



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

画法几何及 水利工程制图

第六版

河海大学工程CAD与图学教研室 编

殷佩生 吕秋灵 主编

高等教育出版社

画法几何及水利工程制图

本书第五版被评为2007年度普通高等教育精品教材

ISBN 978-7-04-042203-0



9 787040 422030 >

定价 38.10元

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

画法几何及水利工程制图

Huafa Jihe ji Shuili Gongcheng Zhitu

第六版

河海大学工程 CAD 与图学教研室 编

殷佩生 吕秋灵 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是依据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2010 年制定的《高等学校工程图学课程教学基本要求》，在河海大学工程 CAD 与图学教研室编《画法几何及水利工程制图》(第五版)的基础上，根据中华人民共和国住房和城乡建设部、水利部最近发布的制图标准、规范及近年来发布的《技术制图》等相关国家标准修订而成的。

本书除绪论外，共分 17 章，主要内容有制图基本知识，投影的基础知识，点、直线、平面，立体，立体表面相交，组合体，轴测图，工程形体的表达方法，水工建筑中的常见曲面，标高投影，图解分析和方法，立体表面的展开，交互式计算机绘图，水利工程图，钢筋混凝土结构图和钢结构图，房屋建筑图和机械图等。

与本书配套的河海大学工程 CAD 与图学教研室编《画法几何及水利工程制图习题集》(第六版)也作了修订，由高等教育出版社同时出版。与本版教材配套的多媒体教学课件和电子习题集解答也做了相应修订，可供使用。

本书可作为高等学校水利类各专业的教材，也可供函授大学、电视大学、网络学院、成人高校等相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何及水利工程制图 / 殷佩生, 吕秋灵主编;
河海大学工程 CAD 与图学教研室编. -- 6 版. -- 北京:
高等教育出版社, 2015. 4
ISBN 978-7-04-042203-0

I. ①画… II. ①殷… ②吕… ③河… III. ①画法几何 - 高等学校 - 教材 ②水利工程 - 工程制图 - 高等学校 - 教材 IV. ①TV222.1

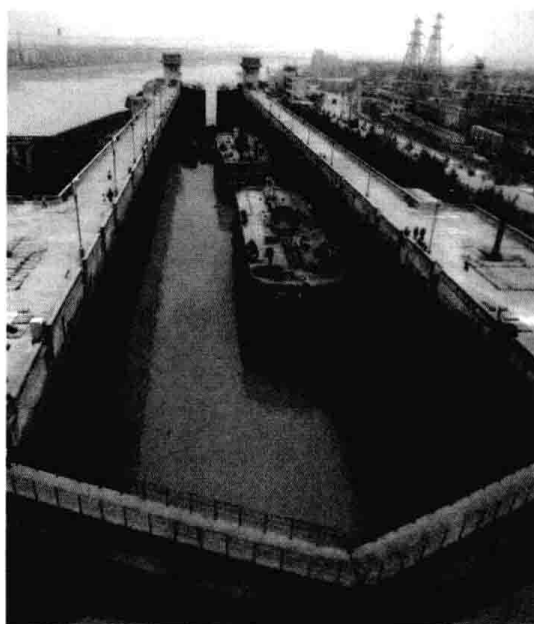
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 040757 号

策划编辑	肖银玲	责任编辑	肖银玲	封面设计	于文燕	版式设计	杜微言
插图绘制	黄建英	责任校对	胡美萍	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 国防工业出版社印刷厂
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 24
字 数 610 千字
插 页 5
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 1978 年 3 月第 1 版
2015 年 4 月第 6 版
印 次 2015 年 4 月第 1 次印刷
定 价 38.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 42203-00



葛洲坝 2 号船闸



上海港集装箱码头



施工中的闸墩

第六版序

本书是依据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2010 年制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》，在河海大学工程 CAD 与图学教研室编《画法几何及水利工程制图》(第五版)的基础上修订而成的。与本书配套的《画法几何及水利工程制图习题集》(第六版)一并修订完成，由高等教育出版社同时出版。与本版教材配套的多媒体教学课件和电子习题集解答也作了相应的修订，可供教学使用。

本书自 1978 年第一版出版至今，历经 5 次修订，从体系和内容上不断成熟和完善，适用专业面向明确，是国内涉及水利专业图内容最广泛，也是论述水利专业图体系最全面的教材之一。教材的体系和内容适应人才的素质和能力培养的需求，一直在水利类制图教学中得到认可。本书第五版被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和江苏省规划教材；2007 年被江苏省教育厅评为江苏省高等学校精品教材，被教育部评为普通高等教育精品教材；2013 年被评为第一届高等学校水利学科优秀教材；本修订版被列为水利学科专业规划教材。

考虑到教材使用的体系和内容的延续性，这次修订在体系上未作大的调整，主要是对内容作了局部调整和充实，并且补遗筑漏，力求在反映水利类专业的应用特色和新时期制图教学需求上更加完善。修订的内容主要有如下几个方面：

1. 一如既往地贯彻以形体为主线，以图示法为重点的教学思想，对重点教学内容作了充实和调整，以期突出基础内容、突出重点知识、突出水利类专业特色。如截交、相贯中调整了部分例子，水利工程图中增加了水闸闸室图、更新了结构分缝止水材料和图示等。

2. 为了便于学生的自主学习，了解每章的重点，把握各知识点，每章章首列出了本章的学习要点，简述了需要掌握的知识点，同时用掌握、熟悉、了解等词语对知识点的要求程度作了描述。

3. 部分章节名作了变更，以使章名与内容更贴切。如原第 2 章“投影原理”更名为“投影的基础知识”，原第 15 章“建筑结构图”更名为“钢筋混凝土结构图和钢结构图”等。

4. 对一些文字叙述进行了梳理、调整和修改，力求论述准确、简练、明了。对全书的插图进行了修正，部分立体图进行了重新构形和渲染，表现空间的体和面也进行了着色处理，使得形体的表现更清晰，有助于阅读。

5. 采用了最新的国家相关标准和行业标准。鉴于水利部在 2013 年 2 月发布了新的《水利水电制图标准》，考虑到行业的需求和针对性，教材更新或采用了新“水标”中的一些内容，对原书中的相关表述和表达方法作了一些更改。如工程形体的表达方法一章中，原“主视图”更名为“正视图”，原标注在图下面中间的图名现标注在图的上面中间，原投射方向用箭头现改为剖视方向线用短粗画等。教学中需要注意相关内容的变更。



6. 更新了交互式计算机绘图的内容,选用 AutoCAD 2014(英文版)软件工具,介绍了绘图环境的设置方法、绘图工具的使用、平面构图和化工图样绘制方法、三维实体建模的技术等基础内容,作为现代成图技术的基础知识要求,力求简练、实用和体系完整。

本书由高等教育出版社委托西南交通大学卢传贤教授审阅,审阅人提出了很多建设性意见,在此深表感谢。

本修订版由殷佩生、吕秋灵任主编,全书由殷佩生统稿,参加修订工作的有殷佩生(绪论、第2、10、13、14章)、郑桂兰(第1、4、12章)、沈丽宁(第3、9、11、17章)、吕秋灵(第5、8、16章)、张珏(第6、7章)、钟春欣(第15章15.1)、苏静波(第15章15.2)。

值此第六版面世之际,感谢为本书前五版做过辛勤工作的老师,本版选用了第一版前言和第二版序,从那已经逝去的年代的文字中,可以感受到那个年代、那一代人的辛劳、勤奋和智慧。本书的一切荣誉都来自于他们的工作基础,这是我们所不能忘怀的。同时,我们也要感谢长期以来选用本书,并提出许多有益建议的兄弟院校同仁和广大读者。

书中不妥和疏漏之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

2014年12月于南京清凉山麓



第二版序

本书是根据 1980 年 5 月高等学校工科制图教材编审委员会审定的土建、水利类《画法几何及工程制图教学大纲(草案)》,在总结 1978 年第一版《水利工程制图》的基础上修订而成的,并将书名改为《画法几何及水利工程制图》。

本书包括画法几何及制图两大部分。画法几何部分包括投影的基本知识、点、直线、平面及平面立体、直线与平面及两平面的相对位置、投影变换、曲线和曲面、平面与立体相交及直线与立体相交、立体表面相交、立体表面的展开、轴测投影、标高投影等章;制图部分包括制图基本知识、投影制图、水利工程图、钢筋混凝土结构图、房屋建筑图、机械制图、计算机绘图简介、计算图等章。因各校教学体系的安排不同,考虑到通用性与灵活性,本书将画法几何部分集中编排。使用时,画法几何与制图基本部分可以穿插进行,制图基本知识、投影变换、轴测投影及投影制图等章可以分散或穿插到其他章节中进行教学。书中还有少数超过大纲要求的内容,采用小字排印,在目录中标有 * 号,可供读者参考。

本书保持了第一版从感性入手,理论联系实际的特点,在投影基本知识部分就引入物体的三面正投影图,采用了一些工程形体图例,并在与本书配套的习题集画法几何部分中也安排了相应的习题。

本修订版着重加强了基本理论,注意了画法几何的科学性、系统性及逻辑性。在直线、投影变换及立体表面的展开三章中,还引入了解析的方法。

本修订版对第一版的水利工程图例作了充实和调整,增加了船闸及水电站厂房图;机械制图中公差配合采用了新标准,增加了零件测绘与部分表格;此外,还新增了计算机绘图简介、房屋建筑图及计算图三章。

目前我国水利制图标准有交通部颁布的《港口工程制图标准》及水电部颁布的《水利水电工程制图标准》,由于后者尚未出版,因此本书对该标准未能较全面地介绍。

本书在叙述上力求循序渐进,文字简练严谨,说理清晰,便于自学。对于说明基本作图方法的图例,仍适当采用分解图的形式。

与本书配合的有《画法几何及水利工程制图习题集》,供教学使用。

本书经高等学校工科制图教材编审委员会委托大连工学院张述庆同志及清华大学石光源、邵钟霞同志审阅,并在 1982 年 6 月召开的编审委员会昆明会议上复审通过,审阅人认真细致地对本书提出了不少宝贵意见,谨在此表示衷心的感谢。

参加本修订版编写工作的有(按章节顺序):阎羽鹏、徐约素、赵渭钧、方庆、王秀英、戴毓棧、许良乾、李一鸣等,由方庆、徐约素担任主编。教研组许多同志担任了绘图等工作。在编写过程



中,还得到我院 78 届制图师资班及印刷厂的大力支持,兄弟院校提出了不少宝贵意见,在此向他们表示感谢。

由于我们的水平有限,且时间仓促,本书一定有不少缺点错误,欢迎读者批评指正。

编 者

1982 年 8 月于南京



第一版前言

我们根据 1977 年 10 月教育部召开的工科基础课教材座谈会的精神,总结二十多年来教育实践正反两方面的经验,以我校 1976 年编写的《水利工程制图》讲义作为基础,进行了充实,修改成这本教材。

本书在体系上采用从感性出发,从形体入手,在介绍常见的几何形体和水利工程中常见的结构形体的基础上,进一步提高到理性阶段,学习投影原理,建立用投影图表达空间形体的概念,再运用理性认识,分析解决空间几何关系及水利工程建筑物的图示等问题。叙述上尽量做到由表及里,由简到繁,由浅入深,循序渐进,力求文字简练,说理清晰。全书采用插图较多,并用了立体图与投影图相对照和分解图的形式,以利自学。

根据理论联系实际和少而精的原则,本教材把画法几何和制图密切结合起来,既考虑到理论的系统性,又注意结合了本类专业的生产实际。为了进一步提高学生分析问题和解决问题的能力,书中加强了制图基本理论,如线面投影性质、点线面相对位置、投影变换和展开等。制图基本知识及制图基本技能部分也作了适当增加。

图样是工程界的技术语言,是进行工程规划、设计、施工不可缺少的一种工具。每个工程技术人员必须掌握绘制和阅读工程图的能力。通过本课程的学习,要求掌握制图的基本原理和作图方法,熟悉常用的制图标准及有关规定,具备仪器作图和徒手作图的技能,能够初步运用投影方法图解工程设计中遇到的空间几何问题,了解水利工程图的特点,掌握绘制和阅读水利工程图的基本方法,掌握机械零件图和装配图的读图方法,为今后学习有关专业课及从事水利建设打下必要的基础。

“水利工程制图”是一门实践性很强的课程,学习时必须注意理论联系实际。只有弄清空间关系,才能真正理解投影规律与作图方法。初学时可以借助一些实物模型,帮助建立空间概念,掌握图与物之间的联系规律。但又必须注意不能依赖模型,应着重注意掌握投影规律,培养分析问题、解决问题的能力与空间想象力。要学好本门课程,还必须反复实践,多想、多看、多画。

与本教材相配合,还编了一本习题集,供教学使用。

本教材承武汉水利电力学院、河北水利水电学院、成都工学院、大连工学院、清华大学和天津大学等校的代表参加审稿,提出了很多宝贵意见,帮助提高了本稿的质量,在此表示衷心感谢。

编者深深感到,由于水平和经验的限制,修改时间又比较匆促,书中一定存在不少缺点和错误,诚恳地希望广大读者批评指正。

华东水利学院工程制图教研组

一九七八年三月于南京

目 录

绪论	1	第5章 立体表面相交	102
第1章 制图基本知识	3	学习要点	102
学习要点	3	5.1 概述	102
1.1 制图标准	3	5.2 两平面立体相交	104
1.2 制图工具及其使用	15	5.3 平面立体与曲面立体相交	105
1.3 几何作图	20	5.4 两曲面立体相交	107
1.4 平面图形的分析	24	5.5 常见曲面立体相贯线的讨论	116
1.5 画图步骤和方法	26	5.6 多立体表面相交	119
思考题	31	思考题	120
第2章 投影的基础知识	32	第6章 组合体	121
学习要点	32	学习要点	121
2.1 投影法和投影特性	32	6.1 组合体构成分析	121
2.2 工程中常用的四种投影图	34	6.2 组合体视图的画法	123
2.3 物体的三面投影图	36	6.3 组合体的尺寸标注	127
思考题	41	6.4 组合体视图的阅读	131
第3章 点、直线、平面	42	思考题	142
学习要点	42	第7章 轴测图	143
3.1 点	42	学习要点	143
3.2 直线	49	7.1 基本概念	143
3.3 平面	62	7.2 常用的轴测图	145
3.4 直线与平面、平面与平面的相对位置	69	7.3 轴测图的画法	146
思考题	80	7.4 平行于坐标面的圆及回转体的 轴测图	151
第4章 立体	81	思考题	156
学习要点	81	第8章 工程形体的表达方法	157
4.1 平面立体的投影及其表面上点、线的 投影	81	学习要点	157
4.2 平面与平面立体相交	84	8.1 视图	157
4.3 曲面立体的投影及其表面上点、线的 投影	88	8.2 剖视图	161
4.4 平面与曲面立体相交	94	8.3 断面图	169
思考题	101	8.4 简化画法和规定画法	171
		8.5 视图的综合运用	173



绪 论

1. 本课程的内容

图是生活、学习和工作中不可缺少的表达、交流思想的重要工具之一。许多情况下,用图较之文字、语言更能形象地描绘事物,生动地表达思想。工程图样是工程设计、机械制造、科学研究中表达设计思想、指导生产的重要技术文件,因此图样被誉为“工程界的技术语言”。本课程研究绘制和阅读工程图样的基本理论和方法。

本课程的主要内容包括画法几何、工程制图和计算机绘图等三个方面。画法几何以空间物体与平面图形之间的关系为研究对象,研究空间物体转换为平面图形以及由平面图形构想空间物体的投影理论、方法;工程制图以工程应用为背景,研究适用于工程设计、施工、制造以及科学研究的图示方法、标准;计算机绘图以现代计算机技术为手段,研究计算机生成图形,实现图数、数图转换的方法和技术。

2. 本课程的任务

本课程是高等学校工科本科专业的技术基础课。本课程的任务是学习投影法原理;掌握基本图解理论和图示方法;培养和提高空间思维和空间形体构思的能力;熟悉现代化图形技术手段。为后续课程学习和日后工作中的图示、图解和空间构思打下理论与实践的基础。

学习本课程时应注意掌握以下的基本内容和基本技能。

(1) 正投影的基本理论和作图方法:正投影的原理,形体的表达和形象思维方法,简单的空间几何问题图解方法。

(2) 制图的基本知识:表达建筑物或构件的方法和规定,尺寸、技术要求等的标注方法和规定,图例符号的画法,几何作图方法等。

(3) 绘图的基本技能:仪器绘图和徒手绘图的方法和技能,计算机绘图的初步能力。

3. 本课程的特点和学习方法

本课程的重要特点在于课程内容的基础性、工程性和应用性。基础性反映在空间构形思维能力和平面图样表达能力的培养,这是从事工程技术工作所必备的基本素养教育;工程性体现在教学内容与工程结构相关,课程知识的掌握不仅在于对原理、方法和规定的理解,还依赖于对工程事物的熟悉,并且需要一定的工程背景知识的支撑;应用性体现在教学内容与面向专业相关,图样的表达在不同行业的应用中会反映出各自的特点,课程知识的熟练掌握还在于熟悉行业的特点和特色。

在本课程学习中需要注意以下几个方面:

(1) 图示法、图解法和一些几何作图方法都是以初等几何学的原理为基础的。因此,学习时注意联系和运用几何方面的知识,这将有助于分析、理解和掌握课程内容。

(2) 本课程的主要内容是研究空间形体在平面上的投影规律。因此,学习时要注意分析和



想象空间形体与平面图形的对应关系,重视由物画图、由图想物的练习,有意识地培养空间形体构思能力。初学者应善于借助于日常生活中的事物和形体帮助理解投影规律。

(3) 本课程是一门实践性很强的课程,理解原理和动手实践一样重要,要善于运用原理去解决具体的问题。掌握投影作图方法和技能,需要通过系统的和一定量的练习。在复习或预习时,不能单纯地阅读教材,而是要边看书边做练习,通过解题帮助理解和记忆。

(4) 仪器、徒手和计算机绘图练习的目的,不仅仅是为了完成一张合格的、高质量的图样,更重要的是通过绘图练习掌握形体表达方法和正确的绘图方法,以及熟悉制图标准和培养认真细致、严谨的工作作风。因此,仪器、徒手和计算机绘图的练习仍是本课程中培养动手能力、传授和提高技能所必不可少的一个重要的教学环节,必须珍惜每一次练习,并且做到仪器(徒手)绘图和计算机绘图并重。

4. 本课程的发展概况

画法几何及工程图学的发展是和人类的生产实践密切相关的。几何学是由于丈量土地、兴修水利以及天文、航海的需要而产生的,房屋的修建、生产工具的制造又促进了图学的发展。如在我国古代,由于农业生产发展的需要,对水利和天文的研究,促进人们创造了绘制地形图和星图的方法。营造技术是我国发展较早的一项科学技术。宋代著名建筑家李诫于公元 1100 年编著成一本三十六卷的《营造法式》,概括了我国古代建筑技术上的成就和经验,其中有六卷是图册。图册中所采用的表达方法具有一定的科学性,便于绘制和按图制作。可见,在几何学和制图方面我国很早就有较高的水平。

18 世纪,欧洲在英国工业革命和法国资产阶级革命的推动下,科学技术蓬勃发展。法国著名数学家加斯帕拉·蒙日汇集当时众多的图示和图解方法,进行了严密论证和系统化,于 1795 年发表了以多面正投影法为基础的《画法几何学》,为几何学增添了一个分支。多面正投影法为在平面上表示空间形体提供了理论和方法,为工程制图奠定了理论基础。在以后的一个多世纪内,画法几何及工程制图获得广泛的应用,并得到很大的发展。工程制图标准的研究和制定,使工程图逐步实现标准化,发展成为世界通用的“工程技术语言”。

20 世纪 50 年代以来,随着工业生产的发展和计算机技术的普及,尤其是计算机绘图和计算机辅助设计的广泛应用,促进了纯几何学的研究向形数结合研究发展,从而开拓了计算几何学、计算机图形学以及分数维几何学等新的图学研究领域,新的绘图技术和崭新的几何学成果,丰富了工程图学学科理论,深化了工程图学内涵,扩展了工程图学应用领域,使得工程图学成为图学理论、制图标准、现代绘图技术融为一体的综合性学科。

进入 21 世纪后,飞速发展的工程建设、生产技术和制造业的革新,使得人们对图形信息的需求更加迫切,图形的应用领域渗透到各个行业和社会生活,科学计算可视化、信息可视化、虚拟现实技术得到了更广泛的关注和应用,极大地推动了计算机图形处理理论、技术和应用学科的发展,展示了图形应用的宽广前景。



第 1 章

制图基本知识

学习要点

1. 了解制图标准和图纸、图线、字体、比例的有关规定;
2. 掌握图线的画法及用途、尺寸标注要素的各项规定及标注方法;
3. 正确使用绘图工具,掌握画图的步骤和方法;
4. 熟悉常见几何图形作图方法;
5. 掌握徒手绘图的技巧。

1.1 制图标准

图样是工程与产品信息的载体,是工程设计、生产、管理的重要技术文件,是工程界通用的技术语言。为了便于生产和技术交流,绘制工程图样必须遵守统一的规定,这个统一的规定就是制图标准。

目前,国内执行的制图标准主要有《技术制图》、《机械制图》、房屋建筑制图系列标准和《水利水电工程制图标准》等。《技术制图》标准涵盖了机械、建筑、水利等行业的通用画图规则,本节结合《技术制图》标准和《水利水电工程制图标准》,介绍其中的几项基本规定。其他的制图标准内容将在后续章节的专业图样中介绍。

1.1.1 图纸幅面和格式(GB/T 14689—2008)^①

1. 图纸幅面

图纸幅面是指图纸的宽度 B 和长度 L 决定的纸张大小规格,通常用细实线绘出。基本幅面的尺寸见表 1.1。

如果基本幅面不能满足绘图的需要,可按有关规定加长幅面。

表 1.1 基本幅面和图框尺寸

mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297

^① GB/T 14689—2008 是《技术制图 图纸幅面和格式》的编号,含义依次为:国标、推荐、标准号 14689、批准年号 2008 年。本书所列标准,除特别说明外,均为《技术制图》标准。



续表

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
<i>c</i>	10		5		
<i>a</i>	25				

2. 图框和标题栏

无论图纸是否装订,都应画出图框,图框用粗实线绘制,其格式分为留有装订边和不留装订边两种。图 1.1 所示为留有装订边的图纸格式,图纸周边尺寸 a 、 c 的值见表 1.1。不留装订边的图纸格式可查阅相关标准。同一工程设计中的图样只能采用同一种格式,图样必须画在图框内。

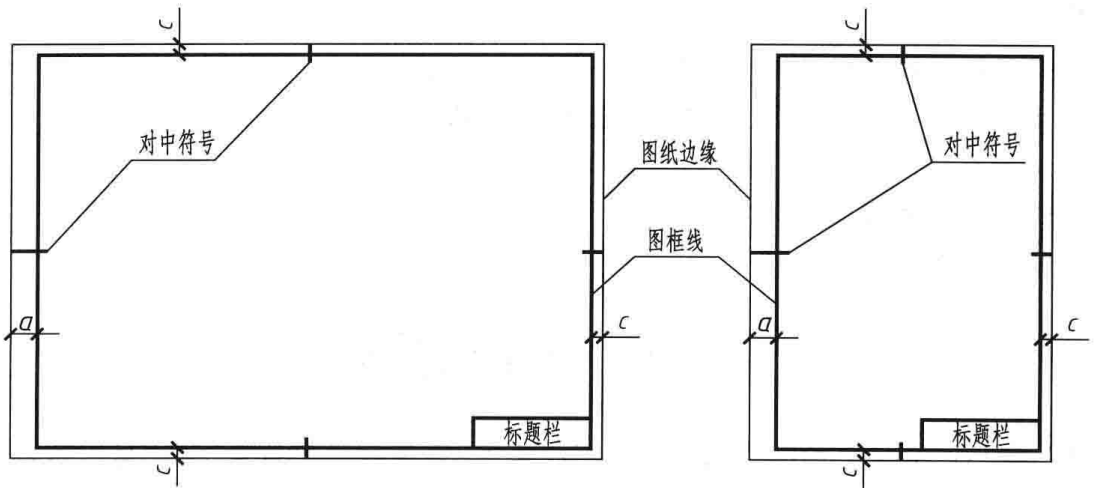
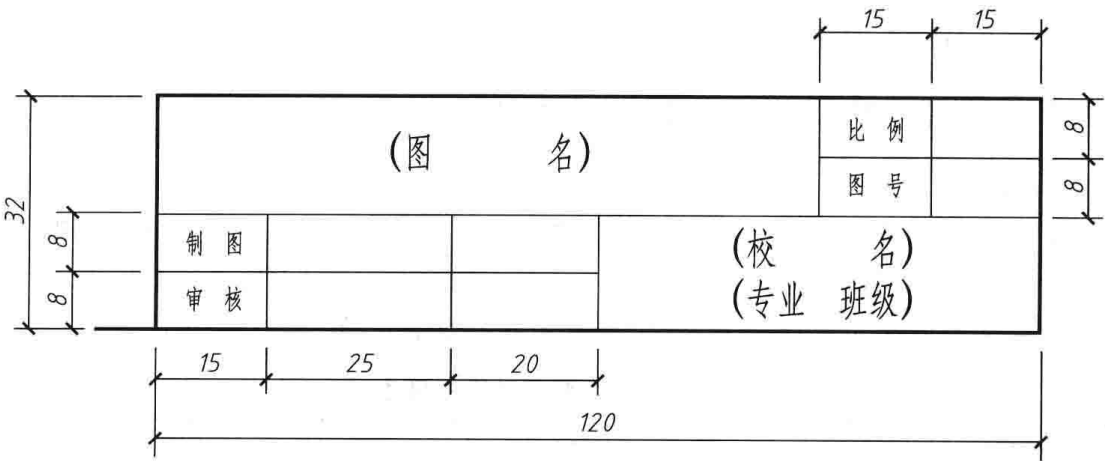


图 1.1 图纸幅面和格式

不论图纸是横放或竖放,都应在图框右下角画一标题栏。通常情况下标题栏中的文字方向为看图方向。标题栏的格式及项目一般由各设计单位自定。在本课程作业中,采用图 1.2 的简化格式。



- 注: 1. 图中尺寸单位为mm(毫米);
2. 标题栏的外框线用粗实线, 标题栏内分格线用细实线(见图线部分);
3. 标题栏内的字体: 图名用10号字, 校名用7号字, 其余用5号字(见字体部分)。

图 1.2 简化标题栏格式



1.1.2 图线(GB/T 17450—1998、SL 73.1—2013)及其应用①

为了保证图样所表示的内容主次分明、清晰易看,采用各种不同型式和粗细的图线,分别表示不同的意义和用途。

各线型的图线根据需要可以画成粗线、中粗线和细线,粗线、中粗线和细线的宽度比率为4:2:1。

图线的宽度 d 应根据图样的类型和尺寸大小来决定,并应在 0.13 mm,0.18 mm,0.25 mm,0.35 mm,0.5 mm,0.7 mm,1.0 mm,1.4 mm,2.0 mm 系列中选取。

在同一张图纸上,同类图线的宽度应一致。而构成图线的不同线素宜各自保持均匀相等。绘制水利水电工程图样,应采用表 1.2 规定的图线。

表 1.2 图线及其用途

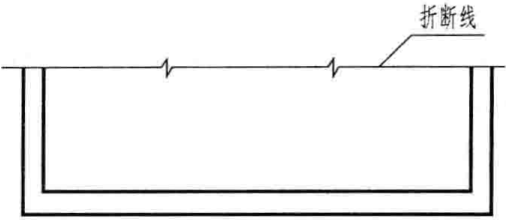
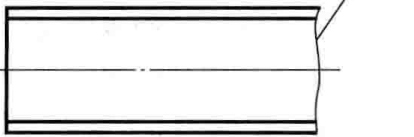
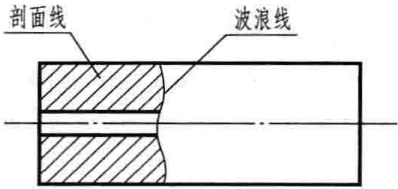
名称	图线	线宽	主要用途
粗实线		d	1. 可见轮廓线 2. 钢筋
虚线		$d/2$	不可见轮廓线
细实线		$d/4$	1. 尺寸线、尺寸界线 2. 剖面线 3. 示坡线
点画线		$d/4$	1. 中心线 2. 轴线 3. 对称线
双点画线		$d/4$	1. 假想投影轮廓线 2. 运动构件在极限或中间位置轮廓线
波浪线		$d/4$	构件断裂处边界线
折断线		$d/4$	构件断裂处边界线

图线用法举例见表 1.3。

表 1.3 图线用法举例

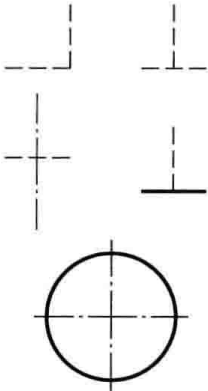
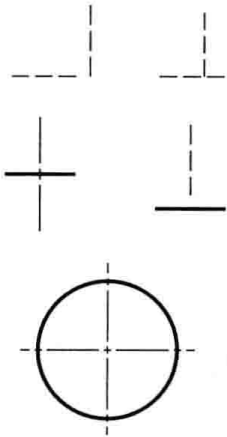
粗实线、虚线、细实线、点画线的用法	
-------------------	--

① SL 73.1—2013 是《水利水电工程制图标准 基础制图》的编号,由水利部颁布实施。

折断线的用法:只需画出图形的一部分时,用折断线把画出的部分断开	
波浪线的用法:图形只需画出一部分(图 a)或作局部剖切时,可用波浪线断开或分开(图 b)	 (a)  (b)

图线相交时的画法见表 1.4。

表 1.4 图线相交时的画法

	正确	错误
接头要整齐		
各种图线相交时,均应交于画线处,不应交于间隔处或交于“点”		
虚线为实线的延长线时,交接处虚线应留间隔		

1.1.3 字体(GB/T 14691—1993、SL 73.1—2013)

图上的汉字、数字、字母等均应书写端正,笔画清晰,排列整齐,间隔均匀。

字体的高度(用 h 表示)代表字体的号数(简称字号)。字体高度的公称尺寸系列为:1.8 mm, 2.5 mm, 3.5 mm, 5 mm, 7 mm, 10 mm, 14 mm, 20 mm(表 1.5)。

表 1.5 字 的 大 小

字号	2.5	3.5	5	7	10	14	20
高/mm×宽/mm	2.5×1.8	3.5×2.5	5×3.5	7×5	10×7	14×10	20×14

1. 汉字

汉字应采用国家正式公布的简化字,并采用长仿宋体,A0图汉字最小字高不宜小于3.5 mm,其余不宜小于2.5 mm,字宽宜为字高的0.7~0.8倍。字例见图1.3。

长仿宋体的特点是:笔画挺直,粗细一致,钩长锋锐,整齐秀丽。

长 仿 宋 体 字 例

10号

枢纽总布置平面图水库机电排灌泵站厂房大重
力堆石土坝溢洪输水廊道控制分水河流系船
闸首阀门坞室码头防波堤公铁路工作拱桥台启
闭机调压集水井涵隧洞进出口渡槽渠道跌尾水
引航鱼滑道护坦消力池塘海漫铺盖挡土翼岸导
墙护坡垫底层沉陷温度伸缩施工缝回填挖土方
房屋仓库粗细部结构造通风排气孔检修理建筑
物设计技术最低正常死水位上下游标高程坡度
梁板墩中连支柱桩材料钢筋混凝粘土砖木干砌
块卵石灰砂浆沥青止水泥紫铜片东西南北左右
尺寸中心轴线附注一二三四五六七八九十零点

7号

水利电力大学院总平正俯侧部视面图

5号

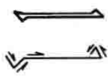
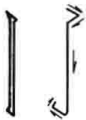
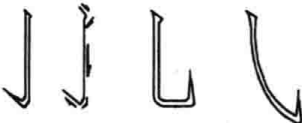
系专业治河川农水文施工海港建筑航道班级制图号比例单位毫米审核

图 1.3 长仿宋体汉字字例



长仿宋体字的基本笔画和写法见表 1.6。

表 1.6 长仿宋体字的基本笔画和写法

笔画名称	形状及运笔方法	写法要领	字例
横		起笔露锋, 笔画平直而略向右上方倾斜(约 5°)。收笔时在笔画上方形成微凸棱角	三
竖		笔画要直, 起笔露锋。收笔时在笔画左方形成微凸棱角	川
撇		起笔露锋、全画略呈弧形, 渐变细, 末端尖锐	斤
捺		起笔较轻, 逐渐加重, 末端顿笔后向右横挑出(斜捺)或向右上方斜挑出(平捺)	途
点		起笔较尖, 逐渐加重, 向左(左斜点)或右(右斜点)微弯, 顿笔后向上提起再带回, 似三角形	点
挑		起笔露锋, 顿笔后向右上方急挑出	北
折		由横与竖组合而成, 相接处成棱角	日
钩		顿笔后出钩, 钩要长直锋利。用笔可由下向上, 由粗变尖, 也可由上向下, 先轻后重地倒接	利

书写长仿宋字要注意以下几点:

(1) 基本笔画 横画应平而略向右上方倾斜。竖画要直, 笔画要挺直有力。大多数笔画在起笔、收笔及转折处要写出微凸棱角, 但凸出高度不能超过笔画的粗度。每笔应一次写成, 不要涂描。笔画粗细约为字高的 1/14。

(2) 高度足格 为使字体大小整齐, 一般字的四周都应有笔画顶到格线。但为纠正视觉误差, 靠格线的长笔画应适当缩进一点。例如: “工”字应上下缩格; “门”字应左右缩格; “图”字应左右缩格, 上下笔锋顶格。

(3) 结构匀称 笔画在方格中布置应匀称。平行笔画多的字(如“置”、“制”)应尽量保持笔画平行、间隔均等(下面间隔可略大一点)。字形左右基本对称的字(如“平”、“宋”)应使重心居中, 捺、撇基本对称。偏旁组合的字, 既要适当分配其所占比例, 又要有适当穿插, 如“纽”、“泵”等, 使字成一体。“土”、“石”、“立”、“丰”、“彡”在字左边时, 下面应留空隙, “卩”、“口”在字右



边时,应写得下一点,如“堆”、“砌”、“钢”、“缝”、“部”、“知”。

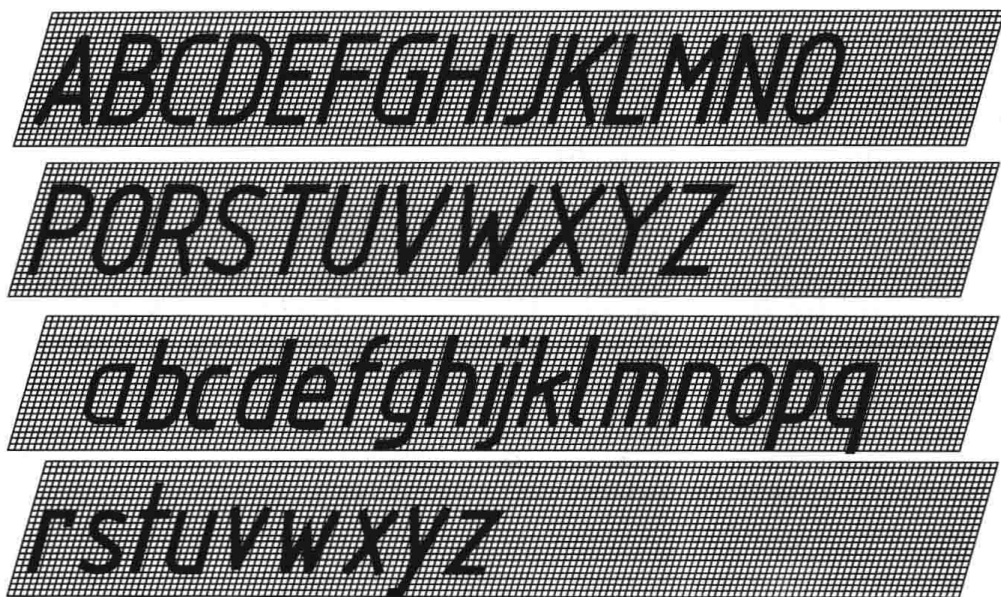
2. 字母、数字

字母和数字可写成斜体和直体,斜体字字头向右倾斜,与水平线约成 75° ,如图 1.4 所示。笔画粗度约为字高的 $1/14$ 。

拉丁字母、罗马数字及阿拉伯数字字例见图 1.5。



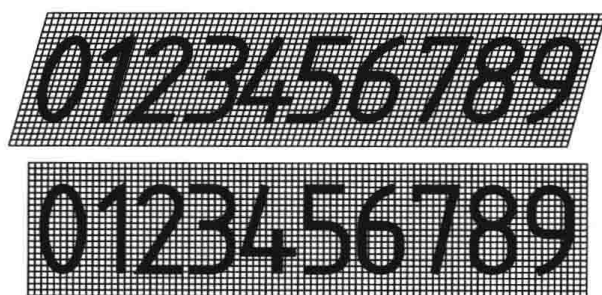
图 1.4 斜体字格式



(a) 拉丁字母



(b) 罗马数字



(c) 阿拉伯数字

图 1.5 拉丁字母、罗马数字及阿拉伯数字字例

1.1.4 比例(GB/T 14690—1993、SL 73.1—2013)

工程建筑物的尺寸很大,不可能按它们的实际尺寸画图,需要按一定的比例缩小来画。有些机件的尺寸很小,又需要按一定的比例放大来画。



比例是图形与其实物相应要素的线性尺寸之比,即

$$\text{比例} = \frac{\text{图上线段长度}}{\text{实际线段长度}}$$

比值小于1为缩小比例(如1:2),比值大于1为放大比例(如2:1)。工程图上必须注明绘图比例。当整张图纸中只用一种比例时,应统一注写在标题栏内。否则应分别注写在相应图名的右侧或下方,如:

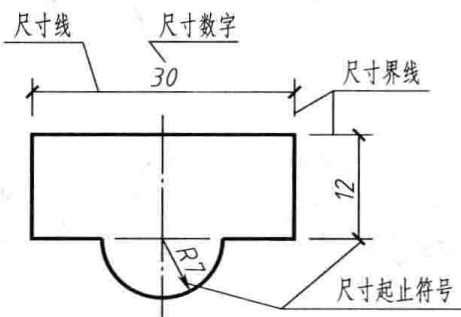
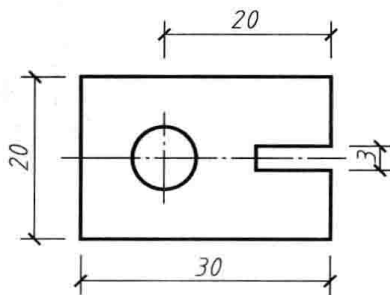
平面图 1:200

水工图的绘图比例,应选用1:1、1:10ⁿ、1:2×10ⁿ、1:5×10ⁿ(*n*为正整数)。必要时也可用1:1.5×10ⁿ、1:2.5×10ⁿ、1:3×10ⁿ、1:4×10ⁿ。

1.1.5 尺寸注法(SL 73.1—2013、GB/T 50001—2010)①

图样上除表示物体的图形外,还需注出物体的实际尺寸,以表示物体各部分的大小和相互位置。图上的尺寸是施工的重要依据,所以必须按国家制图标准的规定标注,并注写准确、清晰、整齐。尺寸注法见表1.7。

表 1.7 尺寸注法

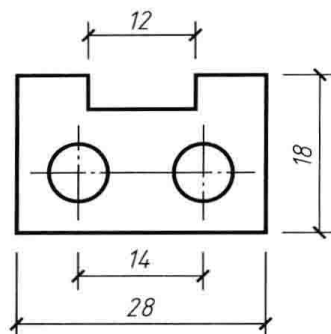
尺寸组成: 1. 尺寸界线。 2. 尺寸线。 3. 尺寸起止符号。 4. 尺寸数字	
尺寸界线的画法: 1. 尺寸界线应用细实线绘制,并应从图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出,轮廓线、轴线或对称中心线也可作为尺寸界线。 2. 尺寸界线与轮廓线之间需留有间隙(一般≥2 mm)。 3. 尺寸界线一般与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜,并宜超出尺寸线2~3 mm	

① GB/T 50001—2010《房屋建筑制图统一标准》。

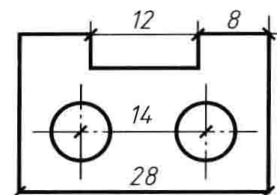


尺寸线的画法:

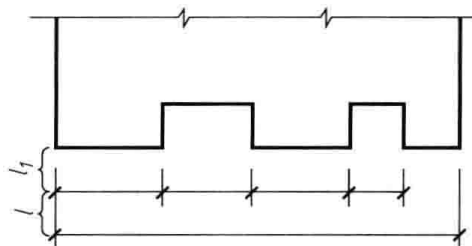
1. 尺寸线应用细实线绘制,标注线性尺寸时应与所标注的线段平行。
2. 不能利用轮廓线、轴线、中心线或其延长线作为尺寸线,见图 b。
3. 尺寸线两端应交到且不超出尺寸界线。
4. 尺寸线应接近被注线段,且尽可能画在轮廓线外边。
5. 标注互相平行的尺寸时,应把小尺寸注在内侧,大尺寸注在外侧。
6. 图样轮廓线以外的尺寸线,距图样最外轮廓线之间的距离,不宜小于 10 mm。平行排列的尺寸线的间距,宜为 7~10 mm,并应保持一致,见图 c



(a) 正确



(b) 错误


 $l_1 \geq 10 \text{ mm} \quad l = 7 \sim 10 \text{ mm}$

(c)

尺寸起止符号的画法:

1. 尺寸起止符号可以有斜线和箭头两种形式:

斜线:用与尺寸界线顺时针方向成 45° 的细实线绘制,细实线应通过尺寸线与尺寸界线的交点,长度约为 3 mm,其方向和画法如图 a、b 所示。

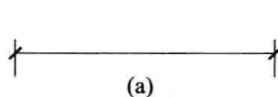
箭头:箭头的画法如图 c、d 所示。

2. 直径、半径、角度的尺寸起止符号应画成箭头。

3. 同一张图上的线性尺寸应统一采用箭头或斜线,且箭头或斜线的粗细长短要力求整齐一致。

4. 在没有足够位置时,尺寸起止符号可用圆点代替,如图 e 所示。

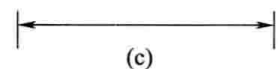
5. 轴测图上,尺寸起止符号可采用圆点代替箭头或 45° 斜线



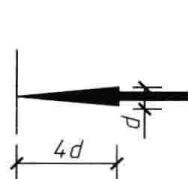
(a)



(b)

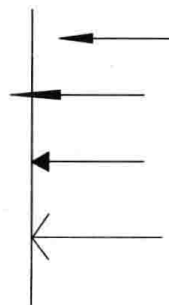


(c)



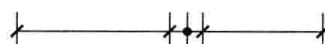
放大的箭头
(d 为粗线宽度)

正确



错误

(d) 箭头的画法

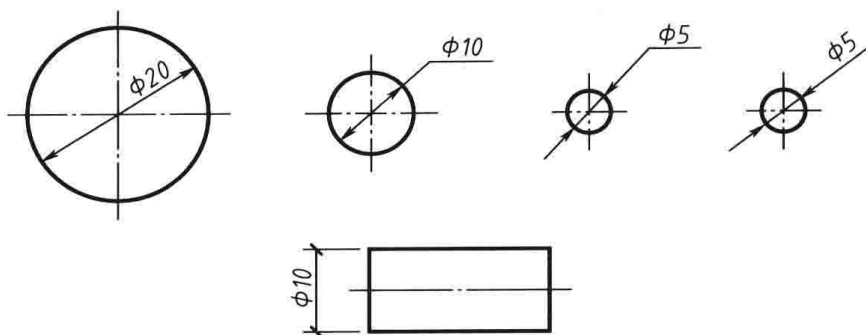


(e)



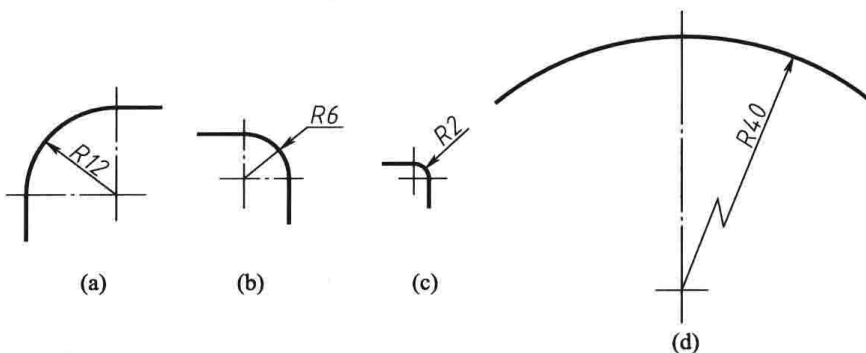
圆的直径注法:

1. 圆及大于半圆的圆弧尺寸应标注直径。
2. 在圆的直径尺寸数字前,应加注直径符号“ ϕ ”。
3. 尺寸线一般应通过圆心,尺寸起止符号应画成箭头,并按右图中的一种形式标注



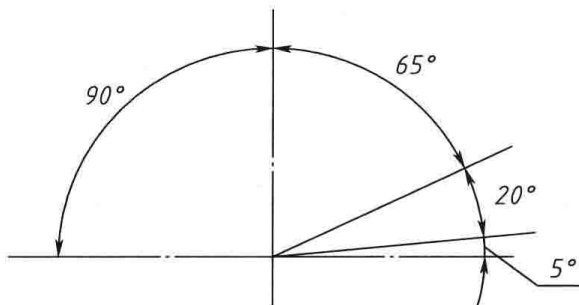
圆弧的半径注法:

1. 半圆及小于半圆的圆弧尺寸应标注半径。
2. 在圆弧半径尺寸数字前,应加注半径符号“ R ”。
3. 尺寸线应通过圆心,且只在与圆弧接触的终端画一个箭头。
4. 半径尺寸一般标注在弧内,如图 a 所示。圆弧较小时,可以标注在弧外,如图 b、c 所示。
5. 当圆弧半径很大或在图纸范围内无法标出圆心位置时,可按图 d 所示的方法标注



角度的注法:

1. 标注角度的尺寸界线应沿径向引出,尺寸线是以角顶点为圆心的圆弧,尺寸起止符号应采用箭头。
2. 角度数字应水平标注在尺寸线的外侧上方,或引出标注。



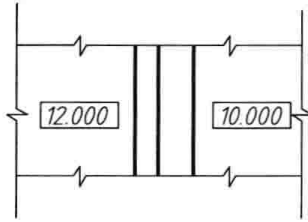
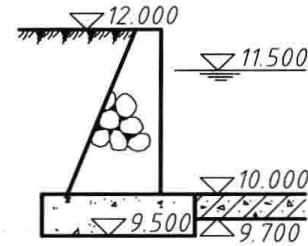
高程的注法:

1. 水工图上高程的基准与测量的基准一致,单位为 m,图上不必注明。例如高程为 12 时,即表示这个位置高于基准面 12 m,如图 a 所示。

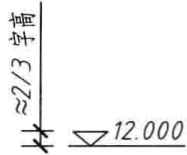
2. 高程数字一般保留三位小数,数字前应加注高程符号,如图 b 所示。立面高程符号为细实线等腰直角三角形,其斜边应保持水平,直角顶点应与被标注高度的轮廓线或引出线接触。

平面高程符号如图 b 所示,矩形框及圆周用细实线画出。

3. 水面高程(水位)的符号同立面高程符号,并在水面线以下绘三条细实线(图 a)



(a)

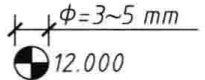


立面高程符号

12.000

水工图用

或



港工图用

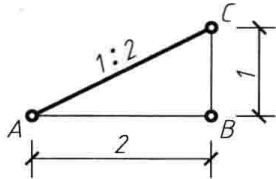
平面高程符号

(b)

坡度的注法:

1. 坡度 = $\frac{\text{两点间的高度差}}{\text{两点间的水平距离}}$, 如图 a 中, $BC=1, AB=2$, 则 AC 的坡度 = $1/2$, 写成 $1:2$, 如图 b 所示。

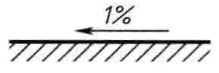
2. 当坡度平缓时,坡度可用百分数表示,标注方法如图 c 所示,箭头表示下坡方向(建筑图中使用单面箭头)



(a)



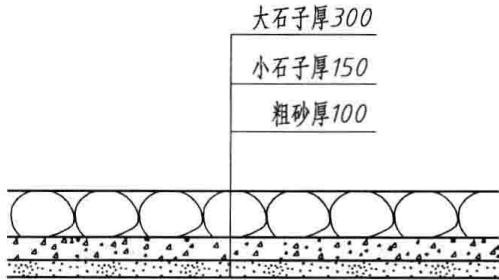
(b)



(c)

多层结构尺寸的注法:

指引线应通过并垂直于被引的各层,文字说明的次序应与构造的层次一致



1.1.6 建筑材料图例

水利工程中所使用的建筑材料是多种多样的。为了在图上明确地把它表示出来,在构件的剖面区域(见第 8 章)应画上相应的建筑材料图例。常用的建筑材料图例见表 1.8。



表 1.8 常用建筑材料图例

材料	符号	说明	材料	符号	说明
水、液体		用尺画水平细线	金属		斜线为 45° 细实线, 用尺画
天然土壤		徒手绘制	岩基		
混凝土		石子有棱角	夯实土		斜线为 45° 细实线, 用尺画
干砌块石		石缝要错开, 空隙不涂黑	钢筋混凝土		斜线为 45° 细实线, 用尺画
卵石		石子无棱角	浆砌块石		石缝之间空隙要涂黑
木材	纵断面		碎石		石子有棱角
	横断面				
砂、灰土、水泥砂浆		点为不均匀的小圆点	多孔材料		斜线为 45° 细实线, 用尺画

注:1. 当断面面积很大时,符号不需要画满;图样中宽度 $\leq 1.5\text{ mm}$ 的断面,建筑材料图例可用涂黑代替。
2. 当不需指明材料类型时,可通用 45° 剖面线。

1.2 制图工具及其使用

正确掌握制图工具的使用及维护方法,不仅能提高制图的质量,加快制图的速度,而且能够延长它们的使用期限。下面介绍一些在制图中常用工具的使用及维护方法,见表 1.9。

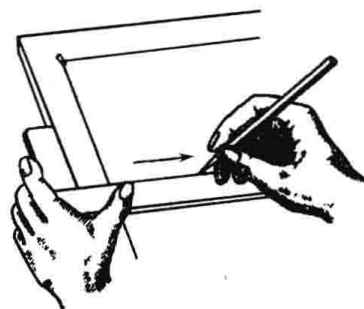
表 1.9 制图工具及其使用

图板与丁字尺	图板供垫放图纸用,板面应保持平整,左、右两边应平直。 图板不能用水洗或曝晒,更不能刻画,致使板面凹凸不平。 丁字尺主要用来画水平线。画线时,只能沿其工作边(此边必须平直)画线。尺头必须而且只能紧靠图板左边,以保持水平线互相平行。 丁字尺使用后应挂起来,以免弯曲变形或折断		
		(a) 正确	(b) 错误

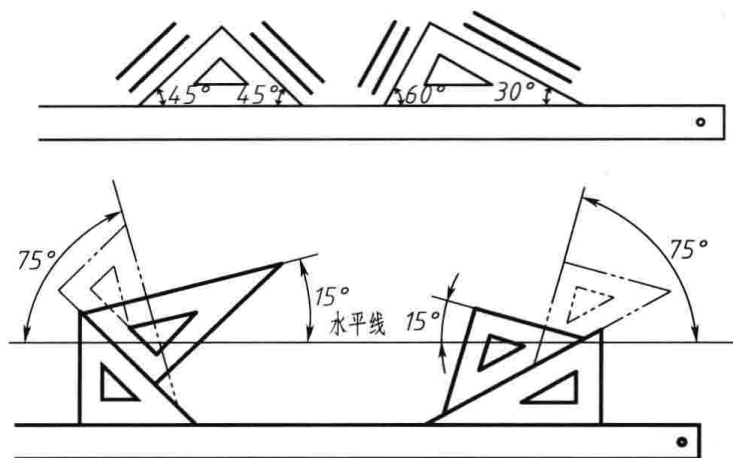


图板与丁字尺

画水平直线时的要领是:左手按住尺身,并使尺头紧靠图板,右手从左向右画线

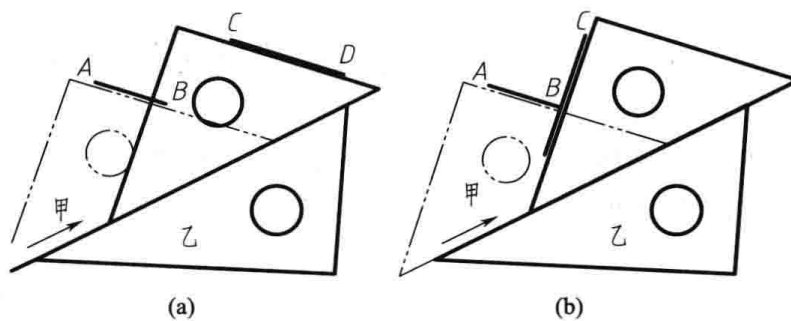


三角板每副有两块,与丁字尺配合,可以画垂直线及与水平线成 15° 倍角的斜线

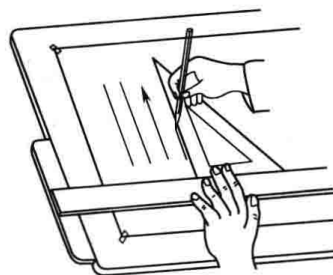


三角板

一块三角板沿另一块三角板推移,可画任一直线的平行线(图 a)或垂直线(图 b)



用三角板画垂直线的要领是:先把丁字尺定好位,使尺头紧靠图板,然后用左手按住尺身,再把三角板放在所要画的垂直线的右边并紧靠丁字尺,同时用手按住。画线时从下向上画

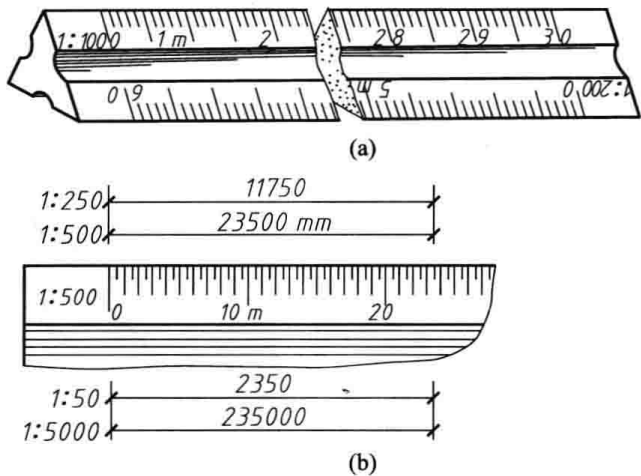


比例尺

比例尺(图 a)是按比例量取尺寸的工具。尺上有几种不同比例的刻度,单位为 m,刻度数值表示相应比例时该段长度代表的实际长度。

采用比例尺上已有的比例绘图时,可直接用尺上刻度量取尺寸,不需进行计算。

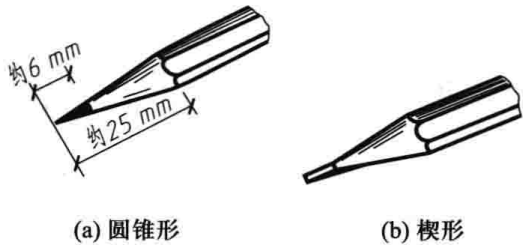
利用同一比例刻度可以读出几种比例的数值,如图 b 所示,可用 1 : 500 的比例去量画 1 : 50 或 1 : 5 000 的线段,不过应将对应的读数缩小或放大 10 倍。



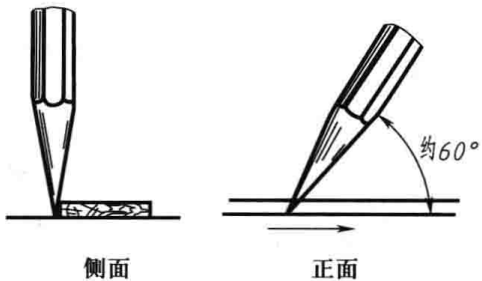
铅笔

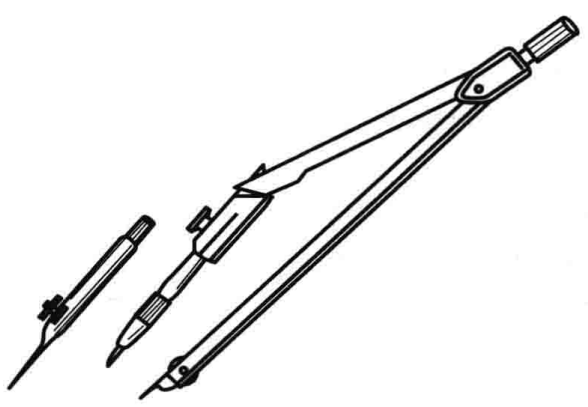
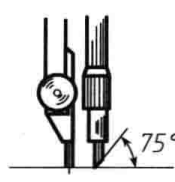
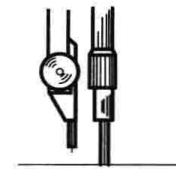
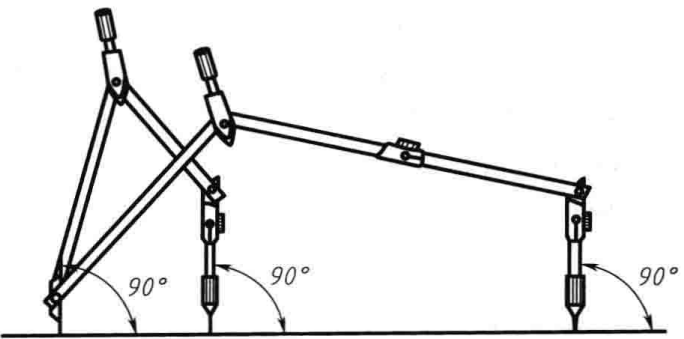
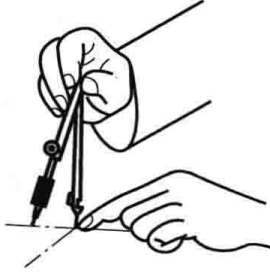
铅芯的软硬用字母“B”及“H”表示,“H”前面的数字愈大表示铅芯愈硬,“B”前面的数字愈大表示铅芯愈软、愈黑。画图时不要用过硬或过软的铅芯,建议选择 2H、H、HB 和 B 四种
画底稿及细线用 2H 或 H 铅笔;画粗线用 HB 或 B 铅笔;写字用 H 或 HB 铅笔

铅笔削法:
铅笔的护木应削成圆锥形,铅芯可用砂纸磨成圆锥形或楔形(顶端为矩形,宽度等于线条宽度)。楔形只用于加深粗线,打底稿、画细线、写字、画符号均用圆锥形

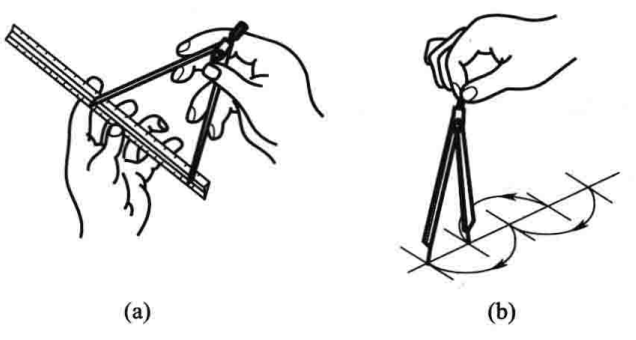
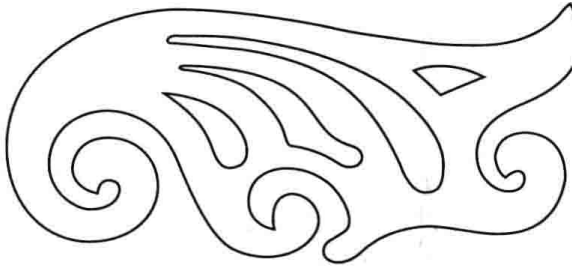
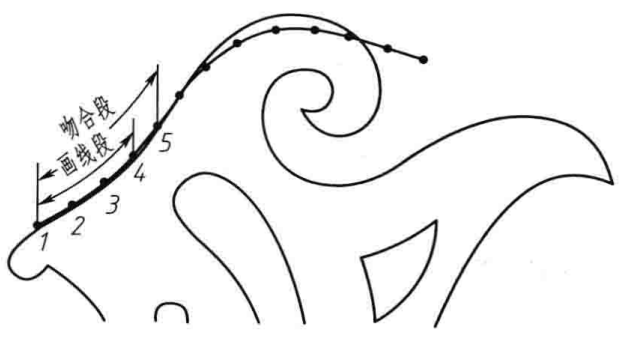
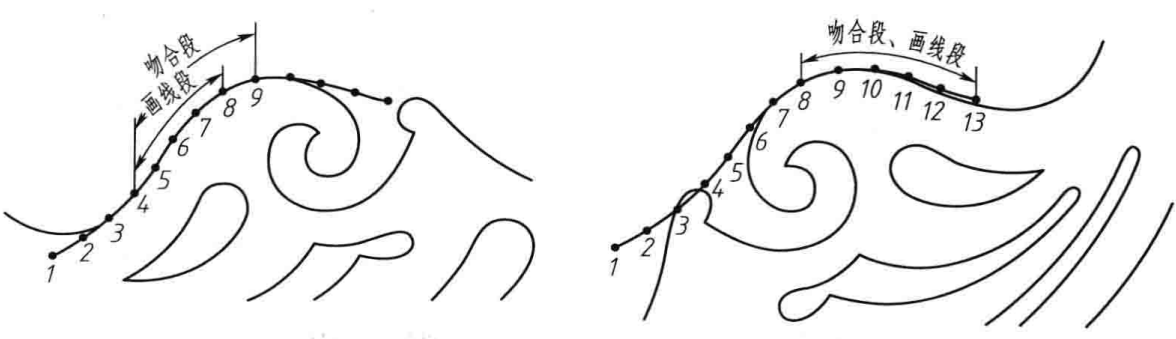


运笔要领:
1. 铅笔与纸面和尺身的相互位置如图所示。
2. 画线时速度要均匀。
3. 画长线时是肘臂移动而手腕不转动。
4. 要经常转动铅笔,使笔芯各方向磨损均匀



	
圆规是用来画圆的,卸下铅笔插脚,换上钢针插脚可作分规用	圆规的针尖应比铅芯略长一点(图 a、b)。 画圆时,针尖用台阶形的一端(图 c),圆规中的铅芯应比画直线的铅芯软一号。如画直线用 HB 铅笔,则圆规中宜用 B 的铅芯  (a) 正确  (b) 错误  (c) 针尖放大图
画圆时针尖和铅芯应垂直纸面。 画大圆时可装上延伸杆(同样要保持针尖和铅芯垂直纸面)	
画圆时的要领是:用右手大拇指和食指捏住圆规的顶部,用左手的食指推送针尖到圆心的位置(图 a),旋转时的速度、用力都要均匀,并使圆规稍向旋转方向倾斜一些(图 b)	 (a)  (b)



分规	分规是用来量取线段(图 a)或等分线段的(图 b),其两针尖合拢时应会合于一点	 (a) (b)
曲线板	 曲线板是用来画非圆曲线的, 画图步骤如图a~d	 (a) 已知曲线上各点  (b) 徒手用铅笔轻轻地依次把各点光滑连接  (c) 根据曲线上各点的弯曲趋势, 找出曲线板与曲线相吻合的线段。画线时最后一点不画  (d) 依次找出曲线板与曲线相吻合的曲线段 (每次尽量多吻合几点, 并包括前一次吻合的最后两点)。并画线



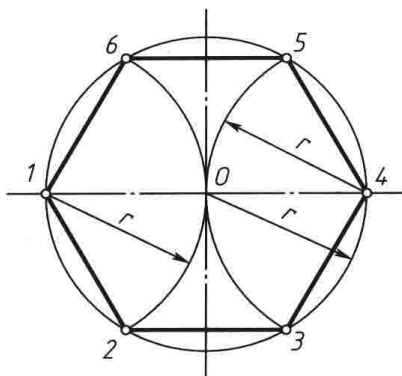
1.3 几何作图

1.3.1 作圆的内接正多边形

1. 作圆的内接正六边形

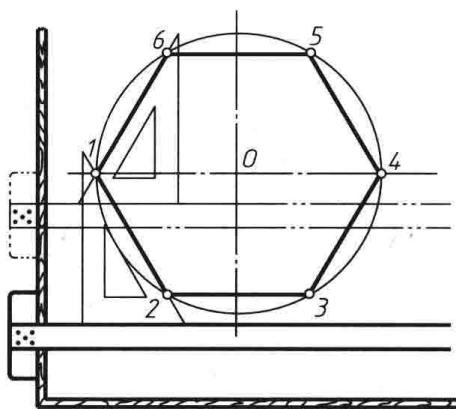
方法一：用圆规作正六边形(图 1.6)。

方法二：用三角板作正六边形(图 1.7)。



分别以直径的两端点1、4为圆心，以 r 为半径画圆弧，与圆周交于2、6、5、3四点；依次连接各点，即为所求

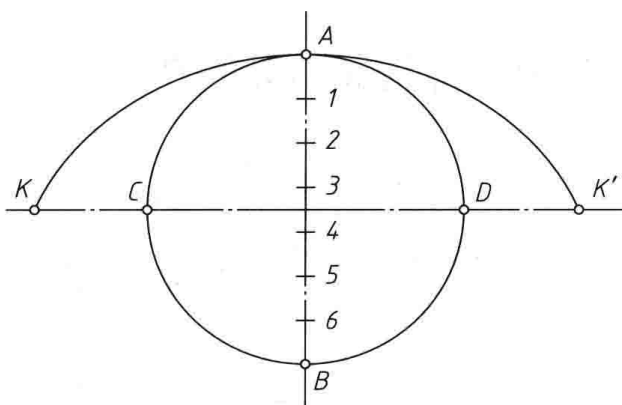
图 1.6 正六边形画法一



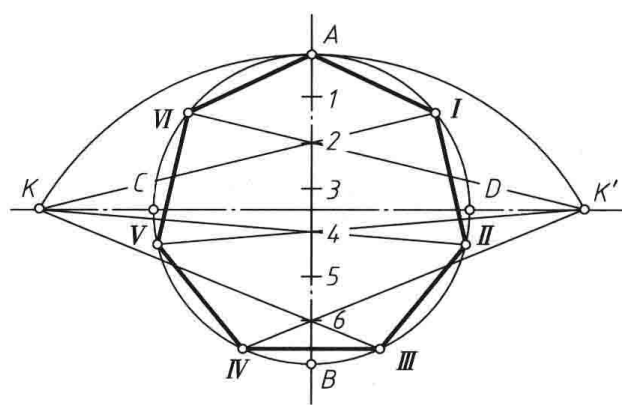
用60°的三角板，过1、4两点画线，交圆周于2、5两点。翻转三角板，过1、4两点画线，交圆周于6、3两点；连接2、3和5、6，即完成作图

图 1.7 正六边形画法二

2. 作圆的内接正 n 边形(图 1.8 中 $n=7$)



(a) 把直径 AB 七等分。再以 B (或 A)为圆心， BA 为半径画圆弧，与 CD 的延长线交于 K 、 K' 两点



(b) 过 K 、 K' 两点与直径 AB 上的偶数分点(或奇数分点)连线，并延长与圆周交于 I 、 $II \cdots VI$ 各点。顺次连接 A 、 I 、 II 、 III 、 IV 、 V 、 VI 、 A 各点，即为所求

图 1.8 正 $n(n=7)$ 边形画法



1.3.2 已知圆弧定圆心

作图步骤:

- (1) 在 AB 弧上任取一点 K , 并连接 AK 、 BK ;
- (2) 分别作 AK 、 BK 的垂直平分线, 交点 O 即为所求(图 1.9)。

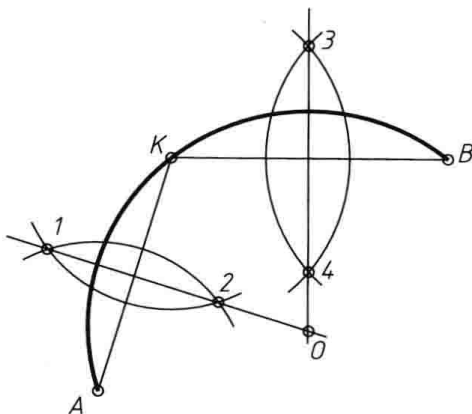
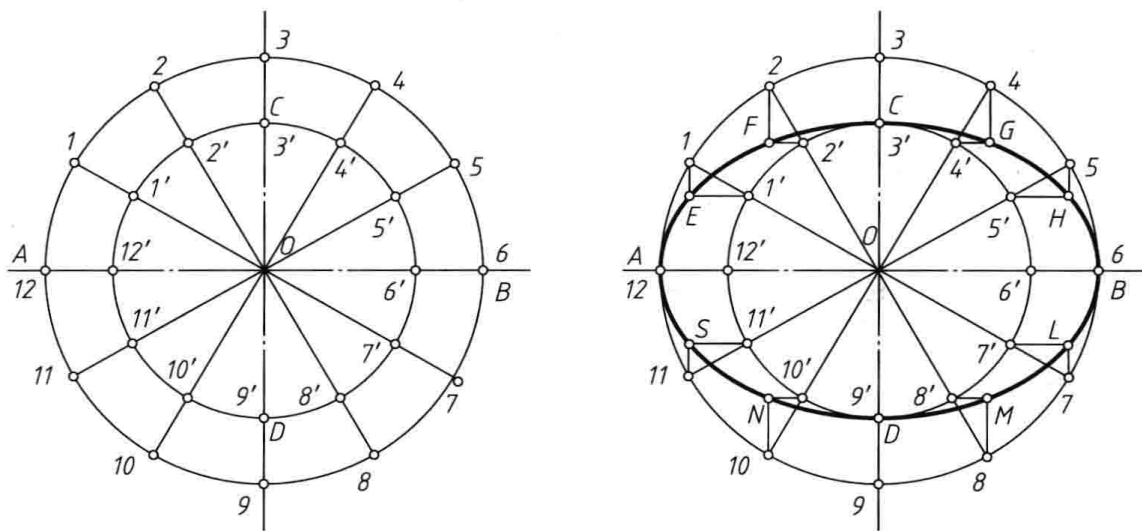


图 1.9 定圆弧圆心

1.3.3 已知椭圆长轴 AB 及短轴 CD 画椭圆

方法一:同心圆法(图 1.10)。



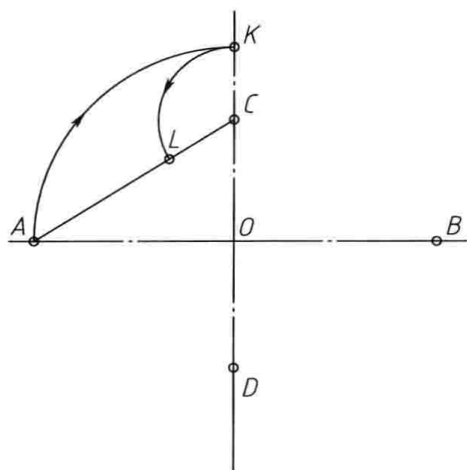
(a) 以 O 为圆心, 分别以长轴 AB 、短轴 CD 为直径画两个同心圆。过点 O 作任意条放射线(图中每 30° 画一条), 与大、小圆分别交于 1 、 2 、 3 、 $\dots$ 、 12 和 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $\dots$ 、 $12'$ 等点

(b) 过 1 、 2 、 3 、 $\dots$ 、 12 等点分别画短轴的平行线, 过 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $\dots$ 、 $12'$ 等点分别画长轴的平行线, 两组相应直线的交点 E 、 F 、 G 、 H 、 $\dots$ 、 A 即为椭圆上的点。用曲线板依次光滑连接, 即为所求

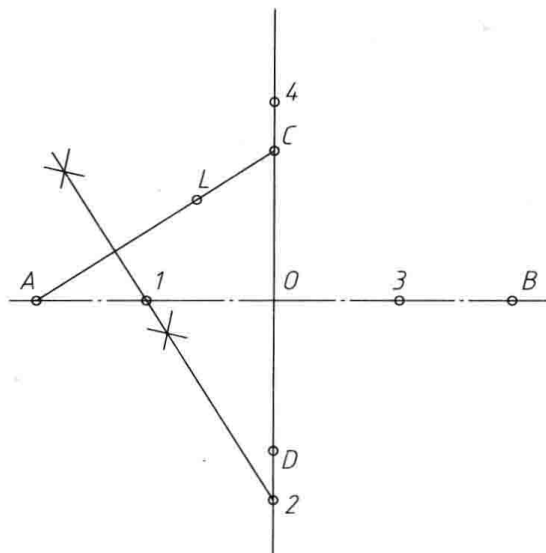
图 1.10 椭圆画法一

方法二:椭圆的近似画法——四圆心法(图 1.11)。

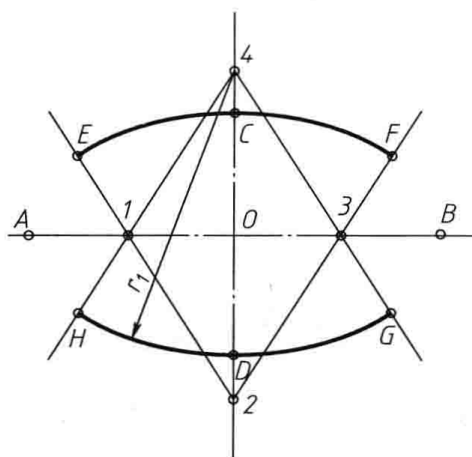




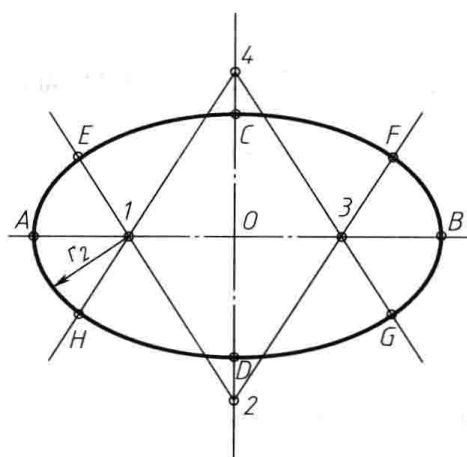
(a) 在短轴 OC 延长线上取点 K , 使 $OK=OA$ 。
连接 AC , 在 AC 上取 $CL=CK$



(b) 作 AL 的垂直平分线, 分别与长轴及短轴延长线交于 1 、 2 两点。再作出它们的对称点 3 、 4 。这四点就是近似椭圆的四个圆心



(c) 连接 23 、 43 、 41 , 并延长。再分别以 2 、 4 两点为圆心, $r_1=2C=4D$ 为半径, 画圆弧, 与 21 、 23 、 43 、 41 的延长线交于 E 、 F 、 G 、 H 四点



(d) 分别以 1 、 3 两点为圆心, $r_2=1A=3B$ 为半径, 在 E 与 H 、 F 与 G 之间画圆弧, 即完成作图

图 1.11 椭圆画法二

1.3.4 圆弧连接

图 1.12 为系船钩的线形图。钩形轮廓是由若干直线段和圆弧光滑连接而成的。画图时, 必须定出各圆弧的圆心以及相邻线段的切点, 才能正确画出此图形。

下面介绍几种常用的直线和圆弧连接、圆弧和圆弧连接的作图方法。

1. 用半径为 r 的圆弧连接两已知直线

(1) 两直线相交任意角时的作法(图 1.13)。

(2) 两直线垂直相交时的作法(图 1.14)。



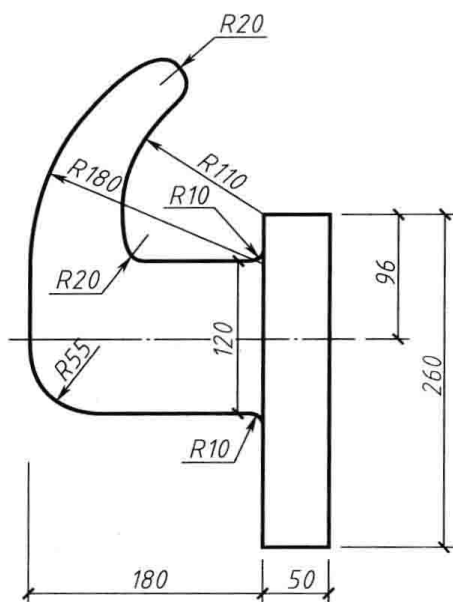
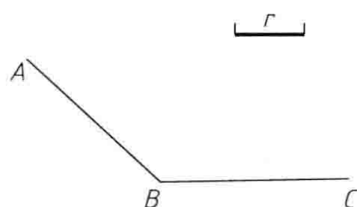
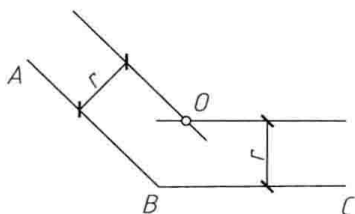


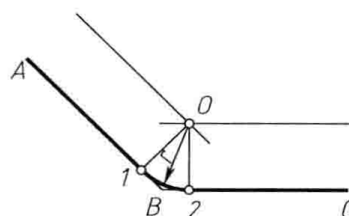
图 1.12 系船钩



(a) 已知半径 r 及直线 AB 、 BC

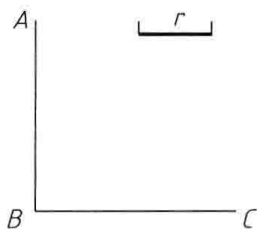


(b) 分别作与 AB 、 BC 距离为 r 的平行线，这两条线交于点 O

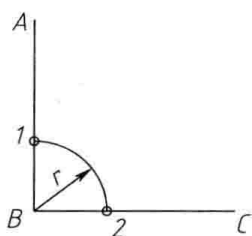


(c) 过点 O 作 AB 、 BC 的垂线，与 AB 、 BC 交于 1 、 2 两点，此两点即切点。以 O 为圆心， $O1=O2=r$ 为半径，在 1 、 2 两点间作圆弧，即为所求

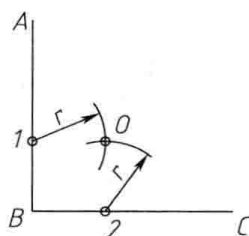
图 1.13 圆弧连接两相交直线



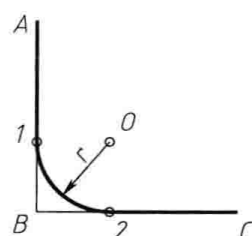
(a) 已知半径 r 及相互垂直的直线 AB 、 BC



(b) 以 B 为圆心， r 为半径作圆弧，与 AB 、 BC 交于 1 、 2 两点(1 、 2 两点即为切点)



(c) 以 1 、 2 为圆心， r 为半径画圆弧，交于点 O



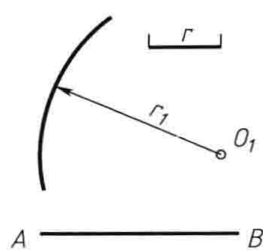
(d) 以 O 为圆心， r 为半径，在 1 、 2 两点间作圆弧，即为所求

图 1.14 圆弧连接两垂直直线

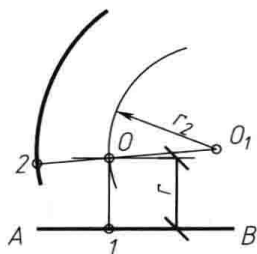
2. 用半径为 r 的圆弧连接已知直线和圆弧(图 1.15)。

3. 用半径为 r 的圆弧连接两已知圆弧(甲弧圆心 O_1 ，半径 r_1 ；乙弧圆心 O'_1 ，半径 r'_1)，并使它与甲弧内切，与乙弧外切(图 1.16)。

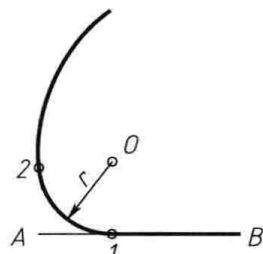




(a) 已知半径 r 、圆弧（圆心为 O_1 、半径为 r_1 ）及直线 AB

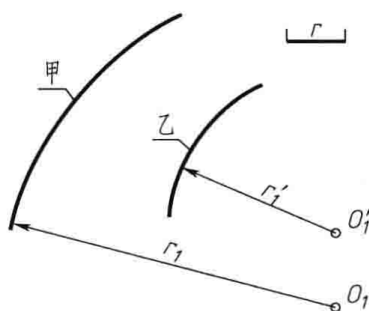


(b) 以 O_1 为圆心， $r_2 = r_1 - r$ 为半径，画圆弧，作与 AB 距离为 r 的平行线，两者相交于点 O 。过点 O 向 AB 作垂线，得垂足点 1 。连 OO_1 并延长，与已知圆弧交于点 2 。 1 、 2 两点即为切点

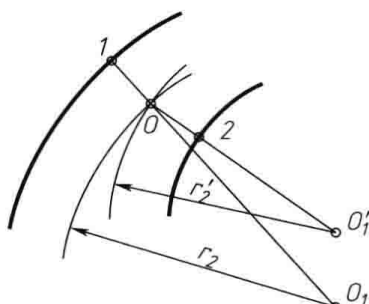


(c) 以 O 为圆心， r 为半径，在 1 、 2 两点间作圆弧，即为所求

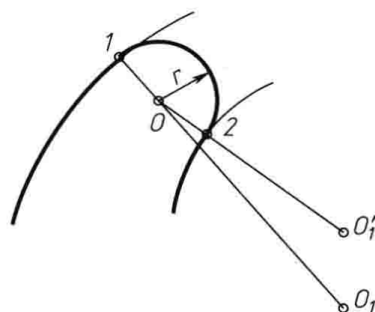
图 1.15 圆弧连接直线和圆弧



(a) 已知半径 r 及半径为 r_1 、 r_1' 的两圆弧



(b) 分别以 O_1 、 O_1' 为圆心，以 $r_2 = r_1 - r$ ， $r_2' = r_1' + r$ 为半径画两圆弧，相交于点 O 。连 OO_1 并延长，与甲圆弧相交于点 1 ；连 OO_1' ，与乙圆弧相交于点 2 。 1 、 2 两点即为切点



(c) 以 O 为圆心， r 为半径，在 1 、 2 两点间作圆弧，即为所求

图 1.16 圆弧连接两已知圆弧

1.4 平面图形的分析

物体的投影图都是由一些直线段和曲线段按一定规则组合成的平面图形。画图时，应根据平面图形上所注的尺寸，确定各线段的绘制顺序。注尺寸时，要分析应注尺寸的数量，做到尺寸齐全，标注正确、清晰。

1.4.1 平面图形尺寸的分类

根据尺寸在平面图形中所起作用的不同，分为定形尺寸及定位尺寸两类。

定形尺寸（大小尺寸）——指用来确定图形上直线段的长度，圆及圆弧的直径、半径等的尺寸，如图 1.17 中的尺寸 200、100、 $\phi 30$ 。

定位尺寸——指用来确定各线段及封闭图形之间相对位置的尺寸，如图 1.17 中的尺寸 110、40。对于平面图形，应有水平和垂直两个方向的定位尺寸。



注定位尺寸时,必须从图形中的某些点或线段(如图形的边线、对称线或中心线)作为度量尺寸的起点,这些点或线段称为尺寸基准。图 1.17 中尺寸 110 的基准是图形的对称线,尺寸 40 的基准是边线。平面图形应有水平和垂直两个方向的基准。

1.4.2 平面图形的线段分析

根据所注尺寸的数量,平面图形中的线段(直线或圆弧)分为三种:

1. 已知线段

已知线段指尺寸齐全,根据所注尺寸即可绘制的线段,例如:已知半径和圆心的两个方向定位尺寸的圆弧,已知两端点或一点一方向的直线。图 1.18 中的线段 I、II 即为已知线段。

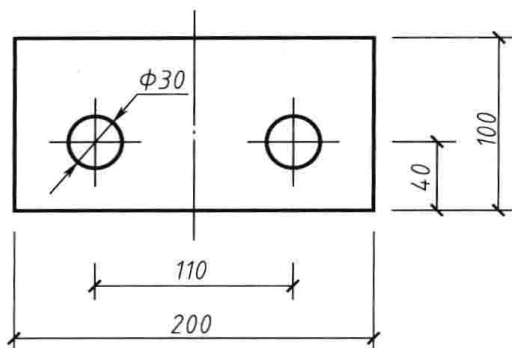


图 1.17 平面图形的尺寸

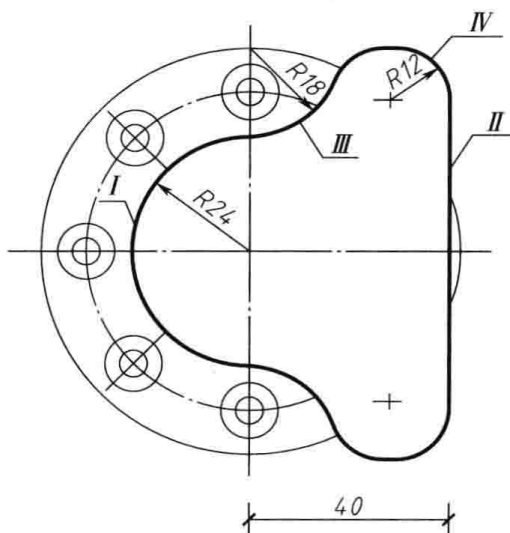


图 1.18 平面图形的线段分析

2. 中间线段

中间线段指注有定形尺寸和一个方向的定位尺寸,另一个方向定位尺寸由连接要求确定的圆弧。图 1.18 中的线段 III 为中间线段,由于缺少圆心竖直方向的定位尺寸,需在线段 I 画出后才能根据相切的条件绘制。

3. 连接线段

连接线段指只有定形尺寸,而两个定位尺寸都需由连接要求确定的圆弧。图 1.18 中的线段 IV,只注了半径 R12,圆心两个方向的定位尺寸都未注,由与线段 II、III 相切的条件绘出,所以是连接线段。作图时,需在线段 II、III 画出以后,才能根据圆弧连接的作图方法画出。

从以上分析可知,对于一个有圆弧连接的图形,其画图顺序应该是:基准线—已知线段—中间线段—连接线段,如图 1.19 所示。

1.4.3 平面图形的尺寸标注

标注平面图形尺寸的步骤是先标注定形尺寸,后标注定位尺寸。

在有圆弧连接的平面图形上标注尺寸时,必须注意:在两个已知线段间,只能而且必须有一个连接线段,才能光滑连接。例如在图 1.18 中,如果线段 III 的圆心不在 R24 圆弧的中心线上,则



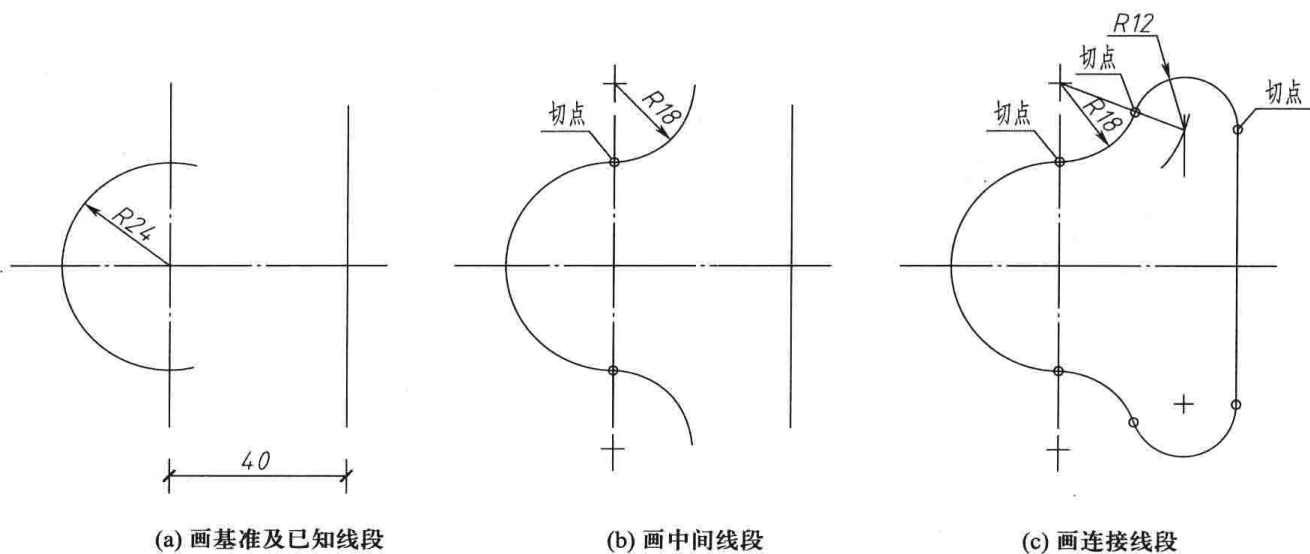


图 1.19 平面图形的画图顺序

线段Ⅲ和线段Ⅳ都成了连接线段, R_{18} 、 R_{12} 的圆心都无法确定,所以图形不能定形。

又如在图 1.18 中,如果多注写一个尺寸 l ,如图 1.20 所示,则线段Ⅲ和线段Ⅳ都成了中间线段,没有连接线段了。这时要使线段Ⅲ与线段Ⅳ光滑连接,除非尺寸 l 的数字计算得非常准确才行。否则就不能保证线段Ⅲ和线段Ⅳ相切,也就不能光滑连接。

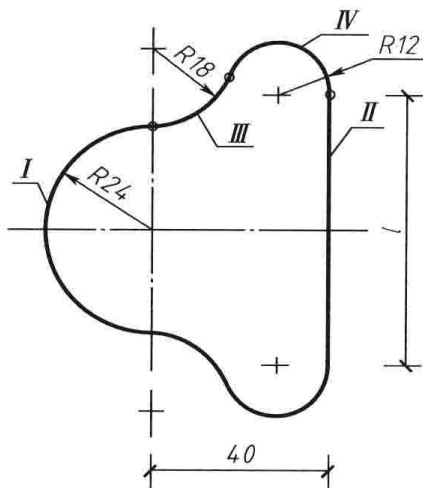


图 1.20 平面图形的尺寸标注

1.5 画图步骤和方法

1.5.1 画图步骤

为了保证图样的质量,提高画图的速度,除了应遵守制图的有关标准,掌握几何作图方法,正确使用各种制图工具外,还需要按下面的方法和步骤进行绘图。



1. 画图前的准备工作

(1) 阅读必要的参考资料,对所画图形的内容和要求有所了解。

(2) 准备好必要的制图工具,将铅笔与圆规内的铅芯削好。用清洁软布将图板、丁字尺、三角板擦干净,把手洗干净,以免弄脏图纸。

(3) 用胶带纸将图纸固定在图板左下方,如图 1.21 所示。固定图纸时,应使图纸的上、下边与丁字尺的尺身平行,图纸与图板边应留有适当空隙。

(4) 把工具、资料放在便于取用又不影响作图的地方。画大图时,要用干净的纸张把图纸盖上,只露出要画图的部分,以免弄脏图纸。

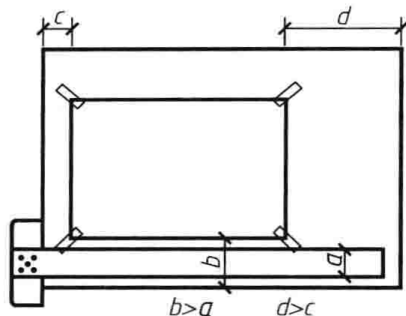


图 1.21 图纸在图板上的固定位置

2. 画底稿

(1) 画图框及标题栏。

(2) 确定比例,布置图形,使图形在图纸上的位置和大小适中,各图形间应留有适当空隙及标注尺寸的位置。

(3) 先画图形的基准线、对称线、中心线及主要轮廓线,然后由大到小,由整体到局部,画出其他所有图线。

画底稿用 2H 或 H 铅笔,画出的线条应轻而细,并要区分线型类别,但不分粗细。作图线应画得更轻,只要能看清就行。

画底稿时,应一丝不苟,精确度量,避免错误。底稿完成后,应认真检查,改正错误,并擦去多余图线。

作图过程中,应科学地安排画线的顺序,合理地使用工具,以节省作图时间,提高画图速度。

3. 铅笔加深

加深应按照先细线后粗线(或先粗线后细线),先曲线后直线,先图形后尺寸,先图线后符号、文字的顺序,从上到下,从左到右进行。

不同线型的粗细比例应符合标准,同类型的线条粗细浓淡应一致。加深时,铅芯要经常削磨。削磨后的铅芯应先试画,检查所画线粗细是否一致。

图线要光滑,接头要整齐准确,如图 1.22 所示。加深粗线要以底稿线为中心线,以保证图形准确,连接光滑,如图 1.23 所示。

图线画错或画坏时,可用擦图片控制擦线范围,然后用橡皮顺图线擦净。

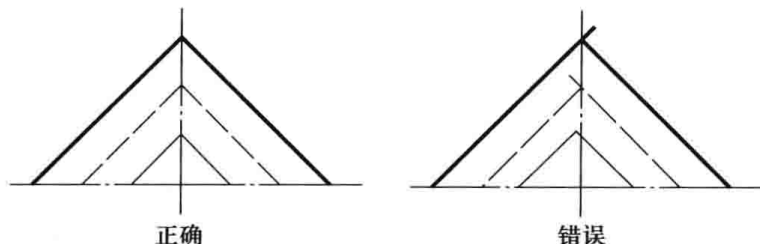


图 1.22 图线接头要求

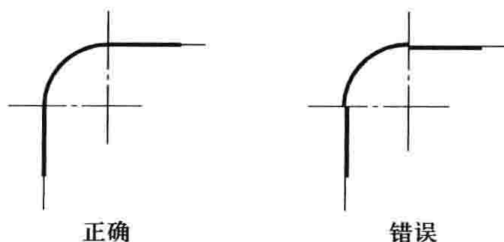


图 1.23 图线加深要求



应经常擦拭三角板的边,并用干净手帕或毛刷掸去图面上的碎屑,以免弄脏图面。

1.5.2 徒手绘图的方法

以目测比例、徒手绘制的图样称为草图。工程技术人员在设计时,常常先绘制草图,进行构思和表达设计思想。因此,草图也是设计的技术资料。在参观和技术交流时,也常用草图进行记录和交流。因此,工程技术人员必须学习和掌握绘制草图的技能。

草图虽然是目测比例、徒手绘制,但不是潦草之图。草图也应按照投影关系和比例关系进行绘制,图上的线条应粗细分明,基本平直,方向正确,绘制工整,并遵守制图标准。

徒手绘图的要点如下:

- (1) 分析物体的构成及结构,把握其形状特征。
- (2) 目测比例。分析物体上各结构的相对比例关系,可借助铅笔、手指、步伐等大致度量。
- (3) 按照正确的绘图步骤徒手绘图,线型应正确,粗细应分明,表达正确、完整。
- (4) 图形画完后,一般可根据测绘需要标注尺寸,表达形体大小。

草图一般使用较软的铅笔(HB、B)绘制在方格纸上。

1. 直线的画法

画直线时,铅笔要握得轻松自然,手腕稍抬起,主要靠手指握笔动作,小手指微触纸面,眼睛要注视画线的终止点。画短线时,主要是手腕或手指运动;画长线则主要靠手臂运动。在方格纸上画直线时,应尽量画在格线上。

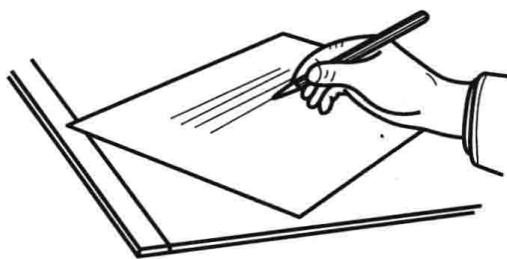


图 1.24 草图水平线画法

画水平线时,为了画线顺手,可将图纸斜放($30^\circ \sim 45^\circ$),然后自左向右画线,如图 1.24 所示。如果画线较长,难于一笔画好,可使笔尖离开纸面,来回空画几次后,再轻轻地分段画线,最后描深,如图 1.25 所示。

画竖线时,一般自上向下画线,如图 1.26a 所示。如竖线较长时,也可分段画线最后描深。画斜线时,自左向右画线,如图 1.26b 所示。

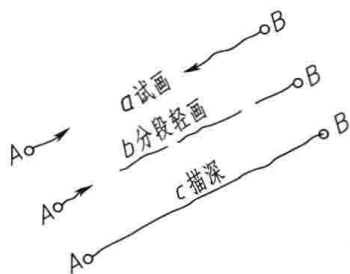
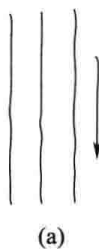
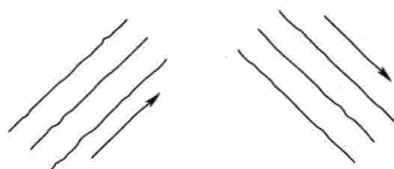


图 1.25 徒手长线画法



(a)



(b)

图 1.26 徒手绘制竖线及斜线

2. 常见角度线的画法

画 45° 、 30° 、 60° 等特殊角度线时,可根据两直角边的近似比例关系,先定出两个端点,然后画线,如图 1.27a、b 所示。而对一般角,可借助其与特殊角的比例关系画出。如画 10° 、 15° 等角度时,可先画 30° 角及圆弧,然后按需要近似地等分即可,如图 1.27c 所示。



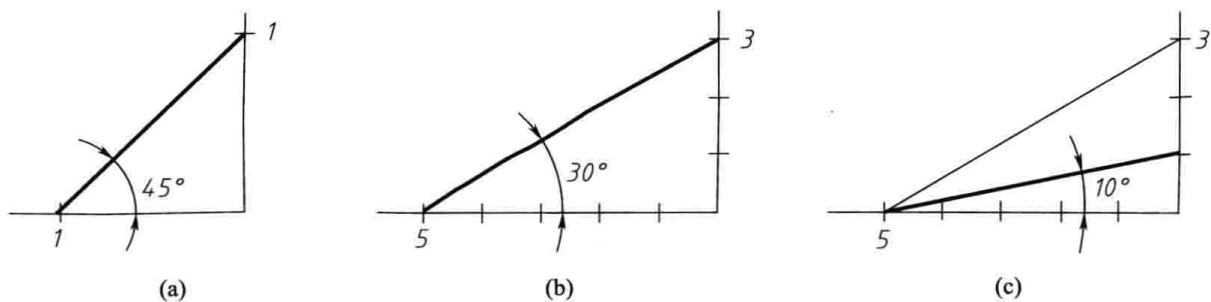


图 1.27 徒手绘制特殊角度斜线

3. 圆及圆角的画法

在确定圆心后,画出若干条过圆心的对称直线(直线的多少视圆的大小而定),在直线上根据半径定出相应点的位置,将这些点按顺序光滑连接,如图 1.28a 所示。

如果圆的直径较小,可只在中心线上定出半径的长度,即可画圆,如图 1.28b 所示。

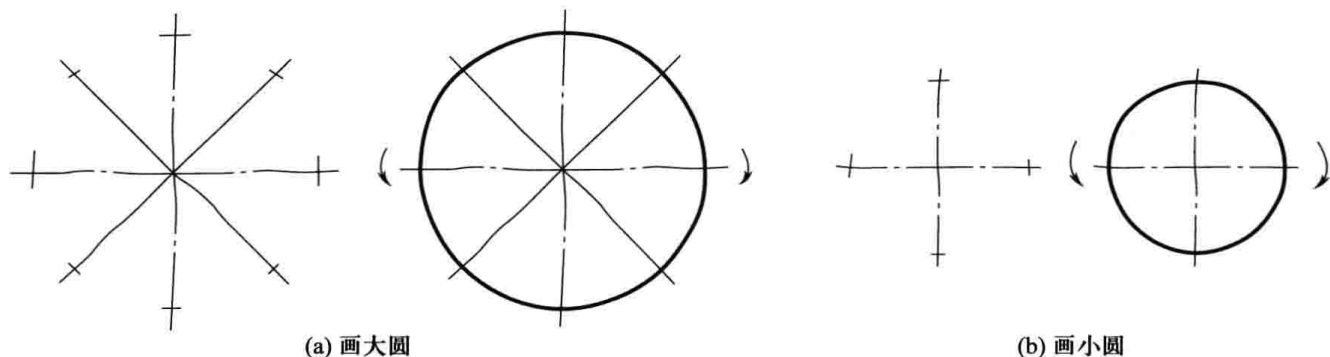


图 1.28 徒手绘制圆

图 1.29 为圆角的画法。

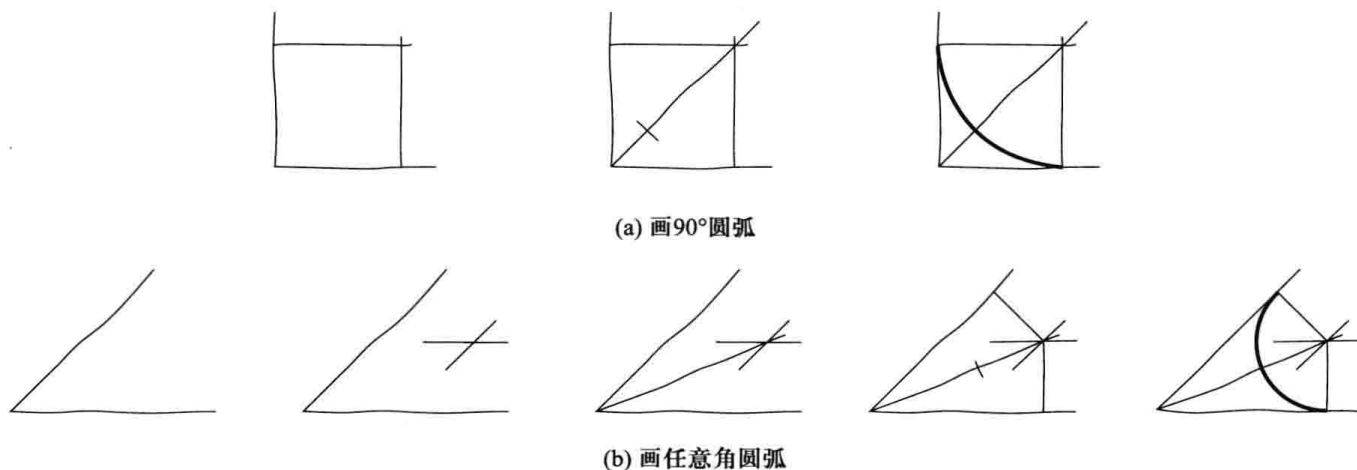


图 1.29 徒手绘制圆角

4. 椭圆的画法

画椭圆时,可先绘制长、短轴,定出轴端点,如图 1.30a 所示;再过轴端点作矩形,并将矩形的对角线六等分,如图 1.30b 所示;过轴端点及对角线两端的等分点(共八个点)顺次光滑地画出椭圆



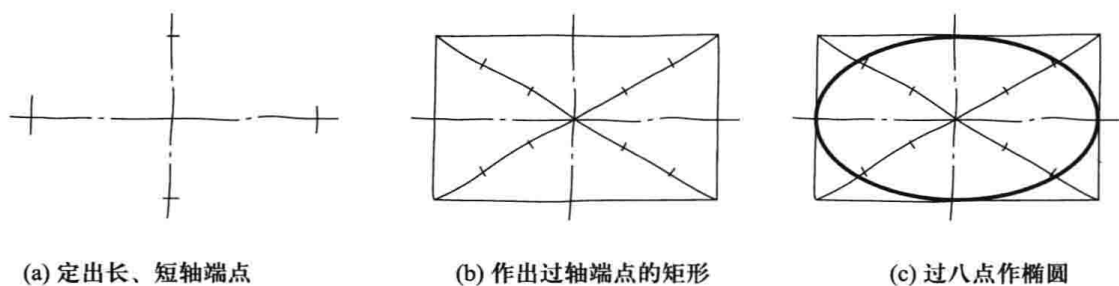


图 1.30 徒手绘制椭圆

圆,同时控制不在顶点处出现尖点,如图 1.30c 所示。

5. 物体的画法

画物体的草图时,重要的是要保持物体各部分的比例。

因此,在观察物体时,不但要研究物体的形状及构成,还要注意分析整个物体的长、宽、高的相对比例及整体与细部的相对比例。

在画草图时,可按确定的相对比例先画一基本图形,然后以此为基础画出细部及其余各部分的草图。在画图中,要随时将画的线段与基本图形的线段进行比较,力求符合各部分之间的相对比例。

例如,徒手画图 1.31 所示闸墩的正面视图,可按以下步骤进行:

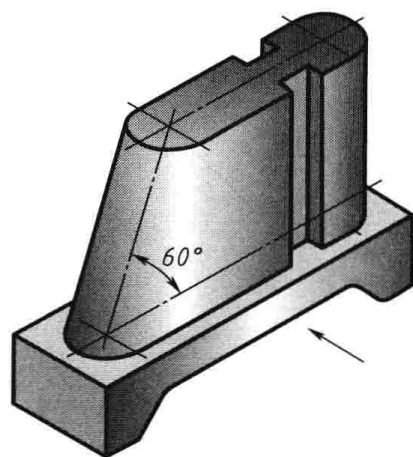


图 1.31 闸墩

(1) 画一矩形,使其长度与高度之比,等于底板的长与高之比。

(2) 以矩形为基础,画出底板的八字形缺口。

(3) 以底板为基础,画出闸墩及其门槽。

(4) 检查后,加深图线。

作图过程如图 1.32 所示。

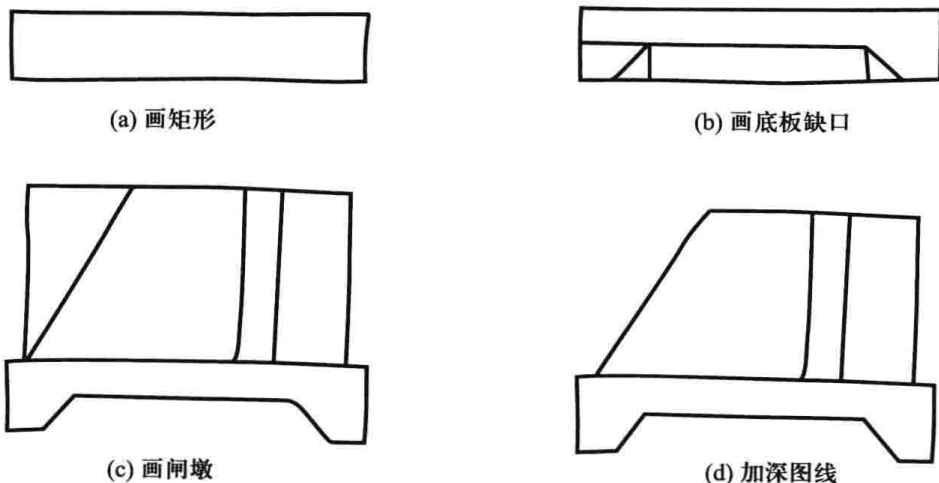


图 1.32 闸墩正面视图



思考题

1. A3、A4 幅面图纸的长、宽各为多少？图框又是怎么规定的？
2. 虚线、点画线用在什么地方？画虚线时，画、间隔的长如何控制？
3. 在同一张图纸上，同类图线的规格、粗细应保持均匀一致，线宽如何取用？
4. 一个尺寸由哪些要素组成？每个要素又有什么绘制要求？
5. 尺寸数字与画图的比例是什么关系？与物体的大小是什么关系？与尺寸单位又是什么关系？
6. 如何分析平面图形中的已知线段、中间线段和连接线段？画图时，这些线段的先后顺序如何？
7. 徒手绘制直线、圆、椭圆的要点有哪些？应如何观察和绘制图形？



第 2 章

投影的基础知识

学习要点

1. 理解投影法原理和分类;
2. 掌握正投影的实形性、积聚性和类似性特点;
3. 掌握三视图的形成方法,理解“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律;
4. 掌握简单形体的三视图画法。

2.1 投影法和投影特性

2.1.1 投影法及其分类

在工程建设和科学研究的活动中,为了便于空间构思和直观地表达空间构造,经常需要用图样来表达和交流思想。投影理论为三维空间的平面表达提供了重要基础。

如图 2.1a 所示,有平面 P 以及不在该平面上的一点 S ,需作出点 A 在平面上的图像。将 S 、 A 连成直线,作出 SA 与平面 P 的交点 a ,即为点 A 的图像。平面 P 称为投影面,点 S 称为投射中心,直线 SA 称为投射射线,点 a 称为点 A 的投影(这里规定空间点用大写字母标记,投影用小写字母标记)。这种产生图像的方法称为投影法。

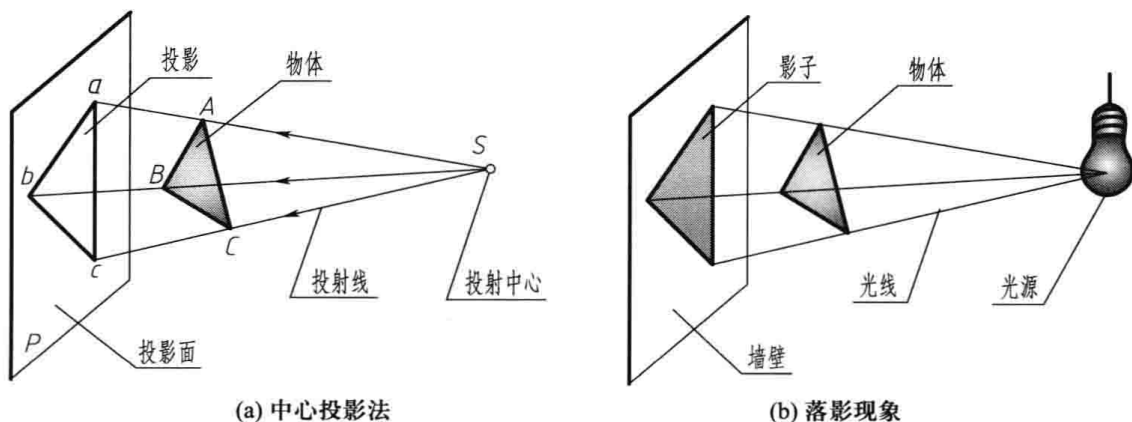


图 2.1 投影法与落影

物体在灯光或日光照射下产生落影的现象,就是投影法的一种实例,见图 2.1b。

由此可知,形成投影必须具备三个要素,即投射中心(或投射方向)、投影面和物体。
投影法分为中心投影法和平行投影法两类。

1. 中心投影法

如图 2.1a 所示,中心投影法是当投射中心 S 距投影面 P 有限远时,求作投影的方法。例如放电影、照相及观看景物等都可以看作中心投影法。这种投影法的特点是所有的投射线都交于投射中心 S ,投影的形状和大小随投射中心、物体和投影面三者之间的距离变化而改变。

2. 平行投影法

如图 2.2 所示,平行投影法是当投射中心 S 移到无限远处时,求作投影的方法。例如物体在太阳光下产生影像就可以看作平行投影法。这种投影法的特点是所有的投射线互相平行,因此改变物体和投影面之间的距离不会改变投影的形状和大小。

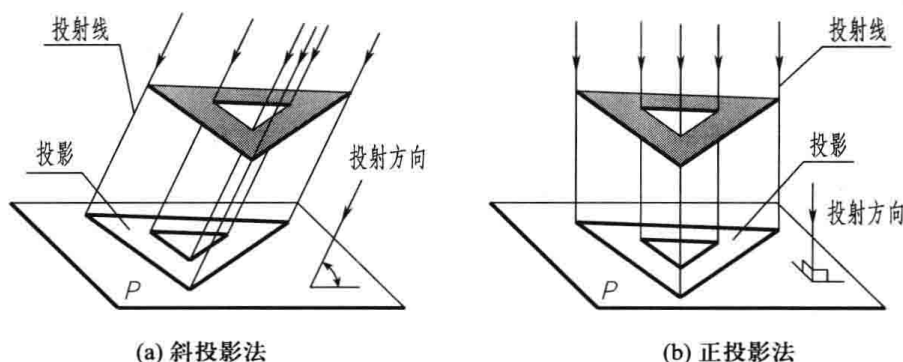


图 2.2 平行投影法

平行投影法按投射线与投影面的倾角不同又分为斜投影法和正投影法:

(1) 斜投影法 当投射方向与投影面倾斜时求作投影的方法,如图 2.2a 所示;

(2) 正投影法 当投射方向与投影面垂直时求作投影的方法,如图 2.2b 所示。

工程图样主要是根据正投影法绘制的,因此本书的重点是讲授正投影法。为了便于叙述,除特别指出外,书中所称的投影均指正投影。

2.1.2 点、直线、平面的投影特性

画物体的投影图,实质上就是画出物体各个表面及每条轮廓线的投影。因此,熟悉点、直线和平面的正投影特性,是画物体投影图的基础。

1. 点的投影

由空间点向投影面引一垂直的投射线,则投射线与投影面的交点为点的投影,故点的投影仍为点。

2. 直线的投影

直线的投影为直线上两点投影的连线。直线对投影面的相对位置有三种状态,其投影特性各不相同:

(1) 当直线段平行于投影面时,其投影反映线段的实长,如图 2.3a 所示;

(2) 当直线垂直于投影面时,其投影积聚成一点,具有积聚性,如图 2.3b 所示;

(3) 当直线段倾斜于投影面时,其投影为比实长短的线段,如图 2.3c 所示。



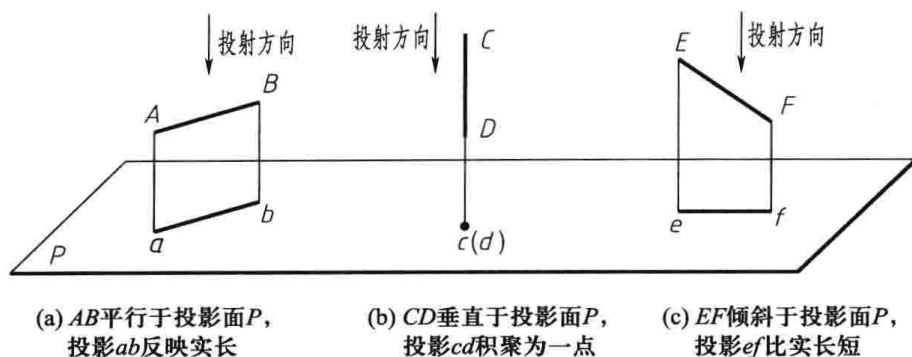


图 2.3 直线的投影特性

3. 平面的投影

平面对投影面的相对位置有三种状态,当平面采用闭合线框围成的平面图形来表示,其投影特性如下:

- (1) 当平面平行于投影面时,其投影反映该平面的实形,具有实形性,如图 2.4a 所示;
- (2) 当平面垂直于投影面时,其投影积聚成一直线,具有积聚性,如图 2.4b 所示;
- (3) 当平面倾斜于投影面时,其投影是与原图形边数相同、凹凸性和平行性不变的相仿形,具有类似性,如图 2.4c 所示。

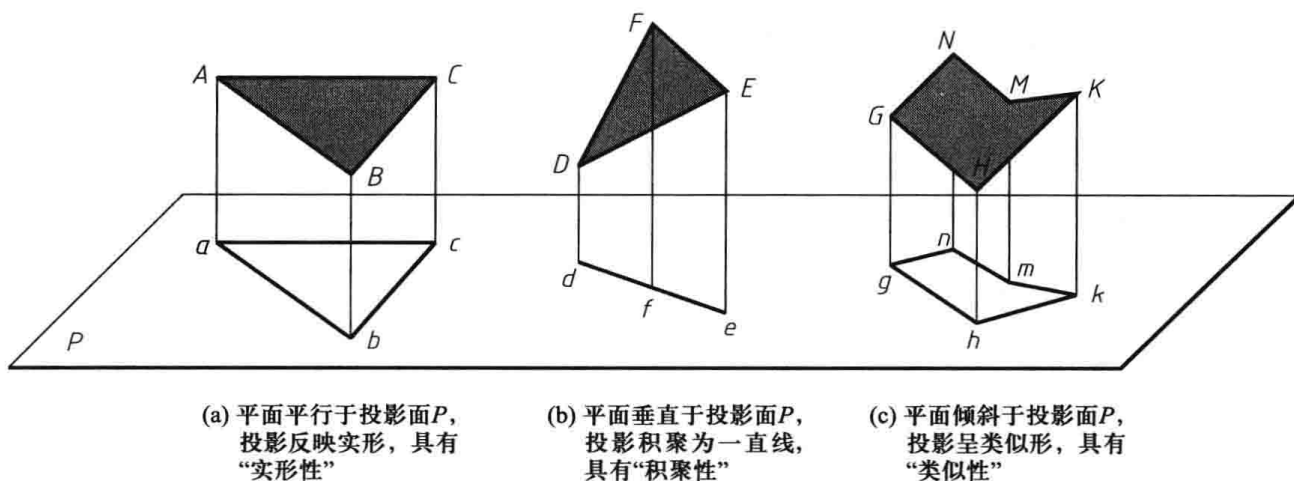


图 2.4 平面的投影特性

2.2 工程中常用的四种投影图

为了满足工程设计施工中形体表达的需要,根据投影法绘制的工程图样:一要度量性好,能准确清晰地反映物体的形状和大小;二要直观性强,富于立体感,使人们易于了解空间物体的形状;三要作图简便,便于成图。由于图样所表达的对象(如建筑物、机器、地形等)不同,表达的目的(用作施工依据或仅为了了解概貌)不同,可采用不同的投影法得到不同的投影图。工程中常用的投影图有:多面正投影图、轴测投影图、标高投影图及透视投影图。

2.2.1 多面正投影图

多面正投影图是用多个正投影表达物体各个观测方向而得到的投影图(简称正投影图,详见本章 2.3 节)。图 2.5 是一幢小房子的三面投影图。

这种图的特点是:度量性好,可真实地表现物体的多数表面形状,作图简便,适用于表达设计、施工思想的技术文件,它是工程设计中采用的主要表达方法。其缺点是直观性不强,需具有投影知识才能看懂它。

2.2.2 轴测投影图

轴测投影图是一种采用平行投影法绘制的单面投影图(详见第 7 章)。如图 2.6 是图 2.5 所示的房屋轴测投影图。

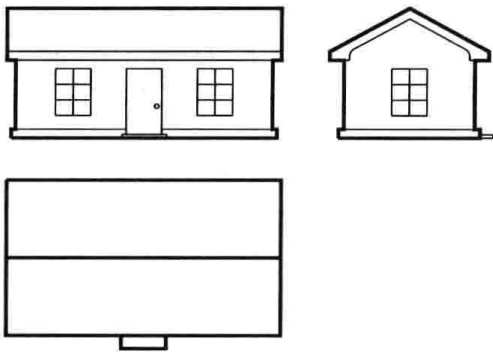


图 2.5 房屋三面投影图

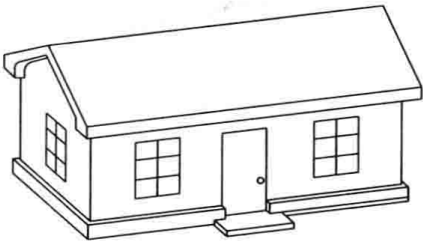
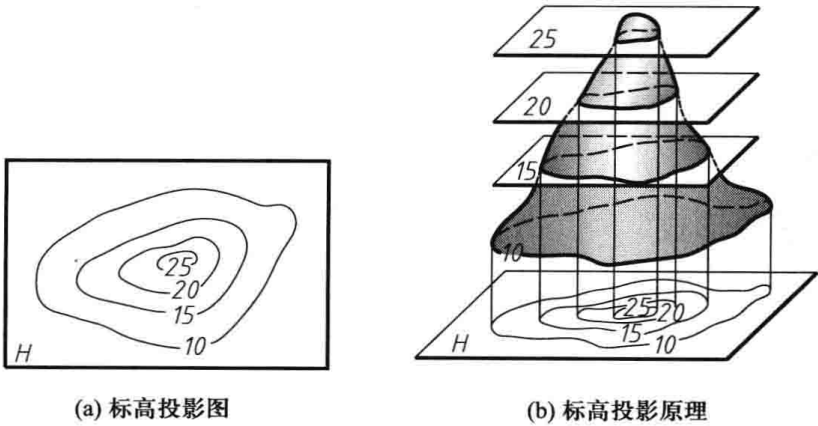


图 2.6 房屋轴测投影图

这种投影图的特点是:具有立体感,直观性好。但是作图较费时,物体表面形状常常变形,因此多用作辅助图样。

2.2.3 标高投影图

标高投影图是一种单面正投影图(详见第 10 章),多用来表达地形及复杂曲面。图 2.7a 所示是一个小山丘的标高投影图,它是假想用一组高度差相等的水平面切割地面,见图 2.7b,将所



(a) 标高投影图

(b) 标高投影原理

图 2.7 标高投影图

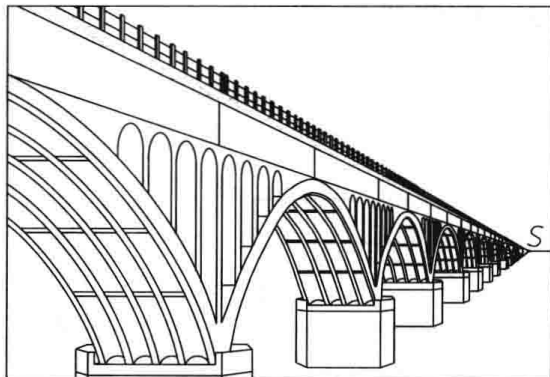
得到的一系列交线(称为等高线)投射在水平投影面上,并用数字标出这些等高线的高程而得到的投影图,也常称为地形图。

2.2.4 透视投影图

透视投影图是按中心投影法绘制的单面投影图,图 2.8a、b 分别是一水闸实景图片和渡槽的透视图。透视图的优点是形象逼真,与人的视觉效果比较一致(图中等高栏杆柱的投影近大远小的效果),特别适用于绘制大型建筑物的直观图。但是作图费时,物体表面形状变形,不易度量。



(a) 水闸实景图片



(b) 渡槽透视图

图 2.8 透视图

2.3 物体的三面投影图

2.3.1 三投影面的建立

当物体与投影面的相对位置确定后,其投影是唯一确定的。但仅有物体的一个投影,则不能确定它的空间形状、大小和位置。如图 2.9 所示,当长方体上、下底面平行于投影面 P 时,其投影为长方形,但是 P 面上的这个长方形却可以是几种不同形状物体的投影。因此,工程中常采用物体在两个或三个互相垂直的投影面上的投影来表达物体。

为了得到物体的三面投影,并建立三面投影的相互关系,可设立三个互相垂直的投影面:水平面(H)、正立面(V)、侧立面(W),如图 2.10 所示。这三个投影面常称为基本投影面。两投影面之间的交线称为投影轴: H 、 V 面交线为 X 轴; H 、 W 面交线为 Y 轴; V 、 W 面交线为 Z 轴。三投影轴交于一点 O 为原点。

2.3.2 三面投影图的形成

将物体放在三投影面体系中,按照投影法原理,物体始终处在观察者和投影面之间,无论对哪个投影面投射,物体保持不动,人→物体→投影面三者的相对位置关系不变,仅改变投射方向,如图 2.11a 中箭头所示。

为了使投射得到的投影图易画、易看,应尽量把物体的主要面放置得与基本投影面平行,以使它们的投影反映真实形状。画图时,把投射线看作视线,按直线、平面的投影特性,将物体上的

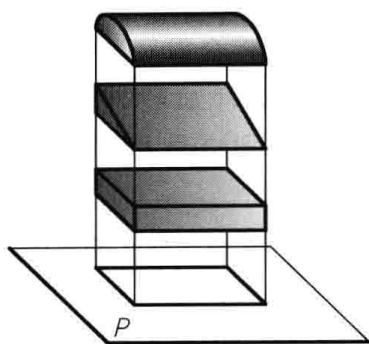


图 2.9 一个投影不能确定物体形状

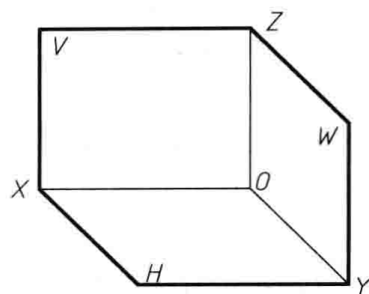
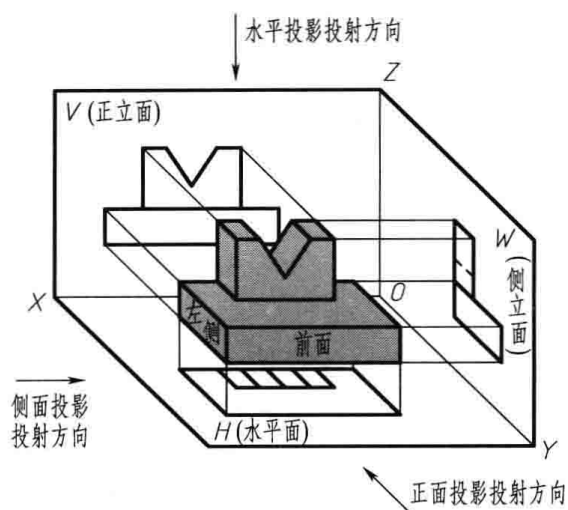
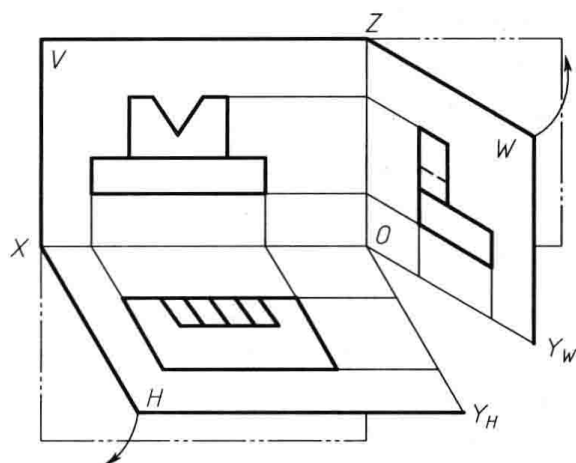


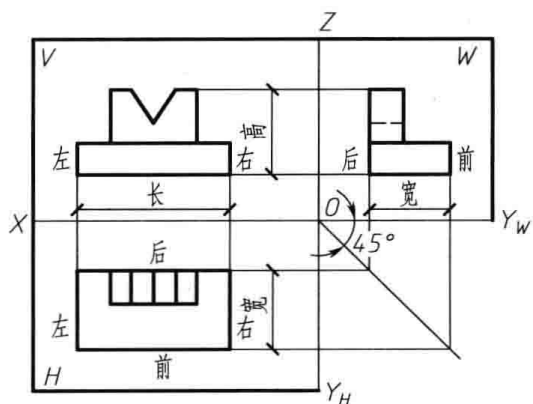
图 2.10 投影面体系与投影轴



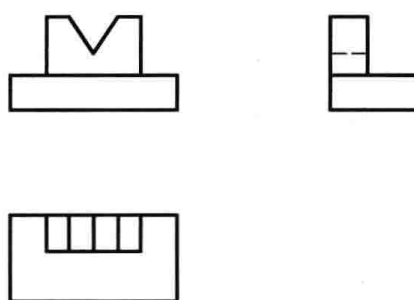
(a) 把物体向投影面投射



(b) 投影面展开



(c) 投影面展开后三面投影图的关系



(d) 三面投影图

图 2.11 三面投影图的形成

每个面、每条线向各投影面分别作投射,能看见的物体轮廓线画粗实线,不能看见的物体轮廓线画虚线。

作正面投影时,投射线垂直于 V 面,由前向后作投射。

作水平投影时,投射线垂直于 H 面,由上向下作投射。



作侧面投影时,投射线垂直于 W 面,由左向右作投射。

要把三个互相垂直的投影面上的投影画在一个平面上,需要把三个投影面展开。展开方法约定为: V 面不动,将 H 面与 W 面沿 OY 轴分开,然后 H 面绕 OX 轴向下旋转, W 面绕 OZ 轴向右旋转,直至与 V 面在同一平面为止,如图2.11b所示。这时 OY 轴分别位于 H 和 W 面上,在 H 面上的标记为 OY_H ,在 W 面上的标记为 OY_W 。

投影面展开后,三面投影的布置如图2.11c所示,正面投影在左上方,水平投影在它的下方,侧面投影在它的右侧。由于物体投影图的形状、大小与投影面边框、投影轴无关,因此在讨论三投影关系时,仅用投影轴表示投影面的分区,当不需要表示投影面的分区时,投影面边框和投影轴都不画出,得到的三面投影图如图2.11d所示。

2.3.3 三面投影的基本规律

1. 度量对应关系

为了便于叙述,在这约定: OX 轴向尺寸称为长, OY 轴向尺寸称为宽, OZ 轴向尺寸称为高。从图2.11可以看出:

正面投影反映物体的长和高;

水平投影反映物体的长和宽;

侧面投影反映物体的宽和高。

因为三个投影表示的是同一物体,而且在作各投影时,物体与各投影面的相对位置保持不变,所以无论是整个物体,还是物体的各个细部,三个投影之间必然保持下列关系:

正面投影与水平投影长度相等且对正;

正面投影与侧面投影高度相等且平齐;

水平投影与侧面投影宽度相等。

三面投影图的这种投影关系亦称“三等规律”,常简叙为“长对正,高平齐,宽相等”。它反映了一个物体在三个互相垂直的投影面上投射得到的各投影之间的度量(线段长度)关系,这种度量关系不仅在画图时要足够重视,在读投影图时也是重要的依据。

画投影图时,“长对正”和“高平齐”关系用尺对齐就可以保证,而水平投影与侧面投影之间的“宽相等”关系往往会忽视。“宽相等”最简便的作法是用分规或直尺度量,使水平投影和侧面投影取相同宽度,如图2.12a所示。也可以按图2.11c、图2.12b、c、d所示的作图方法求作。需要注意的是,借助 45° 线作图时必须保证 45° 线画准确,稍有偏差都会使得宽不相等。

2. 位置对应关系

为了便于叙述,在这里约定:观察者面向 V 面,物体上靠近观察者的一侧为前面,靠近 V 面的一侧为后面。观察图2.11a可知:

正面投影反映物体左右、上下关系;

水平投影反映物体左右、前后关系;

侧面投影反映物体上下、前后关系。

在三面投影图中,水平投影和侧面投影中靠近正面投影的一侧是物体的后面,远离正面投影的一侧是物体的前面,如图2.11c所示。图中有“V”形槽的形体处于底板的上方、后方和左右的中间位置,因此它的水平投影和侧面投影都在底板投影靠近正面投影的一侧。由于“V”形槽两



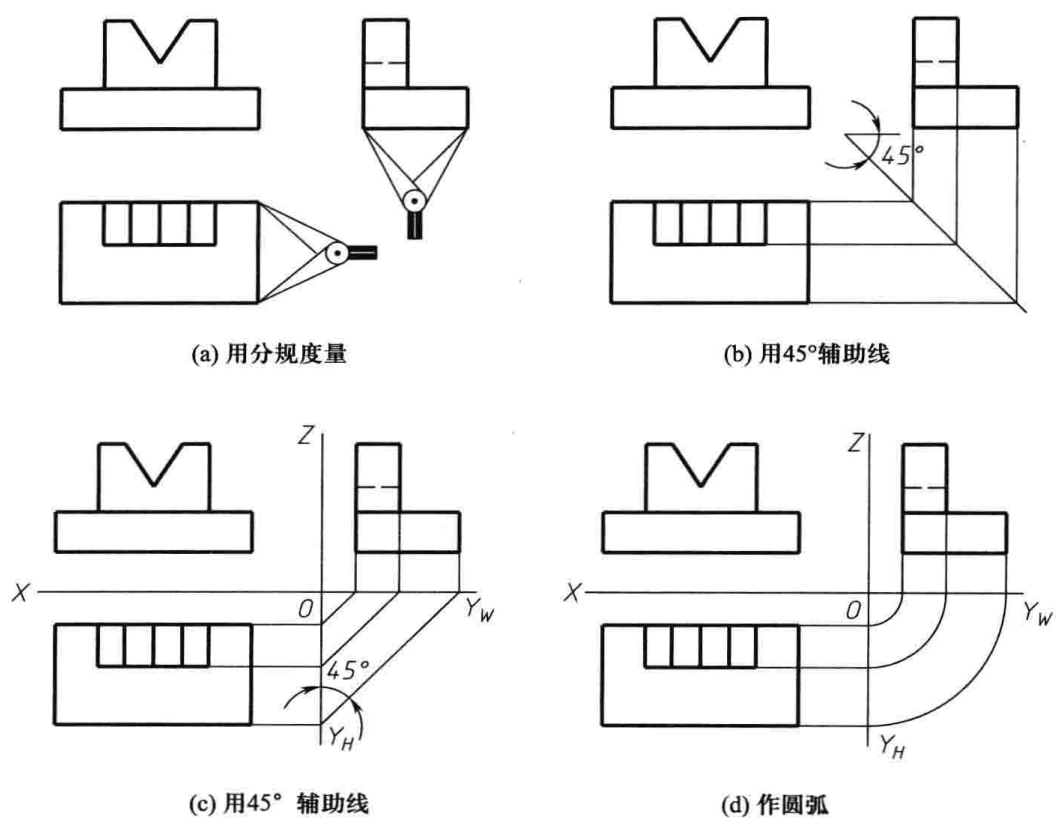


图 2.12 “宽相等”的作图方法

斜面的交线的侧面投影不可见, 所以用虚线表示。

用正投影法所绘制的物体的这种投影图也称为视图, 所以在实际应用中三面投影图又称为三视图, 正面投影称为正视图; 水平投影称为俯视图; 侧面投影称为左视图(或侧视图)。

例 2.1 画出图 2.13a 所示物体的三视图。

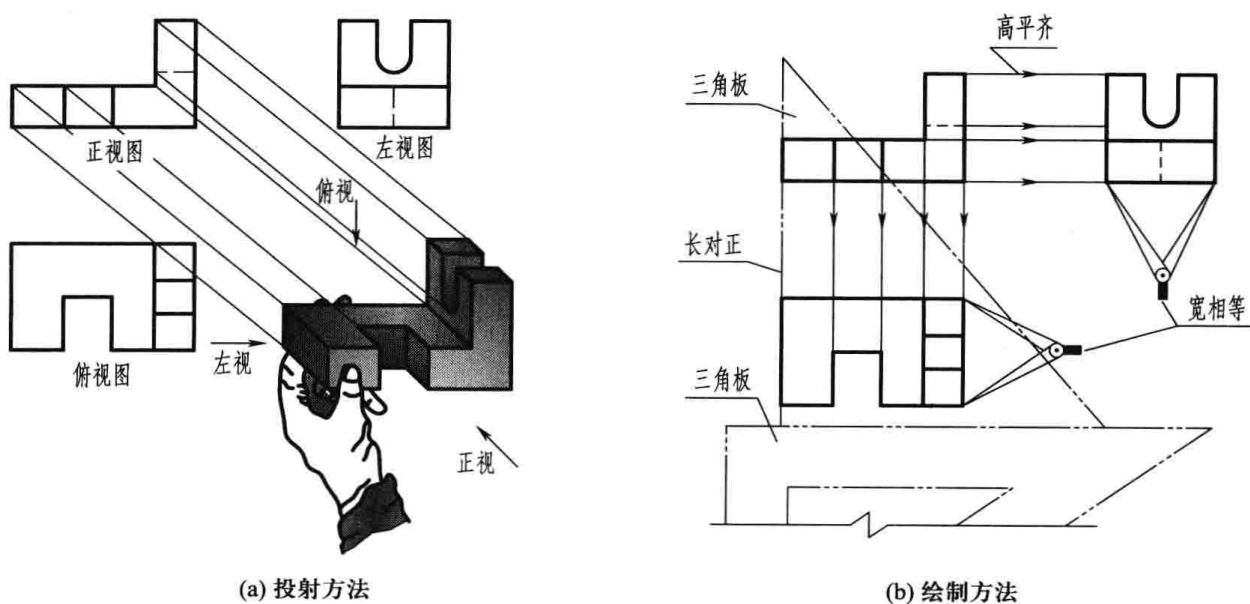


图 2.13 绘三视图的方法



解：该物体可看成由两块长方体经切割和叠加而成。

正视图的投射方向如图中正视箭头所示,右边长方体上有一半圆槽口是看不见的轮廓线,因此正视图中画虚线表示;俯视图的投射方向如图中俯视箭头所示,并画在正视图的下方,两者保持“长对正”的投影关系;左视图的投射方向如图中左视箭头所示,并画在正视图的右边,两者保持“高平齐”的投影关系,底部长方体上有一长方形槽是看不见的轮廓线,因此图中画虚线表示。俯视图与左视图之间是“宽相等”的投影关系。由此可见,画视图时轮廓线的可见与不可见是相对于投射方向而言的,画图时需要明确投影面和投射方向。

为保证三视图之间“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律,绘图时可借助于三角板和分规作图,如图 2.13b 所示。正视图和左视图的“高平齐”以及正视图和俯视图的“长对正”,需要用两块三角板配合画图;俯视图与左视图的“宽相等”,需要用分规或圆规进行度量。

3. 画物体三视图的注意事项

(1) 把物体的主要面置于平行于投影面位置,并在向三投影面作投射的过程中保持物体的原来位置和方向不变。

(2) 画各个视图时,应意识到生成当前投影的投射方向垂直于该投影所在的投影面。

(3) 注意观察物体上各个面(包括当前投射方向上所有看得见的和看不见的面)与投影面的相对位置是垂直、平行或倾斜,从而分析它们的投影具有积聚性、还是反映实形或类似形。

(4) 三个视图之间必须符合度量关系和位置关系的投影规律,特别要注意俯视图与左视图的宽度应相等,并且所表达物体的前后关系正确。

4. 读物体三视图的注意事项

根据视图想象物体的空间形状称之为读图(或看图)。读图的方法将在第 6 章讨论,这里简单介绍根据三视图投影规律读图的几点注意事项:

(1) 弄清各视图的名称和投射方向。

(2) 注意运用三视图的投影规律读图。读图时可利用“长对正、高平齐、宽相等”的规律及位置对应关系,找出投影图中各部分图形的对应位置并想出其形状。如观察图 2.13b,可知该物体由一块水平放置开有方形槽的长方形板和右侧上面叠加一块开有 U 形槽的长方形板组成。

(3) 要三个投影图配合看。如图 2.14a~d 所示的形体,俯视图都相同,配合正视图,就可以看出它们是四个不同的形体。又如图 2.15a~d 所示的形体,俯视图和正视图都相同,而左视图不同,它们表示的形体也不同。

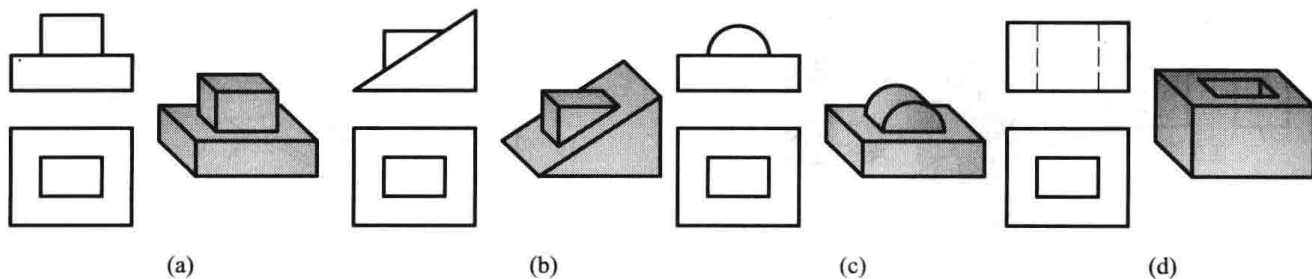


图 2.14 简单形体读图例一

(4) 注意虚实线的变化。如图 2.16a~c 所示的形体,都是由两块直角梯形板和一块长方形板组成,正视图上虚实线的变化反映了三块板前后叠合顺序各不相同。

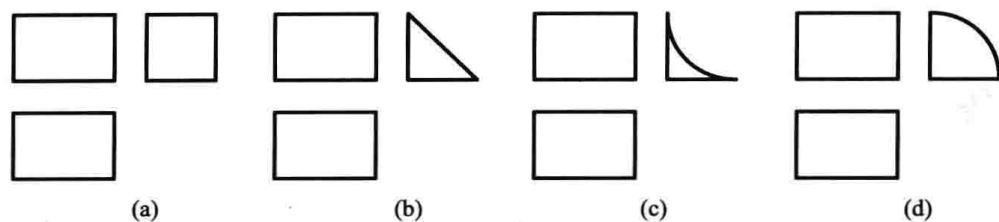


图 2.15 简单形体读图例二

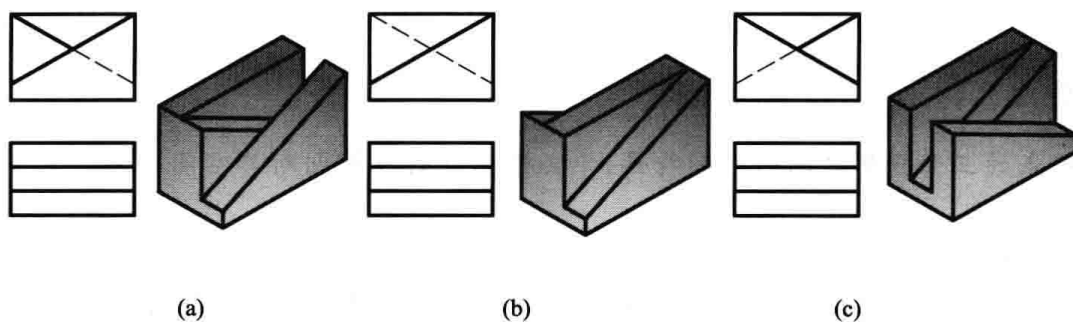


图 2.16 简单形体读图例三

思考题

1. 投影法如何分类,有哪几种,什么是正投影法?
2. 直线、平面分别有哪三个投影特性?
3. 常用的投影图有哪四种?为什么多面正投影图被用作工程图样的主要表达方法?
4. 作物体的三视图有哪些规定和要求?
5. 物体的上下、左右、前后位置关系需要几个视图确定,这对绘制三视图有什么指导作用?
6. “长对正、高平齐、宽相等”分别指的是哪两个视图之间的关系?



