名称及说明	
	墙内双扇推拉门	门的代号为M
	单扇双面弹簧门	
	双扇双面弹簧门	
	单扇内外开双层门	
	双扇内外开双层门	
	转门	
	固定窗	1. 窗的名称代号用C表示 2. 平面图中，下为外，上为内 3. 立面图中，开启线实线为外开，虚线为内开。开启线交角的一侧为安装合页一侧。开启线在建筑立面图中可不表示，在门窗立面大样图中需绘出 4. 剖面图中，左为外、右为内。虚线仅表示开启方向，项目设计不表示 5. 附加纱窗应以文字说明，在平、立、剖面图中均不表示 6. 立面形式应按实际情况绘制
	中悬窗	
	水平推拉窗	

续表

图例	名称及说明	
	高窗	1. 窗的名称代号用C表示 2. 立面图中，开启线实线为外开，虚线为内开。开启线交角的一侧为安装合页一侧，开启线在建筑立面图中可不表示，在门窗立面大样图中需绘出 3. 剖面图中，左为外，右为内 4. 立面形式应按实际情况绘制 5. h 表示高窗底距本层地面高度 6. 高窗开启方式参考其他窗型
	铁路：本图例表示标准轨距铁路或窄轨铁路，在设计图中应注明轨距	
	起重机轨道	
	手、电动葫芦	
	梁式悬挂起重机	1. 上图表示立面（或剖切面），下图表示平面 2. 手动或电动由设计注明 3. 需要时，可注明起重机的名称、行驶的范围及工作级别 4. 有无操纵室，应按实际情况绘制 5. 本图例的符号说明 G_n——起重机起重量，以吨（t）计算 S——起重机的跨度或悬臂的长度，以米（m）计算
	梁式起重机	
	桥式起重机	

续表

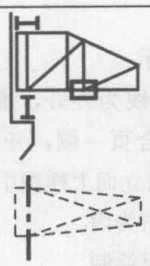
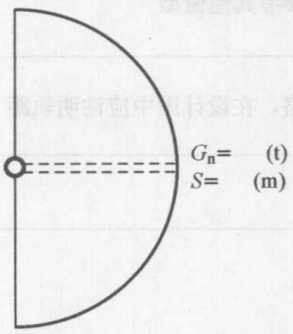
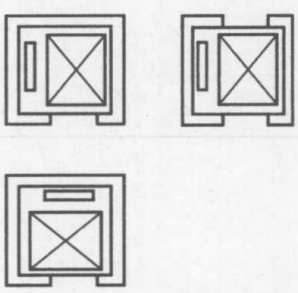
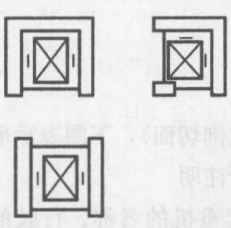
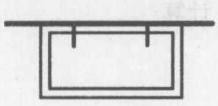
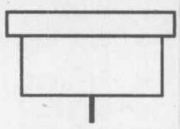
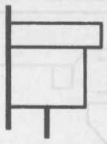
图例	名称及说明	
	壁行起重机	1. 上图表示立面（或剖面），下图表示平面 2. 吊车（起重机）的图例，应按图面的比例绘制 3. 有无操纵室必须按设计的实际情况绘制 4. 需要时可注明吊车的名称，行驶的轴线范围及工作制度（JC=…%） 5. 本图符号说明 G_n——起重机起重量，以吨（t）计算 S——起重机的跨度或悬臂的长度，以米（m）计算
	定柱式起重机	
	电梯	1. 电梯应注明类型，并按实际绘出门和平衡锤或导轨的位置 2. 其他类型电梯应参照本图例按实际情况绘制
	杂物梯、食梯	

表 11-8　卫生设备图例

名称	图例		
	平面	立面	侧面
洗脸盆 （洗面器）			
立式洗脸盆 （洗面器）			

续表

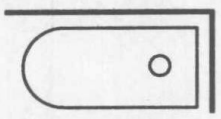
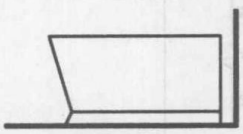
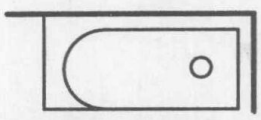
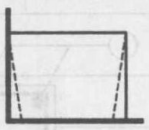
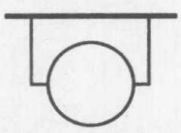
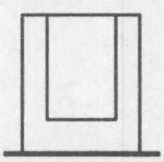
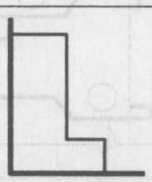
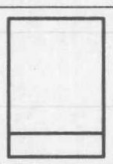
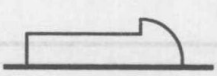
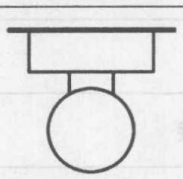
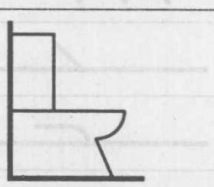
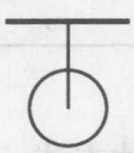
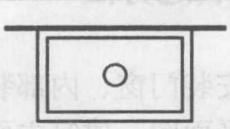
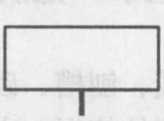
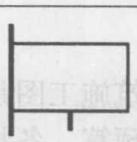
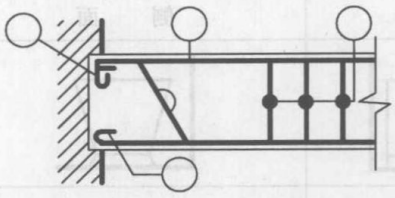
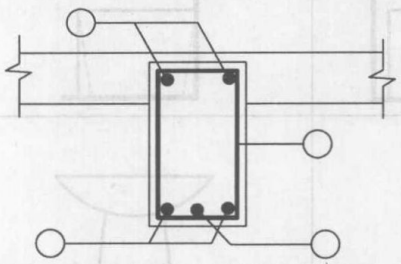
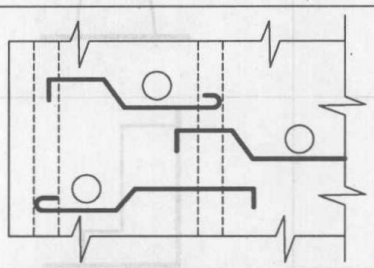
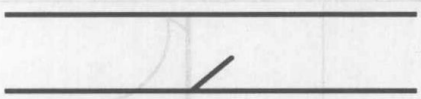
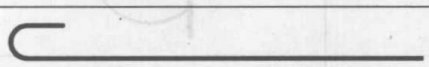
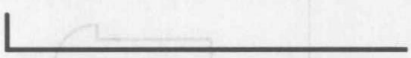
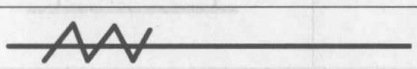
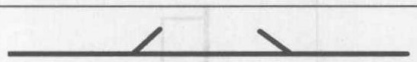
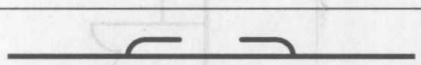
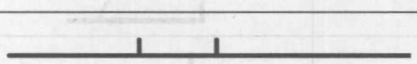
名　　称	图　　例		
	平　面	立　面	侧　面
浴　盆			
方沿浴盆			
净身盆 （坐洗器）			
立式小便器			
斗式小便器			
蹲式大便器 （蹲式便器）			
坐式大便器 （坐式便器）			
淋浴喷头			
化验盆式 洗涤槽			
地漏			
污水池			

表 11-9 钢筋混凝土结构

图例	说明
	
	1. 钢筋仅以 3 号钢为例 2. 钢筋一般应编号 3. 结构平面图一般应按正投影法的俯视图绘制 4. 在板的配筋图中分布钢筋可不必画出，但需在说明中注明其直径、间距及总长 5. 钢筋尺寸一般指内皮尺寸，弯起钢筋的弯起高度一般指外皮尺寸，否则应加以说明
	
	无弯钩的钢筋端部。 左图表示短钢筋投影重叠时，可在短钢筋的端部用 45°短画线表示
	带半圆形弯钩的钢筋端部
	带直钩的钢筋端部
	带丝扣的钢筋端部
	无弯钩的钢筋搭接
	带半圆形弯钩的钢筋搭接
	带直钩的钢筋搭接

第三节 建筑图的基本表达方法

建筑施工图是工程施工放线、刨槽、砌筑砖墙、安装门窗、内部装修装饰、安装设备以及编制预算、备料、加工订货等的依据。它包括建筑平面图、建筑立面图、建筑剖面图、建筑详图和标准图。

图 11-34 表示房屋建筑的组成。从图中可以看到，地下埋着的部位叫基础，它包括垫层、大放脚和基础墙，往上是外墙、内墙（框架结构有柱子和梁）、楼板和屋面板及屋面，这是房屋的主要部分。此外还可以看到门、窗、楼梯、休息板、踢脚板、地面、走道、台

阶、花池、散水、勒脚、窗台、雨篷（雨篷）、女儿墙、屋檐等细部结构，称为附属结构。建筑施工图就是要把这些内容标示清楚。

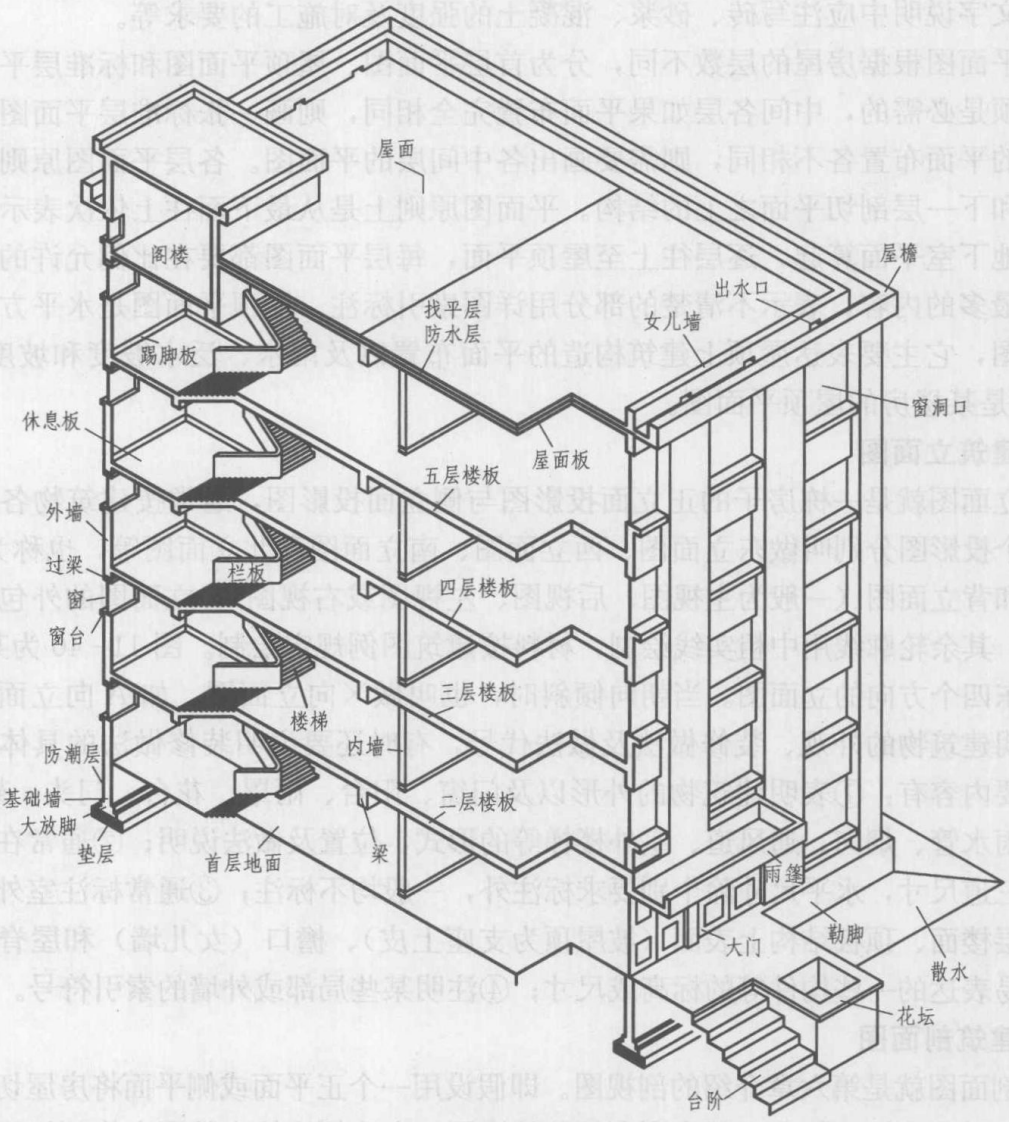


图 11-34 房屋建筑的组成

一、建筑平面图

建筑平面图就是一栋房屋的水平剖视图，即假想用一个水平面沿窗台稍高一点的地方将建筑物切开，移去剖切平面上面的部分，将剖切平面下面的结构向水平面投影，即从上往下看画出其视图（一般为俯视图），并将剖切到的墙体部分用粗实线（或中粗实线）围起来（或画出相应的建筑材料图例符号），所得的图就是建筑平面图。图 11-38 是某楼房的首层建筑平面图和二层建筑平面图例图。建筑平面图的内容一般包括：①建筑物的平面外形和朝向，如建筑物外的台阶、散水、坡道、花坛以及凸出外墙的一些结构部分等。②建筑物的内部分隔和房间的名称（或编号）和大小，如房间、楼梯、门窗、厕所、卫生间、走道等的布局和大小。③需要标注横向和纵向轴线的编号。④建筑平面图上一般需要标注三道尺寸：最外层为建筑物的总长、总宽，即总外包尺寸；中间一层标注房间的开间和进深尺寸，即定位轴线间的尺寸，也叫标志尺寸；最内层则根据实际情况标注，主要标注内外墙厚、柱的断面、门窗洞口的宽度尺寸和位置，预留洞口的位置、大小和洞底标高，窗垛的尺寸等细部尺寸。⑤室内外标高。⑥剖面图、断面图、详图及标准图等各种索引符号。⑦门窗的编号和安

装位置，门的开启方向，其中门用M表示，窗用C表示。⑧门窗表、材料做法表及图集号等。⑨反映水、暖、电、煤气对土建专业的要求，如配电盘、消火栓等留孔、留洞的尺寸等。⑩在文字说明中应注写砖、砂浆、混凝土的强度及对施工的要求等。

建筑平面图根据房屋的层数不同，分为首层平面图、屋顶平面图和标准层平面图。其中首层和屋顶是必需的，中间各层如果平面布置完全相同，则画一张标准层平面图代表，如果中间各层的平面布置各不相同，则需要画出各中间层的平面图。各层平面图原则上表示剖切平面之下和下一层剖切平面之上的结构。平面图原则上是从最下面往上依次表示，如有地下室则应从地下室平面算起，逐层往上至屋顶平面，每层平面图都要在比例允许的情况下尽可能表示出最多的内容，表示不清楚的部分用详图索引标注。屋顶平面图是水平方向的视图而不是剖面图，它主要表达屋顶上建筑构造的平面布置以及雨水、泛水坡度和坡度的走向等，图11-39是某楼房的屋顶平面图。

二、建筑立面图

建筑立面图就是一栋房子的正立面投影图与侧立面投影图，通常按建筑物各个立面的朝向，将几个投影图分别叫做东立面图、西立面图、南立面图和北立面图等，也称为正立面图、侧立面图和背立面图（一般为主视图、后视图、左视图或右视图），立面图的外包轮廓线用粗实线绘制，其余轮廓线用中粗实线绘制，材料按建筑图例规定绘制。图11-40为某楼房的南、北、西、东四个方向的立面图。当朝向倾斜时，也叫做×向立面图，如A向立面图等。立面图主要表明建筑物的外观、装修做法及做法代号，有时还要说明装修做法的具体材料及其配比。其主要内容有：①表明建筑物的外形以及门窗、阳台、雨罩、花台、门头、勒脚、檐口、女儿墙、雨水管、烟囱、通风道、室外楼梯等的形式，位置及做法说明；②通常在外部竖直方向要标注三道尺寸，水平尺寸除个别要求标注外，一般均不标注；③通常标注室外地坪、首层地面、各层楼面、顶板结构上表面（坡屋顶为支座上皮）、檐口（女儿墙）和屋脊上皮以及外部尺寸不易表达的一些构件等的标高或尺寸；④注明某些局部或外墙的索引符号。

三、建筑剖面图

建筑剖面图就是第六章介绍的剖视图。即假设用一个正平面或侧平面将房屋切开，移去观察者和剖切平面之间的部分，画出剩余部分的视图，在比例比较小的图中将剖切到的实体轮廓用粗实线画出，在比例比较大的图中画出剖切的图例符号，表示其断面，从而得到该建筑物的建筑剖面图，图11-41是某楼房的甲—甲和乙—乙剖面图。剖面图主要表明建筑物的结构形式、高度尺寸及各部分特别是平面图中复杂部位的做法。剖面图的基本内容包括：①表明建筑物的层次，各层梁板的位置及墙柱的关系，屋顶的结构形式等。②剖面图上所注的尺寸，除竖直方向有时加注内部尺寸以表明室内净高、楼层结构、楼面构造厚度的尺寸外，外部尺寸应标注三道，即窗台、窗高、窗上口、室内外高差、女儿墙或檐口高度为第一道外尺寸，第二道尺寸为层高尺寸，第三道尺寸为室外地坪至檐部的总高度尺寸。水平方向应标注出轴线间尺寸及轴线编号。还应标注伸出墙外的雨罩、阳台、挑檐板等需要标注的尺寸。③标注地面、楼面、顶棚、踢脚板、墙裙、内墙面、屋面等的做法或做法代号，需画详图时，应另加索引。

四、建筑详图

建筑平面图、立面图和剖面图虽然已将房屋的主体表示出来，但由于比例较小，无法把所有详细内容全部表达清楚，为了清楚地表示某一局部细部构造，把需要详细表达的构造用放大的比例画出，这种放大的图称为建筑详图，也称为大样，图11-42是某楼房的两个外墙详图，图11-

43是某楼房的楼梯详图。详图采用的比例一般有1∶5、1∶10、1∶20等。就民用建筑而言，应画详图的部位很多，如外墙详图、楼梯详图、实验室详图、卫生间详图、厨房详图等。如今很多构件和配件都已采用了标准图册说明详图构造，施工图中可以用代号表示。详图是各建筑部位具体构造的施工依据。平、立、剖面图的所有具体尺寸的工程做法均应以详图为准。因此在建筑施工图中详图是必不可少的。由于详图的种类多，其内容将在第五节结合读图予以介绍。

另外在平、立、剖面图及详图中还经常采用断面图表示结构和形状，断面图就是第六章介绍的剖面图。

第四节 总平面图的阅读

一、总平面图的用途

总平面图的用途有两个：①表明新建、拟建工程的总体布局。如新建、拟建房屋的具体位置、高程、道路系统、构筑物及附属建筑的位置、管线、电缆走向以及绿化、原始地形、地貌等情况。②根据总平面图可以进行房屋定位、施工放线、填挖土方，进行施工。

二、总平面图的基本内容

总平面图的内容一般包括：①表明建筑红线范围，新建各种建筑物及构筑物的具体位置、标高、道路及各种管线布置系统等总体布局。②表明原有房屋、道路的位置，作为新建工程的定位依据，如利用道路的转折点或原有房屋的某个拐角点作为定位依据。③表明标高，如建筑物的首层地面标高，室外场地平整标高，道路中心线的标高。通常把总平面图上的标高全部推算成以海平面为零点的绝对标高。根据标高可以看出地势坡向及水流方向，并可计算出施工中土方填挖数量。④用指北针或风玫瑰图表示总平面范围内的整体朝向，一般用风玫瑰图，既能表示朝向，又能表示常年和季候风的多少及大小。⑤同一张总平面图如果表示的内容过多，则可分画几张总平面图，每一张侧重表示不同内容。

三、总平面图的读图注意事项

(1) 总平面图中的内容，多数是用图例符号表示的，因此看图之前要先熟悉图例符号的意义。

(2) 看总平面图时，不仅要看图，还要看文字说明，才能明了工程性质。

(3) 看总平面图的比例，了解工程的规模。总平面图常用比例有1∶500、1∶1000∶1∶2000。

(4) 看清用地范围内新建、原有、拟建、拆除建筑物的位置。新旧道路布局，周围环境和建设地段内的地形、地貌情况。

(5) 看室内外地面高差和道路的标高，地面坡度及排水走向。

(6) 根据指北针或风向频率玫瑰图看清建筑物的朝向。

(7) 看图中的尺寸标注形式，是坐标网式的，还是一般形式的，以便看清建筑物自身占地尺寸和定位方式。图11-35(a)为坐标网式，坐标网式又分为测量坐标和建筑坐标，测量坐标即大地测量坐标或地图上的坐标，建筑坐标是以小区内的某点作为坐标原点。测量坐标用X、Y表示(上图)，建筑坐标用A、B表示(下图)，其中X和A表示纵轴方向，Y和B表示横轴方向。当建筑物平行于坐标轴时，给一个拐角点定位即可，当建筑倾斜时，需要给两个拐角点定位，定位方式如图所示。一般形式如图11-35(b)所示，在图上标注尺寸即可，注意其尺寸单位为m。

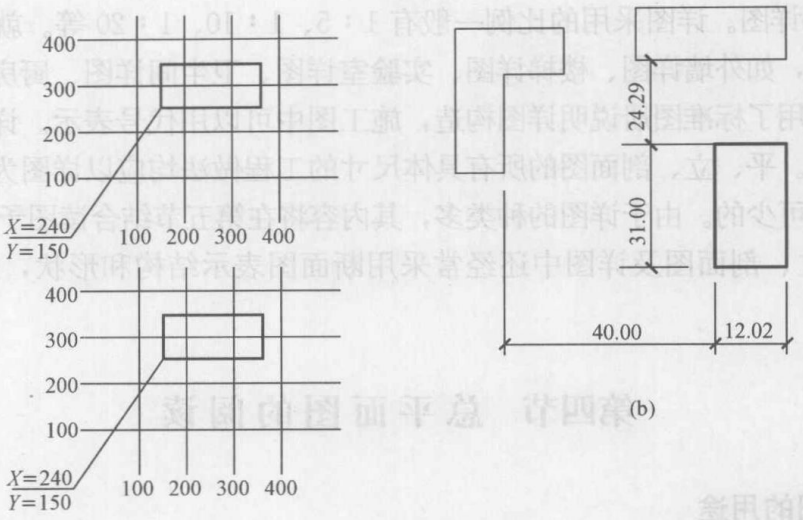


图 11-35 建筑物尺寸标注方式

(a) 坐标网式；(b) 一般形式

(8) 要仔细阅读总平面图中的各种管线，有的管线很多甚至密如蛛网，管线上的窨井、检查井要看清编号和数目，还要看清管径、中心距、坡度以及入口的具体位置。

(9) 绿化情况要看清草坪、树丛、松墙、花坛、长凳、林荫小路等各种物体的位置和具体尺寸、做法、建造要求及选材说明。

以上内容还要查清定位依据。由于总平面图内容多样、庞杂，需要仔细认真阅读。

图 11-36 是一张简单的总平面图实例。由图中的风玫瑰图可以看到建筑物是南北朝向，

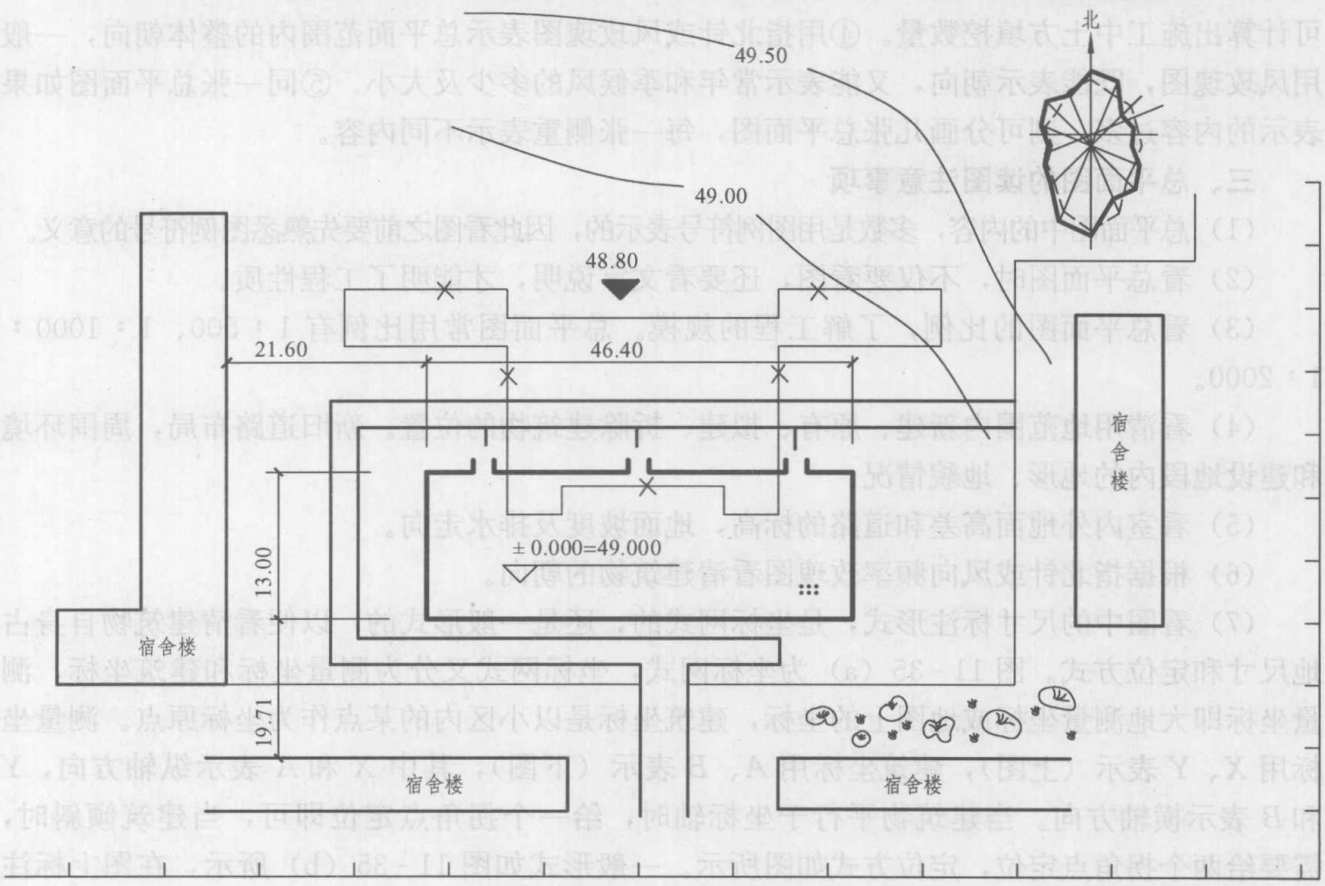


图 11-36 总平面图举例

又可看出本地段内的常年风向频率和大小。由等高线可以看出，地势北高南低。新设计的建筑物为六层楼房（六个小圆点表示六层），室内首层地面的相对标高是±0.000m，相当于绝对标高49.00m，室外地坪标高是－0.20m，相当于绝对标高48.80m。旁边有已建好的四座宿舍楼。新建六层楼需在拆除原有建筑物之后才能施工，图中还有简单的道路系统和绿化要求，新建楼房的占地尺寸是：长×宽＝46.40×13.00m^2，定位依据是西边和南边的原有宿舍楼的东墙和北墙外皮，建筑物的定位采用一般方式标注尺寸，即图中的21.60和19.71。

图11-37所示为某单位的办公楼总平面图，由图名可以看到图形采用1∶1000的比例绘制。该办公楼位于建筑用地的西北角，由指北针可以看出其朝向不是正南北朝向，两侧围墙与建筑红线重合，办公楼的定位方式采用一般的标注尺寸方式，尺寸单位为m，但建筑用地的左上角采用测量坐标定位，即X 324820.664和Y 495721.813两个坐标。办公楼分三部分，中间倾斜部分为四层，两侧为三层，其长宽尺寸图中均已标注。室内首层地面的相对标

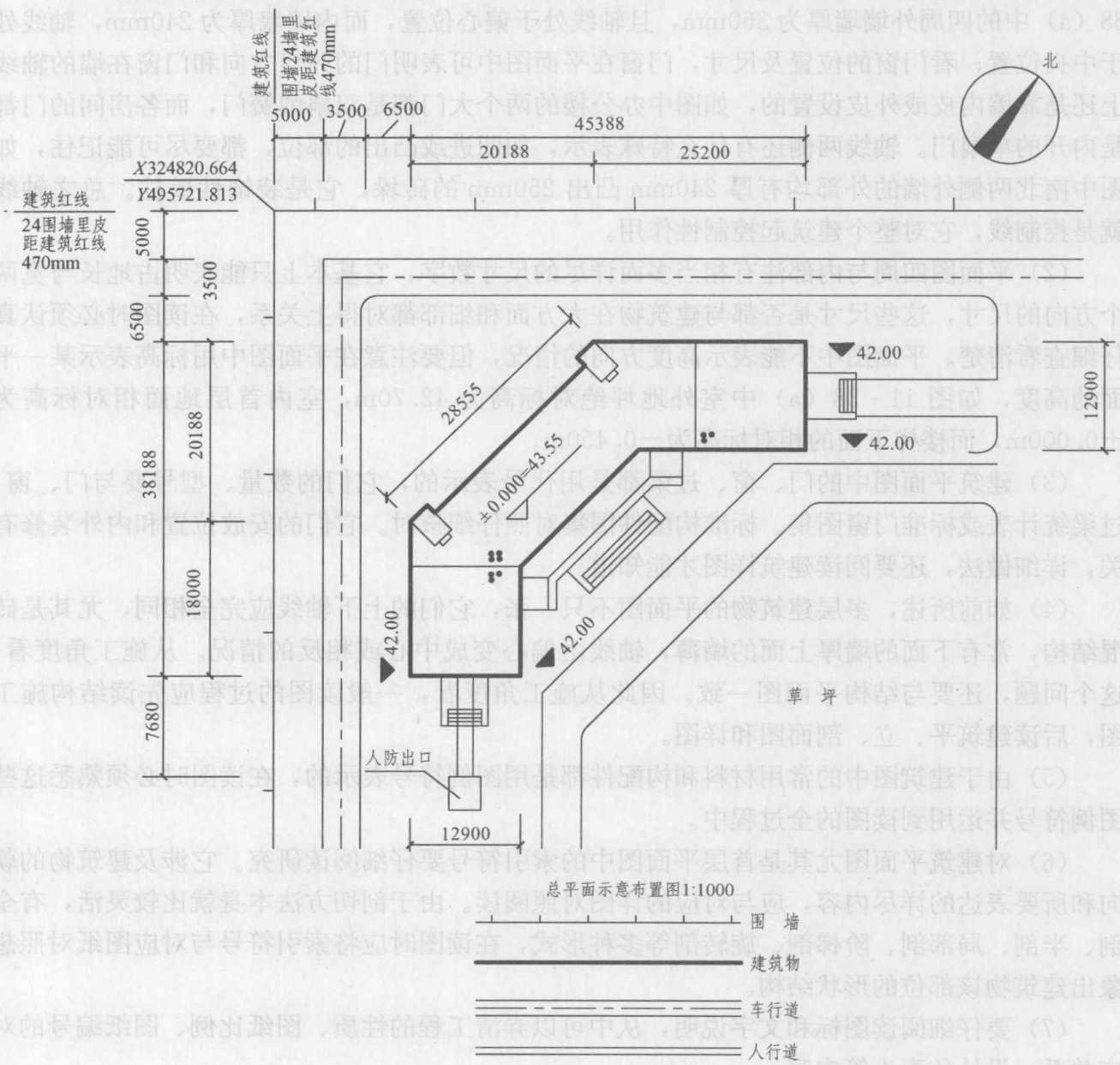


图11-37 某单位办公楼总平面图

高为±0.00m，相当于绝对标高43.55m。室外地坪绝对标高为42.00m，室内外高差为1.55m，这就为测量水平标高引进水准点有了具体依据。办公楼大门设有台阶和坡道进入楼内，办公楼的地下室与地下人防工程相连，人防工程的出口位于办公楼外。办公楼外要修道路，门前绿化为草坪。

第五节 建筑施工图的阅读

一、建筑平面图

(1) 建筑平面图的读图顺序一般应从首层平面图读起（若有地下室则应从地下室平面算起），然后再读二层、三层……逐层往上直至屋顶平面。阅读平面图要从定位轴线开始，由所注尺寸看房间的开间和进深，如图11-38（a）中办公楼的开间有3000mm和3300mm两种，其进深为5100mm；看墙厚或柱子尺寸，要看清楚轴线处于中央还是偏心位置，如图11-38（a）中的四周外墙墙厚为360mm，且轴线处于偏心位置，而内墙墙厚为240mm，轴线处于中央位置；看门窗的位置及尺寸，门窗在平面图中可表明门的开启方向和门窗在墙的轴线上还是靠墙内皮或外皮设置的，如图中办公楼的两个大门都是双扇弹簧门，而各房间的门都是内开的单扇门。轴线两侧还有什么特殊表示，如凹进或凸出的部位，都要尽可能记住，如图中南北两侧外墙的外部均有厚240mm凸出250mm的砖垛，它是装饰性壁柱。总之轴线就是控制线，它对整个建筑起控制性作用。

(2) 平面图四周与内部注有相当多而详尽的尺寸数字，它基本上只能表明占地长与宽两个方向的尺寸，这些尺寸是否都与建筑物在大方面和细部都对得上关系，在读图时必须认真仔细查看清楚。平面图中不能表示高度方向的情况，但要注意在平面图中用标高表示某一平面的高度，如图11-38（a）中室外地坪绝对标高为42.70m，室内首层地面相对标高为±0.000m，而楼梯下面的相对标高为−0.450m。

(3) 建筑平面图中的门、窗、过梁都是用代号表示的，它们的数量、型号要与门、窗、过梁统计表或标准门窗图集、标准构配件图集对照仔细核对。它们的安放位置和内外装修有关，详细做法，还要阅读建筑详图才能知道。

(4) 如前所述，多层建筑物的平面图不只一张，它们的上下轴线应完全相同，尤其是砖混结构，常有下面的墙厚上面的墙薄，轴线由偏心变成中心或相反的情况。从施工角度看，这个问题，还要与结构平面图一致。因此从施工角度看，一般读图的过程应先读结构施工图，后读建筑平、立、剖面图和详图。

(5) 由于建筑图中的常用材料和构配件都是用图例符号表示的，在读图时必须熟悉这些图例符号并运用到读图的全过程中。

(6) 对建筑平面图尤其是首层平面图中的索引符号要仔细阅读研究。它涉及建筑物的朝向和所要表达的详尽内容，应与对应的详图对照阅读。由于剖切方法本身就比较灵活，有全剖、半剖、局部剖、阶梯剖、旋转剖等多种形式，在读图时应将索引符号与对应图纸对照想象出建筑物该部位的形状结构。

(7) 要仔细阅读图标和文字说明，从中可以弄清工程的性质、图纸比例、图纸编号的对应关系、设计负责人等内容。

图11-39是一张屋顶平面图，阅读时应读懂以下基本内容。

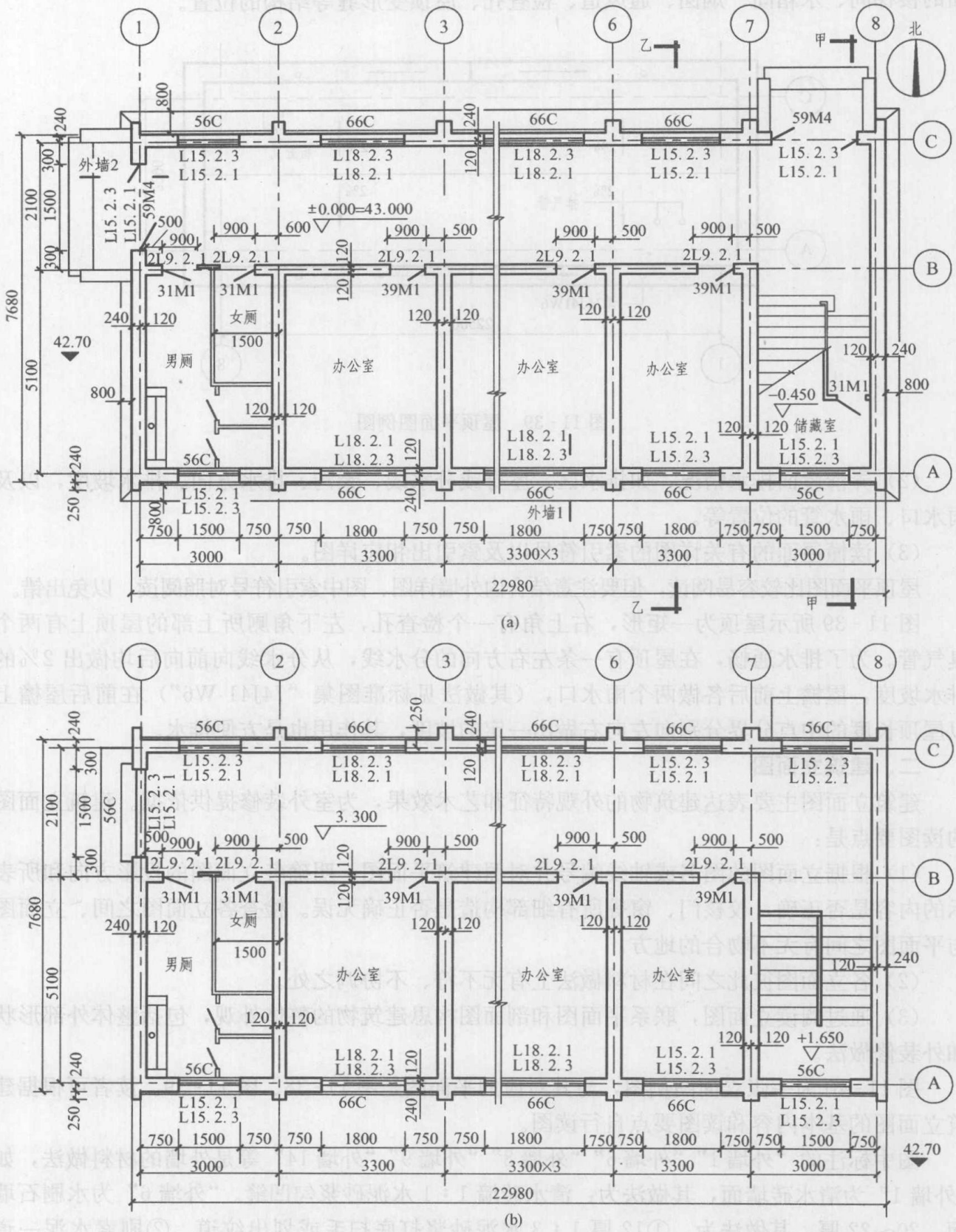


图 11-38 建筑平面图例图

(a) 首层平面图 (1∶100)；(b) 二层平面图 (1∶100)

(1) 读懂屋顶的形状和尺寸、屋檐的挑出尺寸、女儿墙的厚度及位置，还要读懂突出屋

面的楼梯间、水箱间、烟囱、通风道、检查孔、屋顶变形缝等结构的位置。

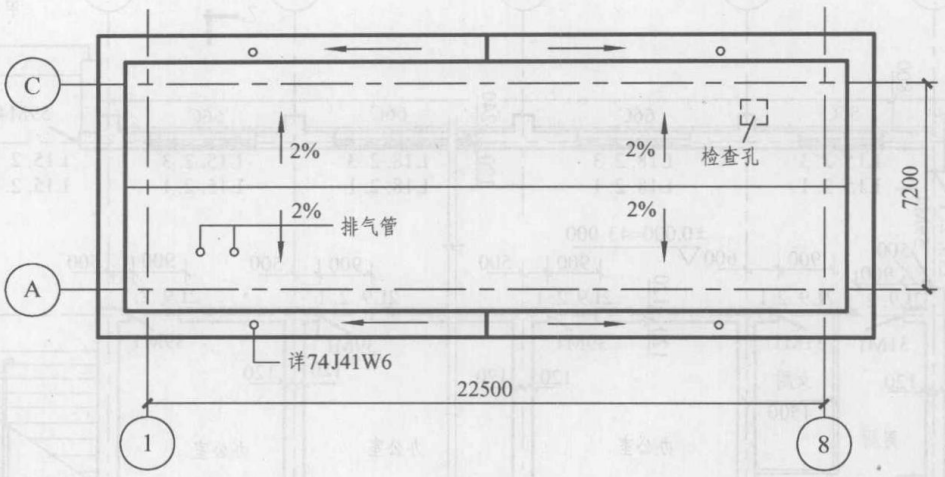


图 11-39 屋顶平面图例图

(2) 弄清屋面排水情况，如排水区、屋脊或分水线、天沟、排水方向、排水坡度，以及雨水口、雨水管的位置等。

(3) 读懂屋面的有关详图的索引符号以及索引出相应详图。

屋顶平面图比较容易阅读，但要注意结合内外墙详图、图中索引符号对照阅读，以免出错。

图 11-39 所示屋顶为一矩形，右上角有一个检查孔，左下角厕所上部的屋顶上有两个臭气管。为了排水通畅，在屋顶有一条左右方向的分水线，从分水线向前向后均做出 2%的排水坡度，屋檐上前后各做两个雨水口，(其做法见标准图集“74J41 W6”) 在前后屋檐上以屋顶长度的中点分界分别向左向右做出一定的坡度，其作用也是方便排水。

二、建筑立面图

建筑立面图主要表达建筑物的外观特征和艺术效果，为室外装修提供依据。建筑立面图的读图要点是：

(1) 根据立面图的图名或轴线编号并对照建筑平面图，明确各立面图的投影方向和所表示的内容是否正确，校核门、窗等所有细部构造是否正确无误。检查各立面图之间、立面图与平面图之间有无不吻合的地方。

(2) 各立面图彼此之间在材料做法上有无不符、不协调之处。

(3) 通过阅读立面图，联系平面图和剖面图构思建筑物的整体外观，包括整体外部形状和外装修做法。

图 11-40 为一张立面图例图，与其对应的平面图是图 11-38、图 11-39。读者可根据建筑立面图的基本内容和读图要点自行读图。

图中标注的“外墙 1”“外墙 6”“外墙 8”“外墙 9”“外墙 14”等是外墙的材料做法，如“外墙 1”为清水砖墙面，其做法为：清水砖墙 1∶1 水泥砂浆勾凹缝。“外墙 6”为水刷石墙面，20～22 厚，其做法为：①12 厚 1∶3 水泥砂浆打底扫毛或划出纹道。②刷素水泥一道(内掺水重 3%～5%的 107 胶)。③8 厚 1∶1.5 水泥石子（小八厘）或 10 厚 1∶1.25 水泥石子（中八厘）罩面。

三、建筑剖面图

建筑剖面图的读图要点包括以下几个方面：

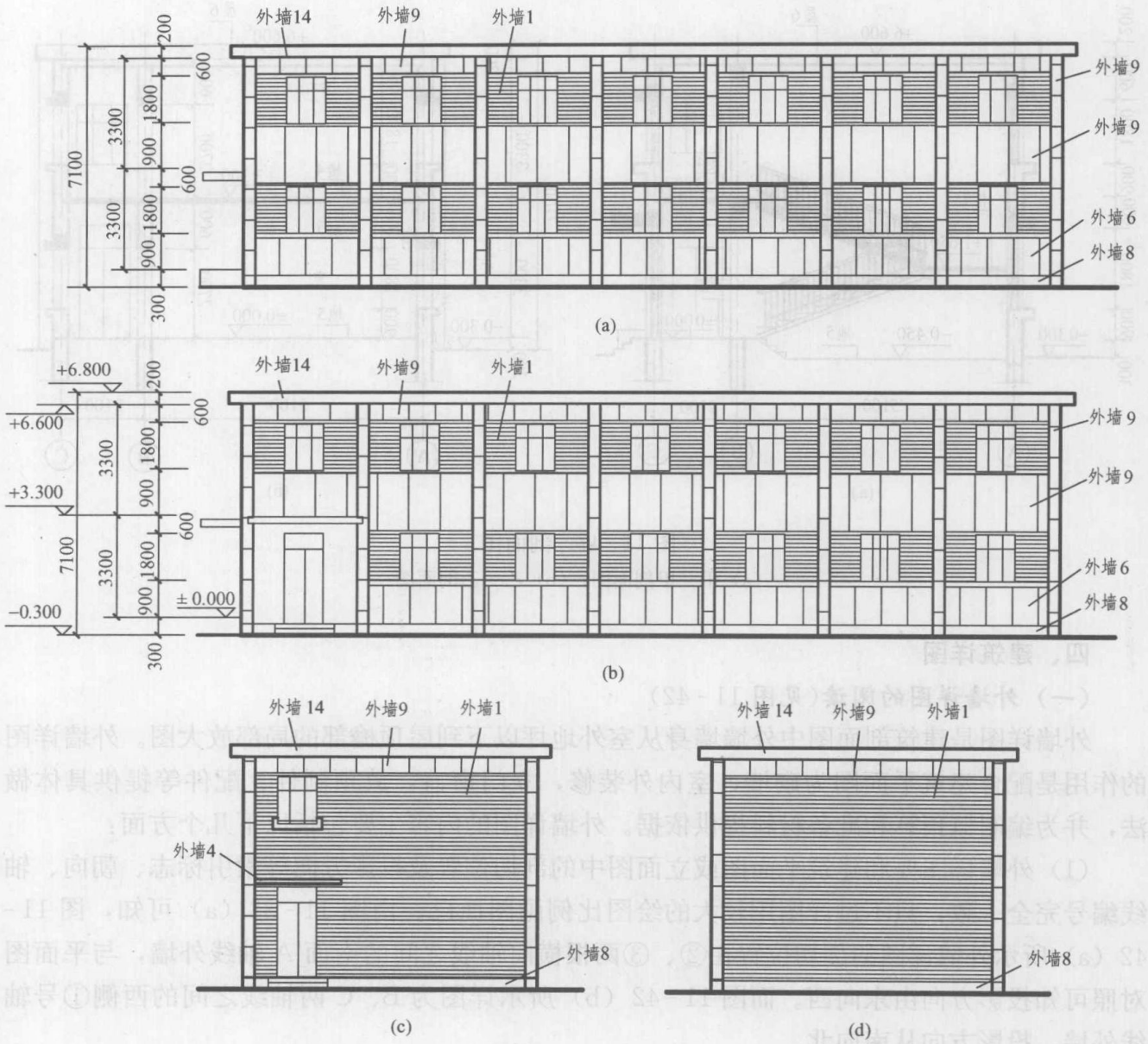


图 11-40 建筑立面图例图

(a) ①～⑧立面图；(b) ⑧～①立面图；(c) Ⓒ～Ⓐ立面图；(d) Ⓐ～Ⓒ立面图

(1) 弄清剖面图的剖切位置及投影方向，一般在平面图中用索引符号标明，读图时，应根据剖切位置及投影方向校核剖面图所表明的轴线号、剖切到的内容和可见部位的位置是否和平面图中完全一致。如图 11-41 (a) 所示甲—甲剖面图，其剖切位置甲—甲和投影方向可在图 11-38 (a) 中找到，剖切平面是在⑦号和⑧号轴线之间的楼梯间横向剖切的，投影方向由东向西。剖切到的部位包括外墙及外墙上的门窗，室内楼板、A、B 两轴线间的楼梯、休息板及台阶，B、C 两轴线间的门窗是在走廊可见的西侧外墙上的门窗等。

(2) 校对剖面图中的尺寸、标高是否与平面图中一致，通过核对尺寸、标高和材料做法，加深对建筑物各处做法的整体了解。如图 11-41 可知，首层地面的标高为±0.000m，层高为 3.300m，屋顶标高为 6.600m，室外散水的标高为−0.300m。门窗高度方向的尺寸见图，请自行分析。室内地面、楼板、顶棚及屋顶、散水等的材料做法是用文字说明的，如“地 5”“楼 4”“楼 7”“棚 2”等。

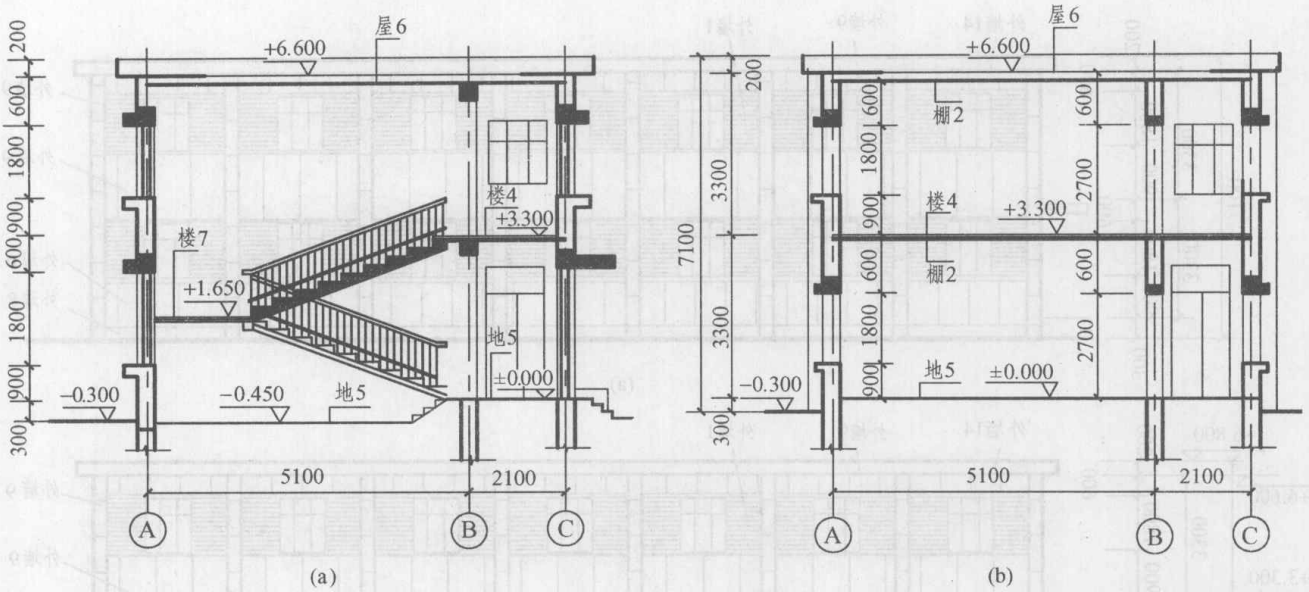


图 11-41 剖面图

(a) 甲—甲剖面图；(b) 乙—乙剖面图

四、建筑详图

(一) 外墙详图的阅读(见图 11-42)

外墙详图是建筑剖面图中外墙墙身从室外地坪以下到屋顶檐部的局部放大图。外墙详图的作用是配合建筑平面图为砌墙，室内外装修，立门窗口，放预制件、配件等提供具体做法，并为编制概预算和准备材料提供依据。外墙详图的内容主要包括以下几个方面：

(1) 外墙详图要和建筑平面图或立面图中的剖切位置及投影方向等索引标志、朝向、轴线编号完全一致，只不过详图用较大的绘图比例画图而已。由图 11-38 (a) 可知，图 11-42 (a) 所示外墙详图的剖切位置在②、③两根横向轴线之间的南面 A 轴线外墙，与平面图对照可知投影方向由东向西。而图 11-42 (b) 所示详图为 B、C 两轴线之间的西侧①号轴线外墙，投影方向从南向北。

(2) 表明外墙厚度与轴线的关系，轴线位于墙中央还是偏向一侧，墙上哪里有变化等，均应在详图中表达清楚。图 11-42 所示两个外墙详图都是偏向一侧的，墙外皮至轴线 240mm，内皮至轴线 120mm。

(3) 表明室内外地面处的节点构造。主要包括基础墙厚度、室外地面高程、散水或明沟、台阶或坡道做法、墙身防潮层做法、首层地面与暖气沟、暖气槽、暖气罩和暖气管件的做法、室外勒脚、室内踢脚板或墙裙的做法、首层室内外窗台做法等。图 11-42 所示基础墙与外墙相同，厚度为 360，室内首层相对标高±0.000m，室外散水的相对标高－0.300m，散水做法为“散 2”，台阶做法为“台 2”，防潮层的做法为“20 厚 1∶3 水泥砂浆加 5%的防水粉”，室内地面及踢脚板做法分别为“地 5”和“踢 2”等，其他做法请自己读图。

(4) 表明楼层处节点的详细做法。主要包括下层窗过梁到本层窗台范围内的全部内容。有门窗过梁、雨罩或遮阳板、楼板、圈梁、阳台板及阳台栏杆或栏板、楼地面、踢脚板或墙裙、楼层内外窗台、窗帘盒或窗帘杆、顶棚和内外墙面做法等。当楼层为若干层而各层节点完全相同时，可用一个图样表示，但需要标注若干层的标高。请自行阅读图 11-42。

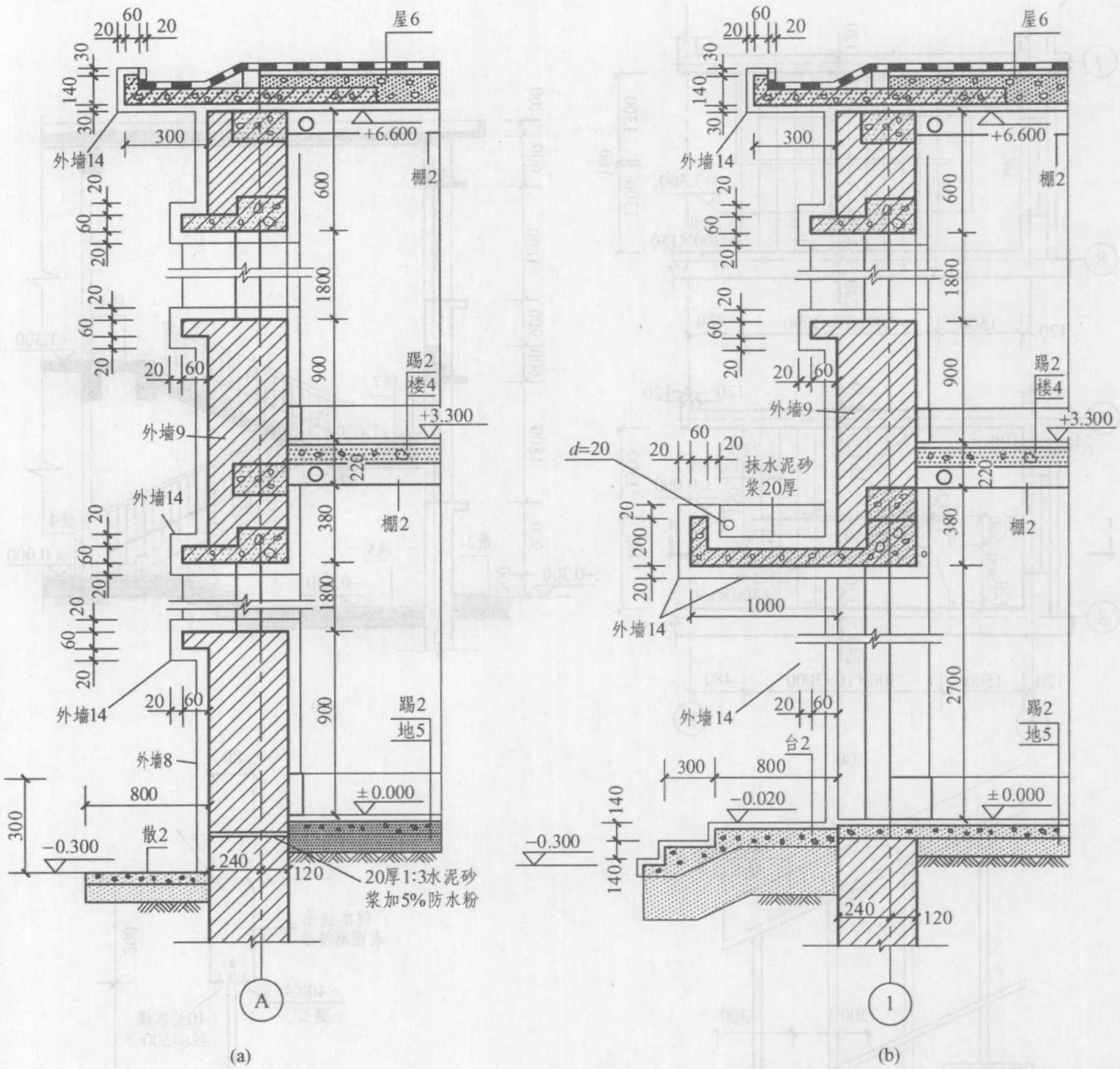


图 11-42 外墙详图

(a) 外墙详图 1；(b) 外墙详图 2

(5) 表明屋顶檐口处节点细部的做法。主要包括顶层窗过梁到檐口、女儿墙上皮之间的全部节点，具体有门窗过梁、雨罩或遮阳板、屋顶板或屋架、圈梁、屋面及室内顶棚或吊顶、檐口或女儿墙、排水天沟、下水口、雨水斗和雨水管，以及窗帘盒或窗帘杆等。请自行阅读图 11-42。

(6) 标注各个部位的尺寸与标高，原则上与立面图和剖面图注法一致。此外还应标注挑出构件的挑出长度的细部尺寸和挑出构件的下皮标高。尺寸与标高标注的总原则是：除层高线的标高为建筑表面外（平屋顶顶层层高线，常以顶板上皮为准），一般标注结构表面的尺寸标高。如图 11-42 中散水的标高为－0.300，室内地面、二层楼面和屋顶的标高分别为±0.000、＋3.300 和＋6.600，屋檐挑出长度为 300mm。

(7) 表明室内外装修各个构造部位的详细做法。请详细阅读图 11-42。

(二) 楼梯详图的阅读(见图 11-43)

楼梯是上下楼的交通设施，要求坚固耐久。当代多采用现浇楼梯和预制楼梯两种做法，

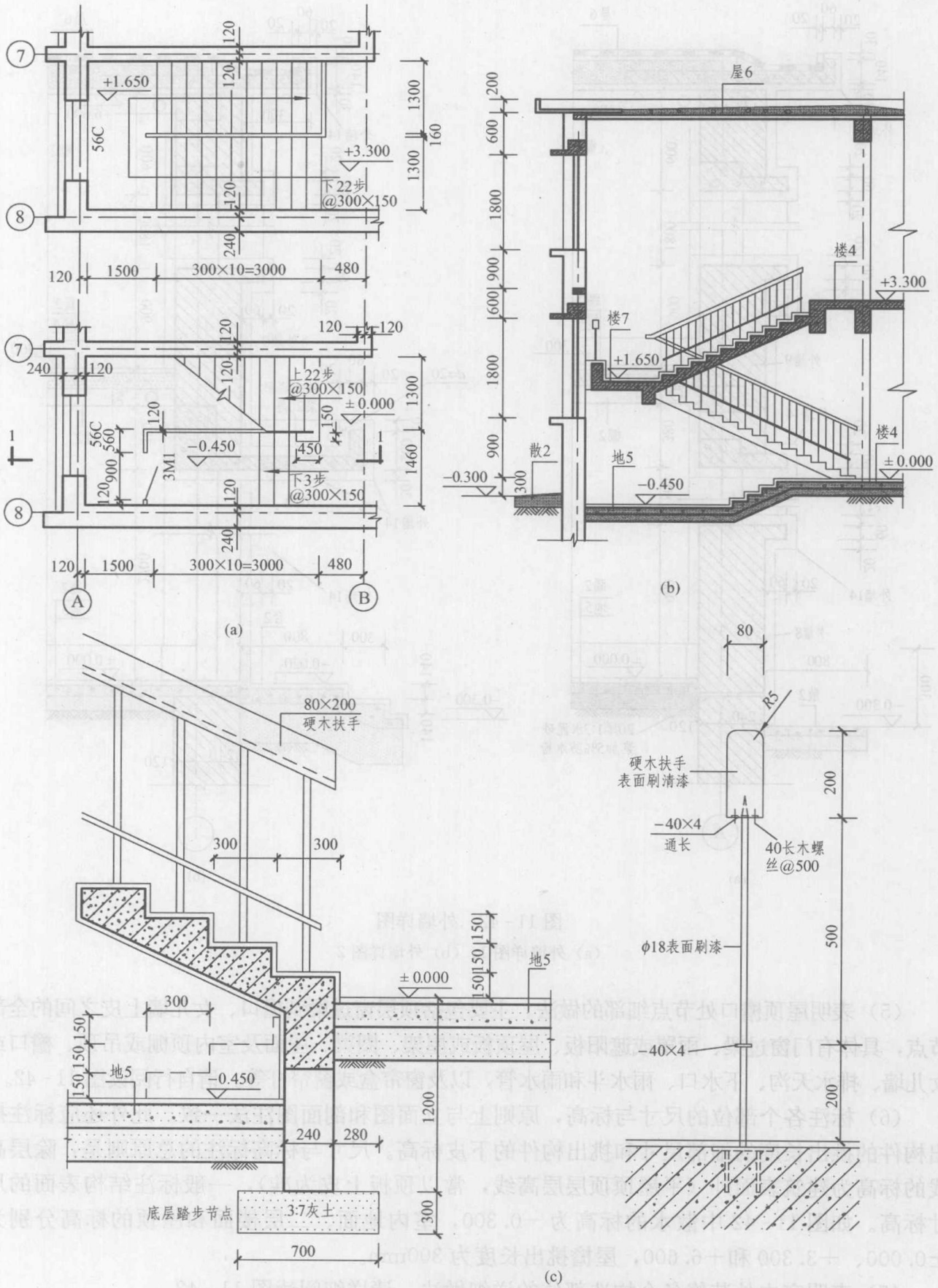


图 11-43 楼梯详图

(a) 平面图；(b) 1—1 剖面图；(c) 大样图

楼梯组成有楼梯段（又称为梯段或楼梯跑，包括踏步和斜梁，有的层高之间只设一跑楼梯段，只设踏步而没有斜梁，但底板较厚）、楼梯井（两跑楼梯之间的缝隙）、休息平台（又称为休息板或平台板，由平台板和楼梯梁组成）、栏板（或栏杆）及扶手等。比较复杂的楼梯应分别绘制建筑和结构两个专业的楼梯详图，装修比较简单的楼梯一般合并画一张详图。

楼梯详图的作用是表明楼梯的形式、结构类型、楼梯和楼梯间的平面与剖面尺寸以及细部装修做法。

楼梯详图的基本内容：楼梯详图一般包括楼梯平面图、剖面图和详图。除首层和顶层平面图以外，中间无论有多少层，只要楼梯作法完全相同，可只画一个平面图，称为标准层平面图。剖面图也类似，若中间各层作法完全相同，也可用一标准层代替，但该剖面图上下要加画水平折断线。详图包括踏步详图，栏板或栏杆详图以及扶手详图等。

1. 楼梯平面图

楼梯平面图的剖切位置一般选在本层地面到休息板之间，或者说是第一楼梯段中间，水平剖切后向下作的全部投影图，称为本层楼梯平面图。如果是三层楼房，每层是两跑楼梯中间有一块休息板，楼梯间首层平面图表示出第一跑楼梯剖切后剩下的部分梯段，第一梯段下若设置成小储藏室，还要显示出该跑下面的隔墙、门，还有外门和室内外台阶等；二层平面图应表示出第一跑楼梯的上半部，第一块休息板，第二跑楼梯，二层楼面和第三跑楼梯被剖切以后的下半部。三层平面图则应表示出第三跑楼梯的上半部、第二块休息板、第四跑楼梯全部和三层楼面。

各层平面图，除应注明楼梯间的轴线和编号外，必须注明梯段的宽度，上下两段之间的水平距离，休息板和楼层平台板的宽度，楼梯段的水平投影长度，如图 11-43（a）中的@300×150，上 22 步，说明每步楼梯的宽为 300mm，高 150mm，两个楼梯段共上 22 步，每个楼梯段上 11 步，即楼梯段的水平投影长度为 300×（11－1）＝3000mm。另外还要注出楼梯间的墙厚、门窗的具体位置等。各层平面图从各层或地面为起点，注有“上”或“下”字的箭头，说明楼梯的走向，平面图中一般标注地面、各层楼面和休息板的标高。首层平面图中还应标注剖面图的索引符号。图 11-43 为一座二层楼房的楼梯平面图。它的内容包括各层平面图。每层轴线编号、详细尺寸、各部位标高，窗户位置及内外围构造，楼梯上下方向，1－1 剖切位置与投影方向。请自行阅读。

2. 楼梯剖面图

楼梯剖面图重点表达各个楼层和休息板的标高，各楼梯段的踏步数和楼梯段数，各构件的搭接做法，楼梯栏杆的式样和扶手高度，楼梯间门窗洞口的位置和尺寸等。楼梯剖面图还应注明各节点的详图索引及有关文字说明。图 11-43（b）是楼梯间剖面图。由图 11-43（a）可知该剖面图的剖切位置为 1－1 剖切平面，其投影方向由东向西。因下到储藏室的台阶和第二跑梯段被切到，故画出断面材料符号和踏步踢面高度与步数，被切到的地面、休息板、楼板和屋顶也同样画出断面材料符号。栏杆及扶手的式样同时画到梯段上，被切到的其他部位，如门窗洞口、窗台、过梁及圈梁等同样用断面材料符号表示。图中除标注尺寸外，还注出标高，如还有要表示的细部结构，要画出索引标志。

3. 楼梯踏步、栏杆及扶手详图[见图 11-43（c）]

踏步由水平踏步和垂直踢面组成。踏步详图应表明踏步截面形状及尺寸、材料与面层做法。踏步边沿磨损较大、易滑跌，因此常在踏步平面边沿部位设置一条或两条防滑条。

栏杆和扶手是为保护上下行人的安全而设的，靠梯段和平台悬空一侧设置栏杆或栏板，上面做扶手，扶手的型式与大小及所用材料要满足一般手握适度弯曲的情况。由于踏步与栏杆、扶手是详图中的详图，要用详图索引标志画出详图。图11-43（c）为楼梯踏步、栏杆及扶手详图，其中左图为底层踏步节点详图，右图为栏杆扶手节点详图，读者可自行阅读。注意左图中的虚线表示剖切平面前面的台阶（并未在剖切平面之后）。