第3章

点、直线、平面

学习要点

1. 掌握点的三面投影之间的投影特性,学会根据点的投影判断其空间位置。掌握点的辅助投影的作图方法;
2. 熟悉各种位置直线的投影特性。掌握线段上点的投影特性。掌握两直线平行、相交、交叉以及两直线垂直的投影特性及作图方法。掌握用辅助投影求解一般位置线段实长和倾角的方法;
3. 熟悉各种位置平面的投影特性,结合形体的投影,练习分析平面体上各个平面的空间位置。掌握属于平面的点和直线的几何条件及作图方法;
4. 掌握直线与平面、平面与平面之间平行、相交的空间几何关系和投影特征。掌握特殊位置线面垂直、面面垂直的空间关系及其投影作图方法;
5. 学会利用辅助投影求解空间几何问题的分析方法。

任何物体的表面都可以看成是由点、线和面所组成,任何复杂的空间几何问题都可以抽象成点、线、面的相互关系问题。因此,要正确、迅速地画出物体的投影和分析空间几何问题,须掌握点、线、面的表示方法和投影性质。

3.1 点

过空间点 A 的投射线与投影面 P 的交点 a 称为点 A 在投影面 P 上的投影,如图 3.1a 所示。

仅有点的一个投影不能还原出点的空间位置。如图 3.1b 所示,点 A 的投影 a 可以是过 a 的投射线上任一点(如 A 、 A_1 、 A_2 等)的投影。因此,正投影法采用多面正投影来确定点的空间位置。

图 3.2 表示点 A 在相互垂直的 $\frac{V}{H}$ 两投影面体系中的投影。根据正投影的原理,过 a 、 a' 分别作 H 面、 V 面的垂线,交点即为空间点 A 。因此,点的两面投影即可完全确定点的空间位置。



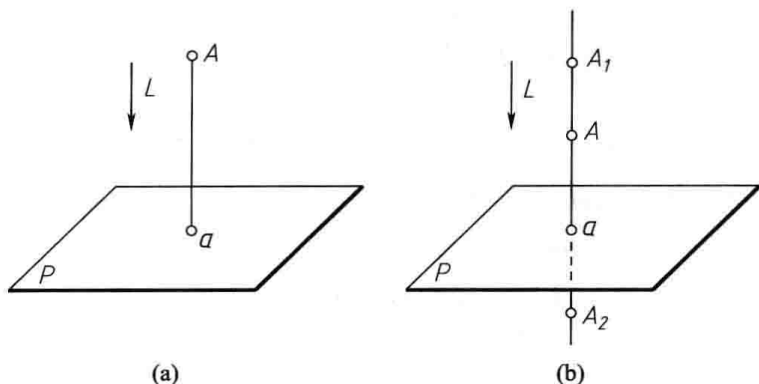


图 3.1 点的单面投影

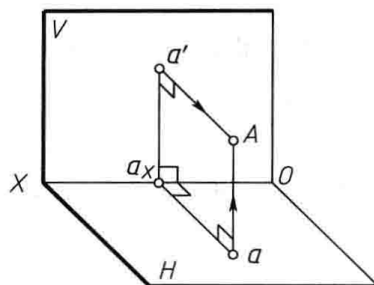


图 3.2 点的两面投影

3.1.1 点的三面投影及投影规律

1. 点的三面投影

如图 3.3 所示,将空间点 A 分别向 H 、 V 、 W 三个两两相互垂直的投影面投射,得到点 A 的三个投影 a 、 a' 、 a'' ,分别称为点 A 的水平投影、正面投影和侧面投影。

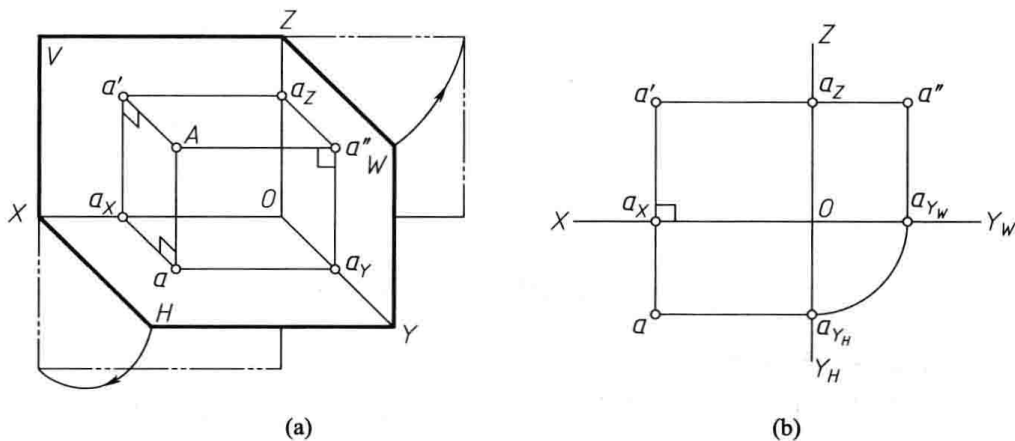


图 3.3 点的三面投影

2. 点的投影规律

如图 3.3a 所示,投射线 Aa 和 Aa' 构成平面 Aaa_xa' ,因

$$Aa \perp H \text{ 面}, Aa' \perp V \text{ 面}$$

则

$$Aaa_xa' \perp H \text{ 面}, \text{ 又 } \perp V \text{ 面}$$

因三平面互相垂直,其交线必互相垂直,故

$$a'a_x \perp OX, aa_x \perp OX$$

投影面展开后(图 3.3b),得 $a'a \perp OX$,又因 Aaa_xa' 是一矩形,故

$$aa_x = Aa' = \text{点 } A \text{ 至 } V \text{ 面的距离}$$

$$a'a_x = Aa = \text{点 } A \text{ 至 } H \text{ 面的距离}$$

同理可得:

$$a'a'' \perp OZ$$



$a'a_z = Aa'' = \text{点 } A \text{ 至 } W \text{ 面的距离}$

$a''a_z = Aa' = \text{点 } A \text{ 至 } V \text{ 面的距离}$

综上所述,点的三面投影规律是:

(1) 点的正面投影与水平投影的连线垂直于 OX 轴;点的正面投影与侧面投影的连线垂直于 OZ 轴;点的水平投影到 OX 轴的距离等于点的侧面投影到 OZ 轴的距离,即:

$$a'a \perp OX; a'a'' \perp OZ; aa_x = a''a_z$$

(2) 点的投影到投影轴的距离,等于该点到另一投影面的距离,即:

$$a'a_x = a''a_{y_w} = Aa (\text{点 } A \text{ 至 } H \text{ 面的距离});$$

$$aa_x = a''a_z = Aa' (\text{点 } A \text{ 至 } V \text{ 面的距离});$$

$$a'a_z = aa_{y_h} = Aa'' (\text{点 } A \text{ 至 } W \text{ 面的距离}).$$

例 3.1 如图 3.4a 所示,已知点 A 的两面投影 a' 、 a'' ,求 a 。

解: 根据点的三面投影规律可知, $aa' \perp OX$, $aa_x = a''a_z$ 。因此作图方法如图 3.4b 或 c 所示。

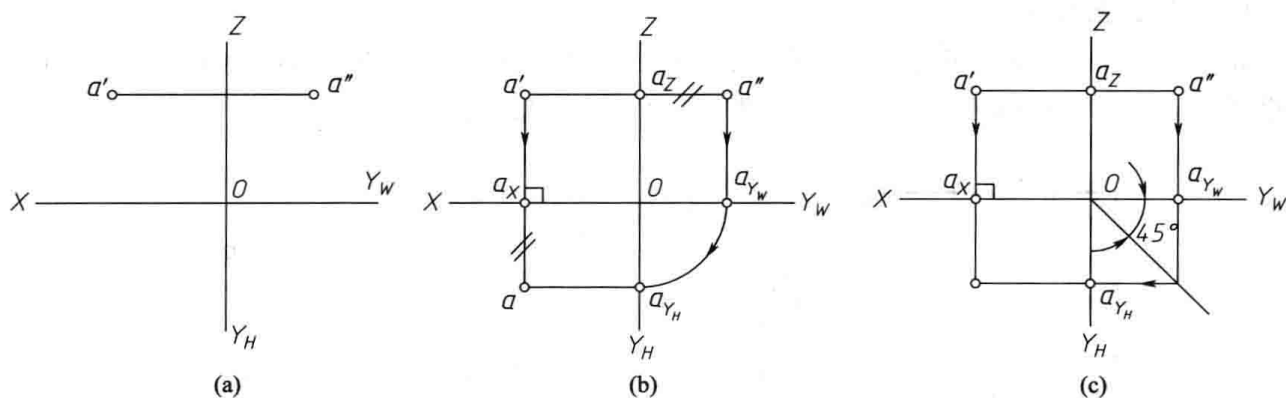


图 3.4 已知点的两投影求第三投影

3. 点的投影与直角坐标的关系

如图 3.5 所示,互相垂直的三个投影轴构成一个空间直角坐标系,空间点 A 的位置可以用坐标值 $A(x, y, z)$ 表示。点的投影与坐标之间的关系为:

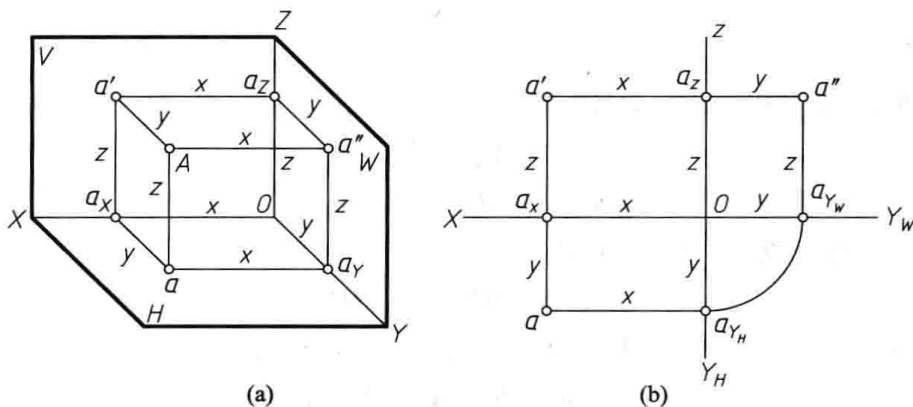


图 3.5 点的投影与直角坐标的关系

$$a'a_z = aa_{y_h} = Aa'' = x;$$



$$aa_x = a''a_z = Aa' = y;$$

$$a'a_x = a''a_{y_w} = Aa = z。$$

例 3.2 已知点 A 的坐标为 $(20, 10, 15)$, 求作点 A 的投影。

解: 画投影轴, 如图 3.6a 所示, 分别在 OX 、 OY 、 OZ 轴上取 20、10、15, 得 a_x 、 a_{y_H} 、 a_{y_w} 、 a_z 。过 a_x 、 a_{y_H} 、 a_{y_w} 、 a_z 分别作 OX 、 OY 、 OZ 轴的垂线, 两两相交得交点 a 、 a' 、 a'' , 即点 A 的三个投影, 如图 3.6b 所示。

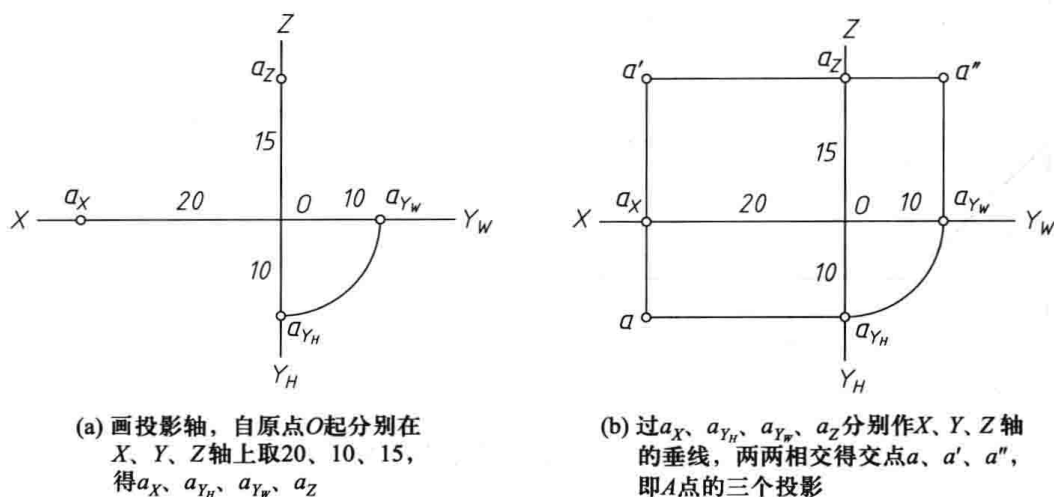


图 3.6 根据点的坐标求点的投影

4. 点的直观图

直观图是根据轴测投影画出的(见第 7 章)。图 3.7 表示了空间点 $A(20, 8, 15)$ 三面投影的直观图的画法。

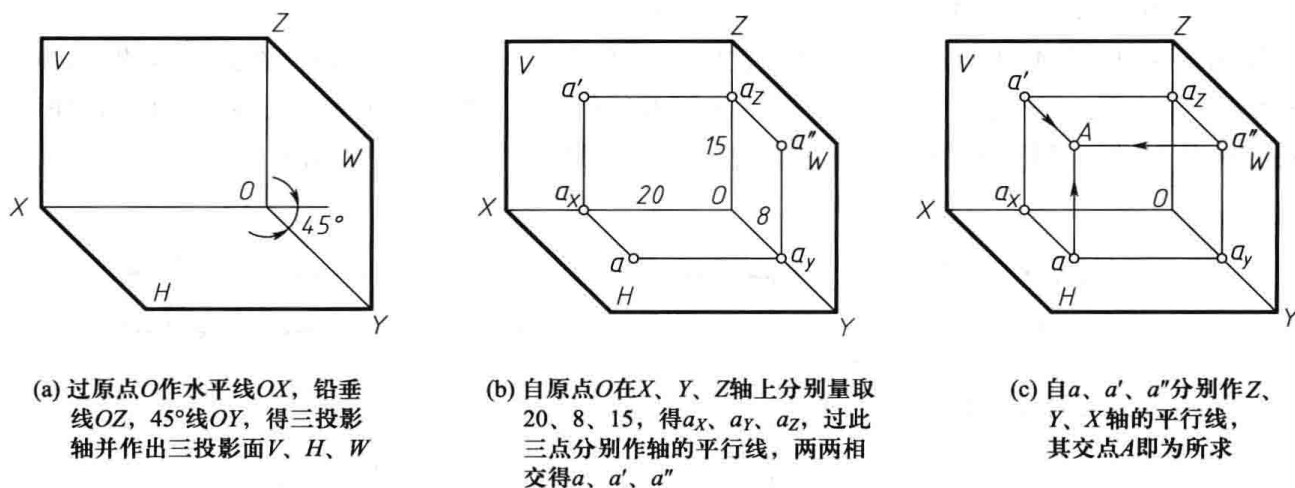


图 3.7 点的直观图

5. 特殊位置点和不同分角内的点

(1) 特殊位置点的投影 在特殊情况下, 点可能处于投影面上或投影轴上, 如图 3.8 所示。点在某投影面上时, 该面投影与空间点本身重合, 其余投影在相应的投影轴上, 如图 3.8 中的点 E 、点 F ; 点在某投影轴上时, 其两面投影都与空间点本身重合, 另一投影在坐标原点,



如图 3.8 中的点 G 。

(2) 不同分角内的点 点位于不同分角时,其投影如图 3.8 所示。当投影面展开时, V 面不动, H 面前半部分向下、后半部分向上旋转至与 V 面重合,故点在不同分角时,其投影与 OX 轴的相对位置也不同,如图 3.8b 所示。

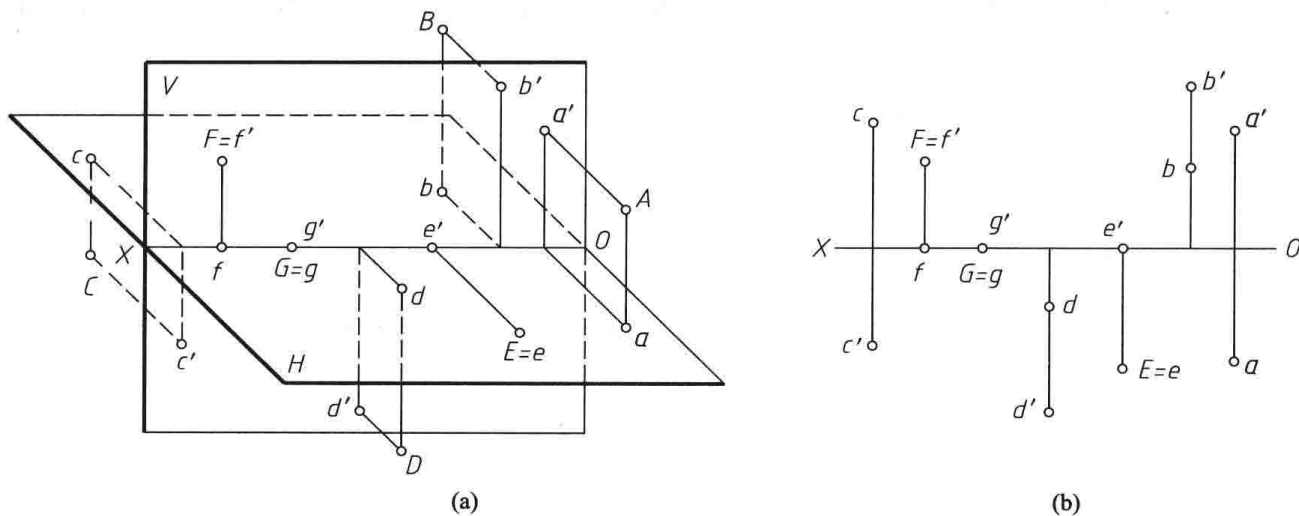


图 3.8 不同分角内和投影面、投影轴上的点

3.1.2 点的相对位置

1. 两点的相对位置

两点的相对位置指的是空间两点的上下、前后、左右位置关系。 x 、 y 、 z 坐标分别反映了点的左右、前后、上下位置。比较两点的坐标,可以看出两点的相对位置: x 大者在左, y 大者在前, z 大者在上。如图 3.9a 中,点 A 在点 B 的左、后、上方。

设图 3.9a 中的 A 、 B 两点是长方体上的两个对角点,见图 3.9b。那么,该长方体的长、宽、高就分别等于 $x_A - x_B$ 、 $y_B - y_A$ 、 $z_A - z_B$ 。只要保持坐标差数值不变,改变长方体与投影面的距离并不影响长方体的尺寸。所以,画物体的投影图时一般不画投影轴,如图 3.9c 所示。

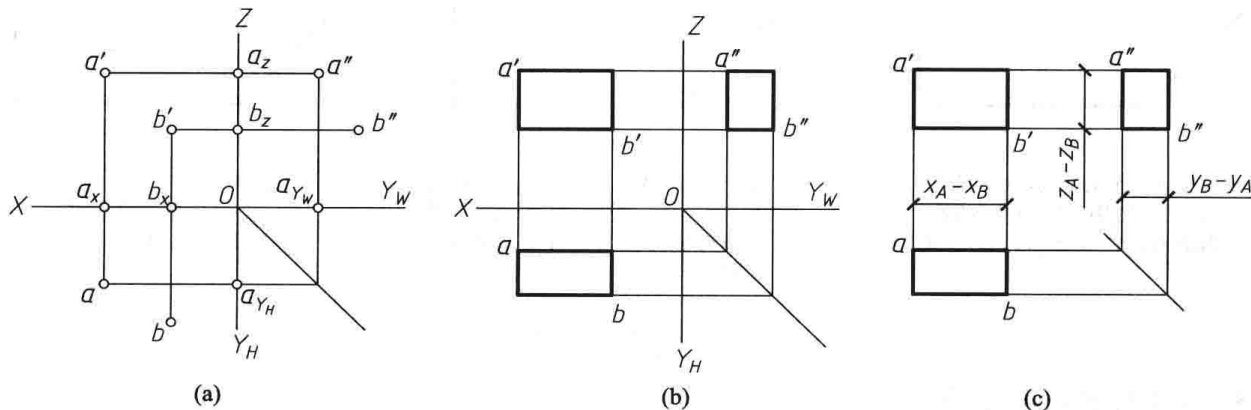


图 3.9 两点的相对位置

物体的三面投影图应该符合点的三面投影规律及两点的相互位置关系,这就是“长对正、高

平齐、宽相等”规律的依据。

2. 重影点及其可见性

当两点处于同一投射线上时,它们在该投射线所垂直的投影面上的投影必然重合,这两点称为对该投影面的重影点。

图 3.10a 中,点 A 、 B 是对 H 面的重影点,它们的 H 面投影 a 、 b 重合成一点,为重合投影;点 B 、 C 是对 W 面的重影点, b'' 、 c'' 重合成一点,为重合投影。

为区分重影点的可见性,将点的不可见投影加括号表示。如图 3.10 中点 A 、 B 的水平投影重合,从正面投影可以看出点 A 比点 B 高,所以 a 可见, b 不可见,用“ (b) ”表示;点 B 、 C 的侧面投影重合,从水平投影可知,点 B 在点 C 的左面,所以 c'' 不可见,用“ (c'') ”表示。

因此,区分重影点重合投影的可见性,就是根据另外两个投影比较两点的高低、前后、左右关系,距离投影面远的点可见,距离投影面近的点不可见,不可见的投影加括号以示区别。

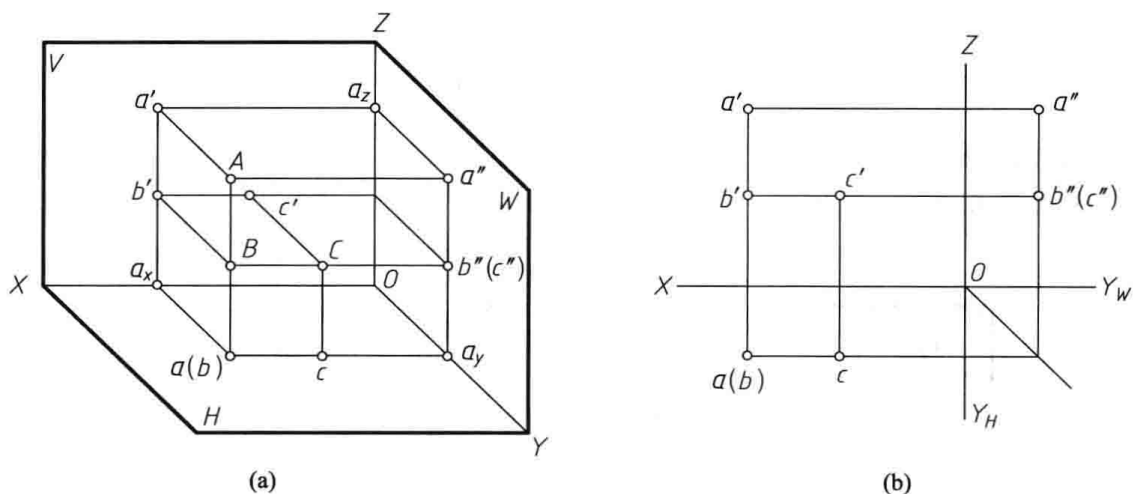


图 3.10 重影点及其可见性

3.1.3 点的辅助投影

在求解空间几何问题时,为了有利于作图,可设置一个与某一基本投影面垂直的新投影面,用来替换另一基本投影面,借以辅助解题。这种新投影面称为辅助投影面,在此面上得到的新投影称为辅助投影。

图 3.11a 中,新投影面垂直于 H 面,用 V_1 标记。图 3.12a 中,新投影面垂直于 V 面,用 H_1 标记。新投影面与它所垂直的原投影面形成新投影面体系,它们的交线称为新投影轴,用 X_1 标记。点在 V_1 面上的投影用 a'_1 、 b'_1 ...表示,在 H_1 面上的投影用 a_1 、 b_1 ...表示。应该指出:辅助投影面必须垂直于原投影面体系中的一个投影面,才能构成新的两投影面体系,应用正投影原理作出新的辅助投影。

我们把与新投影面垂直的原投影面称为不变投影面,该面上的投影称为不变投影;把被新投影面所替换的原投影面称为旧投影面,该面上的投影称为旧投影。

如图 3.11a 所示,以新投影面 V_1 替换旧投影面 V ,即以新投影面体系 $\frac{V_1}{H}$ 替换旧投影面体系



$\frac{V}{H}$, 如果已知点 A 在旧投影面体系 $\frac{V}{H}$ 中的投影 a, a' , 求作 V_1 面上的新投影 a'_1 的方法是: 自点 A 向 V_1 面作垂线, 得垂足 a'_1 , 即点 A 在 V_1 面上的投影。根据正投影规律可知: $a'_1 a_{X_1} = Aa = a' a_X$, 当 V_1 面绕 X_1 轴旋转至与 H 面重合后, $aa'_1 \perp X_1$ 轴。在投影图上的作图方法见图 3.11b 所示。

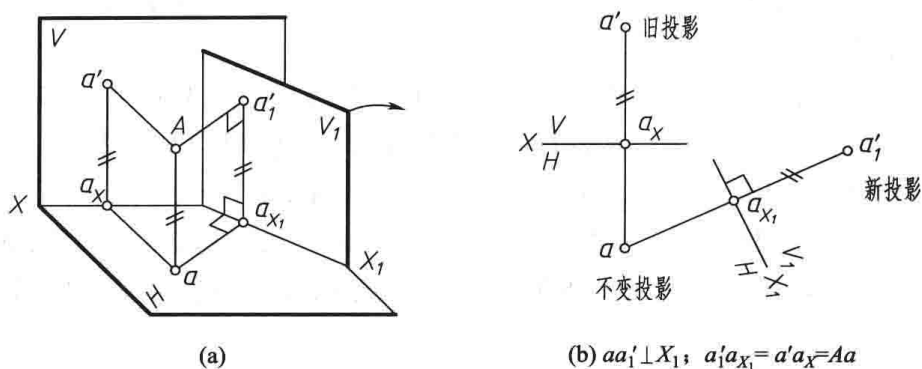


图 3.11 求点在 V_1 面上的新投影

图 3.12 表示用与 V 面垂直的新投影面 H_1 面代替 H 面时, 点 A 的新投影 a_1 的求法。作图方法与图 3.11b 原理相同。

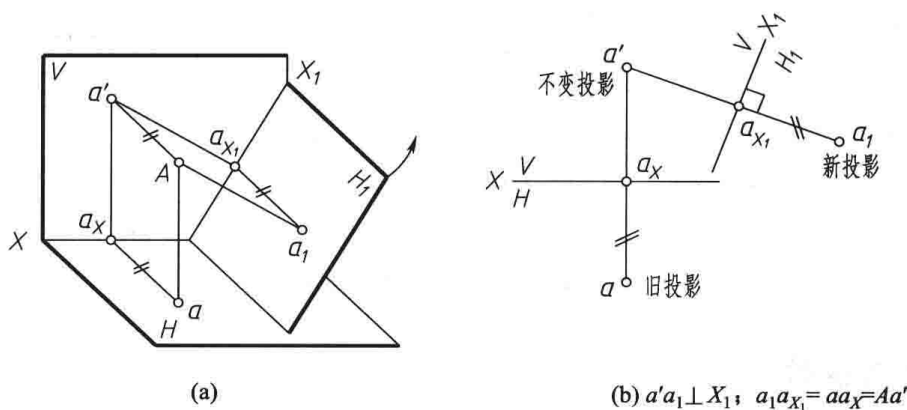


图 3.12 求点在 H_1 面上的新投影

由此可以得出根据点的原有投影求新投影的规律:

- (1) 新投影与不变投影的连线垂直于新投影轴;
- (2) 新投影至新投影轴的距离等于旧投影至旧投影轴的距离。

上述两种情况都只更换了一次辅助投影面, 根据实际需要, 辅助投影面可连续更换。第二次更换时, 新投影面必须垂直于 V_1 (或 H_1) 面, 用 H_2 (或 V_2) 标记, 形成的新投影轴用 X_2 标记, 点的新投影用 $a_2, b_2 \dots$ (或 $a'_2, b'_2 \dots$) 表示。

如图 3.13 所示, 在原 $\frac{V}{H}$ 体系中, 第一次设立辅助投影面 $V_1 \perp H$, 用 $\frac{V_1}{H}$ 体系代替 $\frac{V}{H}$ 体系

后, 再次设立辅助投影面 $H_2 \perp V_1$ 形成 $\frac{V_1}{H_2}$ 体系, 代替 $\frac{V_1}{H}$ 体系, 投影面展开时, 先将 H_2 面绕 X_2 轴转至与 V_1 面重合, 再随 V_1, H 面展至与 V 面重合。因 H_2, H 面都垂直于 V_1 面, 故 $a'_1 a_2 \perp X_2$



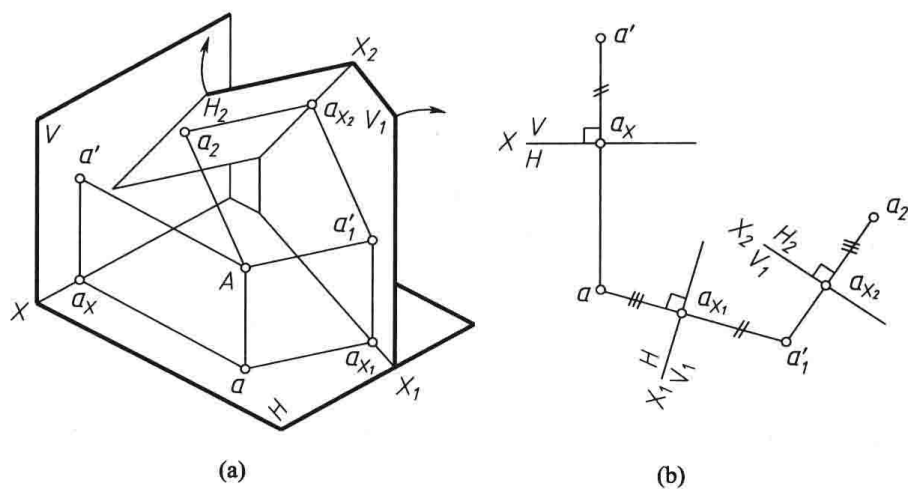


图 3.13 作点的二次辅助投影 $\left(\frac{V}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H} \rightarrow \frac{V_1}{H_1} \rightarrow \frac{V_2}{H_2}\right)$

轴, $a_2 a_{x_2} = A a'_1 = a a_{x_1}$ 。

设立辅助投影面时,也可以先设立 H_1 面再设立 V_2 面,按 $\frac{V}{H} \rightarrow \frac{V}{H_1} \rightarrow \frac{V_2}{H_1}$ 的顺序进行,如图 3.14 所示。总之,两个投影面应交替地进行更换。

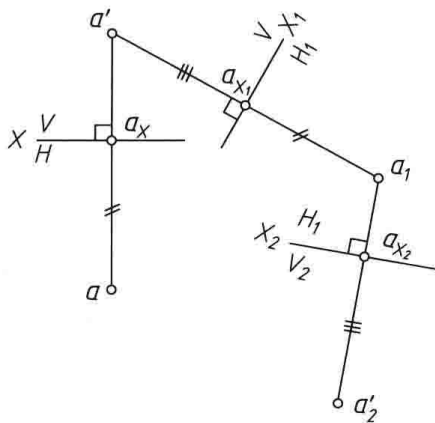


图 3.14 作点的二次辅助投影 $\left(\frac{V}{H} \rightarrow \frac{V}{H_1} \rightarrow \frac{V_2}{H_1}\right)$

3.2 直 线

3.2.1 直线的投影

如图 3.15 所示,在三投影面体系中,根据直线与三个投影面之间的相对位置,直线可以分为以下三类:

- (1) 一般位置直线——与三个投影面都倾斜的直线,如直线 BB_1 和 CC_1 。
- (2) 投影面平行线——平行于一个投影面的直线,如直线 BC 和 B_1C_1 。



(3) 投影面垂直线——垂直于一个投影面的直线,如直线 AB 、 B_1B_2 和 CD 。

后两类直线也称为特殊位置直线。

1. 一般位置直线

直线与其投影之间的夹角称为直线对该投影面的倾角。如图 3.16 所示, AB 与 ab 的夹角为直线 AB 对 H 面的倾角,用 α 表示; AB 与 $a'b'$ 的夹角为直线 AB 对 V 面的倾角,用 β 表示; AB 与 $a''b''$ 的夹角为直线 AB 对 W 面的倾角,用 γ 表示。

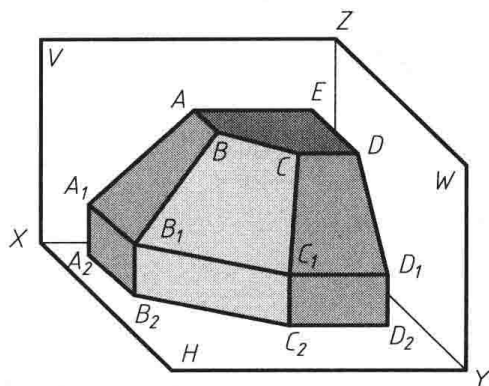


图 3.15 物体上的各种位置直线

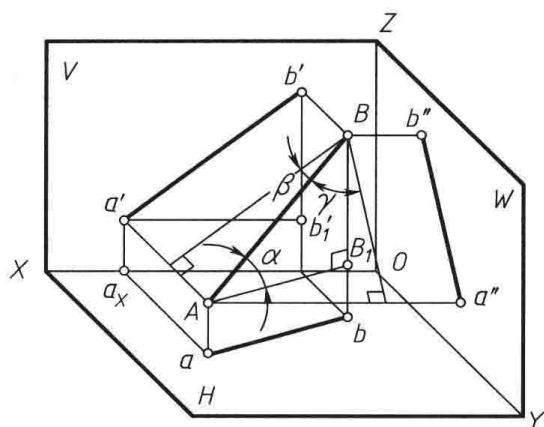


图 3.16 直线的倾角及投影长度

从图 3.16 可以看出:

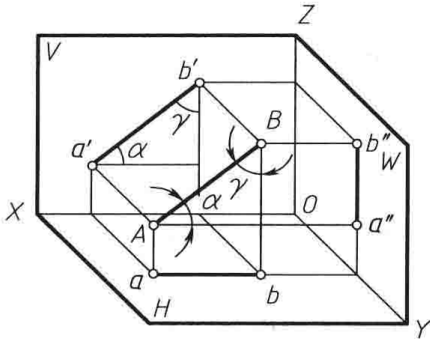
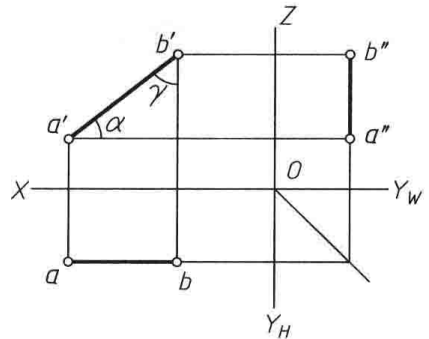
$ab = AB \cos \alpha$, $a'b' = AB \cos \beta$, $a''b'' = AB \cos \gamma$, 即一般位置直线的三个投影都短于线段 AB 的实长。

一般位置直线由于直线上任意两点的 x 、 y 、 z 坐标都不相等,所以三个投影都是不平行于投影轴的倾斜线段。

2. 投影面平行线

投影面平行线平行于一个投影面,倾斜于另两个投影面。平行于 H 面的直线称为水平线,平行于 V 面的直线称为正平线,平行于 W 面的直线称为侧平线,表 3.1 列出了这三种直线的投影图和特性。

表 3.1 投影面平行线的投影特性

名称	直观图	投影图	投影特性
正平线			1. $ab \parallel OX$, $a''b'' \parallel OZ$ 2. $a'b' = AB$ 3. 正面投影反映 α、γ 角的真实大小



名称	直观图	投影图	投影特性
水平线			1. $a'b' \parallel OX$, $a''b'' \parallel OY_W$ 2. $ab = AB$ 3. 水平投影反映 β, γ 角的真实大小
侧平线			1. $a'b' \parallel OZ$, $ab \parallel OY_H$ 2. $a''b'' = AB$ 3. 侧面投影反映 α, β 角的真实大小

以正平线 AB 为例,它平行于 V 面,倾斜于 H 面和 W 面。它的投影具有以下特点:

(1) 由于 AB 上任何点的 y 坐标都相等,所以 $ab \parallel OX, a''b'' \parallel OZ$;

(2) 由于平面 $ABa'b'$ 为一矩形,所以 $a'b' = AB$, $a'b'$ 与 X 轴的夹角等于 α ,与 Z 轴的夹角等于 γ ,即正面投影反映直线段的实长及倾角 α, γ 。

归纳表 3.1 中的内容,投影面平行线的特性为:

(1) 在其平行的投影面上的投影反映实长,并且投影与投影轴的夹角反映直线对另外两个投影面的倾角。

(2) 另两面投影分别平行于相应的投影轴。

3. 投影面垂直线

投影面垂直线垂直于一个投影面,平行于另两个投影面,它是投影面平行线的特殊情况。投影面垂直线中,垂直于 H 面的称为铅垂线,垂直于 V 面的称为正垂线,垂直于 W 面的称为侧垂线,表 3.2 列出了这三种直线的投影图和特性。



表 3.2 投影面垂直线的投影特性

名称	直观图	投影图	投影特性
正垂线			1. 正面投影积聚成一点 2. $ab \perp OX$, $a''b'' \perp OZ$ 3. $ab = AB$, $a''b'' = AB$
铅垂线			1. 水平投影积聚成一点 2. $a'b' \perp OX$, $a''b'' \perp OY$ 3. $a'b' = AB$, $a''b'' = AB$
侧垂线			1. 侧面投影积聚成一点 2. $a'b' \perp OZ$, $ab \perp OY$ 3. $ab = AB$, $a'b' = AB$

以正垂线 AB 为例,它垂直于 V 面,平行于 H 面和 W 面,它的投影具有以下特点:

- (1) 因为 $\beta = 90^\circ$,所以 $a'b'$ 积聚成一点;
- (2) 由于 AB 上任何点的 x 坐标相等, z 坐标也相等,所以 $ab \perp OX$, $a''b'' \perp OZ$;
- (3) 由于 $\alpha = \gamma = 0^\circ$,所以 $ab = a''b'' = AB$ 。

归纳表 3.2 中的内容,投影面垂直线的投影特性为:

- (1) 在其垂直的投影面上的投影积聚为一点。
- (2) 另外两面投影反映实长,且垂直于相应的投影轴。



3.2.2 直角三角形法求一般位置直线段的实长及倾角

在一般位置直线投影中,三个投影均不能反映直线段的实长和它与投影面的倾角。用直角三角形法可以求解一般位置线段的实长和倾角。

如图 3.17a 所示,直角三角形 ABB_1 的斜边 AB 为线段的实长, $\angle BAB_1$ 是线段对 H 面的倾角 α 。因此欲求线段的实长和倾角 α ,只需作出直角三角形 ABB_1 。其中直角边 $AB_1 = ab$; 直角边 $BB_1 = |z_B - z_A|$, z_B 、 z_A 分别是端点 B 、 A 的 z 坐标,它们都可以根据线段的投影确定。在图 3.17b 和 c 中分别作出的 $\triangle abb_0$ 和 $\triangle b'A_0b'_1$ 都与直角三角形 ABB_1 全等,其斜边都反映线段 AB 的实长,斜边与反映投影长度的直角边 ab 的夹角即为 α 角。

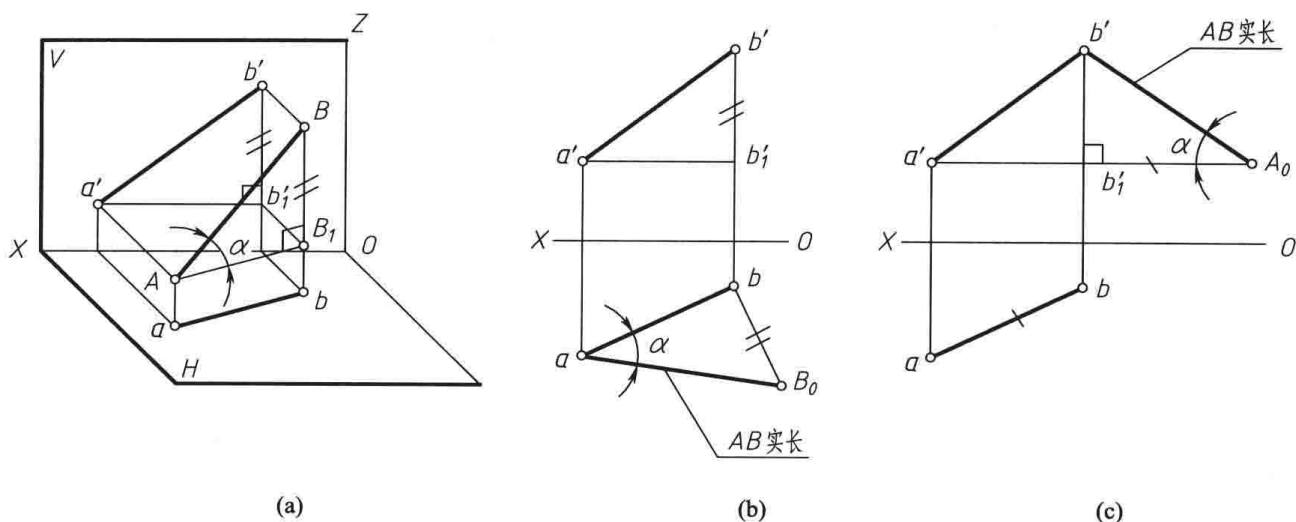


图 3.17 求一般位置线段的实长和 α 角

图 3.18a 中,直角三角形 ABA_1 的斜边 AB 是线段的实长, $\angle ABA_1$ 是线段对 V 面的倾角 β 。当需求线段实长和 β 角时,就应作出直角三角形 ABA_1 , 其中 $A_1B = a'b'$, $AA_1 = |y_A - y_B|$ 。在图 3.18b 和 c 中分别作出的 $\triangle a'b'A_0$ 和 $\triangle aa_1A_0$ 都与直角三角形 AA_1B 全等,其斜边均反映线段 AB 的实长,斜边与反映投影长度的直角边 $a'b'$ 的夹角即为 β 角。

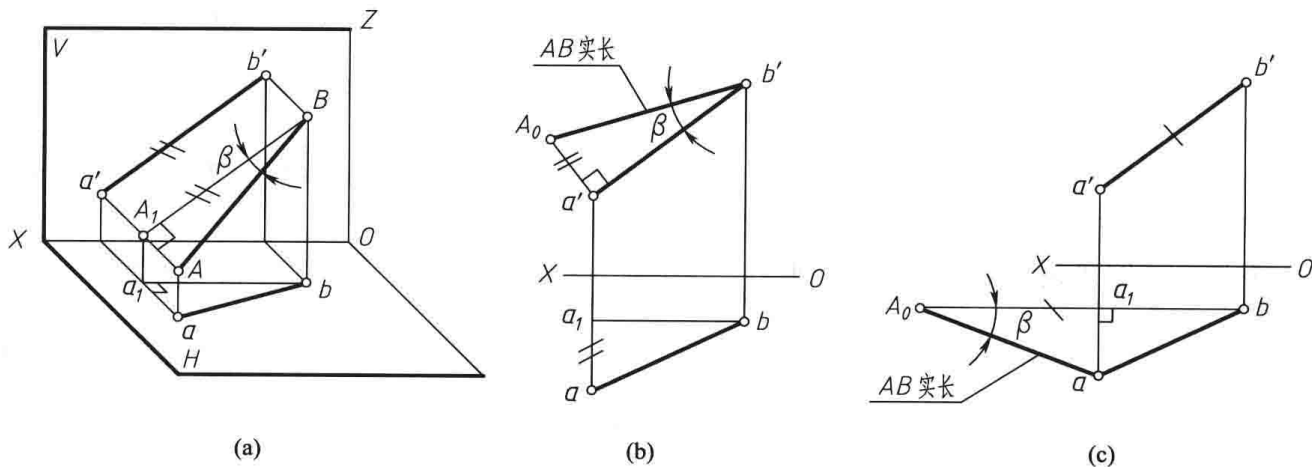


图 3.18 求一般位置线段的实长和 β 角



3.2.3 直线的辅助投影

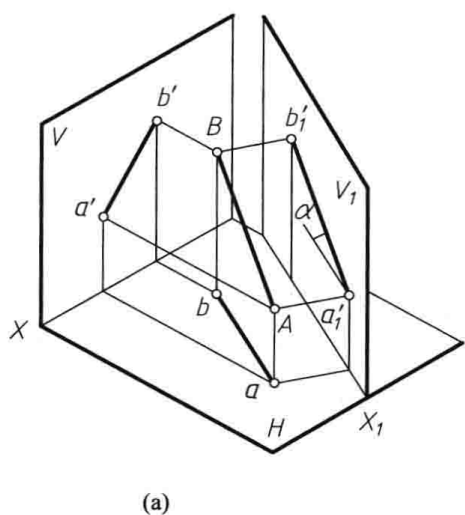
作直线的辅助投影,目的是使得直线相对辅助投影面处于平行或垂直位置,以方便解题。因此,辅助投影面必须处于有利于解题的位置。直线的辅助投影通常有下述三个基本作图问题。

1. 将一般位置线转换为投影面平行线

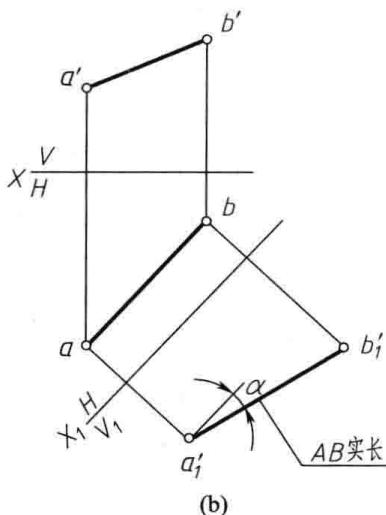
欲将一般位置直线转换为投影面平行线,辅助投影面必须平行于此直线且垂直于原有的一个投影面,此时辅助投影轴 X_1 应与直线的不变投影平行。直线在新投影面上的投影反映线段的实长及与不变投影面的夹角。

如图 3.19a 所示,直线 AB 在 $\frac{V}{H}$ 体系中为一般位置直线,若要求其实长和倾角 α ,则应采用平行于 AB 且垂直于 H 面的 V_1 面为新投影面。作图时,取 X_1 轴 $\parallel ab$,求出 a'_1 和 b'_1 ,连接 $a'_1b'_1$,即为 AB 的 V_1 面投影。 $a'_1b'_1$ 等于 AB 实长,它与 X_1 轴的夹角即为 AB 与 H 面的倾角 α ,见图 3.19b。

图 3.20 所示为将直线 AB 转换为 H_1 面平行线的作图。此时 X_1 轴应与 $a'b'$ 平行,新投影 a_1b_1 反映 AB 实长, a_1b_1 与 X_1 轴的夹角即为 AB 与 V 面的倾角 β 。



(a)



(b)

图 3.19 求一般位置直线段的实长和 α 角

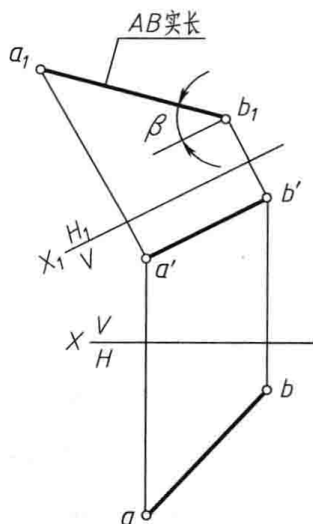


图 3.20 求一般位置直线的 β 角

例 3.3 如图 3.21a 所示,已知 ab 和 a' ,并知线段 AB 对 H 面的倾角 $\alpha = 30^\circ$,求其正面投影 $a'b'$ 。

分析: 已知线段的 α 角,若建立平行于 AB 的新投影面 V_1 ,则 AB 在 V_1 面上的投影反映 α 角,而 ab 已知,所以可作 $X_1 \parallel ab$,建立新投影面体系 $\frac{V_1}{H}$ 先求出新投影 a'_1 ,再根据 $\alpha = 30^\circ$ 作出 AB 在 V_1 面上的新投影 $a'_1b'_1$,然后返回求出 b' 。作图过程见图 3.21b。



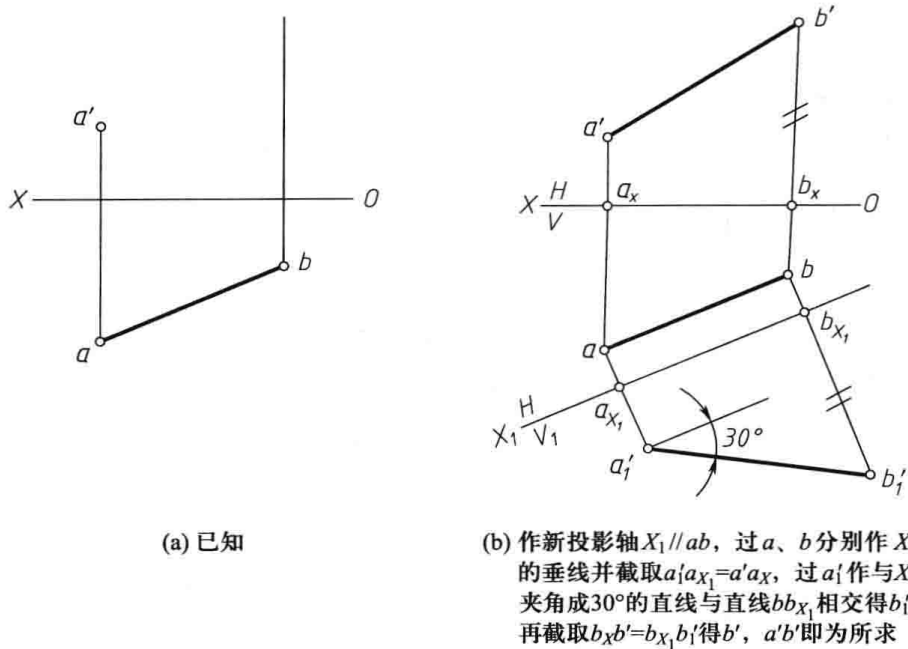


图 3.21 求作直线 AB 的正面投影

2. 将投影面平行线转换为投影面垂直线

欲将投影面平行线转换为投影面垂直线, 辅助投影面应垂直于该直线, 同时也垂直了直线所平行的投影面。此时, 辅助投影轴 X_1 应垂直于反映线段实长的投影。

图 3.22 中 AB 平行于 V 面, 若要使它转换为投影面垂直线, 新投影面应垂直于 AB 同时必垂直于 V 面, 故以 H_1 面取代 H 面, X_1 轴应与 $a'b'$ 垂直, 这时新投影 $a_1(b_1)$ 积聚成一点。

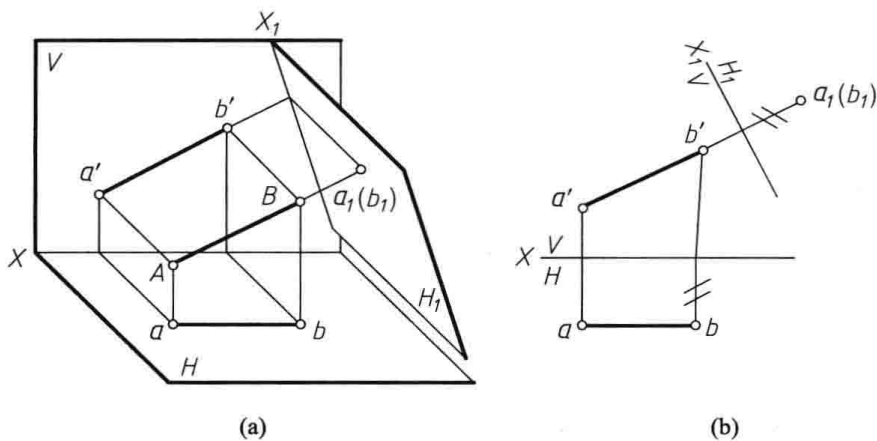


图 3.22 将正平线转换为 H_1 面垂直线

3. 将一般位置线转换为投影面垂直线

如图 3.23a 所示, 若直接将一般位置线 AB 转换为投影面垂直线, 与直线 AB 垂直的辅助投影面是一般位置平面, 不能与 V 面或 H 面组成互相垂直的投影面体系, 因此一次转换不能实现。要解决此问题, 需要转换两次投影面: 先将直线转换为投影面的平行线, 再将它转换为投影面的垂直线。该作图实际上是上述两个基本作图问题的综合, 具体作图见图 3.23b



或 c 所示。

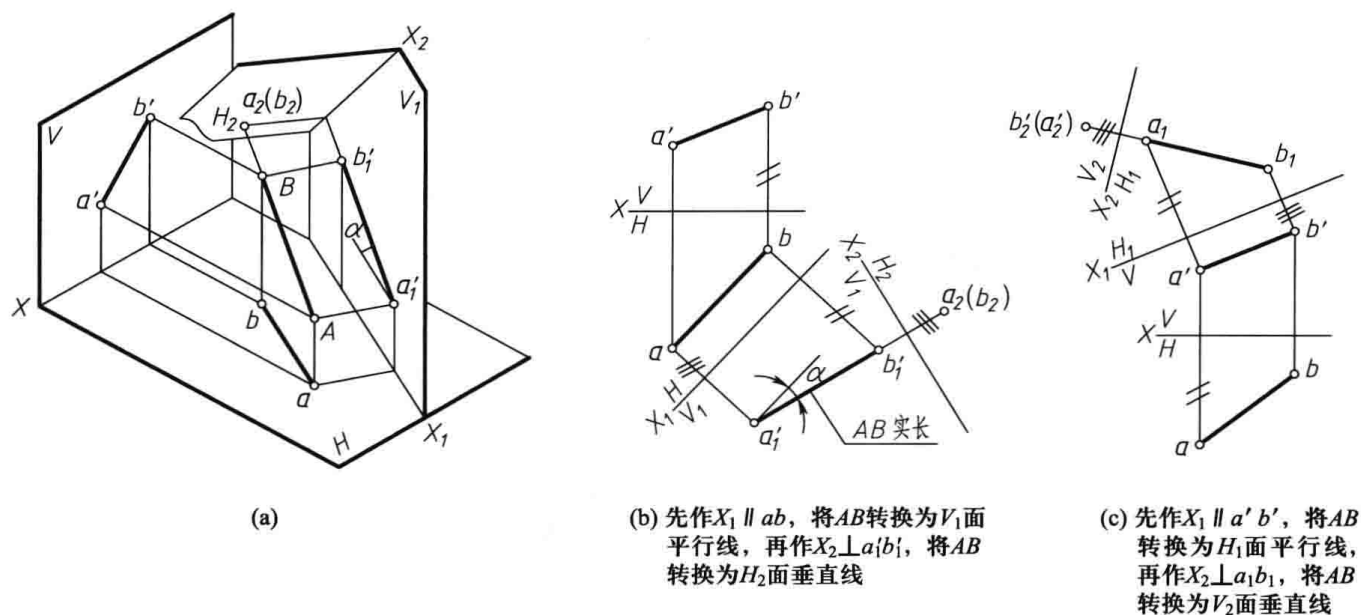


图 3.23 将一般位置线转换为投影面垂直线

3.2.4 直线上的点

如图 3.24 所示, 点 C 在直线 AB 上, 则 c 在 ab 上, c' 在 $a'b'$ 上, c'' 在 $a''b''$ 上, 而且 $AC : CB = ac : cb = a'c' : c'b' = a''c'' : c''b''$ 。由此可得出以下结论:

- (1) 点在直线上, 点的投影必在直线的同面投影上, 且一对投影的连线必垂直于相应的投影轴;
- (2) 一点若把线段分成两段, 则两段长度之比等于其投影长度之比。

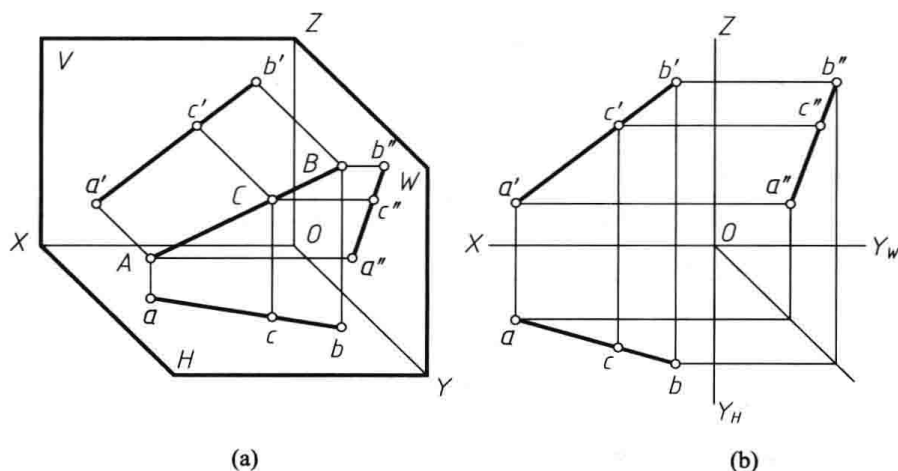


图 3.24 直线上的点的投影性质

例 3.4 如图 3.25 所示, 点 K 分线段 AB 为 $3 : 2$, 求分点 K 的投影。

分析: 已知 $AK : KB = 3 : 2$, 则 $ak : kb = a'k' : k'b' = 3 : 2$ 。



作图：过端点 a' (或 b' 、 a 、 b 任一点) 作辅助线, 方向任意。在辅助线上任取五等份, 用分线段为定比的方法在 $a'b'$ 上定 k' , 再在 ab 上定出相应的 k , k 、 k' 即为所求。

例 3.5 如图 3.26a 所示, 已知直线 AB 及点 K 的一对投影, 判断点 K 是否在 AB 上。

分析：根据点在直线上的投影性质, 若点 K 在 AB 上, 则 $a'k' : k'b' = ak : kb$, 所以可以采用定比法来判断; 另 k'' 应在 $a''b''$ 上, 所以还可求出第三投影来进行判断。

作图过程见图 3.26b 或 c。

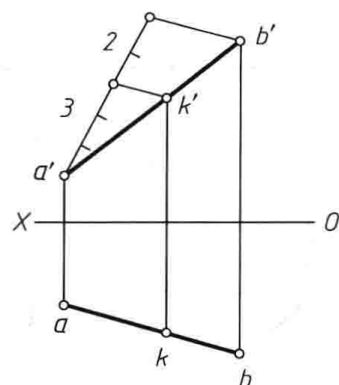
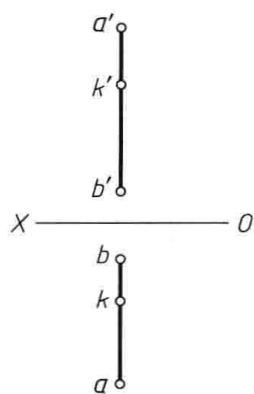
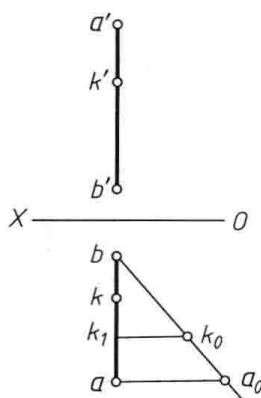


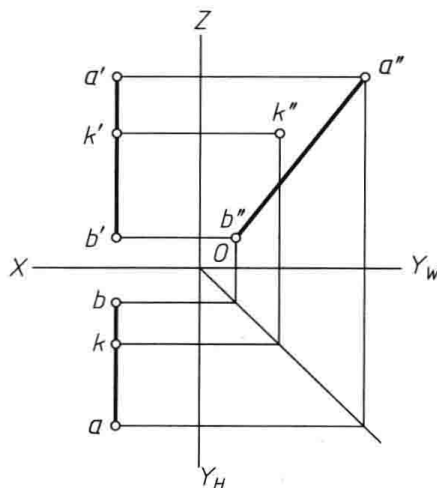
图 3.25 求直线上分点 K 的投影



(a) 已知



(b) 过 b' 作任意辅助线并量取 $b'k_0 = b'k'$, $k_0a_0 = k'a'$, 连 a_0a , 作 $k_0k_1 \parallel a_0a$ 与 ab 交于 k_1 , 因 k 与 k_1 不重合, 故点 K 不在 AB 上



(c) 作 AB 及点 K 的侧面投影, 因 k'' 不在 $a''b''$ 上, 故点 K 不在 AB 上

图 3.26 直线上点的判别

3.2.5 两直线的相对位置

空间两直线的相对位置有三种: 平行、相交、交叉 (又称异面)。其中, 垂直相交和垂直交叉的投影又有其特点。下面分别介绍这几种情况的投影特性。

1. 两直线平行

如图 3.27 所示, $AB \parallel CD$, 投射形成的平面 $ABba \parallel CDdc$, 它们与 H 面的交线互相平行, 即 $ab \parallel cd$ 。同理可证明 $a'b' \parallel c'd'$, $a''b'' \parallel c''d''$ 。由此可得出以下结论:

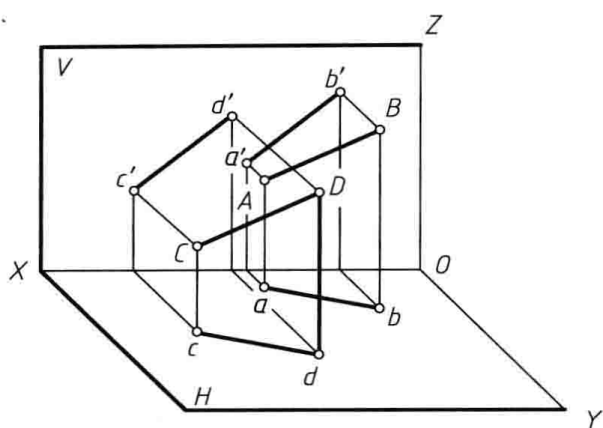
两直线平行, 其同面投影必互相平行; 反之, 若两直线的同面投影都互相平行, 则此两直线必互相平行。

当两直线是一般位置时, 只要有两对投影互相平行就可判定两直线平行。但若两直线同时平行于某投影面, 则一般还要看它们在所平行的那个投影面上的投影是否平行才能判断, 如图 3.28 所示。

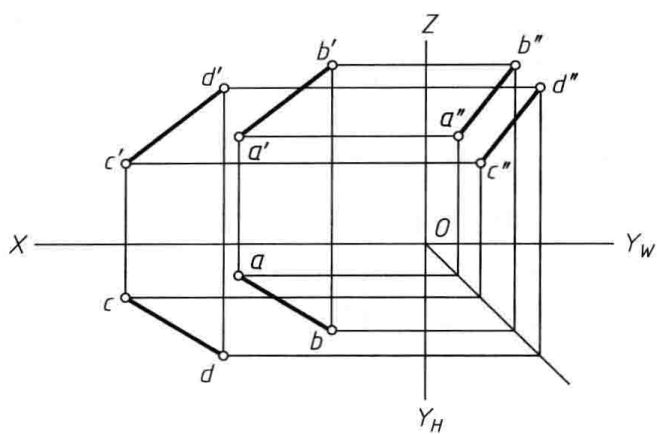
2. 两直线相交

两直线相交, 交点为两直线的共有点。如图 3.29 所示, 点 K 为 AB 与 CD 的共有点, 其投影



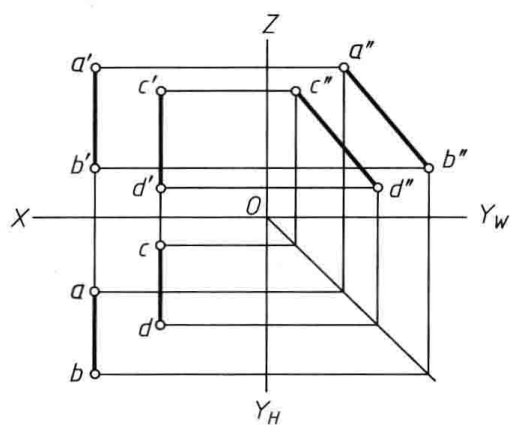


(a)

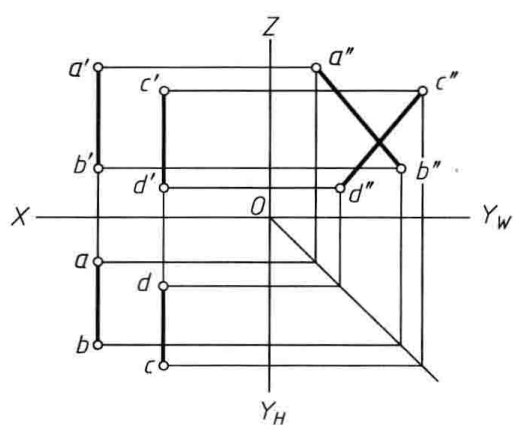


(b)

图 3.27 平行两直线的投影

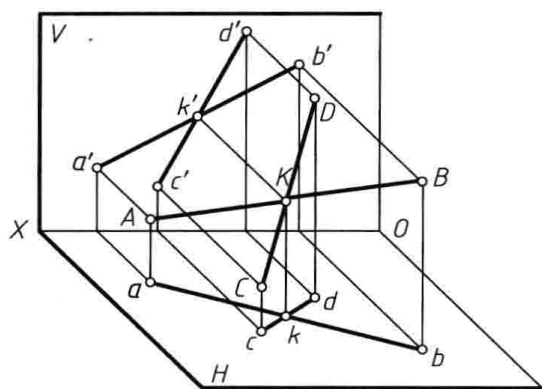


(a) 平行

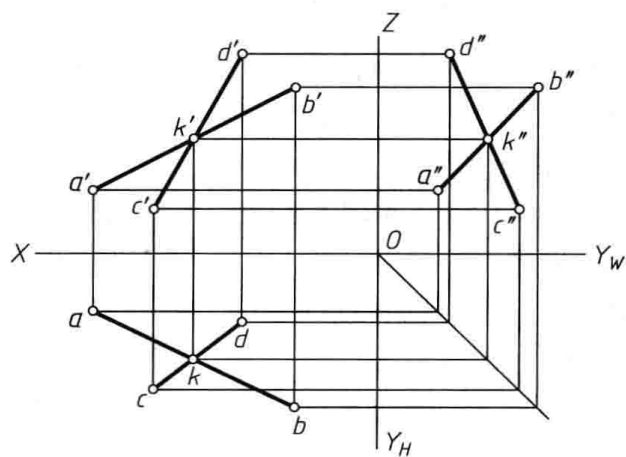


(b) 不平行

图 3.28 判断两投影面平行线是否平行



(a)



(b)

图 3.29 相交两直线的投影



必定在 AB 与 CD 同面投影的交点上,且符合点的投影规律,即: $kk' \perp OX$ 、 $k'k'' \perp OZ$ 、 $kk_x = k''k_z$ 。由此可知:两直线相交,其所有的同面投影必定相交,且同面投影交点的连线垂直于相应的投影轴。

当两直线都是一般位置时,只要它们有两对同面投影相交,且交点连线垂直于投影轴,就可确定两条直线相交。但若其中一条直线平行于某投影面,一般还需要根据它们在直线所平行的那个投影面上的投影去判断,如图 3.30a 所示。当然也可以仅根据正面投影和水平投影,用属于线段的点分线段成定比来判断,如图 3.30b 所示。

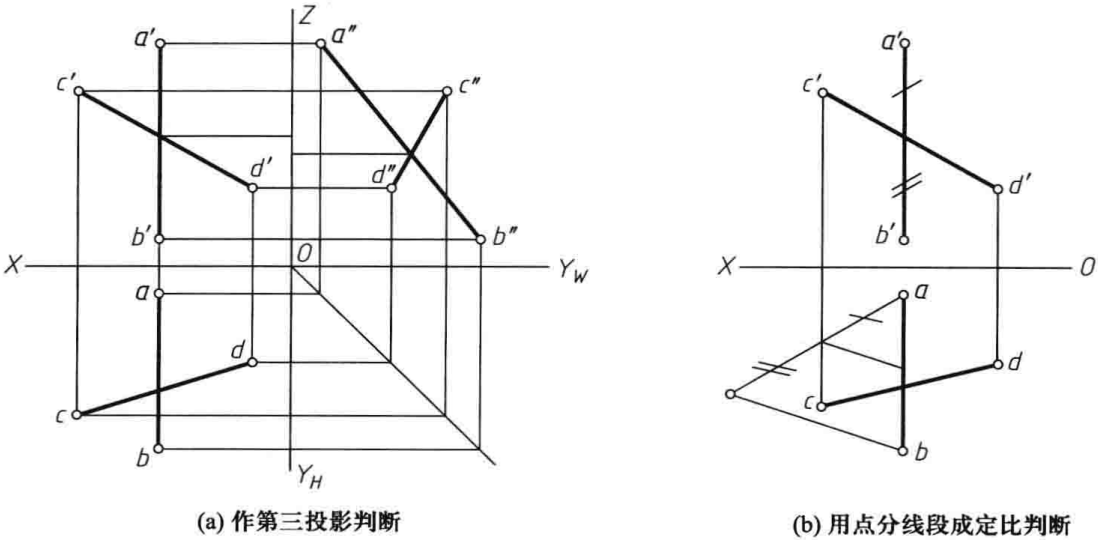


图 3.30 判断侧平线 AB 与 CD 是否相交

3. 两直线交叉

既不平行又不相交的两直线称为交叉直线,它们的投影既不符合平行两直线的投影特点,又不符合相交两直线的投影特点。交叉两直线的同面投影可能表现为互相平行,但是不可能所有同面投影都平行,如图 3.28b 所示;它们的同面投影也可能表现为相交,但投影交点的连线不垂直于投影轴,如图 3.30 和图 3.31 所示。交叉两直线同面投影的交点是重影点的投影。

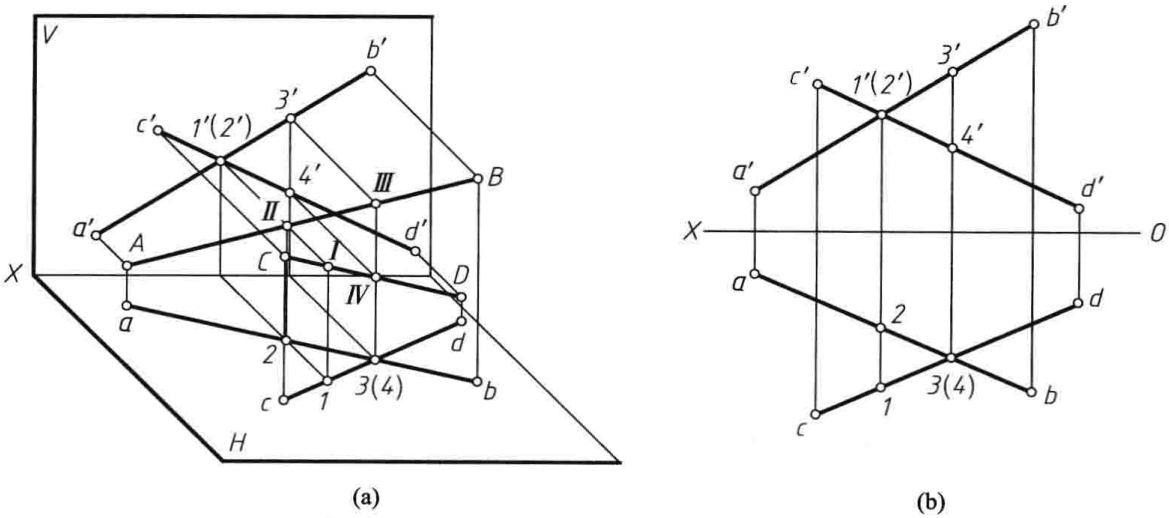


图 3.31 交叉两直线的投影

图 3.31 中, AB 线上的点Ⅲ与 CD 线上的点Ⅳ是对 H 面的重影点, 它们的 H 面投影重合, 因点Ⅲ比点Ⅳ高, 故点 3 可见, 点 4 不可见。点Ⅰ与点Ⅱ是对 V 面的重影点, 因点Ⅰ在点Ⅱ的前面, 故点 1' 可见, 点 2' 不可见。

4. 两直线垂直

垂直两直线的投影一般不垂直, 当垂直两直线都平行于某投影面时, 则在该投影面上的投影必互相垂直。当垂直两直线之一平行于某投影面时, 两直线在该投影面上的投影也必互相垂直; 反之: 若两直线的某投影互相垂直, 且两直线之一平行于该投影面时, 此两直线在空间必互相垂直(证明略), 这个投影特性称为直角投影定理。图 3.32 中 $AB \parallel H$ 面, AB 与 AC 垂直相交, 与 DE 垂直交叉, 其 H 面投影互相垂直。

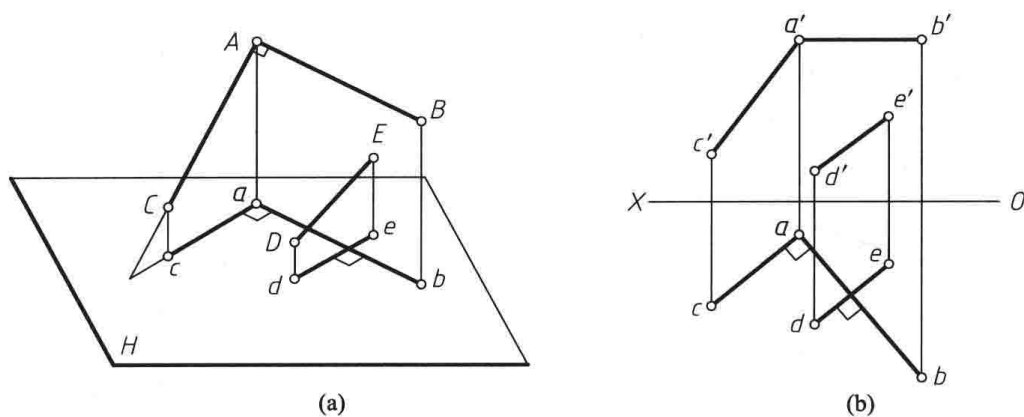


图 3.32 垂直两直线的投影

例 3.6 如图 3.33a 所示, 过点 A 作直线垂直于已知的一般位置直线 CD 。

分析: 过点 A 作一水平线 AB , 使 $ab \perp cd$, 即为一解, 见图 3.33b。也可过点 A 作一正平线 AE , 使 $a'e' \perp c'd'$, 为第二解, 见图 3.33c。本题有无穷多解, 根据直角投影定理, 可以很方便地作出以上两特解。图 3.33d 为用辅助投影面作 AF 与 CD 垂直相交。

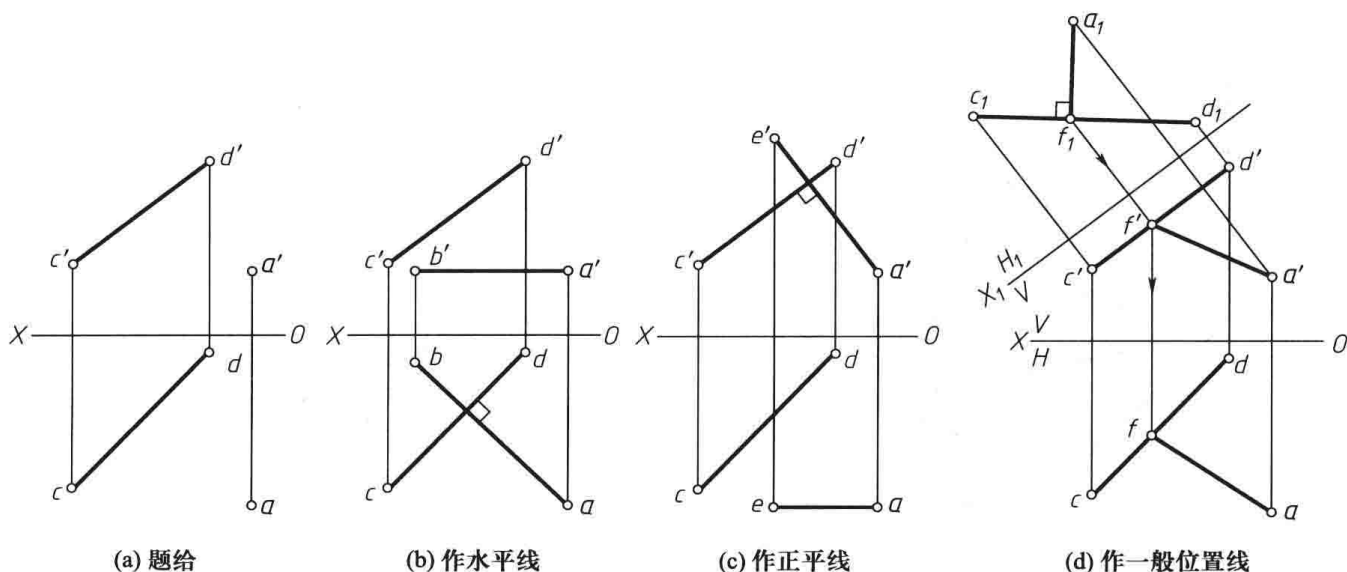


图 3.33 过点 A 作 CD 垂线

例 3.7 如图 3.34a 所示,已知水平线 AB ,正平线 CD ,过点 E 作直线 EF 、 AB 、 CD 垂直。

分析: 根据两直线垂直投影特性,过 e 作 $ef \perp ab$,过 e' 作 $e'f' \perp c'd'$, EF 即为所求,见图 3.34b。

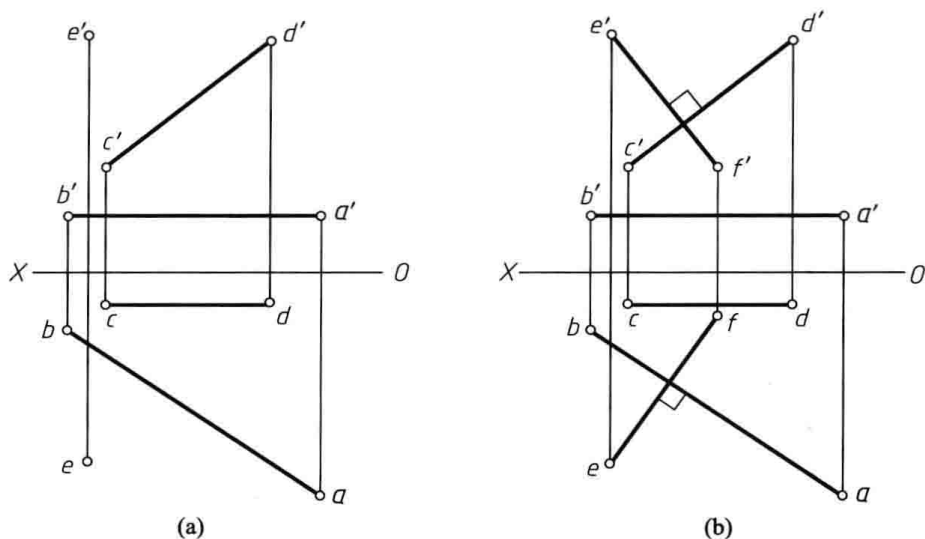


图 3.34 作 EF 垂直于 AB 、 CD

例 3.8 如图 3.35a 所示,已知 AB 、 BC 为矩形的边,完成矩形 $ABCD$ 的投影。

分析: 矩形相邻两边垂直,用辅助投影面将 AB 转换为投影面平行线,根据两直线垂直投影特性作出 $b'_1c'_1$,见图 3.35b。将点 C 返回至原投影,即可完成矩形的投影。

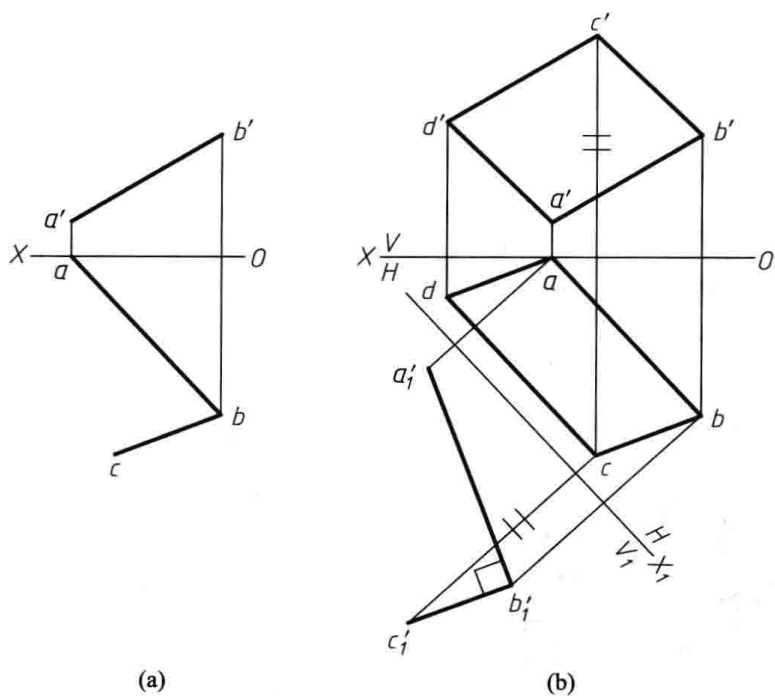


图 3.35 完成矩形 $ABCD$ 的投影



3.3 平 面

不在同一直线上的三点可以确定一个平面的空间位置。因此在画法几何中,可用不在同一直线上的三点及由三点转换成的其他几何元素的投影来表达一个平面,如图 3.36 所示。

工程中常见的平面是闭合的平面图形。

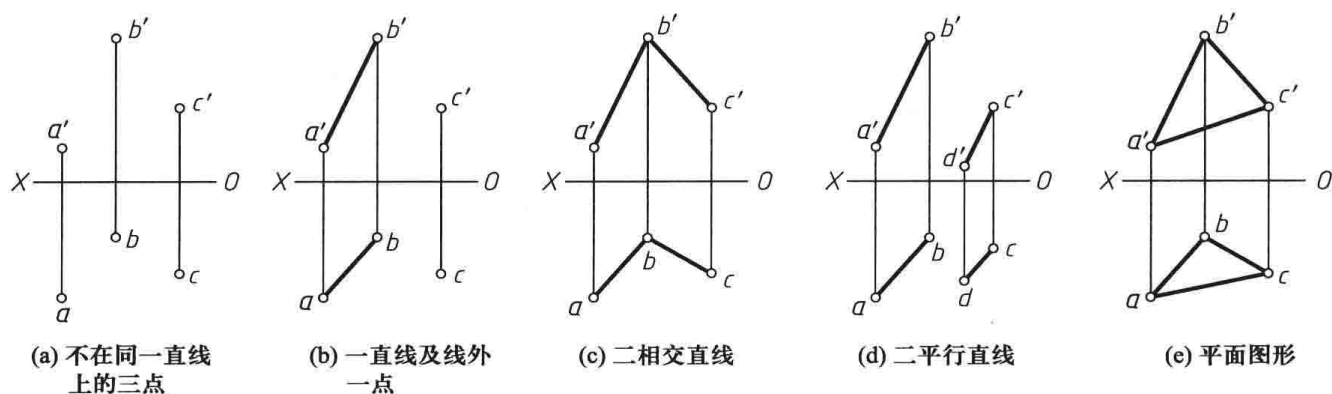


图 3.36 平面的几何元素表示法

3.3.1 平面的投影

如图 3.37 所示,在三投影面体系中,平面对投影面的相对位置可以分为三类:

- (1) 一般位置平面——倾斜于三个投影面的平面,如 III 面。
- (2) 投影面垂直面——垂直于一个投影面的平面,如 II、IV、VI 面。
- (3) 投影面平行面——平行于一个投影面的平面,如 I、V、VII 面。

投影面平行面和投影面垂直面也称为特殊位置平面。

1. 一般位置平面

因一般位置平面同时倾斜于三个投影面,它的三个投影都是原图形的类似形。图 3.37 中的 III 面是梯形,其三个投影都是梯形,见图 3.38。

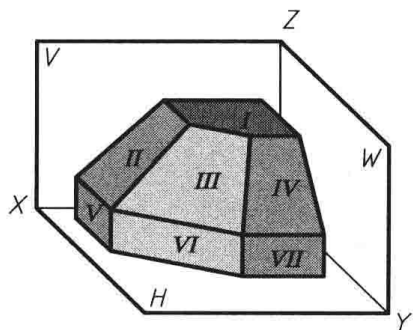


图 3.37 物体上各种位置的平面

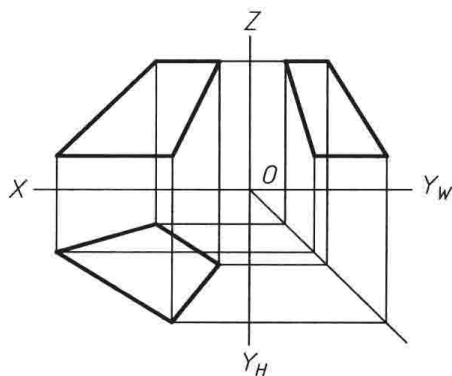


图 3.38 一般位置平面的投影



2. 投影面垂直面

投影面垂直面垂直于一个投影面,同时倾斜于另两个投影面。垂直于 H 面的称为铅垂面,垂直于 V 面的称为正垂面,垂直于 W 面的称为侧垂面,它们的投影特性见表 3.3。

表 3.3 投影面垂直面的投影特性

名称	直观图	投影图及投影特性	迹线表示法(见注)
铅垂面		H 面投影有积聚性,反映 β、γ 角; V 面、W 面投影为类似形	
正垂面		V 面投影有积聚性,反映 α、γ 角; H 面、W 面投影为类似形	
侧垂面		W 面投影有积聚性,反映 β、α 角; V 面、H 面投影为类似形	

注:空间平面与投影面相交,其交线称为平面的迹线。

从表 3.3 第一行可知:铅垂面垂直于 H 面,倾斜于 V 面和 W 面,故其水平投影有积聚性,正面投影及侧面投影为类似形;因 P 、 V 、 W 都垂直于 H 面,故 P 面的水平投影与 OX 、 OY 轴的夹角分别反映该平面对 V 面、 W 面的倾角 β 、 γ 。

对于特殊位置平面当仅需表示平面的位置时,可只用其积聚投影表示,并标记为 P_H (或 Q_V 、 R_W),称之为平面的迹线表示法,见表 3.3 中的第四栏。



归纳表 3.3 中的内容,投影面垂直面的投影特性为:

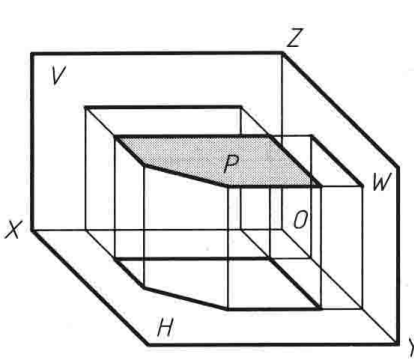
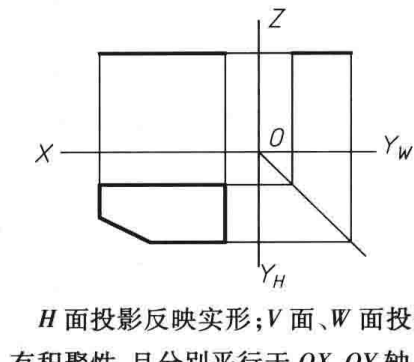
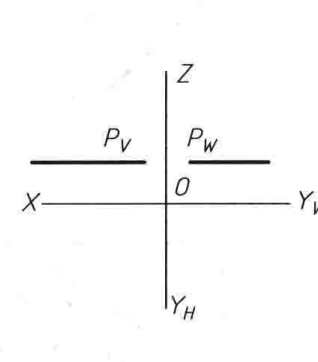
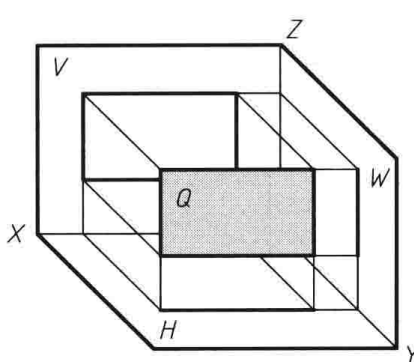
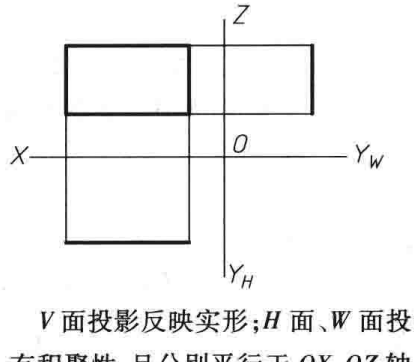
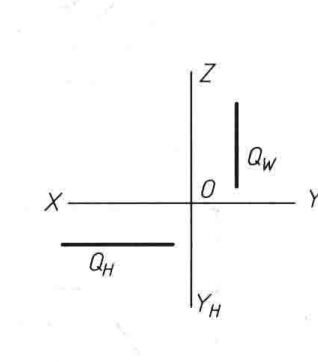
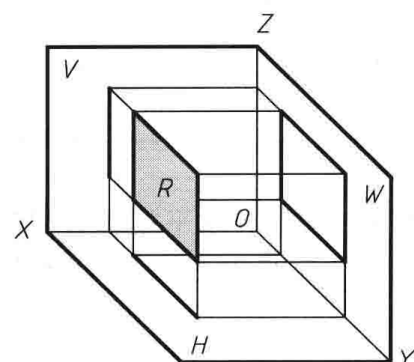
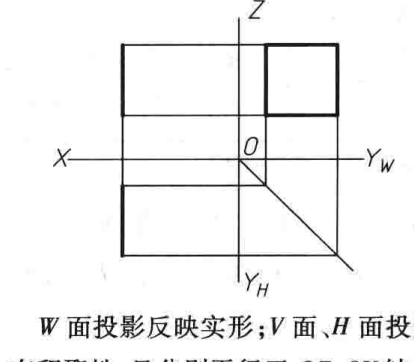
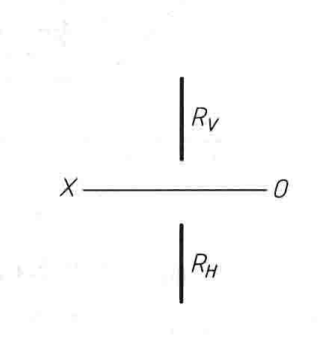
(1) 在其垂直的投影面上的投影积聚成直线,积聚投影与投影轴的夹角反映平面与另两个投影面夹角的实际大小。

(2) 在另两个投影面上的投影为类似形。

3. 投影面平行面

投影面平行面平行于一个投影面,必同时垂直于另两个投影面,是投影面垂直面的特殊情况。平行于 H 面的称为水平面,平行于 V 面的称为正平面,平行于 W 面的称为侧平面,它们的投影特性见表 3.4。

表 3.4 投影面平行面的投影特性

名称	直观图	投影图及投影特性	迹线表示法
水平面		 H 面投影反映实形; V 面、 W 面投影有积聚性,且分别平行于 OX 、 OY 轴	
正平面		 V 面投影反映实形; H 面、 W 面投影有积聚性,且分别平行于 OX 、 OZ 轴	
侧平面		 W 面投影反映实形; V 面、 H 面投影有积聚性,且分别平行于 OZ 、 OY 轴	



从表 3.4 第一行可知:水平面平行于 H 面,垂直于 V 面和 W 面,即 $\alpha=0^\circ, \beta=\gamma=90^\circ$,故水平面的水平投影反映实形,正面投影及侧面投影都有积聚性,分别与 OX 、 OY 轴平行。

归纳表 3.4 中的内容,投影面平行面的投影特性为:

- (1) 在其平行的投影面上的投影反映实形。
- (2) 另两个投影面上的投影均积聚成直线,且平行于相应的投影轴。

3.3.2 平面上的点和直线

1. 在平面上取点和直线

从初等几何可知,点和直线在平面上的必要和充分条件是:

- (1) 如果点位于平面上的任一直线上,则此点在该平面上。
- (2) 如果一直线通过平面上两已知点或通过平面上已知点且平行于平面上已知直线,则此直线在该平面上。

如图 3.39 所示,点 K 在 AC 线上,点 L 在 BC 线上,则这两点及直线 KL 都在平面 ABC 上;直线 $KM \parallel AB$,且点 K 在平面 ABC 上,故直线 KM 也在平面 ABC 上。

由此可知,在平面上取直线的方法有:

- (1) 取平面上两已知点,然后连成直线;
- (2) 过平面上已知点引直线与平面上已知直线平行。

在平面上取点的方法有:

- (1) 在平面的已知线上取点;
- (2) 先在平面上取一直线,再在此直线上取点,这种方法称为辅助线法。

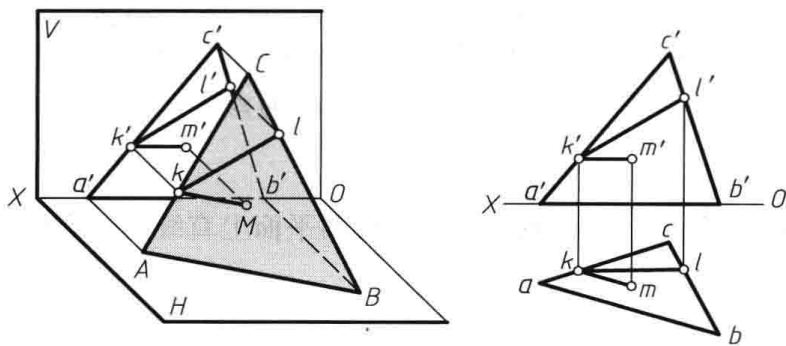


图 3.39 平面上的点和直线

例 3.9 如图 3.40a 所示,求作平面 ABC 上直线 MN 的正面投影。

分析: 直线 MN 既在平面 ABC 上,必与平面上已知直线相交或平行。作图方法见图 3.40b 所示。

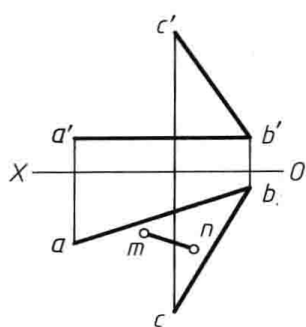
例 3.10 如图 3.41a 所示,已知平面 ABC 上点 K 的正面投影 k' ,求其水平投影 k 。

分析: 如图 3.41b 所示,点 K 必在平面上的一条直线上,点 K 的一对投影则在该直线的同面投影上,所以可用辅助线法解题。作图过程见图 3.41c 或 d。

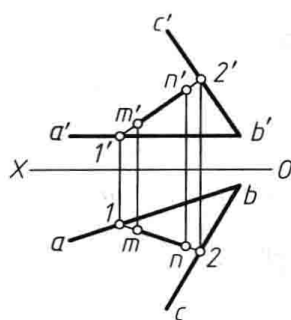
2. 平面上的投影面平行线

平面上平行于 H 面、 V 面、 W 面的直线分别称为平面上的水平线、平面上的正平线及平面上



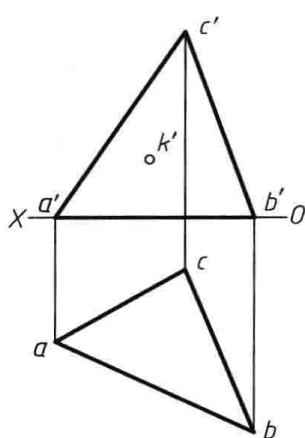


(a) 已知

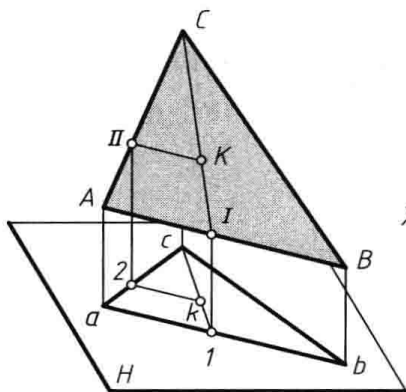


(b) 延长 mn ,与 ab 、 bc 交于 1 、 2 , 求出 $1'$ 、 $2'$ 并连线, m' 、 n' 必在 $1'2'$ 连线上

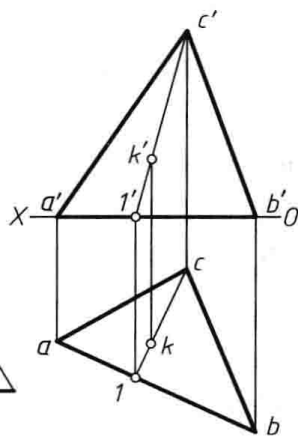
图 3.40 求平面上直线的投影



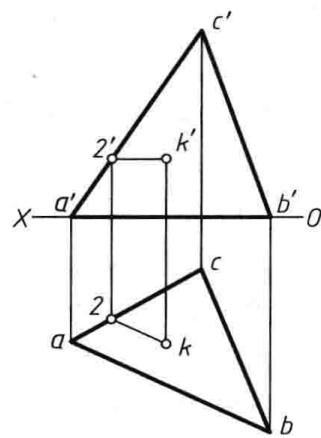
(a) 已知



(b) 点 K 在平面上的直线 CI 或 KII 上



(c) 采用过点 C 和点 K 的直线 CI 作为辅助线



(d) 采用平行于已知直线 AB 的直线 KII 作为辅助线

图 3.41 求平面上点的投影

的侧平线,如图 3.42 所示。

平面上的投影面平行线同时具有投影面平行线及平面上直线的投影性质,如图 3.43 中的水平线 AD 、 EF 的投影:

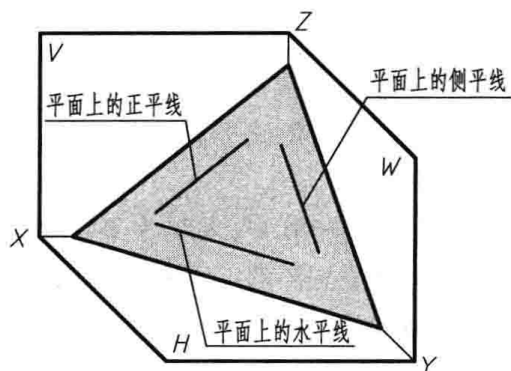


图 3.42 平面上的投影面平行线

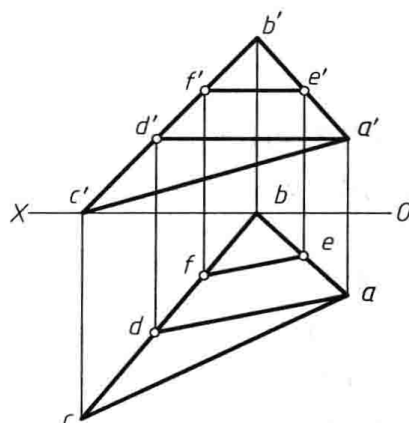


图 3.43 平面上的水平线

(1) 因平行于 H 面,故正面投影平行于 X 轴;

(2) 因直线在平面上,故与同一平面上的水平线平行,与同一平面上的其他直线相交。 AD 平行于 EF 而与 BC 相交。

平面上投影面平行线常用作辅助线。

3.3.3 平面的辅助投影

如前所述,当平面对投影面处于垂直时,平面在所垂直的投影面上的投影具有积聚性,且能反映该平面与其他投影面的倾角;当平面与投影面平行时,在所平行的投影面上的投影反映该平面图形的实形。而当平面对投影面处于一般位置时就不具备这些特点。因此,在求解一般位置平面对投影面的倾角及平面图形的实形等问题时,可利用辅助投影。这类问题可归纳为三个基本作图问题。

1. 将一般位置平面转换为投影面垂直面

如图 3.44 所示,要将一般位置平面转换成新投影面的垂直面,必须使新投影面与 $\triangle ABC$ 平面内的一条直线垂直。一般位置直线转换为投影面垂直线需转换两次,而投影面平行线转换成投影面垂直线只需转换一次。所以要使新投影面 V_1 垂直于平面 $\triangle ABC$,可先在 $\triangle ABC$ 平面上作一水平线 AD ,设置新投影面 V_1 与 AD 垂直,此时 $\triangle ABC$ 平面必与 V_1 面垂直。在投影作图中,作新投影轴 $X_1 \perp ad$,平面的新投影 $a'_1b'_1c'_1$ 积聚成一直线段,此直线段与 X_1 轴的夹角即为 $\triangle ABC$ 对 H 面的倾角 α 。

如何将此 $\triangle ABC$ 转换为 H_1 面的垂直面? 请自行作图。

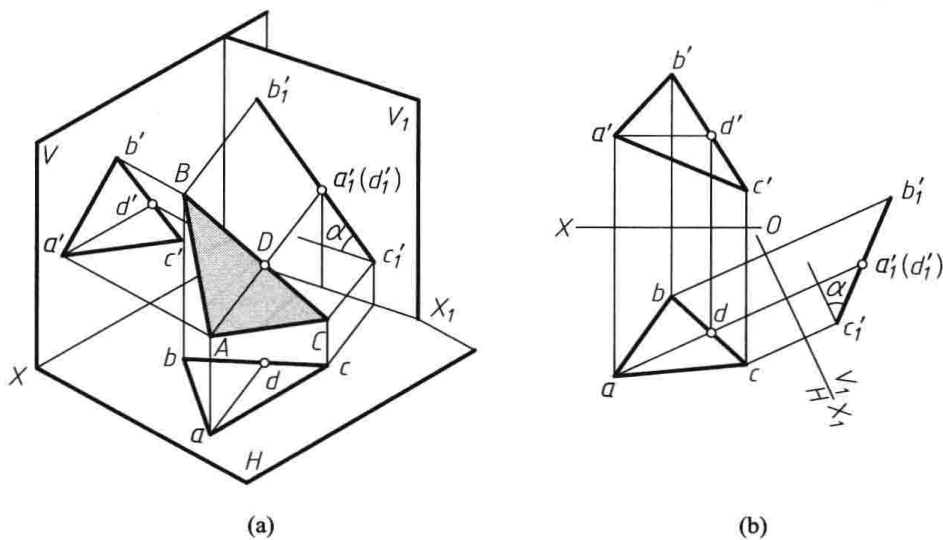


图 3.44 将一般位置平面转换为投影面垂直面

2. 将投影面垂直面转换为投影面平行面

如图 3.45 所示,欲将投影面垂直面转换成投影面平行面,只要设置新投影面平行于该平面,此时新投影轴 X_1 平行于该平面的积聚投影,平面的新投影即可反映平面的实形。

3. 将一般位置平面转换为投影面平行面

将一般位置平面转换为投影面平行面,需要进行两次转换,第一次将其转换为新投影面的垂直面,第二次转换为另一新投影面的平行面。作图过程如图 3.46 所示。



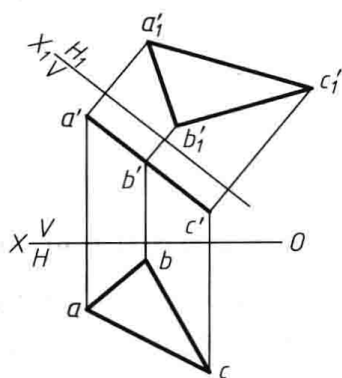


图 3.45 将投影面垂直面转换为投影面平行面

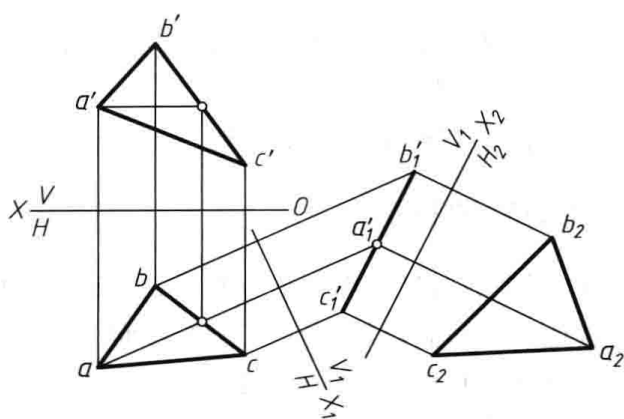


图 3.46 将一般位置面转换为投影面平行面

例 3.11 已知等边三角形 ABC 为一正垂面, 其一边 AB 的投影如图 3.47a 所示, 试完成此三角形的投影。

分析: 因三角形为正垂面, 故正面投影有积聚性。若作 H_1 面与之平行, 则 $\triangle ABC$ 在 H_1 面上的投影必反映等边三角形的实形。根据此投影可以反求出 c' 及 c 。

作图: 见图 3.47b。取 X_1 轴 $\parallel a'b'$, 求出 a_1b_1 , 并以它为一边作等边三角形 $a_1b_1c_1$ 。根据 c_1 可在 $a'b'$ 上定出 c' , 根据 c_1 及 c' 可定出 c 。连接 ac 、 bc , 即完成作图。

本题有两解, 图中只作了一解。

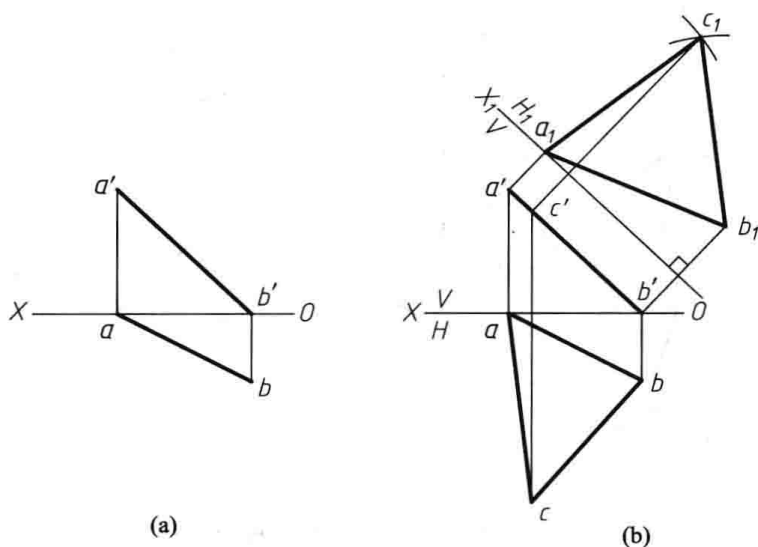


图 3.47 求等边三角形的投影

例 3.12 已知平面 ABC 对 H 面的倾角为 30° , AB 为水平线, 见图 3.48a, 试完成此平面的正面投影。

分析: 平面 ABC 中 AB 以及点 C 的 H 面投影已知, 要求 c' 。一般情况下平面的投影不能直接反映平面对投影面的倾角, 但正垂面的投影可以反映正垂面与 H 面的倾角 α 。设新投影面 V_1 , 使平面 ABC 在 V_1 面上的投影积聚, 则可利用 $\alpha = 30^\circ$ 作出平面的积聚投影, 定出点 C 的新投影, 返回即可。

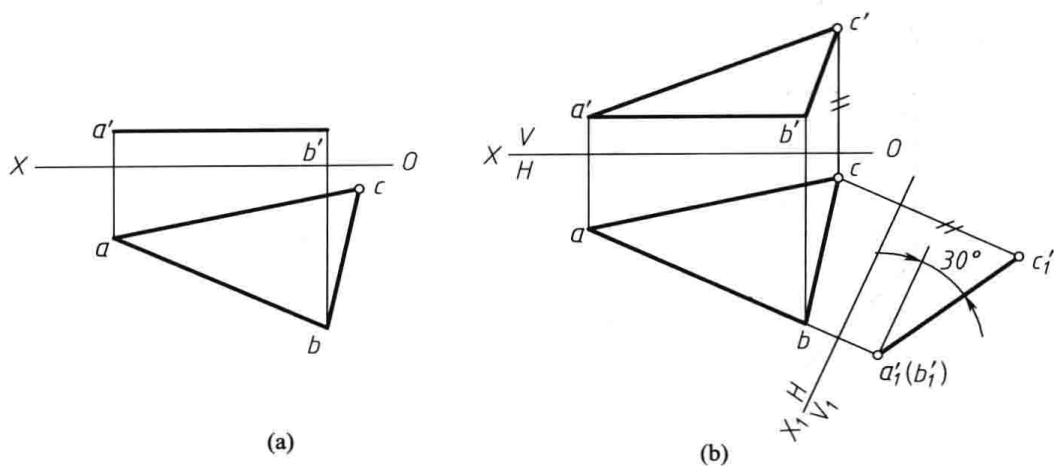


图 3.48 完成平面的投影

作图:

- (1) AB 为水平线, 设新投影面垂直 AB , 则 X_1 轴垂直 ab , 见图 3.48b。
- (2) 作 $a'_1b'_1c'_1$ 与 X_1 轴成 30° 。
- (3) 返回 c'_1 至原投影中得 c' , 连 $a'b'c'$, 完成平面的正面投影。

3.4 直线与平面、平面与平面的相对位置

在图解空间几何问题时, 常遇到直线与平面或两平面之间相对位置的作图。直线与平面、平面与平面的相对位置有平行、相交和垂直三种情况, 其中垂直是相交的特殊情况。

3.4.1 平行问题

1. 直线与平面平行

由初等几何可知, 若一直线与某平面上任一直线平行, 则此直线与该平面平行。反之, 若一直线与某平面平行, 则此平面上必能作出与该直线平行的直线。

在图 3.49 中, 直线 AB 平行于 $\triangle CDE$ 平面上一直线 CF ($ab \parallel cf, a'b' \parallel c'f'$), 故直线 AB 与平面 CDE 平行。在图 3.50 中, mn 平行 ab , 而 $m'n'$ 不平行 $a'b'$, 故 MN 不平行 AB , 这说明平面 ($AB \times CD$) 上不可能有与 MN 平行的直线, 因此直线 MN 与此平面不平行。

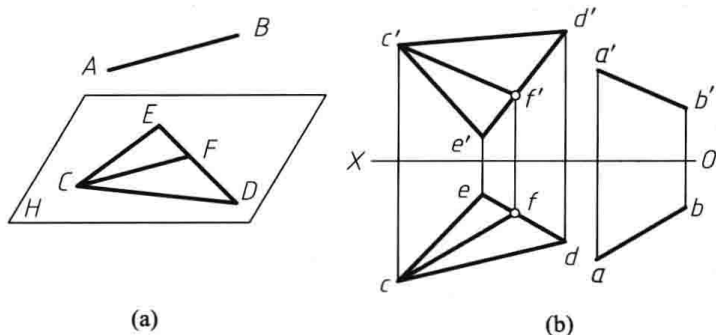


图 3.49 直线与平面平行

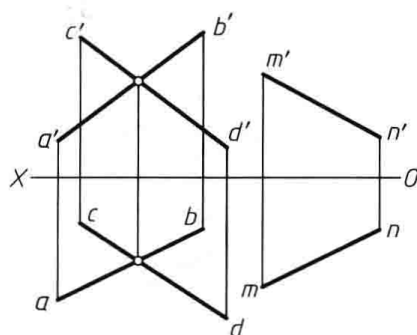


图 3.50 直线与平面不平行

直线与某投影面垂直面平行时, 直线必有一个投影平行于该平面的积聚投影。图 3.51 中,



直线 AB 平行于铅垂面 P , 则 $ab // P_H$ 。

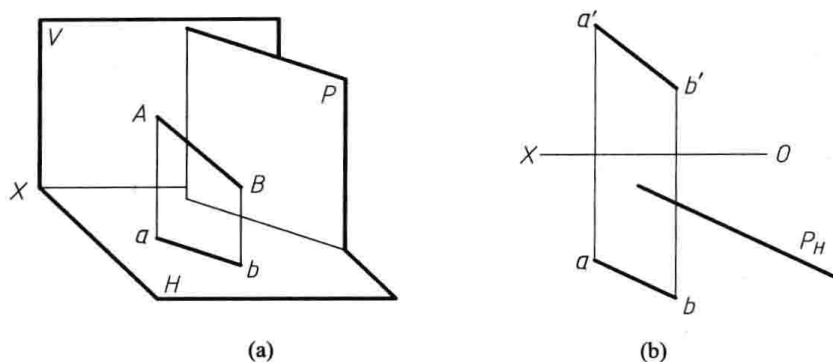


图 3.51 直线与投影面垂直面平行

例 3.13 过点 K 作一正平线 KL 与平面 $ABCD$ 平行, 见图 3.52a。

解: 过点 K 可以作无数条正平线, 但其中只有一条与已知平面平行。为此, 应先在已知平面上作正平线 AE , 再过点 K 作直线 KL 平行 AE , 即为所求, 如图 3.52b 所示。

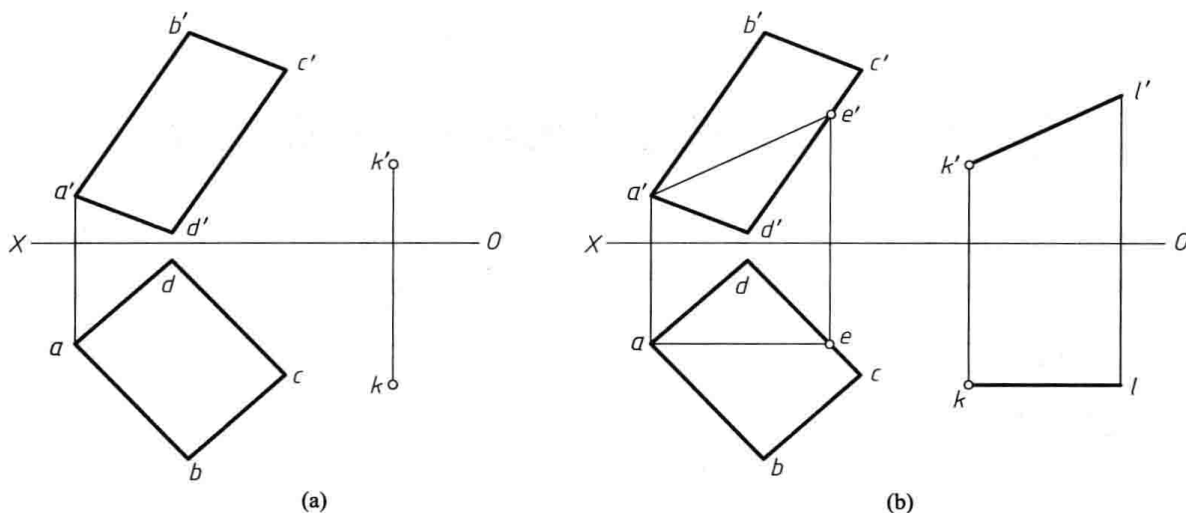


图 3.52 作直线平行于平面

例 3.14 过点 A 作一平面平行于已知直线 MN , 见图 3.53a。

解: 先过点 A 作直线 AC 与 MN 平行, 再过点 A 任作一直线 AB , 则平面 $(AB \times AC)$ 即为所求。显然, 此题有无穷多解。图 3.53b 中所作为一般位置平面。图 3.53c 中所作为铅垂面。

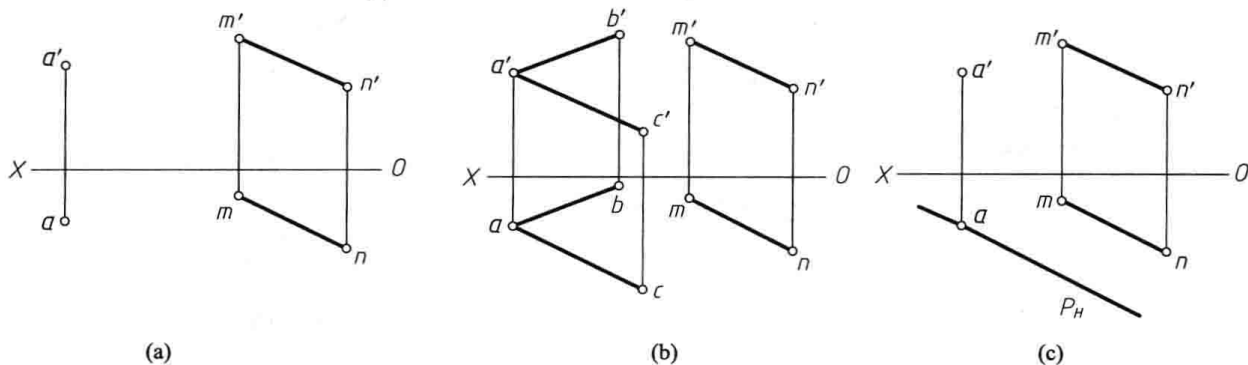


图 3.53 作平面平行于直线

2. 平面与平面平行

由初等几何可知,若两平面内各有一对相交直线对应地平行,则此两平面互相平行。

图 3.54 中, $AB \parallel A_1B_1$, $BC \parallel B_1C_1$, 故平面 $(AB \times BC)$ 与平面 $(A_1B_1 \times B_1C_1)$ 互相平行。在图 3.55 中, $DI \parallel AB$, $E II \parallel AC$, 故此两三角形平面也互相平行。

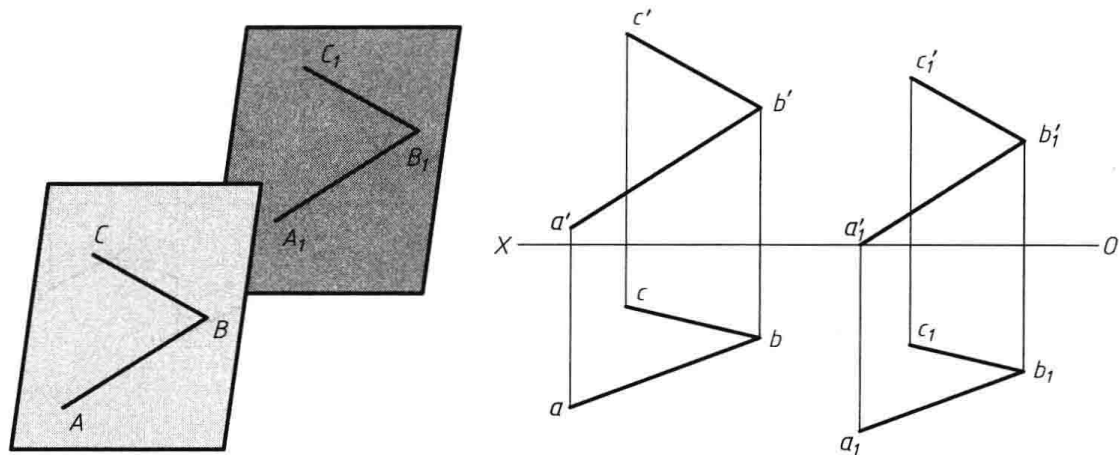


图 3.54 两平面平行

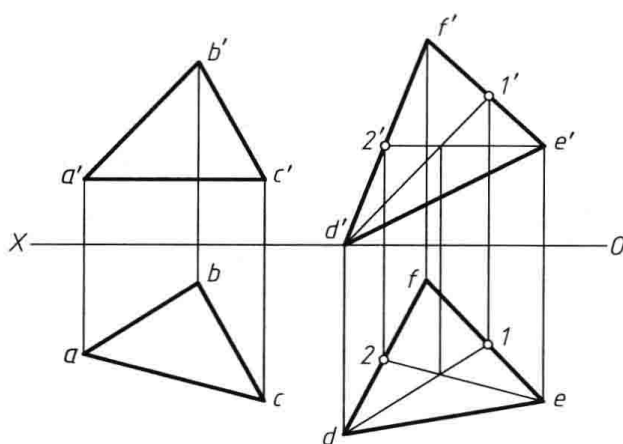


图 3.55 两平面平行

若两投影面垂直面互相平行,则其积聚投影互相平行,如图 3.56 所示。

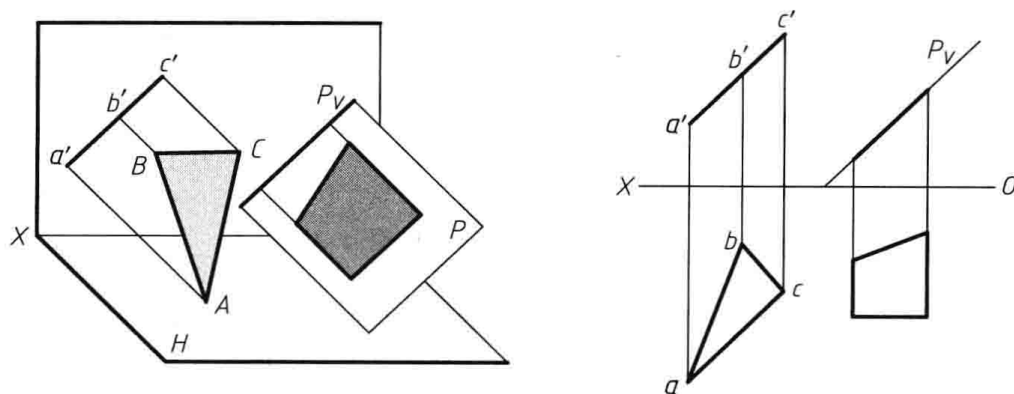


图 3.56 两投影面垂直面平行



例 3.15 过点 K 作平面与平面 $(AB//CD)$ 平行, 见图 3.57a。

解: 根据两平面平行的条件, 过点 K 作两相交直线与已知平面内一对相交直线平行即可。为此, 先在平面 $(AB//CD)$ 上作与 AB 相交的直线 AE , 再过点 K 作 $KL//AB, KM//AE$, 则平面 $(KL \times KM)$ 即为所求, 见图 3.57b。

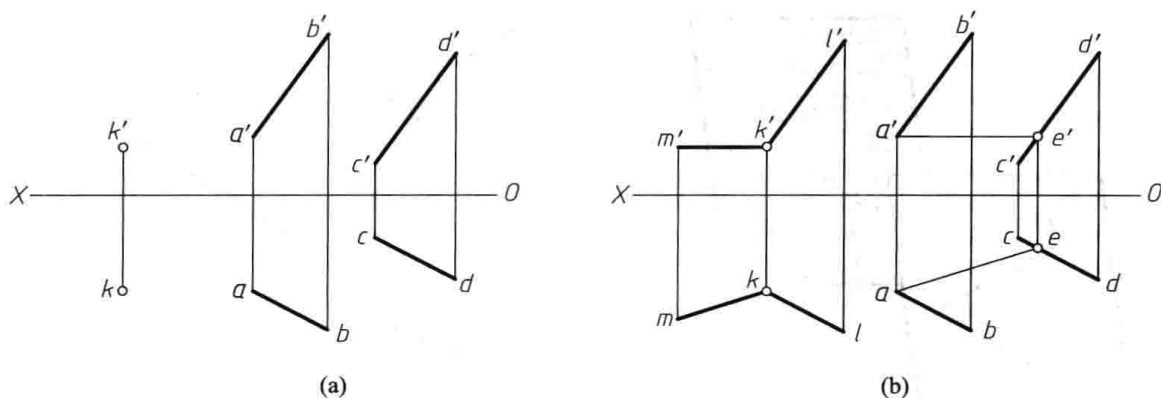


图 3.57 作平面平行于已知平面

3.4.2 相交问题

1. 直线与平面相交

直线与平面相交, 交点是直线与平面的共有点, 如图 3.58a。

图 3.58 中直线 AB 与铅垂面 P 相交, 铅垂面 P 的水平投影积聚成直线段 P_H , 交点 K 既在平面 P 上, 其水平投影 k 必在 P_H 上; 交点 K 又在直线 AB 上, 故 k 也必在 ab 上。因此 ab 与 P_H 之交点 k 必为点 K 的水平投影。而点 K 的正面投影 k' 必在 $a'b'$ 上。

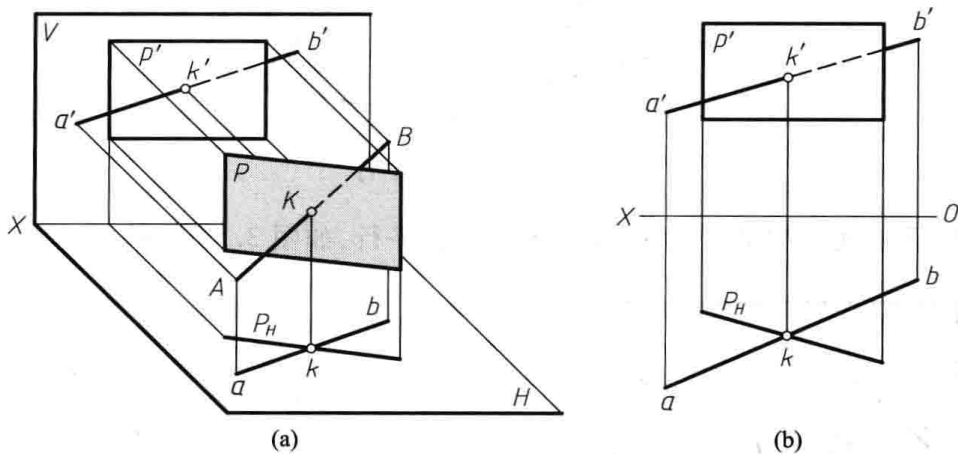


图 3.58 直线与铅垂面相交

直线与平面的正面投影有一段重叠, 产生了遮挡问题。若交点在平面图形以内, 则在投影重叠部分, 直线总是以交点分界, 一端可见, 另一端不可见。从水平投影可以看出, 直线的 AK 段在平面之前, BK 段在平面之后。所以 $a'k'$ 可见, $b'k'$ 与 p' 重叠部分不可见, 画成虚线。

图 3.59 中铅垂线 MN 与平面 $ABCD$ 相交。因交点 K 在 MN 上, 故 k 与 mn 重合; 因点 K 又在



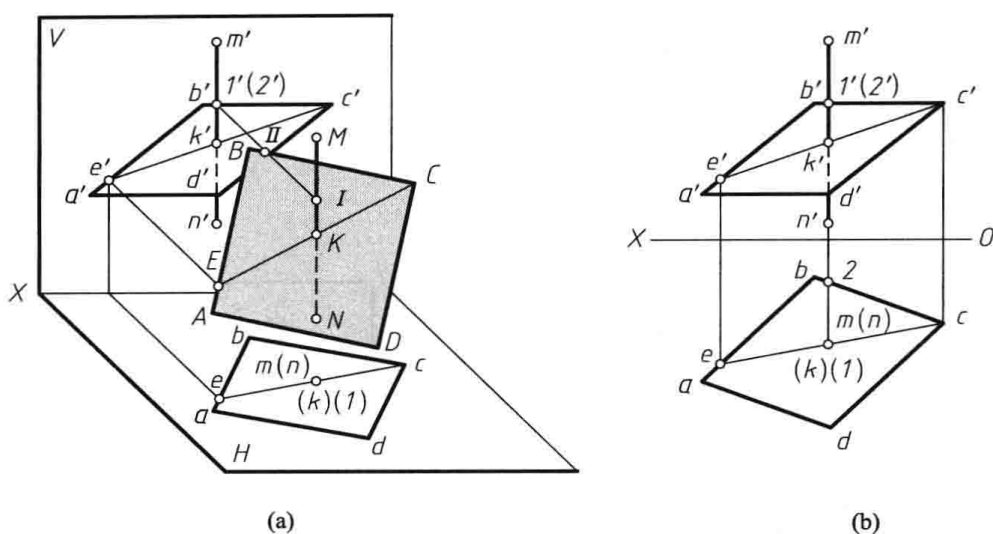


图 3.59 铅垂线与平面相交

平面 $ABCD$ 上,故可利用平面上取点的方法,用辅助线(如 CE)求出 k' 。

直线 MN 正面投影的可见性,可以利用直线 MN 与平面上直线 BC 的重影点 I 、 II 来判断。从图 3.59 中可以看出, MN 线上的点 I 在前, BC 线上的点 II 在后,故 I' 可见, $m'k'$ 段也可见。

由图 3.58、图 3.59 可知:当相交两元素之一的投影有积聚性时,交点的一个投影可以直接在积聚投影中得到,另一投影可用直线上取点或平面内取点的方法得出。

2. 两平面相交

两平面若不平行就相交,交线是一直线,是两平面的共有线。两平面的交线,可由两平面的两个共有点或一个共有点及一方向确定。

图 3.60 中铅垂面 $ABCD$ 与一般位置面 EFG 相交,只需求出两个共有点,就可得出交线。为此,求出 EFG 面上两直线 EF 、 EG 与 $ABCD$ 面的交点 K 、 L ,直线 KL 即为两已知平面的交线。

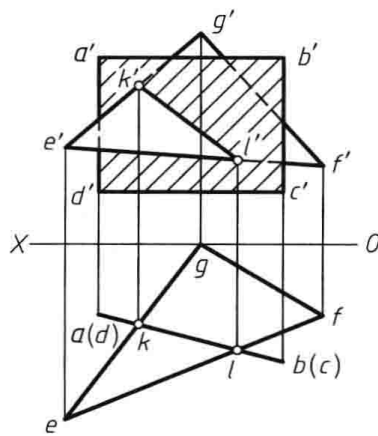


图 3.60 铅垂面与一般位置平面相交

当交线在平面图形的范围内时, P 、 Q 两平面投影重叠部分,其可见性总是以交线为界,若交线的一侧为 P 面可见,则交线的另一侧必为 Q 面可见。如图 3.60 中两平面正面投影的重叠部分,交线左方三角形平面在前,故 $e'k'l'$ 可见, $a'd'$ 被遮挡的一段应画成虚线;交线右方的四边形平面可见,三角形平面轮廓线被遮挡部分应画成虚线。为使图形明显起见,可在一个平面的投影的可见部分画上 45° 线。

图 3.61 所示是一般位置平面 $ABCD$ 与水平面 P 相交。交线 KL 既在平面 P 上,则必是水平线,且 $k'l'$ 与 p' 重合;交线 KL 又在平面 $ABCD$ 上,必是该平面上的水平线,因 k' 在 $c'd'$ 上,且 $k'l' \parallel b'c'$,故 k 在 cd 上,且 $kl \parallel bc$ 。

图 3.62 所示为两铅垂面相交,交线应是铅垂线,其水平投影是两平面积聚性投影的共有



点 $k(l)$, 正面投影 $k'l' \perp OX$ 。

从图 3.60 至图 3.62 可知: 当相交两平面之一的投影有积聚性时, 交线的一个投影可以直接从积聚性投影得到, 另一投影可用平面上取线的方法得出。若相交两平面之一平行于某投影面, 则交线也平行于该投影面; 若相交两平面垂直于同一投影面, 则交线也垂直于该投影面。

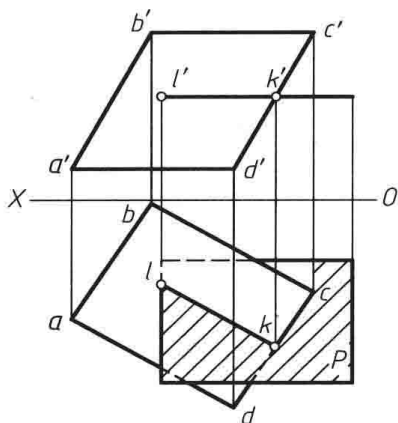


图 3.61 水平面与一般位置平面相交

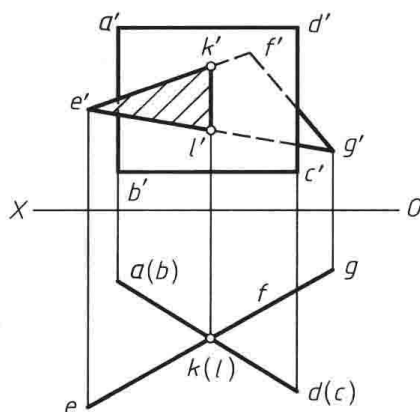


图 3.62 两铅垂面相交

两个一般位置平面相交的问题可以借助辅助投影面解决。

3. 用辅助平面法求直线与平面的交点

当参加相交的两个元素都不垂直于投影面时, 两个元素的投影都没有积聚性, 此时交点、交线的投影都不能直接得出, 通常可以利用投影面垂直面作辅助面求解, 也称为辅助平面法。

图 3.63 中一般位置直线 AB 与一般位置平面 DEF 相交, 交点是平面 DEF 上的点, 必在此平面上过点 K 的任一直线 MN 上。相交于点 K 的直线 MN 和 AB 组成一个平面 R 。显然, 直线 MN 就是平面 R 与平面 DEF 的交线, MN 与 AB 的交点即直线 AB 与平面 DEF 的交点。

由此可以得出求一般位置直线与一般位置平面交点的作图步骤如下:

(1) 包含直线作辅助面, 可作无穷多辅助平面, 但为作图方便起见, 通常采用投影面垂直面为辅助面。图 3.63c 中采用的是铅垂面 R 。

(2) 求辅助面与已知平面的交线, 如图 3.63d 中直线 $MN(mn, m'n')$ 。

(3) 定出此交线与已知直线的交点, 如图 3.63e 中点 $K(k, k')$, 即为所求直线与平面的交点。

求出交点后, 还要根据重影点 I、II 和 III、IV 分别判定正面投影和水平投影的可见性, 如图 3.63f 所示。

本题也可采用正垂面作辅助面, 读者可自行作图。

图 3.64a 是屋面交线的空间分析, 图 3.64b 是屋面交线的求法。



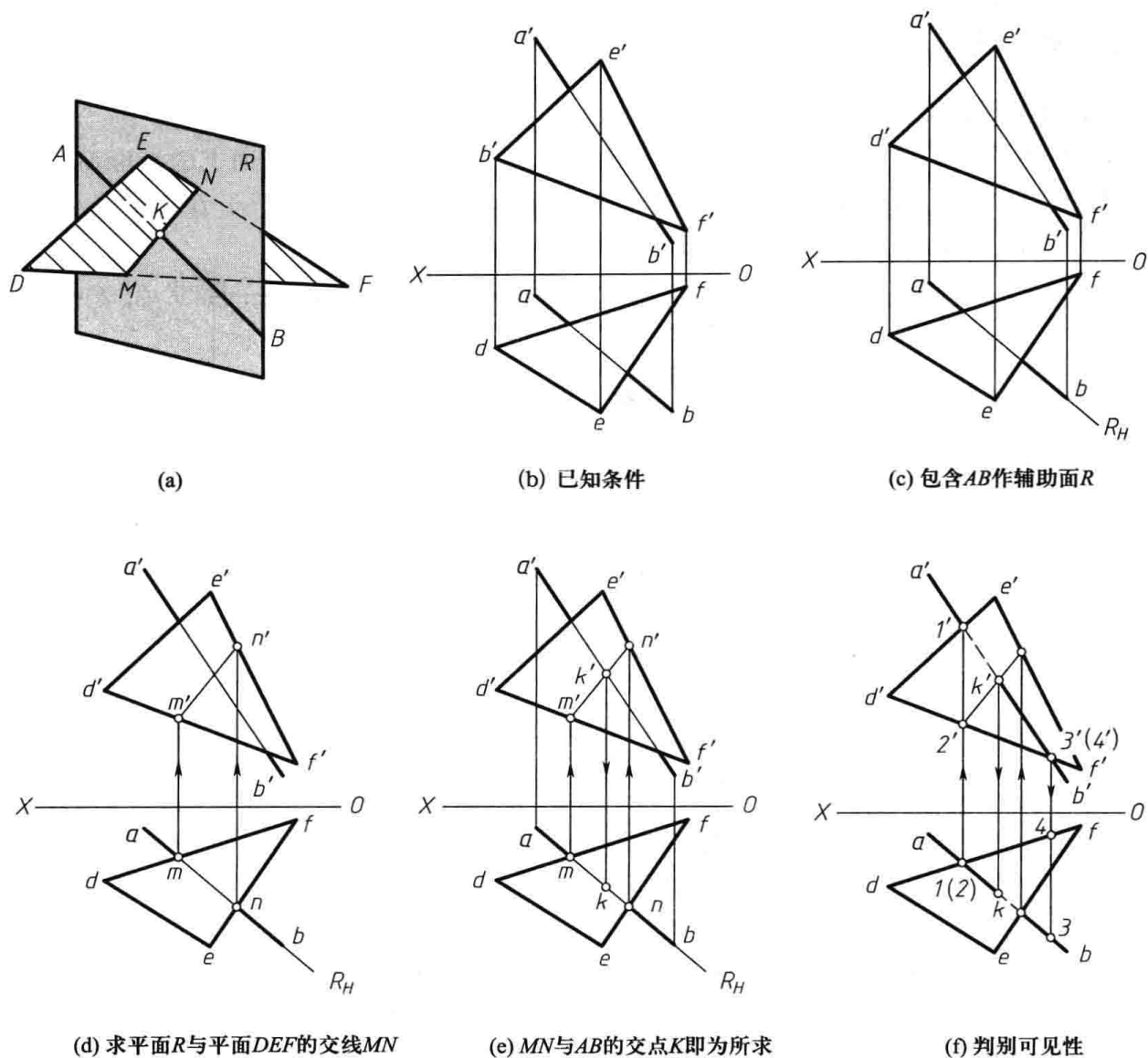


图 3.63 一般位置直线与一般位置平面相交

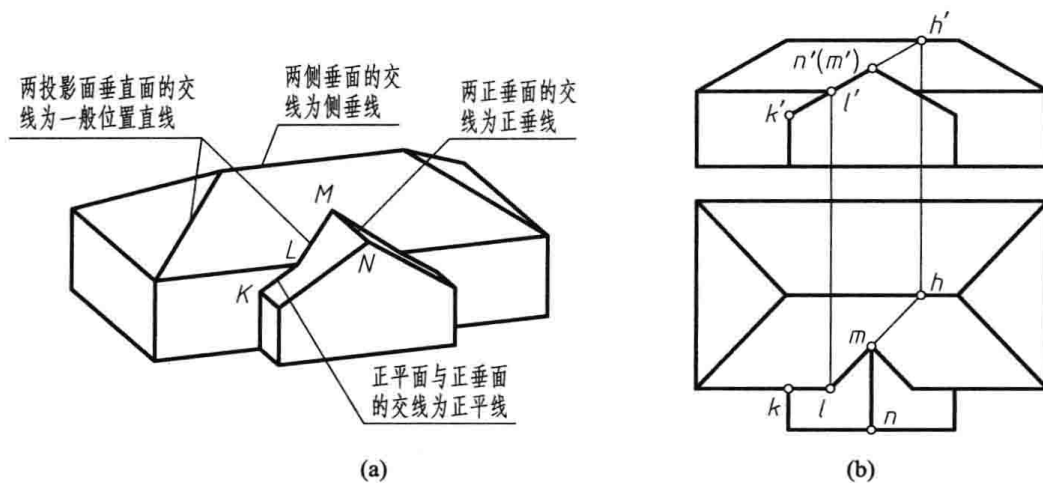


图 3.64 交线空间分析和作图实例



3.4.3 垂直问题

1. 直线与投影面垂直面垂直

若平面垂直于某投影面,其垂线必平行于该投影面,且垂线在该投影面上的投影垂直于此平面的积聚性投影。如图 3.65 所示,平面 P 垂直于 H 面,则其垂线 LK 平行于 H 面, $l'k' // OX$, $lk \perp p$, 点 K 为垂足, lk 反映点 L 至平面 P 的距离。

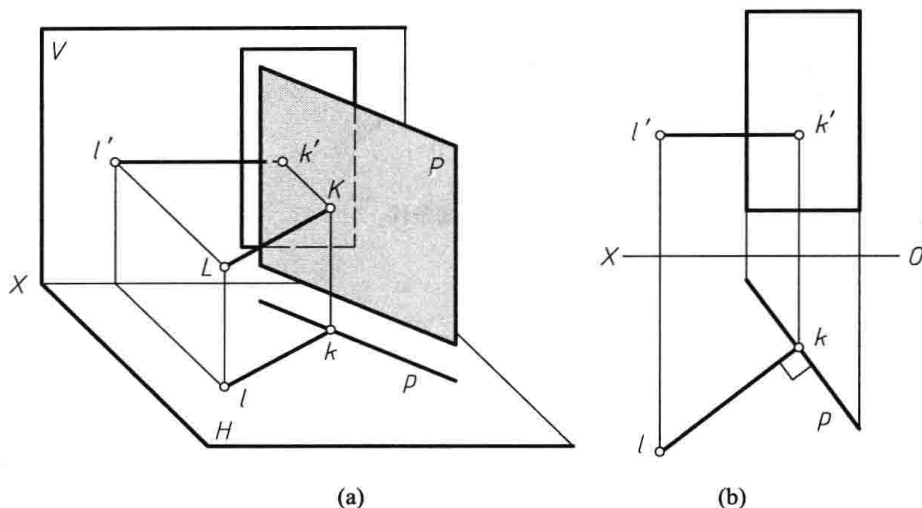


图 3.65 直线与铅垂面垂直

图 3.66 为平面 Q 垂直于 V 面,则其垂线 MN 平行于 V 面, $mn // OX$, $m'n' \perp q'$, 点 N 为垂足, $m'n'$ 反映点 N 至平面 P 的距离。

2. 直线与一般位置面垂直

如图 3.67 所示,由初等几何可知,若一直线垂直于某平面,则此直线必垂直于该平面上的一切直线。反之,若一直线垂直于某平面上两相交直线,则此直线必垂直于该平面。

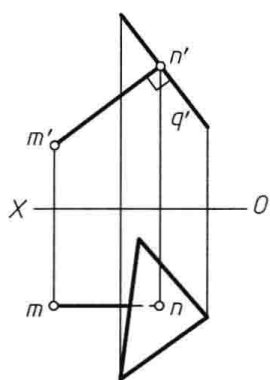


图 3.66 直线与正垂面垂直

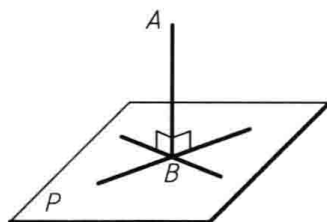


图 3.67 直线与平面垂直

图 3.68a 中,直线 KL 垂直于平面 P ,必垂直于平面 P 上的一切直线,其中包括过垂足的水平线 $I II$ 、正平线 $III IV$,以及不通过垂足的水平线 AB 、正平线 AC 。根据直角投影定理(图 3.32)可知, KL 的水平投影 kl 垂直于 12 及 ab , 正面投影 $k'l'$ 垂直于 $3'4'$ 及 $a'c'$ 。由此可得直线与平面垂直的投影特点如下:若一直线与某平面垂直,则该直线的水平投影垂直于平面上水平线的水平投



影,同时,其正面投影垂直于平面上正平线的正面投影。

反过来说,在一般情况下,若一直线的水平投影垂直于平面上水平线的水平投影,同时,其正面投影垂直于平面上正平线的正面投影,则此直线与平面互相垂直。图 3.68b 中, $lk \perp ab$, AB 为水平线, $l'k' \perp a'c'$, AC 为正平线,故直线 LK 与平面 ABC 互相垂直。需要注意的是, LK 与 AB 、 AC 为交叉垂直,它们同面投影的交点并不是垂足的投影。

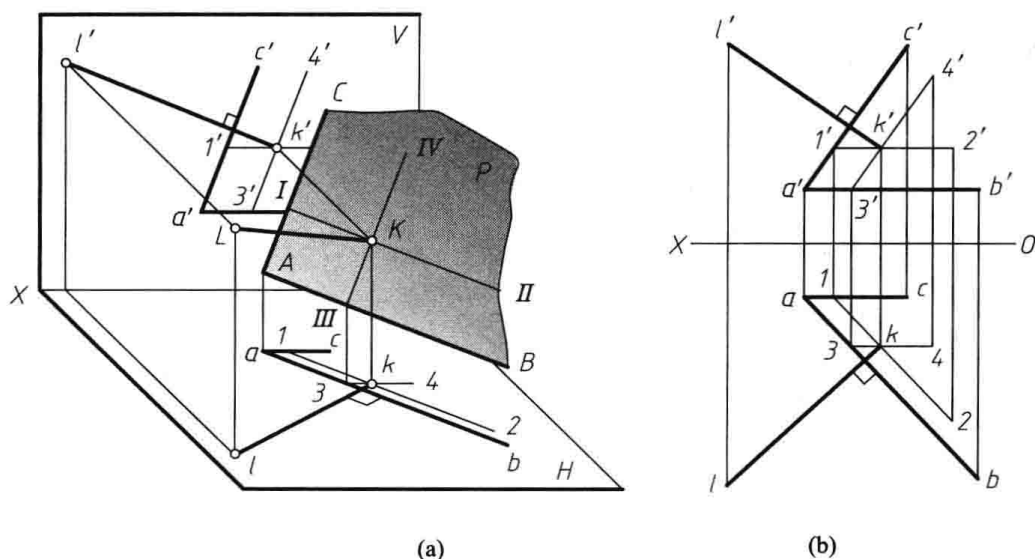


图 3.68 直线与一般位置平面垂直

例 3.16 过点 C 作直线 CK 与直线 AB 垂直相交,见图 3.69a。

分析: AB 为一般位置直线, CK 通常也是一般位置直线,因此投影图上不反映直角。但是 CK 必在过点 C 与 AB 垂直的平面上。过点 C 作平面与 AB 垂直,求此平面与 AB 的交点即可。

本题也可用辅助投影求解,见图 3.33d。

作图:

(1) 过点 C 作平面 CDE 与直线 AB 垂直,见图 3.69b。

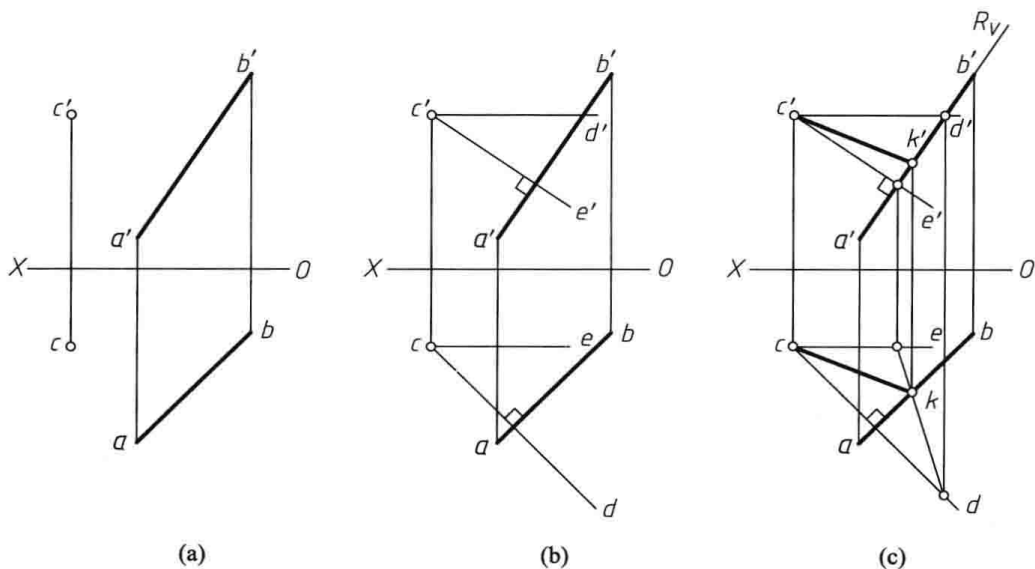


图 3.69 作直线与已知直线垂直相交



(2) 求直线 AB 与平面 CDE 的交点 K , 图中利用正垂面 R 作辅助面求得, 见图 3.69c。

(3) 连接 CK , 即为所求。

3. 两平面互相垂直

由初等几何可知, 如一直线垂直于某平面, 则包含此直线的一切平面都与该平面垂直。反之, 如两平面互相垂直, 则由一平面上任一点向另一平面所作的垂线, 必在前一平面上。如图 3.70 中, 直线 AB 垂直于平面 P , 则过 AB 的平面 R 、 S 都与平面 P 垂直。图 3.71 中, 点 C 在平面 P 上, CD 是平面 Q 的垂线。图 3.71a 中 CD 在平面 P 上, P 、 Q 两平面互相垂直; 图 3.71b 中 CD 不在平面 P 上, 则 P 、 Q 两平面不垂直。

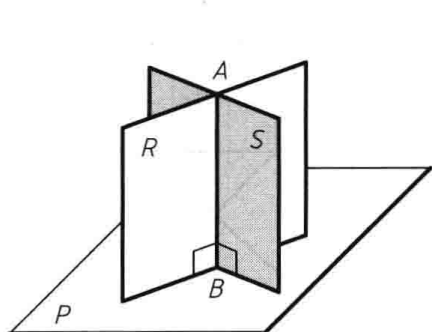


图 3.70 平面与平面垂直

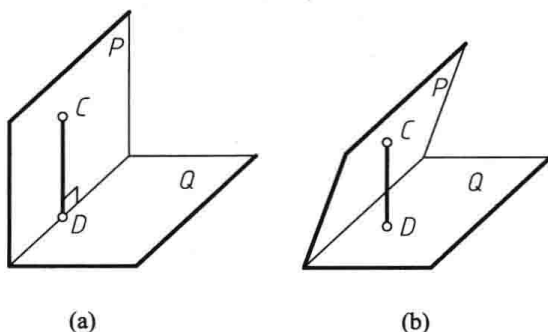


图 3.71 两平面垂直的判别

例 3.17 图 3.72a 所示, 过点 L 作平面垂直于铅垂面 P 。

分析: 平面 P 为铅垂面, 根据直线与平面垂直的条件, 作 lk 垂直于 p , $l'k'$ 平行于 OX 轴, 则 LK 垂直于平面 P , 见图 3.72b。包含 LK 所作的任一平面均垂直于平面 P , 任作直线 LM 即可。

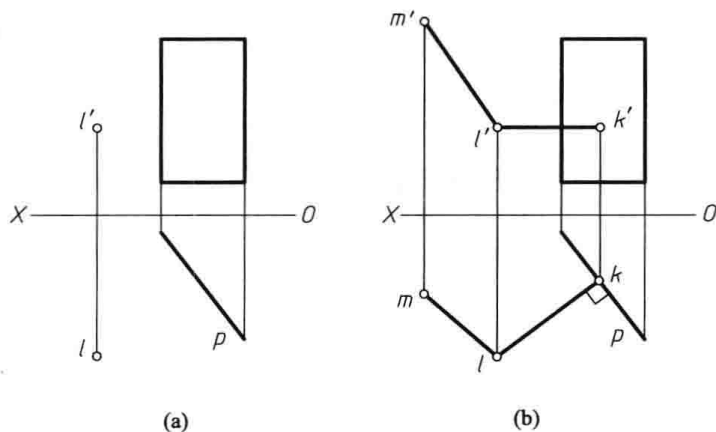


图 3.72 过点 L 作平面与铅垂面 P 垂直

例 3.18 如图 3.73a 所示, 已知直线 $AB \perp$ 平面 CDE , 且点 A 距平面为 30 mm, 完成 CDE 平面的正面投影。

分析: 当直线与平面均为一般位置时, 可以用辅助投影面将其中之一转换为特殊位置, 即可用特殊位置线面垂直的条件解题。由于 $AB \perp CDE$, 当直线 AB 转换为投影面平行线时, 平面 CDE 必有积聚性投影, 同时可直接反映点 A 到平面 CDE 的距离 30 mm, 由此可作出平面 CDE 的新投影, 由新投影返回, 即可求得 $c'd'e'$ 。

作图:



- (1) 设 V_1 面 $\parallel AB$, 作出 $a'b'_1$, 它反映线段 AB 实长, 见图 3.73b。
- (2) 根据 $AB \perp CDE$ 和点到 CDE 的距离 30 mm, 作 $c'd'e'_1$ 。
- (3) 返回至 V 面求得 $c'd'e'$, 完成平面 CDE 的投影。

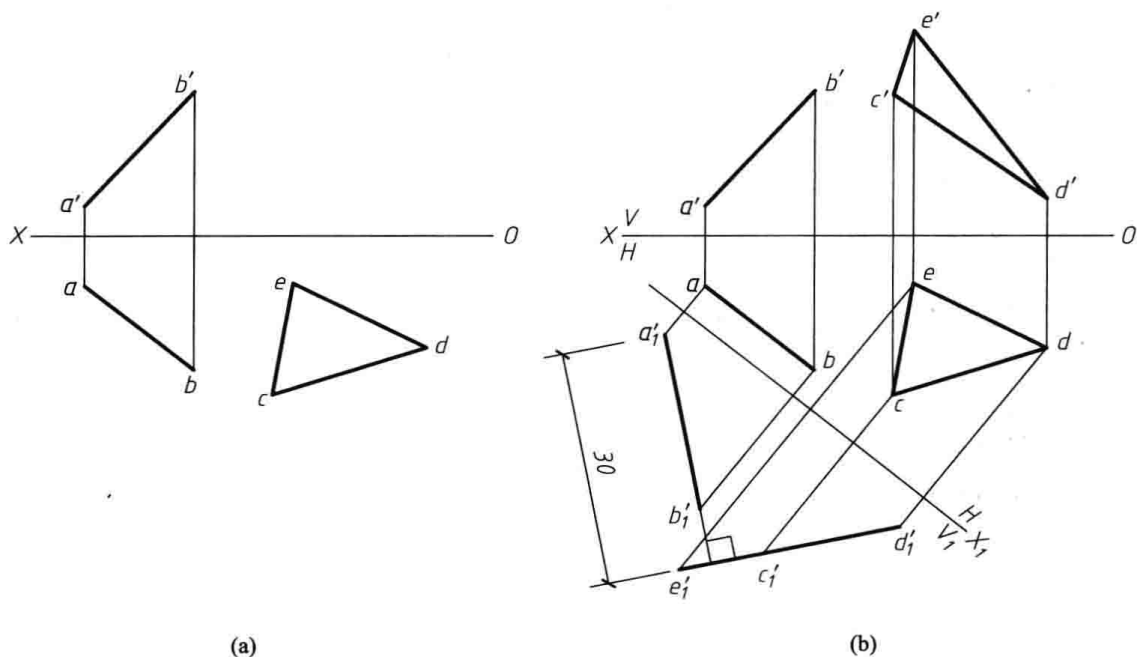


图 3.73 作平面与直线垂直

本题如果设 H_1 面 $\parallel AB$, 同样可求解, 请自行作图。

例 3.19 过点 K 作一平面垂直于 $\triangle ABC$, 见图 3.74a。

分析: 过点 K 作 $\triangle ABC$ 的垂线 KM , 则包含 KM 所作的任何平面均与平面 ABC 垂直。本题有无穷多解。

作图:

- (1) 作 $\triangle ABC$ 平面上的水平线 $A I$ 及正平线 $C II$, 见图 3.74b。
- (2) 作 $km \perp a'1, k'm' \perp c'2'$, 直线 KM 即为 $\triangle ABC$ 的垂线。
- (3) 过点 K 任作一直线 KN , 则平面 KMN 即为所求。

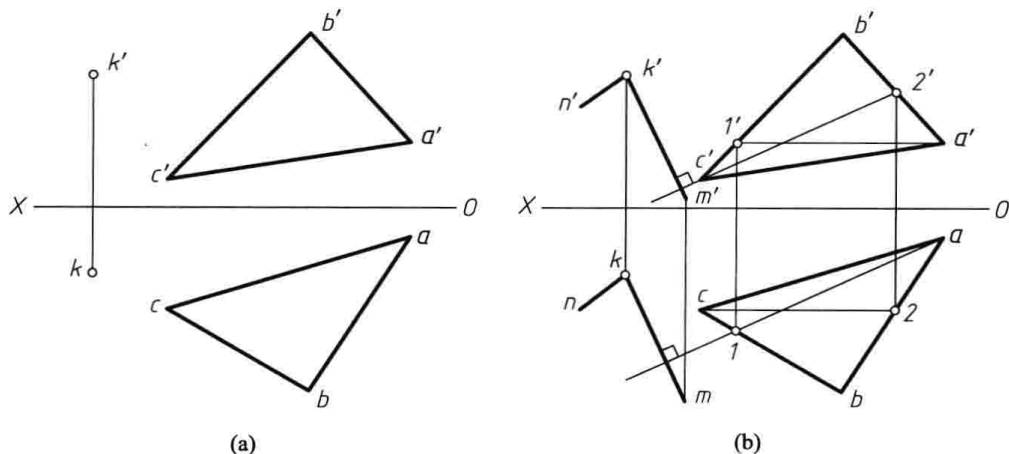


图 3.74 作平面垂直于已知平面



思考题

1. 点的三面投影规律与三视图的“三等规律”之间有何联系?
2. 一般位置直线相对于基本投影面的倾斜方向有多种,但归纳起来有几种位置?试用投影图表示出来。
3. 如何用直角三角形法求一般位置直线段的实长和对 W 面的倾角?
4. 试分别归纳投影面平行线和投影面垂直线的投影特点。
5. 仅根据两条侧平线的正面投影和水平投影,如何判断它们的相对位置?
6. 怎样检查空间四点是否在同一平面内?
7. 试分别归纳投影面垂直面和投影面平行面的投影特点。
8. 包含一般位置直线可以作几个投影面垂直面?如何作?
9. 求作一般位置平面对 V 面的倾角 β 时,如何设置辅助投影面?
10. 两投影面垂直面的交线是何种位置直线?
11. 直线与投影面垂直面平行时投影有何特点?如何作平面与直线或平面平行?
12. 直线与投影面垂直面垂直时,投影有何特点?如何作直线与投影面垂直面垂直?
13. 直线与一般位置平面垂直时,投影有何特点?如何作直线与一般位置平面垂直?如何作平面与一般位置直线垂直?