读楼梯详图的注意事项：

（1）注意剖切线的位置及剖视方向，注意分析剖切到的部分和可见的部分。有时需要根据轴线查清楼梯在建筑平面图、立面图及剖面图中的具体位置。

（2）楼梯间门窗洞口及圈梁的具体位置和标高，要和建筑平、立、剖面图及结构专业图纸相对照，有无不符之处。

（3）若楼梯间地面标高低于首层地面标高时，应注意楼梯间墙身防潮层的具体做法。

（4）楼梯间若分别画有建筑和结构专业图纸时，注意将两专业的图纸进行对照，核对楼梯梁、板交接处的尺寸和标高，它们的结构和建筑装修关系互相吻合，若有矛盾，要以结构尺寸为主，再定表面装修建筑尺寸。

其他详图均采用同样的正投影表达方法，本书不再详述。

第六节 结构施工图的阅读

一、结构施工图的作用和基本内容

1. 结构施工图的作用

凡需要结构设计计算的承重结构构件（建筑物内，混凝土浇筑的房屋组成部分，如基础、墙、柱、梁板等），其材料、形状、大小以及内部构造等，都由结构施工图表达。结构施工图是放灰线、挖土方、支模板、绑钢筋、浇灌混凝土、安装构件、编制预算及施工组织计划的重要依据。

2. 结构施工图的主要内容

（1）结构设计说明书：结构设计说明书中应说明主要设计依据。如地基承载力，当地自然条件如风雪载荷、地下水位、冰冻线等，地震区应说明防震烈度和防震措施，如构造柱、圈梁的设计变化等，材料的标号，预制构件统计表及施工要求等。

（2）结构平面布置图：包括基础平面图和基础详图、楼层结构图。楼层结构图分为预制筋混凝土构件和现浇钢筋混凝土构件，详细内容后述。

（3）结构构件详图：为了完善结构施工图，把需要表达的详细结构用剖面图、立面图、节点图等表达清楚。

3. 结构施工图的结构类型

结构类型包括砖混结构、框架结构、框架剪力墙结构、大模结构、装配式大板建筑及筒体结构等。结构形式不同，其施工图纸也不尽相同，本书以常用的砖混结构为例说明结构施工图。在砖混结构中一般采用条形基础，砖墙承重，钢筋混凝土梁板、楼梯和钢筋混凝土或加气混凝土屋面板。

二、常用结构构件简介

为了适应大规模工业化生产的需要，目前建筑业多采用由工厂生产预制构件、现场安装

的施工方法。这些构件，是根据统一的模数设计绘制成不同规格的标准图册制造的标准件。标准图册称为“标准构件图集”，用字母“G”表示。但目前各省市编制的图集不同，难以一一介绍。本书仅介绍有关地区几种常用构件的代号、名称、主要结构和适用范围等。

1. 预应力钢筋混凝土短向圆孔板

预应力短向圆孔板主要用于砖混结构、大模、框架结构的楼层盖板。有宽板（1200mm）和窄板（900mm）两种。板厚30mm，跨度自1800～3900mm。板的代号为：

如：YB 30.1，表示的意义是：YB—预应力板，30—轴跨（板长＝轴跨×100－90），圆点后面的1表示载荷等级（不带括号为宽板，带括号为窄板），板底最小缝宽40mm。板的形状如图11-44所示。

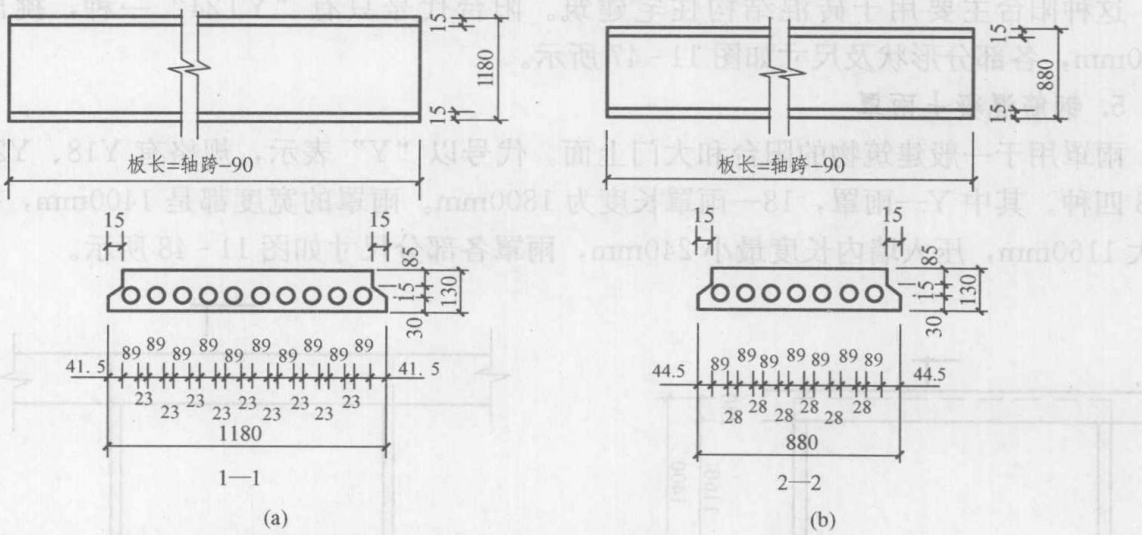


图11-44 预应力圆孔板

（a）宽板；（b）窄板

板的规格有具体规定，使用时需查表。

2. 钢筋混凝土沟盖板

沟盖板主要用于室内外暖气沟的盖板。管沟的净跨度有1000、1200mm和1600mm三种，其代号以“B 12.1”表示，其中B表示沟盖板，12表示净跨度为1200mm，圆点后面的1表示载荷等级为1级。沟盖板在安装时，要铺放10mm厚的坐浆。支撑长度一般为100mm，如图11-45所示。沟盖板的长度为净跨加200mm，其规格也需要查表。

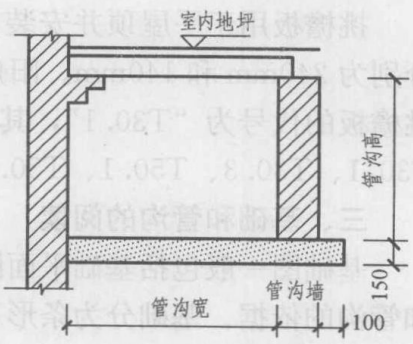


图11-45 管沟

3. 钢筋混凝土预制过梁

过梁主要用于砖混结构砖墙承重的民用建筑的门窗过梁或其他部位，如管沟转角处。过梁的断面形式有三种，如图11-46所示。载荷等级有四种。过梁的代号以“L15.2.1”表示，各部分的意义为：L—表示过梁，15—最大净跨为1500，2—载荷等级为2级，1—断面形状（1表示矩形—图11-46左图，2表示小挑口—图11-46中图，3

表示大挑口—图 11-46 右图)。

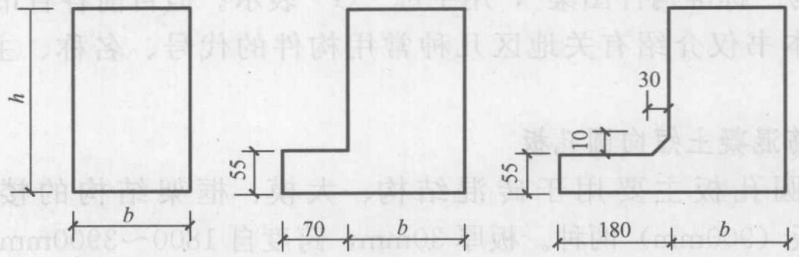


图 11-46 过梁的三种断面

4. 预制钢筋混凝土阳台板

这种阳台主要用于砖混结构住宅建筑。阳台代号只有“YT24”一种，挑出长度为1160mm，各部分形状及尺寸如图 11-47 所示。

5. 钢筋混凝土雨罩

雨罩用于一般建筑物的阳台和大门上面。代号以“Y”表示，规格有 Y18、Y24、Y27、Y33 四种。其中 Y—雨罩，18—雨罩长度为 1800mm。雨罩的宽度都是 1400mm，挑出长度最大 1160mm，压入墙内长度最小 240mm，雨罩各部分尺寸如图 11-48 所示。

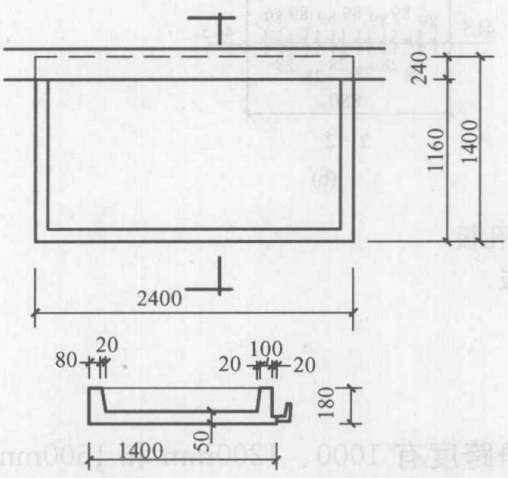


图 11-47 阳台

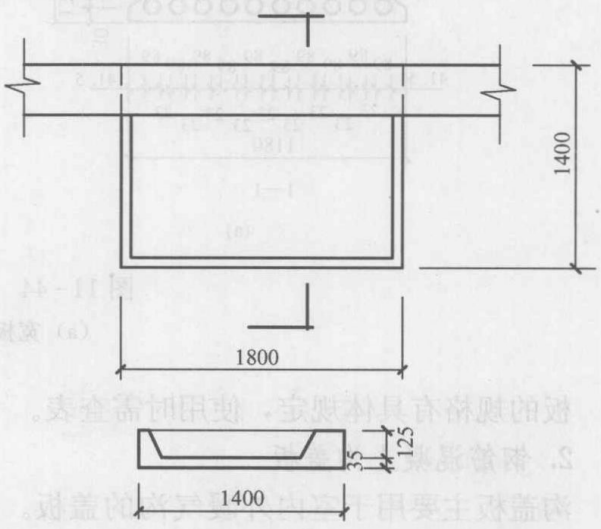


图 11-48 雨罩

6. 挑檐板

挑檐板用于平屋顶并安装在屋面板上，挑出长度有 500mm 和 300mm 两种，檐口高度分别为 240mm 和 140mm。阳角转角处有专用板，阴角转角处则用一般挑檐板在现场现凿。挑檐板的代号为“T30.1”，其中 T—表示挑檐，30—挑出长度为 300，1—类别。挑檐板有 T30.1、T30.3、T50.1、T50.3 四类。

三、基础和管沟的阅读

基础图一般包括基础平面图和基础详图。基础图是抄平、放线、刨槽、打垫层、砌基础和管沟的依据。基础分为条形基础（用于砖混结构）和独立基础（用于柱网结构）。现以条形基础为例说明。

1. 基础平面图

(1) 形成：假想用一个水平面在地面与基础之间剖切，移去剖切平面上面的部分，将剖切平面下面的部分去掉泥土向水平面作正投影，所得的剖面图就是基础平面图。

(2) 内容：①画出轴线网并予以编号，标注轴线间的尺寸（必要时还要注总长、总宽）；②表明基础的平面布置，墙的厚度和它们与轴线的位置关系，刨槽后基础底面的宽度和它们与轴线的位置关系；③表明管沟的宽度、位置、预制沟盖板的型号与数量，预制过梁的型号与数量，检查井的位置与板号；④表明基础墙上预留洞的位置、洞的尺寸及其洞底标高；⑤注写各不同尺寸和做法的基础墙详图的索引标志；⑥不同深度处的基础做法，通过基底轴线的纵向剖切后，翻转 90°画出其剖面图，表示不同基底的标高变化情况。图 11-50 中的 4—4 断面图注出了基础各部分的名称。图 11-49 是某办公楼的基础平面图，由图可知：该楼房的开间有 3000mm 和 3300mm 两种，进深为 5100mm 和 2100mm；外墙偏轴，厚 360mm，内墙厚 240mm，槽宽 1000mm；暖气沟宽 1000mm，位于楼房的西侧；穿墙洞 240mm×240mm，洞底标高−0.850，距 B 轴线 1300mm；另外在平面图中标注了 1—1、2—2、3—3、4—4 详图的索引。

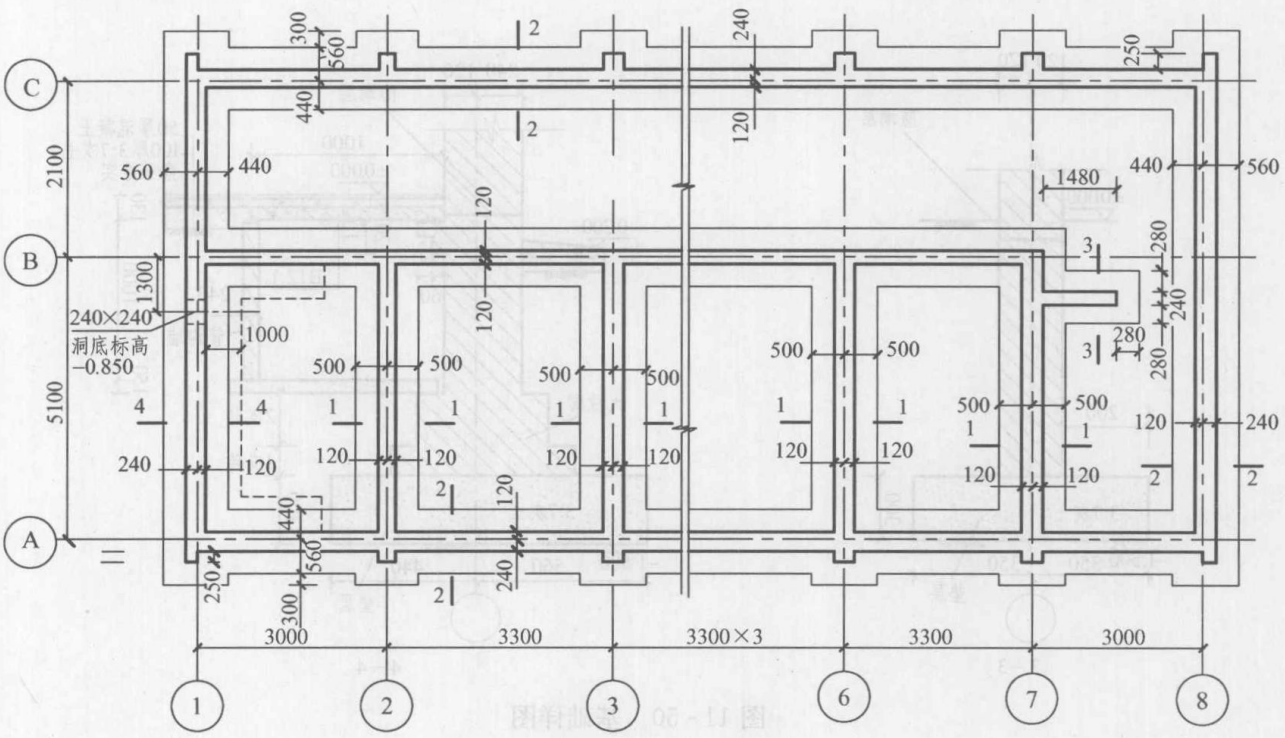


图 11-49 某办公楼基础平面图

2. 基础详图

用垂直于基础墙轴线的平面将基础墙断开，所得的剖面图称为基础详图，基础详图一般用较大的比例画出。凡是基础槽宽、基础墙厚度、基底标高、大放脚及暖气沟的做法不同时，都应画出不同的基础详图来表示。现以图 11-50 说明基础详图的内容：①根据基础平面图中的索引符号或基础代号，表示出墙的轴线；②表示基础墙的厚度，基础墙底面宽度及它们与轴线的位置关系；③表示室内外、基底、管沟底的高度（一般用标高表示），基础的埋置深度；④地梁的断面尺寸与配筋；⑤防潮层位置、管沟的做法；⑥大放脚的做法和尺寸，大放脚的收放。每次放 1/4 砖，有两种做法：一种是两皮砖收一次，另一种是二一收

放，一般是槽宽 1m 时收两次，槽宽 1.2m 时收四次。

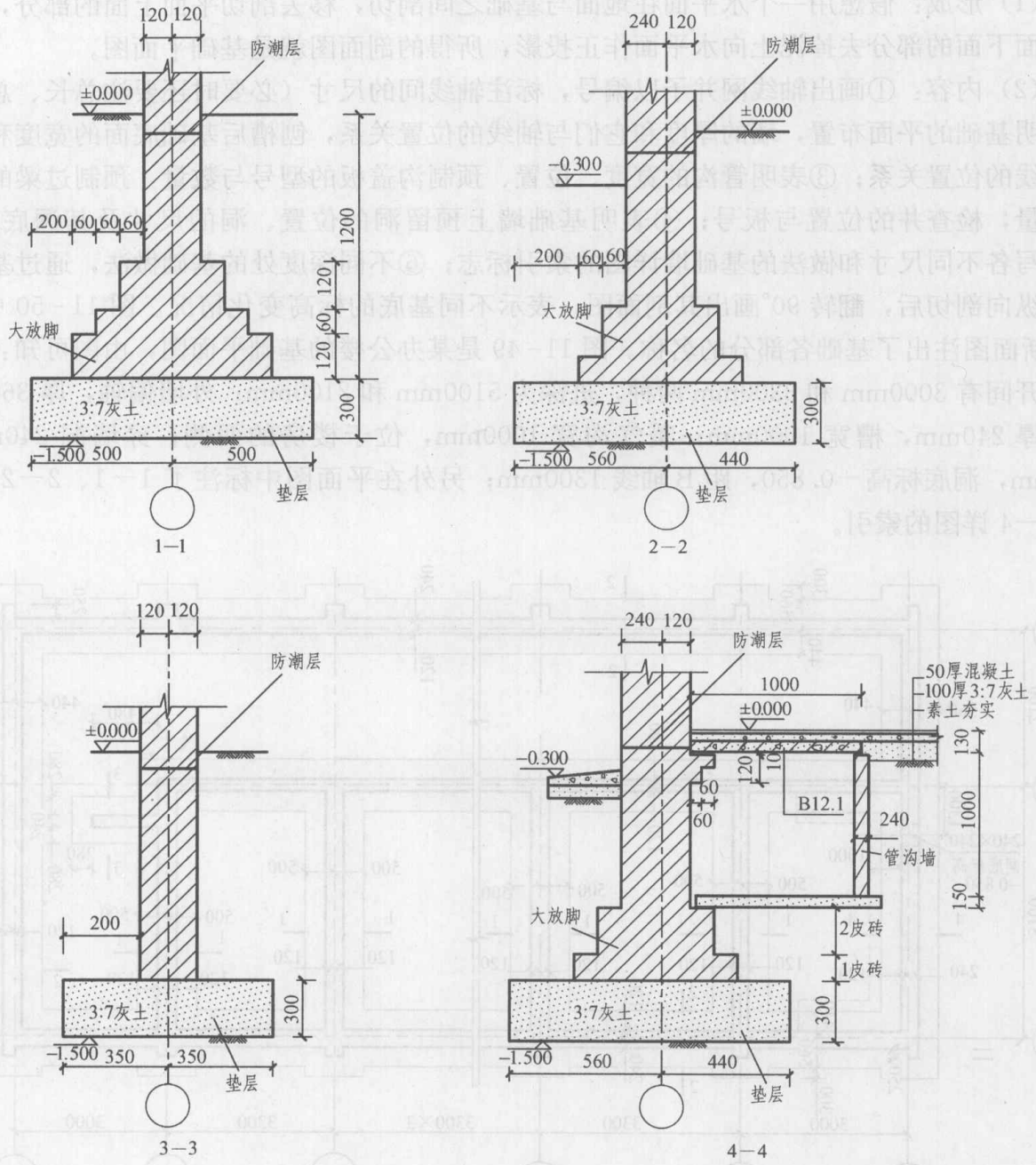


图 11-50 基础详图

3. 文字说明

对于图面难以表达而又必须交代清楚的内容，用文字说明。如地耐力、砖、砂浆、混凝土的强度、钢号、刨槽和验槽的要求等。

4. 有抗震要求的建筑物

砖混结构墙的抗震多需增加构造柱，其位置和断面尺寸在基础平面图中表示。构造柱的配筋，构造柱与砖墙的接合，根部的做法以及基础圈梁的位置、尺寸和配筋，都要画出详图表示。图 11-51 表示的就是构造柱基础。构造柱根部由地基梁开始做起，横向用 ϕ6 的拉结筋连接。

5. 读基础图注意事项

(1) 基础平面图与建筑首层平面图关系密切，在读图时要核对轴线网是否一致，承重墙

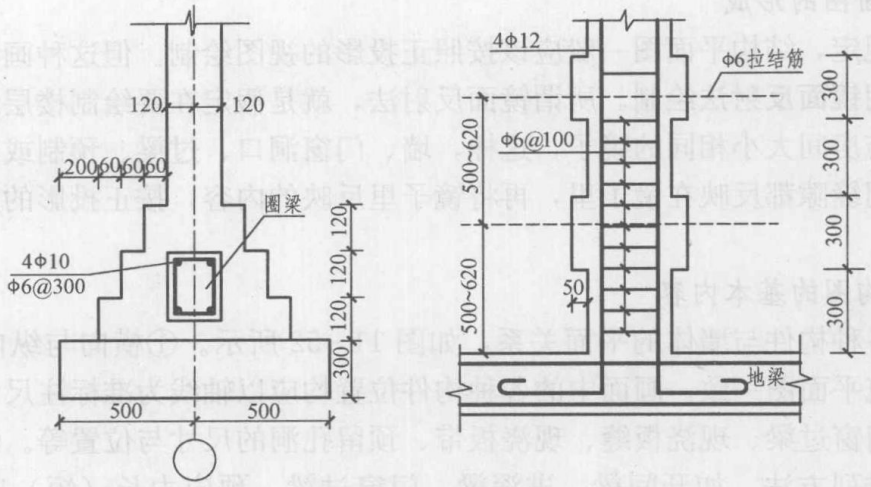


图 11-51 圈梁和构造柱

下是否都有基础，墙厚是否有矛盾。

（2）要将基础详图、基础平面图和建筑外墙详图互相对照起来读。核对轴线编号是否对应、墙与轴线的位置关系是否一致，勒脚、防潮层做法是否一致等。

（3）将基础图中的预留孔洞的位置、标高、尺寸等与设备专业图、电气专业图互相对照。

四、预制钢筋混凝土构件楼层结构图的阅读

楼层结构图表示梁、板、柱及墙的关系，因此它是安装梁、板等构件的技术文件，有时还为现浇圈梁、现浇楼板提供依据，它是结构施工图的重要组成部分。楼层结构图一般包括楼层平面图和节点详图两类图纸。

楼层结构图包括楼层平面图（见图 11-52）和节点图。

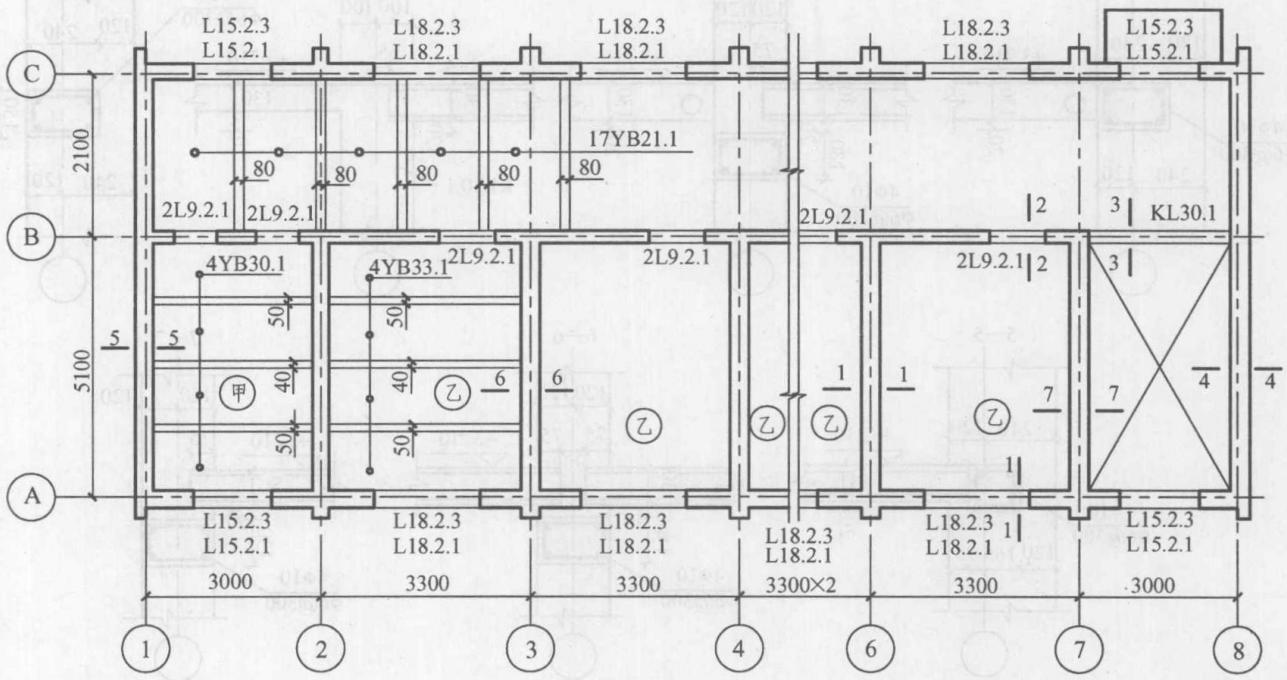


图 11-52 楼层平面图

注：因版面受限，平面图中间断开，实际工程图应画全。

1. 楼层平面图的形成

建筑制图规定，结构平面图一般应该按照正投影的视图绘制。但这种画法会出现较多的虚线，故常采用**镜面反射法**绘制。所谓镜面反射法，就是假定在要绘制楼层结构平面图的房间中，放一面与房间大小相同的镜子，这样，墙、门窗洞口、过梁、预制或现浇梁、预制楼板的排列、板间缝隙都反映在镜子里，再将镜子里反映的内容，按正投影的规律画出楼层结构平面图。

2. 楼层结构图的基本内容

（1）表示各种构件与墙体的平面关系，如图 11 - 52 所示。①横向与纵向轴线的尺寸与编号均应与建筑平面图一致。画面中的各种构件位置均应以轴线为准标注尺寸，如板厚、梁宽、预制板、门窗过梁、现浇板缝、现浇板带、预留孔洞的尺寸与位置等。②各种预制件的型号、数量和排列方法。如开间梁、进深梁、门窗过梁、预应力长（短）向圆孔板、雨罩板、阳台板等。如果一些房间的构件数量与排列方法完全相同，可仅画其中一间，并用编号注明，如甲、乙……其他房间可只注编号。③楼梯间常另画详图与建筑楼梯详图一并表示。这时在结构平面图中一般只画十字对角线，并注明详图索引符号。④表明结构构造的节点剖面及详图索引。凡墙、梁、板和圈梁等构造不同处，都应有节点的索引和编号。⑤文字说明，如材料标号、计算使用载荷、对施工的要求、所选用的标准构件图集的标号等。

（2）表示各节点详图的构造关系，如图 11 - 53 所示。它主要表示各构件的连接关系和构造处理。每个图形中均应表明：①轴线位置和编号，墙厚尺寸与轴线的关系；②楼板、雨罩板、阳台板与墙或梁的搭接尺寸关系及构造处理；③圈梁的断面尺寸和配筋；④楼板板缝的宽度和配筋情况；⑤洞口过梁的截面和根数；⑥主要部位的标高。

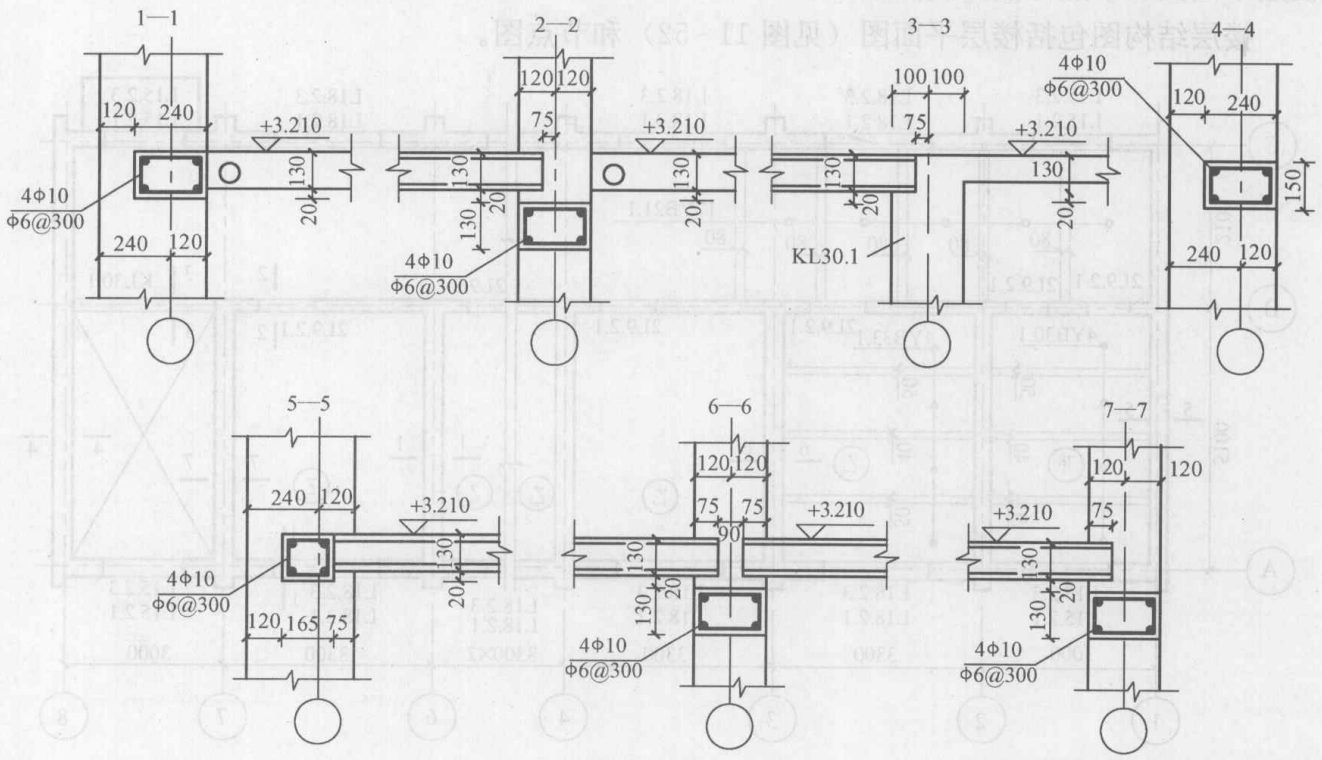


图 11 - 53 节点详图

3. 读图要点

(1) 楼层结构平面图应与建筑平面图对照阅读。

(2) 楼层结构平面图应与节点详图对照，节点详图应与建筑外墙详图对照阅读。

(3) 特别要校对暖气、上水、下水、通风等水平管道标高与梁板下皮标高、洞口上皮标高有无矛盾，预制开间梁、进深梁等更应认真校对。

(4) 对照阅读文字说明，也不能忽视引用的构件图集。

(5) 根据施工需要，应进行各种预制构件型号与数量的统计工作，如果图纸上已列出构件数量表，也要认真核对。

五、屋顶结构图的阅读

屋顶结构图是正投影的俯视图。屋顶结构图主要用于安装梁、板。其主要内容基本上与楼层结构图一致，但楼梯间处应该封闭起来（用屋顶板封住）。屋顶板除采用钢筋混凝土圆孔板以外，还可以采用加气混凝土板（如图 11-54 中的 JB33.2、JB30.2、JB21.2 等）。屋顶板可以水平安装或带坡安装，但钢筋混凝土板必须带坡安装，以减少板上找坡材料的荷载。屋顶结构图应表明挑檐板或女儿墙的构造。屋顶结构图也包括平面图和节点图两部分。屋顶结构图的读图要点基本与楼层结构图相同，但还应该注意挑檐板与墙、顶板的关系，挑檐板的尺寸和锚固措施，女儿墙的厚度、高度、位置及压顶的做法。

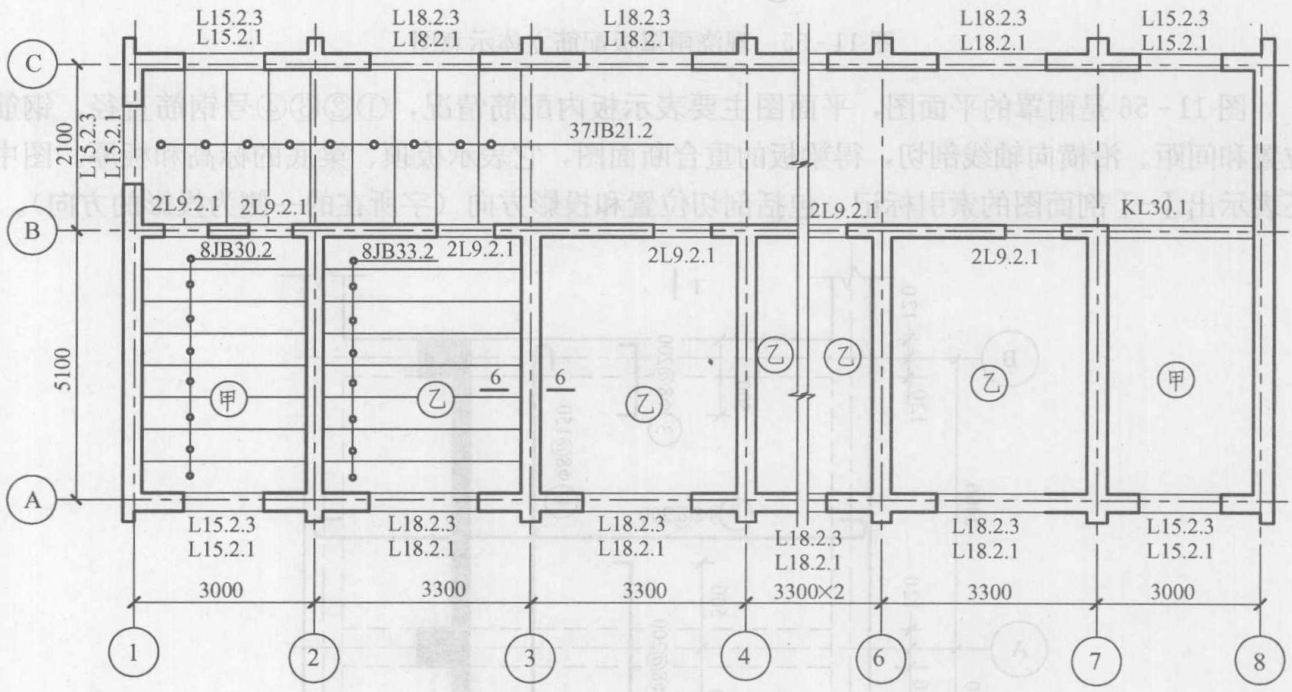


图 11-54 屋顶结构图

六、现浇钢筋混凝土楼层结构图的阅读

现浇楼层结构图包括平面图、剖面图、钢筋表和文字说明四部分。它是现场支模、绑钢筋、浇灌混凝土几道工序的施工依据。当前许多工程采用全现浇式的结构形式。图纸内容有：

(一) 现浇钢筋混凝土楼层

(1) 平面图主要应表明轴线网及其编号。

（2）以轴线为准，表明承重墙的布置和厚度。

（3）梁的布置、编号和梁垫尺寸。

（4）用重合断面表示板的厚度、标高及梁端支座长度。

（5）钢筋的布置情况，将不同类型钢筋的编号、规格、间距、定位尺寸表示清楚。图11-55是钢筋在板中配置的立体示意图。

（6）梁与板下皮的标高。

（7）剖面详图索引。

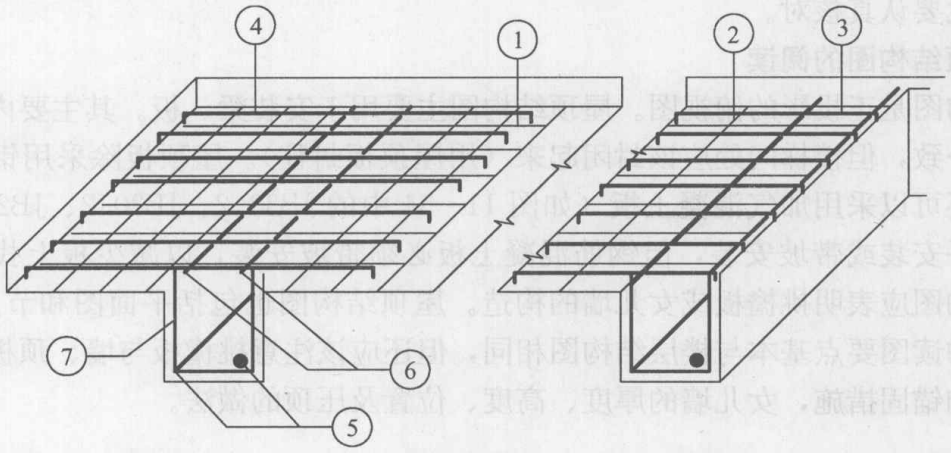


图11-55 现浇雨罩板配筋立体示意图

图11-56是雨罩的平面图，平面图主要表示板内配筋情况，①②③④号钢筋直径、钢筋位置和间距。沿横向轴线剖切，得梁板的重合断面图，它表示板顶、梁底的标高和板厚。图中还表示出Ⅰ—Ⅰ剖面图的索引标记，包括剖切位置和投影方向（字所在的一侧为投影的方向）。

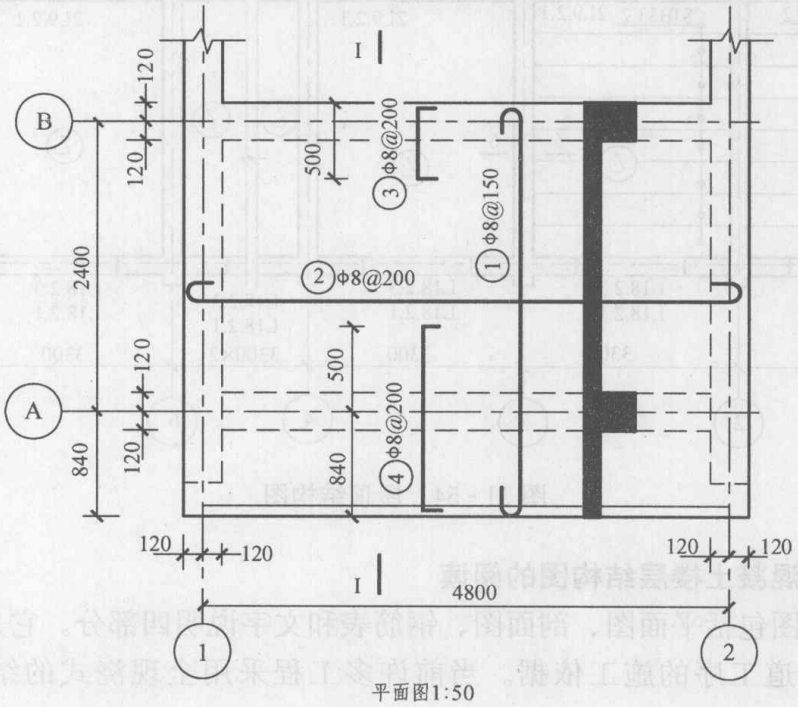


图11-56 雨罩平面图

图11-57是Ⅰ—Ⅰ剖面图，表示各种钢筋的分布情况。读者可对照平面图和钢筋表（见表

11-10）自行分析板内钢筋的分布情况，包括钢筋的编号、方向、钢号、直径、形状、尺寸及弯钩的形式和方向等。

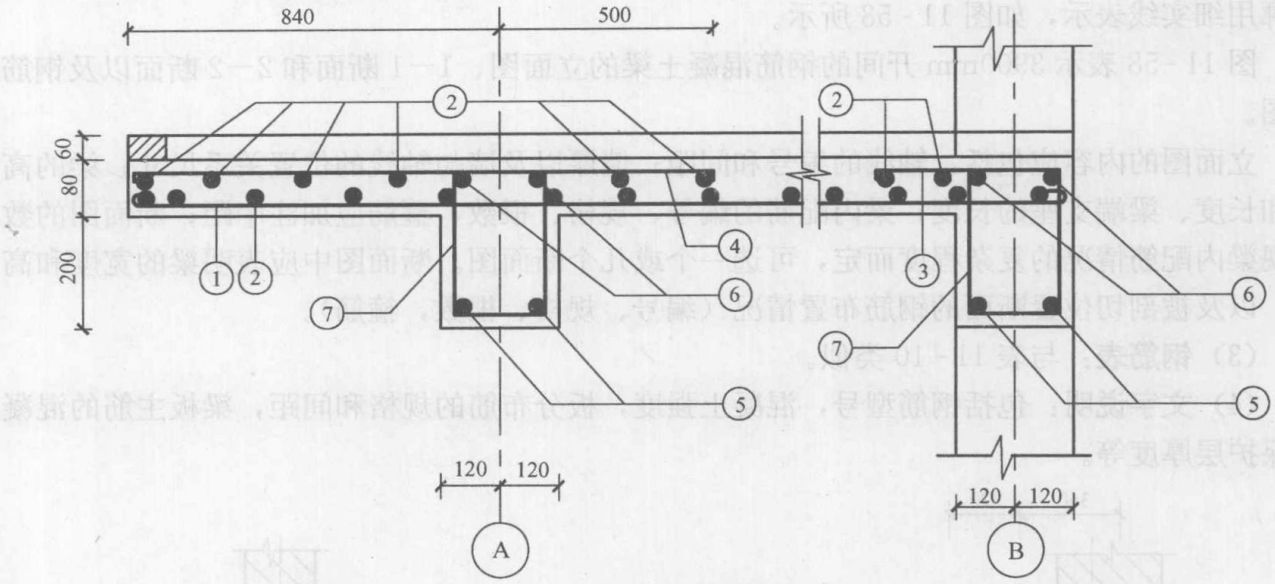


图 11-57　Ⅰ—Ⅰ剖面图

表 11-10　　**钢　筋　表**

编号	形状和成型尺寸	根数	钢号直径
①	3300	35	φ 8
②	5020	26	φ 8
③	480	26	φ 8
④	1520	26	φ 8
⑤	5000	4	Φ 18
⑥	5000	4	φ 14
⑦	200 / 250	52	φ 6

表 11-11 是常用钢筋的种类和符号，供读者读图时查询。

（二）现浇钢筋混凝土梁详图

包括模板图、配筋图（由立面图和剖面图组成）、钢筋表和文字说明。

（1）模板图：主要表明钢筋混凝土构件的外形、预埋铁件、预埋插筋、预留孔洞的位置和各部分尺寸、有关标高以及构件和定位轴线的位置关系等。常由构件的立面图和剖面图组成，是指导模板制作和安装的技术文件。

表 11-11　　**钢筋的种类和符号**

牌号	符号	公称直径 d(mm)
HPB300	φ	6～22
HRB335 HRBF335	Φ ΦF	6～50
HRB400 HRBF400 RRB400	Φ ΦF ΦR	6～50
HRB500 HRBF500	Φ ΦF	6～50

(2) 配筋图：主要表明钢筋在构件中的配置情况。假想构件的混凝土部分是透明体，钢筋的配置情况无遮挡地显示出来。钢筋用粗实线表示，其横断面用小圆点表示，构件的外形轮廓用细实线表示，如图 11 - 58 所示。

图 11 - 58 表示 3900mm 开间的钢筋混凝土梁的立面图、1—1 断面和 2—2 断面以及钢筋详图。

立面图的内容应包括：轴线的编号和间距；墙厚以及墙与轴线的位置关系尺寸；梁的高度和长度、梁端支座的长度；梁内配筋的编号、规格、根数，箍筋应加注中距；断面图的数量视梁内配筋情况的复杂程度而定，可选一个或几个断面图。断面图中应表明梁的宽度和高度，以及被剖切位置断面的钢筋布置情况（编号、规格、根数，箍筋）。

(3) 钢筋表：与表 11 - 10 类似。

(4) 文字说明：包括钢筋型号，混凝土强度，板分布筋的规格和间距，梁板主筋的混凝土保护层厚度等。

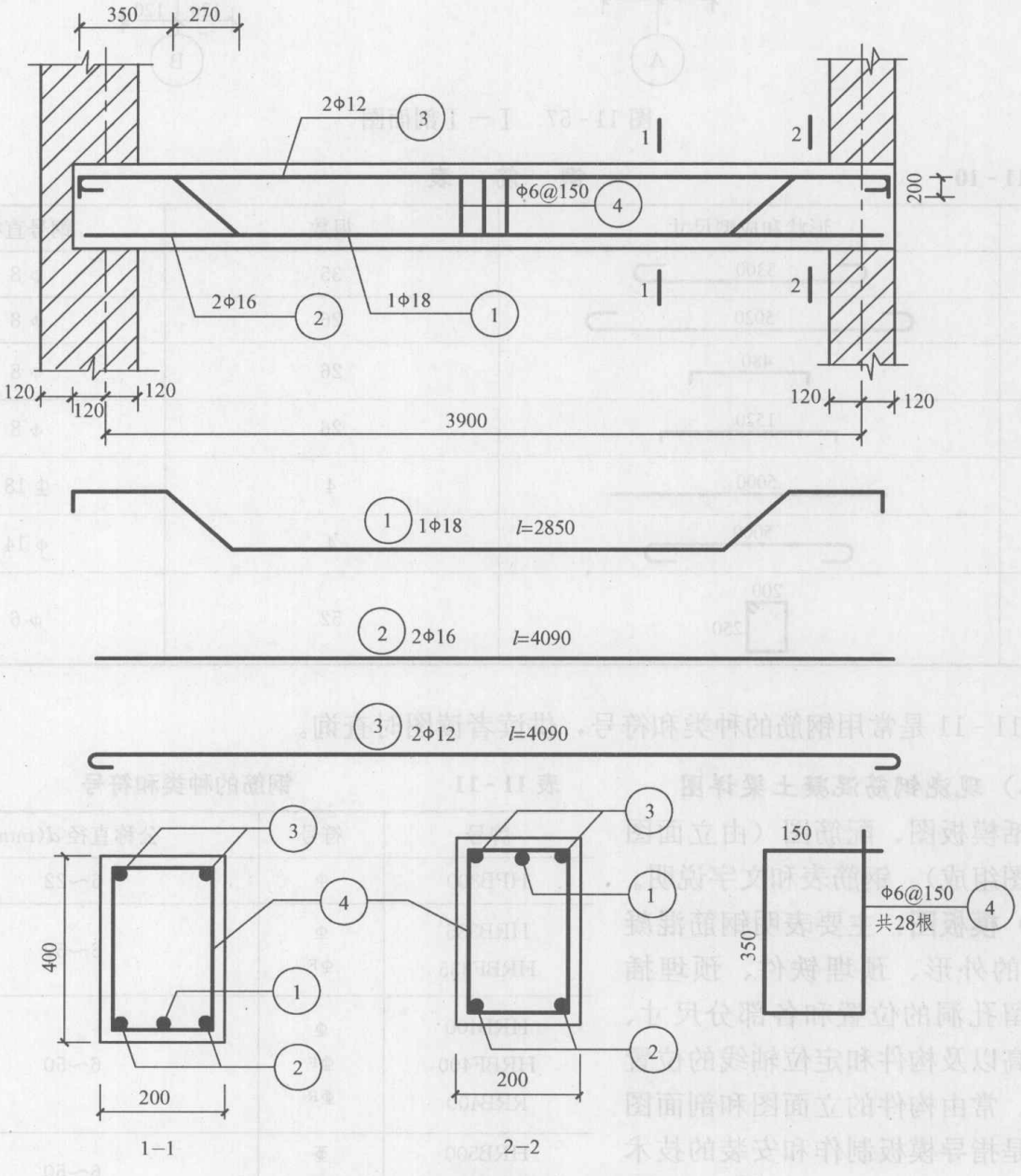


图 11 - 58 钢筋混凝土现浇梁详图

(三) 现浇钢筋混凝土楼层结构图的读图注意事项

(1) 核对梁、板标高与其他专业图有无矛盾。

(2) 与图对照复核钢筋表，注意钢筋的型号与直径有无差错。

(3) 表内的长度是设计长度，施工下料的长度应按规定计算出具体尺寸。

图 11-59 是梁内钢筋分布示意图。

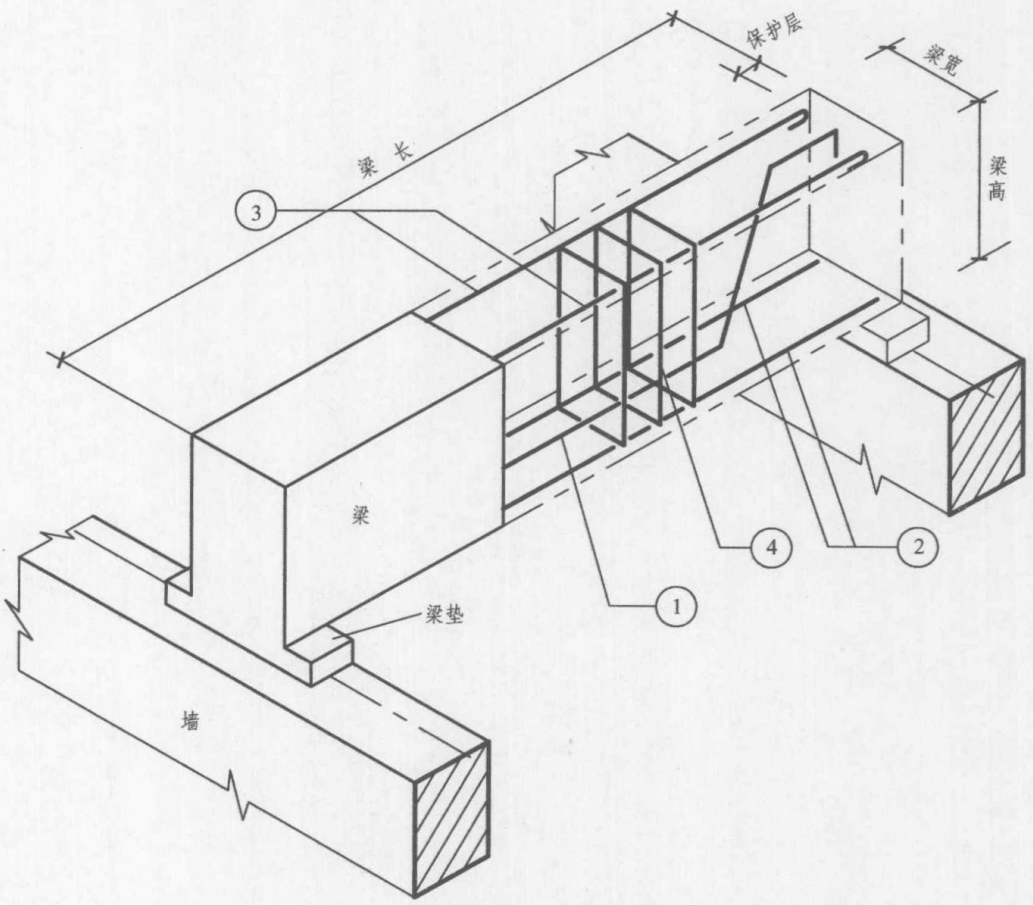


图 11-59 梁内钢筋分布示意图

设备施工图和电气施工图是房屋建筑图的重要组成部分，它们主要表达各种管道的和电气线路的走向，一般画一张平面图和系统图（立体图），读图比较容易，同学们可结合习题练习读图。复杂的管道图也可以画出平、立、剖面图等，其表达方法见第十二章，本章不再叙述。

思 考 题

1. 建筑图的作用是什么？
2. 为什么对建筑物进行分类？如何分类？
3. 一套完整的建筑图包含哪几部分内容？说明各部分的作用和特点。
4. 尺寸标注是建筑图中的重要部分，可否从图上直接量取建筑物的对应尺寸，为什么？
5. 试述确定定位轴线的意义及其编排方法。
6. 试述标高的类型、含义及其用法。

7. 索引符号与详图符号的区别及各自的作用是什么?
8. 为什么要规定建筑图的图例和符号?
9. 如何阅读建筑施工图?
10. 阅读结构施工图应注意哪些事项?

第十二章 管 道 图

发电厂中有大量的管路系统，如热力系统中的汽水管道、烟风管道、制粉送粉管道、输油管道等都是管道系统。管子是由钢管、铸铁管等型材制作的，由于管道中流体的压力、温度、流量等参数不同，因此管子的直径、壁厚也不同，管子截面的形状有圆有方，所以，管道图虽然与一般零件图、装配图一样都是采用正投影的原理绘制的，但是也有许多不同之处。本章主要介绍电厂管道图的种类及绘图的基本方法。

电厂管道图按其用途可分为三类：

(1) 管道施工图：即各管段的零件图。这种图样确定了各管段的弯曲半径、弯曲角、管长、管子的规格和弯头的类型等，是制造和检验的依据。

(2) 管道安装图：又称为管道布置图。这种图样是指导管道安装的技术文件。

(3) 管道轴测图：又称为管道安装立体图。为了帮助读图能力比较差的读者看懂管道安装图，以便顺利施工，避免出错，有时画出管道轴测图作为管道安装图的补充文件。

管道安装图绘制的原理仍采用正投影法原理，但图形的名称与机械图不同，机械图中的主视图、左视图在管道图中称为××立面图或××剖视图，俯视图则称为平面图。也有的管道图不标注名称，而是以厂房中的柱子标号确定其投影方向的。管道施工图的名称与机械图相同。

第一节 管 道 施 工 图

一、管道施工图的内容

表示单根管子的几何形状、尺寸和技术要求的图样称为管道施工图，如图 12-1 所示。它是指导管子制造和检验的技术文件。其内容与机械图类似，主要包括：

(1) 投影图：表示管子的弯曲方向。

(2) 尺寸：表示各管段的长度、相对位置、弯管的弯曲半径、弯曲角等的大小等。

(3) 说明和技术要求：说明管子规格、重量、材料、弯头或接头的形式、加工方法及其他技术要求等。

(4) 标题栏：内容大体与机械图相同。

管子的几何形状包括直管段和弯管段两类，其中每一个弯曲的管段称为弯头，如图 12-2 所示。弯头圆弧的半径称为弯曲半径，圆心称为弯曲中心，中心角称为弯曲角，而直边所确定的平面称为弯头平面。

弯曲管子的各直管段和弯头位于同一平面内时，称为平面弯曲管子，其弯头称为平面弯头，否则称为空间弯曲管子，其弯头称为空间弯头。

空间弯曲管子连接的两个弯头，若不在同一平面内，则弯头平面的夹角 θ 称为弯管斜势，简称**斜势**，如图 12-3 所示。

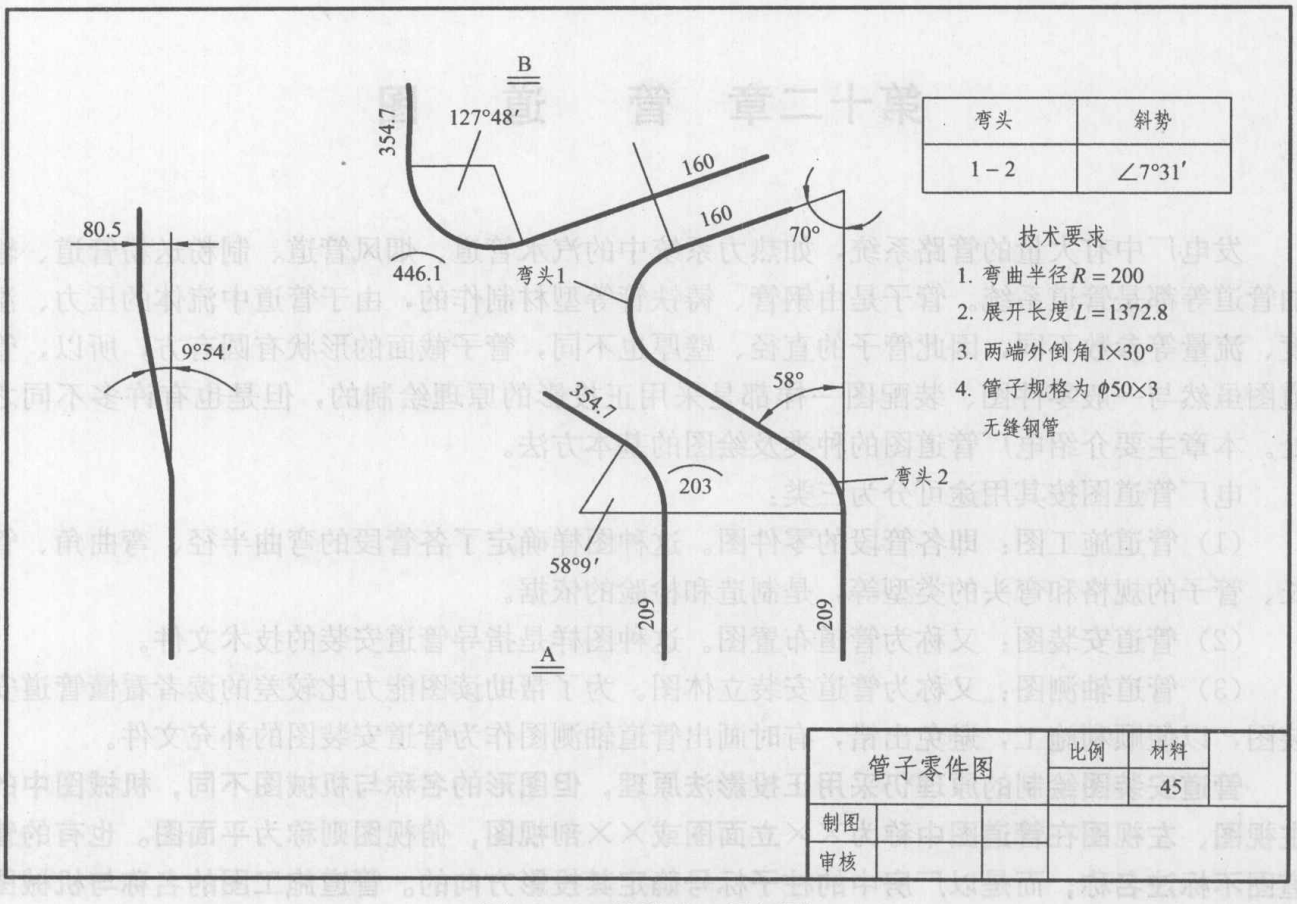


图 12-1 管道施工图例图

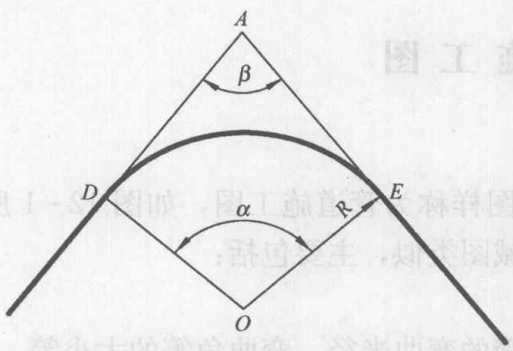


图 12-2 管子弯头

O—弯曲中心；*R*—弯曲半径；

α—弯曲角；*β*—弯头顶角；*A*—弯头顶点；

D、*E*—弯头起点、终点；*DE*—弯弧

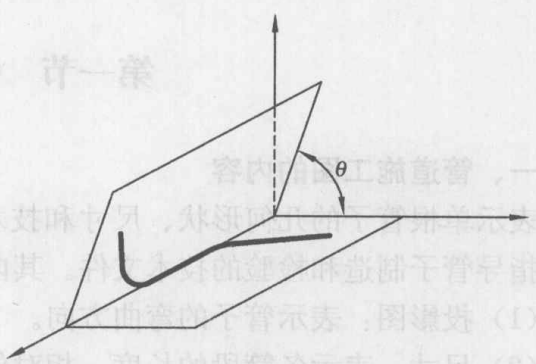


图 12-3 弯管斜势

二、管道施工图的特殊画法

管道施工图的绘图原理与机械图相同，但因其形状上的特殊性而采用一些与机械图不同的特殊画法，主要方法如下：

（1）管子的几何形状一般采用单根粗实线表示，其直径与壁厚（规格）用标注法说明，而不画出它的横剖面图，如管子 $\phi38\times5$ 说明管子的公称直径（通径）为 38mm，壁厚为 5mm。又如无缝钢管 $\phi426\times10$ 说明无缝钢管的公称直径是 426mm，壁厚是 10mm。

（2）图形的比例可任意选用，图中不必标注。

(3) 平面弯曲管子用一个视图表示，空间弯曲管子一般用两个视图表示。对不能表达真形的空间弯头可采用绕平行轴旋转法画出其真形，如图 12-1 中的 A、B 两图。

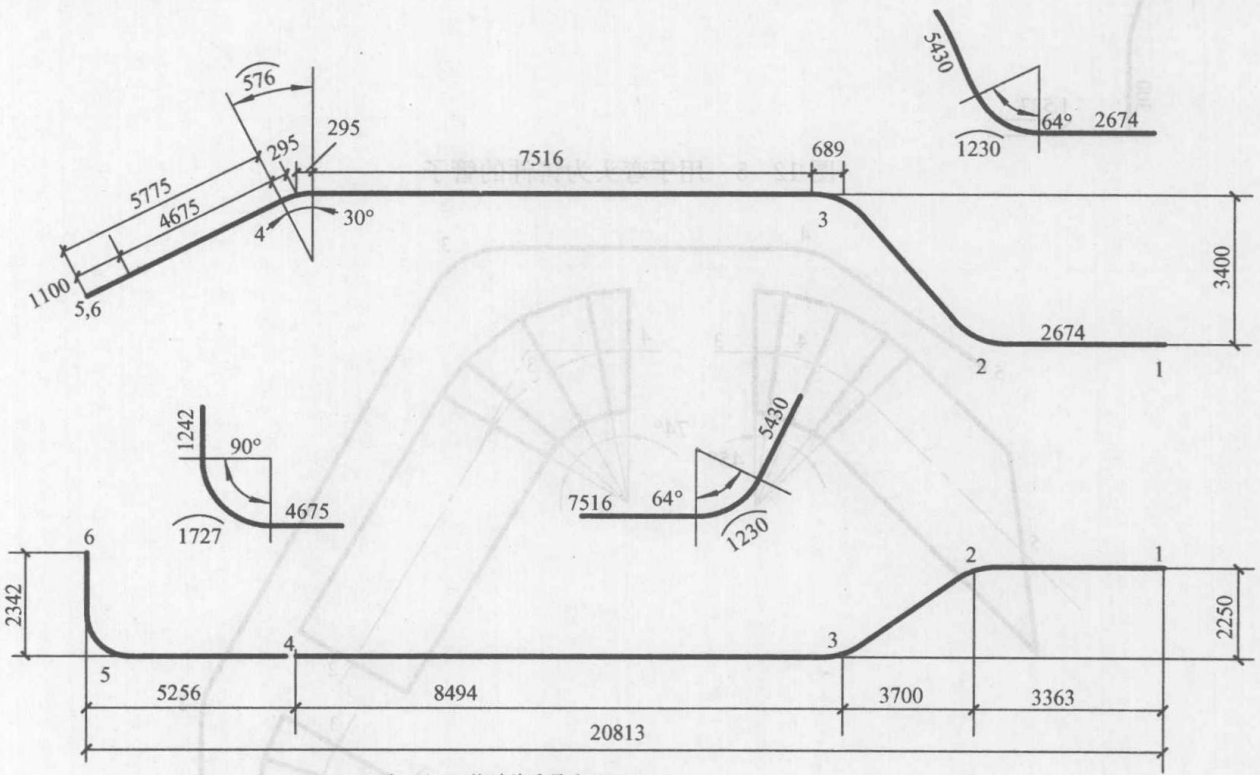
(4) 管子几何尺寸的标注以弯头的弯曲中心与该弯头圆弧两端两个连接点的连线（超出管子投影约 3～4mm）作为尺寸界线，各部分尺寸直接注在尺寸界线范围内，而不再画出尺寸线，如图 12-1 中的 446.1 即表示该弯头的弧长为 446.1mm。但在有定位尺寸的情况下，为了清晰，仍应画出尺寸线。弯曲半径也可不注在图形上，而在技术要求中说明。

(5) 管子的斜势用符号表示，两弯头平面夹角为锐角时用“∠”表示，两弯头平面夹角为小于 180°的钝角时用“⌒”表示。

三、管道施工图的表达方法

工程中管道施工图的表达方法有多种，常用的有下列三种：

(1) 用于弯管加工的管子。如图 12-4，管子的 1—2—3 段，2—3—4 段，4—5—6 段弯管部分不反映空间真实角度及弯管的真长，此时单独用单线绘制出真形图，图 12-1 采用了与此相同的画法。

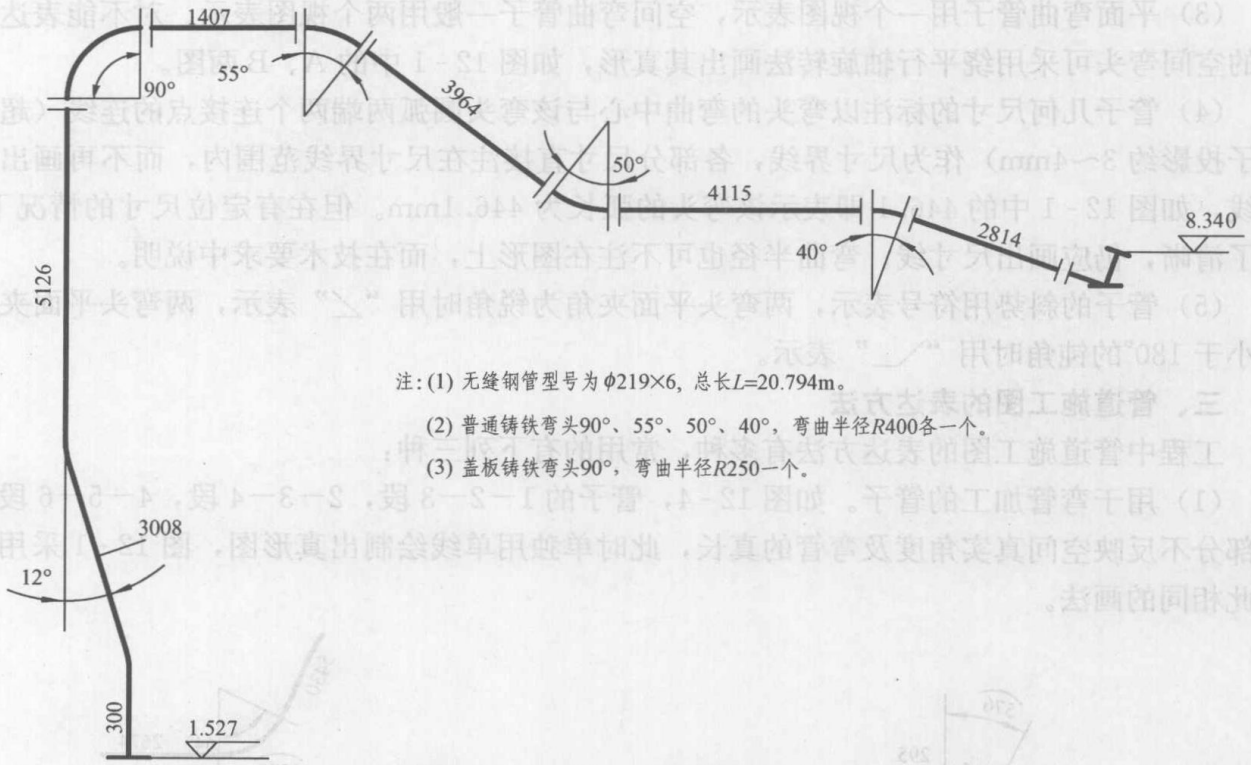


注：(1) 管道总重量为1744kg;
(2) 无缝钢管型号为Φ273×10,展开长度L=26300;
(3) 弯曲半径R=1100;
(4) 材料A3。

图 12-4 用于弯管加工的管子

(2) 用于弯头为铸件的管子。如图 12-5，这种施工图的特点是不画各管段的投影图，而将各直管段铺平在一个平面上，这种画法称为展开画法。其中管子的规格、尺寸及弯头的类型、规格均采用标注法表示。

(3) 用于弯头为焊接件的管子。这种画法的特点是表达管子弯曲情况的视图仍绘制成单线图，为了表达弯头的节数、弯头中心角及各节的细部尺寸，将弯头按弯曲角的真实大小绘制成双线图，以便进行钣金展开和焊接加工，如图 12-6 所示。



注：(1) 无缝钢管型号为ϕ219×6，总长L=20.794m。

(2) 普通铸铁弯头90°、55°、50°、40°，弯曲半径R400各一个。

(3) 盖板铸铁弯头90°，弯曲半径R250一个。

图 12-5 用于弯头为铸件的管子

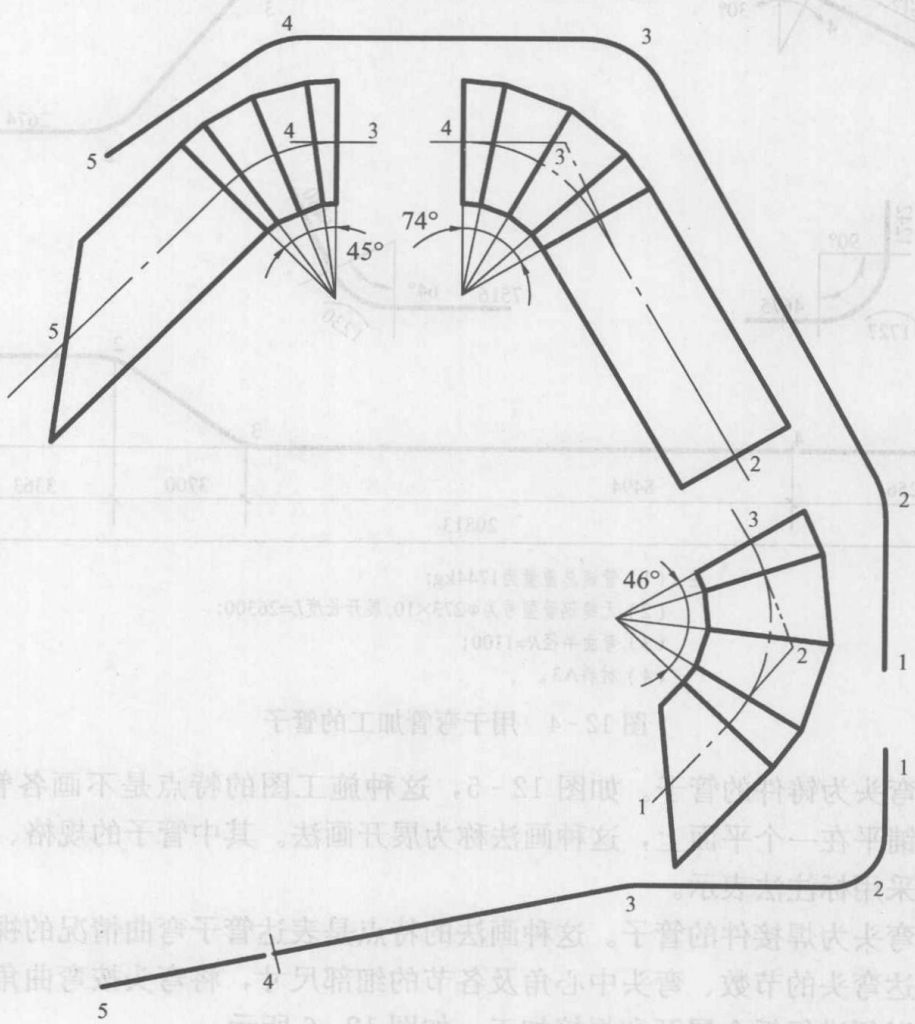


图 12-6 用于弯头为焊接件的管子

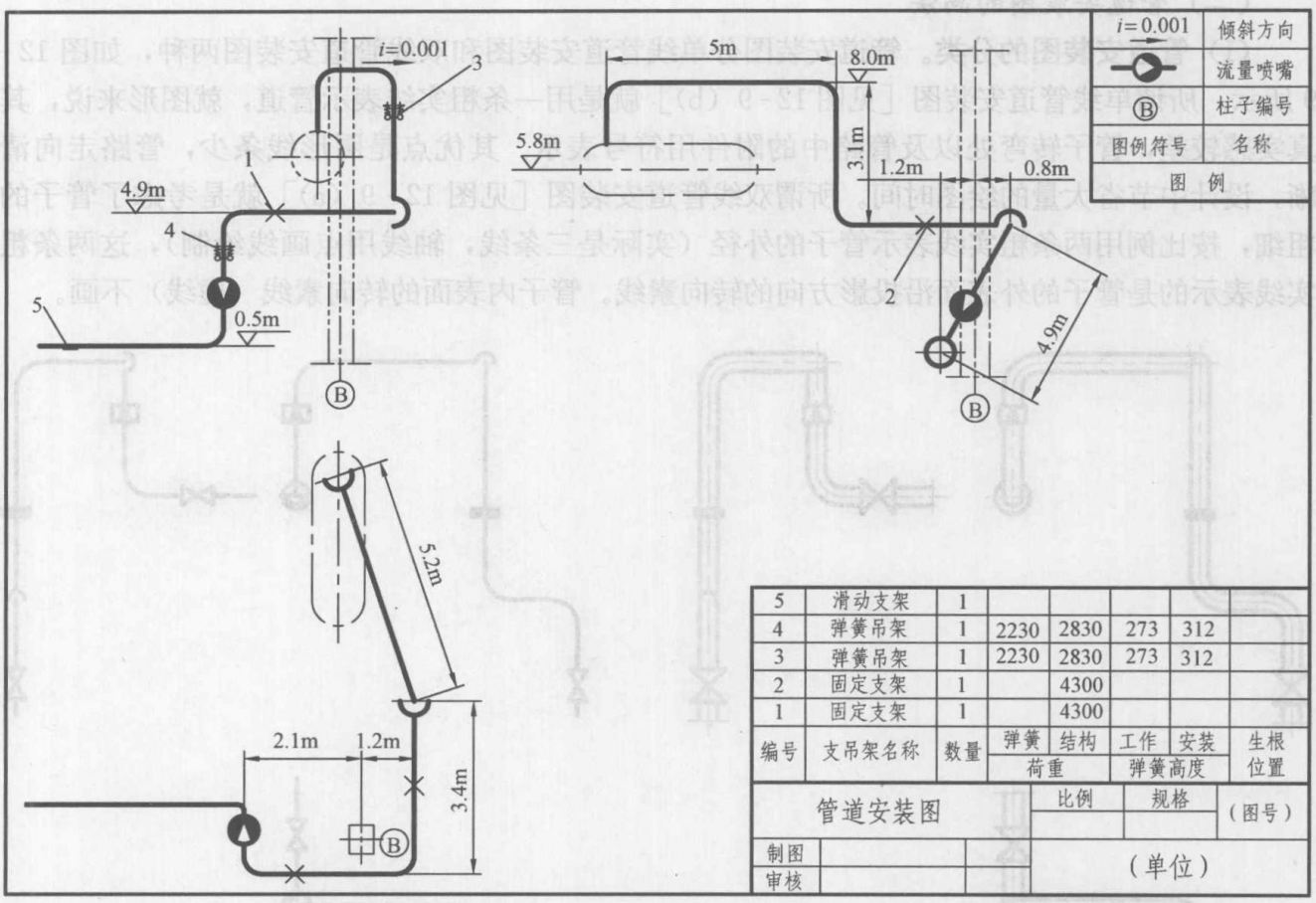
第二节 管道安装图和管道轴测图

一、管道安装图

管道安装图是表达一种或数种管子与设备、管路与建筑物的相对位置及连接关系的图样。

（一）管道安装图的内容

如图 12-7 所示，管道安装图的内容与机械图的装配图类似，它包括一组投影图、足够的尺寸、序号、明细栏、技术要求和标题栏等。



5	滑动支架	1					
4	弹簧吊架	1	2230	2830	273	312	
3	弹簧吊架	1	2230	2830	273	312	
2	固定支架	1		4300			
1	固定支架	1		4300			
编号	支吊架名称	数量	弹簧荷重	结构	工作弹簧高度	安装	生根位置

管道安装图		比例	规格	（图号）
制图				（单位）
审核				

图 12-7 管道安装图

（1）一组视图。管道安装图常采用平面图、立面图、剖视图表达，剖视图的剖切位置常选在管道的最前、最高、最左或最右处，以避免截断管路，其剖切位置一般在平面图上标注，若平面图采用剖视一般不必标注。

（2）尺寸标注。管道安装图一般标注下列几类尺寸：

1）厂房的总长、总宽及柱子的间距，并将柱子的编号注出。

2）各设备间的相对位置尺寸及其标高。

3）管子的公称直径与壁厚（列表说明）、管子的长度、弯曲半径以及水平管的坡度。

4）水平管的标高。

5）管路、设备与建筑物的相对位置尺寸。

6）平台、楼板的标高等。

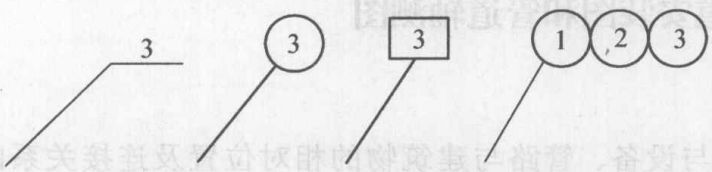


图 12-8 管道安装图中的序号

（3）技术要求。一般用文字书写，与机械图中的装配图类似。

（4）序号和明细栏。一般将管路、支吊架及管路附件等分别编写序号，其形式与装配图类似，如图 12-8 所示。其中成组编号的形式用于用统一代号表示的装配体，并列的数字就是管子零件的序号。

（5）标题栏。与装配图类似。

（二）管道安装图的画法

（1）管道安装图的分类。管道安装图分单线管道安装图和双线管道安装图两种，如图 12-9 所示。所谓单线管道安装图［见图 12-9（b)］就是用一条粗实线表示管道，就图形来说，其真实感较差，管子转弯处以及管路中的附件用符号表示。其优点是图形线条少，管路走向清晰，设计中节省大量的绘图时间。所谓双线管道安装图［见图 12-9（a)］就是考虑了管子的粗细，按比例用两条粗实线表示管子的外径（实际是三条线，轴线用点画线绘制），这两条粗实线表示的是管子的外表面沿投影方向的转向素线。管子内表面的转向素线（虚线）不画。

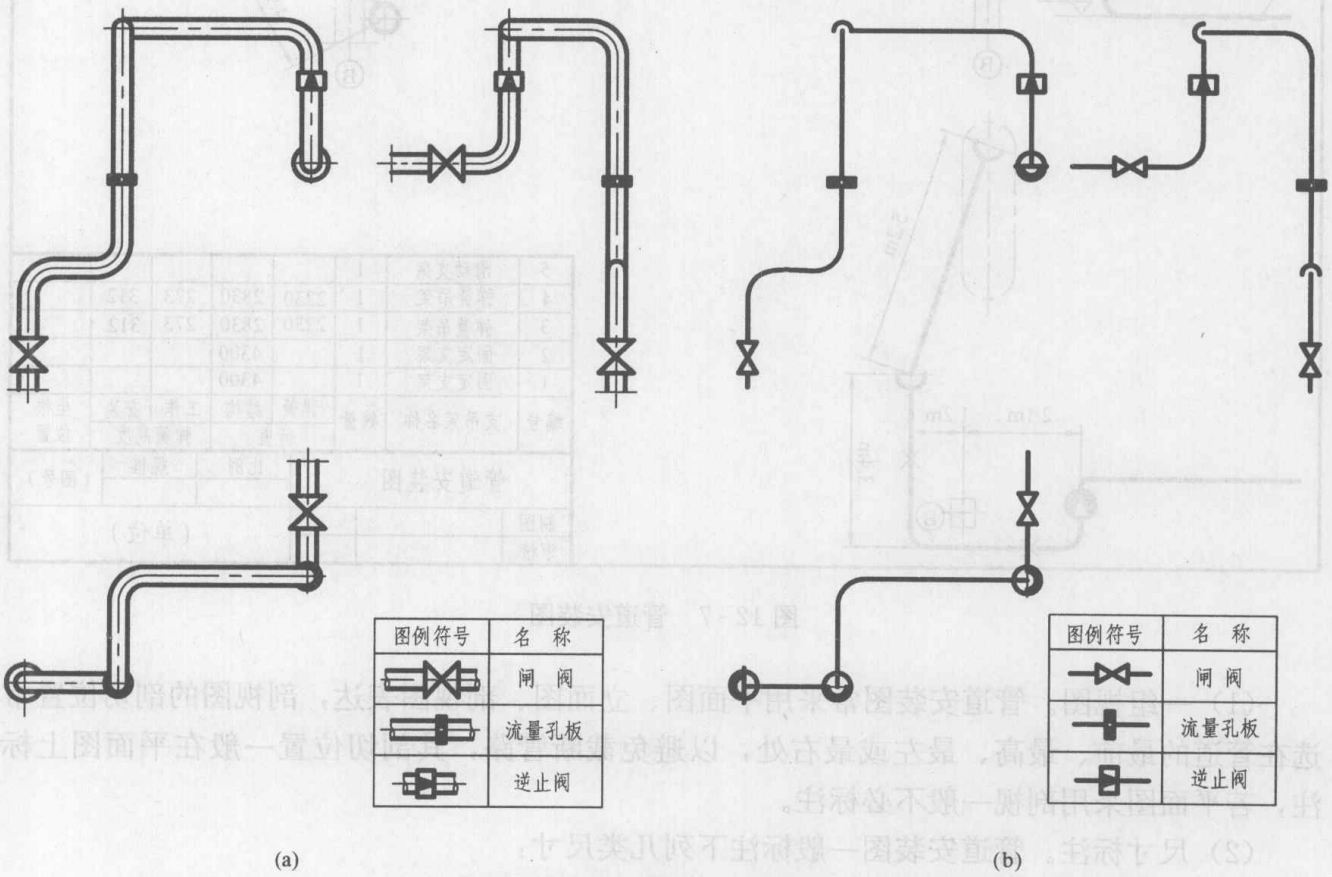
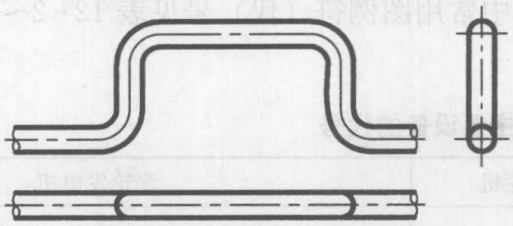
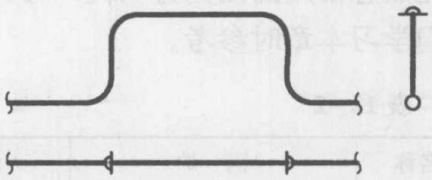
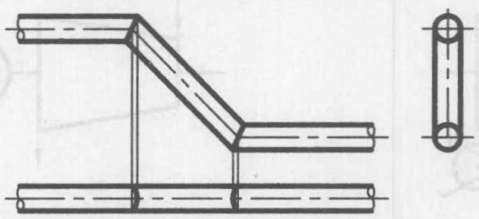
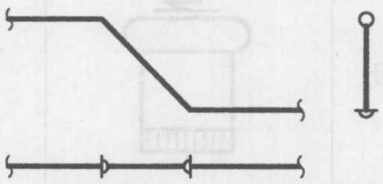
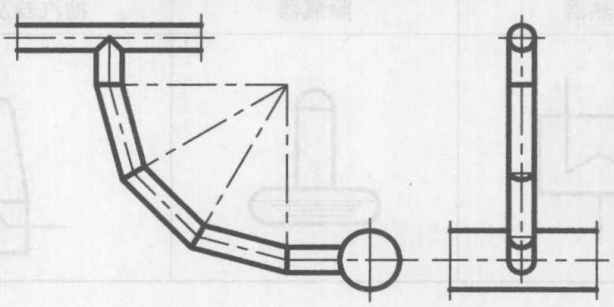
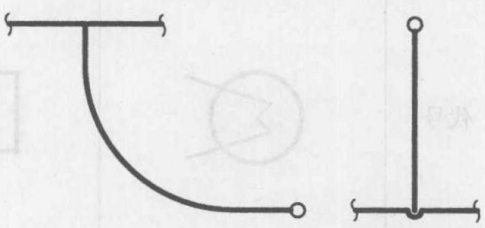
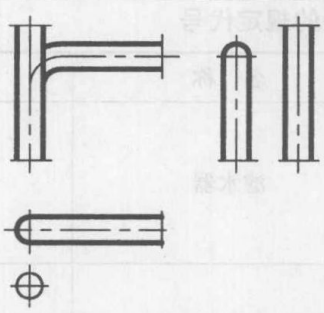
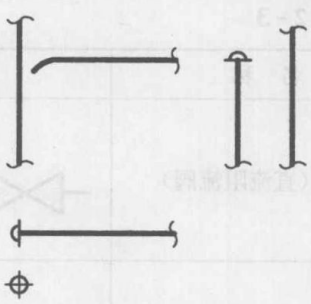
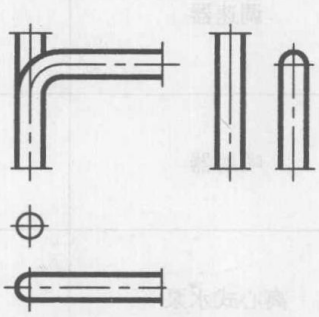
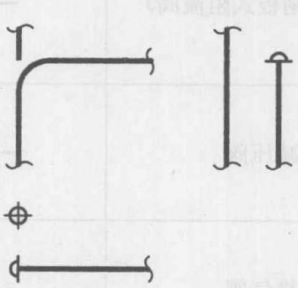
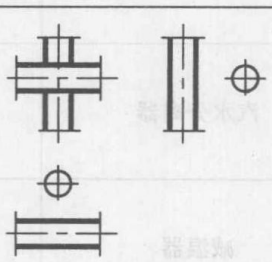
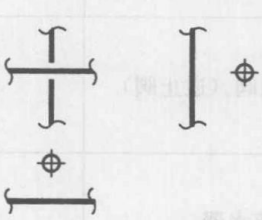


图 12-9 管道安装图的分类

（a）双线管道安装图；（b）单线管道安装图

（2）管道安装图的画法。管子转弯处、几根管子交错处及投影重合处有统一的规定画法，如表 12-1 所示。

表 12-1 管道安装图的画法

序号	名称	双线管道安装图画法	单线管道安装图画法
1	直角弯管		
	钝角弯管		
	直角焊接弯管		
2	重合管		
			
3	交叉管		

(3) 管道图的规定图例。为简化制图工作，在管道图中，设备、管道及其附件、支吊架等都采用规定符（代）号表示，这些符（代）号称为图例。在设计管道图和读管道图中，必须先熟悉常用的图例符（代）号，管道图中常用图例符（代）号见表 12-2～表 12-4，供同学们学习本章时参考。

表 12-2　　电厂主要设备的代号

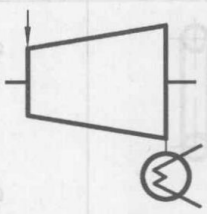
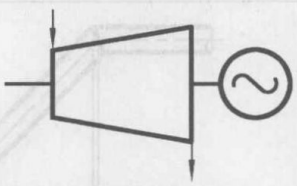
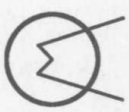
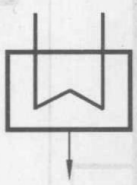
名称	锅　炉	凝汽式汽轮机	汽轮发电机	
代号				
名称	凝汽器	加热器	除氧器	抽汽器及冷却器
代号				

表 12-3　　常见阀门和仪器的规定代号

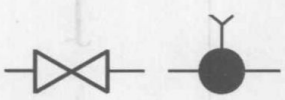
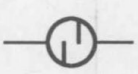
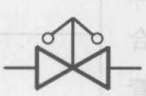
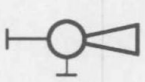
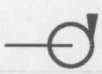
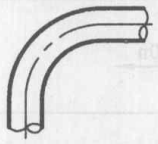
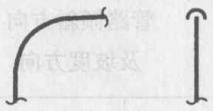
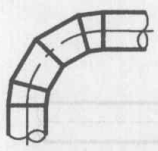
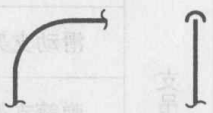
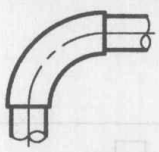
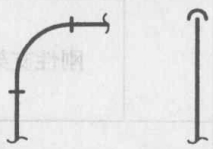
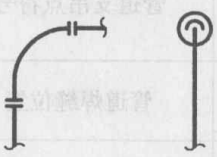
名　称	图　例	名　称	图　例
球阀（直流阻流阀）		滤水器	
闸阀（闸板式阻流阀）		调速器	
减压阀		喷射器	
排气阀		离心式水泵	
升降止回阀（逆止阀）		汽水分离器	
疏水器		减温器	

表 12-4　　常用管路安装图图例

名　称	图　例		双线图例	单线图例
1	管路倾斜方向及坡度方向		l=0.00n	i=0.00n
2	支吊架	固定支架		
		滑动支架		
		弹簧支架		
		刚性支架		
3	管道支吊点符号			
4	管道焊缝位置			
5	冷紧口		xxmm　xxmm	xxmm　xxmm
6	大小头	焊接大小头		
		法兰大小头		
7	法兰连接			
8	法兰流量喷嘴			
9	阀门	法兰阀门		
		丝扣阀门		
10	三通	焊接三通		
		丝扣三通		
		法兰三通		

续表

名 称	图 例		双线图例	单线图例
11	弯头	弯头		
		焊接弯头		
		丝扣弯头		
		法兰弯头		

二、管道轴测图

管道轴测图只是把管道的空间走向、管道上的附件及支吊架的位置用轴测图表达出来，它不涉及管道与建筑物的相对位置关系。这种图样大多数为单线图。管道轴测图的轴间角可根据立体感的强弱以及绘图方便与否加以选择。弯管部分用圆弧近似代替椭圆弧，轴向变形系数与其他轴测图相同。必须注意轴测图是沿轴向测量的，一般将轴测坐标的三根轴按轴间角画在管道轴测图的旁边。当管道不平行于坐标轴时，按 GB 4458.3—84 的附录 A 的规定，曲折的空间管道，凡在与水平投影面平行的面内倾斜，画上与 Y 轴平行的细实线，凡在与水平投影面垂直的面内倾斜，画上与 Z 轴平行的细实线，如图 12-10。

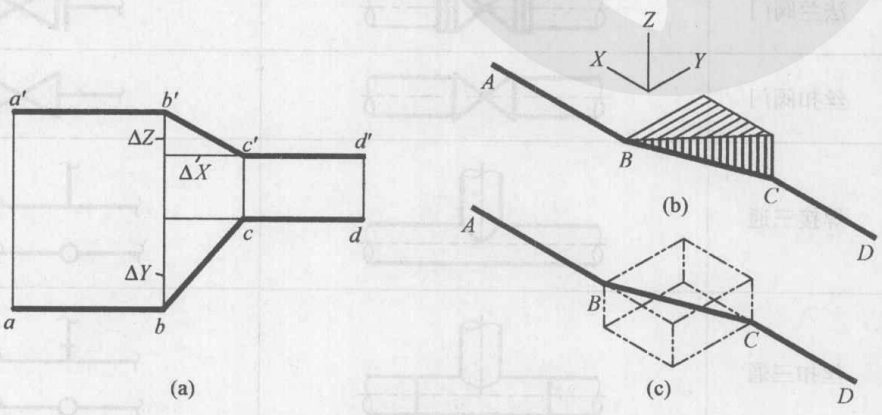


图 12-10 倾斜管道轴测图的画法

(a) 投影图；(b) 斜二测；(c) 习惯画法

设计部门常用的管道轴测图的轴间角有三种，如图 12-11。其画法与机械图相同，尺寸沿轴向度量，弯管部分的圆角按轴测图中圆角画法绘制。

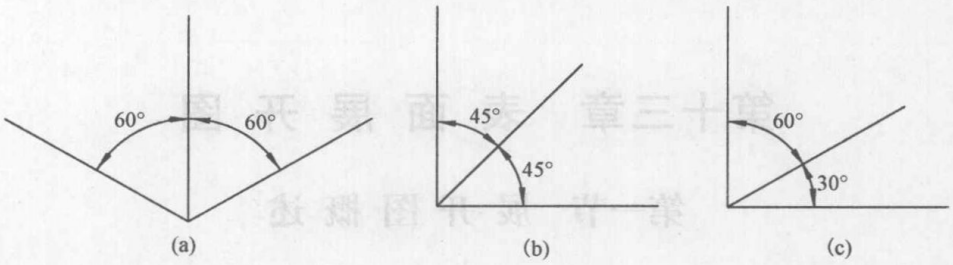
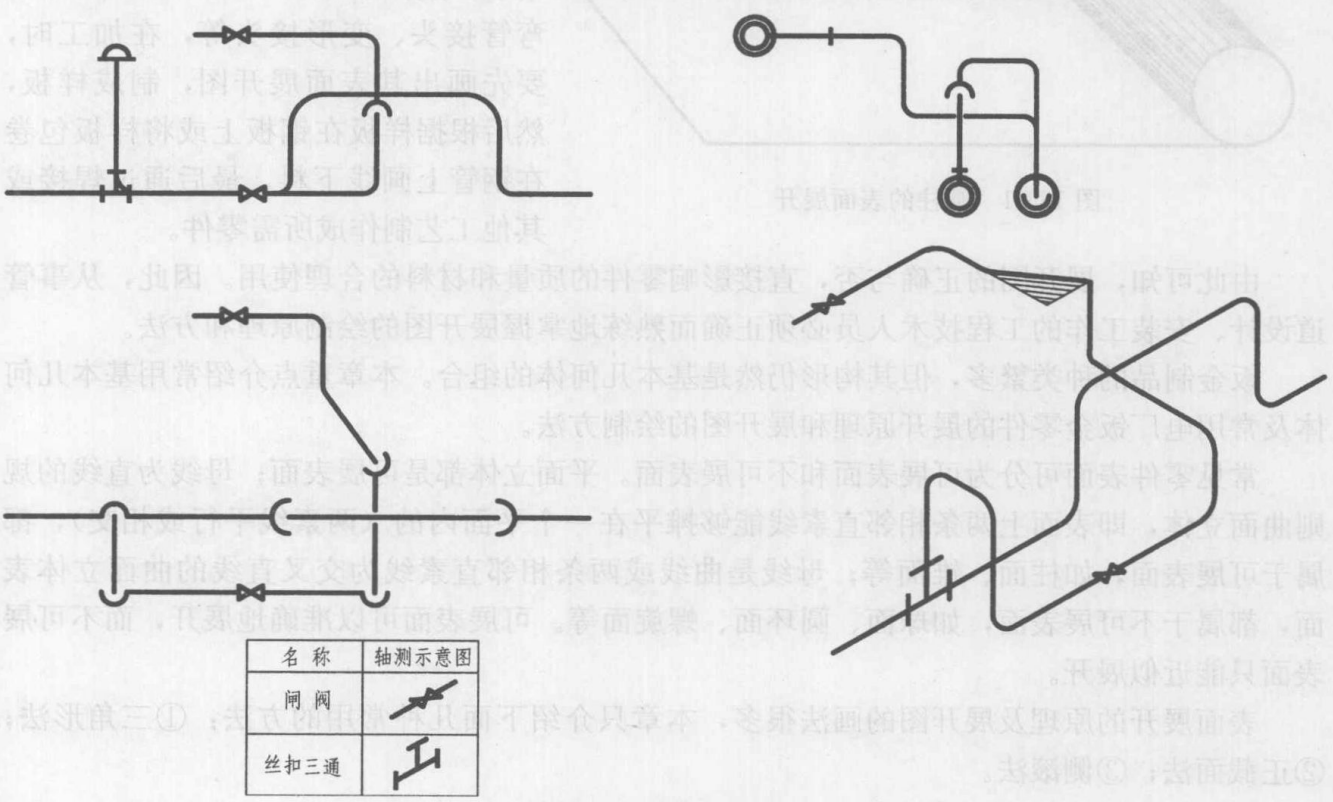


图 12-11　常用轴间角

(a) 正等测；(b)、(c) 斜二测

交叉的空间管路在轴测图上相交时，被遮住的管路应断开绘制，如图 12-12 所示。管道的连接形式，阀、旋塞等附件应绘制成轴测示意符号，这些符号必须在管道轴测图上列表说明。



名　称	轴测示意图
闸　阀	
丝扣三通	

图 12-12　管道图举例

思　考　题

1. 管道图按其用途划分，分为哪三类？它们的名称与机械图有何异同？
2. 管道施工图应包括哪些内容？
3. 管道施工图的特殊画法是什么？
4. 工程中，管道施工图常用的三种表达方法是什么？各自有什么特点？
5. 管道安装图应包括哪些内容？
6. 单线管道安装图和双线管道安装图各有什么特点？如何绘制？
7. 试述管道轴测图的绘制方法和步骤。

第十三章　表面展开图

第一节　展开图概述

将物体的表面按其实际形状和大小，依次摊平在同一个平面上，称为立体的表面展开图。图 13-1 表示圆柱的表面展开情况。

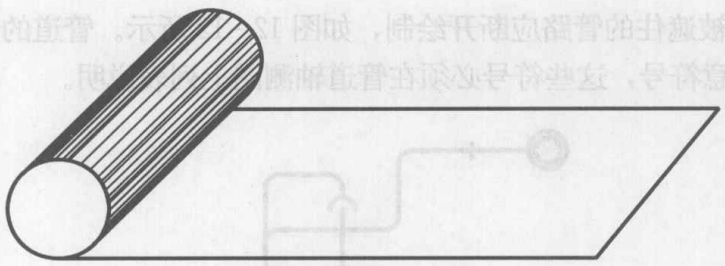


图 13-1　圆柱的表面展开

展开图在发电厂的管路系统中广泛应用，如热力系统、煤粉系统中的给水、蒸汽、煤粉、烟、风管道等的弯管接头、变形接头等，在加工时，要先画出其表面展开图，制成样板，然后根据样板在钢板上或将样板包卷在钢管上画线下料，最后通过焊接或其他工艺制作成所需零件。

由此可知，展开图的正确与否，直接影响零件的质量和材料的合理使用。因此，从事管道设计、安装工作的工程技术人员必须正确而熟练地掌握展开图的绘制原理和方法。

钣金制品的种类繁多，但其构形仍然是基本几何体的组合。本章重点介绍常用基本几何体及常用电厂钣金零件的展开原理和展开图的绘制方法。

常见零件表面可分为可展表面和不可展表面。平面立体都是可展表面；母线为直线的规则曲面立体，即表面上两条相邻直素线能够摊平在一个平面内的（两素线平行或相交），都属于可展表面，如柱面、锥面等；母线是曲线或两条相邻直素线为交叉直线的曲面立体表面，都属于不可展表面，如球面、圆环面、螺旋面等。可展表面可以准确地展开，而不可展表面只能近似展开。

表面展开的原理及展开图的画法很多，本章只介绍下面几种常用的方法：①三角形法；②正截面法；③侧滚法。

第二节　可展表面展开图画法

平面立体和曲面立体中的圆柱面、圆锥面是可展表面。其表面展开图图解作图的实质是求出各表面的真形。对于平面立体而言，依次顺序画出各表面的真形图，就得到了立体的表面展开图；对于曲面立体，可把它们近似看作棱数无穷多的棱柱或棱锥，然后进行展开。下面通过实例说明几种常用展开方法的原理和画图步骤。

一、三角形法

三角形法是把立体的表面看作由若干个三角形平面组成，求出各三角形的真形从而画出展开图的方法。当立体的各表面是三角形时，可直接求真形进而画出展开图；当立体表面是四边形、五边形等非三角形时，可将这些表面划分成几个三角形，再求真形画展开图。例如表面为四边形时，可作一条对角线将其划分成两个三角形。三角形法适用范围广泛，它不受

几何体形状的限制。

【例 13-1】　求作截头三棱锥的展开图。

如图 13-2 (a)，由立体的两个视图可以看出，底面△*ABC* 为水平面，其水平投影△*abc* 反映真形，展开图与其完全相同，*ab*，*bc*，*ca* 反映三条边 *AB*、*BC*、*CA* 的真长。但各侧面为一般位置平面，不反映真形。为了画出展开图，必须求出 *SA*、*SB*、*SC* 三条棱的真长，然后与有关底边组成三角形，得到各棱面的真形，从而画出展开图。

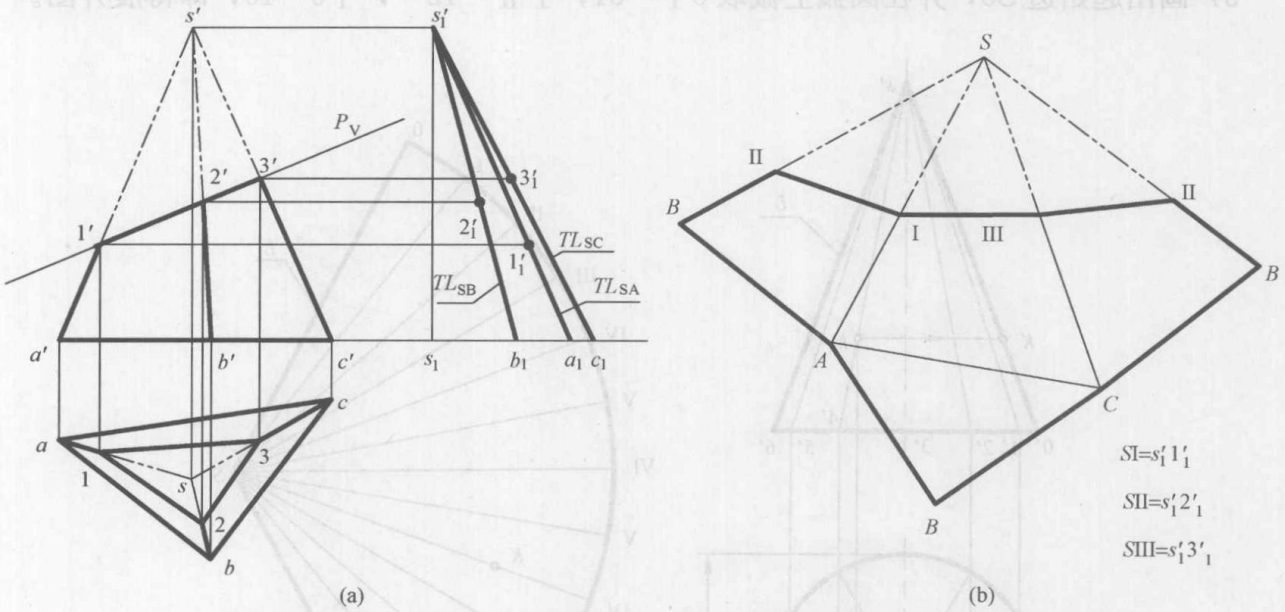


图 13-2　截头三棱锥的展开图

(a) 求各棱真长；(b) 展开图

作图步骤如下：

(1) 求作三条棱 *SA*、*SB*、*SC* 的真长 *TL*。图 13-2 (a) 是采用直角三角形法作图求得真长的。由图可知，三棱锥各棱两个端点的 *Z* 坐标差相同，为：$s'_1s_1=\Delta Z$，$s_1a_1=sa$，$s_1b_1=sb$，$s_1c_1=sc$，则 $s'_1a_1=SA$，$s'_1b_1=SB$，$s'_1c_1=SC$。

(2) 画展开图，图 13-2 (b) 中将 *SA* 作为起始边。以 *SA*，*AB*，*SB* 的真长 s'_1a_1，*ab*，s'_1b_1 为边作△*SAB*。同法依次作出△*SBC*、△*SCA* 和△*ABC*，即得三棱锥的展开图。

(3) 画截头三棱锥的展开图。先求出平面 *P* 与棱线的交点Ⅰ (1，1′)、Ⅱ (2，2′)、Ⅲ (3，3′)；求 *S*Ⅰ、*S*Ⅱ、*S*Ⅲ的真长 $s'_11'_1$、$s'_12'_1$、$s'_13'_1$；求出Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ点在展开图上的位置 (*S*Ⅰ＝$s'_11'_1$，*S*Ⅱ＝$s'_12'_1$，*S*Ⅲ＝$s'_13'_1$)；连接Ⅰ Ⅱ Ⅲ点，即得截头三棱锥的展开图。

【例 13-2】　求作正圆锥的展开图。

圆锥可用计算法或图解法展开。

(1) 计算法。如图 13-3 所示，正圆锥的展开图为一扇形，其半径等于圆锥素线的真长 *L*，其圆

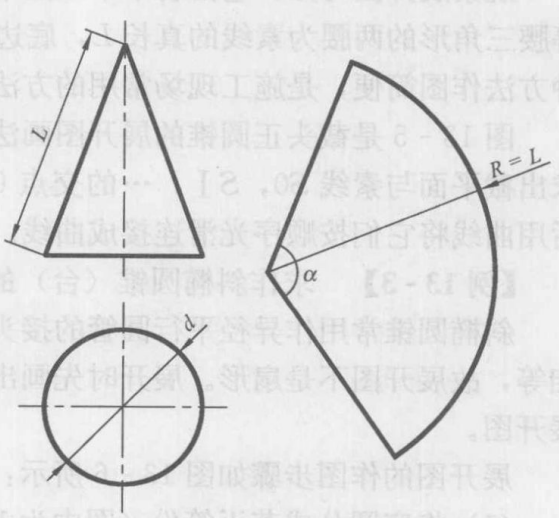


图 13-3　用计算法求圆锥的展开

心角 α 的计算方法为 $\frac{\alpha}{\pi d}=\frac{360^\circ}{2\pi L}$，则 $\alpha=\frac{\pi d\times 360^\circ}{2\pi L}=180^\circ\frac{d}{L}$。根据 L 和 α，即可画出其展开图。

(2) 图解法。正圆锥可看作棱数无限多的正棱锥，因此也可用三角形法展开。作图步骤如下（见图 13 - 4）：

1）在投影图上把圆锥底圆分成若干等份（图中为 12 等份），并作出通过各分点的素线。

2）取适当位置画以素线真长 L 为半径的圆弧。

3）画出起始边 $S0$，并在圆弧上截取 $0\text{Ⅰ}=01$，$\text{Ⅰ}\text{Ⅱ}=12\cdots$，$\text{Ⅰ}0=10$，即得展开图。

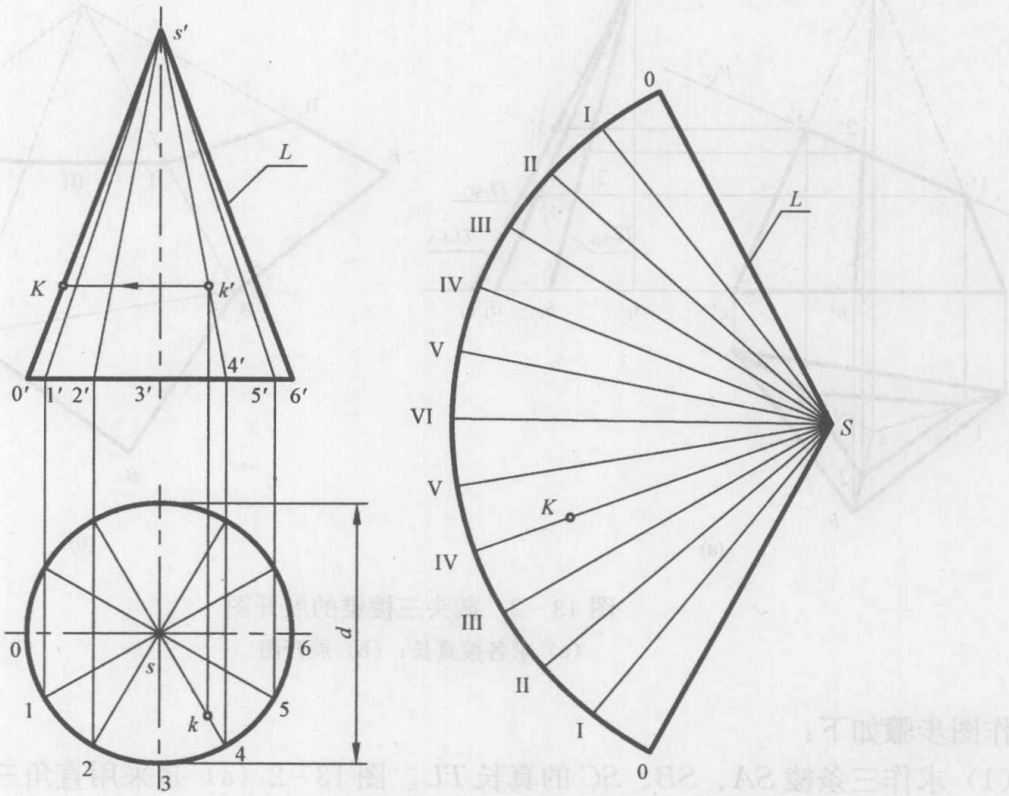


图 13 - 4 用图解法画圆锥展开图

观察展开图可知，它由若干个（图中为 12 个）全等的曲边等腰三角形组成，每个曲边等腰三角形的两腰为素线的真长 L，底边为一段圆弧，其长度为圆锥底圆一等份的长度。这种方法作图简便，是施工现场常用的方法之一。

图 13 - 5 是截头正圆锥的展开图画法。其作图步骤是：先画出完整圆锥的展开图，然后求出截平面与素线 $S0$，$S\text{Ⅰ}$，…的交点 0，Ⅰ，…在展开图上的相应位置 0_1，Ⅰ_1，…，最后用曲线将它们按顺序光滑连接成曲线。

【例 13 - 3】 求作斜椭圆锥（台）的展开图。

斜椭圆锥常用作异径平行圆管的接头（俗称“大小头”），因其表面上相邻两素线长度不相等，故展开图不是扇形。展开时先画出整个锥面的展开图，再去掉被截断的部分，即完成展开图。

展开图的作图步骤如图 13 - 6 所示：

(1) 将底圆分成若干等份（图中为 12 等份），将各分点与顶点 S 连接，得各素线的二投影（作图时只画出水平投影即可）。

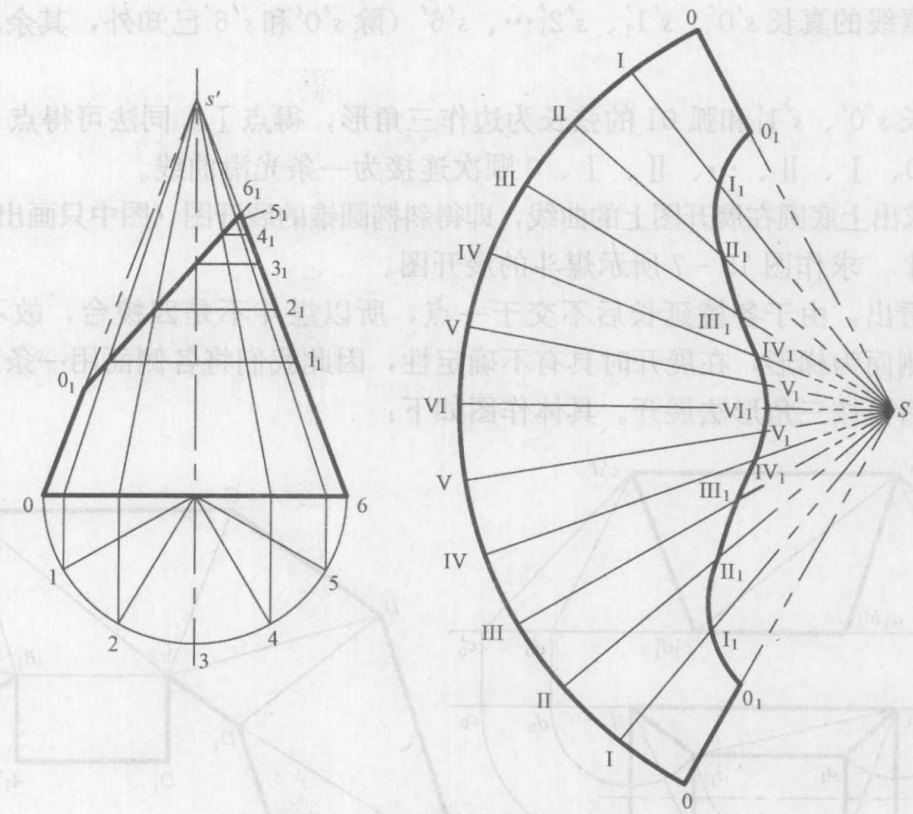


图 13 - 5　截头正圆锥的展开

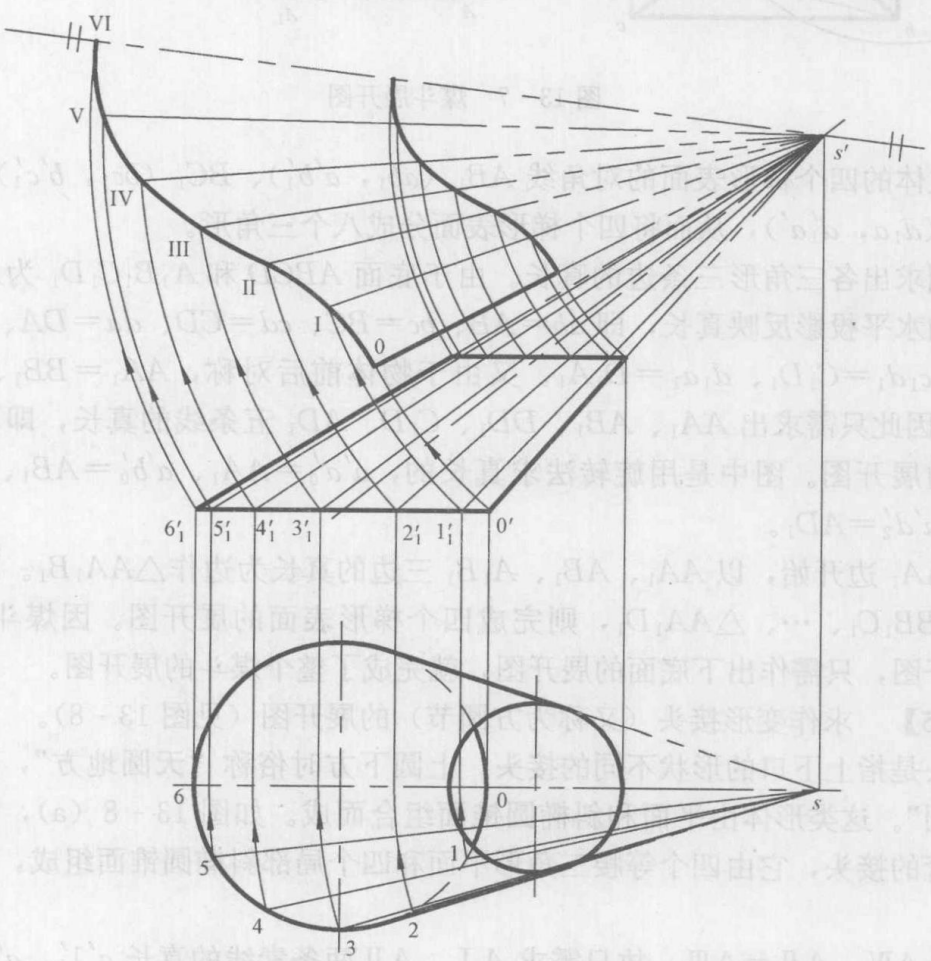


图 13 - 6　斜椭圆锥的展开

(2) 求各素线的真长 $s'0'$、$s'1_1'$、$s'2_1'$…、$s'6'$（除 $s'0'$ 和 $s'6'$ 已知外，其余均用旋转法求得）。

(3) 以真长 $s'0'$、$s'1_1'$ 和弧 01 的弦长为边作三角形，得点Ⅰ。同法可得点Ⅱ、Ⅲ……。

(4) 将点 0、Ⅰ、Ⅱ、…、Ⅱ、Ⅰ、0 顺次连接为一条光滑曲线。

(5) 同法求出上底圆在展开图上的曲线，即得斜椭圆锥的展开图（图中只画出一半展开图）。

【例 13-4】 求作图 13-7 所示煤斗的展开图。

由图可以看出，由于各棱延长后不交于一点，所以煤斗不是四棱台，故不能按棱锥展开。又因为各侧面为梯形，在展开时具有不确定性，因此我们将各侧面用一条对角线分成两个三角形，然后再按三角形法展开。具体作图如下：

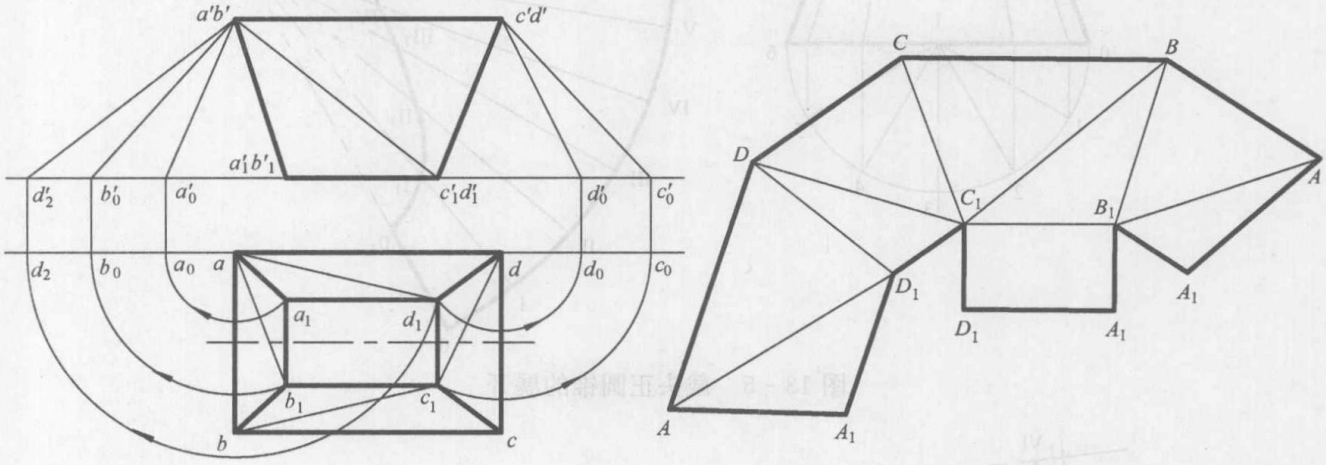


图 13-7 煤斗展开图

(1) 作立体的四个梯形表面的对角线 AB_1（ab_1，$a'b_1'$）、BC_1（bc_1，$b'c_1'$）、C_1D（c_1d，$c_1'd'$）、D_1A（d_1a，$d_1'a'$），从而将四个梯形表面分成八个三角形。

(2) 分别求出各三角形三条边的真长。由于底面 $ABCD$ 和 $A_1B_1C_1D_1$ 为水平面，反映真形，各边的水平投影反映真长，即 $ab=AB$、$bc=BC$、$cd=CD$、$da=DA$、$a_1b_1=A_1B_1$、$b_1c_1=B_1C_1$、$c_1d_1=C_1D_1$、$d_1a_1=D_1A_1$。又由于物体前后对称，$AA_1=BB_1$、$CC_1=DD_1$、$BC_1=AD_1$，因此只需求出 AA_1、AB_1、DD_1、C_1D、AD_1 五条线的真长，即可用三角形法画出各侧面的展开图。图中是用旋转法求真长的，$a'a_0'=AA_1$、$a'b_0'=AB_1$、$d'd_0'=DD_1$、$d'c_0'=C_1D$、$a'd_2'=AD_1$。

(3) 从 AA_1 边开始，以 AA_1、AB_1、A_1B_1 三边的真长为边作$\triangle AA_1B_1$。同法依次作出$\triangle ABB_1$、$\triangle BB_1C_1$、…、$\triangle AA_1D_1$，则完成四个梯形表面的展开图。因煤斗上底面开口，不需要画展开图，只需作出下底面的展开图，就完成了整个煤斗的展开图。

【例 13-5】 求作变形接头（又称为方圆节）的展开图（见图 13-8）。

变形接头是指上下口的形状不同的接头，上圆下方时俗称“天圆地方”，上方下圆时俗称“天方地圆”。这类形体由平面和斜椭圆锥面组合而成。如图 13-8 (a)，变形接头是连接圆管和方管的接头，它由四个等腰三角形平面和四个局部斜椭圆锥面组成，因此需用三角形法展开。

因 $A\text{Ⅰ}=A\text{Ⅳ}$、$A\text{Ⅱ}=A\text{Ⅲ}$，故只需求 $A\text{Ⅰ}$、$A\text{Ⅱ}$ 两条素线的真长 $a'1_1'$、$a'2_1'$，就可画出展开图。如图 13-8 (c)，展开图一般从等腰三角形的高Ⅰ0 开始。整个作图方法与前面

相同。

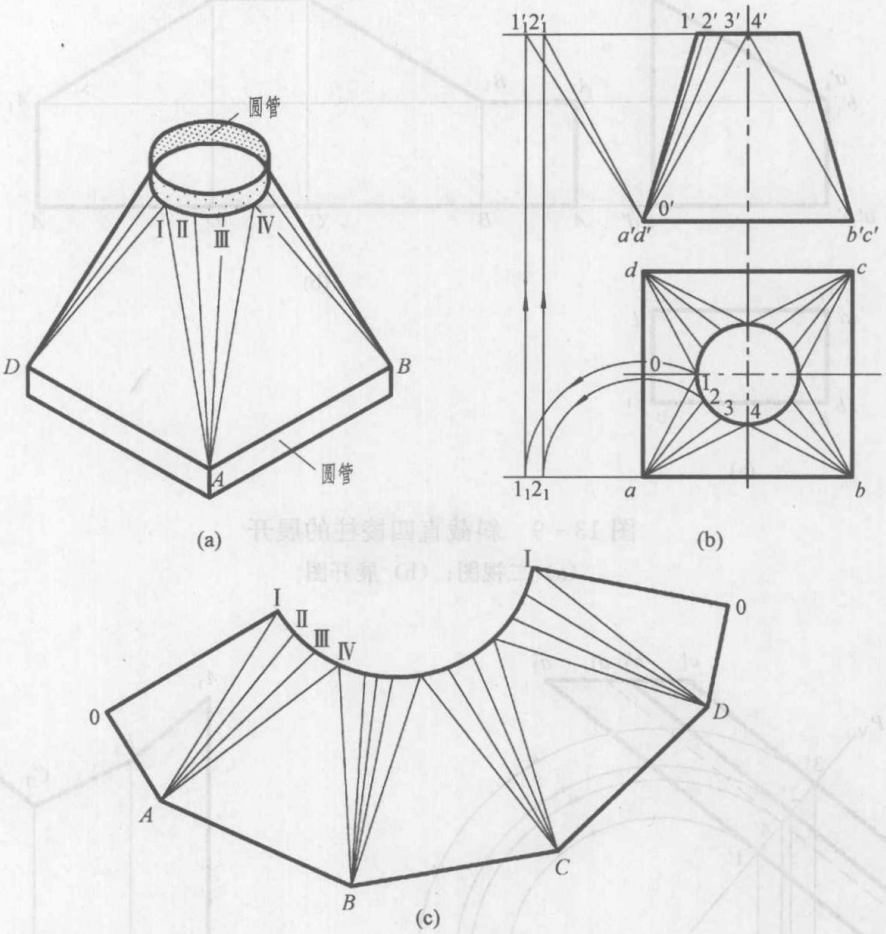


图 13 - 8　变形接头的展开图

(a) 轴测图；(b) 求棱线真长；(c) 展开图

二、正截面法

正截面法主要用于棱柱和正圆柱的展开。由于正截面垂直于棱线，在展开时正截面的边展开为一条直线，该直线与棱的垂直关系保持不变，正截面法就是利用这一特性进行展开的。在展开时，需要求出各棱线的真长以及相邻两棱线间的距离，以确定各棱面的真形。

【例 13 - 6】　求斜截直四棱柱的展开图（见图 13 - 9）。

由图 13 - 9 (a) 可知，四棱柱的下底面 $ABCD$ 为正截面，各边的水平投影反映真长，即 $ab=AB$、$bc=BC$、$cd=CD$、$da=DA$。在展开时，底面 $ABCD$ 的各边展开成一条直线，且各边边长等于相应棱线间的距离。作图步骤如下：

(1) 将下底面展开成一条直线，量取 $AB=ab$、$BC=bc$、$CD=cd$、$DA=da$ [图 13 - 9 (b)]。

(2) 过 A、B、C、D、A 各点作棱线垂直于直线 $ABCDA$，量取 $AA_1=a'a'_1$、$BB_1=b'b'_1$、$CC_1=c'c'_1$、$DD_1=d'd'_1$。

(3) 顺次用直线连接 A_1、B_1、C_1、D_1、A_1，即得展开图。

【例 13 - 7】　求作斜棱柱的展开图（见图 13 - 10）。

由图可知，斜四棱柱的棱为正平线，上下两底面均不是正截面，不能展开为一条直线，且边长不反映棱线间的距离。为此需要作出四棱柱的某一正截面。因棱线为正平线，只需作

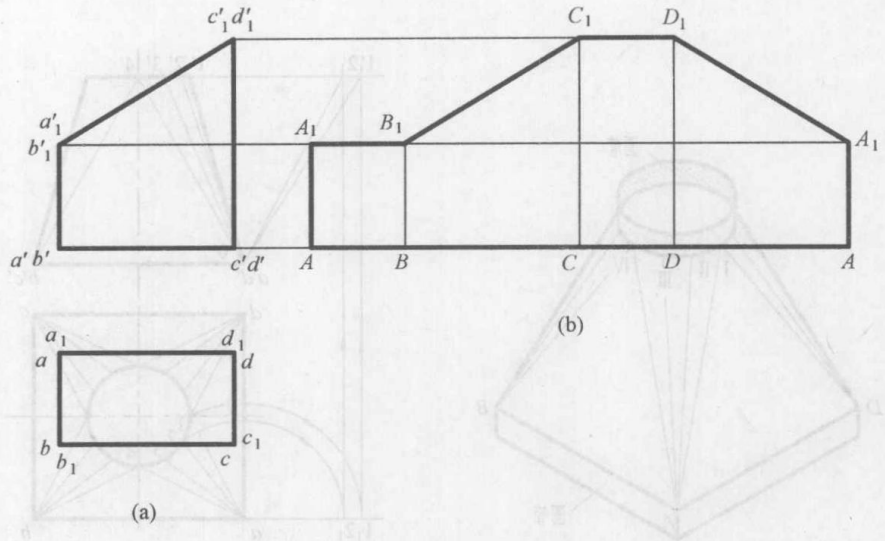


图 13 - 9 斜截直四棱柱的展开

(a) 二视图；(b) 展开图

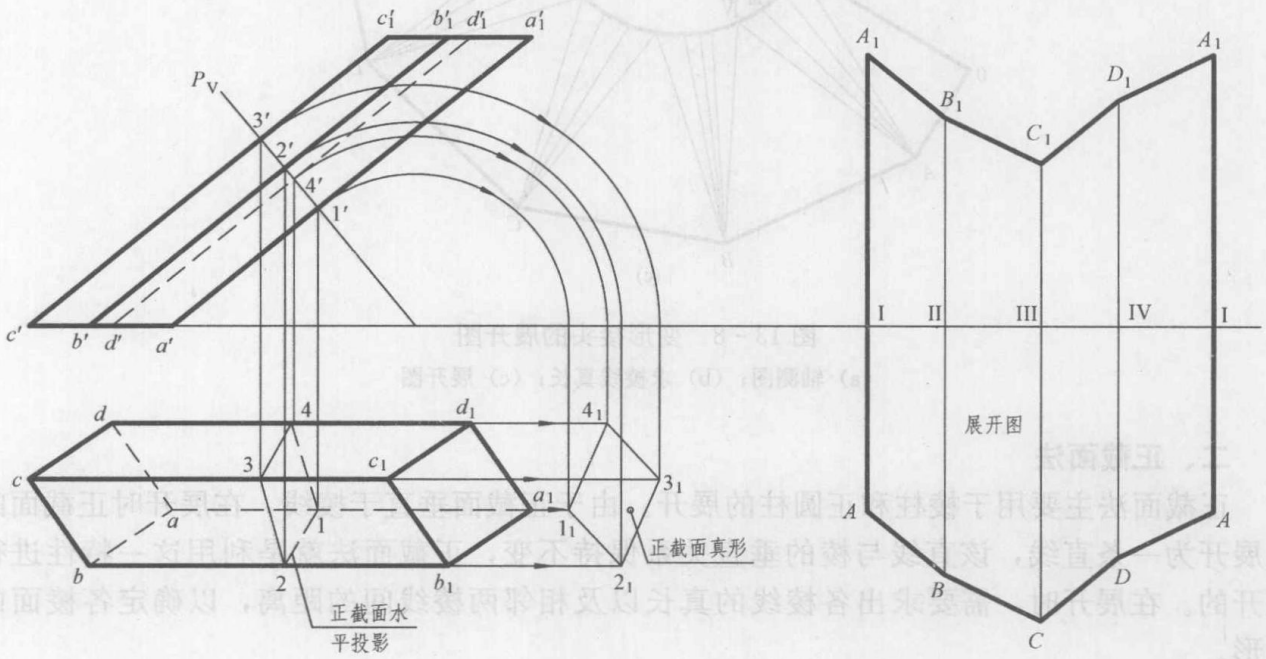


图 13 - 10 斜四棱柱的展开

正垂面 P 垂直于棱线，求出 P 与四棱柱的截交线 Ⅰ Ⅱ Ⅲ Ⅳ (1234，$1'2'3'4'$)，即为一正截面，然后求出正截面的真形（图中用旋转法求），即得到各棱线间的距离。各棱线的长度为已知，就可以作展开图了。作图步骤如下：

(1) 任作 P_V 垂直于棱线，求出截交线 Ⅰ Ⅱ Ⅲ Ⅳ (1234，$1'2'3'4'$)。

(2) 求正截面 Ⅰ Ⅱ Ⅲ Ⅳ 的真形 $1_12_13_14_1$。

(3) 画展开图。先作直线 Ⅰ－Ⅰ，在该直线上量取 Ⅰ Ⅱ $=1_12_1$、Ⅱ Ⅲ $=2_13_1$、Ⅲ Ⅳ $=3_14_1$、Ⅳ Ⅰ $=4_11_1$；过 Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ 各点作 Ⅰ－Ⅰ 的垂线，分别在垂线上量取 Ⅰ$A=1'a'$、Ⅰ$A_1=1'a'_1$、Ⅱ$B=2'b'$、Ⅱ$B_1=2'b'_1$、Ⅲ$C=3'c'$、Ⅲ$C_1=3'c'_1$、Ⅳ$D=4'd'$、Ⅳ$D_1=4'd'_1$；用直线顺次连接 $ABCDA$ 和 $A_1B_1C_1D_1A_1$，即得到四棱柱的展开图。