第4章

立 体

学习要点

1. 熟悉常见的平面立体(棱柱、棱锥)和曲面立体(圆柱、圆锥、球、圆环)的投影;
2. 掌握各种立体表面上点、线投影的作图方法;
3. 熟悉不同立体截交线的性质、类型和投影,掌握求作截交线投影的方法;
4. 了解截交线在工程形体表达中的应用。

工程形体都是由一些最基本、最简单的几何形体组成的。熟悉基本体的投影及其规律是绘制工程图样的基础。

由围成立体的表面性质分类,立体可分成平面立体和曲面立体。表面全部由平面围成的立体称为平面立体,常见的基本体有棱柱、棱锥等;表面由曲面或曲面和平面围成的立体称为曲面立体,常见的基本体有圆柱、圆锥、球、圆环等。

4.1 平面立体的投影及其表面上点、线的投影

平面立体各表面都是平面,画平面体的投影,就是画出平面体的各个表面的投影。

棱柱和棱锥是常见的平面基本体,图 4.1a 和图 4.3a 分别为六棱柱和三棱锥的直观图。它们是由棱面及底面围成,相邻两棱面的交线称为棱线,底面和棱面的交线是底面的边。应用直线和平面的投影特性及三面投影的投影规律,就可画出它们的三面投影图。

4.1.1 平面立体的投影

1. 棱柱

棱柱的棱线互相平行,底面为多边形,底面形状是棱柱的特征面。画直棱柱的投影时,应先画其反映特征的投影,再画其他两个投影。

图 4.1 所示为一直立正六棱柱,其上、下底面平行于 H 面,为正六边形,水平投影反映实形,正面投影和侧面投影均积聚成水平线段;六个棱面均垂直于 H 面,水平投影积聚成直线段与底面投影重合;前、后两棱面平行于 V 面,垂直于 W 面,正面投影反映实形,侧面投影积聚成竖直线段;另四个棱面均倾斜于 V 、 W 面,正、侧面投影都是原图形的类似形。

由此可知正棱柱的投影特点:在垂直于棱线的投影面上的投影为多边形,反映底面实形;其他两投影外轮廓都呈矩形,且棱线的投影互相平行。掌握此投影特点,对读图很有益处。



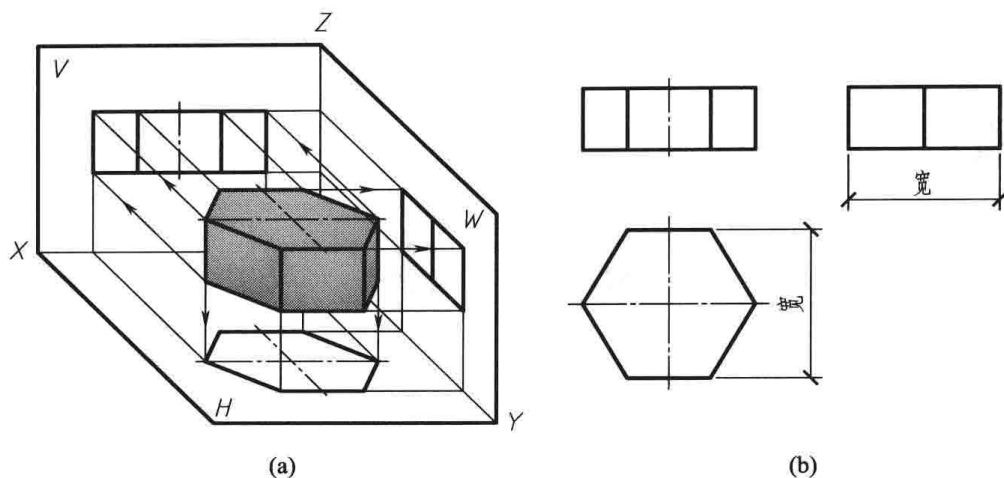


图 4.1 六棱柱的投影图

图 4.2 所示为一斜置三棱柱,其上、下底面垂直于 V 面,正面投影积聚成倾斜线段,其他两投影为类似形;三个棱面都倾斜于 V 、 H 、 W 面,它们的三个投影都是类似形;三条棱线在各投影中均平行,其正面投影为棱线实长,水平、侧面投影分别平行于 OX 轴和 OZ 轴。水平、侧面投影有不可见的底面和棱线,将其画成虚线。区分可见性的规律及方法如下:

(1) 每个投影的外轮廓线都是可见的;

(2) 外轮廓以内的线,其可见性可以根据空间构形来判断(如上底面各边的水平投影都可见),也可利用重影点来判别交叉两直线的可见性(如利用重影点 I 、 II 判别 AB 、 CC_1 边水平投影 ab 、 cc_1 的可见性);

(3) 外轮廓线以内的线交于同一顶点时,它们的可见性相同(如水平投影中交于点 c_1 和侧面投影中交于点 c'' 的各线)。

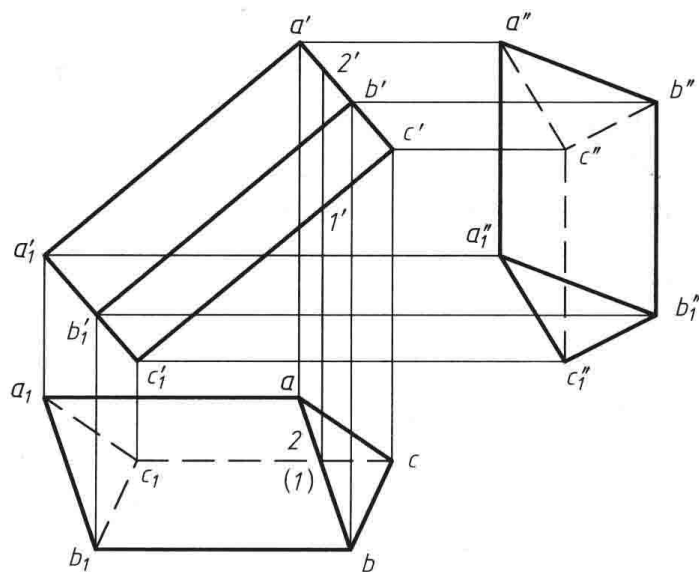


图 4.2 斜置三棱柱的投影

2. 棱锥

棱锥的所有棱线都交于锥顶,棱面都是三角形。画棱锥的投影时,一般先画出底面及锥顶的



投影,再画棱线的投影。

图 4.3 所示为一正三棱锥,底面平行于 H 面,为等边三角形,底边 AC 垂直于 W 面;三个棱面是同样大小的三角形,均倾斜于 H 面,棱线 SB 平行于 W 面。三棱锥的正、侧面投影外轮廓都是三角形,各棱面及底面的投影请自行分析。

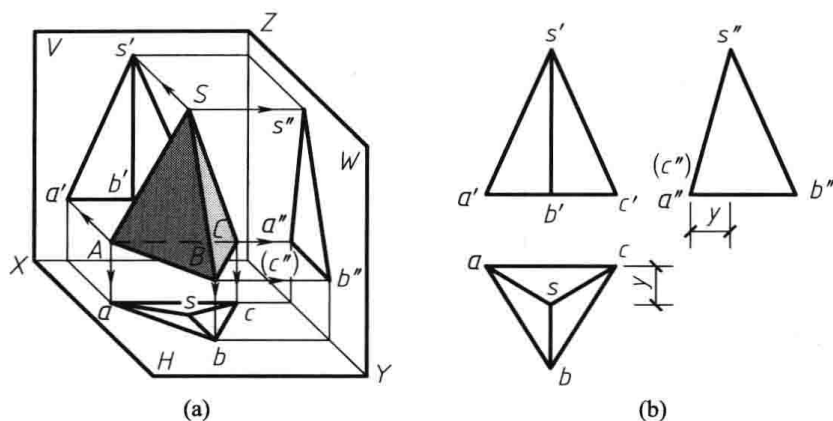


图 4.3 三棱锥的投影

图 4.4 所示为一四棱台的投影图。

图 4.5 所示为两个常见平面立体的投影图,试比较它们的投影特点。

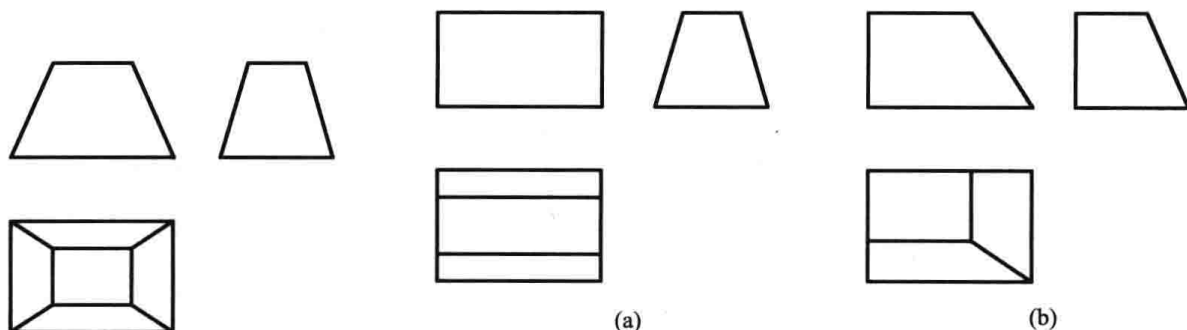


图 4.4 四棱台的投影

图 4.5 平面体的投影

4.1.2 平面体表面上点、线的投影

平面体表面上取点、线的实质就是在平面上取点、线。关键就是要分析这些点、线在哪个平面上,从而在该平面的投影内取点、线的投影。点、线的可见性与它们所在的平面的可见性一致。

例 4.1 如图 4.6a 所示,已知三棱柱表面上的点 M 的水平投影 m 及点 K 的正面投影 k' ,分别求 M 、 K 的其他投影。

解: 由 m 的位置可知点 M 在棱柱底面 $\triangle ABC$ 上,由于该平面的 V 、 W 面投影均有积聚性,所以可直接得出 m' 、 m'' ;由 k' 可知点 K 在棱面 BC 上,棱面 BC 的 H 面投影有积聚性,因此 k 必在 bc 上, k'' 可根据 k' 及 k 利用点的投影规律求出, BC 棱面的侧面投影不可见,所以 k'' 不可见,如图 4.6b 所示。

例 4.2 已知棱锥表面上线段 $I II III$ 的水平投影,如图 4.7a 所示,求其正面投影。

解: 线段 $I II$ 在 SBC 面上,点 I 在 BC 上,点 II 在 SC 上,故 I' 在 $b'c'$ 上, $2'$ 在 $s'c'$ 上。连 $I'2'$,



即为 I II 的正面投影。线段 II III 在 SAC 面上,为求其正面投影,可将 II III 延长至与 AC 相交于点 D,即延长 23 与 ac 相交于 d,求得 d',连接 2'd',求得 II III 的正面投影 2'3'。3'也可利用平行 AC 的辅助线 III E 求出,作图见图 4.7c。

因棱面 SBC 的正面投影不可见,故 1'2'也不可见,画成虚线。

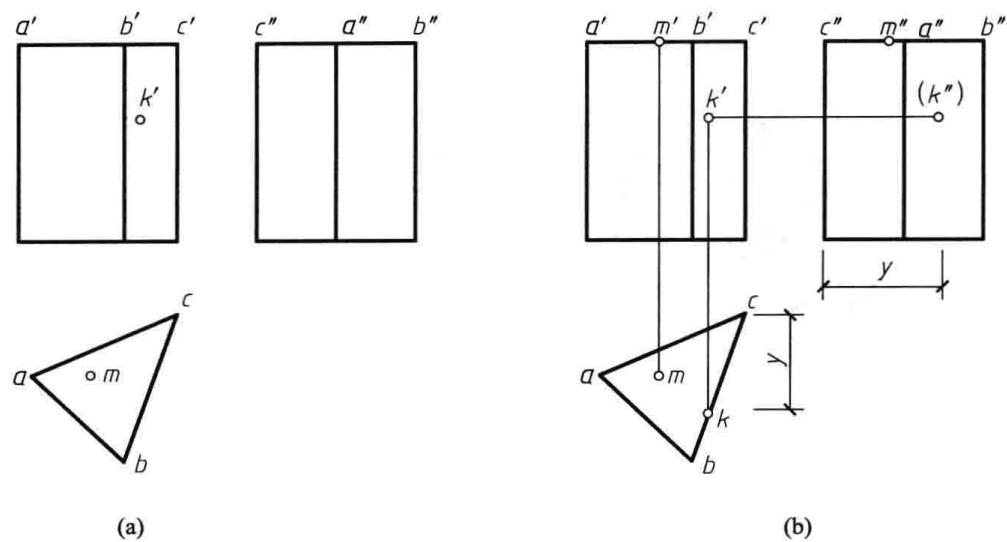


图 4.6 棱柱表面取点

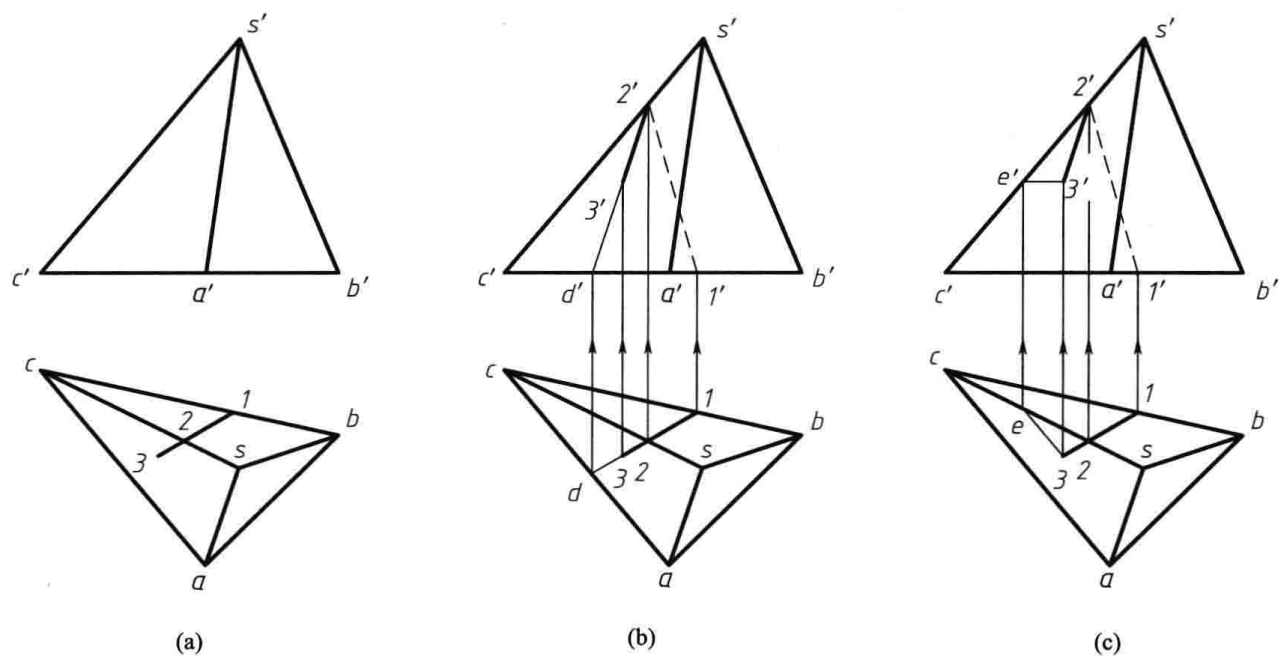


图 4.7 棱锥表面取点、线

4.2 平面与平面立体相交

平面与立体相交,也称为平面截立体。这个平面称为截平面,截平面与立体表面的交线称为



截交线,截交所围成的平面图形称为截断面,如图 4.8 所示。

在工程图样中,为了正确清楚地表达物体的形状,常需画出物体上的截交线或截断面。画如图 4.9 所示大、小两堤的视图时,应该画出截交线 $ABCD$ 的投影。 $ABCD$ 截交线是大堤的斜面与小堤的截交线。

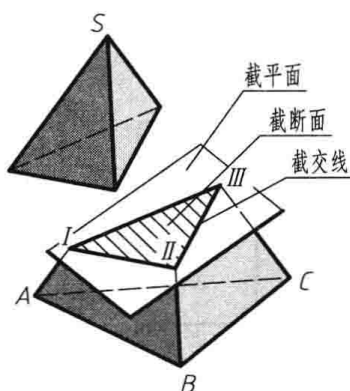


图 4.8 截平面与截交线

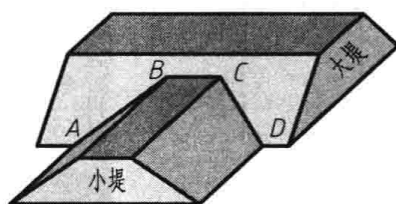


图 4.9 两堤交线

平面与平面立体相交,其截断面是一个多边形,多边形的边数取决于截平面所交到的立体表面的数量。如图 4.8 中,截平面与三棱锥 $SABC$ 的三个棱面相交,截断面是三角形 $I II III$ 。多边形的各边是截平面与平面体表面各棱面(或底面)的交线。多边形的顶点是平面体上棱线(或底边)与截平面的交点。因此,求平面与平面体截交线的方法就是求出平面体参与相交的各棱线(或底边)与截平面的交点,然后依次连成多边形,其实质是求直线与平面的交点。

截交线各边的可见性根据它所在立体表面的可见性来判断。

截交线的两个基本性质为:

- (1) 闭合性 被切割立体占有的空间是一定的,因此截交线必定是闭合的平面折线或曲线;
- (2) 共有性 截交线是截平面与立体表面的共有线,它既从属于截平面,又从属于立体表面。

例 4.3 三棱柱与一般位置平面 P 相交,如图 4.10 所示,求截交线。

解: 从图中可看出三棱柱的上、下底均未参加相交,故截交线为三角形。三角形的三条边为三棱柱棱面与平面 P 的交线。三角形的三个顶点为三棱柱的三条棱线与 P 面的交点。因棱线的水平投影有积聚性,故交点 I 、 II 、 III 的水平投影与 k 、 m 、 n 重合。又因截交线在平面 P 内,故其正面投影可利用在平面 P 上取点线的方法求出。

因棱面 KN 的正面投影为不可见,故 $I'3'$ 不可见。

例 4.4 完成被切割五棱柱的水平及侧面投影,如图 4.11a 所示。

解: 从图中可看出该形体是五棱柱被水平面 P 、正垂面 Q 及侧平面 R 组合切割而成。平面 P 与五棱柱的四个棱面相交,截交线分别与对应棱面的底边平行;平面 Q 与二个棱面相交,截交线为对应棱面上的一般位置线;平面 R 与二个棱面及一个底面

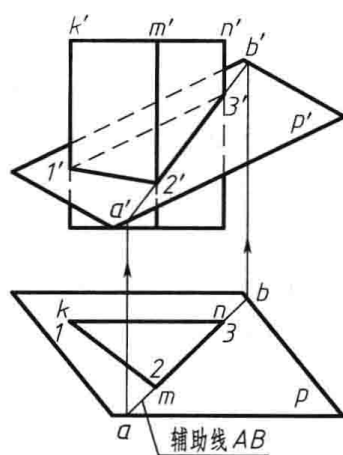


图 4.10 平面截三棱柱



相交,截交线为对应棱面上的铅垂线及底面上的正垂线。棱面的水平投影有积聚性,因此截交线的水平投影与棱面的投影重合,只需求作截交线的侧面投影。

作图时,先画出截平面 P 和 Q 、 P 和 R 之间交线 AB 、 CD 的水平投影 ab 、 cd ,再分别作出截平面 R 、 Q 切割五棱柱所形成的截断面的侧面投影(截平面 P 的侧面投影积聚为直线),如图 4.11b 所示。

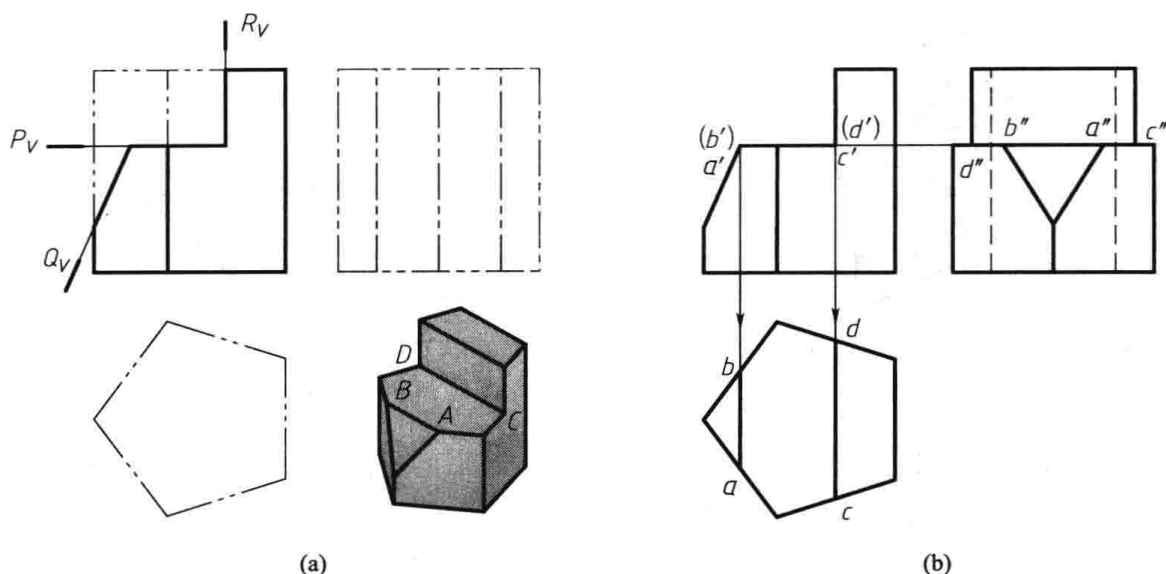


图 4.11 平面截切五棱柱

例 4.5 三棱锥 $SABC$ 被正垂面 P 所截,如图 4.12 所示,求截交线的投影和截断面的实形。

解: 截平面 P 为正垂面,正面投影有积聚性,故 P_V 上的线段 $1'2'3'4'$ 为截交线的正面投影。 $2'$ 、 $3'$ 为棱线 SB 、 SC 与截平面交点 II 、 III 的正面投影, $1'$ 、 $4'$ 为底边 AB 、 AC 与截平面交点 I 、 IV 的正面投影。在 sb 、 sc 、 ab 、 ac 上定出相应的 2 、 3 、 1 、 4 点并依次连接,即得交线的水平投影。

三棱锥的三个棱面的水平投影皆为可见,而底面的水平投影为不可见,故 12 、 23 、 34 均可见, 14 为不可见。

截断面的实形可用辅助投影求出。图 4.12 中的四边形 $I II III IV$ 即截断面实形。

例 4.6 如图 4.13a 所示,完成截口正四棱锥的水平及侧面投影。

解: 从图中可看出正四棱锥被水平面 P 及正垂面 Q 组合切割。四棱锥各棱面与平面 P 的截交线分别与对应棱面的底边平行,如图 4.13b 所示;四棱锥与平面 Q 的截交线为五边形,可以看出 $III VII$ 、 $IV VIII$ 两线段与棱线 SC 平行,如图 4.13c 所示。作图时,先分别求出 P 、 Q 两平面与四棱锥的交线,再画出两截平面的交线 $III IV$,最后将结果加深,如图 4.13d 所示。棱线 SA 、 SB 、 SD 都被截去一段,加深时需断开。

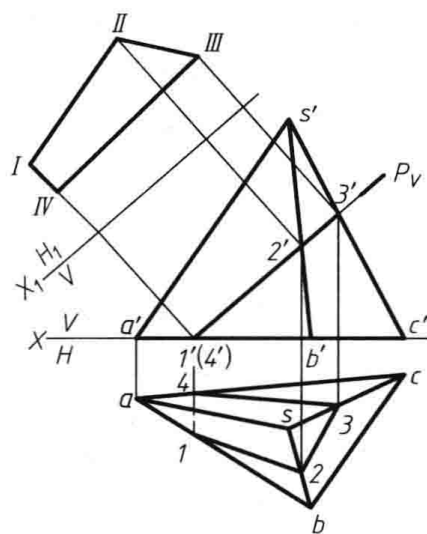
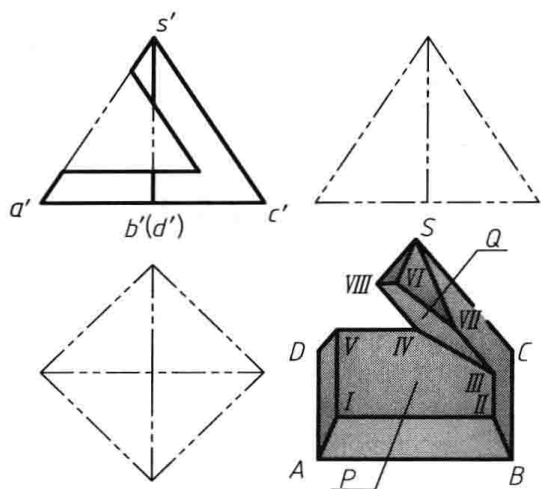
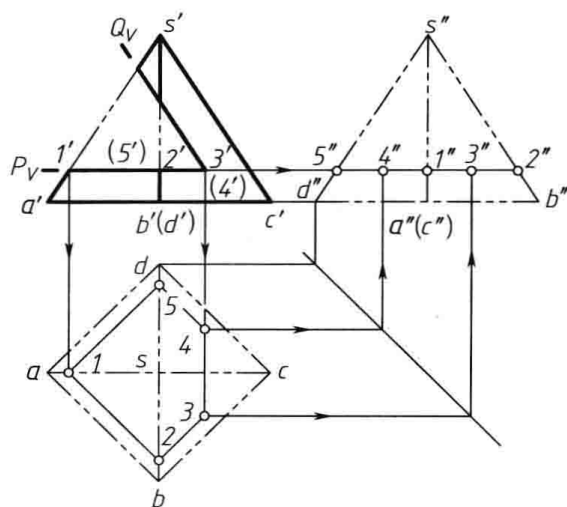


图 4.12 平面截三棱锥

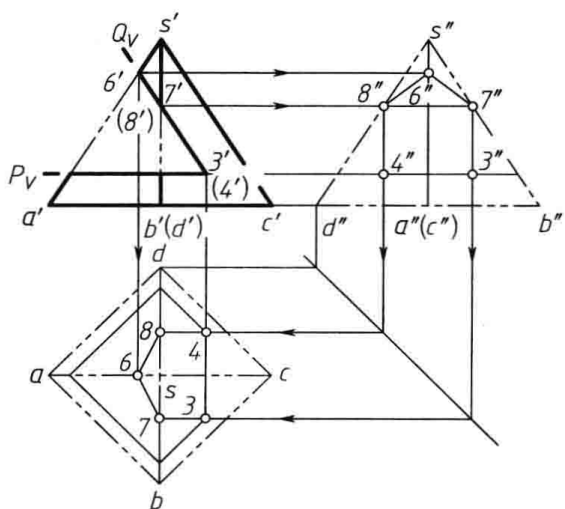




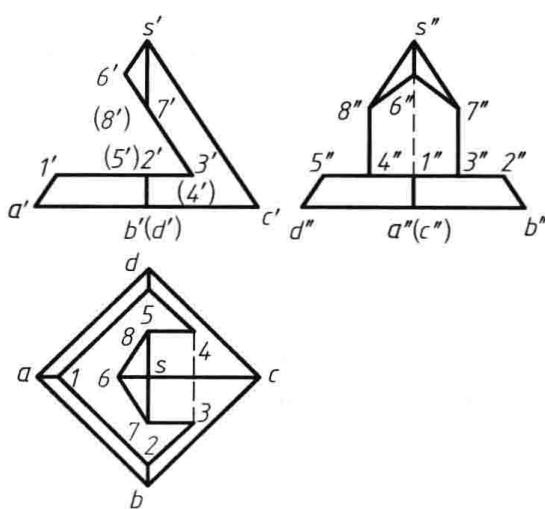
(a) 题给



(b) 作截平面P与棱面的交线



(c) 作截平面Q与棱面的交线

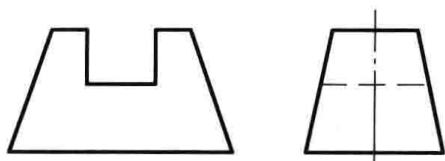


(d) 作两截平面的交线IIIIV并整理、加深

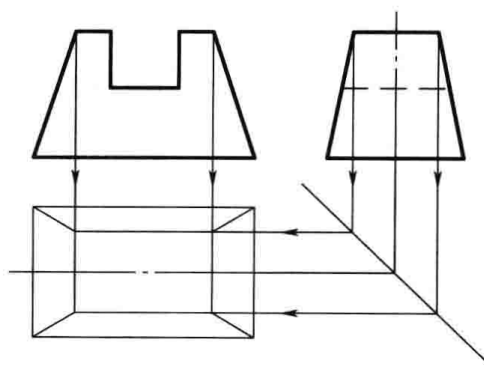
图 4.13 截口正四棱锥的投影

例 4.7 如图 4.14a 所示,已知截口四棱台的正面及侧面投影,完成水平投影。

解: 四棱台的截口可看成被左右两个侧平面和一个水平面切割形成。侧平面切四棱台,截断面形状为梯形,其水平投影是直线;水平面截切四棱台,截断面形状为矩形,其水平投影反映实形。作图过程见图 4.14b、c、d。



(a) 题给



(b) 画出四棱台的投影



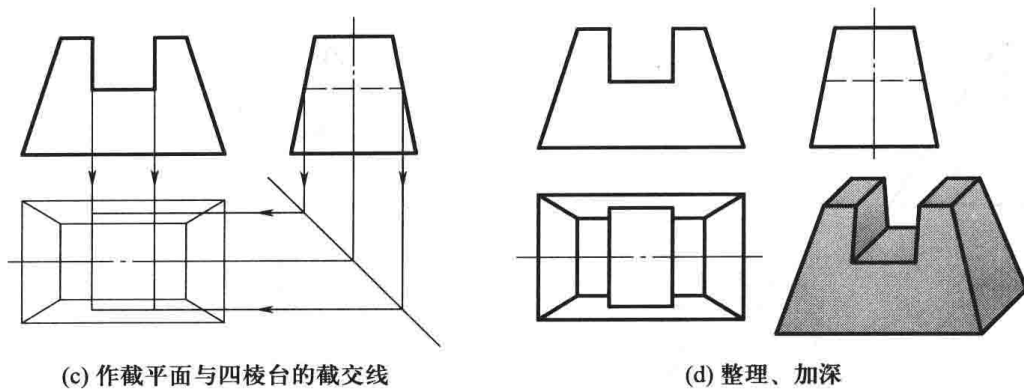


图 4.14 平面截切四棱台

4.3 曲面立体的投影及其表面上点、线的投影

曲面立体的表面没有明显的棱线,画投影时,主要画出其外形轮廓线和轴线(中心线)的投影。作曲面立体的投影,一定要注重曲面形成的方式及投影轮廓线的分析。

如图 4.15 所示的圆柱面、圆锥面、圆球面及圆环面都是由直线或圆绕一固定的轴线旋转而成的,因此称之为回转曲面。由回转曲面围成的立体称为回转体。形成这些曲面的直线或曲线称为母线,母线处在曲面上任一位置时称其为素线。

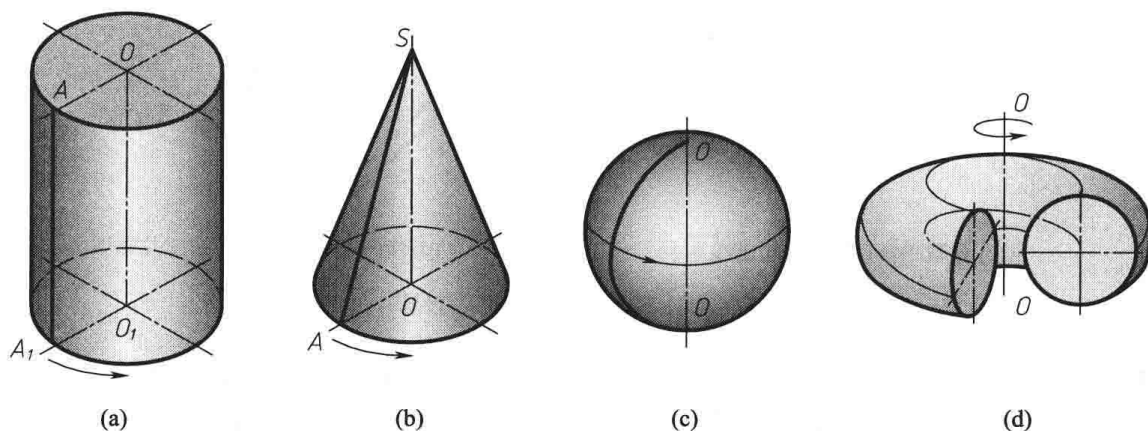


图 4.15 常见的四种回转曲面

回转曲面母线上任一点的运动轨迹是一垂直于轴线的圆,称为纬圆。因此,若用一个垂直于轴线的平面截回转曲面时,截得的交线都是圆周。

画回转体的投影图时,应先画轴线及圆的中心线(用细点画线表示),再画投射为圆的投影,最后画非圆的投影。

曲面体表面取点的作图原理与平面体表面取点作图相同,只是曲面体上所作的辅助线应根据曲面的特征而定。圆柱面、圆锥面上可作投影为直线或圆的直素线或纬圆为辅助线;而圆球面、圆环面只能作投影为圆或直线的圆为辅助线。



4.3.1 圆柱

1. 圆柱的形成及投影

圆柱是由圆柱面和上、下底面围成的立体。圆柱面是由一条直母线绕与它平行的轴线旋转而成的。圆柱面上的所有素线都是与轴线平行的直线。

图 4.16 所示是一轴线垂直于 H 面的直圆柱。它的水平投影是圆,反映上、下底面实形;圆柱面的水平投影有积聚性,与上、下底面的圆周重合。圆柱的其他两投影是由上、下底面的积聚投影及圆柱面上最外轮廓素线的投影围成的矩形。

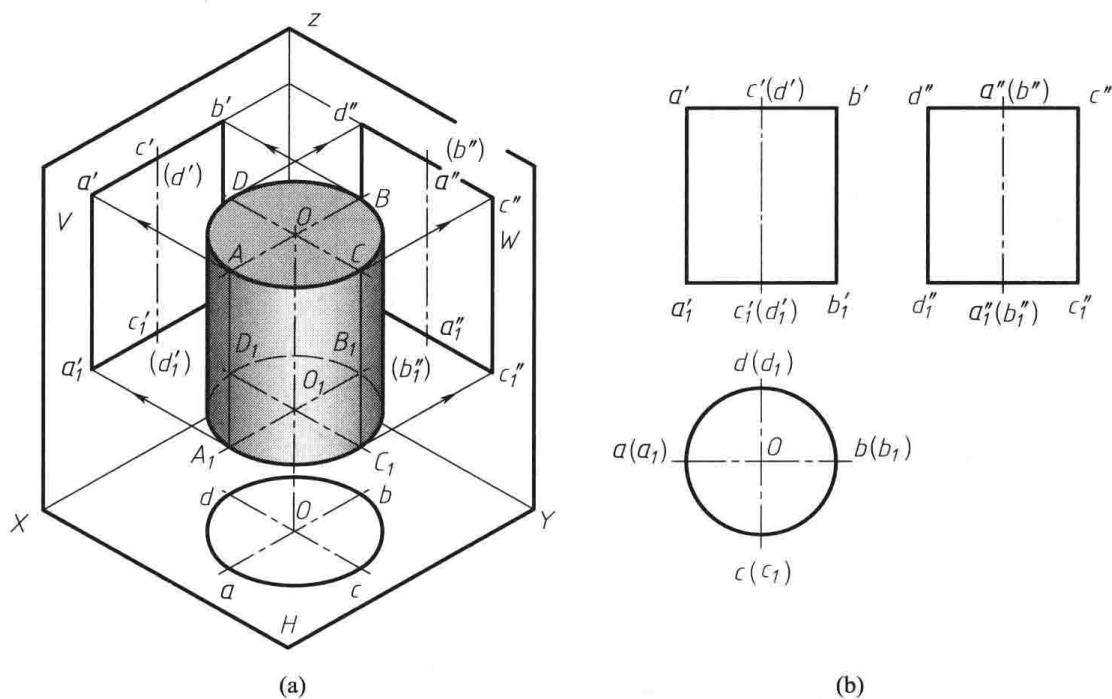


图 4.16 圆柱的投影

图 4.16 中正面投影的左、右两条铅直线 $a'a'_1$ 及 $b'b'_1$ 是圆柱面上最左、最右两条素线 AA_1 、 BB_1 的投影,这两条素线是圆柱向 V 面投射时的外形轮廓线的投影。侧面投影的前、后两条铅直线 $c''c''_1$ 及 $d''d''_1$ 是圆柱面上最前、最后两条素线 CC_1 及 DD_1 的投影,是圆柱向 W 面投射时的外形轮廓线。 $c'c'_1$ 、 $d'd'_1$ 、 $a''a''_1$ 、 $b''b''_1$ 都与轴线的投影重合,不必画出。因此可以看出,曲面的外形轮廓线是针对投射方向而言的。

看正面投影时,前半圆柱面的正面投影可见,后半圆柱面的正面投影不可见,其分界线为外形轮廓线 AA_1 、 BB_1 ;看侧面投影图时,左半圆柱面的侧面投影可见,右半圆柱面的侧面投影不可见,其分界线为外形轮廓线 CC_1 、 DD_1 。由此可知:外形轮廓线是该投射方向上曲面投影可见部分与不可见部分的分界线。

2. 圆柱面上取点、线

当圆柱面在某一投影面上有积聚投影时,在这个投影面上,圆柱面上点、线的投影可直接取得。

例 4.8 已知圆柱面上点 A 、 B 的正面投影 a' 、 b' ,分别求它们的其他两投影,如图 4.17 所示。

解: 因圆柱面的水平投影有积聚性,故可根据 a' 直接在前半圆周上求出 a 。然后,根据 a' 及



a 按投影关系定出 a'' 。因为点 A 在右半圆柱面上,故 a'' 不可见。点 B 是侧面外形轮廓线上的点,因此可以直接得出 b, b'' 。

例 4.9 已知圆柱面上线段 AB 的正面投影,如图 4.18 所示,求其他两投影。

解: 圆柱面的水平投影有积聚性,故线段 AB 的水平投影为圆弧 ab 。由此可知 AB 是曲线段,其侧面投影 $a''b''$ 也应该是曲线。作图时,先求出 a'', b'' 及圆柱侧面外形轮廓线上点 C 的侧面投影 c'' ,再求出线段中间若干点的侧面投影,并依次光滑连接,得 AB 线段的侧面投影。其中曲线在 c'' 处与圆柱侧面外形轮廓线相切,并区分线段可见性, $a''c''$ 不可见, $c''b''$ 可见。

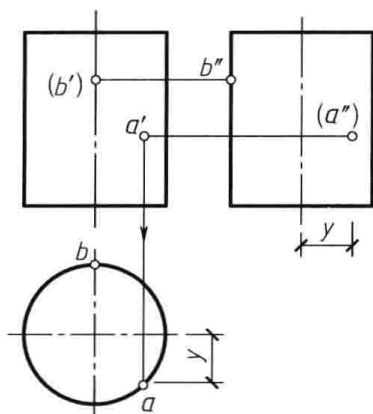


图 4.17 圆柱面上取点

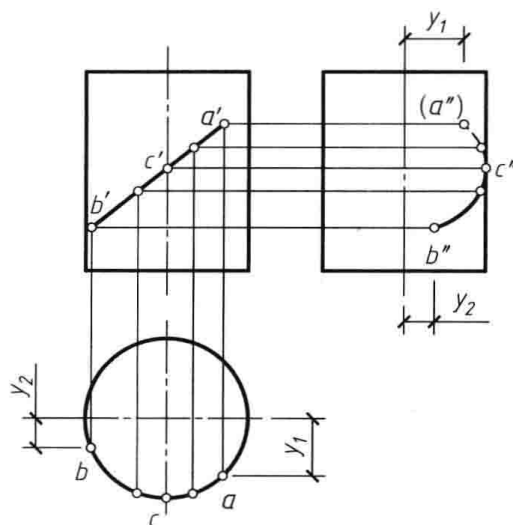


图 4.18 圆柱面上取线

4.3.2 圆锥

1. 圆锥的形成及投影

圆锥是由圆锥面及底面围成的立体。圆锥面是由一条直母线绕与之相交的轴线旋转而成。圆锥面上的所有素线与轴线交于一点,该点称为锥顶。图 4.19 所示是一轴线垂直于 H 面的直圆锥

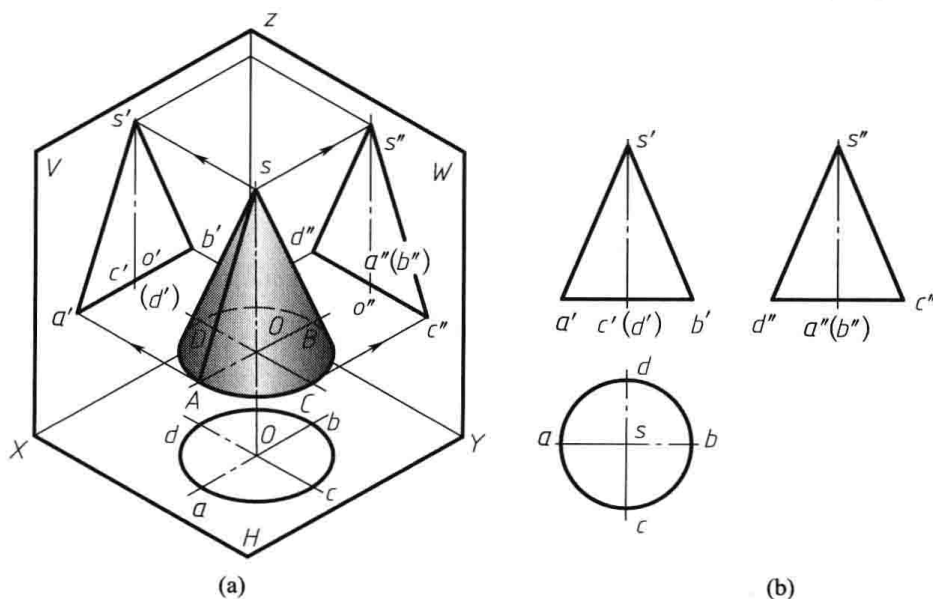


图 4.19 圆锥的投影

锥,其水平投影为一圆,它既是底圆反映实形的投影,也是圆锥面的投影(注意:圆锥面的投影没有积聚性);其正、侧面投影是两个大小相同的等腰三角形,三角形的底边是底圆的积聚投影,两条腰分别是正面、侧面投射方向上的外形轮廓线的投影。试自行分析外形轮廓线的空间位置及其三个投影,并分析圆锥面各部分投影的可见性。

2. 圆锥面上取点

因圆锥面的投影都没有积聚性,所以在锥面上取点时,需要借助于锥面上的辅助线。根据圆锥面的形成特点,利用直素线和纬圆作为辅助线作图最为简便。利用素线和纬圆作为辅助线求得回转面上点的投影的作图方法分别称为素线法和纬圆法。

例 4.10 如图 4.20 所示,已知圆锥面上点 A 的水平投影 a ,求 a' 及 a'' 。

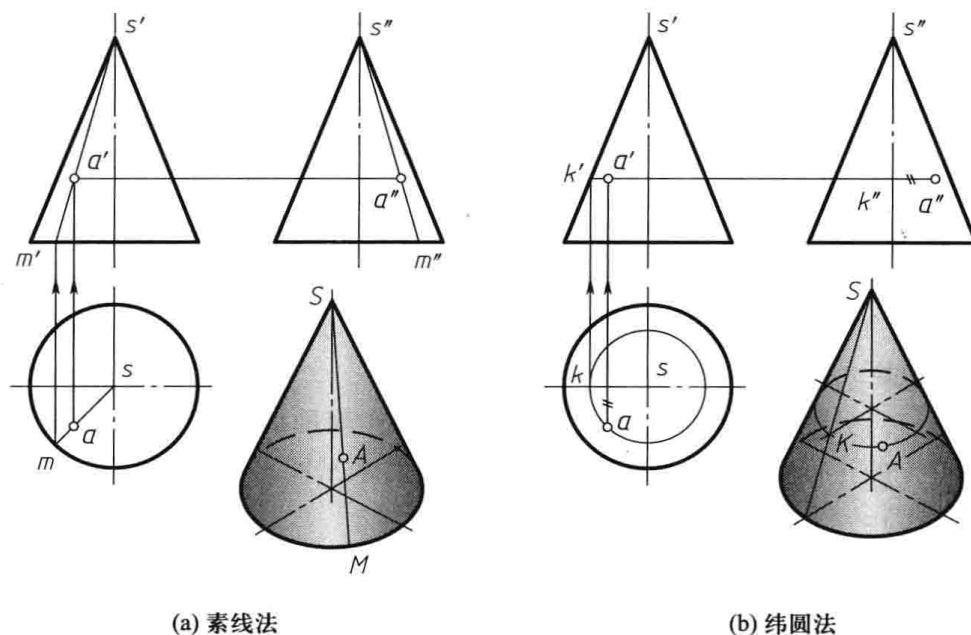


图 4.20 圆锥面上取点

解: 本题可以用素线法作图,也可以用纬圆法作图。

(1) 素线法 如图 4.20a 所示,连 sa ,与底圆交于 m , SM 为过点 A 的素线,求出 $s'm'$ 及 $s''m''$,即可在其上定出 a' 及 a'' 。

(2) 纬圆法 如图 4.20b 所示,以 s 为中心, sa 为半径作圆,即为过点 A 的水平圆的水平投影,此圆与圆锥面的正面外形轮廓线交于点 K ,由点 k 可定出 k' ,即可作出此水平圆的正面及侧面投影,并可定出 a' 及 a'' 。

4.3.3 圆球

1. 圆球的形成及投影

圆球的表面是由圆母线绕其任一直径旋转而成的。球面上没有直线。

如图 4.21 所示,球的三个投影都是圆,其直径都等于球的直径。各投影面上外形轮廓线的投影是球面上平行于相应投影面的最大圆,这些圆在其余两投影面上的投影均为直线段,且与该投影面上圆的中心线位置重合,不再画出。如 V 面投影的外形轮廓线圆 $ABCD$,在 H 面投影中与水平中



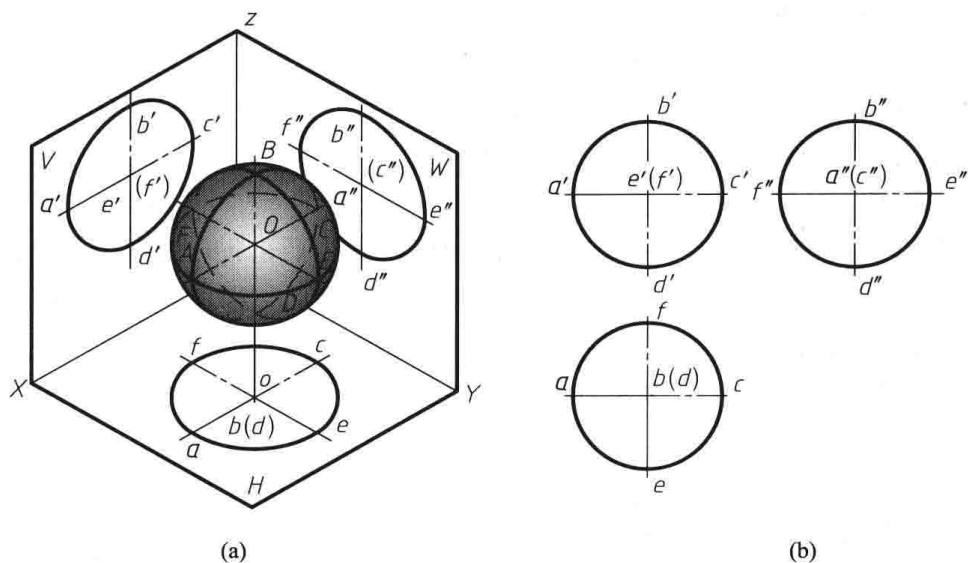


图 4.21 圆球的投影

心线位置重合,在 W 面投影中与竖直中心线位置重合,都不画实线,仅画出各圆的中心线即可。

球面上平行于 V 、 H 、 W 面的三个最大圆,将球面分为前、后半球,上、下半球,左、右半球,所以它们分别是球面上正面投影、水平投影、侧面投影可见部分与不可见部分的分界线。

2. 圆球面上取点

在球面上取点时,只能用球面上平行于投影面的圆作辅助线,即辅助纬圆法。如图 4.22 所示,已知球面上点 A 的正面投影 a' 时,可以利用过点 A 的水平圆求 a (图 4.22a),利用过点 A 的侧平圆求 a'' (图 4.22b)。

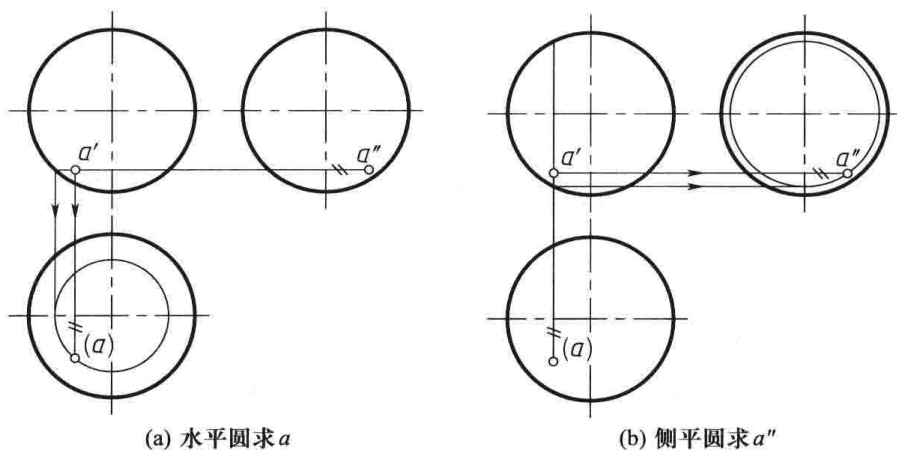


图 4.22 球面上取点

根据正面投影的位置可判别 a 及 a'' 的可见性:因为 a' 可见,所以点 A 在前半球面上,因 a' 在水平中心线下方,竖直中心线左边,可判定点 A 在左、下、前 $1/8$ 球面上,故 a 不可见, a'' 可见。

4.3.4 圆环

1. 圆环的形成及投影

圆环的表面是圆母线绕与它共面但不通过圆心的直线为轴线旋转而成的。



图 4.23a 所示是一轴线垂直于 H 面的圆环, 小圆 $ABCD$ 为母线。离轴远的半圆 BAD 旋转一周形成外环面, 其投影如图 4.23b 所示; 离轴近的半圆 BCD 旋转一周形成内环面, 其投影如图 4.23c 所示; 完整圆环的投影如图 4.23d 所示。图 4.23d 中水平投影的点画线圆是母线圆圆心旋转轨迹的投影, 内、外环面分界圆(上、下两个水平圆)的水平投影与它重合。分析圆环两投影中, 外形轮廓线的空间位置及其投影特点可知: 水平投影中, 上半环面可见, 下半环面不可见; 正面投影中, 前半外环面可见, 内环面及后半外环面都不可见。

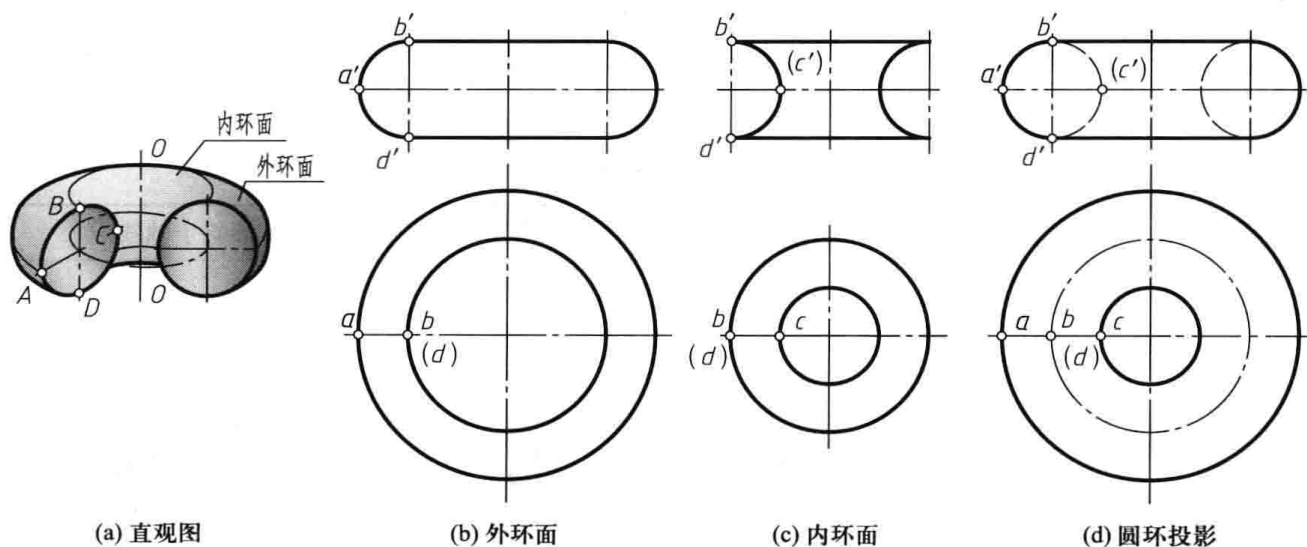


图 4.23 圆环的投影

2. 圆环面上取点

圆环面上取点只能利用圆环面上的纬圆作辅助线。图 4.24 表示了已知圆环面上点 K 、 N 的正面投影求水平投影的方法。因 k' 可见, 点 K 应在前半外环面上, k 只有唯一解; n' 不可见, 点 N 可能在内环面上, 也可能在后半外环面上, 故 n 有三解。

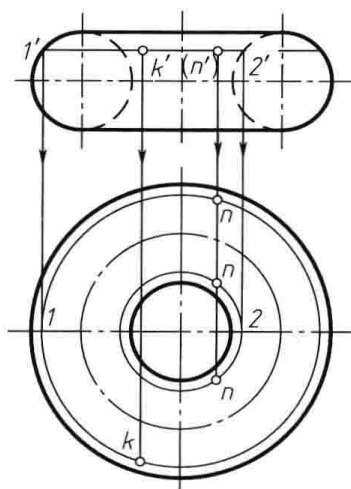


图 4.24 圆环面上取点



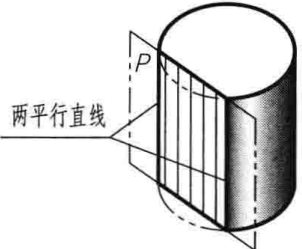
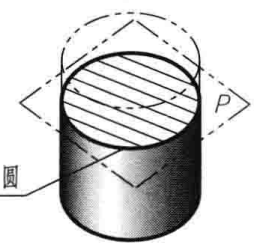
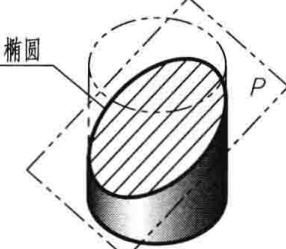
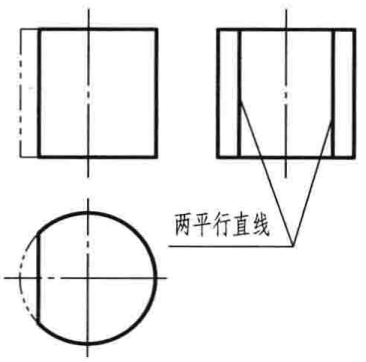
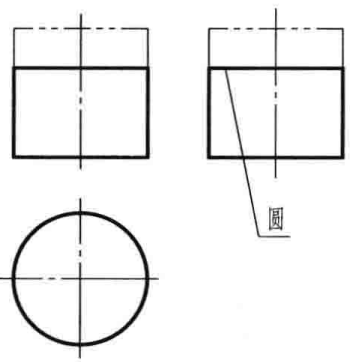
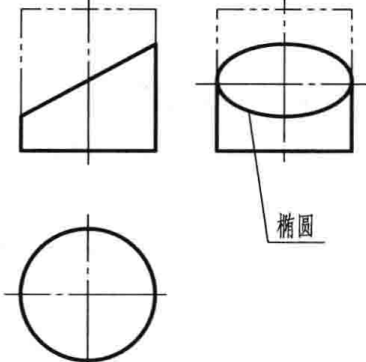
4.4 平面与曲面立体相交

4.4.1 截交线的形状

平面与曲面体相交时,截交线在一般情况下是一条封闭的平面曲线,或者是由平面曲线和直线组合而成的图形。截交线的形状取决于曲面体表面的形状及其与截平面的相对位置。

(1) 根据截平面与圆柱面轴线相对位置的不同,交线有两平行线、圆、椭圆三种情况,见表 4.1。

表 4.1 平面与圆柱面的交线

截平面位置	平行于轴线	垂直于轴线	倾斜于轴线
交线形状			
投影图			

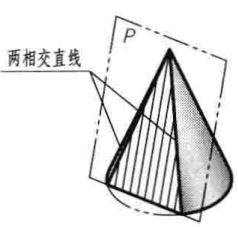
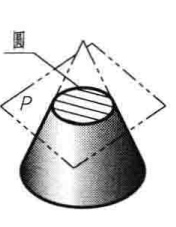
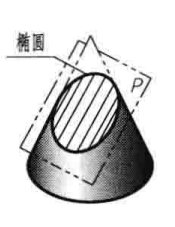
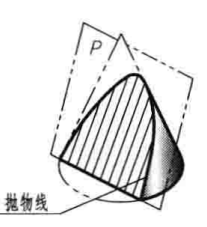
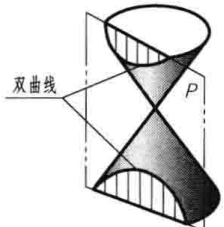
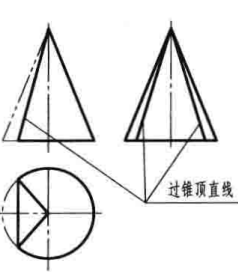
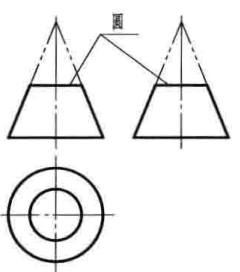
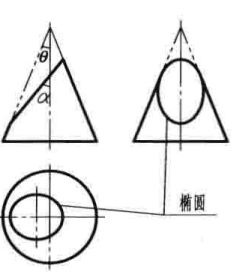
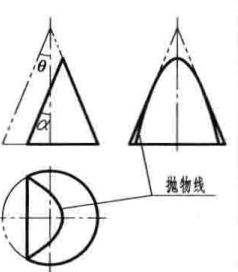
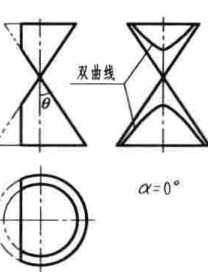
(2) 根据截平面与圆锥面轴线相对位置的不同,交线有两相交直线、圆、椭圆、抛物线、双曲线等五种情况,见表 4.2。五种情况可以归纳为三类:

- 1) 截平面通过锥顶时,交线为两素线;
- 2) 截平面垂直于圆锥的轴线时,交线为圆;
- 3) 截平面倾斜或平行于圆锥的轴线时,交线为非圆曲线——椭圆、抛物线或双曲线。圆、椭圆、抛物线及双曲线统称为圆锥曲线。

(3) 任意方向的平面截交球时,截交线均为圆。截平面平行于投影面时,截交线圆在该投影面上的投影反映圆的实形;截平面垂直于投影面时,截交线圆在该投影面上的投影为长度等于该圆直径的直线段;截平面倾斜于投影面时,截交线圆在该投影面上的投影为椭圆。图 4.25 是截平面为水平面时截交线圆的投影。当截平面与球心的距离 h 变化时,圆的直径也随之变化。



表 4.2 平面与圆锥面的交线

截平面位置	过锥顶	垂直于轴线	倾斜于轴线并与所有素线相交 $\alpha > \theta$	与一条素线平行 $\alpha = \theta$	倾斜或平行于轴线 与两条素线平行 $\alpha < \theta$
交线形状					
投影图					

注: α 是截平面与圆锥轴线的夹角, θ 是素线与圆锥轴线的夹角。

(4) 垂直于圆环轴线的平面截交圆环时, 截交线是两个同心圆, 如图 4.26a 所示; 通过圆环轴线的平面截交圆环时, 截交线是两个素线圆, 如图 4.26b 所示; 其他位置平面截交圆环时, 截交线形状比较复杂, 一般是四次曲线。

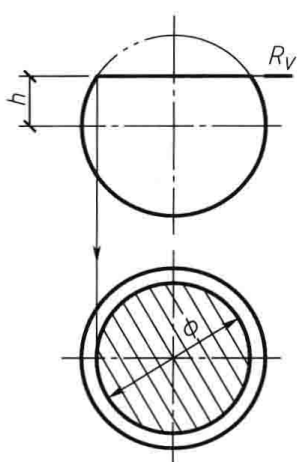


图 4.25 平面截圆球

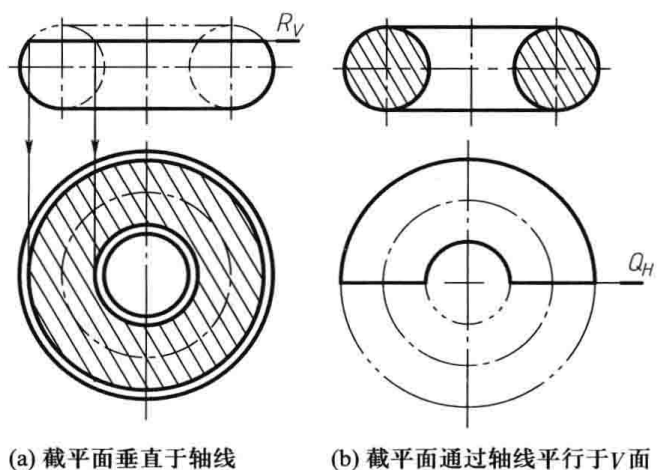


图 4.26 平面截圆环



4.4.2 截交线的作图方法和步骤

求平面与曲面立体的截交线时,首先应根据曲面体表面的性质及其与截平面的相对位置分析截交线的形状,并根据它们与投影面的相对位置分析截交线投影的性质及求法。

当交线为多边形时,应定出多边形各顶点的投影;当交线的投影为圆时,应定出圆心及直径;当截交线的投影为非圆曲线时,应求出截平面与曲面体表面的若干共有点,再依次连成光滑曲线,并区别可见性。

求截平面与曲面体表面共有点的一般方法是:在曲面上取若干直素线或平行于投影面的纬圆,求出它们与截平面的交点,如图 4.27 所示。

为使所求截交线的形状准确、作图快捷,应先求出对截交线的投影起控制作用的点(简称控制点),包括:

(1) 曲面外形轮廓线上的点 根据这些点可以确定截交线的投影与曲面投影轮廓线的相切位置,截交线投影的可见部分与不可见部分的分界点;

(2) 曲面边界上的点 当柱体、锥体的底面参与相交时,应求出底边上的交点;

(3) 反映截交线特征的点 如椭圆的长、短轴端点,双曲线、抛物线的顶点;

(4) 极限位置点 即截交线上的最高、最低、最左、最右、最前、最后点。

求出各控制点后,只要再适当补充几个中间点,即可连线得到截交线。

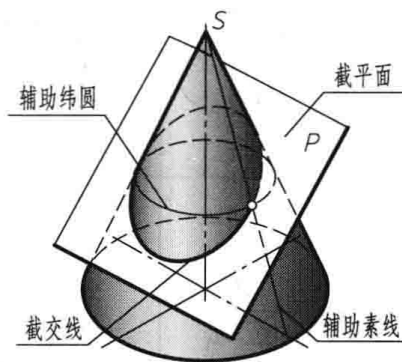


图 4.27 作辅助线求截交线上点

4.4.3 截交线作图举例

例 4.11 求作图 4.28a 所示圆柱与正垂面 P 的截交线。图 4.28b 所示涵管外壁与挡土墙斜面相接处的交线是平面与圆柱截交的实例。

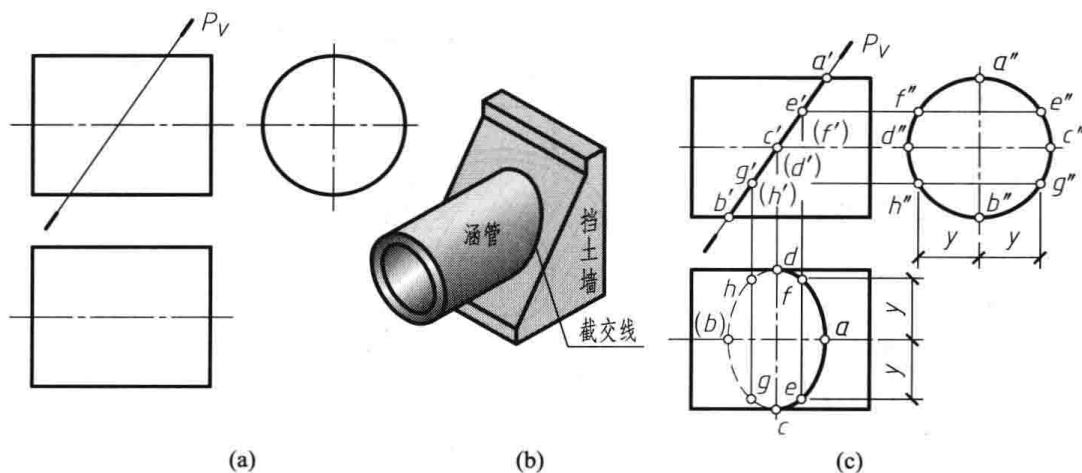


图 4.28 平面与圆柱截交线

分析: 因为平面 P 的正面投影及圆柱面的侧面投影有积聚性,所以截交线的正面投影应与 P_V 重合,侧面投影应与圆周重合,因此,本例只需求其水平投影。



因为平面 P 与圆柱轴线斜交, 所以截交线的空间形状为椭圆, 椭圆长轴的长度等于 $a'b'$, 见图 4.28c, 短轴的长度等于圆柱的直径。

截交线水平投影仍为椭圆, 椭圆短轴 ab 是截断面椭圆长轴的水平投影, 长轴 cd 是截断面椭圆短轴的水平投影, 等于圆柱的直径。

作图: 见图 4.28c。先求出圆柱正面、水平外形轮廓线上的点 A 、 B 、 C 、 D , 它们是椭圆长、短轴的端点; 再求若干中间点, 如 E 、 F 、 G 、 H , 并将各点依次连成椭圆 (此椭圆在 c 、 d 处与外形轮廓线相切)。因 CBD 段在圆柱下半部, 水平投影不可见, 所以画成虚线。

例 4.12 完成图 4.29a 所示带缺口圆柱的投影。

分析: 圆柱的缺口是被一个水平面、一个正垂面和一个侧平面组合切割而成的, 如图 4.29b 所示。因截平面的正面投影及圆柱面的侧面投影有积聚性, 故截交线的正、侧面投影都可直接得出, 不必求作, 只需求截交线的水平投影。

水平截面平行于圆柱轴线, 与圆柱面截交线为直线 $I\text{IV}$ 、 $II\text{III}$, 截断面为矩形, 水平投影反映实形; 侧平截面垂直于轴线, 截交线为圆弧 $I\text{II}$, 水平投影为一直线段; 正垂截面倾斜于轴线, 截交线为椭圆弧 $III\text{VIV}$, 水平投影也为一段椭圆弧。

作图: 见图 4.29c。先求出圆柱面上的点 I 、 II 、 III 、 IV 的投影 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 及 1 、 2 、 3 、 4 , 它们是截交线圆弧、直线及椭圆弧的端点; 再画出直线 $I\text{IV}$ 、 $II\text{III}$ 及圆弧 $I\text{II}$ 的水平投影 14 、 23 、 12 ; 然后画椭圆的水平投影, 先求控制点 5 , 再求两个中间点 A 、 B , 即可作出椭圆弧。

注意不要遗漏截平面间交线的水平投影 34 。

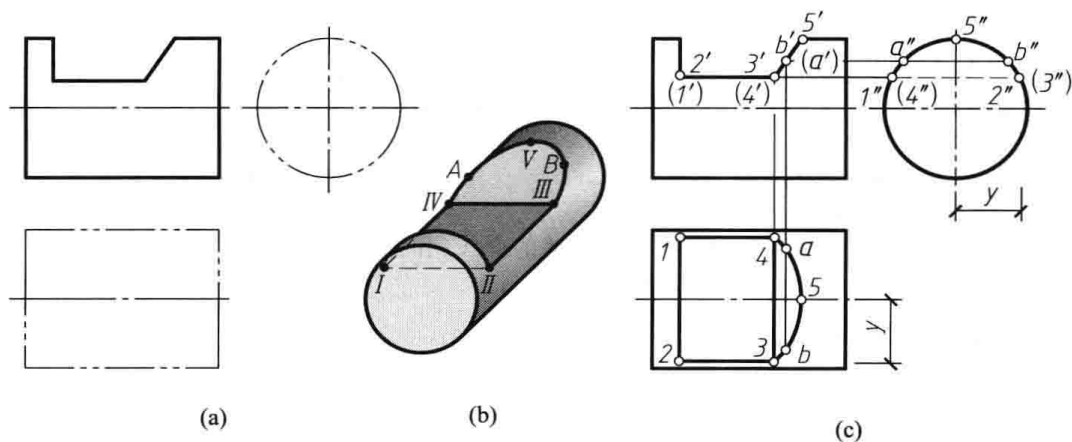


图 4.29 带缺口圆柱的投影

例 4.13 求图 4.30a 所示护坡与水闸翼墙表面的交线。

分析: 从直观图可以看出: 护坡与平面翼墙交线 DC 是直线, 与曲面翼墙 ($1/4$ 圆柱面) 的交线 AC 是 $1/4$ 椭圆, 点 C 是直线与椭圆的分界点。

交线是护坡表面与翼墙表面的共有线。因护坡为侧垂面, 翼墙表面垂直于 H 面, 故交线的水平及侧面投影都可直接得出, 不必求作; 平面翼墙为侧平面, 正面投影有积聚性, 因此, 交线 DC 段的正面投影也可直接得出, 本例只需求交线 AC 段的正面投影。

作图: 见图 4.30b、c。求 c' 、 b' 时, 先根据水平投影定出侧面投影 c'' 、 b'' , 再求正面投影 c' 、 b' 。为使图形比较直观, 在翼墙圆柱面的 V 、 W 面投影上画了若干疏密不等的素线, 见图 4.30c。护



坡的 V 、 H 面投影上的长短相间的细实线称为示坡线,用来表示斜坡面,短画在高的一侧。

讨论: 如本题未给出侧面投影,也可利用平面上取点的方法求出 b' 、 c' ,作图方法如图 4.31 所示:先在护坡表面上任作一直线如 DE ,再利用护坡面上的水平线 CI 、 BII ($\parallel AE$) 作辅助线,求出 c' 、 b' 。

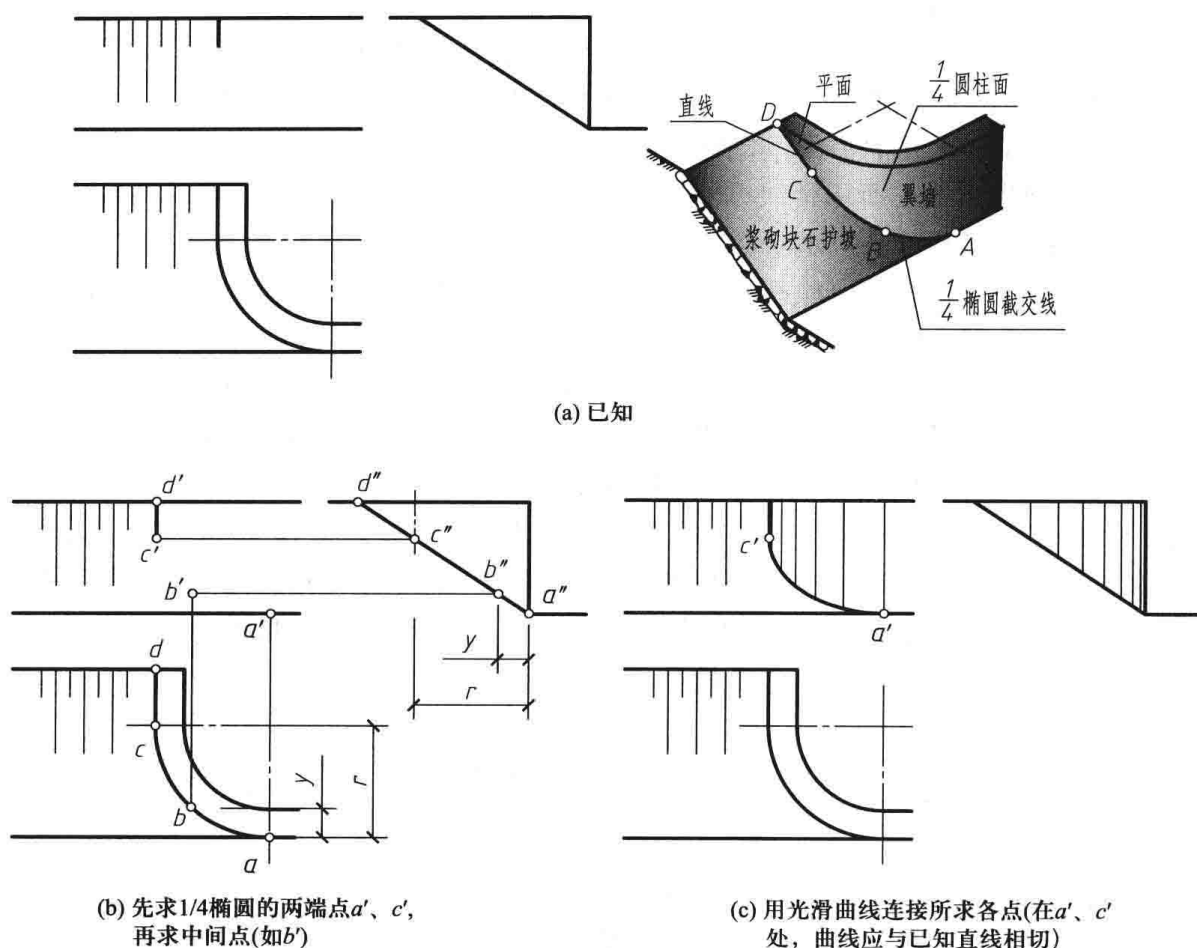


图 4.30 护坡与翼墙的交线(作图方法一)

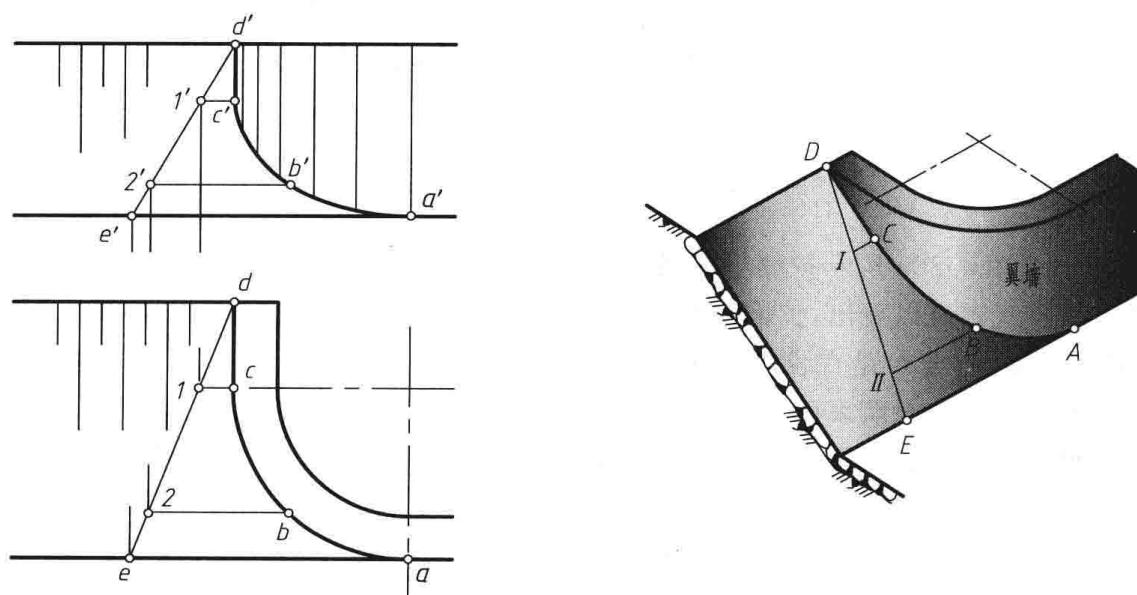


图 4.31 护坡与翼墙的交线(作图方法二)



例 4.14 求作图 4.32 所示正垂面 P 与圆锥截交线的投影及实形。

解：平面 P 倾斜于圆锥轴线, 且与所有素线相交, 因此截交线为椭圆, 因 P 面为正垂面, 故截交线的正面投影与 P_V 重合, 水平投影及侧面投影均为椭圆, 椭圆上各点可用锥面上取点的方法求出。

作图时, 先直接求出圆锥外形轮廓线上的点 A 、 B 、 C 、 D 的各投影, c'' 、 d'' 是截交线侧面投影的虚、实线分界点, 也是截交线侧面投影与圆锥面投影轮廓线的切点。

椭圆的长轴为正平线 AB , 短轴 EF 为长轴 AB 的垂直平分线, 是过 AB 中点的正垂线; 其正面投影即 $a'b'$ 的中点 $e'(f')$, 水平投影可用锥面上取点的方法求出。

再求出几个中间点的水平投影及侧面投影, 并分别依次光滑连接, 即得椭圆的水平投影及侧面投影。

椭圆的实形可用辅助投影面求出, 如图 4.32 所示。

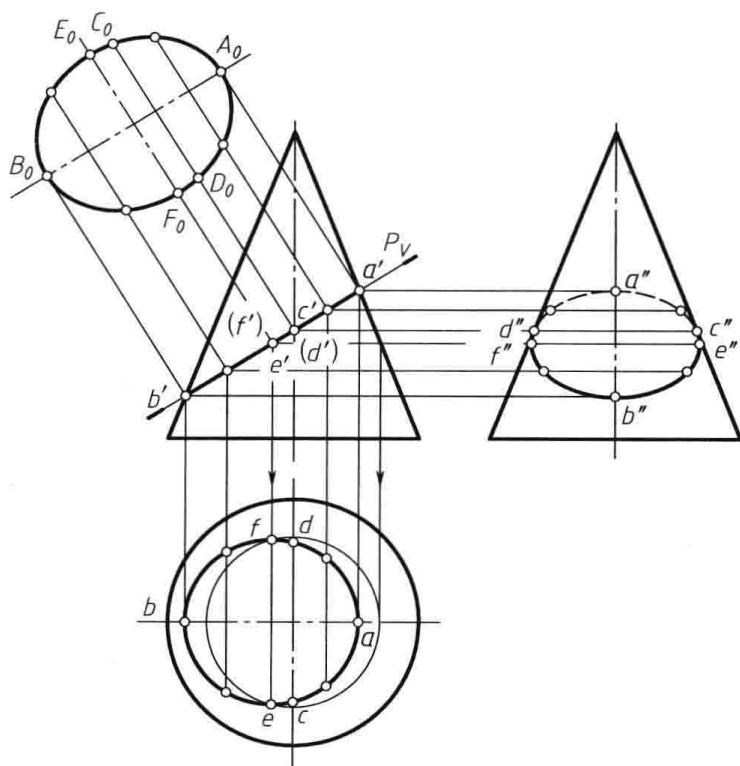


图 4.32 圆锥截交线和截断面图

例 4.15 如图 4.33a 所示, 已知切口圆锥的正面投影, 完成截交线的水平投影和侧面投影。

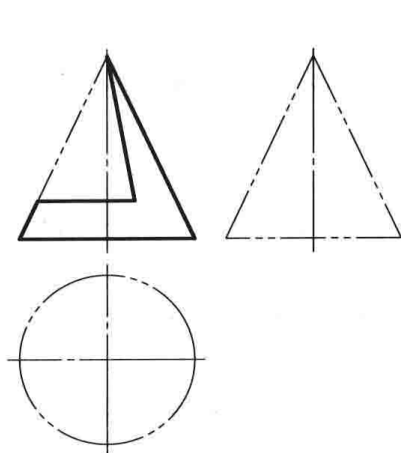
解：切口圆锥可看作是被 P 、 Q 两个平面截切。根据平面与圆锥面的相对位置分析可知: 圆锥面上的两段截交线分别是直线段和圆弧。

(1) 求截交线圆弧的投影, 如图 4.33b 所示。其水平投影是反映实形的圆弧, 侧面投影为水平线;

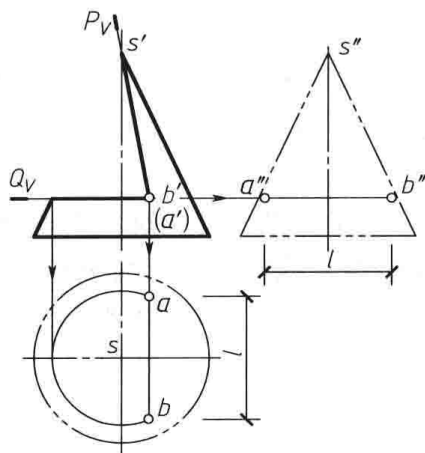
(2) 求截交线 SA 、 SB 的投影, 如图 4.33c 所示。用素线法求 A 、 B 两点的水平投影 a 、 b , 画出 sa 、 sb ; 根据点的三面投影规律求出 A 、 B 的侧面投影 a'' 、 b'' , 画出 $s''a''$ 、 $s''b''$;

(3) 画 P 、 Q 两个平面交线 AB 的投影及圆锥外形轮廓线的投影; 整理加深, 完成作图, 如图 4.33d 所示。

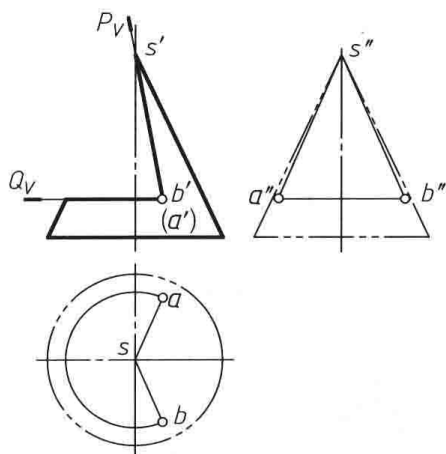




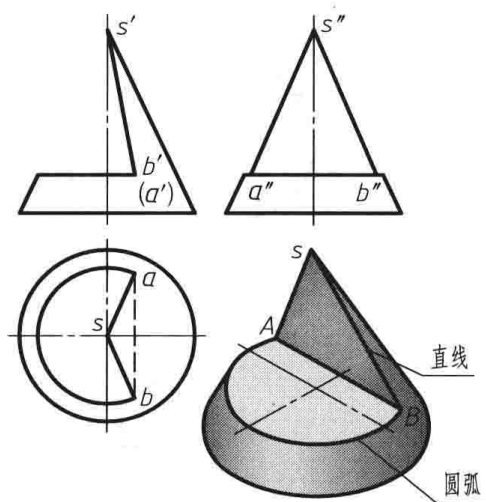
(a) 题给



(b) 作截交线圆弧



(c) 作截交线SA、AB



(d) 作截平面交线AB并整理、加深

图 4.33 截口圆锥的投影

例 4.16 圆球被正垂面 P 所截,如图 4.34 所示,求截交线的投影。

解: 平面 P 与球的截交线是圆,其正面投影积聚在 P_V 上,水平投影及侧面投影均为椭圆。作图时,先求出球的正面、水平、侧面外形轮廓线上点 A 、 B 、 C 、 D 、 G 、 H 的水平、侧面投影,再求出截交线上与 AB 垂直的直径线的两个端点 E 、 F 的水平及侧面投影。在水平投影中, c 、 d 是椭圆与球水平投影轮廓线的切点,也是虚、实线分界点; ab 是椭圆的短轴, ef 是椭圆的长轴,且 $ef = a'b' =$ 截交线圆的直径。在侧面投影中, g'' 、 h'' 是椭圆与球侧面投影轮廓线的切点,也是虚、实线分界点; $a''b''$ 为椭圆的短轴,长轴为 $e''f''$,同理 $e''f'' = a'b' =$ 截交线圆的直径。求出上述各点后,再利用辅助水平圆求出截交线上若干点(如点 I 、 II),将各点依次光滑连成椭圆,并

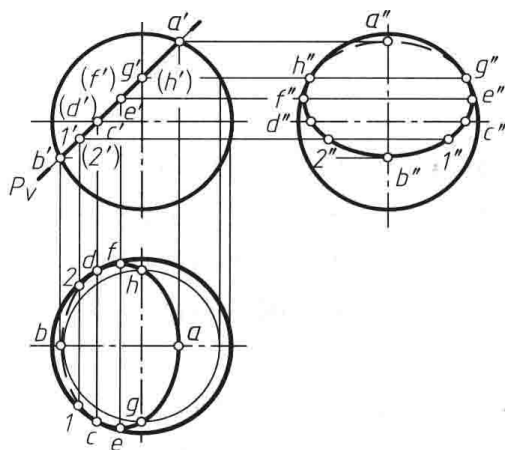


图 4.34 球面截交线

判别可见性,即完成作图。

例 4.17 完成图 4.35a 所示截口半球的水平及侧面投影。

解: 该半球被水平面 P 、侧平面 Q 、 R 组合切割,三个截平面与球面的截交线都是圆弧。截平面 P 与球面的交线是水平圆弧,其水平投影反映实形,是半径为 r_1 的圆弧,侧面投影为直线段,如图 4.35b 所示;截平面 Q 、 R 与球面的交线是侧平圆弧,其侧面投影是反映实形的圆弧,半径为 r_2 ,水平投影为直线段,如图 4.35c 所示;作出平面 P 与平面 Q 、 R 之间的交线,并整理加深图线,完成作图,如图 4.35d 所示。

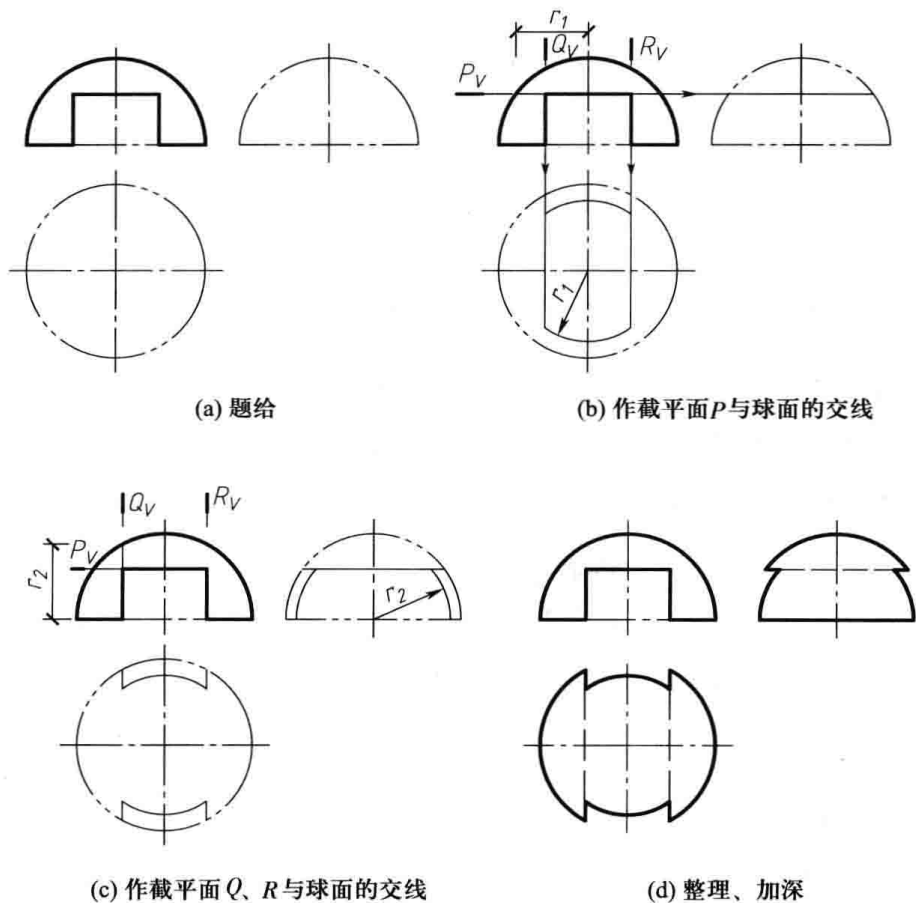


图 4.35 截口半球的投影

思考题

1. 平面体、曲面体的投影特点是什么?
2. 立体表面取点、线的基本作图方法有哪些?
3. 平面立体开缺口后,如何画其投影?
4. 如何求圆柱、圆锥、圆球、圆环表面上点的投影?
5. 圆柱截交线有几种类型?如何求这些截交线?
6. 圆锥截交线有几种类型?如何求这些截交线?
7. 圆球与任意方向的平面截交时,截交线的空间形状均为圆,如何画出这些圆的投影?



第 5 章

立体表面相交

学习要点

1. 两平面立体的相贯线是由直线段组成的空间折线,平面立体与曲面立体的相贯线可能包含有平面曲线、直线段。求这两类立体的相贯线主要采用求截交线的方法和立体表面上取点的方法,掌握其分析方法和作图步骤;
2. 两曲面立体的相贯线一般是空间曲线,可以采用曲面体表面取点的方法和辅助平面法求解,掌握其作图原理和方法;
3. 熟悉特殊情况下两曲面立体相贯线的空间性质与投影情况;
4. 多立体表面相交的相贯线由多段两个立体表面相交的交线组合而成。重点是掌握求作这类相贯线的分析方法。

5.1 概 述

两立体相交,也称两立体相贯,它们表面的交线称为相贯线。

工程形体一般是多种几何形体的组合,当这些基本几何体表面相交时,会产生相贯线。相贯线是几何体表面的分界线。如图 5.1 中,坝体与闸墩之间、进水口处、两廊道相交处均有相贯线。在绘制工程形体的视图时,需要画出相贯线的投影。

由于立体的形状、大小及相互位置的不同,相贯线的形状也各不相同,可能是直线段或平面曲线段的组合,也可能是空间曲线。但是,所有相贯线都有下列基本性质:

(1) 相贯线是相交两立体表面的共有线,它的投影必在两立体投影重叠部分的范围以内,如图 5.2 中有阴影的部分。

(2) 由于立体有一定的范围,所以相贯线一般是封闭的。

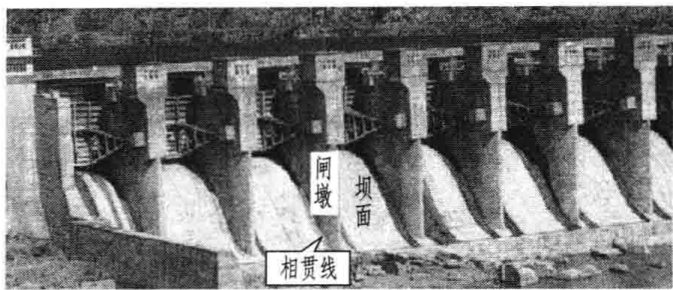
(3) 相贯线是相交立体表面间的分界线,每个参加相交的立体的轮廓线都不能穿过相贯线而进入另一立体内部。

当一立体的全部棱线或素线与另一立体表面相交时称为全贯,如图 5.3a 所示;当两立体都只有部分棱线或素线与另一立体表面相交时称为互贯,如图 5.3b 所示。全贯时一般有两条相贯线,互贯时则只有一条相贯线。

求相贯线的步骤一般如下:

- (1) 分析两立体的相对位置及其相对于投影面的位置。
- (2) 分析相贯线的性质——空间形状及投影情况,选择解题方法。

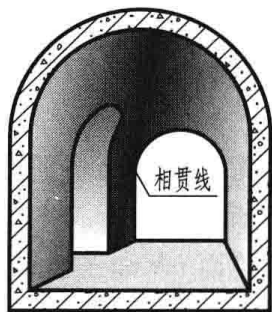




(a) 坝面和闸墩的相贯线



(b) 进水口处的相贯线



(c) 廊道中的相贯线

图 5.1 建筑物上的相贯线

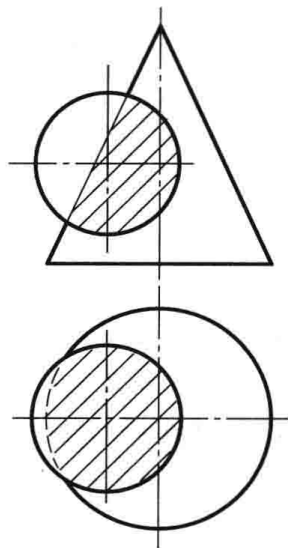
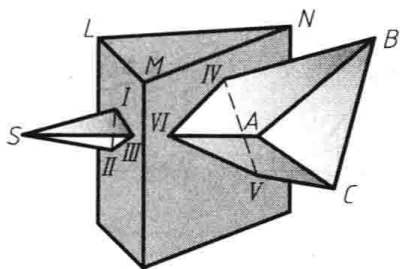
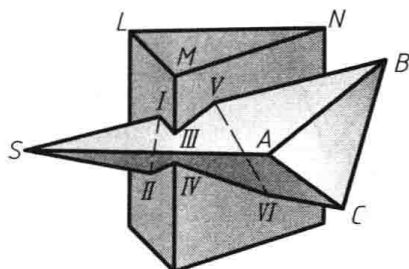


图 5.2 相贯线的范围



(a) 全贯



(b) 互贯

图 5.3 全贯与互贯

(3) 求相贯线上的控制点及中间点。控制点包括:轮廓线(棱线)上的点,极限位置点——最高最低点、最左最右点、最前最后点,相贯线端点,曲线特征点(如椭圆的长短轴端点、曲线的拐点等)。

(4) 根据相贯线的性质依次连接所求各点。

(5) 区别相贯线各段的可见性,并补全立体的投影。

由于立体表面性质不同,相贯线的性质及求法也不尽相同。所以,下面按两平面体相交、平面体与曲面体相交及两曲面体相交的三种情况分别介绍。



5.2 两平面立体相交

两平面体的相贯线是空间闭合折线或平面多边形,见图 5.3。此空间折线或平面多边形的各直线段是两平面体上相应平面的交线;折线的顶点是一个立体的棱线或底边与另一立体表面的交点,称为折点。

求两平面体相贯线的方法有两种:

- (1) 求出一平面体上各平面与另一立体的截交线,组合起来,得到相贯线;
- (2) 求出两个平面体上所有参与相交的棱线及底边与另一立体表面的交点(贯穿点),按一定规则连线得到相贯线。

为了避免作图的盲目性,在解题前应先分析两立体上有哪些平面、哪些棱线及底边参与相贯。

例 5.1 求作图 5.4a 所示三棱锥与三棱柱的相贯线。

分析:

(1) 相贯线是两立体表面的共有线,而三棱柱的水平投影有积聚性,因此相贯线的水平投影积聚在 $\triangle lmn$ 上。本题只需求相贯线的正面投影。

(2) 从水平投影可以看出,三棱柱的棱面 LN 和三棱锥的棱线 SA 都未参与相贯。因此,本题为互贯,共有六个折点,它们分别是三棱柱的棱线 M 及三棱锥的棱线 SB 、 SC 对另一立体的贯穿点。

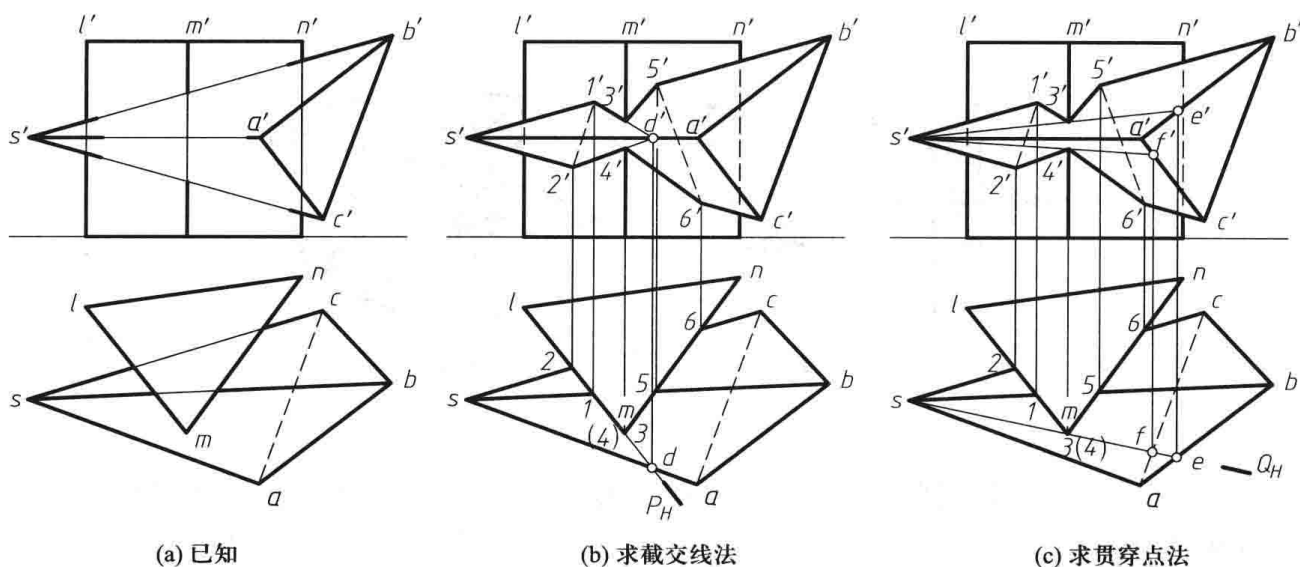


图 5.4 三棱锥与三棱柱相交



作图:

(1) 求相贯线

方法一:求截交线法,见图 5.4b。

扩大棱面 LM (平面 P),它与三棱锥的截交线为 $\triangle I II D$ 。由此得出棱面 LM 与三棱锥各棱面的截交线 $III-I-II-IV$ 。同法,可以得出棱面 MN 与三棱锥表面的截交线 $III-V-VI-IV$ 。组合起来,就得出两立体的相贯线为 $I-II-IV-VI-V-III-I$ 。

方法二:求贯穿点法,见图 5.4c。

三棱锥棱线 SB 、 SC 与三棱柱的贯穿点 I 、 V 、 II 、 VI 可直接求出。三棱柱棱线 M 与三棱锥的贯穿点 III 、 IV 可利用铅垂辅助面 Q 求出(或者用三棱锥表面取点法求出),这些贯穿点就是相贯线的折点。

连接各折点时要遵守以下两点:

1) 因相贯线在两立体表面上,故只有位于甲立体同一平面又同时位于乙立体同一平面上的两个点才能相连;

2) 因相贯线是封闭的,故每个点应与相邻的两个点相连。

如点 I 与点 III 同在三棱柱的棱面 LM 上,又同在三棱锥的棱面 SAB 上,可以相连。同理, I 、 II 两点可以相连。而点 IV 与点 I 虽在三棱柱同一棱面上,却不在三棱锥同一棱面上,所以不能相连,点 IV 只能与点 II 、 VI 相连。

(2) 判别可见性

判别相贯线可见性的原则是:只有两立体可见表面的交线才可见,否则均不可见(注:只适用于非孔洞的相贯)。本题中三棱柱的棱面 LM 、 MN 正面投影均可见,三棱锥的棱面 SAB 、 SAC 正面投影也可见,所以它们的交线 $I-III-V$ 及 $II-IV-VI$ 正面投影均可见, $I'2'$ 及 $5'6'$ 则不可见。

(3) 补全图线

三棱柱的两棱线 L 、 N 未参与相贯,位于三棱锥之后,所以它们的中间一段应画虚线。棱线 M 在 III 、 IV 两点之间一段贯入三棱锥内,两立体相贯后作为一个整体,这段线不再存在,因此,不画线。棱线 M 上、下两段用粗实线画至贯穿点 III 、 IV 处。

三棱锥棱线的处理方法同上。

若本题中三棱柱棱线为一般位置,可以采用辅助投影的方法,使三棱柱的棱线 L 、 M 、 N 在新投影面上的投影有积聚性,然后采用上述方法求解。

5.3 平面立体与曲面立体相交

平面立体与曲面立体的相贯线一般是由若干段平面曲线组成的空间闭合线,见图 5.5 和图 5.6。这些平面曲线是平面体的棱面与曲面体表面的截交线,相邻两平面曲线的连接点是平面体的棱线与曲面体的贯穿点,如图 5.6 中的点 I 、 II 、 IV 、 V 。求平面体与曲面体相贯线的实质是求截交线和贯穿点,解题时应注意分析各段截交线的空间形状及其投影情况。

例 5.2 求作圆柱与四棱锥的相贯线,见图 5.5。

分析:四棱锥的四个棱面都与圆柱斜交,因此相贯线由四段椭圆弧组成,连接点为四条棱线



与圆柱的贯穿点。

圆柱面的水平投影有积聚性,相贯线的水平投影与圆周重合。四棱锥的左、右两棱面为正垂面,它们与圆柱的截交线的正面投影为与 $s'a'$ 、 $s'b'$ 重合的 $1'3'$ 、 $2'4'$ 段。此形体前后对称。四棱锥的前、后两棱面与圆柱的截交线在正面投影上重合。因此本题实际上只需求棱面 SAB 与圆柱面的截交线。

作图: 见图 5.5b。先求折点 I 、 II ;其次求最低点 V ,它是这段相贯线上与直线 AB 距离最近的点,其正面投影可利用平面 SAB 上的辅助线求得;然后根据需要再求若干中间点(如 VI 、 VII),并将所求各点依次连成光滑曲线。

四棱锥棱线的正面投影应加粗至 $1'$ 、 $2'$ 。

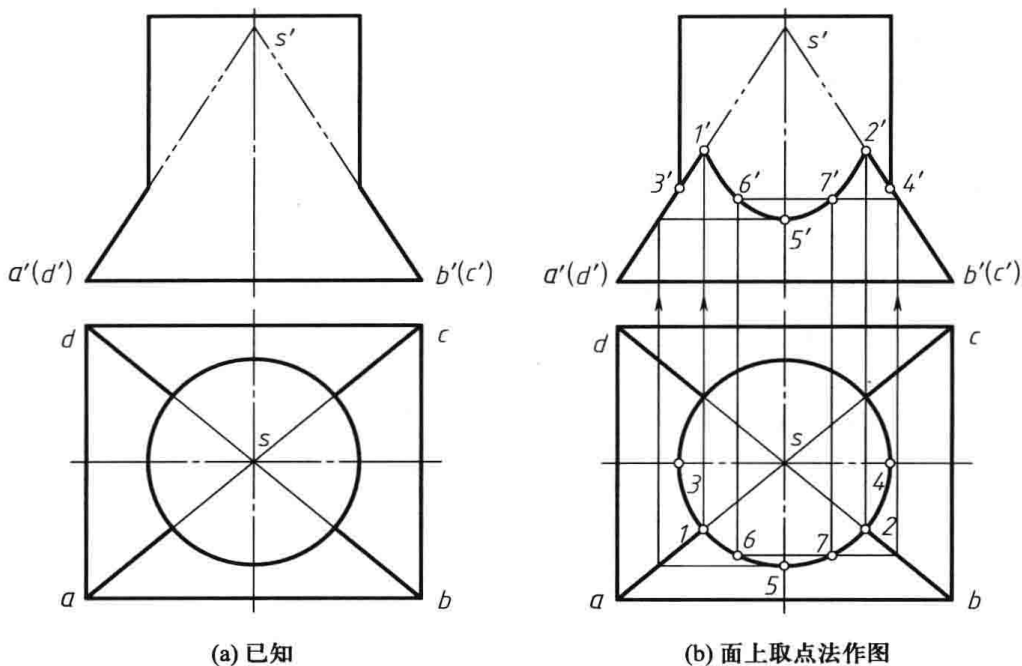


图 5.5 圆柱与四棱锥的相贯线

例 5.3 求作图 5.6 所示三棱柱与直圆锥的相贯线。

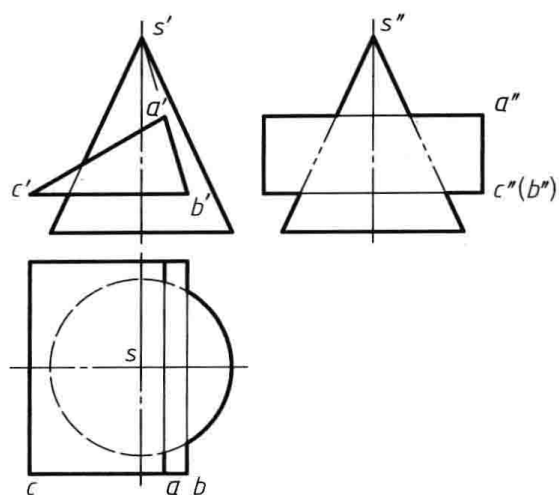
分析: 三棱柱棱面的正面投影有积聚性,相贯线的正面投影与之重合,只需求相贯线的水平及侧面投影。由正面投影可以看出本题为互贯,只有一条相贯线。

棱面 BC 与圆锥面的截交线为圆弧,其水平投影反映实形;棱面 AB 扩大后通过锥顶 S ,与圆锥面的截交线为两段直素线;棱面 AC 与圆锥面的截交线为椭圆弧;棱线 A 、 B 与圆锥的四个贯穿点为相贯线的折点(两段截交线的连接点)。

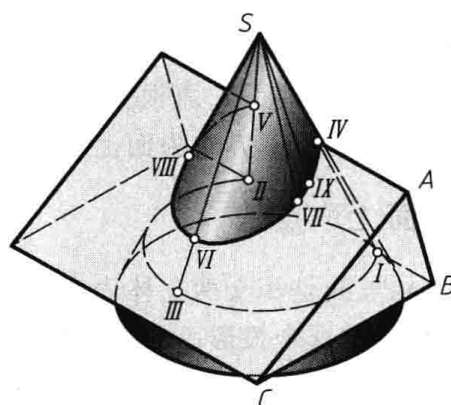
作图: 按求作截交线的方法,分别求出三段截交线——圆弧、两段直线和椭圆弧即可。

锥面的水平投影都可见,但棱面 BC 的水平投影不可见,故弧 132 不可见。侧面投影的可见性及两立体轮廓线的处理如图 5.6 所示。

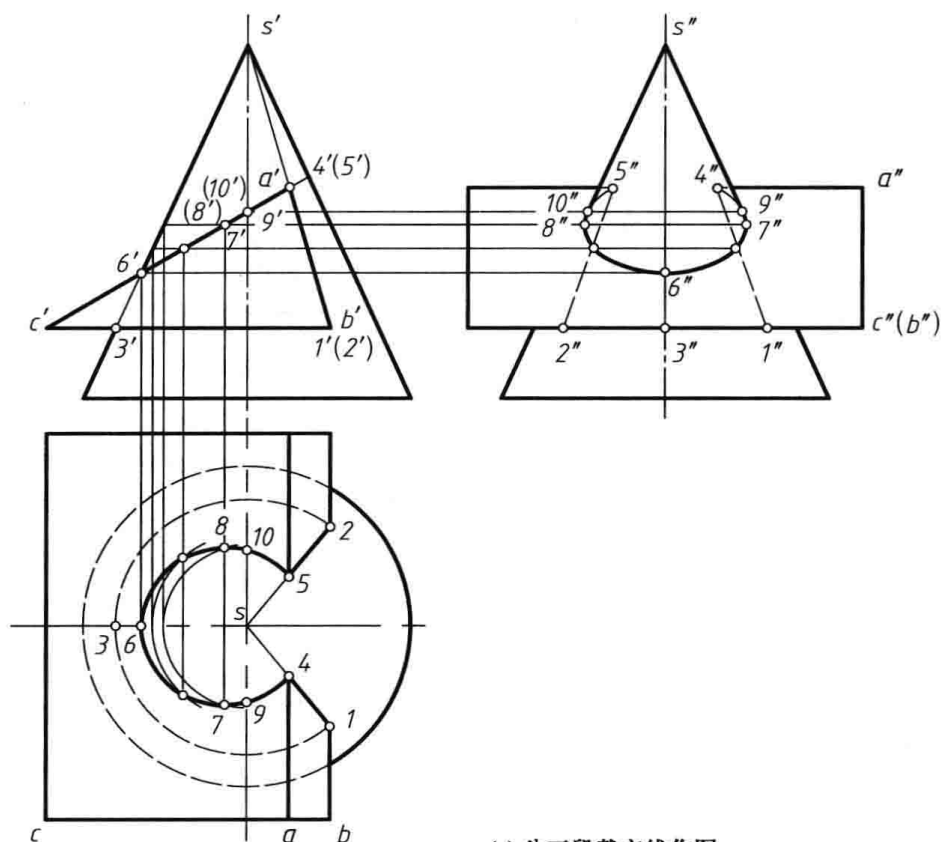




(a) 已知



(b) 空间分析



(c) 分三段截交线作图

图 5.6 三棱柱与直圆锥的相贯线

5.4 两曲面立体相交

两曲面立体表面的相贯线一般是闭合的空间曲线,特殊情况下可能是平面曲线或直线。曲面体表面光滑,不像平面体那样有棱线,因此求两曲面体的相贯线时,一般是先求出相贯



线上一系列点,然后依次连成光滑曲线,并根据其可见性画成实线或虚线。求相贯线上的点时,通常先求控制点(两立体外轮廓线上的点、距投影面最远及最近的点等能控制相贯线投影的范围、走向及可见性的点),再根据要求若干个中间点。

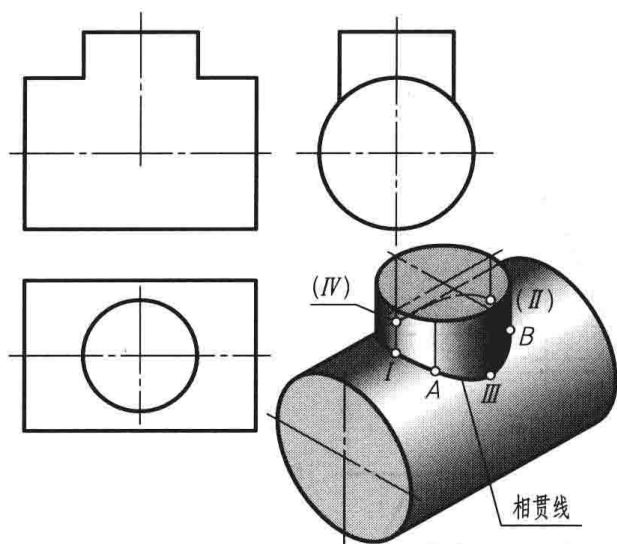
求相贯线的常用方法为面上取点法、辅助平面法和辅助球面法。

5.4.1 面上取点法

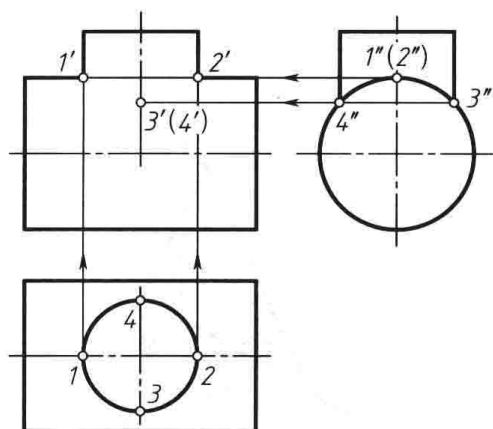
因为相贯线是相交两立体表面的共有线,所以,当相交两立体中一个立体表面的投影有积聚性时,相贯线的这个投影已知,其余投影可以用面上取点的方法求出。

在工程中常遇到两圆柱正交的情况,下面举几个正交的例子。

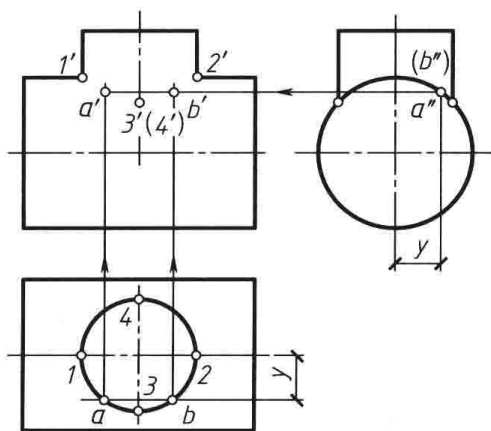
例 5.4 求作图 5.7a 所示两圆柱的相贯线。



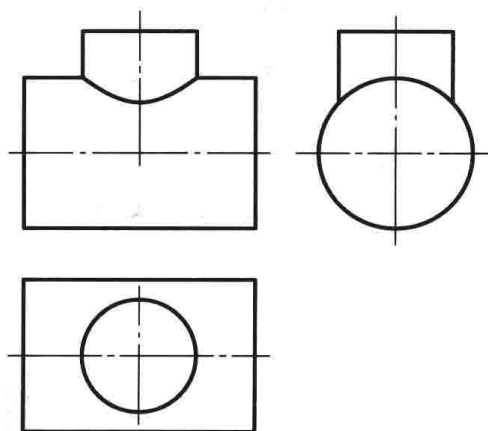
(a) 已知



(b) 直接求出小圆柱正、侧视外形轮廓线上的点 I、II、III、IV, 点 I、II 也是大圆柱正视外轮廓线上的点



(c) 用面上取点法求中间点 A、B 的投影



(d) 将所求各点连成光滑曲线

图 5.7 两圆柱正交

分析:

(1) 两圆柱直径不等, 轴线正交, 相贯线是一条闭合的空间曲线。

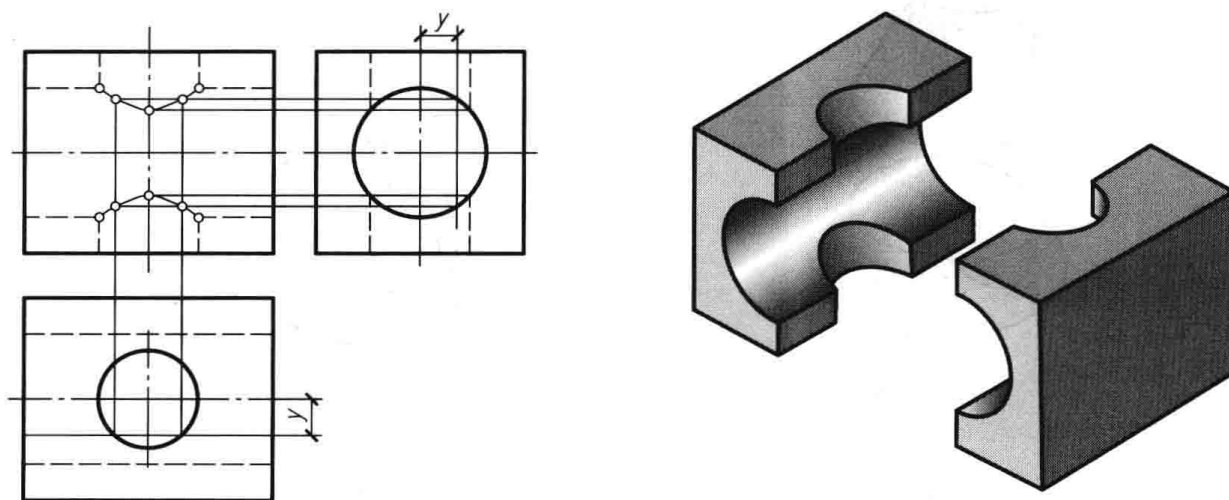
(2) 相贯线的水平投影积聚在小圆柱的水平投影上, 侧面投影积聚在大圆柱的侧面投影上。

本题只需求出相贯线的正面投影。

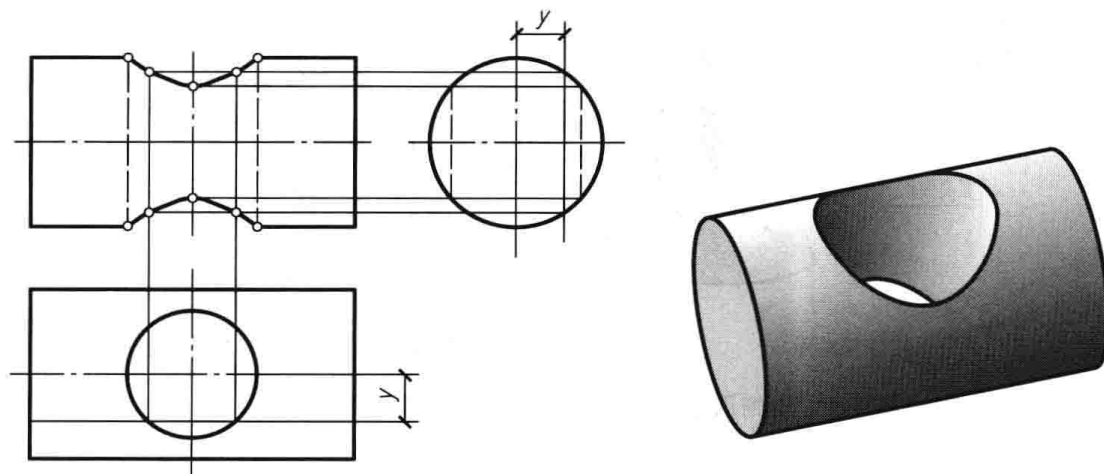
(3) 由对称性可知, 相贯线的后半部分与前半部分的正面投影重合, 且左右对称。

作图: 见图 5.7b~d。

图 5.8 所示为正交穿孔的情况, 图 a 是两圆柱孔内表面相贯; 图 b 是圆杆件上开一圆柱形孔, 圆杆外表面与圆柱孔表面产生相贯线。上述两种形式与图 5.7 所产生相贯线的表面各不相同, 但实质都是两圆柱正交, 相贯线的求法都是一样的, 相贯线的形状和投影也是一样的。



(a) 两圆柱孔内表面的相贯线



(b) 圆杆外表面与圆柱孔表面的相贯线

图 5.8 两圆柱正交的不同形式

由图 5.7 和图 5.8 可以看出, 当两立体有公共对称面, 且对称面平行于正面时, 相贯线正面投影的可见部分与不可见部分重合, 两立体的正面外轮廓线相交 (因在同一平面内), 如图 5.7 中的 $1'$ 和 $2'$ 。



5.4.2 辅助平面法

1. 基本原理

辅助平面法求两立体表面的共有点是基于三面共点原理。如图 5.9 所示为圆柱与圆锥相贯,若用水平面 P 作辅助面截切,它与圆柱、圆锥的截交线分别为两个圆,两圆的交点 A 、 B 是圆柱面、圆锥面及平面 P 的三面共有点,必然是相贯线上的点。作一系列辅助平面,就可求出相贯线上一系列点。

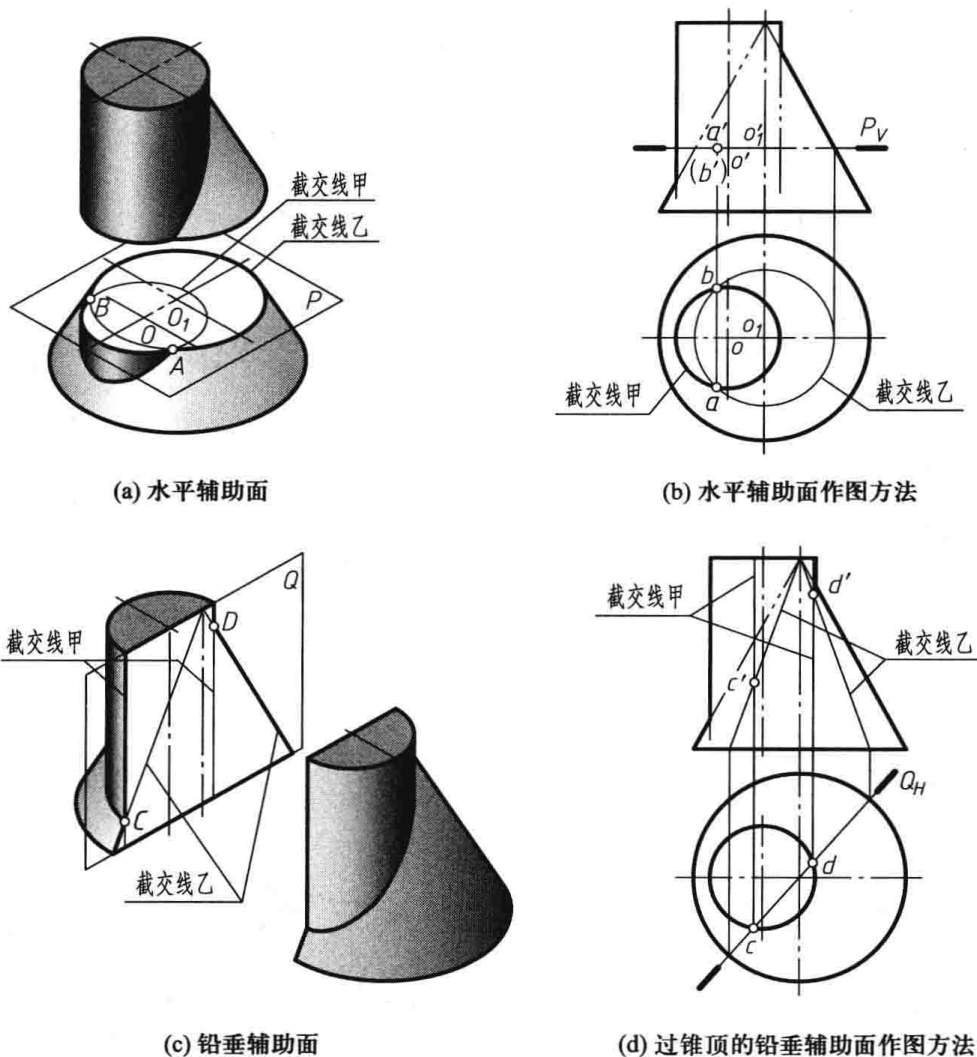


图 5.9 用辅助平面法求相贯线的原理和作图

2. 作图步骤

由图 5.9 可以看出,用辅助平面法求两立体表面共有点的作图步骤如下:

- (1) 作辅助平面;
- (2) 分别求出辅助平面与两立体截交线的投影;
- (3) 定出两条截交线的交点,即为两立体表面相贯线上的点。

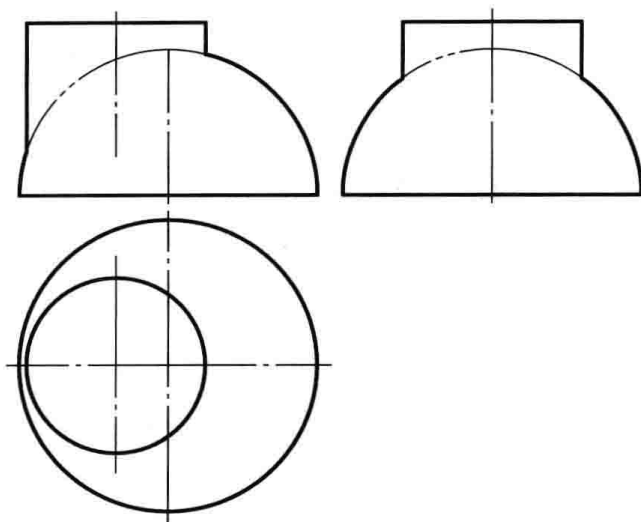
理论上辅助平面可以是任意位置的平面。但是,为了作图简便、准确,应根据两立体表面的性质及其相对位置选择适当的辅助平面,使它与两立体的截交线的投影是直线或圆。图 5.9a、b

所示采用水平辅助面 P , 截交线都是圆; 图 5.9c、d 所示采用过锥轴线的铅垂面 Q 作辅助面, 它与圆柱面及圆锥面的截交线都是直线。若用不过锥轴线的铅垂面作辅助面, 则它与圆锥面的截交线是双曲线, 不利于解题。

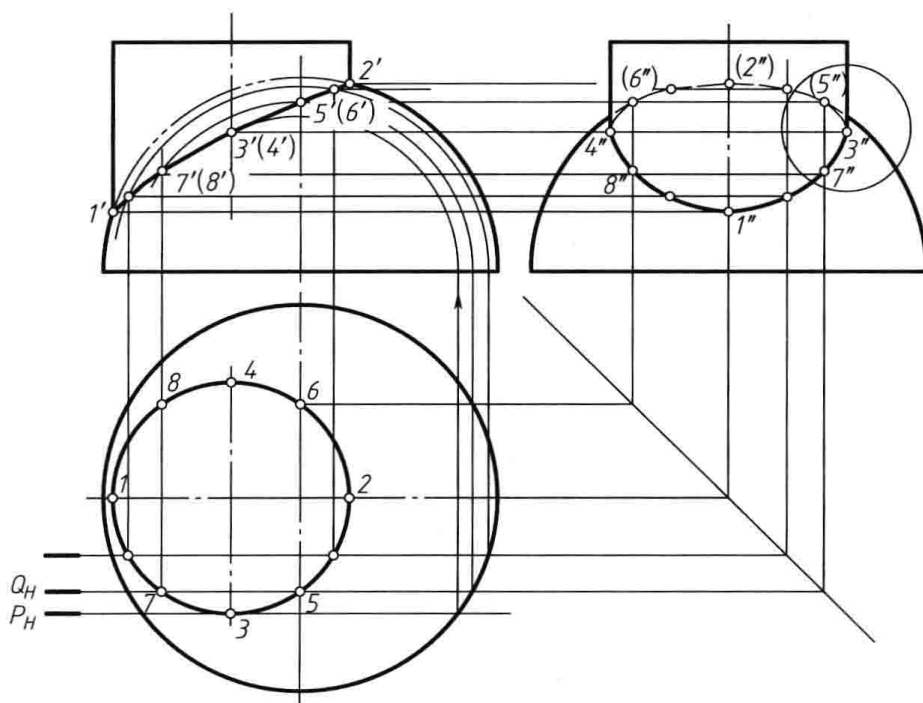
例 5.5 求作图 5.10a 所示圆柱与半球的相贯线。

分析:

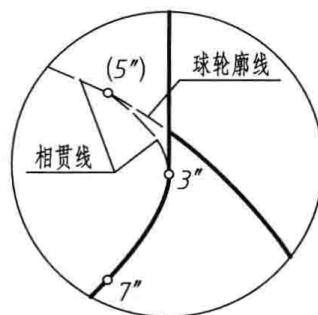
(1) 圆柱的素线都与半球面相交, 相贯线为一条闭合的空间曲线; 因为圆柱面的水平投影有



(a) 已知



(b) 用正平辅助面求相贯线上的点



(c) 点 III、V 处放大图

图 5.10 求圆柱与半球的相贯线



积聚性,相贯线的水平投影积聚在小圆周上,所以本题只需求相贯线的正面投影和侧面投影。

(2) 因前后对称,故相贯线的正面投影前后两部分重合,投影成一段曲线。

(3) 形体左右不对称,所以,相贯线的侧面投影为一条闭合曲线;球面侧视外形轮廓线与圆柱面的侧视外形轮廓线不在同一平面内,彼此不相交。

(4) 球面与圆柱的正视外形轮廓线上的交点 I 、 II 可直接求出,其他各点用辅助面法或球面上取点法求出。

(5) 本题可以采用水平面作辅助面,因为它与两立体的截交线都是水平圆;也可以采用正平面作辅助面,它与球面交于平行于正面的圆,与圆柱面交于素线;同理,也可以采用侧平面作辅助面。本例图中采用的是正平面。

(6) 圆柱外形轮廓线上的点 III 、 IV 是相贯线上最前、最后点,同时又是相贯线侧面投影的虚实线的分界点。可以采用辅助平面法(如图中平面 P)求出。

(7) 球面侧面外形轮廓线上的点 V 、 VI 是相贯线与之相切的切点。可以用球面上取点法,先求出其侧面投影,再求其正面投影。也可以采用辅助平面法(如图中平面 Q),同时还可以求出点 VII 、 $VIII$ 。

作图: 如图 5.10b 所示,先求控制点 $I \sim VI$,再根据要求若干中间点。连点顺序可根据水平投影确定。需要注意的是,在侧面投影上,相贯线在 $5''$ 、 $6''$ 处与球面投影的轮廓线相切,在 $3''$ 、 $4''$ 处应与圆柱投影的轮廓线相切。

圆柱侧视外形轮廓线的投影应用实线延长至 $3''$ 、 $4''$,球的侧视外形轮廓线的投影应用虚线延长至 $5''$ 、 $6''$ 。图 5.10c 是轮廓线处理的局部放大图。

比较两立体的侧视外形轮廓线,圆柱轮廓线在左侧,所以相贯线的侧面投影 $3''-1''-4''$ 段可见, $3''-2''-4''$ 段不可见。

例 5.6 求作图 5.11a 所示圆柱与圆锥的相贯线。

分析:

(1) 圆柱与圆锥的轴线正交,圆柱所有素线都穿过圆锥,是全贯,相贯线应是两条闭合的空间曲线。

(2) 圆柱与圆锥的轴线相交且平行于正面,它们的正视外形轮廓线相交,相贯线左右对称、前后对称,正面投影虚、实线重合。

(3) 圆柱侧面投影有积聚性,相贯线侧面投影积聚在圆周上,只需求相贯线的正面投影和水平投影。

(4) 如图 5.11b 所示,本例可用水平面作辅助面,其与圆锥面的截交线是圆,与圆柱面的截交线是两条素线;也可用过锥顶的侧垂面作辅助面,这时两组截交线都是两条素线。

作图: 采用水平面作辅助面求相贯线上的点,作图步骤见图 5.11c、d。

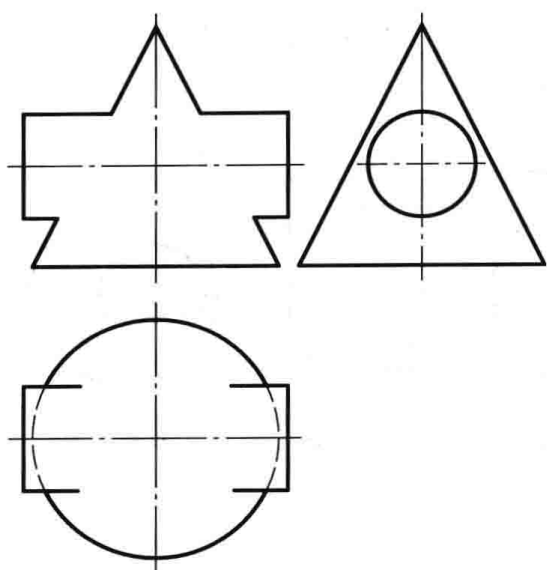
3. 关于辅助平面选择的讨论

辅助平面的选择首先要考虑立体表面的性质,同时也要考虑两立体的相对位置及其与投影面的相对位置。应使辅助面与相交两立体表面交线的投影为直线或圆。

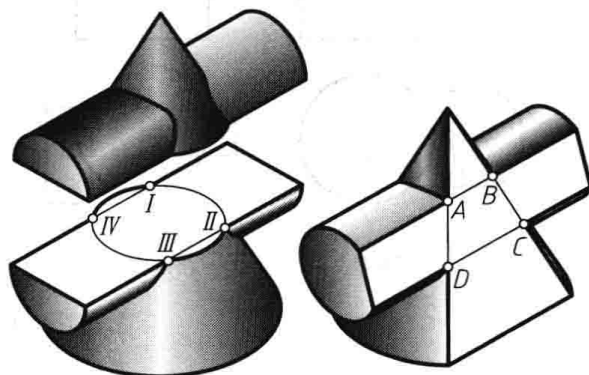
对于由直母线形成的曲面,可采用过素线的辅助平面;对于回转面,可采用与轴线垂直的辅助平面。例如:

(1) 轴线垂直于投影面的圆柱面参加相交时,可采用垂直于轴线的辅助平面,其与圆柱面的

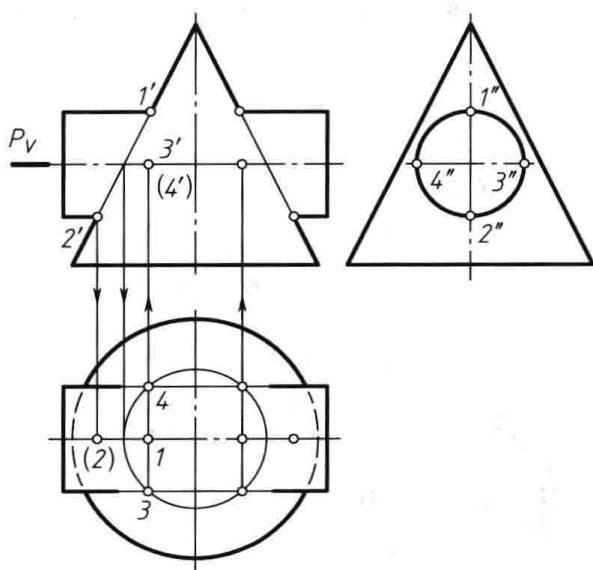




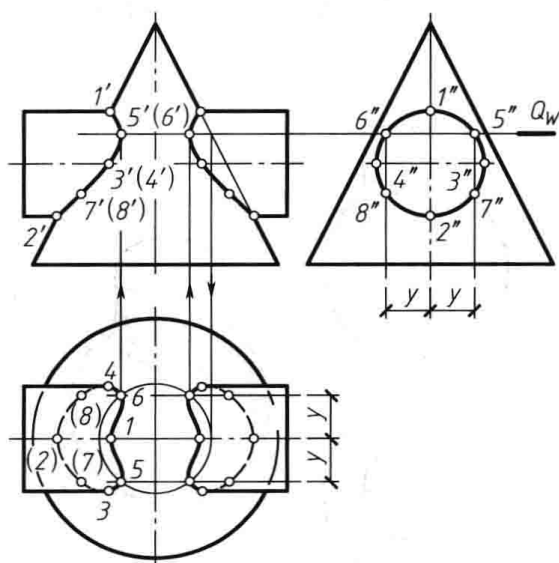
(a) 已知



(b) 选择辅助面



(c) 直接求出正视图外形轮廓线交点，再用辅助水平面 P 求圆柱俯视图外形轮廓线上的点



(d) 用辅助面求中间点，连点，判别可见性，补全外形轮廓线

图 5.11 求圆柱与圆锥的相贯线

交线是平行于投影面的圆；也可以采用平行于轴线的辅助平面，此时交线是直线。

(2) 轴线垂直于投影面的圆锥面参加相交时，可采用垂直于轴线的辅助平面，其与圆锥面的交线是平行于投影面的圆；也可以采用过锥顶的辅助平面，此时交线是直线。

(3) 有球面参加相交时，一般只可采用平行于投影面的辅助平面。

试分析图 5.12，若要求作这些形体的相贯线，可以采用什么位置的辅助平面？哪种为好？比较采用不同辅助平面的优缺点。



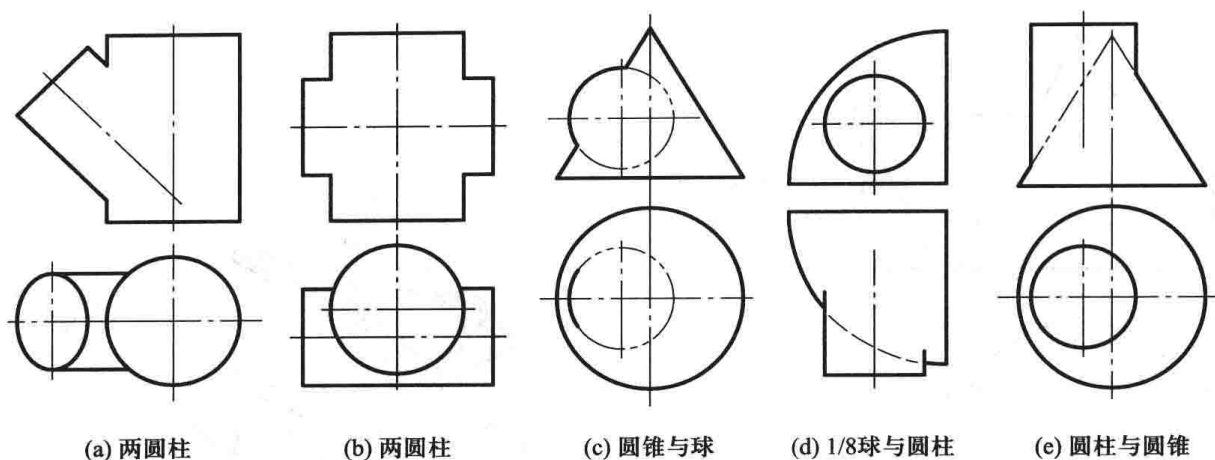


图 5.12 辅助平面的选择

5.4.3 辅助球面法

从图 5.13 可以看出,如果一个球面的球心处于回转面的轴线上,则它与回转面的交线是垂直于回转轴的圆,当回转轴平行于某投影面时,此圆在该投影面上的投影是与回转轴垂直的直线段。

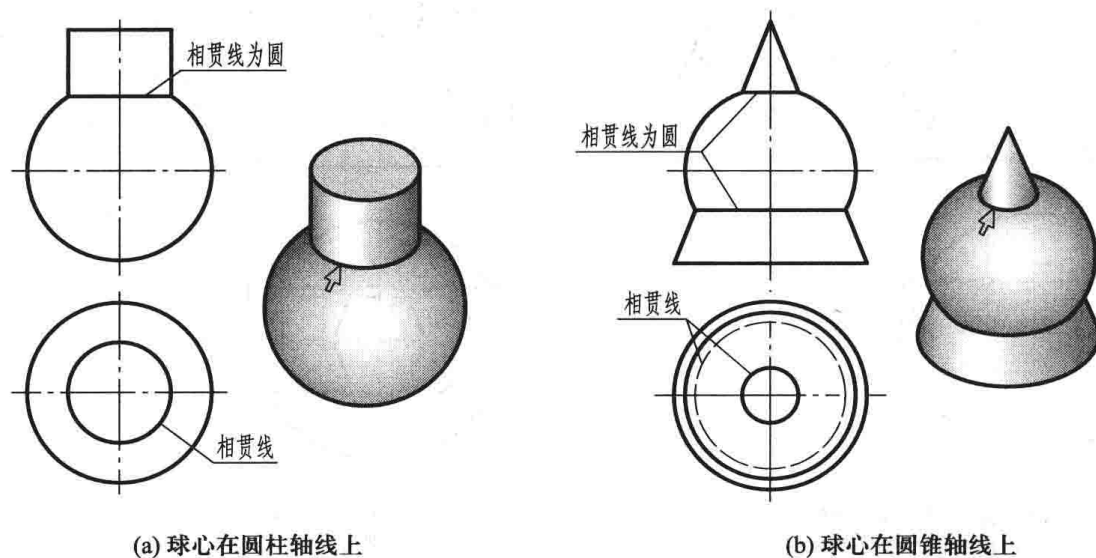


图 5.13 球心在回转面轴线上的相贯线

1. 基本原理

辅助球面法的基本原理仍是三面共点原理。如图 5.14a 所示,圆锥与圆柱轴线斜交,若以两轴线的交点 O 为球心,以适当大小的半径 r 作球,球面与圆锥面的交线为圆甲,与圆柱面的交线为圆乙,甲、乙两圆同在球面上,它们的交点 A 、 B 就是圆锥面、圆柱面与球面三个面的共有点。