【例 13 - 8】　画斜截正圆柱的展开图。

如图 13 - 11 所示，正圆柱的展开图是一个矩形，矩形的高为圆柱的高 H，矩形的长等于圆柱底圆的周长 πD。

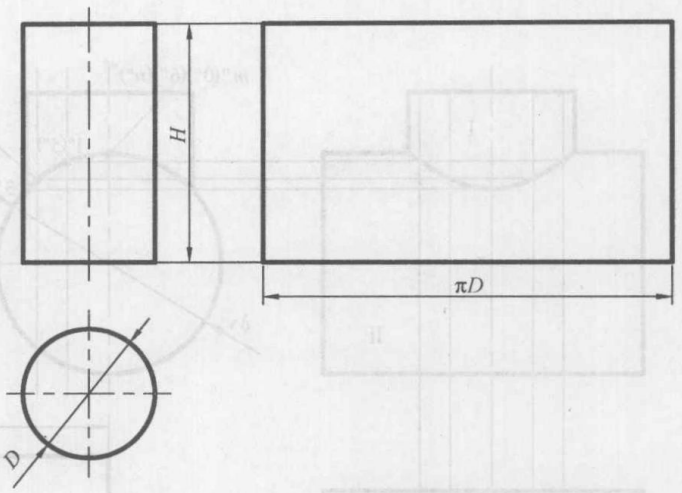


图 13 - 11　正圆柱的展开图

在钣金展开工作中，常用图解法画展开图。作图方法是把圆柱面分成若干等份，近似看成棱柱，然后用正截面法画出展开图。图 13 - 12 为一斜截正圆柱。作图步骤如下：

(1) 将水平投影分成 12 等份，过各分点作出各素线的正面投影。

(2) 将底圆周展开成一条直线，其长度等于 πd，将此直线分成 12 等份，得到分点 0、Ⅰ、Ⅱ、…、Ⅵ、Ⅴ、Ⅵ、…、Ⅱ、Ⅰ、0。

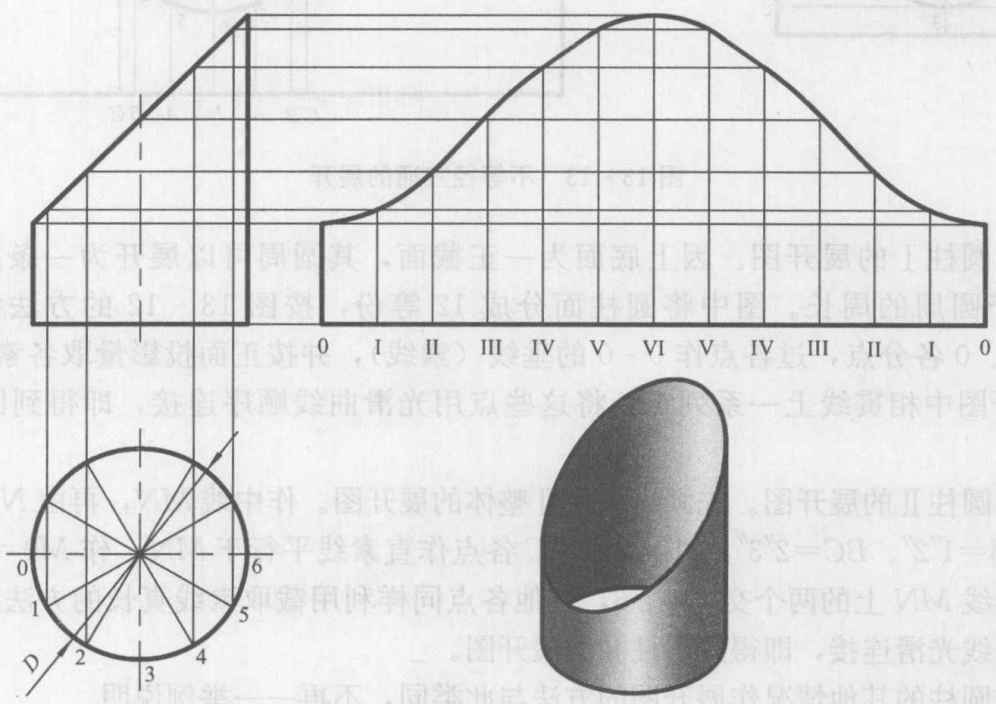


图 13 - 12　斜截正圆柱的展开

(3) 过各分点做 0 - 0 的垂线，并截取各相应的素线长，然后将各点顺次连接为一条光滑曲线，即得到斜截圆柱的展开图。

【例 13 - 9】　画出正交三通的展开图（见图 13 - 13）。

相贯线是两圆柱的分界线，在画展开图前需先准确地求出相贯线的投影，再分别展开各个表面。在展开时，应根据投影图确定展开图中相贯线上一系列点的位置，然后顺次将它们连接为一条光滑曲线。

作图步骤如下：

(1) 准确求出三视图中的相贯线。

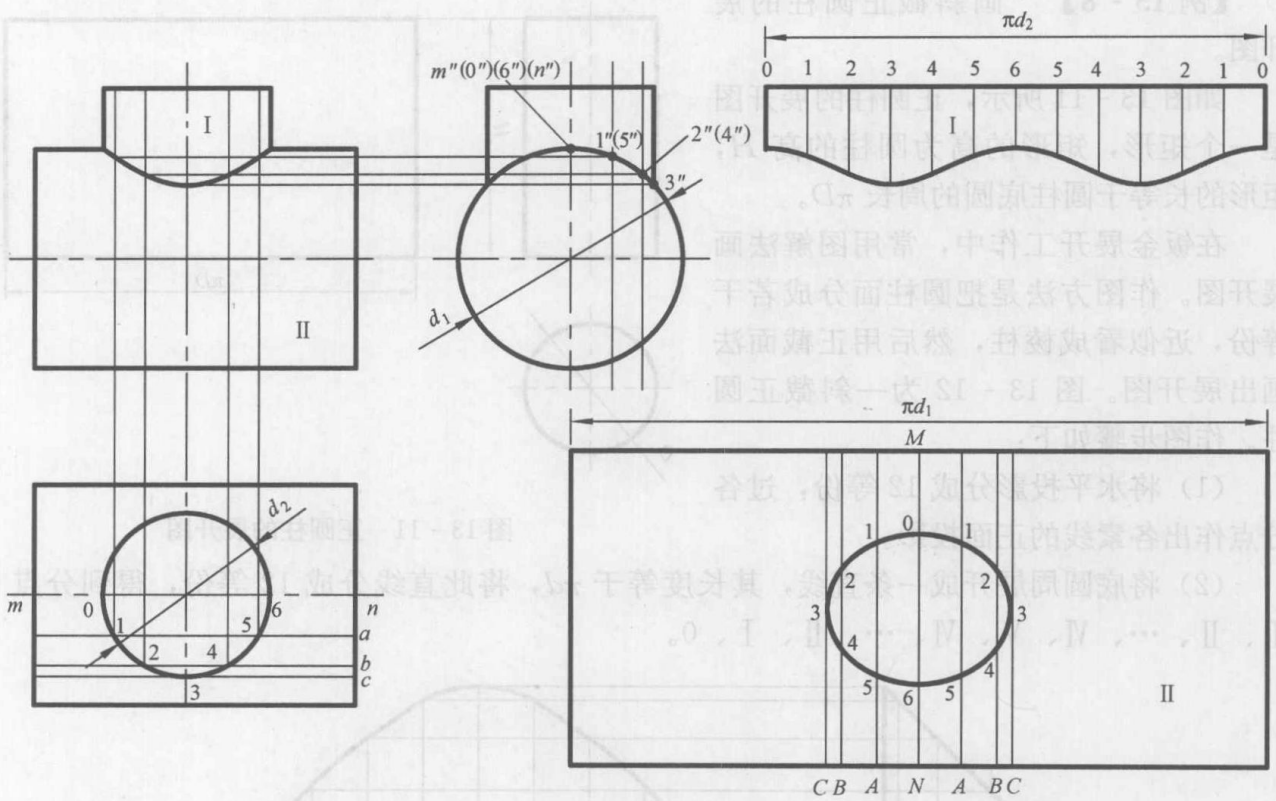


图 13 - 13 不等径三通的展开

(2) 作圆柱Ⅰ的展开图。因上底面为一正截面，其圆周可以展开为一条直线 0 - 0，其长度等于圆周的周长。图中将圆柱面分成 12 等份，按图 13 - 12 的方法截得 0、1、2、…2、1、0 各分点，过各点作 0 - 0 的垂线（素线），并按正面投影量取各素线的真长，即得到展开图中相贯线上一系列点，将这些点用光滑曲线顺序连接，即得到圆柱Ⅰ的展开图。

(3) 作圆柱Ⅱ的展开图。先画出圆柱Ⅱ整体的展开图。作中线 MN，再由 N 点量取 $NA=0''1''$、$AB=1''2''$、$BC=2''3''$，过 A、B、C 各点作直素线平行于 MN。作 $M0=m0$、$N6=n6$，即得素线 MN 上的两个交点 0、6，其他各点同样利用截取素线真长的方法求得，最后将各点用曲线光滑连接，即得到圆柱Ⅱ的展开图。

两相贯圆柱的其他情况作展开图的方法与此类同，不再一一举例说明。

三、侧滚法

这种方法是依次以圆柱的每一条棱线为轴，连续旋转各棱面，使它们依次变为投影面平行面，从而求出各棱面的真形，在该投影面上画出其展开图。侧滚法的基本原理是绕平行于投影面的旋转轴旋转各棱面，称为绕平行轴旋转法，因此用这种方法展开的条件是：**各棱线必须平行于某一投影面**。它的适用范围是棱线平行于投影面的斜棱柱和素线平行于投影面的斜椭圆柱。

【例 13 - 10】 画出图 13 - 14 所示斜四棱柱的展开图。

作图步骤如下：

(1) 先以棱 CC_1 为轴旋转棱面 CC_1B_1B，使其平行于 V 面。作法是：过 b' 作直线垂直于 $c'c_1'$，以 c' 为圆心，CB 的水平投影 cb（反映 CB 的真长）为半径画弧与上述所画垂线交于点

B，连 $c'B$，且以 $c'B$ 和 $c'c'_1$ 为邻边作平行四边形 $c'c'_1B_1B$，即为棱面 CC_1B_1B 的展开图。

（2）再以已经展开的 $c'c'_1B_1B$ 的边 B_1B 为轴旋转棱面 BB_1A_1A，作法为：过 a' 作 BB_1 的垂线，以 B 为圆心，ba（BA 的真长）为半径画弧，交所引垂线于 A 点，以 BB_1 和 BA 为邻边作平行四边形 BB_1A_1A。

（3）用同法求出 AA_1D_1D 和 DD_1C_1C 两棱面的真形，即完成斜四棱柱的展开图。

设在 BB_1C_1C 棱面上有一点 K（k，k'）要确定它在展开图上的位置，需要作辅助线来解决，过 K 点作平行于棱线的辅助线 LK（lk，$l'k'$），然后在展开图上求出 LK 的位置，在 LK 上即可确定点 K 的位置，具体作法见图。

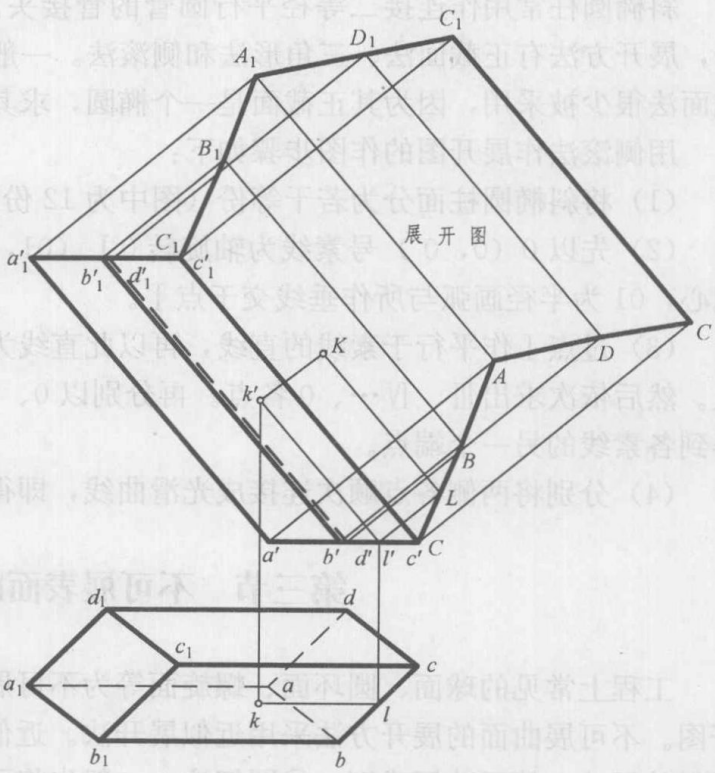


图 13 - 14　用侧滚法画斜四棱柱的展开图

【例 13 - 11】　求作斜椭圆柱的展开图（见图 13 - 15）。

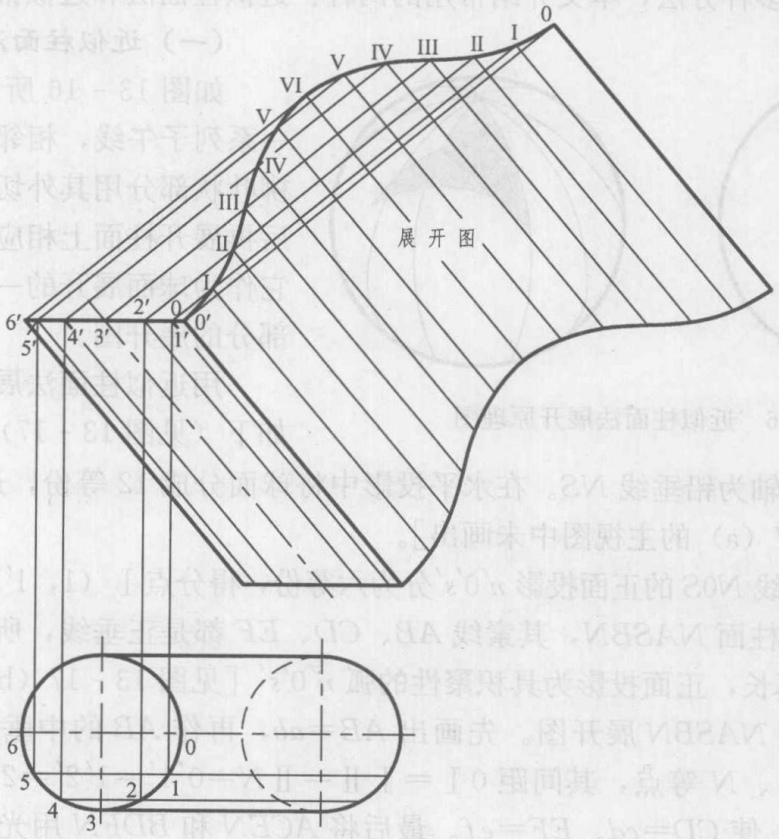


图 13 - 15　用侧滚法展开斜椭圆柱

斜椭圆柱常用作连接二等径平行圆管的管接头。我们把它看作棱数较多的斜棱柱来展开，展开方法有正截面法、三角形法和侧滚法。一般较多采用侧滚法，其次是三角形法。正截面法很少被采用，因为其正截面是一个椭圆，求其真形作图比较复杂，且误差较大。

用侧滚法作展开图的作图步骤如下：

(1) 将斜椭圆柱面分为若干等份（图中为12份）。

(2) 先以0（0，0′）号素线为轴旋转0Ⅰ（01，0′1′）面，过1′作素线的垂线，以0′为圆心，01为半径画弧与所作垂线交于点Ⅰ。

(3) 过点Ⅰ作平行于素线的直线，再以此直线为轴旋转ⅠⅡ面，求出Ⅱ点，作图方法同上。然后依次求出Ⅲ、Ⅳ…、0各点。再分别以0、Ⅰ、Ⅱ…各点为圆心截取各素线的真长，得到各素线的另一个端点。

(4) 分别将两侧各点顺次连接成光滑曲线，即得到斜椭圆柱的展开图。

第三节　不可展表面的近似展开

工程上常见的球面、圆环面、螺旋面等为不可展曲面。在制造时往往需要画出它们的展开图。不可展曲面的展开方法采用近似展开法。近似展开法一般分为两类：①计算法：算出板料的尺寸，然后冲压成型；②图解法：一般先将不可展曲面分为若干小的部分，将每一部分的形状近似为某一种可展曲面，如柱面或锥面，然后按可展曲面将各部分展开。这两种展开方法的选用，要视曲面的特点及生产的需要而定。

一、球面的展开

球面的展开有多种方法，本文介绍常用的两种：近似柱面法和近似锥面法。

（一）近似柱面法

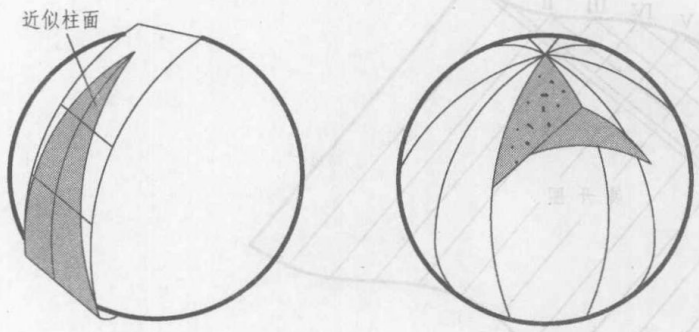


图13-16　近似柱面法展开原理图

如图13-16所示，先在球面上作一系列子午线，相邻两子午线间形成的柳叶状部分用其外切圆柱面来代替，然后再展开柱面上相应的柳叶状部分，将它作为球面展开的一部分。同法作出各部分的展开图。

用近似柱面法展开球面的作图步骤如下（见图13-17）：

(1) 设球面的轴为铅垂线NS。在水平投影中将球面分成12等份，过各分点作12条子午线［见图13-17（a）的主视图中未画出］。

(2) 将主子午线$N0S$的正面投影$n'0's'$分为六等份，得分点Ⅰ（1，1′）、Ⅱ（2，2′）等。

(3) 作外切圆柱面$NASBN$，其素线AB、CD、EF都是正垂线，所以它们的水平投影ab、cd、ef反映真长，正面投影为具积聚性的弧$n'0's'$［见图13-17（b）］。

(4) 画圆柱面$NASBN$展开图。先画出$AB=ab$，再作AB的中垂线，从中点0在中垂线上截取Ⅰ、Ⅱ、N等点，其间距$0Ⅰ=ⅠⅡ=ⅡN=0'1'=1'2'=2'n'$。然后过Ⅰ、Ⅱ作$CD/\!/EF/\!/AB$，使$CD=cd$、$EF=ef$。最后将$ACEN$和$BDFN$用光滑曲线连接，就可得到半个柳叶状展开图［见图13-17（c）］。下半个柳叶状展开图与上半个对称，其做法

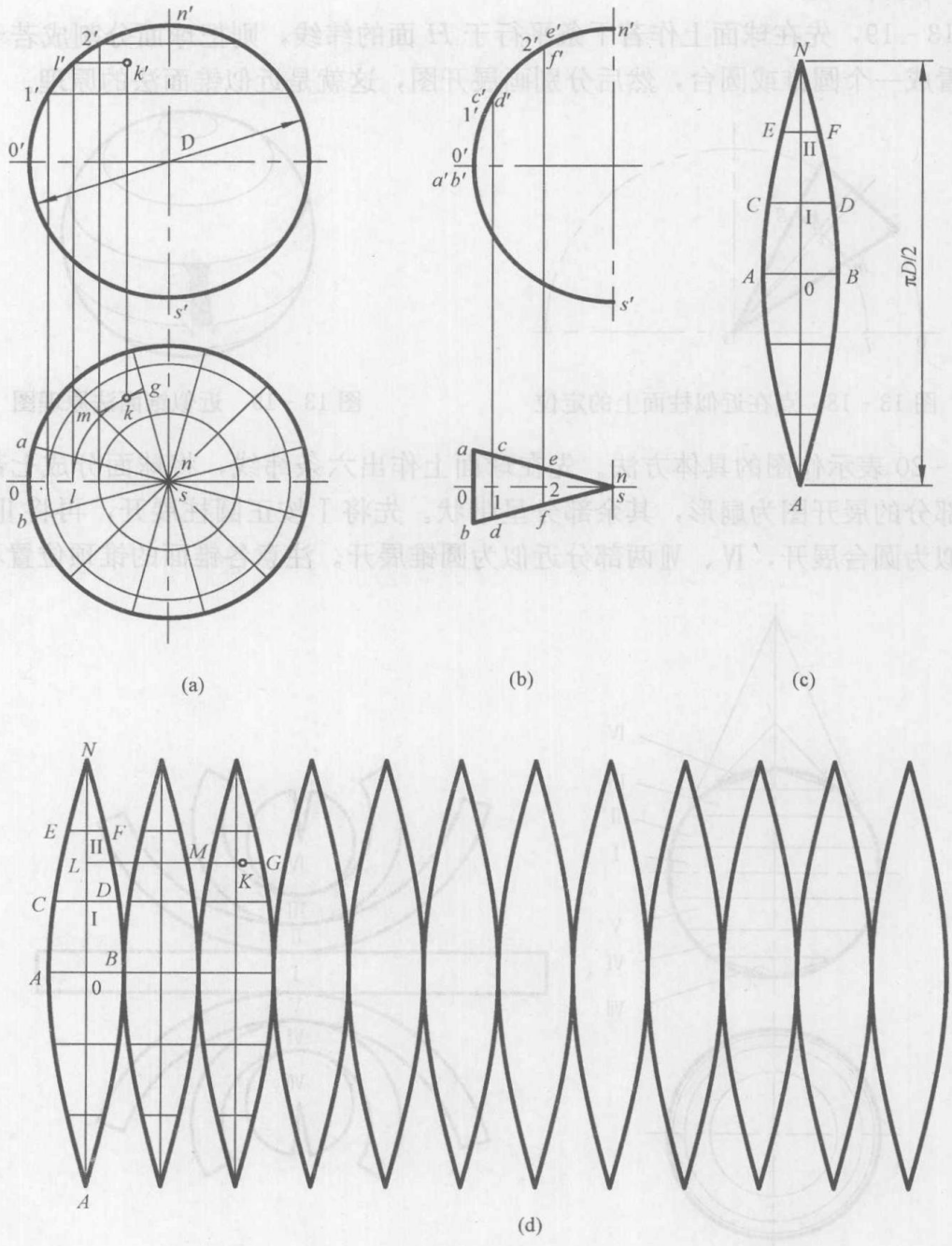


图 13 - 17　用近似柱面法展开球面

(a) 分割球面；(b) 作外切柱面；(c) 展开图做法；(d) 球面展开图

相同。

(5) 同法作出全部 12 个柳叶状展开图，即得整个圆球的展开图［见图 13 - 17 (d)］。

设球面上有一点 K，在展开图上确定该点相应位置的方法是将它看作子午线与纬线的交点，作图方法如图 13 - 17 (a) 所示。

(1) 过点 K 作纬线 KL (kl，$k'l'$)，L 点在主子午线 $N0S$ 上。

(2) 过点 K 作柳叶状近似柱面的素线 mg (见图 13 - 18)。

(3) 在展开图上作 $\text{II}L=2'l'$，则可确定点 L 的位置，过 L 作直线 $/\!/AB$，截第三叶得 MG，量取 $GK=gk$，即得 K 点在展开图上的位置，如图 13 - 17 (d) 所示。

（二）近似锥面法

如图 13 - 19，先在球面上作若干条平行于 H 面的纬线，则把球面分割成若干部分，将每一部分看成一个圆锥或圆台，然后分别画展开图，这就是近似锥面法的原理。

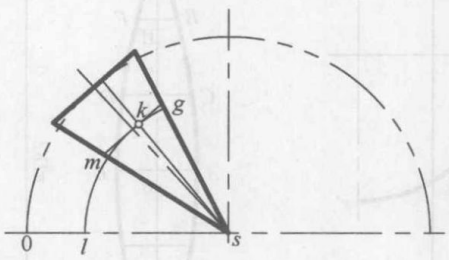


图 13 - 18　点在近似柱面上的定位

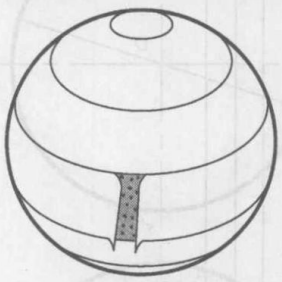


图 13 - 19　近似锥面法原理图

图 13 - 20 表示作图的具体方法。先在球面上作出六条纬线，将球面分成七部分，其中Ⅳ、Ⅶ两部分的展开图为扇形，其余部分呈带状。先将Ⅰ按正圆柱展开，再将Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ部分近似为圆台展开，Ⅳ、Ⅶ两部分近似为圆锥展开。注意各锥面的锥顶位置不同。

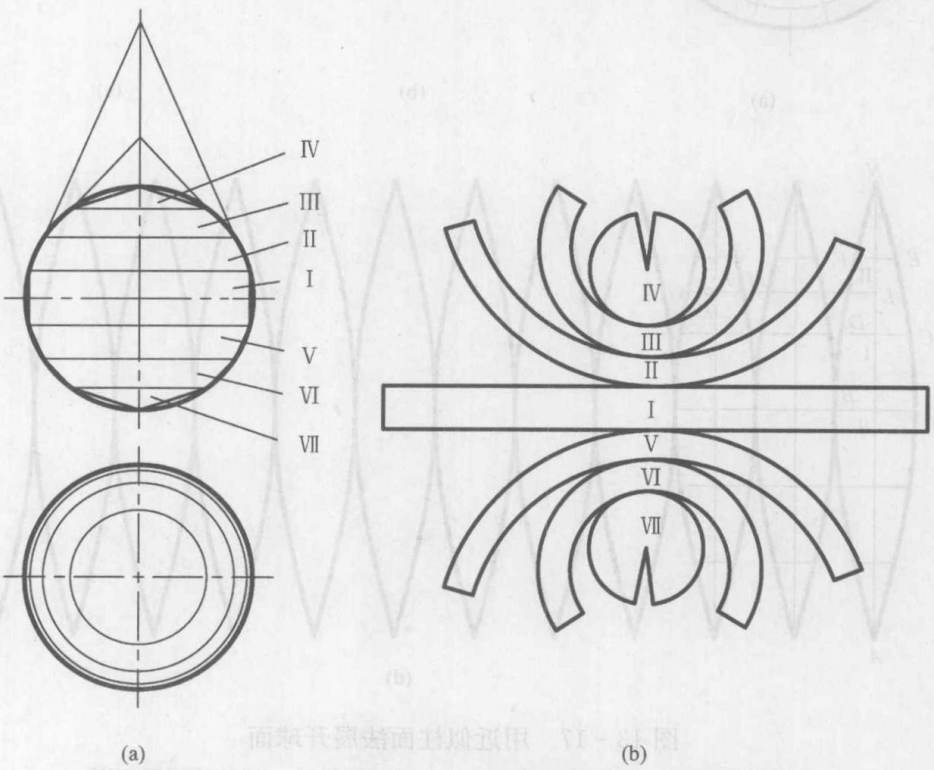


图 13 - 20　用近似锥面法展开球面

（a）球面分割与近似法；（b）展开图

二、圆环面的近似展开

圆环常用于管路的弯曲处，称为弯头。弯头有直角弯头和钝角弯头，在钣金制件中，常用近似展开法将其展开。圆环近似展开如图 13 - 21（a）所示，将圆环分为若干节，每一节近似为圆柱面，然后按圆柱面近似展开。这种弯头俗称“虾米腰”。图中由四节组成，其中两端为 A、D 两个半节，中间两节 B、C 为全节。在工程中可根据需要确定其节数。如果有 n 节，则应有 $n-1$ 个全节或 $2(n-1)$ 个半节。不论全节还是半节，各节均为等径的斜截圆

柱，且各倾斜接合面的轮廓相同，展开后的曲线也相同。因此在画展开图时，只要画出一节的展开图，就可以制成样板，画出其余各节的展开图。展开方法用正截面法，A、D 两节与图 13 - 12相同，B、C 两节展开时需取一正截面，然后再展开即可。

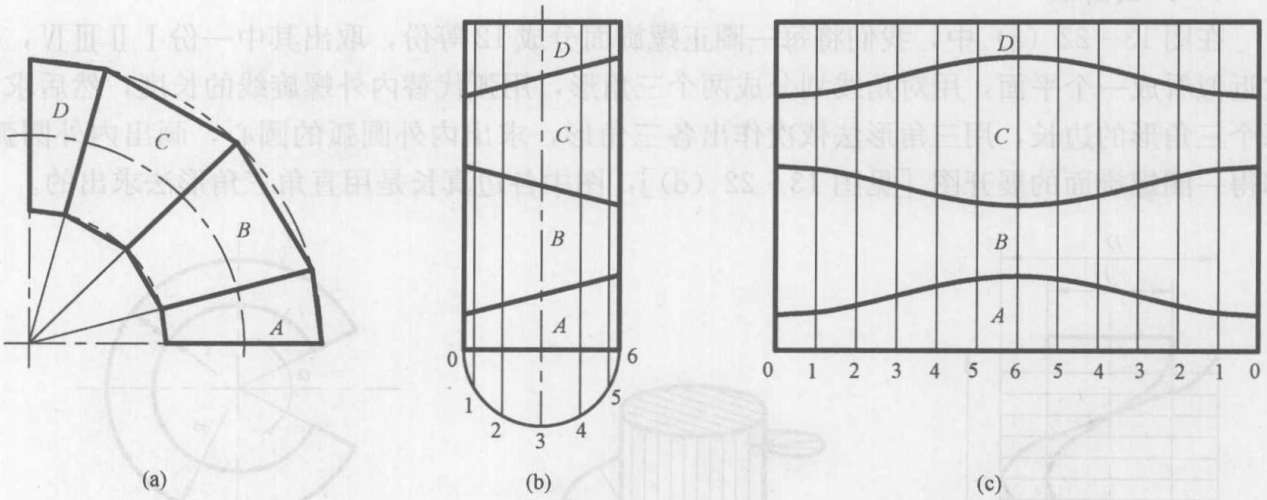


图 13 - 21　圆环面的近似展开

(a) 分割及近似法；(b) 各节合理排列；(c) 展开图

为了下料方便、节约材料且接口准确，可将 A、B、C、D 各节合理排列成一个圆柱，如图 13 - 21 (b)。并将其展开在一张钢板或铁皮上，如图 13 - 21 (c)，将各接口曲线的展开图画出，下料时可沿曲线切割。

如果采用圆管切割焊接，则只需画出一节展开图，用硬纸板或油毛毡制成样板，包绕在圆管上画线下料。

三、正螺旋面的近似展开

正螺旋面在生产中应用很广，常用作原料输送器的组成部分，俗称“绞龙”。制造时要按每一导程间的一圈曲面展开下料，然后再焊接起来。展开方法通常有三种：计算法、图解法和简便展开法。

(一) 计算法

已知正螺旋面的大径 D、小径 d 及导程 t，如图 13 - 22 (a)、(c)，每一圈的近似展开图为一环形平面，要作出此环形平面，需计算出 R、r 及 $\angle\alpha$。计算过程如下：

外螺旋线的展开长度　$$L=\sqrt{t^2+(\pi D)^2}$$　①

内螺旋线的展开长度　$$l=\sqrt{t^2+(\pi d)^2}$$　②

环面宽度　$$b=\frac{D-d}{2}$$　③

外圆弧半径　$$R=r+b$$　④

对于内圆弧半径 r，有　$$\frac{R}{r}=\frac{L}{l}$$　⑤

将式④代入式⑤得　$$r=\frac{bl}{L-l}$$　⑥

再将 r 值代入式④，即求出 R 的值。

圆心角　$$\alpha=\frac{2\pi R-L}{2\pi R}\times 360=\frac{2\pi R-L}{\pi R}\times 180$$　⑦

求得 R、r、α 的值后，即可画出图 13 - 22（c）所示的展开图。

（二）图解法

在图 13 - 22（a）中，我们将每一圈正螺旋面分成 12 等份，取出其中一份Ⅰ Ⅱ Ⅲ Ⅳ，把它近似看成一个平面，用对角线划分成两个三角形，用弧代替内外螺旋线的长度，然后求出每个三角形的边长，用三角形法依次作出各三角形，求出内外圆弧的圆心，画出内外圆弧，即得一圈螺旋面的展开图［见图 13 - 22（d）］，图中各边真长是用直角三角形法求出的。

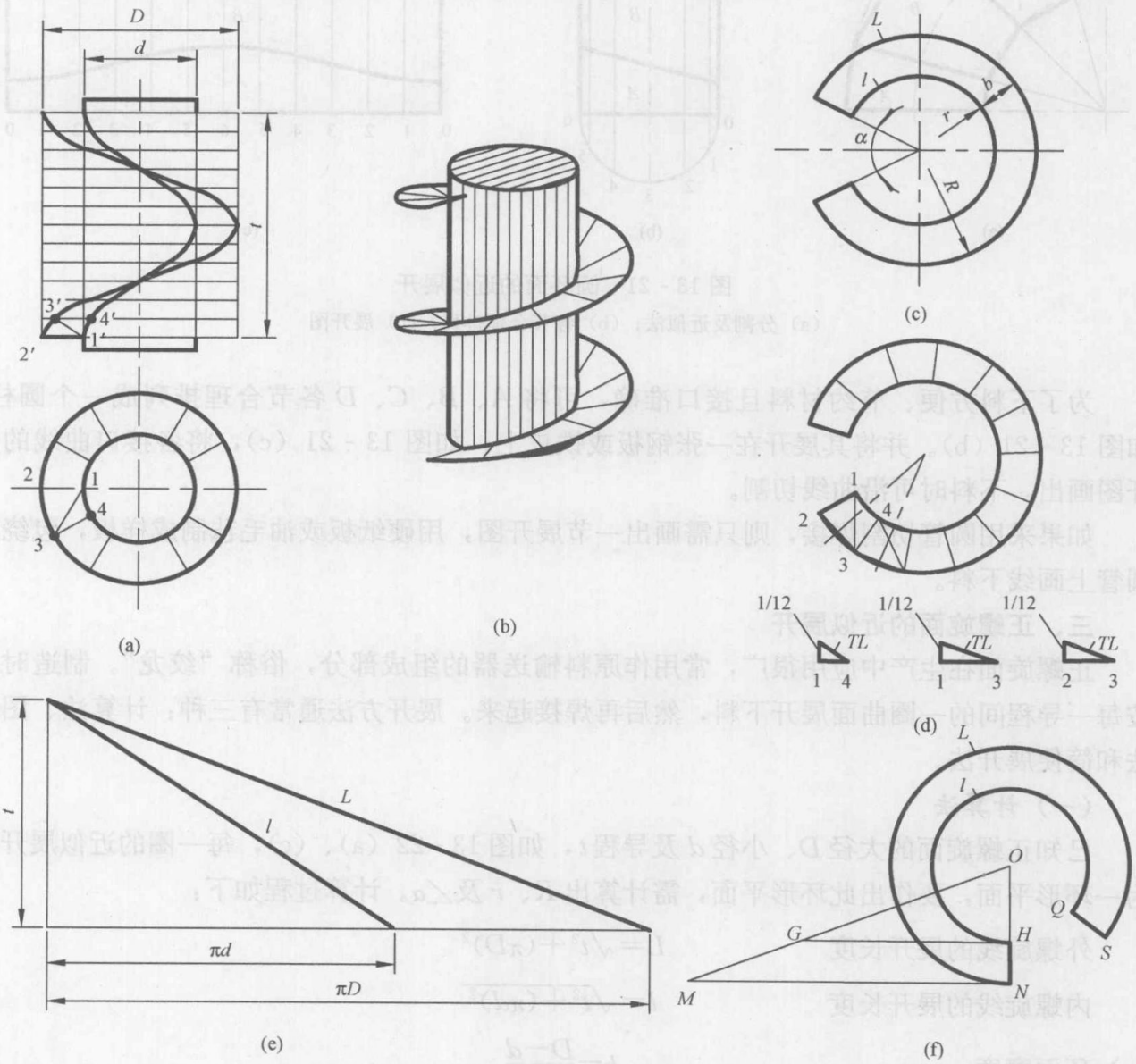


图 13 - 22　正螺旋面的展开

（a）投影图；（b）轴测图；（c）计算法；（d）图解法；

（e）求内外螺旋线的展开长度；（f）简便展开法

（三）简便展开法

这种方法与计算法均可根据正螺旋面的大、小径及导程直接画出展开图，一般不需要画出投影图。作图步骤如下：

(1) 如图 13 - 22 (e)，求出内外螺旋线的展开长度，l 为内螺旋线的展开长度，L 为外螺旋线的展开长度。

(2) 如图 13 - 22 (f)，作横线 $MN=\frac{L}{2}$，过 N 点作 MN 的垂线 NH，使 $NH=\frac{D-d}{2}=b$，过点 H 作 $HG/\!/MN$，且使 $HG=\frac{l}{2}$。连 M、G，延长 MG 与 NH 的延长线相交于 O。

(3) 以 O 为圆心，OH、ON 为半径画圆，在内圆上截取优弧 $HQ=l$，在外圆上截取优弧 $NS=L$（可将 L 和 l 分成若干等份，然后按等份在弧上截取），连接 SQ，即得展开图。

上述三种方法中，计算法和简便展开法比较简单，生产实际中采用较多。

思　考　题

1. 什么是表面展开图？它在实际生产中有什么作用？
2. 可展曲面有什么特点？
3. 求直线实长有几种常用的方法？原理是什么？如何作图？
4. 什么是三角形法？什么是正截面法？什么是侧滚法？它们可用于何种表面展开？如何作图？
5. 正棱柱面与正圆柱面展开图的画法有何异同？
6. 棱锥面与圆锥面展开图的画法有何异同？
7. 试述球面的两种近似展开方法。
8. 常见的变形接头有哪几种？它们分别由哪些表面组成？如何展开？

第十四章　AutoCAD 2012　绘　图

第一节　软件知识和基本绘图

本节简要介绍安装 AutoCAD 2012 的软硬件要求、AutoCAD 2012 的基本操作，以及如何使用 AutoCAD 2012 绘制平面图形单元。

一、安装 AutoCAD 2012 的软硬件要求

安装 AutoCAD 2012 对计算机的软件和硬件环境有一定的要求。

1. 软件环境要求

操作系统：Microsoft Windows XP SP3、Windows Vista SP2、Windows 7。

浏览器：IE7.0 或更高版本。

.NET Framework：.NET Framework 4.0。

2. 硬件环境要求

中央处理器：Intel Pentium 4 或 AMD Athlon 双核，1.6GHz 或更高（Windows XP）；Intel Pentium 4 或 AMD Athlon 双核，3.0GHz 或更高（Windows Vista 或 Windows 7）。

内存：2GB（建议使用 4GB）。

硬盘：安装 2.0GB。

显示器分辨率：1024×768VGA 真彩色。

光盘驱动器：任何速度（仅用于安装）。

定点设备：鼠标、轨迹球或其他 MS-Mouse 兼容设备。

三维建模的其他需求：Intel Pentium 4 处理器或 AMD Athlon，3.0GHz 或更高，或者 Intel 或 AMD 双核处理器，2.0GHz 或更高，2GB RAM，2GB 可用硬盘空间（不包括安装需要的空间），1280×1024 真彩色视频显示适配器 128MB（建议：普通图像为 256MB，中等图像为 512MB），Pixel Shader 3.0 或更高版本，支持 Direct3D®功能的工作站级图形卡。

可选硬件：OpenGL 兼容三维图形卡、打印机或绘图仪、数字化仪等。

二、操作界面

安装结束后，双击桌面上 AutoCAD 2012 图标即可启动 AutoCAD 2012 系统。AutoCAD 2012 的操作界面如图 14-1 所示。

AutoCAD 2012 默认显示的是“草图与注释”工作空间的界面。所谓“工作空间”是对操作界面的集合，AutoCAD 提供了“草图与注释”、“三维基础”、“三维建模”和“AutoCAD 经典”四种工作空间。为了保持与以前老版本界面统一，可以选择“AutoCAD 经典”工作空间的界面。单击屏幕左上方的“工作空间”下拉列表中草图与注释图标，选择“AutoCAD 经典”，显示的界面如图 14-2 所示。

AutoCAD 经典界面中包括标题栏、菜单栏、工具栏、状态栏和绘图窗口等，操作界面窗口下方还包含命令行和文本窗口，通过它们可以和 AutoCAD 系统进行人机交互。

启动 AutoCAD 2012 后，系统将自动创建一个新的图形文件，命名为“Drawingl.dwg”，并显示在操作界面的正上方。此时在 AutoCAD 2012 的主窗口中包含了一个名为

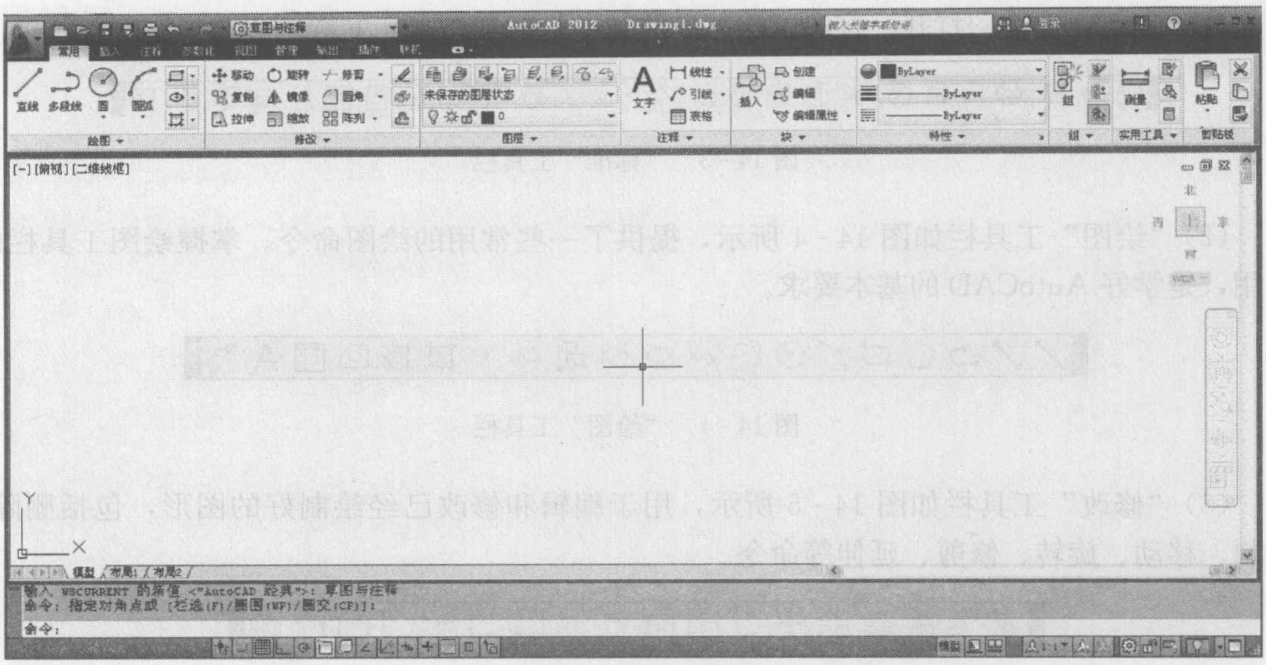


图 14 - 1　AutoCAD 2012 默认操作界面

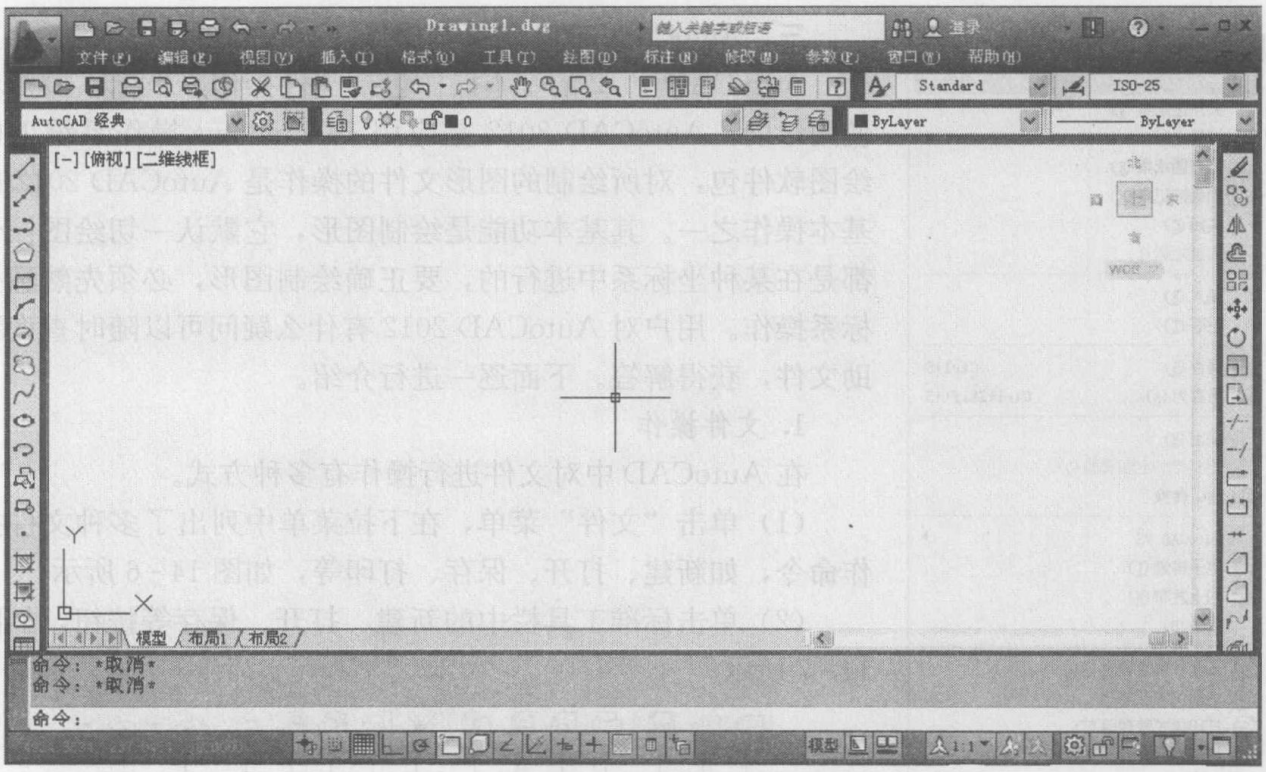


图 14 - 2　AutoCAD 经典界面

“Drawingl. dwg”的绘图窗口。

要退出 AutoCAD 2012 系统，直接单击操作窗口标题栏上最右侧的关闭按钮 ✕ 即可。如果图形文件没有被保存，系统退出时将提示用户进行保存。如果此时还有命令未执行完毕，系统会要求用户先结束命令。

AutoCAD 2012 所有的命令都集中在菜单栏中。为了便于操作，将一些常用的命令集中在工具栏中，包括“标准”工具栏、“绘图”工具栏和“修改”工具栏等。

(1)“标准”工具栏如图 14 - 3 所示，包含可以在 AutoCAD 中执行的 Windows 命令，

如文件的建立、保存、打开、打印，图形的剪切、粘贴、显示、互联网操作、帮助命令等。

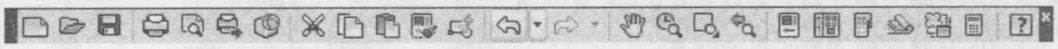


图 14-3 “标准”工具栏

(2)“绘图”工具栏如图 14-4 所示，提供了一些常用的绘图命令。掌握绘图工具栏的使用，是学好 AutoCAD 的基本要求。

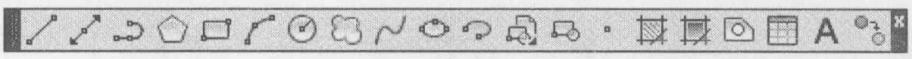


图 14-4 “绘图”工具栏

(3)“修改”工具栏如图 14-5 所示，用于编辑和修改已经绘制好的图形，包括删除、复制、移动、旋转、修剪、延伸等命令。

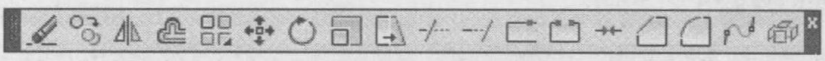


图 14-5 “修改”工具栏

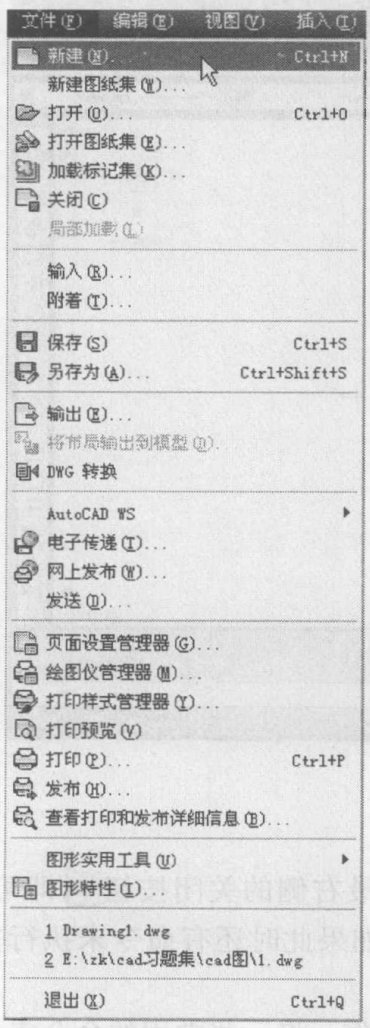


图 14-6 “文件”菜单

三、AutoCAD 2012 的基本操作

AutoCAD 2012 的基本操作包括文件操作、坐标系操作和使用帮助。AutoCAD 2012 是应用于 Windows 操作系统上的绘图软件包，对所绘制的图形文件的操作是 AutoCAD 2012 的基本操作之一。其基本功能是绘制图形，它默认一切绘图操作都是在某种坐标系中进行的，要正确绘制图形，必须先熟悉坐标系操作。用户对 AutoCAD 2012 有什么疑问可以随时查询帮助文件，获得解答。下面逐一进行介绍。

1. 文件操作

在 AutoCAD 中对文件进行操作有多种方式。

(1) 单击“文件”菜单，在下拉菜单中列出了多种文件操作命令，如新建、打开、保存、打印等，如图 14-6 所示。

(2) 单击标准工具栏中的新建、打开、保存等按钮，如图 14-7 所示。

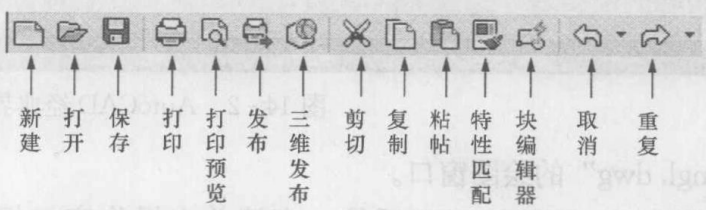


图 14-7 标准工具栏文件操作命令

(3) 直接在命令行中输入“new”、“open”、“save”等命令，如图 14-8 所示。

(4) 在绘图过程中按鼠标右键，在弹出的快捷菜单中对文

件进行操作，如图 14 - 9 所示。

图 14 - 8　通过命令行进行文件操作

图 14 - 9　快捷菜单

2. 坐标系介绍

在 AutoCAD 2012 默认的直角坐标系中，X 轴正向为水平向右，Y 轴正向为垂直向上，Z 轴正向为垂直于 XY 平面指向用户，这个坐标系成为世界坐标系（World Coordinate System，WCS）。WCS 总是出现在用户图样上，是基准坐标系。

根据需要用户也可以通过 UCS 命令自行创建坐标系，新建的坐标系称为用户坐标系（User Coordinate System，UCS）。

尽管 WCS 是固定的，但用户仍然可以在不改变坐标系的情况下，从各个角度观察实体。单击“视图”菜单→“三维视图”，列出可以观察视图的各个角度。或者单击窗口右上角的“三维导航”按钮调整观察角度。当视角改变后，坐标系图标也会随之改变，图 14 - 10 显示了绘图常用视角的坐标系图标。

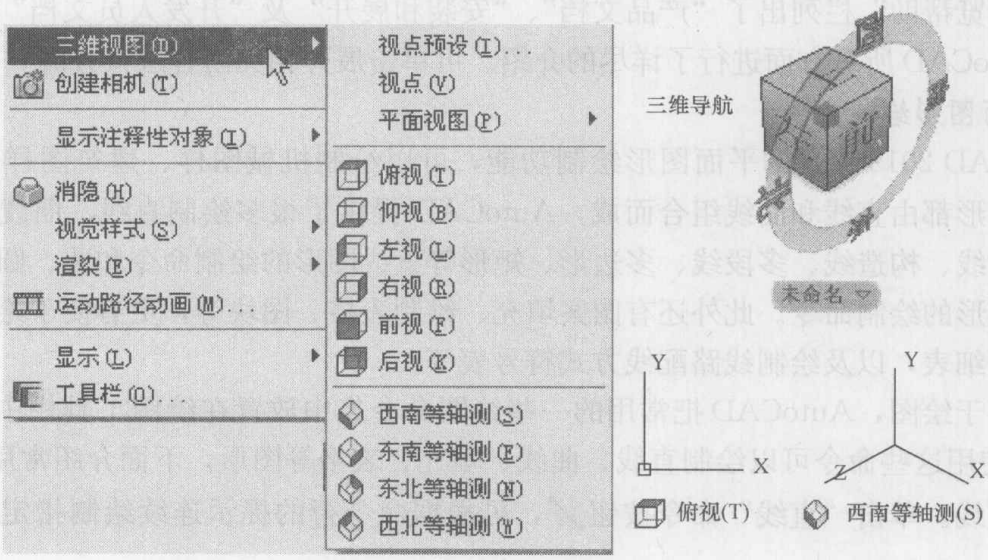


图 14 - 10　观察视图角度

3. 使用帮助

单击 AutoCAD 2012 标准工具栏中最右侧的帮助功能按钮[?]，即出现“Autodesk Exchange”对话框，如图 14-11 所示，可以浏览 AutoCAD 的帮助信息。

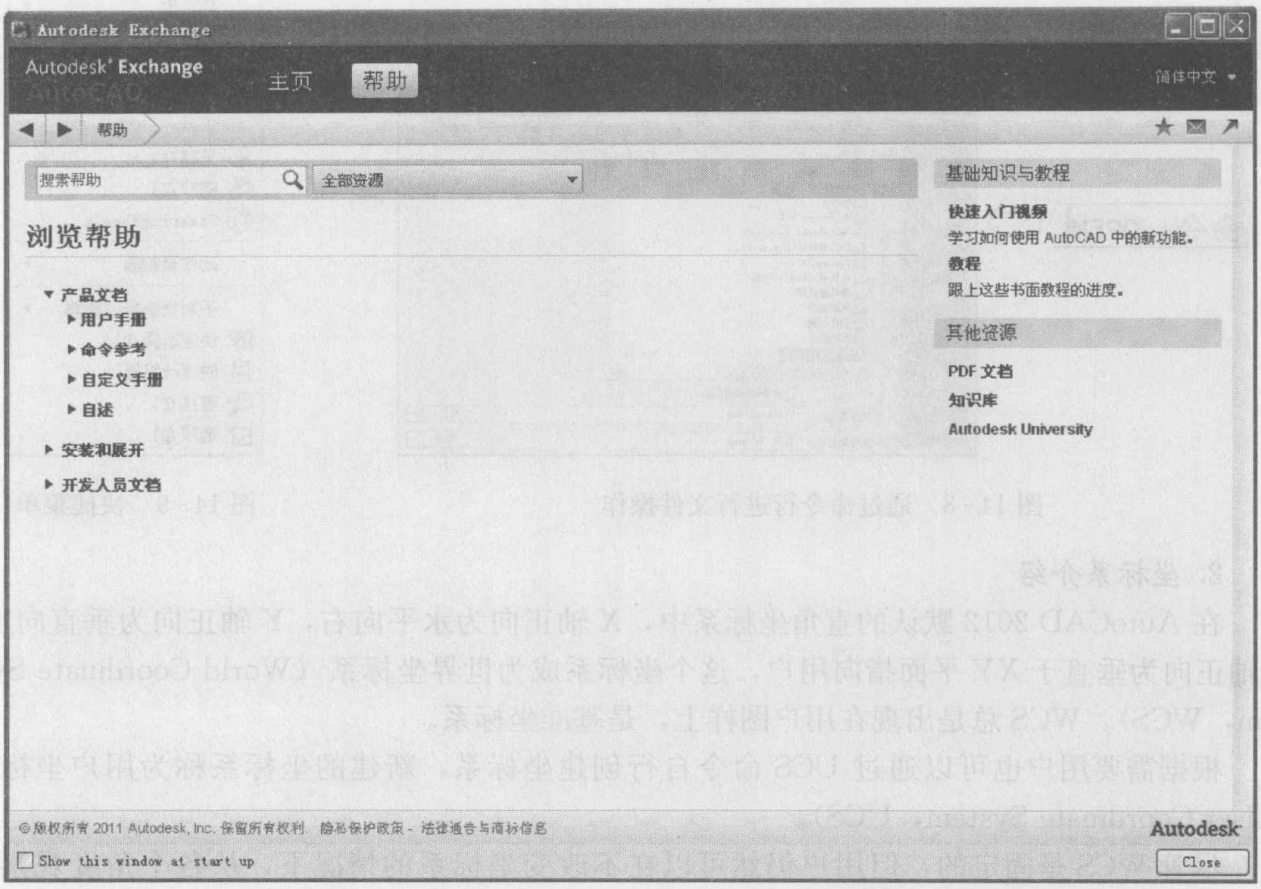


图 14-11 “Autodesk Exchange”帮助对话框

在“搜索帮助”文本框中输入查询内容，可以查看相应的帮助信息。

在“浏览帮助”栏列出了“产品文档”、“安装和展开”及“开发人员文档”三类帮助文档，对 AutoCAD 所有方面进行了详尽的介绍。可单击展开相关内容进行查阅。

4. 平面图形绘制命令

AutoCAD 2012 提供的平面图形绘制功能，可以绘制机械图样、建筑图样和电气图样等。平面图形都由直线和曲线组合而成，AutoCAD 提供了很多绘制直线、曲线的命令，包括直线、射线、构造线、多段线、多边形、矩形等直线图形的绘制命令和圆、圆弧、样条曲线等曲线图形的绘制命令。此外还有图案填充、绘制表格、图块等，更有便于绘制建筑墙面和图样的明细表，以及绘制线路配线方式符号表等。

为了便于绘图，AutoCAD 把常用的一些绘图命令集中放置在绘图工具栏中，如图 14-12 所示。使用这些命令可以绘制直线、曲线、填充、表格等图形，下面介绍常用的几种。

(1) 直线。单击“直线”命令按钮，可根据命令行的提示连续绘制指定长度和角度的直线段。

绘制直线的要素是确定起点和终点，既可以通过输入直线的起点、终点坐标绘制直线，也可以在指定起点后，通过指定直线的长度和角度来绘制直线。

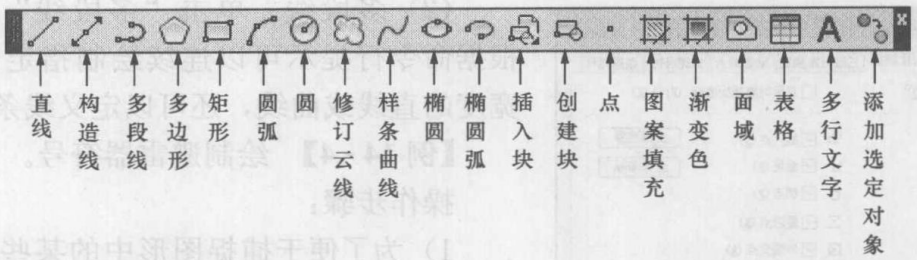


图 14-12　“绘图”工具栏

常用的点坐标形式包括直角坐标和极坐标。直角坐标以点的 X、Y 坐标值来表示，极坐标以长度和角度来表示（两者之间用“<”隔开）。根据坐标参照点的不同又可以分为绝对坐标和相对坐标。绝对坐标是以坐标原点为基准点，直角坐标中输入的 X、Y 坐标值，极坐标中输入的长度都是基于坐标原点测量的；相对坐标是以上一点为基准点，输入时先输入“@”符号，随后输入的 X、Y 坐标值，或极坐标的长度都是相对上一点测量的。极坐标中的角度一直是以与水平向右 X 轴正向测量的角度，逆时针方向为正。

下面介绍用三种不同的坐标输入法绘制直线，如图 14-13 所示。

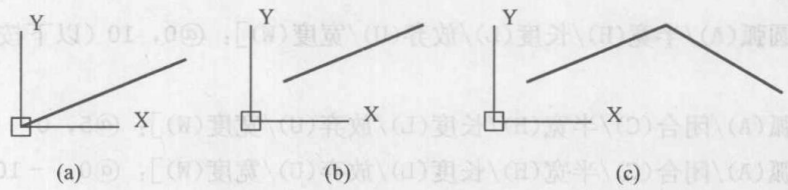


图 14-13　绘制直线

(a) 绝对直角坐标；(b) 相对直角坐标；(c) 相对极坐标

【例 14-1】 用绝对直角坐标输入直线起点和端点，绘制直线段，按命令行的提示操作。

命令：_line

指定第一点：0,0(按绝对直角坐标输入直线段的起点 x,y)

指定下一点或[放弃(U)]：120,50(按绝对直角坐标输入直线段的端点 x,y)

指定下一点或[放弃(U)]：↵

【例 14-2】 用相对直角坐标输入直线的端点绘制直线段，按命令行的提示操作。

命令：_line

指定第一点：(在绘图区内单击任一点作为直线段的起点)

指定下一点或[放弃(U)]：@120,50(按相对直角坐标输入直线段的端点 x,y)

指定下一点或[放弃(U)]：↵

【例 14-3】 用极坐标输入直线端点，用确定长度与角度的方法绘制直线段，按命令行的提示操作。

命令：_line

指定第一点：(直接按回车，自动捕捉上一直线的端点)

指定下一点或[放弃(U)]：@120<-30(按相对极坐标输入直线段的端点，距离<角度)

指定下一点或[放弃(u)]：↵

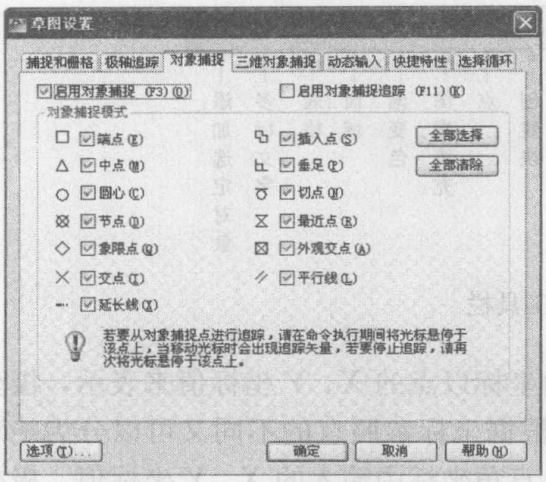


图 14-14 设置“对象捕捉”

(2) 多段线。单击“多段线”命令按钮，根据命令行提示可以连续绘制指定长度、角度或宽度的直线或曲线，还可以定义线条的宽度。

【例 14-4】 绘制避雷器符号。

操作步骤：

1) 为了便于捕捉图形中的某些关键点，如直线的中点、端点等，按下状态栏中的“对象捕捉”按钮后，右击该按钮，在快捷菜单中选择“设置”，打开“草图设置”对话框（如图 14-14 所示），单击“全部选择”按钮后，单击“确定”按钮。

2) 单击“绘图”工具栏中的“多段线”命令按钮，按命令行的提示首先绘制一矩形。

命令：_pline

指定起点：(单击任一点作为起点)

当前线宽为 0.0000

指定下一个点或[圆弧(A)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：@0，10 (以下按相对直角坐标输入线段端点)

指定下一点或[圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：@5，0

指定下一点或[圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：@0，-10

指定下一点或[圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：@-5，0

指定下一点或[圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：↵

效果如图 14-15 所示。

3) 继续单击“多段线”命令，捕捉如图 14-16 所示中点，然后输入@8<90 绘制垂直向上长度为 8 的直线。

4) 继续通过“多段线”命令，绘制起点在矩形下边中点，垂直向下长度为 8 的直线。效果如图 14-17 所示。

图 14-15 绘制矩形

图 14-16 捕捉中点

图 14-17 绘制直线

5) 下面通过“多段线”命令绘制箭头。

命令：_pline

指定起点：_endp 于(捕捉如图 14-18 所示端点)

当前线宽为 0.0000

指定下一个点或[圆弧(A)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：@0，5

指定下一点或[圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：W

指定起点宽度<0.0000>：2
指定端点宽度<2.0000>：0
指定下一点或[圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：@0，3
指定下一点或[圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]：↵

效果如图 14-19 所示。

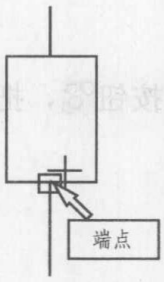


图 14-18　捕捉端点

图 14-19　绘制箭头

(3) 圆。圆是构成图形的基本元素。单击“绘图”菜单→“圆”，可以查看 AutoCAD 2012 所提供的绘制圆的多种方式。单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，可以根据命令行提示指定圆心和半径绘制圆。

下面通过两个具体实例演示圆的不同绘制方法。

【例 14-5】 通过圆心和半径绘制圆，按命令行的提示操作。

命令：_circle
指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]：10，10（输入圆心坐标）
指定圆的半径或［直径（D)]：5（输入半径值）

效果如图 14-20 所示。

【例 14-6】 通过圆上的三个点绘制圆，按命令行的提示操作。

命令：_circle
指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]：3p（执行三点定圆选项）
指定圆上的第一个点：（单击第一点）
指定圆上的第二个点：（单击第二点）
指定圆上的第三个点：（单击第三点）

绘制的圆如图 14-21 所示。

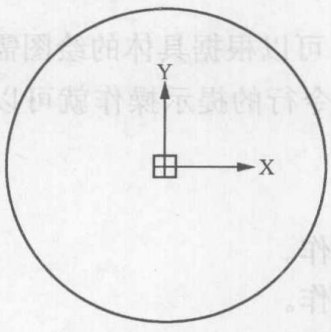


图 14-20　通过圆心和半径绘制圆

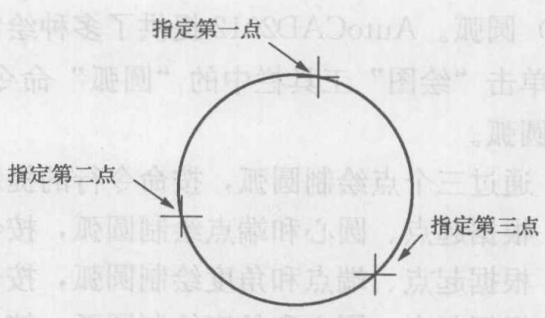


图 14-21　三点画圆

【例 14-7】 绘制双绕组变压器符号。

操作步骤：

1）单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，绘制 ϕ12 的圆。

命令：_circle
指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]：10，10（输入圆心坐标）
指定圆的半径或［直径（D)]：d（输入直径）
指定圆的直径 <10>：12

2）单击“修改”工具栏中的“复制对象”命令按钮，把 ϕ12 圆垂直向上复制一份，复制距离 9。

命令：_copy
选择对象：找到 1 个(选择刚绘制的 ϕ12 圆)
选择对象：↵
当前设置： 复制模式 = 多个
指定基点或[位移(D)/模式(O)]<位移>：↵
指定位移 <0.0000，0.0000，0.0000>： @0,9

效果如图 14-22 所示。

3）单击“绘图”工具栏中的“直线”命令，从上面圆的 90°象限点开始垂直向上绘制长度为 4 的直线，如图 14-23 所示。

4）继续单击“直线”命令，从下面圆的 270°象限点垂直向下绘制长度为 4 的直线。效果如图 14-24 所示。

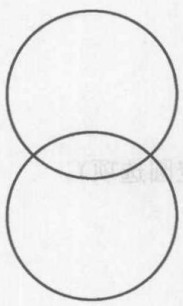


图 14-22 绘制并复制圆

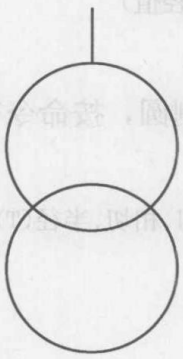


图 14-23 绘制直线

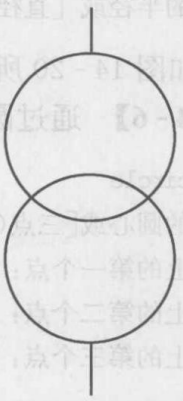


图 14-24 绘制向下直线

(4) 圆弧。AutoCAD2012 提供了多种绘制圆弧的方法，可以根据具体的绘图需要进行选择。单击“绘图”工具栏中的“圆弧”命令按钮，按命令行的提示操作就可以绘制下面几种圆弧。

1）通过三个点绘制圆弧，按命令行的提示操作。

2）根据起点、圆心和端点绘制圆弧，按命令行的提示操作。

3）根据起点、端点和角度绘制圆弧，按命令行的提示操作。

4）根据起点、圆心和长度绘制圆弧，按命令行的提示操作。

5）根据起点、端点和半径绘制圆弧，按命令行的提示操作。

6）单击“绘图”菜单→“圆弧”下拉菜单下面的“继续”命令，可以从最近一次绘制

的直线或圆弧的端点继续绘制下一段圆弧。

（5）椭圆。单击“绘图”工具栏中的“椭圆”命令按钮，可以根据多种参数条件绘制椭圆。

1）根据椭圆的两个轴绘制椭圆，按命令行的提示操作。

2）根据椭圆的长轴和旋转角度绘制椭圆，按命令行的提示操作。

3）根据椭圆的中心和两轴绘制椭圆，按命令行的提示操作。

与绘制椭圆的方法类似，单击“椭圆弧”命令按钮，可以绘制椭圆弧。

（6）多边形。单击“绘图”工具栏中的“多边形”命令按钮，可以根据多边形的内接圆半径、外切圆半径或边长绘制指定边数的多边形。

1）根据多边形边数和内接圆半径绘制多边形，按命令行的提示操作即可。

注意：根据内接于圆或外切于圆绘制多边形过程中出现的随光标闪动的多边形不同，光标分别在顶点和中点上。

2）根据多边形边数和边长绘制多边形，根据命令行的提示操作即可。

（7）矩形。单击“绘图”工具栏中的“多边形”命令按钮，可以根据命令行的提示绘制指定长宽/面积、指定倒角/圆角或指定线宽的矩形。

（8）图案填充。图案填充广泛应用于表达剖面、墙体用料。单击“图案填充”命令按钮，按命令行的提示即可给封闭的区域打上剖面线。

【例 14-8】 绘制运行的移动变电站符号。

操作步骤：

1）单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，绘制 $\phi 2$ 圆。

2）单击“修改”工具栏中的“复制对象”命令按钮，沿右向距离 10 复制一个圆。

3）单击“圆”命令，绘制与两圆相切的圆。按命令行的提示进行操作：

```
命令:_circle
指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]: t
指定对象与圆的第一个切点:(单击第一个圆的右上方，如图 14-25 所示)
指定对象与圆的第二个切点:(单击第二个圆的左上方，如图 14-26 所示)
指定圆的半径<1.0000>: 5 (输入圆半径)
```

绘制切圆如图 14-27 所示。

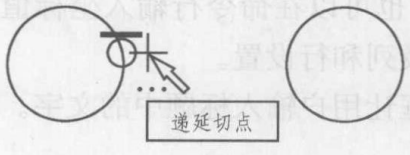


图 14-25　捕捉左边切点

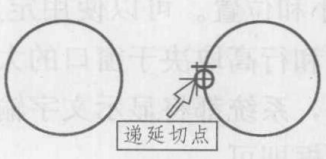


图 14-26　捕捉右边切点

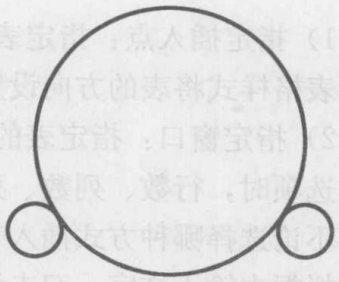


图 14-27　绘制切圆

4）单击“绘图”工具栏中的“图案填充”命令按钮，出现“图案填充和渐变色”对话框，如图 14-28 所示设置填充图案，效果如图 14-29 所示。

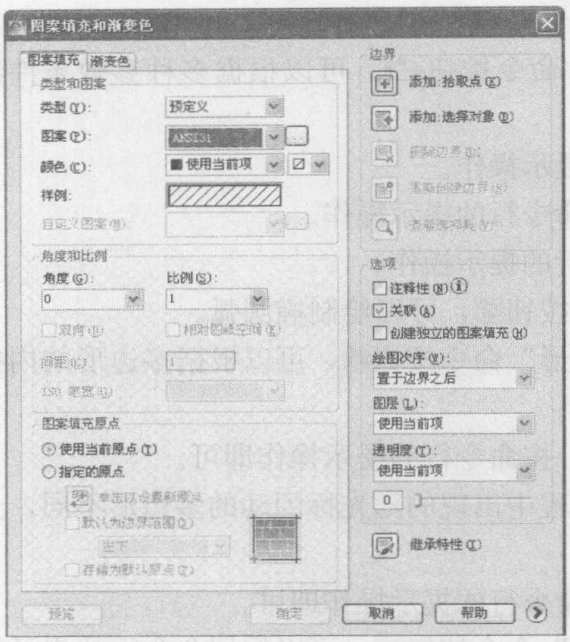


图 14 - 28 设置填充图案

(9) 表格。单击“绘图”工具栏中的绘制表格命令，出现如图 14 - 30 所示的“插入表格”对话框。

“插入表格”对话框可以指定插入点或者指定窗口来插入表格，下面介绍这两种插入方式。

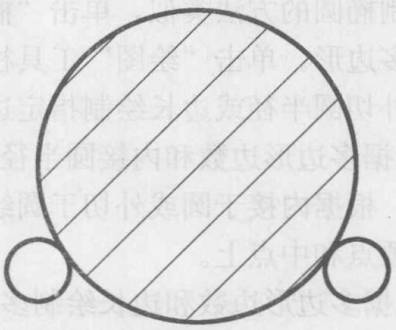


图 14 - 29 填充圆

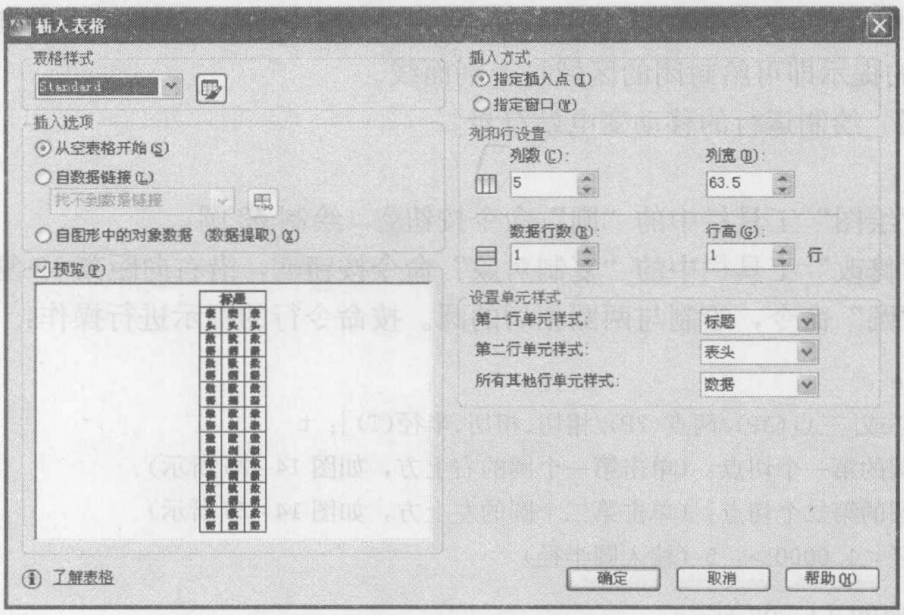


图 14 - 30 “插入表格”对话框

1) 指定插入点：指定表左上角的位置。可以使用定点，也可以在命令行输入坐标值。如果表格样式将表的方向设置为由下而上读取，则插入点位于表的左下角。

2) 指定窗口：指定表的大小和位置。可以使用定点，也可以在命令行输入坐标值。选定此选项时，行数、列数、列宽和行高取决于窗口的大小及列和行设置。

不论选择哪种方式插入表格，系统都将显示文字输入框让用户输入标题中的文字。要在其他栏框中输入文字，双击该栏框即可。

如果要修改表格样式，可以单击“表格样式名称”右边的按钮，即可启动“表格样式”对话框。可以单击“新建”按钮建立一个新的表格样式，也可以单击“修改”按钮，在弹出的“修改表格样式”对话框中修改正在使用的“Standard”样式，如图 14 - 31 所示。其中显示的是“数据”卡片，用于修改表格中的数据。也可以在“列标题”卡片中修改列标

题，或者在“标题”卡片中修改标题。

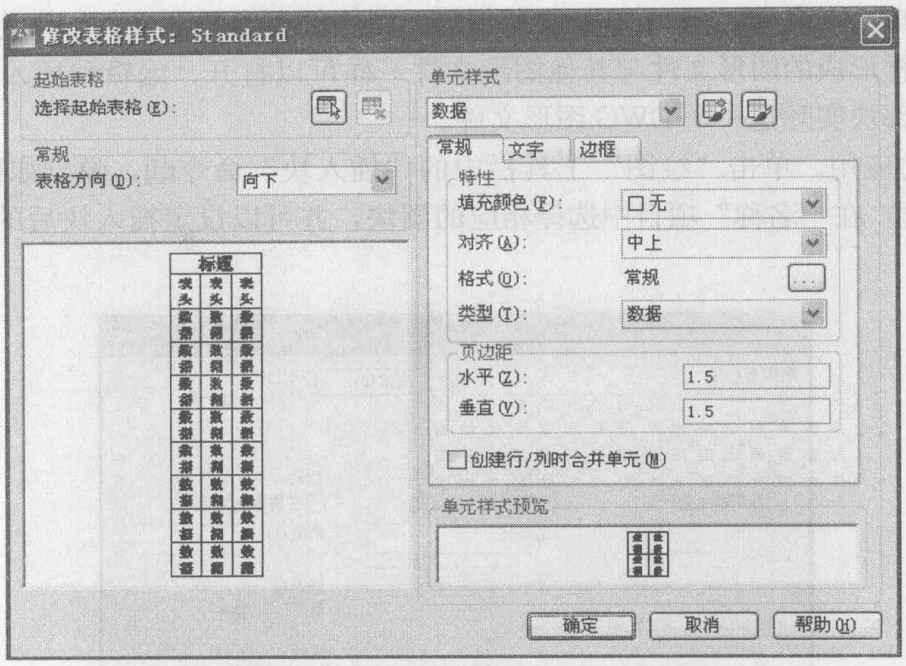


图 14-31　“修改表格样式”对话框

(10) 图块。在 AutoCAD 中，对于一些常用的组合图形（如电气符号、建筑标记、机械标注等），可以将其创建为图块，在以后需要时可以采用插入块的方式来快速地建立图形，无需重新创建，提高设计效率。

图块作为 AutoCAD 中的单个对象，可以进行插入、缩放、旋转、移动、分解和阵列等操作，也可以进行修改、替换、删除等编辑操作。

1) 图块的定义。单击“绘图”工具栏中的“创建块”命令按钮，弹出如图 14-32 所示“块定义”对话框，可创建图块。

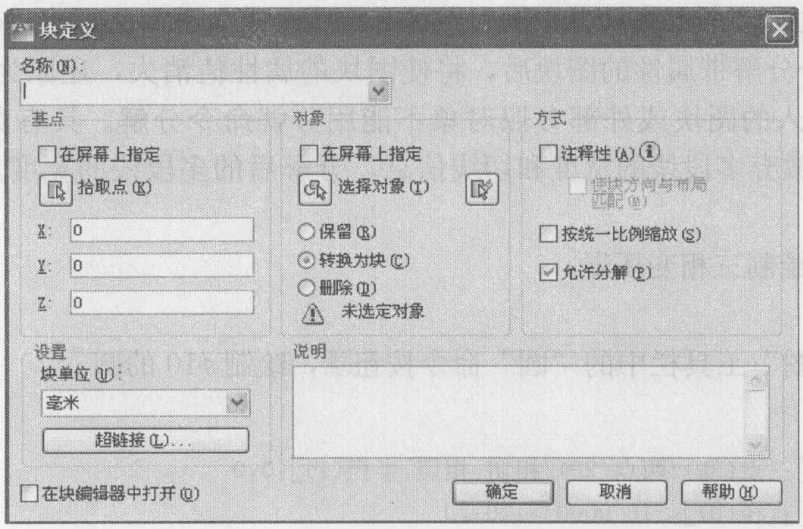


图 14-32　“块定义”对话框

根据“块定义”对话框的要求，需要输入图块名称，选择要组成图块的图形，指定拾取点，插入单位等，单击“确定”按钮后即可创建图块。这种方法创建的图块被称为“内部块”，只能在当前图形文件中使用。

若要使图块能被其他文件调用，可将图块保存为图形文件，这种块称为“外部块”，可以在命令行窗口输入命令“wblock”，将所创建的图块保存为图形文件，作为供外部引用的外部图块。这样形成的图形文件与其他图形文件一样可以打开、编辑和插入。使用 wblock 命令定义的外部块实际是一个 DWG 图形文件。

2）图块的应用。单击“绘图”工具栏中的“插入块”命令，弹出如图 14-33 所示“插入”对话框，在“名称”项目中选择相应的图块，并可以设定插入块后的比例、旋转角度等。

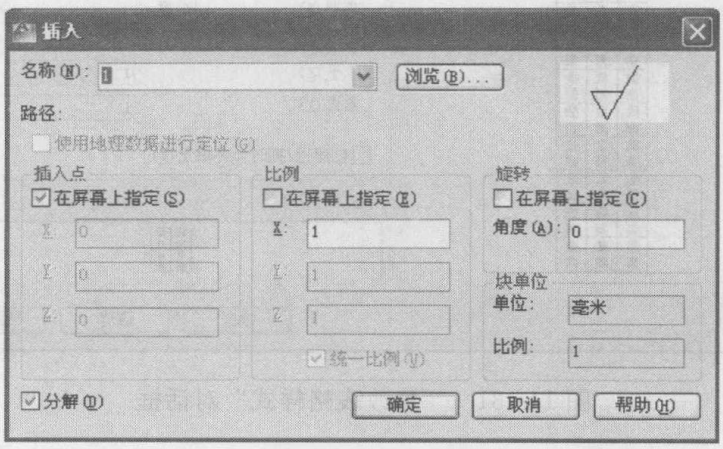


图 14-33 “插入”对话框

3）图块分解。图块插入之后，是一个整体，不能单独选择其中的某些图素，也不能进行修改操作。为了能单独选择其中的图素或进行修改，必须把图块还原成组成它的图形对象。

单击“修改”工具栏中的“分解”命令按钮，选择图块后可将图块分解为单独的图素。使用“分解”命令，也可以将通过“多边形”、“矩形”等命令绘制的图形分解。

注意：分解之前整个图块只有在插入点处有一个夹点，分解之后出现各个独立图形的夹点。使用分解命令分解带属性的图块后，将使图块的属性值消失，还原为属性定义的标签。用 minsert 命令插入的图块或外部参照对象不能用分解命令分解。具有宽度的多段线分解后，AutoCAD 将放弃多段线的宽度和切线信息，分解后的多段线的宽度、线型、颜色将随当前层而改变。

【例 14-9】 绘制三相变压器。

操作步骤：

1）单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，绘制 ϕ10 的圆。

```
命令:_circle
指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]:0,0
指定圆的半径或[直径(D)]<10.0000>:10↵
```

2）单击“绘图”工具栏中的“直线”命令按钮，绘制从圆上象限点垂直向上长度为 10 的直线段，如图 14-34 所示。

```
命令:_line
指定第一点:(捕捉圆的上象限点)
```

指定下一点或[放弃(U)]:@0,10
指定下一点或[放弃(U)]:↵

3）在圆的左下方和右下方绘制两圆，并在两圆的下象限点处绘制垂直向下的直线，如图 14-35 所示。

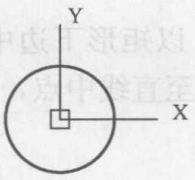


图 14-34　绘制圆和直线

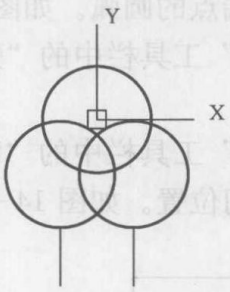


图 14-35　三相变压器符号

命令:_circle
指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]:-7,-10
指定圆的半径或[直径(D)]<10.0000>:↵
命令:_circle
指定圆的圆心或[三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]:7,-10
指定圆的半径或[直径(D)]<10.0000>:↵
命令:_line
指定第一点:(捕捉左侧圆的下象限点)
指定下一点或[放弃(U)]:@0,-10
指定下一点或[放弃(U)]:↵
命令:_line
指定第一点:(捕捉右侧圆的下象限点)
指定下一点或[放弃(U)]:@0,10
指定下一点或[放弃(U)]:↵

4）单击“绘图”工具栏中“创建块”命令按钮，出现“块定义”对话框。在该对话框的“名称”下拉列表框中输入“三相变压器”，指定图块的名称。

在“对象”栏中单击“选择对象”按钮，系统返回绘图区中，选择三相变压器图形，按 Enter 键返回“块定义”对话框。

在“对象”栏中选中“转换为块”◉转换为块(C)单选项，将所选图形定义为块。

在“基点”栏中单击“拾取点”按钮，系统返回绘图区中，拾取图形中任一点作为插入点，系统自动返回“块定义”对话框。

默认“块单位”下拉列表框中的“毫米”选项，即以毫米为单位拖放图块。

单击“确定”按钮即可完成图块的创建。

5）单击“绘图”工具栏中的“插入块”命令按钮，出现“插入”对话框，在“名称”栏中选择“三相变压器”，按提示操作即可在绘图窗口中插入图块。

【例 14-10】 绘制绝缘子

操作步骤：

1）首先绘制绝缘子的头部。单击“绘图”工具栏中的“直线”命令按钮，绘制长度为180的水平直线。

2）单击“绘图”工具栏中的“圆弧”命令按钮，使用三点方式绘制起点在直线左端点，终点在直线右端点的圆弧。如图14-36所示。

3）单击“绘图”工具栏中的“矩形”命令按钮，以直线中点为一角点绘制90×110矩形。

4）单击“修改”工具栏中的“移动”命令按钮，以矩形下边中点为移动基准点，将矩形移至直线的中间位置。如图14-37所示，将矩形移至直线中点，效果如图14-38所示。

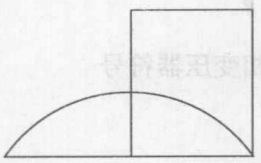


图14-36 绘制圆弧和矩形

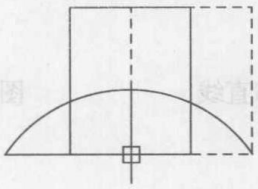


图14-37 移动矩形

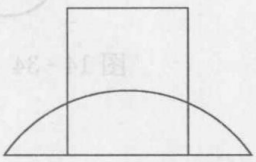


图14-38 矩形居中

5）单击“修改”工具栏中的“移动”命令按钮，把矩形垂直向下移动20，效果如图14-39所示。

```
命令:_move
选择对象:找到 1 个(选择矩形)
选择对象:↵
指定基点或[位移(D)]<位移>:(选择矩形任一点)
指定第二个点或 <使用第一个点作为位移>:@0,-20↵
```

6）接下来编辑成形。单击“绘图”工具栏中的“面域”命令按钮，把绘制的直线和圆弧，以及矩形转变成两个面域。

7）单击“修改”菜单→“实体编辑”→“并集”命令按钮，合并两个面域，效果如图14-40所示。

8）单击“绘图”工具栏中的“直线”命令按钮，绘制两个端点的连线，如图14-41所示。

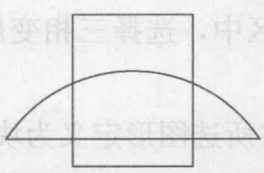


图14-39 下移矩形

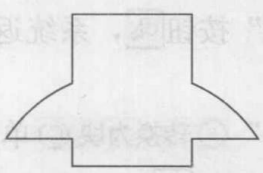


图14-40 合并面域

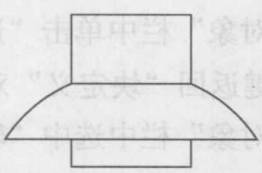


图14-41 绘制连线

9）单击“绘图”工具栏中的“矩形”命令按钮，在下侧直线的中点处绘制矩形20×100，效果如图14-42所示。

10）最后绘制绝缘子的尾部。单击“修改”工具栏中的“镜像”命令按钮，以刚绘制的矩形左边为对称轴，对称复制矩形，效果如图14-43所示。

11）单击“绘图”工具栏中的“面域”命令按钮，把新创建的两个矩形转变成两个

面域。

12）单击“修改”菜单→“实体编辑”→“并集”命令按钮，合并刚才转变的两个面域，如图 14-44 所示。

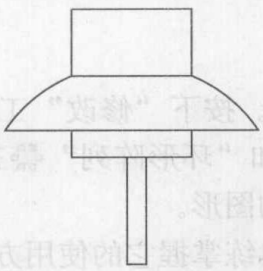


图 14-42　绘制矩形

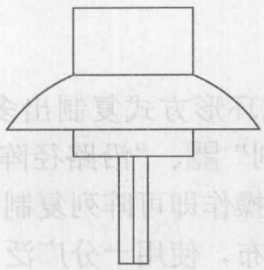


图 14-43　对称复制矩形

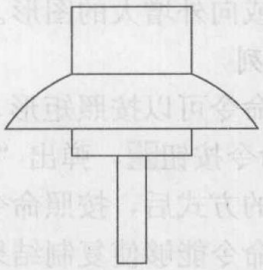


图 14-44　合并面域

第二节　图形编辑与标注

在绘制工程图样的过程中，需要对图形进行编辑修改，以达到最终需要的图形。还要进行尺寸标注、文字标注等，便于施工和制造。

本节将介绍这三部分内容：平面图形编辑命令、尺寸标注及文字标注。

一、平面图形编辑命令

在理解了绘图原理，学会绘制简单的图形基础上，本节学习如何将基本图形编辑成复杂的工程图形。常用编辑图形的方法有复制、镜像、移动、修剪、偏移、阵列、旋转、圆角，以及对多段线、样条曲线的修改，图块的分解等。

编辑图形的命令集中在“修改”菜单中，一些常用的平面图形编辑命令置于“修改”工具栏中，如图 14-45 所示。

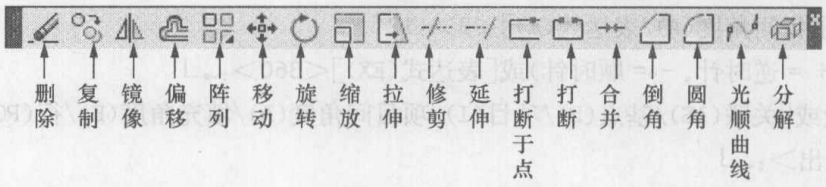


图 14-45　“修改”工具栏

复制图形对象的方法有多种，既可以直接复制，也可以通过剪贴板复制，其他具有复制功能的方法有偏移、镜像、阵列等。

1. 直接复制

单击“复制”命令按钮，按照命令行的提示操作即可直接复制。

2. 使用剪贴板

要通过剪贴板复制图形，可以在“编辑”菜单中使用“复制”和“粘贴”命令；也可以单击图形后，按 Ctrl+C 键将图形复制至剪贴板，然后按 Ctrl+V 键，将剪贴板中的图形进行粘贴。

3. 镜像

镜像命令是将选择的图形沿对称轴创建与之对称的新图形。单击“镜像”命令按钮，按照命令行的提示操作即可镜像图形。

4. 偏移

偏移命令是将图形沿指定方向偏移指定的距离，是一种特别的复制方式。单击“偏移”命令按钮，若选择直线，则创建与之平行的直线；若选择矩形、圆弧等则创建与之同心、向内缩小或向外增大的图形。

5. 阵列

阵列命令可以按照矩形、路径或环形方式复制出多个图形。按下“修改”工具栏中的“阵列”命令按钮，弹出“矩形阵列”、“沿路径阵列”和“环形阵列”三种方式，选择合适的方式后，按照命令行提示操作即可阵列复制出需要的图形。

阵列命令能够使复制结果均匀分布，使用十分广泛，应该熟练掌握它的使用方法和操作细节。现在通过一个实例介绍阵列命令的操作方法。

【例 14-11】 绘制花灯符号。

操作步骤：

(1) 单击“绘图”工具栏中的“圆”命令，绘制 ϕ20 的圆。

(2) 单击“绘图”工具栏中的“直线”命令，绘制起点在圆心，终点在圆右象限点的直线，如图 14-46 所示。

(3) 单击并按住“修改”工具栏中的“阵列”命令，在下拉列表中选择“环形阵列”，按照命令行提示选择直线为阵列对象，以圆心为阵列中心，环形阵列 12 个，效果如图 14-47 所示。

```
命令:_arraypolar
选择对象:找到 1 个(选择直线)
选择对象:↵
类型 = 极轴  关联 = 是
指定阵列的中心点或[基点(B)/旋转轴(A)]:(单击圆心)
输入项目数或[项目间角度(A)/表达式(E)]<3>:12
指定填充角度(+ = 逆时针、- = 顺时针)或[表达式(EX)]<360>:↵
按 Enter 键接受或[关联(AS)/基点(B)/项目(I)/项目间角度(A)/填充角度(F)/行(ROW)/层(L)/旋转项目(ROT)/退出(X)]<退出>:↵
```

(4) AutoCAD2012 对阵列的图形默认为一个图块，若要对其中的几个图形进行编辑修改，需要先进行分解操作。单击“修改”工具栏中的“分解”命令按钮，选择阵列图形，将其分解。

(5) 单击“修改”工具栏中的“删除”命令按钮，删除中间的几条直线，最终效果如图 14-48 所示。

图 14-46 绘制圆和直线

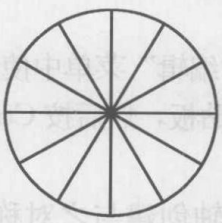


图 14-47 阵列直线

图 14-48 删除直线

注意：阵列命令是一种特别的复制命令，与坐标系相联系，可以执行三维阵列任务。

改变图形位置包括移动图形、旋转图形，以及既移动又旋转图形的对齐命令。

6. 移动

单击“修改”工具栏中的“移动”命令按钮，按命令行的提示进行操作即可将图形任意移动。

7. 旋转

单击“修改”工具栏中的“旋转”命令按钮，按命令行的提示进行操作即可将图形旋转成任意角度。

【例 14-12】 绘制信号灯符号。

操作步骤：

(1) 单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，绘制 ϕ20 圆。

(2) 单击“绘图”工具栏中的“直线”命令按钮，绘制圆的水平直径，如图 14-49 所示。

(3) 单击“修改”工具栏中的“旋转”命令按钮，以圆心为旋转中心，把水平直径线旋转 45°，如图 14-50 所示。

(4) 单击“绘图”工具栏中的“直线”命令按钮，再次绘制 ϕ20 圆的水平直径，如图 14-51 所示。

(5) 单击“修改”工具栏中的“旋转”命令按钮，以圆心为旋转中心，把水平直径线旋转−45°，如图 14-52 所示。

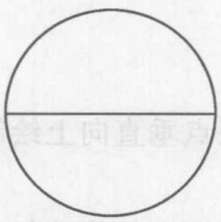


图 14-49　绘制直径

图 14-50　旋转直径

图14-51　绘制水平直径

图 14-52　旋转直径

8. 对齐

系统没有提供对齐命令的图标按钮，可通过菜单找到该命令，单击“修改”菜单→“三维操作”→“对齐”，如图 14-53 所示。

【例 14-13】 将如图 14-54 所示的矩形和三角形斜边对齐。

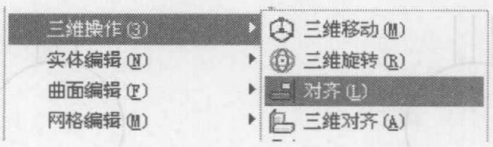


图 14-53　对齐

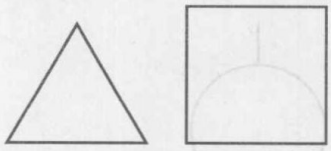


图 14-54　三角形和矩形

单击“修改”菜单→“三维操作”→“对齐”，按命令行的提示进行操作。

```
命令:_align
选择对象:找到 1 个(选择矩形)
```

选择对象:↵
指定第一个源点:(捕捉矩形左上角点)
指定第一个目标点:(捕捉三角形顶点)
指定第二个源点:(捕捉矩形左下角点)
指定第二个目标点:(捕捉三角形右侧点,如图 14-55 所示)
指定第三个源点或 <继续>:↵
是否基于对齐点缩放对象? [是(Y)/否(N)]<否>:↵

对齐效果如图 14-56 所示。

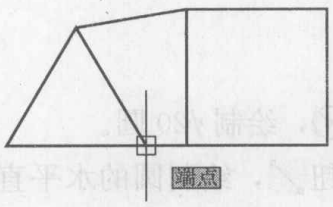


图 14-55 选择对齐点

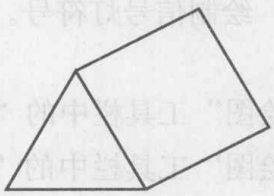


图 14-56 图形对齐

对图形对象的修改操作包括缩放、拉伸、延伸、修剪、拉长、打断于点、打断、倒角、圆角等。

9. 缩放

单击“缩放”命令按钮，可以对图形进行缩放。既可以通过指定比例因子进行缩放，也可以通过“参考”选项选择长度及指定数值，由系统按其比例关系进行缩放。

【例 14-14】 绘制三相线绕转子电机。

操作步骤:

(1) 单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，绘制 ϕ20 圆。

(2) 单击“绘图”工具栏中的“直线”命令按钮，从圆的上象限点垂直向上绘制长度为 10 的直线，如图 14-57 所示。

(3) 单击“修改”工具栏中的“偏移”命令按钮，把垂直直线向两边各偏移复制一份，偏移距离为 5。

(4) 单击“修改”工具栏中的“延伸”命令按钮，选择圆为延伸边界线，延伸两条偏移直线，使其延伸至圆，如图 14-58 所示。

(5) 单击“修改”工具栏中的“镜像”命令按钮，以圆的水平直径为对称轴，把三条垂直直线对称复制一份，如图 14-59 所示。

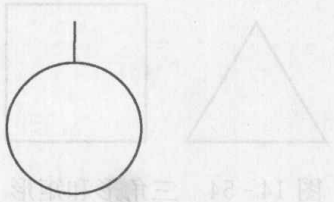


图 14-57 绘制垂直直线

图 14-58 偏移并延伸直线

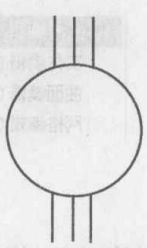


图 14-59 对称复制直线

(6) 单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，以 ϕ20 圆的圆心为圆心，再绘制一

个 ϕ20 圆。

（7）单击“修改”工具栏中的“缩放”命令按钮，按照命令行提示选择 ϕ20 圆，由于此处有两个圆，系统弹出“选择集”对话框，任选一圆即可，在命令行敲回车键，选择圆心为基准点，指定比例因子为 1.2，将圆放大，效果如图 14 - 60 所示。

命令:_scale
选择对象:找到 1 个(选择圆)
选择对象:↵
指定基点:(选择圆心为基准点)
指定比例因子或[复制(C)/参照(R)]:1.2↵

（8）单击“修改”工具栏中的“修剪”命令按钮，以放大的圆为修剪边，修剪掉它内部的直线部分，如图 14 - 61 所示。

（9）单击“绘图”菜单→“文字”→“单行文字”命令，按命令行的提示撰写文字。

命令:_dtext
当前文字样式:　Standard　当前文字高度:　2.5000
指定文字的起点或[对正(J)/样式(S)]:(单击确定一点为文字起点)
指定高度<2.5000>:↵
指定文字的旋转角度<0>:
输入文字:M
输入文字:3~
输入文字:↵

添加文字效果，如图 14 - 62 所示。

图 14 - 60　放大圆

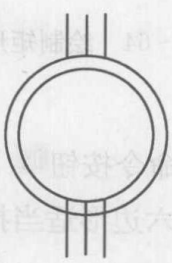


图 14 - 61　修剪线条

图 14 - 62　添加文字

【例 14 - 15】 绘制如图 14 - 63 所示的图形。

根据图示尺寸，圆的尺寸已知，圆内矩形的长是宽的两倍，但具体数值未知。针对此种图形，可以先绘制一类似的图形，即圆内一长为宽两倍的矩形，最后通过缩放命令将圆的直径与图示尺寸匹配。

操作步骤：

（1）单击“绘图”工具栏中的“矩形”命令，根据提示选择“尺寸”选项，指定长 20，宽 10。

命令:_rectang
指定第一个角点或[倒角(C)/标高(E)/圆角(F)/厚度(T)/宽度(W)]:(单击任一点)
指定另一个角点或[面积(A)/尺寸(D)/旋转(R)]:d↵

指定矩形的长度 <10.0000>:20 ↵

指定矩形的宽度 <10.0000>:↵

指定另一个角点或[面积(A)/尺寸(D)/旋转(R)]:(指定任一点)

(2) 单击“绘图”菜单→“圆”→“两点”命令，单击矩形左下角和右上角两个端点，绘制圆。此时绘制的图形与题目中的图形类似，只是大小有别，如图 14-64 所示。

(3) 单击“修改”工具栏中的“缩放”命令，根据提示，选择圆和矩形，选择圆心为基准点，利用“参考 (R)”选项，单击圆的上下象限点为参照长度，新的长度为 75。

命令:_scale

选择对象:指定对角点:找到 2 个(选择圆和矩形)

选择对象:↵

指定基点:(选择圆心为基准点)

指定比例因子或[复制(C)/参照(R)]:r ↵

指定参照长度 <22.3607>: 指定第二点:(依次单击圆的上下象限点,即指定圆的直径)

指定新的长度或[点(P)]<75.0000>: 75 ↵

绘制的图形如图 14-65 所示，矩形长宽尺寸可求出。

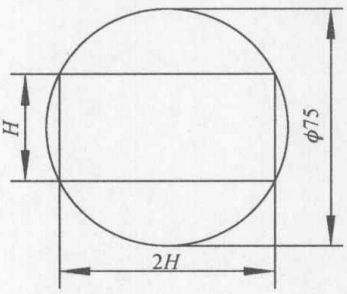


图 14-63 [例 14-15] 附图

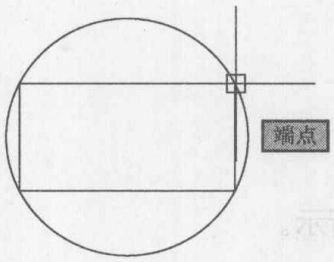


图 14-64 绘制矩形和圆

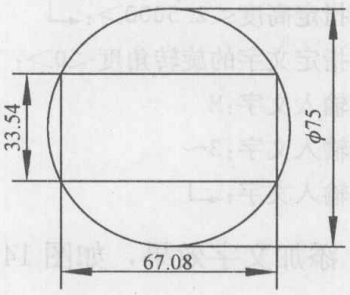


图 14-65 缩放后的图形

10. 拉伸

单击“修改”工具栏中的“拉伸”命令按钮，可将图形按指定的距离和角度拉长。

【例 14-16】 按命令行的提示，把六边形适当拉长。

命令:_stretch

以交叉窗口或交叉多边形选择要拉伸的对象…(窗口要从右下到左上)

选择对象:指定对角点:找到 1 个(选择六边形,如图 14-66 所示)

选择对象:↵

指定基点或位移:(单击一点)

指定位移的第二个点或<用第一个点作位移>:(适当移动光标,如图 14-67 所示,然后单击)

拉伸效果如图 14-68 所示。

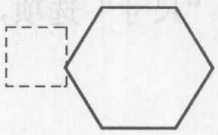


图 14-66 选择六边形

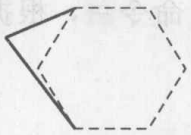


图 14-67 牵拉图形

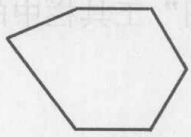


图 14-68 拉伸图形

11. 修剪

单击“修剪”命令按钮，可将图形沿选择的边界位置进行修剪。

【例 14-17】 绘制三相笼型电机符号。

操作步骤：

(1) 单击“绘图”工具栏中的“直线”命令按钮，绘制长度为 20 的垂直直线。

(2) 单击“修改”工具栏中的“偏移”命令按钮，把垂直直线向两边各偏移复制一份，偏移距离为 5。

(3) 单击“绘图”工具栏中的“圆”命令按钮，绘制圆心在中间垂直直线中点的 ϕ15 圆，如图 14-69 所示。

(4) 单击“修改”工具栏中的“修剪”命令按钮，以圆为修剪边界，修剪掉下边和内部的直线部分，如图 14-70 所示。

(5) 单击“单行文字”命令按钮，在 Φ15 圆中心撰写文字“M”和“3～”，如图 14-71 所示。

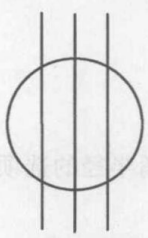


图 14-69　绘制圆

图 14-70　修剪直线

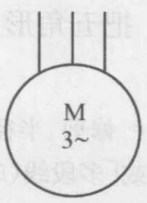


图 14-71　添加文字

12. 延伸

单击“延伸”命令按钮，可将图形延伸至指定的边界位置。

13. 拉长

单击“绘图”菜单→“拉长”命令，可以用来改变直线、圆弧或样条曲线的长度，有指定要增加或减短的数值、指定拉长或缩短后的长度与原来长度的百分比、指定拉长或缩短后的长度和用鼠标拖拉改变长度等四种方式。

14. 打断于点

单击“绘图”工具栏中“打断于点”命令按钮，可以在指定点位置将直线打断。

15. 打断

单击“绘图”工具栏中“打断”命令按钮，可以截去图线上指定两点间的部分。

16. 合并

单击“绘图”工具栏中“合并”命令按钮，可以将两条连续的线条合二为一。

17. 倒角

单击“绘图”工具栏中“倒角”命令按钮，可将两条直线按照指定的距离创建倒角。

【例 14-18】 把三角形一个角倒角，按命令行的提示操作。

```
命令:_chamfer
(“修剪”模式)当前倒角距离 1 = 0.0000,距离 2 = 0.0000
选择第一条直线或[多段线(P)/ 距离(D)/角度(A)/修剪(T)/方法(M)]:d (执行修改倒角距的选项)
```

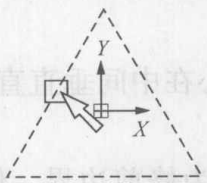
指定第一个倒角距离<10.0000>:1（确定倒角距离）

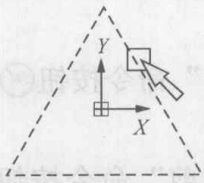
指定第二个倒角距离<1.0000>:↵

选择第一条直线或[多段线(P)/ 距离(D)/角度(A)/修剪(T)/方法(M)]:（如图 14-72 所示选择第一条直线）

选择第二条直线:（如图 14-73 所示选择第二条直线）

创建的倒角如图 14-74 所示。





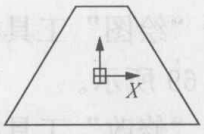


图14-72 选择第一条直线 图14-73 选择第二条直线 图 14-74 倒角操作

18. 圆角

单击“绘图”工具栏中“圆角”命令按钮，可将两条直线按照指定的半径创建圆角。

【例 14-19】 把五角形上角倒圆角。

命令:_fillet

当前模式:模式 = 修剪,半径 = 0.0000

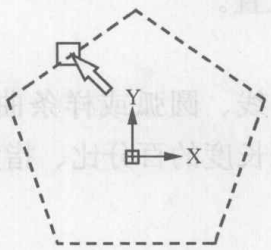
选择第一个对象或[多段线(P)/半径(R)/修剪(T)]:r（执行确定新圆角半径的选项）

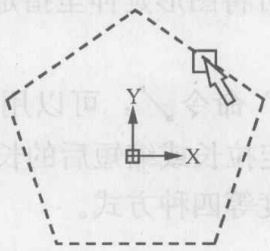
指定圆角半径<0.0000>:2（输入新圆角半径）

选择第一个对象或[多段线(P)/半径(R)/修剪(T)]:（选择如图 14-75 所示直线）

选择第二个对象:（选择如图 14-76 所示直线）

创建的圆角如图 14-77 所示。





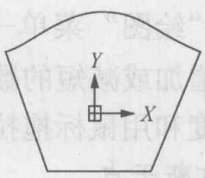


图 14-75 选择左边直线 图 14-76 选择右边直线 图 14-77 矩形圆角

二、尺寸标注

AutoCAD 中提供了一套完整的尺寸标注命令，可以方便地标注图形的各种尺寸，例如线性尺寸、角度、直径和半径等。

本部分主要讲述尺寸标注的组成、各种尺寸标注的基本方法，以及如何编辑尺寸标注。通过学习，读者应掌握如何进行尺寸的标注和编辑，从而完成工程图的绘制。

1. 尺寸元素

一个尺寸标注单元由尺寸线、尺寸界线、尺寸箭头和尺寸数字四部分组成，如图 14-78 所示。构成尺寸的尺寸线、尺寸界线、尺寸箭头和尺寸文字是一个块，如果要对它们分别编辑的话，要先进行分解。

尺寸标注分为线性尺寸标注、半径尺寸标注、直径尺寸标注、角度尺寸标注、引线标

注、连续标注等，图 14 - 79 显示了部分常用尺寸标注类型。

各种类型的尺寸标注命令集中在如图 14 - 80 所示的“标注”工具栏中。

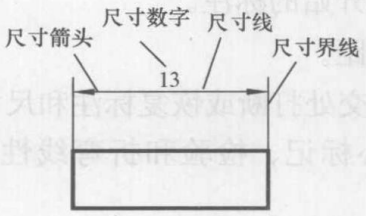


图 14 - 78　尺寸标注的组成

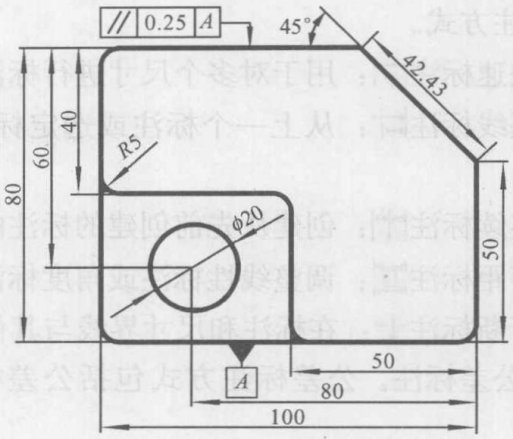


图 14 - 79　部分常用尺寸标注类型

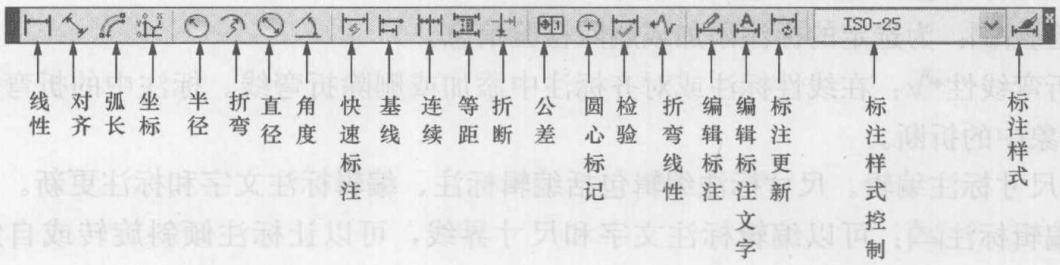


图 14 - 80　“标注”工具栏

2. 尺寸标注

(1) 距离标注。距离标注方式包括线性标注、对齐标注、弧长和坐标标注四种标注方式。

1) 线性标注：用于对点、直线之间进行线性标注，只能标示出垂直或者水平方向的距离。

2) 对齐标注：用于对点、直线之间进行线性标注，可以标示出平行于所选两点或直线方向的长度。

3) 弧长标注：用于测量圆弧或多段线圆弧段上的距离。

4) 坐标标注：用于测量从原点（称为基准）到要素（例如圆等）的水平或垂直距离。

(2) 半径角度标注。半径角度标注方式包括半径标注、折弯标注、直径标注和角度标注四种标注方式。

1) 半径标注：用于对圆或圆弧标注半径，通常箭头从圆心指向弧段。工程制图中通常对小于或等于半圆的圆弧标注半径。

2) 折弯标注：为圆和圆弧创建折弯标注。当圆弧或圆的中心位置较远，无法在其实际位置显示时，将创建折弯半径标注。

3) 直径标注：用于为圆或圆弧创建直径标注。一般为中心角超过 180°的圆弧使用此

标注。

4）角度标注：用于对两条直线或三个点进行角度标注。

（3）高效标注。高效标注方式包括快速标注、基线标注、连续标注、等距标注和折断标注五种标注方式。

1）快速标注：用于对多个尺寸进行标注。

2）基线标注：从上一个标注或选定标注的基线处创建线性标注、角度标注或坐标标注。

3）连续标注：创建从先前创建的标注的尺寸界线开始的标注。

4）等距标注：调整线性标注或角度标注之间的间距。

5）折断标注：在标注和尺寸界线与其他对象的相交处打断或恢复标注和尺寸界线。

（4）公差标注。公差标注方式包括公差标注、圆心标记、检验和折弯线性四种标注方式。

1）公差标注：创建包含在特征控制框中的形位公差。

2）圆心标记：创建圆和圆弧的圆心标记或中心线。

3）检验：为选定的标注添加或删除检验信息。

4）折弯线性：在线性标注或对齐标注中添加或删除折弯线。标注中的折弯线表示所标注的对象中的折断。

（5）尺寸标注编辑。尺寸标注编辑包括编辑标注、编辑标注文字和标注更新。

1）编辑标注：可以编辑标注文字和尺寸界线，可以让标注倾斜旋转或自定义标注模式。

2）编辑标注文字：可以移动和旋转标注文字并重新定位尺寸线。

3）标注更新：用当前标注样式更新标注对象。

（6）标注样式选取。标注样式选取包括标注样式控制和标注样式。

1）标注样式控制 ISO-25 ：标注样式列表，用于对标注样式进行快速选取。

2）标注样式：单击该按钮打开标注样式管理器，可以创建和修改标注样式。

在进行各种标注之前，必须先创建所要用到的标注样式，并把创建的标注样式设置为当前标注样式，下面讲述创建标注样式和创建各种标注的方法。

3. 创建标注样式

在进行各种标注之前，先创建所要用到的标注样式，并把创建的标注样式设置为当前标注样式。创建标注样式主要在“标注样式管理器”对话框中实现，单击标注工具栏的按钮，即可打开如图 14-81 所示的“标注样式管理器”对话框。

在“标注样式管理器”对话框中，单击“新建”按钮打开如图 14-82 所示的“创建新标注样式”对话框。在“新样式名”文本框中输入新的样式名称，在“基础样式”下拉列表中选取基础样式，在“用于”下拉列表中选取标注中的哪部分要应用此样式，如图 14-83 所示为用于线性尺寸标注。单击继续按钮打开如图 14-83 所示的“新建标注样式”对话框，在此对话框中用户可以设置新建的标注样式的尺寸线、尺寸界线、箭头、文字大小等属性。设置完标注样式后，单击“确定”按钮即可创建新的标注样式。

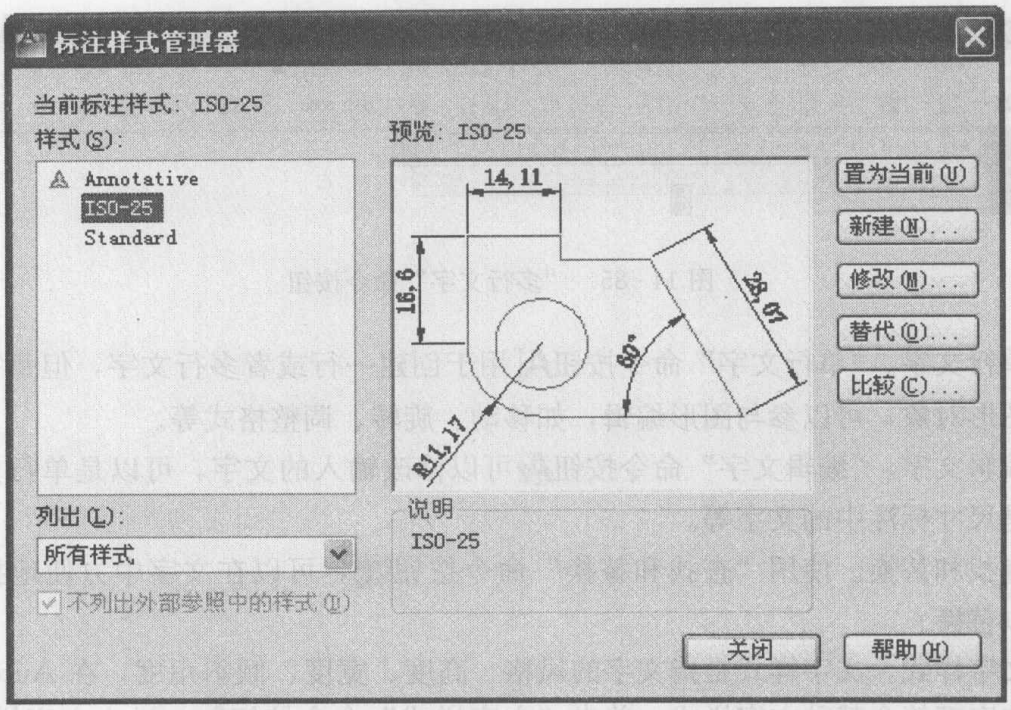


图 14-81　“标注样式管理器”对话框

4. 文字与编辑文字

技术说明、参数列表、标题等项目，是工程图样必不可少的文字内容。这些内容既有单行的，也有多行的。在 AutoCAD 2012 中，既可以一次输入一行文字，也可以一次输入多行文字。输入文字的内容、大小、样式都可以修改。工程图样中的文字有若干国家标准，用户可以在 AutoCAD 2012 中选择符合国标的文字样式。通过本部分的学习，读者可以学会单行文字、多行文字的输入方法，以及修改文字的方法。用户还可以修改、新建文字样式，使输入的文字符合统一的要求。

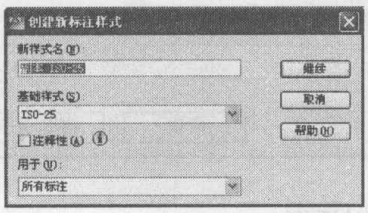


图 14-82　“创建新标注样式”对话框

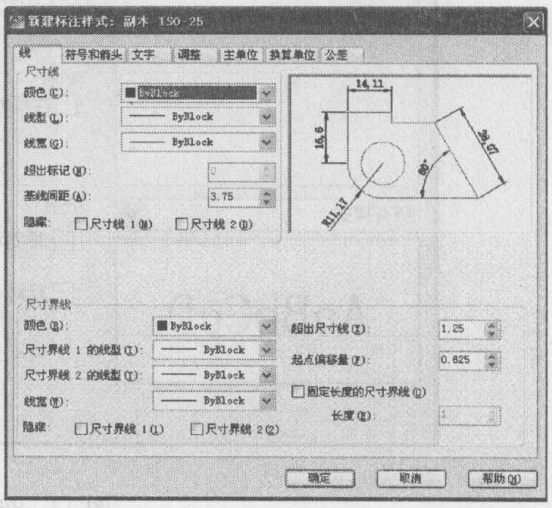


图 14-83　“新建标注样式”对话框

在 AutoCAD 2012 中，文字命令集中在“文字”工具栏中，如图 14-84 所示。其中包括输入多行文字、单行文字、编辑文字、查找和替换、文字样式、缩放文字、对正文字等命令。

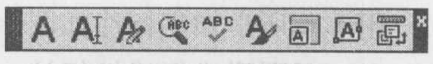


图 14-84　文字工具栏

(1) 多行文字。单击“多行文字”命令按钮A，弹出如图 14-85 所示“文字格式”对话框，即可输入文字。

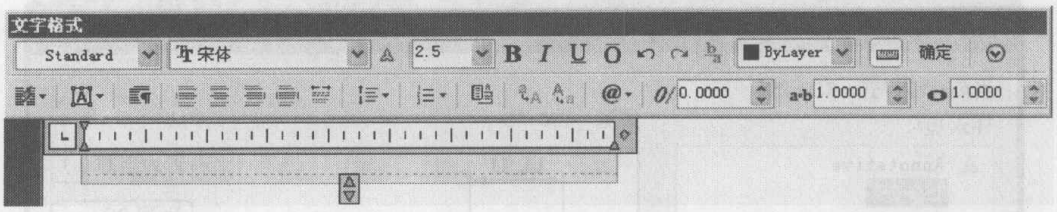


图 14-85 “多行文字”命令按钮

(2) 单行文字。“单行文字”命令按钮用于创建一行或者多行文字，但每行文字是一个独立的图形对象，可以参与图形编辑，如移动、旋转、调整格式等。

(3) 编辑文字。“编辑文字”命令按钮可以修改输入的文字，可以是单行文字、多行文字或者是尺寸标注中的文字等。

(4) 查找和替换。使用“查找和替换”命令按钮，可以在文字中方便地找到指定的字符并加以替换。

(5) 文字样式。文字样式是指文字的风格、高度、宽度、倾斜角度，在 AutoCAD 2012 中输入的文字都符合某种文字样式。单击“文字样式”命令按钮，进入文字样式对话框，如图 14-86 所示，用于修改文字样式参数，或者建立新的文字样式。

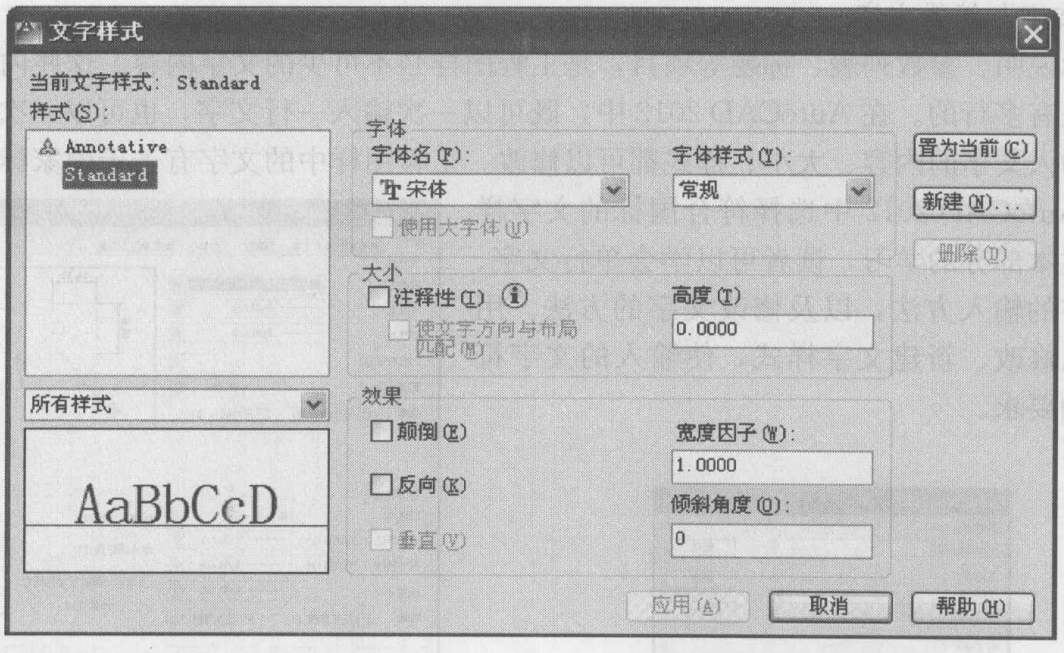


图 14-86 “文字样式”对话框

5. 综合范例

用本节所学知识标注如图 14-87 所示图形，步骤如下：

(1) 对图形进行线性标注。单击线性标注按钮，单击选择图形中的一个端点，如图 14-87 所示。然后单击另一个需要标注的端点，如图 14-88 所示。向下移动鼠标，确定水平尺寸标注位置后单击鼠标，得到如图 14-89 所示的水平尺寸标注。用同样的方法，利用线性标注按钮对图形进行垂直尺寸标注，标注结果如图 14-90 所示。

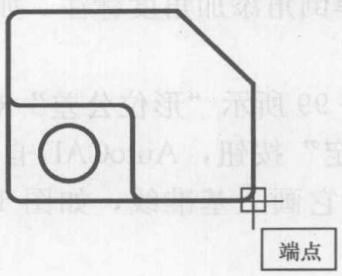


图 14-87　选择一个端点

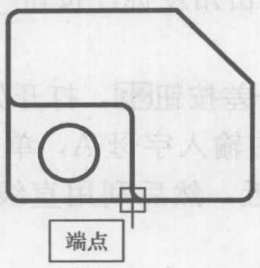


图 14-88　选择另一个端点

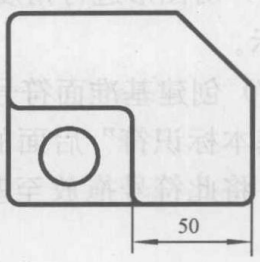


图 14-89　创建水平尺寸

(2) 对图形进行对齐标注。单击对齐标注按钮，单击选择图形中的一个端点，如图 14-90 所示。然后单击另一个需要标注的端点，如图 14-91 所示。向右上方移动鼠标，确定尺寸标注位置后单击鼠标，得到如图 14-92 所示的对齐尺寸标注。

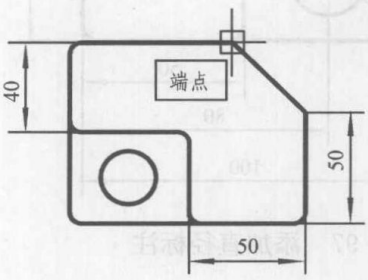


图 14-90　选择一个端点

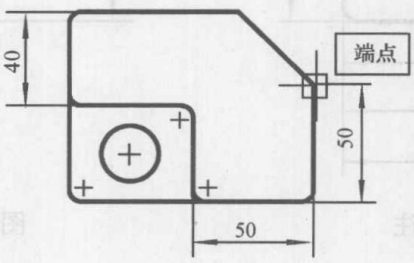


图 14-91　选择另一个端点

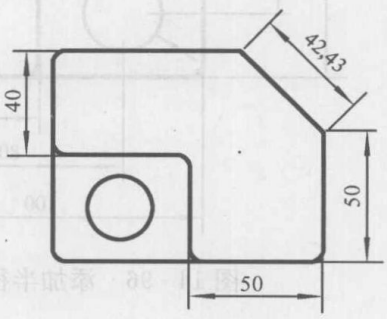


图 14-92　添加对齐标注

(3) 对图形进行基线标注。单击基线标注按钮，默认将选择上次尺寸标注的第一点为基线位置，若要修改基线位置，在命令行输入 S 命令，鼠标指针变成方形，单击水平尺寸标注右侧尺寸界线作为基线，如图 14-93 所示。然后单击下一个需要定位的位置，例如圆心，如图 14-94 所示，生成一条基线标注。用同样的方法，完成其他基线尺寸标注，结果如图 14-95 所示。

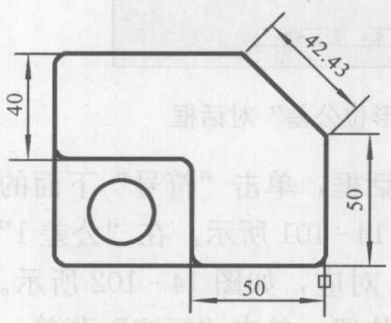


图 14-93　选择基线

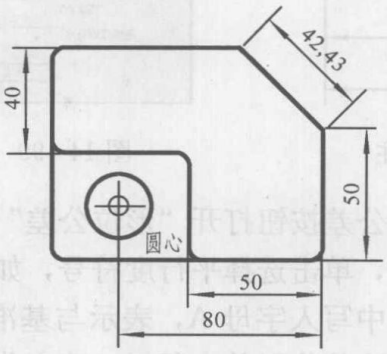


图 14-94　选择圆心

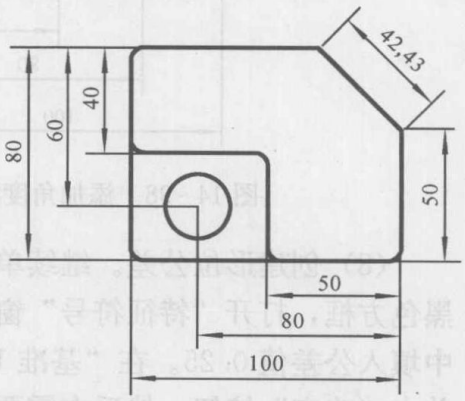


图 14-95　添加基线标注

(4) 对图形进行半径标注。单击半径标注按钮，选择圆角，添加半径标注，如图 14-96 所示。

(5) 对图形进行直径标注。单击直径标注按钮，选择圆添加直径标注，如图 14-97 所示。

(6) 对图形进行角度标注。单击角度标注按钮，选择倒角添加角度标注，如图 14-98 所示。

(7) 创建基准面符号。单击公差按钮，打开如图 14-99 所示“形位公差”对话框。在“基本标识符”后面的文本框中输入字母 A，单击“确定”按钮，AutoCAD 自动生成符号，将此符号拖放至基准线附近，然后利用直线工具为它画上基准线，如图 14-100 所示。

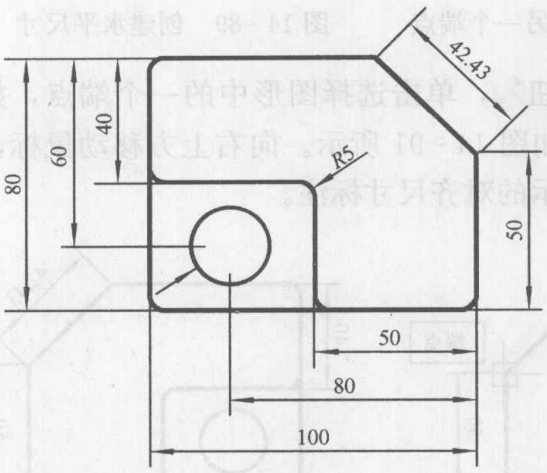


图 14-96 添加半径标注

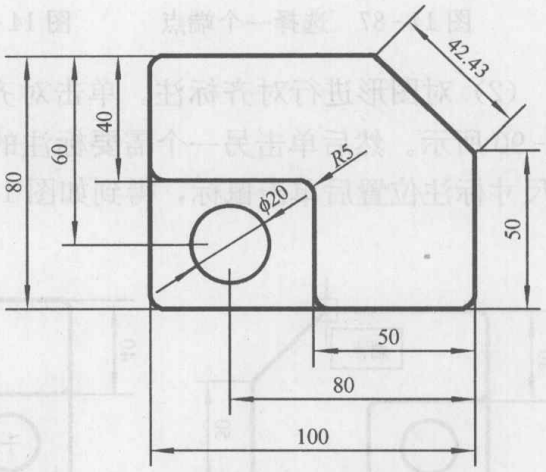


图 14-97 添加直径标注

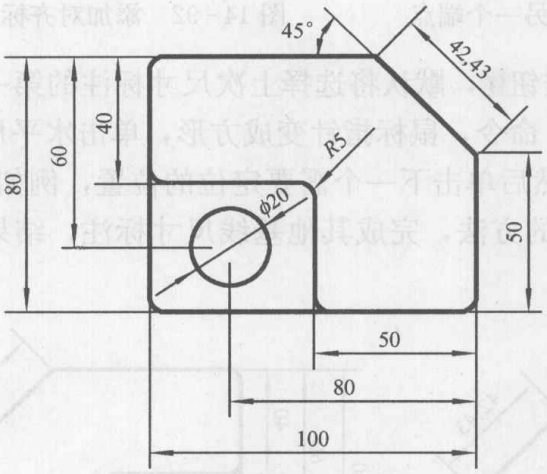


图 14-98 添加角度标注

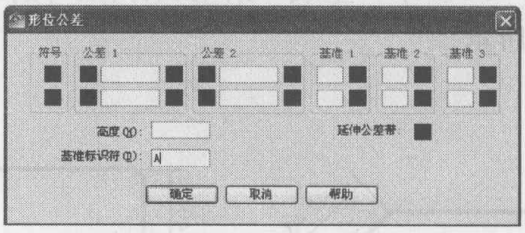


图 14-99 “形位公差”对话框

(8) 创建形位公差。继续单击公差按钮打开“形位公差”对话框，单击“符号”下面的黑色方框，打开“特征符号”窗口，单击选择平行度符号，如图 14-101 所示。在“公差 1”中填入公差值 0.25。在“基准 1”中写入字母 A，表示与基准 A 对应，如图 14-102 所示。单击“确定”按钮，然后在需要标注的位置单击鼠标，确定公差位置。单击“标注”菜单→“多重引线”命令，在公差位置旁边创建一条引线，创建形位公差标注后的图形，如图 14-103 所示。