从图 5.14b 可以看出,圆锥和圆柱的轴线都平行于正面,球面的正面投影为一圆,球面与圆锥和圆柱的交线分别是圆甲与圆乙,它们的正面投影分别是直线段 $1'2'$ 和 $3'4'$,两直线段的交点 a' 、 (b') 就是圆锥面与圆柱面相贯线上的点 A 、 B 的正面投影。

2. 作图步骤

与辅助平面法基本相同,见图 5.14b:

(1) 作辅助球面的投影,即以两轴线投影的交点 o' 为圆心,以适当半径作圆。

(2) 求出辅助球面与两曲面交线(圆)的投影——直线段 $1'2'$ 及 $3'4'$,它们分别垂直于两条轴线的正面投影;分别通过两曲面轮廓线与辅助球面投影的交点。

(3) 两交线圆的投影($1'2'$ 及 $3'4'$)的交点 a' 、 b' 即为相贯线上点 A 、 B 的正面投影。

(4) 点 A 、 B 的其余投影可用面上取点法求得。

(5) 改变球面半径的大小,可求出相贯线上的若干点。

辅助球面必须同时与两曲面体相交,因此其半径 r 的大小有一定的范围。如图 5.14c 所示,最大球面半径为 r_1 ,最小球面半径为 r_2 (球面与圆锥面相切),即 $r_1 \geq r \geq r_2$ 。

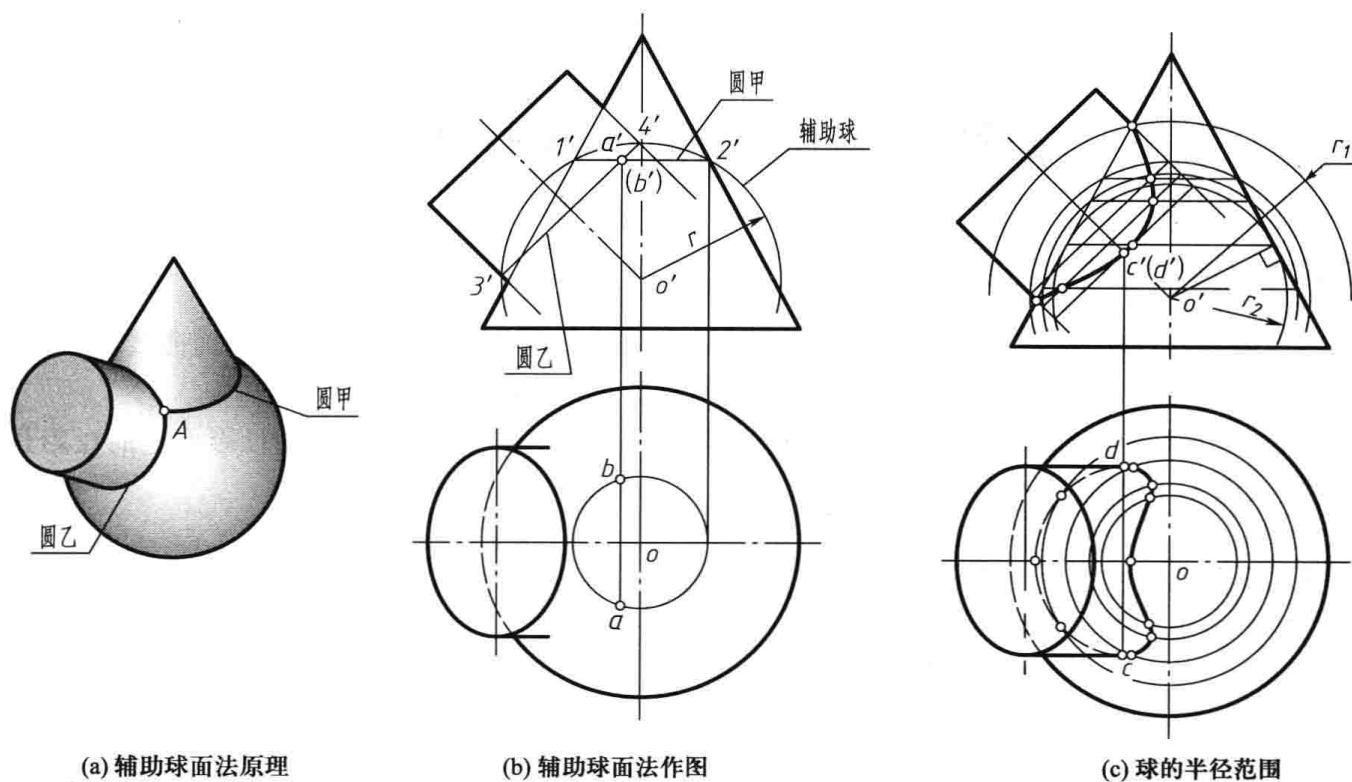


图 5.14 辅助球面法原理与作图

3. 适用条件

- (1) 两曲面体都是回转体;
- (2) 两曲面体轴线相交;
- (3) 两曲面体的轴线平行于同一投影面。

其中(1)、(2)两点是必要条件,第(3)点可以通过辅助投影实现。

4. 优缺点

从图 5.14 可以看出,在求相贯线的正面投影时不需利用水平投影,可以在一个投影上完成全部作图,这是辅助球面法的突出优点。又如图 5.15,仅给出叉管的一个投影,只要知道管道轴线相交,而且都平行于此投影面,就可采用辅助球面法求相贯线。

但是,辅助球面法对某些控制点却不能直接求出。如图 5.14 中圆柱俯视外形轮廓线上的点



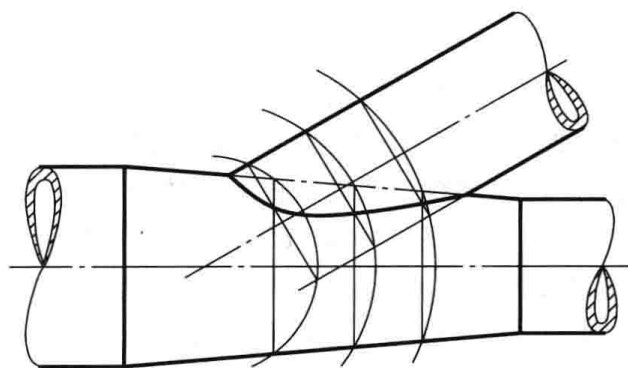


图 5.15 辅助球面法作叉管的相贯线

c 、 d 不能直接求得,需在相贯线的正面投影求出以后,再根据该点正面投影的位置 c' 、 (d') 来确定其水平投影。

5.5 常见曲面立体相贯线的讨论

5.5.1 相贯线的特殊情况

两曲面体的相贯线一般是空间曲线,在特殊情况下,可能是直线、圆或其他平面曲线。

(1) 两柱面轴线平行或两锥面共顶时,相贯线为直线,如图 5.16 所示。

(2) 两回转面共轴线时,相贯线是垂直于轴线的圆,此圆在与轴线平行的投影面上的投影是直线,如图 5.17 和图 5.13 所示。

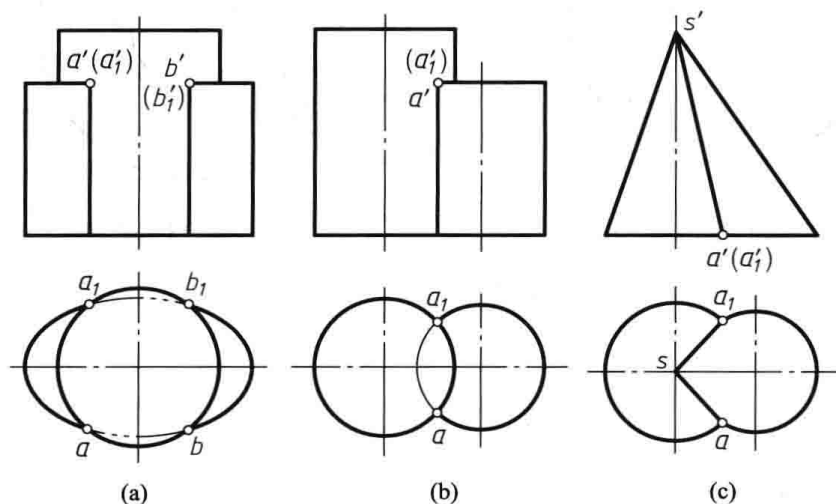


图 5.16 相贯线是直线

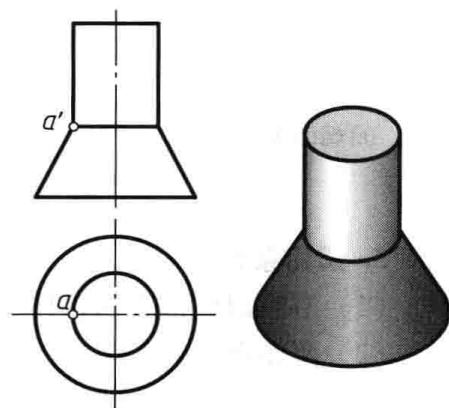


图 5.17 相贯线是圆

(3) 当两个二次回转面轴线相交且外切于同一球时,相贯线为两条平面曲线(多为椭圆),这两条平面曲线都通过两个重切点(公切球与两回转面切线的交点,如图 5.18 中的点 K),而且在与两轴线平行的投影面上的投影为直线。图 5.18 所示为常见的几种情况,它们的相贯线都是椭圆。



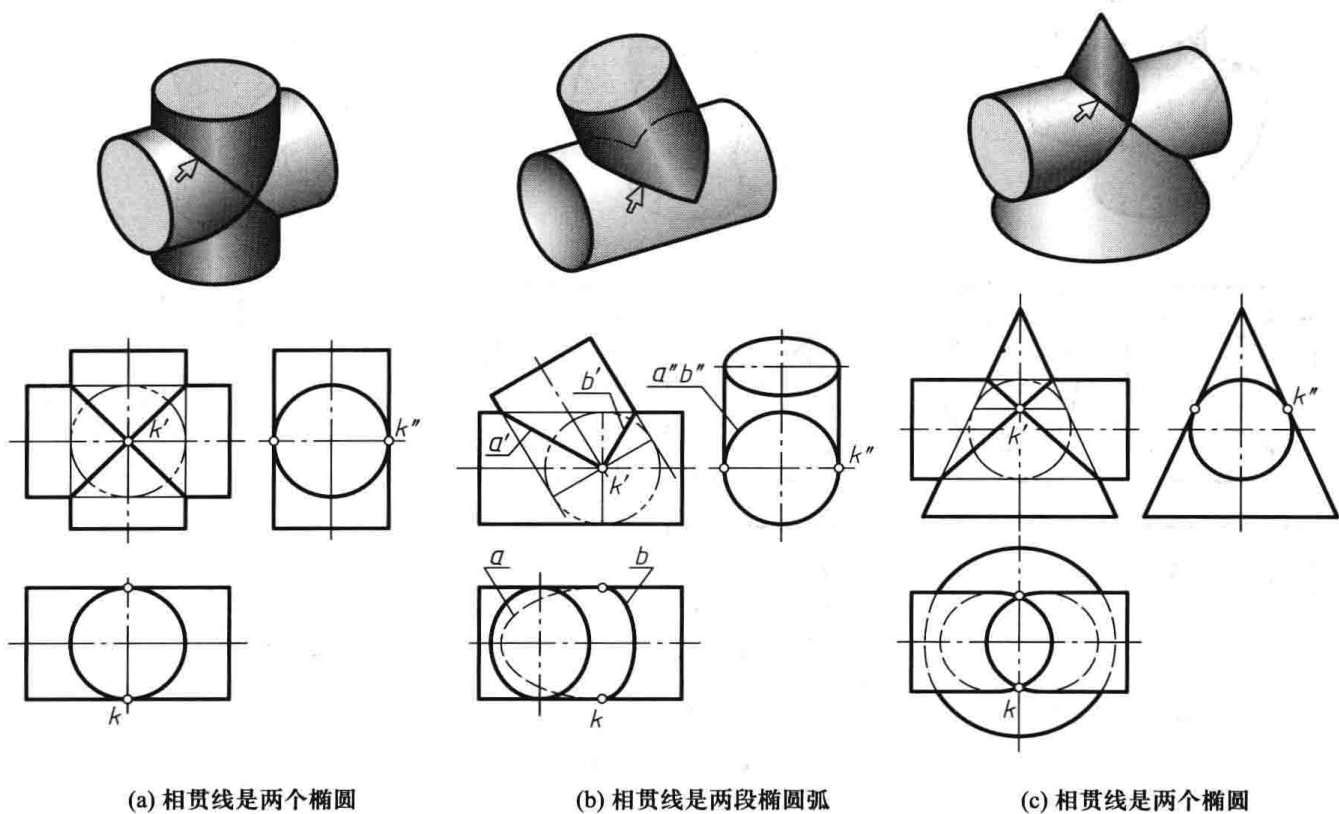


图 5.18 相贯线的特殊情况

这些相贯情况的例子在水利工程中很多。图 5.19a 所示是引水叉管的一种情况,两段锥管和一段圆柱管共切于一个球面,它们的相贯线由三段椭圆弧组成。图 5.19b 是港口防波堤护面的扭工字块体,它是由四段锥台与一段圆柱组成,圆柱与锥台的相贯线都是椭圆弧。

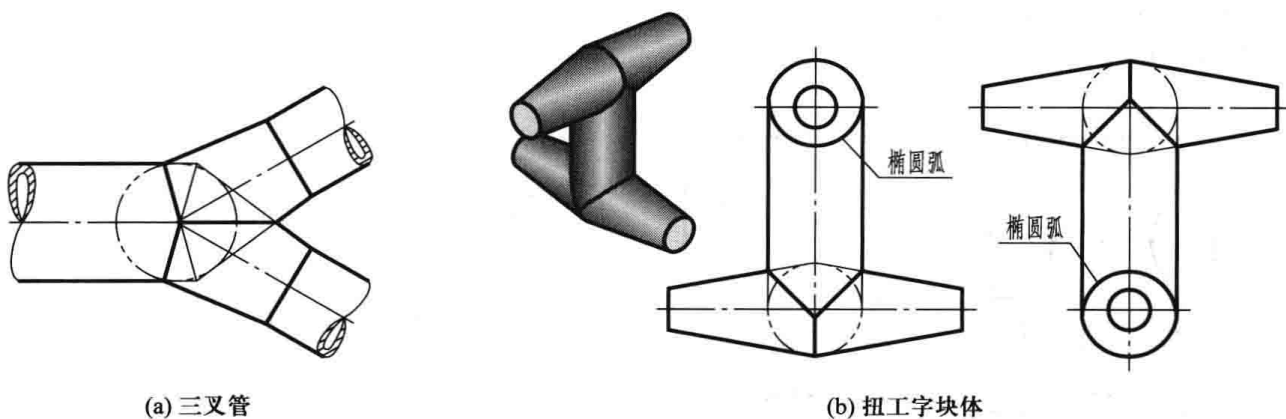


图 5.19 相贯线特殊情况的实例

5.5.2 相贯线的变化趋势

(1) 当相交两立体的形状、位置不变,而直径变化时,相贯线会发生变化。如图 5.20 所示,当直立圆柱直径小于水平圆柱时(图 a),前者全部贯穿后者,相贯线为上、下两条;当两圆柱直径相等时(图 b),相贯线为两个椭圆;当直立圆柱直径大于水平圆柱时(图 c),后者全部贯穿前者,



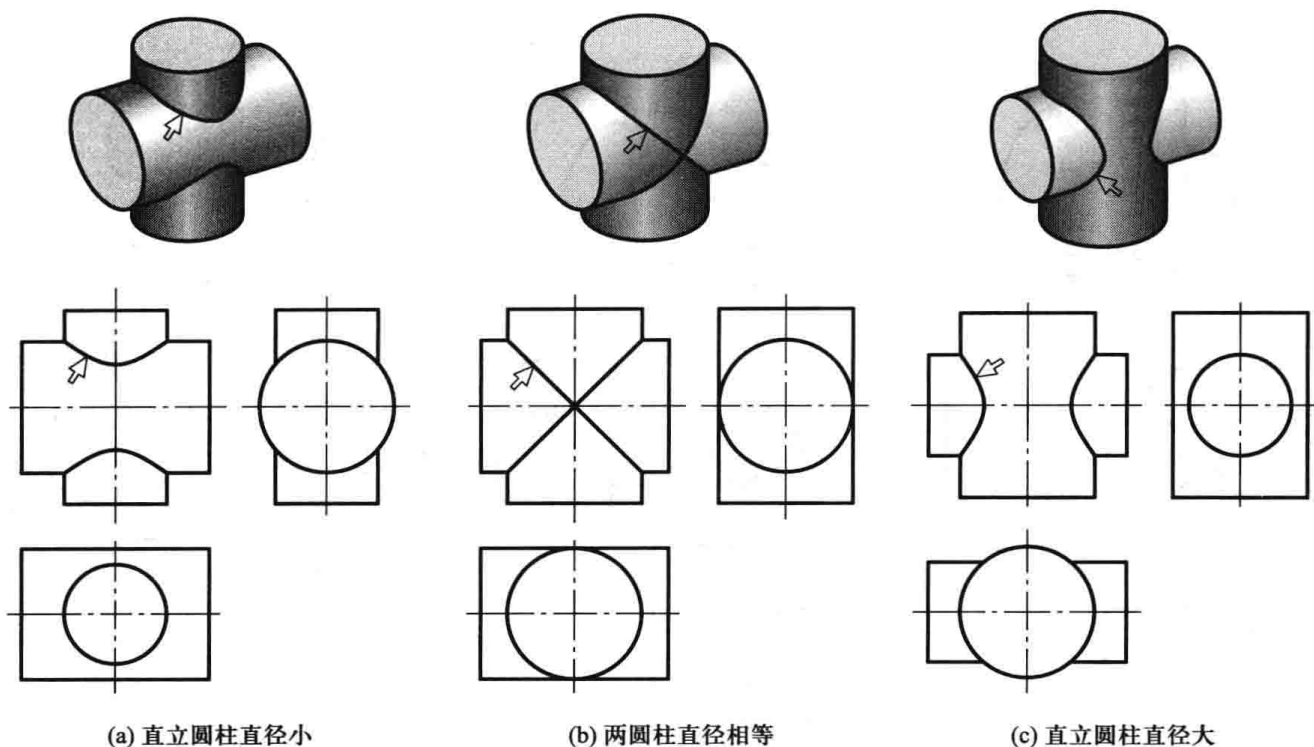


图 5.20 两圆柱直径变化时相贯线的变化

相贯线为左、右两条。

(2) 若两立体形状、大小不变,而相对位置改变时,相贯线同样发生变化。如图 5.21 为两直径不同的圆柱相贯,图 a 中两圆柱轴线相交,为全贯,有两条相贯线;图 b 中两圆柱与同一正平面相切,有一个重切点 A ,左、右两条相贯线交于点 A ;图 c、d 均为互贯,相贯线只有一条。图 c 中两圆柱正视外形轮廓线都参加相贯,相贯线的正面投影与两圆柱正视外形轮廓线的正面投影都相切;图 d 中两圆柱的正视外形轮廓线都不参加相贯,相贯线的正面投影与两圆柱外形轮廓线的正面投影都不相交。

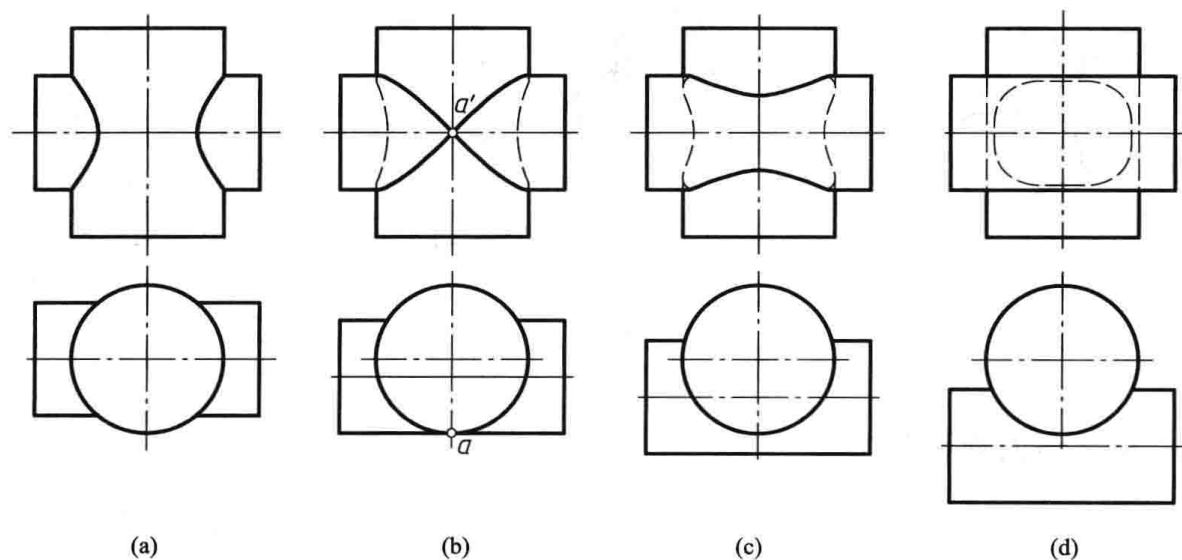


图 5.21 两圆柱相对位置改变时相贯线的变化



5.6 多立体表面相交

多立体组成的组合体,其表面常常会出现多段相贯线(见图 5.22),此时,相贯线往往不是简单的几条完整的空间曲线(或平面曲线)的组合和连接。求这种组合体的相贯线时,应着重分析以下三个问题:

(1) 形体由哪些基本体组成,这些基本体表面的性质、特征是什么?

(2) 基本体之间处于何种相对位置,与投影面处于何种位置?

(3) 相贯线总是两个立体表面相交产生的。那么,哪两个立体表面会产生交线,交线的形状和投影如何,可用什么方法求得?

作图时,按两两相交逐段求出相贯线或截交线,同时注意找出分段相贯线的连接点(通常是三个相交表面的共有点),综合处理各基本体的原有轮廓线,即可完成相贯线的求解。

例 5.7 求作图 5.22a 所示形体的相贯线。

分析:

(1) 根据基本体的投影特性和视图的对应关系可知,该形体由三部分组成:下部为一个圆锥,上部为一个圆柱,左边是一水平半圆柱与四棱柱相切而成的简单立体。并且形体前后对称。

(2) 圆锥和圆柱共轴线,相贯线为水平圆,其正面和侧面投影为直线。该相贯线是圆锥和圆柱的分界线。

(3) 水平半圆柱与直立圆柱的轴线相交,相贯线是空间曲线,其水平投影和侧面投影均在圆柱的积聚投影上,正面投影可利用面上取点法(也可用正平面或球面作辅助面)求得。四棱柱前、后两个平面与直立圆柱相交,交线为直线,并且平行于直立圆柱的轴线。

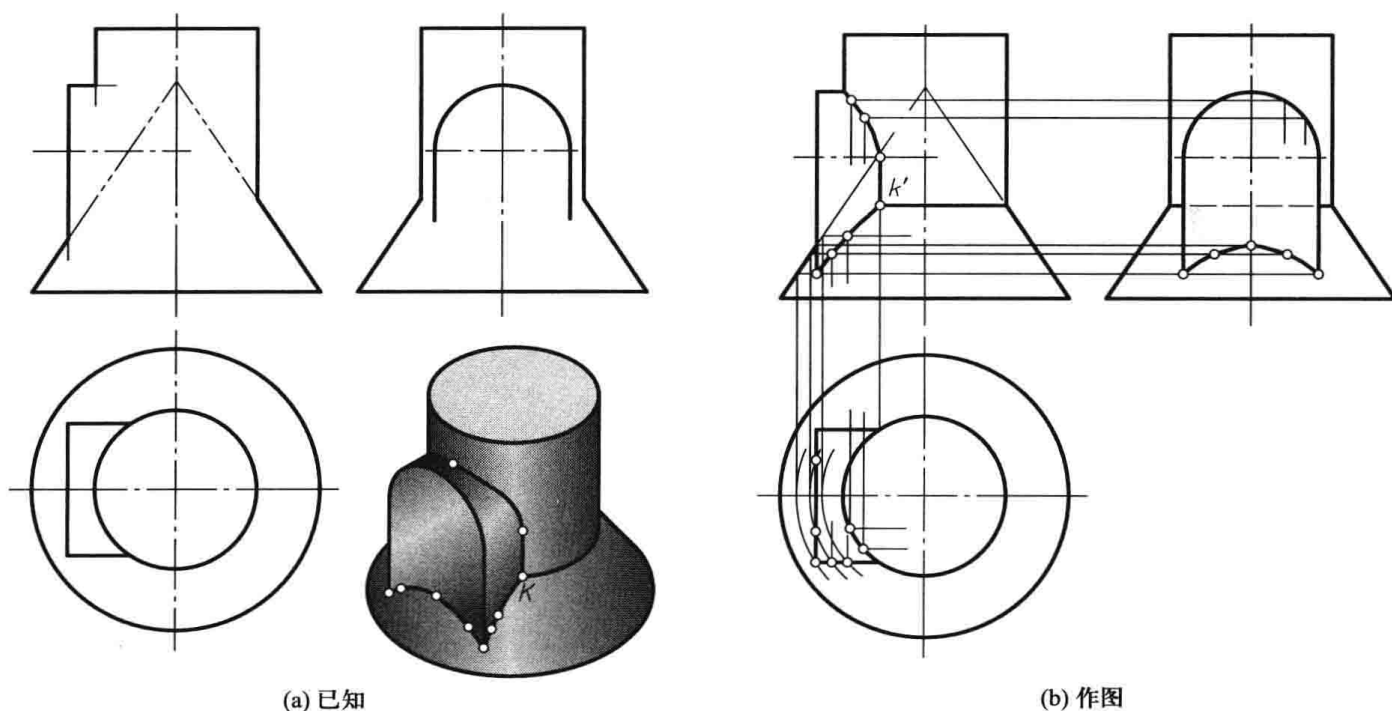


图 5.22 多立体相贯



(4) 四棱柱左、前、后三个平面与圆锥面相交,交线都是双曲线,其水平投影在棱面的积聚投影上。其中前、后两面的交线的正面投影和左侧面的交线的侧面投影可用圆锥面上取点的方法求得。

作图: 见图 5.22b。

需要注意的是,三段相贯线(水平圆弧、直线和双曲线)应交于一点 K ,此点是四棱柱、直立圆柱、圆锥的三面共有点。求多立体表面相贯线时,尤其要重视求出此类点。

思考题

1. 两平面立体相交、平面立体与曲面立体相交、两曲面立体相交,其相贯线性质有什么共性和个性?
2. 面上取点法与辅助平面法有什么共同点? 有什么区别?
3. 用辅助平面法求相贯线时,辅助平面选择的原则是什么?
4. 相贯线上哪些点是必须求的?
5. 相贯的立体满足什么条件,才可以用辅助球面法求相贯线?
6. 两曲面立体相交有哪几种特殊情况?



第 6 章

组 合 体

学习要点

1. 熟悉组合体的构成方式及形体分析的方法；
2. 掌握组合体视图的绘制方法和要求；
3. 掌握尺寸标注的基本要求及基本体的尺寸注法，能够正确、完整、清晰地注出组合体的尺寸；
4. 掌握形体分析法和线面分析法读图的思维过程，能够自主分析阅读组合体视图。

任何复杂的形体，都可以把它看成是由一些简单的几何形体经过叠加或切割组合而成的。由两个或两个以上简单几何形体组合成的复杂形体，称为组合体。在本章中，将尽量避免论述形体的工程和工艺特征，仅仅把它作为一种抽象简化的几何模型，重点讨论其投影图的绘制、尺寸标注和视图的阅读方法。

6.1 组合体构成分析

6.1.1 形体分析法

任何工程形体，都是根据它的功能要求，由一些基本形体按一定的组合方式组合而成的。图 6.1 所示的轴承台，是由安装用的底板、放置轴用的套筒、加油用的凸台、连接底板与套筒的支承板和加强肋板五个部分组成。把一个复杂形体分解成若干简单形体，并分析这些简单形体的形状、相对位置、组合方式、交线情况，形成对整个组合体的完整概念，从而进行画图、读图和标注尺寸的思维方法，称为形体分析法。这种分析方法是画图、读图、尺寸标注及构形设计中常采用的分析法。

6.1.2 组合体构成

将简单形体组合在一起，通常可采用以下的方式。

1. 叠加

叠加是指把几个基本形体按一定的相对位置叠放在一起，构成组合体，如图 6.1 中的底板与支承板、底板与肋板及支承板与肋板，在其结合处往往产生一些分界线。根据叠加形体表面的相对位置关系，可分为如下几种情况。



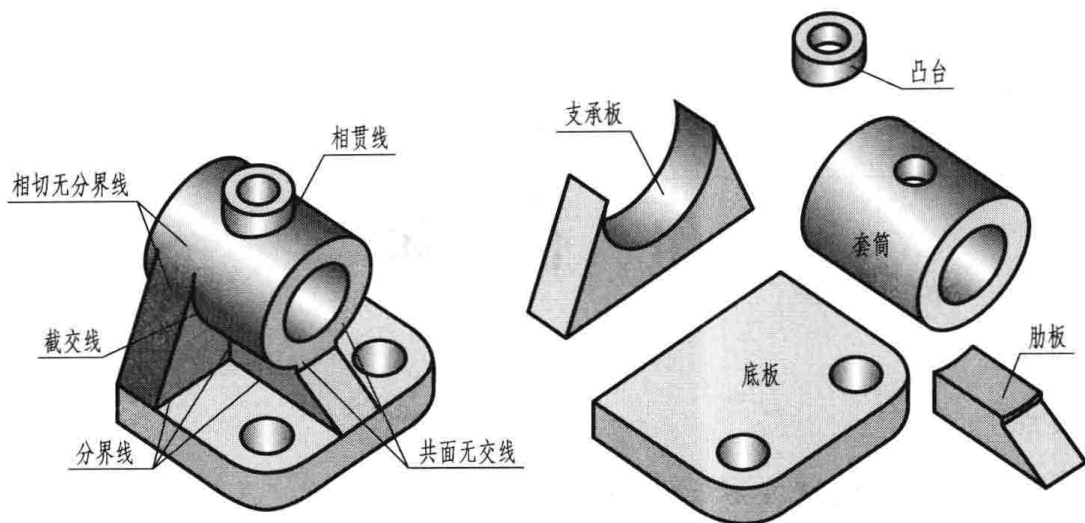


图 6.1 形体分析法

(1) 共面 两个形体表面共面(平面与平面),在两表面之间无分界线,如图 6.1 中的套筒与肋板。

(2) 相切 两个形体表面(平面与曲面或曲面与曲面)相切,其结合处呈光滑过渡,不存在分界线,如图 6.1 中的支承板与套筒。

(3) 相交 两个形体表面相交时,在结合处将产生交线。如图 6.1 中的相贯线、截交线。

2. 切割与穿孔

(1) 切割 当形体被平面或曲面切割时,在形体表面产生各种形状交线。图 6.2 所示的渡槽可看成是长方体沿纵向切去三个较小的长方体,沿横向又切去长方体和半圆柱形成的,交线分别为直线和圆弧。图 6.3 所示为圆柱和圆锥组合体,被平面切割后,表面形成的截交线分别为双曲线、直线、椭圆弧和圆弧。

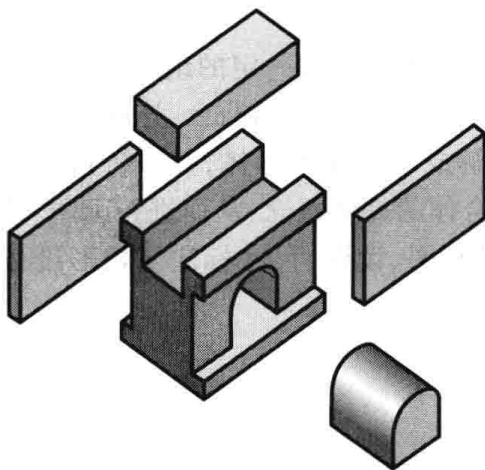


图 6.2 平面体的切割

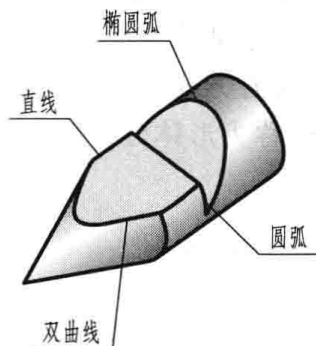


图 6.3 曲面体的切割

(2) 穿孔 当形体被穿孔时,也会产生不同形状的截交线或相贯线。在视图中应画出这些交线及孔的投影,如图 6.4 所示。



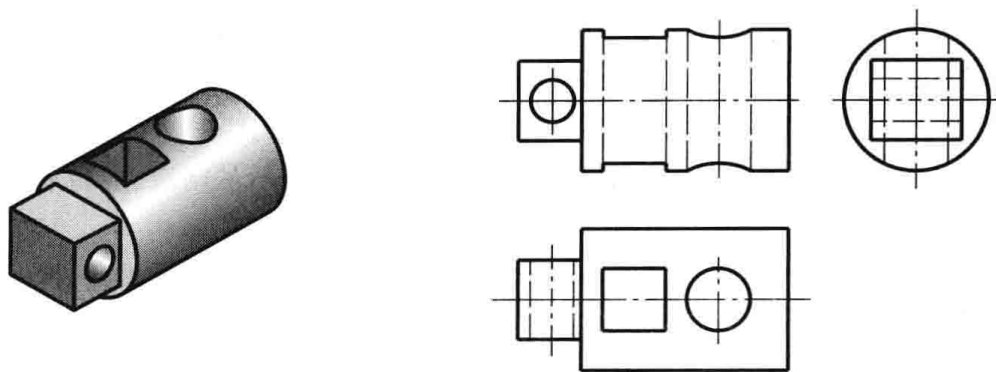


图 6.4 形体的穿孔

6.2 组合体视图的画法

画组合体视图就是把已有的或构想的组合形体用一组视图表达出来,并且做到简明、清楚。这需要对所表达形体进行细致的组成分析(形体分析)和视图选择分析以及形体尺寸标注的分析。

6.2.1 形体分析

图 6.5 所示的闸墩由底板、墩身和立柱三部分叠加组合而成。底板和立柱是棱柱体;墩身可看成是一个长方体两端叠加两个半圆柱后,切去四个小长方体(闸门槽)构成。通过立体图,可以了解各部分的形状,相对位置及组合关系,这是绘制组合体视图的基础。

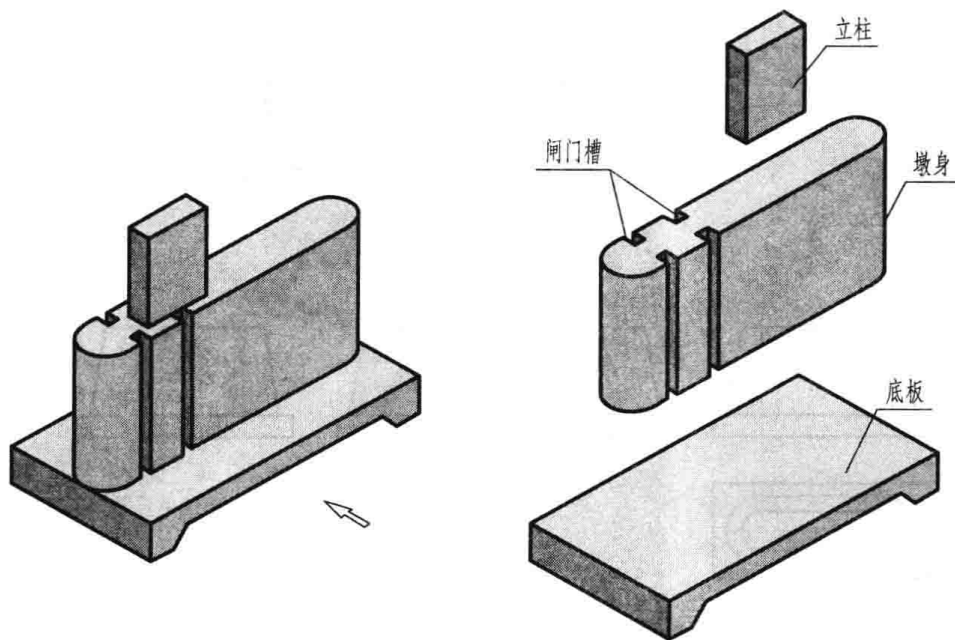


图 6.5 闸墩的组成

6.2.2 视图选择

选择视图的原则:用较少的视图把形体完整、清晰地表达出来。



视图选择包括确定形体的放置位置、选择正视图及确定视图的数量三个方面。

1. 确定放置位置

形体放置的位置,通常按以下顺序确定。

(1) 按正常工作位置放置,以便于阅读和施工。如图 6.5 所示的闸墩,应将底板顶面放成水平位置。

(2) 按制作或加工位置放置,以便于生产和测量。如由车床加工的轴类零件、预制混凝土桩等,通常水平放置。

(3) 对一些无确定工作位置,也没有确定的加工制作方式的形体,可从其稳定性或使视图反映真形考虑,确定放置方位。对一些细长类形体,通常采用水平放置,以便合理利用图纸。

2. 选择正视图

正视图应尽量反映组合体主要部分的形状特征、组合体各组成部分的组合关系以及它们的形状和位置。图 6.5 所示闸墩,从箭头所指方向去看,不仅能看清墩身的形状特征、闸门槽的数量和位置,还能了解底板的特征形状以及底板、墩身、立柱三部分的上下、左右的叠加位置关系。所以选用箭头方向的视图作为正视图比较合适。

选择正视图时,还应考虑工程图的表达习惯。水工图中一般将上游布置在图的左侧,建筑图中一般将房屋的正面选为正视图。正视图的选择还应尽量减少视图中出现的虚线(图 6.6)及合理地利用图纸(图 6.7)。

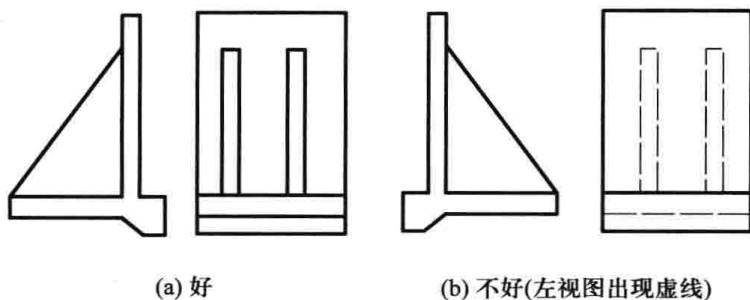


图 6.6 挡土墙的视图选择

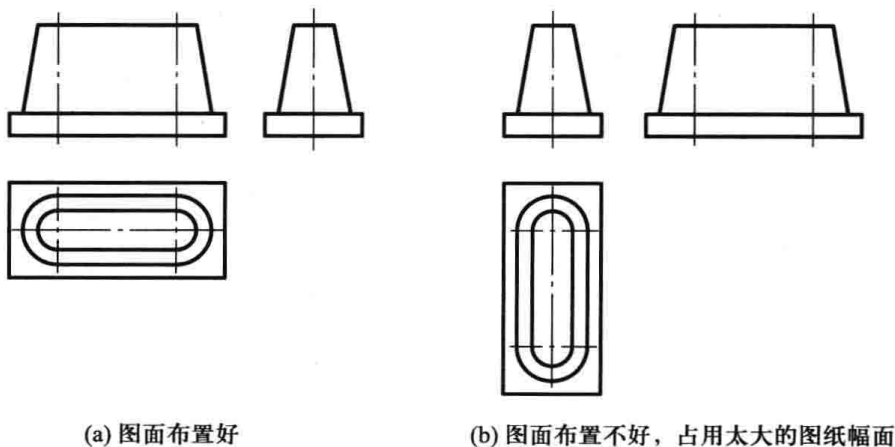


图 6.7 墩身的视图布置



3. 确定视图数量

通常情况下,表达一个基本体一般取三个视图,形状简单的物体也可以取两个视图,如果标注尺寸,有的形体只需一个视图,如图 6.8 所示。

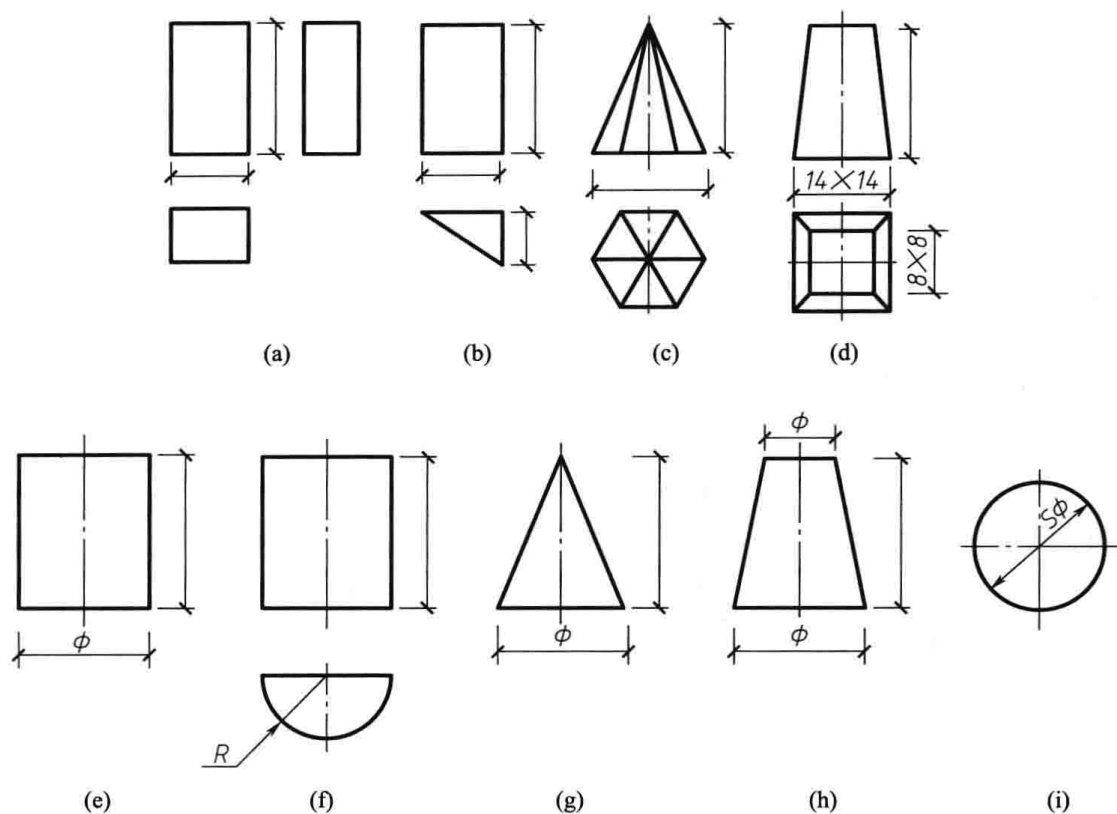


图 6.8 基本体视图

至于表达一个组合体需要哪几个视图,则应考虑在正视图确定以后,各简单形体的形状及其相互位置有哪些没有表达清楚,还需要哪几个视图来表达。

如要表达图 6.5 所示的闸墩,当正视图确定之后,闸底板可选用俯视图或左视图表示其形状和宽度;墩身必须用俯视图表示其形状特征和宽度;而立柱则必须用三个视图确定其形状和宽度,如图 6.9 所示分解视图。综合起来,此闸墩需要用三个视图来表达,如图 6.10 所示。如果没有立柱,则只需用正视图和俯视图表示就可以了。

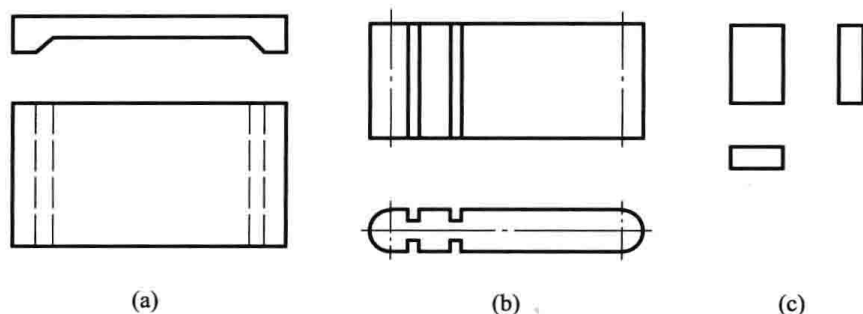


图 6.9 闸墩视图数量的分析



6.2.3 画组合体视图

绘制组合体视图,首先要进行视图位置布置。布置视图的原则,主要考虑视图间布局的匀称美观,便于标注尺寸及阅读。视图间不应太挤或集中于图纸一侧,也不要太分散,为此,要选择适当的绘图比例,根据图纸幅面和各视图的大小,安排各视图的位置,并确定各视图的主要定位基准线,如对称线、中心线、底面或相关端面的轮廓线等,如图 6.11a 所示。然后,根据分解的简单形体及它所处的相对位置,按一定顺序,逐块画出各视图。

需要注意的是,组合体的每个简单形体应逐块画出各视图,而不是取整个形体逐个画出各视图,如图 6.11b~d 所示,这样可以保证各简单形体之间的相对位置和投影关系,减少错误。

底稿完成后,还要仔细检查,修正错误。根据组合体的构成情况,确定组合体中各表面交线的形状、位置,擦去多余的分界线。对称物体,要画出对称线;回转体要画出轴线;圆孔要画上中心线。经过检查无误后,还要按规定的线型将视图加深。结果见图 6.11e。

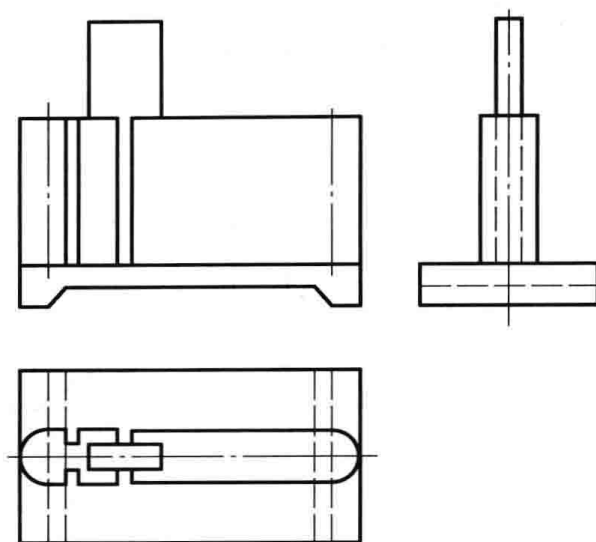


图 6.10 闸墩视图表达

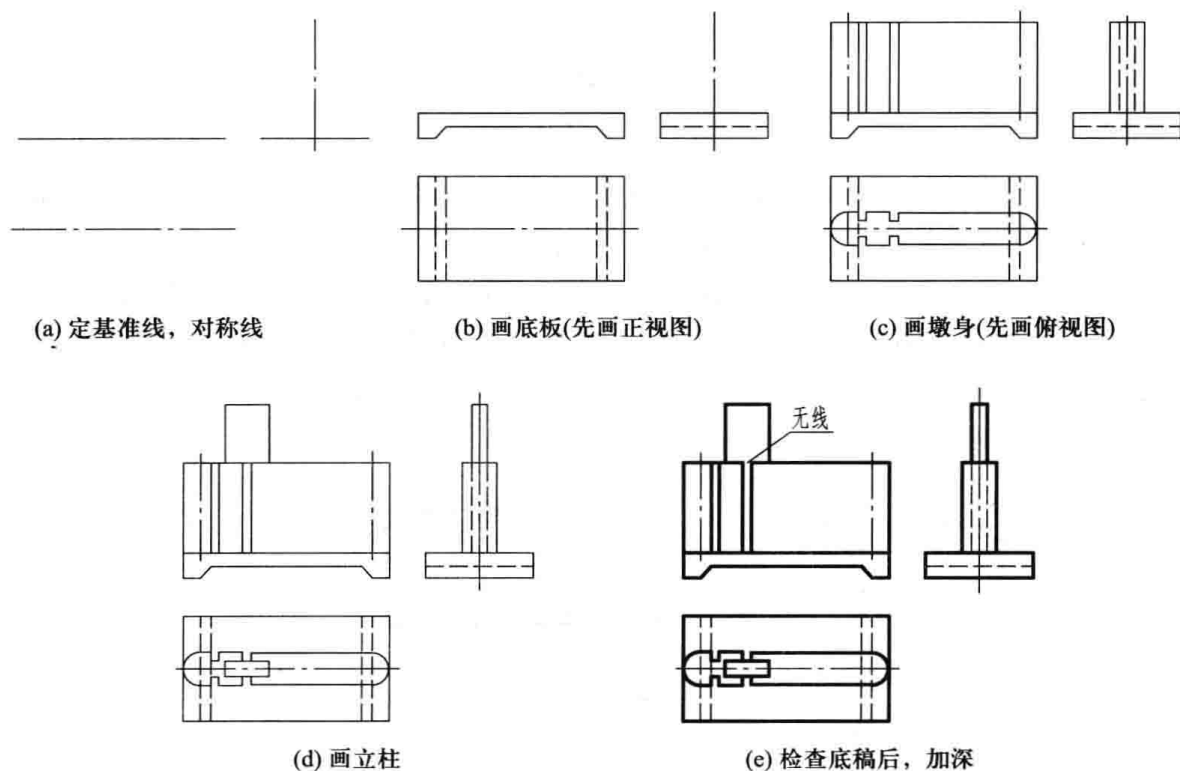


图 6.11 闸墩绘图步骤



6.3 组合体的尺寸标注

视图主要表示形体的形状,而形体的大小和各组成部分的相互位置,则由视图上标注的尺寸确定。尺寸是生产制作、施工的依据,在标注尺寸时,任何疏忽都将造成重大的损失。因此,不仅要保证所标注的尺寸完整、清晰、合理、正确无误,还要符合相关制图标准的规定。

6.3.1 常见几何形体的尺寸标注

基本形体一般要标注长、宽、高三个方向的尺寸,有些形体只需标注两个尺寸,比如回转体,在非圆视图上标注直径尺寸和高度尺寸,就能确定它们的形状和大小,如图 6.8 中的 e、g、h;而球只要画一个视图,见图 6.8i。从图 6.8 中注意到,圆或大于半圆的圆弧应加注直径符号“ ϕ ”,半圆或小于半圆的圆弧应加注半径符号“ R ”,圆球应加注球的直径符号“ $S\phi$ ”。

6.3.2 组合体的尺寸标注

组合体是由若干基本形体按一定的方式组成的,在标注尺寸时,应根据形体分析的原则,逐个标出各基本形体的大小尺寸和定位尺寸,最后还要标注组合体的总体尺寸。

1. 尺寸标注要完整

(1) 尺寸类别

1) 定形尺寸——确定组合体各组成部分形状大小的尺寸,即确定长、宽、高三个方向的尺寸。以图 6.12a 所示挡土墙为例,图 b 是对挡土墙进行形体分析,并分块标注尺寸;图 c 是各组成部分组合后的尺寸标注,在组合后的图中,因直墙宽度尺寸⑧与底板宽度尺寸②相同,故省去尺寸⑧。

2) 定位尺寸——确定组合体各组成部分之间的相对位置的尺寸,即确定它们在组合体中所处的前后、上下、左右位置的尺寸。如图 6.12d 中的尺寸⑬和⑭,用来确定支撑板的前后位置。

3) 总体尺寸——确定组合体总长、总宽、总高的尺寸。图 6.12d 中的尺寸①、②和⑮分别确定了挡土墙的总长、总宽和总高。由于尺寸⑨=⑮-③,可省去不注。

(2) 尺寸基准

组合体由于其组成的各部分功能要求不同,所以生产工艺、制作手段或施工步骤也不同,形成对尺寸精度要求的不同。在标注尺寸时不仅要满足形体的功能要求,还要考虑制作或施工过程中的可测量性和测量精度。为此,至少要在形体的长、宽、高三个方向各选定一个尺寸标注的度量平面或线,称其为基准。有时在某一方向有几个基准,其中有一个为主要基准,其余的称为辅助基准。一般选取形体的对称面、底面、顶面、端面或回转体的轴线作为尺寸基准。圆柱、圆锥、圆球的轮廓线或两物体的交线不能用作基准。

(3) 尺寸标注步骤

1) 在形体分析基础上,确定尺寸基准。图 6.13 所示的涵洞进口,该形体左右对称,在长度方向以对称面为基准,尺寸①、④、⑥、⑧、⑩就是以对称面为基准标注的。在宽度方向,尺寸②、⑦、⑨、⑫是以前端面为基准标注的。在高度方向,以底板底面为主要基准,如尺寸③、⑤、⑮,底板顶面及墙身顶面分别为高度方向辅助基准,如尺寸⑪、⑬、⑭。



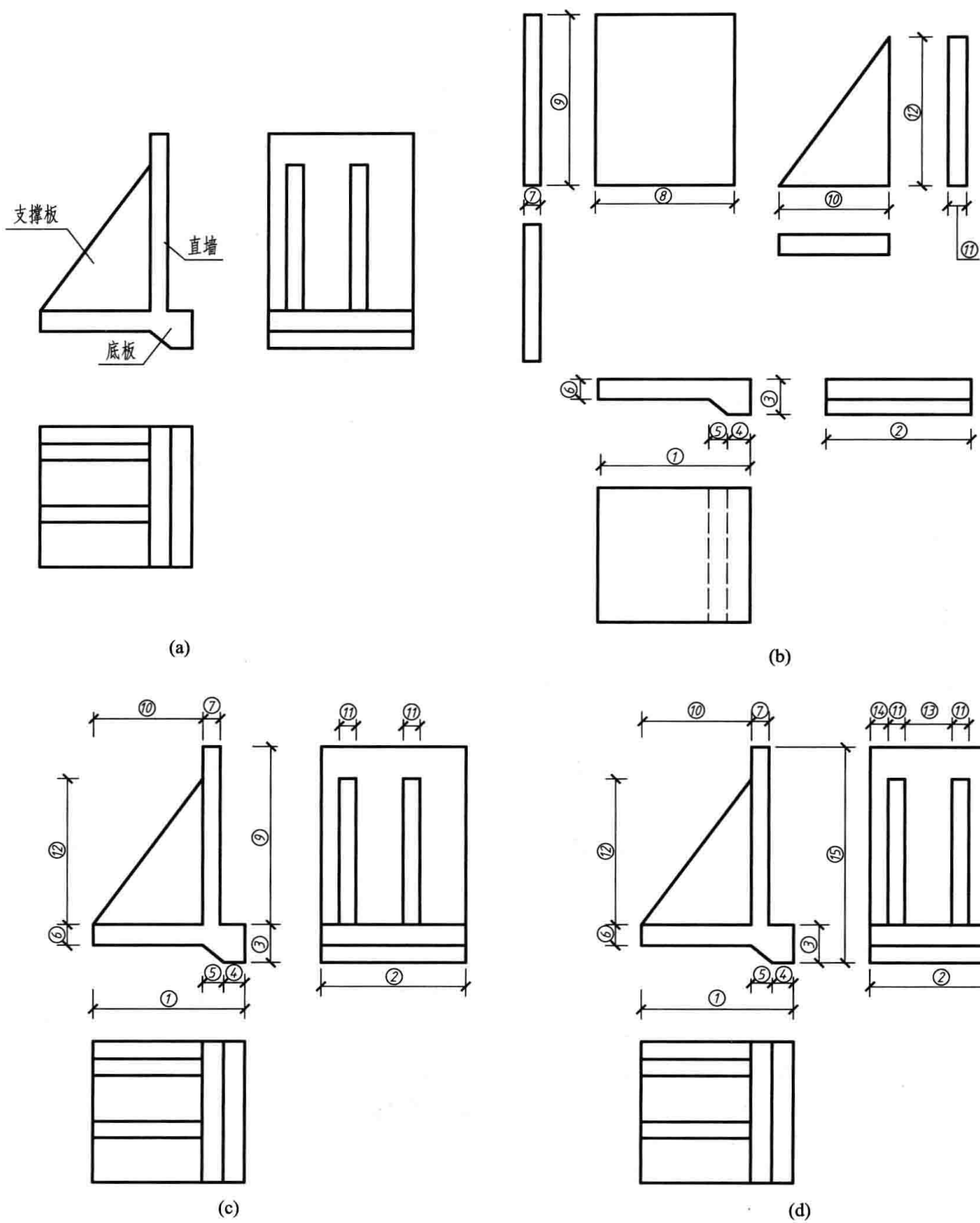


图 6.12 挡土墙尺寸标注分析



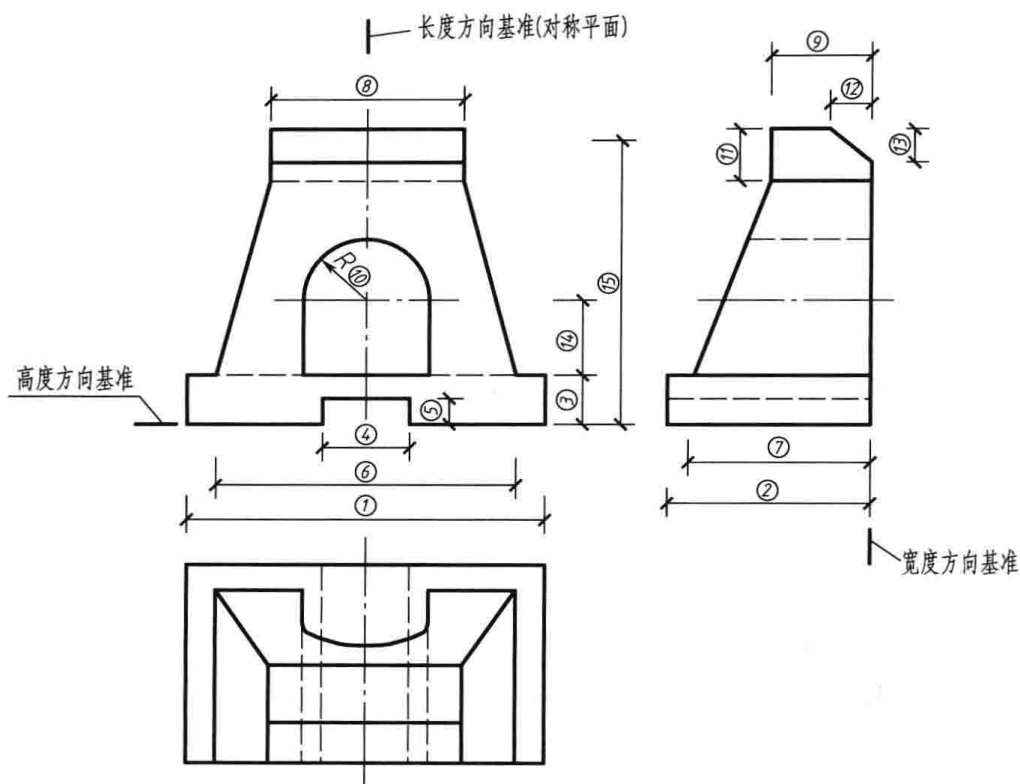


图 6.13 涵洞进口的尺寸基准及标注

2) 根据形体的分块,找出各组成部分应标注的定形尺寸,如图 6.12b 所示。再如图 6.13 所示,底板的长、宽、高尺寸①、②、③;底板上凹槽的长、宽、高尺寸为④、②、⑤;墙身的下底长、宽尺寸为⑥、⑦,上底长、宽尺寸为⑧、⑨,高度尺寸为⑪-③-⑫;压顶块体的长、宽尺寸与墙身上底相同,也为⑧、⑨,高度尺寸为⑫,切去的斜角长度方向尺寸为⑬,宽度与高度尺寸分别为⑭、⑮;拱形孔洞的圆弧半径尺寸为⑯。

3) 在视图上标注各组成部分的定形尺寸,如图 6.12c 和图 6.13 所示。对重复的尺寸(图 6.13 中的墙身上底长⑧、压顶块体长⑧和斜角长⑬)或相同的尺寸(图 6.12 中的直墙宽⑧、底板宽②),只需标注一次,不再重复标注。

4) 在视图上标注定位尺寸。在图 6.12 中,直墙在底板上方,与底板前后对齐,故不需要标注直墙的高度和宽度方向定位尺寸;直墙左右方向的定位尺寸,已由支撑板的长度尺寸确定,故也不需要标注。而支撑板的前后位置,必须标注定位尺寸⑭和⑮方能确定。在图 6.13 中,拱形孔洞的圆心在左右对称面上,墙身前端面与底板平齐,故不需标注左右与前后的定位尺寸,但其高度方向定位尺寸⑯不能缺少。

5) 标注总体尺寸。由于组合体是一个整体,所以在标注各部分的定形、定位尺寸后,还应从整体考虑组合体总体尺寸标注问题,一般来说要标注形体的总长、总宽、总高尺寸,如图 6.12d 中的①、②、⑬以及图 6.13 中的①、②、⑬。当总体尺寸能够间接表达某一形体的定形或定位尺寸时,应将原定形或定位尺寸进行调整,如图 6.12 中,尺寸⑨=⑬-③,故应删去尺寸⑨。

总体尺寸涉及设计、加工、装配、测量、包装、运输等多方面问题,通常组合体的总长、总宽、总高尺寸都要标注。但是当组合体端部外形为曲面时,沿该方向的总尺寸一般不注,如图 6.14 中



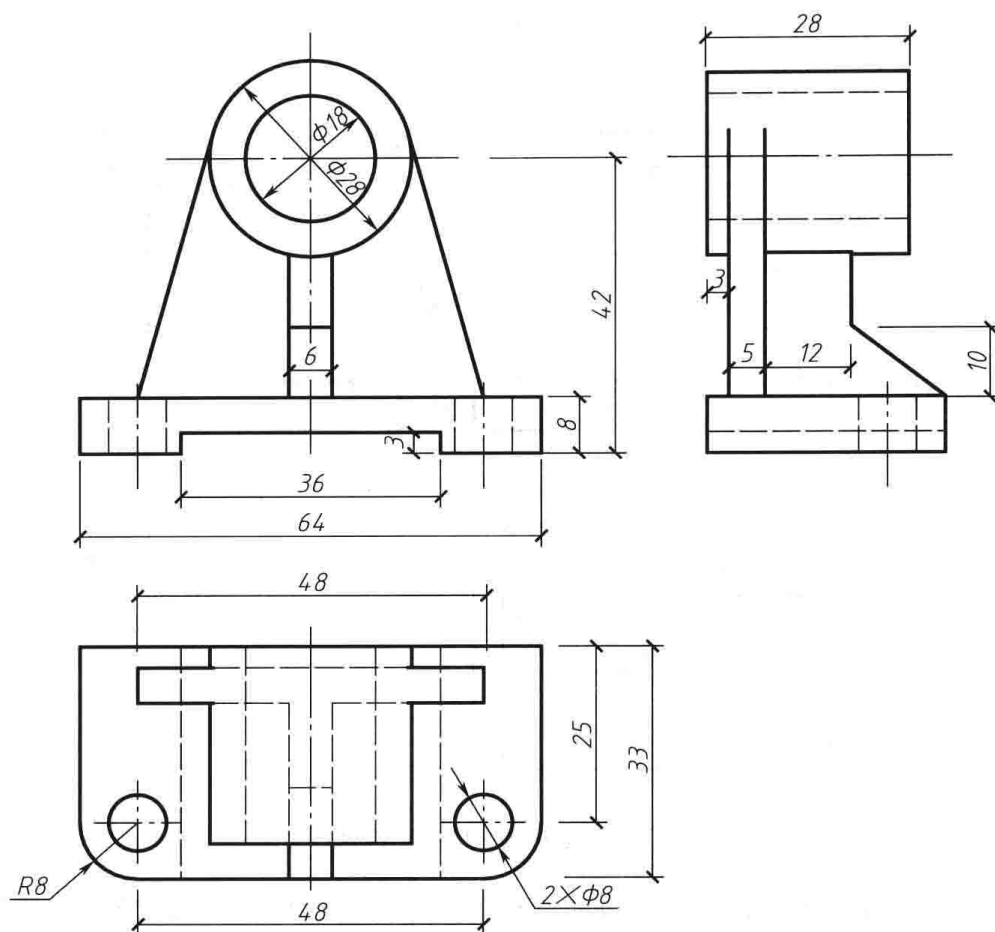


图 6.14 总体尺寸分析

轴承座的总高尺寸,因为圆柱筒的中心高度尺寸 42 确定了轴的中心高度,必须注出,圆筒的外径也必须注出,这样就不必再注轴承座总高。同理,轴承座底板宽度尺寸 25 为安装所需,圆柱筒到立板背面的定位尺寸 3 确定了轴和轴上零件安装的位置,必须注出。所以,图中标出了轴承座的总长尺寸 64 和总宽尺寸 33。

6) 检查所标注的尺寸,有无遗漏或错误,多余尺寸应删除,标注不妥处应一一加以修改或调整。

2. 尺寸标注要清晰

为了便于看图,尺寸标注应排列整齐、清晰明了。

(1) 定形、定位尺寸应尽量标注在反映形体特征的视图上,尽可能使定形、定位尺寸集中于一个或两个视图中,如图 6.12 和图 6.13 所示。

(2) 与两个视图有关的尺寸,应尽量标注在两个视图之间,以便于阅读和查找。

(3) 回转体的直径尺寸,尽量标注在非圆视图上,如图 6.8e、g、h 所示。而圆弧的半径尺寸,应标注在投影为圆弧的视图上,如图 6.8f 所示。

(4) 尺寸标注应尽可能靠近所需标注的部位。同一方向尺寸应排列整齐,小尺寸注在内侧,大尺寸注在外侧,如图 6.13 所示。为了避免尺寸界线过长或与其他图线交叉,必要时也可将尺寸标注在视图轮廓线内,如图 6.14 中的立板厚度 5 和支撑板厚度 6。



(5) 尺寸标注应避免分散和杂乱,串联的尺寸应使尺寸线首尾相衔接,不要互相错开,见图 6.12。

(6) 尽量避免在虚线上标注尺寸。

(7) 视图上不同结构或分步制作、施工的各部分形体,其相关尺寸应分开布置,不仅显得清晰,也便于阅读和查找。

3. 尺寸标注要合理

尺寸标注的合理性,涉及物体的加工制作、测量、安装及工艺要求等多方面,需要一定的专业知识和生产实践,才能逐步掌握。这里就一般性的原则和常规做法,仅从“合理性”的角度考虑,举几个正误对比的例子,以供参考。

图 6.15a 所示为一有安装孔的盖板,其制作顺序为:先由定形尺寸①、②、 R 三个尺寸制作平板(图 6.15b),再由定位尺寸③、④及定形尺寸 ϕ 完成 4 个孔的制作(图 6.15c)。因此,图 6.15d 的尺寸标注是合理的。图 6.15e,用③+ $2R$ 代替板长,给制作带来不便。图 6.15f 的注法,会随着尺寸①、②、⑤、⑥加工过程引起的误差,使得两孔之间距离的精度得不到保证,而直接影响盖板的安装精度要求。因此,图 6.15e 和图 6.15f 的尺寸标注是不合理的。

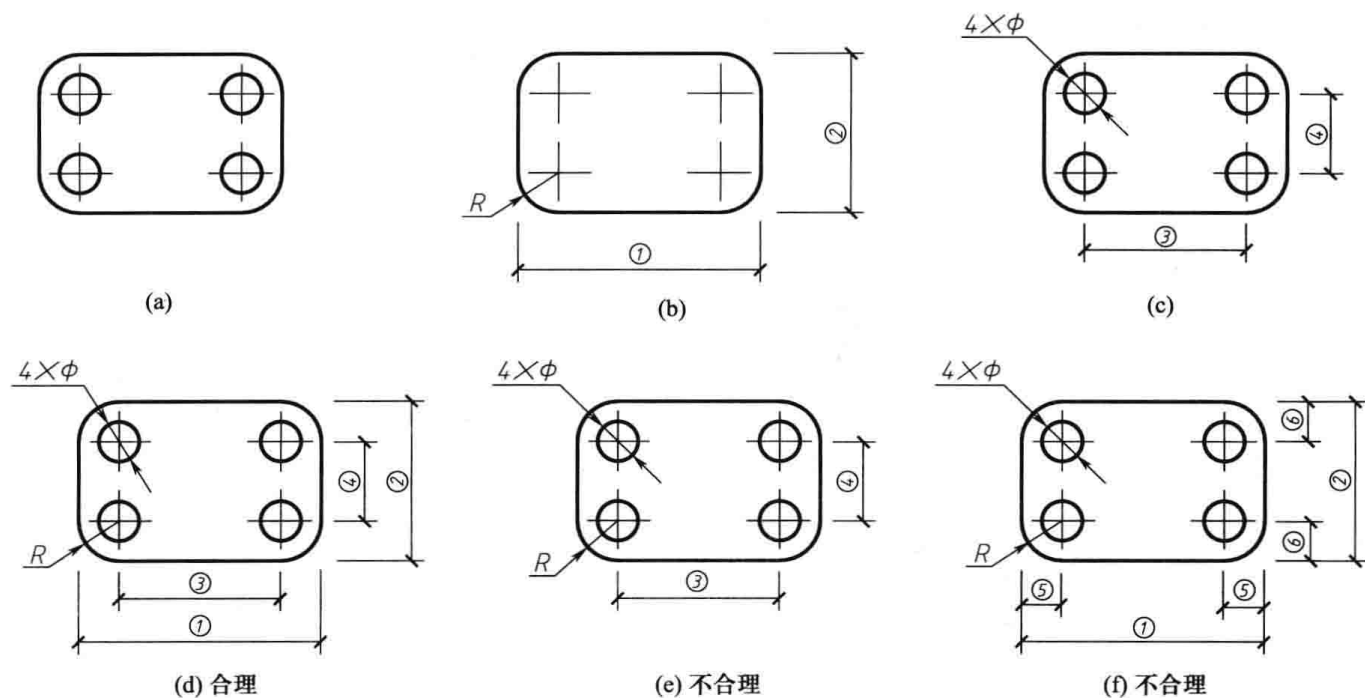


图 6.15 尺寸标注的比较

6.4 组合体视图的阅读

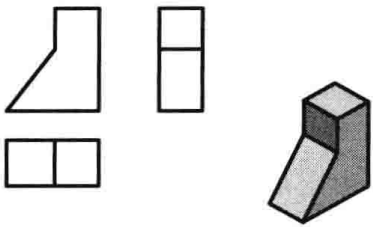
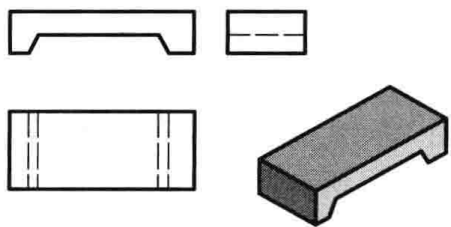
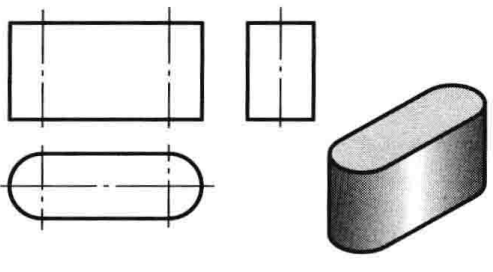
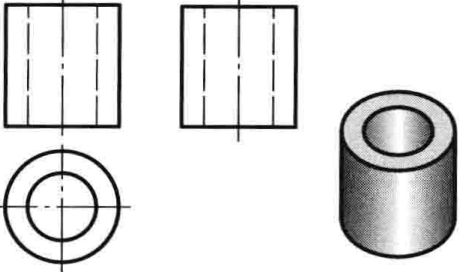
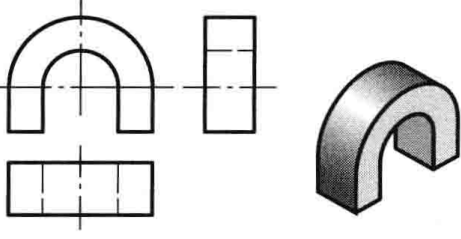
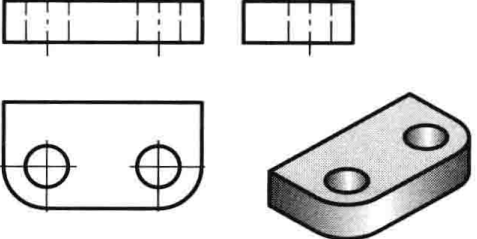
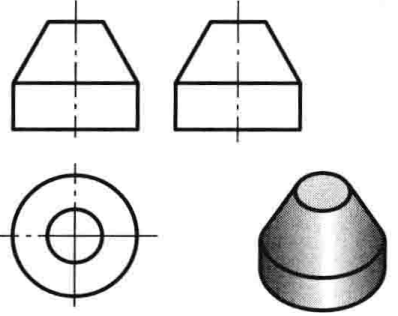
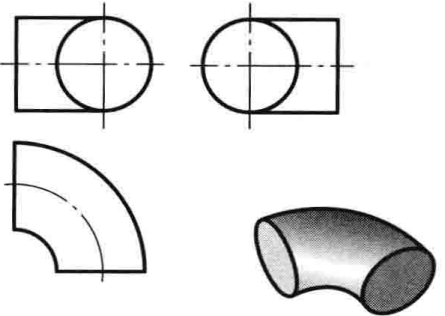
阅读组合体视图(也称读图),就是运用投影规律,根据所给视图想象出形体的形状和大小。阅读视图的方法主要是采用前面讨论过的形体分析法,但是这里所涉及的形体,是以视图方式表达的。在形体分析的过程中,对阅读困难的部位和细节,有时也采用线面分析的方法。



6.4.1 阅读视图的基本知识

(1) 阅读视图要有体的概念,要熟悉各种简单形体的视图,明确每个形体都是由若干平面或曲面包围着的空间实体。表 6.1 给出了部分常见简单形体的三视图。

表 6.1 部分常见简单形体的三视图

(2) 视图中的—条线,可能表示形体上投影有积聚性的一个面(如图 6.16 中标有“△”的线),也可能表示两个面的交线(如图 6.16 中标有“×”的线),还可能表示曲面的外形轮廓线(如图 6.16 中标有“○”的线)。

(3) 视图中一个封闭线框,可能表示一个平面,如图 6.16a 所示,也可能表示一个曲面或表示一个孔,如图 6.16b 所示;还可能表示一个组合面。

(4) 当形体表面由平面围成时,视图中两相邻线框表示两个不同的平面,它们或者相交,或



者有高低、前后、左右之分,需要对照其他视图,才能判断它们的相互位置。如图 6.17 中,俯视图的两相邻线框 2、3 为相交两平面 II 、 III ; I 、2 为高度不同的两个水平面 I 、 II ;左视图的线框 $4''$ 、 $5''$ 为左、右位置不同的两个侧平面 IV 、 V 。

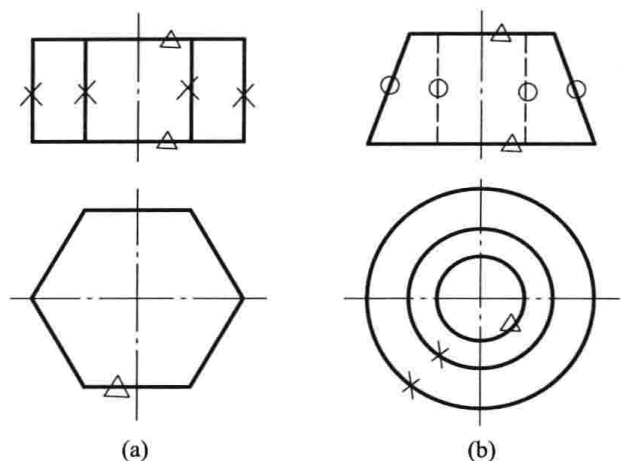


图 6.16 图线分析

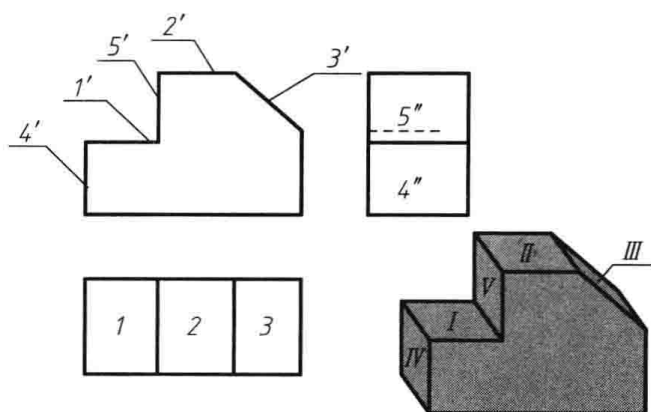


图 6.17 平面体线框分析

(5) 组合体的形状,需要一组视图才能完整表达清楚,每个视图只能反映形体一个方面的形状特征。因此,在阅读视图时,必须把几个视图联系起来阅读。仅仅由一个或两个视图,往往不一定能唯一地确定形体的形状。

图 6.18a 所示的正视图,可能反映不同形状的形体,如图 6.18b~f 所示。

图 6.19a 所示的正、俯视图也表示了图 6.19b~e 所示的不同形状的形体。很显然,根据图 6.18 的正视图和图 6.19 的正、俯视图,还可以构思出更多种不同形状的形体。

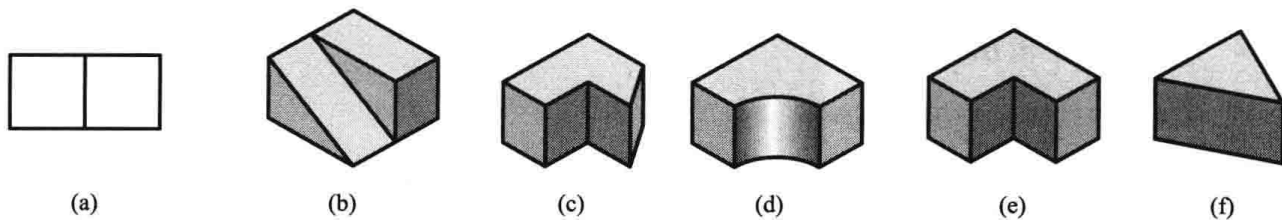


图 6.18 一个视图不能确定形体

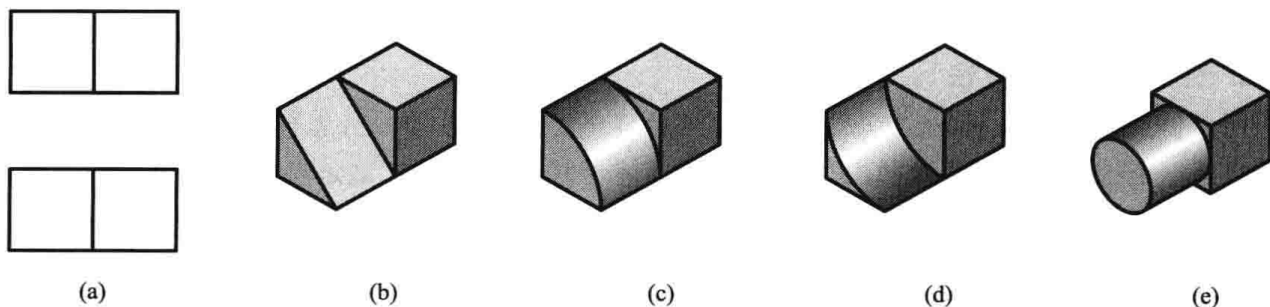


图 6.19 两个视图也可能表达不同形体



把几个视图联系起来阅读,就是根据一、两个视图初步想象形体可能的空间形状,再通过其他的视图加以验证,即由图想形,再由形对照图这样的多次反复,最后确定形体的空间形状。在图 6.20 中,根据已知形体的三视图(图 6.20a),想象该形体空间形状过程的各种可能性,如图 6.20b 所示。

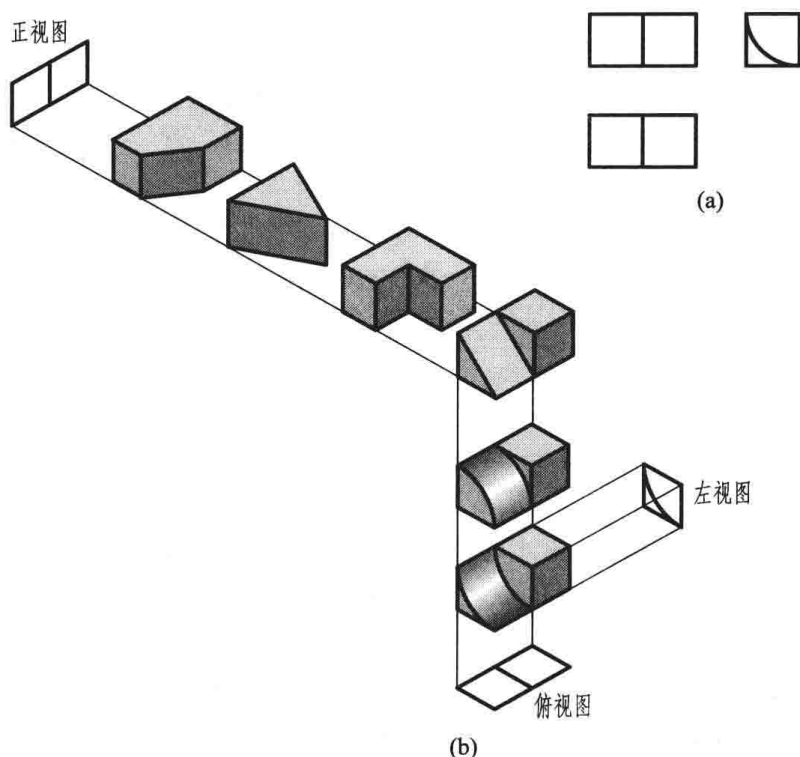


图 6.20 由视图想形体的思维过程

6.4.2 用形体分析法看图

1. 形体分析法阅读视图的概念

阅读视图是画图的逆过程,因此,在阅读视图时,仍然以形体分析法为主,从视图中将组合体分解成几个部分,分别想象出它们的形状和位置。然后把各部分组合起来,想象出形体的整体形状。如图 6.21 所示,可把形体分为底板、支撑板和肋三个部分,它们的位置关系为:底板在下面,支撑板立在底板上面,位于后面正中;肋在底板上面,位于支撑板前面正中。把这三部分按它们的位置组合在一起,就可以想象出整个形体的形状,见图 6.21f。

2. 分解组合体的方法

用形体分析法阅读视图,能较快想象出组合体的空间形状,但是,怎样才能尽快地把组合体划分成几个部分,并从视图中找出代表各部分形体形状的线框呢?这是形体分析法的关键。

(1) 划分线框 划分形体主要是在视图中找出能代表各简单形体投影的线框,该线框划分出组成组合体的简单形体。一般来说,可从反映各部分特征的视图中,按物体组成的前后、上下、左右关系,把它们划分出来,划分的过程,可先粗后细,先整体、后局部。如图 6.21a,从正视图中,可把形体分解为上、下两部分,从左视图中,又可将上部形体分解为前、后两部分,这样轴承座划分成 3 个部分。进一步细分后,还可划分出底板和支撑板上的圆柱孔。



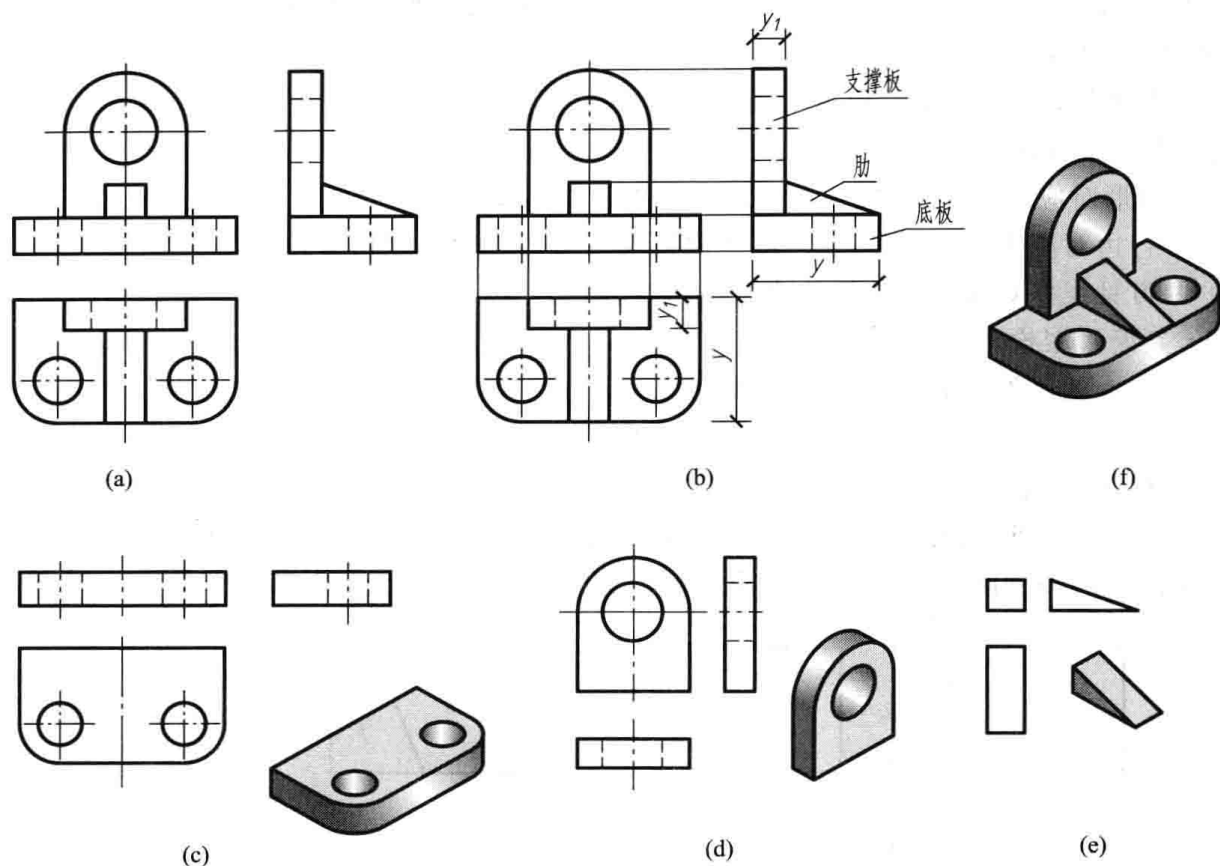


图 6.21 形体分析法读图

(2) 找对应线框 根据上面的分析,在图 6.21a 中,可以从正视图中先勾画出下面形体的线框,按照投影规律,可以找到该部分形体在俯视图和左视图中的线框位置和线框形状,这样就得到了该部分形体的一组视图,见图 6.21c,由该形体的三视图,想象出它的形状。同样的方法,也可找出上面两个形体的三视图,见图 6.21d、e,根据它们的三视图,就可以想象出它们的形状。

(3) 想象组合体整体形状 在想象出各组成部分形体的形状后,根据它们的位置关系,把这些形体组合起来,就可获得该组合体的整体形状,见图 6.21f。

6.4.3 用线面分析法看图

有些形体表面位置复杂,或某些细部结构形状复杂,通常在运用形体分析法的基础上,对不易看懂的局部结构,还要结合线、面的投影规律,分析形体的表面形状、形体的表面交线、形体上各个表面的相对位置,从而想象出整个形体或形体上某些表面的形状,这种阅读视图的方法,称为线面分析法。

1. 线面分析法的基础

一个平面的投影只有两种可能性:当平面与投影面平行或倾斜时,其投影是一个与空间平面边数相等对应顶点的排序具有同向性的多边形,称为类似形(包括实形);当平面与投影面垂直时,其投影积聚为一条直线,称为积聚。因此,对于平面的投影,可归纳为:不类似必积聚。

2. 线面分析法的原则

采用线面分析法,就是要找出与立体表面所对应的一组视图,通过对该表面的视图分析,要



找出平面投影的一组视图,就是要找出它们的类似形或积聚投影,想象视图所反映的平面形状和位置,从而建立形体的空间形状。

(1) 判断类似形的法则 根据平面的投影规律,类似形之间应保持投影对应关系,它们具体反映在以下几个方面。

- 1) n 边形对应 n 边形,对应顶点的连线垂直于投影轴。
- 2) 平行边对应平行边,平行边之间距离比及平行边的边长比相等。
- 3) 两可见线框对应顶点的排序应有同向性。

(2) 判断积聚投影的法则

- 1) 视图上的可见线框,不会积聚成物体的后端面、右端面、下端面。
- 2) 视图上两相邻线框,不会积聚为同一条直线。

3. 线面分析法的应用

图 6.22a 为一挡土墙三视图,从图中可以大致看出,此挡土墙是左前方被切去一块的长方体,具体的形状可采用线面分析法进行想象。

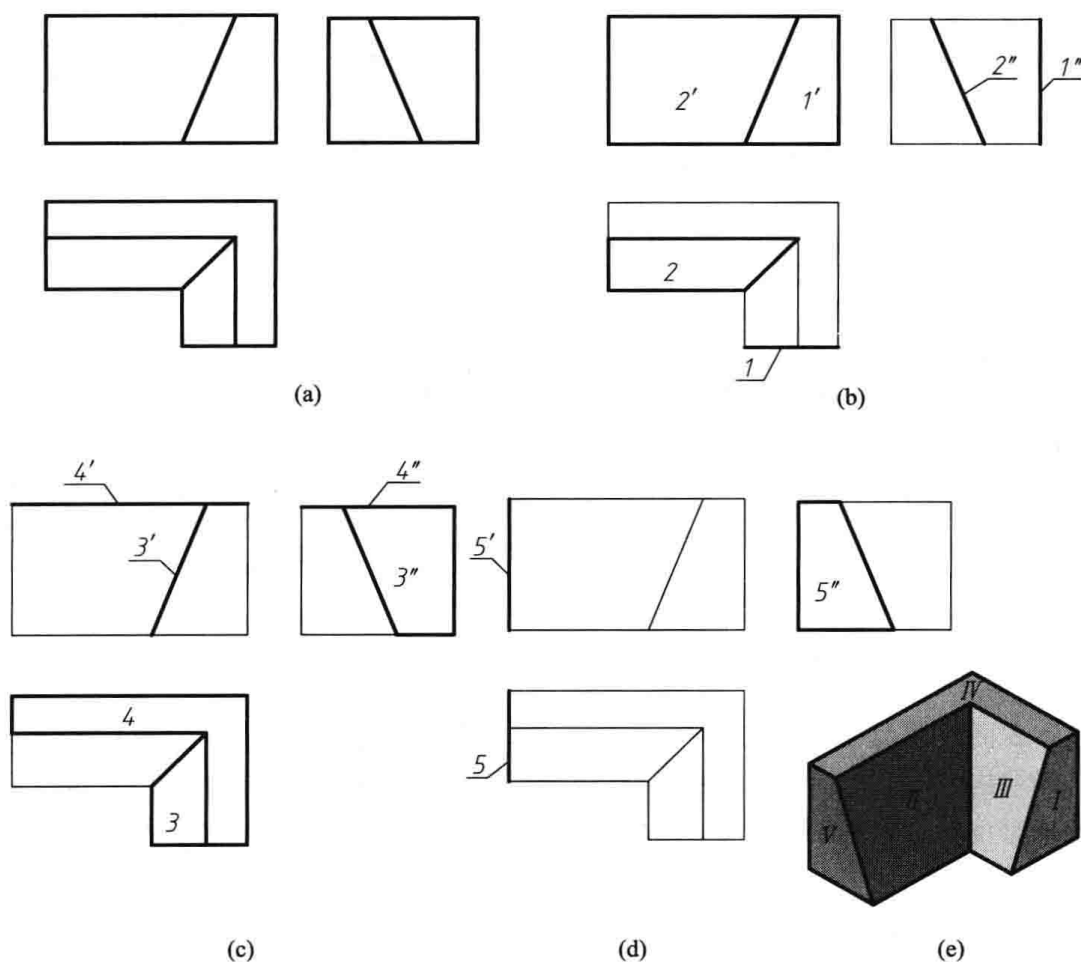


图 6.22 线面分析法读图

如图 6.22b 所示,正视图上有 $1'$ 、 $2'$ 两个梯形线框,它表示挡土墙上 I 、 II 两个平面的投影。先分析平面 I ,沿着“长对正”方向,在俯视图上找不到 $1'$ 的类似形,所以可以肯定,平面 I 在俯视图上不反映类似形。根据“不类似必积聚”的投影规律,平面 I 的投影,在俯视图上应积聚为

一条直线,这样,就很容易找出平面 I 在俯视图上的位置 1。根据 1 和 1',可以判定,平面 I 为一梯形正平面。再看平面 II,沿“长对正”方向,在俯视图中,可以找到 2'的类似形 2。从 2 和 2'中,可以找到两条侧垂线,所以平面 II 为一梯形侧垂面。

在俯视图上,除去已确定的 2 线框,还可划分出 3、4 两个线框,见图 6.22c。按上述原则和方法,可以确定 3'、4',进而知道平面 III 为梯形正垂面,平面 IV 为一 L 形的水平面。

左视图上的线框 5'',在正视图中无类似形(根据判别类似形的法则),其积聚投影只能是挡土墙的左端面(根据判断积聚投影的法则),显然平面 V 是一个梯形侧平面,见图 6.22d。

根据以上分析可知,该挡土墙是由一个长方体被正垂面和侧垂面切去左前方一倒立四棱台而构成(图 6.22e)。

6.4.4 读图举例

例 6.1 根据图 6.23a 想象出物体的形状。

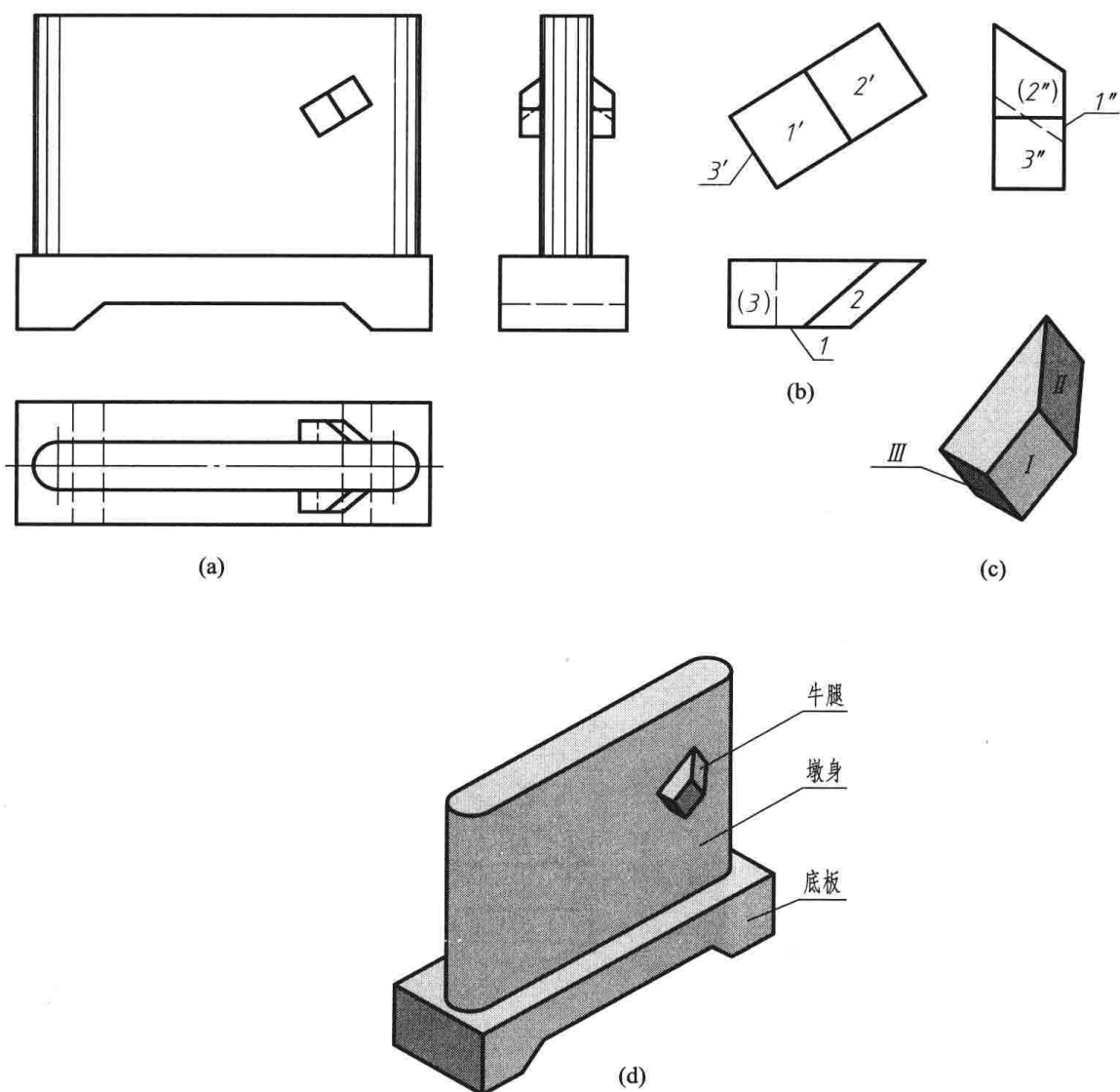


图 6.23 闸墩图的阅读



分析：从正、左视图可以看出此物体由四部分组成：下部是底板，上部是墩身，墩身两侧各突出一个形体，工程上称为牛腿。牛腿带有斜面，形体虽不复杂，但形体与投影面位置倾斜，使得投影较复杂，读图较困难，可作线面分析想象形体。现将牛腿的投影放大画出，如图 6.23b 所示。

正视图上有两个矩形线框。线框 I' 在俯视图及左视图上没有对应的类似形，它对应俯视图上最前面的一条与 X 轴平行的直线及左视图上最前面的与 Z 轴平行的直线，由此可知平面 I 是一个正平面，在最前面。线框 $2'$ 在俯视图及左视图上都有对应的类似形——平行四边形，可以确定平面 II 是一般位置面，在右上方，并与正平面 I 相交。左视图上的矩形线框 $3''$ 对应着正视图上一斜线及俯视图上不可见的矩形，可以判断平面 III 是一正垂面，在左下方。用同样的方法可以分析出牛腿的上、下两平面都是正垂面，形状是直角梯形。综合以上分析，可知牛腿是一斜放的梯形棱柱，其空间形状如图 6.23c 所示。闸墩的形状如图 6.23d 所示。

例 6.2 构想图 6.24a 所示形体的形状。

分析：根据投影关系，从左视图入手，可以把这一形体分为上、下两大部分。下面部分是一块底板，它的三个投影和空间形状见图 6.24b。

从正视图可以看出，上面部分又可以分为左、右两部分。右边是个长方体，它的三个投影、空间形状以及与底板的关系见图 6.24c。左边一块的三视图，如图 6.24d 所示，它的形状不容易看出来，可以进行线面分析。

图 6.24d 所示正视图上有一个三角形线框 $1'$ ，俯视图和左视图上也各有一个三角形线框 I 和 I'' 与它相对应，可以确定它是一般位置的三角形平面的投影。俯视图上的矩形线框 2 对应正视图上的斜线 $2'$ 及左视图上的矩形线框 $2''$ ，可知它反映的是一矩形正垂面。由于这是一个立体，必然应有后面、底面和侧面，根据平面 I 、 II 的形状和位置，可以判断它们分别是正平面（三角

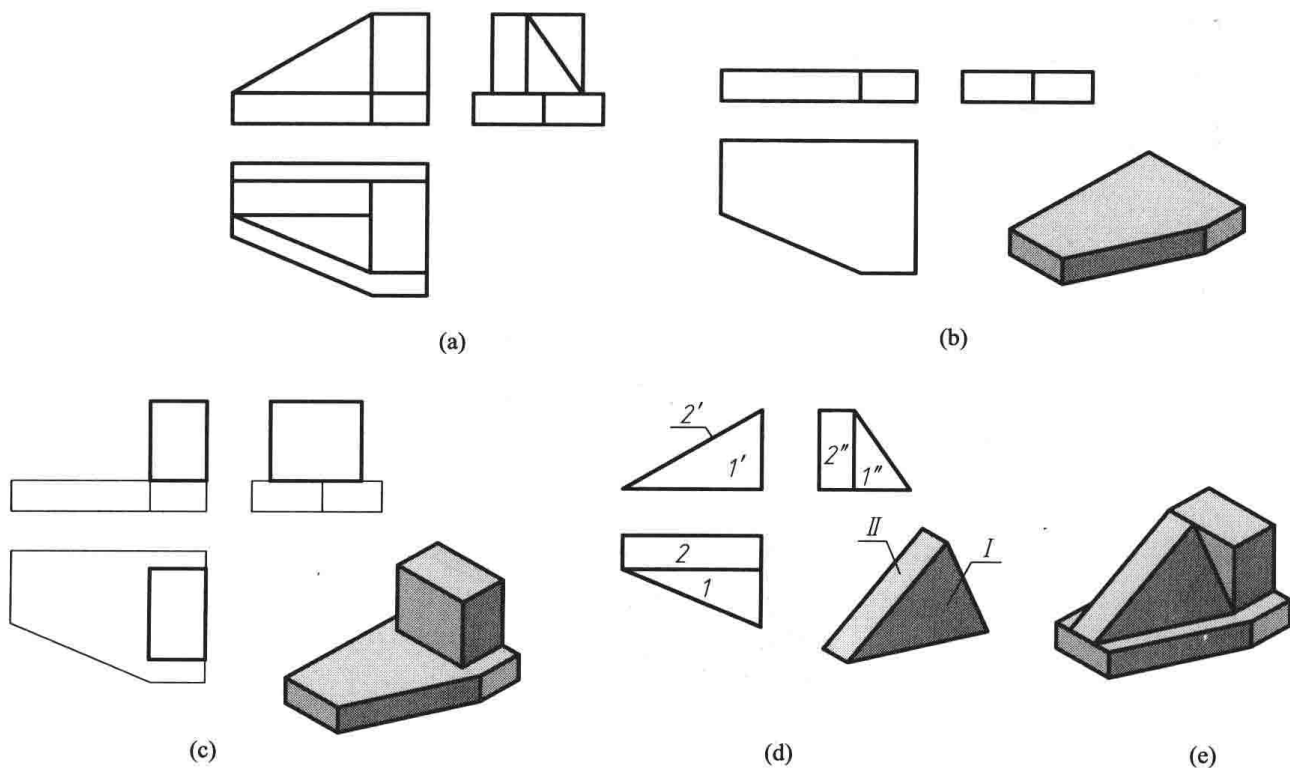


图 6.24 视图阅读分析

形)、水平面(直角梯形)及侧平面(直角梯形),由此可知该形体的空间形状如图 6.24d 立体图所示。整个形体的空间形状如图 6.24e 所示。

6.4.5 根据两视图补画第三视图

根据形体的两个视图补画第三视图,是培养和提高读图能力的重要训练方式。基本方法是,由所给两视图,想象形体,然后补出第三视图。通常可分为三个步骤进行。

(1) 按形体分析和线面分析法,构想两视图确定的形体,方法见前面所述。

(2) 按构想的分部形体的形状和位置补出它们的第三视图,并根据构想的整体形状,依据分部表面的交接情况处理分块形体交接面上的图线(见 6.1.1 小节的叙述),同时依据分部形体的遮挡关系处理虚、实线。

(3) 按第三视图的投射方向,逐个分析所补视图的各线框在构想形体上的位置和线框所确定面的投影性质(类似性或实形性),以确定所画线框形状、位置的正确性。

例 6.3 根据图 6.25a 所示涵洞进口的两视图补画其左视图。

分析: 先将形体分成左边翼墙、底板和右边面墙三部分,利用形体分析和线面分析法分别想出它们的空间形状,如图 6.25b、c 所示,整个形体的空间形状如图 6.25d。

补图: 先画出左、右边翼墙、底板的投影(图 6.25e),再画出面墙的投影(图 6.25f)。最后将结果加深,如图 6.25g 所示。因左视图上带圆孔面墙的两条边线被翼墙遮挡而不可见,故应画成

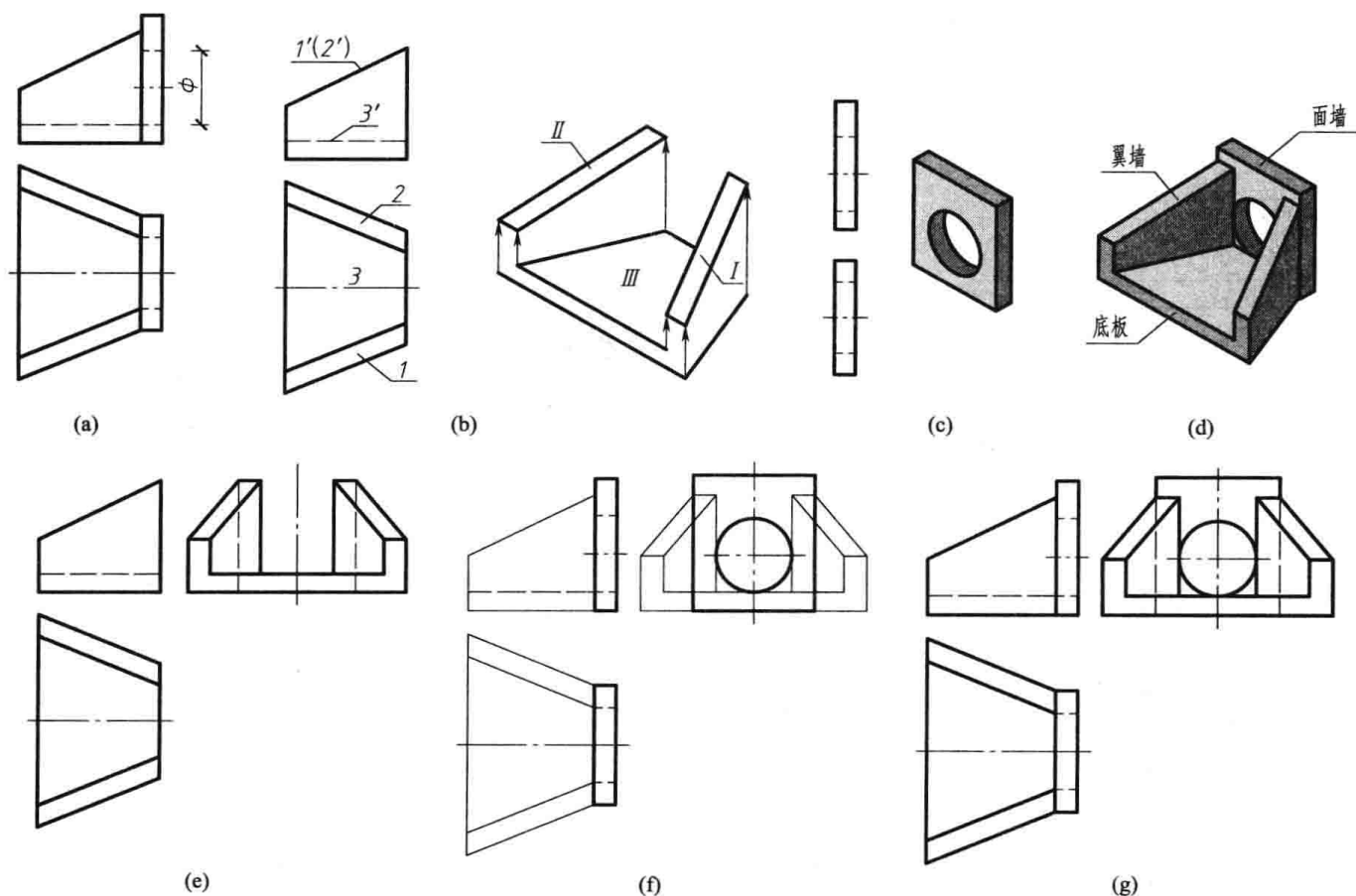


图 6.25 补画涵洞进口左视图



虚线。

线框分析：从左向右投射，翼墙与底板的左端面在同一平面内，形成一凹形线框；翼墙内侧面为铅垂面，左视图为一梯形；翼墙顶面为正垂面，左视图为一平行四边形；面墙内侧面的左视图为实形。

讨论：在对投影分析视图时，可以采用先假设后验证的分析方法，使自己的设想符合所给的视图。若将左边部分分析成如图 6.26 所示的空间形状时，则正视图中的虚线就应是实线，与所给的已知条件(图 6.25a)不符，即所想的空间形状与投影不符，所以这种分析是错误的。

例 6.4 根据图 6.27a 所示形体的两视图补画俯视图。

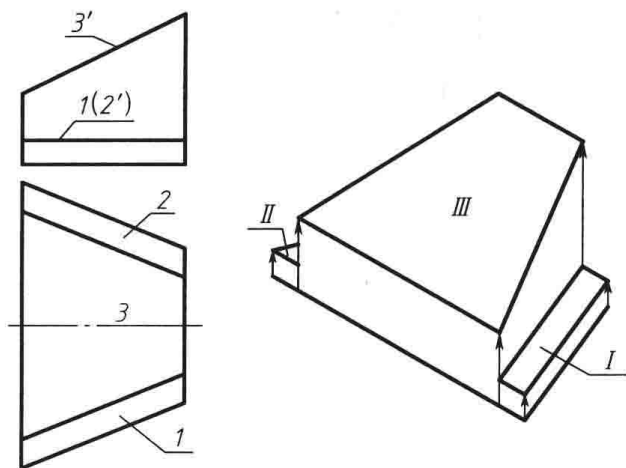


图 6.26 涵洞进口形体讨论

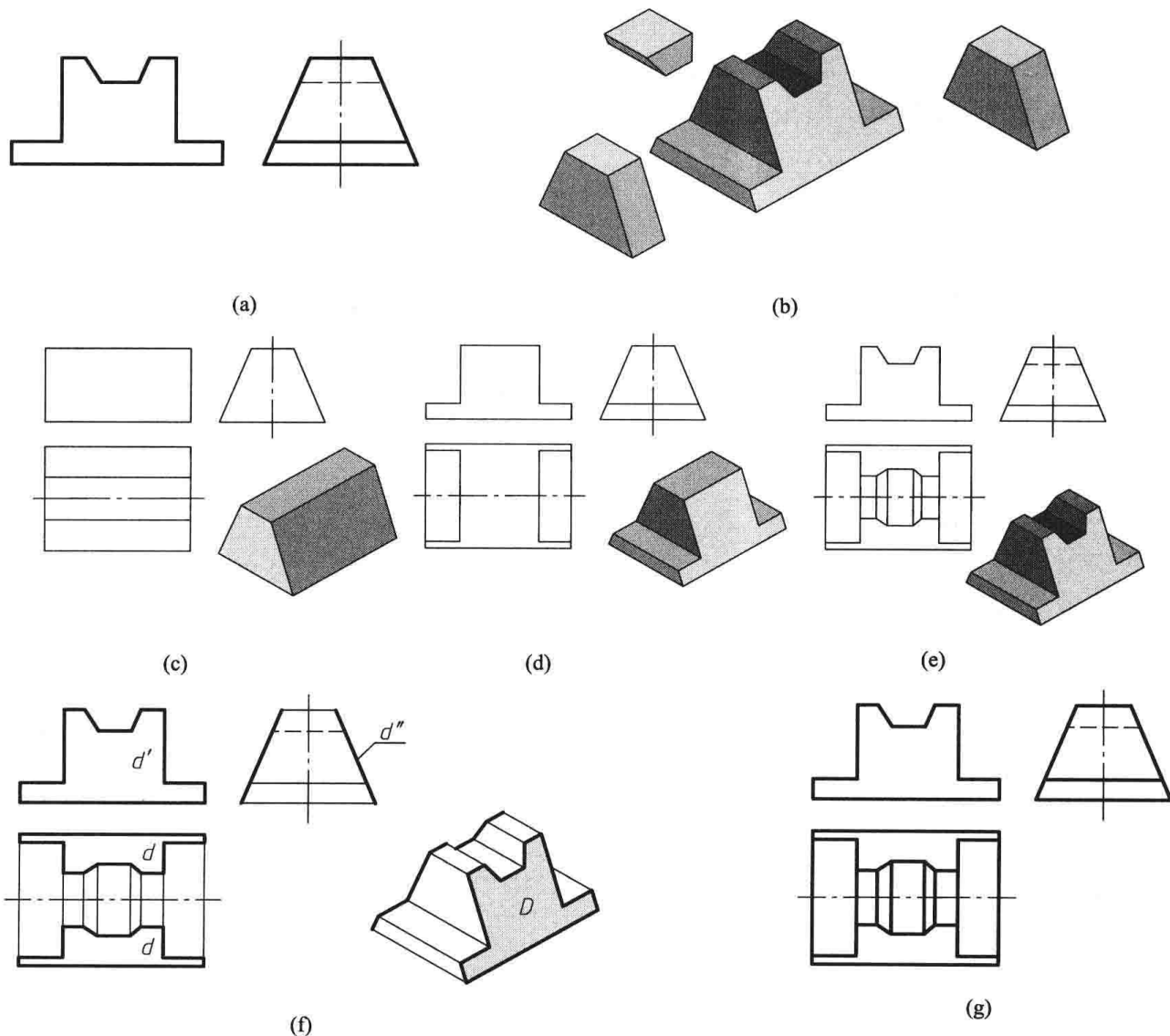


图 6.27 补画形体俯视图(构形思路一)



分析：根据已给视图可知该形体左右对称、前后对称，正视图只有一个线框，配合左视图可知该形体为一棱线垂直于 W 面的梯形棱柱体，左、右上方各切去一块较小的梯形棱柱体，上面中间再挖一梯形槽而成，如图 6.27b 所示。

补图：先画梯形棱柱体的俯视图，如图 6.27c 所示；然后再补出左、右切去两块梯形棱柱所产生的两个水平面的俯视图，其宽度在左视图的相应位置上量取，如图 6.27d 所示；上面中间梯形槽由一个水平面与两个正垂面切割而成，先补出水平面的俯视图，两个正垂面，配合左视图可知是梯形，其水平投影应仍为梯形，梯形的上、下底宽均已知，即可作出梯形俯视图，如图 6.27e 所示。作图完成后，需检查图形的正确性。通常取补图过程中未使用的投影面垂直面或一般位置面的投影，通过检查其类似形来判断。由于该形体的前、后两个面均为十二边形的侧垂面，故其水平投影也应有前、后两个十二边形的类似形相对应，如图 6.27f 所示。最后，将结果加深，如图 6.27g 所示。

讨论：该形体也可看作以正视图为前、后底面的棱柱体，用前、后两个侧垂面切割而成，构形思路如图 6.28a、b 所示。先画以正视图为特征的棱柱体投影，再补出两侧垂面切割该棱柱体后得到的图形，即正视图中十二边形在俯视图中的类似形，如图 6.28b 所示。检查图形时，一般可先检查投影为实形的平面（如图 6.28c 中的平面 I、II、III），然后再检查投影为类似形的平面（如图 6.28c 中的平面 IV）。

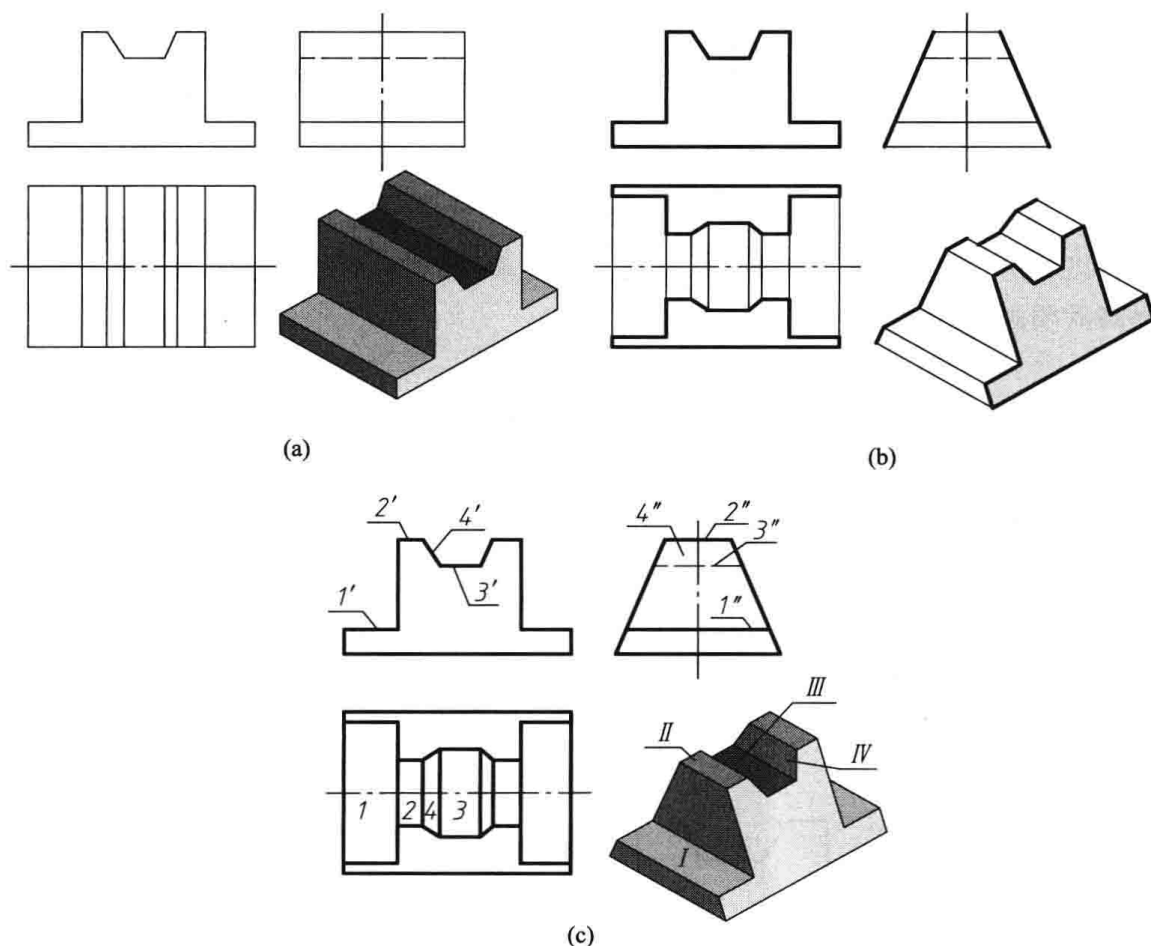


图 6.28 构形思路二



该形体也可用基本体叠加方式构形,如图 6.29 所示,沿高度将形体分割为三部分,底部和中间是两块长度不同的梯形棱柱,上面部分为两个四棱台。补画俯视图时,按基本体视图,先画底部棱柱,如图 6.29b 所示;再画中间棱柱,如图 6.29c 所示;然后画上面两个四棱台,如图 6.29d 所示;最后擦去斜面上两形体结合面的交线,就可得到该形体俯视图,如图 6.29e 所示。

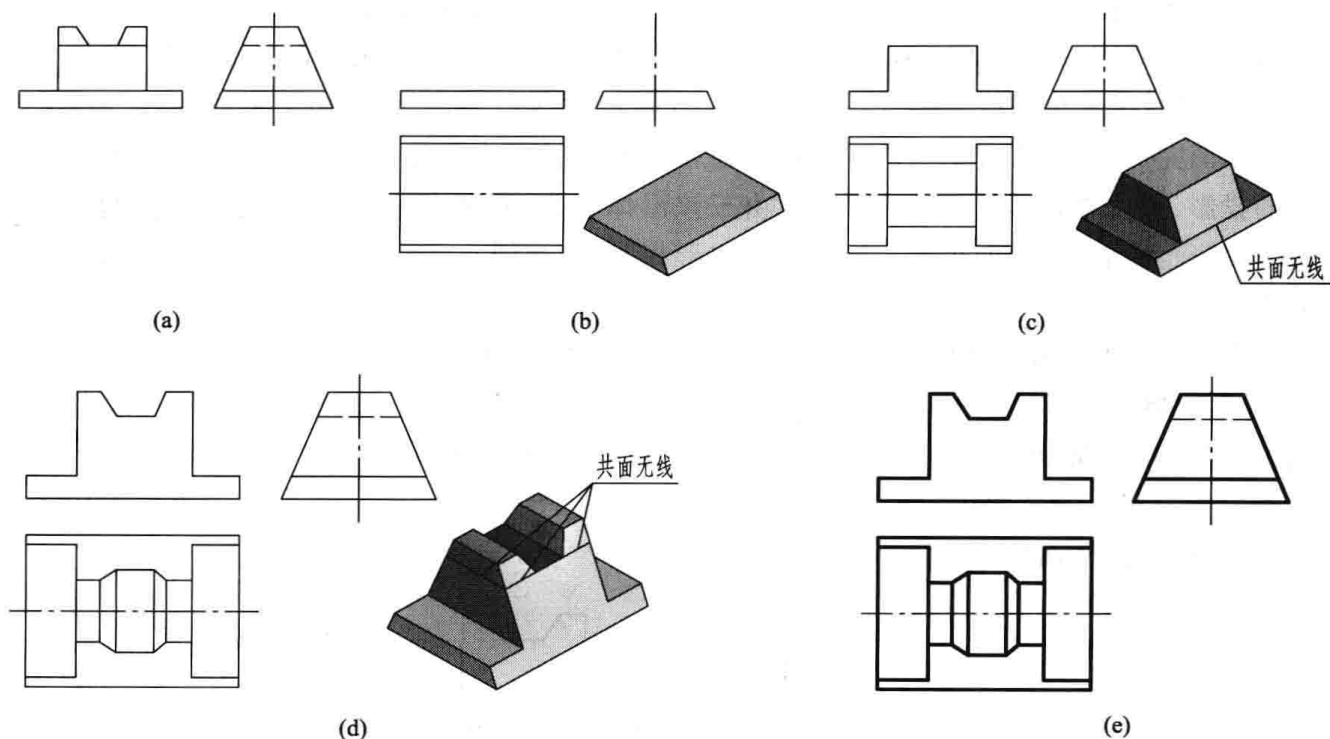
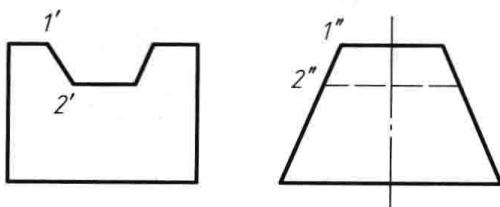


图 6.29 构形思路三

由此可以看出,构想形体的思维方法可以是多方面的,各种思维方法的灵活运用和空间想象能力的提高需要画图、读图的积累。

思考题

1. 组合体的构成有哪几种方式,在结合面处画图时应注意什么?
2. 画组合体视图时应考虑些什么? 视图的数量如何确定?
3. 组合体尺寸分为哪三种? 如何按顺序标注组合体尺寸? 标注时应注意什么问题?
4. 什么是尺寸基准? 尺寸基准如何确定?
5. 形体分析法与线面分析法在构形思路上有何不同之处? 如何运用这两种构形思想来想象形体形状?
6. 分析下面图示形体中的直线 I II , 补绘俯视图。体会不同构形方法的特点,并归纳几点构形体会。



第 7 章

轴 测 图

学习要点

1. 熟悉轴测投影的基本性质、分类及度量方法;
2. 理解和掌握正等轴测图、斜二轴测图的轴间角及轴向伸缩系数的几何意义和取值;
3. 掌握正等轴测图和斜二轴测图的绘制方法;
4. 熟悉正等轴测图和斜二轴测图中平行于坐标面的圆的轴测投影(椭圆)的画法;
5. 了解投射方向对轴测图效果的影响,学会根据形体具体情况选择合适的轴测投射方向。

多面视图虽然能表达形体的形状和大小,但缺乏立体感,不熟悉投影原理很难看懂这种图。轴测图是将形体连同其直角坐标系,沿不平行于任一坐标面的方向,用平行投影法将其投射在单一投影面上所得到的图形。它能在一个视图上反映形体长、宽、高三个方向的尺度,形象生动,富有立体感。常被用来表达形体和分析空间几何问题,也常作为辅助的工程图样用于生产施工。

7.1 基本概念

7.1.1 轴测图的形成

图 7.1 所示为一带圆孔的板,直角坐标轴 O_1X_1 、 O_1Y_1 、 O_1Z_1 与板的三条棱线重合,反映板的长、宽、高三个尺度,当投射方向 S 不与坐标平面 $O_1X_1Y_1$ 、 $O_1Y_1Z_1$ 、 $O_1Z_1X_1$ 平行时,在平面 P 上即得到有 OX 、 OY 、 OZ 三个尺度的投影图。这种反映三个尺度,具有较好立体感的投影图,称为轴测图。

7.1.2 轴测图的基本特性

轴测图是由平行投影得到的,因此它具有如下基本特性:

平行性——形体上两平行线段,在轴测图中仍平行。

定比性——形体上平行于同一坐标轴的线段,轴测投影长度与相应的实长的比值相等。

从属性——形体棱线或表面上的点和线段在轴测图中仍

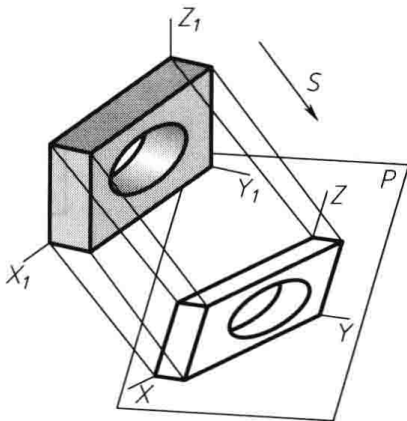


图 7.1 轴测图的形成



在该线或该表面上。

实形性——形体上平行于投影面的表面在轴测图中反映实形。

7.1.3 轴间角和轴向伸缩系数

如图 7.2 所示,在轴测投影中,投影面 P 称为轴测投影面;坐标轴的投影 OX 、 OY 、 OZ 称为轴测投影轴,简称轴测轴;轴测轴之间的夹角 $\angle XOY$ 、 $\angle YOZ$ 、 $\angle ZOY$ 称为轴间角;轴测轴的单位长度与相应空间坐标轴上单位长度之比值称为轴向伸缩系数。在空间坐标轴 O_1X_1 、 O_1Y_1 、 O_1Z_1 上取 A_1 、 B_1 、 C_1 三点,使 $O_1A_1 = O_1B_1 = O_1C_1 = l$,它们的轴测投影长度分别为 l_x 、 l_y 、 l_z ,则:

OX 轴向伸缩系数 $p = l_x/l$;

OY 轴向伸缩系数 $q = l_y/l$;

OZ 轴向伸缩系数 $r = l_z/l$ 。

7.1.4 轴测图的度量

图 7.3 是形体的正投影图和轴测图,从图 a 可知,直角坐标原点 O_1 与物体的一个顶点重合, O_1X_1 、 O_1Y_1 和 O_1Z_1 分别与形体上三条互相垂直的棱线重合。轴测轴为 OX 、 OY 和 OZ ,轴测轴上的每一刻度是空间坐标轴上单位长度的投影长度。形体长、宽、高三个尺度的轴测投影长度都可沿着相应轴测轴的方向,按照轴测轴的刻度量出。如图 b 所示,沿 OX 量 5 个单位的长度得到形体的轴测投影长,再沿 OY 和 OZ 量得形体的轴测投影宽和高,最后画出形体的轴测图。由此可知,只要确定了轴测轴的轴间角和轴向伸缩系数,形体的轴测图也就确定了。因为绘制这种投影图时的主要特点是沿轴测轴进行度量,所以称为轴测图。

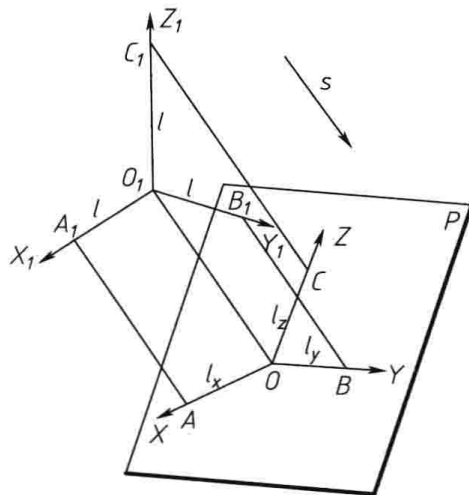


图 7.2 坐标轴和轴测轴

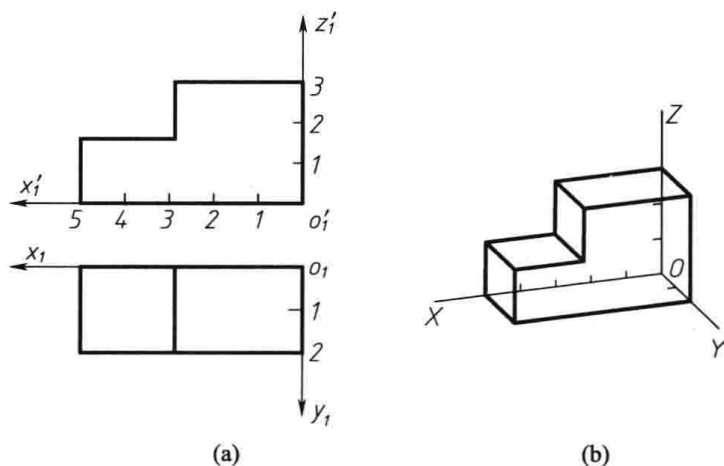


图 7.3 正投影图和轴测图



7.1.5 轴测图的分类

用正投影法得到的轴测图称为正轴测图;用斜投影法得到的轴测图称为斜轴测图。而它们又都根据三个轴向伸缩系数之间的关系分为三种:

- (1) 正(斜)等轴测图——三个轴向伸缩系数相等,即 $p=q=r$;
- (2) 正(斜)二轴测图——三个轴向伸缩系数中有两个相等,常见的为 $p=r \neq q$;
- (3) 正(斜)三轴测图——三个轴向伸缩系数都不相等,即 $p \neq q \neq r$ 。

7.2 常用的轴测图

选择轴测图类型时,既要达到表达清晰、美观、立体感强的效果,又要考虑便于绘制,因此正等轴测图和斜二轴测图是工程中常用的两种轴测图。

7.2.1 正等轴测图

1. 正轴测图的形成

如图 7.4 所示,设平面 P 为轴测投影面,若使形体的三个坐标面均倾斜于平面 P ,并对该形体作正投影,便得到正轴测图。

2. 正等轴测图的轴间角

正等轴测图形成时,形体上三个坐标面与轴测投影面倾角相同,因此三个轴测轴之间夹角为 $\angle XOY = \angle XOZ = \angle YOZ = 120^\circ$,绘图时一般取 OZ 轴为竖直线,则 OX 、 OY 轴与水平线夹角为 30° ,见图 7.5。

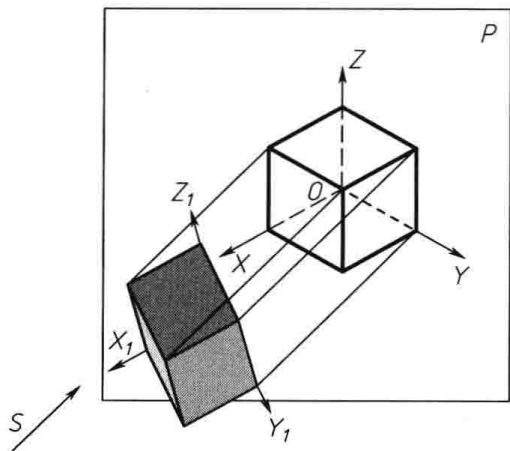


图 7.4 正轴测图的形成

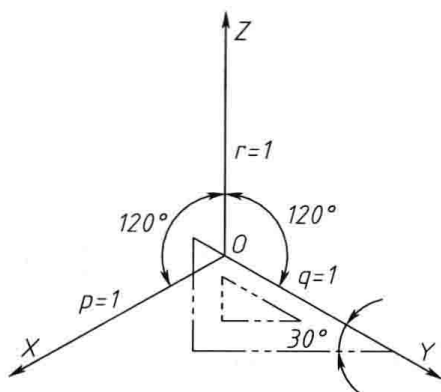


图 7.5 正等轴测轴

3. 正等轴测图的轴向伸缩系数

在正等轴测图中,轴向伸缩系数 $p=q=r \approx 0.82$ (证明从略)。为了方便画图,约定取 $p=q=r=1$ (称为简化轴向伸缩系数),这时画出的轴测图要比实际形体大 1.22 倍,但形体的形状不变。



7.2.2 斜二轴测图

1. 斜轴测图的形成

如图 7.6 所示,设平面 P 为轴测投影面,对形体作斜投影(投射时通常使形体的一个坐标面,如 $X_1O_1Z_1$ 面,平行于平面 P)便得到斜轴测图。

2. 斜二轴测图的轴间角

在斜二轴测图中,一般取形体上 $X_1O_1Z_1$ 坐标平面与轴测投影面平行,则轴间角 $\angle XOZ$ 为 90° ,因此形体上与 $X_1O_1Z_1$ 平行的各表面,其轴测图均反映实形。通常使 OZ 轴画成竖直线, OX 轴水平, OY 轴与 OX 、 OZ 轴的轴间角取决于投射方向,习惯上采用与 OX 轴负向夹角为 45° ,如图 7.7 所示。

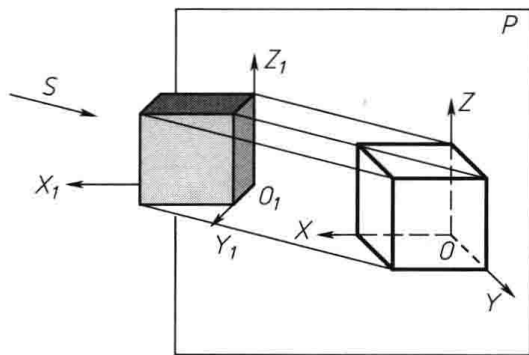


图 7.6 斜轴测图的形成

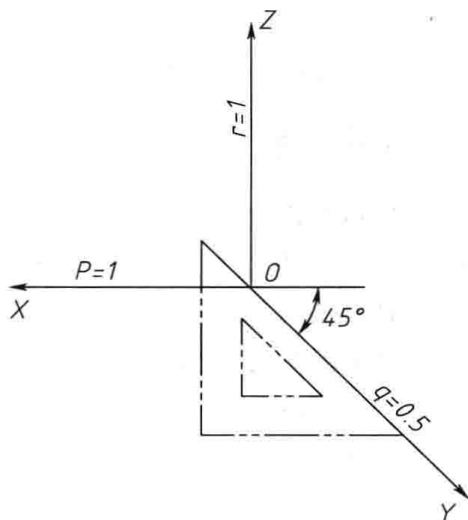


图 7.7 斜二轴测轴

3. 斜二轴测图的轴向伸缩系数

斜二轴测图的 OX 轴和 OZ 轴的轴向伸缩系数 $p=r=1$,而 OY 轴的轴向伸缩系数仅与投射方向有关,与各轴间角的取值无关,习惯上采用 $q=0.5$ 。

7.3 轴测图的画法

尽管各种轴测图的轴间角及轴向伸缩系数各不相同,但它们的基本画法是相同的,下面介绍几种常用的画法。

7.3.1 坐标法

根据形体上各顶点的坐标,沿轴向度量,画出它们的轴测投影,并依次连接,得到形体的轴测图,这种方法称为坐标法。它是画轴测图的最基本的方法,也是其他各种画法的基础。

例 7.1 画出图 7.8a 所示三棱锥的正等轴测图。

解: 在图 7.8a 中,对形体引入直角坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$,从而确定三棱锥各顶点的坐标。为



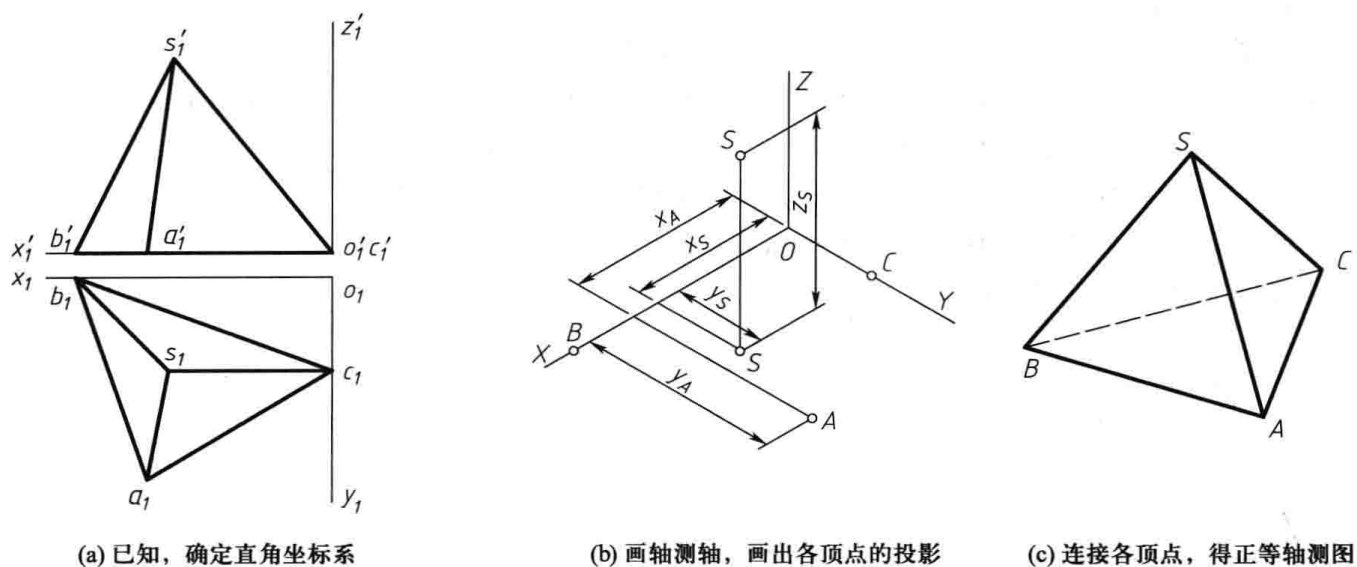


图 7.8 坐标法画正等轴测图

作图方便起见, 使 $X_1O_1Y_1$ 面与锥底面重合, X_1 轴通过点 B_1 , Y_1 轴通过点 C_1 。

作图方法见图 7.8b、c。轴测图中的虚线一般不画出。只是在必要时才画出虚线以增强轴测图的立体感, 如图 7.8c 中的 BC 边。

7.3.2 端面法

对于柱类物体, 通常是先画出能反映柱体特征的一个可见底面, 然后画出可见的棱线和另一底面, 完成物体的轴测图。

对于棱台类形体, 应先画出上、下底面, 然后连接相应顶点, 画出可见棱线, 完成形体的轴测图。

例 7.2 画出图 7.9a 所示六棱柱的正等轴测图。

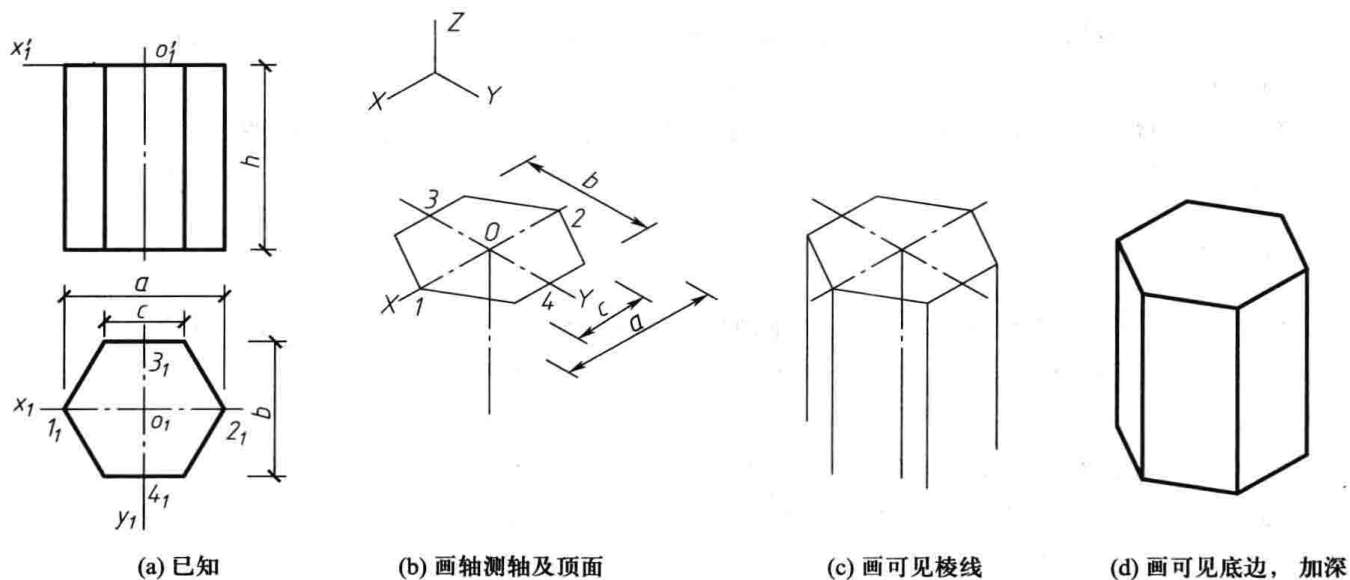


图 7.9 端面法画正等轴测图



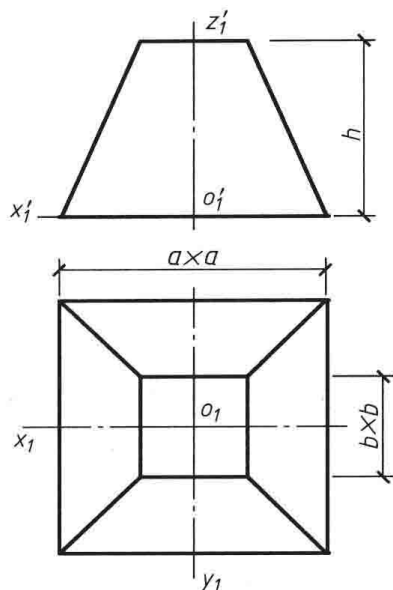
解：该柱前后、左右对称，选用顶面中点 O 为坐标原点，作图较简便。

作图方法见图 7.9b~d。须注意的是：(1) 顶面的六条边中，只有平行于 X 轴的两条边画图时可以直接量取长度，其他四条边不与坐标轴平行，必须先确定每条边的端点后才能画出；(2) 上、下底面的相应边互相平行。

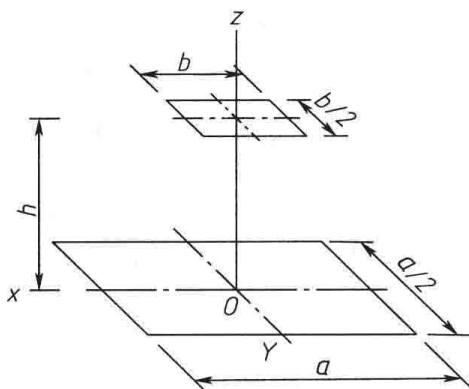
例 7.3 画出图 7.10a 所示四棱台的斜二轴测图。

解：本题宜选下底面中心点 O 为坐标原点。

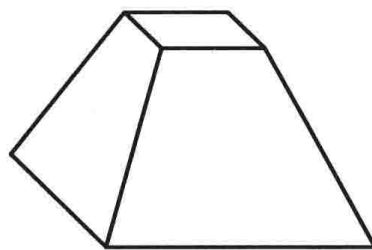
作图方法见图 7.10b、c。



(a) 已知



(b) 画轴测轴及上、下底面



(c) 连接相应顶点，将可见轮廓线加深

图 7.10 端面法画斜二轴测图

7.3.3 切割法

对于由基本体切割而成的形体，可先画出基本体，然后进行切割，得到该形体的轴测图。

例 7.4 画出图 7.11a 所示形体的正等轴测图。

解：该形体可看成是一横置梯形柱，左上方开一缺口，再挖去一矩形孔而成。

作图方法见图 7.11b~e。注意不要遗漏切割后的可见轮廓线，且要将多余的线擦去。

7.3.4 叠加法

对于由几个基本体叠加而成的组合体，宜在形体分析的基础上，将各基本体逐个画出，最后完成整个形体的轴测图。画图时要注意各基本体的相对位置要与组合体一致。画图顺序一般是先大后小。

例 7.5 画出图 7.12a 所示挡土墙的斜二轴测图。

解：该挡土墙可看成由一个倒 T 形柱和三块三角形肋板组合而成，可先画倒 T 形柱，再按肋板所在位置将它们画出。



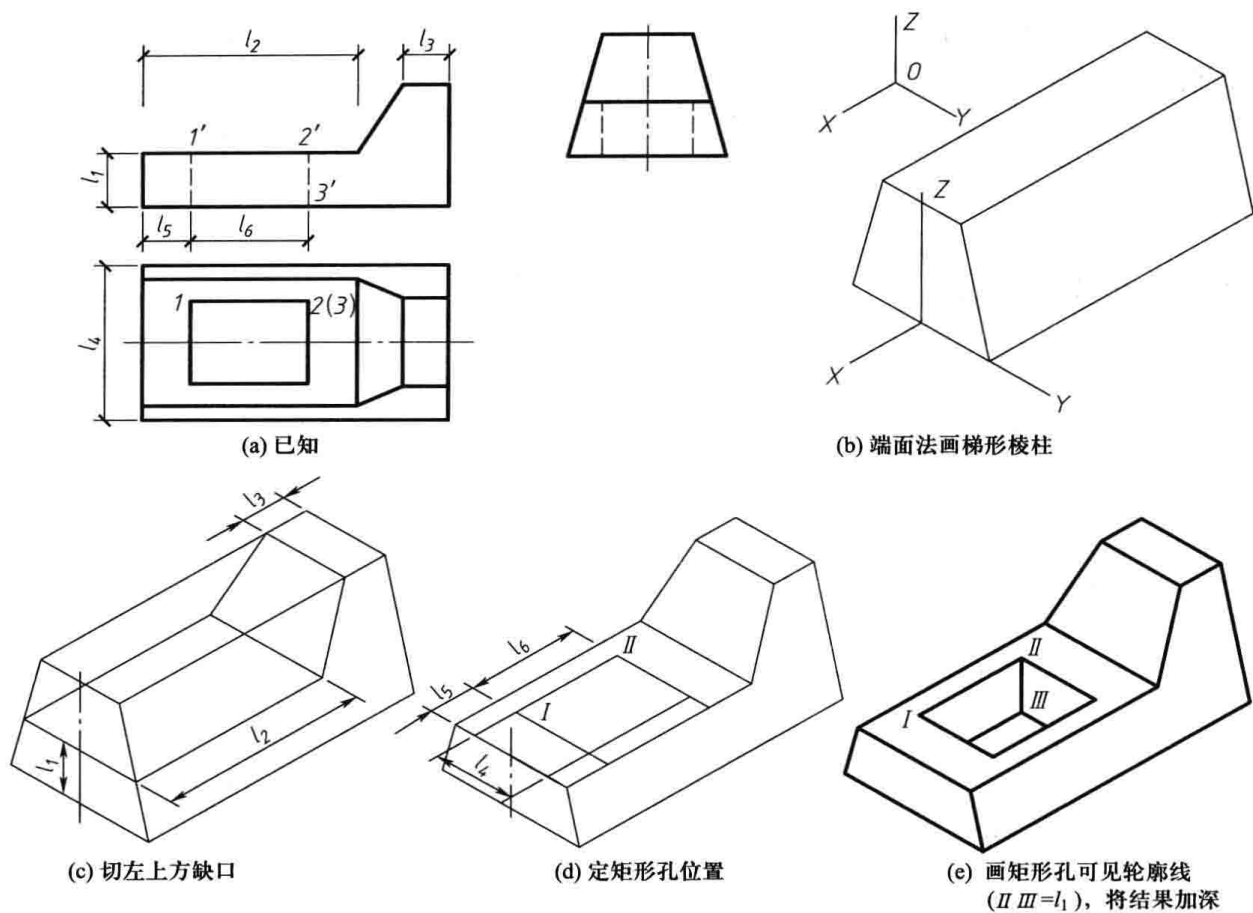


图 7.11 切割法画正等轴测图

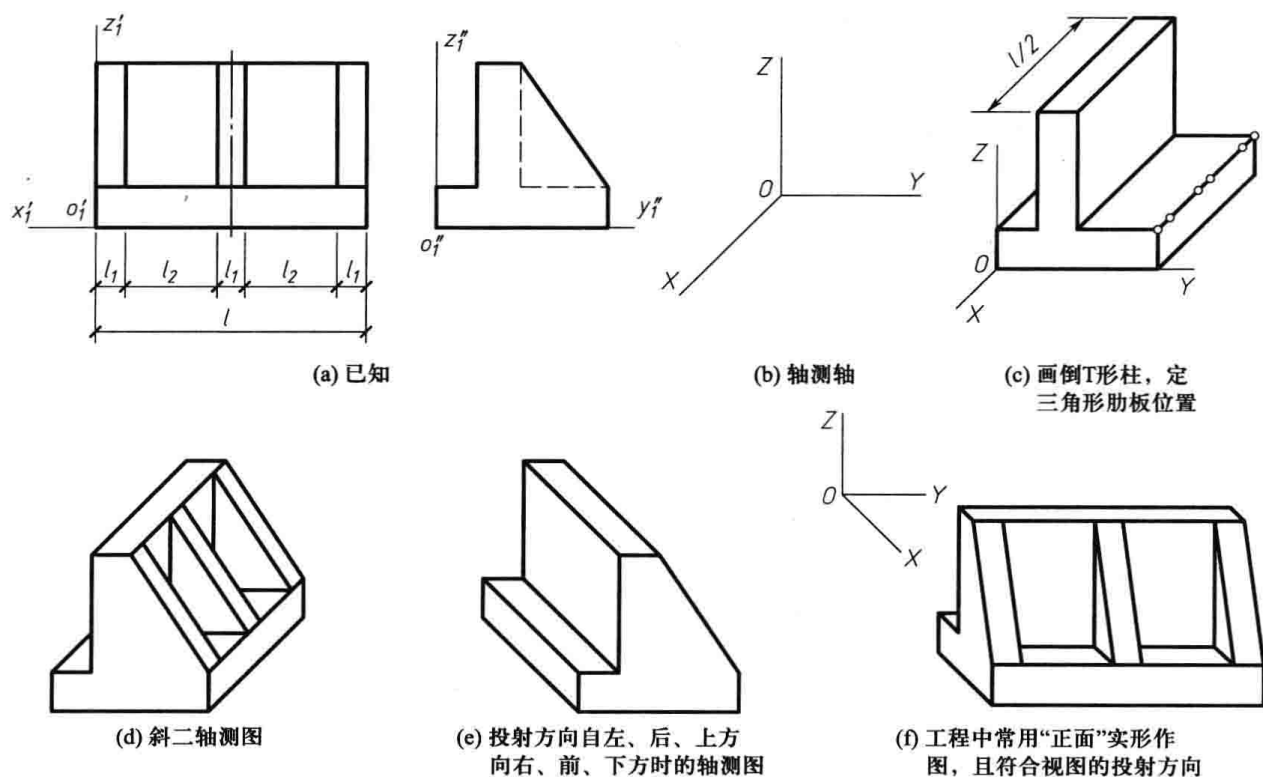


图 7.12 叠加法画斜二轴测图



本例宜选 $Y_1O_1Z_1$ 面平行于轴测投影面,使倒 T 形柱的端面及三角形肋板的特征形状反映实形。当投射方向自左、前、上方向右、后、下方投射时,其轴测轴如图 b 所示。作图方法见图 c、d。图 e 为投射方向自左、后、上方向右、前、下方投射得到的轴测图,由于前端面的遮挡,倒 T 形柱的形状和三块肋板未表达清楚。因此,绘制轴测图时,应注意选择好投射方向。图 f 为工程中常用的“正面”实形作图。

7.3.5 轴测图的选择

绘制轴测图应达到形体表达清楚和立体感好的效果,而影响轴测图效果的因素,主要是轴测图类型和投射方向两个方面。

图 7.13 为不同轴测图类型对立体感效果的影响。

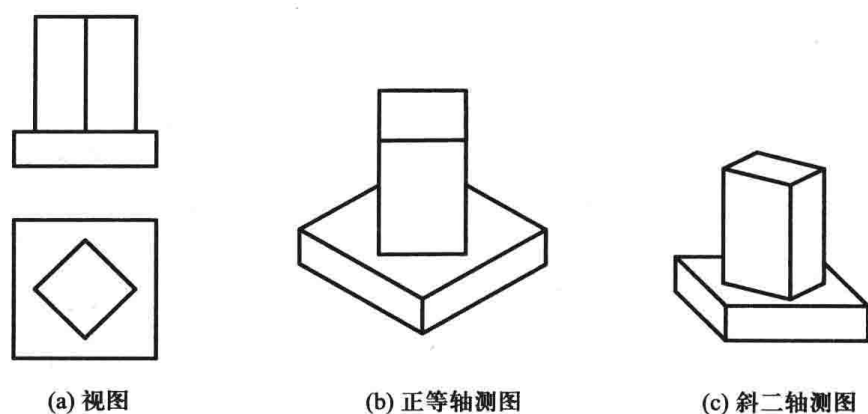


图 7.13 轴测类型影响轴测图效果

图 7.14 为不同投射方向对轴测图效果的影响。

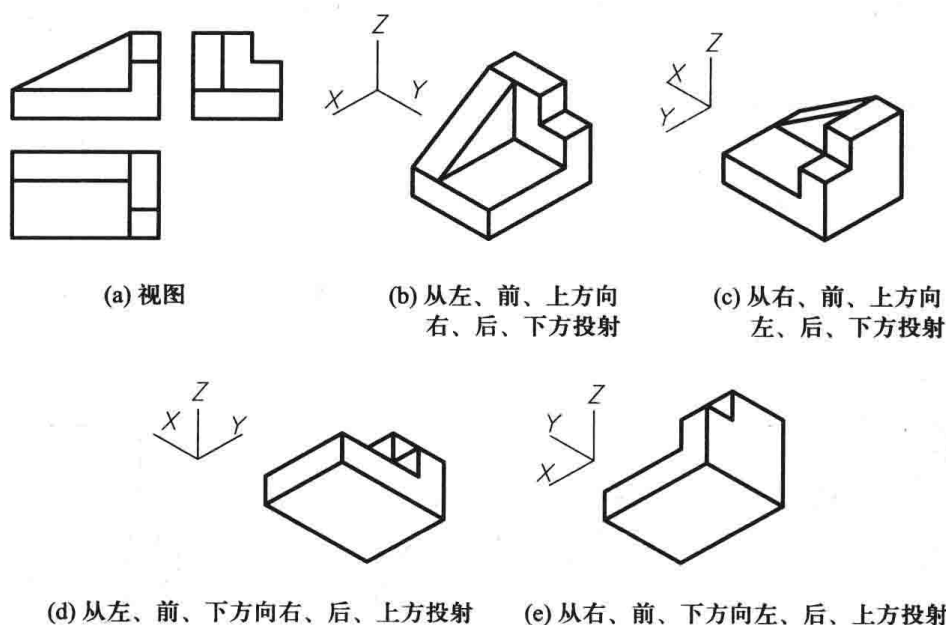


图 7.14 投射方向影响轴测图效果

7.4 平行于坐标面的圆及回转体的轴测图

7.4.1 平行于坐标面的圆的轴测图

在画正等轴测图时,因为形体的三个坐标面都倾斜于轴测投影面 P ,所以平行于坐标面的圆的正等轴测图都是椭圆。

在画斜二轴测图时,因为物体的 $X_1O_1Z_1$ 平面平行于轴测投影面,故平行于该面上圆的轴测图仍为圆,平行于其他两个坐标面上的圆,其轴测图为椭圆。

两种轴测图的坐标面平行圆的轴测投影见图 7.15。

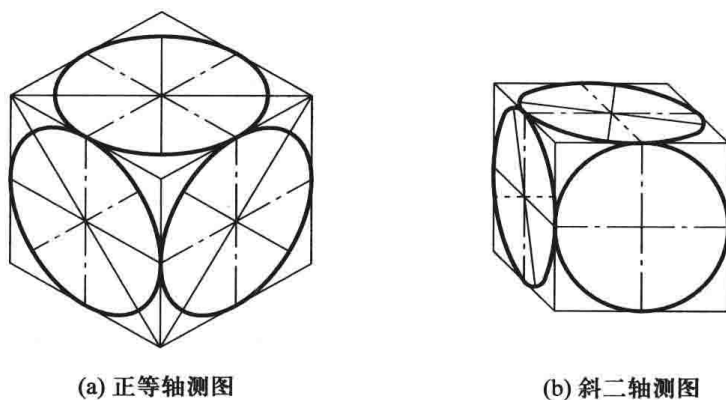


图 7.15 坐标面平行圆的轴测图

下面以水平面上的圆为例,介绍椭圆的几种画法。

1. 平行弦法

如图 7.16 所示,将圆的平行于 O_1Y_1 轴的直径 n 等分,过各等分点画平行于 O_1X_1 轴的弦,在轴测图上画出相应的弦,求出各弦端点,用光滑曲线连成椭圆。

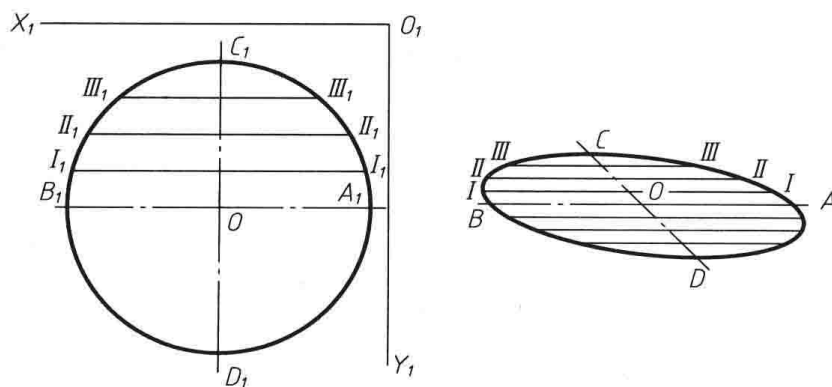


图 7.16 平行弦法画椭圆

2. 八点法

如图 7.17b 所示,求出椭圆外切平行四边形四条边的中点 A 、 B 、 C 、 D 及其对角线上的四个点 I 、 II 、 III 、 IV ,然后用光滑曲线连成椭圆。外切平行四边形和四个中点分别是图 7.17a 中圆的外



切正方形和切点 A_1 、 B_1 、 C_1 、 D_1 的轴测图,点 I 、 II 、 III 、 IV 是正方形对角线与圆周交点的轴测图,其作图方法如图 7.17b 所示,作图的依据如下:

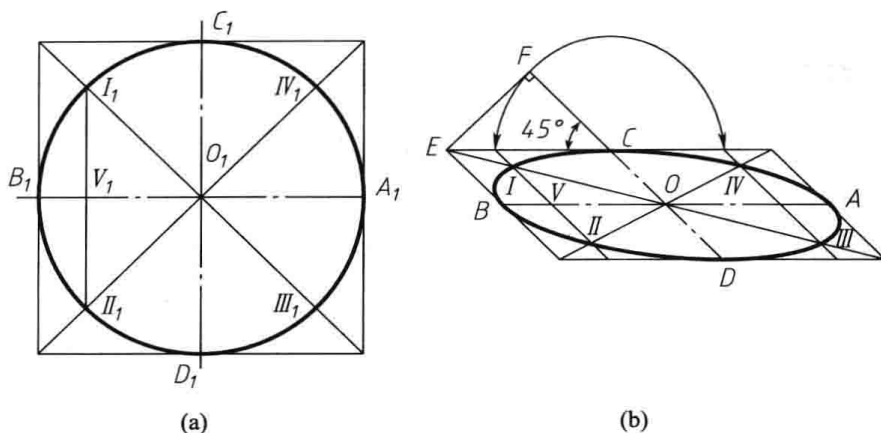


图 7.17 八点法画椭圆

因为

$$O_1V_1 = O_1I_1 \times \cos 45^\circ = O_1B_1 \times \cos 45^\circ$$

所以

$$OV = OB \times \cos 45^\circ$$

以上两种方法对正轴测图及斜轴测图均适用。

3. 菱形法(亦称四圆心法)

这是椭圆的一种近似画法,用四段圆弧拼接起来近似地代替椭圆,它只适用于正等轴测图。作图方法如图 7.18 所示:过共轭直径的端点 A 、 B 、 C 、 D 作圆的外切正方形的正等轴测图——菱形;连接 IA 、 IC 与菱形长对角线交于 3、4 两点;以 I 、2 为圆心, IA 为半径,画圆弧 $\widehat{AC}$ 、 $\widehat{BD}$,再以 3、4 为圆心, $3A$ 为半径,画圆弧 $\widehat{AD}$ 、 $\widehat{BC}$,即完成作图。

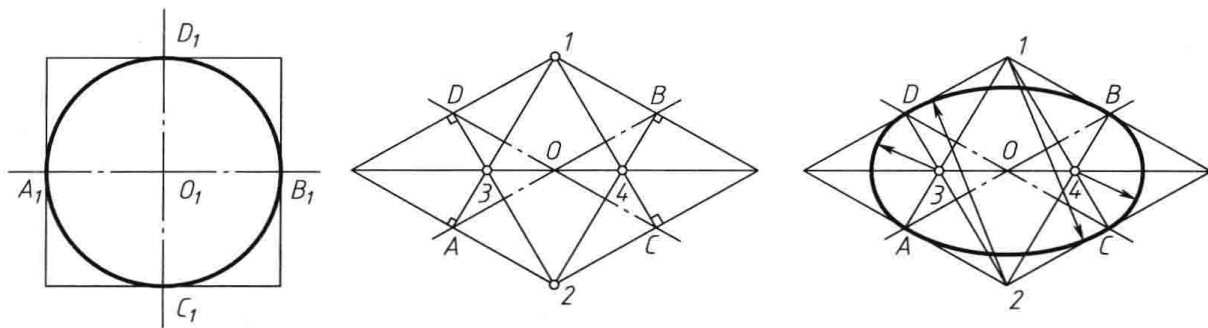


图 7.18 四圆心法画椭圆

在图 7.18 中, $2D$ 与 $2B$ 分别垂直于菱形的相应边,即 $2D \perp 1D$, $2B \perp 1B$,因此,画半圆或四分之一圆弧的正等轴测图时采用菱形法尤为方便(图 7.22)。

7.4.2 回转体的轴测图及其画法

回转体的轴测图主要以曲面体的底面、外形轮廓线表示,有时也画出若干素线、平行于投影面的截面(纬圆),以增强立体感。

例 7.6 画出图 7.19a 所示圆柱的正等轴测图。



作图:见图 7.19b~d。

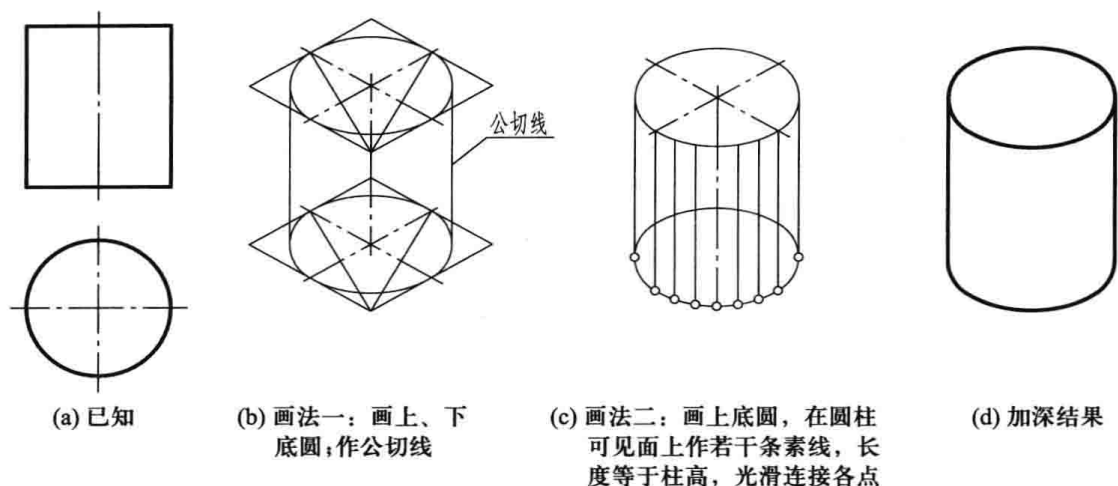


图 7.19 圆柱的正等轴测图

例 7.7 画出图 7.20a 所示圆锥的正等轴测图。

作图: 见图 7.20b、c。

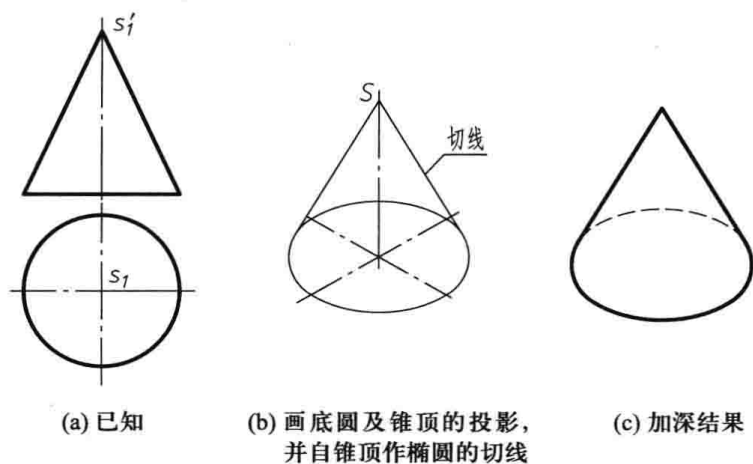


图 7.20 圆锥的正等轴测图

例 7.8 画出图 7.21a 所示形体的轴测图。

分析: 该形体中的圆和半圆所在平面平行于 V 面, 且有前、后两个圆和两个半圆。为使作图简便, 宜采用斜二轴测图, 并取 $X_1O_1Z_1$ 面平行于轴测投影面, 以使该面的轴测投影反映实形。

作图: 见图 7.21b~d。

例 7.9 画出图 7.22a 所示形体的轴测图。

分析: 该形体有正平和水平两个坐标面上的半圆, 宜采用正等轴测图。在正等轴测图中, 两个面上的半圆的轴测图都是椭圆, 但采用菱形法仍可比较简便地画出。

作图: 见图 7.22b、c。

球是曲线回转体。球的正投影是一个与球直径相同的圆, 如图 7.23a 所示, 所以它的正轴测图也是圆; 球的斜投影是一个椭圆, 如图 7.23b 所示, 所以它的斜轴测图也是椭圆。

图 7.24a 是球的正等轴测图, 它的外形轮廓线是圆, 其直径与球的直径 d 相同。若用简化轴



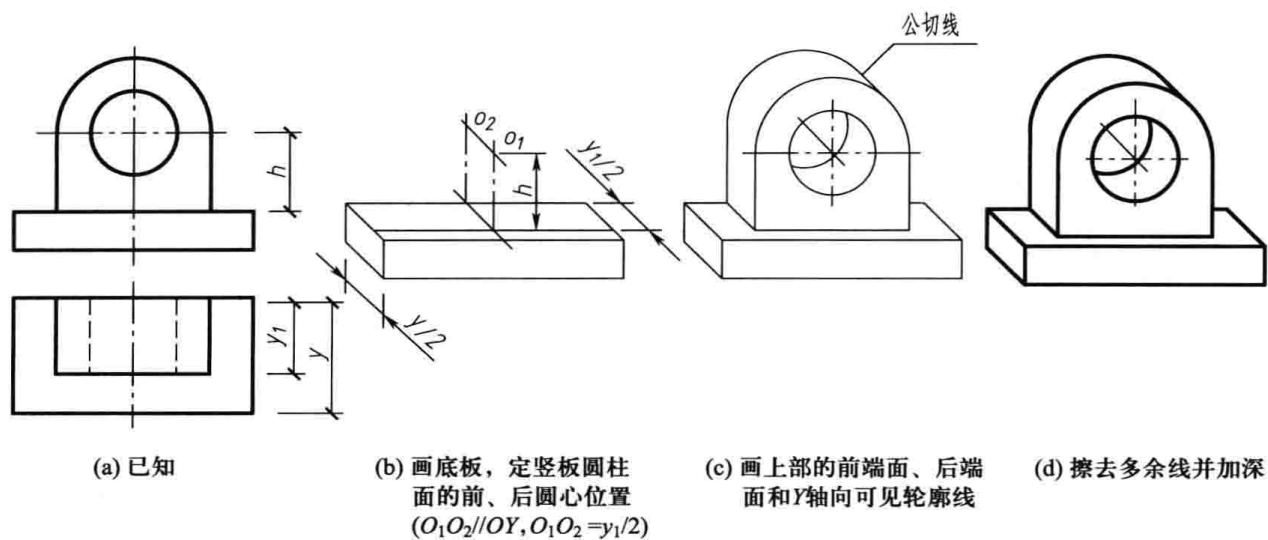


图 7.21 圆柱面形体的斜二轴测图

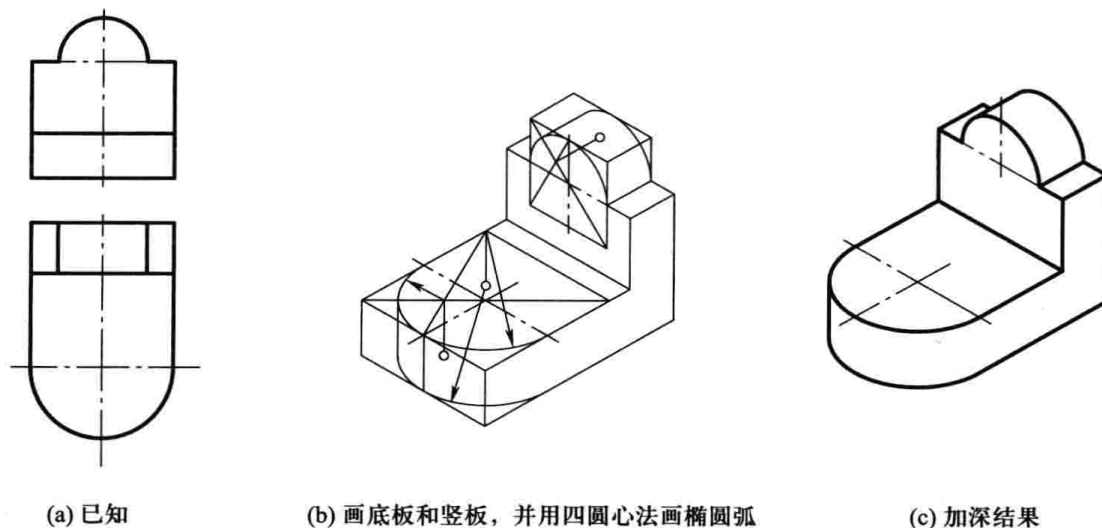


图 7.22 圆柱面形体的正等轴测图

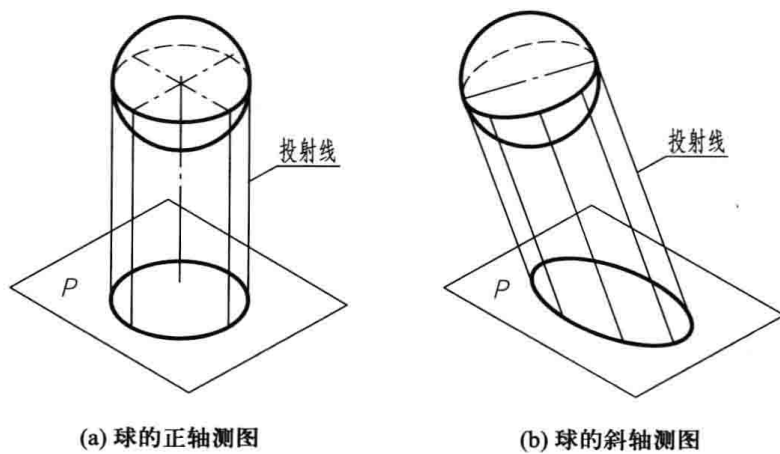


图 7.23 球的轴测图



向伸缩系数画图,圆的直径等于 $1.22d$ 。为了加强图形的立体感,常画出以球心 O 为原点的三个坐标面上圆的投影。

球的斜轴测图的画法是:先作出球的几个平行于轴测投影面的截面(圆)的投影,然后作这些截面投影的包络线,如图 7.24b、c(图 b 为球的水平投影, $X_1O_1Z_1$ 面平行于轴测投影面)。

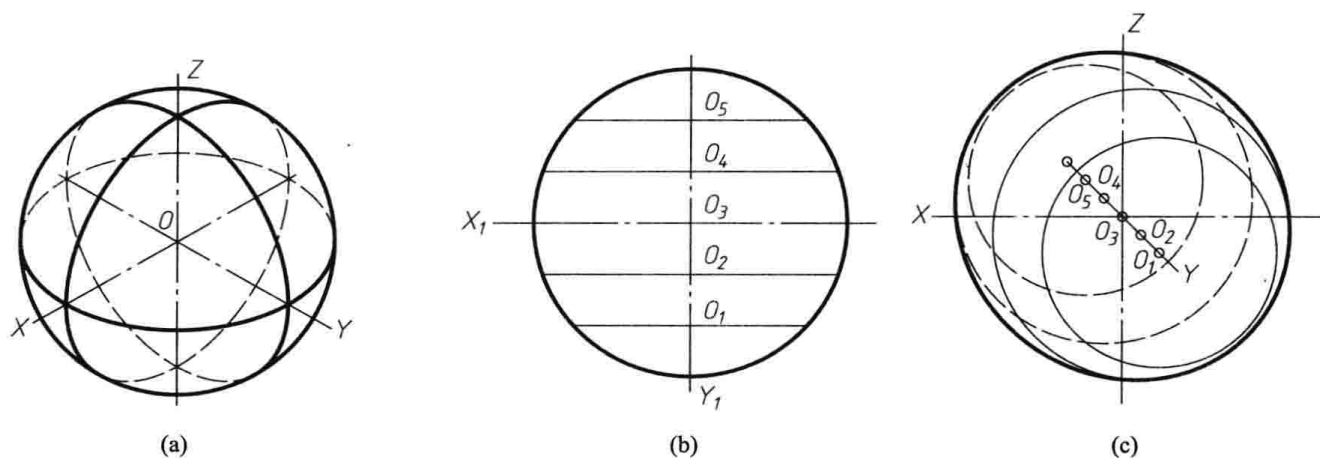


图 7.24 球的轴测图画法

例 7.10 试画出图 7.25a 所示带缆桩的正等轴测图。

解: 此带缆桩的上、下两端为圆柱,其轴测图画法同例 7.6。带缆桩中部的表面为曲线回转面,可以看成是一系列内切球的包络面,见图 7.25a。画轴测图时,应先画出这些内切球的投影——圆,再画出它们的两条包络线,即为此曲线回转面的外形轮廓线,如图 7.25b。图 7.25c 为完成的带缆桩的正等轴测图。

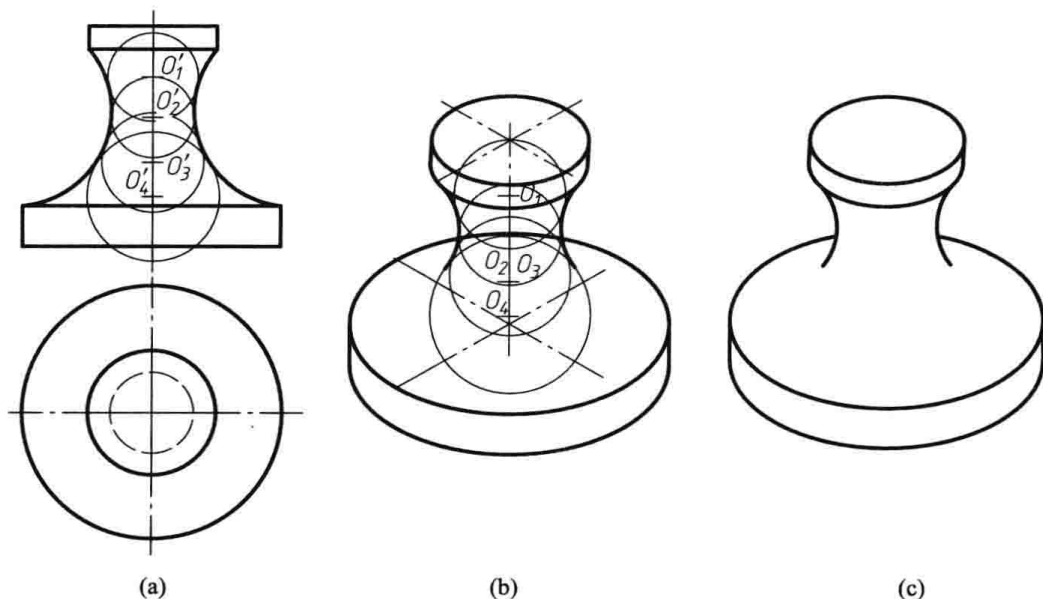


图 7.25 带缆桩的正等轴测图



思考题

1. 轴测图是怎样形成的,如何分类? 常用的轴测图有哪两种?
2. 为什么斜二轴测图的轴间角 $\angle XOY$ 和 OY 轴的轴向伸缩系数 q 不是唯一确定,而需要约定取值?
3. 试述画轴测图的步骤和方法。
4. 四圆心法画椭圆适用于什么轴测图,如何画?



第 8 章

工程形体的表达方法

学习要点

1. 掌握基本视图和各种辅助视图表达工程形体的方式方法;
2. 熟悉全剖视图、半剖视图和局部剖视图的形成方式,掌握它们的表达方法、标注要求和尺寸注法;
3. 熟悉剖视图的剖切面种类及其用法;
4. 掌握断面图的表达方法以及与剖视图的区别;
5. 熟悉常见的简化画法和规定画法。

工程建筑物形式多样、结构复杂、形状多变,绘制工程图样时,在完整、清晰表达各部分形状的前提下还应力求制图简便,读图方便,但是仅用三视图的表达方法就难以达到要求。为此,制图标准规定了多种表达方法。本章根据 GB/T 17451 ~ 17452—1998《技术制图 图样画法》、SL 73.1—2013《水利水电工程制图标准 基础制图》及相关制图标准,介绍视图、剖视图、断面图及各种画法的概念和规定,以扩展表达物体的思路,提高阅读图样的能力。

8.1 视 图

8.1.1 基本视图

在原有的三个投影面对面各增加一个与之平行的投影面,形成一个六面体。用该六面体的六个面作为基本投影面,将物体放在其中,除在 V 、 H 、 W 面上的正视图(也称主视图)、俯视图和左视图外,从右向左投射得到右视图;从下向上投射得到仰视图;从后向前投射得到后视图。这六个视图称为基本视图。六个投影面的展开方法见图 8.1。基本视图的布置如图 8.2 所示,并且仍应符合“长对正,高平齐,宽相等”的投影规律。

在同一张图纸上,如按图 8.2 布置各视图,可不标注视图的名称。如果不按图 8.2 布置,可用向视图表示,向视图是可以自由布置的视图,是基本视图的另一种布置方式。根据需要,向视图只允许从以下两种表达方式中选择一种:

(1) 在向视图的上方标出“ $\times$ ”(“ $\times$ ”为大写拉丁字母。在水利水电工程图样中,也标注为“ $\times$ 向”),在相应的视图附近用箭头指明投射方向,并注上同样的字母,见图 8.3a。



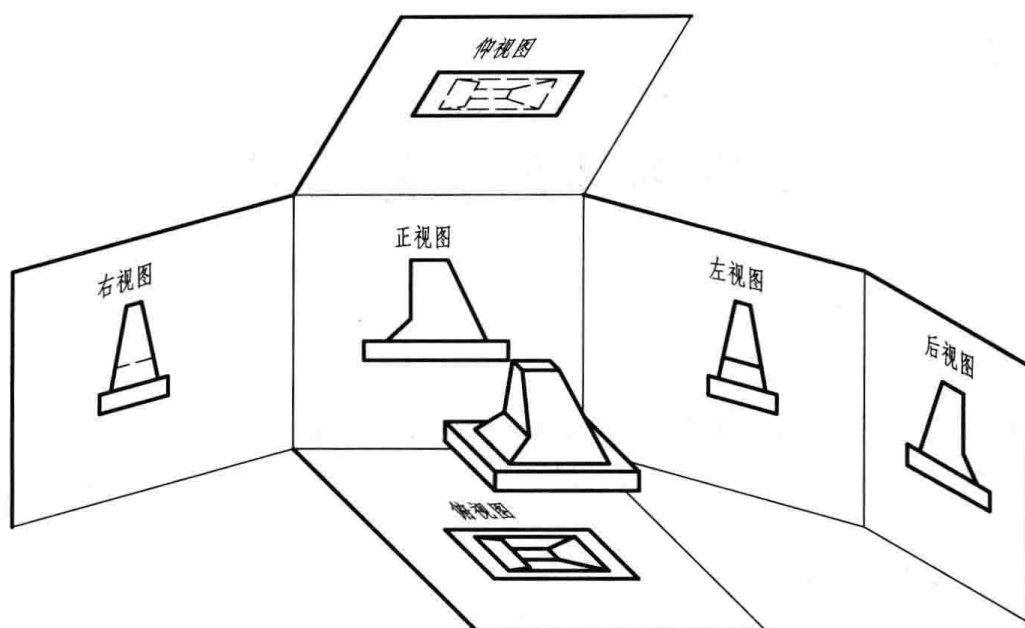


图 8.1 基本视图的形成

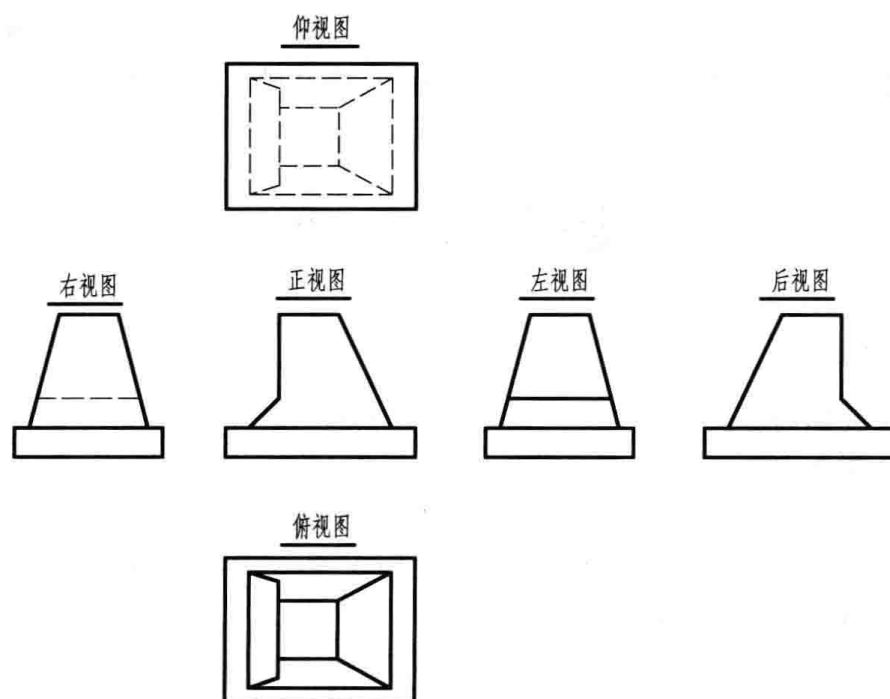
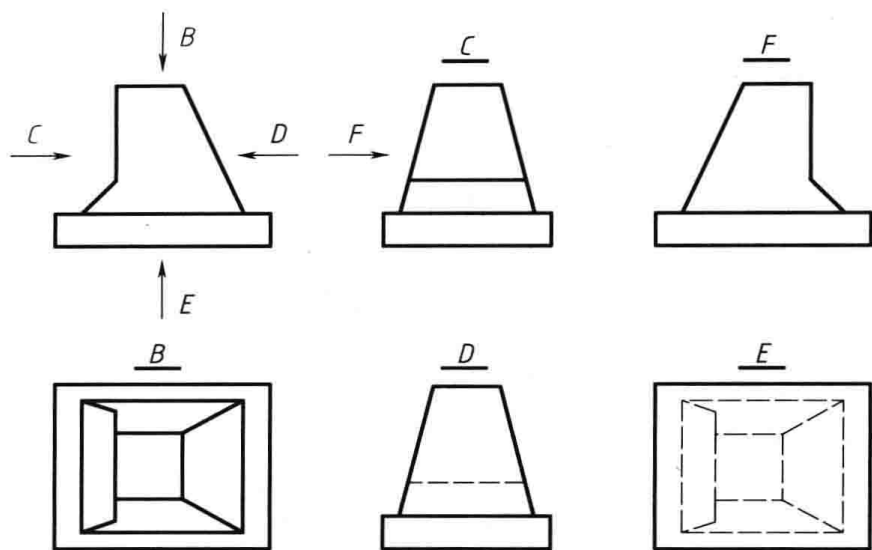
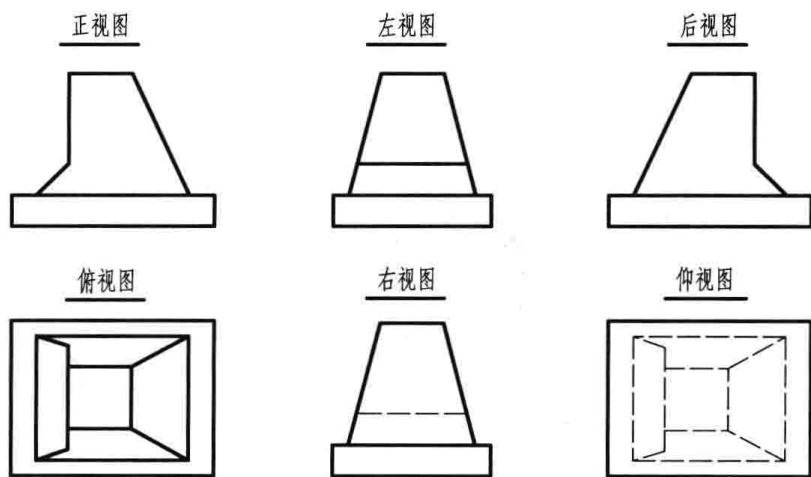


图 8.2 基本视图的布置





(a) 向视图配置一



(b) 向视图配置二

图 8.3 基本视图的向视图表示

(2) 在视图上方标出图名,并在图名下方绘一段粗实线。标注图名的各视图的位置,应根据需要和可能,按相应的规则布置,见图 8.3b,水利、土木行业多用这种表达方式。

8.1.2 局部视图

局部视图是将物体的某一部分向基本投影面投射所得的视图。

如图 8.4a 所示物体,有了正视图和俯视图,物体的形状大部分已表示清楚,只有箭头所指的局部形状还没有表示,这时可不画出整个物体的左视图,而只需画出没有表示清楚的那一部分,用波浪线或折断线将其与其他部分假想断开,如图 8.4a 中的视图 A。但当所表示的局部结构是完整的,外形轮廓又是封闭图形时,可以省略波浪线或折断线,如图 8.4a 中的视图 B。

局部视图一般按投影关系配置,如图 8.4a 中的视图 A,也可以按向视图的形式配置,如图 8.4a 中的视图 B。



对称物体的视图可只画一半或四分之一,并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的平行细实线,如图 8.4b 中的俯视图和图 8.4c 所示。这也是一种简化画法。

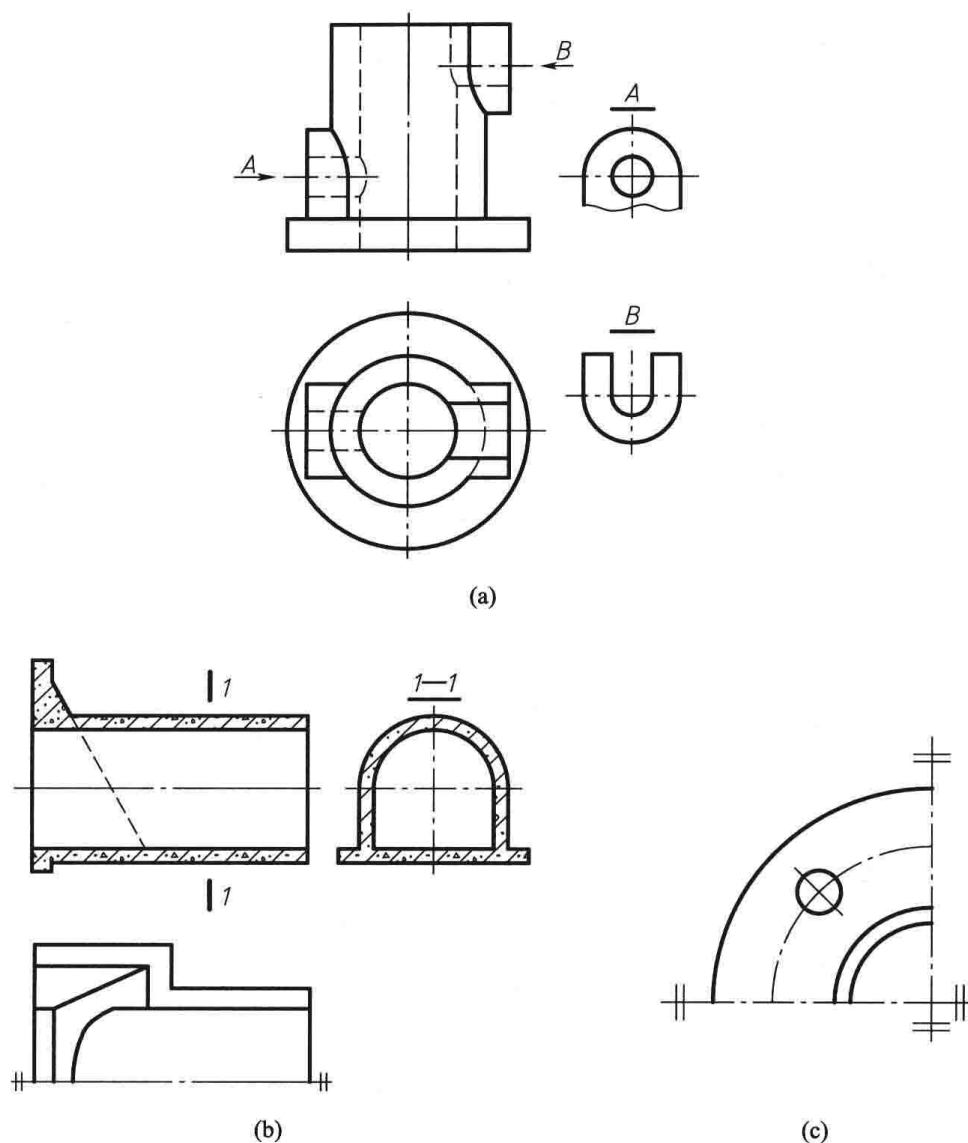


图 8.4 局部视图

8.1.3 斜视图

斜视图是将物体向不平行于任何基本投影面的平面投射所得的视图。如图 8.5 所示,为了表示物体上倾斜表面(不平行于基本投影面的表面)的真实形状,可以把它投射到和倾斜表面平行的辅助投影面上,画出其视图。

斜视图通常按向视图的形式进行配置及标注,见图 8.5a、b。必要时,允许将斜视图旋转配置,加注表示旋转方向的箭头,表示该视图名称的大写拉丁字母应靠近旋转符号的箭头端,见图 8.5c,也允许将旋转角度注写在字母后,见图 8.5d。

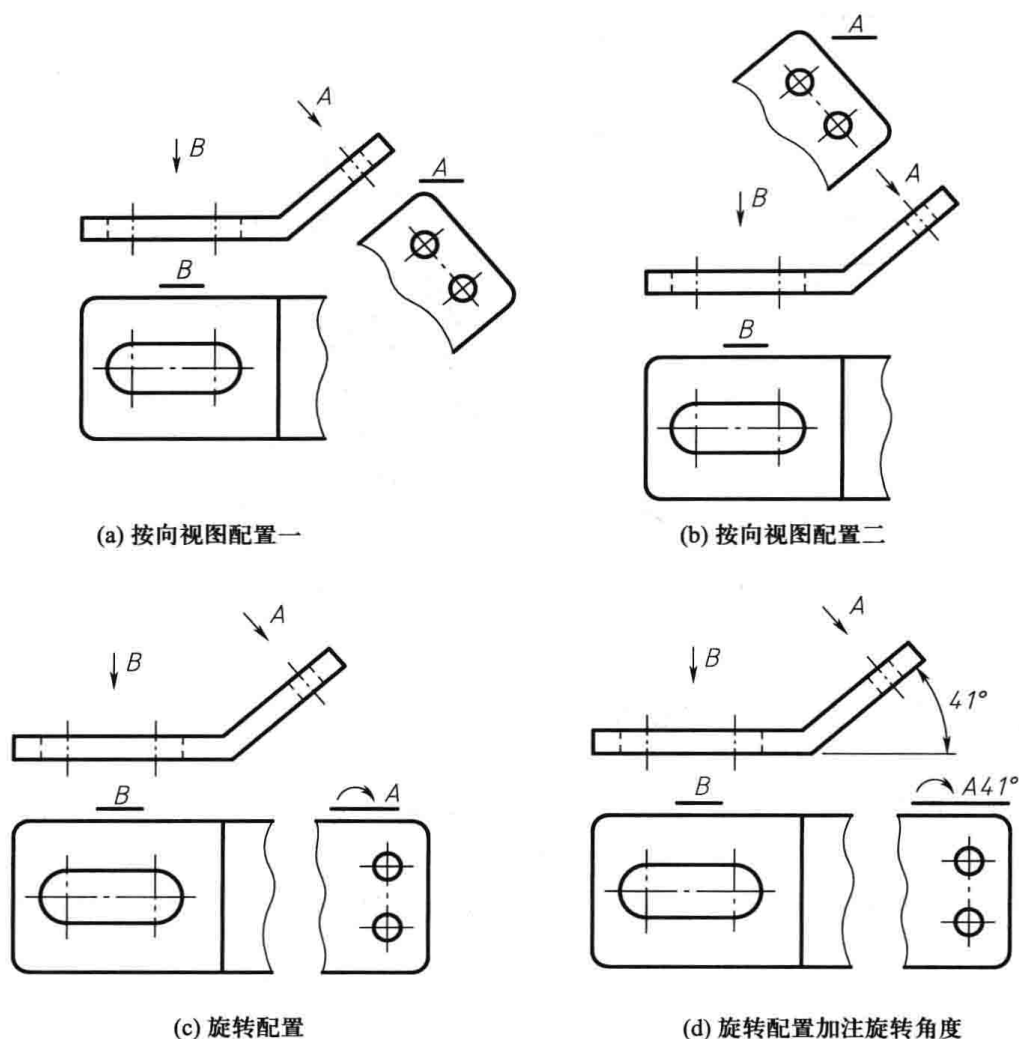


图 8.5 斜视图

8.2 剖视图

8.2.1 剖视图的基本知识

画物体的视图时,可见轮廓线画成实线,不可见轮廓线画成虚线。当物体内部结构比较复杂或被遮挡部分较多时,视图上就会出现较多的虚线,既不利于看图,又不利于标注尺寸。如图 8.6a 是船闸闸首的两个视图,其虽然也能完整地表示闸首内、外部的形状,但在正视图中,内部结构是用虚线表示的,空实、层次不够分明,使看图和标注尺寸都增加了困难。因此在工程上常采用剖视的方法,使表达清晰、便于看图。

1. 剖视图的基本概念

剖视图是假想用剖切面(平面或柱面)剖开物体,将处在观察者和剖切面之间的部分移去,而将其余部分向投影面投射所得的图形。剖视图可简称剖视。

假想用剖切面剖开物体,剖切面与物体接触的实体区域称为剖面区域。



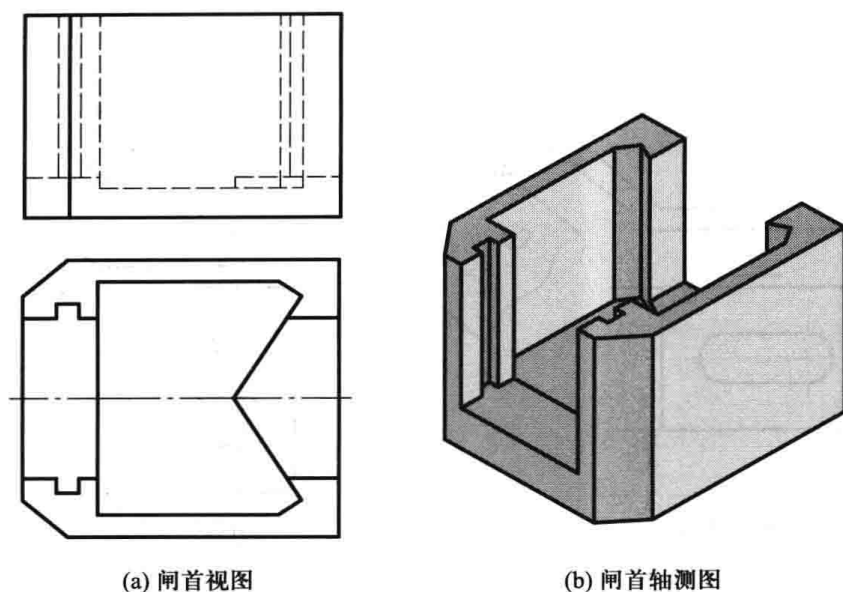


图 8.6 船闸闸首视图

画剖视图时,为了区分物体的空心部分和实心部分,使其层次分明,以便阅读,应在剖面区域画上剖面材料符号(建筑材料图例见表 1.8)。

图 8.7a 是台阶的一组视图,左视图中的“踏步”是用虚线表示的。如图 8.7c 所示,假想用—个平行于 W 面的剖切平面 P 将台阶“切开”,并把剖切平面 P 左边的部分移去,然后从左向右投射,画出剩下部分的视图,并将剖面区域画上剖面材料符号,所得的视图就是剖视图,见图 8.7b 中的 $1-1$ 剖视图。

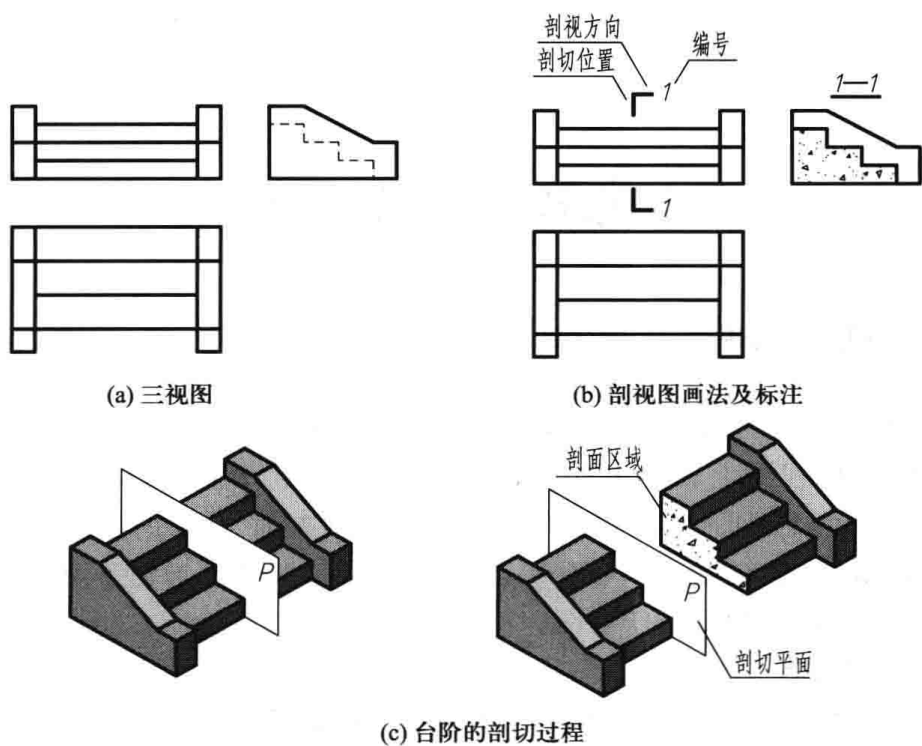


图 8.7 剖视图的形成



2. 剖视图标注

用剖视图配合其他视图表示物体时,为了明确视图之间的投影关系,便于看图,一般应注明剖切符号和其编号,见图 8.7b。

(1) 剖切符号 包括组成一直角的剖切位置线和剖视方向线两部分。

剖切位置线:指示剖切平面的起、迄和转折位置,用粗实线(长度为 5~10 mm)表示,应尽可能不与物体的轮廓线相交。

剖视方向线:指示剖视方向,在剖切位置线的外端,用垂直于剖切位置线的短粗实线(长度为 4~6 mm)表示,其所在的一侧为剖视方向,见图 8.7b。

(2) 剖切符号的编号 用数字或大写的拉丁字母注写在剖视方向线的端部,并一律水平书写,而在相应剖视图的上方用相同的数字或字母,注出视图名称“×—×”,见图 8.7b。

剖视图一般都需要标注。但当剖切平面通过物体的对称平面或基本对称平面,视图又按投影关系配置,且中间没有其他图形隔开时,可省略标注,见图 8.8。

3. 画剖视图的注意事项

(1) 剖视图是物体被假想“切开”后画的图形,物体并未真的被切开和移走一部分。所以画剖视图后,其余视图仍应画出完整的图形。如图 8.7b 中的正视图和俯视图并没有只画一半,而仍画完整的图形。

(2) 剖切平面一般平行于基本投影面,并通过物体内部结构的主要轴线或对称平面,必要时也可用投影面垂直面或柱面作剖切面。

(3) 画剖视图时,未剖到的可见轮廓线均应画出。

(4) 用剖视图配合其他视图表示物体时,图上的虚线一般可省略不画。但当省略虚线后将影响视图完整表达时,则此虚线仍应画出,如图 8.8 所示。

(5) 在剖面区域画剖面符号时,应注意同一张图纸上,同一物体的所有剖视图上的剖面符号必须一致,且各视图中的 45°斜线应方向一致、间距相同,如图 8.9、图 8.12 所示。

8.2.2 剖视图的种类

剖视图分为全剖视图、半剖视图和局部剖视图。

1. 全剖视图

用剖切面完全地剖开物体所得到的剖视图,如图 8.8 所示的正视图。

全剖视图一般适用于外形简单、内部结构比较复杂的物体,或主要为了表示物体内部结构时采用。

2. 半剖视图

当物体具有对称平面时,向垂直于对称平面的投影面上投射所得的图形,可以对称中心线为界,一半画成剖视图,另一半画成视图。

半剖视图一般用于内、外形状均复杂,又具有对称平面的物体。

图 8.9 为一钢筋混凝土基础,因左右和前后均对称,故正视图和左视图均可如图 8.9b 所示,作剖切后采用半剖视图表示,使其内、外形状均表达清楚,见图 8.9a。

画半剖视图应注意:

(1) 剖视图与视图的分界线应是点画线,不可画成粗实线。并且习惯上把剖视画在对称线



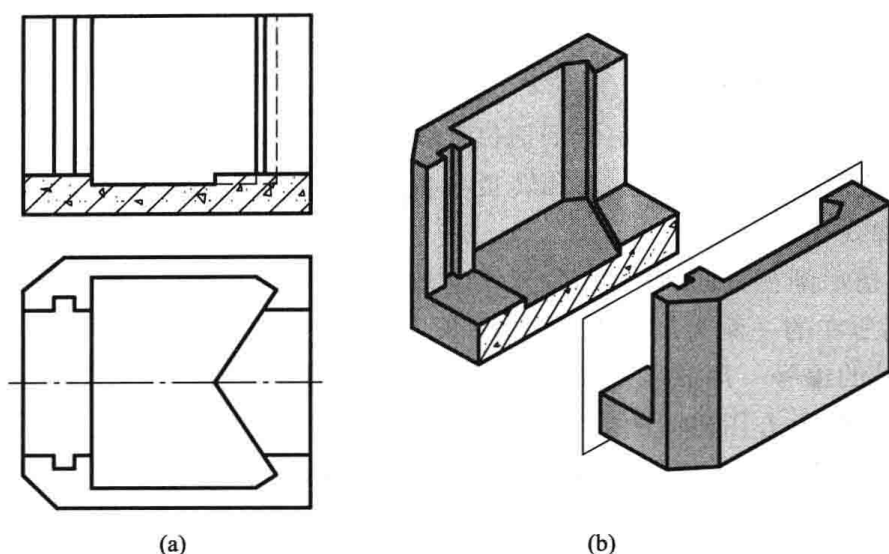


图 8.8 全剖视图

的右边或下边,见图 8.9a。

(2) 由于半剖视图的图形是对称的,所以对已表达清楚的内、外轮廓,在其另一半视图中就不应再画虚线(即与粗实线对称的虚线不画)。

(3) 由于半剖视图的剖切方法同全剖视图,所以半剖视图的标注与全剖视图相同,见图 8.9a。

常见的半剖视图的错误画法见图 8.9c。

3. 局部剖视图

用剖切面局部地剖开物体所得的剖视图,如图 8.10 所示。

当物体的部分内部结构尚未表达清楚但又不必作全剖视时,或当内、外形状需同时表达但物体又不对称时,均可采用局部剖视图。图 8.10a 是混凝土水管的一组视图,为了表示其内部形状,正视图采用了局部剖视,在被“切开”部分画出管子的内部结构和剖面材料符号,其余部分仍画外形视图。

局部剖视图的剖切范围用波浪线或折断线表示。波浪线或折断线不应和其他图线重合;不应画在轮廓线的延长线上;不应超出视图的轮廓线;也不应画在孔、洞处。图 8.11 是局部剖视图中波浪线的画法示例。

局部剖视图的标注与全剖视图的标注相同。剖切位置明确时不必标注。

8.2.3 剖切面的种类

剖切面分为单一剖切面、几个平行的剖切面、几个相交的剖切面(交线垂直于某一投影面),因此,剖视图可以有以下几种剖切方法。

1. 单一剖切面

仅用一个剖切面剖切物体。前面所述的全剖视、半剖视和局部剖视图例均采用了平行于基本投影面的单一剖切面剖切物体。

当物体上倾斜部分的内部形状,在基本视图上不能反映实形时,可以用投影面垂直面作剖



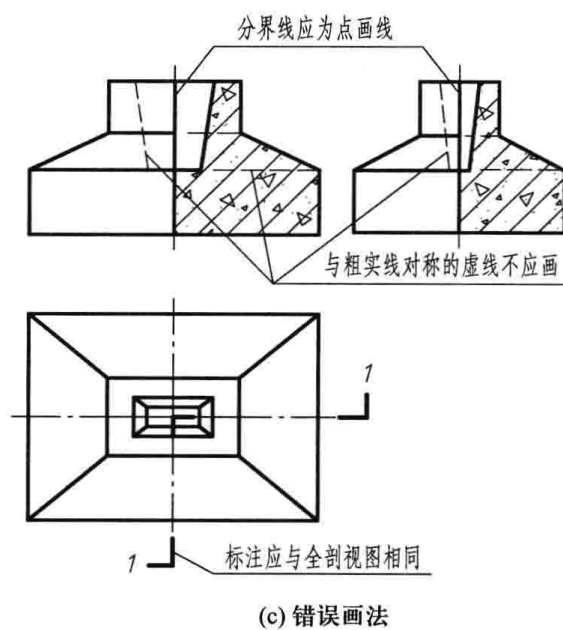
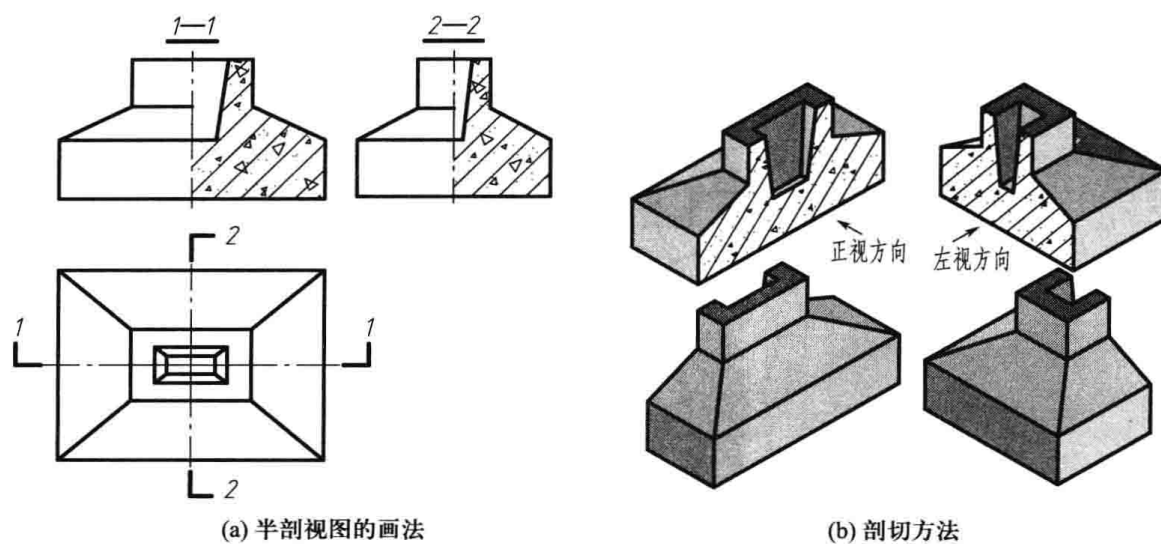


图 8.9 半剖视图

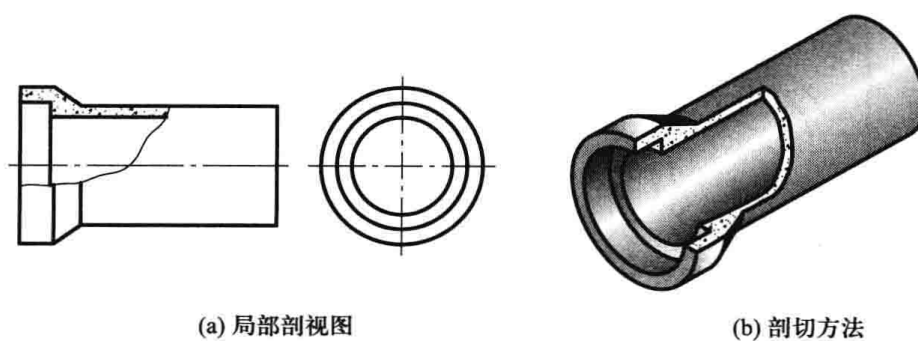


图 8.10 局部剖视图



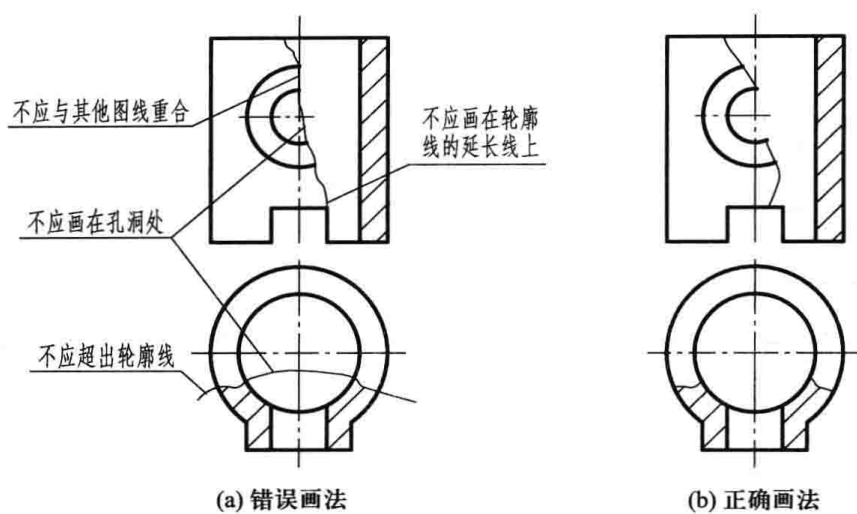


图 8.11 局部剖视图中波浪线的画法示例

切平面,剖切后再投射到与剖切平面平行的辅助投影面上,所得到的剖视图通常称为斜剖视图。

图 8.12 是弯管接头的一组视图,为了表示弯管倾斜部分的内、外结构及方形法兰盘的形状,采用了 $B-B$ 剖,剖切平面 $B-B$ 为正垂面。

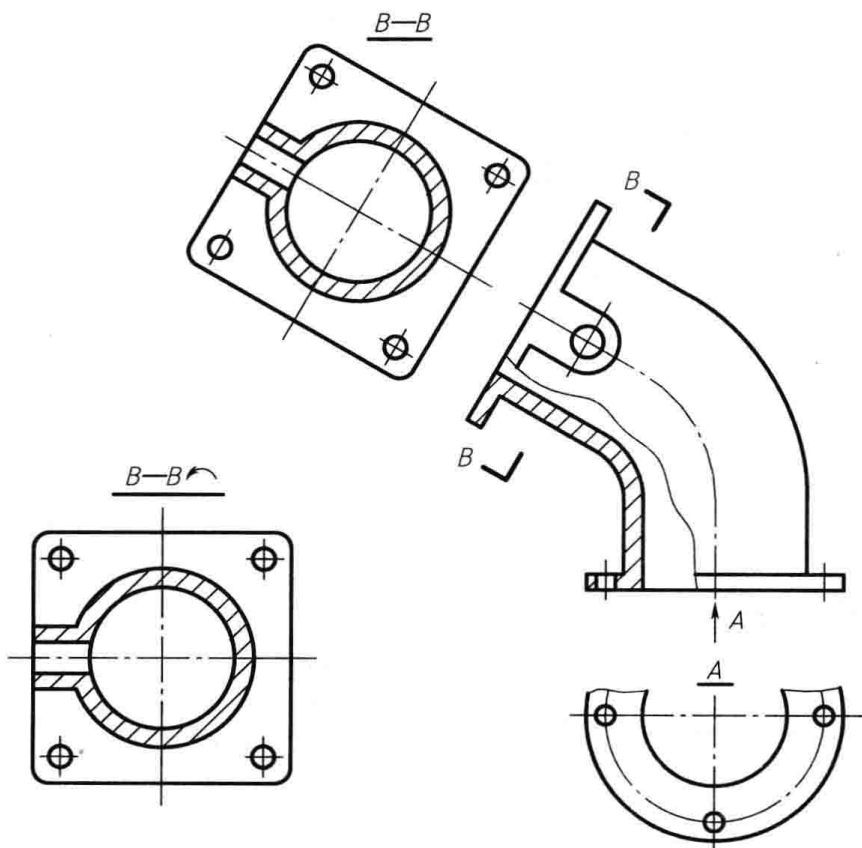


图 8.12 斜剖视

斜剖视必须标注剖切符号和剖视图名称。斜剖视最好按投影关系配置,也可以画在其他适当的位置。在不致引起误解时,允许将图形旋转配置,并在视图名称中注明“(旋转)”,或在视图名称旁画出表示旋转方向的箭头,见图 8.12。

2. 几个平行的剖切面

用几个互相平行的剖切平面剖切物体的方法称为阶梯剖,所得的剖视图在工程中常称为阶梯剖视图。如图 8.13 所示的物体,两孔的轴线不在同一个正平面内,为了表达两个孔的内部,正视图采用了阶梯剖。

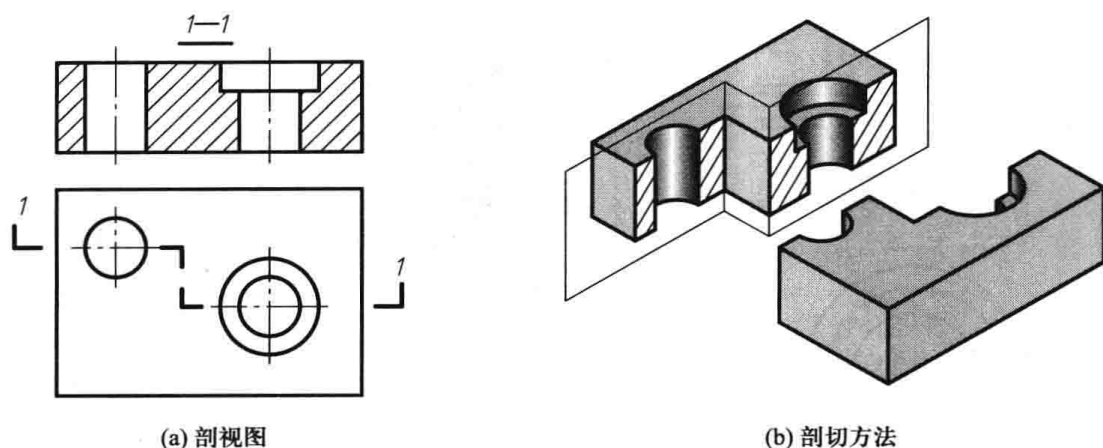


图 8.13 阶梯剖视

画阶梯剖视时,在转折处应画出剖切符号。若在转折处易与其他图线发生混淆时,需标注编号(数字或字母)。当剖切位置明显时,转折处可省略编号,如图 8.13a 所示。

采用阶梯剖画图时应注意:

- (1) 由于剖切面是假想的,所以在剖视图上,剖切平面的转折处不应画线,见图 8.14a。
- (2) 图形内不应出现不完整的要素,见图 8.14b;仅当两个要素具有公共对称中心线或轴线时,才可各画一半,此时应以对称中心线或轴线为界,见图 8.15。

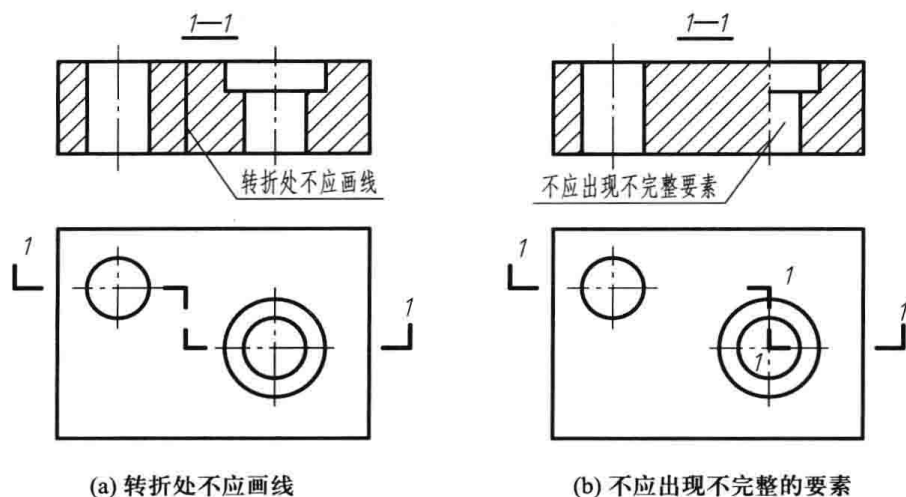


图 8.14 阶梯剖视的错误画法

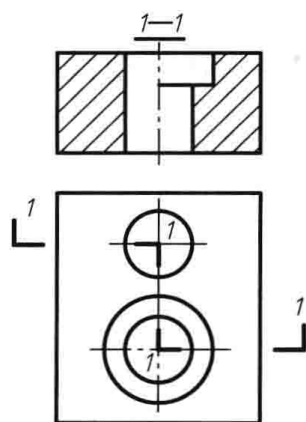


图 8.15 对称结构的阶梯剖视



3. 几个相交的剖切面

用两个相交的剖切平面(交线垂直于某一投影面)剖开物体,然后将被剖开的结构及其有关部分旋转到与选定的投影面平行再投射的方法称为旋转剖,所得到的剖视图通常称为旋转剖视图。如图 8.16 所示的集水井,两根进水管的轴线是斜交的(一根平行于正面,另一根倾斜于正面),为了表达集水井和进水管的内部结构,用了两个相交的剖切平面,沿着两根进水管的轴线把集水井“切开”,并假想将与正面倾斜的水管旋转到与正面平行后再投射。

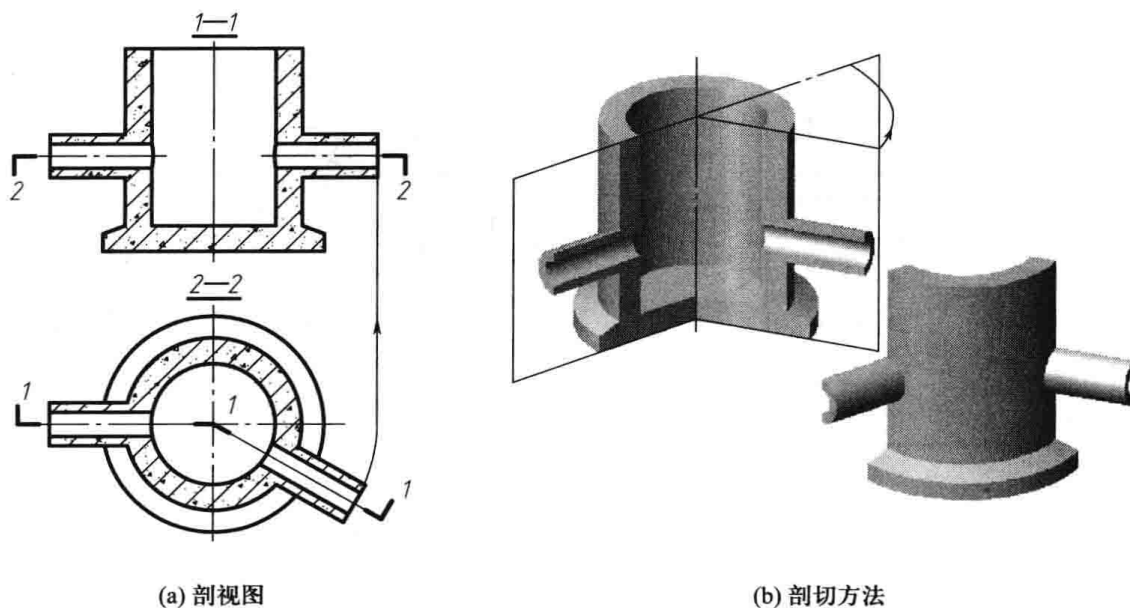


图 8.16 旋转剖视

旋转剖视图的标注与阶梯剖视图相同,如图 8.16a 中的 $1-1$ 剖视。

画旋转剖时应注意:

- (1) 被剖开的倾斜结构必须旋转到与投影面平行后再投射;
- (2) 剖切平面之后未被剖切到的结构仍按原位置投射。

斜剖、阶梯剖、旋转剖是不同的剖切方法,通过这些方法都可以得到全剖视图、半剖视图和局部剖视图。

8.2.4 剖视图的尺寸标注

在剖视图上标注尺寸的方法和规则与组合体的尺寸标注相同。为了使尺寸清晰,应尽量把外形结构尺寸和内形结构尺寸分开标注,不要混在一起。

如图 8.17 中,长度方向的尺寸 60、40、450 为外形尺寸,标注在外形视图一边;尺寸 50 为内形尺寸,标注在剖视一边。又如图 8.18 中,外形的高、宽尺寸标注在图形的左边,孔的高、宽尺寸标注在图形的右边。

在半剖视图和局部剖视图中,由于图上对称部分省去了虚线,注写某些内部结构尺寸时,只能画出一边的尺寸界线和尺寸线终端。这时尺寸线长度须超过对称线,尺寸数字应注写整个结构的尺寸,如图 8.17 中的 $\phi 150$ 、 $\phi 210$ 和图 8.18 正视图中的长度尺寸 600、550。



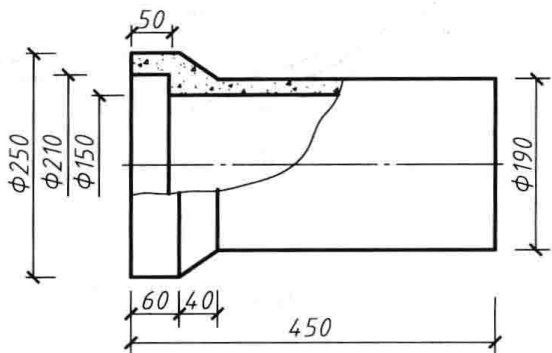


图 8.17 剖视图尺寸标注

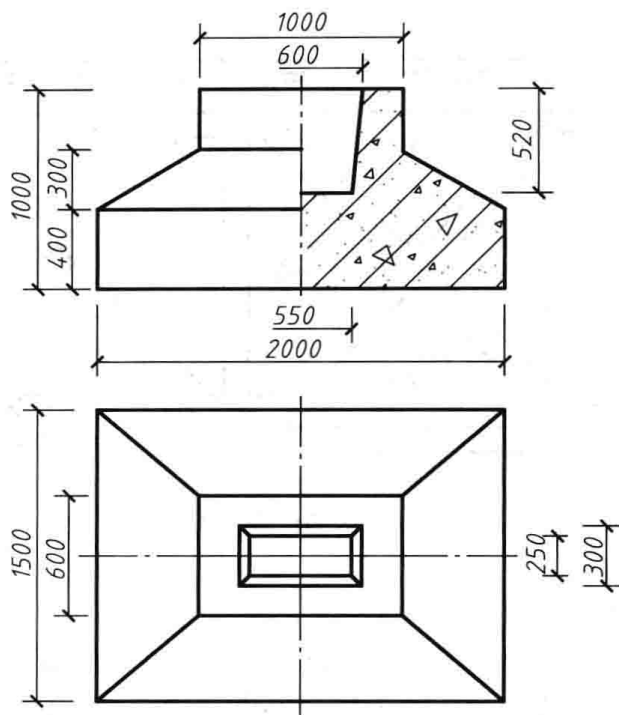


图 8.18 剖视图尺寸标注

8.3 断面图

8.3.1 断面图的概念

假想用剖切面将物体的某处切断,仅画出该剖切面与物体接触部分的图形,称为断面图(简称断面)。断面图主要用来表示物体上某一局部的断面形状。

断面图与剖视图的主要区别是:剖视图是物体被剖切之后剩余部分的投影,是体的投影。断面图是物体被剖切之后剖面区域的投影,是面的投影,见图 8.19。

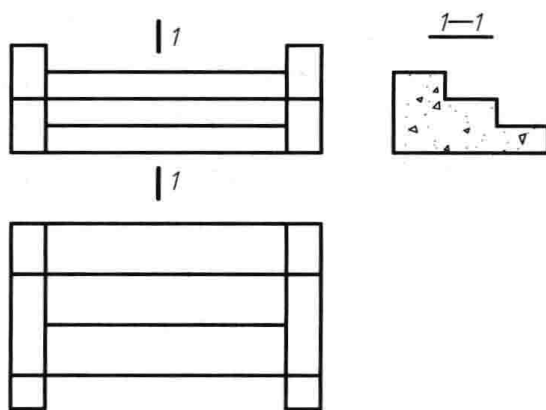


图 8.19 断面图的画法与标注

8.3.2 断面图的种类与标注

根据断面图在视图上的配置不同,分为移出断面图和重合断面图两种。

1. 移出断面图

移出断面图的图形应画在视图轮廓线之外,见图 8.20。断面轮廓线用粗实线绘制,配置在剖切线的延长线上或其他适当位置。

画移出断面图时,根据需要允许把断面图形旋转配置。如图 8.21 为翼墙的平面图和断面图,为了表示翼墙的正常工作位置,画 1—1 断面图时,可按水工图的习惯把底面画成水平位置而



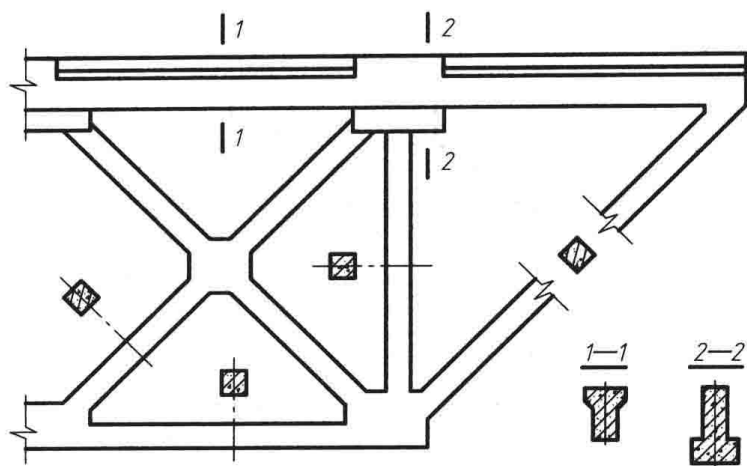


图 8.20 移出断面图

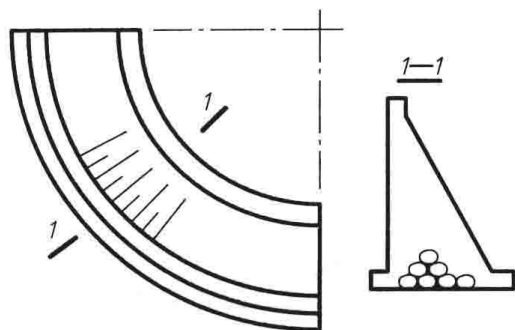


图 8.21 移出断面图的旋转配置

不注旋转符号。

当剖切平面通过圆孔、圆坑的轴线或剖切后出现两个(或多个)分离的断面时,这些结构应按剖视图画法画出其轮廓线,如图 8.22 中箭头所指处。

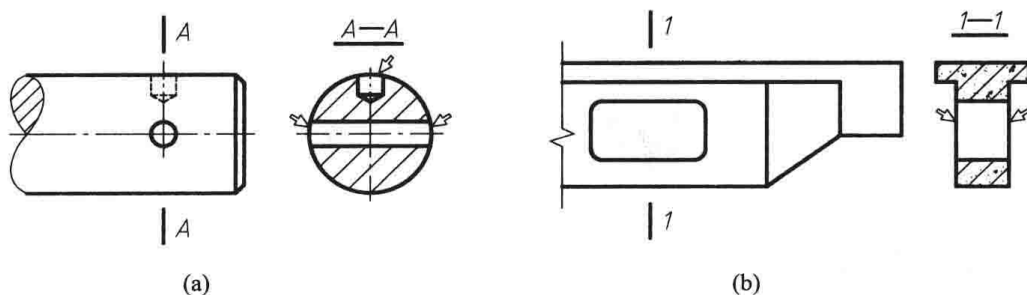


图 8.22 断面图的规定画法

移出断面图的标注:

(1) 移出断面一般应标注剖切符号及其编号。剖切符号用剖切位置线(长度为 5~10 mm 的粗实线)表示。剖切符号的编号用数字或拉丁字母表示,并注写在剖切位置线的一侧,其所在的一侧为投射方向,如图 8.19~图 8.22 所示。

(2) 当断面图画在剖切线的延长线上时,而断面图又是对称的,只需用剖切线(细点画线)表示剖切位置,可不标注,如图 8.20 所示;如果断面图是不对称的,需画出剖切位置线,并在其两端绘制粗实线表示投射方向,不需标注剖切符号的编号,见图 8.23。

(3) 当移出断面图画在视图轮廓线的中断处,且图形对称时,不标注,如图 8.20 中斜杆的断面图。

2. 重合断面图

重合断面图的图形应画在视图轮廓线之内,断面轮廓线用细实线绘制,见图 8.24。当视图的轮廓线与重合断面图的轮廓线重叠时,视图的轮廓线仍应连续画出,不可间断。

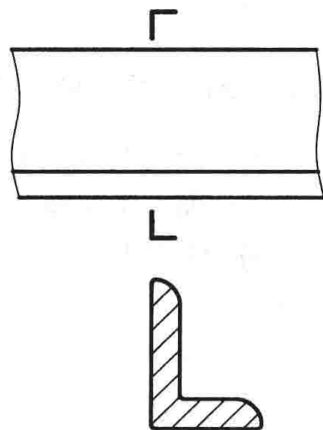


图 8.23 不对称移出断面

重合断面图对称时,不需标注,如图 8.24 所示。重合断面图不对称时,应画出剖切位置线和投射方向线,如图 8.25 所示。

有关形体断面的尺寸,应尽量标注在断面图上,如图 8.26 所示。

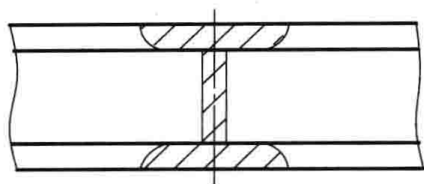


图 8.24 对称重合断面图

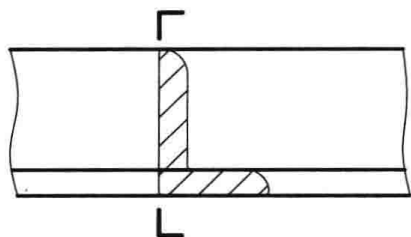


图 8.25 不对称重合断面图

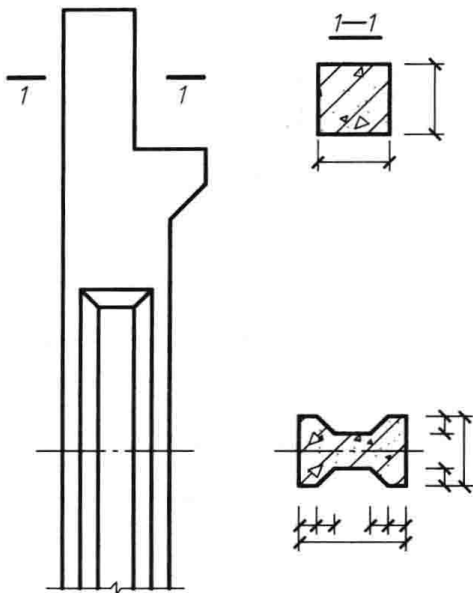


图 8.26 断面图的尺寸标注

8.4 简化画法和规定画法

除了上面介绍的各种物体表达方法,GB/T 16675.1~16675.2—2012《技术制图 简化表示法》给出了一些简化画法。画图时还可以根据物体的具体情况采用一些简化画法和规定画法。

8.4.1 简化画法

1. 折断画法、断开画法及连接画法

折断画法:用视图表达物体时,根据需要可假想将其“折断”后画出,但折断处应画折断线。对于断面形状和材料不同的物体,折断线的画法也不同,如图 8.27 所示。

断开画法:较长的构件或机件(如梁、轴类、杆件、型材等)沿长度方向的断面形状相同或按一定规律变化时,可将中间一段“截去”不画,再将两端靠拢画出,如图 8.28 所示。对于采用断开画法的视图,尺寸仍应注出物体的全长。

连接画法:当构件或机件很长而又需全部画出时,可将其分段绘制,再用连接符号表示相连,并用大写拉丁字母编号,如图 8.29 所示土坝立面图。应注意连接符号中的字母编号必须写在折断线旁的图形一侧。

2. 相同结构的简化画法

若物体上具有多个相同的图形要素——孔、槽等,并且呈规律分布时,可以仅画出一个或少量几个,其余只需画出其中心位置,并标注数量,如图 8.30 所示。



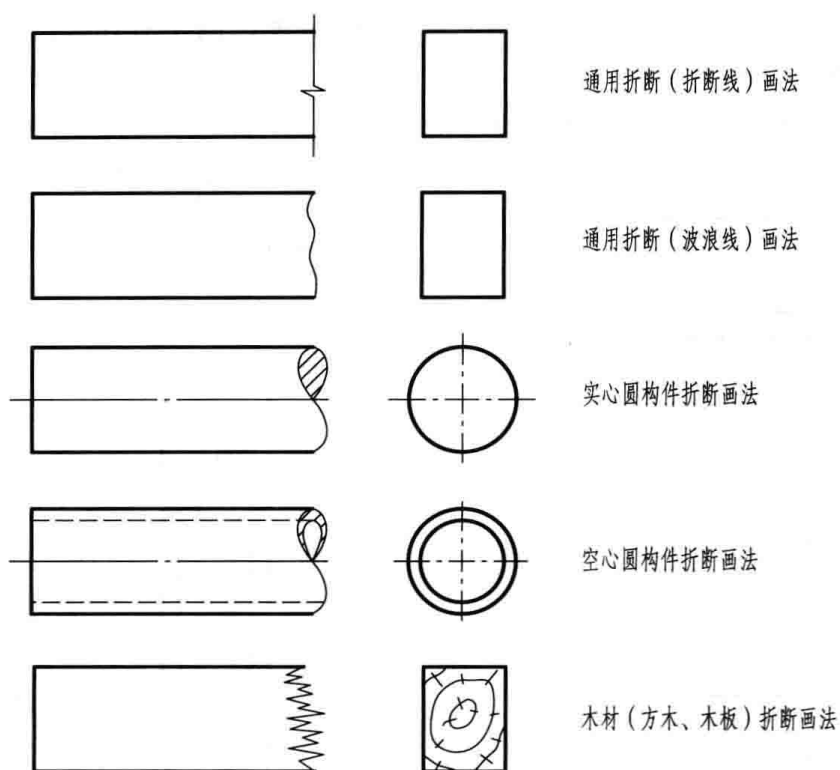


图 8.27 折断画法

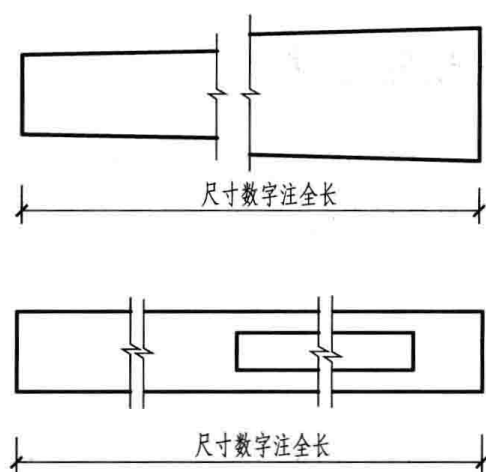


图 8.28 断开画法

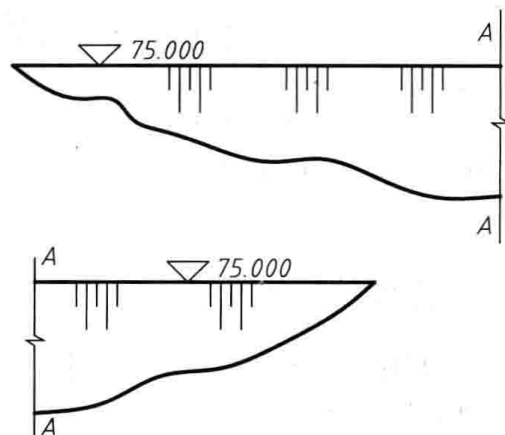


图 8.29 连接画法

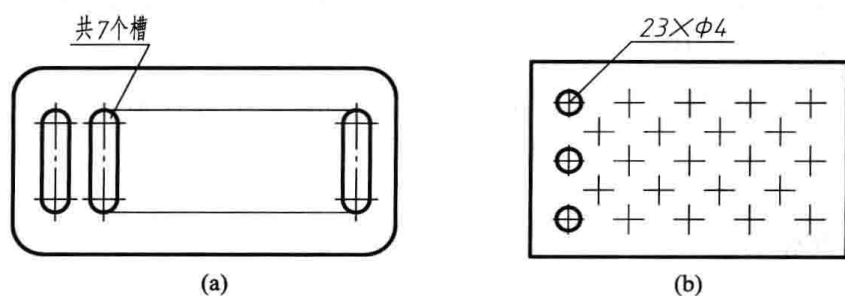


图 8.30 相同结构的简化画法



3. 剖面材料符号的简化画法

在画剖视图、断面图时,如剖面区域比较大,允许沿着剖面区域的轮廓线或某一局部画出部分剖面材料符号,见图 8.31。

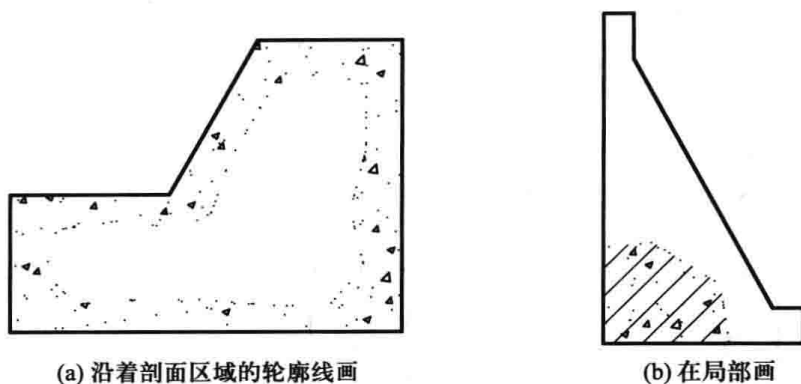


图 8.31 剖面材料符号的简化画法

8.4.2 规定画法

对于构件上的支撑板、肋板等薄壁结构和实心的轴、墩、桩、杆、柱、梁等,当剖切平面与其轴线、中心线或薄板板面平行时,这些构造都按不剖处理(剖面区域内不画剖面材料符号),而用粗实线将其与邻接部分分开,如图 8.32 中 1—1 断面图中的肋板。

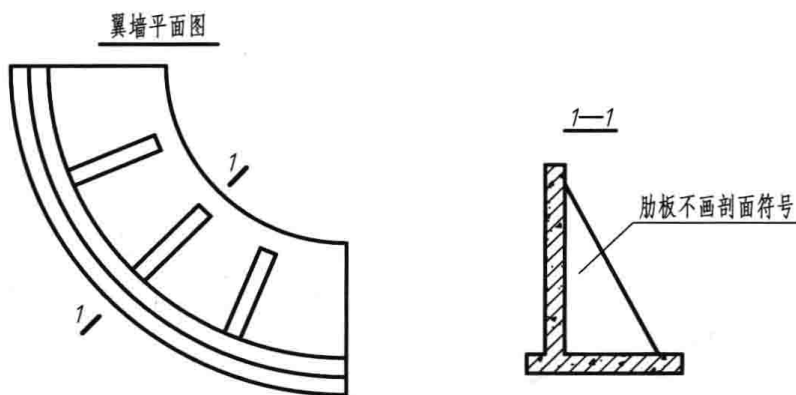


图 8.32 规定画法

8.5 视图的综合运用

本节所指视图包括各种视图、剖视图和断面图等。

前面介绍了表示物体的一些常用方法,在具体表示一个物体时,要根据物体的形状特征选择视图,综合运用各种图示方法(包括简化画法和规定画法等),将物体完整、清晰地表达出来。对于物体视图的阅读,则需运用各种表达方法的原理、规律,分析图中结构的形状、图线的含义等,理解物体的空间形状。下面分两个方面进行叙述。



8.5.1 阅读方法

阅读剖视图和断面图时,首先应根据剖视图和断面图的名称,在相关视图上找出相应的剖切位置和投射方向,弄清它们与相应视图间的投影关系,看懂断面形状,区分孔洞和实体,然后按形体分析法或线面分析法进行读图。读图时不仅要看懂物体被剖切后的内部形状,还要分析物体被剖去部分的外部形状。阅读复杂的工程图样时,还需要仔细理解和分析图样中的技术要求、施工说明、尺寸标注等各种符号并对照图形理解其含义。

例 8.1 读懂图 8.33a 所示物体视图,并用适当的剖视图补画出左视图。

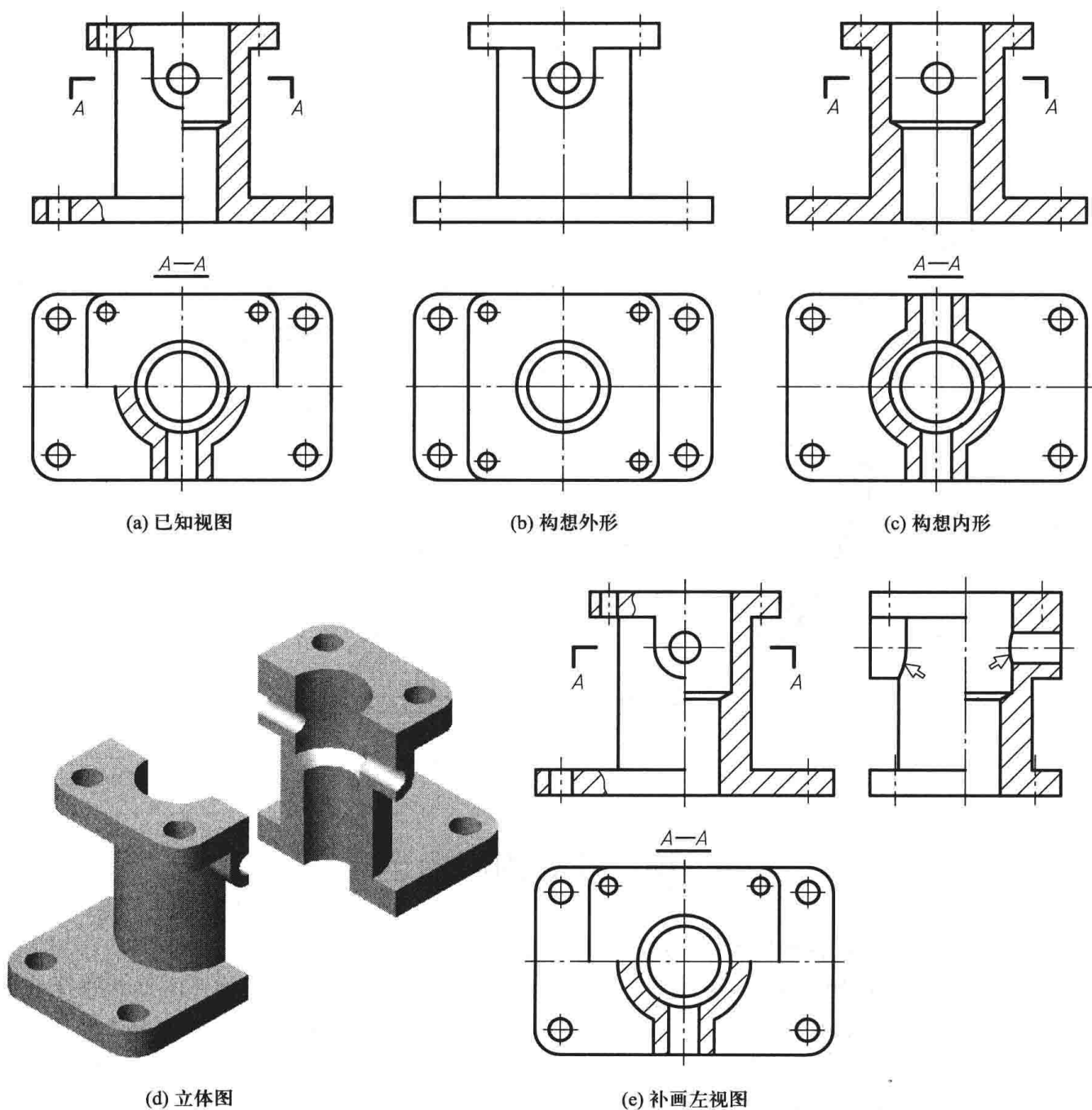


图 8.33 剖视图的阅读



分析：从图 8.33a 可知,正视图是用半剖视图表示的,从俯视图可知其剖切位置通过前后对称面,正视图的左上角和左下角采用两个局部剖视来表示圆孔。俯视图是用 A—A 半剖视图表示的,从正视图可知其剖切位置。

读图：根据半剖视图的特点可知,该物体的内、外形左右、前后对称,如图 8.33b、c 所示。物体由上、中、下三部分组成,对照投影关系,可知上部为一方形顶板,四个角为圆角,板上有四个通孔。下部为一长方形底板,四个角也为圆角,板上有四个通孔。从右边的半剖视图可以看出,中部为一中空圆柱体(图 8.33c),上、下有大、小两个同轴的圆孔,由倒圆锥台孔相连,直通顶板和底板。在圆柱体的上部,前、后各有一半圆柱体的“凸台”与圆柱体和顶板的下部相连,“凸台”上有通孔与圆柱体内部的大圆孔相通。该物体的空间形状如图 8.33d 所示。

补图：由于该物体前、后对称,所以左视图可采用半剖视图表示。补画左视图时,可按形体分析法,由外形到内形逐一画出,如图 8.33e 所示。需要注意的是:左视图上有内、外两条相贯线,内部一条是“凸台”上的小圆孔与中部圆柱体内圆孔的相贯线,外部一条是半圆柱体“凸台”与中部圆柱体表面的相贯线(如图 8.33e 中箭头所指处)。

例 8.2 图 8.34 中已知涵洞的纵剖视图、平面图和 2—2、3—3 断面图,补画出涵洞的 1—1 剖视图(要求将翼墙及其护底的虚线全部画出,其余虚线不画)。

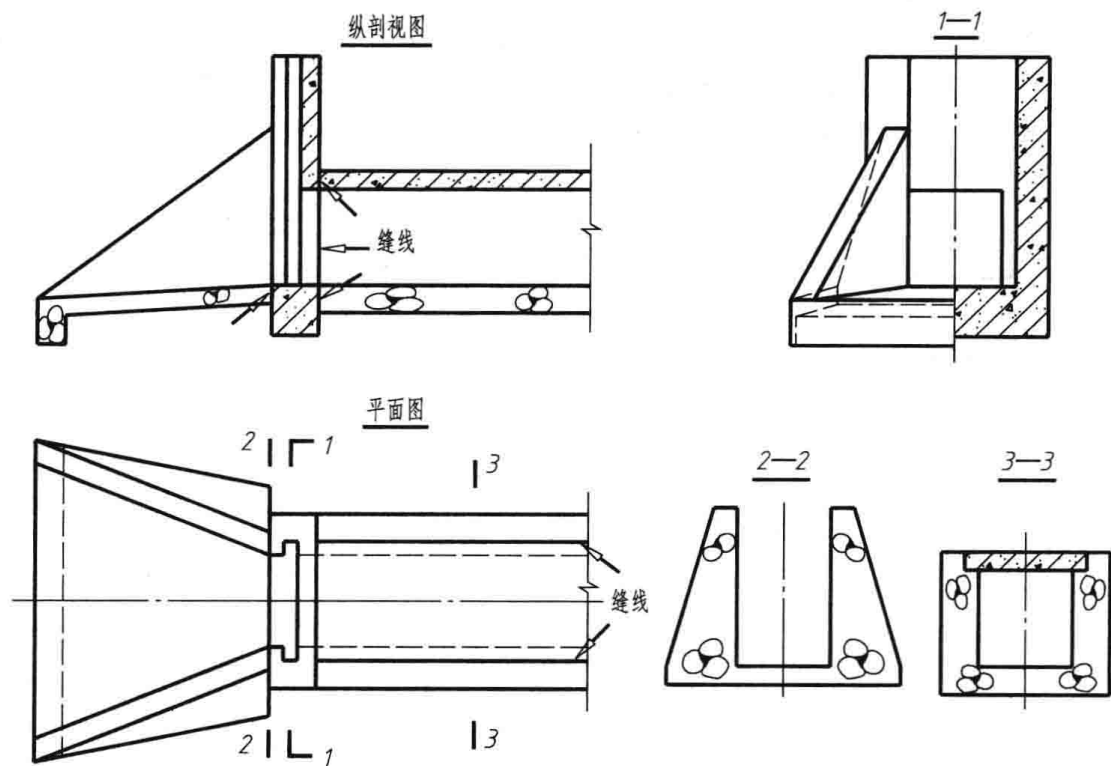


图 8.34 读图与补图

分析：从图 8.34 可知,纵剖视图是省略了标注的全剖视图,平面图上标注有三个剖切位置,其中 1—1 是本例所要画的图形,而 2—2 和 3—3 则都是用侧平面作剖切平面,只是剖切位置不同的两个已知断面图。

读图：本例所示涵洞前、后对称,轴线平行于正面,分左、中、右三部分组成。对照纵剖视和



平面图得知,左边的八字形翼墙带有斜护底(底板顶面垂直于正面),中部的面墙带有门槽,从上直通底板,右部为涵洞洞身。从图名、标注及剖面材料符号所画的位置着手,找出各图线的对应投影,分析空实层次不难看出,涵洞洞身为 U 字形浆砌块石箱体,上方有块钢筋混凝土盖板,各部分所用材料可从图中了解。另外图中还按水利工程图的要求画出了一些缝线(图中箭头所指处)。

补图: 因为涵洞前、后对称,补画的 $I-I$ 剖视图应该采用半剖视。剖切平面是经过面墙的门槽处的侧平面,假想将涵洞“切开”,然后朝箭头所指方向投射,画出剖视图。补画 $I-I$ 剖视图的左半部分时,要画出可以看见的翼墙轮廓、斜护底、矩形洞口、面墙左侧轮廓。在补画对称中心线右半部分图形时,除了画出被剖到的面墙门槽轮廓外,还要画出剖切面后方能看到的矩形洞口等轮廓线。因为面墙顶面是一个水平面,画 $I-I$ 剖视图时,不可遗漏表示该面的积聚性线段。另外,对被剖到的实体部位画上相应的剖面材料符号。

因本例强调要画翼墙及护底的全部虚线(若无此要求则不必画),所以对 $I-I$ 剖视图的左半部分还需根据已知的 2-2 断面图对照平面图和纵剖视图,运用形体分析和线面分析法读懂该结构,把翼墙和护底的全部不可见轮廓用虚线画在对称线的左侧。

完成后的涵洞 $I-I$ 剖视图见图 8.34。

例 8.3 补画图 8.35a 所示梁的左视图。

分析: 从图 8.35a 的两个断面图可知,梁的顶部是两个侧垂面;两端部是横置的五棱柱;中部的上方与端部同宽,下方比端部薄而高,是一个顶面被斜切去两块横置 T 形柱。

作图: 左视图如图 8.35b 所示。先画端面可见部分,后画中部不可见部分。

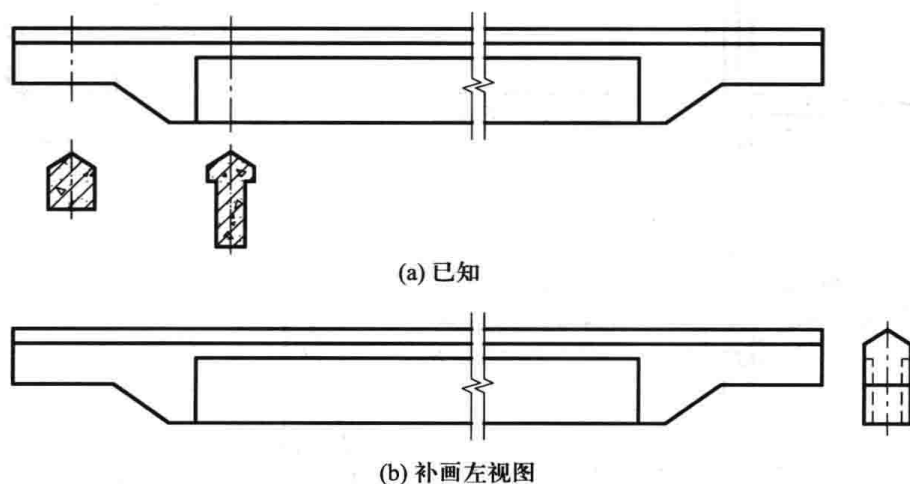


图 8.35 断面图的阅读与补图

8.5.2 表达方法

掌握正确表达工程形体的方法,是完成工程设计、施工等工作所必须具备的能力。要把一个复杂的物体用制图标准规定的多种表达方法,以图样的形式正确地表达在图纸上,须注意下面几点:

(1) 分析物体结构和实际工作情况,进行视图选择。



(2) 所选的一组视图不仅要完整清晰地表达物体的结构形状和设计意图,还应力求制图简便。

(3) 了解并遵守制图标准的各种规定,使所画图样符合要求、便于交流。

下面举例说明如何综合运用各种表达方法来表达工程建筑物。

例 8.4 图 8.36 所示是涵洞的立体图,各部分的名称和构造如图所示。图 8.37 是它的一组视图。

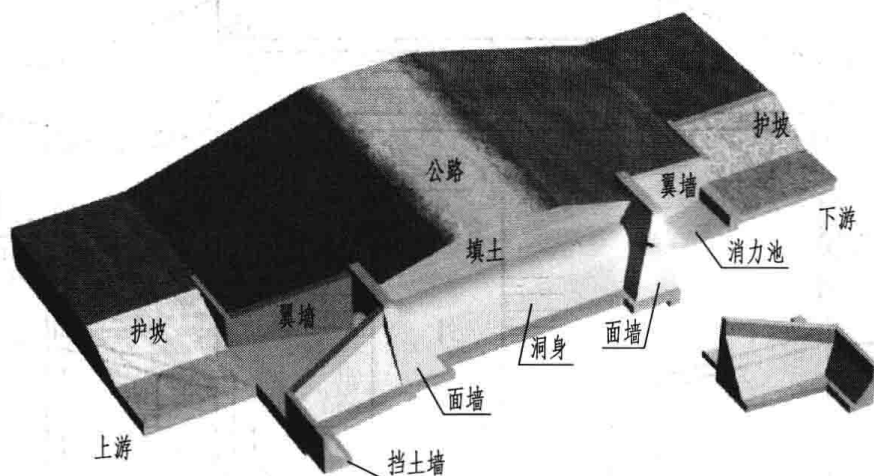


图 8.36 涵洞立体图

涵洞是一种水工建筑物,绘图时一般按正常工作位置放置,并使建筑物的主要轴线平行于正立面,上游侧在左边。为了清楚地表示洞身、面墙、底板、消力池的结构形状和材料,上、下游翼墙的形状及填土与岸坡结构等,正视图采用了通过轴线的全剖视(纵剖视图)。

平面图(俯视图)主要表达涵洞各组成部分的位置和平面形状。为使结构可见,前半部分采用了掀开画法,不画上面覆盖的填土。图中长短相间的细实线为示坡线,表示该面为斜面,短线的一侧为坡顶。

洞身的断面形状和材料用 3—3 断面图表示。为了表达进出口的外形,采用了 1—1、2—2 剖视图,因左右对称,按照局部视图配置各画一半,合并在一起是为了节省图幅。面墙的正面形状和八字翼墙最大断面的形状用 4—4、5—5 和 6—6 断面表达。7—7、8—8 断面表达了进出口转折处挡土墙的断面形状。

例 8.5 图 8.38 所示为一船闸下闸首的轴测图。该闸首的结构大致如下:整体结构左右对称;两边高出部分是空箱边墩,各有四个空箱,其中有一个空箱分为上、下两段,上段用于安置设备;还有一个空箱深度较浅,在其下面有输水廊道阀门;两侧边墩下部是输水廊道,廊道出口处有消力坎;闸首中部有门槛和门库。图 8.39 是它的一组视图,表达了船闸闸首的内外结构形状。

正视图采用阶梯剖的全剖视图(图中 1—1),左边表达了浅空箱及其下方的阀门槽,右边画出了空箱和输水廊道的断面。

俯视图采用阶梯剖的全剖视图(图中 2—2),左、右两边表达了不同高度的平面结构形状;左边反映了空箱和阀门槽断面的平面布置;右边表达了输水廊道平面形状;中部是门槛和门库、输水廊道出口与消力坎的位置与形状。

3—3 剖视图表达了闸首底板的构造、输水廊道进、出口的形状。



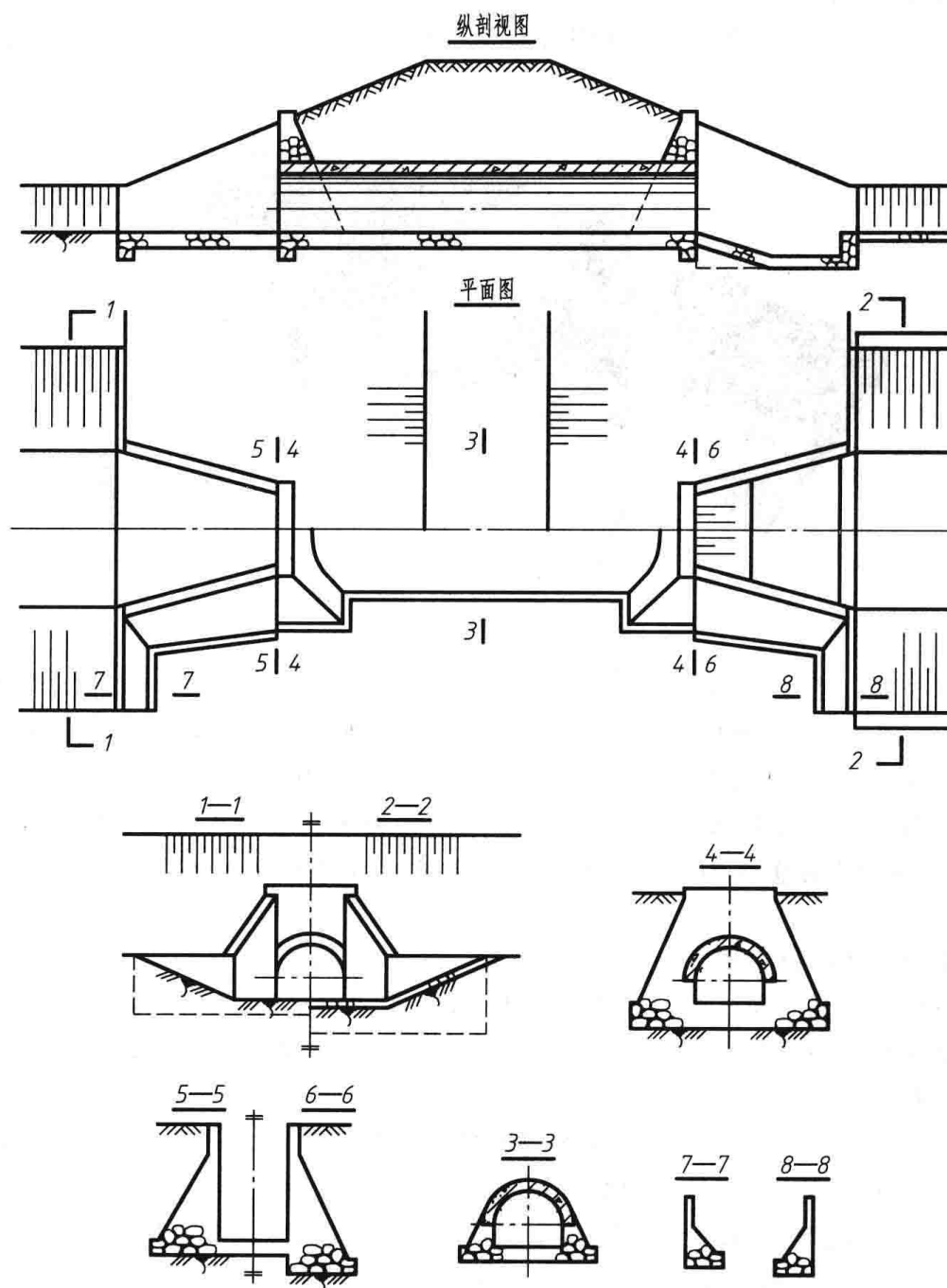


图 8.37 涵洞视图



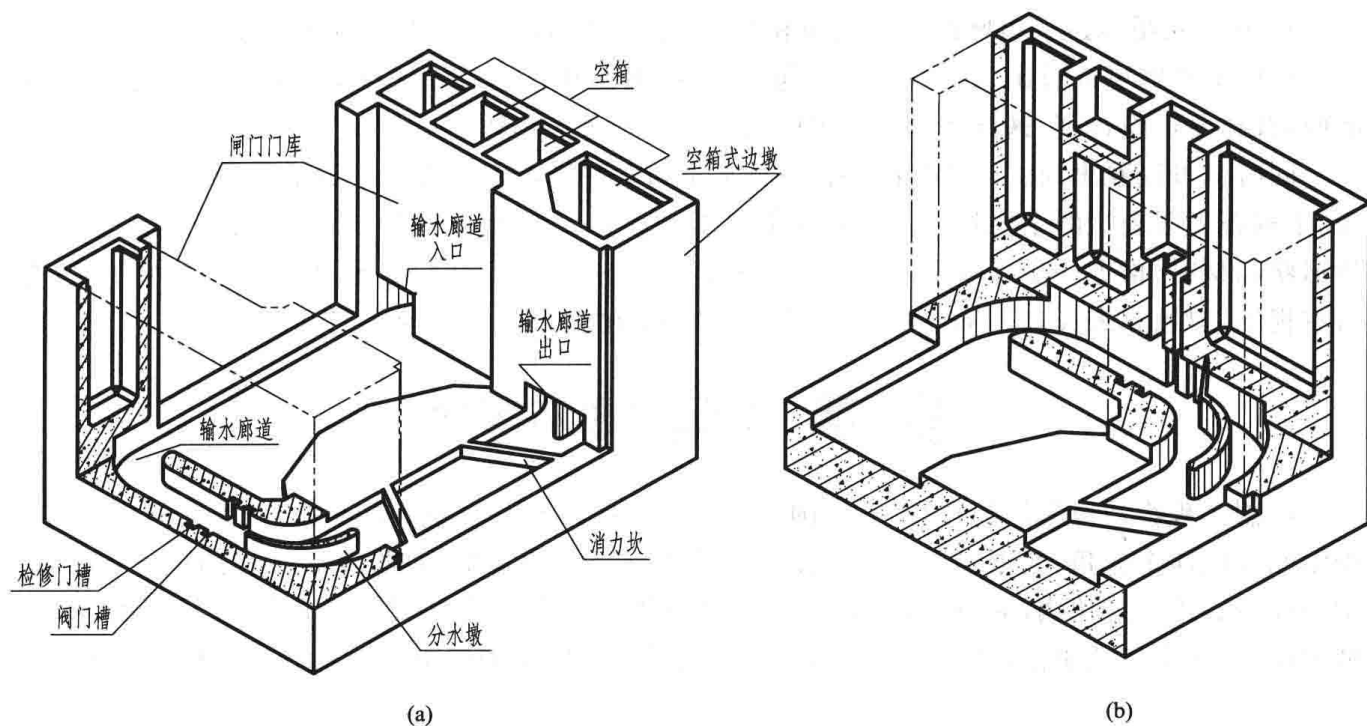


图 8.38 船闸下闸首轴测图

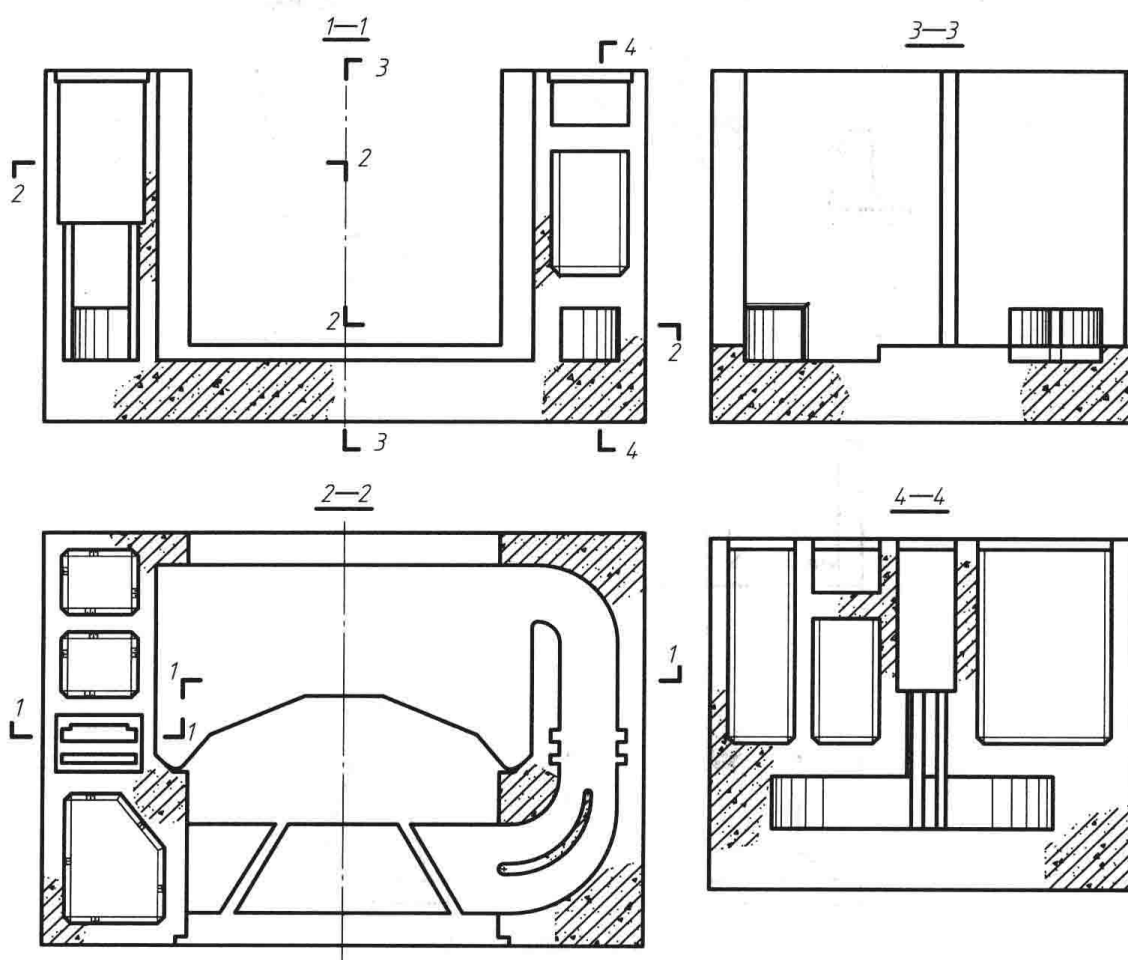


图 8.39 船闸下闸首视图



4—4 剖视图表达了边墩内四个空箱和阀门槽的立面构造及深度、输水廊道的高度。

从以上两例可以看出,在选用视图(包括剖视、断面和各种表示方法)表示物体时,目的性要明确,选择要正确合理,这样才能用较少的视图清楚地表示物体的形状。

同时也可以看出,在读一组视图时,首先要通过各视图的名称及标注弄清视图之间的投影关系,了解各视图表达的主要目的。然后从主要视图着手,先了解建筑物的总体结构、组成部分、大致形状和材料,再进一步弄清楚各部分的构造。读某一部分结构时,一定要找出与该结构有关的所有视图,对照起来读。读剖视图、断面图时,必须弄清楚剖切位置与投射方向。

8.6 第三角画法简介

绘制工程物体所采用的投影画法,国际上尚不一致。相互垂直的两个投影面(V 面和 H 面)把空间分成四个分角,我国是把物体放在第一分角内作正投影的,这种画法被称为第一角画法。把物体放在第三分角内(正立投影面之后,水平投影面之下),向各投影面进行投射得到投影图的方法,称为第三角画法,如图 8.40a 所示。美国等一些国家采用第三角画法。这种画法假定投

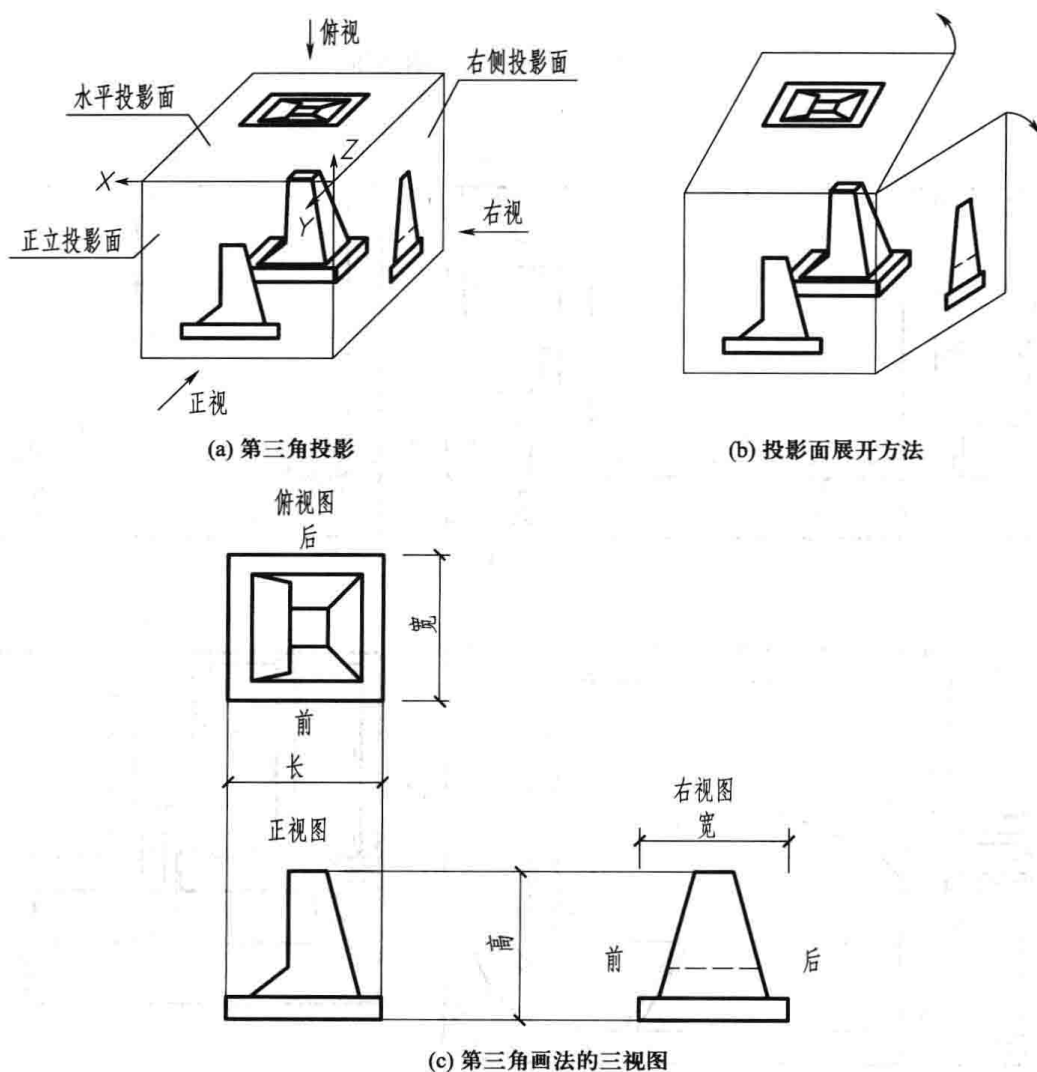


图 8.40 第三角画法和投影关系

影面是透明的,并且处在观察者和物体之间,投射时,始终保持人→投影面→物体的相对位置关系。投影面的展开方法如图 8.40b 所示,视图的位置和投影关系如图 8.40c 所示。

为了便于在图上识别所采用的不同画法,GB/T 14692—2008《技术制图 投影法》规定:采用第一角画法时,如有必要,在图样中可画出第一角画法的识别符号;采用第三角画法时,在图样中必须画出第三角画法的识别符号,如图 8.41 所示。

第一角与第三角两种画法的不同之处在于物体和投影面的相对位置、展开方法及展开后图形的布置位置;相同的则是都具有“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律。阅读工程图样时应注意其所用的画法。

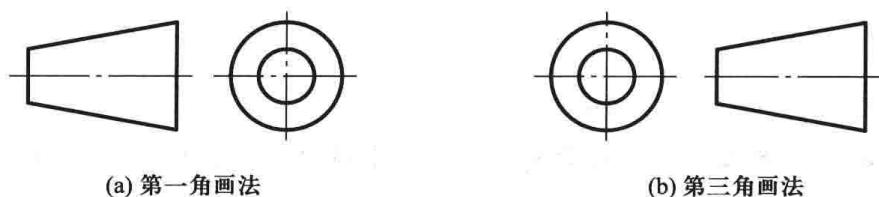


图 8.41 第一角和第三角画法的识别符号

思考题

1. 向视图是可以自由配置的视图,试说明规定了哪两种表达方式,这两种表达方式的特点是什么?
2. 剖视图和断面图是怎样形成的,它们的主要区别有哪些?
3. 用剖视、断面表示物体的形状时,剖面材料符号应画于何处? 要注意哪些问题?
4. 采用剖视、断面画视图时,如何处理不可见轮廓线?
5. 剖面图与断面图怎样标注? 这两种图的标注有何区别? 省略标注的原则是什么?
6. 试说明第一角画法与第三角画法的相同与不同。



第 9 章

水工建筑中的常见曲面

学习要点

1. 了解曲面的形成、分类及投影的特征；
2. 掌握水工建筑物中几种常见曲面的投影特性和画法,如斜椭圆柱、椭圆锥、扭面等曲面；
3. 熟悉各种曲面在水工建筑物中的应用。

9.1 曲面和曲面的投影

为了达到改善水流条件或受力状况,以及节省建筑材料等目的,水工建筑物的某些表面往往做成曲面,如图 9.1 所示连拱坝的坝主体表面为曲面,图 9.2 的水闸出口处的翼墙也是一曲面。

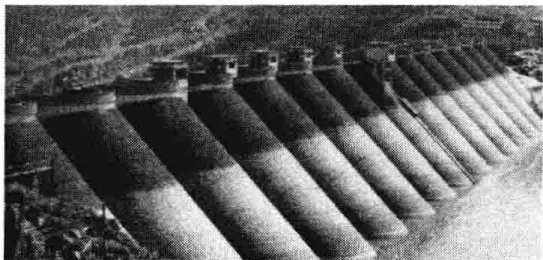


图 9.1 连拱坝

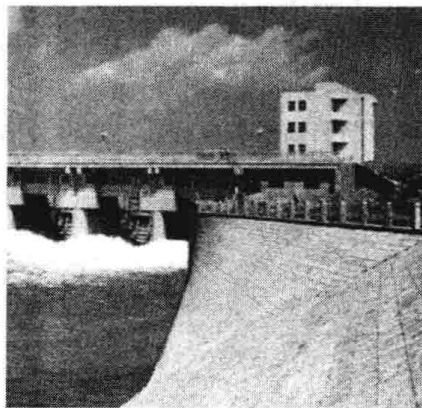


图 9.2 水闸出口

9.1.1 曲面的形成及分类

曲面可看作动线连续运动所形成的轨迹。该动线称为母线,母线在曲面上的任一位置称为曲面的素线。曲面可分为规则曲面和不规则曲面。常见的规则曲面,母线是按一定规则运动的,其中控制母线作规则运动的点、线、面,称为定点、导线、导面,如图 9.3 所示。

按母线的形状,曲面可分为直线面和曲线面

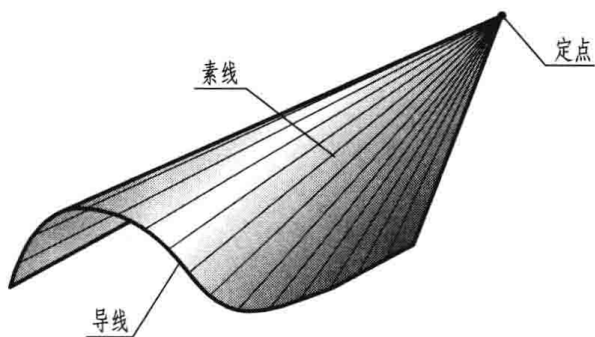


图 9.3 锥面的形成

两大类:由直母线形成的曲面称为直线面,只能由曲母线形成的曲面称为曲线面。水工建筑中常见曲面如图 9.4 所示。

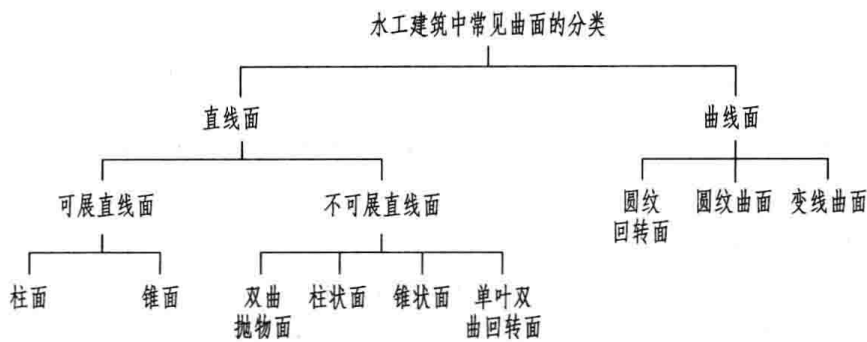


图 9.4 水工建筑中常见曲面

应当指出,有些曲面可以有多种形成方式,如图 9.5a 所示的曲面,可看作是直线面(由直线 $AA_1 \parallel MN$ 运动而成),也可看作是曲线面(由曲线 ACB 沿 MN 方向平移形成)。通常总是取有利于投影图绘制的形成方式。

由曲面的形成可知:过直线面上任一点,在该曲面上至少可作一直线;而只能由曲母线形成的曲线面上则作不出任何直线。

9.1.2 曲面的投影

从几何意义上来说,画出能确定曲面的几何要素的投影,如母线、定点、导线、导面等,曲面即可确定。但是为了表示得清晰、明显,通常还要画出曲面投影的外形轮廓线,如图 9.5b 所示。

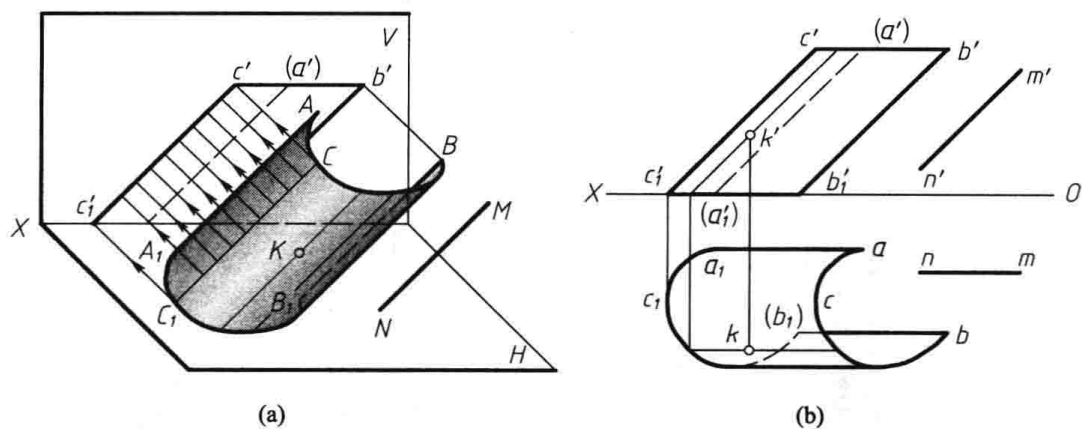


图 9.5 柱面的形成及投影

水工图上常用细实线画出曲面上若干素线,以增强立体感,如图 9.8 所示。

9.2 直线面

在直母线连续运动形成的曲面上,任意相邻两素线彼此相交或平行时称为可展直线面;任意相邻两素线彼此交叉时,称为不可展直线面。

9.2.1 可展直线面

1. 柱面

如图 9.5 所示,直母线沿曲导线运动且始终平行于一直导线时,所形成的曲面称为柱面。曲导线可以是闭合的,也可以是不闭合的。

柱面的素线互相平行。如用一组与素线相交的互相平行的平面截柱面,所得的截面形状及大小都相同。

垂直于柱面素线的截面称为正截面。正截面的形状反映柱面的特征,当柱面的正截面为圆时称为圆柱面,见图 9.6a;正截面为椭圆时称为椭圆柱面,见图 9.6b。

图 9.7 所示是一斜椭圆柱面,其曲导线为水平圆,直导线为正平线 OO_1 ,面上所有素线均为平行于 OO_1 的正平线。该柱面的三个投影都没有积聚性,上、下底的水平投影不重合。其正截面为椭圆,水平截面均为直径相等的圆,圆心在 OO_1 线上。请自行分析它的三个视图外形轮廓线的空间位置及投影。

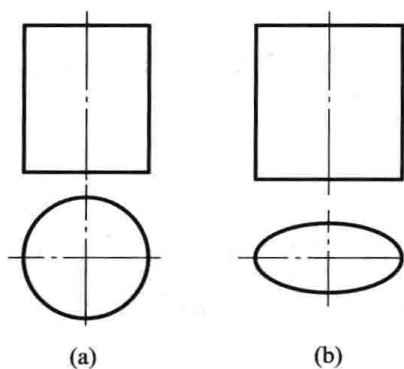


图 9.6 圆柱和椭圆柱

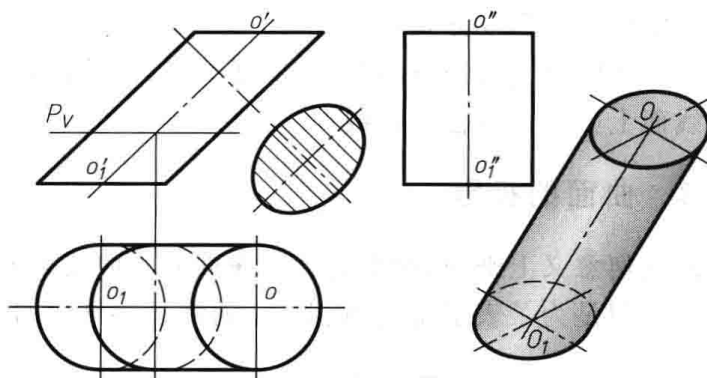


图 9.7 斜椭圆柱

图 9.8 所示闸墩一端的表面就是斜椭圆柱面。

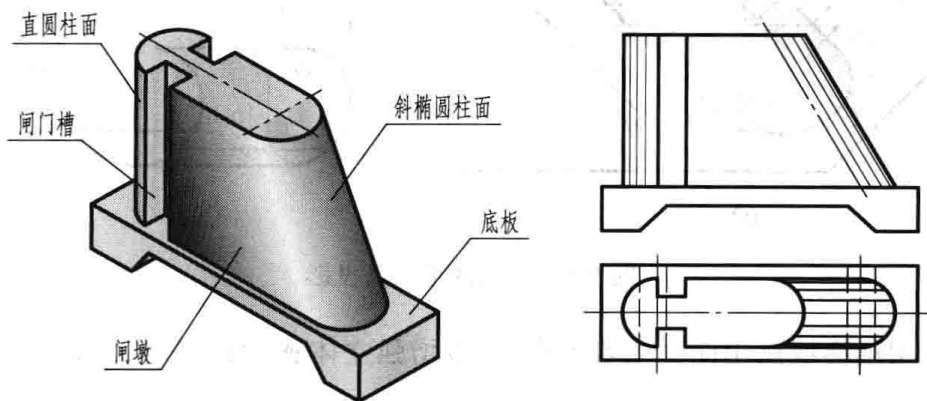


图 9.8 闸墩上的斜椭圆柱面

在斜椭圆柱面上作点时,可以利用柱面上的素线或水平圆作辅助线,如图 9.9 所示。



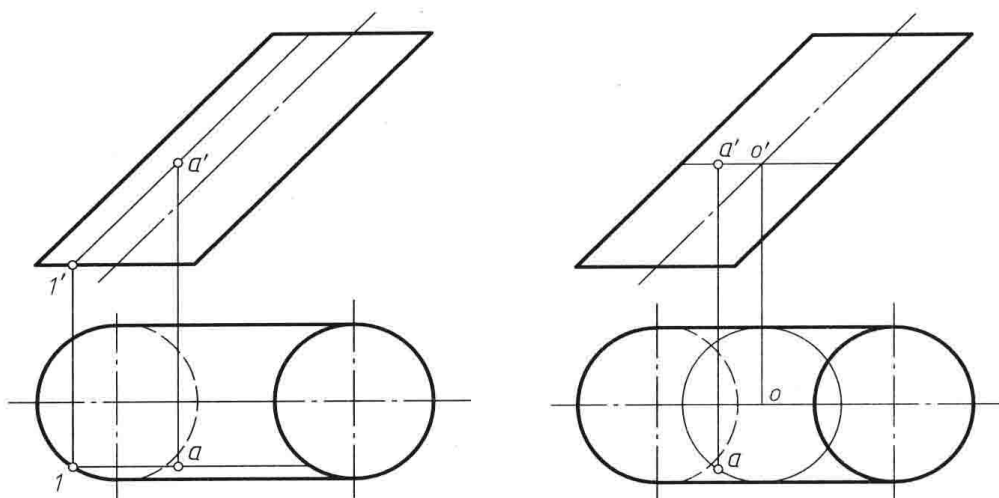


图 9.9 斜椭圆柱面上作点

2. 锥面

如图 9.3 所示,直母线沿曲导线运动,且始终通过一定点时,所形成的曲面称为锥面。如图 9.10a 中渠道转弯处的斜坡面及图 9.10b 中大、小管道连接段的表面都是锥面。锥面同样可以是闭合的,也可以是不闭合的。定点称为锥面的顶点,锥面上所有素线都通过锥顶。

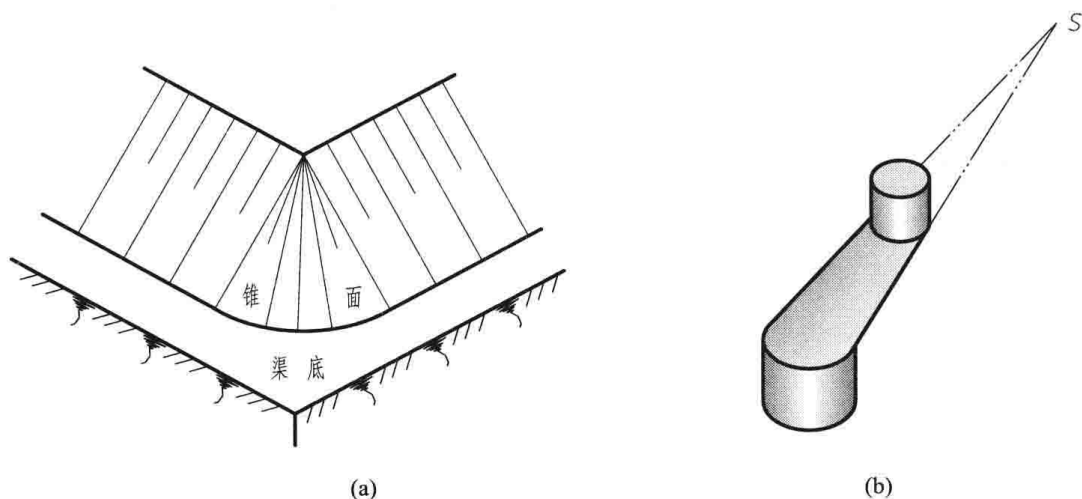


图 9.10 锥面的应用

当锥面有两个或两个以上对称面时,它们的交线称为锥面的轴线,如图 9.11 中的 SO 。当垂直于轴线的截面(正截面)为圆时称为圆锥面,如图 9.11a 所示;若正截面为椭圆则称为椭圆锥面,如图 9.11b 所示。图 9.12 所示斜椭圆锥面的导线为水平圆,顶点为 S ,顶点与底圆圆心连线 SO 为正平线,图 9.12b 是其投影图。可以看出,俯视外形轮廓线 $s1$ 、 $s2$ 的水平投影与底圆的水平投影相切。图中示出了 $s'1'$ 、 $s'2'$ 、 $s''1''$ 、 $s''2''$ 的位置,但一般并不画出。该斜椭圆锥面的正视、左视外形轮廓线的空间位置及其投影请自行分析。