(9) 添加圆心标记。单击圆心标记按钮，在需要添加圆心标记的弧段上单击鼠标，创建圆心标记后的图形如图 14-104 所示。到此，完成了整个图形的尺寸标注过程。

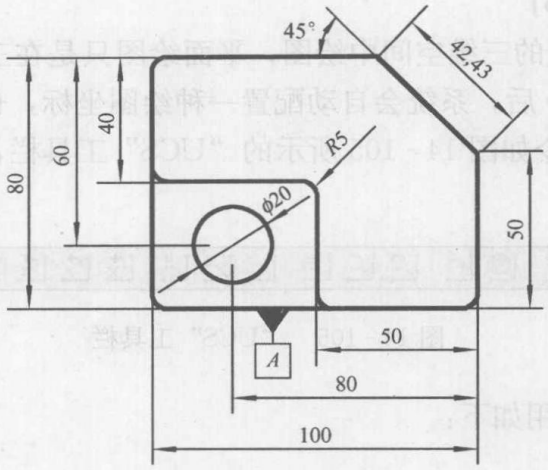


图 14 - 100　添加公差基准

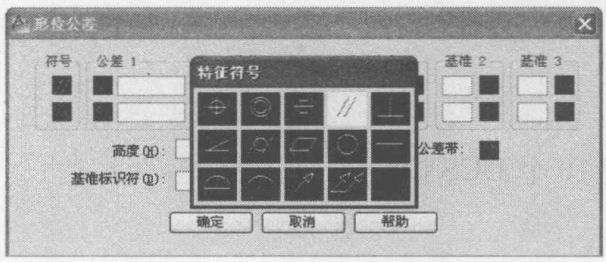


图 14 - 101　选择平行度符号

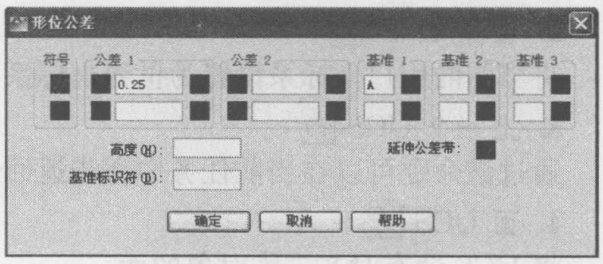


图 14 - 102　添加公差、基准

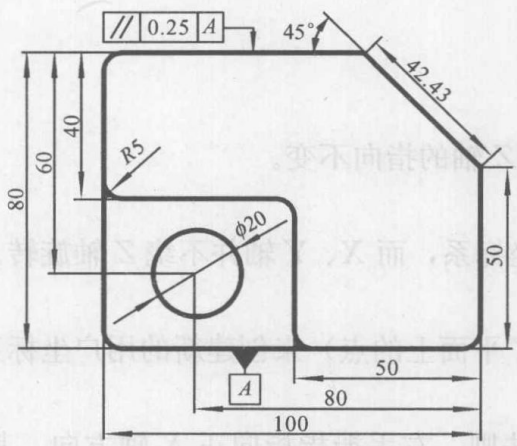


图 14 - 103　标注形位公差

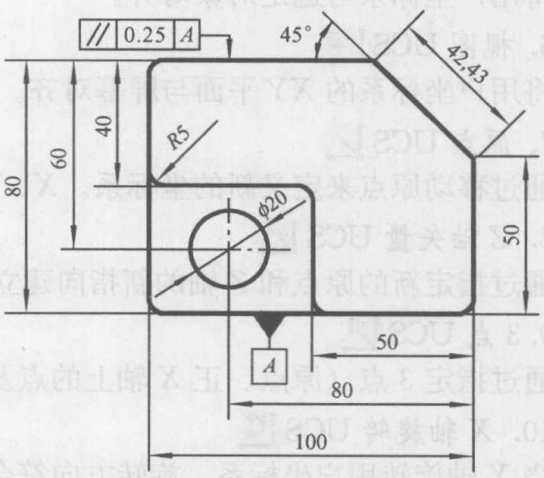


图 14 - 104　添加圆心标记

第三节　实 体 造 型 方 法

本章介绍如何使用 AutoCAD 2012 进行三维设计。在三维设计工作中，需要经常使用坐标系命令。下面首先介绍在 AutoCAD 2012 中如何操作坐标系，然后介绍如何创建基本的几何造型，最后介绍如何编辑加工这些简单几何造型，绘制出复杂的工业造型。

一、用户坐标系（UCS）

AutoCAD 总是在一定的三维空间中绘图，平面绘图只是在三维空间的某个平面上绘制图形而已。启动 AutoCAD 后，系统会自动配置一种绘图坐标，也可以根据自己的需要改变坐标系。常用坐标系的命令如图 14-105 所示的“UCS”工具栏，通过这些按钮可以启动对应的坐标系命令。

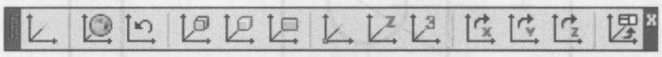


图 14-105 “UCS”工具栏

UCS 工具栏中按钮作用如下：

1. UCS

通过该命令可以设置当前 UCS 的原点和方向。通过指定三点可以定义一个新的 UCS，三点分别对应原点、正 X 轴上的点及正 XY 平面上的点。

2. 世界 UCS

将当前的用户坐标系设置为世界坐标系。

3. 上一个 UCS

通过该命令可以在当前任务中逐步返回最近 10 个 UCS 设置。

4. 面 UCS

将 UCS 动态对齐三维对象的面。

5. 对象 UCS

将用户坐标系与选定对象对齐。

6. 视图 UCS

将用户坐标系的 XY 平面与屏幕对齐。

7. 原点 UCS

通过移动原点来定义新的坐标系。X、Y 轴和 Z 轴的指向不变。

8. Z 轴矢量 UCS

通过指定新的原点和 Z 轴的新指向建立用户坐标系，而 X、Y 轴并不绕 Z 轴旋转。

9. 3 点 UCS

通过指定 3 点（原点、正 X 轴上的点及正 XY 平面上的点）来创建新的用户坐标系。

10. X 轴旋转 UCS

绕 X 轴旋转用户坐标系。旋转方向符合右手法则：右手拇指指向正 X 轴方向，其余四指弯曲方向即为旋转正方向。

11. Y 轴旋转 UCS

绕 Y 轴旋转用户坐标系。

12. Z 轴旋转 UCS

绕 Z 轴旋转用户坐标系。

13. 视口 UCS

向选定的视口应用当前 UCS。

二、创建三维模型

在设计工作中创建三维模型具有重要作用，它更加直观，可以从各角度查看模型，修改

更加方便，也可以快速生成工程图样。所有的三维模型都是由基本的三维实体通过并集、差集、交集及其他平面编辑方法创建出来的。创建三维模型的命令可以通过“绘图”菜单→“建模”查看，也可以通过“建模”工具栏，如图 14 - 106 所示，集中了绘制基本三维实体的命令，下面介绍学习各个命令的使用方法。

图 14 - 106　“建模”工具栏

1. 多段体

可以创建具有固定高度和宽度的直线段或曲线点的墙状多段体。

2. 长方体

创建三维实心长方体。长方体的底面与当前 UCS 的 XY 平面平行，沿 Z 轴方向创建高度。

3. 楔体

创建三维实心楔形体。倾斜方向始终沿 X 轴正方向。

4. 圆锥体

创建三维实心圆锥体。

5. 球体

通过指定球心和半径创建三维实心球体。

6. 圆柱体

创建三维实心圆柱体。

7. 圆环体

通过指定圆环体的圆心、半径或直径，以及圆管的半径或直径创建圆环形三维实体。

8. 棱锥体

创建三维实心棱锥体。

9. 螺旋

创建二维螺旋线或三维弹簧。

10. 平面曲面

选择封闭的对象创建平面曲面。

11. 拉伸

通过拉伸二维或三维曲线来创建三维实体或曲面。

12. 按住并拖动

按住并拖动有边界区域，移动光标或输入值指定拉伸距离来创建实体。

13. 扫掠

通过沿路径扫掠二维或三维曲线来创建三维实体或曲面。扫掠对象会自动与路径对齐。

14. 旋转

通过指定旋转轴，扫掠二维或三维曲线来创建三维实体或曲面。

15. 放样

通过指定多个横截面来创建三维实体或曲面。

16. 并集

可以将两个及以上的三维实体、曲面等合并为一个组合三维实体或曲面。必须选择相同类型的对象进行合并。

17. 差集

从一个对象（三维实体、曲面等）中减去另一对象得到最后的实体或曲面。

18. 交集

从选定的重叠实体或曲面创建三维实体或曲面。

19. 三维移动

可以在三维空间中将三维对象沿指定方向进行移动。

20. 三维旋转

可以将三维对象沿指定的基点或轴进行旋转。

21. 三维对齐

可以在二维或三维空间中将对象与其他对象对齐。

22. 三维阵列

可以按矩形或极轴排列方式创建对象的三维阵列。

三、三维实体编辑命令

编辑三维实体的命令集中在如图 14 - 107 所示的“实体编辑”工具栏中。下面介绍其中几个常用的命令。

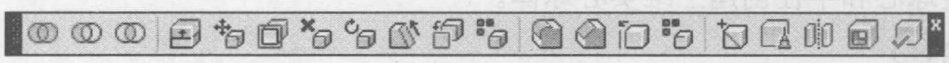


图 14 - 107 “实体编辑”工具栏

1. 拉伸面

按指定的距离或沿某条路径拉伸三维实体的选定平面。输入正值可向外侧拉伸面；输入正倾斜角可将边倒角至面。

2. 移动面

将三维实体上的面在指定方向上移动指定距离。通过移动面可以更改对象的形状。

3. 偏移面

将三维实体的选定面按指定的距离偏移，从而改变其形状。正值会增大实体的大小，负值会减小其大小。

4. 删除面

可以删除三维实体上的面，包括圆角或倒角。如果删除面后会生成无效的三维实体，将不删除面。

5. 旋转面

绕指定的轴旋转三维实体上的选定面，以更改对象的形状。

6. 倾斜面

按指定的角度倾斜三维实体上的选定面。正的角度将向里倾斜面，负的角度将向外倾斜面。

7. 复制面

通过复制三维实体上的面创建新的实体或面域。

8. 着色面

更改三维实体上选定面的颜色，可以亮显复杂实体模型内的细节。

9. 圆角边

将实体的边转换为圆角。

10. 倒角边

将实体的边进行倒角。

11. 复制边

将三维实体上选定的边复制提取为二维线条。

12. 着色边

更改三维实体上选定边的颜色。

13. 压印

将二维几何图形压印到三维实体的某个面上，从而创建更多的边线。

14. 清除

删除三维实体上所有冗余的边和顶点。

15. 分割

将具有多个不连续部分的三维实体对象分割为多个独立的三维实体。

16. 抽壳

可以将三维实体转换为中空壳体，按指定数值确定壁厚。

17. 检查

检查三维实体中的几何数据，可以对复杂三维实体进行调试。

四、综合实例

1. 冲压接线片

冲压接线片可以连接电气线路的导线与接线柱，由圆圈和圆筒组合而成，圆圈用于连接接线柱，圆筒用于连接导线。把导线头部去皮，然后把裸线伸进圆筒中，用电工钳夹扁圆筒即可。

绘制步骤：

(1) 首先调整视图角度。单击“视图”菜单→“三维视图”→“西南等轴测”，以观察模型的三维效果。

(2) 下面创建接线片的头部。单击“建模”工具栏中的“圆柱体”命令，以原点为底面圆心，圆柱半径为 2，高度为 0.2，如图 14-108 所示。

(3) 单击“长方体”命令，以原点为起点，绘制长方体1×(−8)×0.2，如图 14-109 所示。

(4) 单击“修改”工具栏中的“镜像”命令，以 Y 轴为对称轴，把长方体对称复制一份，如图 14-110 所示。

(5) 单击“建模”工具栏中的“并集”命令，合并所有实体，如图 14-111 所示。

(6) 单击“建模”工具栏中的“圆柱体”命令，以原点为底面圆心，绘制圆柱体 ϕ2.5×1，如图 14-112 所示。

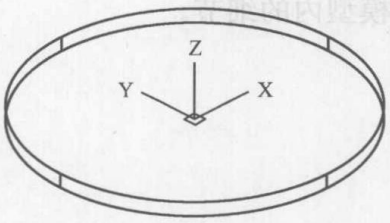


图 14-108 绘制圆柱体

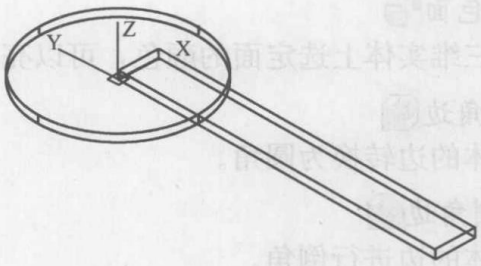


图 14-109 绘制长方体

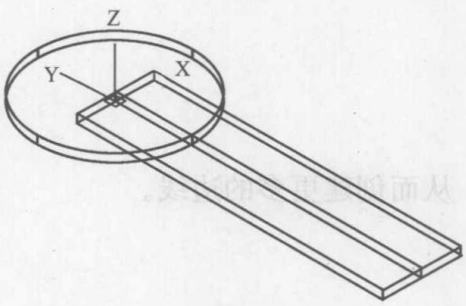


图 14-110 对称镜像长方体

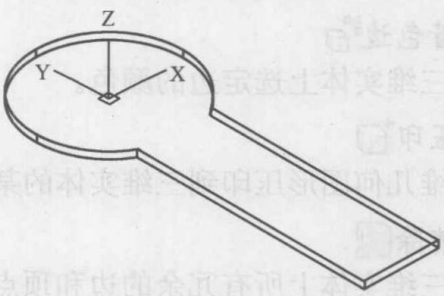


图 14-111 合并实体

(7) 单击“差集”命令，使用合并后的实体剪切圆柱体 $\phi 2.5\times 1$，如图 14-113 所示。

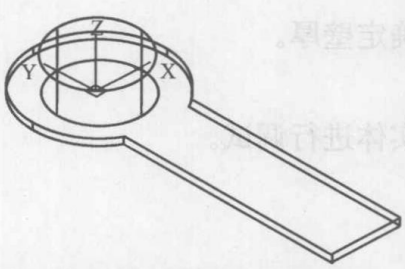


图 14-112 绘制圆柱体

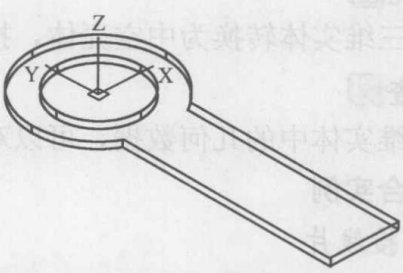


图 14-113 剪切圆柱体

(8) 创建接线片的尾部。单击 UCS 工具栏中的“X 轴旋转 UCS”命令按钮，把坐标系绕 X 轴旋转 90°，如图 14-114 所示。

(9) 单击“圆柱体”命令，以原点为底面圆心，绘制圆柱体 $\phi 3\times 4$，如图 14-115 所示。

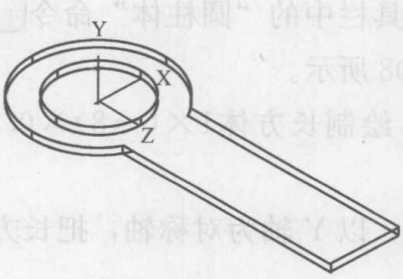


图 14-114 沿 X 轴旋转坐标系

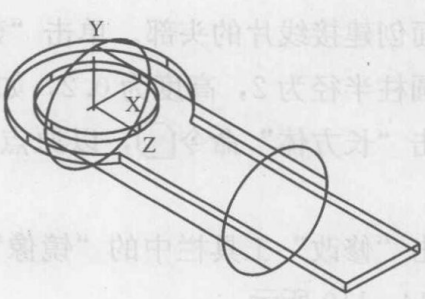


图 14-115 绘制圆柱体

(10) 单击“修改”工具栏中的“移动”命令，通过捕捉圆柱体的象限点和实体的端点，把刚绘制的圆柱体移动至实体的外侧端点，效果如图 14-116 所示。

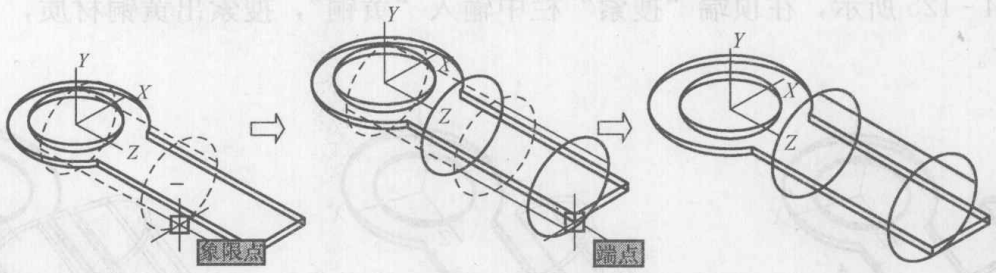


图 14-116　移动圆柱体

(11) 单击“修改”菜单→“三维操作”→“剖切”命令，平行于 YZ 平面，通过圆柱体中心，保留圆柱体左半部分，剖切圆柱体 $\phi3\times4$，如图 14-117 所示。

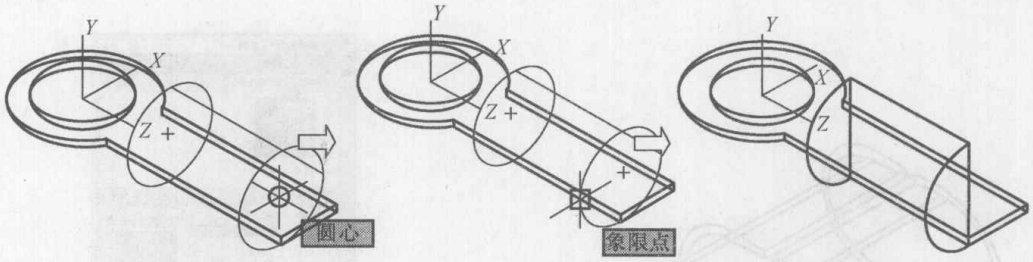


图 14-117　剖切圆柱体

(12) 单击“视图”菜单→“动态观察”→“自由动态观察”命令，旋转观察角度，如图 14-118 所示。

(13) 单击“实体编辑”工具栏中的“抽壳”命令，根据命令提示选择半圆柱体作为抽壳对象，选择半圆柱体前、后和右端面为删除面，如图 14-119 所示，输入抽壳偏移距离为 0.2，效果如图 14-120 所示。

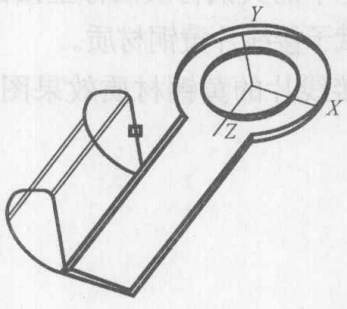


图 14-118　选择实体

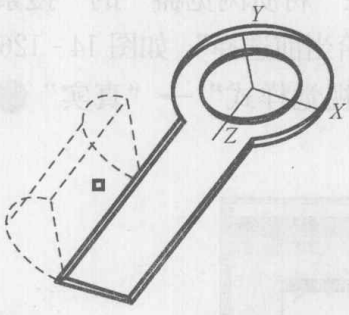


图 14-119　选择删除面

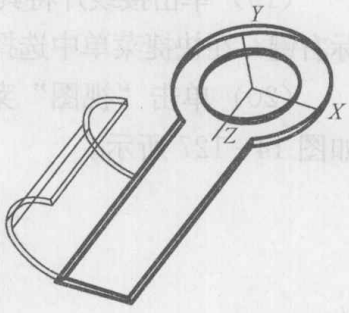


图 14-120　完成抽壳

(14) 单击“实体编辑”工具栏中的“拉伸面”命令，拉伸如图 14-121 所示抽壳圆柱体的上端面，拉伸长度 0.9，拉伸角度 0°，效果如图 14-122 所示。

(15) 单击“修改”工具栏中的“镜像”命令，以 Z 轴为对称轴，对称镜像圆柱壳体，如图 14-123 所示。

(16) 单击“建模”工具栏中的“并集”命令，合并所有实体。

(17) 单击“视图”菜单→“三维视图”→“东北等轴测”，效果如图 14-124 所示。

(18) 单击“视图”菜单→“渲染”→“材质浏览器”，出现“材质浏览器”对话

框，如图 14 - 125 所示，在顶端“搜索”栏中输入“黄铜”，搜索出黄铜材质，下面将材质赋予接线片。

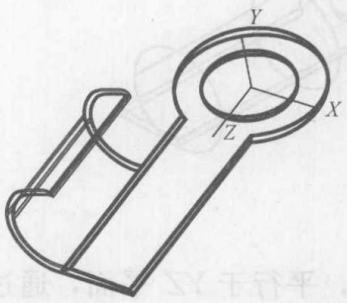


图 14 - 121　选择拉伸端面

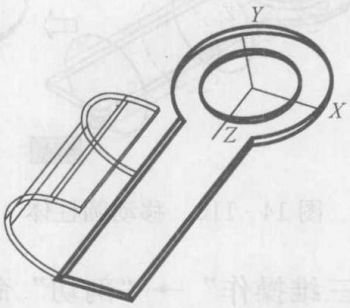


图 14 - 122　拉伸端面

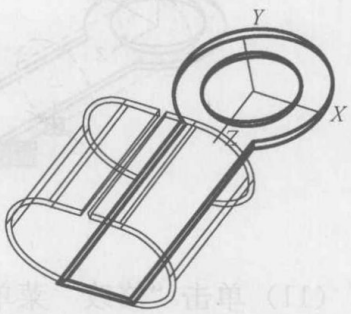


图 14 - 123　镜像壳体

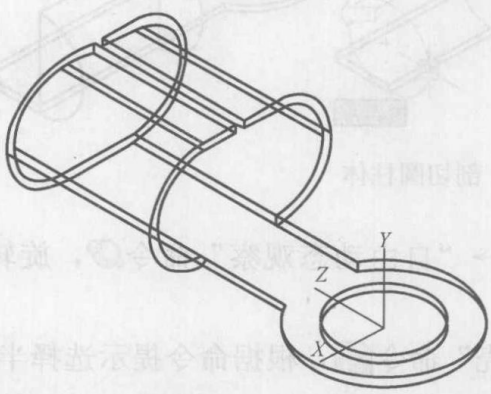


图 14 - 124　转换视角

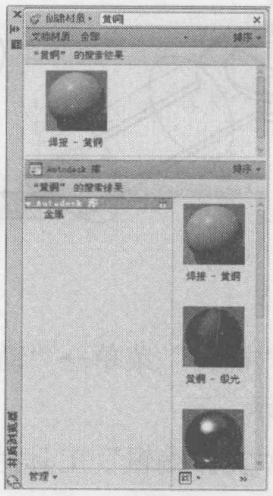


图 14 - 125　“材质浏览器”对话框

（19）单击接线片将其选中，在“材质浏览器”的“搜索结果”栏中的黄铜材质图标上按鼠标右键，在快捷菜单中选择“指定给当前选择”，如图 14 - 126 所示，赋予接线片黄铜材质。

（20）单击“视图”菜单→“视觉样式”→“真实”，显示接线片的黄铜材质效果图，如图 14 - 127 所示。

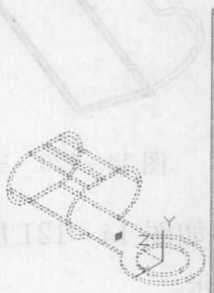


图 14 - 126　给实体添加材质

图 14 - 127　材质效果

2. 支架

下面创建如图 14 - 128 所示的支架零件。

操作步骤：

(1) 首先调整视图角度。单击“视图”菜单→“三维视图”→“西南等轴测”，以观察模型的三维效果。

(2) 单击“建模”工具栏中的“长方体”命令，创建 320×180×36 的长方体，如图 14 - 129 所示。

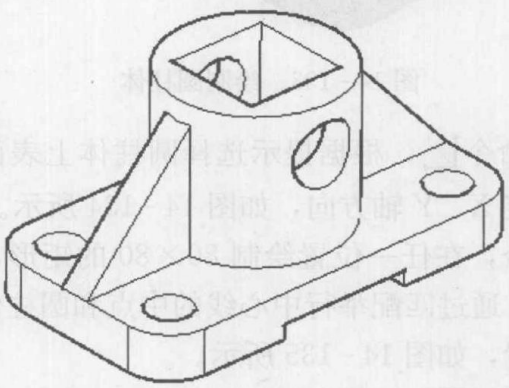


图 14 - 128　支架

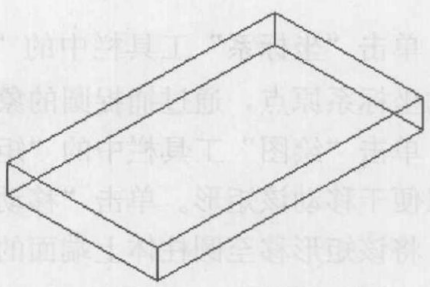


图 14 - 129　绘制长方体

(3) 单击“编辑”工具栏中的“圆角”命令，设置圆角半径为 36，选择长方体的四条边创建圆角，如图 14 - 130 所示。

(4) 单击“建模”工具栏中的“圆柱体”命令，先将鼠标移至长方体底面的任一圆弧处，待出现圆心标记后，捕捉该圆心，绘制直径为 ϕ36 高 36 的圆柱体。分别在四个圆角处绘制四个圆柱体，如图 14 - 131 所示。

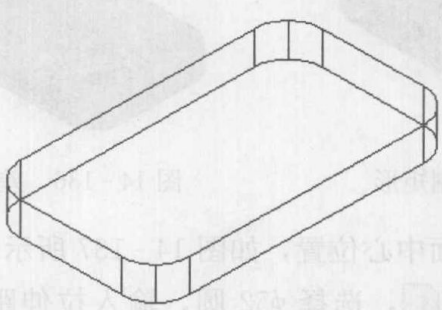


图 14 - 130　添加圆角

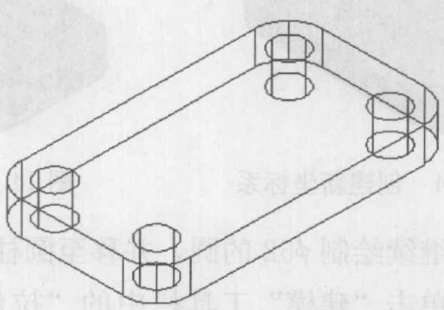


图 14 - 131　绘制圆柱体支架底座

(5) 单击“建模”工具栏中的“差集”命令，根据提示首先选择长方体，然后再选择要减去的四个圆柱体。由于默认以二维线框模式显示，单击“视图”菜单→“视觉样式”→“概念”(未指定材质时使用“真实”项将显示为黑色)，可以查看差集后的结果，如图 14 - 132 所示。

(6) 下面绘制支架中央的圆柱体。为了便于捕捉圆柱体的中心位置，先在长方体上表面通过捕捉边长的中点绘制一中心线。然后单击“圆柱体”命令，捕捉刚绘制中心线的中点，创建 ϕ140 高 120 的圆柱体，如图 14 - 133 所示。

(7) 单击“建模”工具栏中的“并集”命令，合并长方体和圆柱体。

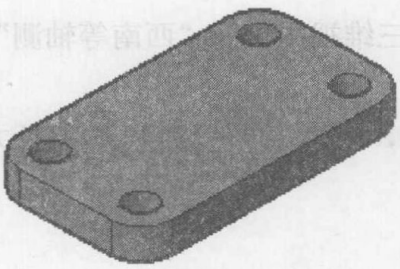


图 14-132 差集结果

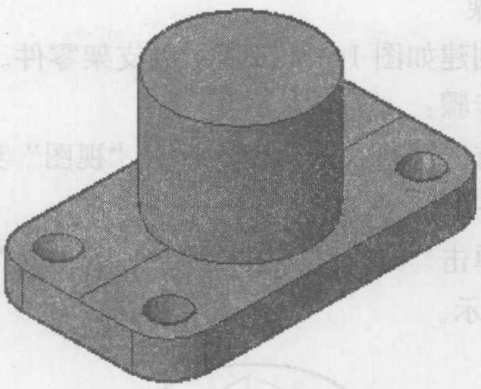


图 14-133 绘制圆柱体

(8) 单击“坐标系”工具栏中的“UCS”命令，根据提示选择圆柱体上表面圆心位置为新的坐标系原点，通过捕捉圆的象限点确定 X、Y 轴方向，如图 14-134 所示。

(9) 单击“绘图”工具栏中的“矩形”命令，在任一位置绘制 80×80 的矩形，并添加中心线以便于移动该矩形。单击“移动”命令，通过匹配举行中心线的中点和圆柱体上端面的圆心，将该矩形移至圆柱体上端面的中心位置，如图 14-135 所示。

(10) 单击“建模”工具栏中的“拉伸”命令，选择矩形，输入拉伸距离－100，即向下拉伸。然后删除矩形中心线。

(11) 单击“建模”工具栏中的“差集”命令，根据提示首先选择长方体，然后再选择刚创建的矩形拉伸实体，结果如图 14-136 所示。

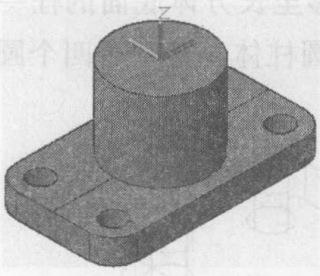


图 14-134 创建新坐标系

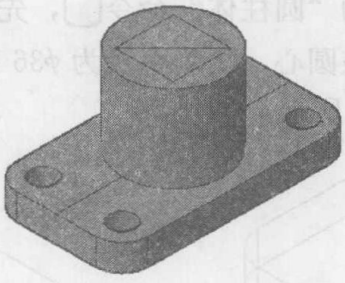


图 14-135 绘制矩形

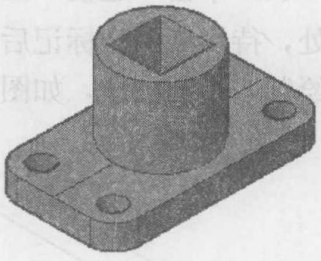


图 14-136 差集结果

(12) 继续绘制 ϕ52 的圆，并移至圆柱体上表面中心位置，如图 14-137 所示。

(13) 单击“建模”工具栏中的“拉伸”命令，选择 ϕ52 圆，输入拉伸距离－156，如图 14-138 所示。

(14) 单击“建模”工具栏中的“差集”命令，根据提示首先选择长方体，然后再选择刚创建的圆形拉伸实体。

(15) 为了更清楚地查看建模结果，单击“视图”菜单→“动态观察”→“自由动态观察”，旋转视角查看差集结果，如图 14-139 所示。

(16) 单击“坐标系”工具栏中的“UCS”命令，根据提示选择长方体上表面中心线位置为新的坐标系原点，通过捕捉点确定 X、Y 轴方向，如图 14-140 所示。

(17) 单击“矩形”命令，绘制 100×24 的矩形，并移动至长方体中心线位置，如图 14-141 所示。

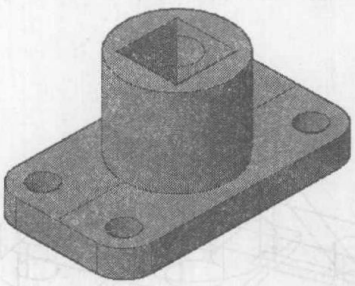


图 14-137　绘制圆

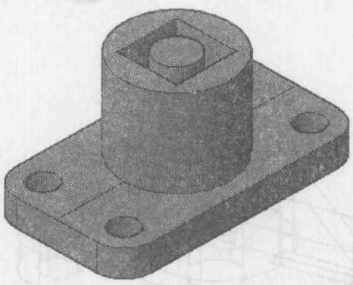


图 14-138　拉伸实体

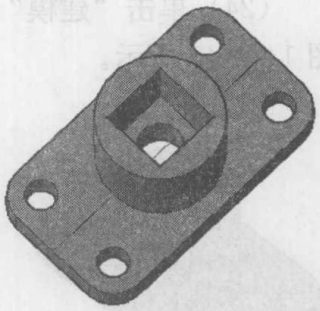


图 14-139　旋转视角

(18) 为了便于捕捉矩形的端点。单击“视图”菜单→“视觉样式”→“二维线框”，改回线框模式，如图 14-142 所示。

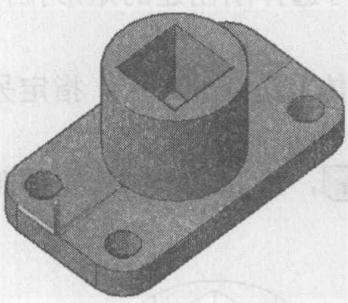


图 14-140　新建坐标系

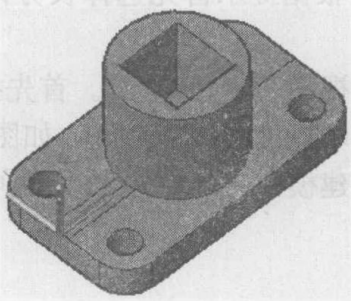


图 14-141　绘制矩形

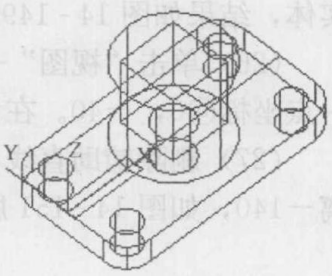


图 14-142　线框模式

(19) 单击“建模”工具栏中的“楔体”命令，依次选择圆柱体内的一角点，以及长方体边线上的另一对角点，拉伸高度 100，如图 14-143 所示。

(20) 单击“编辑”工具栏中的“镜像”命令，选择楔体，沿长方体宽度方向的中心线镜像另一楔体，如图 14-144 所示。

(21) 单击“建模”工具栏中的“并集”命令，合并长方体和两楔体。单击“视图”菜单→“视觉样式”→“概念”，查看合并结果，如图 14-145 所示。

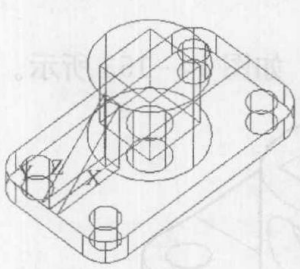


图 14-143　创建楔体

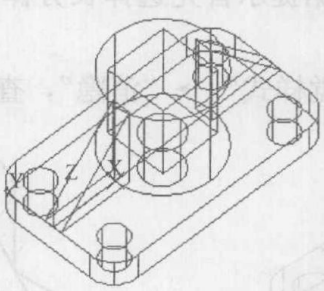


图 14-144　镜像楔体

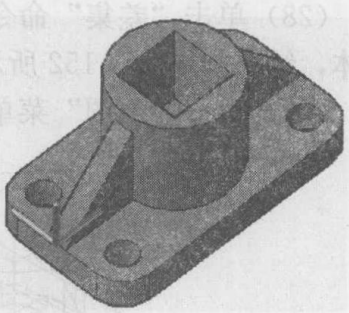


图 14-145　合并楔体

(22) 单击“坐标系”工具栏中的“UCS”命令，根据提示选择长方体侧面中心位置为新的坐标系原点，如图 14-146 所示。

(23) 为了便于绘图，单击“视图”菜单→“视觉样式”→“二维线框”，切换回线框模式。单击“视图”→“三维视图”→“前视”，绘制 108×12 的矩形，并移至长方体前侧面的中间位置，并与底边重合，如图 14-147 所示。

（24）单击“建模”工具栏中的“拉伸”命令，选择矩形，输入拉伸距离－180，如图 14-148 所示。

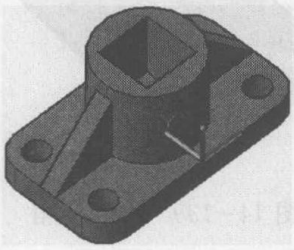


图 14-146 新建坐标系

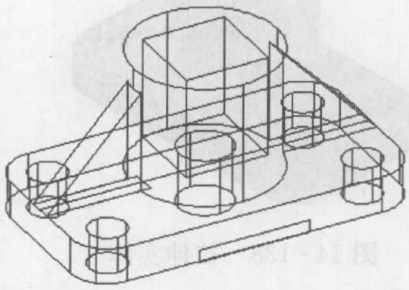


图 14-147 绘制矩形

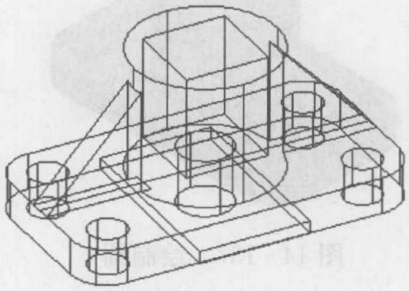


图 14-148 拉伸矩形

（25）单击“差集”命令，根据提示首先选择长方体，然后再选择刚创建的矩形拉伸实体，结果如图 14-149 所示。

（26）单击“视图”→“三维视图”→“前视”。首先捕捉圆柱体上边线的中点，指定另一点坐标@0，－40。在该直线的端点处绘制 ϕ52 圆，如图 14-150 所示。

（27）删除辅助直线。单击“建模”工具栏中的“拉伸”命令，选择圆，输入拉伸距离－140，如图 14-151 所示。

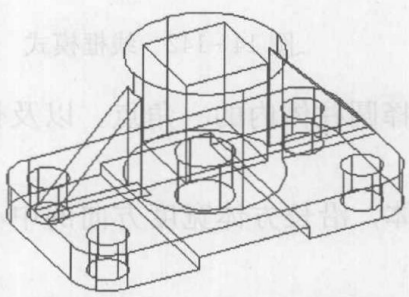


图 14-149 差集结果

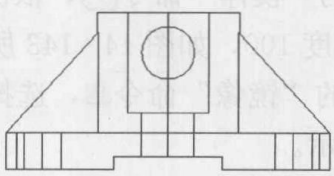


图 14-150 绘制圆

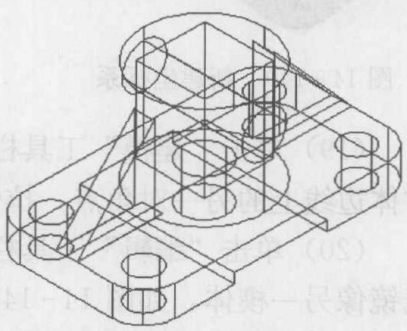


图 14-151 拉伸圆

（28）单击“差集”命令，根据提示首先选择长方体，然后再选择刚创建的圆形拉伸实体，结果如图 14-152 所示。

（29）单击“视图”菜单→“视觉样式”→“消隐”，查看模型，如图 14-153 所示。

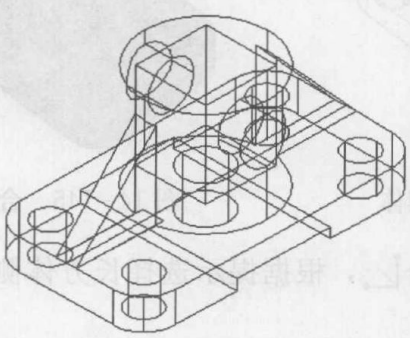


图 14-152 差集结果

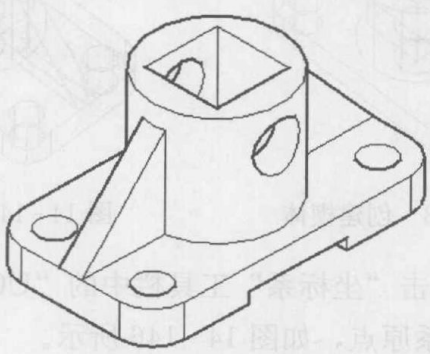


图 14-153 消隐效果

五、图纸空间和模型空间

AutoCAD 提供了两种绘图空间：模型空间和图纸空间。模型空间可以看作是与实际空

间相对应的空间坐标系，在模型空间中可以进行二维图形与三维模型的创建与观察；图纸空间可看作是与工程图纸相对应的绘图空间，它用来创建最终提供给打印机和绘图仪出图的平面图。

绘图过程中有时会在图纸空间与模型空间之间切换，AutoCAD 2012 提供了方便的切换方式。当打开图形文件时，默认的空间为模型空间，如图 14 - 154 所示。单击绘图窗口左下方的标签**布局1**或者**布局2**按钮可以切换到图纸空间。单击绘图窗口左下方的标签**模型**按钮可以切换到模型空间，如图 14 - 155 所示。

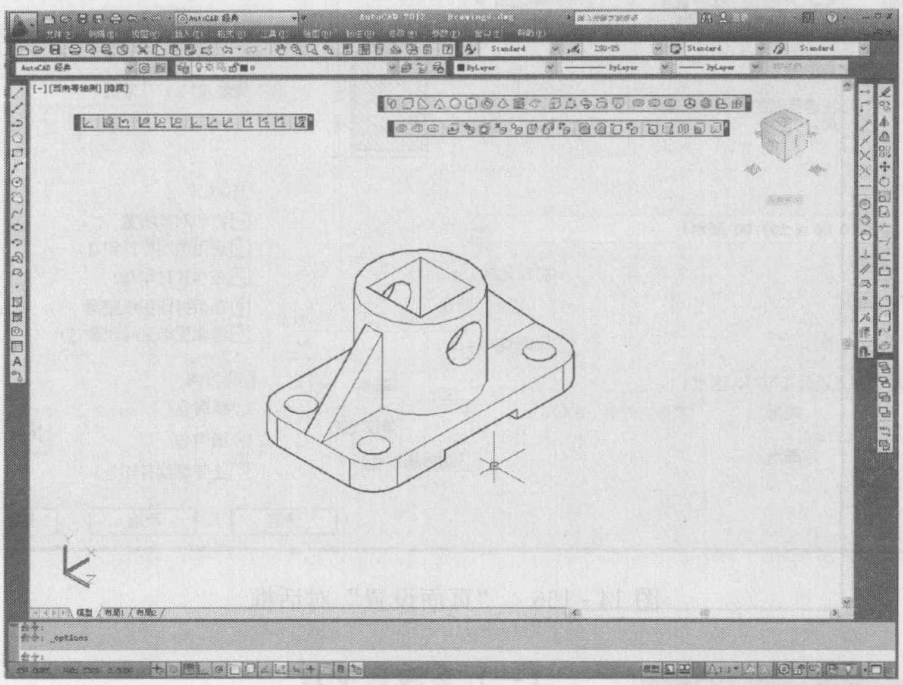


图 14 - 154　模型空间

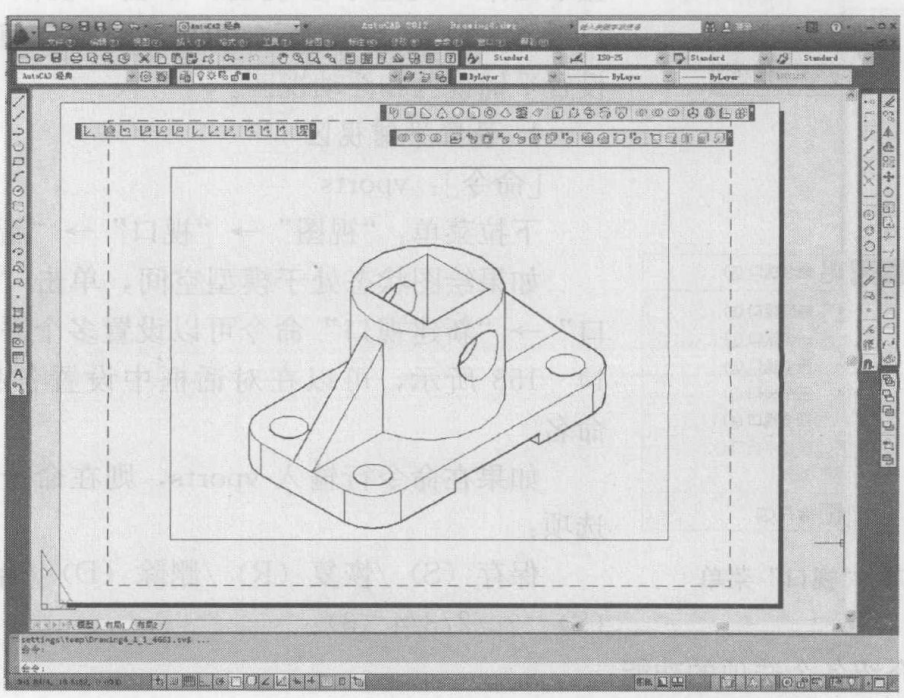


图 14 - 155　图纸空间

打开扩展名为.dwg的图形文件，单击布局1按钮，然后在“文件”菜单中选择“页面设置管理器”弹出“页面设置管理器对话框”，在对话框中选择布局1后，单击修改按钮，弹出“页面设置－布局1”对话框，如图14-156所示。在该对话框中，可以进行页面设置。

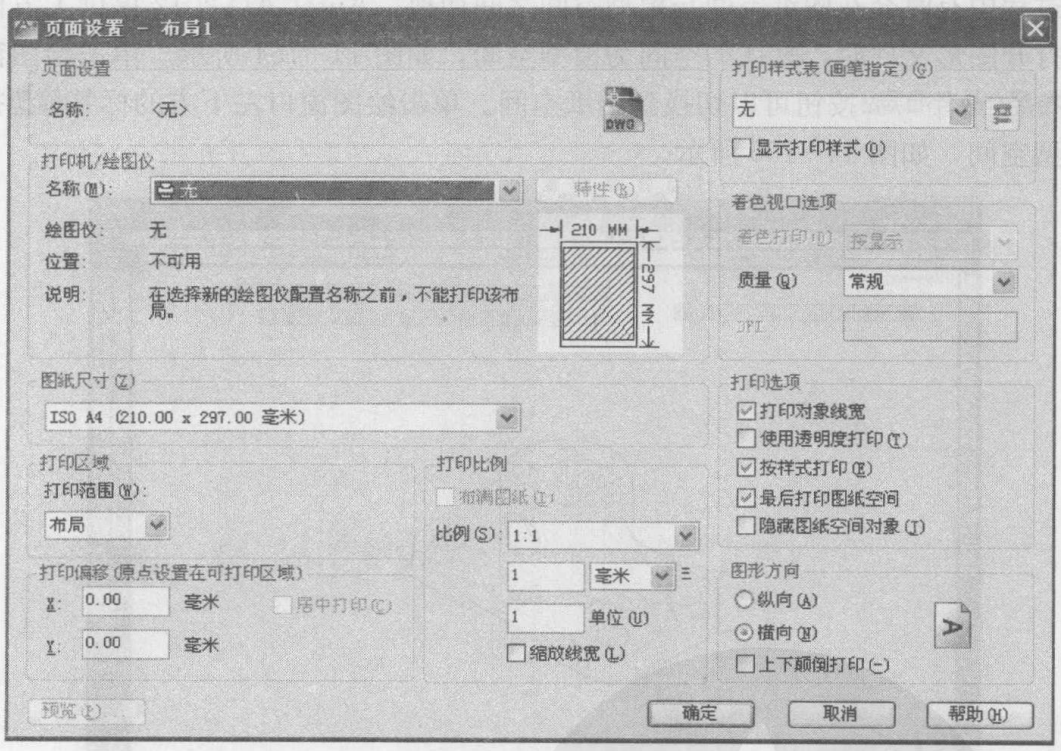


图14-156 “页面设置”对话框

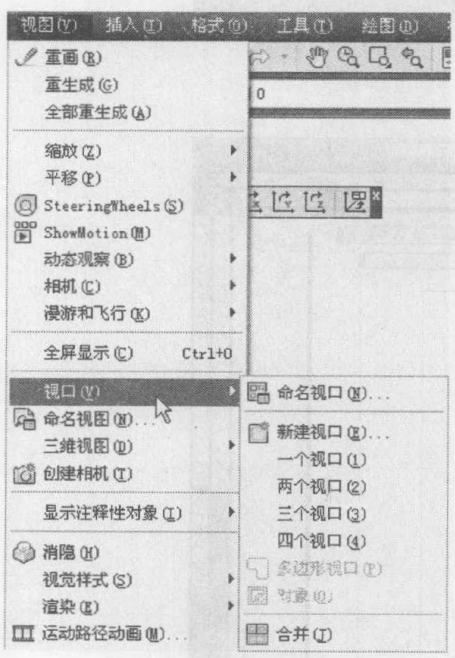


图14-157 “视口”菜单

（一）多视区管理

AutoCAD为了使用户能把多个不同方向的视图同时显示出来，设置了多视窗。单击“视图”菜单→“视口”，如图14-157所示，可以在模型空间或图纸空间中设置平铺视区和浮动视区。

1. 设置平铺视区

[命令]：vports

下拉菜单：“视图”→“视口”→“新建视口”。

如果绘图状态处于模型空间，单击“视图”→“视口”→“新建视口”命令可以设置多个平铺视区，如图14-158所示，可以在对话框中设置各种视窗并给予命名。

如果在命令行输入-vports，则在命令行中提供以下选项：

保存（S）/恢复（R）/删除（D）/合并（J）/单一（S）/？/2/3/4〈3〉：

以下分别介绍各个选项的功能：

①保存：给当前视区的设置命名；

②恢复：恢复已存在的视区名；

③删除：删除一个已命名的视区设置；

④合并：合并两个相邻的视区；

⑤单一：返回单一视区；

⑥?：显示视区标识号和平铺视区的屏幕位置；

⑦2/3/4：分别将当前视图区分为 2、3、4 个视区。

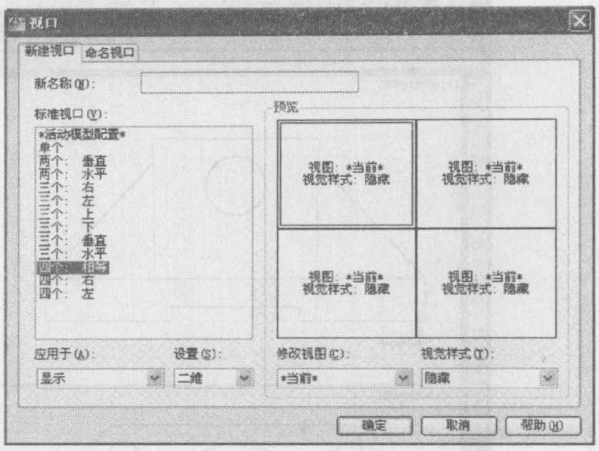


图 14 - 158　“视口”对话框

2. 设置浮动视区选卡

[命令]：mview（可以创建并控制图纸空间）

下拉菜单：“视图”→“视口”→“四个视口”。

在当前工作空间为图纸空间时，使用 mview 命令可以设置浮动视窗的数量、位置和大小，浮动视窗间的切换可通过按键 Ctrl＋R 来完成。

当键入 Mview 命令时，AutoCAD 给出如下选项提示：

开（ON）/关（OFF）/布满（F）/着色打印（S）/锁定（L）/对象（O）/多边形（P）/恢复（R）/图层（LA）/2/3/4，各个选项的功能如下：

①开：打开并激活视区，使视区内的对象可见；

②关：关闭视区，被关闭的视区的对象不被显示；

③布满：创建一个充满可用显示区域的视区。视区的实际尺寸取决于图纸空间视图的尺寸；

④着色打印：可以指定按显示、线框或消隐等样式打印命名布局中的视口；

⑤锁定：锁定当前视区，其功能与锁定图层相似；

⑥对象：选取一个封闭的图形作为视区；

⑦多边形：可以定义一个不规则形状的图形作为视区；

⑧恢复：恢复前面保存过的一个视区的设置；

⑨图层：将选定视口的图层特性替代重置为它们的全局图层特性；

⑩2/3/4：将当前的视区分解为 2、3、4 个视区。

（二）定义独立的视图

在设计三维图形过程中，为了方便地在不同的视区对图形进行编辑，可以在不同的视口设置不同的视图。例如，要在一张图纸中定义四个视窗，分别用来表示主视图、俯视图、左视图和轴测图。具体操作步骤如下：

（1）定义四个视窗。单击“视图”菜单→“视口”→“新建视口”，选择“四个：相等”视口模式，在新名称处输入“4-视图”。

（2）单击视口将其激活，设定为当前视图区。

（3）设置各视口为对应的视图。如将左上方视口设置为主视图区，则单击该视口将其激活，然后单击位于视口左上方的视角下拉列表，选择“前视”；可依次设置左下方视口为俯视图，右上方为左视图区，右下方为西南等轴测视图，如图 14 - 159 所示。

六、由三维实体生成三视图的方法

AutoCAD 2012 可以将三维实体快速地生成各种表达方法，如三视图、斜视图和剖视图

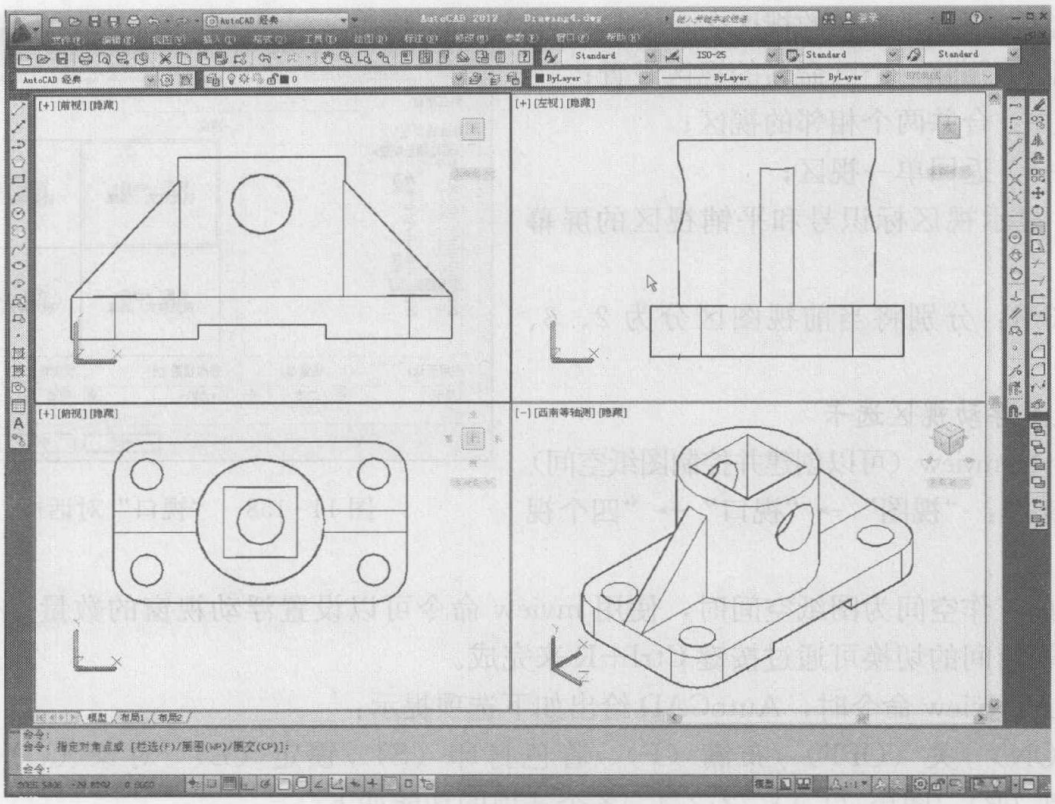


图 14-159 定义四个视口

等。下面以图 14-128 所示的模型为例说明由三维实体生成三视图的绘制方法。

由三维实体生成三视图的方法主要在图纸空间中完成，具体步骤如下。

1. 定义各视图的投射方向

(1) 单击标签“布局 1”进入图纸空间。

(2) 在图纸空间中模型周围的边框中双击，激活该视图，边框变粗。

(3) 单击“视图”菜单→“三维视图”→“前视图”，调整至主视图投射方向。

(4) 滚动鼠标滚轮缩小视图，在粗边框外双击，然后单击视图外框，调整夹点使其刚好包围住图形，并移动到如图 14-160 所示的左上角位置。

(5) 设置左视图投影方向及位置。

单击“绘图”菜单→“建模”→“设置”→“视图”，根据提示选择正交视图选项“O”，鼠标单击主视图边框左侧中点，开启“正交”模式，在右边的适当位置单击设置左视图的中心，然后定义左视图的外边框位置，定义视图名称为“左视图”，结果如图 14-161 所示。

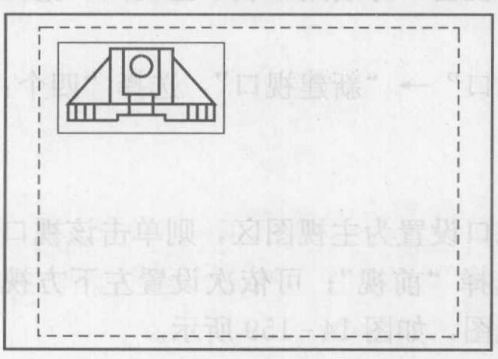


图 14-160 定义主视图

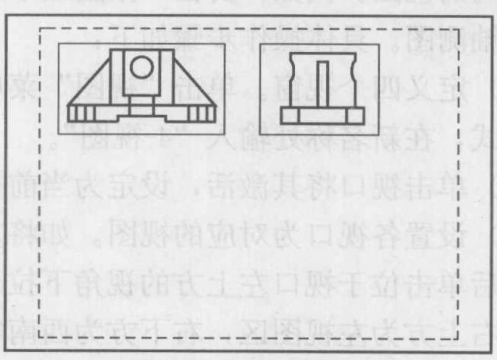


图 14-161 定义左视图

（6）设置俯视图方向及位置。用步骤（4），以同样的方法定义俯视图的投影方向与位置，在 AutoCAD 提示设置投影方向时，用鼠标选择主视图边框的上边，并定义名称为“俯视图”，如图 14 - 162 所示。

2. 生成三视图草图

（1）生成主视图草图。在主视图边框内双击，激活该视图。单击“绘图”菜单→“建模”→“设置”→“轮廓”，根据提示选择视图中的模型，根据提示“是否在单独的图层中显示隐藏的轮廓线?”，直接回车，选择默认项“是”，根据提示“是否将轮廓线投影到平面?”选择“是”，根据提示“是否删除相切的边?”也选择“是”。生成的主视图草图，如图 14 - 163 所示。

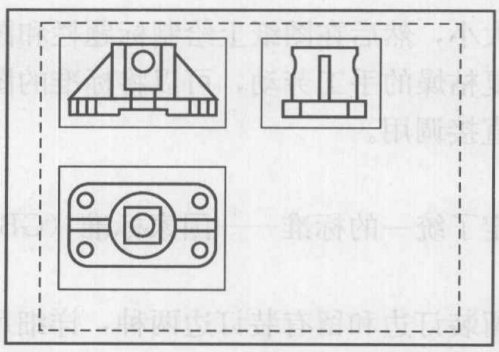


图 14 - 162　定义俯视图

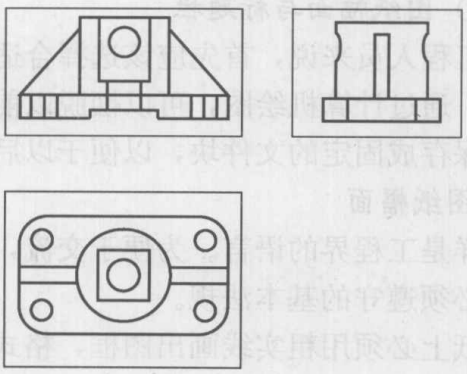


图 14 - 163　生成主视图草图

设置完主视图后，在主视图边框外双击，取消激活主视图，返回图纸空间。

（2）生成左、俯视图草图。同步骤（1）相同，继续生成左视图和俯视图草图。

注意：此时草图中的隐藏线还都是细实线。

（3）设置线型。单击“图层特性管理器”按钮打开层对话框，将带有 PH 的图层线型改为虚线线型。

（4）关闭图层。关闭 0 层和 Vports 图层隐藏视图外框，结果如图 14 - 164 所示。

利用以上方法可容易地生成轴测图，这里请读者自己思考。

3. 完成三视图

在各视图中补画对称线、中心线等，完成三视图的绘制，如图 14 - 165 所示。

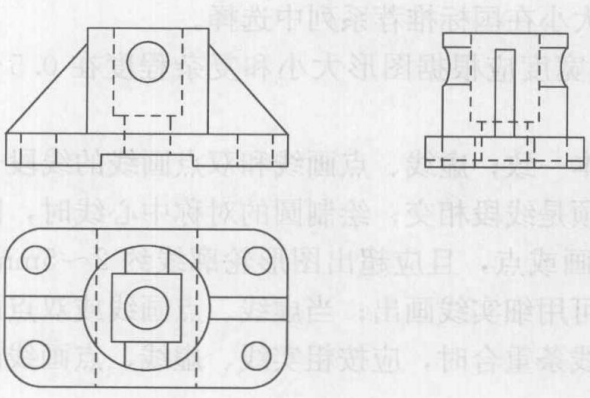


图 14 - 164　生成三视图草图

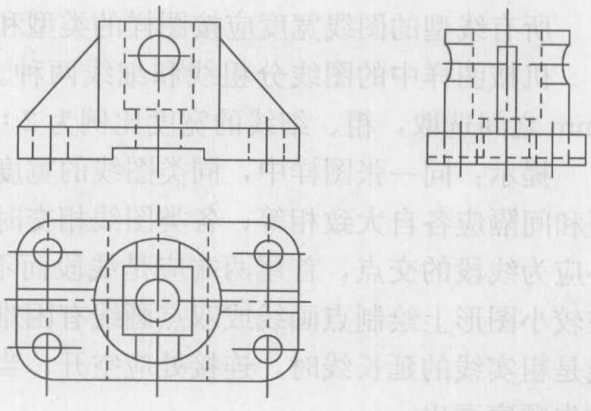


图 14 - 165　完成三视图

第四节 典型工程图绘制实例

前面几节介绍了一些基本的绘图技巧和方法。在实际的工程制图过程中，除了要求掌握前面的基础知识外，还需要在绘图的过程中不断地积累经验。本节将系统介绍从一个完整的项目开始，如何一步步将项目完成。

一、绘图前的准备工作

前面曾经介绍了绘图的基本设置与组织，但是在实际的绘图过程中，在使用各个选项时，需要根据不同的图形和需求进行不同的设置工作。

（一）图纸幅面与标题栏

对工程人员来说，首先应该选择合适的图纸大小，然后在图纸上绘制标题栏和图框等必备要素。通过计算机绘图，可以摆脱以前这些重复枯燥的手工劳动，可以将标准的图框和标题栏都保存成固定的文件块，以便于以后需要时直接调用。

1. 图纸幅面

图样是工程界的语言。为便于交流，国家制定了统一的标准——国家标准（GB），是工程图样必须遵守的基本法规。

图纸上必须用粗实线画出图框，格式分为不留装订边和留有装订边两种，详细尺寸见本书第一章。

2. 绘图比例

绘制图样时，应尽可能按物体的实际大小采用1∶1的比例画出。但由于物体的大小及结构的复杂程度不同，有时还需要放大或缩小。当需要按比例绘制图样时，应选国家标准中规定的比例。

3. 标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按本书第一章画出。

4. 字体和字高

汉字应选用长仿宋体字。汉字的高度 h 不应小于3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$。如需要书写更大的字时，其字体高度应按$\sqrt{2}$的比率递增。

5. 图线

所有线型的图线宽度应按图样的类型和尺寸大小在国标推荐系列中选择。

机械图样中的图线分粗线和细线两种。粗线宽度应根据图形大小和复杂程度在0.5～2mm之间选取，粗、细线的宽度比例为2∶1。

提示：同一张图样中，同类图线的宽度应基本一致；虚线、点画线和双点画线的线段长短和间隔应各自大致相等；各类图线相交时，必须是线段相交；绘制圆的对称中心线时，圆心应为线段的交点，首尾两端应是线段而不是短画或点，且应超出图形轮廓线约2～5mm；在较小图形上绘制点画线或双点画线有困难时，可用细实线画出；当虚线、点画线或双点画线是粗实线的延长线时，连接处应空开；当各种线条重合时，应按粗实线、虚线、点画线的优先顺序画出。

（二）绘图环境的设置

除了对绘图的幅面、字体、字高、线型等要进行设置和选择以外，还需要根据绘图的实

际情况对工具栏、草图设置及一些辅助功能进行设置。

1. 工具栏的设置

一些绘图的初学者，往往习惯使用一成不变的工具栏，因此在绘图时由于频繁使用下拉菜单而使绘图效率大大降低。根据绘图需要，在窗口显示一些常用的工具栏，如“绘图”、“修改”、“标注”、“对象捕捉”等，利用工具栏按钮会大大提高绘图速度。在三维图形的绘制过程中，常用到的工具栏有“建模”、“实体编辑”、“坐标系”、“三维动态观察器”等。这些工具栏在绘图的过程中可以按照需要随时打开使用。

2. 草图的设置

正交、极轴、对象捕捉、对象追踪等辅助功能是通过计算机实现精确绘图的重要保证。在绘图之前应该注意对其中的一些功能进行设置，如可以将一些常用的捕捉功能进行预先设置，单击“工具”菜单→“绘图设置”命令，打开“草图设置”对话框，如图 14 - 166 所示。