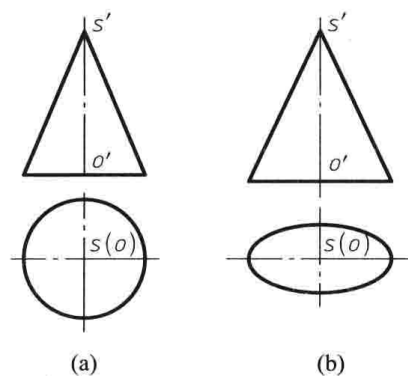


图 9.11 圆锥和椭圆锥面



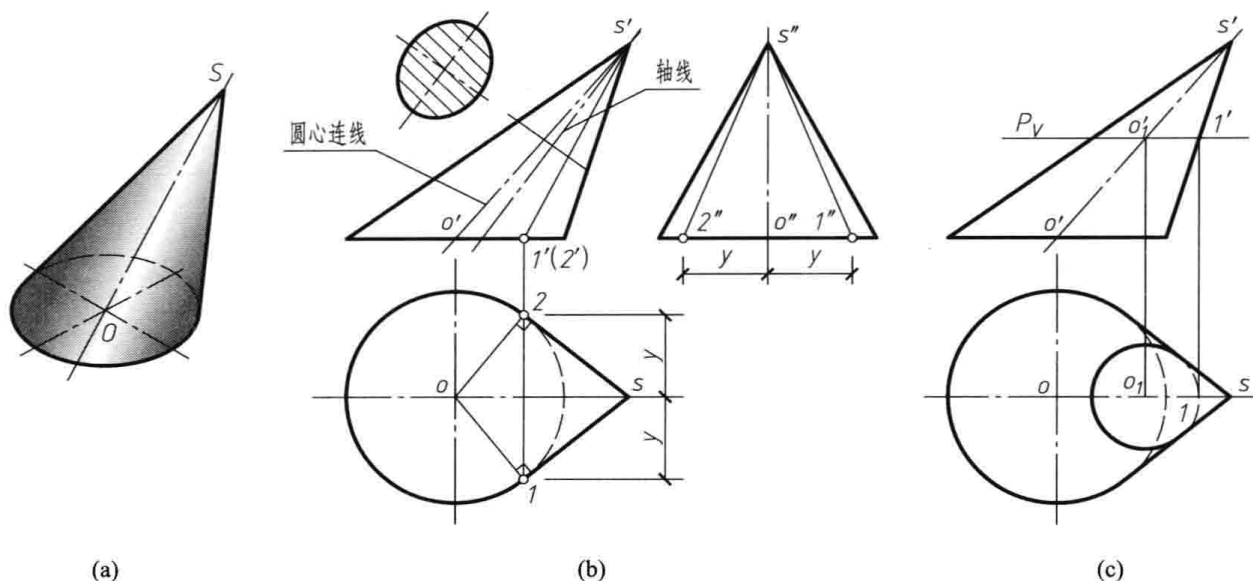


图 9.12 斜椭圆锥面

图 9.12b 中示出了此锥面的轴线(与锥顶角的平分线重合)及锥顶与底圆圆心的连线,它们不是同一直线;而直圆锥面的这两条线是重合的。

若用水平面截此锥面,截交线都是圆,圆心在锥顶与底圆的圆心连线上,半径则由截平面的位置确定,见图 9.12c。

在斜椭圆锥面上作点时,需借助锥面上的素线或水平圆作辅助线。

9.2.2 不可展直线面

1. 双曲抛物面

一直母线沿两交叉直线运动,且始终平行于一个导平面,所形成的曲面称为双曲抛物面。双曲抛物面的投影不仅要画出其导线、曲面边界线及外形轮廓线的投影,一般还要用细实线画出若干素线的投影。

图 9.13 所示双曲抛物面的母线为 AC ,导线为交叉两直线 AB 、 CD ,导面为铅垂面 P 。将导线 AB 分成若干等分,过各等分点作导面 P 的平行线与导线 CD 相交,就得到一组素线 $I I_1$ 、 $II II_1 \dots$ 。画出导线、曲面边界及素线的投影后,再画出素线投影的包络线——抛物线(正视、左视外形轮廓线的投影),就得到此双曲抛物面的投影图。

该双曲抛物面也可以是以 AB 为母线, AC 、 BD 两直线为导线,并以平行于 AB 、 CD 的铅垂面 Q 为导面而形成的。因此,这种曲面上有两簇直素线,通过面上的任意一点可在面上作出两条直线。每条素线与同一簇的其他素线都是互相交叉,与另一簇的所有素线都相交。

若平行于导面截双曲抛物面,截交线均为直线;用平行于两导面交线但不平行于任何一导面的平面截此曲面,截交线为抛物线;用垂直于两导面的平面(如图 9.13b 中的水平面 R)截此曲面,截交线均为双曲线。由于这种曲面上只能截出双曲线和抛物线两种曲线,故称为双曲抛物面。

双曲抛物面经常用于水闸、船闸、渡槽等断面形状变化的连接处。如图 9.14a 所示,渠道两侧边坡是斜面,水闸侧墙面是直立的墙,为使水流平顺过渡,连接段采用了双曲抛物面。图中画



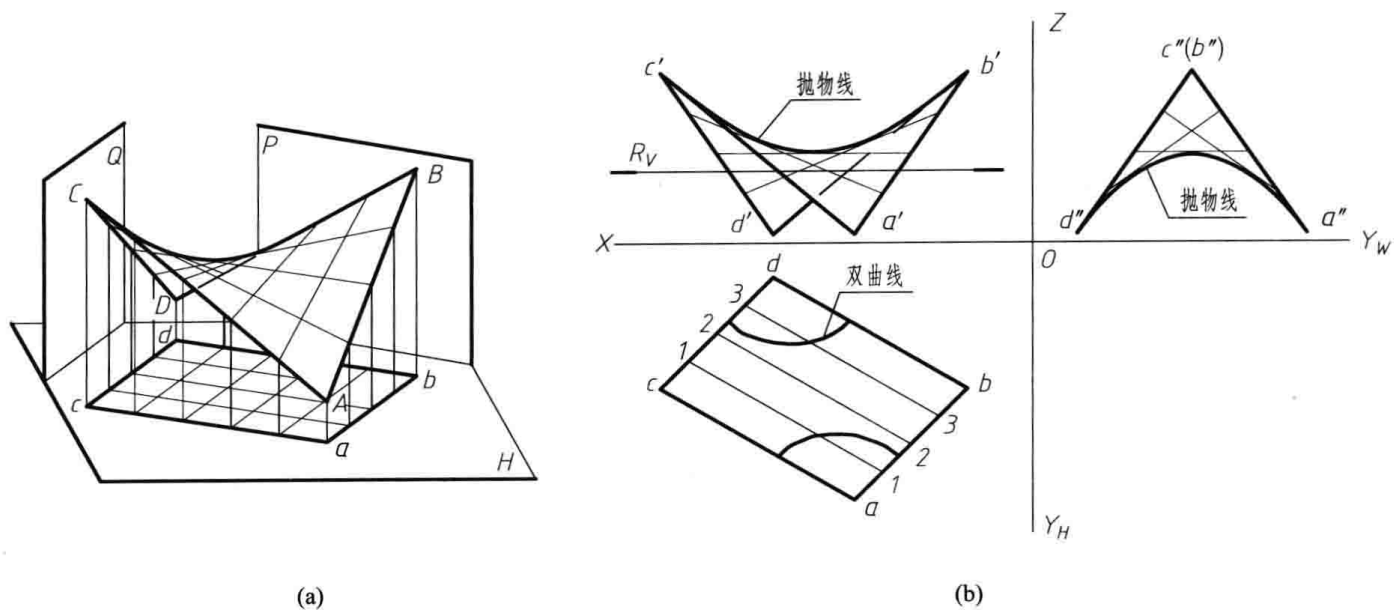


图 9.13 双曲抛物面

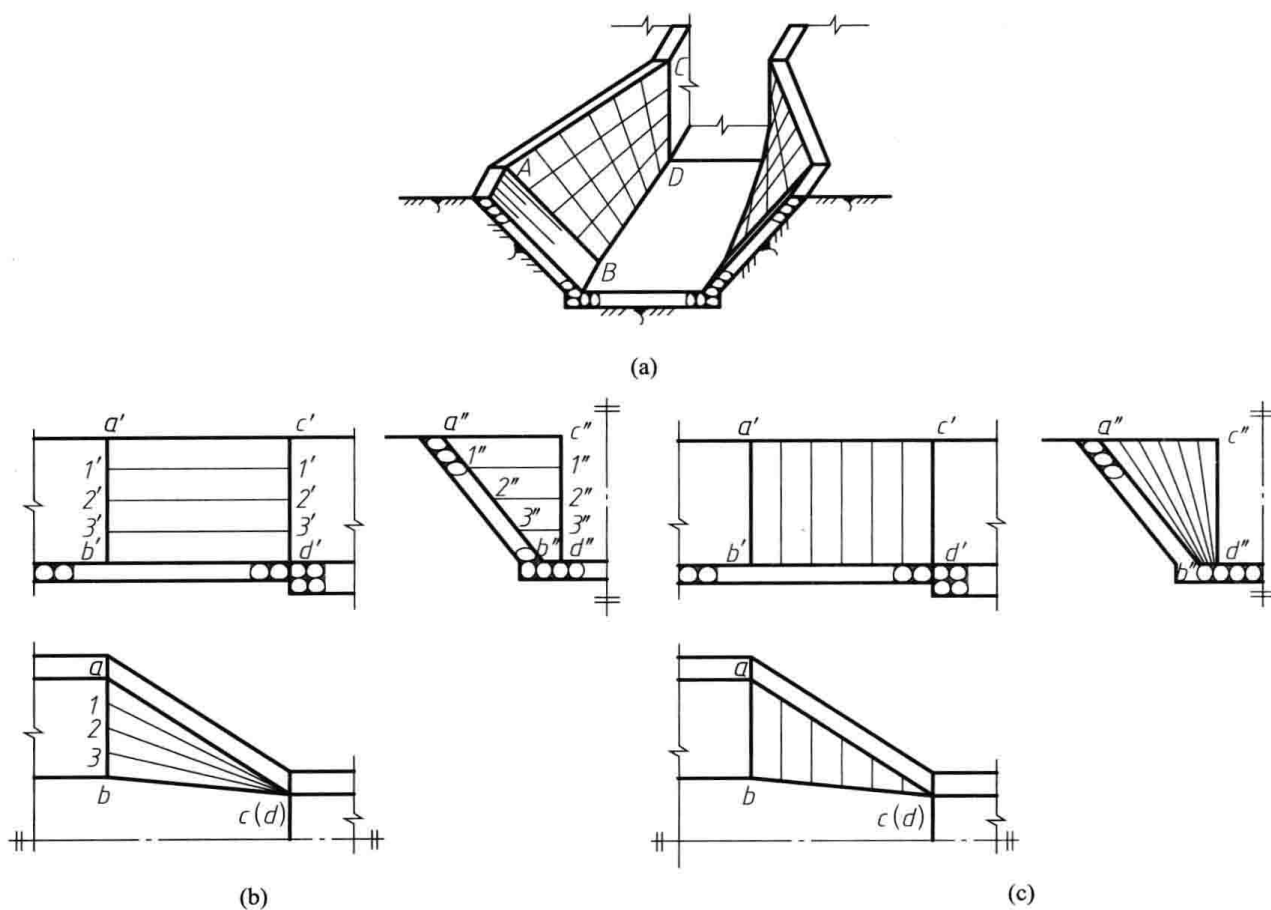


图 9.14 渠道中的双曲抛物面

出了它的两簇素线,一簇为水平线,另一簇为侧平线。图 9.14b、c 为连接段的投影图。图 9.14b 中画出了水平素线,图 9.14c 中画出了侧平素线。



在水利工程图中,习惯于在俯视图上画出水平素线的投影,在左视图上画出侧平素线的投影,而在正视图(剖视)上不画素线,只写“扭面”,如图 9.15a 所示。

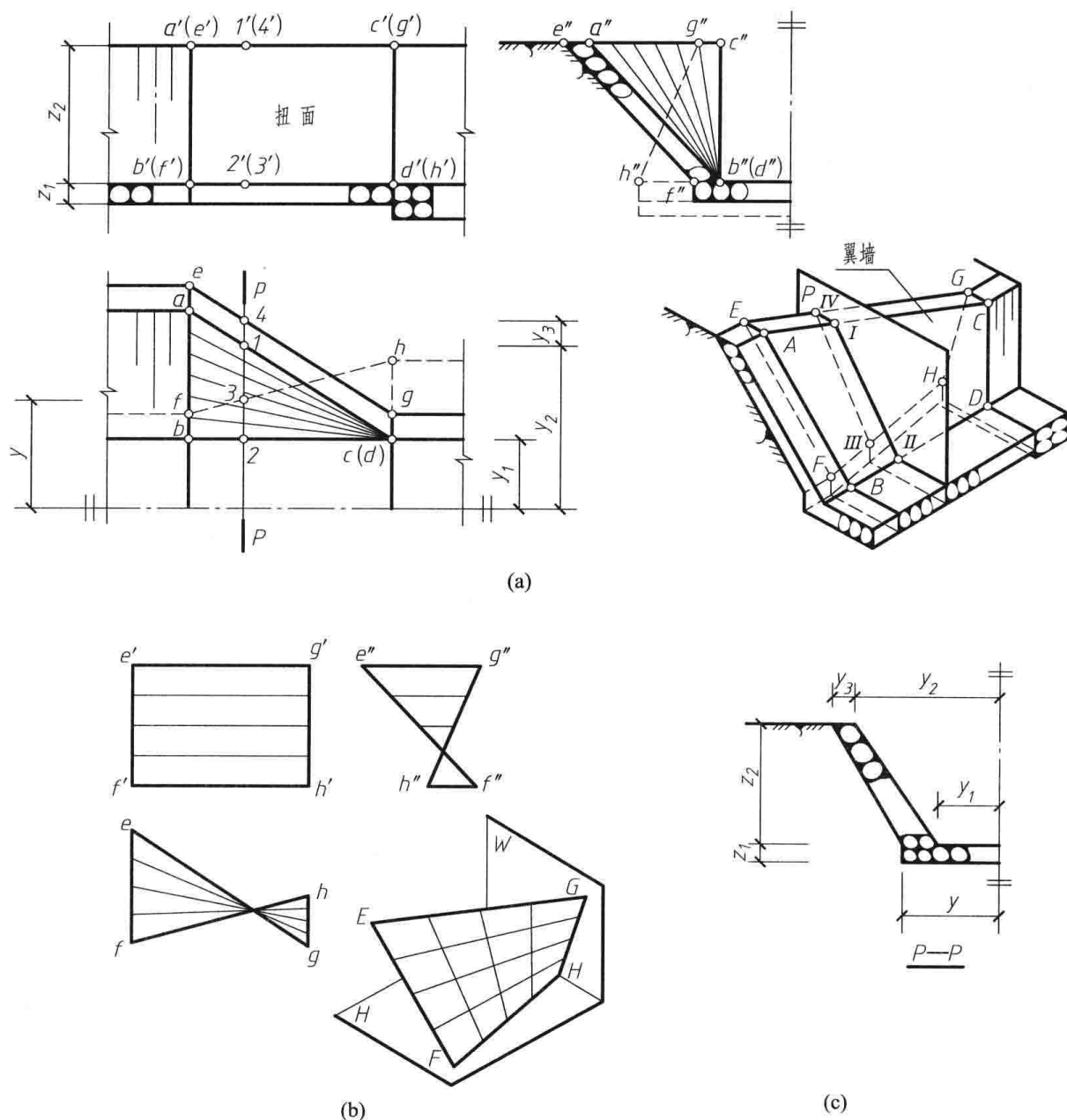


图 9.15 扭面翼墙

在实际工程中,这种翼墙不仅迎水面做成双曲抛物面,其背水(挡土)面也做成双曲抛物面,如图 9.15a 中的 $EFHG$ 面,其导面与迎水面的导面相同。图 9.15b 单独画出了背水曲面的投影图和立体图。施工时,往往需要画出这种翼墙的断面图。图 9.15c 示出了 $P-P$ 断面图的画法。因剖切平面为侧平面,平行于导面,所以它与翼墙迎水面及背水面的交线都是直线。

水利工程中,有时也会遇到如图 9.16 所示的双曲抛物面,其导线为 AB 、 CD ,导面为与 AC 及 BD 平行的一般位置面 LMN ,素线为两导线相同等分点的连线。利用辅助投影作投影转换,可以看出所有素线都平行于导面。



若双曲抛物面的两导线互相平行,则变为平面。

2. 柱状面

一直母线沿着两条曲导线运动,并始终与一导平面平行,所形成的曲面称为柱状面。图 9.17 所示闸墩右端部就是两个前、后对称的柱状面,其上导线为 $1/4$ 圆周,下导线为一段圆弧,导面为正平面。该柱状面上所有素线都是正平线,素线的正面投影可根据水平投影按投影关系定出。

柱状面上相邻两素线交叉,是不可展直线面。

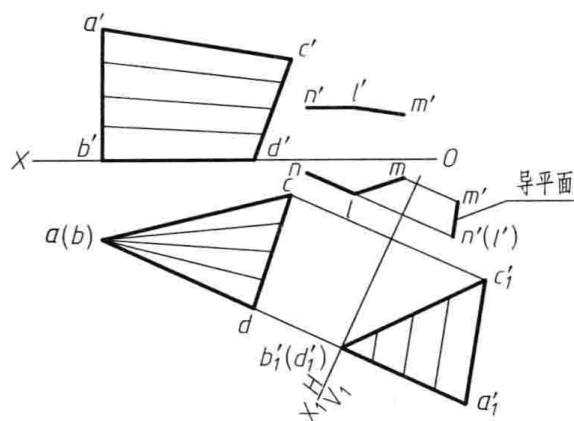


图 9.16 导面为一般位置面的双曲抛物面

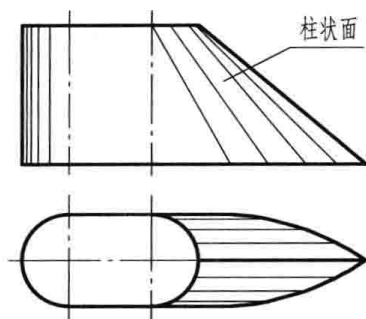
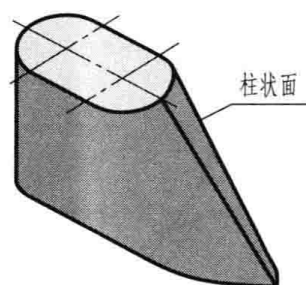


图 9.17 柱状面



当柱状面的两条曲导线形状和大小相同,且互相平行时,相邻素线都互相平行,则成为柱面。

3. 锥状面

一直母线沿着一条直导线和一条曲导线运动,并始终与一导平面平行,所形成的曲面称为锥状面。

图 9.18 所示锥状面的导线为直线 AB 和半圆 CDE ,导面为侧平面。房屋建筑中有些新型屋面常采用这种锥状面形式。图 9.19 为锥状面在水利工程中的应用一例。

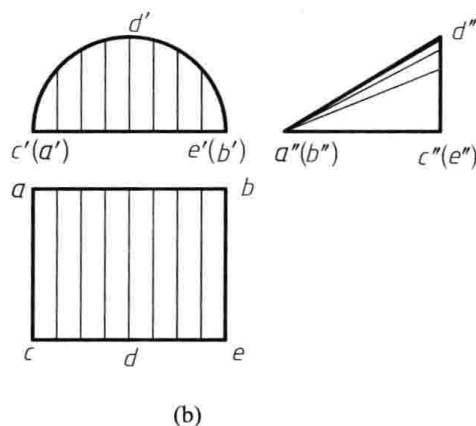
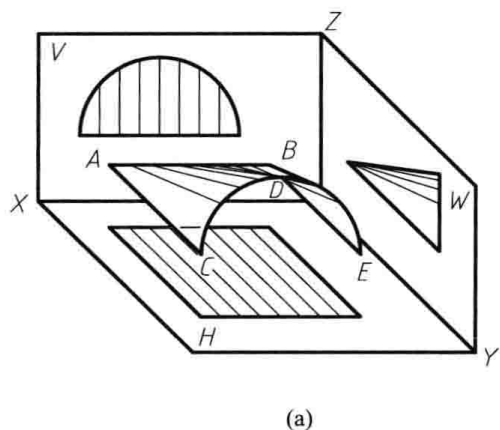


图 9.18 锥状面

锥状面上相邻两素线交叉,是不可展直线面。如锥状面的直导线蜕化为一点,则成为锥面。



4. 单叶回转双曲面

如图 9.20a 所示,直母线绕与其交叉的轴线旋转而形成的曲面称为单叶回转双曲面,该面上相邻两直素线都是交叉的,是不可展曲面。这种曲面也可由双曲线绕其虚轴旋转而成。

图 9.20b 表示了已知回转轴 OO 及母线 AB 时作单叶回转双曲面投影的一种方法。因母线 AB 上所有点都绕轴 OO 做圆周运动,所以在 AB 线上取一系列点,如端点 A 、 B ,距轴线最近点 C 及其中间点 I 、 II 、 III 等,画出它们轨迹圆的正面投影,并将它们的

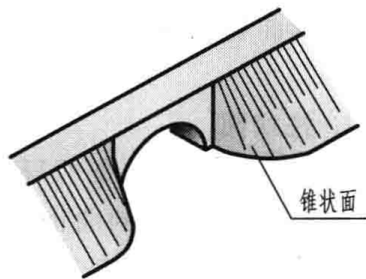


图 9.19 水利工程中的锥状面

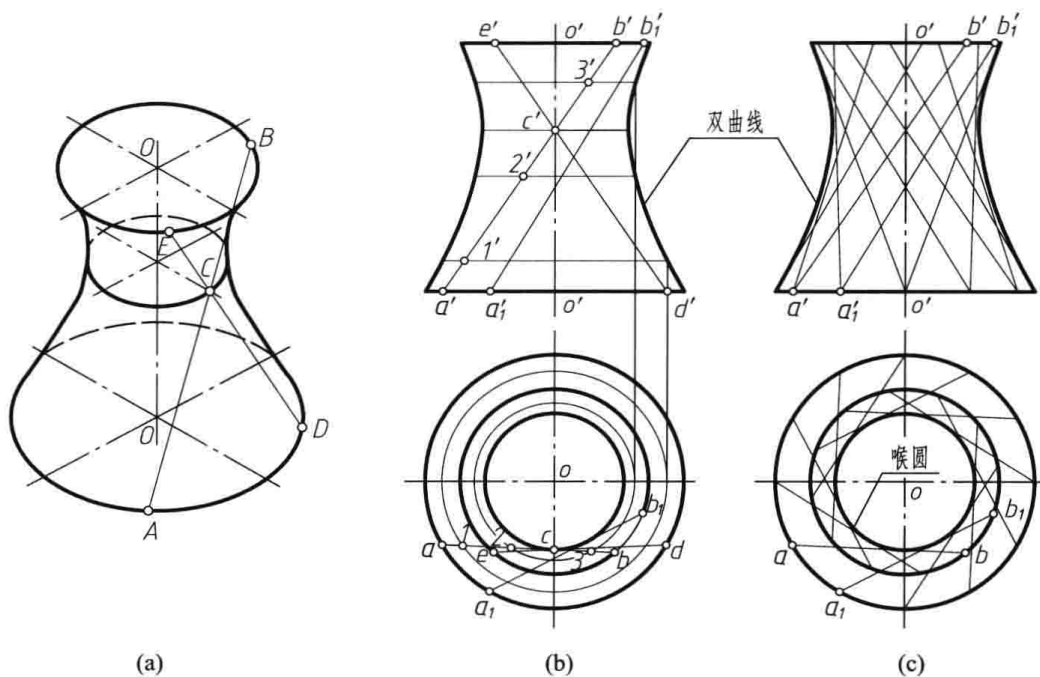


图 9.20 单叶回转双曲面

端点用光滑曲线连接,即可得到正视外形轮廓线的投影——双曲线。水平投影需画出顶圆、底圆及喉圆(母线 AB 上距轴最近的点 C 的回转圆)的投影。图 9.20c 表示了作单叶回转双曲面投影的另一种方法。因为母线 AB 绕 OO 轴旋转时,母线上各点旋转的角度相同,因此,先画出两端点回转圆周的投影,并将它们自 A 、 B 两点开始分成相同的等分,将对应等分点的同面投影用直线连接,即得各素线的投影。再作出这些素线正面投影的包络线(双曲线)及素线水平投影的公切圆(喉圆),即完成作图。

从图 9.20a、b 还可看出,这个曲面也可由直母线 DE 绕 OO 轴旋转而成。因此,它有两簇直素线,通过曲面上任一点都可作出两条直线。

图 9.21 是将单叶回转双曲面的这种性质应用于水塔支架结构的例子。图 9.22 所示电厂冷却塔,其表面为单叶回转双曲面。

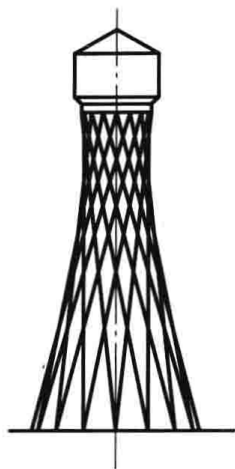


图 9.21 水塔支架

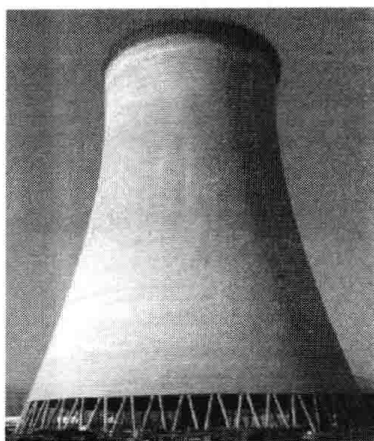


图 9.22 冷却塔

9.3 曲线面

曲线面只能由曲母线运动而成,它表面上没有任何直线。曲线面都是不可展曲面。圆球面及圆环面是曲线面,它们的母线在运动过程中,形状及大小都不变。若曲母线在运动过程中,形状或大小发生变化,则所形成的曲面称为变线曲面。

9.3.1 曲线回转面

常见的曲线面为曲线回转面,它是由平面曲线绕该平面上一直线旋转而成。最常见的曲线回转面为圆球面和圆环面。

画曲线回转面的投影时,通常要画出回转轴、曲母线、曲面边界线及外形轮廓线的投影。图 9.23 所示曲线回转面的母线为曲线 $ABCD$, 曲面边界线为顶圆、底圆, 正视外形轮廓线为 $a'b'c'd'$ 及 $a_1'b_1'c_1'd_1'$, 俯视外形轮廓线为最小圆(喉圆)和最大圆(赤道圆)。

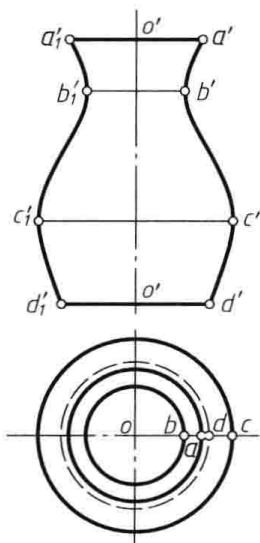


图 9.23 曲线回转面

9.3.2 圆纹曲面

圆纹曲面是指母线为圆周或圆弧的曲面,球面与环面均是圆纹回转面。

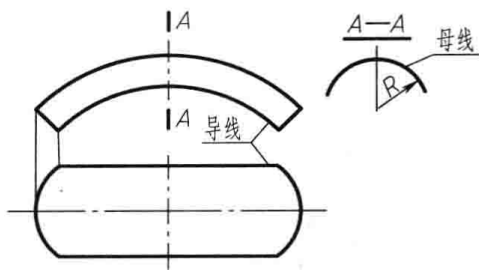
图 9.24a 是双曲拱桥,它的主拱圈是圆纹曲面,是以圆弧为母线,圆弧端点沿曲导线移动而成。圆弧所在平面是曲导线上各点的法平面。桥的跨度较大时,曲导线多为悬链线;跨度小时,曲导线为圆弧,此时曲面即为部分外环面。

图 9.24b 是双曲拱桥主拱圈曲面的投影图,图中应画出母线、导线、曲面边界线及外轮廓的投影,母线形状是由正截面给出的。





(a)



(b)

图 9.24 双曲拱桥

9.3.3 变线曲面

图 9.25 所示的牛角面是一种变线圆纹曲面,母线圆在运动过程中直径按一定规律发生变化,圆平面始终垂直于曲导线。投影图上除了画出导线(圆心轨迹)及曲面外形轮廓线之外,为了表示母线圆直径变化的情形,还要画出一些截面。

图 9.26a 是水轮机的蜗壳,蜗壳曲面是变线曲面。图 9.26b 是蜗壳曲面的型线图,是反映该曲面形状特征的投影图,细线圆外面是曲面投影。过蜗壳轴线作了 12 个截平面,将这 12 条截交线重叠地画出,如图 9.26c 所示,用以表达该曲面母线的形状及其变化规律。由于截交线是上下对称的,每条截交线都只需画出一半。根据图形和所注尺寸,可以完全确定这个曲面的形状和大小。

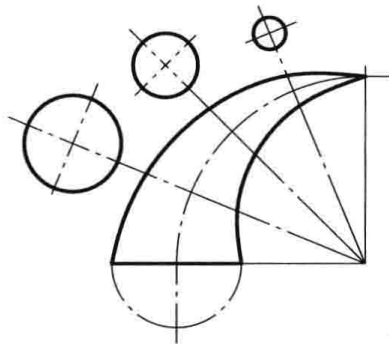


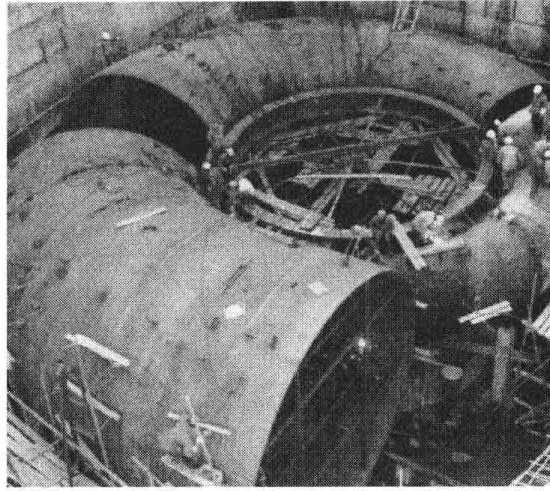
图 9.25 牛角面

图 9.27 所示是一拱坝。拱坝是建筑在河床上的水工建筑物,用来拦截河水。它的曲面凸向上游河水。图 9.28 是双曲拱坝的形体特征图,双曲拱坝的上游面及下游面都是变线曲面,母线是变半径的水平圆,圆心轨迹线 $O_1O_2 \cdots O_7$ 是一条与侧面平行的平面曲线。双曲拱坝平面图 9.28a 中表示了曲面的边界及下游面七个不同高程的素线圆弧的水平投影(上游面的素线圆弧图中省略未画)。这些素线圆弧也可看成是七个高程不同的水平面与坝面的截交线。图中标注了各素线圆弧的圆心角。

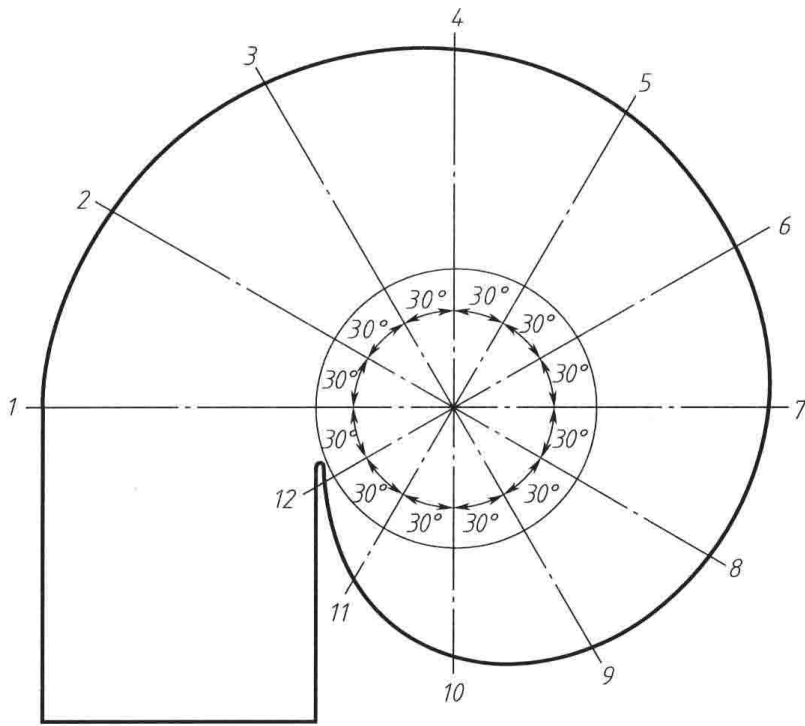
图 9.28b 中的拱冠梁断面及圆心轨迹线图是用侧平面沿坝的中心线 O_1O_7 剖切得来的,它反映了拱坝最大断面形状、七个水平截面与拱坝最大断面交点至坝轴线的距离以及七个素线圆弧的圆心位置。

为了便于看图施工和简化尺寸标注,有些尺寸集中列成几何参数表,如图 9.28c。表中的左半中心角是指平面图的右方半中心角,而右半中心角是指平面图中左方半中心角,这是因为水利工程中的左右是按人面向下游确定的。

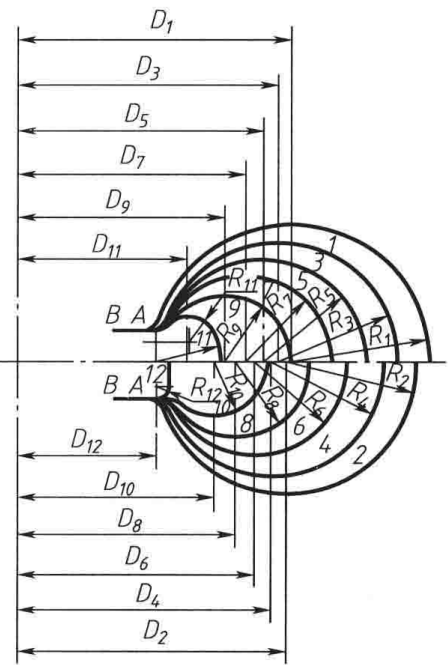




(a)



(b)



(c)

图 9.26 蜗壳曲面

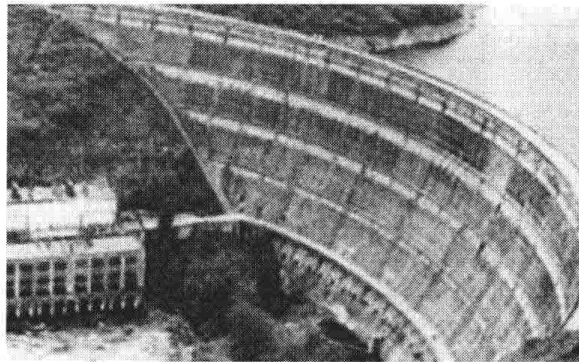
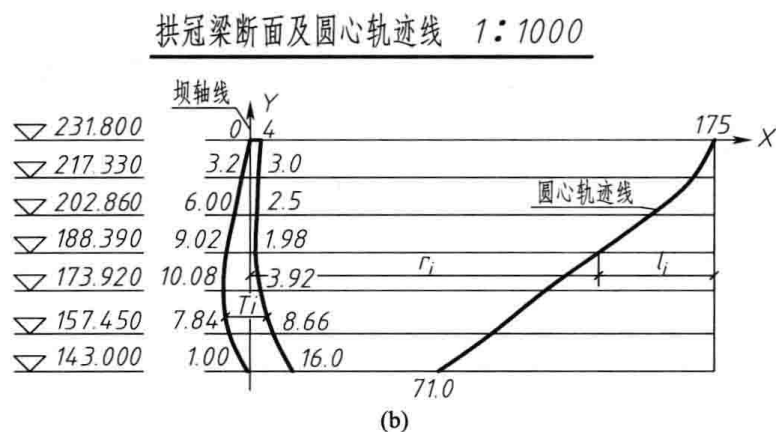
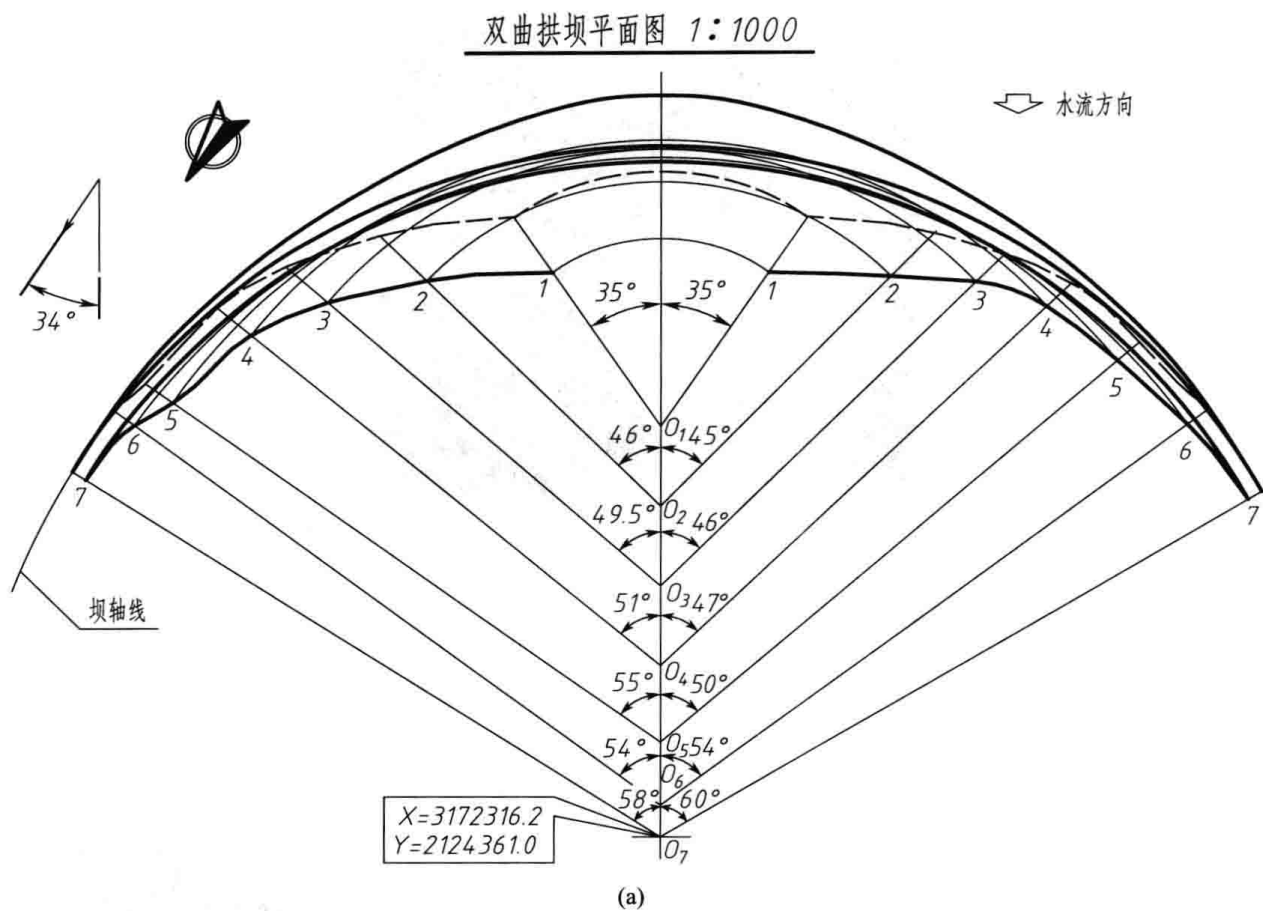


图 9.27 拱坝





几何参数

m

拱圈编号	拱圈高程	圆心距 l_i	拱厚 T_i	平均半径 r_i	左半中心角	右半中心角	拱圈弧长
1	143.000	104	17	63.5	35°	35°	77.58
2	157.450	83.84	16.5	90.75	45°	46°	144.13
3	173.920	63.68	14	114.4	46°	49.5°	190.66
4	188.390	43.52	11	135	47°	51°	230.91
5	202.860	24	8.5	152.75	50°	55°	279.91
6	217.330	8	6.2	167.1	54°	54°	314.98
7	231.800	0	4	173	60°	68°	356.29

(c)

图 9.28 双曲拱坝的形体特征图

9.4 组 合 面

水工建筑物中某些局部结构的表面常由几种曲面和平面相交或相切组合而成,这种表面称为组合面,如图 9.29 中的引水管进口和尾水管。水电站及抽水机站的引水管道或隧洞通常是圆形断面,而安装闸门处需要做成矩形断面。为使水流平顺过渡,在矩形断面与圆形断面之间,通常采用渐变段过渡,使断面逐渐变化,如图 9.30 所示。

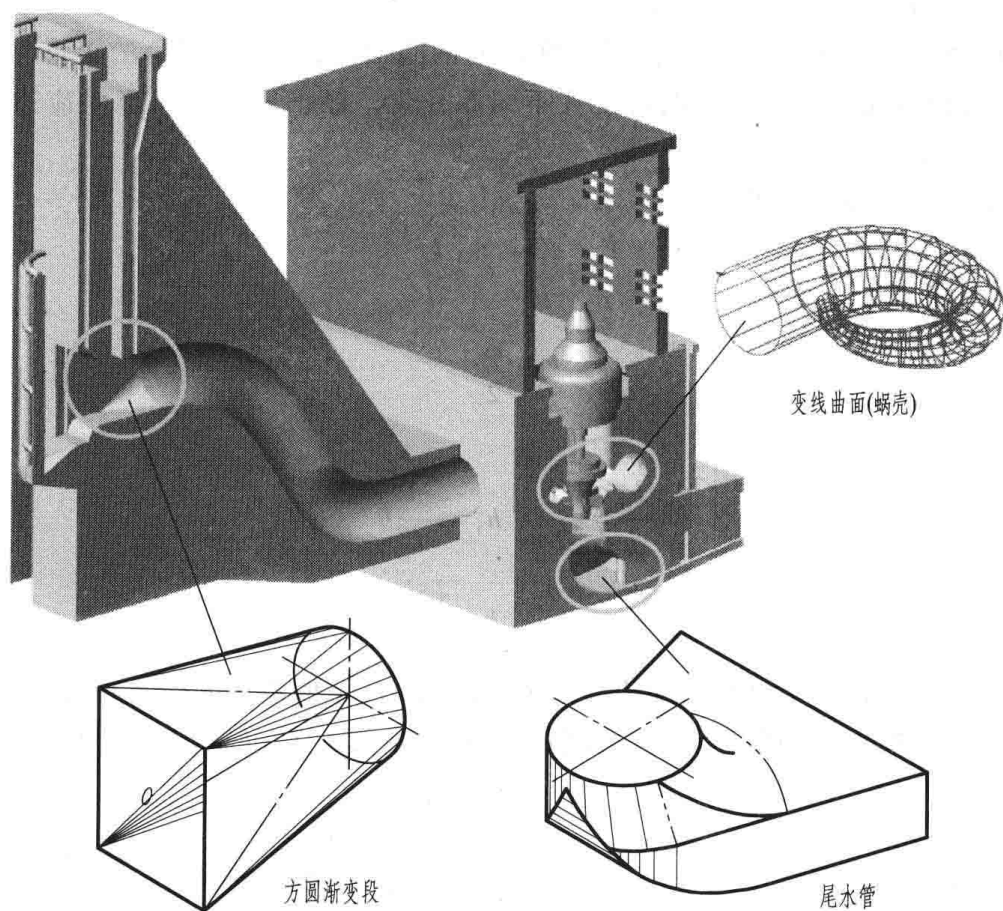


图 9.29 组合面在水电站中的应用

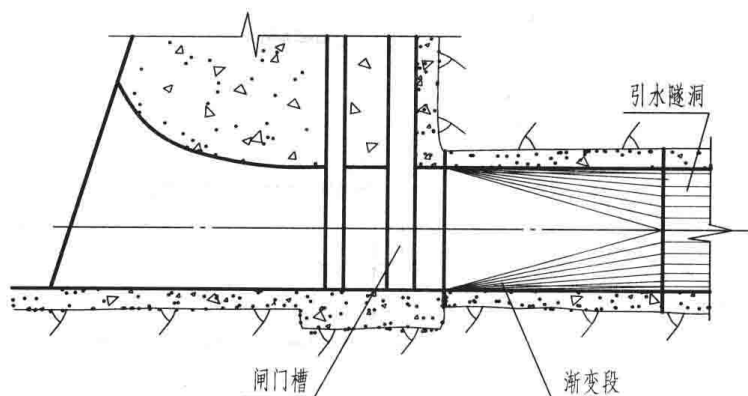


图 9.30 进水口处的渐变段



例 9.1 试分析图 9.31 所示渐变段表面的组成,并画出 $I-I$ 断面图。

解:

(1) 渐变段表面的分析。这个渐变段是由四个三角形平面和四部分斜椭圆锥面相切组成的。矩形断面的四个顶点分别是四个椭圆锥面的顶点,圆周断面的四段四分之一圆弧分别为四个椭圆锥面的导线。

图 9.31b 画出了渐变段表面的三个投影。图上除了画出表面的轮廓形状外,还用细实线画出椭圆锥面与平面切线的投影。它们的正面投影和水平投影与斜椭圆锥圆心连线的投影重合。图中还画出了锥面上一些素线的投影,使图形更加形象化。

(2) 断面的画法。在矩形断面与圆形断面之间的断面图,都是带圆角的矩形。圆角半径的大小 r_1 及直线段的长度 h_1 、 b_1 都随剖切位置不同而变化。根据相似三角形对应边成比例的定理,可以得到关系式如下:

比较 $\triangle s'_1 a' c'$ 与 $\triangle s'_1 l' 2'$, 可得

$$\frac{r_1}{r} = \frac{l_1}{l} \quad r_1 = \frac{l_1}{l} r$$

式中

$$r = \frac{\phi}{2}$$

同理可得

$$\frac{h_1}{h} = \frac{l-l_1}{l} \quad h_1 = \frac{l-l_1}{l} h$$

$$\frac{b_1}{b} = \frac{l-l_1}{l} \quad b_1 = \frac{l-l_1}{l} b$$

画断面图时,可以根据计算得出的或在图上量出的 h_1 、 b_1 值定出四个圆心,以 r_1 为半径画出四段四分之一圆弧,然后画四条公切线。在图 9.31b 中画出了 $I-I$ 断面图。在断面图上应注明

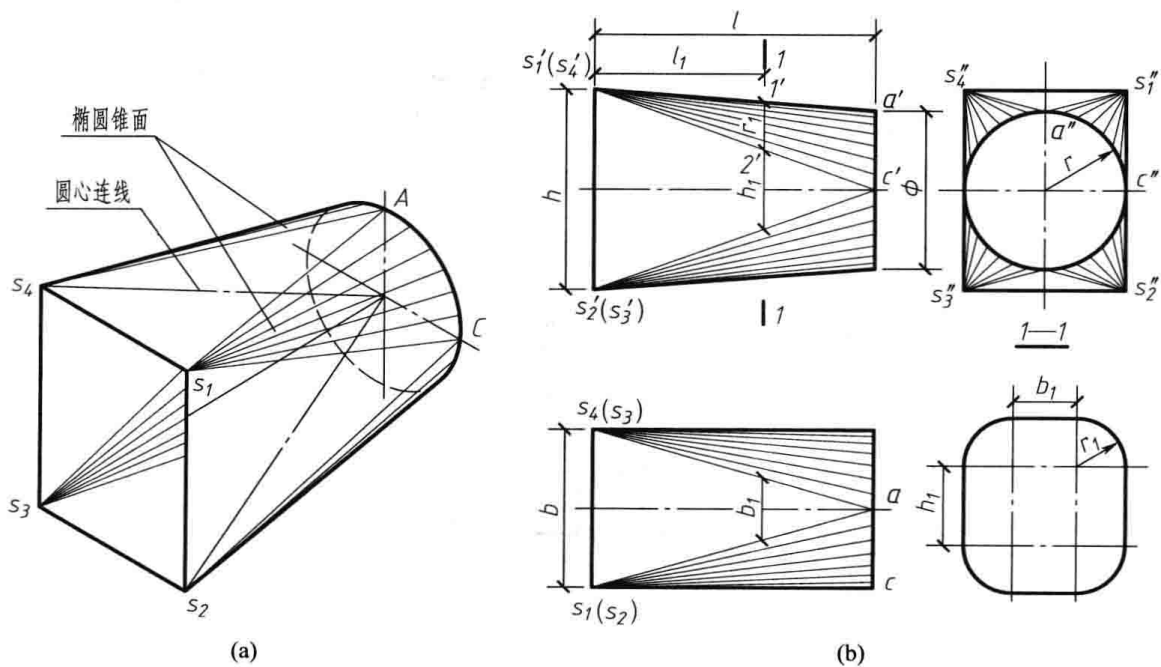


图 9.31 渐变段表面的组成

h_1 、 b_1 、 r_1 的尺寸。

例 9.2 试分析图 9.32 所示电站尾水管弯曲段表面的组成。

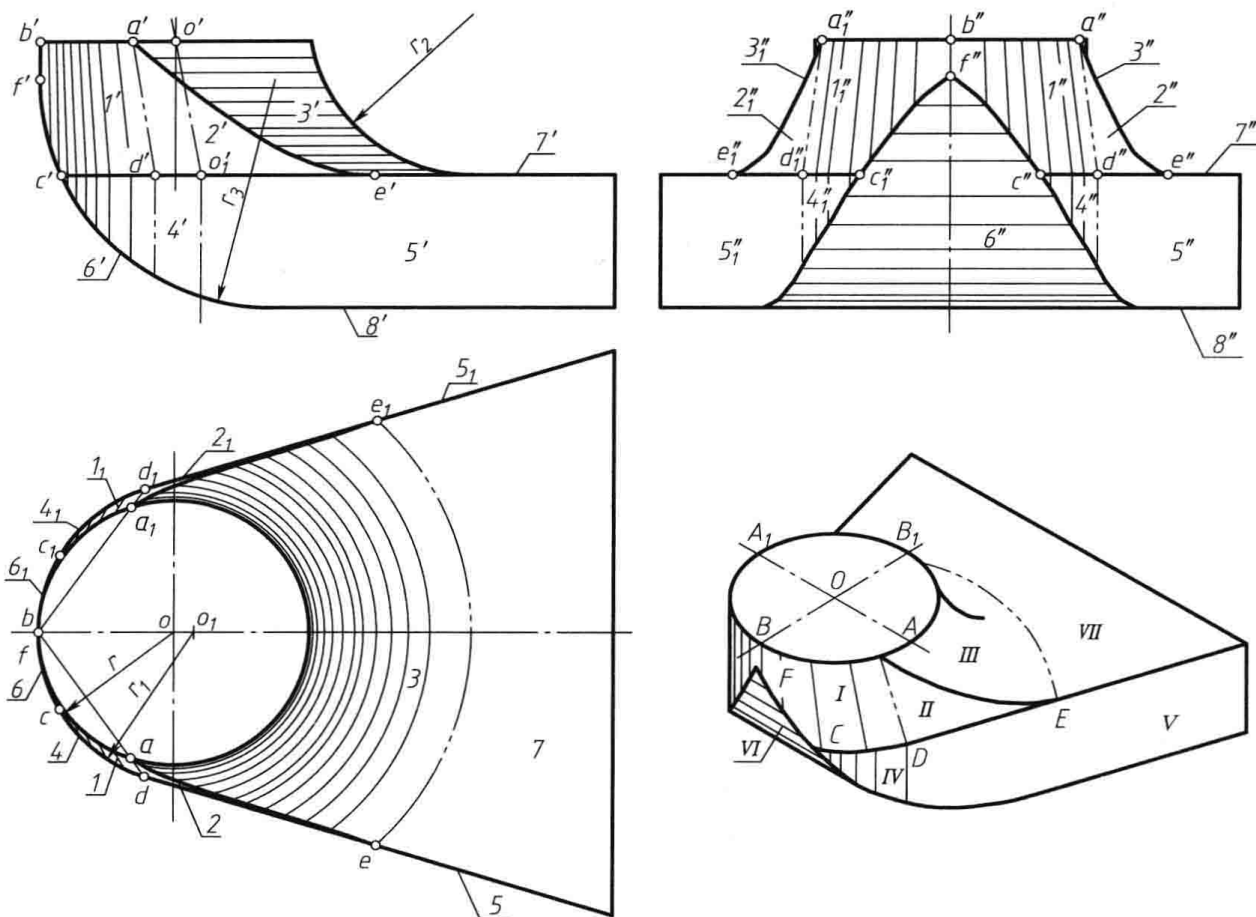


图 9.32 尾水管弯曲段表面的组成

分析：图中尾水管前后对称，它的表面是由以下曲面和平面组合而成。

(1) I 面 (I' , I'')——是部分斜椭圆锥面。 ABA_1 、 CD 和 C_1D_1 是锥面的上下边界。圆心连线为正平线 OO_1 。锥面左边的正视外形轮廓线 BF 是铅垂线，它与 OO_1 的延长线的交点就是锥顶。

(2) II 及 II_1 面——是与 I 面相切的一般位置平面。它与椭圆锥面的切线 AD (A_1D_1) 是锥面的素线，图中用双点画线表示。它与 III 面和 V 面都相交，交线是这个平面的两条边界线。

(3) III 面——是部分内环面，环面的回转轴线为过点 O 的铅垂线，母线是半径为 r_2 的圆弧。环面的下部与 VII 面相切，在俯视图上用双点画线画出了切线。

(4) IV 及 IV_1 面——是部分直圆柱面，半径为 r_1 ，轴线为过点 O_1 的铅垂线。它的上部与 I 面相交，一端与 VI 面相交，另一端与 V 面相切，切线用双点画线画出。

(5) V 及 V_1 面——是与 IV 面相切的铅垂面。

(6) VI 面——是部分圆柱面，半径为 r_3 ，轴线为正垂线。它上面与 I 面交于曲线 CFC_1 ，中间与 IV 、 V 面相交，下面与底面 $VIII$ 面相切。

(7) VII 和 $VIII$ 面——是上、下两个水平面。



思考题

1. 要表示曲面的投影,须画出曲面上哪些要素?
2. 图 9.33 所示斜椭圆柱面可看作由哪几种方式形成?

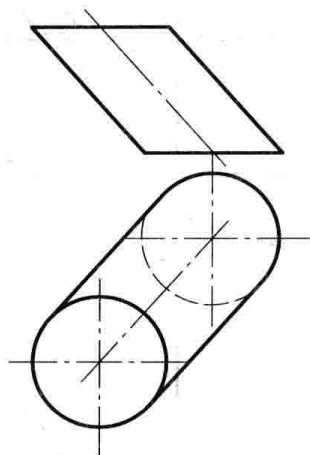


图 9.33 斜椭圆柱面

3. 曲线上的各外形轮廓线为何通常只需要画出其一个投影? 图 9.33 所示的斜椭圆柱面,其水平轮廓线的正面投影在哪里?
4. 柱状面、锥状面及双曲抛物面之间有何内在联系与不同点?
5. 双曲抛物面是如何形成的,投影如何表达,工程中应用有什么特点?



第 10 章

标高投影

学习要点

1. 熟悉点、直线、平面、圆锥面、同坡曲面和地形面的标高投影表示;
2. 理解直线的坡度和平距的几何意义及其应用方法;
3. 掌握坡脚线、开挖线和坡面交线的基本求解思想;
4. 熟悉标高投影在工程实际中的应用范例;
5. 了解地形剖面图的绘制和应用。

10.1 概 述

工程建筑物通常与地面相关联,而地面形态不规则,不能用多面正投影图反映复杂的地形地貌,标高投影被广泛地运用在这类形体的表达中。

为表达图 10.1a 所示的四棱台,若仅有水平投影,则高度未知,如果在水平投影中加注出它的上、下底面距某一基准面的高度值(如下底面为 0.00,上底面为 2.00),则棱台高度就可以确定,其形状和大小就可以完全确定,如图 10.1b 所示。这种用水平投影加注高度数字相结合表示空间形体的方法称为标高投影法,所得到的单面正投影图称为标高投影图。

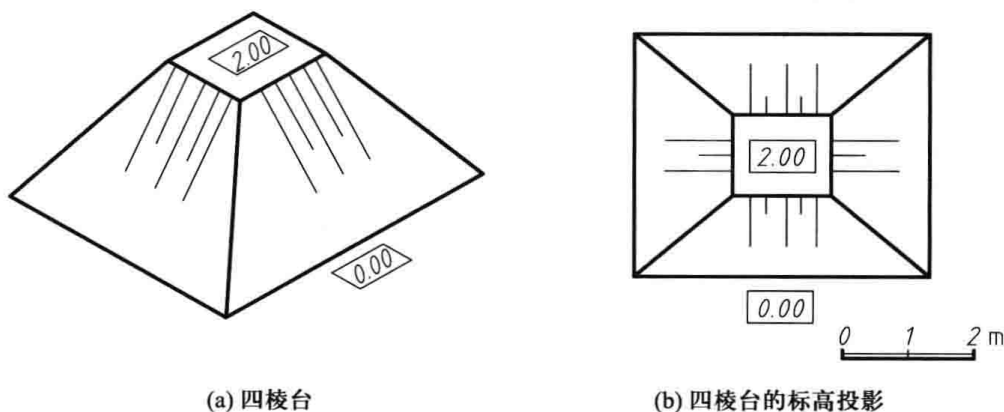


图 10.1 四棱台及其标高投影

标高的基准面采用国家统一规定的水准零点(黄海平均海平面),高度数值称为高程(或标高),单位为米(m),且一般不需标注。为了度量需要,标高投影图中必须画出绘图比例尺或注明绘图比例。



10.2 点、直线、平面

10.2.1 点

空间点的标高投影,就是点在 H 面上的正投影加注点的高程。基准面以上的高程为正,基准面以下的高程为负,如图 10.2 中, A 点记作 a_5 , B 点记作 b_{-3} 。

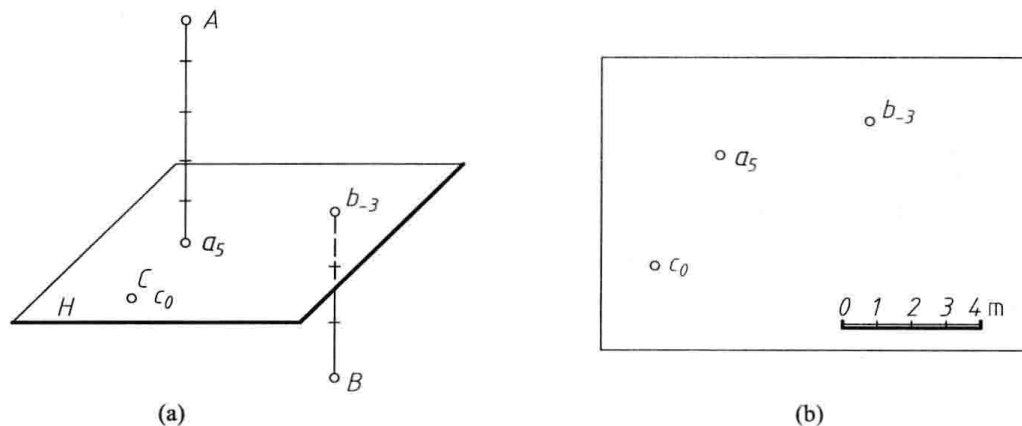


图 10.2 点的标高投影

10.2.2 直线

1. 直线的坡度和平距

如图 10.3a 所示,直线上两点之间的高差(H)与水平距离(L)之比称为直线的坡度,记作 i 。设直线 AB 的高差 $H=3$ m,水平距离 $L=6$ m,则直线 AB 的坡度为:

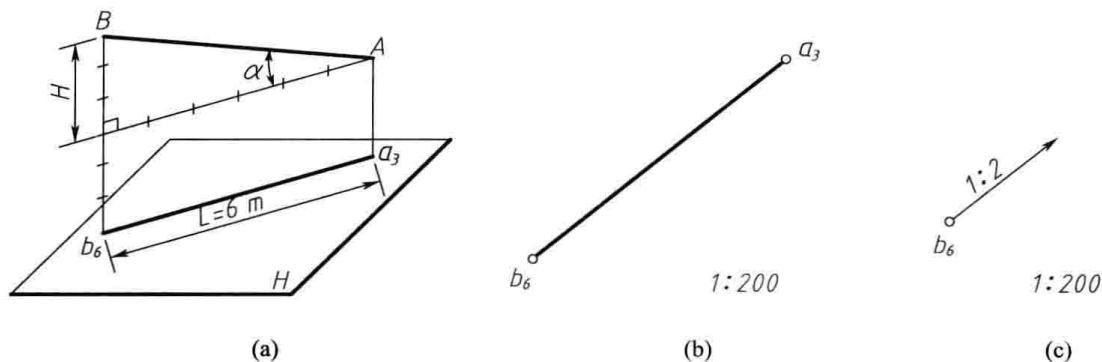


图 10.3 直线的标高投影

$$i = \tan \alpha = \frac{H}{L} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \quad \text{记作 } 1:2$$

即当直线 AB 上两点的水平距离为 1 m 时,高度差为 0.5 m。

直线上两点的高差为 1 个单位时的水平距离,称为直线的平距,记作 l ,即:



$$l = \frac{L}{H} = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1}{i}$$

由此可见,平距与坡度互为倒数,坡度大则平距小,坡度小则平距大。图 10.3a 中,直线 AB 的坡度为 1:2,则平距为 2,即当直线 AB 上两点的高差为 1 m 时,其水平距离为 2 m。

2. 直线的标高投影

(1) 用直线上两点的标高投影表示,如图 10.3b 所示;

(2) 用直线上一点的标高投影和直线的方向(坡度和指向下坡的箭头)表示,如图 10.3c 所示。

3. 直线上的点

直线上的点有两类问题需要求解,一是在已知直线上定出任意高程点的位置;二是推算直线上已知位置点的高程。

例 10.1 求作图 10.4a 所示直线上高程为 3.3 m 的点 B 和各整数高程点。

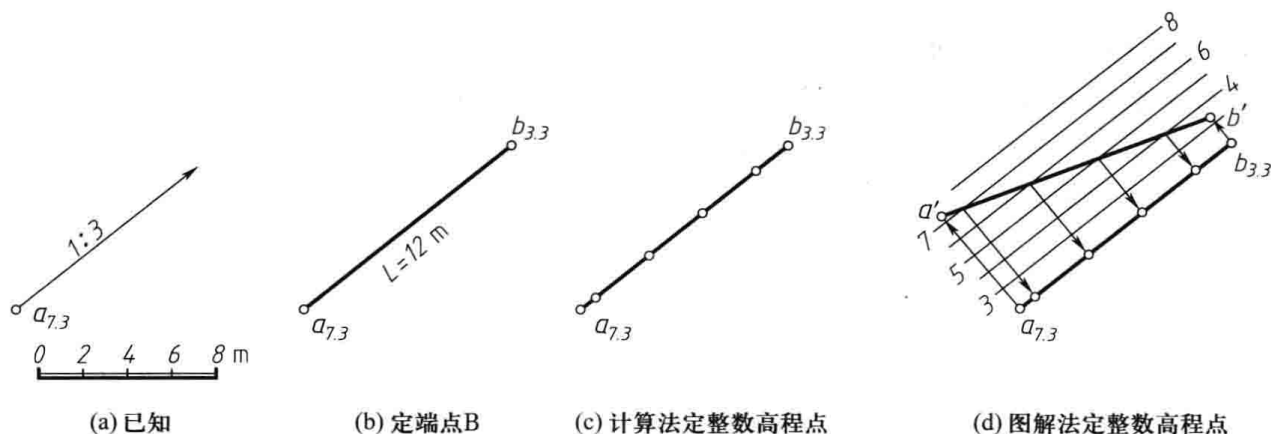


图 10.4 在直线上定已知高程点

解:

(1) 求点 B

$$H_{AB} = (7.3 - 3.3) \text{ m} = 4 \text{ m}, \quad l = \frac{1}{i} = 3$$

$$L_{AB} = H_{AB} \times l = 4 \text{ m} \times 3 = 12 \text{ m}$$

如图 10.4b 所示,自 $a_{7.3}$ 顺箭头方向按比例取 12 m,即得到 $b_{3.3}$ 。

(2) 求整数高程点

计算法:

因 $l=3$,可知高程为 4、5、6、7 m 各点间的水平距离均为 3 m。高程 7 m 的点与高程 7.3 m 的点 A 之间的水平距离 $L=H \times l = (7.3 - 7) \text{ m} \times 3 = 0.9 \text{ m}$ 。自 $a_{7.3}$ 沿 ab 方向依次量取 0.9 m 及三个 3 m,就得到高程为 7、6、5、4 m 的整数高程点,如图 10.4c 所示。

图解法:

如图 10.4d 所示,作铅垂投影面 $V \parallel AB$,在 V 面上按适当比例作相应整数高程的水平线(水平线 $\parallel ab$,最低一条高程为 3 m,最高一条高程为 8 m,图上未标出投影轴),根据点 A、B 的高程作出 AB 的 V 面投影 $a'b'$,直线 $a'b'$ 与各水平线的交点即为直线 AB 上相应整数高程点的 V 面投影。



自这些点作 ab 的垂线,即可得到直线 AB 上高程为 4、5、6、7 m 的各点。

如作正面投影时,所采用的比例与标高投影的比例一致,则 $a'b'$ 反映线段 AB 的实长及对 H 面的倾角 α 。

例 10.2 求图 10.5 所示直线上点 C 的高程。

解: 先求直线 AB 的坡度。

因为

$$H_{AB} = (7-3) \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$L_{AB} = 8 \text{ m} \quad (\text{用比例尺在图上量得})$$

所以

$$i = \frac{H_{AB}}{L_{AB}} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}, \quad l = 2$$

又因量得 L_{AC} 长 2 m, 等于平距 l 值, 可知点 C 比点 A 高 1 m, 所以点 C 的高程为 4 m。

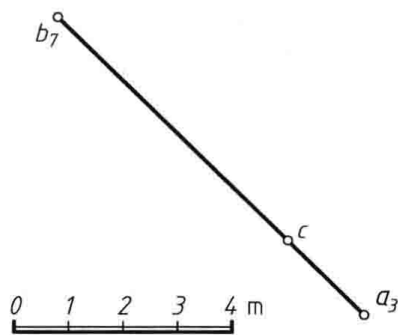


图 10.5 求已知位置点的高程

10.2.3 平面

1. 平面上的等高线和坡度线

在标高投影中,平面上的水平线称为等高线,它们是一组互相平行的直线,在同一等高线上的点的高程相同。当相邻等高线之间的高差相同时,其水平距离也相等;当高差为 1 m 时,水平距离即为平距 l 值,如图 10.6a 所示。

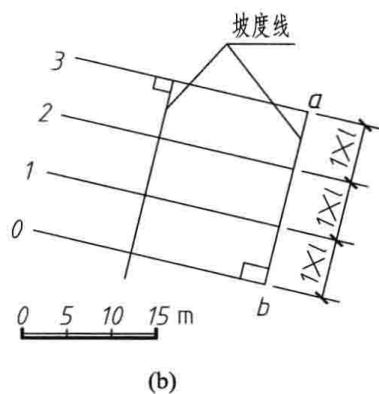
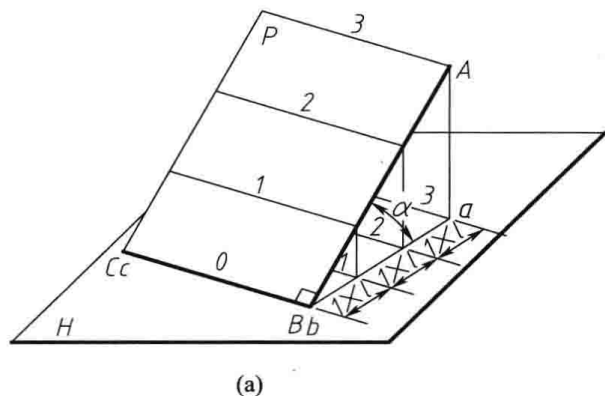


图 10.6 平面上的等高线和坡度线

平面上与等高线相垂直的直线称为坡度线,如图 10.6a 中的直线 AB 。从图中可知,因为 $AB \perp BC$, 所以 $ab \perp bc$, 即坡度线和等高线的投影互相垂直,如图 10.6b 所示。由于 AB 和 ab 同时垂直于 P 面和 H 面的交线 BC , 因此角 α 就是 P 面对 H 面的倾角,坡度线 AB 的坡度就是平面 P 的坡度。

2. 平面的标高投影

平面的标高投影可以用确定平面的点、直线的标高投影表示,从易于表达和求解问题考虑,常用的有:

- (1) 用平面上的一条等高线和一条坡度线表示,如图 10.7a 所示;
- (2) 用平面上的两条(或一组)等高线表示,如图 10.7b 所示;
- (3) 用平面上的一条任意直线和一条坡向线(虚线箭头指向大致下坡方向)表示,如图 10.8a 所示。



为了比较直观地反映平面的倾斜方向,投影图中的平面常常画出示坡线,示坡线用长短间隔的细直线段表示,画在平面高的一侧,并垂直于等高线,其画法如图 10.7b 和图 10.8b 所示。

3. 作平面上的等高线

例 10.3 求作图 10.7a 所示平面上高程为 0 m 的等高线。

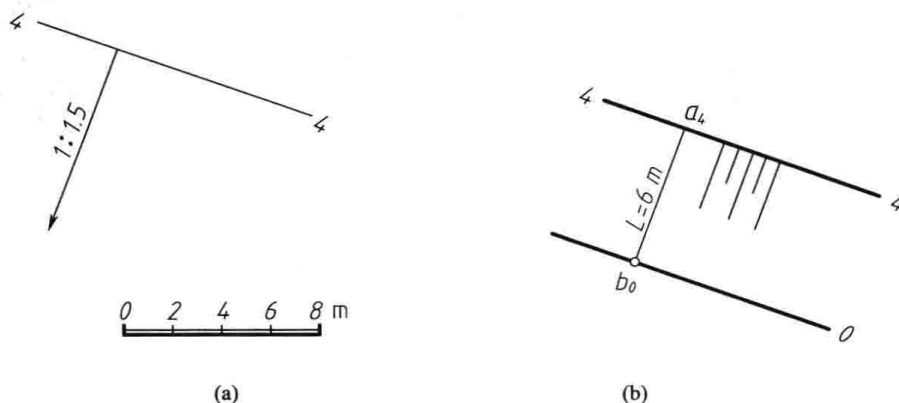


图 10.7 求平面上的等高线

解: 0 m 等高线必与已知的高程为 4 m 的等高线平行,且通过坡度线上高程为 0 m 的点 B , AB 两点的水平距离 $L_{AB} = H_{AB} \times l = 4 \text{ m} \times 1.5 = 6 \text{ m}$ 。如图 10.7b 所示,在坡度线上自 a_4 向下坡方向量取 6 m 得 b_0 ,过 b_0 作直线与高程为 4 m 的等高线平行,即为所求。

例 10.4 求作图 10.8a 所示平面上高程为 0 m 的等高线。

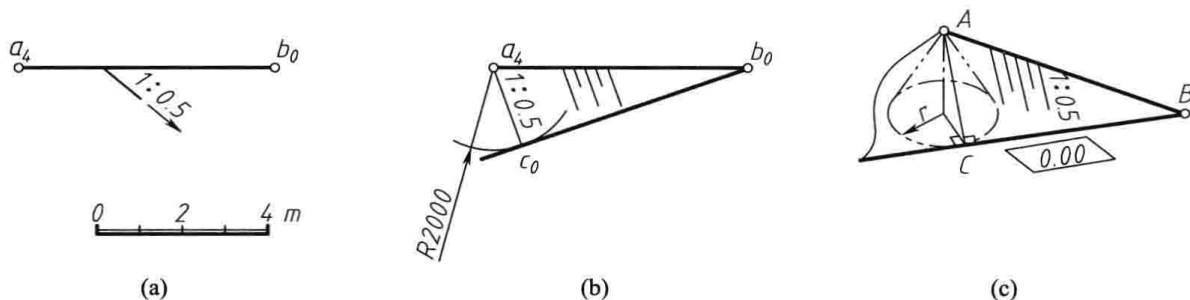


图 10.8 求平面上的等高线

解: 由于已知直线 AB 不是平面上的等高线,所以该平面坡度线的准确方向未知。但高程为 0 m 的等高线必通过点 b_0 ,且距 a_4 点的水平距离 $L = H \times l = 4 \text{ m} \times 0.5 = 2 \text{ m}$ 。因此,作图见图 10.8b,首先以 a_4 为圆心,2 m 为半径作圆弧,再过点 b_0 向该圆弧引切线,得切点 c_0 ,直线 b_0c_0 为所求。

此解题方法可以理解为,以高程为 4 m 的点 A 为锥顶,底圆半径为 2 m,素线坡度为 1 : 0.5 作一正圆锥面,高程为 0 m 的等高线与底圆相切,平面 ABC 与该圆锥面相切,切线 AC 就是平面的坡度线,如图 10.8c 所示。

4. 两平面的交线

在标高投影中,两平面(或曲面)的交线,就是两平面(或曲面)上相同高程等高线交点的连线,如图 10.9 所示。

在工程中,相邻两(填、挖方)坡面的交线称为坡面交线;填方坡面与地面的交线称为坡脚线;挖方坡面与地面的交线称为开挖线。



例 10.5 在高程为 2 m 的地面上挖一基坑,坑底高程 -2 m,坑底的大小、形状和各坡面的坡度如图 10.10a 所示,求开挖线和坡面交线。

解: 如图 10.10b 所示。

(1) 求开挖线:地面高程为 2 m,因此开挖线就是各开挖坡面上高程为 2 m 的等高线,它们分别与相应的坑底边线平行,其水平距离可由 $L = H \times l$ 求得,式中平距 l 分别为 1、1.5、2,高差 $H = 4$,所以 $L_1 = 4 \text{ m} \times 1 = 4 \text{ m}$, $L_2 = 4 \text{ m} \times 1.5 = 6 \text{ m}$, $L_3 = 4 \text{ m} \times 2 = 8 \text{ m}$ 。

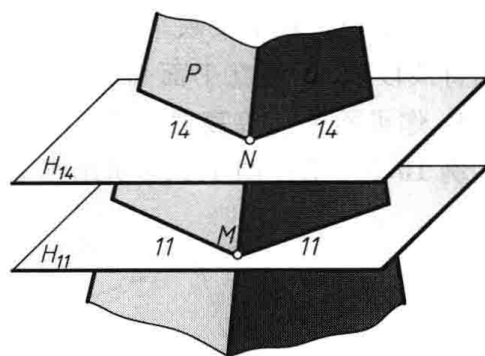
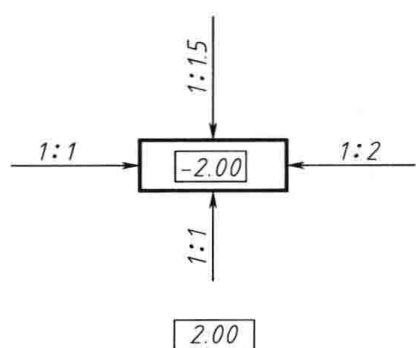
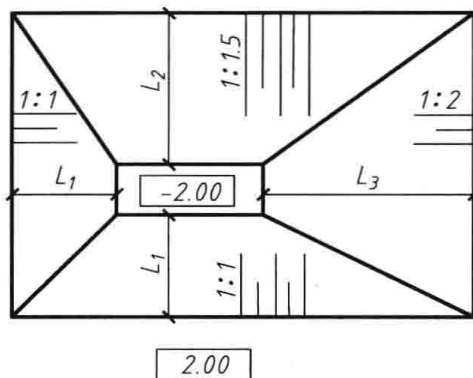


图 10.9 两平面交线的求法



(a)



(b)

图 10.10 作基坑开挖线和坡面交线

(2) 求坡面交线:分别连接相邻两坡面相同高程等高线的交点,即得到四条坡面交线。

(3) 画出各坡面的示坡线。

从图 10.10b 左下角的坡面交线可以看出,当相邻两坡面的坡度相同时,其坡面交线是两坡面上相同高程等高线夹角的角平分线。

例 10.6 如图 10.11a 所示,在地面高程为 0 m 的地面上修建一平台,平台顶面高程为 4 m,有一斜坡道通向平台顶面,平台坡面和斜坡道两侧的坡面坡度均为 1:1,试画出其坡脚线和坡面交线。

解:

(1) 求坡脚线:如图 10.11b、d 所示,地面高程为 0 m,因此各坡面的坡脚线就是各坡面上高程为 0 m 的等高线。平台坡面的坡脚线与平台顶面边线 a_4d_4 平行,水平距离 $L_1 = H \times l = 4 \text{ m} \times 1 = 4 \text{ m}$ 。

斜坡道两侧坡面的坡脚线求法与图 10.8 相同:分别以 a_4 、 d_4 为圆心, $L_2 = 4 \text{ m} \times 1 = 4 \text{ m}$ 为半径画圆弧,再自 b_0 、 c_0 分别作此二圆弧的切线,即为斜坡道两侧坡面的坡脚线,如图 10.11d 所示。

(2) 求坡面交线:如图 10.11c 所示,连接 a_4e_0 及 d_4f_0 ,就是所求的坡面交线。

(3) 画示坡线:斜坡道两侧坡面的示坡线,应分别垂直于坡面上的等高线 b_0e_0 和 c_0f_0 ,如图 10.11c 所示。



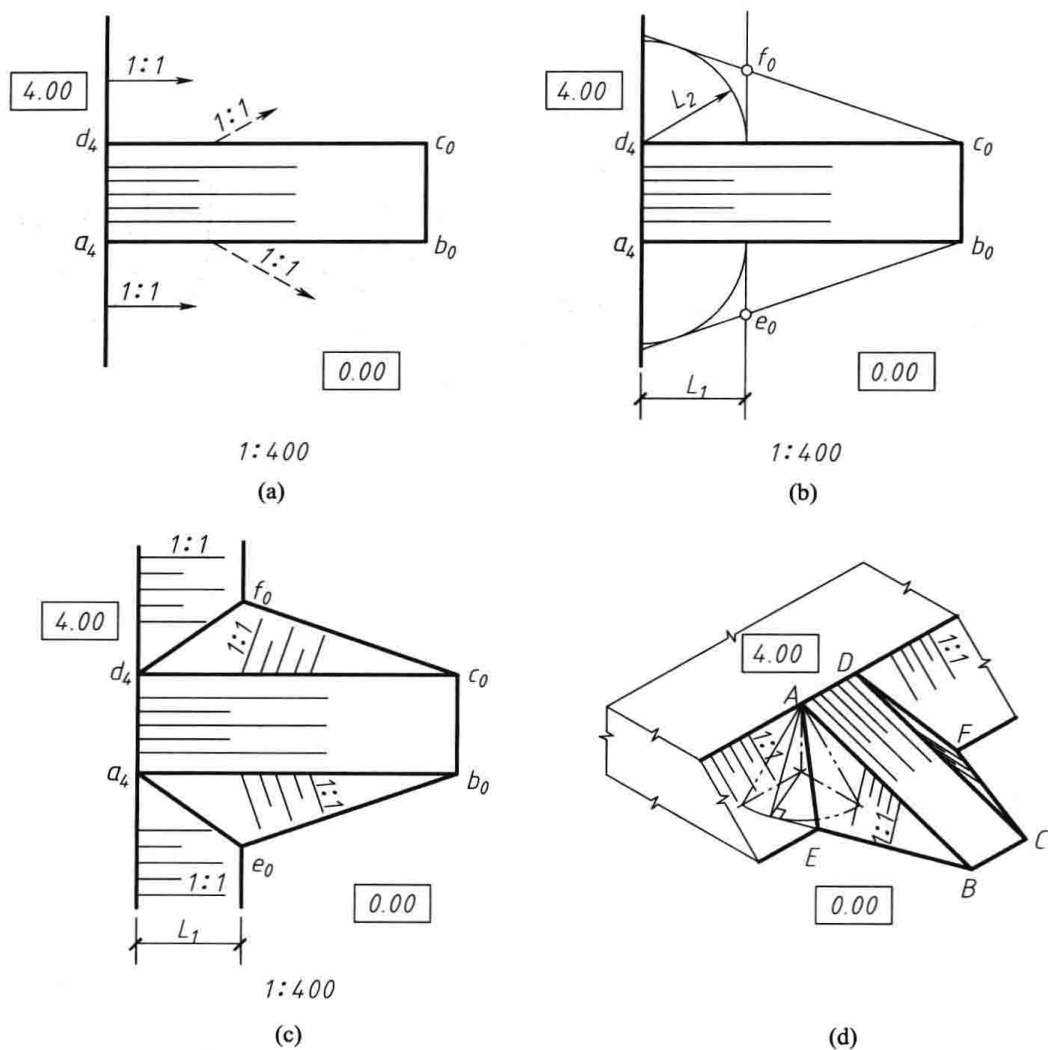


图 10.11 斜坡道的坡脚线和坡面交线

10.3 曲面和地形面

10.3.1 圆锥面

如图 10.12 所示,当圆锥面的轴线垂直于水平面时,其标高投影通常用一组注上高程数字的同心圆(圆锥面的等高线)表示。锥面坡度愈陡,等高线愈密,坡度愈缓等高线愈疏。

在渠道、道路等护坡工程中,常将转弯坡面做成圆锥面,以保证在转弯处坡面的坡度不变,如图 10.13 所示。

例 10.7 在高程为 2 m 的地面上筑一高程为 6 m 的平台,平台顶面的形状及坡面坡度如图 10.14a 所示,求坡脚线和坡面交线。

解: 如图 10.14b、c 所示。

(1) 求坡脚线:地面高程为 2 m,因此各坡面的坡脚线是各坡面上高程为 2 m 的等高线。平台左、右两边的边坡是平面坡面,其坡脚线是直线,并且与平台顶面边线平行,水平距离



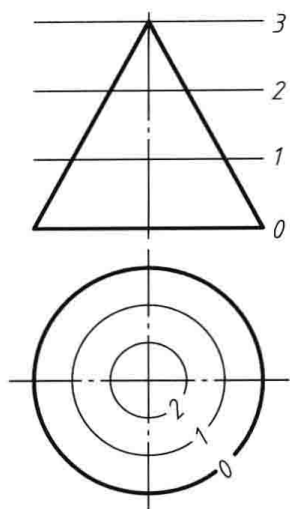


图 10.12 圆锥面的
标高投影

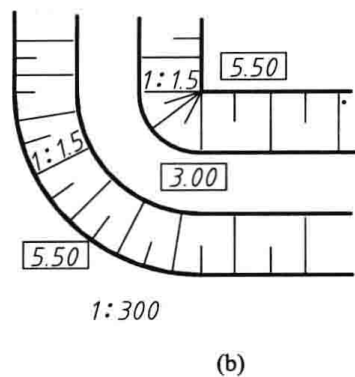
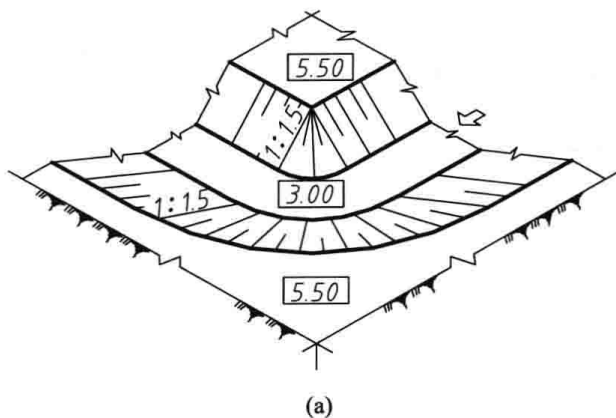


图 10.13 河渠的转弯边坡

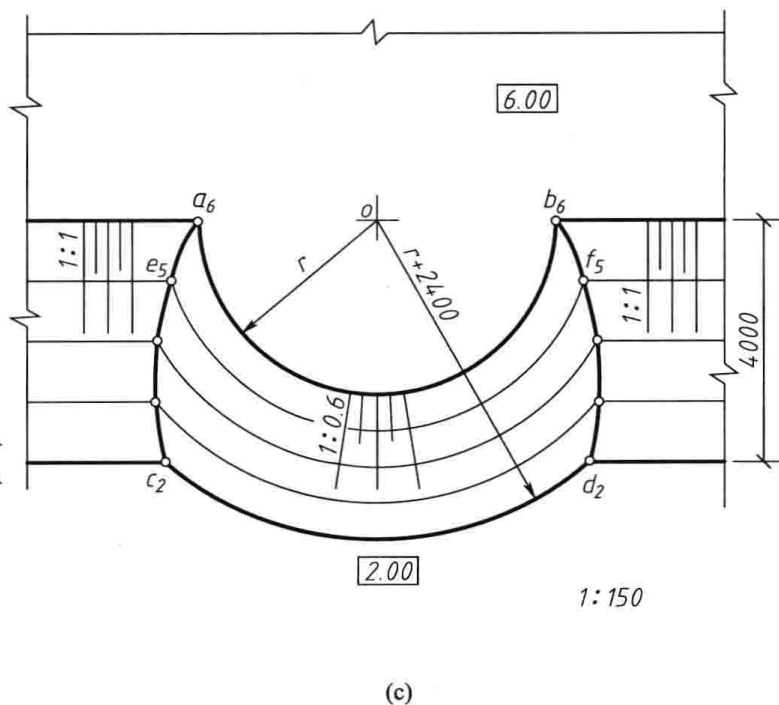
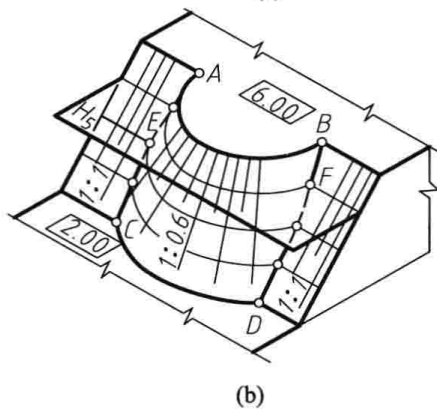
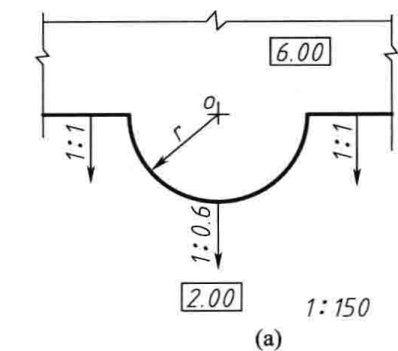


图 10.14 圆锥坡面的坡脚线和坡面交线

$$L = (6 - 2) \text{ m} \times 1 = 4 \text{ m}。$$

平台顶面中部边线为半圆,其边坡是圆锥面,所以坡脚线与台顶半圆是同心圆,其半径为 $R = r + L = r + (6 - 2) \text{ m} \times 0.6 = r + 2.4 \text{ m}。$

(2) 求坡面交线:坡面交线是由平台左、右两边的边坡和中部圆锥面相交产生的,因两边平面边坡的坡度小于圆锥面的坡度,所以坡面交线是两段椭圆弧。 a_6 、 b_6 和 c_2 、 d_2 分别是两条坡面交线的端点。为了求作交线的中间点,在平台两边平面坡面和中部圆锥坡面上,分别求出高程为 5、4、3 m 的等高线。两边平面坡面上的等高线为一组平行直线,它们的水平距离为 1 m ($i = 1:1$);圆

锥面上的等高线为一组同心圆,其半径差为 0.6 m ($i=1:0.6$)。相邻面上相同高程等高线的交点就是所求交线上的点。用光滑曲线分别连接这些点,就可得到坡面交线。

(3) 画出各坡面的示坡线。圆锥面上的示坡线应通过圆心(锥顶) O 。

10.3.2 同坡曲面

当圆锥的轴线始终垂直于水平面,锥顶角不变,锥顶沿着一空间曲导线 AB 运动所产生的包络面,称为同坡曲面,如图 10.15 所示。同坡曲面与圆锥面的切线是这两个曲面上的共有坡度线,这种曲面常用于道路爬坡拐弯的两侧坡面。

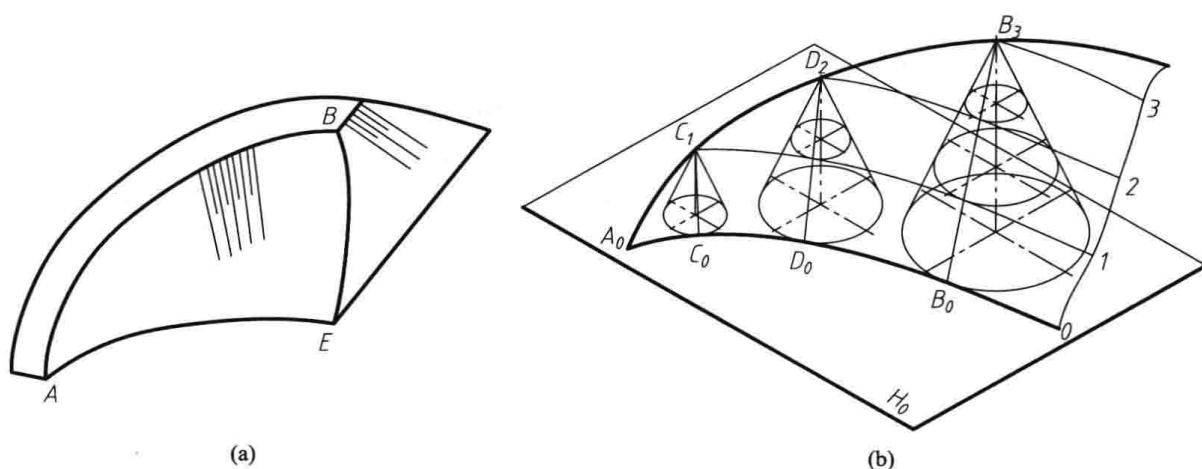


图 10.15 同坡曲面的形成

如图 10.15b 所示,同坡曲面上的等高线与圆锥面上的同高程等高线一定相切,切点在同坡曲面与圆锥面的切线上。作同坡曲面上的等高线就是作圆锥面等高线的包络线。

例 10.8 如图 10.16a 所示,在高程为 0 m 的地面上修建一段弯道,弯道路面两侧边线为空地

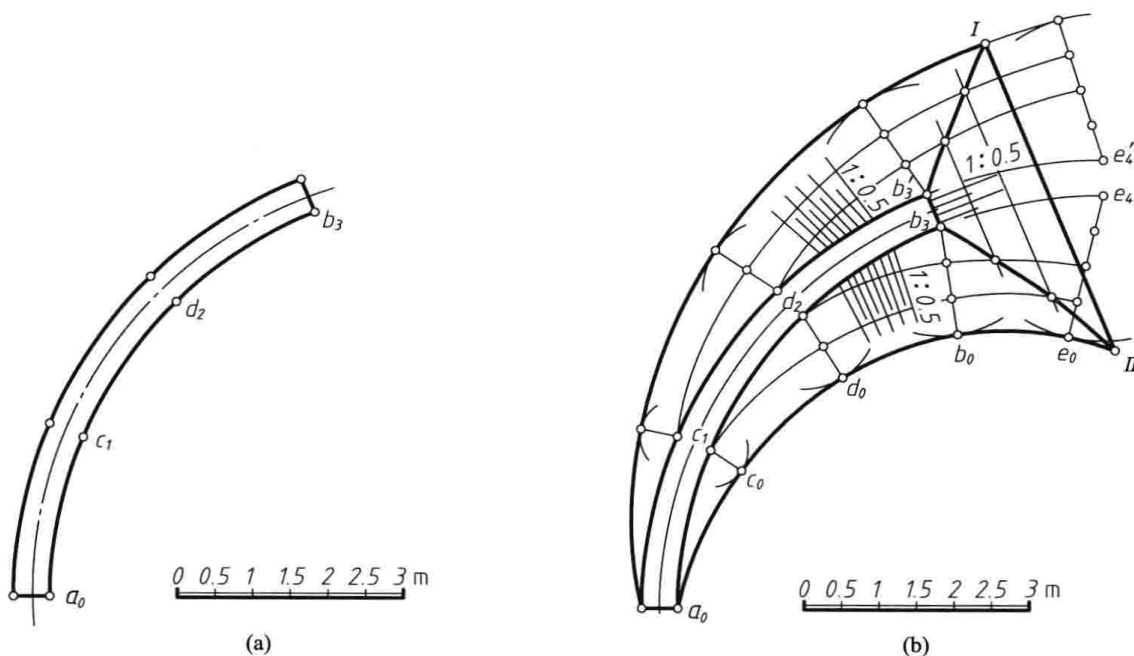


图 10.16 作同坡曲面的坡脚线和坡面交线



间曲线,其水平投影为两段同心圆弧,路面高程自 0 m 到 3 m,两侧坡面及端部坡面坡度均为 1 : 0.5,试求坡脚线及坡面交线。

解:如图 10.16b 所示。

(1) 求坡脚线:弯道端部边线是直线,坡面为平面,坡脚线 $I II$ 与边线 $b_3 b'_3$ 平行,水平距离 $L = 3 \text{ m} \times 0.5 = 1.5 \text{ m}$ 。

弯道两侧边线是空间曲线,其两侧坡面是同坡曲面。在同坡曲面上,当等高线之间的高差为 1 m 时,平距 $l = 0.5$ 。分别以 c_1, d_2, b_3 为圆心,0.5 m、1 m、1.5 m 为半径作圆弧,自 a_0 作曲线与这些圆弧相切,即得到弯道内侧同坡曲面的坡脚线。

为了延长同坡曲面的坡脚线,使其与端部坡脚线 $I II$ 相交,可顺延路面边线到 e_4 ,使 $b_3 e_4 = b_3 d_2$,再以 e_4 为圆心, $L = 4 \text{ m} \times 0.5 = 2 \text{ m}$ 为半径画圆弧,然后延长同坡曲面的坡脚线与该圆弧相切,便得到两坡脚线的交点 II 。同样方法可求得弯道外侧的坡脚线。

(2) 求坡面交线:弯道端部边坡与两侧同坡曲面相交,交线是两段平面曲线。分别求出弯道端部坡面和两侧同坡曲面上高程为 1 m、2 m 的等高线,用光滑曲线连接相同高程等高线的交点,就可作出坡面交线。

(3) 画出各坡面上的示坡线。同坡曲面上的示坡线为示意方向,准确绘制比较繁琐。

10.3.3 地形面

1. 地形等高线

如图 10.17a 所示,假想用一组水平面截地形面,截平面与地面的交线为一组形状不规则的曲线,同一曲线上的每个点的高程相等,此曲线称为地形等高线,用细实线画出这些等高线的水平投影,并注上高程数字,就可得到地形面的标高投影,也称为地形图,如图 10.17b、c 所示。为了便于等高线的高程识别,每 5 条地形等高线中的第 5 条称为计曲线,其标高值的尾数应为 5 或 10

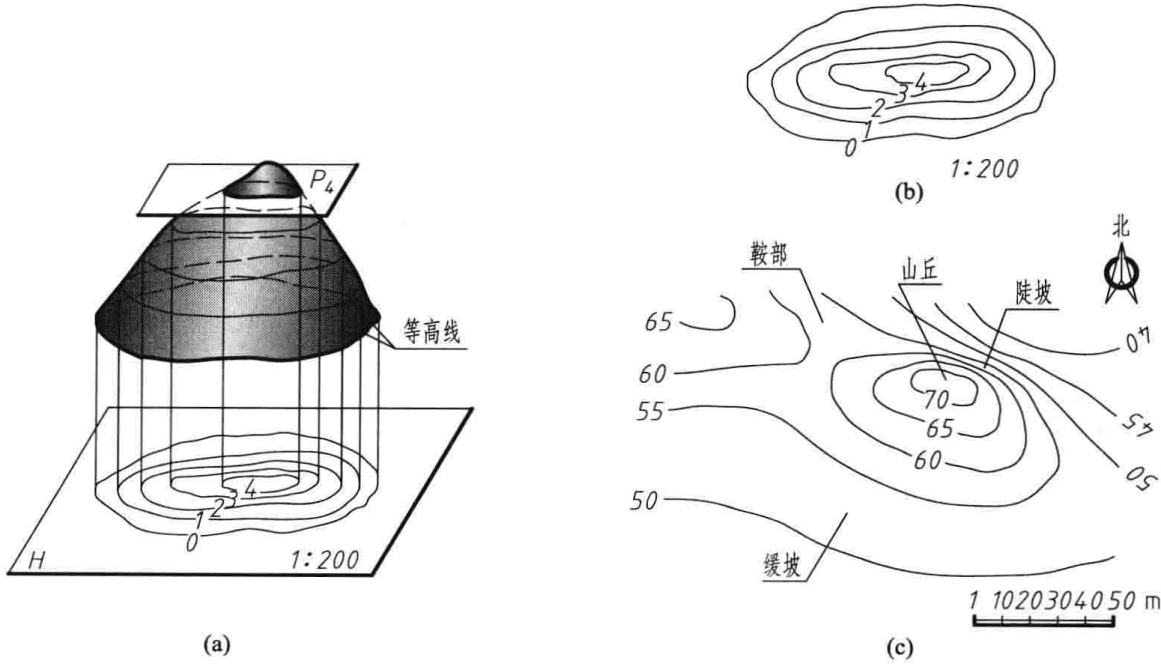


图 10.17 地形面的标高投影

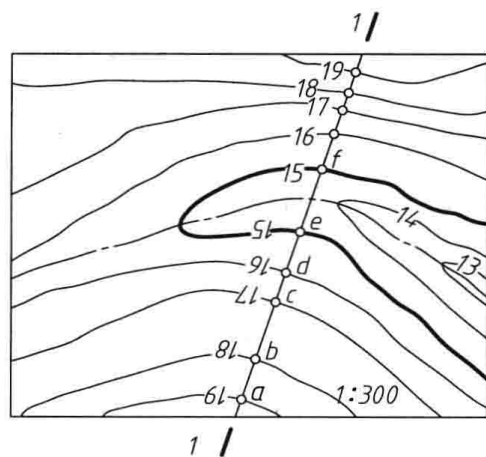
的整倍数,用中粗实线画出。等高线上的高程数字的字头指向上坡方向,相邻等高线之间的高差称为等高距,图 10.17b、c 中的等高距分别为 1 m、5 m。

用这种方法表示地形面,能够明确反映地形面的形状、地势的起伏变化以及坡向等。如图 10.17c 中右侧环状等高线的高程为中间高,四周低,表示出一小山头;山头东北侧等高线较密,平距小,表示地势陡峭;西南侧等高线较疏,平距大,表示地势平坦,坡向是北面高南面低。

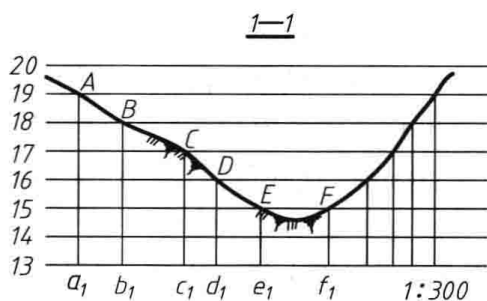
2. 地形断面图

用铅垂面剖切地形面,所得到的地形断面形状图称为地形断面图。地形断面图可以由地形图求得,其作图步骤如下:

(1) 如图 10.18a 所示,在地形图中作铅垂面 $1-1$,求得铅垂面与地形等高线的交点 a 、 b 、 c ...



(a)



(b)

图 10.18 地形断面图的画法

(2) 如图 10.18b 所示,按等高距及地形图的绘图比例画一组水平线(等高线),并标注高程 13、14...20。

(3) 在地形图(图 10.18a)中沿 $1-1$ 方向,量取 a 、 b 、 c ...各点的水平距离,在高程为 13 的水平线上,定出点 a_1 、 b_1 、 c_1 ...

(4) 自点 a_1 、 b_1 、 c_1 ...作铅垂线与相应高程的水平线相交于点 A 、 B 、 C ...

(5) 光滑连接点 A 、 B 、 C ...(E、F 两点按地形趋势连成曲线,不应连成直线),并根据地质情况画上相应的断面材料符号。

地形断面图对局部地形特征反映比较直观,因此把同一地点的多张地形断面图重叠在一起,可以很直观地分析该地点地形的变化过程。地形断面图也可用于求解建筑物坡面的坡脚线(开挖线)和计算土石方工程量等。

10.4 标高投影在工程中的应用

工程图样中常常需要求解土石方工程中的坡脚线(开挖线)和坡面交线,以便在图样中表



达坡面的空间位置、坡面间的相互关系和坡面的范围,或在工程造价预算中对挖(填)土方量进行估算。

建筑物的坡面有平面,也有曲面;地面有水平地面或不规则地形面,因此坡脚线(开挖线)和坡面交线呈直线或规则、不规则曲线,求解的方法都是用水平面作辅助面,求相交两个面的相同高程等高线的交点,以直线或曲线连接。

1. 分析方法

坡脚线(开挖线)都是由填筑(或开挖)边坡与地面相交产生的,因此通常情况下,建筑物的一条边线就会产生一个边坡,也就会有一条坡脚线或开挖线(个别坡脚线或开挖线会被其他边坡遮挡)。

一般情况下,堆筑堤坝或开挖基坑边线为直线,则坡面为平面;边线为圆弧,则坡面为圆锥面;边线为空间曲线,则坡面为同坡曲面。

2. 作图的一般步骤

(1) 依据坡度,定出开挖或填方坡面上坡度线的若干高程点(若坡面与地形面相交,高程点的高程一般取与已知地形等高线相对应);

(2) 过所求高程点作等高线(等高线的类型由坡面性质确定);

(3) 找出相交两坡面(包括开挖坡面、填方坡面、地形面)上同高程等高线的交点;

(4) 连点画线(连线的类型由相交两坡面的坡面性质确定);

(5) 画出坡面上的示坡线。

例 10.9 在河道上筑一土坝,坝顶的位置、高程及上、下游坡面的坡度如图 10.19a 所示,试求坝顶、上下游坡面与地面的交线。

分析: 从图 10.19b 中可以看出,坝顶高程为 24 m,高于河床,所以是填方。坝顶有两条边线,因此有两个坡面与地面产生两条坡脚线,同时坝顶与两岸地面有两段交线。由于地面是不规则曲面,所以交线是不规则的平面曲线。

作图: 如图 10.19c 所示。

(1) 坝顶面是高程为 24 m 的水平面,它与地面的交线是地面上高程为 24 m 的等高线。作图时,将坝顶边线延长到与地面上高程为 24 m 的等高线相交处。

(2) 上游坡面与地面的交线是不规则的平面曲线,必须求出一系列共有点才能连线。为了求出这些共有点,先根据地形图上游的等高距 1 m,上游坡面坡度 1:3,相邻等高线的水平距离为 3 m,在土坝上游坡面上作出高程为 23、22、21... 的等高线。坡面与地面上同高程等高线的交点就是坡脚线上的点。

坡面上高程为 19 m 的等高线与地面有两个交点,高程为 18 m 的等高线与地面高程 18 m 的等高线不相交,见图 10.19c 圆圈处。这时,可以在坡面和地面上各插入一条高程为 18.5 m 的等高线(图中用虚线表示),又可求得两个共有点。

将所求共有点依次连成光滑曲线,就得到上游坡面的坡脚线。在连接上游高程 18.5 m 等高线上的两点时,不能连成直线,而应顺着交线的趋势连成曲线。

(3) 下游坡面的坡脚线求法与上游坡面相同,区别在于下游坡面坡度为 1:2,所以坡面上相邻等高线的水平距离为 2 m。

(4) 画上示坡线。



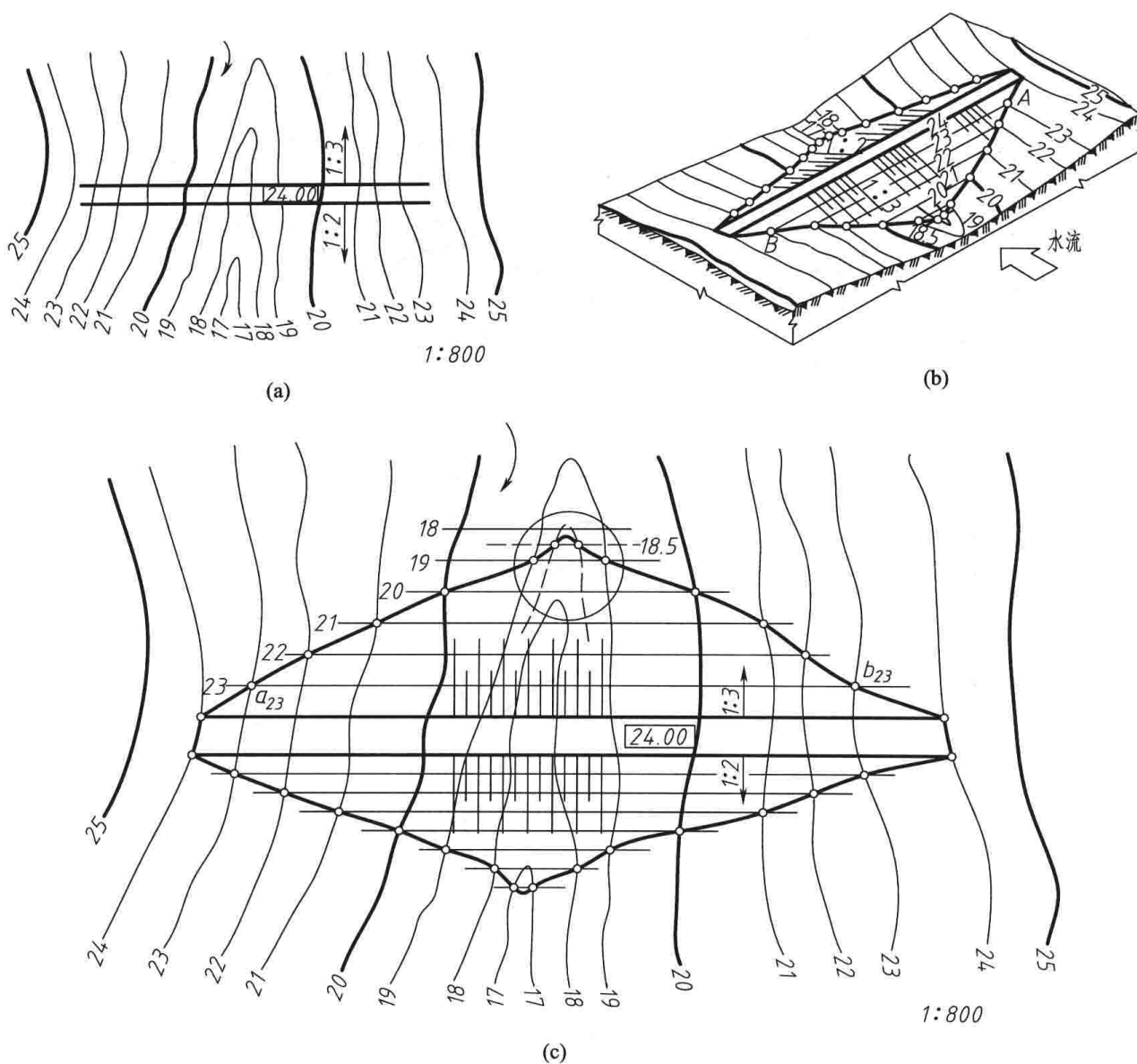


图 10.19 土坝的坡脚线

例 10.10 如图 10.20a 所示,在坡地上修建一高程为 21 m 的水平场地,已知场地坡面坡度为 1:1,试求场地左侧边界线及坡面与地面的交线。

分析: 从图 10.20b 中可以看出,水平场地的高程为 21 m,低于地面,故为挖方。场地右端边界为半圆,坡面是倒圆锥面。场地前、后两侧边界为与半圆相切的两段直线,坡面是两个与倒圆锥面相切的平面,所以没有坡面交线。

作图: 如图 10.20c 所示。

(1) 场地为一高程 21 m 的水平面,左端的边界应是地面上一段高程为 21 m 的等高线。在地面高程 20 m 与 22 m 两条等高线的中间插入一条高程为 21 m 的等高线(目测在 20 m、22 m 中间就可),AB 段即为场地左端的边界线。

(2) 作出坡面上与地面等高线高程相应的等高线,地面上相邻等高线的高差是 2 m,因此,坡面上除高程为 22 m 的等高线与场地边界高差为 1 m,水平距离为 1 m 外,其余各条相邻等高线



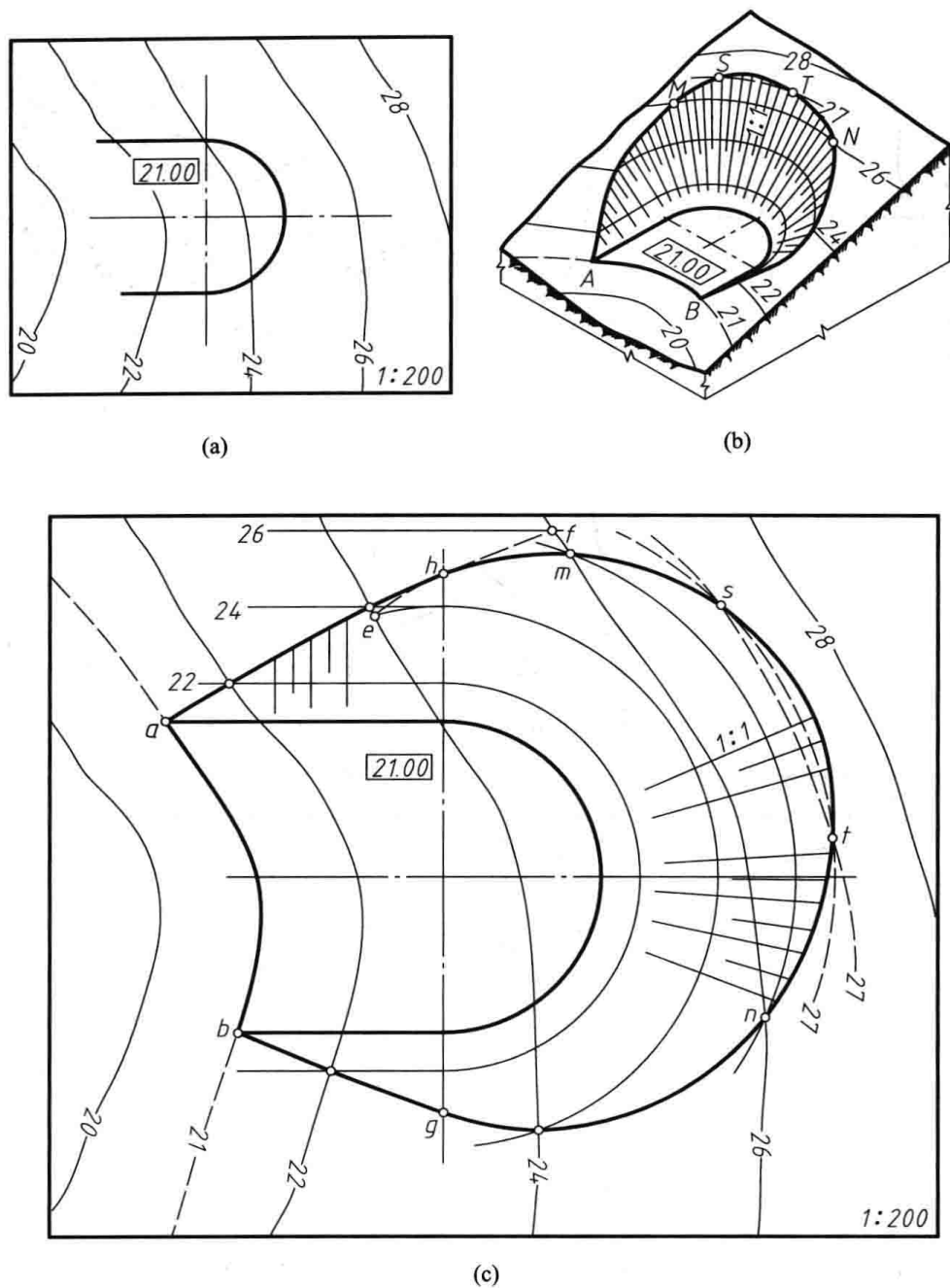


图 10.20 场地的开挖线

的高差都是 2 m,水平距离也是 2 m。找出坡面上等高线与地面上同高程等高线的交点,将它们连成光滑曲线,就是所求的开挖线。

(3) 坡面与地面上高程 26 m 的两条等高线有两个交点 M 和 N ,而高程 28 m 的两条等高线不相交,故在地面和圆锥面上各插入一条高程为 27 m 的等高线(图中用虚线表示),求出 S 、 T 两个交点,也是开挖线上的点。

(4) 点 h 是圆锥坡面、平面坡面和地面的三面共点,它是圆锥坡面和平面坡面两开挖线的切点(分界点),此点可通过延长平面开挖线至点 f (平面坡面上高程 26 m 等高线与地面 26 m 等高线的交点)或延长圆锥面开挖线至点 e (圆锥坡面上高程 24 m 等高线与地面 24 m 等高线的交点)求得。同理可求得点 g 。



(5) 画上示坡线。

例 10.11 如图 10.21a 所示, 在山坡上修筑一水平场地, 场地高程为 25 m, 填方坡度为 1:1.5, 挖方坡度为 1:1, 试求各坡面与地面的交线及各坡面交线。

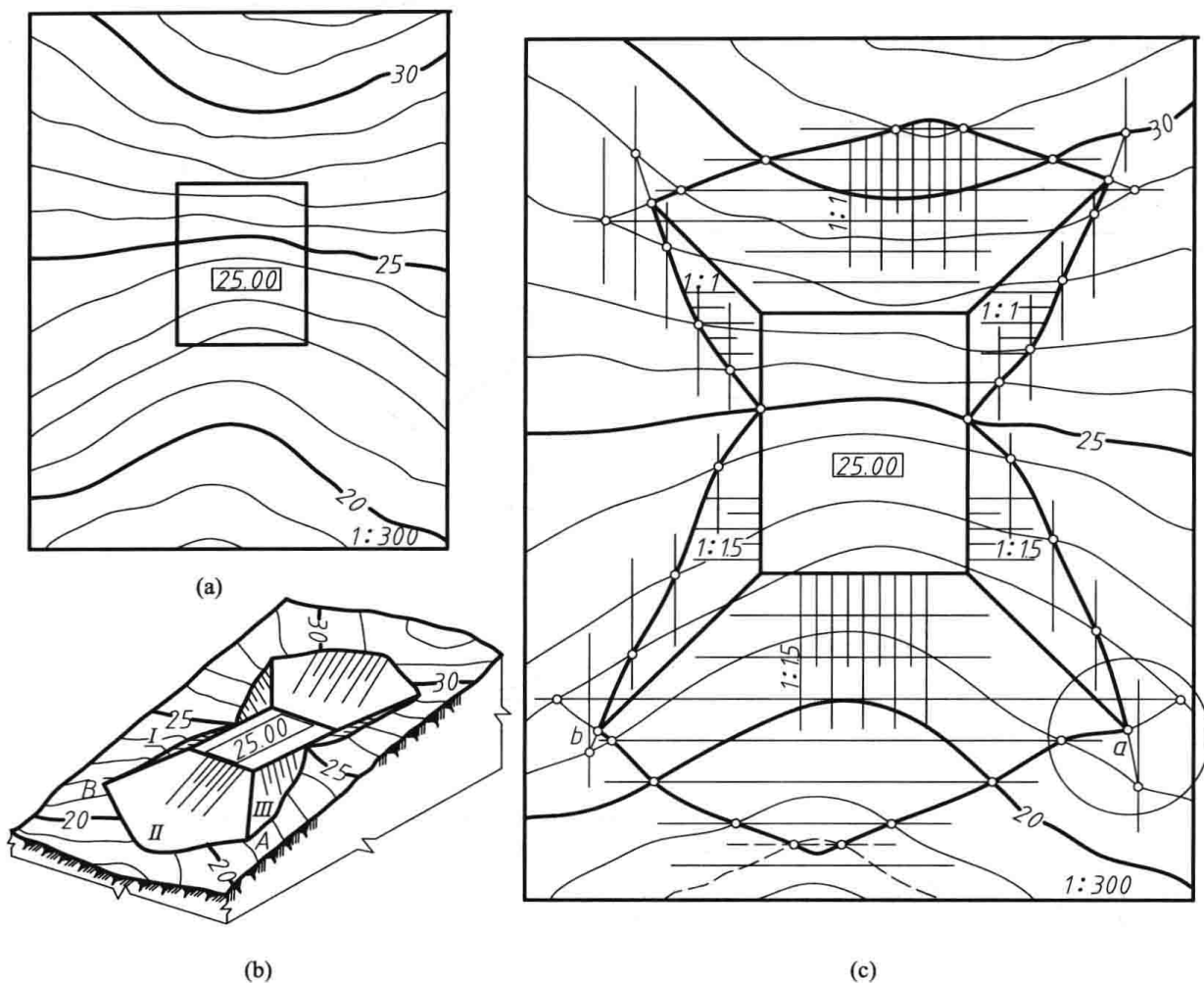


图 10.21 场地的坡脚线、开挖线和坡面交线

分析: 如图 10.21b 所示, 因为水平场地的高程为 25 m, 所以地面上高程为 25 m 的等高线是填方和挖方的分界线。低于 25 m 的一边需要填方 (图中前面部分 I、II、III 坡面); 地面高于 25 m 的一边需要挖方 (图中后面部分)。填方部分有三个坡面, 产生三条坡脚线和两条坡面交线; 挖方部分也有三个坡面, 产生三条开挖线和两条坡面交线。各坡面都是平面, 所以坡面交线都是直线, 坡脚线及开挖线都是平面曲线。

作图: 如图 10.21c 所示。

因为地形图的等高距是 1 m, 所以坡面的等高距也取 1 m。填方坡度为 1:1.5, 等高线的平距为 1.5; 挖方坡度为 1:1, 等高线的平距为 1。填方部分作图方法如下:

- (1) 作 I、II、III 坡面上的等高线, 分别画出 I、II、III 坡面的坡脚线;
- (2) 如图中圆圈所示, 点 a 是 II、III 坡面及地面的三面交点的投影, 在求作 II、III 两个坡面的坡脚线时应适当延长, 以便于找出交点 a;
- (3) 相邻坡面坡度相等, 坡面交线是 45°线 (II、III 坡面坡脚线和这两坡面交线应交于同



一点A)；

(4) 画上示坡线。

挖方部分的作图方法、步骤与此相同。

例 10.12 如图 10.22a 所示,在一斜坡地形面上修一条斜坡道,斜坡道的填、挖方边坡均为 $1:2$,求各边坡与地面的交线。

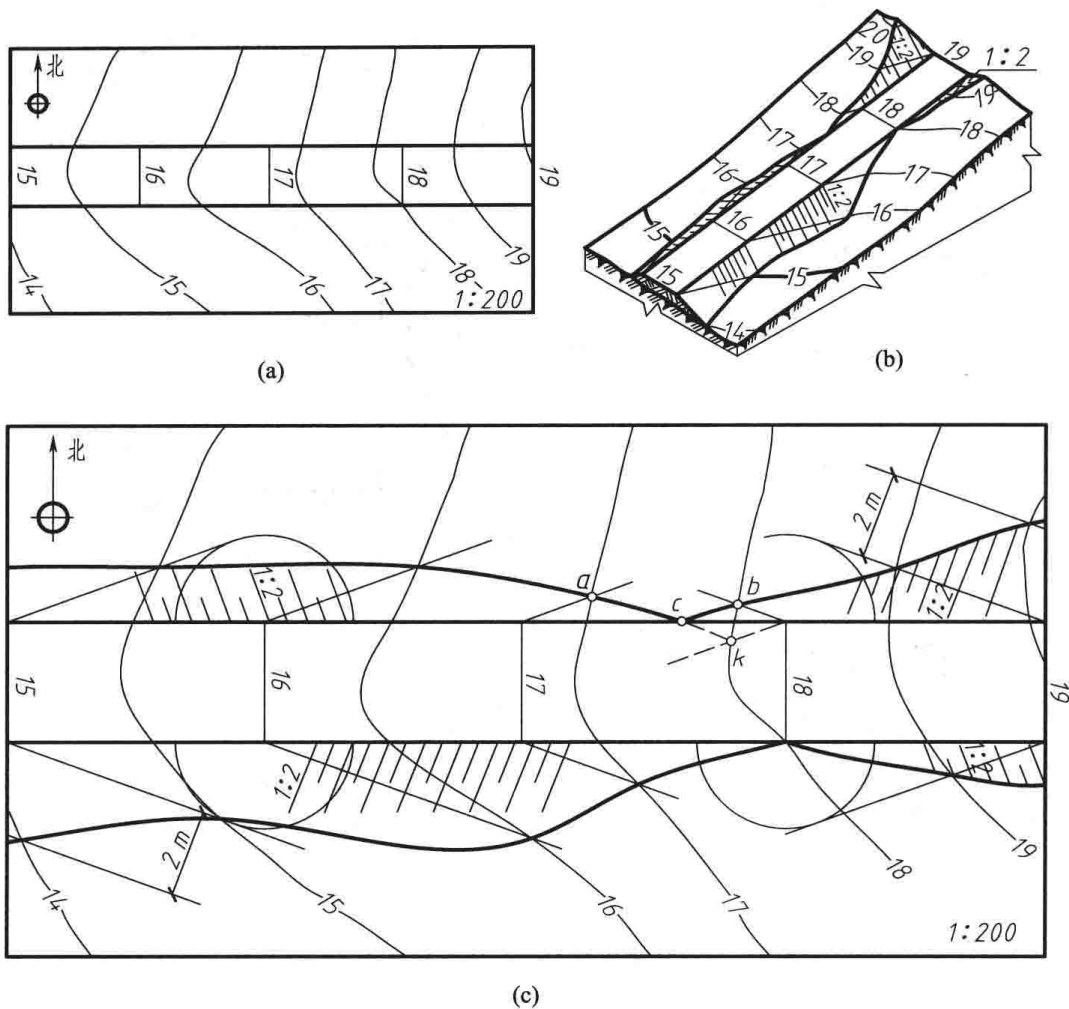


图 10.22 斜坡道的开挖线和坡脚线

分析: 如图 10.22b 所示,比较路面与地面的高程可以看出,道路西侧比地面高,应填方;东侧比地面低,应挖方。路南填方、挖方分界点在路边线高程 18 m 处(路面高程为 18 m 的等高线与地面高程为 18 m 的等高线交点);路北填、挖方分界点大致在高程 17 m 与 18 m 之间,准确位置要通过作图确定。

作图: 如图 10.22c 所示。

(1) 作道路两侧填方坡面的等高线:以路边线上高程为 16 m 的点为圆心, 2 m 为半径作圆弧(此圆弧可理解为素线坡度为 $1:2$ 的直圆锥面上高程为 15 m 的等高线),自路边线上高程为 15 m 的点作此圆弧的切线,就是填方坡面上高程 15 m 的等高线。再自路边线上高程为 16 m 、 17 m 的点作此切线的平行线,即得填方坡面上相应高程的等高线。

(2) 作道路两侧挖方坡面的等高线:求法与作填方坡面的等高线相同,但方向与同侧填方等

高线相反,因为这时所作的是倒圆锥面(锥顶在 18 m,底圆在 19 m)。

(3) 将坡面上等高线与地面同高程等高线的交点依次连接,就得到坡脚线和开挖线。

(4) 求路北的填挖方分界点 c : 假想扩大路北填方的坡面至高程 18 m, 则自路边线高程为 18 m 的点作高程为 18 m 的填方坡面等高线(图中用虚线表示), 得到交点 k , 连接 ak 线与路面边线交于点 c , 就是填挖方的分界点。如果假想扩大挖方坡面至高程 17 m, 也可求得相同的结果。

(5) 画上示坡线(注意各坡面的示坡线与坡面等高线垂直)。

例 10.13 如图 10.23a 所示, 在地面上修筑一道路, 已知路面位置及道路的标准断面, 试求道路坡面与地面的交线。

分析: 如图 10.23 所示, 路面高程为 60 m, 所以地面高程 60 m 的等高线与路面相交的一段(线段 $e6$)是填挖方的分界线, 左侧地面高于路面, 要挖方; 右侧地面低于路面, 要填方。

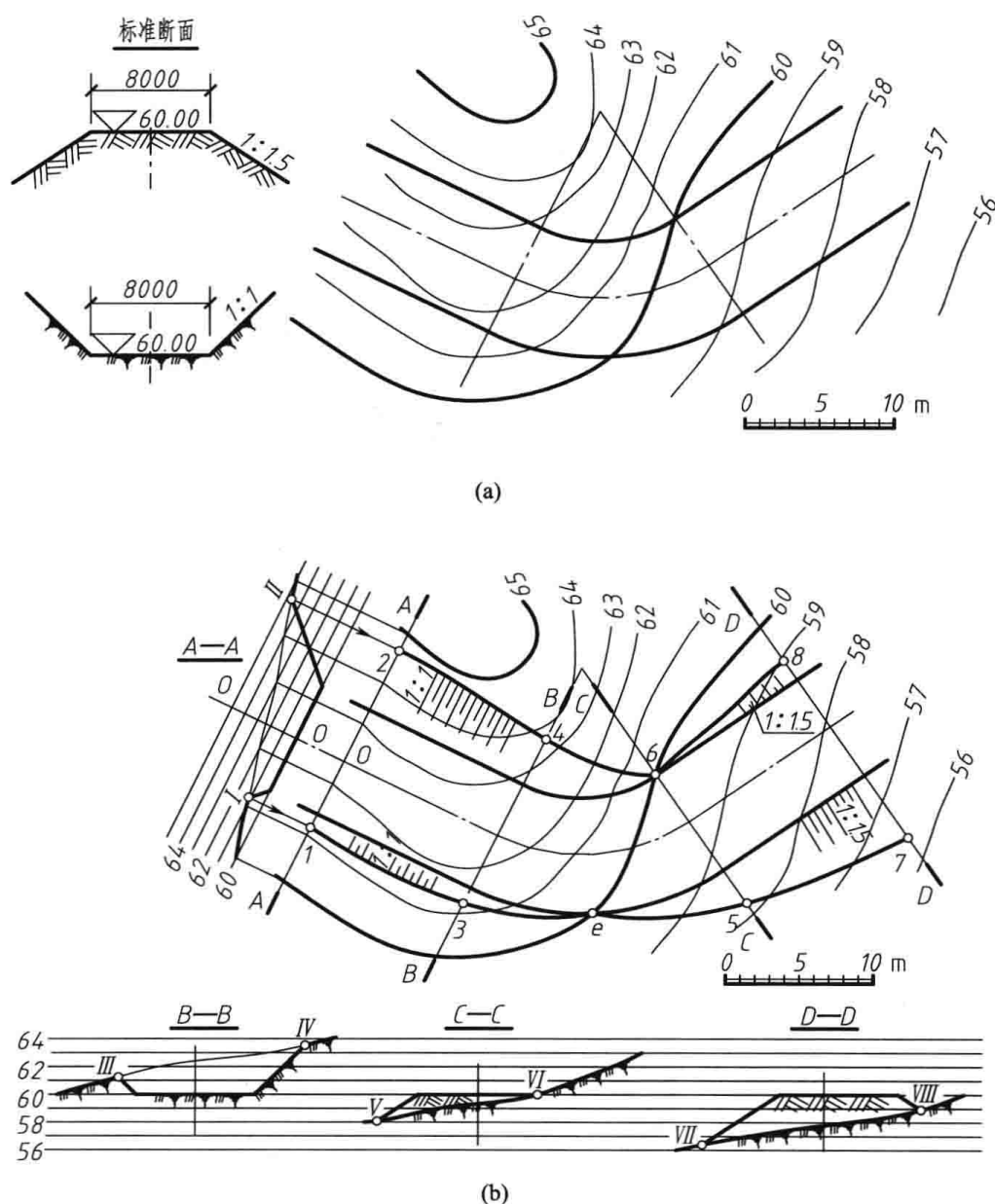


图 10.23 断面法求坡脚线和开挖线



求道路边坡与地面的共有点,一般可采用水平辅助面的方法求解。但是本例中左侧的地面等高线与坡面等高线接近平行,两坡面等高线不易求出交点,这时可采用铅垂面作辅助面,用地形断面图求共有点。作法是:间隔一定距离作一与道路中线垂直的铅垂面(如图 10.23b 中的 A—A, B—B 等),并作出地形断面图和道路断面图,两断面轮廓的交点就是开挖线或坡脚线上的点。

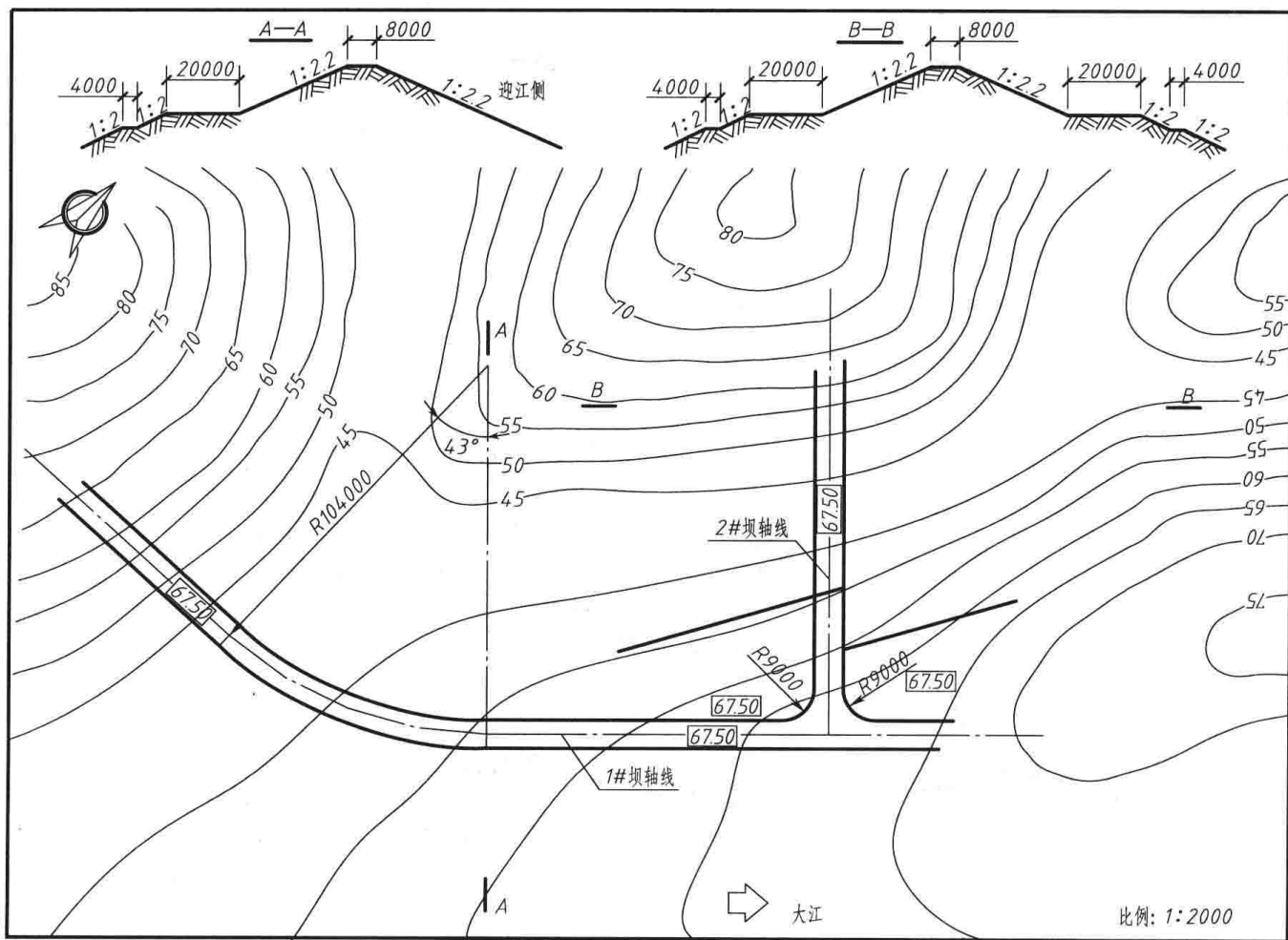
作图: 如图 10.23b 所示, A—A 断面作图步骤如下:

- (1) 在地形图的适当位置作剖切位置线 A—A。
- (2) 取地形图相同的绘图比例作地形断面图 A—A, 并定出道路中心线的位置。
- (3) 按剖切位置可以确定, A—A 断面位置应是挖方, 在地形断面图中画出道路挖方断面, 边坡为 1:1。

(4) 在 A—A 断面图中找出道路边坡与地形断面的交点 I、II, 并在地形图的 A—A 剖切位置线上量取 OI、O2 分别等于 A—A 断面上 I、II 两点到中心线的距离, 求得开挖线上的点 1、2 两点。

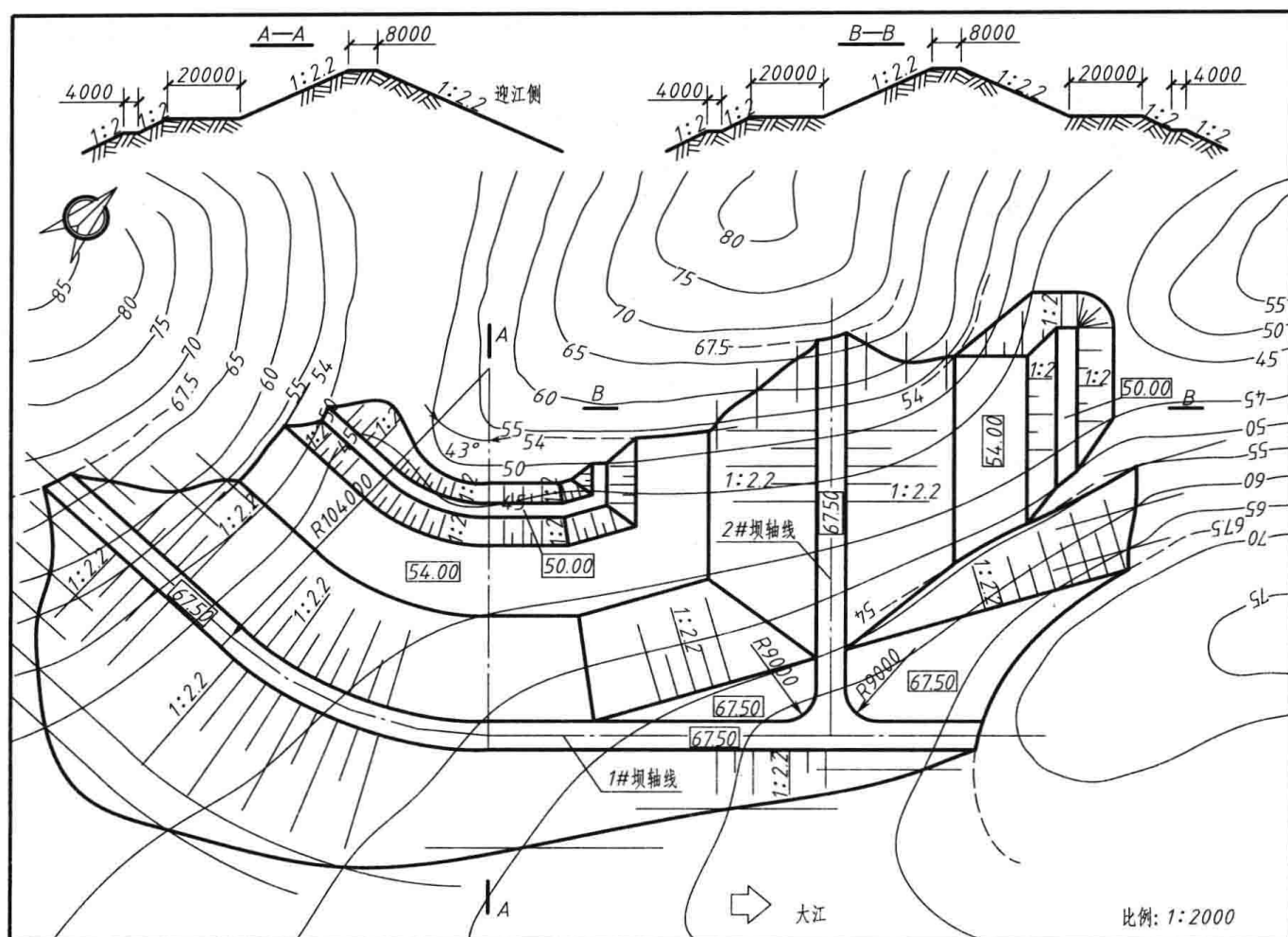
用同样的方法作 B—B、C—C、D—D 等断面图, 可以求出开挖线(坡脚线)的其他各点, 如 3、4、5、6…。将同侧的点依次连接起来, 就是所求的开挖线或坡脚线。

例 10.14 如图 10.24a 所示为一筑坝工程实例, 已知大坝位置及标准断面, 求大坝坡面与地面的坡脚线和坡面交线。



(a)





(b)

图 10.24 筑坝工程实例

分析：如图 10.24a 所示，地形东南侧为大江，西、北侧有两高坡，坡顶高程 80 m 以上，两高坡中间的河道与大江交汇于东南侧。大坝顶面高程 67.5 m，成 T 字形。1 号坝轴线东南走向，两侧为直线段，中间有一段半径 104 m、圆心角为 43° 的圆弧，横断河道入江口。2 号坝轴线东北走向，与 1 号坝轴线的直线段正交。两坝轴线相交处有一高程为 67.5 m 的三角状平台。从 A—A 断面图可知，1 号坝的迎江面为一级坡，坡度 1 : 2.2，背江面为三级坡，坡度分别为 1 : 2.2、1 : 2、1 : 2。从 B—B 断面图可知，2 号坝的两侧坡面均为三级坡，坡度分别为 1 : 2.2、1 : 2、1 : 2。

1 号坝轴线有一段圆心角为 43° 的圆弧，因此，圆弧段外侧（大江侧）坡面为圆台坡面，而内侧坡面为倒圆台坡面。其他坝轴线段均为直线，因此各坡面均为平面坡。

1 号坝轴线的圆弧与直线段相切，因此两坡面之间没有交线。1、2 号坝相交处（三角状平台处）的坡面之间有坡面交线，交线为直线。

各地形等高线的等高距为 5 m，坡面等高线中，除 65 m 等高线按高差 2.5 m 计算外，其他等高线均按等高距 5 m 计算。

作图：如图 10.24b 所示。



(1) 在与坝顶面相交处的地面上,插入高程为 67.5 m 的等高线,并作出坝顶面与地面各交线段。

(2) 根据高差和坝轴线位置,布置坡面各分级马道,并作出各马道与地面的交线。

(3) 作各坡面与地面交线以及坡面之间交线。

因地形等高线所限,1 号坝北侧和 2 号坝东侧的最低一级的局部坡脚线为示意绘制。

思考题

1. 标高投影是如何表达点、线、面以及地形面的?
2. 坡度和平距表达的空间几何关系是什么?
3. 标高投影中求作交线的基本作图方法是什么?
4. 何为坡脚线、开挖线和坡面交线,这些交线的类型有哪些,求作时有何不同?
5. 如何确定场地或斜坡道坡面的挖方和填方区域以及它们的分界线?



第 11 章

图解分析和方法

学习要点

1. 学会分析和图解空间几何问题的基本方法和应用;
2. 熟悉综合法和辅助投影面法求解度量问题和定位问题的基本思路;
3. 培养空间思维能力,提高空间分析能力,掌握空间分析的方法。

11.1 图解基本方法

在绘制工程图样或解决工程实际问题时,会涉及求距离、角度等问题或求满足一定位置要求的点、线、面等定位问题,用画法几何原理和作图方法来解决这些实际问题的方法称为图解法。

图解法是解决空间几何问题和空间构造构思的一种重要方法,是工程中解决技术问题的手段之一。如欲求图 11.1 所示 AB 、 CD 两管道的最短连接管 EF 的长度和位置时,可视为求交叉二直线的最短距离和公垂线的位置(其解题方法见例 11.2)。又如在水利工程中修建堤坝,可根据堤坝的平面布置和断面图形来估算工程量。图解法比计算法简单,具有明确显示几何形象的优点,但精度有局限性。

(1) 图解空间几何问题时,需要综合运用的投影规律和基本作图方法主要有:

1) 点的投影规律,各种位置直线、平面的投影特点。

2) 两直线、直线与平面及两平面间各种相对位置的投影特点。

3) 求线段实长。

4) 在平面上取点、线。

5) 求直线与平面的交点及两平面的交线。

6) 过点作直线、平面与已知直线或平面平行、垂直。

7) 辅助投影面法:当直线或平面相对投影面处于特殊位置时,它的某个投影能直接反映实长、实形、距离、角度等,如图 11.2 所示。所以当几何元素为一般位置时,我们可根据题目要求,进行分析,考虑如何设立辅助投影面,使几何元素对新投影面处于有利于解题的特殊位置,使解

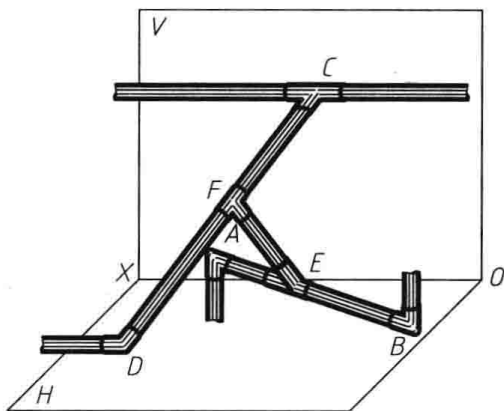


图 11.1 用最短管道连接两已知管



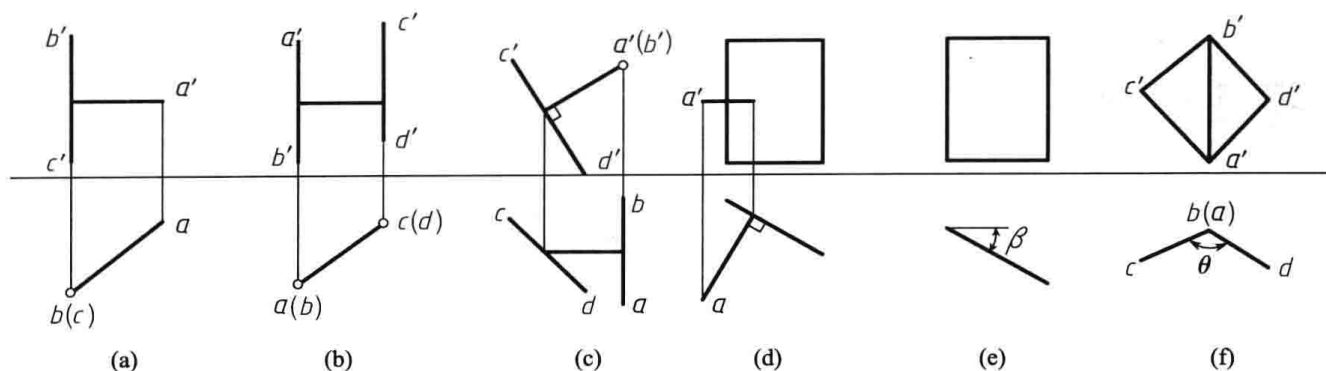


图 11.2 特殊位置直线、平面可使解题简化

题简化。

(2) 辅助投影面法的基本作图有：

1) 将一般位置直线转换为投影面平行线或投影面垂直线。

2) 将一般位置平面转换为投影面垂直面或投影面平行面。

(3) 求解综合题时,应分析几何元素与投影面的空间位置和它们之间的相对位置,综合运用基本作图方法,确定解题方法和步骤。图解法按照作图方法的不同,常用的有综合法,辅助投影面法,或是两种方法的组合等等。

1) 综合法 综合运用点、线、面之间的平行、相交、垂直等作图原理和基本作图方法求解综合问题的方法。

2) 辅助投影面法 辅助投影面法是通过使用新投影面,改变几何元素与投影面之间的相对位置,将它们由一般位置转换为特殊位置,以达到简化解题的目的。

3) 两者结合解题 在一个解题过程中同时使用辅助投影面法和综合法解题。

求解综合题时常用到两种解题思路:①利用轨迹的概念,求作满足已知条件的点或线的轨迹求解。②使用逆推法,即根据题目要求达到的结果的空间条件,构建几何元素的空间关系,逆推分析,找出解题的方法和步骤。同一问题常可采用几种求解思路,应找出作图简便的方法解题。

11.2 度量问题的图解

度量问题用辅助投影面法往往比较方便,当直线、平面为一般位置时,可以根据题给要求,考虑如何设立辅助投影面,使它们对新投影面处于有利于解题的特殊位置,使解题简化。

例 11.1 求图 11.3a 所示点 D 至平面 ABC 的距离。

分析: 求点到平面的距离,构建的几何元素的空间关系为:

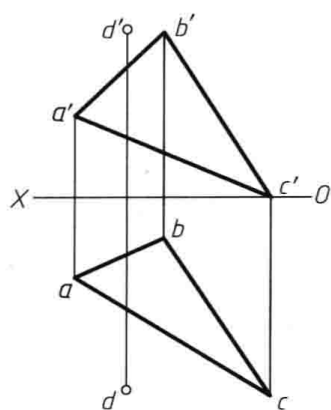
(1) 过点 D 向平面 ABC 作垂线 DE ;

(2) 求出垂足 K ;

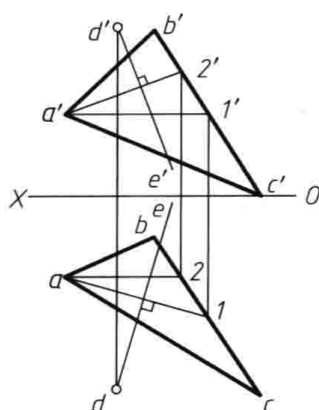
(3) 求出 DK 的实长即为点到平面的距离。

作图: 综合法作图见图 11.3b、c、d。

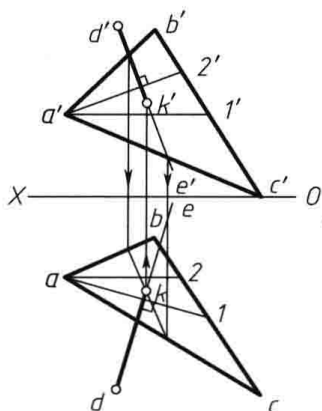
(1) 在平面 ABC 内取水平线 AI 和正平线 AI ;



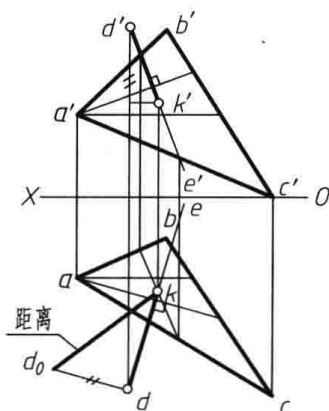
(a)



(b) 在平面 ABC 内取水平线 AI 和正平线 AII , 过点 D 向平面作垂线 DE



(c) 求垂线 DE 与平面 ABC 的交点 K



(d) 求线段 DK 的实长

图 11.3 综合法求点到平面的距离

- (2) 过点 D 向平面 ABC 作垂线 DE ;
- (3) 求垂线 DE 与平面 ABC 的交点 K ;
- (4) 求线段 DK 的实长。

辅助投影面法作图见图 11.4。

- (1) 见图 11.4a, 在平面 ABC 内取水平线 AI , 使 X_1 轴垂直 AI ;

- (2) 求平面新投影 $a'_1b'_1c'_1$ 及点 D 的新投影 d'_1 ; 垂线 DK 的方向即可确定, 点 K 即为垂足, $d'_1k'_1$ 反映点到平面的距离;

- (3) 将垂足及垂线返回原投影面, 见图 11.4b。

例 11.2 求图 11.5a 所示 AB 、 CD 两交叉直线的距离及公垂线的投影。其实例见图 11.1。

分析: 交叉两直线的距离即公垂线的实长。若使交叉两直线之一垂直于一投影面, 则公垂线必平行于该投影面, 其投影必与另一直线的同面投影垂直, 且反映实长。由于 AB 是水平线, 作一次投影面转换即可成为投影面垂直线。

作图:

- (1) 如图 11.5b, 作 $X_1 \perp ab$, 作两直线的 V_1 面投影;



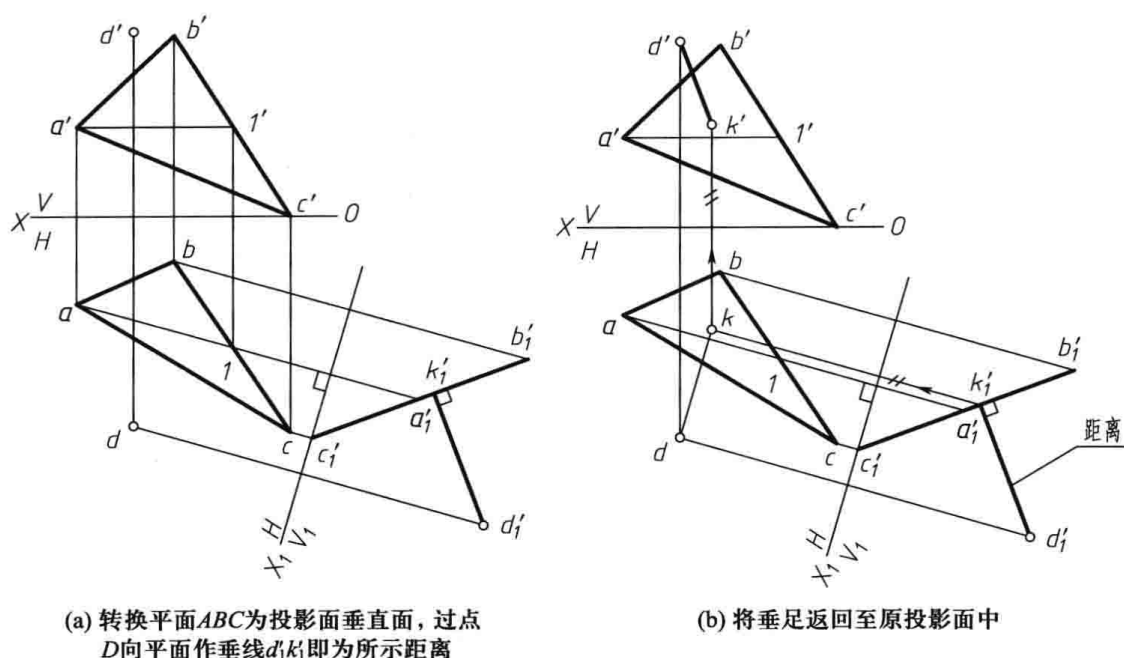


图 11.4 辅助投影面法求点到平面的距离

(2) 自 $a'_1b'_1$ 作 $e'_1f'_1 \perp c'_1d'_1$, 即公垂线 EF 的 V_1 面投影, $e'_1f'_1$ 为交叉两直线 AB 、 CD 的距离。

(3) 将 EF 返回至原投影中, 即得公垂线 EF 的投影。

该题如改为两交叉直线均为一般位置直线, 如何求它们的距离? 请自行作图。

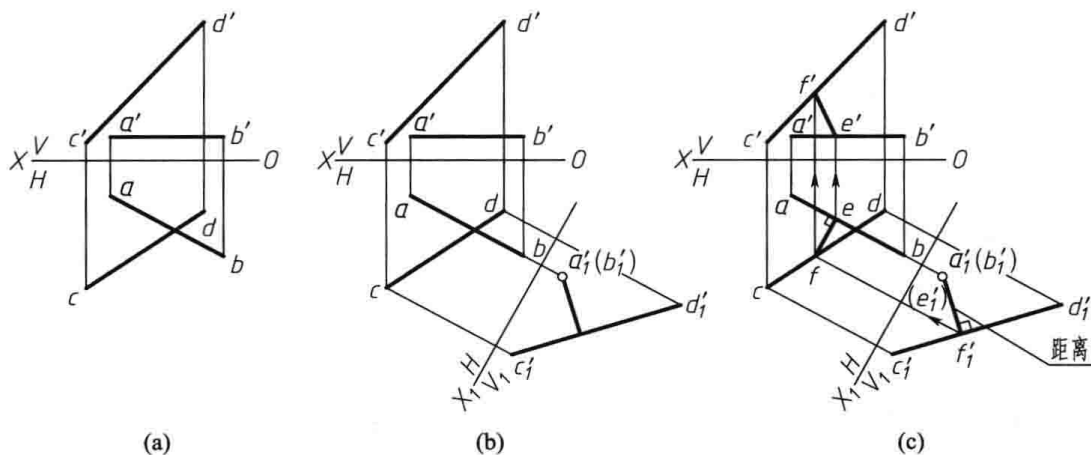


图 11.5 求交叉两直线的距离

例 11.3 已知 $AB \parallel CD$, 两直线间的距离为 15 mm, 完成直线 CD 的投影 (图 11.6a)。

分析: 两平行线为一般位置直线, 它们之间的距离在投影图上不能直接反映。但两投影面垂直线的积聚性投影可反映两平行线间的距离。本题可用辅助投影面法, 将两直线转换为投影面垂直线。同时, 与直线 AB 相距 15 mm 的直线 CD 的轨迹, 是以 AB 为轴线、半径为 15 mm 的圆柱面, 见图 11.6b。根据辅助投影面法的作图方法即可作出 CD 。此题有两解。

作图:

(1) 如图 11.6b 所示, 连续二次作辅助投影面将 AB 转换为投影面垂直线。



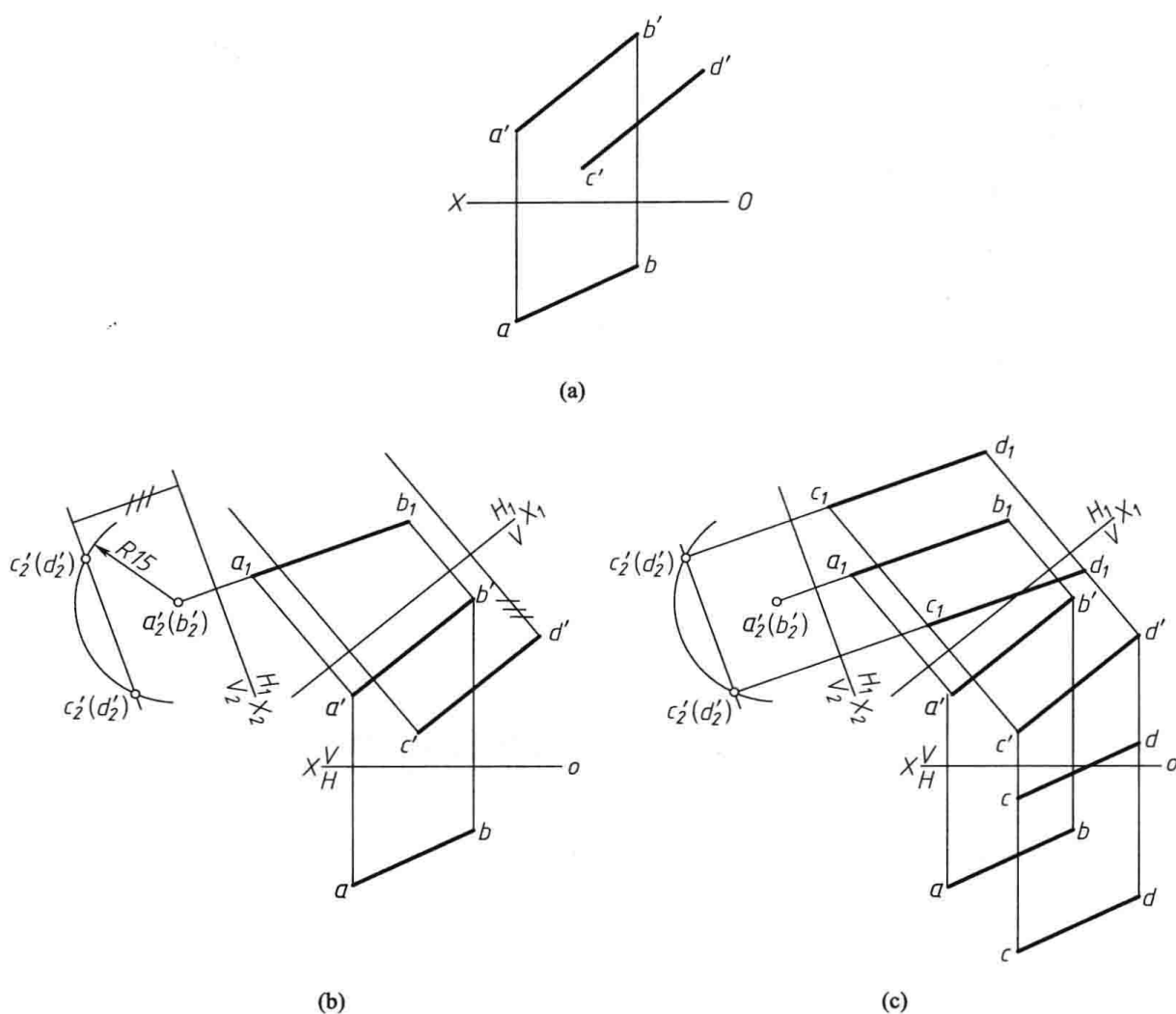


图 11.6 求作直线 CD 的 H 面投影

(2) 以 $a'_2b'_2$ 为圆心, 15 mm 为半径画圆弧, 量取 $c'd'$ 到 X_1 轴的距离等于 $c'_2d'_2$ 到 X_2 轴的距离, 作 X_2 轴平行线, 与圆弧的交点即为 $c'_2d'_2$ 。

(3) 返回 $c'_2d'_2$ 与 $c'd'$ 垂直 X_1 轴的投影线相交得 c_1d_1 。量取 c_1d_1 到 X_1 轴的距离等于 cd 到 X 轴的距离, 如图 11.6c 所示。

例 11.4 图 11.7a 所示为一漏斗, 试求其棱台部分相邻两侧面间的夹角 θ 。

分析: 如图 11.7b 所示, 若使两平面的交线转换为投影面垂直线, 则此两平面的积聚投影间的夹角即反映此两平面的夹角。故本题用辅助投影面法比较方便, 将棱台部分相邻两侧面的交线由一般位置线转换为投影面垂直线即可。因棱台前后、左右对称, 所以四个夹角相同, 只需求出其中一个。现求以棱线 AB 为交线的两平面夹角。两个平面都只取其一部分, 即 $\triangle ABC$ 和 $\triangle ABD$, 并把它从整体中取出, 简化成图 11.7c。

作图: 见图 11.7c。

(1) 作 H_1 面与 AB 平行。

(2) 再作 V_2 面与 AB 垂直。这时两个平面的投影积聚成直线 $a'_2b'_2c'_2$ 及 $a'_2b'_2d'_2$, 夹角 θ 即为所求。



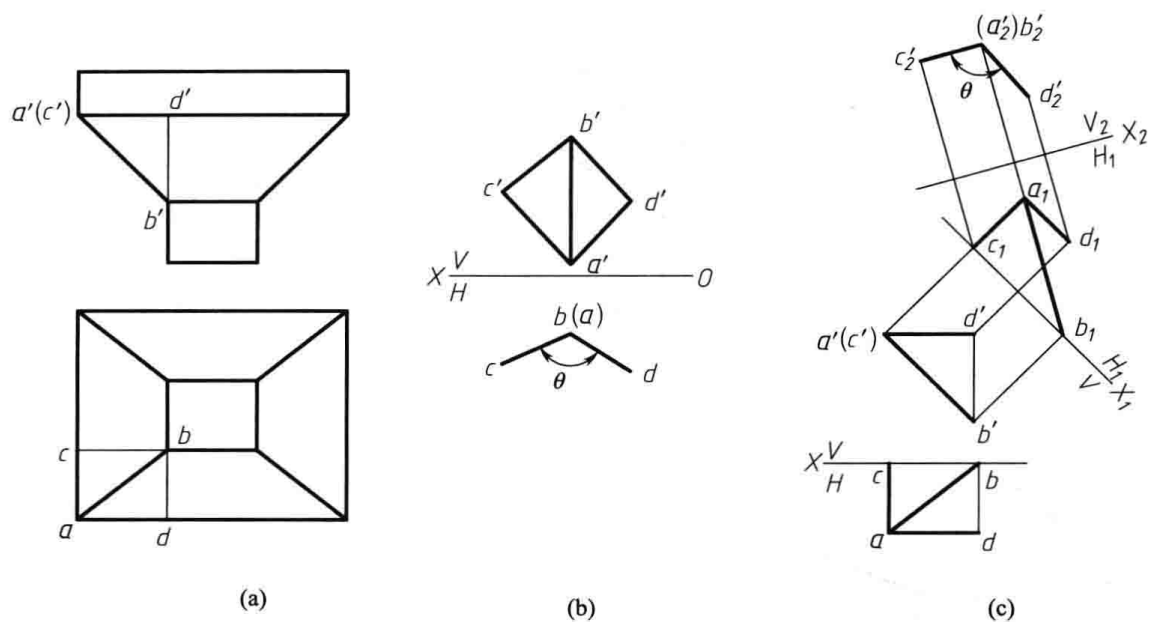


图 11.7 求两平面的夹角

11.3 定位问题的图解

定位问题是指确定满足一定要求的几何元素的位置,这类问题往往需要利用轨迹求解。即先作出满足问题部分要求的几何元素的轨迹,然后再求出同时满足问题其他要求的结果。这类问题常常既可用综合法求解,又可用辅助投影面法求解,解题前可先进行比较,选择其中较便捷的方法。

例 11.5 求直线 MN 上与 $\triangle ABC$ 距离 15 mm 的点 K , 见图 11.8a。

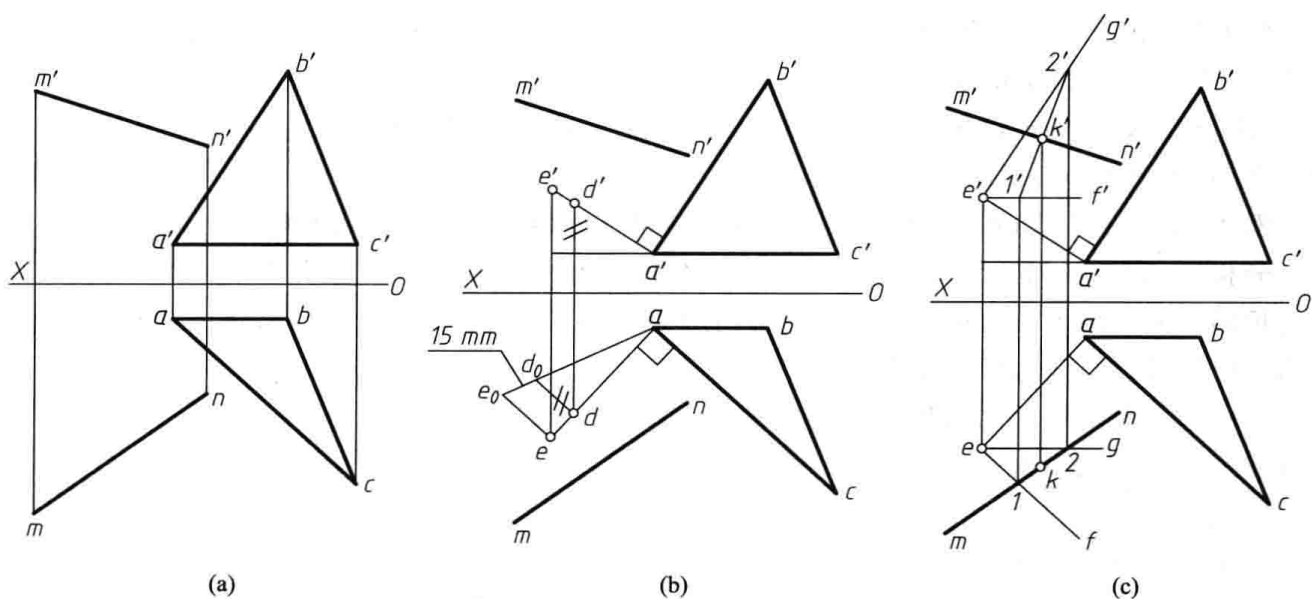


图 11.8 求直线上与平面定距离的点 K



分析：与 $\triangle ABC$ 平面距离15 mm的点的轨迹是与 $\triangle ABC$ 平行且距离为15 mm的平面，点 K 为直线 MN 与此平面的交点。因此，其作图步骤如图11.8b、c所示：

- (1) 如图11.8b所示，过 $\triangle ABC$ 面上一点 A 作 $\triangle ABC$ 的垂线 AD ；
- (2) 在垂线上取点 E ，使它与平面的距离为15 mm；
- (3) 如图11.8c所示，过点 E 作平面平行于 $\triangle ABC$ ；
- (4) 求直线 MN 与此平面的交点 K 。

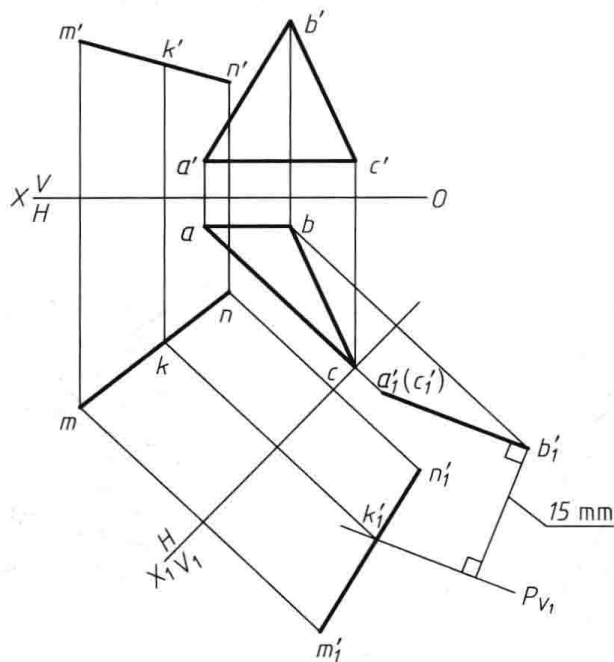


图 11.9 辅助投影面法求直线上与平面定距离的点 K

本题也可以用辅助投影面法做，若 $\triangle ABC$ 转换为投影面垂直面，则上述作图可大大简化。其作图方法见图11.9，将平面 ABC 转换为投影面垂直面后，作 P 平面与其平行，两平面间距离为15 mm，直线 MN 与平面 P 的交点即为所求。本题有两解，图中只作了一解。

例 11.6 过点 A 作直线 AD 与平面 LMN 平行，且与直线 BC 相交(图11.10a)。

分析：第一种思路：如图11.10b所示，过点 A 且平行于平面 LMN 的直线有无穷多，其轨迹是过点 A 平行于 LMN 的平面；由于 AD 还应与直线 BC 相交，所以 AD 应通过 BC 与该平行平面的共有点。由此得解题步骤为：

- (1) 过点 A 作平面 $A I II \parallel$ 平面 LMN ；
- (2) 求 BC 与平面 $A I II$ 的交点 D ；
- (3) 连 AD 即为所求，如图11.10d所示。

第二种思路：如图11.10c所示，过点 A 与 BC 相交的直线有无穷多，其轨迹为点 A 与直线 BC 确定的平面；由于 AD 还应与平面 LMN 平行，因此它应平行于 ABC 、 LMN 两平面的交线 EF 。解题步骤为：

- (1) 求 ABC 与 LMN 两平面的交线 EF ；
- (2) 过点 A 作直线 AD 与 EF 平行，与 BC 相交即为所求。

用综合法解题时，第一种思路作图比较简单。



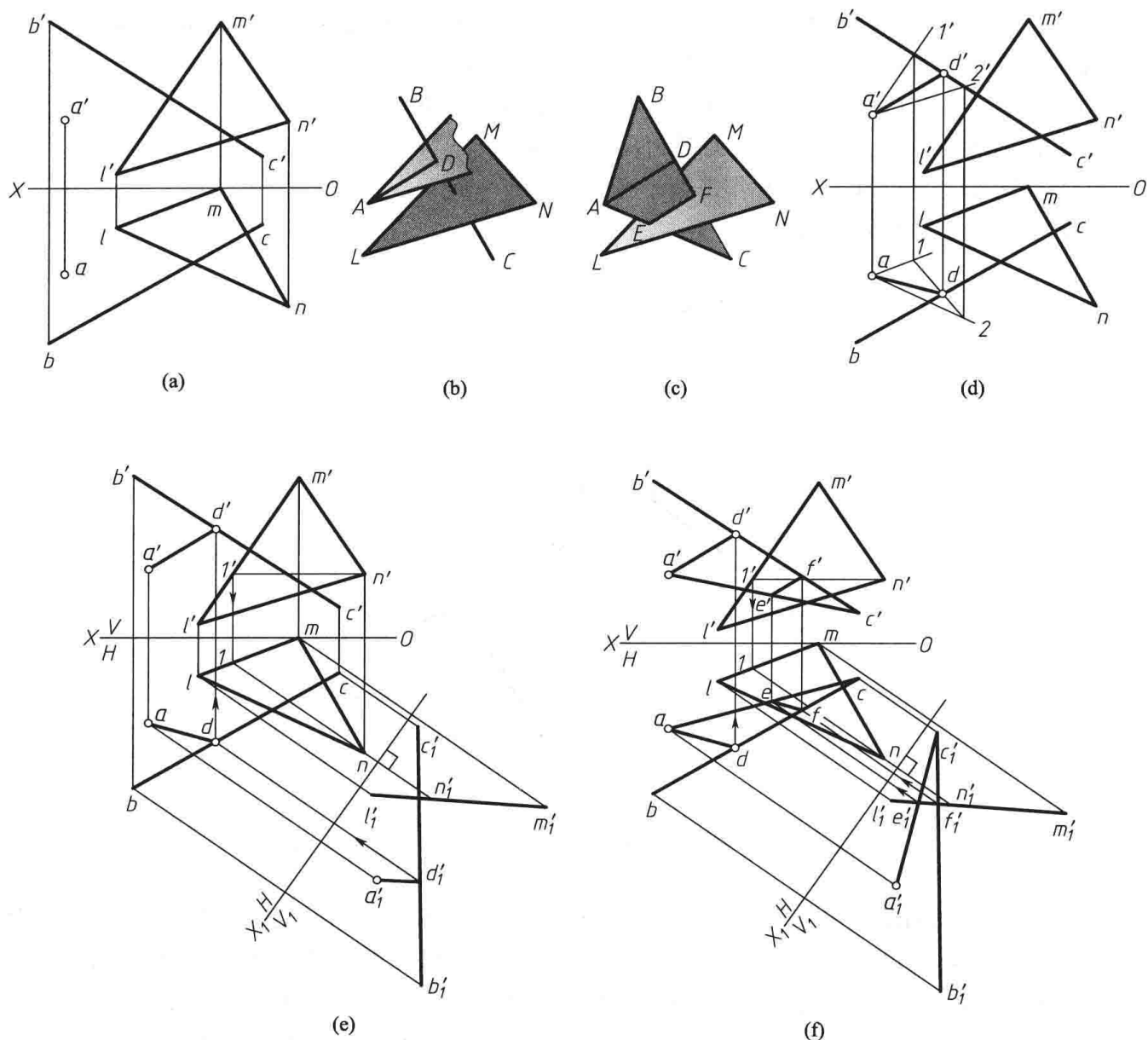


图 11.10 过点作直线与已知平面平行且与已知直线相交

这两种思路用辅助投影面法求解均不难实现,只需将平面 LMN 转换成投影面垂直面,作直线与平面平行及求两平面交线的作图都很简便,如图 11.10e、f 所示。

比较图 11.10d、e、f,可以看出,图 d 作图简单,且作图所需位置小。若用辅助投影面法作图,则图 e 较清晰。由此例可看出,对于同一问题,可以有不同的思路和解法。在作图之前,应先进行分析比较,采用其中最简便的方法解题。

例 11.7 如图 11.11a 所示,已知矩形 $ABCD$ 的一边 AB ,另一边 BC 平行于 $\triangle EFG$,且顶点 C 位于 H 面上方 12 mm 处,试完成该矩形的两投影。

分析: 如图 11.11b 所示,因为平面 EFG 为正垂面, $b'c'$ 应平行 $e'f'g'$,再根据点 C 在 H 面上方 12 mm,即可确定 c' ,完成矩形正面投影。因矩形的相邻两边垂直,作 BC 垂直 AB 即可完成矩形的投影。

辅助投影面法: 如图 11.11b 所示,转换 AB 为投影面平行线,则 $a_1'b_1'$ 垂直 $b_1'c_1'$,返回即可完成

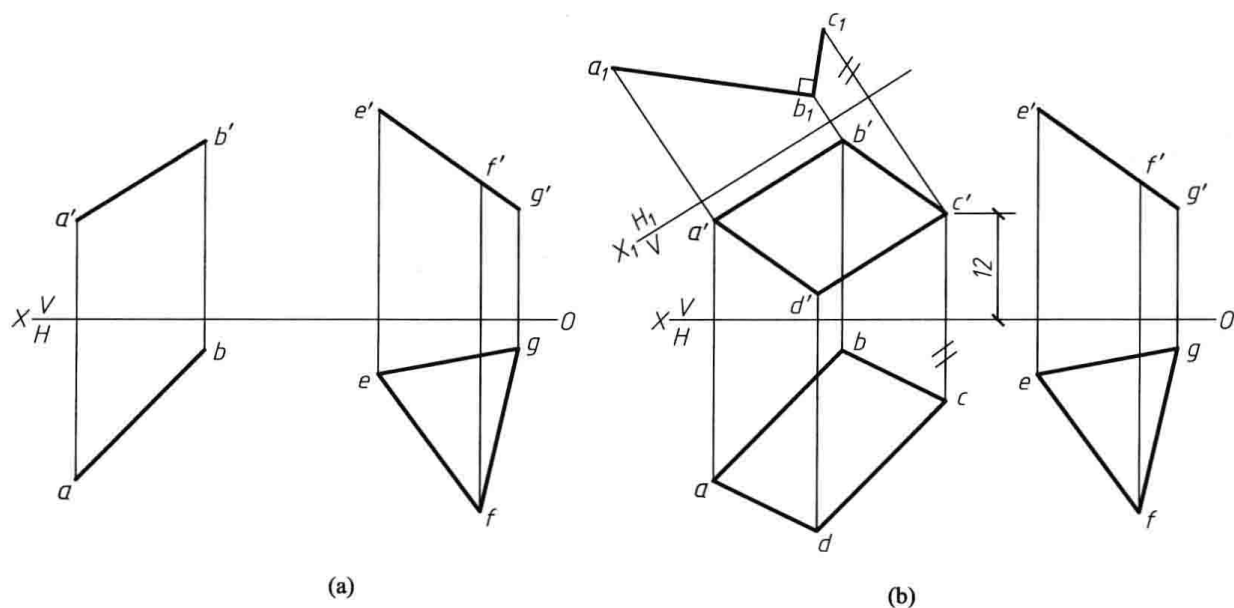


图 11.11 辅助投影面法求作矩形的投影

矩形的水平投影。

综合法:如图 11.12 所示,过点 B 作平面 $B I II$ 垂直 AB, BC 必在此平面内,根据平面内取线的方法,作 BC 水平投影,即可完成矩形的投影。

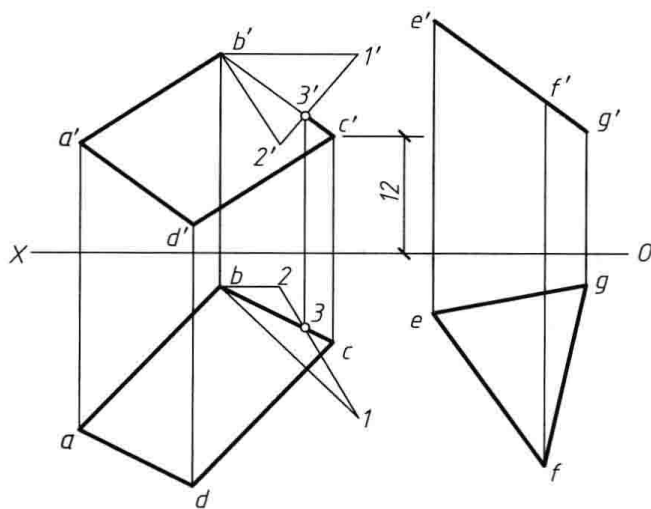


图 11.12 综合法求作矩形的投影

思考题

1. 如何求点到直线、点到平面、两(平行、交叉)直线、两平面之间的距离?
2. 如何求两(相交、交叉)直线、两平面及直线与平面间的夹角?
3. 图解一般度量问题的基本方法是什么?
4. 图解一般定位问题的基本方法是什么?
5. 图解空间几何问题时,如何构思几何元素的空间关系?



第 12 章

立体表面的展开

学习要点

1. 掌握锥面(棱锥、圆锥、椭圆锥)的展开图画法;
2. 掌握柱面(直圆柱、斜棱柱)的展开图画法;
3. 了解展开图的工程应用,熟悉料斗、方圆渐变段、弯管等表面的展开方法。

12.1 概 述

把立体的表面沿适当位置切开,按照一定的顺序摊平在一个平面上,称为立体表面的展开,如图 12.1 所示。展开后所得的平面图形称为展开图。

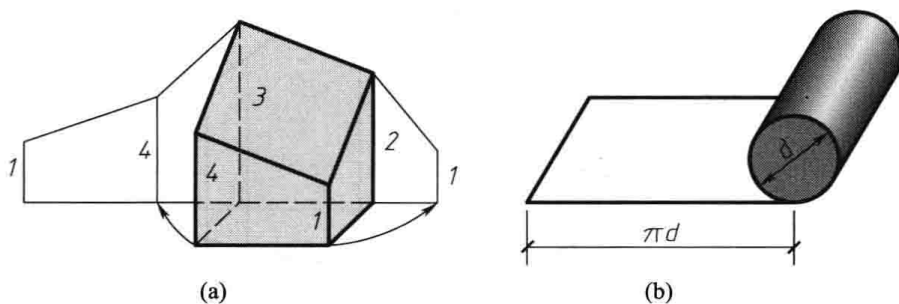


图 12.1 表面展开图

在生产和生活中,经常遇到用薄板制成的产品,如水电站中的引水钢管、混凝土模板;工厂中常见的锅炉、漏斗及烟囱等。制造这类产品时,先要画出相应的展开图(即常说的“放样”),然后根据图样经过下料、成型,最后焊(铆)接而成。展开图的正确与否,直接影响产品的质量和材料的合理使用。

平面体的表面由平面组成,它的展开图就是若干个平面实形的组合。

曲面体的曲表面分为可展曲面与不可展曲面两类。可展曲面(如柱面、锥面)可直接摊平而不产生撕裂或皱折;不可展曲面(如球面、扭曲面)可近似地看成由许多狭小的平面组成,摊平在一个平面上。本章仅讨论可展曲面的展开。

在实际生产中,可先计算出画展开图的数据,再由计算数据画出展开图,简称数解法。近年来,在飞机、船舶、汽车等制造行业中,计算机绘图的发展,使得数解法应用日益广泛,用绘图机绘制展开图或用计算机控制线切割机直接无图纸加工,为数解法提供了应用领域,有关内容可参见



相关书籍。

本章介绍采用简单便捷的图解画展开图的方法,简称图解法。图解中仅考虑几何表面展开图的画法,而不考虑生产过程中的板厚、工艺等因素。

在图解求平面的实形时,需要求线段的实长。求线段实长可采用第3章中直线的辅助投影的方法,也可以用下面的旋转法求解:

如图12.2所示,欲求线段 AB 的实长,可过其一端点 A 作一铅垂轴 AO ,使线段 AB 绕 AO 旋转,当 AB 旋转至平行于 V 面时,其 V 面投影即可反映实长。从图中可以看出,点 A 在旋转轴上,旋转后位置不变;点 B 的旋转轨迹为一水平圆弧,其水平投影反映圆弧的实形, V 面投影为过 b' 的水平线段。当 AB 旋转至平行 V 面的位置时, $ab_1 \parallel X$ 轴, $a'b_1'$ 反映实长,其作图方法如图12.2b所示。

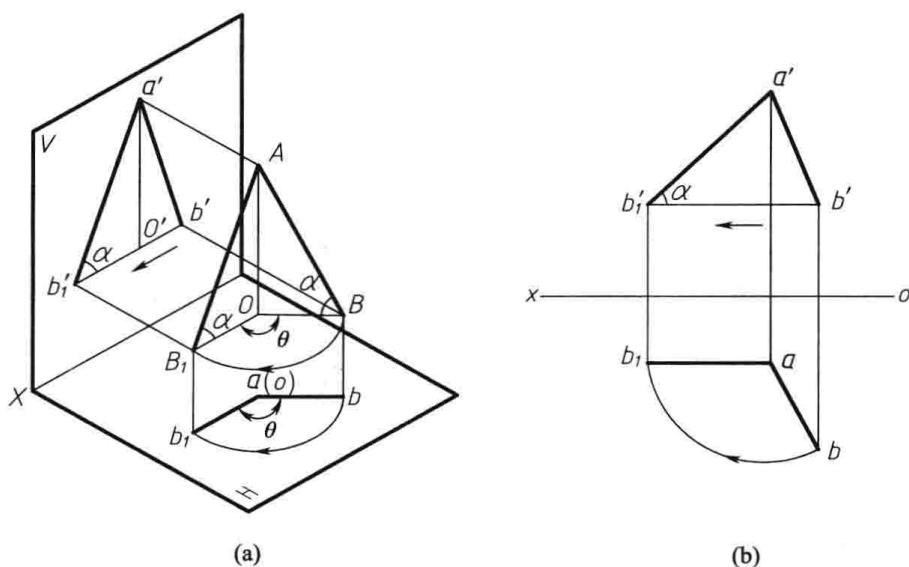


图 12.2 用旋转法求线段的实长

12.2 锥面的展开

棱锥的各个棱面都是三角形,圆锥面可以近似地看成是由许多狭长的三角形棱面所组成。画锥面展开图的基本方法是求出各条棱线(或素线)和底边的实长,然后依次画出各三角形棱面及底面的实形。

12.2.1 棱锥表面的展开

图12.3a是截头三棱锥的投影图。可先把它当成完整的三棱锥展开。然后在展开图上定出截口上各顶点的位置,连接各点,就得到截头三棱锥的展开图。作图过程如图12.3所示。

(1) 将棱线延长,定出三棱锥的顶点 $S(s, s')$,求出各棱线及底边的实长。三条棱线中, SA 是正平线, $s'a'$ 反映实长; SB 和 SC 的正面投影和水平投影都不反映实长,用旋转法求出它们的实长为 $s'b_1'$ 和 $s'c_1'$ 。三棱锥的底面是水平面,水平投影反映三条边的实长。



(2) 用旋转法求出锥顶至切口顶点间棱线段的实长 $s'2'_1$ 和 $s'3'_1$ 。 SI 的正面投影 $s'1'$ 反映实长。

(3) 为了减小接缝长度,采用最短棱线 II 作为接缝,因此展开图从 SB 棱线开始画图,然后按各棱线及各底边实长依次画出棱面和底面实形 $S_0B_0A_0$ 、 $S_0A_0C_0$ 、 $S_0C_0B_0$ 及 $A_0B_0C_0$,就得到三棱锥的展开图。在各棱线上截去相应的线段实长 $S_0II_0=s'2'_1$ 、 $S_0I_0=s'1'$ 、 $S_0III_0=s'3'_1$ 。用折线依次连接 II_0 、 I_0 、 III_0 、 II_0 ,并画出上底实形 $I_0III_0II_0$ 即得截头三棱锥的展开图,如图 12.3b 所示。

(4) 对于不对称的形体表面,为了说明弯折展开图形的方向,在展开图上一一般注明“正面”(外面)或“反面”(里面)的字样,图 12.3b 中注明“正”,则弯折成形的方向如图中箭头所示。

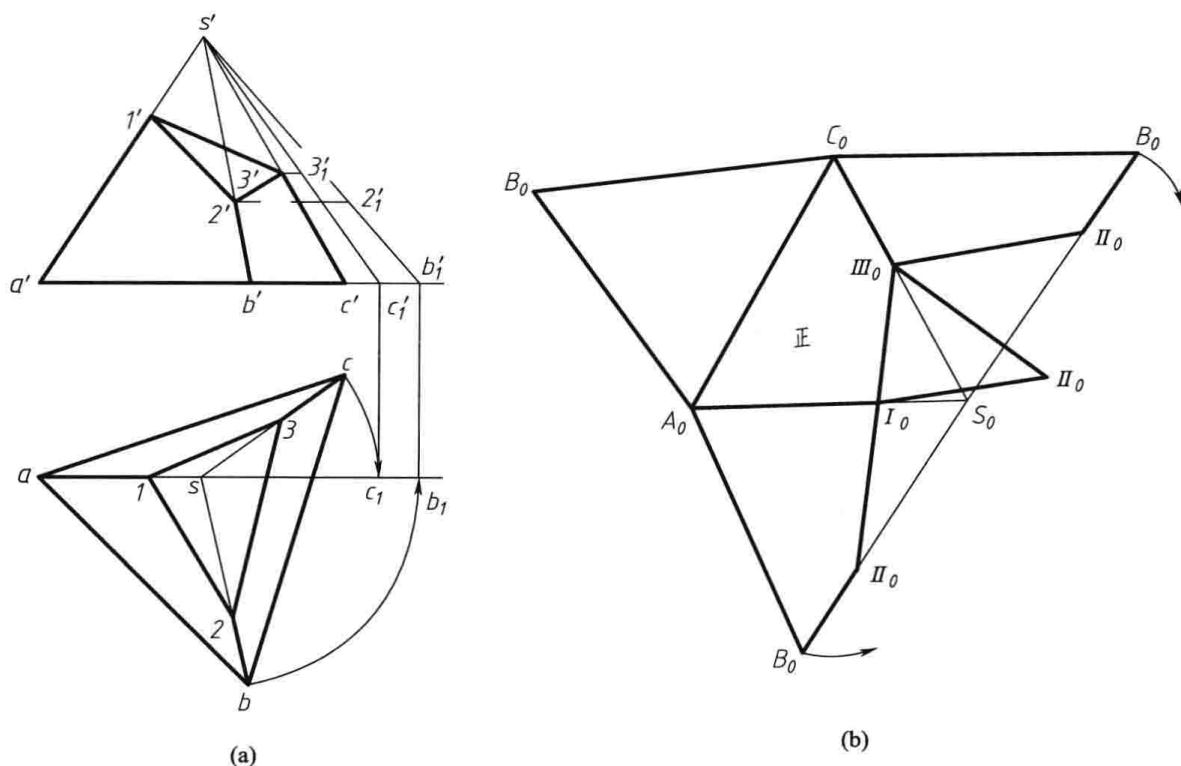


图 12.3 三棱锥的展开图

12.2.2 圆锥面的展开

圆锥面的素线长度相等,所以展开图是扇形,如图 12.4b 所示。扇形的半径为圆锥的母线长 L ,弧长等于圆锥底圆周长,圆心角 $\theta=(r/L)\times 360^\circ$, r 为圆锥底圆的半径。

圆锥面也可用内接正棱锥面代替作近似展开。图 12.4c 作出了平面 P 与圆锥截交线的展开图。先将圆锥面分成若干等分(图中为 16 等分,等分愈多愈精确),再以 S_0 为中心、 L 为半径作圆弧,在此圆弧上截取相同的等分,使各段弦长与底圆周上各段弦长相等,将起点及终点与 S_0 相连,所得扇形即为此圆锥面的展开图。锥顶至切口各点素线的实长是利用旋转法求出的,如图 12.4a 所示,切口处各段素线的实长在 $s'o'$ 上量取。

12.2.3 斜椭圆锥面的展开

对于斜椭圆锥面,可将底圆分成若干等分,作为内接斜棱锥面来近似展开。



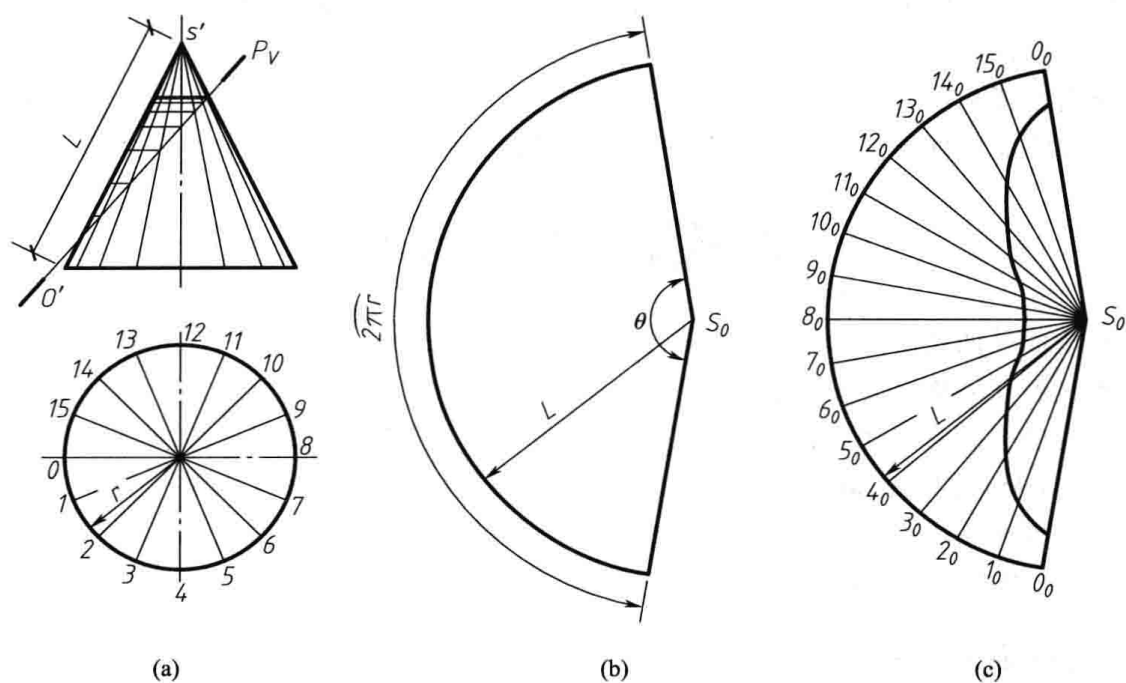


图 12.4 圆锥面的展开图

图 12.5a 是一个截头斜圆锥的投影图。可以先把它当作完整的斜圆锥面展开,然后在展开图上定出截口上各点的位置,将这些点光滑地连接起来,就得到截头斜圆锥面的展开图。作图过程如图 12.5 所示。

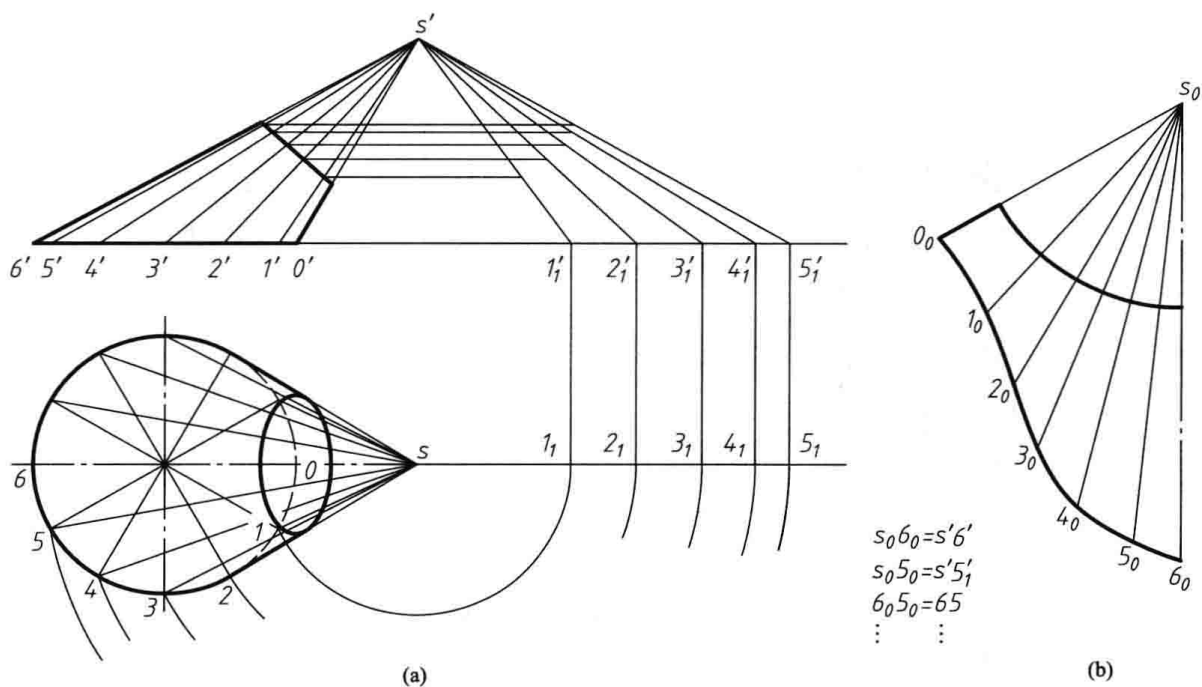


图 12.5 斜圆锥面的展开图

- (1) 作出斜圆锥的顶点,将底圆十二等分,画出过这些等分点的素线。
- (2) 用旋转法求出各素线的实长,如 $s'1'_1$ 、 $s'2'_1$...



(3) 按各素线及底圆上小段圆弧的弦长,依次作出各棱面三角形,再用光滑曲线连接 O_0 、 I_0 、 2_0 …各点,如图 12.5b 所示。

(4) 求出锥顶至截口各点素线的实长,在展开图上定出相应的各点,并用光滑曲线连接,即得截头斜圆锥面的展开图。图 12.5b 只画出了该展开图的一半,另一半与它对称。

12.3 柱面的展开

棱柱的棱面是四边形,其棱线互相平行。圆柱面上素线也互相平行。在展开图上,互相平行的棱线或素线展开后仍然互相平行。

画柱面的展开图常采用正截面法。它的基本方法是:先求出柱面正截面的实形、各棱线(或素线)的实长以及它们在正截面两侧的分段长度,然后将正截面的周边展成一条水平直线,再从此线上相应的点画一组垂直线,并在这些垂线上量取相应棱线(或素线)的分段长,最后将各端点用折线(或光滑曲线)连接,就得到柱面的展开图。

12.3.1 圆柱表面的展开

图 12.6a 为一个截头圆柱的投影图。其正面投影反映了各素线的实长,底面就是正截面,水平投影反映了正截面的实形。画展开图时,先计算出底圆的周长 πd ,将周长展开成一条直线 O_0O_0 ,将此直线十二等分,自各等分点 O_0 、 I_0 、 2_0 … 6_0 、 5_0 … O_0 作竖直的素线,量取各相应素线的实长,得出各顶点 O_0 、 I_0 、 II_0 … VI_0 、 V_0 … O_0 ,将它们依次连成光滑曲线,即得此柱面的展开图,如图 12.6b 所示。

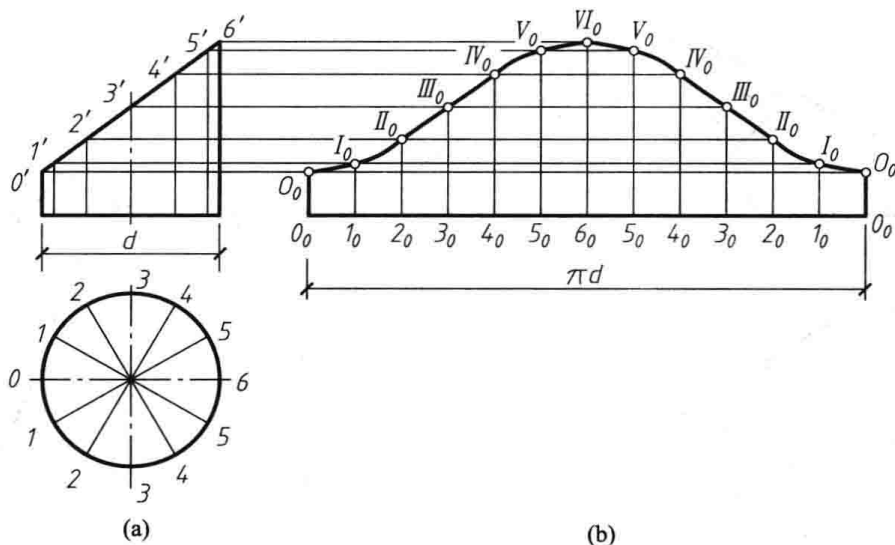


图 12.6 截头圆柱的展开图

12.3.2 斜棱柱表面的展开

图 12.7a 是一个斜六棱柱的投影图。它的正面投影反映了各棱线的实长,下底的水平投影反映下底实形,但上、下底都不是正截面。画展开图时,首先要作出正截面(即垂直于棱柱棱线的

截面)的实形,然后再展开。作图过程如图 12.7 所示。

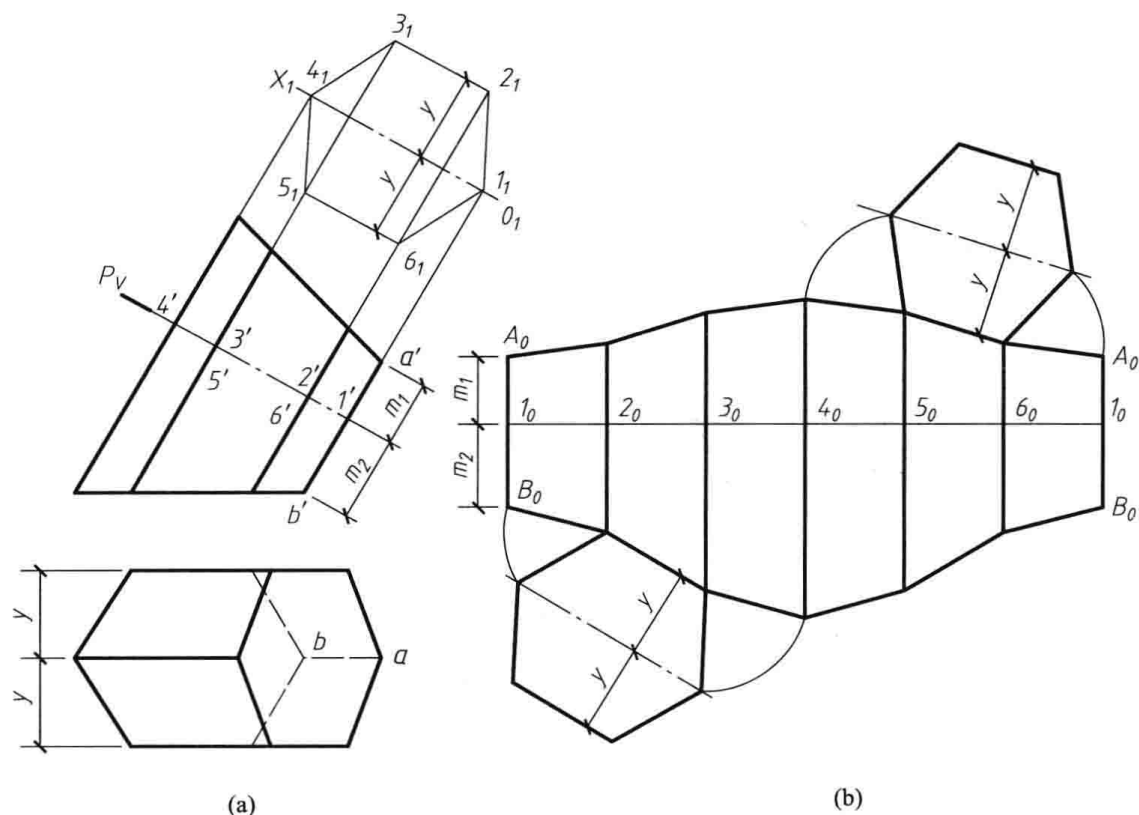


图 12.7 斜六棱柱的展开图

(1) 作正垂面的 V 面投影 $P_V \perp a'b'$, $1'4'$ 就是正截面的正面投影。

(2) 用辅助投影面法求正截面实形,如图 12.7a 中六边形 $1_1 2_1 3_1 4_1 5_1 6_1$ 。

(3) 将正截面实形各边展成一条直线,得点 $1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0, 6_0, 1_0$ 。过各点作垂线,就是各棱线在展开图上的位置,如图 12.7b 所示。

(4) 在各棱线展开位置上量取相应的长度,如 $A_0 I_0 = a' l' = m_1$, $B_0 I_0 = b' l' = m_2$ 等,得出各棱线的端点。

(5) 将各棱线端点用折线连接,就得到棱柱面的展开图。最后画出上、下底面实形。

斜圆柱面可用同样的方法近似展开。

画斜棱柱面的展开图也常采用三角形法。方法是在每个棱面上加一条对角线,将四边形化为两个三角形;求出每条棱线、底边及对角线的实长,就可画出各三角形的实形;将它们依次拼画在一起,就得到斜棱柱面的展开图。

图 12.8a 是一斜三棱柱的投影图,上、下底面都是水平面,水平投影反映实形,三条棱线长度相等。其棱面展开图作法见图 12.8:

(1) 在三个棱面内各画一条对角线 AF 、 AE 、 CE ;

(2) 用直角三角形法求出棱线和三条对角线的实长。为了作图方便,图形清晰,将所有直角三角形的两直角边重合在两条互相垂直的线上,如图 12.8b 所示;

(3) 用任一棱线作为起始线,依次画出各个三角形,如图 12.8c 所示;

(4) 检查 $A_0 D_0$ 、 $B_0 E_0$ 、 $C_0 F_0$ 是否互相平行, $F_0 F_0$ 线是否与它们垂直。若不准确,则弯折成形



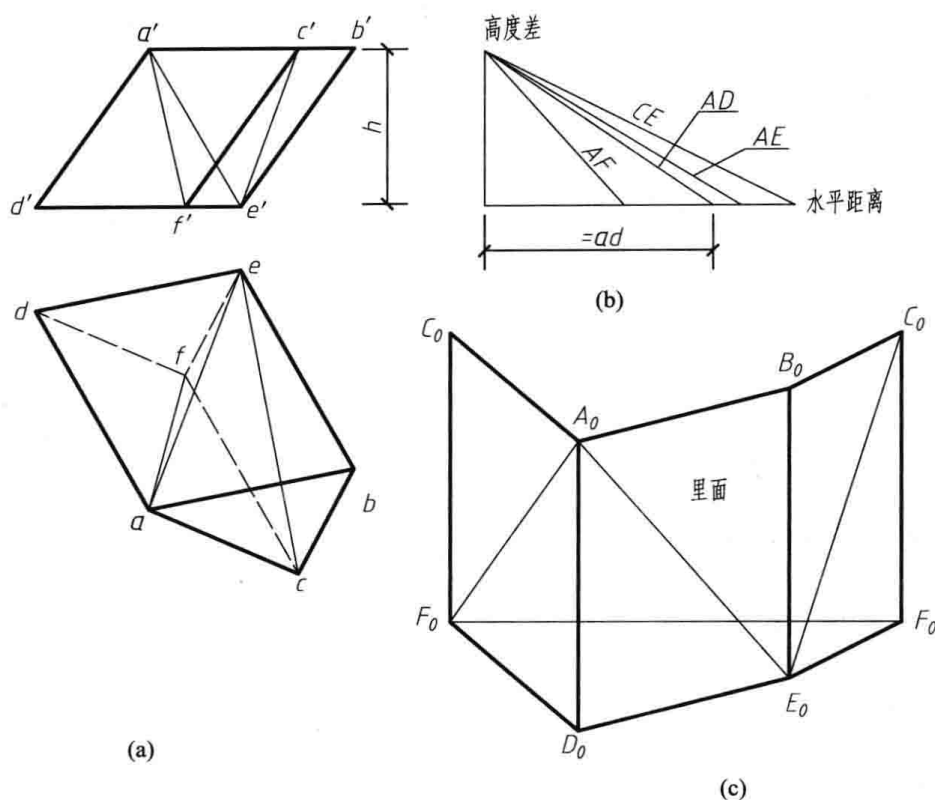


图 12.8 斜三棱柱的展开图

后两边的 F_0 点不能重合成一点。如果超过了容许的精度范围,应该考虑重作。

12.4 应用举例

柱面和锥面的展开图画法是画物体表面展开图的基本方法。下面举例介绍其在生产中的应用。

例 12.1 试画出图 12.9 所示料斗的展开图。

解: 分析图 12.9a 可知,这个料斗是由一个倒四棱台面、两个矩形柱面组成,分别画出它们的表面展开图,即为所求。

两矩形柱的展开图如图 12.9b、c 所示,倒四棱台表面的展开图见图 12.9d。先把它当作完整棱锥展开,四条棱线长度相等,且都等于图 12.9a 中用旋转法求得的实长 $s'g'_1$,所以点 E_0 、 F_0 、 G_0 、 H_0 都应在以 S_0 为圆心,以 $s'g'_1$ 长为半径的圆周上。同理点 A_0 、 B_0 、 C_0 、 D_0 也应在以 S_0 为圆心,以实长 $s'd'_1$ 为半径的圆周上。

例 12.2 试画出图 12.10 所示渐变段表面的展开图。

解: 从方到圆渐变段的表面是由四个三角形平面和四个部分斜椭圆锥面组成,依次作出各部分的展开图,就能得到整个渐变段表面的展开图,图中斜椭圆锥面各素线的实长是绕过点 A 的铅垂线把素线旋转成正平线求得的,如图 12.10 所示。

例 12.3 试画出图 12.11 所示弯管的展开图。

解: 弯管的表面为圆环面,是不可展曲面。在实际工程中,通常是把它分成若干段,每段近



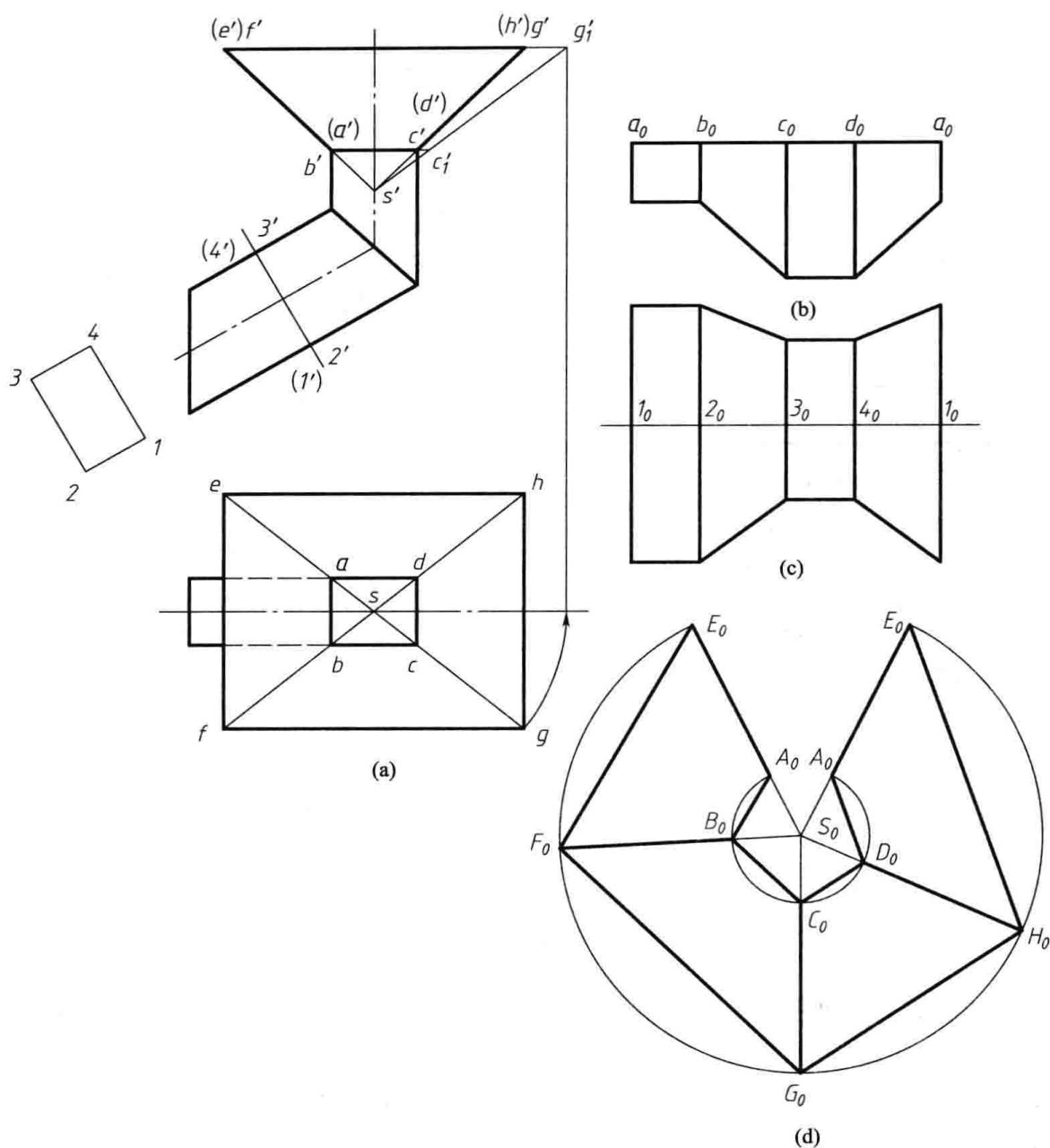


图 12.9 料斗的展开图

似地用直径相等的圆柱形管代替,然后将各段圆柱面展开。其作图步骤如下:

(1) 根据已知弯管直径 d 、弯曲半径 r 及回转角 θ ,画出弯管的单线图,如图 12.11a 所示。

(2) n 等分单线图(n 为双数),用 $(n/2)-1$ 个全节圆管及两个半节斜口圆管代替弯管,如图 12.11b 所示,图中 $n=6$ 。作图前,应先求出半节所对的圆心角 α (图中 $\theta=90^\circ$, $\alpha=\theta/n=15^\circ$)。

(3) 作半节圆管及全节圆管的展开图。为了下料方便和节省材料,并使接口处形状准确,在画展开图时,把双数段圆管绕轴旋转 180° ,再拼接在一起,就可成为如图 12.11c 所示的圆柱。弯管的展开图如图 12.11d 所示。

例 12.4 图 12.12a 所示为大、小两钢管垂直相交,试画出它们的展开图。

解: 此两钢管可以看成是两相交的圆柱面,因此可按圆柱面的展开方法展开。



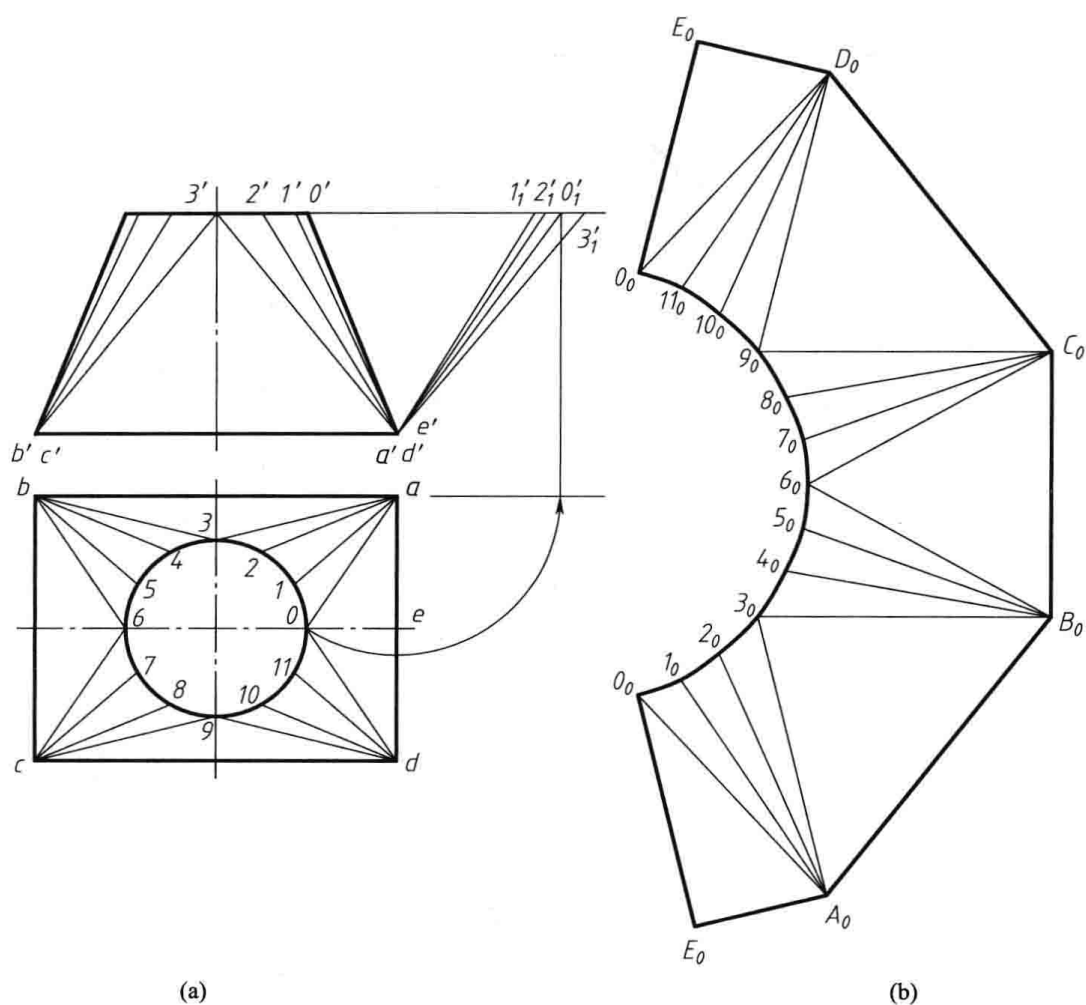


图 12.10 渐变段的展开图

小圆柱面的展开图可根据正面投影作出。先将小圆柱面等分,从图 a 中可以直接求出各等分素线的长度,然后按图 12.6 的方法展开,如图 12.12b 所示。

大圆柱面的展开图只要根据水平投影就可作出。先画出完整圆柱面的展开图,再定孔口在展开图上的位置。为使孔口形状准确,孔口处应多画几条素线,如图 12.12c 所示。

例 12.5 图 12.13a 是水电站引水管的一种分叉管——渐变三通管的平面图,试画出分叉管的展开图。

解: 该渐变三通管是由一个主管和两个叉管组成,主管是斜截圆柱面,叉管是斜截圆锥面,它们有公共内切球,所以相贯线是三段平面曲线。因为分叉管是对称结构,所以可以根据该结构的一半画展开图。画图步骤如下:

(1) 画出图 12.13a 所示图形的一半,并作出圆柱面及圆锥面上的等分素线,如图 12.13b 所示。

(2) 画主管展开图,如图 12.13c,其作图方法同图 12.6。

(3) 画叉管展开图,如图 12.13d,其作图方法与图 12.4 基本相同。由于点 H_0 不在圆锥面的等分素线上,但此点是控制点,所以需作一条补充素线,用以确定 H_0 的位置。



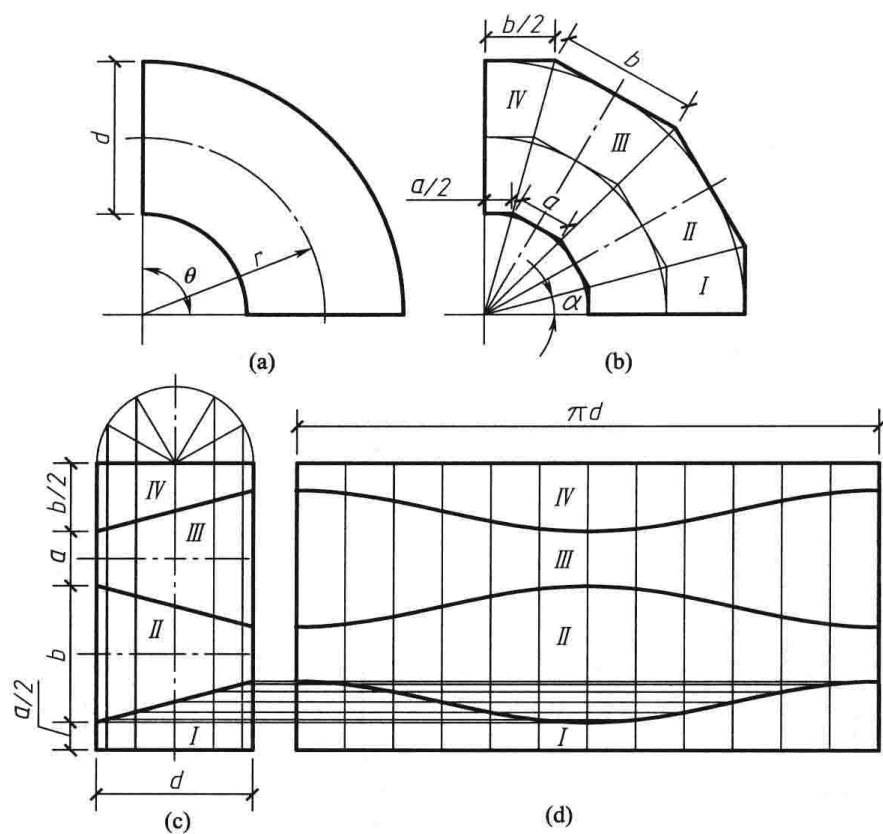


图 12.11 弯管表面的展开图

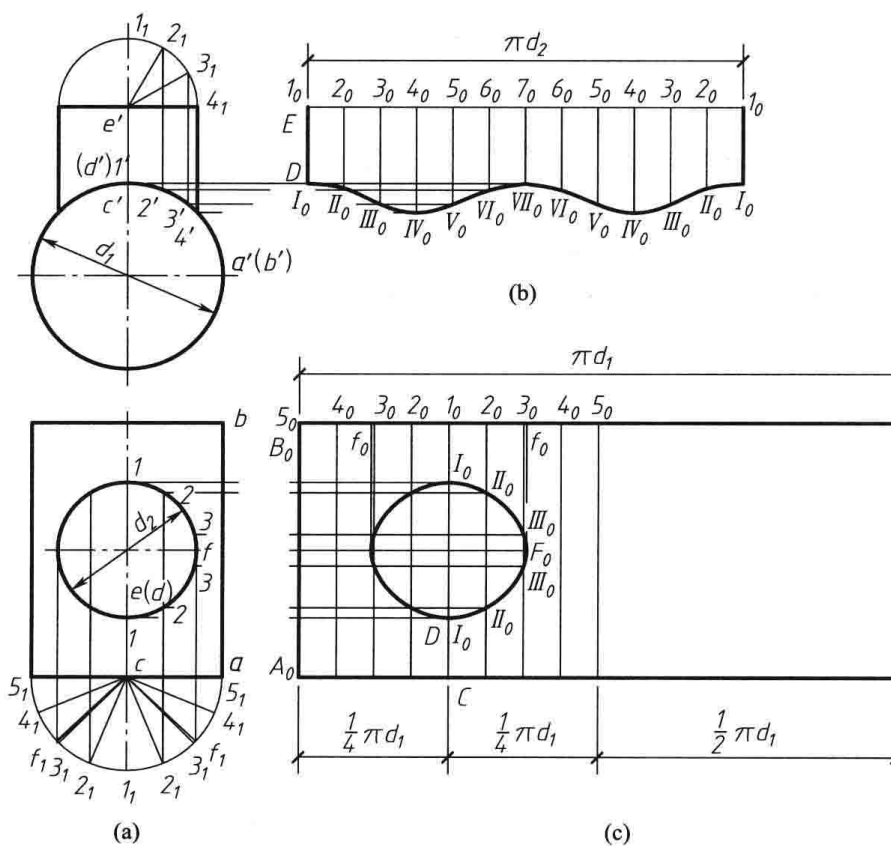


图 12.12 钢管表面的展开图



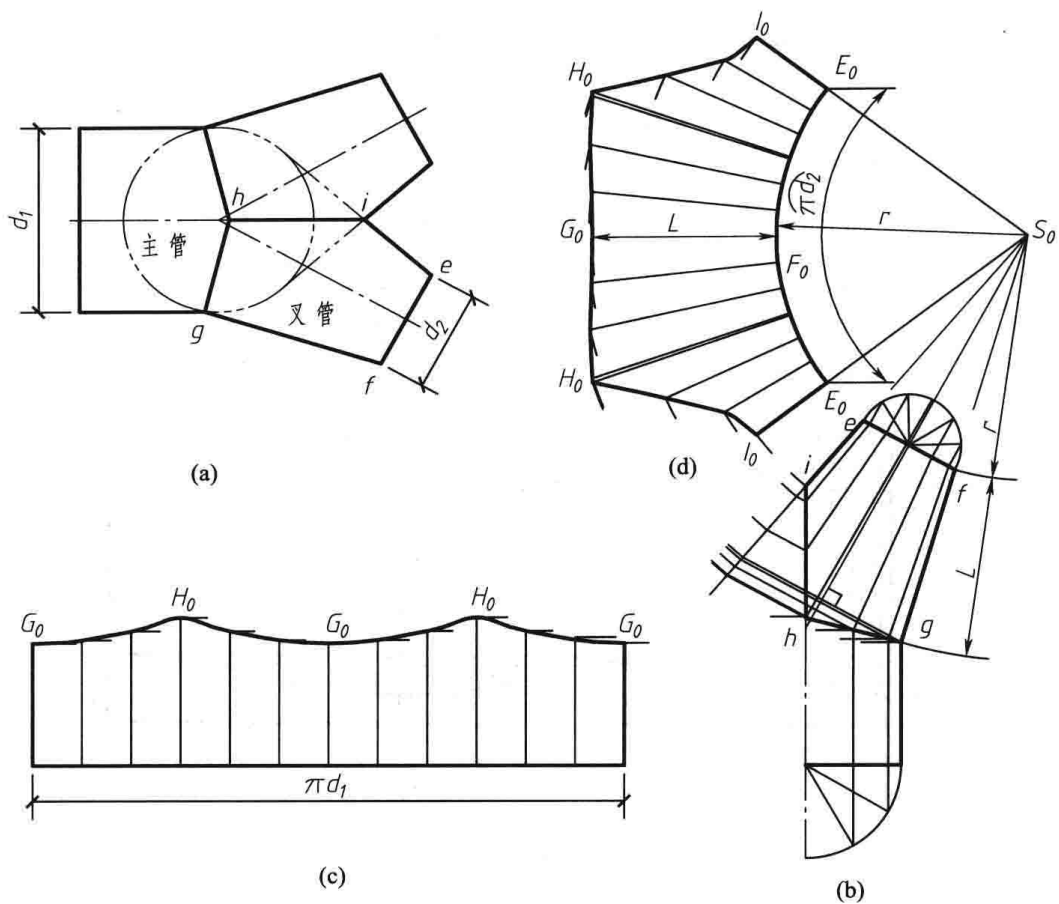


图 12.13 三叉管表面的展开图

思考题

1. 旋转法和辅助投影面法求直线段实长的原理有何不同？如何用旋转法求直线段的实长？
2. 如何绘制锥面、柱面的展开图？作图方法上各有什么特点？



第 13 章

交互式计算机绘图

学习要点

1. 熟悉一种交互式计算机绘图软件的环境和操作系统技术；
2. 掌握 AutoCAD 2014 绘图软件的常用绘图、编辑命令和图形生成技术；
3. 掌握绘制符合制图标准要求图样所需的绘图环境设置内容和方法；
4. 了解用计算机绘制工程图样的方法、步骤和要求；
5. 了解三维绘图的基本方法、思路和相关技术。

计算机绘图 (computer drafting) 是应用计算机绘图系统生成、显示、存储图形的技术,是 20 世纪 50 年代末发展起来的涉及众多学科、应用相当广泛的科学技术。用计算机绘制图样,具有速度快、精度高、便于修改的优点,因此被广泛地应用于机械工业、土木和水利工程以及人们的社会生活中,也是计算机辅助设计、科学可视化、虚拟现实等现代信息技术的重要组成部分。

交互式计算机绘图是运用交互式绘图软件绘制图形的一种工作方式,可以实现用户和计算机以对话方式生成所需图形。交互式绘图软件的产品众多, AutoCAD 是具有代表性的交互式通用图形软件,具有很强的二维和三维图形生成、编辑、管理、网络传输等功能,操作界面友好,使用方便,便于二次开发,因此具有广泛的用户群和第三方软件开发的支撑。本章介绍 AutoCAD 2014(英文)版的使用方法,以使学习者了解和熟悉计算机图形生成技术,并触类旁通地开阔计算机图形处理技术的领域。

13.1 AutoCAD 绘图基础

13.1.1 基本操作

在 Windows 桌面双击 AutoCAD 2014 图标即可启动 AutoCAD,初始进入 AutoCAD 后的用户界面通常如图 13.1 所示。用户界面有图形编辑区、命令输入提示窗口、状态栏、下拉菜单等,还有光标、工具栏、快捷菜单等交互工具。此界面称为“Drafting & Annotation”(二维草图与注释),可单击状态栏右侧的设置按钮,选择“AutoCAD Classic”(AutoCAD 经典)进入图 13.2 所示的界面,此界面比较常用,本章介绍“AutoCAD 经典”界面绘图环境下的操作方法。

1. 图形文件管理

创建一张新图、打开一张旧图、保存图形文件的操作可选择图 13.3 所示的工具栏按钮,也可



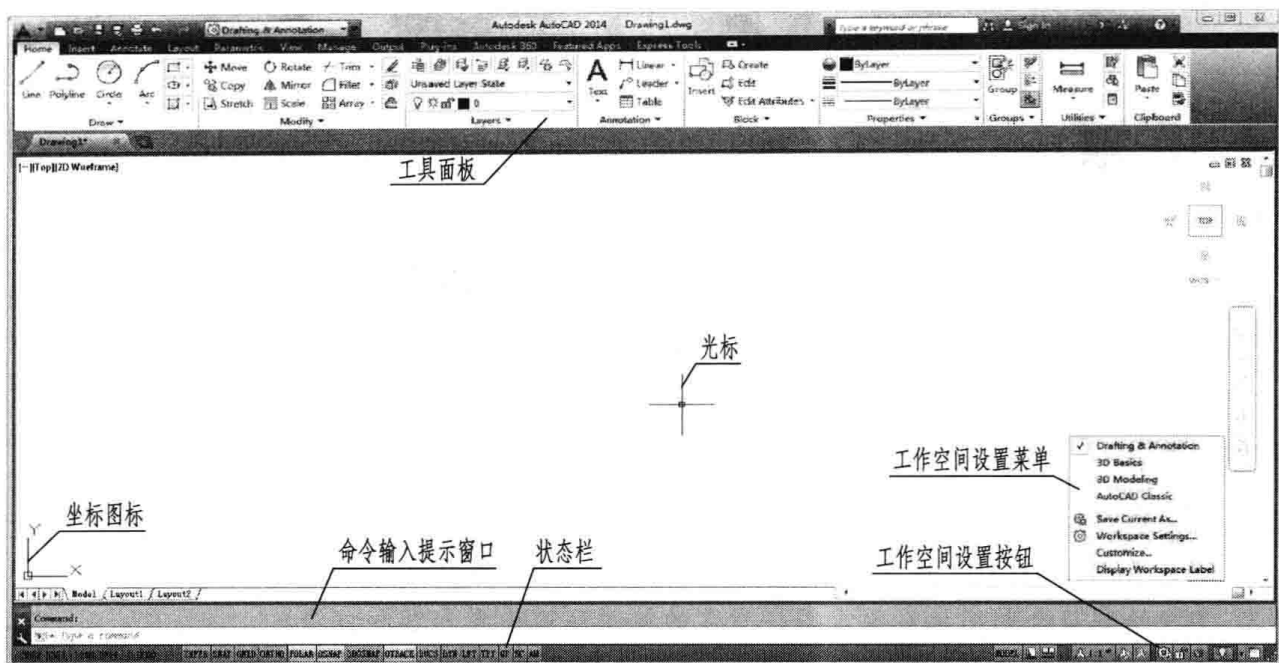


图 13.1 草图与注释界面

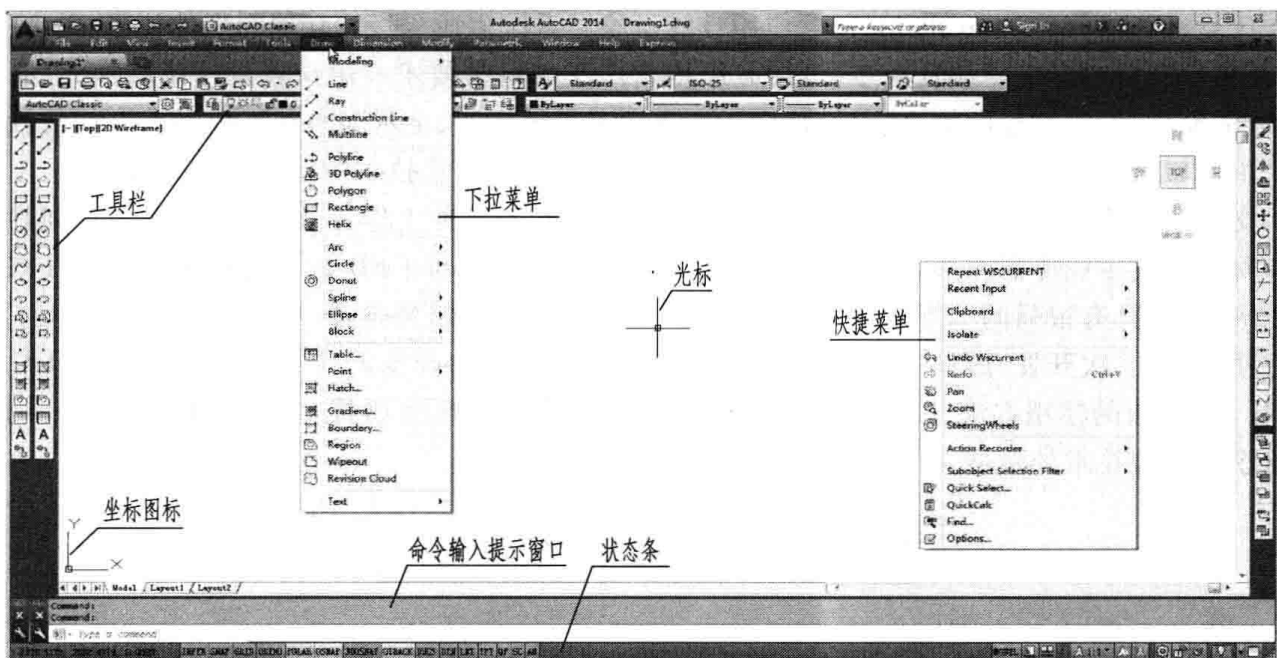


图 13.2 AutoCAD 经典界面

以拾取下拉菜单“File”(文件)的相应菜单项。

创建新图时在弹出的“Select template”(选择样板)对话框中选择“acadiso. dwt”为样板文件,再单击“Open”(打开)按钮就可开始新图。

保存图形时在弹出的“Save Drawing As”(保存图形为)对话框中键入图形文件名,再单击“Save”(保存)按钮即可。AutoCAD 初始的默认文件名为“Drawing1. dwg”。

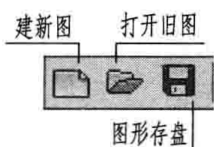


图 13.3 图形文件
工具按钮

打开旧图时,在弹出的“Select File”(选择文件)对话框中选择图形文件名,再单击“Open”(打开)按钮即可。

退出 AutoCAD 时,只要单击关闭按钮  或菜单项 File(文件)→ Exit(退出)。

2. 常用功能键和鼠标键

Esc 取消、中断正在执行的命令。

F1 激活 HELP 命令。

F2 图形与文本窗口转换键。

空格 一般情况下等同于回车键。

鼠标 左键:确定,选择菜单项,拾取点。

右键:产生快捷菜单。

滚轮:转动滚轮缩放屏幕显示大小;按下滚轮并拖动光标,平移显示窗口。

3. 交互绘图方法

交互绘图时,用户通过输入命令激活 AutoCAD 的某项工作,并对随后的命令提示作出适当响应,从而实现与 AutoCAD 的进程对话,并完成图元生成工作。命令和响应提示的内容方式和方法是多样的,需要根据作图 and 不同进程要求来确定。

(1) 输入命令 当命令提示窗口显示 Command:时,即处在等待接受命令的状态,这时可输入有关命令。输入命令可采用单击工具栏按钮、下拉菜单项或键盘输入命令名等方法。

(2) 输入点坐标 屏幕坐标系的初始约定为 X 正向水平向右,Y 正向竖直向上,坐标单位通常用 mm,绘图时一般以图形的实际尺寸输入,绘图幅面可任意大小。

当命令提示窗口提示输入点坐标(如 Specify next point:)时,可移动十字光标到图形窗口的适当位置单击鼠标左键,则光标所确定的位置即为输入点坐标(状态栏左侧会实时显示光标当前的坐标值)。

绘制精确图形时,可用键盘键入点的坐标,常用的坐标输入格式有下面几种:

1) 绝对直角坐标方式: x,y 。

2) 绝对极坐标方式:距离<角度。

3) 相对直角坐标方式:@ $\Delta x,\Delta y$ 。

4) 相对极坐标方式:@ 距离<角度。

13.1.2 Line(直线)命令

1. 操作格式

Line 命令用于绘制直线段以及直线多边形。选择下拉菜单 Draw(绘图)→ Line(直线)或单击 Draw(绘图)工具栏按钮 ,输入直线命令,操作过程如下:

Command: line 

Specify first point: (指定首段直线段起点)

Specify next point or [Undo]: (指定首段直线段第二点)

Specify next point or [Undo]: (指定第二段直线段终点)

.....

Specify next point or [Close/Undo]:  (绘图结束)



2. 选项说明

(1) Undo(放弃) 画线过程中可响应 U,以取消上一线段。

(2) Close(闭合) 当第二段直线段画完后该选项才出现,若响应 C,使多边形闭合,并结束命令。

例 13.1 绘制图 13.4 所示的梁断面图。

初学绘图时,为了便于坐标输入,通常始点以绝对坐标输入,中间点则以相对直角坐标或极坐标输入,以避免绝对坐标的计算。

Command: line ✓

Specify first point: 100, 100 ✓

(始点,绝对坐标输入)

Specify next point or [Undo]: @ 0, 800 ✓

(用相对坐标画垂线)

Specify next point or [Undo]: @ 600, 0 ✓

(用相对坐标画水平线)

Specify next point or [Undo]: @ 0, -200 ✓

Specify next point or [Undo]: @ -200, -200 ✓

Specify next point or [Undo]: @ 0, -400 ✓

Specify next point or [Undo]: C ✓

(使图形闭合)

13.1.3 Circle(圆)命令

Circle 命令用于绘制圆,图 13.5 所示是下拉菜单 Draw(绘图)→Circle(圆)的 6 种画圆方式的子菜单。图 13.6 所示为用圆心和直径画一个圆的参数,单击 Draw(绘图)工具栏按钮 ,输入画圆命令,操作过程如下:

Command: circle ✓

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: 15,15 ✓

(输入圆心坐标)

Specify radius of circle or [Diameter]: d ✓

(选择直径方式)

Specify diameter of circle: 10 ✓

(输入直径)

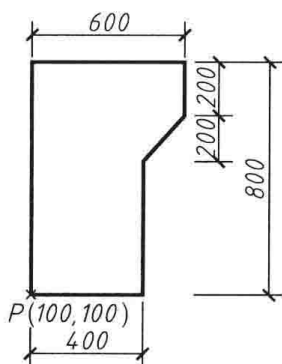


图 13.4 梁断面图

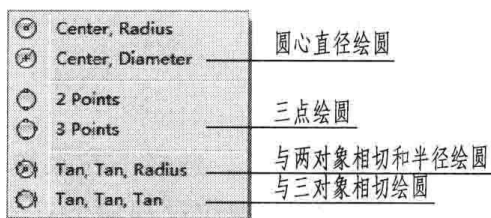


图 13.5 绘圆的菜单

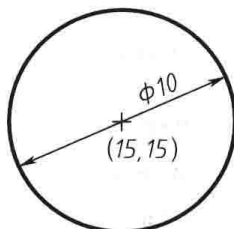


图 13.6 用圆心、直径绘圆

例 13.2 作与已知圆和直线相切、半径为 5 的圆(图 13.7)。

Command: circle ✓

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: t ✓

(选择相切方式)

Specify point on object for first tangent of circle:

(点取 P_1 , 为一个相切对象)



Specify point on object for second tangent of circle:

(点取 P_2 , 为另一个相切对象)

Specify radius of circle: 5 ↵

(输入半径)

若根据已知绘圆条件,直接选取相应菜单项,则操作过程会简单些,如上例中选择下拉菜单 Draw (绘图)→ Circle(圆)→ Tan, Tan, Radius(相切,相切,半径),则不再需要“选择相切方式”的操作。

13.1.4 Zoom(缩放)命令

Zoom 命令用于图形的缩放操作,以改变显示图形的区域或大小。它只改变图形的显示大小,不改变图形的实际尺寸。其下拉菜单为 View(视图)→Zoom(缩放),工具栏按钮见图 13.8。

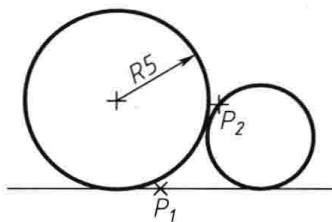


图 13.7 用 Tr 作相切圆

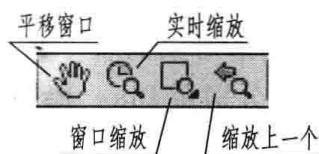


图 13.8 Zoom 和 Pan 工具栏按钮

1. 操作格式

Command: zoom ↵

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window/Object] <real time>:

2. 选项说明

Zoom 命令选项较多,常用的是图 13.8 中的实时缩放、窗口缩放和缩放上一个。

(1) Realtime(实时缩放) 实时缩放是对当前图形显示进行大小任意调整的操作,图形缩放是连续、动态的。单击实时缩放按钮 ,光标变为  图标,按住鼠标左键,向下拖动图形缩小,向上拖动图形放大,与转动鼠标滚轮作用相同。

退出实时缩放,可以按 Esc 键、Enter 键或单击鼠标右键在快捷菜单(图 13.9)中选择 Exit 选项。

(2) Window(窗口缩放) 窗口缩放是放大局部图形显示时用一矩形窗口指明放大区域的操作。

单击窗口缩放按钮 ,AutoCAD 提示:

Specify first corner: (输入窗口第一角点,可以用光标在适当位置定一点)

Specify opposite corner: (输入窗口第二对角点,可以用光标在适当位置定一点)

则窗口内图形充满屏幕。

(3) Previous(缩放上一个) 缩放上一个是指经多次缩放后,从当前屏幕显示恢复到上一屏幕显示的操作,并且可以逐次恢复。

单击缩放上一个按钮  即可。

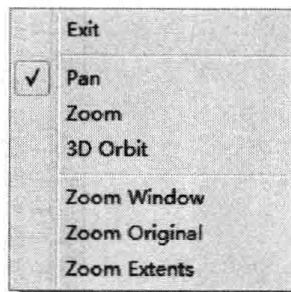


图 13.9 Zoom 快捷菜单



13.1.5 Pan(平移)命令

Pan 命令用于改变图形窗口的显示区域。其下拉菜单 View(视图)→Pan(平移),工具栏按钮见图 13.8。

单击平移窗口图标,光标成手形。按住鼠标左键移动光标,即可平移显示窗口。与按下滚轮并拖动光标作用相同。

退出平移,可以按 Esc 键、Enter 键或单击鼠标右键在快捷菜单(图 13.9)中选择 Exit 选项。

平移和缩放操作常常需要交替使用,两命令的交替可以通过图 13.9 所示的快捷菜单实现。

13.2 绘图命令和绘图工具

绘图命令是生成图形对象的基本命令,AutoCAD 提供了多种直线、圆弧等简单图形生成功能,图 13.10、图 13.11 分别是 Draw(绘图)工具栏和下拉菜单的内容。

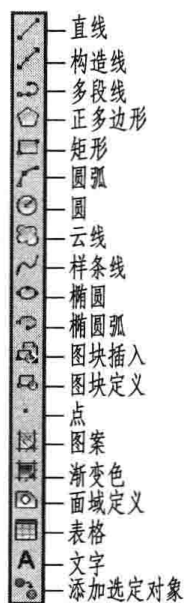


图 13.10 绘图工具栏

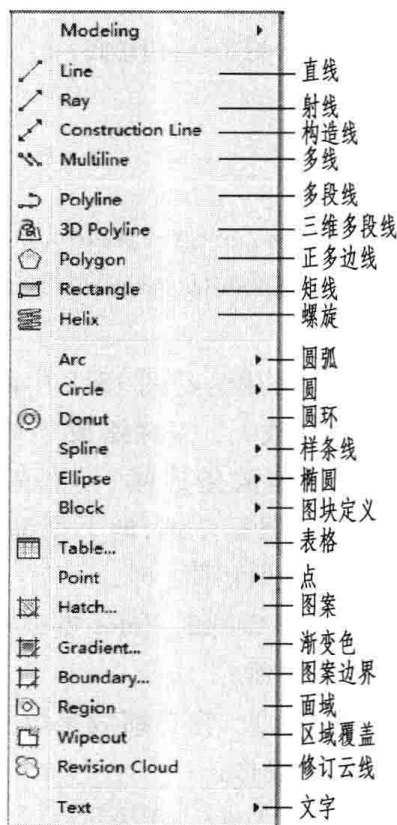


图 13.11 绘图菜单

13.2.1 Text(文字)命令

Text 命令用于书写文字,AutoCAD 提供了单行文字和多行文字两种书写方式。

1. 单行文字

(1) 操作格式

选择下拉菜单 Draw(绘图)→Text(文字)→Single Line Text(单行文字)或单击 Text(文字)工具栏按钮 , 输入单行文字命令, 操作过程如下:

Command: _dtext 

Current text style: "Standard" Text height: 2.5000 Annotative: No

Specify start point of text or [Justify/Style]: (输入文字起点)

Specify height <2.5000>: (输入文字高)

Specify rotation angle of text <0>: (输入文字转角)

Text:  (输入文字, 按回车键换行, 再按回车键结束命令)

(2) 说明

1) Justify(对正)用于设置文字的定位方式, 响应 j 选项后提示为:

Enter an option [Left/Center/Right/Align/Middle/Fit/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]:

共有 15 种对正方式, 分别为: 左/居中/右/对齐/中间/布满/左上/中上/右上/左中/正中/右中/左下/中下/右下。

2) Style(样式)用于选择已定义的文字样式名(见文字样式设置)。

3) 常用的特殊字符输入格式如下:

%%d——画角度“°”符号。

%%p——画公差“±”符号。

%%c——画圆直径“φ”符号。

例如要书写“A=45°”, 只要输入“A=45%%d”。

4) 响应文字高度提示“Specify height:”时, 为了使图样中的字高与绘图比例相符, 应按照显示字高=出图字高×比例因子输入, 例如要求图样的字高 3 mm, 出图比例为 1:100, 则显示字高=3×100=300。

2. 文字样式

文字样式用于设置书写文字的字体、形状等, 默认文字样式为 Standard(标准), 当需要使用不同于标准样式的字体和样式参数时, 则要修改标准样式或定义新的文字样式名。

选择下拉菜单 Format(格式)→Text Style(文字样式)或单击 Text(文字)工具栏按钮 , 弹出“Text Style”(文字样式)对话框, 见图 13.12。对话框主要设置内容如下:

New 创建新的文字样式。

Font Name 为文字样式选择字体文件名。

Effect 为文字样式设置参数: 颠倒、反向、垂直、宽度比例、倾斜角等。

Apply 样式设置确认。

Height 字高。一般取 0, 当此处指定字高, 书写文字时不再提示输入字高。

Set Current 把选择的样式设置为当前样式。

3. 多行文字

选择下拉菜单 Draw(绘图)→Text(文字)→Multiline Text(多行文字)或单击 Draw(绘图)工具栏按钮 , 输入多行文字命令。操作内容和过程如下:

Command: _mtext 



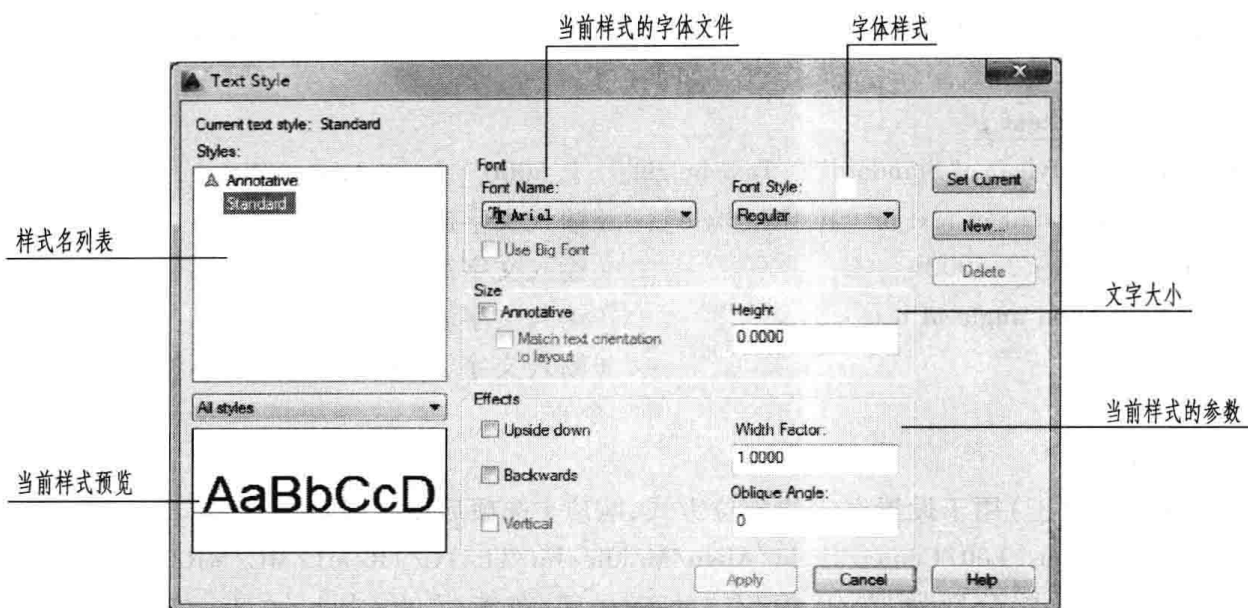


图 13.12 “Text Style”(文字样式)对话框

Current text style: "Standard" Text height: 2.5 Annotative: No

Specify first corner: (给出书写文字区域第一个角点)

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line pacing/Rotation/Style/ Width/ Columns]:
(给出书写文字区域另一个角点)

弹出“Text Formatting”(文字格式)工具栏和文字编辑窗口,见图 13.13。在文字编辑窗口可输入和编辑文字,通过工具栏设置样式名、字体和字高等。光标移到文字编辑窗口右击鼠标可弹出快捷菜单,利用快捷菜单命令项还可以进行特殊文字和符号输入等多种操作。

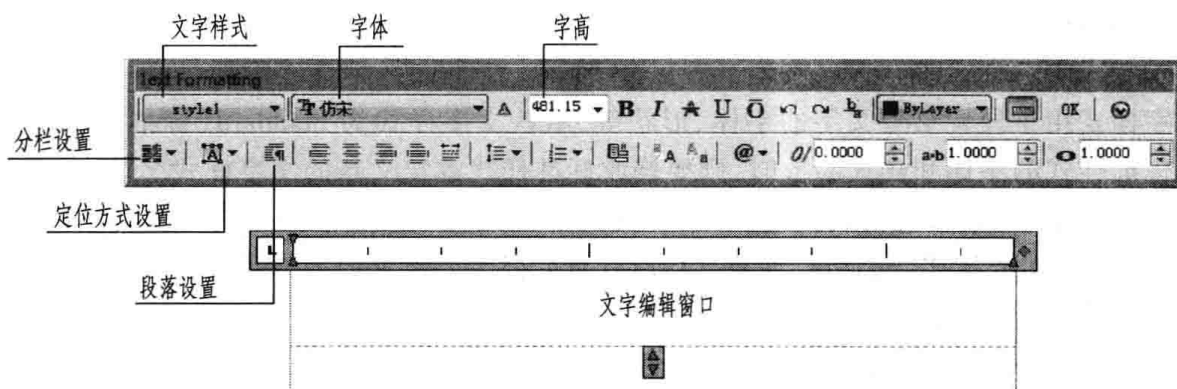


图 13.13 文字格式工具栏和文字编辑窗口

4. 文字修改

选择下拉菜单 Modify(修改)→ Object(对象)→ Text(文字)→ Edit(编辑)或单击 Text(文字)工具栏按钮 , 也可直接双击要编辑的文字,弹出文字编辑窗口。

13.2.2 Hatch(图案填充)命令

Hatch 命令用于在封闭区域内填充图案和渐变色。选择下拉菜单 Draw(绘图)→ Hatch(图

案填充)或单击 Draw(绘图)工具栏按钮 ,弹出“Hatch and Gradient”(图案填充和渐变色)对话框,见图 13.14。该对话框有两个选项卡:

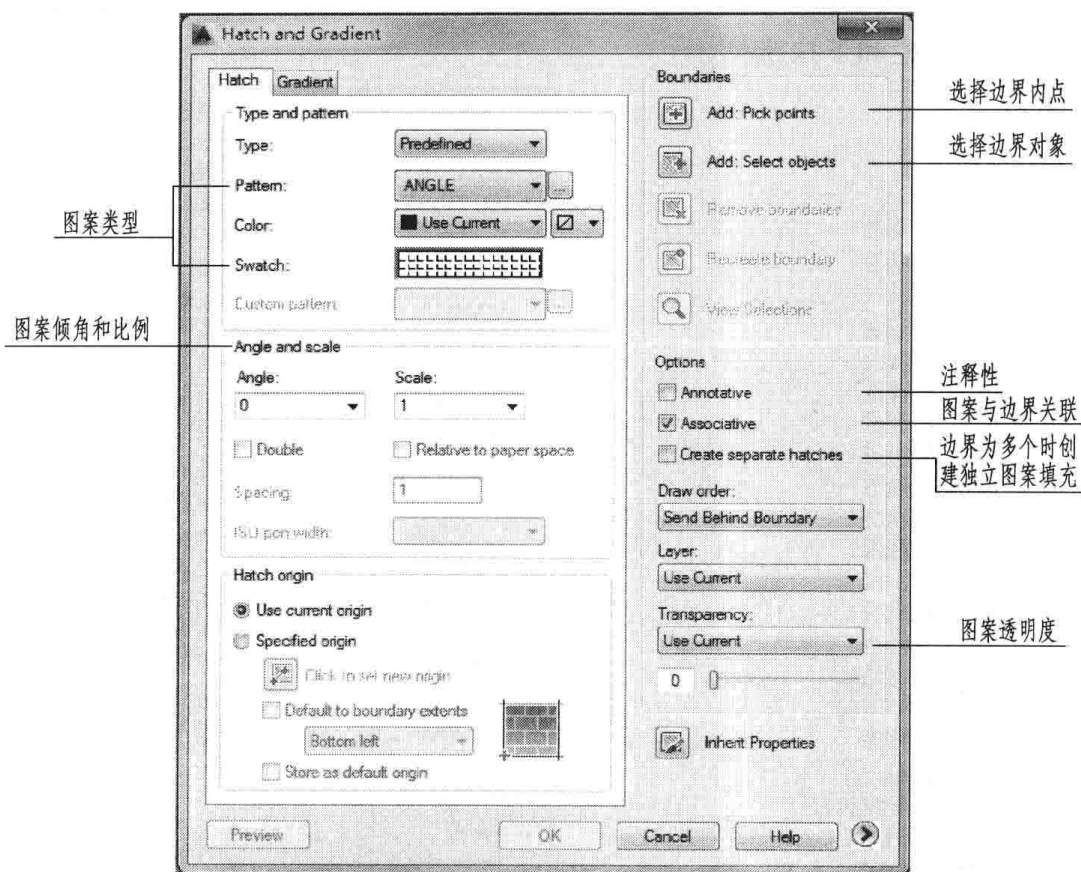


图 13.14 图案填充和渐变色对话框

Hatch 图案填充选项卡,用于设置图案的类型和一般参数。

Gradient 渐变色选项卡,用于设置渐变色的参数。

单击右下角的“更多选项”按钮 ,可以设置孤岛等其他参数。

图案填充选项卡中的主要内容有:

Type and pattern 从 Pattern(图案)的下拉列表中选择图案名;也可以单击  按钮或 Swatch (样例)图标,在弹出的“Hatch Pattern Palette”(填充图案选项板)中选择一种图案。

Angle and scale 输入填充图案的角度和比例。比例的取值视填充区域大小而定,为获得合适的填充效果,通常需要调试填充比例。

Add: Pick points 单击此按钮在填充区域选一内点,将自动搜索填充区域边界。以此方式选择边界进行填充比较方便。

Add: Select objects 单击此按钮交互选择填充区域边界。

Associative 勾选时图案与边界关联,填充的图案区域随边界改变而变化。

双击图案对象,弹出“Hatch and Gradient”(图案填充和渐变色)对话框,可修改图案类型、参数,不可修改边界。



13.2.3 尺寸标注

尺寸标注功能由一组尺寸标注命令和尺寸样式管理器组成。图 13.15、图 13.16 分别是 Dimension(标注)工具栏和下拉菜单。

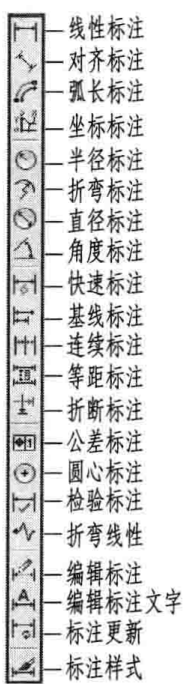


图 13.15 标注工具栏



图 13.16 标注下拉菜单

1. 线性和对齐标注

Linear(线性标注)用于标注水平、竖直的线性尺寸。

Aligned(对齐标注)用于标注任意倾角的斜线尺寸。

如图 13.17 所示,图中尺寸 13 可以用线性标注,尺寸 11 则用对齐标注,线性标注和对齐标注的命令不同,标注方法相同:

Command: _dimlinear ↵

Specify first extension line origin or <select object>: (指定点 P_1)

Specify second extension line origin: (指定点 P_2)

Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated] :
(指定点 P_3 为尺寸线位置)

Dimension text = 13

2. 基线和连续标注

Baseline(基线标注)是使两个尺寸共有第一条尺寸界线的标注。

Continue(连续标注)是使两个尺寸的第一个尺寸的第二条尺寸界线与第二个尺寸的第一条尺寸界线共有。



图 13.17 中的水平尺寸 13、28 和 12 三个尺寸,可以这样标注:用线性标注命令顺序指定 P_1 、 P_2 、 P_3 标注尺寸 13,再用基线标注命令指定 P_4 标注出尺寸 28,再用连续标注命令指定 P_5 标注尺寸 12。

3. 直径标注

Command: dimdiameter ↙

Select arc or circle:

(选择圆,在圆上指定点 P_1 ,见图 13.18)

Dimension text = 20

Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]:

(指定点 P_2 为尺寸线位置)

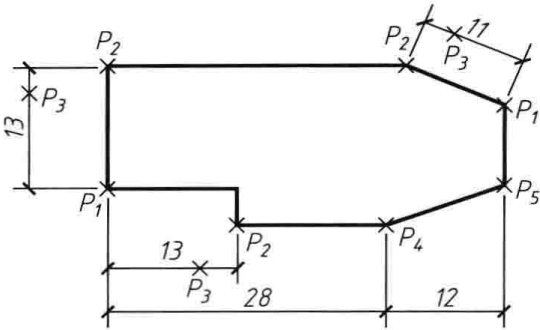


图 13.17 长度尺寸标注

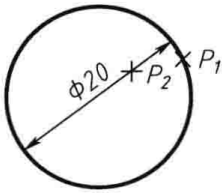


图 13.18 标注圆的直径

4. 尺寸样式

尺寸样式是指以名字命名的设定尺寸各组成部分外观的变量组,由标注样式管理器创建和修改。选择下拉菜单 Dimension(标注)→Dimension Style(标注样式)或单击 Dimension(标注)工具栏按钮 ,弹出图 13.19 所示的“Dimension Style Manager”(标注样式管理器)。

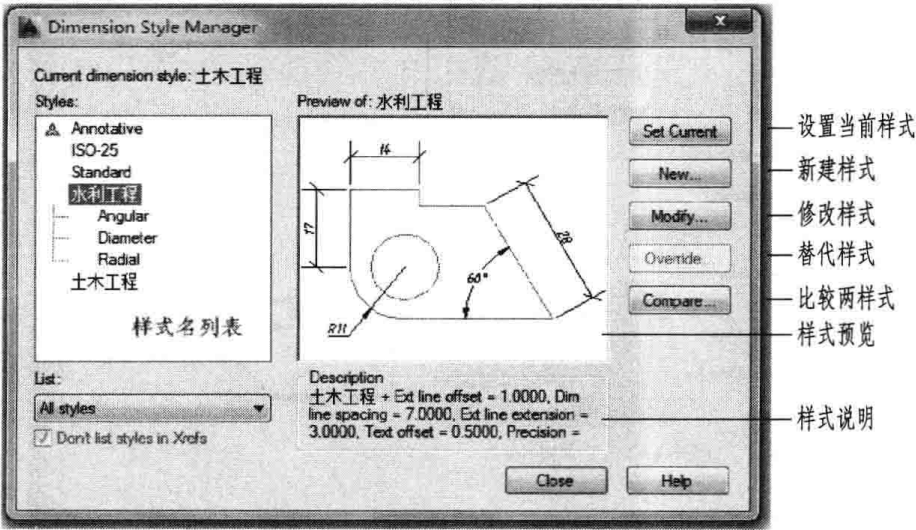


图 13.19 标注样式管理器

在标注样式管理器单击“New”(新建)按钮将弹出“Create New Dimension Style”(创建新标注样式)对话框,如图 13.20 所示。创建新标注样式有两种方式:一是直接单击“Continue”(继续)



按钮,创建一个与已有样式并列的新样式,如图 13. 19 中的样式“土木工程”;二是打开“Use for”(用于)下拉列表,指定新样式适用的标注类型,再单击“Continue”(继续)按钮,创建一个与已有样式关联的子样式,使父样式适用于各种标注,子样式适用于某类标注,图 13. 19 所示样式“水利工程”为父样式,其设置的变量参数适用于各类标注,而子样式“Angular”(角度)、“Diameter”(直径)和“Radius”(半径)只需要设置与父样式不同的变量,分别适用于角度、直径和半径标注。

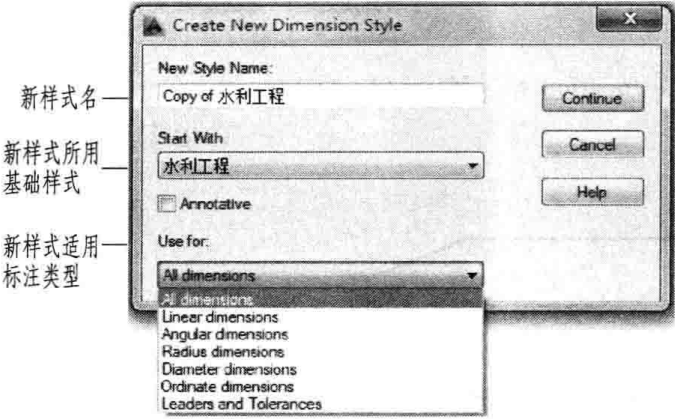


图 13. 20 创建新标注样式对话框

在创建新标注样式对话框单击“Continue”(继续)按钮后,将弹出“新建标注样式”对话框,此对话框有 7 个选项卡,用于尺寸外观的变量设置,图 13. 21~图 13. 25 是其中的 5 个选项卡,水工图尺寸标注样式的主要变量设置见各图中所设,变量含义见图中说明和图 13. 26 的示意图。

如要修改尺寸文字,使用文字编辑命令编辑较简单。

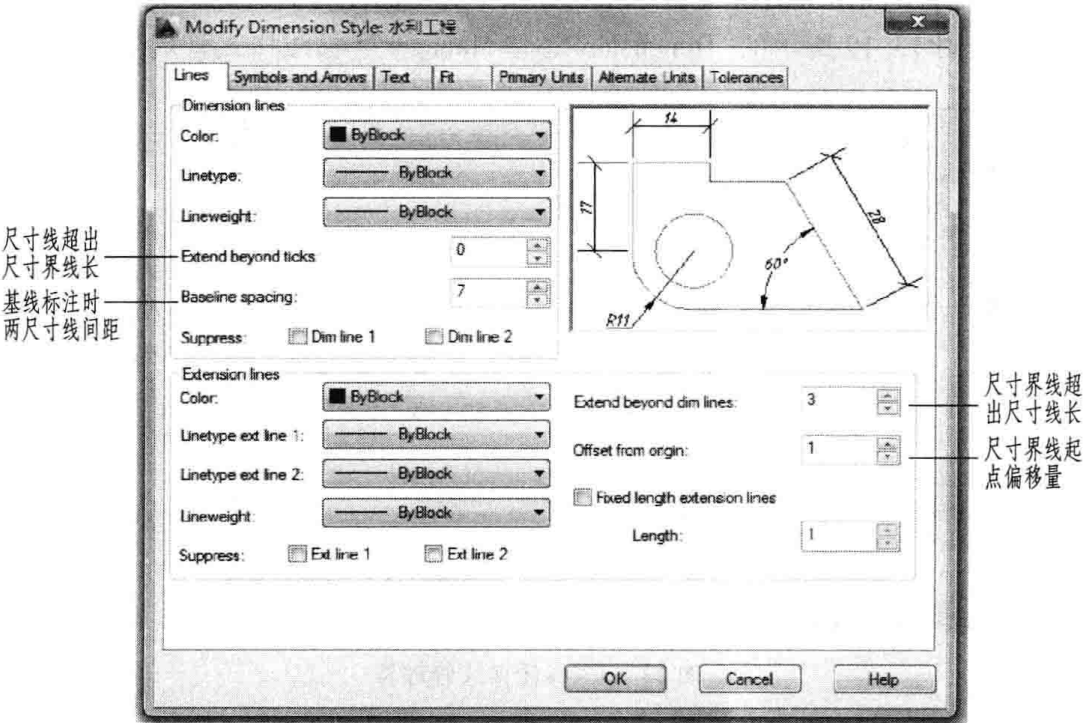


图 13. 21 线选项卡

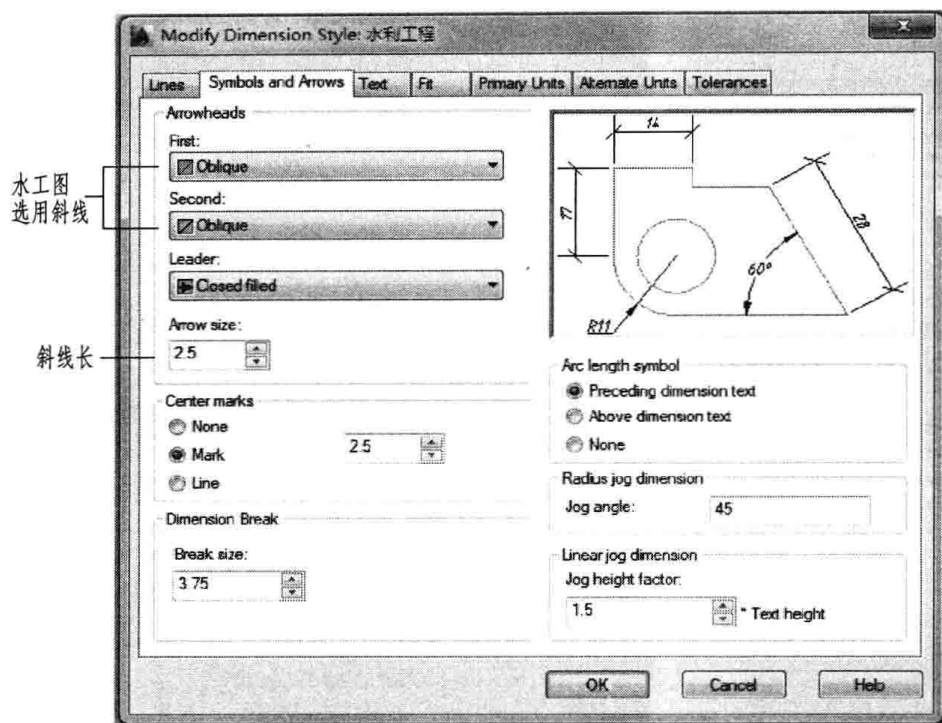


图 13.22 符号和箭头选项卡

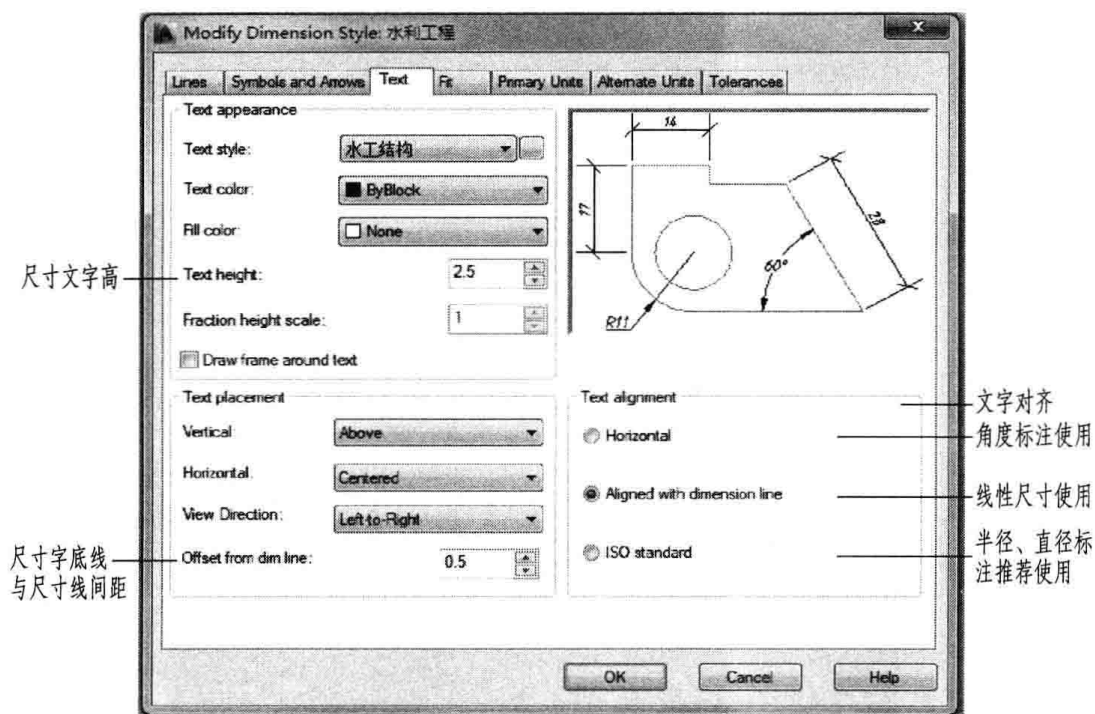


图 13.23 文字选项卡



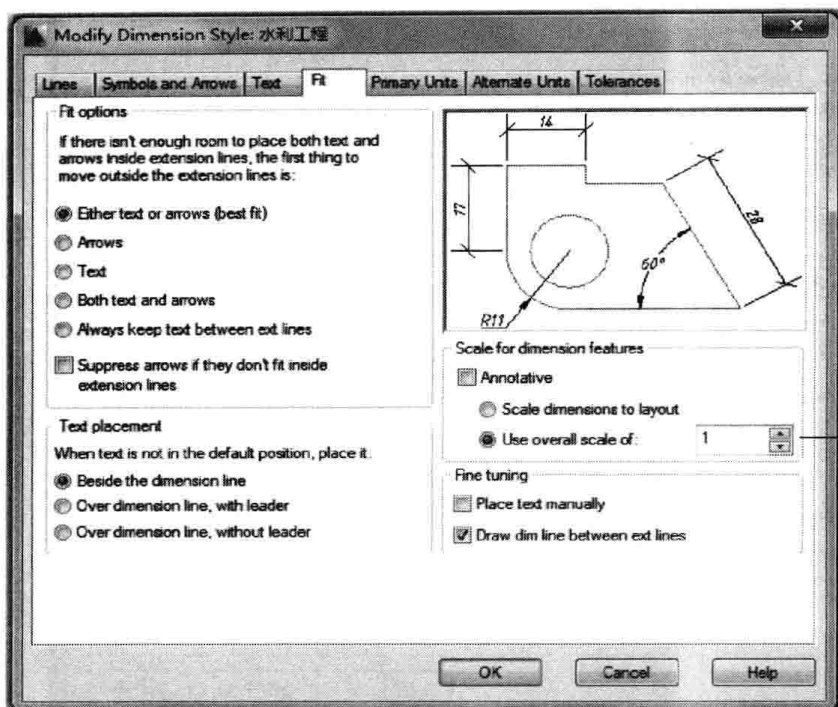


图 13.24 调整选项卡

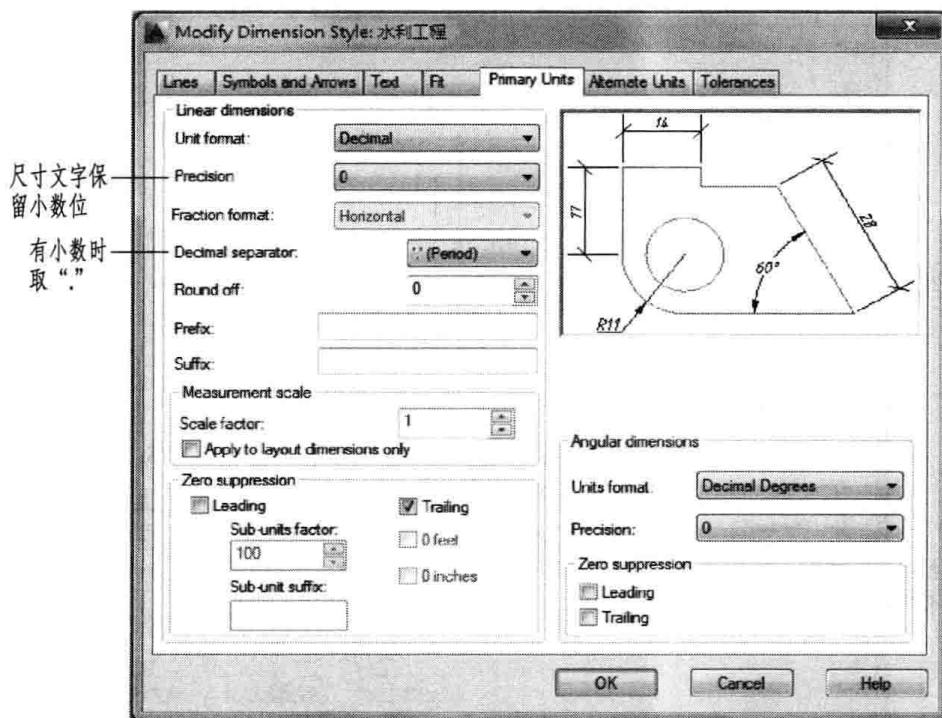


图 13.25 主单位选项卡

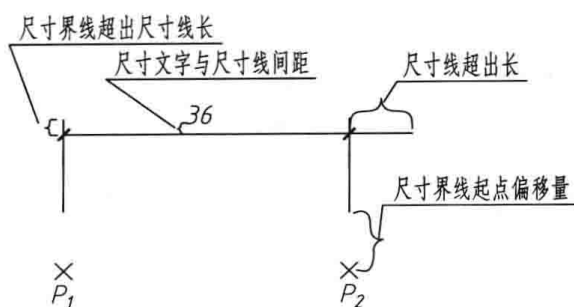


图 13.26 部分尺寸变量示意图

13.2.4 绘图工具

在交互绘图中,直接用光标在屏幕上定位画精确图形是困难的,而逐点输入图形点坐标绘图则效率不高。AutoCAD 提供了一些快捷作图的工具,利用绘图工具可以最大限度地减少图形点坐标的输入,准确快捷地作出图形。

常用绘图工具有网格捕捉和显示、正交开关、极轴和对象追踪、对象捕捉等,其开关状态在状态栏显示,如图 13.27 所示(状态栏按钮可以用图标显示或非图标显示,方法是光标指向按钮,右击鼠标,在快捷菜单项的“User Icons”单击左键)。开关按钮亮显为开(如图中 POLAR 按钮),暗显为关(如图中 ORTHO 按钮),把光标指向按钮,单击鼠标左键即可打开或关闭工具。

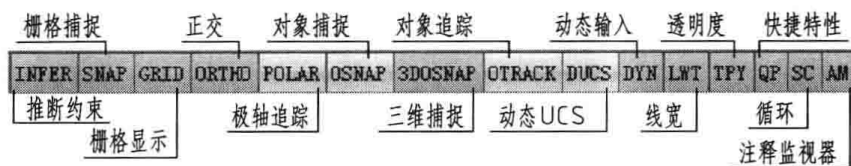


图 13.27 绘图工具开关

栅格捕捉用于约束光标落在网格点上;栅格显示用于显示网格;正交开关用于约束光标在设定的坐标轴(一般为水平或竖直)方向移动;极轴追踪和对象追踪用于在设定角度的方向显示追踪(虚)线、线段长度和极角;对象捕捉用于捕捉已有对象的特征点。

选择下拉菜单“tool(工具)→Drafting Settings(绘图设置)”即可打开“Drafting Settings”(草图设置)对话框,用于设置各绘图工具的参数。草图设置对话框有七个选项卡,图 13.28、图 13.29 为极轴追踪和对象捕捉两个选项卡,这里仅对对象捕捉工具的法作简单说明,其他工具的使用可参见相关操作手册。

对象捕捉工具用于交互捕捉对象的端点、中点、交点等特征点,图 13.29 是设置对象捕捉类型的选项卡,当勾选了所要捕捉的特征点类型,并打开“Object Snap”(对象捕捉)开关时,绘图过程中会自动捕捉该类特征点。光标移到该特征点附近就会显示该特征点的图标,单击鼠标左键,则该特征点即被捕捉。

图 13.30 是对象捕捉的工具栏,内容与对象捕捉选项卡相同,用于指定对象捕捉方式,单击一次工具按钮,捕捉方式仅在本次操作中有效。在绘图中要求指定一点时,先选择捕捉工具栏某一按钮,然后把光标移到对象的特征点附近时就会显示该特征点的图标,若单击鼠标左键,则该



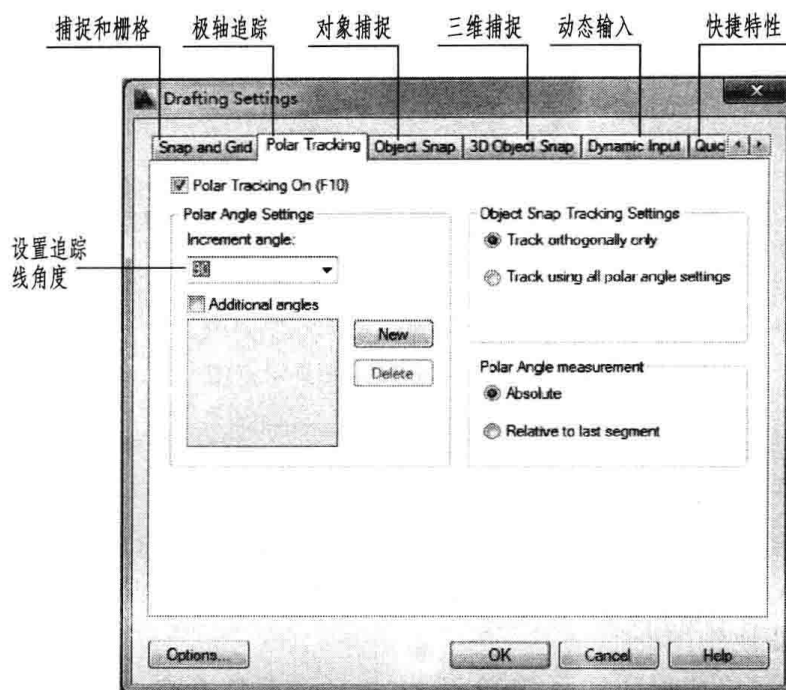


图 13.28 极轴追踪选项卡

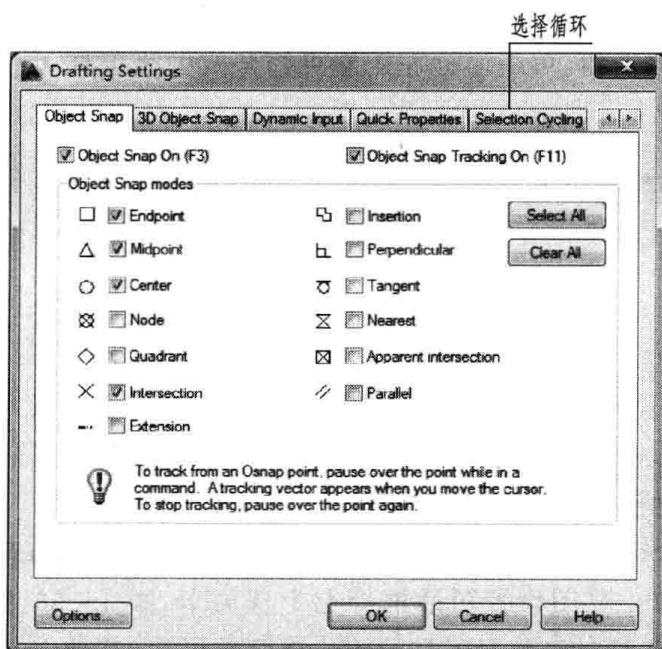


图 13.29 对象捕捉选项卡



图 13.30 对象捕捉工具栏

特征点即被捕捉,同时捕捉方式撤销。

例 13.3 用指定对象捕捉方式绘制图 13.31 中的切线 P_1P_2 。

假设该图的矩形和圆已完成,作直线 P_1P_2 的操作如下:

Command: _line ↵

Specify first point: _int of

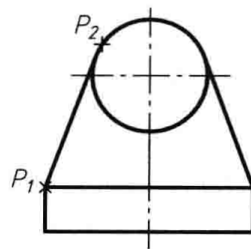


图 13.31 用指定对象捕捉方式绘图

(单击捕捉工具栏的交点按钮,设置捕捉交点并在 P_1 附近拾取一点)

Specify next point or [Undo]: _tan to

(单击捕捉工具栏的切点按钮,设置捕捉切点并在 P_2 附近拾取一点)

Specify next point or [Undo]: ↙

13.3 图形修改方法

熟悉图形修改操作是快速构图的基础,图 13.32、图 13.33 分别是 Modify(修改)菜单和工具栏。

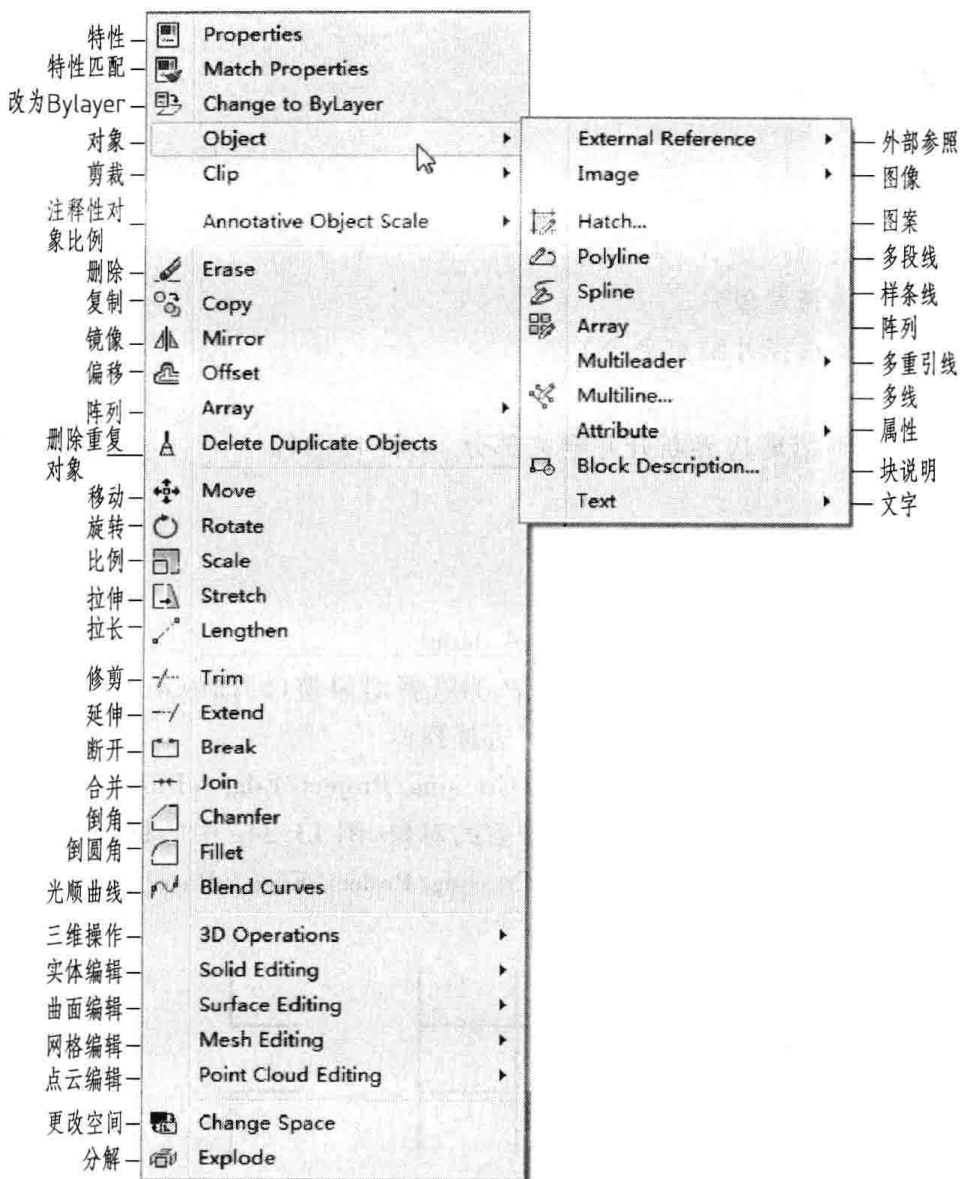


图 13.32 修改菜单



图 13.33 修改工具栏

13.3.1 对象选择

图形修改都是对已有对象进行的,因此,在修改命令进行中,系统将提示“select object:”(选



择对象),用拾取框选择各对象,就可修改图形。选择对象的操作是连续的,要结束对象选择,按Enter(回车)或右击鼠标即可。选择对象方式有多种,默认的自动选择方式是最常用的,其操作方法是:

(1) 用拾取框在所选对象上拾取一点,该对象即被选中,选中的对象会亮显(显示成虚线),每次只选取一个对象。可连续多次拾取;

(2) 在屏幕空白处拾取第一点并移动光标形成一矩形窗口后再拾取第二点,则与窗口相关的对象被选中。在拾取第一点后,向右移动光标形成的是实线窗口,选中的是窗口内的对象;在拾取第一点后,向左移动光标形成的是虚线窗口,选中的是窗口内以及与窗口相交的对象。

13.3.2 删除和修剪图形的方法

1. Erase(删除)命令

Command: erase

Select objects: (选择对象)

..... (连续地选择对象)

Select objects: (结束对象选择并结束命令)

2. Trim(修剪)命令

Trim(修剪)命令用于将线段在修剪边界断开并删去部分,见图 13.34。

Command: trim

Current settings: Projection = UCS, Edge = None

Select cutting edges ...

Select objects or <select all>: Specify opposite corner: 4 found

(拾取 P_1 、 P_2 为选择对象窗口,选中 4 条剪切边)

Select objects: (结束剪切边选择)

Select object to trim or shift-select to extend or [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:

(选择要修剪的对象,图 13.34c 中的标记点“x”)

Select object to trim or shift-select to extend or [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:

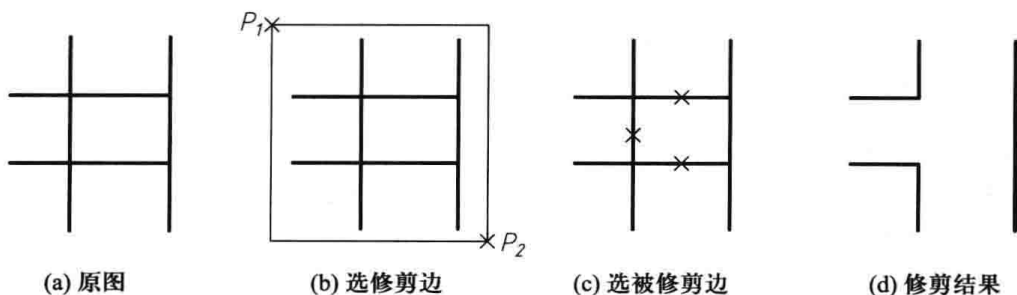


图 13.34 修剪对象



13.3.3 移动图形的方法

1. Move(移动)命令

Move(移动)命令用于把对象从原位置移动到新位置,改变对象之间的位置,见图 13.35。

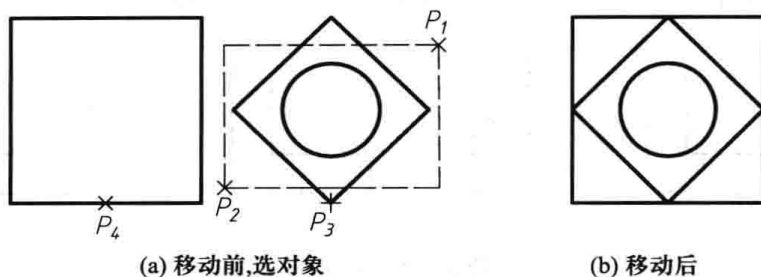


图 13.35 移动对象

Command: _move ↙

Select objects: Specify opposite corner: 2 found (拾取 P_1 、 P_2 为选择对象窗口,选中 2 个对象)

Select objects: ↙

Specify base point or [Displacement] <Displacement>: (拾取 P_3 为基点)

Specify second point or <use first point as displacement>: (拾取 P_4 为新位置点)

2. Rotate(旋转)命令

Rotate(旋转)命令用于把对象绕着旋转中心转动一角度,见图 13.36。

Command: rotate ↙

Current positive angle in UCS: ANGDIR = counterclockwise ANGBASE = 0

Select objects: (选择对象)

Specify base point: (拾取点 P_1 为旋转中心)

Specify rotation angle or [Copy/Reference] <0>: 60 ↙ (输入旋转角)

旋转角一般以($^\circ$)(度)为单位,旋转方向与初始设置有关。

13.3.4 缩放图形的方法

1. Scale(缩放)命令

Scale(缩放)命令用于对象的缩小或放大,见图 13.37。

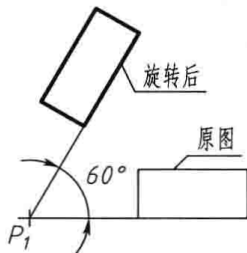


图 13.36 旋转对象



图 13.37 缩放对象

Command: _scale ↙



Select objects: (选择对象)
 Specify base point: (拾取点 P_1 为缩放基点)
 Specify scale factor or [Copy/Reference]: 2 (输入缩放比例)

2. Stretch(拉伸)命令

Stretch(拉伸)命令用于对象局部的拉长或压缩,见图 13.38。

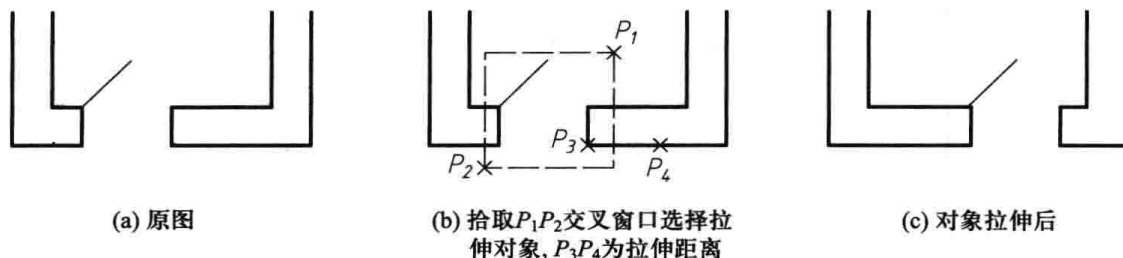


图 13.38 拉伸对象

Command: stretch
 Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...
 Select objects: Specify opposite corner: 7 found (拾取 P_1 、 P_2 为选择对象窗口)
 Select objects:
 Specify base point or [Displacement] <Displacement>: (拾取点 P_3 为基点)
 Specify second point or <use first point as displacement>:
 (拾取点 P_4 为新位置点)

13.3.5 复制图形的方法

1. Copy(复制)命令

Copy(复制)命令用于在指定位置复制新对象。

Command: copy
 Select objects: (选择要复制的对象)

 Select objects:
 Current settings: Copy mode = Multiple
 Specify base point or [Displacement/mode] <Displacement>: (拾取定位基点)
 Specify second point or [Array] <use first point as displacement>:
 (拾取新位置点,复制新对象)
 Specify second point or [Array/Exit/Undo] <Exit>:

2. Offset(偏移)命令

Offset(偏移)命令用于直线、多段线、圆(弧)、样条线等对象按指定距离复制。直线的偏移操作如图 13.39a 所示,圆、多段线的偏移见图 13.39b、c。

Command: offset
 Current settings: Erase source = No Layer = Source OFFSETGAPTYPE = 0



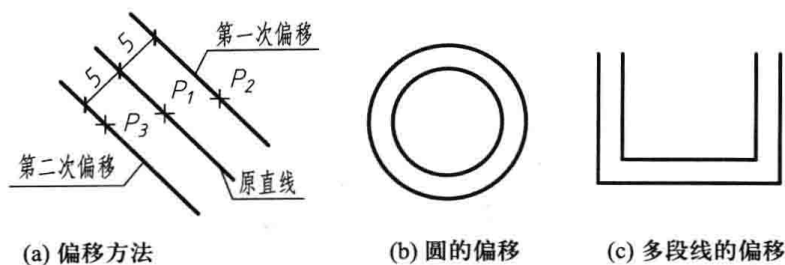


图 13.39 偏移对象

Specify offset distance or [Through/Erase/Layer] <Through>: 5 ↵
 (输入偏移距离)

Select object to offset or [Exit/Undo] <exit>: ↵
 (拾取原对象上任意一点 P_1)

Specify point on side to offset or [Exit/Multiple/Undo] <Exit>: ↵
 (在偏移侧任意拾取一点 P_2)

Select object to offset or [Exit/Undo] <exit>: ↵
 (拾取原对象上任意一点 P_1)

Specify point on side to offset [Exit/Multiple/Undo]: ↵
 (在偏移侧任意拾取一点 P_3)

.....