这些辅助功能可以在命令执行的过程中随时开启和关闭。

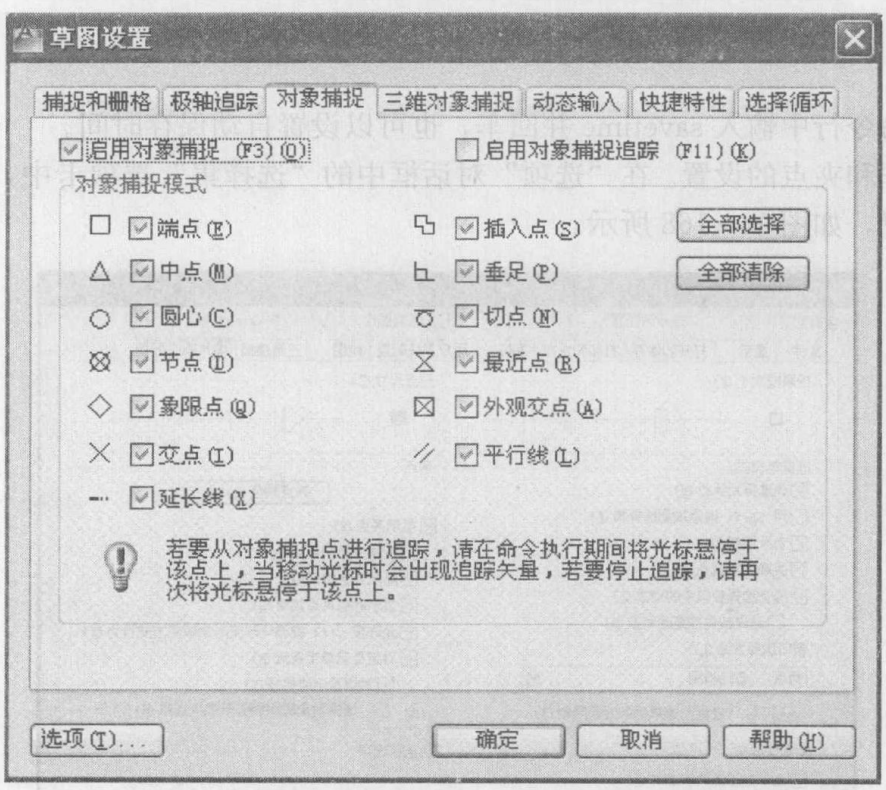


图 14 - 166　“草图设置”对话框

3. 设置常用的绘图环境

单击“工具”菜单→“选项”命令，打开“选项”对话框，在该对话框中可以进行一些必要的设置。

(1) 文件保存设置。为了使图形能够在低版本 AutoCAD 上打开，以及防止在绘图的过程中出现断电、死机等意外而未及时保存文件的情况，在“选项”对话框中的“打开和保存”选项卡中，可以对“文件保存”的版本及“文件安全措施”中自动保存的时间等进行设置，如图 14 - 167 所示。

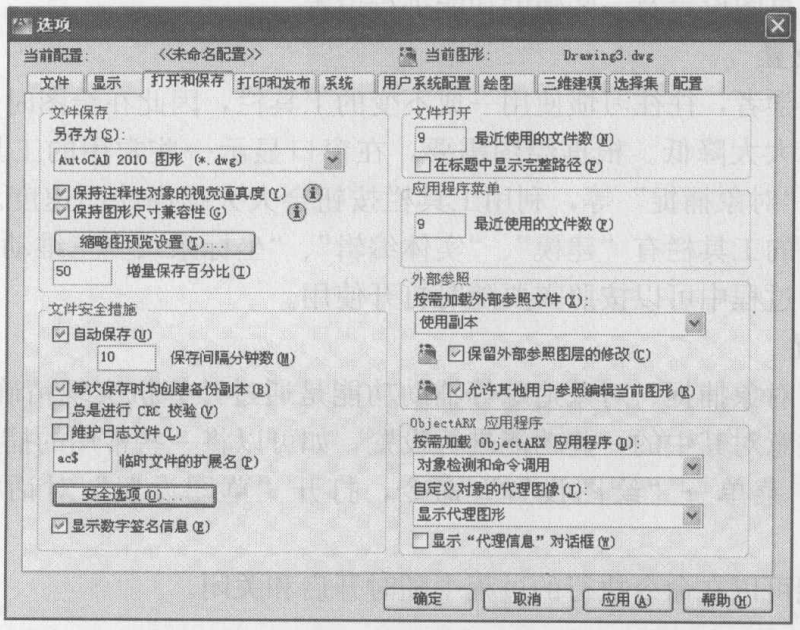


图 14-167 “打开和保存”设置

提示：在命令行中输入 savetime 并回车，也可以设置自动保存时间。

(2) 拾取框和夹点的设置。在“选项”对话框中的“选择集”选项卡中，可以对拾取框和夹点进行设置，如图 14-168 所示。

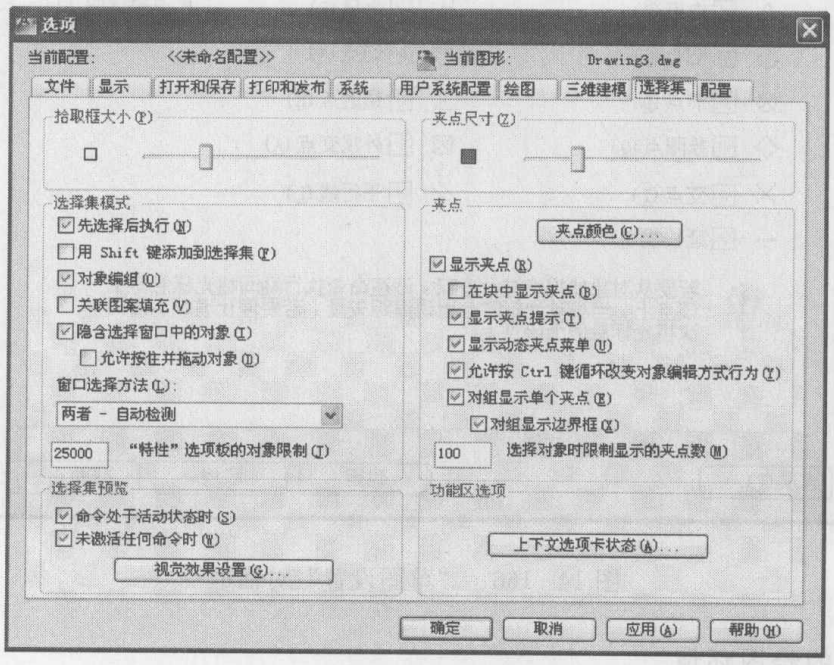


图 14-168 “选择集”设置

(3) 显示设置。在“选项”对话框中的“显示”选项卡中，可以定义显示界面。其中包括“窗口元素”、“布局元素”、“显示精度”等选项组。当需要对背景颜色进行设置时，可以单击“窗口元素”选项组中的“颜色”按钮，此时会弹出如图 14-169 中所示的“图形窗口颜色”对话框。其中“上下文”和“界面元素”下拉列表框用于选择需要改变颜色的环境和窗口元素，右侧的“颜色”列表框用于选择背景的颜色。

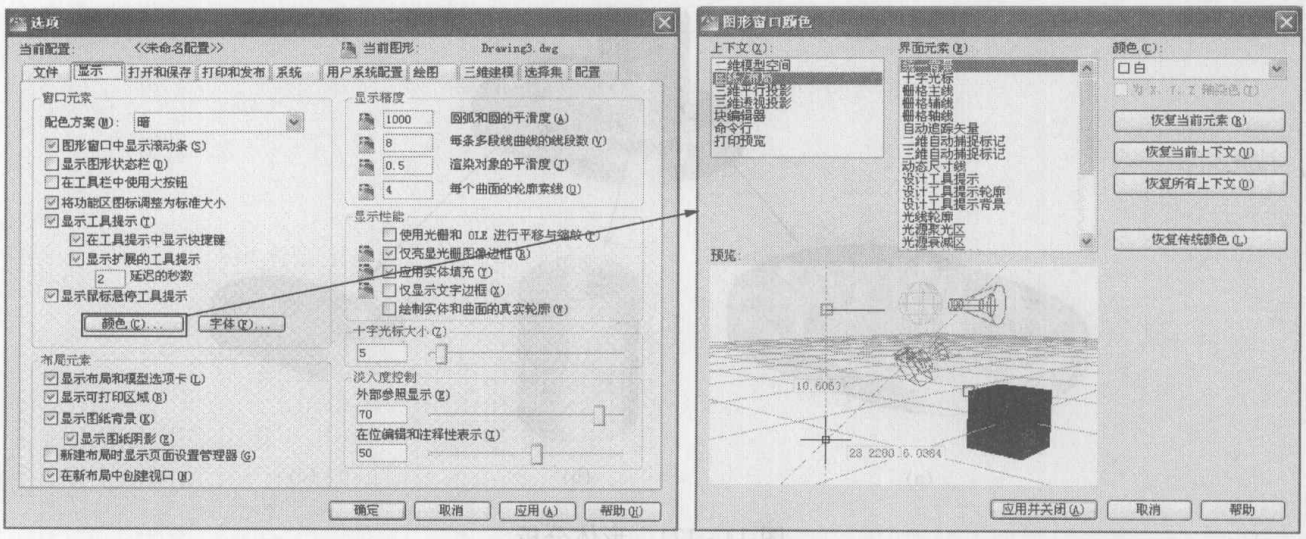


图 14-169　“显示”设置

二、典型工程图的绘制

（一）典型三维实体造型方法及机件的表达方法

现以图 14-170 所示的组合体为例，说明在 AutoCAD 2012 中进行三维实体造型的方法及机件的表达方法。

1. 形体分析

由形体分析法可知，此组合体可以分解为由一底板、圆筒和台块三个基本体组成，如图 14-171所示，它们的组合形式为：底板分别与圆筒、台板叠加；圆筒与台板叠加，侧面与圆柱面相切。

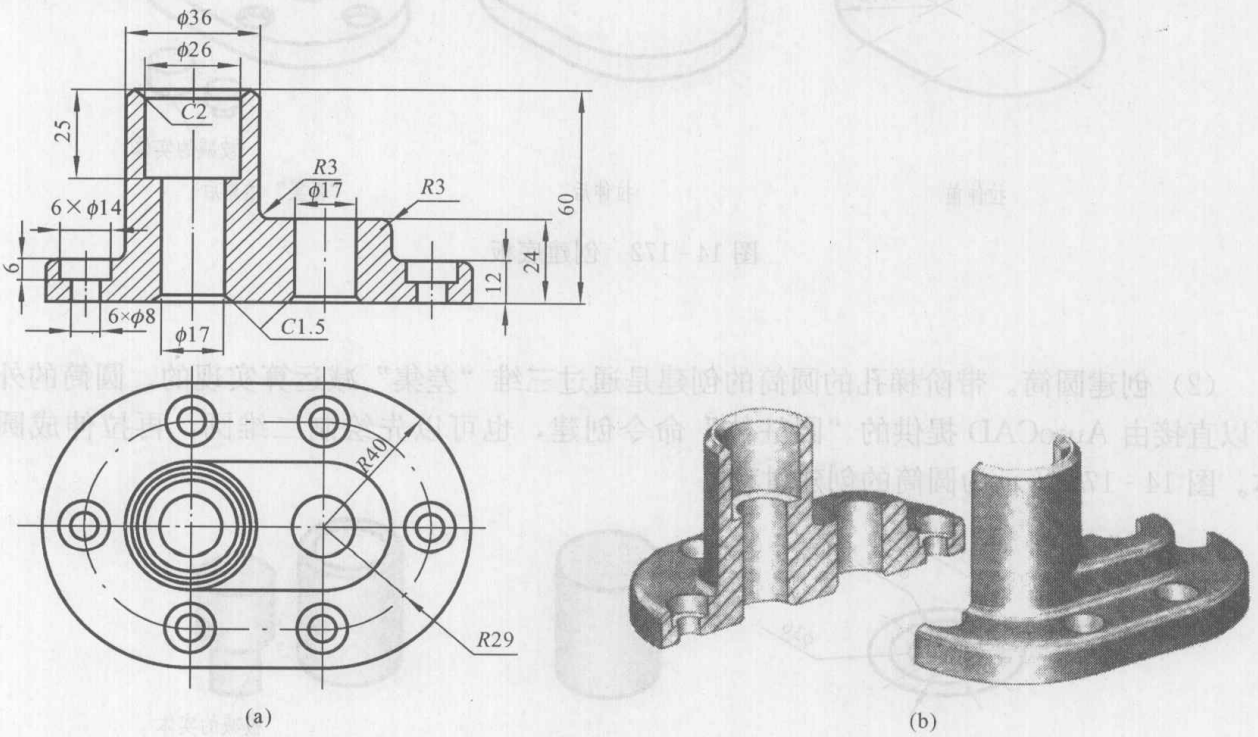


图 14-170　组合体

（a）组合体的剖视图；（b）剖开的立体图

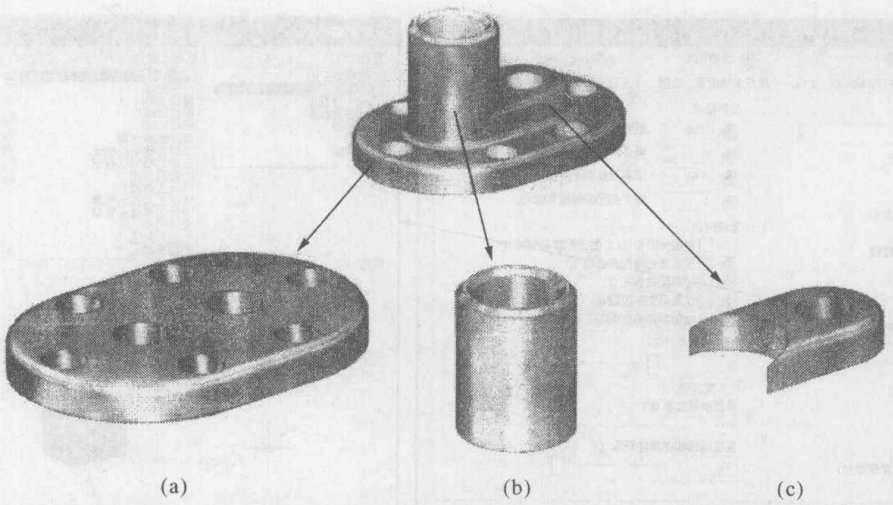


图 14-171 形体分析

(a) 底板；(b) 圆筒；(c) 台块

2. 基本体的创建

形体分析后，可以分别创建各个基本体。然后利用三维编辑功能对这些基本体进行组合编辑，完成组合体。创建基本体的方法如下：

(1) 创建底板。通过分析可知，底板的外形结构是一个拉伸体，可先进行二维图形绘制，并创建为面域，然后对二维草图进行拉伸；而底板上孔的结构则通过三维实体的“差集”减运算功能来实现，图 14-172 为底板的创建过程。

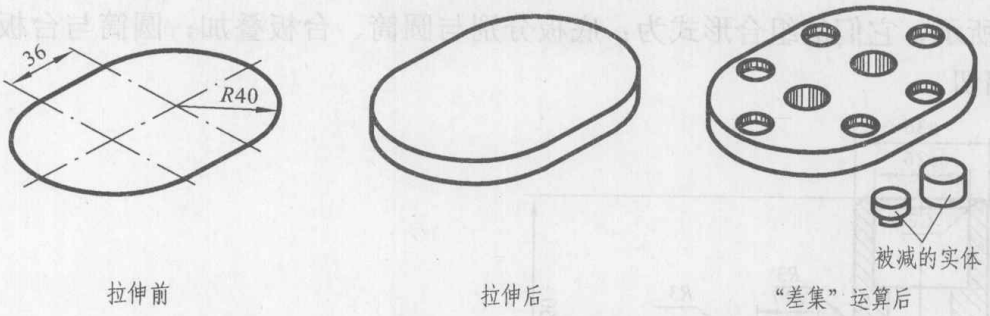


图 14-172 创建底板

(2) 创建圆筒。带阶梯孔的圆筒的创建是通过三维“差集”减运算实现的。圆筒的外形可以直接由 AutoCAD 提供的“圆柱体”命令创建，也可以先绘制二维圆，再拉伸成圆柱体。图 14-173 所示为圆筒的创建过程。

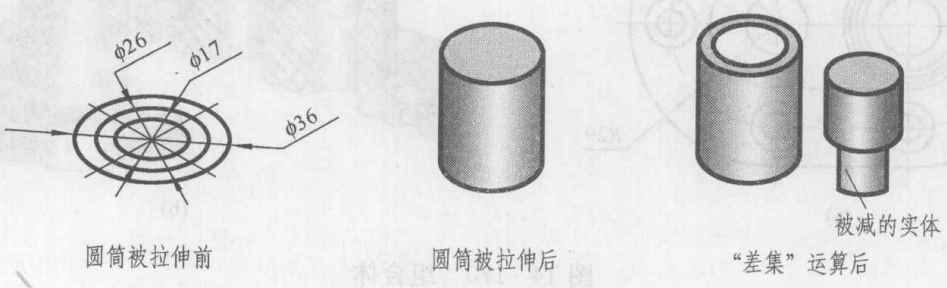
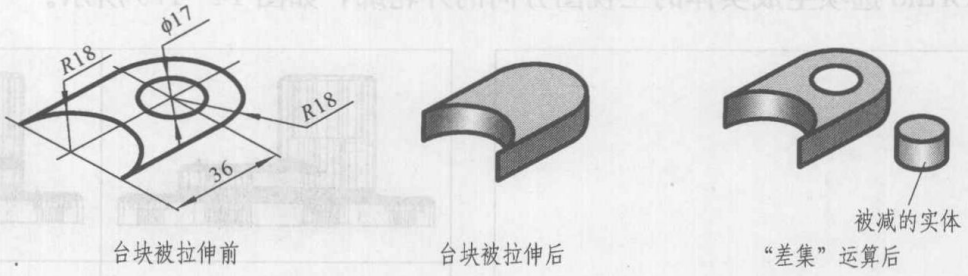


图 14-173 创建圆筒

（3）创建台块。台块的创建过程与前面所述的相似。如图 14-174 所示，先绘制其外形的二维图形，然后拉伸为实体，最后经“差集”运算去掉中间的圆柱体。



台块被拉伸前　　台块被拉伸后　　“差集”运算后

图 14-174　创建台块

3. 编辑实体

完成基本体的创建后，利用 AutoCAD 提供的编辑功能，如“移动”、“并集”运算、“圆角”、“倒角”等进行编辑，完成组合体的造型。

（1）按组合方式编辑基本体。如图 14-175 所示，移动台块与圆筒叠合，注意利用目标捕捉功能使台块的基准点③与圆筒的基准点②重合；用同样的方法将圆筒与台块同时移动，并使圆筒的基准点②与底板的基准点①重合。

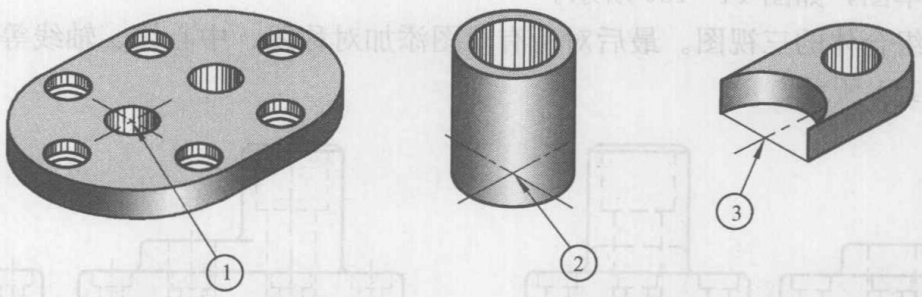


图 14-175　移动基本体

（2）完成组合体。利用“修改”、“实体编辑”、“并集”命令将各个基本体合并为单个组合体，最后对如图 14-176 所示的棱及两个孔端进行倒圆、倒角等，结果如图 14-177 所示。

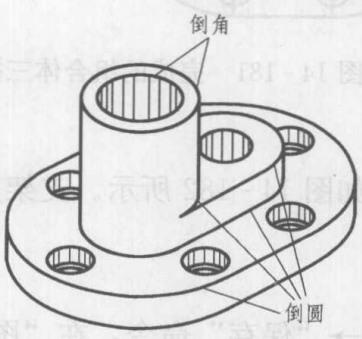


图 14-176　组合基本体

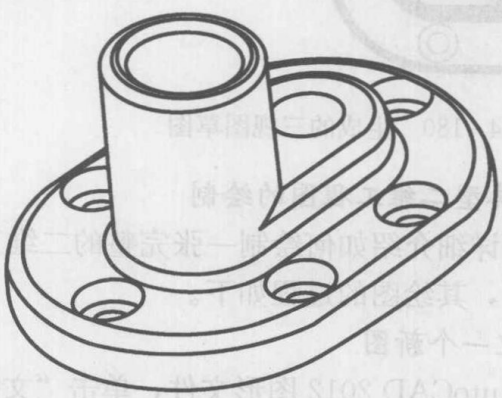


图 14-177　完成后的组合体

4. 生成三视图

（1）进入图纸空间。设置视图方向为俯视图，而且图形比例为 1，调整视窗的大小并移

动到如图 14-178 所示的俯视图位置。

(2) 生成实体三视图方向的外轮廓。利用“绘图”菜单→“建模”→“设置”→“视图”命令的 Ortho 选项生成实体的三视图方向的外轮廓，如图 14-179 所示。

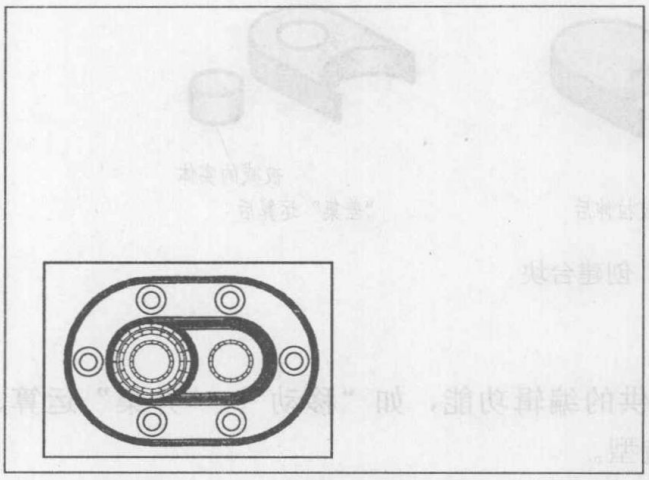


图 14-178 调整实体到俯视图的位置

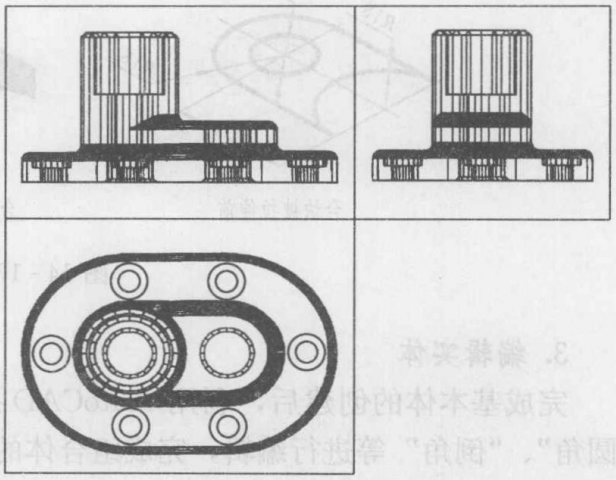


图 14-179 实体的三视图方向的外轮廓

(3) 生成三视图的草图。利用“绘图”菜单→“建模”→“设置”→“轮廓”命令将实体生成三视图草图，如图 14-180 所示。

(4) 完成组合体的三视图。最后对所有草图添加对称线、中心线、轴线等，完成整个视图，如图 14-181 所示。

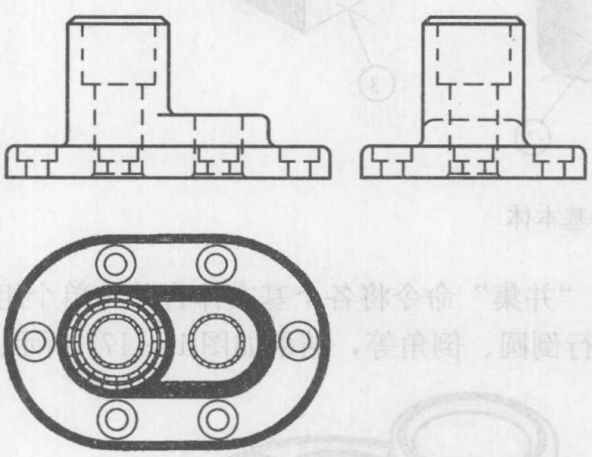


图 14-180 生成的三视图草图

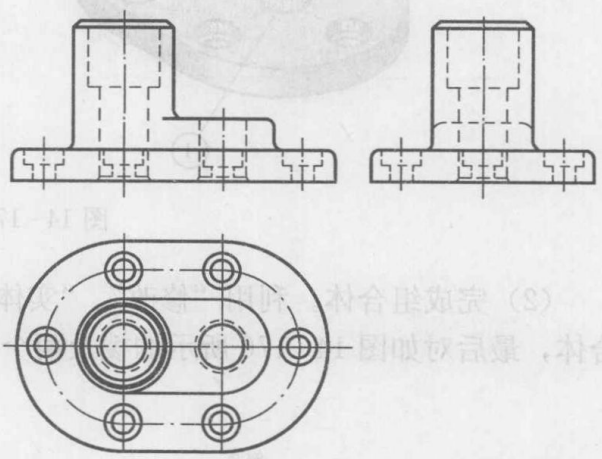


图 14-181 完成的组合体三视图

(二) 典型二维工程图的绘制

下面将详细介绍如何绘制一张完整的二维工程图，如图 14-182 所示。支架是常见的一种机械零件，其绘图的过程如下。

1. 建立一个新图

新建 AutoCAD 2012 图形文件，单击“文件”菜单→“保存”命令，在“图形另存为”对话框中的“文件名”文本框中输入“支架”，将其保存为名为“支架”的图形文件，如图 14-183 所示，单击“保存”按钮。

AutoCAD2012 的标题栏中间位置会显示该文件的位置和名称。

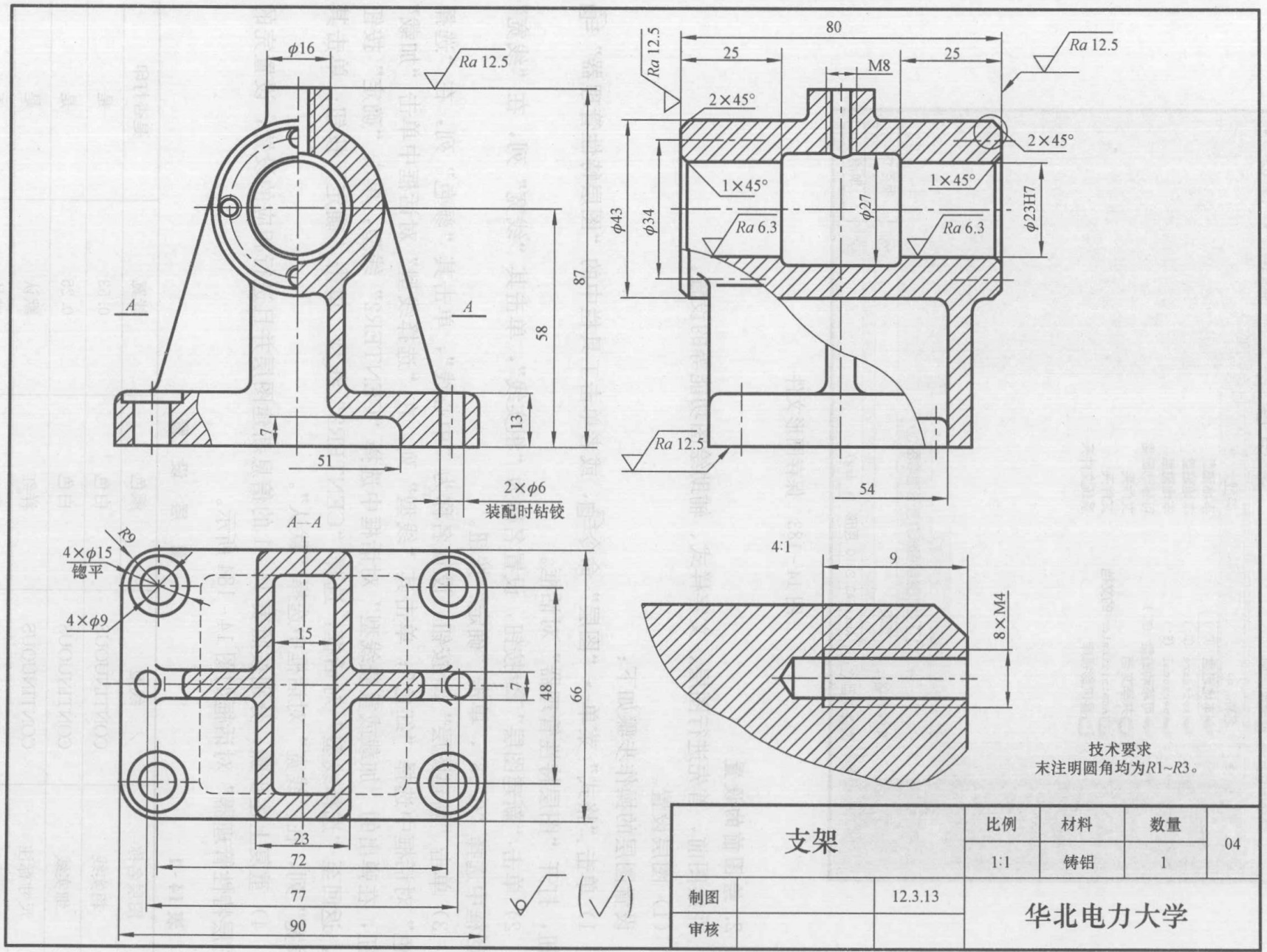


图 14 - 182　支架零件图

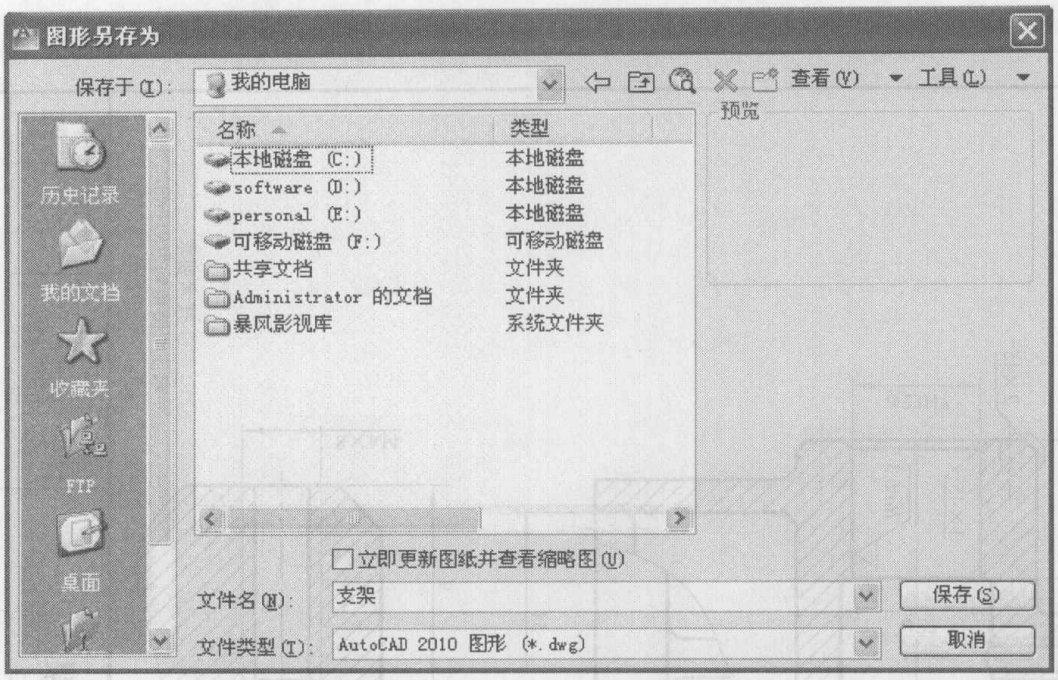


图 14-183 保存图形文件

2. 绘图前的设置

在绘图前，首先进行图层、文字样式、辅助绘图功能等的设置。

(1) 图层设置。

设置图层的操作步骤如下：

1) 单击“格式”菜单→“图层”命令，或者单击工具栏中的“图层特性管理器”按钮，打开“图层特性管理器”对话框。

2) 单击“新建图层”按钮，设置名称为“粗实线”，单击其“线宽”列，在“线宽”对话框中选择“0.53”，单击“确定”按钮。

3) 单击“新建图层”按钮，设置名称为“中心线”，单击其“颜色”列，在“选择颜色”对话框中选择“红色”；单击其“线型”列，在“选择线型”对话框中单击“加载”按钮，在弹出的“加载或重载线型”对话框中选择“CENTER2”线型，单击“确定”按钮后，返回至“选择线型”对话框，选择“CENTER2”线型，单击“确定”按钮；单击其“线宽”列，在“线宽”对话框中选择“默认”。

4) 重复上述步骤，分别按照表 14-1 的信息新建图层并且进行相应的设置，设置完的“图层特性管理器”对话框如图 14-184 所示。

表 14-1 图 层 设 置

图层名称	线型	颜色	线宽	是否打印
粗实线	CONTINUOUS	白色	0.53	是
细实线	CONTINUOUS	白色	0.25	是
尺寸标注	CONTINUOUS	洋红	默认	是
辅助线	CONTINUOUS	青色	默认	否
剖面线	CONTINUOUS	蓝色	默认	是

续表

图层名称	线型	颜色	线宽	是否打印
文字说明	CONTINUOUS	灰色 255	默认	是
中心线	CENTER2	红色	默认	是
虚线	DASHED2	绿色	默认	是

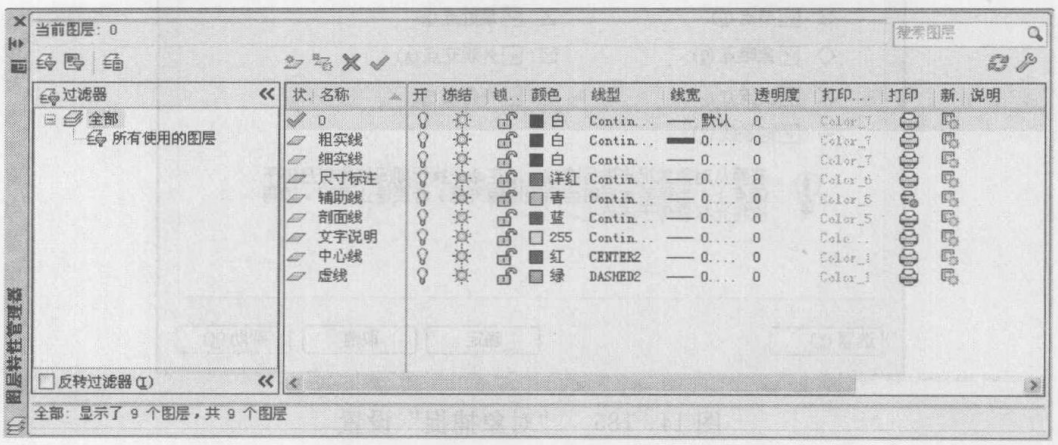


图 14-184　图层设置

(2) 新建文字样式。新建名为“工程字”文字样式。

1) 单击“格式”菜单→“文字样式”命令或工具栏中的“文字样式”按钮，打开“文字样式”对话框。

2) 单击“新建”按钮，在弹出的“新建文字样式”对话框中的“样式名”栏内输入“工程字”，单击“确定”按钮。

3) 返回至“文字样式”对话框，在字体名下拉列表框中，选择字体样式为“仿宋GB2312”，单击“应用”按钮后，再单击“关闭”按钮。

(3) 设置常用的对象捕捉。

1) 在状态栏上右击“对象捕捉”按钮，从弹出的快捷菜单中选择“设置”选项，此时将弹出“草图设置”对话框。

2) 单击“全部选择”按钮，如图 14-185 所示，单击“确定”按钮。

3. 绘制 A3 图框

在工程图纸中，绘制两个矩形图框。其中外框表示 A3 图纸大小，细实线；而内框表示绘图框，粗实线。外框可用矩形命令绘制，内框可用直线命令绘制。

(1) 选择“细实线”图层为当前图层，单击“矩形”命令按钮。

(2) 根据“指定第一个角点或 [倒角 (C)/标高 (E)/圆角 (P)/厚度 (T)/宽度 (W)]:”提示单击任意点作为绘图区域的左下角。

(3) 根据“指定另一个角点或 [尺寸 (D)]:”提示输入相对坐标“@420，297”并回车，绘制出外框。

(4) 选择“粗实线”图层为当前图层，同时打开“极轴”、“对象捕捉”和“对象追踪”状态。

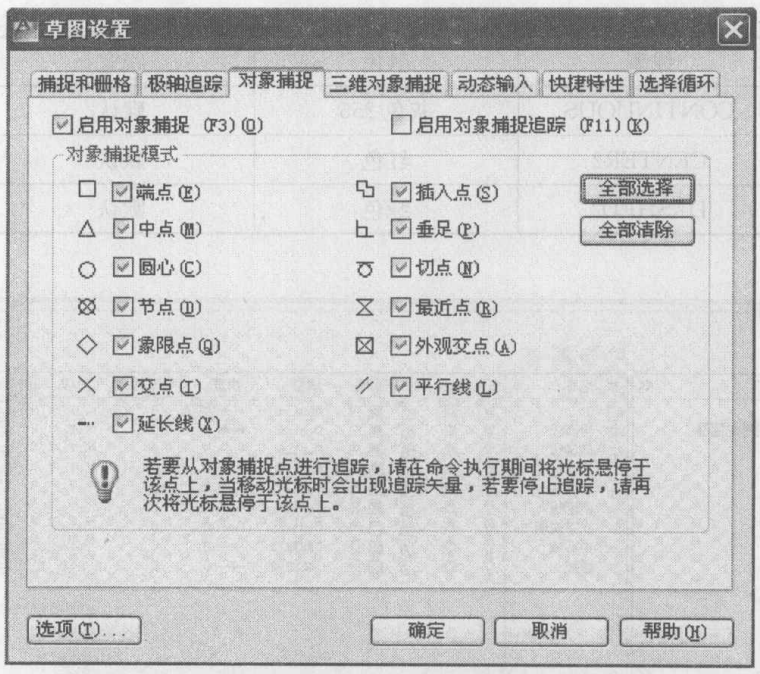


图 14-185 “对象捕捉”设置

(5) 单击“直线”命令按钮，在“指定第一点:”提示下将鼠标箭头移到矩形的左下角点上，并将鼠标向右上方移动。

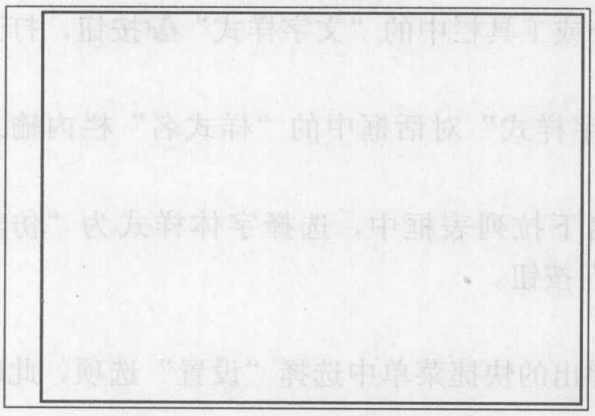


图 14-186 绘制内外边框

(6) 在“指定第一点:”提示下输入“@25，5”并回车；在“指定下一点或[放弃(U)]:”提示下输入“@390，0”并回车；在“指定下一点或[放弃(U)]:”提示下输入“@0，287”并回车；在“指定下一点或[闭合(C)/放弃(U)]:”提示下输入“@-390，0”并回车；在“指定下一点或[闭合(C)/放弃(U)]:”提示下捕捉内框的左下角点。删除第一段直线后完成内框的绘制，如图 14-186 所示。

4. 绘制标题栏

标题栏位于制图区域的右下角，内容包括两个方面：边框的绘制和文字的填写。

(1) 变换显示窗口的大小。单击工具栏上的缩放窗口按钮，将图框的右下角区域放大。

(2) 绘制粗实线边框。

1) 选择“粗实线”图层为当前图层，打开“正交”状态按钮。

2) 单击“直线”命令按钮，在“指定第一点:”提示下将鼠标移到内框的右下角点上，并将鼠标向左侧移动，在“指定第一点:”提示下输入“120”并回车，绘制向左长度为120的直线。

3) 向上移动鼠标，在“指定下一点或[放弃(U)]:”提示下输入“32”并回车；向右

移动鼠标，在“指定下一点或［放弃（U）］:”提示下输入“120”并回车；在“指定下一点或［闭合（C）/放弃（U）］:”提示下按回车键完成绘制。

（3）绘制细实线内格线。

1）选择“细实线”图层为当前图层，打开“正交”状态。

2）单击“直线”命令，在“指定第一点:”提示下将鼠标箭头移到内框的右下角点上，并将鼠标向左边方向移动，在“指定第一点:”提示下输入“70”并回车。

3）向上移动鼠标，在“指定下一点或［放弃（U）］:”提示下拾取和标题框上面直线的垂足交点。

4）参照本书第一章标题栏格式继续绘制其余细实线，如图 14 - 187 所示。

5. 标注文字

下面介绍如何在标题栏中添加文字标注。除了可以通过“文字”命令输入相关文字外，也可以通过“块”命令实现。

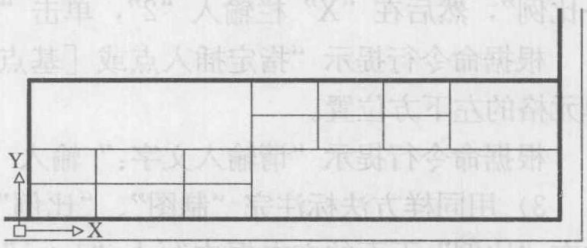


图 14 - 187　标题栏线框

（1）属性定义。

1）单击“绘图”菜单→“块”→“定义属性”命令，弹出“属性定义”对话框，如图 14 - 188 所示。

2）在“属性”区域的“标记”文本框中输入“绘图”，在“提示”文本框中输入“请输入文字”，在“文字设置”区域内的“文字样式”下拉列表中选择“工程字”选项。

3）在屏幕任意位置单击鼠标，创建属性文字“绘图”。注意，此时的文字并不是真正插入此处的文字，而是为定义属性临时创建的文字，在定义了“块”之后该文字会消失。

（2）定义内部块。

1）单击“绘图”工具栏上的“创建块”按钮，弹出“块定义”对话框。

2）在“名称”文本框中输入“文本”，单击“选择对象”按钮，选择刚才插入的“绘图”两字，然后按回车键返回对话框。

3）单击“拾取点”按钮，拾取“绘图”两字的左下角点，此时的块定义对话框如图 14 - 189所示，单击“确定”按钮。

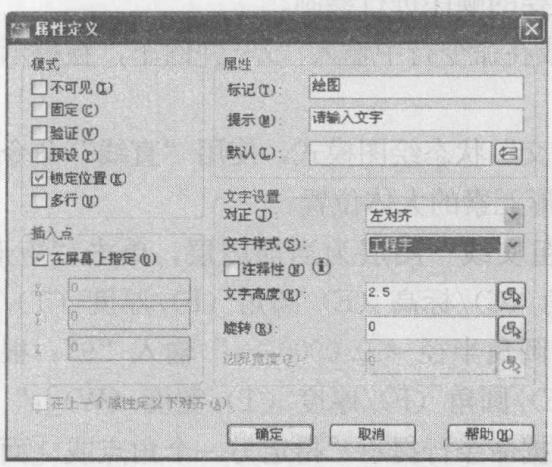


图 14 - 188　“属性定义”对话框

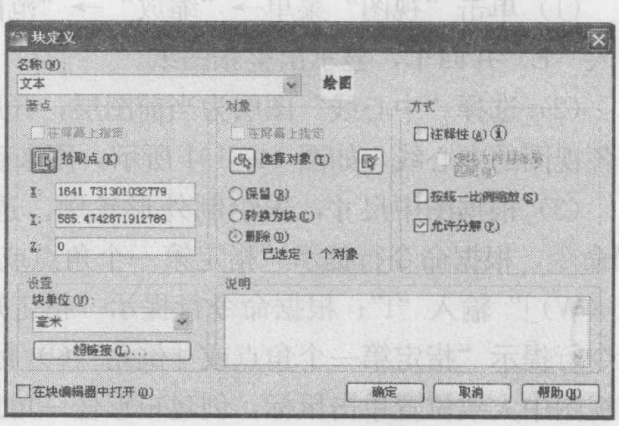


图 14 - 189　定义块

(3) 插入块。

1) 单击“绘图”工具栏上的“插入块”按钮，在弹出的“插入”对话框中默认的名称为“文本”，即插入刚才创建的“文本”块，单击“确定”按钮。

根据命令行提示“指定插入点或［比例（S）/X/Y/Z/旋转（R）/预览比例（PS）/PX/PY/PZ/预览旋转（PR）］:”在标题栏左下方的单元格左下方单击。

根据命令行提示“请输入文字:”(即定义块的属性时“提示”栏内的提示文字，见图 14-188）下输入“审定”后回车，此时插入完一个块。

提示：如果插入的文字位置有些偏，可以通过移动命令来调整。

2) 继续单击“插入块”按钮，在弹出的“插入”对话框中的“比例”区域中选定“同一比例”，然后在“X”栏输入“2”，单击“确定”按钮。

根据命令行提示“指定插入点或［基点（B)/比例（S)/旋转（R)］:”单击标题栏左上方单元格的左下方位置。

根据命令行提示“请输入文字:”输入“支架”后回车，插入字体较大的文本。

3) 用同样方法标注完“制图”、“比例”、“材料”、“数量”和“华北电力大学”等字样，并在“比例”下面的文本框中写上“1：1”，在“数量”下写上“1”。在图号文本框中输入“01”，这样整个图框和标题栏就制作完毕，如图 14-190 所示。

支架			比例	材料	数量	01
			1：1	铸铝	1	
制图			华北电力大学			
审核						

图 14-190 标题栏

6. 绘制轮廓线

绘制完整个图框以后就可以开始正式绘图了。

根据图 14-182，可知零件主视图为半剖视图，俯视图为全剖视图，左视图为局部剖视。绘制零件图时要按照先整体、后局部，先主要、后次要的顺序进行绘制。

(1) 单击“视图”菜单→“缩放”→“范围”，或在命令行中输入“Z”并回车，在提示下输入“E”并回车，显示出整张图纸。

(2) 选择“中心线”图层为当前图层，开启“正交”状态绘图模式，使用“直线”命令绘制各视图的中心线，如图 14-191 所示，用来确定图形元素的大体位置。

(3) 根据图中尺寸，先绘制外形轮廓。选择“粗实线”图层为当前图层，单击“矩形”命令，根据命令行提示“指定第一个角点或［倒角（C)/标高（E)/圆角（F)/厚度（T)/宽度（W)］”输入“f”；根据命令行提示“指定矩形的圆角半径 <0.0000>:”输入“9”；根据命令行提示“指定第一个角点或［倒角（C)/标高（E)/圆角（F)/厚度（T)/宽度（W)］:”在俯视图中大致位置单击鼠标，创建矩形任一角点；根据命令行提示“指定另一个角点或［面积（A)/尺寸（D)/旋转（R)］:”输入“D”；根据命令行提示“指定矩形的长度 <10.0000>:”输入“90”；根据命令行提示“指定矩形的宽度 <10.0000>:”输入“66”；向任意方向移动鼠

标并单击，绘制带有圆角的矩形。

（4）打开“对象捕捉”状态绘图模式。单击“直线”命令，通过捕捉矩形圆角的圆心位置，绘制一条对角线。选择矩形和对角线，单击“移动”命令，选择对角线的中点，移动所选图形，将对角线中点与俯视图中两条中心线的交点重合。定位结束后，删除对角线。

（5）单击“圆”命令，分别在矩形圆角圆心位置处绘制 ϕ15 和 ϕ9 的圆。

（6）单击“偏移”命令，选择俯视图垂直的中心线，向左右各偏移 38.5，并在两侧的交点处绘制 ϕ6 的圆，然后调整两圆垂直中心线的长度，如图 14-192 所示。

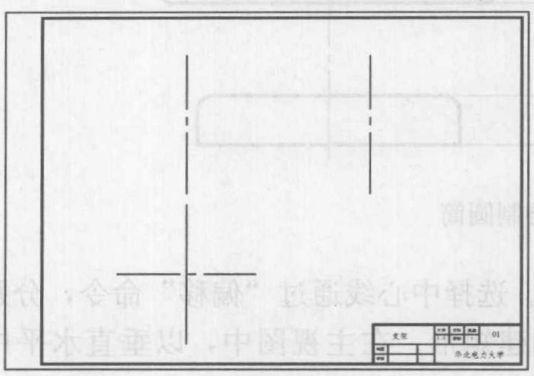


图 14-191　绘制中心线

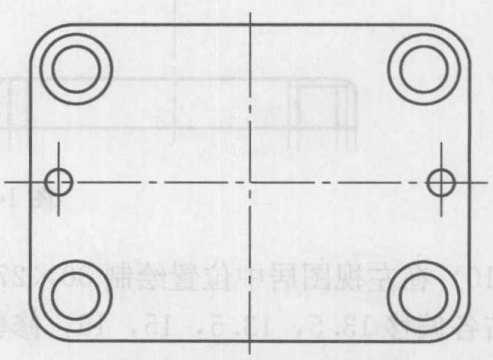


图 14-192　绘制部分俯视图

（7）根据“长对正”绘图原则，沿俯视图中的矩形边框向上绘制两条细实线，作为主视图中底板部分的边界。绘制粗实线底线，利用“偏移”命令，向上偏移“13”，绘制主视图中的底板部分轮廓，并添加 R3 的圆角。继续完成底板部分内部剖切的圆孔轮廓线。

（8）根据“高平齐”原则，从主视图中绘制水平细实线确定左视图中底板边界。根据“宽相等”原则，将左视图中的中心线向左右各偏移 33，并把偏移后的中心线转换为粗实线（选中中心然后再选择“粗实线”图层），添加 R3 圆角，并对图形进行裁剪，如图 14-193 所示。

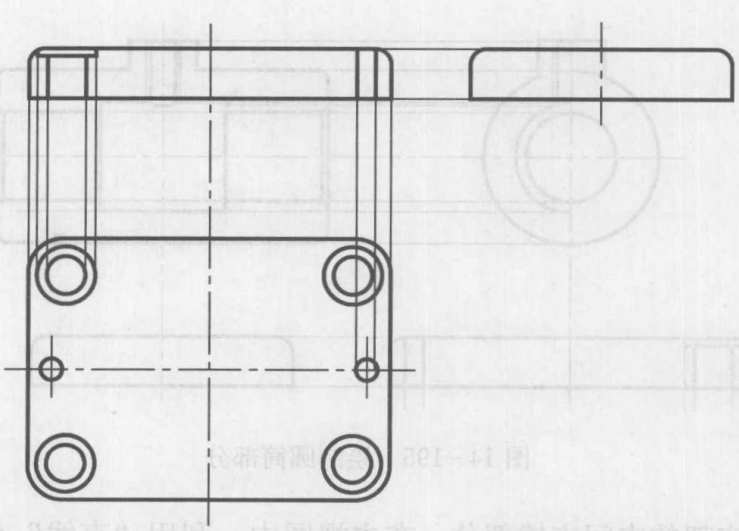


图 14-193　利用投影原则绘制底板部分三视图

（9）绘制支架的圆筒部分。在主视图中，单击“偏移”命令，输入 58，选择底边向上偏移，然后把偏移后的底边改为中心线。以两中心线的交点为圆心，绘制 ϕ43 和 ϕ23 的圆。

通过“高平齐”原则从圆的上下象限点绘制水平细实线，在左视图中通过“偏移”命令将中心线左右偏移40，绘制圆筒的前后边界。然后添加内部圆孔的轮廓线，以及内外倒角。如图14-194所示。

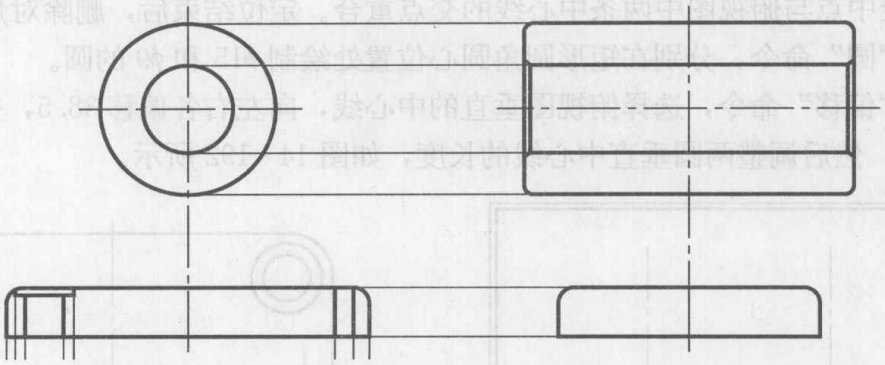


图14-194 绘制圆筒

(10) 在左视图居中位置绘制30×27的矩形。选择中心线通过“偏移”命令，分别向上下左右各偏移13.5，13.5，15，15，修剪直线构建矩形。在主视图中，以垂直水平中心线交点为圆心绘制ϕ27圆的右半部分。

(11) 在圆筒上方绘制注油口。通过“偏移”命令选择中心线向左右两侧偏移8，将底线向上偏移87，创建注油口。

(12) 在注油孔中添加M8内螺纹。首先绘制大径线，将垂直中心线向左右各偏移4，然后选择偏移后的中心线后转换为细实线。同样将垂直中心线左右各偏移3，并转换为粗实线，完成绘制小径线。在主视图中只绘制右半部分的内螺纹。

(13) 在小径线与矩形相交处添加相贯线。从主视图中小径线与ϕ27圆的交点处绘制水平细实线，在左视图中与垂直中心线相交。利用“圆弧”命令的“三点”方式绘制相贯线。如图14-195所示。

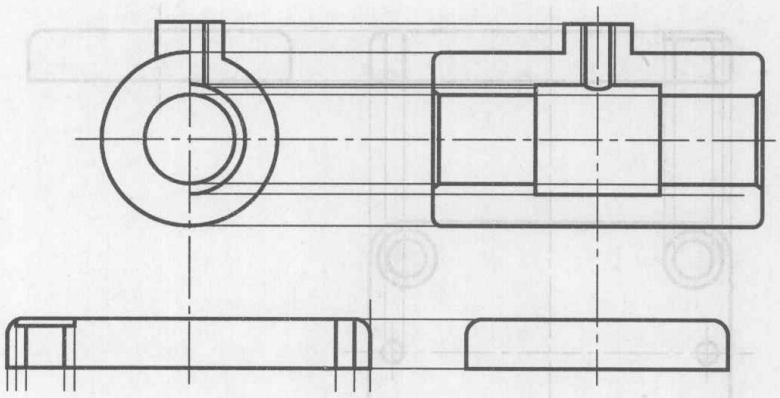


图14-195 绘制圆筒部分

(14) 下面绘制支架的中间支撑部分。在主视图中，利用“直线”命令绘制从底座与圆筒相切的加强筋轮廓，在与底座相交处添加R3的铸造圆角。

(15) 选择“虚线”图层为当前图层，在俯视图中绘制51×54，圆角为R3的矩形。

(16) 选择“粗实线”图层为当前图层，在主视图中将垂直中心线向左右两侧分别偏移11.5，并转换为粗实线。通过“修剪”命令只保留圆筒与底座之间的部分。继续将中心线向

右侧偏移 7.5，转换为粗实线，即剖视后的内壁轮廓线。将底边向上偏移 7。由俯视图向上绘制内腔边界线。通过“延伸”、“修剪”等命令绘制支架中间的内腔轮廓。

(17) 根据“长对正”绘图原则，确定剖切面位置后，从主视图向下绘制支撑部分的内外轮廓线投影线，在俯视图中将水平中心线上下偏移 3.5，绘制支撑部分的内外形轮廓。添加铸造圆角、倒角圆、加强筋等。

(18) 对于主视图和左视图中采用局部剖的部分，可以通过“样条曲线”命令绘制剖切边界，作为外形与内部结构的分界线。如图 14 - 196 所示。

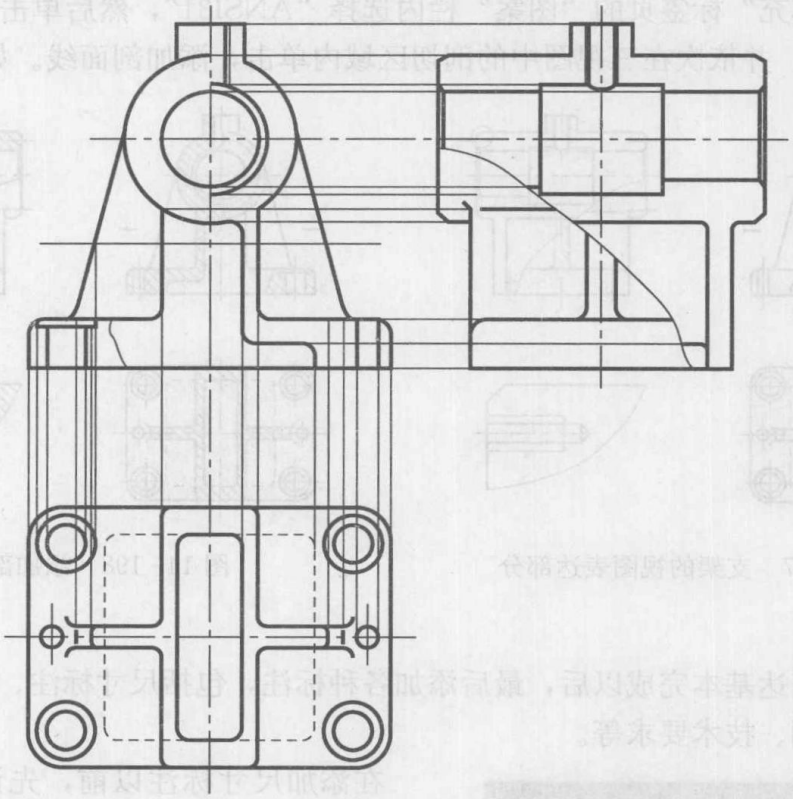


图 14 - 196　支撑部分轮廓

(19) 在视图中添加螺纹孔。选择“中心线”图层为当前层，在主视图中与圆筒同轴心绘制 ϕ34 的圆，然后通过交替选择“粗实线”和“细实线”图层在圆的左半部分绘制三个 M4 的内螺纹孔，只绘制中心线左侧部分。通过投影在左视图中绘制螺纹孔的中心线。

(20) 由于螺纹孔尺寸太小，在左视图中没有绘制其具体结构，只标注其中心线位置。然后通过局部放大图来绘制其具体结构。在左视图中螺纹孔位置绘制一细实线圆。在左视图下方绘制螺纹孔的局部放大图。

(21) 补充视图中各处孔的中心线等细节。单击“格式”菜单→“标注样式”，弹出“标注样式管理器”对话框，单击“修改”按钮，在“修改标注样式”对话框中单击“符号和箭头”标签页，在“圆心标记”栏内选择“直线”项，此选项可使中心线超出圆。选择“中心线”图层为当前图层，单击“圆心标记”⊕命令，在俯视图中单击底座中的安装圆孔，并在主视图和左视图中相应位置添加中心线。

(22) 由于螺纹孔尺寸太小，在左视图中没有绘制其具体结构，只标注其中心线位置。

然后通过局部放大图来绘制其具体结构。在左视图中螺纹孔位置绘制一细实线圆。在左视图下方绘制螺纹孔的局部放大图。

(23) 在主视图中添加剖切面位置。在视图轮廓基本绘制完成后，删除视图中的辅助投影线。效果如图 14 - 197 所示。

7. 图案填充

在零件图轮廓基本绘制完成后，需要对剖切部分添加剖面线。

选择“剖面线”图层为当前图层。单击“图案填充”命令，在“图案填充和渐变色”对话框中“图案填充”标签页的“图案”栏内选择“ANSI31”，然后单击“边界”区域内的“拾取点”按钮，并依次在三视图中的剖切区域内单击，添加剖面线。如图 14 - 198 所示。

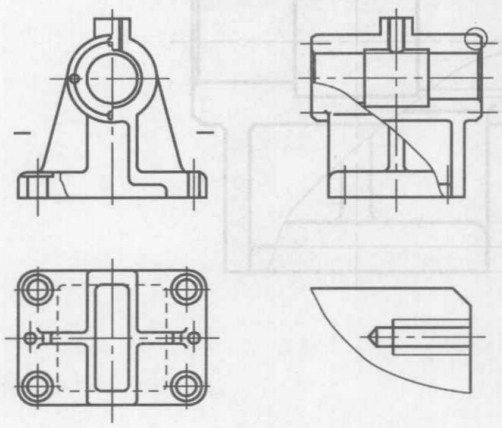


图 14 - 197 支架的视图表达部分

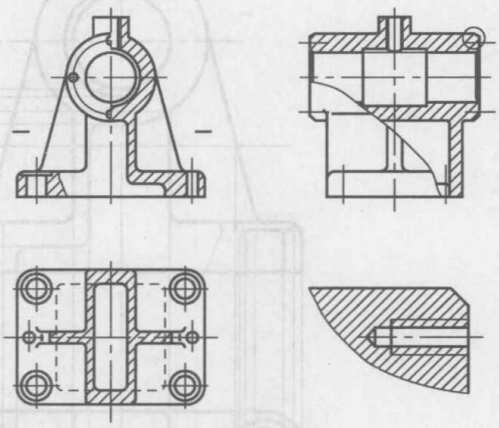


图 14 - 198 添加剖面线

8. 添加标注

在零件视图表达基本完成以后，最后添加各种标注，包括尺寸标注、粗糙度、剖切面名称、局部放大比例、技术要求等。

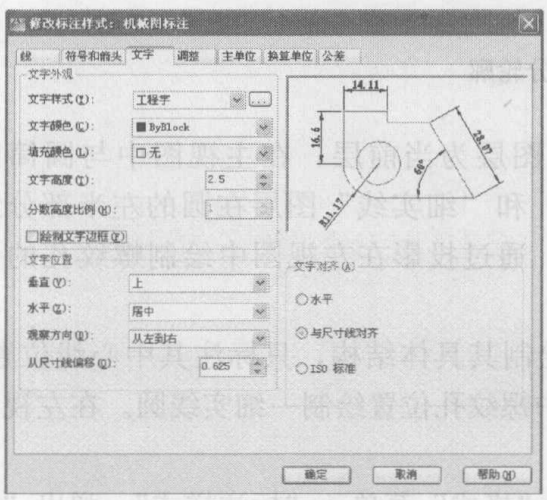


图 14 - 199 设置尺寸标注样式

在添加尺寸标注以前，先设置尺寸标注的样式。设置“尺寸标注”层为当前图层，打开“标注”工具栏。单击“标注”工具栏上的“标注样式”按钮，新建名为“机械图标注”的标注样式：选择“线”选项卡，在“尺寸界线”栏内设置“起点偏移量”为 0；选择“文字”选项卡，在“文字外观”栏内选择“文字样式”为“工程字”；选择“主单位”选项卡，选择“小数分隔符”为“.（句点）”；单击“确定”按钮。如图 14 - 199 所示。

为了便于标注粗糙度，利用“块”命令创建粗糙度符号块。首先绘制一粗糙度符号，然后单击“创建块”命令，在“块定义”对话框中输入名称为“粗糙度符号”，在“基点”栏内单击“拾取点”按钮，单击粗糙度符号下方的角点，在“对象”栏内单击“选择对象”按钮，然后选择绘制的粗糙度符号，单击“确定”按钮创建粗糙度符号块，如图 14 - 200 所示。

对于视图中非圆投影图线上标注直径或螺纹的尺寸，可以先通过“线性”尺寸标注长度。然后输入“ddedit”命令，选择标注的线性尺寸，将光标停在文字前面，然后单击“文字格式”对话框中的“符号”列表，选择“直径”符号，将其插入到标注文字中，单击“确定”按钮，如图 14 - 201 所示。

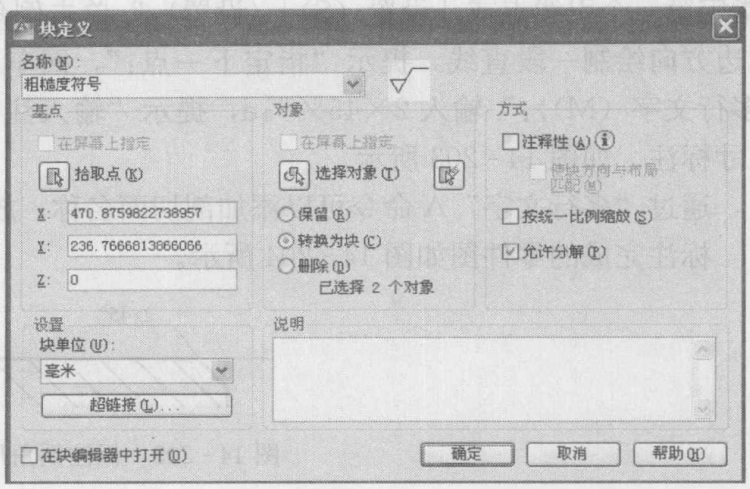


图 14 - 200　创建粗糙度符号块

对于半剖视图的尺寸，可以通过“线性”尺寸在指定位置标注长度后，单击“修改”工具栏中的“分解”命令将该尺寸分解，然后删掉另一侧的箭头和尺寸界线，并修改尺寸数值，如图 14 - 202 所示。

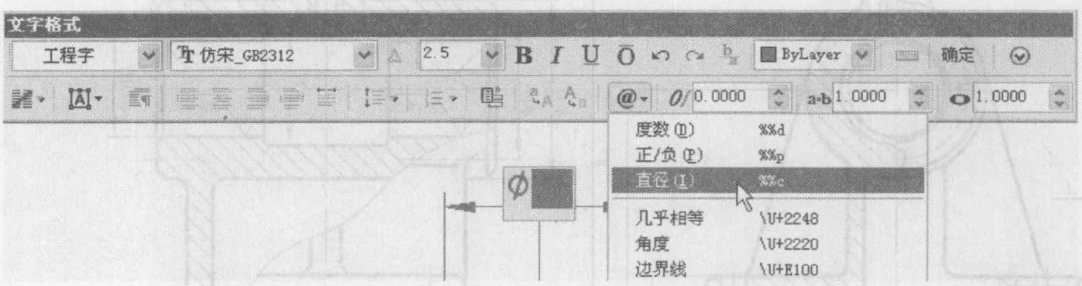


图 14 - 201　在标注尺寸中插入符号

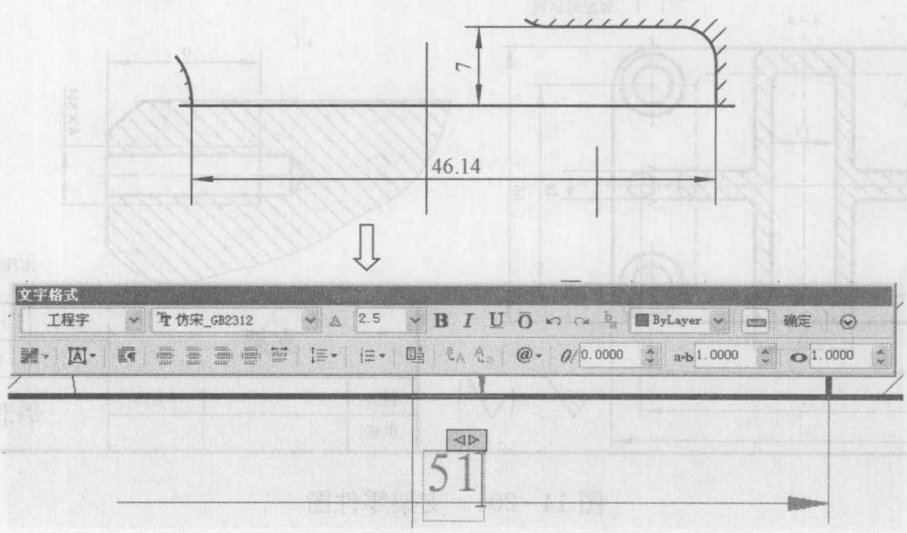


图 14 - 202　标注半剖结构尺寸

标注倒角尺寸可以通过“快速引线”命令来标注。输入“LE”命令，回车，根据提示“指定第一个引线点或［设置（S）］〈设置〉:”按回车键，在“引线设置”对话框的“注释”选项卡中的“多行文字选项”中选择“始终左对齐”，在“引线和箭头”选项卡中“箭头”列表中选择“无”，在“附着”选项卡中选中“最后一行加下划线”，关闭对话框。根据提示

“指定第一个引线点或［设置（S）］〈设置〉：”单击倒角点，根据提示“指定下一点：”沿倒角边方向绘制一段直线，提示“指定下一点：”，回车，根据提示“输入注释文字的第一行〈多行文字（M）〉：”输入 2×45%%d，提示“输入注释文字的下一行：”，回车，完成倒角尺寸标注。如图 14 - 203 所示。

通过“多行文字”A 命令可以添加剖切面名称、放大比例、技术说明等。

标注完成的零件图如图 14 - 204 所示。

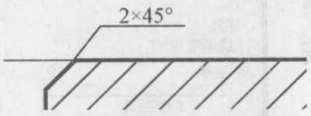


图 14 - 203　标注倒角尺寸

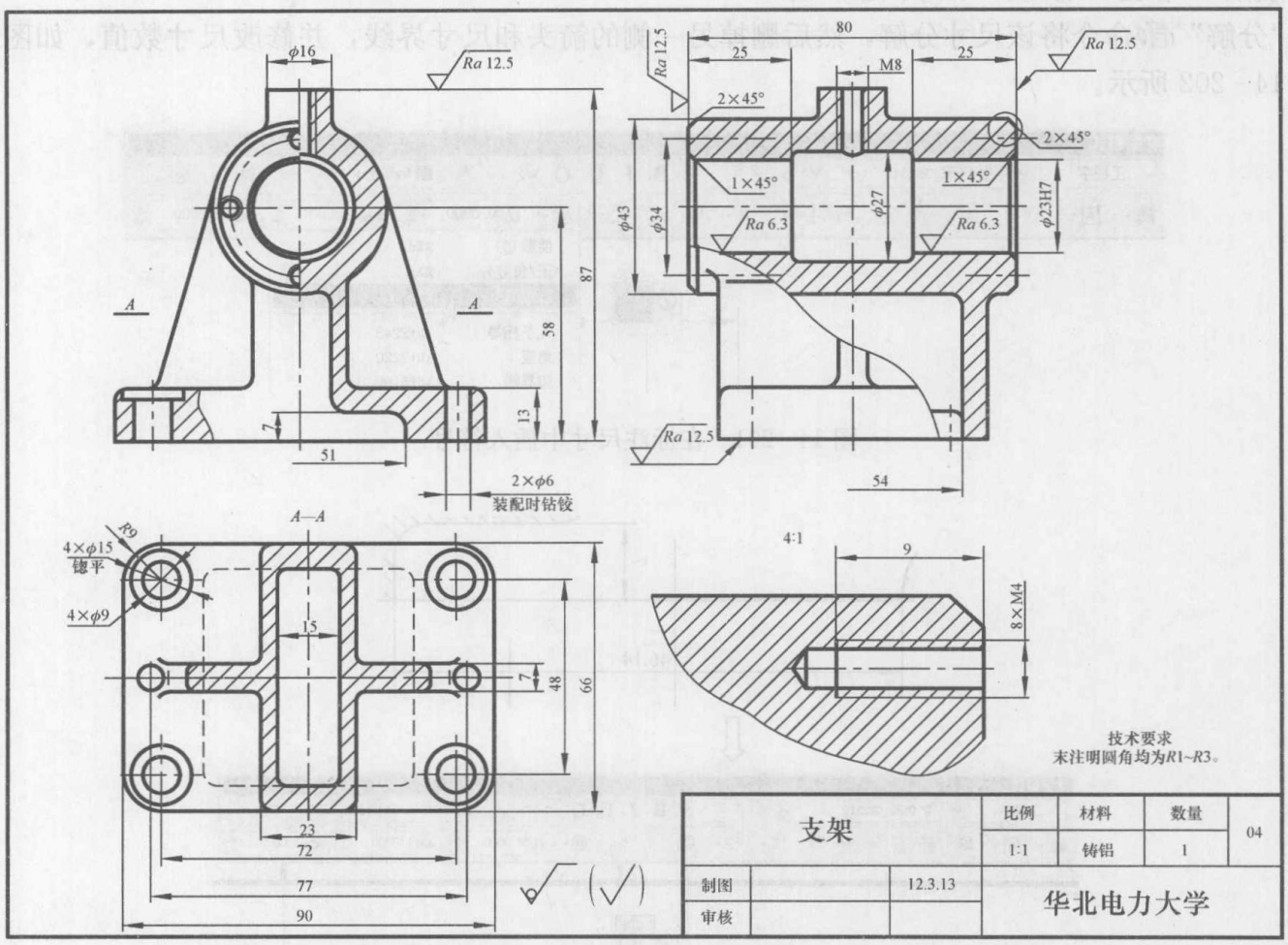
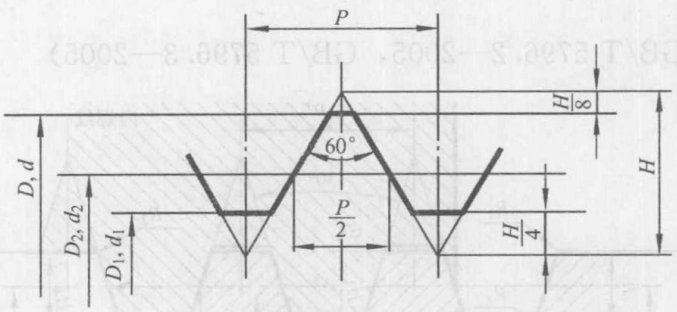


图 14 - 204　支架零件图

附　录

一、螺纹

（一）普通螺纹（GB/T 193—2003，GB/T 196—2003）



$$H=\frac{\sqrt{3}}{2}P$$

标　记　示　例

公称直径为 24mm，螺距为 3mm 的粗牙右旋普通螺纹　　M24

公称直径为 24mm，螺距为 1.5mm 的细牙左旋普通螺纹　　M24×1.5LH

附表 1　　**直径与螺距系列、基本尺寸**　　mm

公称直径(D,d)		螺距 P		粗牙小径 D_1,d_1	公称直径(D,d)		螺距 P		粗牙小径 D_1,d_1
第一系列	第二系列	粗牙	细牙		第一系列	第二系列	粗牙	细牙	
3		0.5	0.35	2.459		22	2.5	2,1.5,1,(0.75),(0.5)	19.294
	3.5	(0.6)		2.850	24		3	2,1.5,1,(0.75)	20.752
4		0.7		3.242		27	3	2,1.5,1,(0.75)	23.752
	4.5	(0.75)	0.5	3.688	30		3.5	(3),2,1.5,1,(0.75)	26.211
5		0.8		4.134		33	3.5	(3),2,1.5,(1),(0.75)	29.211
6		1	0.75,(0.5)	4.917	36		4	(3),2,1.5,(1)	31.670
8		1.25	1,0.75,(0.5)	6.647		39	4		34.670
10		1.5	1.25,1,0.75,(0.5)	8.376	42		4.5	(4),3,2,1.5,(1)	37.129
12		1.75	1.5,1.25,1,(0.75),(0.5)	10.106		45	4.5		40.129
	14	2	1.5,(1.25),1,(0.75),(0.5)	11.835	48		5		42.587
16		2	1.5,1,(0.75),(0.5)	13.835		52	5		46.587
	18	2.5	2,1.5,1,(0.75),(0.5)	15.294	56		5.5		50.046
20		2.5		17.294					

注　1. 优先选用第一系列，括号内尺寸尽可能不用。第三系列未列入。

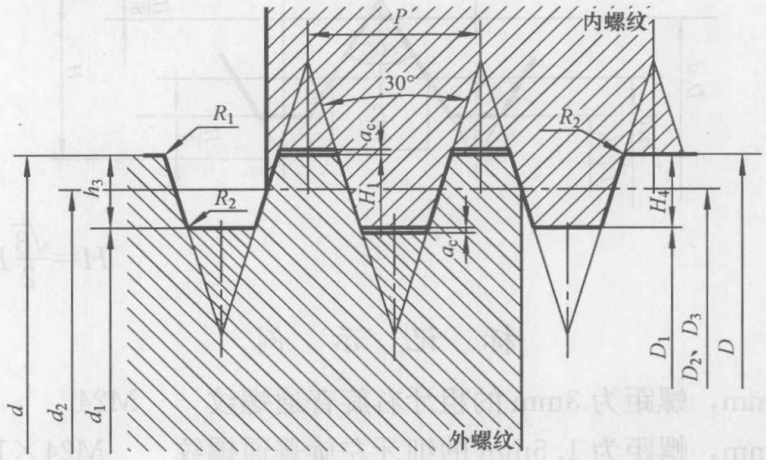
2. 中径 D_2，d_2 未列入。

附表 2 **细牙普通螺纹螺距与小径的关系** mm

螺距 P	小径 D_1，d_1	螺距 P	小径 D_1，d_1	螺距 P	小径 D_1，d_1
0.35	$d-1+0.621$	1	$d-2+0.918$	2	$d-3+0.835$
0.5	$d-1+0.459$	1.25	$d-2+0.647$	3	$d-4+0.752$
0.75	$d-1+0.188$	1.5	$d-2+0.376$	4	$d-5+0.670$

注 表中的小径按 $D_1=d_1=d-2\times\frac{5}{8}H$，$H=\frac{\sqrt{3}}{2}P$ 计算得出。

（二）梯形螺纹（GB/T 5796.2—2005，GB/T 5796.3—2005）



标 记 示 例

公称直径为 40mm，螺距为 7mm 的单线右旋梯形螺纹　Tr40×7

公称直径为 40mm，导程为 14mm 的螺距为 7mm 的双线左旋梯形螺纹　Tr40×14(14/2)LH

附表 3 **直径与螺距系列、基本尺寸** mm

公称直径 d		螺距	中径	大径	小径		公称直径 d		螺距	中径	大径	小径	
第一系列	第二系列	P	$d_2=D_2$	D	d_1	D_1	第一系列	第二系列	P	$d_2=D_2$	D	d_1	D_1
8		1.5	7.25	8.30	6.20	6.50			2	19.00	20.50	17.50	18.00
	9	1.5	8.25	9.30	7.20	7.50	20						
		*2	8.00	9.50	6.50	7.00			*4	18.00	20.50	15.50	16.00
10		1.5	9.25	10.30	8.20	8.50			3	20.50	22.50	18.50	19.00
		*2	9.00	10.50	7.50	8.00		22	*5	19.50	22.50	16.50	17.00
	11	*2	10.00	11.50	8.20	9.00			8	18.00	23.00	13.00	14.00
		3	9.50	11.50	7.50	8.00			3	22.50	24.50	20.50	21.00
12		2	11.00	12.50	9.50	10.00	24		*5	21.50	24.50	18.50	19.00
		*3	10.50	12.50	8.50	9.00			8	20.00	25.00	15.00	16.00
	14	2	13.00	14.50	11.50	12.00			3	24.50	26.50	22.50	23.00
		*3	12.50	14.50	10.50	11.00		26	*5	23.50	26.50	20.50	21.00
16		2	15.00	16.50	13.50	14.00			8	22.00	27.00	17.00	18.00
		*4	14.00	16.50	11.50	12.00			3	26.50	28.50	24.50	25.00
	18	2	17.00	18.50	15.50	16.00	28		*5	25.50	28.50	22.50	23.00
		*4	16.00	18.50	13.50	14.00			8	24.00	29.00	19.00	20.00

续表

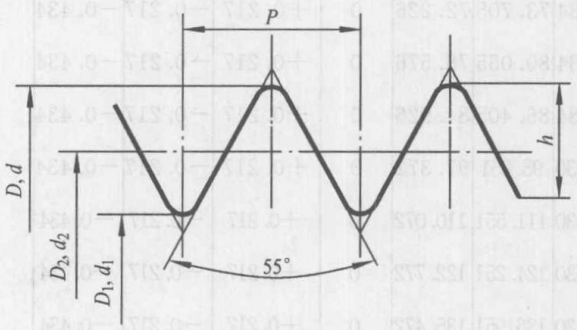
公称直径 d		螺距	中径	大径	小径		公称直径 d		螺距	中径	大径	小径	
第一系列	第二系列	P	$d_2=D_2$	D	d_1	D_1	第一系列	第二系列	P	$d_2=D_2$	D	d_1	D_1
	30	3	28.50	30.50	26.50	29.00		36	3	34.50	36.50	32.50	33.00
		*6	27.00	31.00	23.00	24.00			*6	33.00	37.00	29.00	30.00
		10	25.00	31.00	19.00	20.00			10	31.00	37.00	25.00	26
32		3	30.50	32.50	28.50	29.00		38	3	36.50	38.50	34.50	35.00
		*6	29.00	33.00	25.00	26.00			*7	34.50	39.00	30.00	31.00
		10	27.00	33.00	21.00	22.00			10	33.00	39.00	27.00	28.00
	34	3	32.50	34.50	30.50	31.00	40		3	38.50	40.50	36.50	37.00
		*6	31.00	35.00	27.00	28.00			*7	36.50	41.00	32.00	33.00
		10	29.00	35.00	23.00	24.00			10	35.00	41.00	29.00	30.00

注　1. 应优先选择第一系列直径。

2. 在每个直径所对应的诸螺距中应优先选择有*号的螺距。

3. 特殊需要时，允许选用表中邻近直径所对应的螺距。

（三）非螺纹密封的管螺纹（GB/T 7307—2001）



标　记　示　例

管子尺寸代号为3/4左旋螺纹　　G3/4－LH（右旋不注）

管子尺寸代号为1/2A级右旋外螺纹　　G1/2A

管子尺寸代号为1/2B级右旋外螺纹　　G1/2B

附表4　　螺纹的基本尺寸及其公差　　mm

尺寸代号	每25.4mm内所包含的牙数 n	螺距 P	牙高 h	基本直径			中径公差[1)]					小径公差		大径公差	
							内螺纹		外螺纹			内螺纹		外螺纹	
				大径 $d=D$	中径 $d_2=D_2$	小径 $d_1=D_1$	下偏差	上偏差	下偏差		上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差
									A级	B级					
1/16	28	0.907	0.581	7.723	7.142	6.561	0	+0.107	−0.107	−0.214	0	0	+0.282	−0.214	0
1/8	28	0.907	0.581	9.728	9.147	8.566	0	+0.107	−0.107	−0.214	0	0	+0.282	−0.214	0
1/4	19	1.337	0.856	13.157	12.301	11.445	0	+0.125	−0.125	−0.250	0	0	+0.445	−0.250	0
3/8	19	1.337	0.856	16.662	15.806	14.950	0	+0.125	−0.125	−0.250	0	0	+0.445	−0.250	0
1/2	14	1.814	1.162	20.955	19.793	18.631	0	+0.142	−0.142	−0.284	0	0	+0.541	−0.284	0
5/8	14	1.814	1.162	22.911	21.749	20.587	0	+0.142	−0.142	−0.284	0	0	+0.541	−0.284	0

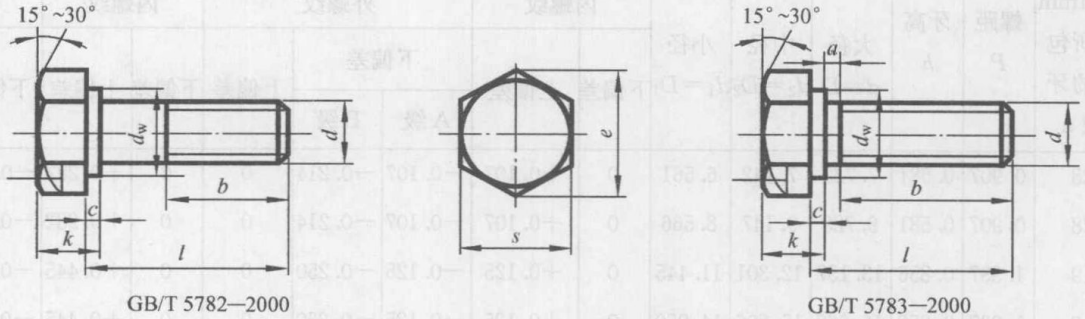
续表

尺寸代号	每25.4mm内所包含的牙数 n	螺距 P	牙高 h	基本直径			中径公差[1]				小径公差		大径公差	
							内螺纹		外螺纹					
				大径 $d=D$	中径 $d_2=D_2$	小径 $d_1=D_1$	下偏差	上偏差	下偏差		上偏差	内螺纹		外螺纹	
									A级	B级		下偏差	上偏差	下偏差	上偏差
3/4	14	1.814	1.162	26.441	25.279	24.117	0	+0.142	−0.142	−0.284	0	0	+0.541	−0.284	0
7/8	14	1.814	1.162	30.201	29.039	27.877	0	+0.142	−0.142	−0.284	0	0	+0.541	−0.284	0
1	11	2.309	1.479	33.249	31.770	30.291	0	+0.180	−0.180	−0.360	0	0	+0.640	−0.360	0
1⅛	11	2.309	1.479	37.897	36.418	34.939	0	+0.180	−0.180	−0.360	0	0	+0.640	−0.360	0
1¼	11	2.309	1.479	41.910	40.431	38.952	0	+0.180	−0.180	−0.360	0	0	+0.640	−0.360	0
1½	11	2.309	1.479	47.803	46.324	44.845	0	+0.180	−0.180	−0.360	0	0	+0.640	−0.360	0
1¾	11	2.309	1.479	53.746	52.267	50.788	0	+0.180	−0.180	−0.360	0	0	+0.640	−0.360	0
2	11	2.309	1.479	59.614	58.135	56.656	0	+0.180	−0.180	−0.360	0	0	+0.640	−0.360	0
2¼	11	2.309	1.479	65.710	64.231	62.752	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
2½	11	2.309	1.479	75.184	73.705	72.226	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
2¾	11	2.309	1.479	81.534	80.055	78.576	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
3	11	2.309	1.479	87.884	86.405	84.926	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
3½	11	2.309	1.479	100.330	98.851	97.372	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
4	11	2.309	1.479	113.030	111.551	110.072	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
4½	11	2.309	1.479	125.730	124.251	122.772	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
5	11	2.309	1.479	138.430	136.951	135.472	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
5½	11	2.309	1.479	151.130	149.651	148.721	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0
6	11	2.309	1.479	163.830	162.351	160.872	0	+0.217	−0.217	−0.434	0	0	+0.640	−0.434	0

1）对薄壁件，此公差适用于平均中径，该中径是测量两个相互垂直直径的算术平均值。

二、常用的标准件

（一）六角头螺栓－A和B级（GB/T 5782—2000）、六角头螺栓－全螺纹A和B级（GB/T 5783—2000）



GB/T 5782—2000　　GB/T 5783—2000

标记示例

螺纹规格 d=M12，公称长度 l=80mm，性能等级为8.8级、表面氧化、A级的六角头

螺栓，其标记为 螺栓 GB/T 5782 M122×80

附表 5 mm

螺纹规格 d			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42
b 参考	$l\leqslant 125$		12	14	16	18	22	26	30	38	46	54	66	78	—
	$125\leqslant l\leqslant 200$		18	20	22	24	28	32	36	44	52	60	72	84	96
	$l>200$		31	33	35	37	41	45	49	57	65	73	85	97	109
c			0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1
d_w	产品等级	A	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6	22.5	28.2	33.6	—	—	—
		B	—	—	6.7	8.7	11.4	14.4	16.4	22	27.7	33.2	42.7	51.1	60.6
e	产品等级	A	6.07	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	33.53	39.98	—	—	—
		B	—	—	8.63	10.89	14.20	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	50.85	60.79	72.02
k 公称			2	2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7	22.5	26
r			0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	1	1	1.2
s 公称			5.5	7	8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65
l（商品规格范围）	GB/T 5782—2000		20～30	25～40	25～50	30～60	35～80	40～100	45～120	55～160	65～200	80～240	90～300	110～360	130～400
	GB/T 5783—2000		6～30	8～40	10～50	12～60	16～80	20～100	25～100	35～100	40～100				80～500
l			6，8，10，12，16，20，25，30，35，40，45，50，(55)，60，(65)，70，80，90，100，110，120，130，140，150，160，180，200，220，240，260，280，300，320，340，360，380，400												

注 1. A 级用于 $d\leqslant 24$ 和 $l\leqslant 10d$ 或 $\leqslant 150$mm 的螺栓。

B 级用于 $d>24$ 和 $l>10d$ 或 >150mm 的螺栓。

2. 括号内的规格尽可能不采用。

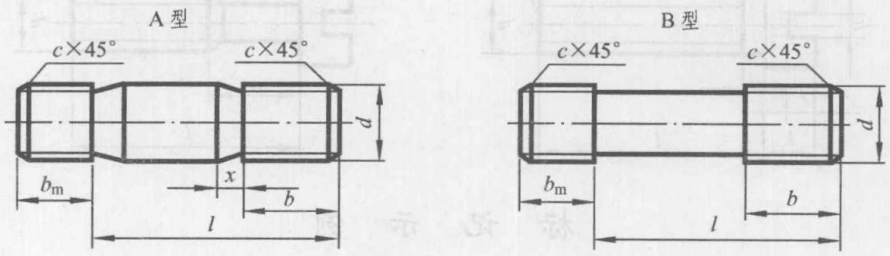
（二）双头螺柱

双头螺柱－$b_m=1d$（GB/T 897—1988）

双头螺柱－$b_m=1.25d$（GB/T 898—1988）

双头螺柱－$b_m=1.5d$（GB/T 899—1988）

双头螺柱－$b_m=2d$（GB/T 900—1988）



标 记 示 例

两端均为粗牙普通螺纹，$d=10$mm，$l=50$mm，性能等级为 4.8 级、B 型、$b_m=1d$ 的

双头螺柱　螺柱 GB/T 897 M10×50

旋入一端为粗牙普通螺纹，旋螺母一端为螺距 1mm 的细牙普通螺纹，d=10mm，l=50mm，性能等级为 4.8 级、A 型、b_m=1d 的双头螺柱

螺柱 GB/T 897 AM10×50—M10×1×50

旋入一端为过渡配合的第一种配合，旋螺母一端为粗牙普通螺纹，d=10mm，l=50mm，性能等级为 8.8 级、B 型、b_m=1d 的双头螺柱

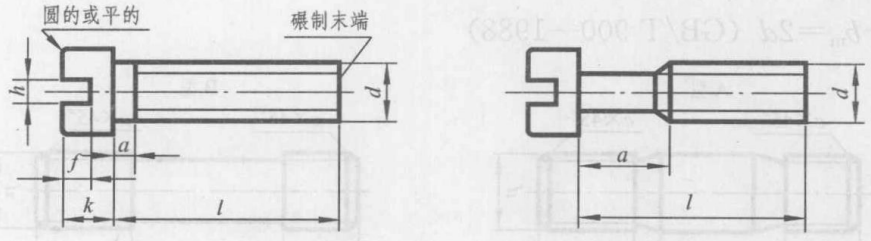
螺柱 GB/T 897 GM10—M10×50—8.8

附表 6　　mm

螺纹规格 d		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42
b_m	GB/T 897	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42
	GB/T 898	6	8	10	12	15	20	25	30	38	45	52
	GB/T 899	8	10	12	15	18	24	30	36	45	54	65
	GB/T 900	10	12	16	20	24	32	40	48	60	72	84
d_n		5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42
x		1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P
$\frac{l}{b}$		16～22 10	20～22 10	20～22 12	25～28 14	25～30 16	30～38 20	35～40 25	45～50 30	60～65 40	65～75 45	65～80 50
		25～50 16	25～30 14	25～30 16	30～38 16	32～40 20	40～150 30	45～65 35	55～75 45	70～90 50	80～110 60	85～110 70
			32～75 18	32～90 22	40～120 26	45～120 30	60～120 38	70～120 46	80～120 54	95～120 60	120 78	120 90
					130 32	130～180 36	130～200 44	130～200 52	130～200 60	130～200 72	130～200 84	130～200 96
										210～250 85	210～300 91	210～300 109
l 系列		16，(18)，20，(22)，25，(28)，30，(32)，35，(38)，40，45，50，(55)，60，(65)，70，(75)，80，(85)，90，(95)，100，110，120，130，140，150，160，170，180，190，200，210，220，230，240，250，260，280，300										

注　P 是粗牙螺纹的螺距。

（三）开槽圆柱头螺钉（GB/T 65—2000）



标　记　示　例

螺纹规格 d=M5，公称长度 l=20mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理的开槽圆柱头螺钉，其标记为　螺钉 GB/T65 M5×20

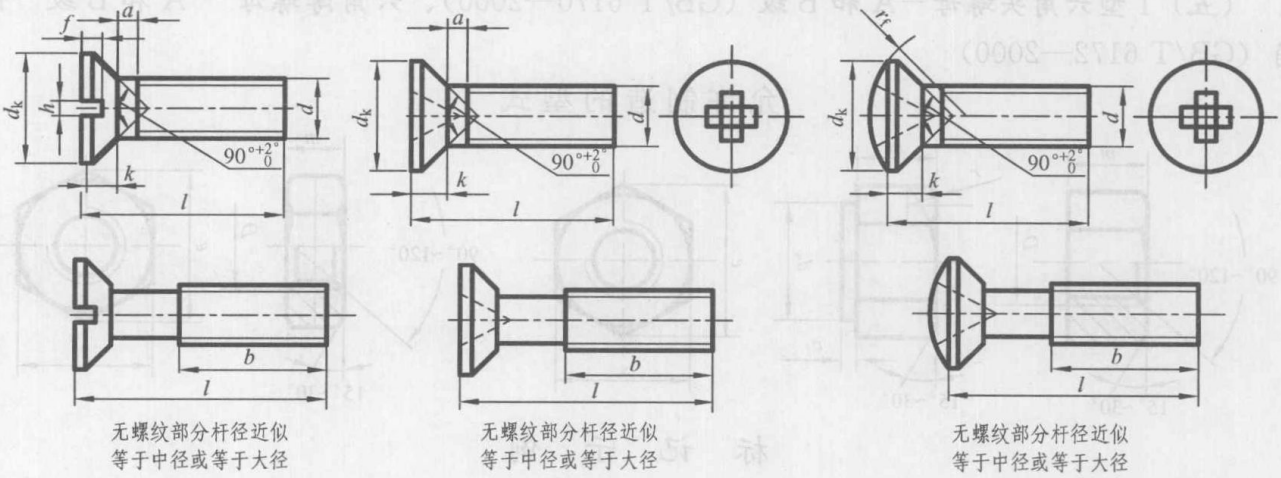
附表 7　　mm

螺纹规格 d	M4	M5	M6	M8	M10
P 螺距	0.7	0.8	1	1.25	1.5
a_{max}	1.4	1.6	2	2.5	3
b_{min}	38	38	38	38	38
d_{kmax}	7	8.5	10	13	16
k_{max}	2.6	3.3	3.9	5	6
n 公称	1.2	1.2	1.6	2	2.5
t_{min}	1.1	1.3	1.6	2	2.4
l 范围	5～40	6～50	8～60	10～80	12～80
l 公称（系列值）	5，6，8，10，12，(14)，16，20，25，30，35，40，45，50，(55)，60，(65)，70，(75)，80				

注　1. 公称值尽可能不采用括号内的规格。

2. 当 $l \leqslant 40$ 时，螺纹制出全螺纹。

（四）开槽沉头螺钉（GB/T 68—2000）、十字槽沉头螺钉（GB/T 819—2000）、十字槽半沉头螺钉（GB/T 820—2000）



标　记　示　例

螺纹规格 d=M5，公称长度 l=20mm、性能等级为 4.8 级、不经表面处理的开槽沉头螺钉，其标记为　螺钉 GB/T 68 M5×20

螺纹规格 d=M5，公称长度 l=20mm、性能等级为 4.8 级、不经表面处理的 H 型十字槽半沉头螺钉，其标记为　螺钉 GB/T 820 M5×20

附表 8　　mm

螺纹规格 d	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
P 螺距	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5
a_{max}	0.8	0.9	1	1.4	1.6	2	2.5	3
b_{min}	25	25	25	38	38	38	38	38
d_{kmax}	3.8	4.7	5.5	8.4	9.3	11.3	15.8	18.3

续表

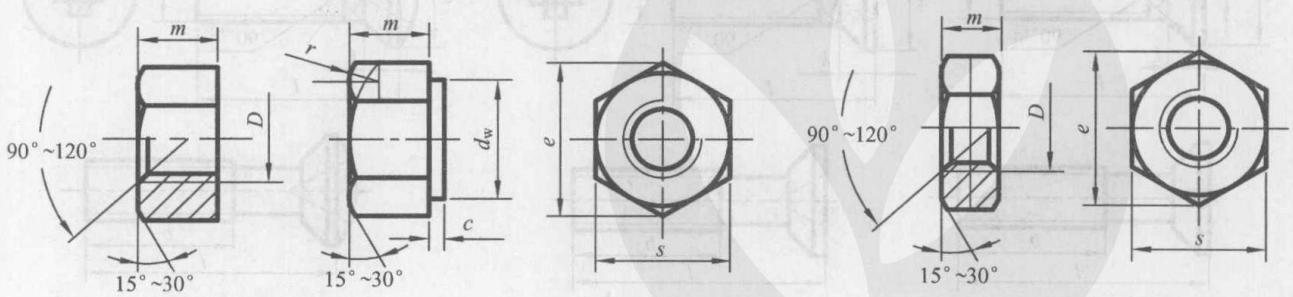
螺纹规格 d		M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
k_{max}		1.2	1.5	1.65	2.7	2.7	3.3	4.65	5
r_t		4	5	6	9.5	9.5	12	16.5	19.5
n 公称		0.5	0.6	0.8	1.2	1.2	1.6	2	2.5
t_{min}		0.4	0.5	0.6	1	1.1	1.2	1.8	2
H型十字槽（m）参考	GB/T 819	1.9	2.9	3.2	4.6	5.2	6.8	8.9	10
	GB/T 820	2	3	3.4	5.2	5.4	7.3	9.6	10.4
l 范围	GB/T 68	3～20	4～25	5～30	6～40	8～50	8～60	10～80	12～80
	GB/T 819	3～20	3～25	4～30	5～40	6～50	8～60	10～60	12～60
	GB/T 820								
l 公称（系列值）	2.5，3，4，5，6，8，10，12，(14)，16，20，25，30，35，40，45，50，(55)，60，(65)，70								

注 1. 公称值尽可能不采用括号内的规格。

2. 当 $d \leqslant 3$，$l \leqslant 30$ 时，及当 $d \leqslant 3$，$l \leqslant 45$ 时，螺纹制出全螺纹。

（五）1型六角头螺母－A和B级（GB/T 6170—2000）、六角薄螺母－A和B级－倒角（GB/T 6172—2000）

允许制造的型式



标记示例

螺纹规格 D=M12，性能等级为10级、不经表面处理、A级的1型六角螺母，其标记为

螺母 GB/T 6170 M12

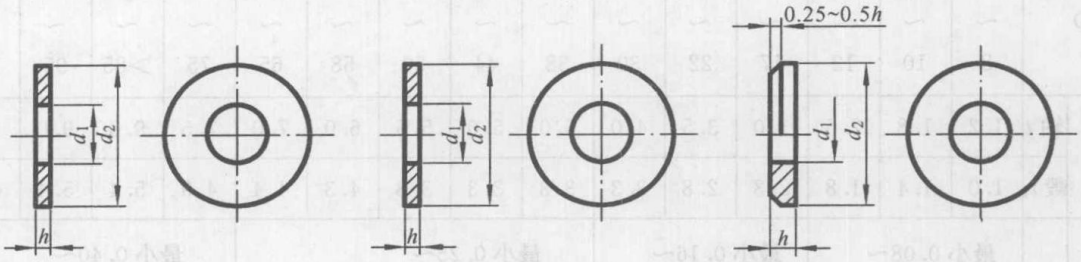
附表 9

mm

螺纹规格 D		M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
c_{max}		0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8
d_{wmin}		3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6	22.5	27.5	33.2	42.7
e_{min}		4.32	5.45	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	32.75	39.55	50.85
m_{max}	GB/T 6170	1.6	2	2.4	3.2	4.7	5.2	6.8	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6
	GB/T 6172	1.2	1.6	1.8	2.2	2.7	3.2	4	5	6	8	10	12	15
s	max	4	5	5.5	7	8	10	13	16	18	24	30	36	46

注 A级用于 $D \leqslant 16$ 的螺母，B级用于 $D > 16$ 的螺母。

（六）小垫圈—A级（GB/T 848—2002）、平垫圈—A级（GB/T 97.1—2002）、平垫圈倒角型—A级（GB/T 97.2—2002）



标　记　示　例

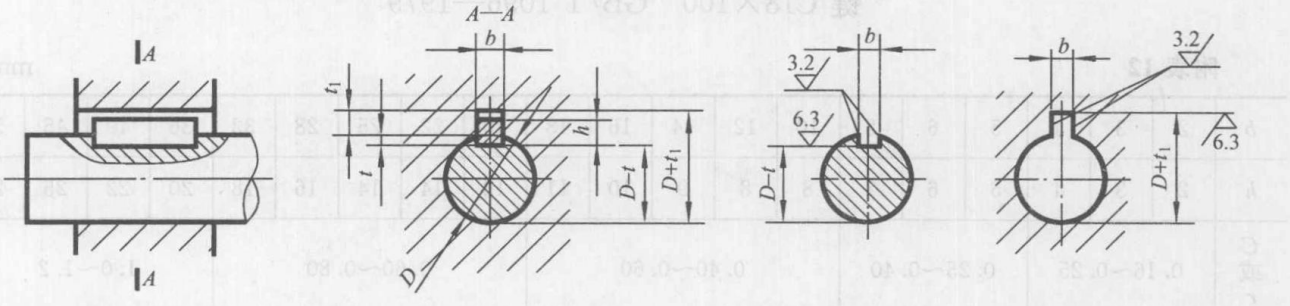
标准系列公称尺寸 d=8mm、性能等级为140HV级、不经表面处理的平垫圈

垫圈 GB/T 97.18

附表 10　　mm

公称尺寸（螺纹规格 d）		2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	24	30	36
d_1 公称（min）	GB/T 848	2.2	2.7	3.2	4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13	15	17	21	25	31	37
	GB/T 97.1															
	GB/T 97.2					5.3	6.4	8.4	10.5	13	15	17	21	25	31	37
d_2 公称（min）	GB/T 848	4.5	5	6	8	9	11	15	18	20	24	28	34	39	50	60
	GB/T 97.1	5	6	7	9	10	12	16	20	24	28	30	37	44	56	66
	GB/T 97.2															
h 公称	GB/T 848	0.3	0.5	0.5	0.5	1	1.6	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	4	4	5
	GB/T 97.1	0.3	0.5	0.5	0.8	1	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5
	GB/T 97.2															

（七）平键的断面及键槽（GB/T 1095—2003）



附表 11　　mm

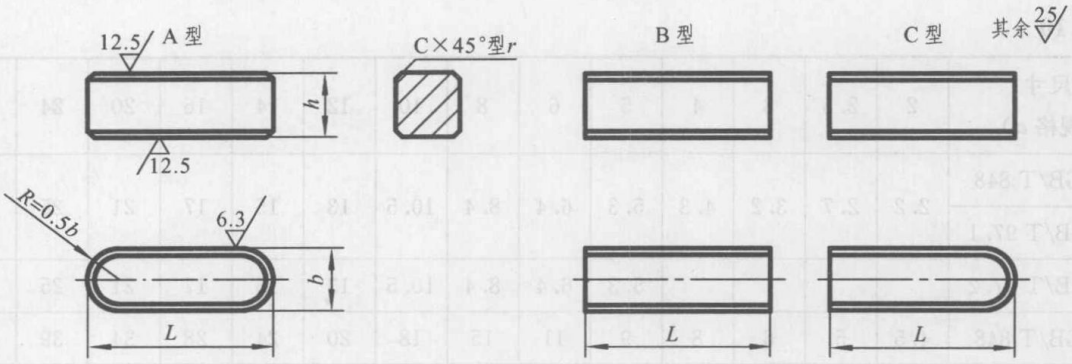
轴径 D		6～8	>8～10	>10～12	>12～17	>17～22	>22～30	>30～38	>38～44	>44～50	>50～58	>58～65	>65～75	>75～85	>85～95	>95～110	>110～130
键的公称尺寸	b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
	h	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18

续表

轴径 D		6～8	>8～10	>10～12	>12～17	>17～22	>22～30	>30～38	>38～44	>44～50	>50～58	>58～65	>65～75	>75～85	>85～95	>95～110	>110～130
键槽深	轴 t	1.2	1.8	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	5.0	5.5	6.0	7.0	7.5	9.0	9.0	10	11
	毂 t_1	1.0	1.4	1.8	2.3	2.8	3.3	3.3	3.3	3.8	4.3	4.4	4.9	5.4	5.4	6.4	7.4
半径	r	最小 0.08～最大 0.16			最小 0.16～最大 0.25			最小 0.25～最大 0.40					最小 0.40～最大 0.60				

注 在工作图中槽深用 $d-t$ 或 t 标注，轮毂槽深用 $d+t$ 标注。

（八）普通平键的型式尺寸（GB/T 1096—2003）



标 记 示 例

圆头普通平键（A型），b=18mm，h=11mm，L=100mm，其标记为

键 18×100 GB/T 1096—1979

平头普通平键（B型），b=18mm，h=11mm，L=100mm，其标记为

键 B18×100 GB/T 1096—1979

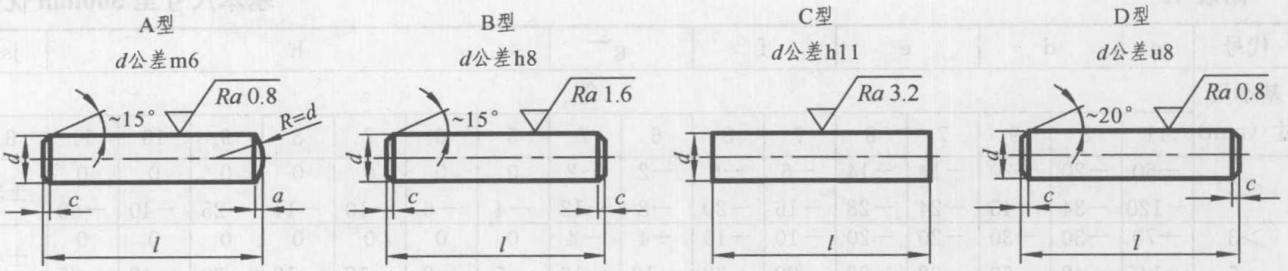
单圆头普通平键（C型），b=18mm，h=11mm，L=100mm，其标记为

键 C18×100 GB/T 1096—1979

附表 12 mm

b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50
h	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22	25	28
C 或 r	0.16～0.25			0.25～0.40			0.40～0.60					0.60～0.80					1.0～1.2			
L 范围	6～20	6～36	8～45	10～56	14～70	18～90	22～110	28～140	36～160	45～180	50～200	56～220	63～250	70～280	80～320	90～360	100～400	100～400	110～450	125～500
L 系列	6，8，10，12，14，16，18，20，22，25，28，32，36，40，45，50，56，63，70，80，90，100，110，125，140，160，180，200，220，250，280，320，360，400，450，500																			

（九）圆柱销（GB/T 119—2000）



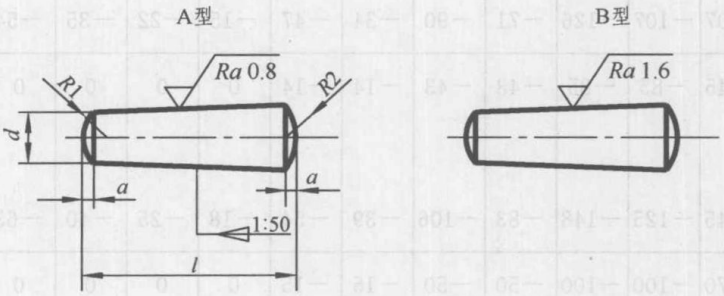
标　记　示　例

公称直径 $d=8\text{mm}$，长度 $l=30\text{mm}$ 的 B 型圆柱销，标记为　销 GB/T 119—2000 B8×30

附表 13　　mm

公称直径 d	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
$a\approx$	0.12	0.16	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.63	0.80	1.0	1.2	1.6
$c\approx$	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	0.63	0.80	1.2	1.6	2	2.5
l 系列	2，3，4，5，6，8，10，12，14，16，18，20，22，24，26，28，30，32，35，40，45，50，55，60，65，70，75，80，85，90，95，100，120											

（十）圆锥销（GB/T 117—2000）



$$R_2=d+\frac{1-2d}{50}$$

标　记　示　例

公称直径 $d=10\text{mm}$，长度 $l=60\text{mm}$ 的 A 型圆锥销，标记为　销 GB/T 117—2000 A10×60

附表 14　　mm

公称直径 d	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
$a\approx$	0.12	0.16	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.63	0.80	1.0	1.2	1.6
L 系列	2，3，4，5，6，8，10，12，14，16，18，20，22，24，26，28，30，32，35，40，45，50，55，60，65，70，75，80，85，90，95，100，120											

三、极限偏差

附表 15 **基本尺寸至 500mm 优先**

代号	c	d		e		f		g		h							js
基本尺寸（mm）	等																
	11	8	9	7	8	7	8	6	7	5	6	7	8	9	10	11	6
≤3	−60 −120	−20 −34	−20 −45	−14 −24	−14 −28	−6 −16	−6 −20	−2 −8	−2 −12	0 −4	0 −6	0 −10	0 −14	0 −25	0 −40	0 −60	±3
>3 ~6	−70 −145	−30 −48	−30 −60	−20 −32	−20 −28	−10 −22	−10 −28	−4 −12	−4 −16	0 −5	0 −8	0 −12	0 −18	0 −30	0 −48	0 −75	±4
>6 ~10	−80 −170	−40 −62	−40 −76	−25 −40	−25 −47	−13 −28	−13 −35	−5 −14	−5 −20	0 −6	0 −9	0 −15	0 −22	0 −36	0 −58	0 −90	±4.5
>10 ~14	−95	−50	−50	−32	−32	−16	−16	−6	−6	0	0	0	0	0	0	0	±5.5
>14 ~18	−205	−77	−93	−50	−59	−34	−43	−17	−24	−8	−11	−18	−27	−43	−70	−110	
>18 ~24	−110	−65	−65	−40	−40	−20	−20	−7	−7	0	0	0	0	0	0	0	±6.5
>24 ~30	−240	−98	−117	−61	−73	−41	−53	−20	−28	−9	−13	−21	−33	−52	−84	−130	
>30 ~40	−120 −280	−80	−80	−50	−50	−25	−25	−9	−9	0	0	0	0	0	0	0	±8
>40 ~50	−130 −290	−119	−142	−75	−89	−50	−64	−25	−34	−11	−16	−25	−39	−62	−100	−160	
>50 ~65	−140 −330	−100	−100	−60	−60	−30	−30	−10	−10	0	0	0	0	0	0	0	±9.5
>65 ~80	−150 −340	−146	−174	−90	−106	−60	−76	−29	−40	−13	−19	−30	−46	−74	−120	−190	
>80 ~100	−170 −390	−120	−120	−72	−72	−36	−36	−12	−12	0	0	0	0	0	0	0	±11
>100 ~120	−180 −400	−174	−207	−107	−126	−71	−90	−34	−47	−15	−22	−35	−54	−87	−140	−220	
>120 ~140	−200 −450	−145	−145	−85	−85	−43	−43	−14	−14	0	0	0	0	0	0	0	±12.5
>140 ~160	−210 −460																
>160 ~180	−230 −480	−208	−245	−125	−148	−83	−106	−39	−54	−18	−25	−40	−63	−100	−160	−250	
>180 ~200	−240 −530	−170	−170	−100	−100	−50	−50	−15	−15	0	0	0	0	0	0	0	±14.5
>200 ~225	−260 −550																
>225 ~250	−280 −570	−242	−285	−146	−172	−96	−122	−44	−61	−20	−29	−46	−72	−115	−185	−290	
>250 ~280	−300 −620	−190	−190	−110	−110	−56	−56	−17	−17	0	0	0	0	0	0	0	±16
>280 ~315	−330 −650	−217	−320	−162	−191	−108	−137	−49	−69	−23	−32	−52	−81	−130	−210	−320	
>315 ~355	−360 −720	−210	−210	−125	−125	−62	−62	−18	−18	0	0	0	0	0	0	0	±18
>355 ~400	−400 −760	−299	−350	−182	−214	−119	−151	−54	−75	−25	−36	−57	−89	−140	−230	−360	
>400 ~450	−440 −840	−230	−230	−135	−135	−68	−68	−20	−20	0	0	0	0	0	0	0	±20
>450 ~500	−480 −880	−327	−385	−198	−232	−131	−165	−60	−83	−27	−40	−63	−97	−155	−250	−400	

常用配合轴的极限偏差表 μm

k		m		n		p		r		s		t		u	v	x	y	z
级																		
6	7	6	7	5	6	6	7	6	7	5	6	6	7	6	6	6	6	6
+6	+10	+8	+12	+8	+10	+12	+12	+16	+20	+18	+20	—	—	+24	—	+26	—	+32
0	0	+2	+2	+4	+4	+6	+6	+10	+10	+14	+14			+18		+20		+26
+9	+13	+12	+16	+13	+16	+20	+24	+23	+27	+24	+27	—	—	+31	—	+36	—	+43
+1	+1	+4	+4	+8	+8	+12	+12	+15	+15	+19	+19			+23		+28		+35
+10	+16	+15	+21	+16	+19	+24	+30	+28	+34	+29	+32	—	—	+37	—	+43	—	+51
+1	+1	+6	+6	+10	+10	+15	+15	+19	+19	+23	+23			+28		+34		+42
+12	+19	+18	+25	+20	+23	+29	+36	+34	+41	+36	+39	—	—	+44	—	+51	—	+61
																+40		+50
															+50	+56	—	+71
+1	+1	+7	+7	+12	+12	+18	+18	+23	+23	+28	+28			+33	+39	+45		+60
+15	+23	+21	+29	+24	+28	+35	+43	+41	+49	+44	+48	—	—	+54	+60	+64	+76	+86
														+34	+47	+54	+63	+73
												+54	+62	+61	+68	+77	+88	+101
+2	+2	+8	+8	+15	+15	+22	+22	+28	+28	+35	+35	+41	+41	+48	+55	+64	+75	+88
+18	+27	+25	+34	+28	+33	+42	+51	+50	+59	+54	+59	+64	+73	+76	+84	+96	+110	+128
												+48	+48	+60	+68	+80	+94	+112
												+70	+79	+86	+97	+113	+130	+152
+2	+2	+9	+9	+17	+17	+26	+26	+34	+34	+43	+43	+54	+54	+70	+81	+97	+114	+136
+21	+32	+30	+41	+33	+39	+51	+62	+60	+71	+66	+72	+85	+96	+106	+121	+141	+163	+191
								+41	+41	+53	+53	+66	+66	+87	+102	+122	+144	+172
								+62	+73	+72	+78	+94	+105	+121	+139	+165	+193	+229
+2	+2	+11	+11	+20	+20	+32	+32	+43	+43	+59	+59	+75	+75	+102	+120	+146	+174	+210
+25	+38	+35	+48	+38	+45	+59	+72	+73	+86	+86	+93	+113	+126	+146	+168	+200	+236	+280
								+51	+51	+71	+71	+91	+91	+124	+146	+148	+214	+258
								+76	+89	+94	+101	+126	+139	+166	+194	+232	+276	+332
+3	+3	+13	+13	+23	+23	+37	+37	+54	+54	+79	+79	+104	+104	+144	+172	+210	+254	+310
+28	+43	+40	+55	+45	+52	+68	+83	+88	+103	+110	+117	+147	+162	+195	+227	+273	+325	+390
								+63	+63	+92	+92	+122	+122	+170	+202	+248	+300	+365
								+90	+105	+118	+125	+159	+174	+215	+253	+305	+265	+440
								+65	+65	+100	+100	+134	+134	+190	+228	+280	+340	+415
								+93	+108	+126	+133	+171	+186	+235	+277	+335	+405	+490
+3	+3	+15	+15	+27	+27	+43	+43	+68	+68	+108	+108	+146	+146	+210	+252	+310	+380	+465
+38	+50	+46	+63	+51	+60	+79	+96	+106	+123	+142	+151	+195	+212	+265	+313	+379	+454	+549
								+77	+77	+122	+122	+166	+166	+236	+284	+350	+425	+520
								+109	+126	+150	+159	+209	+226	+287	+339	+414	+499	+604
								+80	+80	+130	+130	+180	+180	+258	+310	+385	+470	+575
								+113	+130	+160	+169	+225	+242	+313	+369	+454	+549	+669
+4	+4	+17	+17	+31	+31	+50	+50	+84	+84	+140	+140	+196	+196	+284	+340	+425	+520	+640
+36	+56	+52	+72	+57	+66	+88	+108	+126	+146	+181	+190	+250	+270	+347	+417	+507	+612	+742
								+94	+94	+158	+158	+218	+218	+315	+385	+475	+580	+710
								+130	+150	+193	+202	+272	+292	+382	+457	+557	+682	+822
+4	+4	+20	+20	+34	+34	+56	+56	+98	+98	+170	+170	+240	+240	+350	+425	+525	+650	+790
+40	+61	+57	+78	+62	+73	+98	+119	+114	+165	+215	+226	+304	+325	+426	+511	+626	+766	+936
								+108	+108	+190	+190	+268	+268	+390	+475	+590	+730	+900
								+150	+171	+233	+244	+330	+351	+471	+566	+696	+856	+1036
+4	+4	+21	+21	+37	+37	+62	+62	+114	+114	+208	+208	+294	+294	+435	+530	+660	+820	+1000
+45	+68	+63	+86	+67	+80	+108	+131	+166	+189	+259	+272	+370	+393	+530	+635	+780	+960	+1240
								+126	+126	+232	+232	+330	+330	+490	+595	+740	+920	+1100
								+172	+195	+279	+292	+400	+423	+580	+700	+860	+1040	+1290
+5	+5	+23	+23	+40	+40	+68	+68	+132	+132	+252	+252	+360	+360	+540	+600	+820	+1000	+1250

附表 16 **基本尺寸至 500mm 优先**

代号	C	D		E		F		G		H						
基本尺寸（mm）	等															
	11	9	10	8	9	8	9	6	7	6	7	8	9	10	11	12
≤3	+126	+45	+60	+28	+39	+20	+31	+8	+12	+6	+10	+14	+25	+40	+60	+100
	+60	+20	+20	+14	+14	+6	+6	+2	+2	+0	0	0	0	0	0	0
>3 ~6	+145	+60	+78	+38	+50	+28	+40	+12	+16	+8	+12	+18	+30	+48	+75	+120
	+70	+30	+30	+20	+20	+10	+10	+4	+4	0	0	0	0	0	0	0
>6 ~10	+170	+76	+98	+47	+61	+35	+49	+14	+20	+9	+15	+22	+36	+58	+90	+150
	+80	+40	+40	+25	+25	+13	+13	+5	+5	+0	+0	+0	0	0	0	0
>10 ~14	+205	+93	+120	+59	+75	+43	+59	+17	+24	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180
>14 ~18	+95	+50	+50	+32	+32	+16	+16	+6	+6	0	0	0	0	0	0	0
>18 ~24	+120	+117	+149	+73	+92	+53	+72	+20	+28	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210
>24 ~30	+110	+65	+65	+40	+40	+20	+20	+7	+7	0	0	0	0	0	0	0
>30 ~40	+280 +120	+142	+180	+89	+112	+64	+87	+25	+34	+16	+25	39	+62	+100	+160	+250
>40 ~50	+290 +130	+80	+80	+50	+50	+25	+25	+9	+9	0	0	0	0	0	0	0
>50 ~65	+330 +140	+174	+220	106	+134	+76	+104	+29	+40	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300
>65 ~80	+340 +150	+100	+100	+60	+60	+30	+30	+10	+10	0	0	0	0	0	0	0
>80 ~100	+390 +170	+207	+260	+126	+159	+90	+123	+34	+47	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350
>100 ~120	+400 +180	+120	+120	+72	+72	+36	+36	+12	+12	0	0	0	0	0	0	0
>120 ~140	+450 +200	+245	305	+148	+185	+106	+143	+39	+45	+25	+40	+160	+100	+160	+250	+400
>140 ~160	+460 +210															
>160 ~180	+480 +230	+145	+145	+85	+85	+43	+43	+14	+14	0	0	0	0	0	0	0
>180 ~200	+530 +240	+285	+355	+172	+215	+122	+165	+44	+61	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460
>200 ~225	+550 +260															
>225 ~250	+570 +280	+170	+170	+100	+100	+50	+50	+15	+15	0	0	0	0	0	0	0
>250 ~280	+620 +300	+320	+400	+191	+240	+137	+186	+49	+69	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520
>280 ~315	+650 +330	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+17	+17	0	0	0	0	0	0	0
>325 ~355	+720 +360	+350	+440	+214	+265	+151	+202	+54	+75	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570
>355 ~400	+760 +400	+210	+210	+125	+125	+62	+62	+18	+18	0	0	0	0	0	0	0
>400 ~450	+840 +440	+385	+480	+232	+290	+165	+223	+60	+83	+40	+63	+97	+155	+250	+400	+630
>450 ~500	+880 +480	+230	+230	+135	+135	+68	+68	+20	+20	0	0	0	0	0	0	0

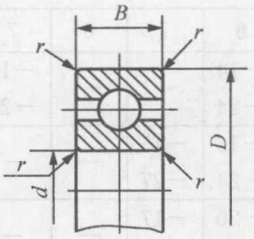
常用配合孔的极限偏差表

μm

J_s		K		M		N		P		R		S		T		U
级																
7	8	6	7	7	8	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6
±5	±7	0 −6	0 −10	−2 −12	−2 −16	−4 −14	−6 −12	−6 −16	−10 −16	−10 −20	−14 −20	−14 −24	—	—	−18 −24	
±6	±9	+2 −6	+3 −9	0 −12	+2 −16	−15 −13	−4 −16	−9 −17	−8 −20	−12 −20	−11 −23	−16 −24	−15 −27	—	—	−20 −28
±7	±11	+2 −7	+5 −10	0 −15	+1 −21	−7 −16	−4 −19	−12 −21	−9 −24	−16 −25	−13 −28	−20 −29	−17 32	—	—	−25 −34
±9	±13	+2 −9	+6 −12	0 −18	+2 −25	−9 −20	−5 −23	−15 −26	−11 −29	−20 −31	−16 −34	−25 −36	−21 −39	—	—	−30 −41
±10	±16	+2 −11	+6 −15	0 −21	+4 −29	−11 −24	−7 −28	−18 −31	−14 −35	−24 −37	−20 −41	−31 −44	−27 −48	— −37 −50	— −33 −54	−37 −50 −44 −57
±12	±19	+3 −13	+7 −18	0 −25	+5 −34	−12 −28	−8 −33	−21 −37	−17 −42	−29 −45	−25 −50	−38 −54	−34 −59	−43 −59 −49 −65	−39 −54 −45 −70	−55 −71 −65 −81
±15	±23	+4 −15	+9 −21	0 −30	+5 −41	−14 −33	−9 −39	−26 −45	−21 −51	−35 −54 −37 −56	−30 −60 −32 −62	−47 −66 −53 −72	−42 −72 −48 −78	−60 −79 −69 −88	−55 −85 −64 −94	−81 −100 −96 −115
±17	±27	+4 −18	+10 −25	0 −35	+6 −48	−16 −38	−10 −45	−30 −52	−24 −59	−44 −66 −47 −69	−38 −73 −41 −76	−64 −86 −72 −94	−58 −93 −66 −101	−84 −106 −97 −119	−78 −113 −91 −126	−117 −139 −137 −159
±20	±31	+4 −21	+12 −28	0 −40	+8 −55	−20 −45	−12 −52	−36 −61	−28 −68	−56 −81 −58 −83 −61 −86	−48 −88 −50 −90 −53 −93	−85 −110 −93 −118 −101 −126	−77 −117 −85 −125 −93 −133	−115 −140 −177 −152 −139 −164	−107 −147 −119 −159 −131 −171	−163 −188 −183 −208 −203 −228
±23	±36	+5 −24	+13 −33	0 −46	+9 −63	−22 −51	−14 −60	−41 −70	−33 −79	−68 −97 −71 −100 −75 −104	−60 −106 −63 −109 −67 −113	−113 −142 −121 −150 −131 −160	−105 −151 −113 −159 −123 −169	−157 −186 −171 −200 −187 −216	−149 −195 −163 −209 −179 −225	−227 −256 −140 −278 −275 −304
±26	±40	+5 −27	+16 −36	0 −52	+9 −72	−25 −57	−14 −66	−47 −79	−36 −88	−85 −117 −89 −121	−74 −126 −78 −130	−149 −181 −161 −193	−138 −190 −150 −202	−209 −241 −231 −263	−198 −250 −220 −272	−306 −338 −341 −373
±28	±44	+7 −29	+17 −40	0 −57	+11 −78	−26 −62	−16 −73	−51 −87	−41 −98	−97 −133 −103 −139	−87 −144 −93 −150	−179 −215 −197 −233	−169 −226 −187 −244	−257 −293 −283 −319	−247 −304 −273 −330	−379 −415 −424 −460
±31	±48	+8 −32	+18 −45	0 −63	+11 −86	−27 −67	−17 −80	−55 −95	−45 −108	−113 −153 −119 −159	−103 −166 −109 −172	−219 −259 −239 −279	−209 −272 −229 −292	−317 −357 −347 −387	−307 −370 −337 −400	−477 −517 −527 −567

四、滚动轴承

附表 17



0000型
$r_{min}-r$的单向
最小倾角尺寸

轴承型号	尺寸 mm			
	d	D	B	r_{min}
特轻（1）系列				
16	6	17	6	0.3
17	7	19	6	0.3
18	8	22	7	0.3
19	9	24	7	0.3
100	10	26	8	0.3
101	12	28	8	0.3
102	15	32	9	0.3
103	17	35	10	0.3
104	20	42	12	0.6
105	25	47	12	0.6
106	30	55	13	1
107	35	62	14	1
108	40	68	15	1
109	45	75	16	1
110	50	80	16	1
111	55	90	18	1.1
112	60	95	18	1.1
轻窄（2）系列				
23	3	10	4	0.15
24	4	13	5	0.2
25	5	16	5	0.3
26	6	19	6	0.3
27	7	22	7	0.3
28	8	24	8	0.3
29	9	26	8	0.3
200	10	30	9	0.6
201	12	32	10	0.6
202	15	35	11	0.6
203	17	40	12	0.6
204	20	47	14	1
205	25	52	15	1
206	30	62	16	1
207	35	72	17	1.1
208	40	80	18	1.1
209	45	85	19	1.1
210	50	90	20	1.1
211	55	100	21	1.5
212	60	110	22	1.5

轴承型号	尺寸 mm			
	d	D	B	r_{min}
中窄（3）系列				
34	4	16	5	0.3
35	5	19	6	0.3
300	10	35	11	0.6
301	12	37	12	1
302	15	42	13	1
303	17	47	14	1
304	20	52	15	1.1
305	25	62	17	1.1
306	30	72	19	1.1
307	35	80	21	1.5
308	40	90	23	1.5
309	45	100	25	1.5
310	50	110	27	2
311	55	120	29	2
312	60	130	31	2.1
313	65	140	33	2.1
314	70	150	35	2.1
315	75	160	37	2.1
316	80	170	39	2.1
317	85	180	41	3
318	90	190	43	3
重轻（4）系列				
403	17	62	17	1.1
404	20	72	19	1.1
405	25	80	21	1.5
406	30	90	23	1.5
407	35	100	25	1.5
408	40	110	27	2
409	45	120	29	2
410	50	130	31	2.1
411	55	140	33	2.1
412	60	150	35	2.1
413	65	160	37	2.1
414	70	180	42	3
415	75	190	45	3
416	80	200	48	3
417	85	210	52	4
418	90	225	54	4
420	100	250	58	4

参 考 文 献

[1] 崔永军．工程制图．北京：中国电力出版社，2003.
[2] 刘朝儒，彭福萌，高政一．机械制图．4 版．北京：高等教育出版社，2001.
[3] 焦永和，张京英，徐昌贵．工程制图．北京：高等教育出版社，2008.
[4] 虞洪述，徐伯康．机制制图．西安：西安交通大学出版社，2000.
[5] 左宗义，冯开平．工程制图．广州：华南理工大学出版社，2002.
[6] 舒飞，李华．AutoCAD 2005 电气设计．北京：机械工业出版社，2005.
[7] 苏峻，周玉基，王静，王浩全．AutoCAD 中文版实用教程．北京：人民邮电出版社，2004.
[8] 郭玲文．AutoCAD 2005 实用教程．北京：机械工业出版社，2005.
[9] 秦建军，刘永峰，卫朝富．中文版 AutoCAD 2004 基础与应用教程．北京：科学出版社，2004.
[10] 龙腾科技．AutoCAD 2004 循序渐进教程．北京：北京希望电子出版社，2004.
[11] 钟日铭，等．AutoCAD 2010 入门进阶精通．北京：机械工业出版社，2010.

Document generated by Anna’s Archive around 2023-2024 as part of the DuXiu collection (https://annas-blog.org/duxiu-exclusive.html).

Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):


```
{
  "filename": "MTM0NDE5Nzguemlw",
  "filename_decoded": "13441978.zip",
  "filesize": 216342811,
  "md5": "71eb79e58cbba7dd90dcfefd2814a1fe",
  "header_md5": "3146dc45f6db6fb13e9dd4771aaa1f66",
  "sha1": "e77029d48a5779cd149f2eb4254c4744931153a5",
  "sha256": "a012c0bf62874b7031da1558e8bdca85733145bc02b6659fbb0c26c1b8514d4d",
  "crc32": 2604688648,
  "zip_password": "",
  "uncompressed_size": 221380190,
  "pdg_dir_name": "",
  "pdg_main_pages_found": 391,
  "pdg_main_pages_max": 391,
  "total_pages": 399,
  "total_pixels": 2010189760,
  "pdg_status_json": {
    "id": 1015,
    "action": "convert",
    "params": {},
    "result_code": 200,
    "result_value": {
      "image_stats": "03: 9\r\naa: 74\r\n",
      "result_text": "\u8f6c\u6362\u5b8c\u6bd5\u3002",
      "conversion_time": "00:00:01",
      "image_count": "83/83",
      "dpi": "300 / 410 / 289"
    },
    "status": 2,
    "created": 1715231287,
    "updated": 1715231315
  },
  "filenames_to_pdgconvert": [
    "000007.pdg",
    "000008.pdg",
    "000014.pdg",
    "000015.pdg",
    "000021.pdg",
    "000022.pdg",
    "000027.pdg",
    "000031.pdg",
    "000038.pdg",
    "000045.pdg",
    "000047.pdg",
    "000052.pdg",
    "000059.pdg",
    "000067.pdg",
    "000069.pdg",
    "000070.pdg",
    "000077.pdg",
    "000081.pdg",
    "000082.pdg",
    "000084.pdg",
    "000091.pdg",
    "000108.pdg",
    "000109.pdg",
    "000112.pdg",
    "000115.pdg",
    "000117.pdg",
    "000120.pdg",
    "000122.pdg",
    "000137.pdg",
    "000142.pdg",
```