Select object to offset or [Exit/Undo] <exit>: ↵

13.4 图 层

13.4.1 图层和图层特性管理器

1. 图层的概念

图层相当于透明纸,一个图层就是一张透明纸。在若干张透明纸上以同一坐标系统和约定的线型、颜色画出图样的分类图形,叠合在一起,就可得到完整的图样。这不仅便于图形的管理和修改,也便于分类图形的不同组合。

图层具有约定的层名、颜色、线型和线宽。开始绘制新图时系统建立一个默认图层,即“0”层,其颜色为白色,线型为实线,线宽为默认。其他图层由用户命名并设置颜色、线型和线宽等。如不特别指明,图层上对象的颜色、线型、线宽随图层设置。一张图样可以设置多个图层,但是所绘对象总是在当前图层上。绘图时可以通过改变当前层或移层的方法使图线绘制在相应的图层上。

2. 图层特性管理器

选择下拉菜单 Format (格式) → Layer (图层) 或单击工具栏按钮 , 弹出图 13.40 所示的“Layer Properties Manager”(图层特性管理器), 单击图层特性管理器中对应图层的一个图标, 可以设置颜色、线型、线宽和其他特性。各图标的内容说明如下:

On——打开 、关闭  图层。被关闭的图层上对象不可见。

Freeze——解冻 、冻结  图层。被冻结的图层上对象不可见并且在重新生成时对象不参与运算。当前图层不能被冻结。



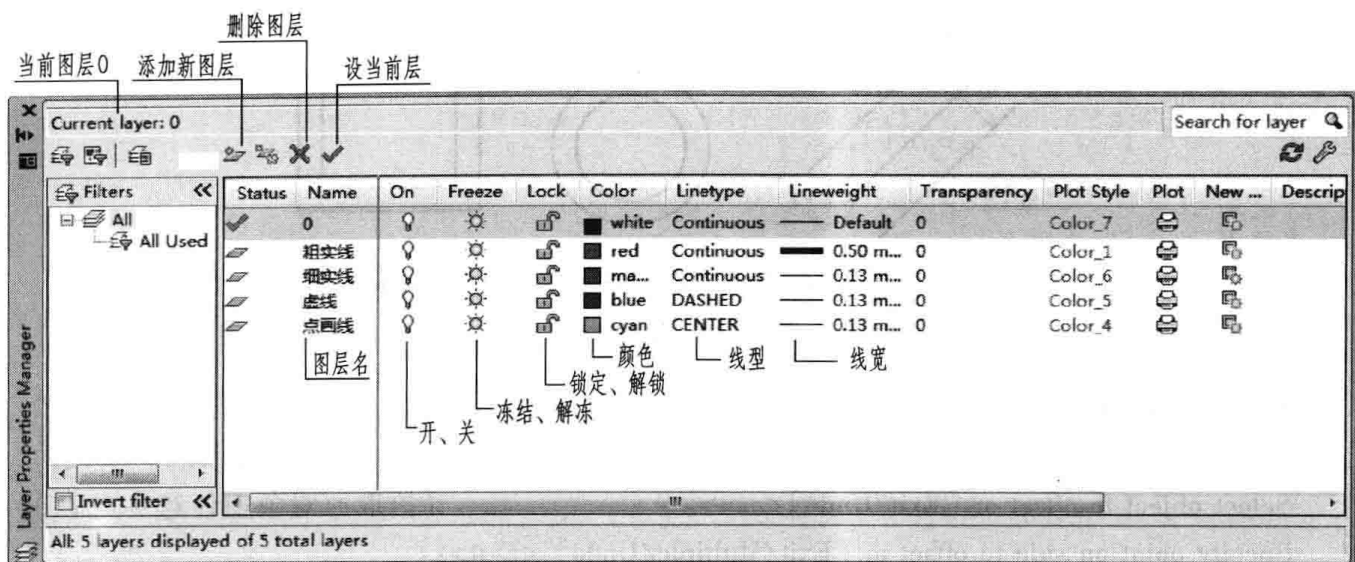


图 13.40 图层特性管理器

Lock——解锁🔓、锁定🔒图层。被锁定的图层上可以绘图,对象可见,但不可修改。

Plot——打开🖨打印、关闭🚫打印。

Color(颜色)、Linetype(线型)和 Lineweight(线宽)的设置,只需单击图标,在弹出的对话框中选择设置项即可。图 13.40 中设置了 4 个新图层,分别为粗实线、细实线、虚线和点画线,粗实线线宽 0.5 mm,其他为 0.13 mm,分别用 4 种颜色区分,这是简单图样的常用设置。

13.4.2 线型和线型比例

1. 线型设置

单击图层特性管理器的线型图标 **Continuous**,弹出“Select Linetype”(选择线型)对话框(图 13.41),单击该对话框的“Load”(加载)按钮,弹出“Load or Read Linetypes”(加载或重载线型)对话框(图 13.42),在该对话框中选择一线型,如“CENTER”(中心线)并单击“OK”按钮返回选择线型对话框,在此对话框里选中“CENTER”并单击“OK”按钮返回图层特性管理器,此图层的线型即设置完成。

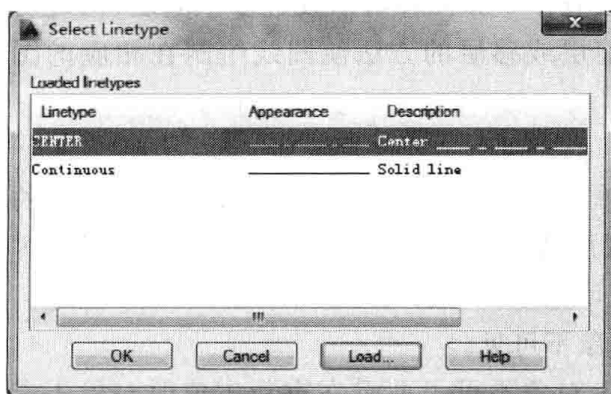


图 13.41 选择线型对话框

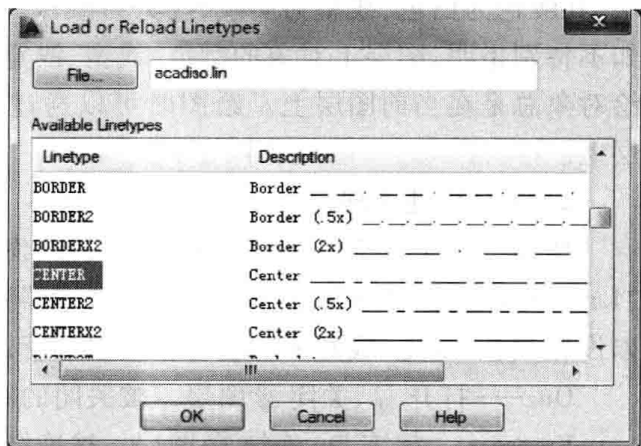


图 13.42 加载或重载线型对话框

2. 线型比例

当虚线、点画线的线素长度不符合要求时,可通过调整线型比例来调整其线素长度。选择下拉菜单 Format(格式)→ Linetype(线型),弹出“Linetype Manager”(线型管理器),见图 13.43,调整对话框中的全局比例因子即可。线型比例因子的取值,要根据图线线素的打印长度(如虚线的画线长度约 4~6 mm)调试确定。

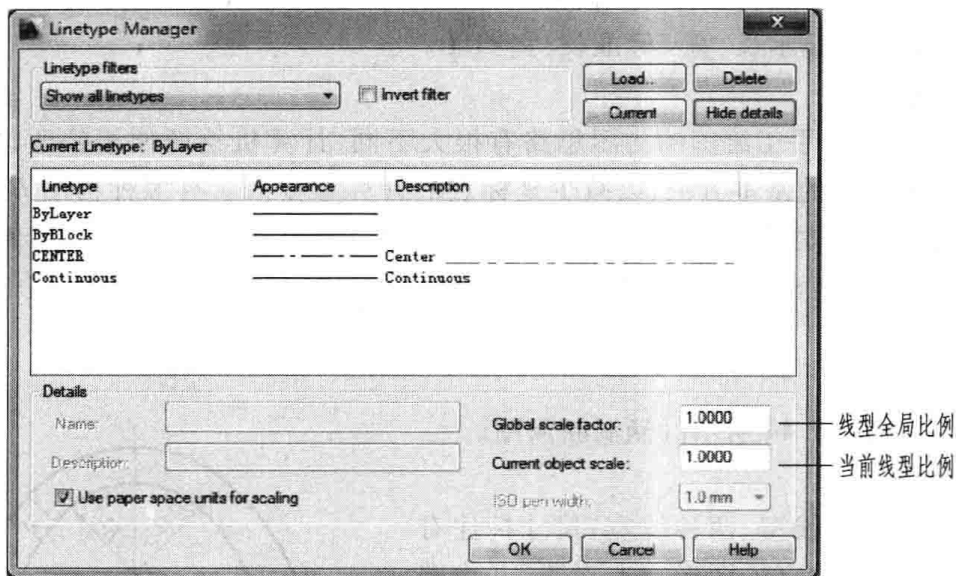


图 13.43 线型管理器

13.5 绘制工程图样

13.5.1 绘制工程图样的步骤和方法

1. 绘图步骤

(1) 分析图样 以便确定绘图环境设置要求,如图线、文字和尺寸标注的分类等。同时拟定图形生成的方法和步骤,尽量利用复制、镜像、缩放等修改方法构形,以提高绘图效率。

(2) 构建样板图 根据绘图初始环境的设置需要,设置绘图幅面、图层(线型、颜色、线粗)、文字样式、尺寸样式等,并且以“.dwt”格式的样板文件保存,可以使多张图样的绘制格式统一,减少重复设置。

(3) 构图 按草图到正图的绘图顺序,先构建主要轮廓,再绘制细部,灵活应用各种绘图命令、绘图工具和修改技术生成图形。

(4) 整理成图 删去作图辅助线,调整图面布置,绘制图框并填写标题栏。

2. 绘图方法

(1) 绘图比例

用计算机绘图,为了减少尺寸计算,通常以图形实际尺寸(比例 1:1)绘制。在打印图纸时才考虑图样的绘图比例。因此图样中不以形体尺寸控制的文字、符号、图案间距等图形元素的绘



制需要注意与绘图比例的协调。协调的方式可以用“注释性”(参见 AutoCAD 相关书籍),也可以预先缩放图形元素。例如图样打印时的绘图比例为 1:100,则这些图形元素的绘制大小与比例因子 100 有关:

- 1) 字体的高度:显示字高=实际字高×100。
- 2) 尺寸样式中的全局比例应设置为 100。
- 3) 点画线、虚线画长,图案的大小和间距,图形符号大小:显示值=实际值×100。
- 4) 图框和标题栏:显示长、宽=标准长、宽×100。

(2) 构图方法

用 AutoCAD 绘图与手工绘图的构图思路有很大不同,计算机绘图便于修改,因此构图时应立足于草图修改成正图的基本方法,以减少坐标点的计算和输入。有多种构图方法可以提高绘图的准确性和提高绘图效率,如各种绘图工具和修改命令的灵活应用、减少操作命令的切换、减少图层的切换,协调键盘和鼠标的交替操作,先构形后布局等方法都是非常有效的。

13.5.2 绘图举例

例 13.4 绘制图 13.44 所示的涵洞断面图。

(1) 分析图样

涵洞断面图有三种线型、两种线宽,尺寸标注有线性和半径两类,一种文字。图形左右对称,并由圆弧和直线组成。

(2) 绘图环境设置

1) 设置三个图层

层名	颜色	线型	线宽
粗线	红色	Continuous	0.5 mm
细线	品红	Continuous	0.18 mm
中心线	蓝色	Center	0.18 mm

2) 设置文字样式

该文字样式用于标注尺寸,样式名取“Standard”,字体取“gbetcc.shx”。

3) 设置尺寸样式,如图 13.45 左侧的样式名“涵洞”和右侧的预览。

(3) 按标注尺寸绘制图形

作矩形为涵洞底板,相切圆弧用圆绘制,修剪多余线段,绘出主要轮廓,如图 13.46 所示。再整理线段长度,将图线移至相应图层,填图案,标注尺寸,完成后的图形如图 13.44 所示。

例 13.5 绘制图 13.47 所示的水闸结构图。

(1) 分析图样

水闸结构图有四种线型、两种线宽。图中有数字也有汉字,一般需要分别定义两种文字样式。尺寸标注有线性和半径两类。图中的标高标注和土壤符号使用较多,可以用复制构图。其他图形对象用相应命令编辑生成。

(2) 创建样板图

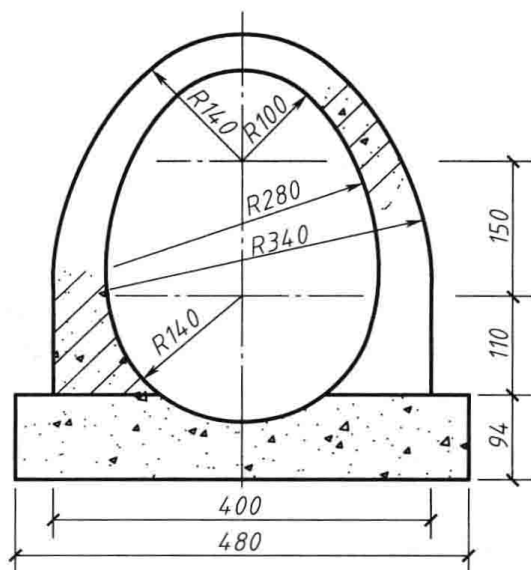


图 13.44 涵洞断面图



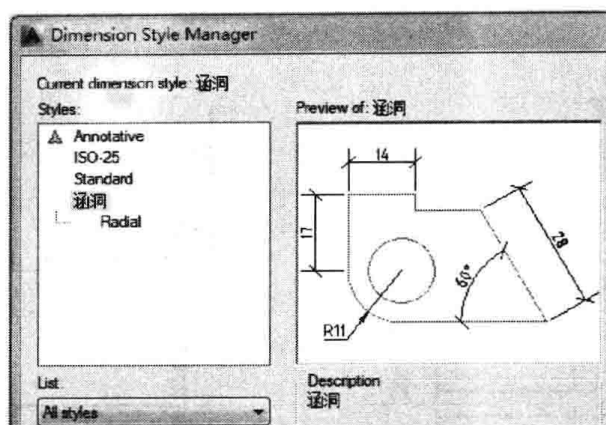


图 13.45 尺寸样式及预览

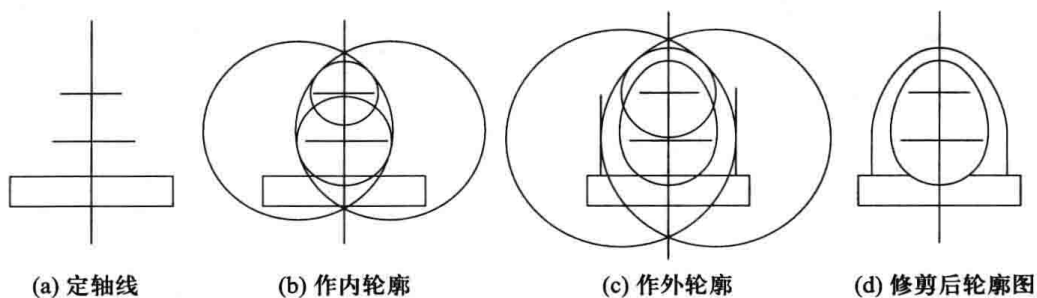


图 13.46 涵洞图构形步骤

1) 设置四个图层

层名	颜色	线型	线宽
粗线	红色	Continuous	0.5 mm
细线	品红	Continuous	0.18 mm
虚线	青色	hidden	0.25 mm
中心线	蓝色	Center	0.18 mm

2) 设置两个文字样式

用途	样式名	字体
尺寸文字	数字	gbaitc. shx
书写汉字	汉字	宋体

3) 设置尺寸样式同图 13.45,但是本图绘图比例为 1 : 100,故样式中全局比例为 100。

4) 以“.dwt”为后缀保存为样板图,该样板图也可用于其他图样,如与其他图样不同之处只要稍作修改,不需全部重新设置。注意:打开样板图用“New(新建)”命令。

(3) 按标注的尺寸构建草图并修改、移层完成图样轮廓。

(4) 绘制并复制标高、土壤和剖视图标注等符号,绘制大小为打印尺寸 $\times 100$,例如立面图标高符号的绘制高度为 $3 \times 100 = 300$ 。

(5) 标注尺寸。书写各图名,图名字高可取 $7 \times 100 = 700$ 。

(6) 绘制 A3 图框和标题栏并放大 100 倍,调整各视图布局,完成绘图。



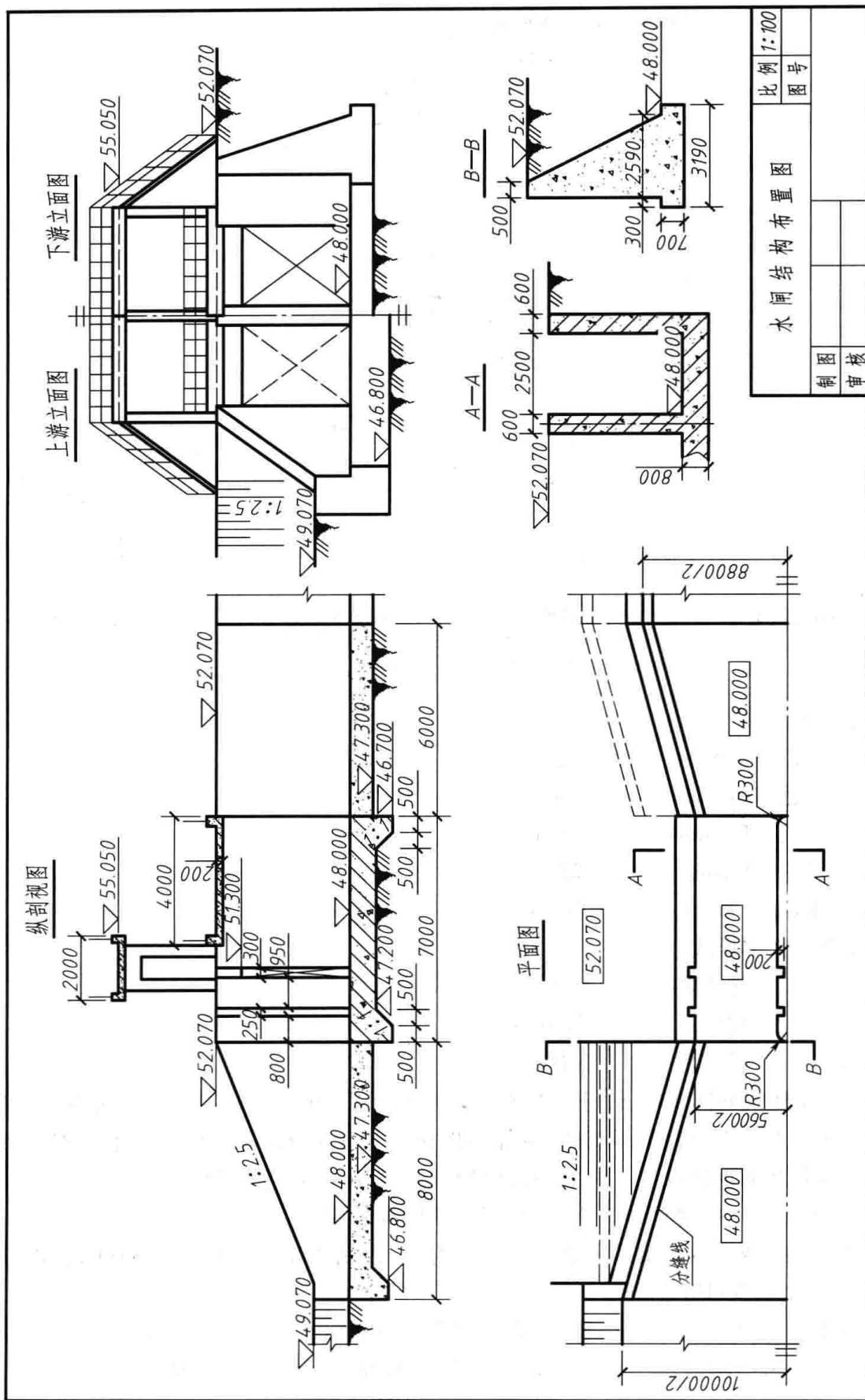


图 13.47 水闸结构图

13.6 三维实体构形

AutoCAD 提供的实体模型包含了体的完整信息,由基本实体构建组合实体比较容易,本节仅介绍这种构形方法。效果良好的三维实体模型通常需要经过基本实体建模、布尔运算、三维观察方向调整、消隐或着色等操作。

13.6.1 三维显示与观察

三维模型要取得理想的观察角度,需要调整视点位置或观察方向。

1. 三维动态观察器

选择下拉菜单 View(视图)→ Orbit(动态观察)→ Free Orbit(自由动态观察),屏幕显示如图 13.48 所示,按住鼠标左键移动光标,可以任意转动图形调整视角。

2. 常用视图

常用视图是六视图和正轴测观察方向。下拉菜单选择 View(视图)→ 3D View(三维视图),工具栏如图 13.49 所示。

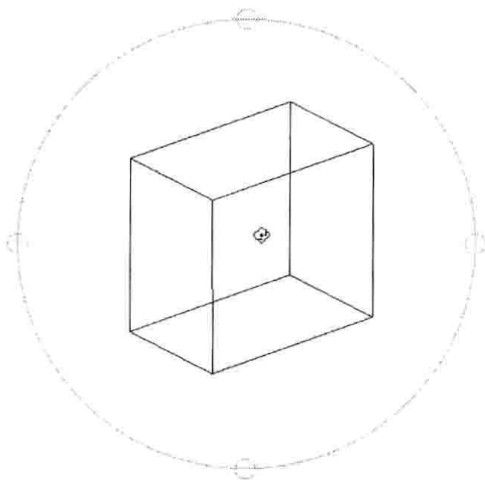


图 13.48 自由动态观察操作界面

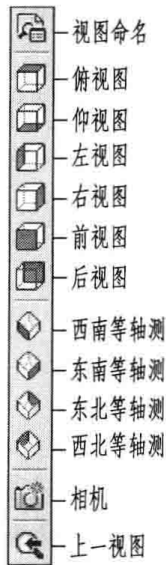


图 13.49 视图工具栏

3. 消隐和着色

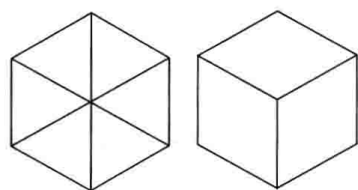
消隐是隐去三维模型中不可见轮廓线的操作,见图 13.50。选择下拉菜单 View(视图)→ Hide(消隐)。

着色可以以填色的方式展示三维模型的操作,见图 13.51。选择下拉菜单 View(视图)→ Visual Styles(视觉样式)→ Shaded(着色)。

13.6.2 三维基本实体

AutoCAD 提供了 8 种基本实体,包括多段体、长方体、楔体、圆锥体、球体、圆柱体、圆环体、棱锥体等,Modeling(建模)工具栏见图 13.52,菜单见图 13.53。图 13.54 是 8 种基本实体的模型。





(a) 消隐前 (b) 消隐后

图 13.50 消隐操作

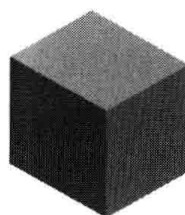


图 13.51 着色操作

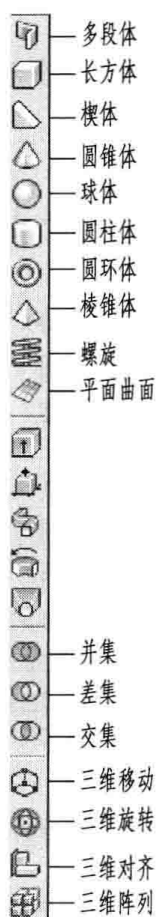


图 13.52 建模工具栏

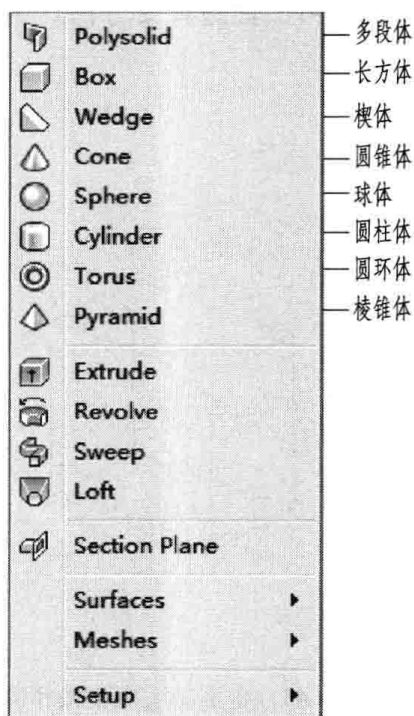
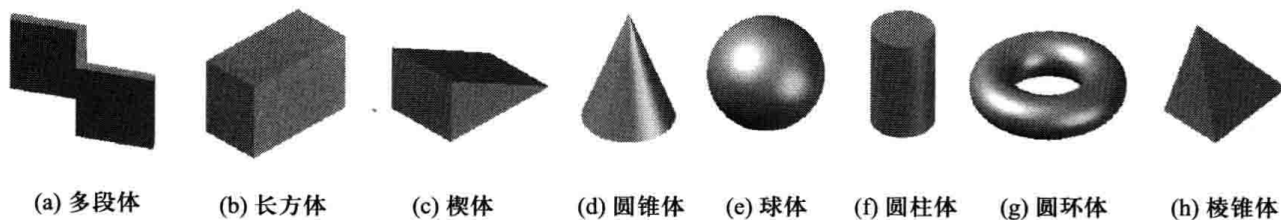


图 13.53 建模菜单



(a) 多段体 (b) 长方体 (c) 楔体 (d) 圆锥体 (e) 球体 (f) 圆柱体 (g) 圆环体 (h) 棱锥体

图 13.54 基本实体



(1) 在二维绘图环境(俯视图)建模

Command: box ↙

Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: (指定长方体底面一角点)

Specify corner or [Cube/Length]: (指定长方体底面另一对角点)

Specify height: (输入长方体高)

(2) 调整观察方向,选择下拉菜单 View(视图) → 3D View(三维视图) → SW Isometric(西南等轴测)。

(3) 改变视觉效果,选择下拉菜单 View(视图) → Visual Styles(视觉样式) → Shaded(着色)或其他菜单项。

13.6.3 三维操作

部分二维对象修改(如删除、移动、复制、缩放等)命令也可以用于三维对象修改。图 13.55 为下拉菜单“Modify”(修改)的“3D Operations”(三维操作)部分菜单项。

图 13.56 展示了三维旋转小控件的内容和操作方法:

(1) 在二维(俯视图)环境下,选择下拉菜单 Draw(绘图) → Modeling(建模) → Box(长方体),绘制一长方体;

(2) 选择下拉菜单 View(视图) → 3D View(三维视图) → SW Isometric(西南等轴测),改变观察方向为正等轴测图;

(3) 选择下拉菜单 Modify(修改) → 3D Operation(三维操作) → 3D Rotate(三维旋转),进入三维旋转;

(4) 选择长方体为旋转对象,显示旋转小控件,小控件内容如图 13.56 所示;

(5) 光标指向一旋转路径,即显示相应旋转轴的矢量线,表示对象绕该轴旋转;

(6) 单击旋转路径,输入旋转角度,完成旋转操作。旋转角一般以($^{\circ}$)(度)为单位,旋转方向与初始设置有关。

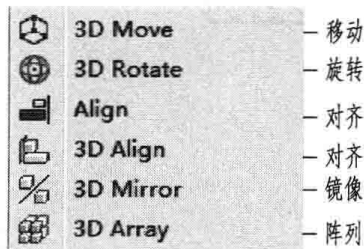


图 13.55 三维操作部分菜单

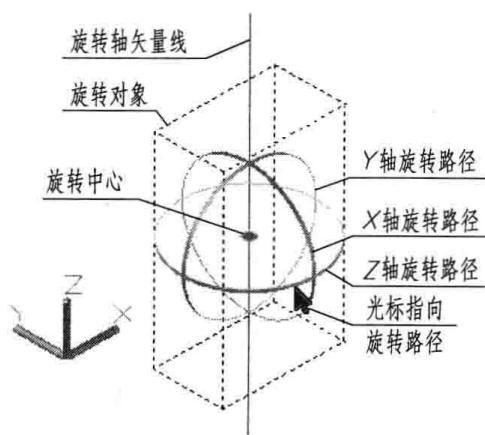


图 13.56 三维旋转

13.6.4 实体的布尔运算

布尔运算是由基本实体构建组合体的一种建模方法,包括并集、差集、交集三种。实体布尔



运算工具栏见图 13.52, 下拉菜单为 Modify(修改)→Solid Editing(实体编辑)。

图 13.57 是一长方体和一圆柱经布尔运算后的三种结果。作差集操作过程如下:

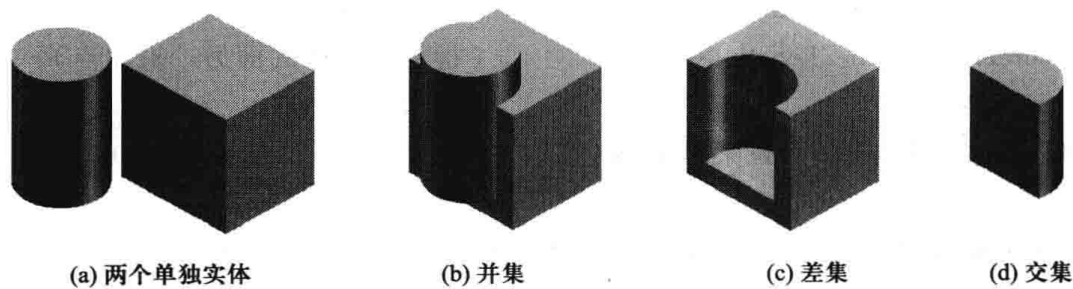


图 13.57 实体布尔运算

选择下拉菜单 Modify(修改)→Solids Editing(实体编辑)→Subtract(差集)。

Command: _subtract ✓

Select solids, surfaces, and regions to subtract from ..

Select objects: 1 found (选择“被减”的实体, 长方体)

Select objects: ✓

Select solids, surfaces, and regions to subtract ..

Select objects: 1 found (选择“减”的实体, 圆柱)

Select objects: ✓

13.6.5 组合体建模举例

例 13.6 构建图 13.58 所示的水闸闸室三维实体模型。

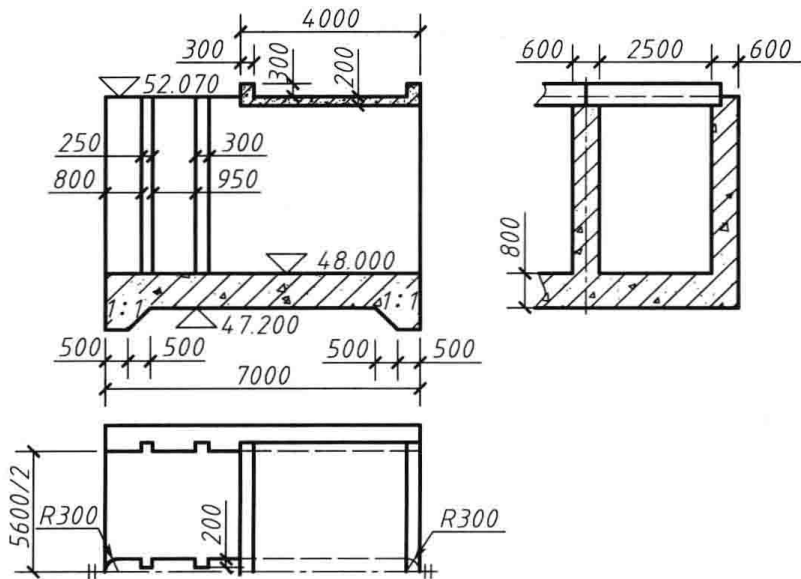


图 13.58 水闸闸室结构图

按形体分析法的构形思路, 该闸室由底板、边墩、中墩、桥面板 4 个构件组成, 而各个构件又可分解为若干个基本实体, 因此构形时先构建基本体, 再组合成各构件, 由构件组成闸室模型。



(1) 构建基本实体(图 13.59)

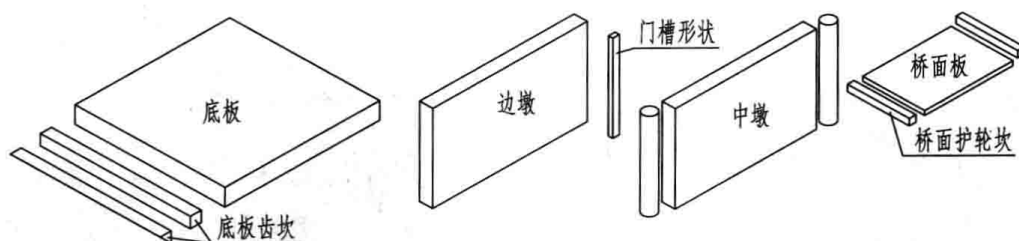


图 13.59 基本实体模型

1) 底板

作 $7\,000 \times 6\,200 \times 800$ 长方体为底板主体,下面齿坎分两部分,一块为 $500 \times 6\,200 \times 500$ 的长方体,一块为 $500 \times 6\,200 \times 500$ 的楔体。楔体构成后绕 Y 轴旋转 180° 。

2) 边墩

作 $7\,000 \times 600 \times 4\,070$ 长方体为边墩主体,作长方体 $250 \times 200 \times 4\,070$ 为门槽。

3) 中墩

作 $6\,400 \times 600 \times 4\,070$ 长方体为中墩主体,作直径 600、高 4 070 的圆柱为中墩端部。

4) 桥面板

作 $4\,000 \times 3\,000 \times 200$ 长方体为桥面板主体,作 $300 \times 3\,000 \times 300$ 长方体为桥面护坎。

(2) 组合构件(图 13.60)

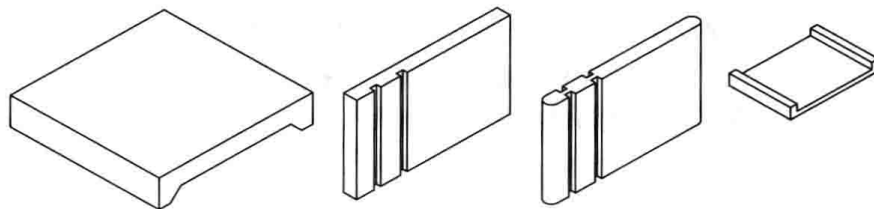


图 13.60 构件模型

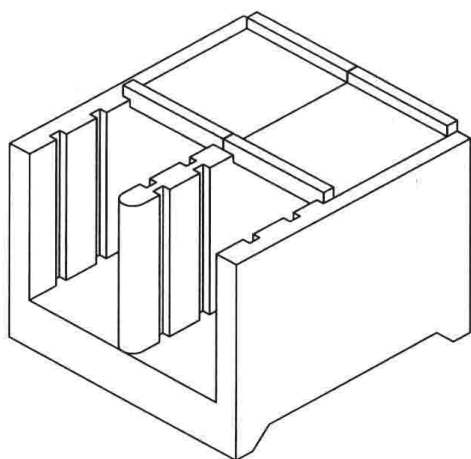
拼装时把各基本体按尺寸位置装配在一起,再作并或差运算即可。

操作时尽量采用各种捕捉工具定位,如中墩的圆柱圆心应与长方体顶面边线的中点重合;必要时应作一些辅助线帮助定位,如闸墩门槽的定位,可以先在闸墩顶部作出定位点,再移动门槽到指定位置。

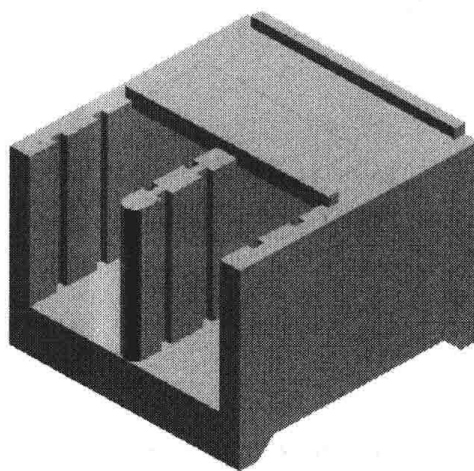
底板齿坎和中墩门槽在一侧定位后,可用三维镜像操作复制另一侧。

(3) 拼装闸室模型(图 13.61)





(a) 实体模型



(b) 着色图

图 13.61 闸室整体模型

思考题

1. AutoCAD 的命令、坐标、数据分别可用哪些方式输入, 响应命令提示有哪几种方式?
2. 熟悉 Zoom、Pan 命令的各项操作, 比较鼠标滚轮与该命令操作的相同与不同。
3. 熟悉 Trim 命令的操作方法, 与 Trim 功能相似的还有哪个命令, 适用的条件有什么不同?
4. 交互作图时, AutoCAD 是通过哪些方式保证图形绘制简单而准确的?
5. 水利工程图样的图层、文字样式、尺寸样式应设置哪些内容, 如何设置?
6. 三维实体建模的基本思路是什么, 组合体建模如何进行?



第 14 章

水利工程图

学习要点

1. 了解水利工程图的类别和表达的内容;
2. 熟悉水工图的常用表达方法和尺寸标注特点;
3. 初步掌握常见水工建筑物(如水闸、涵洞、坝)的视图配置、表达方法和内容;
4. 能够绘制和阅读简单水工建筑物(如小型水闸、涵洞、坝)的工程图样。

14.1 水工建筑物和水工图

表达水利水电工程建筑物的图样称为水利工程图,简称水工图。由于水工建筑物的种类繁多,而且水利工程涉及的专业面较广,因此初学者需要对水工建筑物及其结构特点有所了解。本节对此作简要介绍。

14.1.1 水工建筑物

以利用或调节水资源为目的修建的工程设施称为水工建筑物。从综合利用水资源出发,集中修建的互相协调使用的若干个水工建筑物的综合工程,称为水利枢纽。图 14.1 所示为长江干流上著名的三峡水利枢纽全貌。该水利枢纽横跨长江,兼有水力发电、航运和调节上游水位的综合功能。主要由非泄流坝段、泄流坝段、电站坝段、升船机和船闸等建筑物组成。非泄流坝段用以拦截河流,抬高上游水位,形成水库和水位落差;泄流坝段用以排放上游水流,进行水位和流量调节;电站坝段是利用上、下游水位差和水流流量进行发电的建筑物;升船机和船闸是用以克服水位差产生的船舶通航障碍的建筑物。

14.1.2 水工建筑物中常见结构及其作用

水闸是最常见、结构较典型性的水工建筑物,各种过水建筑物(如涵洞、船闸、溢洪道等)的结构组成与水闸有许多相似之处。图 14.2 是一种较常见的水闸结构沿纵轴线剖开后的轴测图,它反映了一般过水建筑物的结构特点。

从水工建筑物的工作、使用以及建造要求出发,在水工建筑物中常常设置以下一些结构。

1. 上、下游翼墙

过水建筑物的进出口处两侧的导水墙,在工程中称为翼墙。其上游翼墙的作用是引导水流平顺地进入闸室,下游翼墙的作用是将出闸的水流均匀地扩散,使水流平稳地进入下游河渠,减



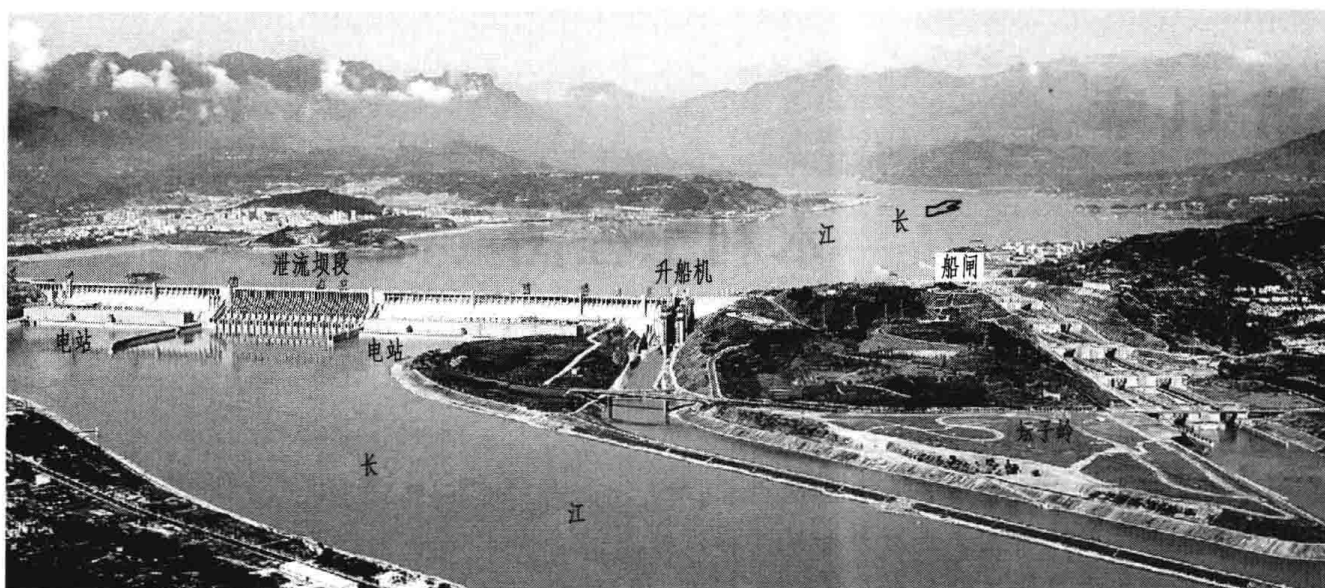


图 14.1 三峡水利枢纽工程

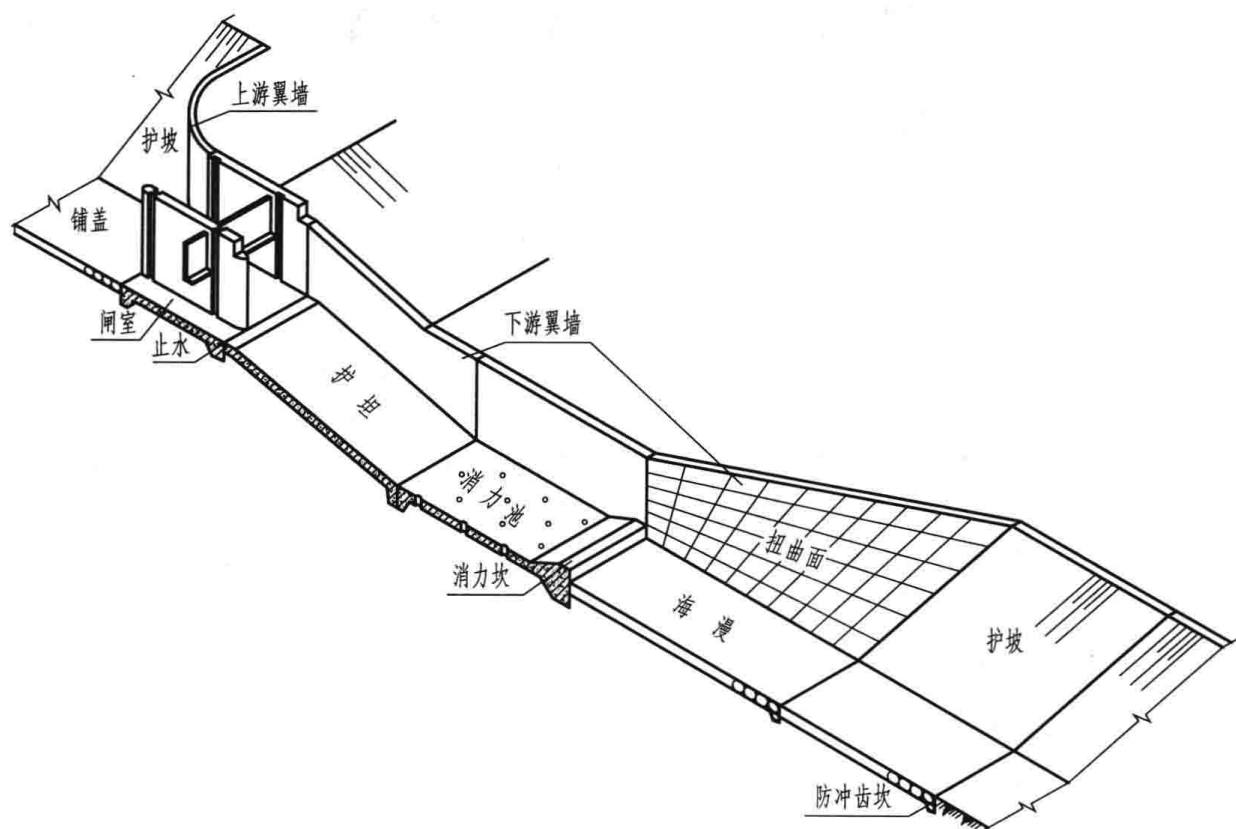


图 14.2 水闸轴测图

少冲刷。常见的翼墙形式有：圆弧式翼墙（如图 14.2 中的上游翼墙）、扭面翼墙（如图 14.2 中的下游翼墙）和斜墙式翼墙（又称八字墙，如图 8.34、图 8.37 所示）。

2. 铺盖

如图 14.2 所示，铺盖是铺设在上游河床上面的（一般用浆砌块石铺设的）一层防冲、防渗



层,它紧靠闸室或坝体,其作用是减少水流渗透,保护上游河床和闸室、坝基础,提高闸、坝的稳定性。

3. 闸室

如图 14.3 所示,闸室是过水建筑物中用于控制水流和连接两岸的结构物,主体结构由闸墙(墩)、底板构成,闸门和胸墙用以挡水,同时还设置有工作桥用以安装和操作闸门启闭设备以及交通桥用以连接两岸交通。

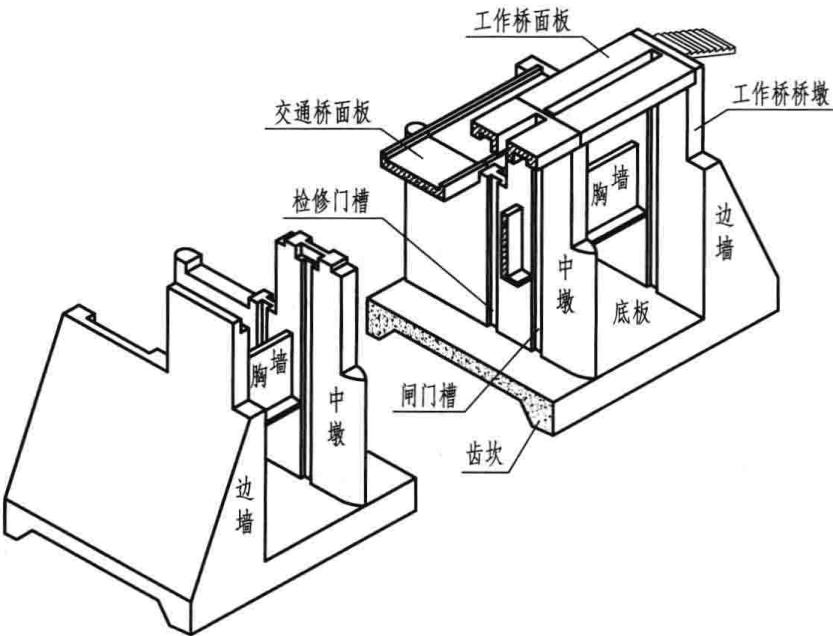


图 14.3 闸室轴测图

4. 护坦及消力池

经闸、坝下泄的水流具有很大的冲击力,为防止水流对下游河床的冲刷,在紧接闸、坝的下游侧,常设置有钢筋混凝土(或浆砌块石)的护坦或消力池。如图 14.2 所示,下泄水流在消力坎的作用下,产生水跃,消耗水流能量。护坦或消力池的底板上设排水孔,用以排出闸、坝基础的渗透水,降低底板所承受的渗透压力。

5. 海漫及防冲槽(或防冲齿坎)

紧接护坦或消力池后面的消能防冲措施,称为海漫。用以保护河床并消除水流余能,如图 14.2 所示。海漫末端常设有干砌块石防冲槽或防冲齿坎,以防止海漫与河床交接处的冲刷破坏。

6. 廊道

廊道是在混凝土坝或船闸闸首中,为了灌浆、排水、输水、观测、检查及交通等需要而设置的结构,如图 14.4 所示。

7. 分缝

对于较长的或大体积的混凝土建筑物,为防止因温度变化或地基不均匀沉陷而引起的裂缝和断裂现象,一般需要设置结构分缝(称为伸缩缝或沉陷缝)。图 14.5 所示为混凝土大坝的分缝。



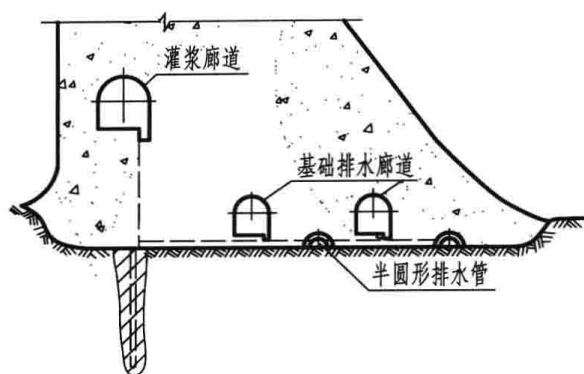


图 14.4 廊道断面图

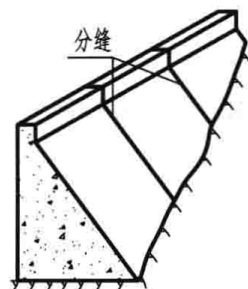
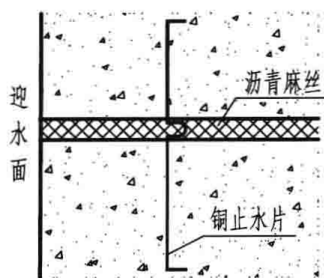


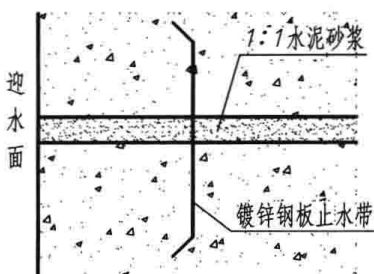
图 14.5 坝体分缝

8. 分缝中的止水

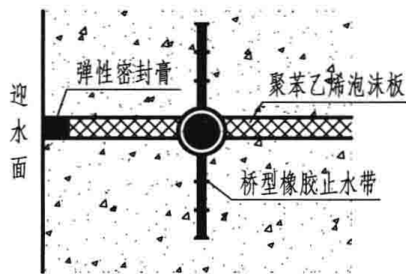
为防止水流的渗漏,在水工建筑物的分缝处一般都设置有止水,图 14.6a~d 所示为常见的几种止水的做法。图 14.6e、f 分别为铜止水片和橡胶止水带材料成品。



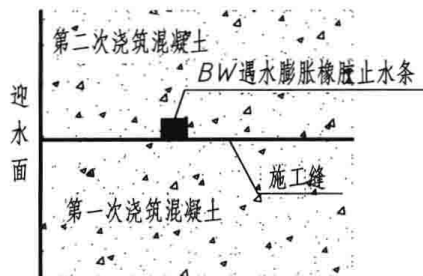
(a)



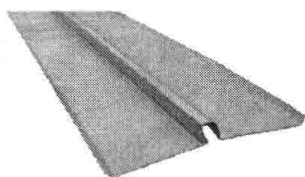
(b)



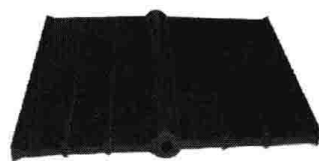
(c)



(d)



(e)



(f)

图 14.6 分缝止水材料和做法

14.1.3 水工图的分类

水利工程的设计一般需要经过预可行性研究、可行性研究、初步设计和施工图设计几个阶段。各研究和设计阶段的要求和重点不同,因此各阶段的图样表达的详尽程度和重点不尽相同。根据图样表达的侧重点和内容的区别,水工图一般可分为:工程位置图(包括灌溉区规划图)、枢纽布置图(或总体布置图)、建筑物结构图和施工图等。

1. 工程位置图

工程位置图主要表示:水利枢纽所在的地理位置、朝向;与枢纽有关的河流、公路、铁路的位

置和走向;重要建筑物和居民点的分布情况等。其特点是:(1)图示的范围大,绘图比例小,一般比例为 1 : 5 000~1 : 10 000,甚至更小;(2)建筑物采用图例(见表 14.1)表示。

图 14.7 所示是江苏省引江工程枢纽位置示意图。从图中可以看出,该枢纽的主干河流南北走向,与东西向的支流构成河网。枢纽布置以江都抽水站为中心,通过分布在各河流上的节制闸调节各干流的流量,船舶的通航经南北向的芒稻船闸或东西向的仙女庙船闸进入各干流。

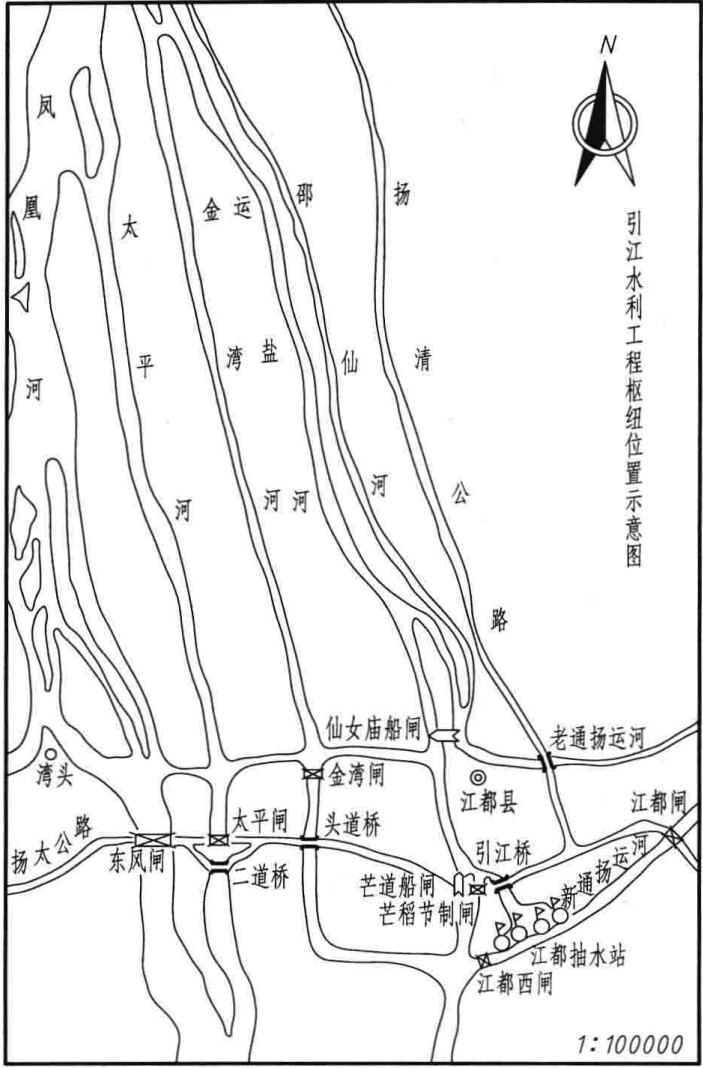


图 14.7 工程位置图

2. 枢纽布置图

枢纽布置图主要表示整个水利枢纽在平面和立面的布置情况,图 14.32 和图 14.37 所示为枢纽布置图(见书末的插页)。枢纽布置图一般包括以下的内容:

- (1) 水利枢纽所在地区的地形、河流及流向、地理方位(指北针)等;
- (2) 各建筑物的相互位置关系;
- (3) 建筑物与地面的交线、填挖方边坡线;
- (4) 铁路、公路、居民点及有关的重要建筑物;



(5) 建筑物的主要高程、定位点(轴线)和主要轮廓尺寸。

枢纽布置图有以下特点:

(1) 枢纽平面布置图必须画在地形图上。在一般情况下,枢纽平面布置图画在立面图的下方,有时也可以画在立面图的上方或单独画在一张图纸上。

(2) 为了突出建筑物主体,一般只画出建筑物的主要结构轮廓线,而次要轮廓线和细部构造省略不画或用示意图表示这些构造的位置、种类和作用。

(3) 图中一般只标注建筑物的外形轮廓尺寸及定位尺寸、主要部位的高程、填挖方坡度等。

3. 建筑物结构图

结构图以表达枢纽中个体建筑物的结构布置为主,一般包括结构布置图、分部和细部构造图以及钢筋混凝土结构(或钢结构)图等,这类图通常数量较多。表达的内容如下:

(1) 建筑物的结构形状、尺寸及材料;

(2) 建筑物各构件的构造及分部、细部的构造、尺寸及材料;

(3) 工程地质情况,地基处理方案及建筑物与地基的连接方式;

(4) 相邻建筑物之间的连接方式;

(5) 附属设备的位置;

(6) 建筑物的工作条件,如上、下游各种设计水位、水面曲线等。

结构图必须把建筑物的结构形状、尺寸大小、材料及相邻结构的连接方式等等都表达清楚。因此,视图所选用的绘图比例较大,一般为 $1:5 \sim 1:200$ (在表达清楚的前提下,应尽量选用比较小的比例,以减小图纸幅面)。

钢筋混凝土结构图、钢结构图的内容详见第15章。

4. 施工图

施工图是表达水利工程施工组织和施工方法等的图样,例如:反映施工场地布置的施工总平面布置图;反映施工导流方法的施工导流布置图;反映建筑物基础开挖和料场开挖的开挖图;反映混凝土分期分块的浇筑图;反映建筑物施工方法和流程的施工进程图等等。

14.2 水工图的表达方法

14.2.1 视图配置及名称

在水工图中,俯视图称为平面图,正视图和左(右)视图称为立面图。人站在上游,面向建筑物作投射,所得的视图称为上游立面图;站在下游,面向建筑物作投射,所得的视图称为下游立面图。

当面向下游站立时,人的左手侧称为左岸,右手侧称为右岸。因此有时也用左右岸命名视图。

沿建筑物纵轴线方向称为纵向,垂直于纵轴线方向称为横向。

由于水工建筑物在工作状态时,许多结构被土层覆盖,而内部结构较复杂,所以应用剖视图、断面图表达较多。图14.8所示为一陡坡结构图,采用了平面图和A—A、B—B两个剖视图才能表达清楚,A—A剖视图也称为纵剖视图。



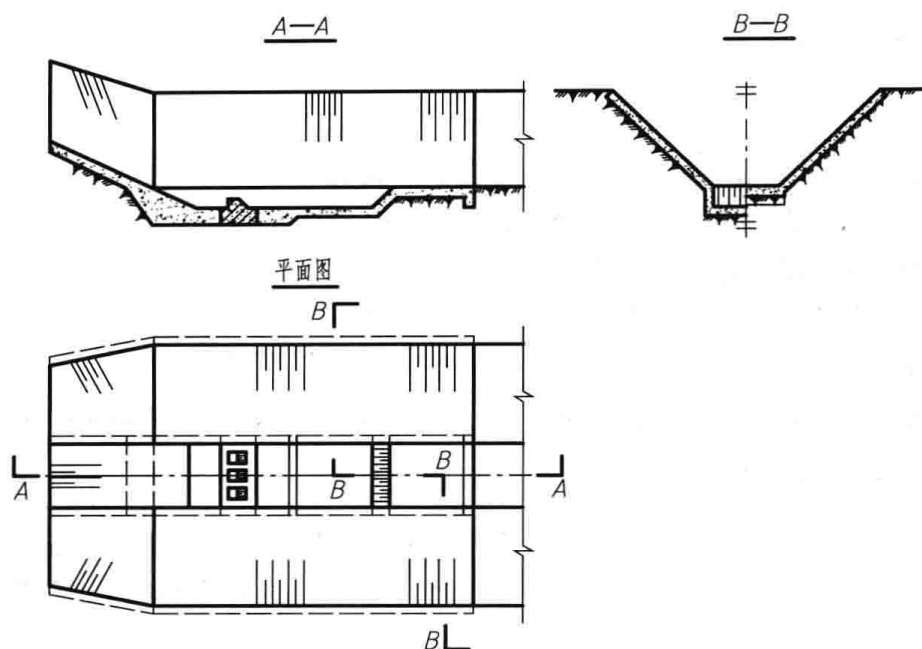


图 14.8 陡坡结构图

视图应尽可能按投影关系配置,并且习惯上使水流方向由左向右或由后向前布置图形。为了便于看图,每个视图都应标注图名,图名统一标注在视图的上方中间,并且水平注写。

如图 14.9 中的平面图,前后对称,按局部视图规定可以只画一半,对称面以点画线表示,并在点画线两端标上对称符号(∥)。有时为了图面布置合理和美观,也可将两个对称的视图各画一半合并在一起,对称面以点画线表示,标以对称符号,并分别标注相应的图名,称为合成视图,如图 14.9 所示的上游立面图和下游立面图。

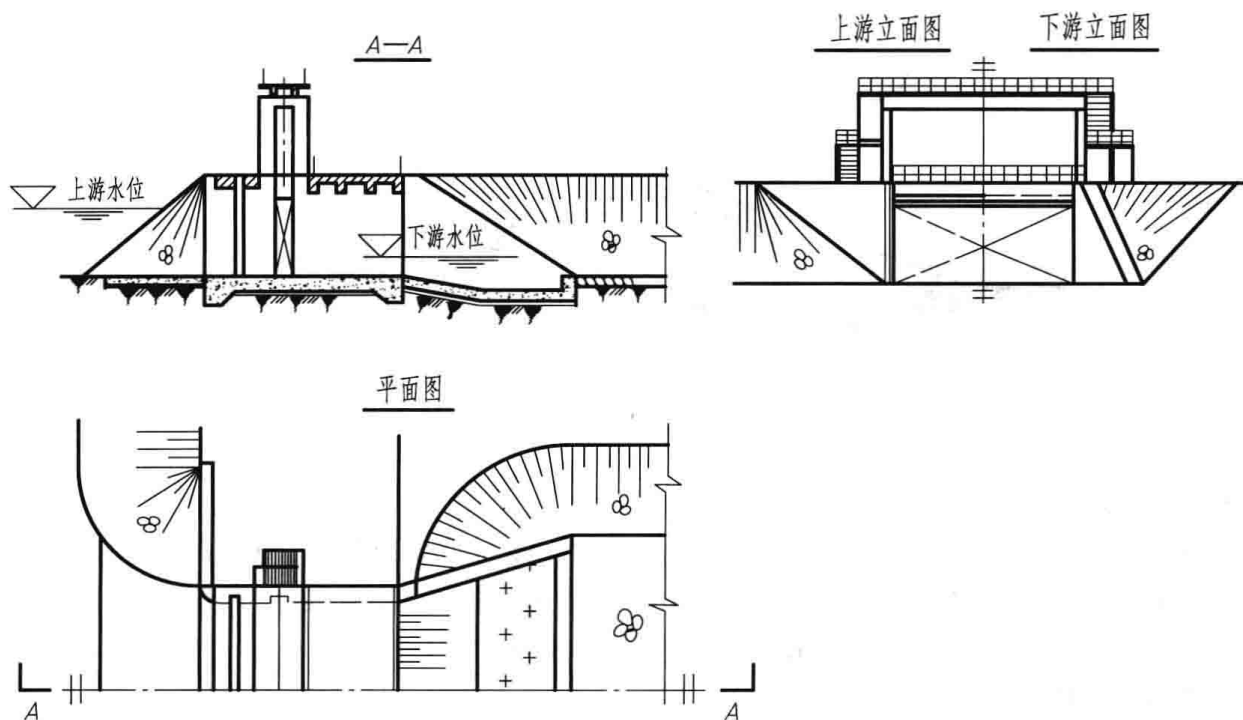


图 14.9 水闸结构布置图



14.2.2 其他表达方式

1. 详图

当物体的局部结构由于图形的比例较小而表示不清楚或不便于注写尺寸时,将这些局部结构用较大的比例画出,所得的视图称为详图,如图 14.10、图 14.11 所示。详图需要标注,标注的方法是:在原图形需要放大的部位用细实线圆圈出,用引出符号标注详图的编号(分子)和详图所在图纸的编号(分母),如图 14.11 中的 $\frac{1}{5}$;若详图画在本张图纸内,则分母用“—”表示,如图 14.11 中的 $\frac{1}{—}$ 和 $\frac{2}{—}$;详图的上方应标注图名和绘图比例,图名用粗实线圆(直径为 14 mm)和详图编号表示,如图 14.11 中的 $\frac{1}{1:50}$ 、 $\frac{2}{1:50}$ 。有时也可注写为“详图 1”或者直接标注名称,如图 14.11 中的详图 $\frac{1}{—}$,也可标注为“上游坝脚详图”,这时原图形上不再需要标注。

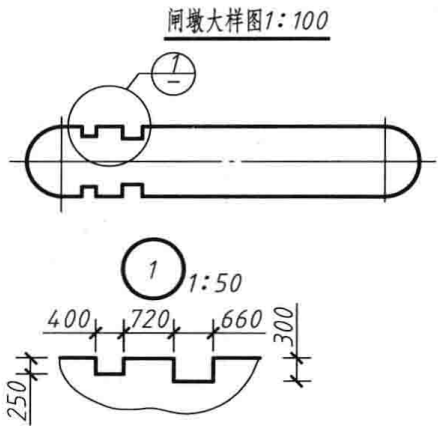


图 14.10 闸墩结构大样图

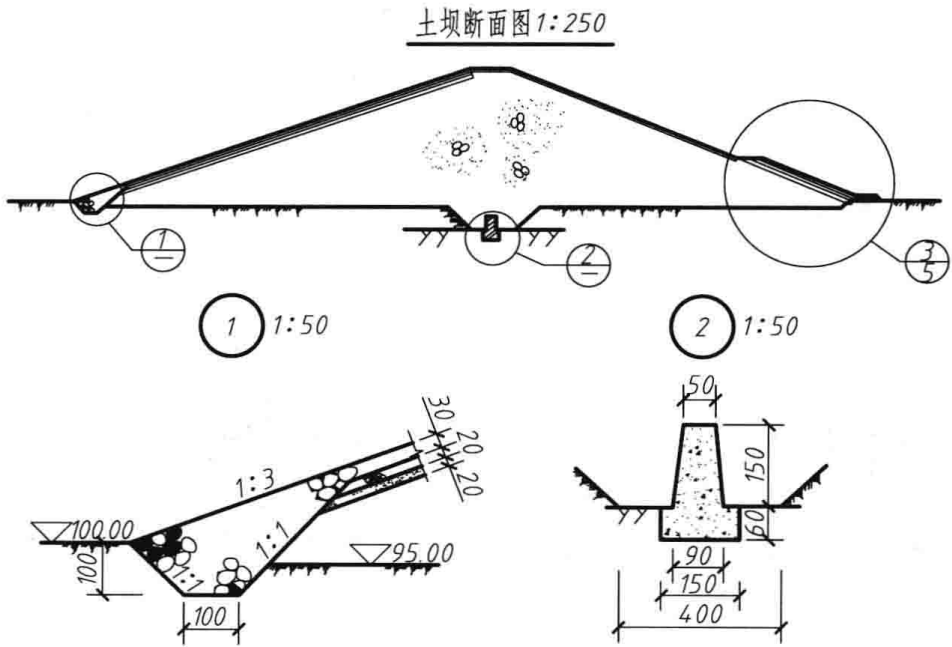


图 14.11 土坝结构图

2. 展开视图

如图 14.12 所示,在码头平面图中,码头右侧前沿线与正立面倾斜,为了在正立面图上反映出这部分结构的真实形状,可以假想将倾斜部分展开到与正立面平行之后再作投射,画出视图,所得的视图称为展开视图。标注时在图名后注写“(展开)”。

3. 展开剖视图

如图 14.13 所示,当建筑物的轴线是曲线或折线时,可以沿轴线剖切并将曲线展开成直线后



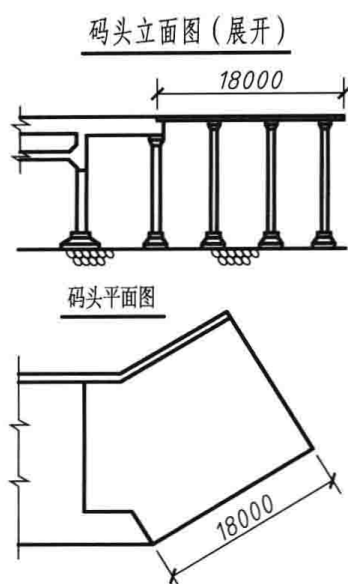


图 14.12 码头结构图

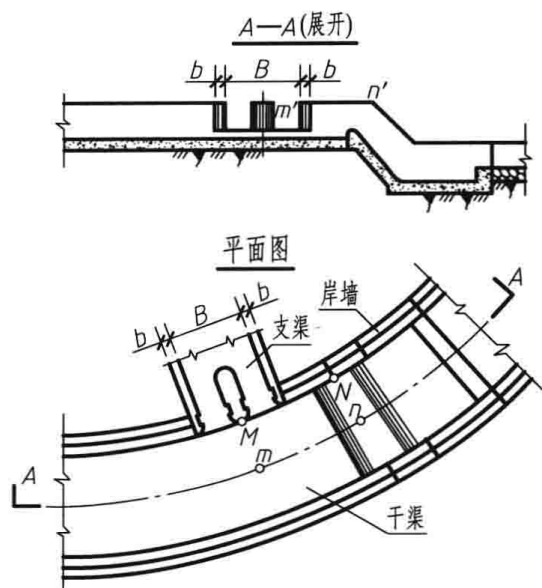


图 14.13 干渠布置图

向投影面投射,所得的视图称为展开剖视图。标注时在图名后注写“(展开)”。

在图 14.13 中,因为干渠的中心线为圆弧,所以用沿中心线的圆柱面 $A-A$ 作为剖切面。作 $A-A$ 剖视图时,剖面区域的图形按真实形状展开,未剖切到的结构按法线方向展开到与投影面垂直后再投射。如平面图中支渠闸墩中心线的点 M ,它向剖切面的投射位置是 m ;岸墙上的点 N ,它向剖切面上的投射位置是 n 。把 mn 展开,就可得到 mn 在展开剖视图中的投影 $m'n'$, $m'n'=mn>MN$ 。但为了看图和画图的方便,支渠闸墩和闸孔的宽度仍按实际宽度画出。

4. 复合剖视图

用几个剖切面剖开物体所得的剖视图称为复合剖视图,如图 14.14 所示的 2—2 剖视图。复合剖视图的剖切面的起讫和转折处都应进行标注。

5. 分层画法

当建筑物的结构变化具有层次时,为了比较简洁地表达出各层的结构,可以采用分层画法,即在同一视图上按其结构层次分段绘制,如图 14.15 所示。分层画法的相邻结构层用波浪线分界,并用文字注写各层结构的名称。

6. 拆卸画法

当所要表达的结构被装配式部件或附属设备遮挡时,可假想将其拆去,把其余部分作投射,这种画法称为拆卸画法。

如图 14.16 所示,水闸前后对称,平面图中闸室前半部采用拆卸画法,将工作桥和公路桥拆去,闸室岸墙的门槽成为可见。岸墙背面、一字墙、下游翼墙背面被土层覆盖,为了清楚地

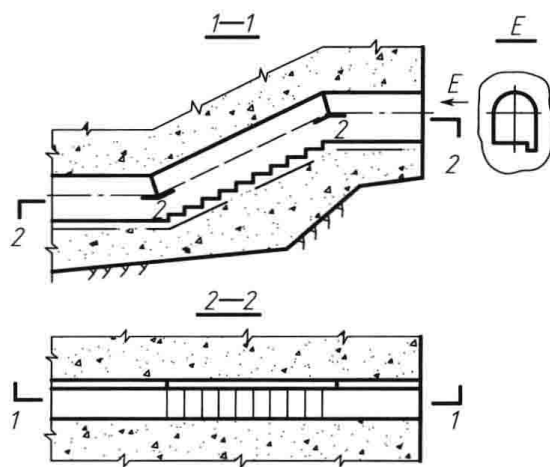


图 14.14 隧道结构图



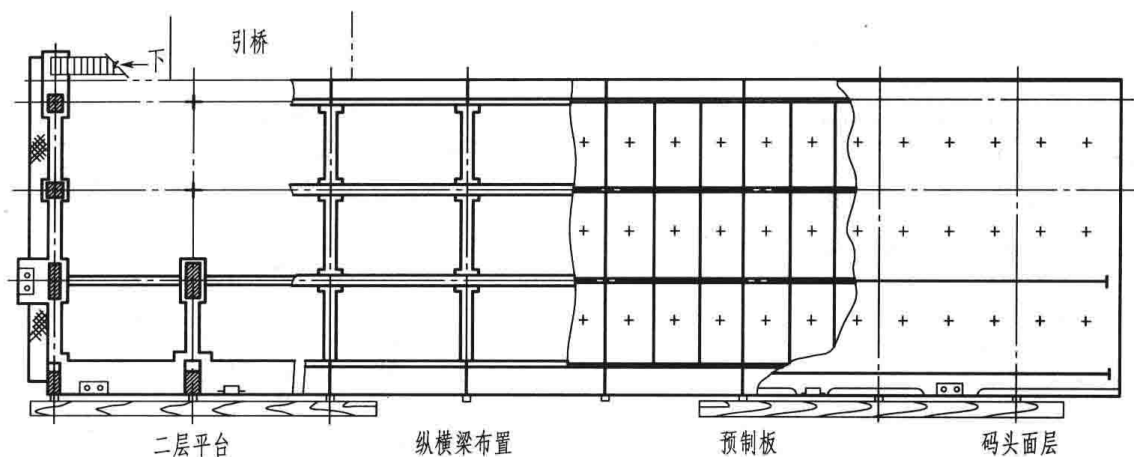


图 14.15 码头平面图

表达这部分结构,可以假想将覆盖层掀开再作投射,使得这部分结构可见,这种画法也称为掀开画法。

7. 假想画法

为了表示活动部件的运动范围,或者为了表示相邻结构的轮廓,可以采用假想画法,即用双点画线表示假想结构物的投影。如图 14.17 所示的水电站厂房剖视图中,发电机转子和水轮机的吊装位置采用了假想画法,以表示它们在安装时的可能位置。

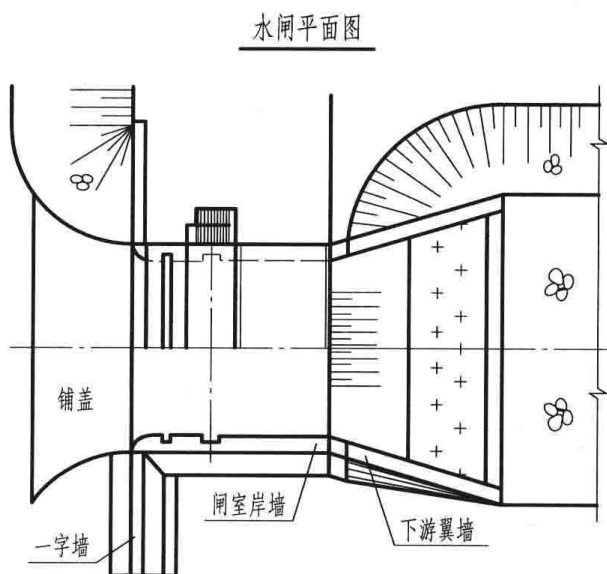


图 14.16 水闸平面图

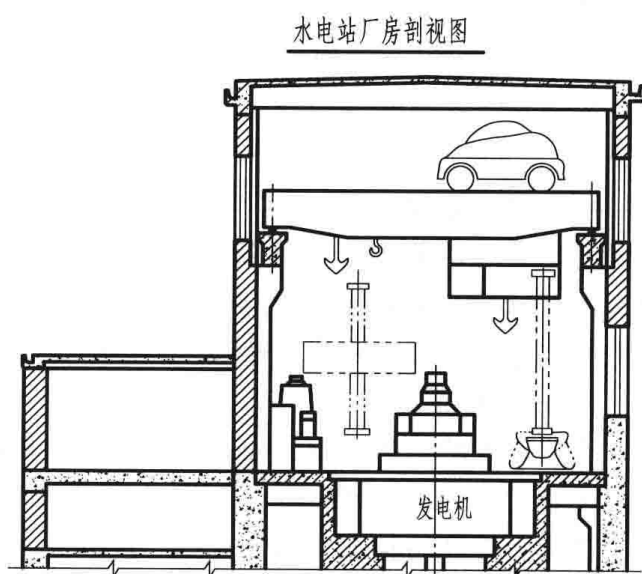


图 14.17 水电站厂房剖视图

8. 连接画法

当结构物比较长,但又必须画出全长而受图纸幅面的限制时,可以采用连接画法,即将图形分成两段绘制,并用连接符号(折断符和标注字母)表示图形的连接关系(详见第 8.4 节),如图 14.18 和图 8.29 所示。



14.2.3 规定画法和简化画法

(1) 对于构造相同且均布的孔洞,如图 14.19 所示的消力池底板上的排水孔,在表达其分布位置的视图中,可以仅画出少数孔洞,其余用符号“+”表示它们的中心位置。

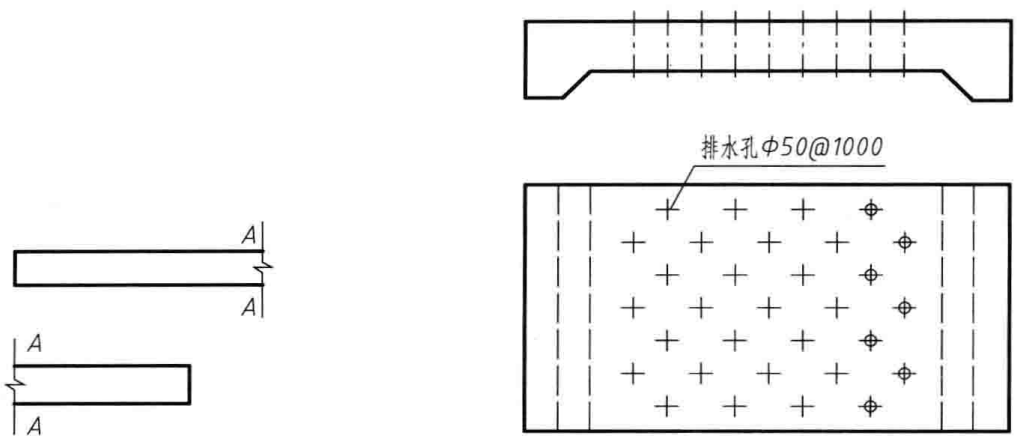


图 14.18 连接画法

图 14.19 底板排水孔布置图

(2) 当视图的比例较小,使得某些细部构造无法在图中表示清楚,或者某些附属设施(如闸门、启闭机、吊车等)另有专门的视图表达,不需在图上详细画出时,可以在图中相应位置画出图例。以表示出结构物的类型、位置和作用。常用的图例如表 14.1 所示。

表 14.1 常用图例

序号	名称	图例	备注	序号	名称	图例	备注
1	水流方向			5	栈桥式码头		
2	指北针			6	水闸		
3	水电站		圆的数量为水轮机组数	7	土石坝		
4	船闸			8	溢洪道		



续表

序号	名称	图例	备注	序号	名称	图例	备注
9	涵洞 (管)			14	平板闸门	 (a)	(a) 下游立 面图
10	堤					 (c)	(b) 平面图
11	挡土墙			15	弧形闸门	 (b)	(c) 侧面图
12	散货堆场					 (d)	(d) 上游立 面图
13	公路桥			16	桥式吊车	 (a)	(a) 侧面图
						 (c)	(b) 平面图
						 (b)	(c) 上游立 面图
						 (d)	(d) 下游立 面图
						 (d)	

注:1. 序号 1~13 的图例主要使用在绘图比例较小的平面布置图中。

2. 序号 14~16 的图例主要使用在结构图中。

(3) 建筑物中的各种缝线,如沉陷缝、伸缩缝、施工缝和材料分界线等。画图时都按可见轮廓线处理,用一条粗实线表示,如图 14.20 所示。

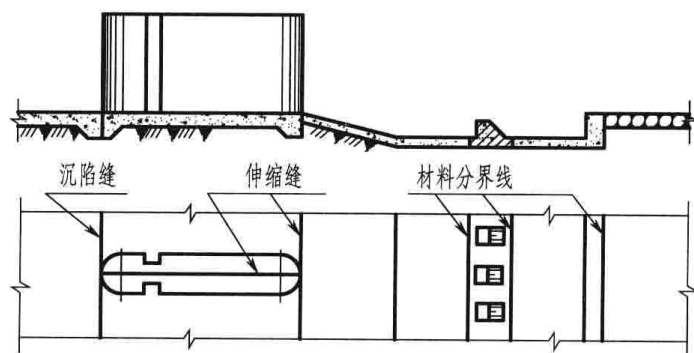


图 14.20 缝线的画法

(4) 当图样中的视图较复杂时,实线、虚线和点画线的线宽可分为粗、中粗、细三个等级,如图 14.21 所示,并要求在同一张图纸上,同一等级的图线,其线宽应一致。按建筑物中结构的重要性用不同粗细的图线表达,将建筑物的主要结构线,如主体外轮廓线、剖视图的断面轮廓线等,用粗实线画出;将次要结构线,如廊道断面轮廓、闸门、工作桥板、楼梯板断面等,用中粗线画出;将辅助设施结构线,如桥栏杆等,用细线画出。使得图样层次清楚,重点突出,主次分明。

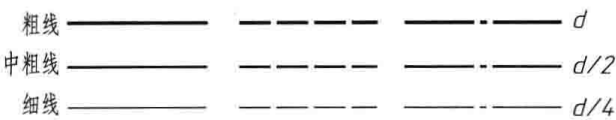


图 14.21 图线线宽

(5) 为了增强图样的直观性,以便于识别图样表达的形体,水工图中的曲面应用细实线画出若干素线,斜坡面应画出示坡线,其画法如图 14.22 所示。

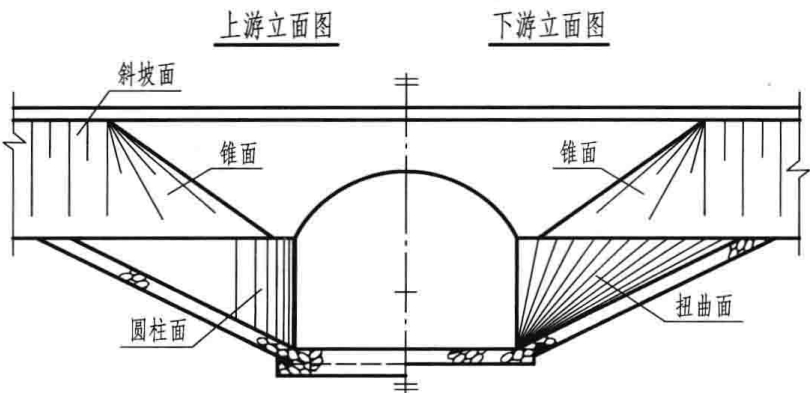


图 14.22 曲面表示

14.3 水工图的尺寸标注

水工图的尺寸标注,除了应符合第 1、6 章所述的相关规定和要求外,还应充分考虑水工建筑物的本身形体构造特征的需要;考虑实际设计、施工过程中对尺寸度量、定位方法和测量精度的要求。

14.3.1 基准面和基准点

水工建筑物是建造在地面上的,通常是根据测量坐标系所建立的施工坐标系来确定各个建筑物在地面上的位置。施工坐标系一般是由三个互相垂直的平面构成的一个三维空间坐标体系。

第一个坐标面是水准零点的水平面,称为高程基准面,它由国家测量标准规定为黄海零点,图上不需说明。若沿用历史上各地区水准零点,如吴淞零点、废黄河零点、塘沽零点、珠江零点、青海零点等时,图样中应说明所采用的水准零点名称。

第二个坐标面是垂直于水平面的平面,称为设计基准面。大坝一般以通过坝轴线的铅垂面为设计基准面,水闸和船闸一般以通过闸中心线的铅垂面为设计基准面,码头工程一般以通过码头前沿的铅垂面为设计基准面。



第三个坐标面是垂直于设计基准面的铅垂面。

三个坐标面的交线是三条相互垂直的直线,构成单个建筑物的定位坐标系。在图样中通常只需用两个基准点确定设计基准面的位置,其余两个基准面即隐含在其中。图 14. 23 所示为水库大坝及水电站的平面布置图,其基准点 $M(X=253252.480,Y=68085.950)$ 、 $N(X=253328.060,Y=68126.700)$ 即确定了坝轴线和设计基准面的位置。 X 、 Y 坐标值由测量坐标系测定,一般以米为单位。有时也用施工坐标标识基准点,施工坐标系是为方便施工测量,经测量坐标换算后的工程区域坐标系,坐标值用 A 、 B 标识,见表 14. 2 中点的标注。

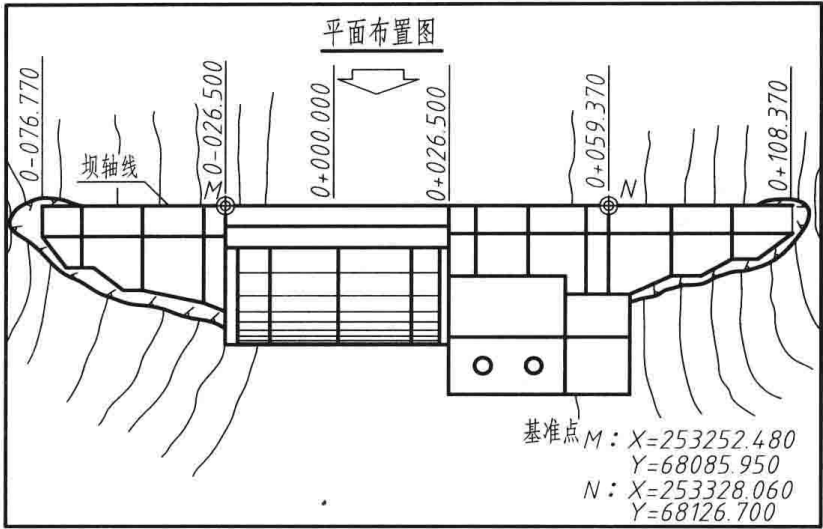


图 14. 23 水电站平面布置图

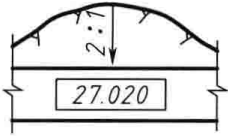
14. 3. 2 点、线、面的尺寸标注

工程图样中不仅需要标注形体的尺寸,而且还需要对点、线、面进行尺寸标注,如在平面布置图中对基准点、斜桩、开挖坡面的尺寸标注等,其标注方法见表 14. 2。

表 14. 2 常见点线面的尺寸标注

几何元素	举 例	图示及尺寸标注	说 明
点	基准点		X 、 Y 值为测量坐标值,单位为米
			A 、 B 值为施工坐标值,单位为米
			高程基准点: 基 1——基准点编号 20. 400——基准点高程



几何元素	举 例	图示及尺寸标注	说 明
直线	斜桩		表示斜桩的方位及坡度,桩顶点定位尺寸另注
平面	开挖坡面		斜面用一条轮廓线及坡度线确定

14.3.3 长度尺寸的标注

对于坝、隧洞、渠道等较长的水工建筑物,沿轴线的长度尺寸一般采用“桩号”的注法,标注形式为 $km+m$, km 为公里数, m 为米数,如图 14.23 所示。起点桩号注写为 $0+000.000$,起点桩号之后, km 、 m 为正值,起点桩号之前, km 、 m 为负值。桩号数字一般沿垂直于轴线方向注写,且标注在同一侧。

当同一图中几种建筑物采用“桩号”标注时,可在桩号数字之前加注文字以示区别,如坝 $0+021.000$,洞 $0+018.300$ 等。

14.3.4 高度尺寸的标注

水工建筑物的高度尺寸与水位、地面高程密切相关,且由于尺寸较大,多采用水准仪测量,因此常以高程来标注其主要高度尺寸,如图 14.24 所示。高程符号的画法见第 1 章所述。

14.3.5 规则变化图形的尺寸标注

为使水流平顺或结构受力状态合理,水工结构物常做成规则变化的形体。对这种形体的尺寸一般采用特殊的标注方法,使得图示简练,表达清晰,便于施工放样。常用的有下面几种:

1. 列表法

图 14.25 为一梯形坝的典型坝段的尺寸注法,该坝段不同高程的水平断面尺寸呈规则变化。这里采用了一个坝型图和水平断面图表示坝段的形状,坝型图表达坝断面形状和沿高度方向的控制高程;断面图 A—A 表达大坝水平向的尺寸,其中呈规则变化的尺寸用字母 T 、 a 、 c 、 B_1 、 B_2 、 B_3 表示,用列表法列出不同高程时的水平尺寸值。

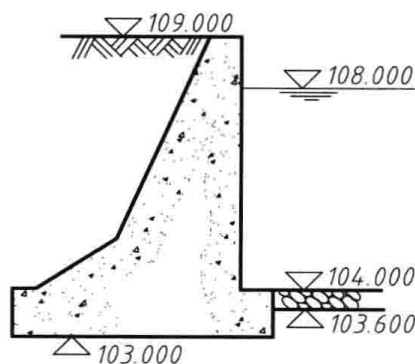
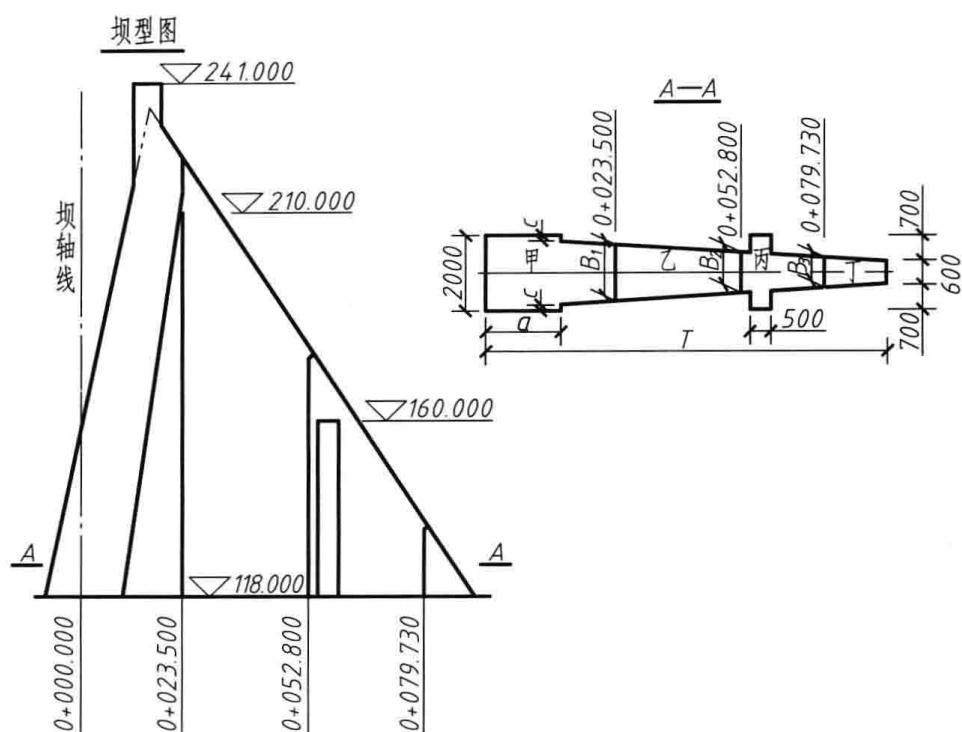


图 14.24 高程标注法





A—A 断面尺寸表

单位: cm

高程/m	T	a	c	B_1	B_2	B_3
200	3520	1148	326	1221		
190	4400	1228	311	1250		
180	5280	1308	296	1278	682	
170	6160	1388	281	1305	790	
160	7040	1468	266	1331	875	
150	7920	1548	251	1357	944	
140	8800	1628	236	1383	1004	656
130	9680	1708	221	1409	1056	733
120	10560	1788	206	1435	1105	801
118	10736	1804	203	1440	1114	814

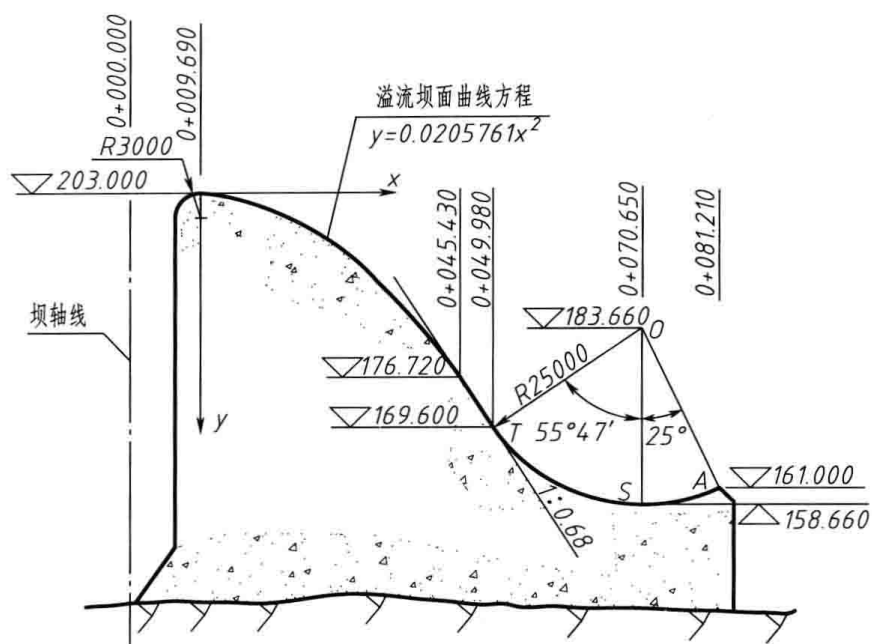
图 14.25 列表法标注尺寸

2. 数学表达式与列表结合标注曲线尺寸

水工建筑物的过水表面常做成柱面,柱面的横断面轮廓一般呈曲线形,如溢流坝的坝面、隧洞的进口表面等。标注这类曲线的尺寸时,一般采用数学表达式定义曲线形状,用表格列出曲线上控制点的尺寸,以便于施工放样,如图 14.26 所示。

3. 坐标法标注曲线尺寸

图 14.27a 为用极坐标法标注蜗壳曲线的尺寸的一个例子;图 14.27b 为按直角坐标方式标注非圆曲线尺寸的一个例子。这是两种常见的运用坐标标注曲线尺寸的方法。坐标标注法可大幅度减少图中的尺寸界线和尺寸线的引出,而使图形简洁、清晰。



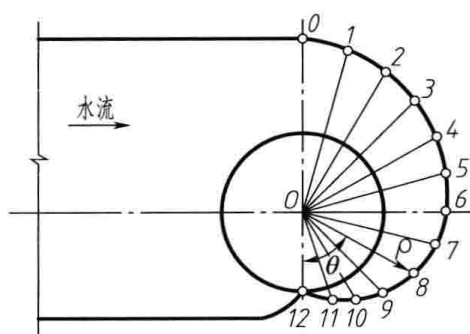
溢流坝面曲线坐标

$$(y=0.0205761x^2)$$

单位: m

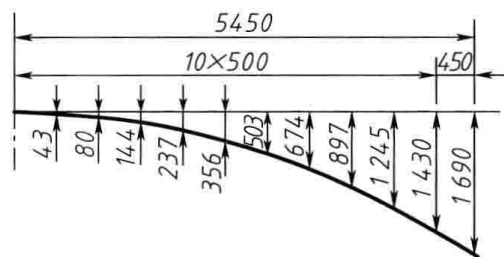
x	0.00	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
y	0.000	0.021	0.082	0.185	0.514	2.058	4.629	8.230	12.860	18.518	25.206	32.922

图 14.26 公式与列表标注尺寸



点号	0	1	2	3	...	12
极角 θ	180°	165°	150°	135°		0°
极径 ρ	18864	18400	17910	17420		8500

(a) 极坐标法



(b) 直角坐标法

图 14.27 坐标法标注尺寸



14.3.6 不同类型的水工图的尺寸标注

水工建筑物的图示,一般分为总体布置图、分部结构图、细部构造图等若干层次。因此各类型的水工图之间形成一定表述上的层次关系,其表达的范围和深度以及对尺寸的标注要求是不相同的。

1. 枢纽布置图

一般应标注出枢纽中主要基准点的测量(或施工)坐标以及高程,必要时也画出测量(或施工)坐标网格。标注出各建筑物的设计基准面、主要控制面高程,枢纽中各建筑物的相对位置以及其他主要轮廓尺寸,以确定各建筑物的平面位置。

2. 结构图

一般应标注出建筑物的总体尺寸、结构物的定形和定位尺寸、分部结构之间的位置尺寸、可以标注清晰的细部结构尺寸等。

3. 详图

一般应标注出在各细部构造之间的定位尺寸、结构图中未标注的详细尺寸。

14.3.7 水工图中线性尺寸标注特点

1. 封闭尺寸

若一建筑物在长度方向分为 x 段,则只需注出其中 $x-1$ 段的分段尺寸和总长尺寸就可以确定其大小,但是在水工图样中常将各分段尺寸都注出,形成封闭尺寸链,如图 14.27b 中的 10×500 、 450 、 5450 。这是因为水利工程图不同于机械图(机械图中不允许出现封闭尺寸链),其尺寸不直接反映建筑物的施工精度要求,施工精度按相应规范来控制,为了便于施工测量,往往要求标注封闭尺寸。

2. 重复尺寸

由于图纸幅面所限,建筑物的各视图难以按投影关系布置,或者不能画在同一张图纸上,或者采用了不同的绘制比例,致使看图时不易找到对应的投影关系时,通常需要在不同视图上重复标注同一尺寸,以便于看图和查找尺寸。按投影关系布置的视图,对应关系又容易查找的尺寸,应尽量减少和不重复标注尺寸。

3. 对称结构的尺寸标注

具有对称面的建筑形体,图中对称线两边的尺寸可以标注全长,如图 14.28a 中尺寸 12 000,

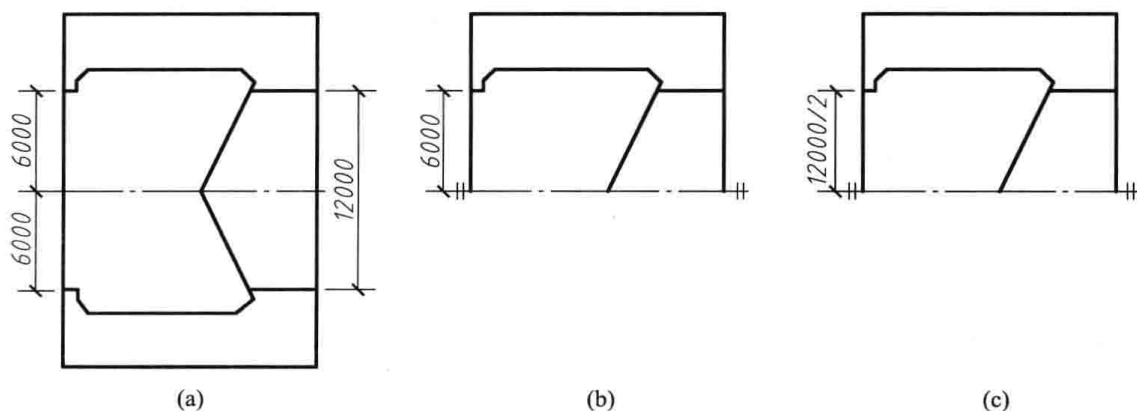


图 14.28 对称形体尺寸标注

有时也可以标注成两个半长,如图 14.28a 中尺寸 6000。按局部视图绘制一半时允许按图 14.28b、c 形式标注。

4. 尺寸标注的合理性

尺寸标注的合理性与设计、施工要求有关,如图 14.29 中的尺寸 b 、 e ,施工时不能度量放样,标注不合理,一般应按图 14.29b、c 形式标注。

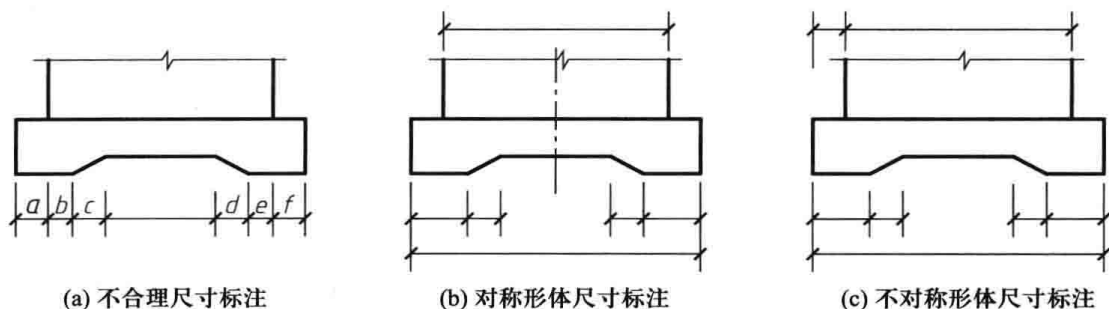


图 14.29 分形体标注尺寸

另外,开挖线和坡脚线是坡面与地形面的交线,设计图样中只需画出交线并标注坡面的坡度,不需要标注交线上控制点的尺寸,一般在施工放样时再进行作图和计算。

14.4 水工图的绘制

绘制水工图样比阅读需要更多、更宽的基础和专业知识,因此对于初学者而言,一般可以从抄绘图样和补绘视图起步,了解水工结构的特点,熟悉常见水工建筑物的表达方法,并在初步掌握水工建筑物设计原理的基础上,达到设计绘图能力的逐步提高。尽可能多地接触和阅读已有的图样,是提高工程图样表达能力和拓宽设计思路的重要途径(水工图阅读方法见第 14.5 节)。

绘制和阅读水工图样除了要遵循《技术制图》的有关规定外,还应注意 SL 73—2013《水利水电工程制图标准》和 JTJ 206—96《港口工程制图标准》中的行业特色要求和最新修订信息,这些标准会反映出水工图的行业特点和差异。

绘制水工图的一般步骤和方法如下:

- (1) 了解工程建筑物的概况,设计的主要参数,结构的特点。
- (2) 根据建筑物的结构特点,确定视图表达方案。

尽管水工建筑物类型众多,形式各异,其主体结构的图示方法有一定的规律和习惯:常见的过水建筑物(水闸、涵洞、船闸等),一般以纵剖视图、平面图、上下游立面图表达;大坝、水电站、码头等建筑物,一般以平面布置图、上下游(正)立面图、典型断面图表达。分部结构和结构细部主要以剖视图或断面图表达,其剖切方法和视图数量视结构情况和复杂程度而定。

对于抄绘图样练习,应先读懂图样,了解该建筑物的结构构成、表达特点、视图配置方法,设想、比较不同表达方法的优劣。

- (3) 选择适当的绘图比例布置图面。

(4) 绘制各视图底稿,先画主体结构定位线,再画结构线,一般可以先不考虑线型,都以细实线表示。



(5) 检查,修改后按图线的线型、粗细要求加深,画出剖视图中的材料符和其他图例、符号。

(6) 标注尺寸,注写文字标题栏等。

例 14.1 绘制图 14.30a 所示水闸结构图。

(1) 水闸的功能及组成

水闸是在防洪、排涝、灌溉等方面应用很广的一种水工建筑物。通过闸门的启闭,可使水闸具有泄水和挡水的双重作用,以调节流量,控制上、下游的水位。

水闸由三部分组成:

1) 上游连接段:用以引导水流平顺地进入闸室,并保护上游河床及河岸不受冲刷。一般包括上游防冲槽(或齿坎)、铺盖、上游翼墙及两岸护坡等。

2) 闸室:用以控制闸门启闭、连接两岸交通。它包括闸门、闸墩(中墩及边墩)、闸底板以及在闸墩上设置的交通桥、工作桥和闸门启闭设备等。

3) 下游连接段:用以均匀地扩散水流,消除水流的能量,防止冲刷下游河岸及河床。它包括消力池、海漫、下游防冲槽、下游翼墙及两岸护坡等。

(2) 水闸工程概况

图 14.30a 是水闸的立体图(尺寸未标注),这是一座修建于丘陵地区河道上的三孔水闸(闸室有三个过水孔),地基为土基。

闸室(详见图 14.3 闸室轴测图)由三孔组成,两个中墩和两个边墩(也称为岸墙),中墩上游端为半圆形、下游端为流线形,墩上有闸门槽和检修门槽。闸门为平板门,门的上方设有胸墙。在闸墩上面有交通桥,桥面高程 48.7 m,直通两岸。工作桥设在交通桥下游侧,桥墩安置在闸墩和岸墙上,桥面高程 50.7 m,两端楼梯通向两岸道路。闸室底板为钢筋混凝土,前后设有齿坎,防止闸室滑移。

上游连接段底部为浆砌块石护面,上游侧设有防渗齿坎(浆砌块石埂)。两岸坡度 1:2,浆砌块石护坡。连接闸室岸墙的是 1/4 圆弧翼墙,为浆砌块石的重力式结构,翼墙外侧各有两段高度低一些的重力式挡土墙。翼墙与闸室岸墙之间设有垂直止水。

下游连接段紧接闸室的下游侧,连接着一段 1:5 的陡坡和消力池,其两侧为混凝土挡土墙,消力池材料为混凝土,底板上布置有 $\phi 100$ 的排水孔,底板下铺设反滤层,以防止地基土壤颗粒随渗透水流失。下游翼墙做成扭面形式,使过水断面由矩形断面逐步变化到边坡为 1:2 的梯形断面,从而达到扩散水流的作用。海漫设浆砌块石与干砌块石两段,海漫末端设防冲齿坎。

(3) 水闸结构表达方法

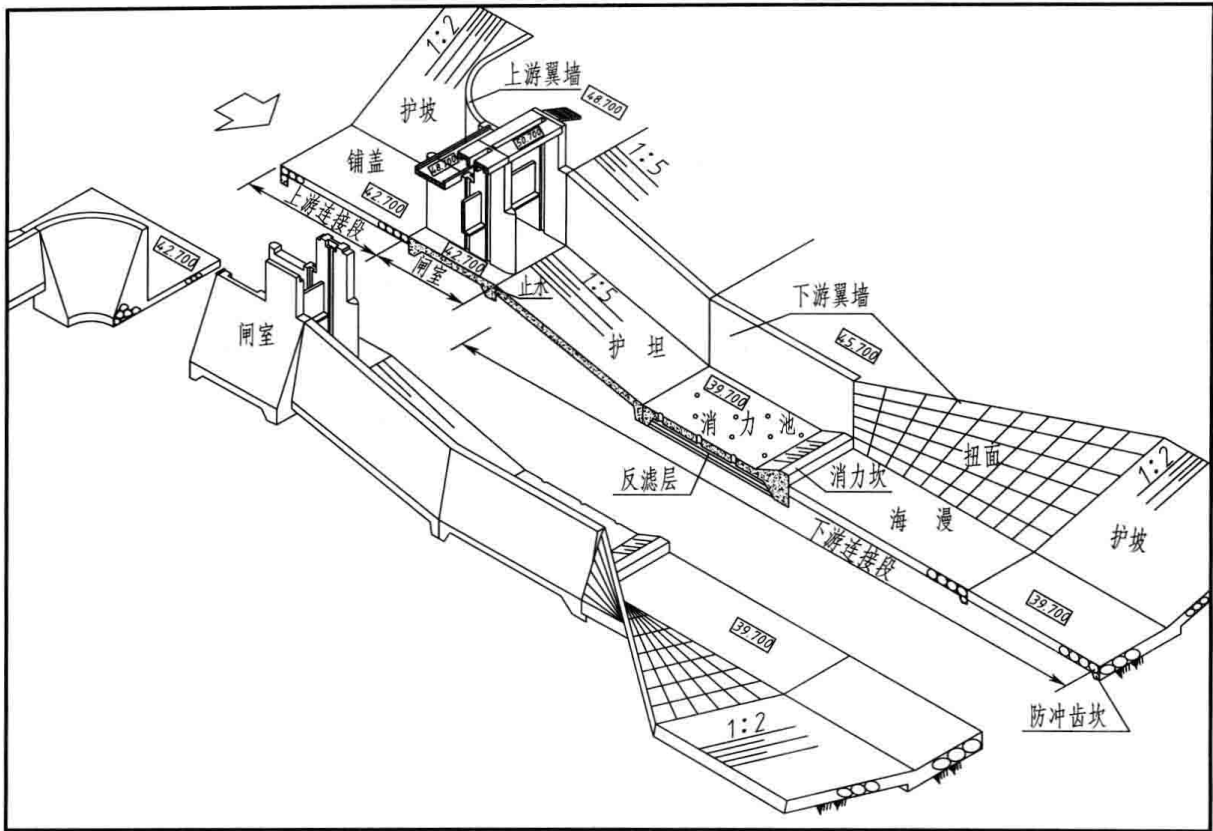
水闸主体的习惯画法是用三个基本视图(纵剖视图、平面图、上下游立面图)和若干剖视图、断面图表达。闸室结构较复杂,又是水闸的重要结构,一般单独用闸室结构图表达。

纵剖视图是沿水闸纵向轴线的铅垂面剖切得到的,它表达水闸高度与长度方向的结构形状、大小、材料、相互位置,以及建筑物与地面的连接等。

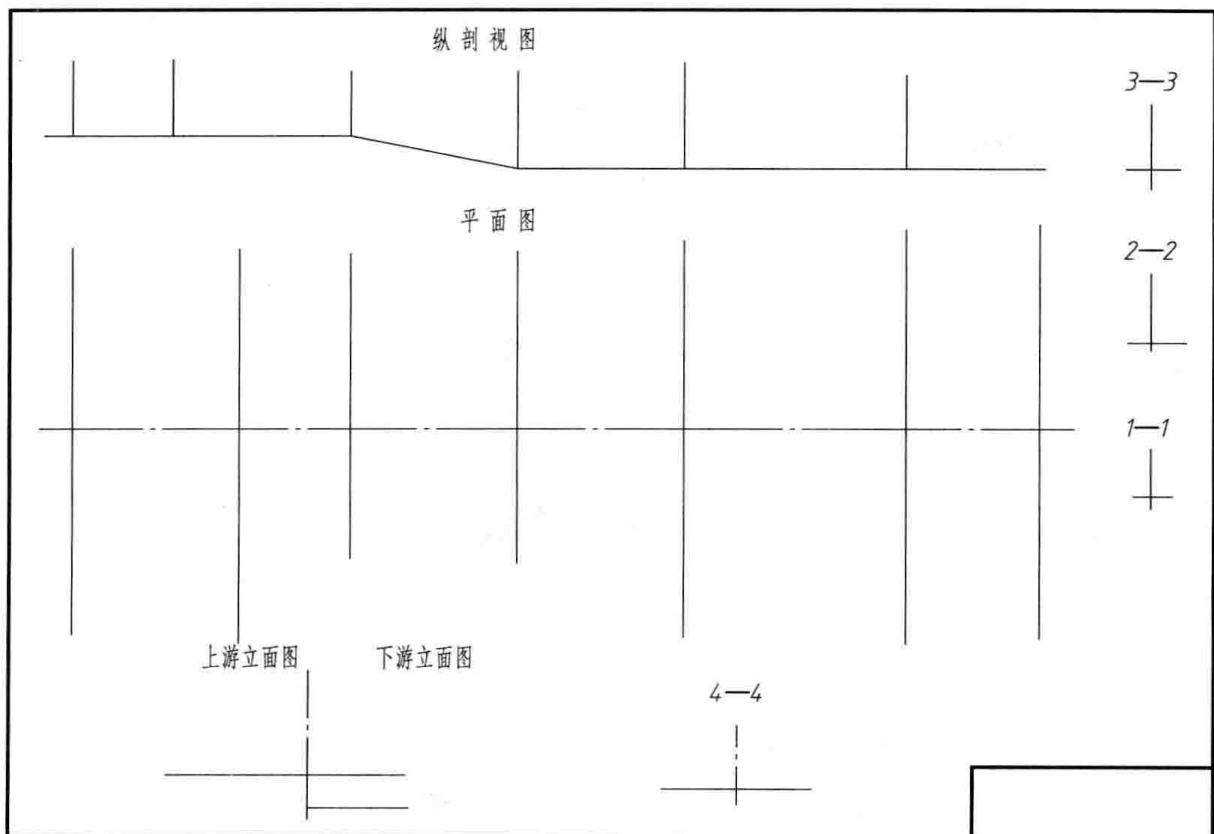
平面图主要表达水闸各组成部分的平面布置、形状和大小。水闸结构对称,图中可采用半掀开画法,把覆盖土层掀去,表达外形结构的平面布置。闸室采用半拆卸画法,拆去交通桥、工作桥面板,表达闸墩平面形状和布置。

上、下游立面图主要表达梯形河道断面及水闸上游端和下游端的结构布置和外形。由于视图对称,可采用各画一半的合成剖视图表达。



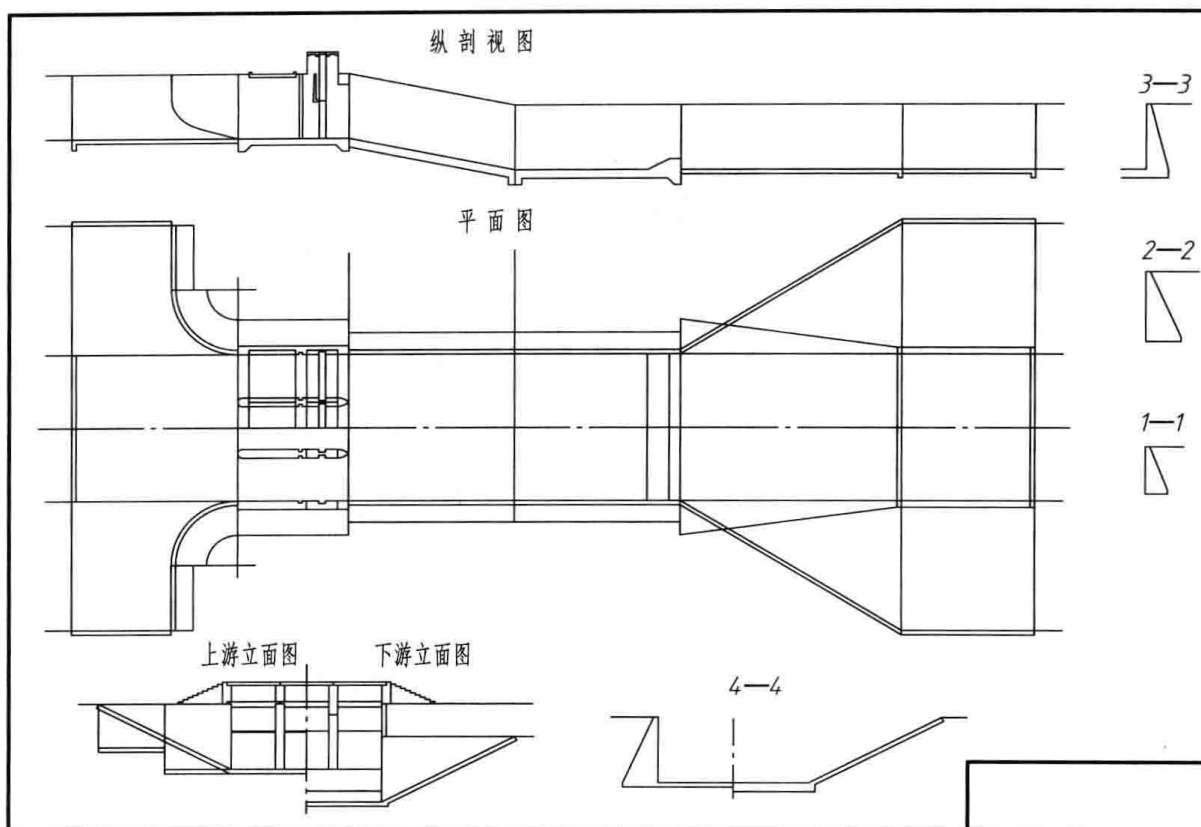


(a) 水闸结构立体图

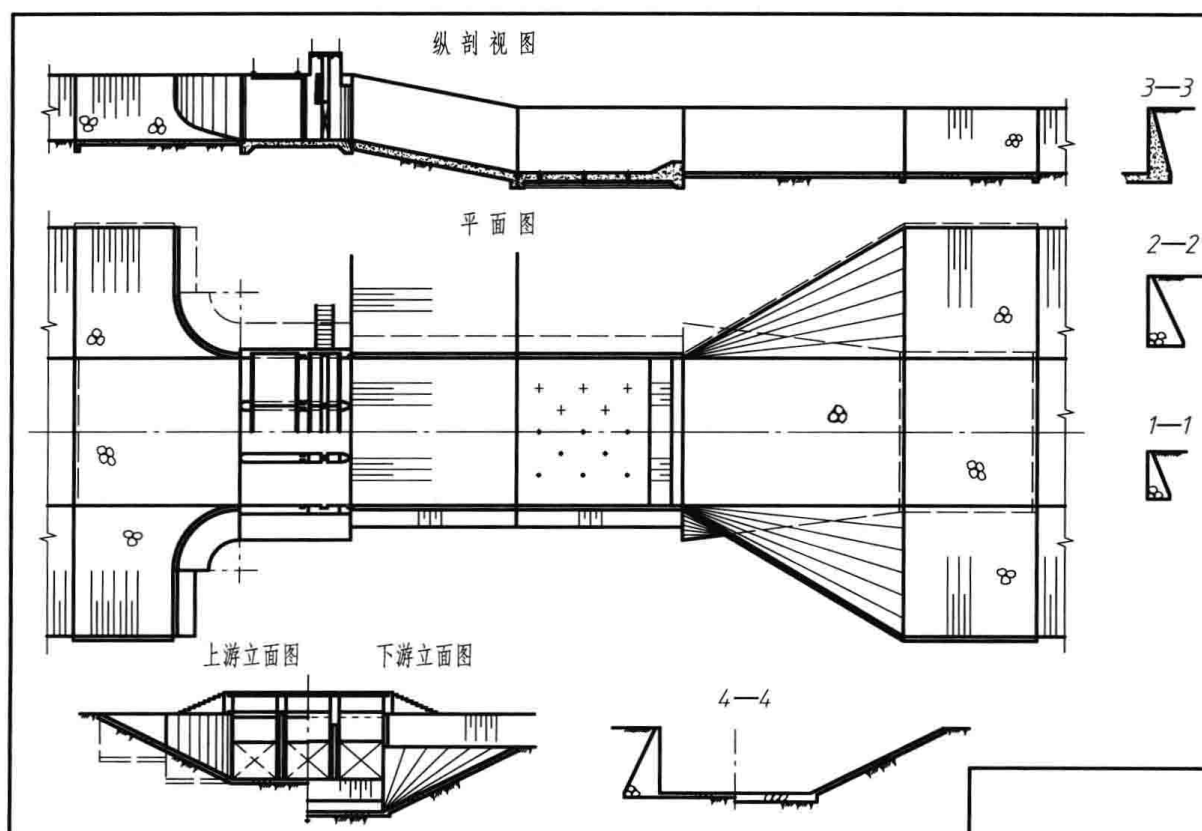


(b) 布置图面



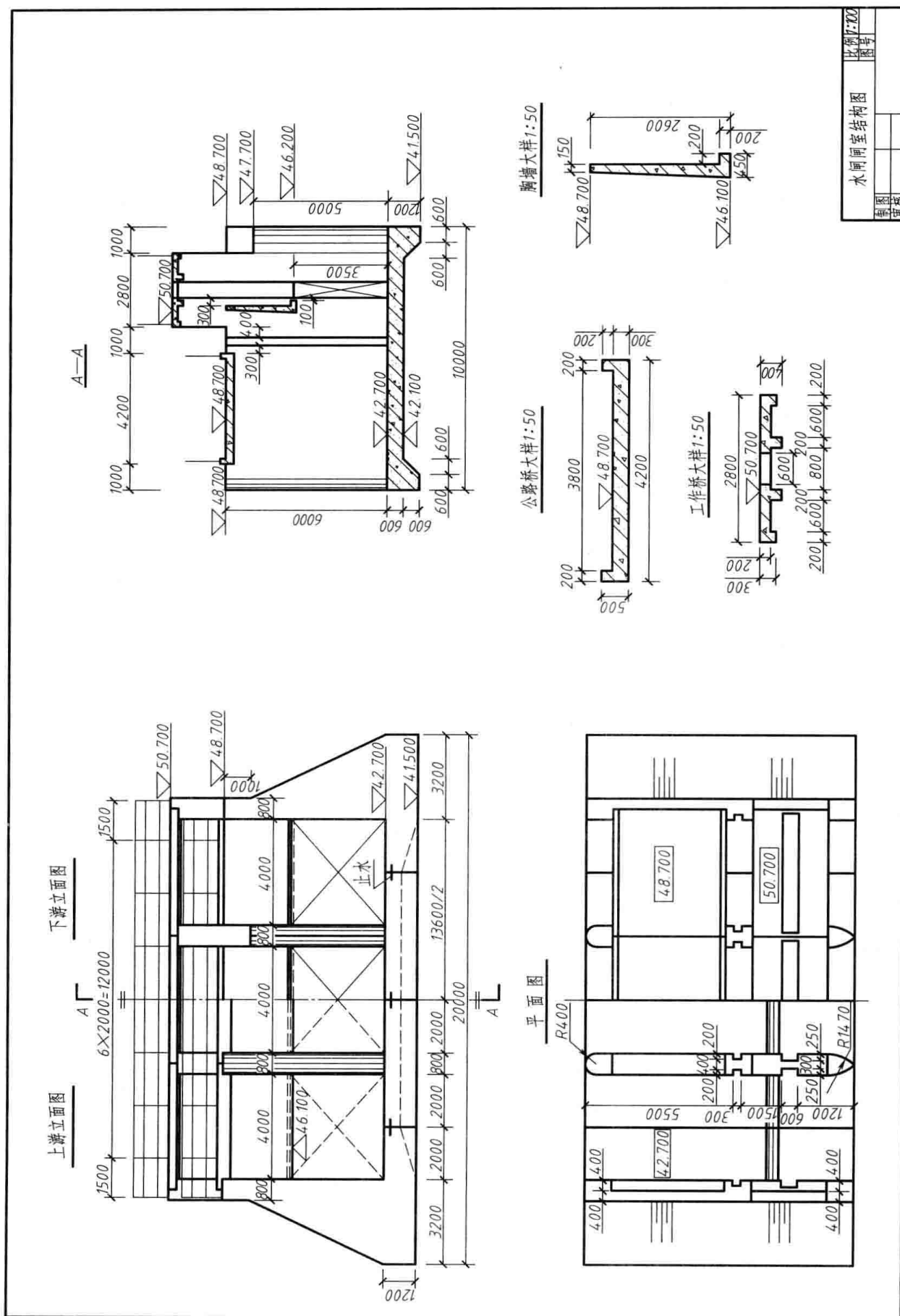


(c) 打底稿



(d) 整理加深





分部结构的形状和大小可在上游挡土墙、上游翼墙、下游消力池翼墙、扭面翼墙处分别作断面图(并依次记为1—1、2—2、3—3、4—4),表达断面形状与尺寸大小。扭面翼墙的两端断面不同,应分别作出断面图,可作一阶梯剖视图,在一个视图中表达。

作图过程如图14.30b~e所示。

闸室通常还是以闸室纵剖视图、平面图、上下游立面图表达闸室的整体布置以及闸底板、闸墩、工作桥、交通桥等构件的位置、形状、尺寸、材料等内容。这时可以看成是一个闸室部件,采用各种表达方式。细部构造表达不清楚时,可绘制局部放大图或构件放大图,以便表达细部形状和尺寸,如图14.31所示。本例考虑了图面布置的合理性,把上下游立面图布置在正视图位置。

14.5 水工图的阅读

熟练地阅读工程图样是学习工程设计、画好工程图样的基础,是从事工程设计、施工、管理工作的基础。通过阅读工程图样,可以学习水工建筑物的常用图示方法;熟悉水工建筑物的结构形式和组成;了解水工建筑物的地理位置,工作、施工环境,材料构成,设施布置等内容。

14.5.1 阅读水工图的要求

(1) 通过看枢纽布置图了解:枢纽的地理位置及周边的地形和河流状况,各建筑物的位置和主要尺寸,建筑物之间的相互关系。

(2) 通过看结构图了解:各建筑物的名称、功能、工作条件、结构特点,建筑物各组成部分的结构形状、大小、作用、材料和相互位置,附属设备的位置和作用等。

(3) 进行归纳总结,以便对水利枢纽(或水工建筑物)有一个完整的、全面的了解。

14.5.2 阅读水工图的方法和步骤

由于水工图内容广泛,大到水利枢纽的平面布置,小到结构细部的构造都需要表达;视图数量多且视图之间常不能按投影关系布置;图样所采用的比例多样且变化幅度大(如从1:500到1:5);专业性强且涉及《水利水电工程制图标准》或《港口工程制图标准》的内容多等方面特点,阅读水工图一般宜采用以下的方法和步骤。

1. 概括了解

看有关专业介绍、设计说明书。按图纸目录,依次或有选择地对图纸进行粗略阅读。分析水工建筑物总体和分部采用了哪些表达方法;找出有关视图和剖视图之间的投影关系;明确各视图所表达的内容。

2. 深入阅读

概括了解之后,还需要进一步仔细阅读,其顺序一般是由总体到分部、由主要结构到其他结构、由大轮廓到小局部,逐步深入。读水工图时,除了要运用形体分析法和线面分析法外,还需知道建筑物的功能和结构常识,运用对照的方法,如平面图、剖视图、立面图对照阅读,整体和细部对照阅读,图形、尺寸、文字对照阅读等等。

3. 归纳总结

最后通过归纳总结,对枢纽(或建筑物)的组成、大小、形状、位置、功能、结构特点、材料构成



等有一个完整和清晰的了解。

14.5.3 读图举例

例 14.2 阅读图 14.32、图 14.33 所示的水电站枢纽布置图(见书末的插页)。

第一步:概括了解

(1) 枢纽的功能及组成

枢纽主体工程由拦河坝和引水发电系统两部分组成。拦河坝包括非溢流坝段和溢流坝段,用于拦截上游来水、蓄水和抬高上游水位。溢流坝在高程 91 m 以上设弧形闸门,用于上游发生洪水时开启闸门泄流。引水发电系统是利用上下游的水位差和流量,通过水轮发电机组进行发电的专用工程,它由进水口段、引水管、蜗壳、尾水管及水电站厂房等组成。

(2) 视图表达

本工程的主体结构由枢纽平面布置图、下游立面图、剖视图(A—A、B—B、D—D)以及断面图(C—C、E—E)表达其总体的布置。图中较多采用示意、简化、省略的表示方法,其中:

枢纽平面布置图表达了地形、地貌、河流、指北针、坝轴线位置及建筑物的平面布置。

下游立面图表达了河谷断面、溢流坝段、非溢流坝段和电站厂房的立面布置、连接关系和主要高程。

剖视图和断面图分别表达了溢流坝、非溢流坝、电站厂房三个典型坝段的断面形状和结构布置;引水发电系统和电站厂房的结构布置。

第二步:深入阅读

(1) 非溢流坝段

从枢纽平面布置图和下游立面图看出,编号为 1、2、3、4、7、8、9、10、11、12、13 的坝段为非溢流坝,各坝段之间设伸缩缝,从 C—C 断面图可以看出坝体的断面形状、尺寸大小和结构布置。

从 C—C 断面图看出,坝内设一条检查廊道,一条灌浆廊道,在距上游坝面 2 m 处沿纵向设一排多孔混凝土排水管,用于坝身排水;渗透水集中于灌浆廊道,然后抽到下游河道中;坝段分缝处设有止水铜片。

图 14.34 是其结构布置的立体图。

(2) 溢流坝段

溢流坝设在编号为 4、5、6、7 的四个坝段上。其中 4、7 两段设计成部分溢流的型式,5、6 两段全溢流型式,坝段分缝设在闸孔的中间处。

从 A—A 剖视图可以看出,坝的过水表面做成柱面,柱面的导线由抛物线和三段圆弧连接而成。坝段分缝中止水铜片沿上游面及溢流面弯曲布置。溢流坝上部设有闸墩、闸门、工作桥、牛腿、导水墙及检修门槽等。从中墩断面图和边墩断面图可知,闸墩两端的头部为柱面。闸门、工

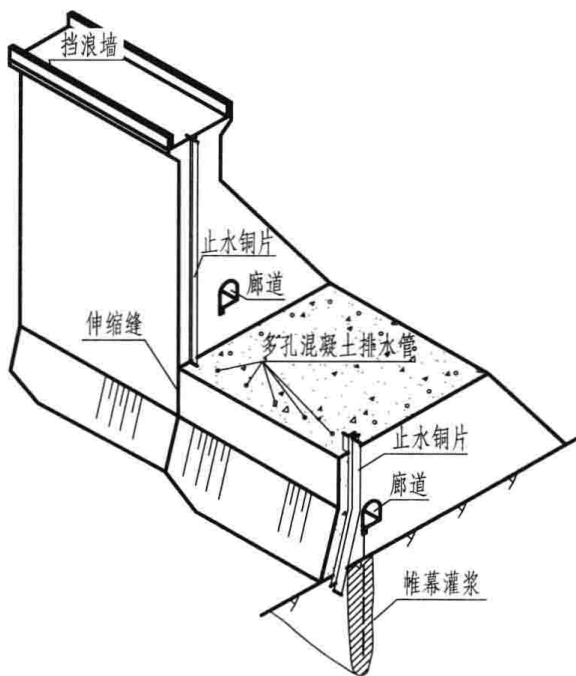


图 14.34 非溢流坝段结构布置



作桥、启闭机等为坝的附属设备,一般由专门图样表达,所以图中采用了图例和省略画法。闸门的极限运动位置采用了假想画法。

坝内两个廊道的高程分别为 83 m 和 67 m,与非溢流坝段的高程不同,中间有斜坡相连,其详细情况需阅读廊道结构图(另图表达)。图 14.35 是溢流坝段结构布置的立体图。

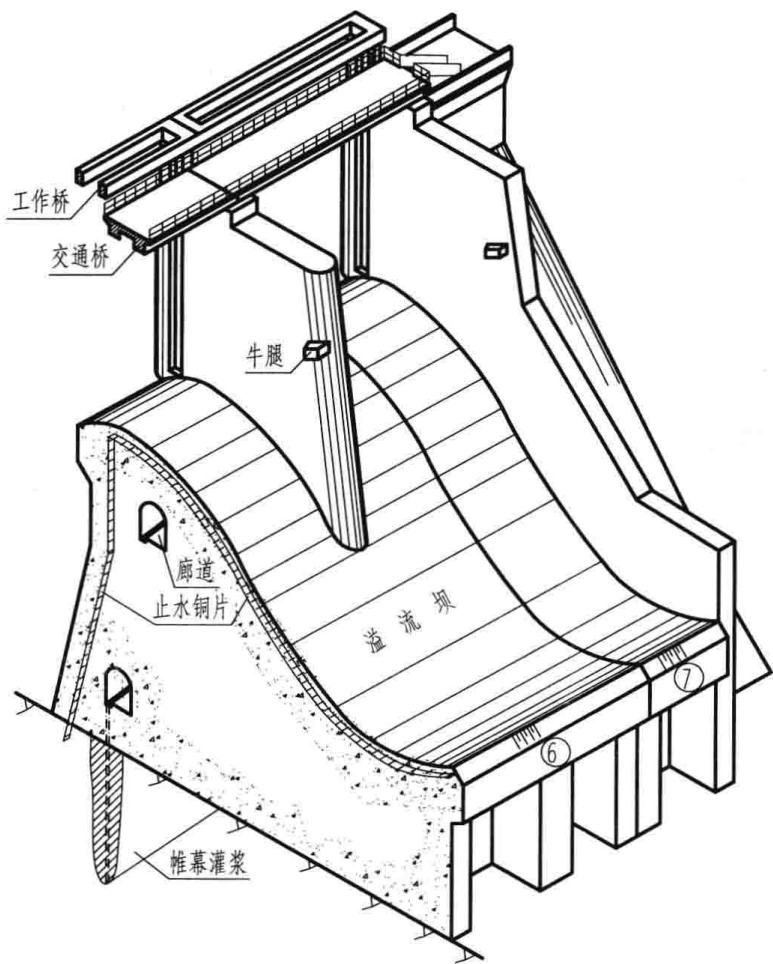


图 14.35 溢流坝段结构布置

(3) 厂房坝段和引水发电系统

从枢纽平面布置图可知,引水发电系统布置在编号为 8、9 的坝段。 $B-B$ 是阶梯剖视,剖切平面通过引水管中心线及水轮机、尾水管中心线; $D-D$ 是复合剖视,剖切面由平面和柱面组合而成,它通过引水管和蜗壳的中心线。这两个剖视图表达了引水发电系统的结构布置,同时 $B-B$ 剖视图还表达了该坝段的断面形状和厂房横剖面布置。在引水系统中,水流经拦污栅进入进水口、引水管、蜗壳、导叶腔推动水轮发电机组运转。

进水口前设拦污栅,以防杂物流入管道。进水口做成柱面并设置检修门槽和工作门槽。断面为长方形的进水口和断面为圆形的引水钢管之间由渐变段连接。渐变段处设一通气孔直通坝顶,当管道内出现局部真空时,可通过通气管进行补气。 $\phi 4600\text{ mm}$ 的引水钢管埋设在坝内,与蜗壳进口端连接。

图 14.36 为厂房坝段和引水发电系统结构布置的立体图。



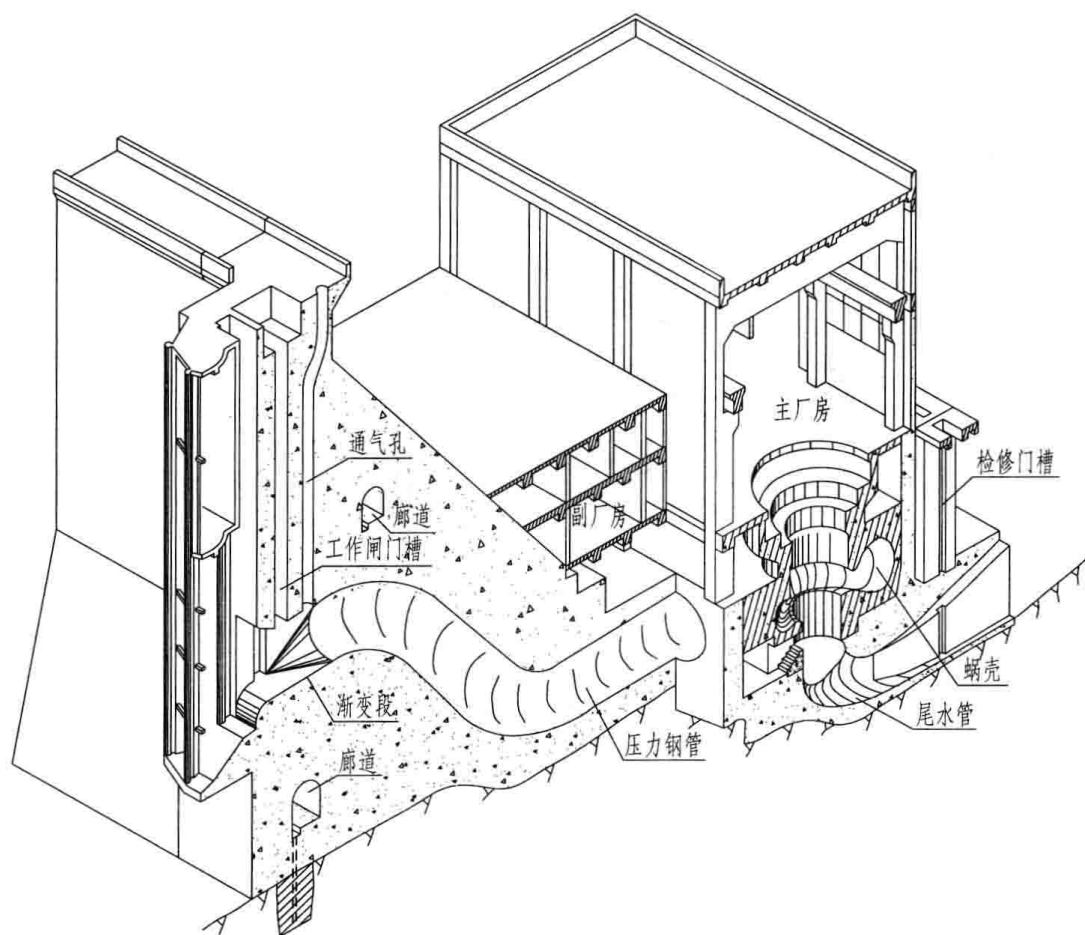


图 14.36 厂房坝段和引水系统结构布置

第三步:归纳总结

最后根据枢纽平面布置图所表达的建筑物的相互关系构想出整个枢纽的立体形象;根据 $B-B$ 和 $D-D$ 剖视图理清整个引水系统的结构形状和相互关系。

例 14.3 阅读图 14.37 ~ 图 14.40 (见书末的插页)、图 8.39 所示的枢纽布置图和船闸结构图。

第一步:总体了解

(1) 枢纽的功能及组成

枢纽主体工程由船闸、泄水闸和引水发电系统三部分组成,是航运、泄洪、发电相结合的综合性枢纽工程。泄水闸在枯水期用于抬高上游水位,以满足航运水深要求,洪水期用于渲泄洪水;水电站利用上下游的水位差和流量发电;船闸用于船舶的通航。水闸和水电站的组成和工作原理前面已有叙述,船闸的组成和工作原理简述如下:

船闸是一种常见的通航建筑物,它的作用是帮助船舶克服水位差的障碍,将船舶安全浮送过挡水建筑物。船闸由闸首、闸室、引航道三部分组成,图 14.41 表达了船舶从上游经过船闸进入下游的过程。若船舶从下游到上游,则是图 14.41 的逆过程。

1) 闸室是供船舶过闸时停留的地方,由闸墙和闸底板组成。

2) 闸首是将闸室和上、下游航道分隔的挡水建筑物,主要由边墩、底板、闸门和输水系统组



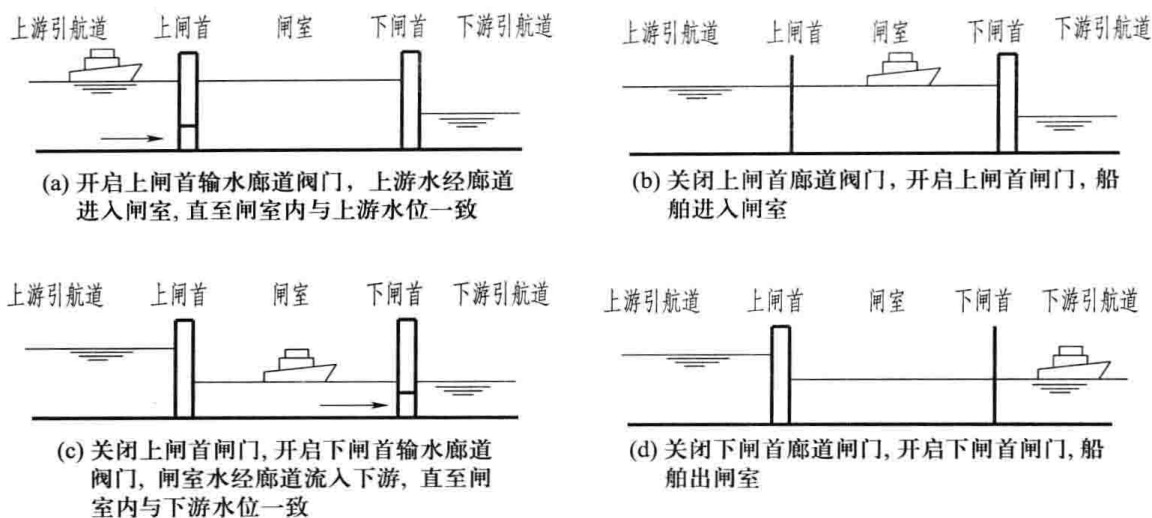


图 14.41 船闸工作原理图

成。连接上游引航道和闸室的闸首为上闸首, 连接下游引航道和闸室的闸首为下闸首。

3) 引航道是供船舶安全进出船闸和过闸停泊之用, 由导航墙、导航墩、挡土墙、护坡等组成。

(2) 视图表达

本工程的主题建筑物有船闸、泄水闸和水电站, 其中泄水闸和水电站的结构形式和表达方法已在前面例子讲述, 本例重点表达船闸的结构。船闸是比较复杂的水工建筑物, 本例仅给出了主要的几张结构图样, 有枢纽布置图、船闸结构布置图、上闸首结构图、下闸首结构图和上游引航道结构图等。其中:

枢纽布置图(图 14.37)表达了地形、地貌、河流、建筑物的平面位置和方位, 船闸、泄水闸和水电站三个主题建筑物的外形尺寸、重要高程及建筑物之间的关系。

船闸结构布置图(图 14.38)主要表达船闸各组成部分的总体布置、结构形状、大小和工作性能等。平面图和纵剖视图表达了船闸的闸室、上、下闸首、上下游引航道的连接关系, 长、宽、高三个方向的总体布置, 结构形状和大小。由于上、下闸首均以过纵轴线的铅直面为对称面, 平面图采用了较常见的半剖视画法, 以对称线为界, 一半画视图, 另一半画剖视图, 上、下闸首半剖的剖切平面都处在输水廊道高度, 着重表达输水廊道的结构形状, 由于剖切平面的位置较明显, 一般不标注; 闸室部分用掀开画法, 掀去闸墙后方的路面板和填土, 表达了闸墙被覆盖部分的结构形状。纵剖视图是沿船闸轴线铅直剖切的剖视图, 主要表达船闸高度方向的结构形状和布置, 水位、建筑物高程、长度尺寸和系船构件的布置。A—A 断面图表达了闸室墙、底板断面的形状和大小、B—B 断面图表达了闸室在安装浮式系船环和系船柱位置处的断面形状和大小。

上闸首结构图(图 14.39)主要表达上闸首的结构布置、形状、大小。闸首结构的特点是内部空腔较复杂, 因此三个视图均采用了剖视图表达。A—A 是阶梯剖视图, 左边表达闸墙内空箱和门槛、门库的平面布置; 右边表达水平输水廊道、分水墙的平面布置。B—B 也是阶梯剖视图, 左边表达阀门槽和空箱的高度方向布置、水平输水廊道断面形状; 右边表达输水廊道入口和垂直输水廊道的布置, 安装闸门启闭设备的空箱高度方向布置。C—C 是全剖视图, 剖切位置沿着水平输水廊道中间, 表达闸首底板的断面形状和大小, 水平输水廊道的纵向布置、消能梁和廊道出口



的形状、位置和大小;闸墙内空箱的纵向布置位置、高度和大小(空箱通常也用专门剖视图表达,参见图 8.39 所示的下闸首视图)。

图 14.42 为上闸首结构轴测图。

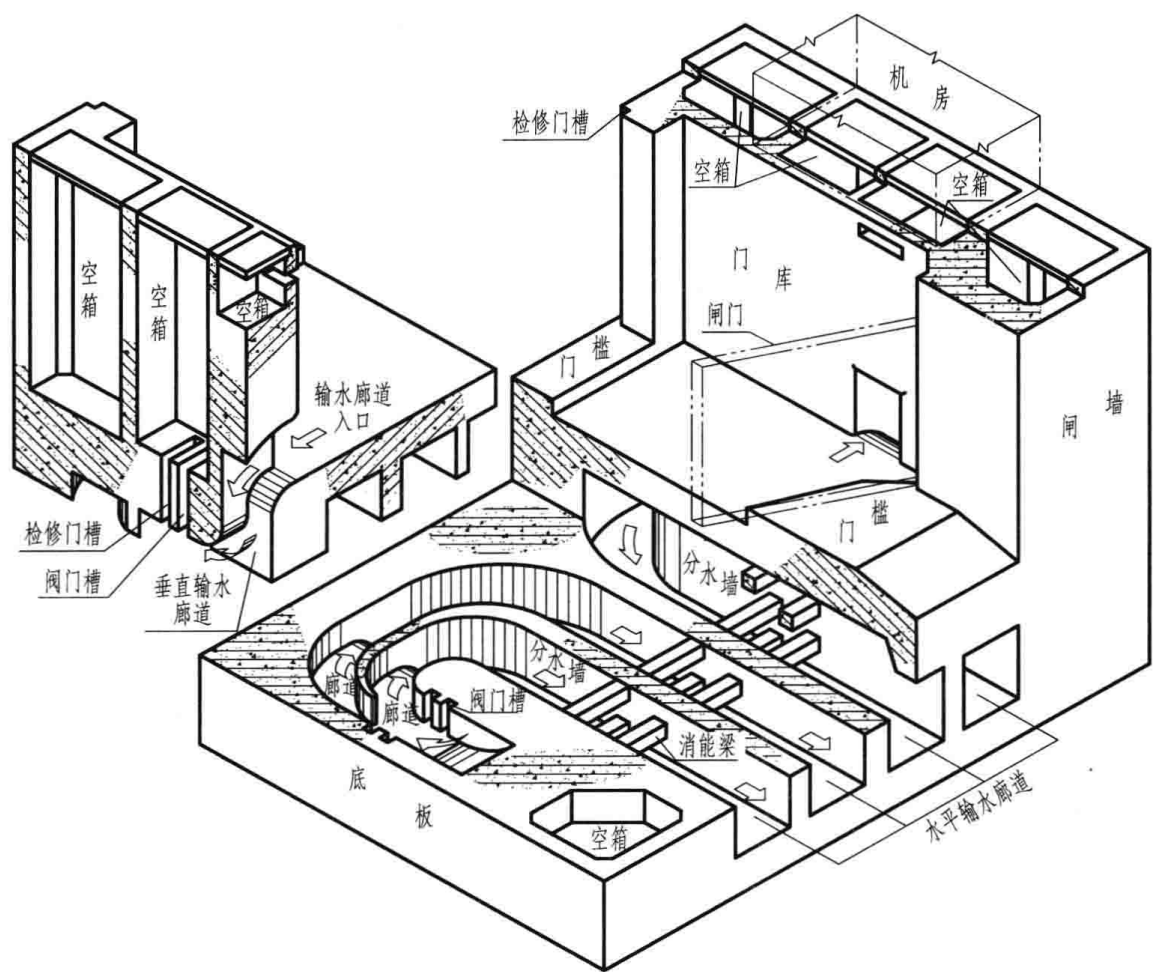


图 14.42 上闸首结构轴测图

下闸首结构图主要表达下闸首的结构布置、形状、大小,见图 8.38、图 8.39。

上游引航道结构图(图 14.37、图 14.40)主要表达引航道中铺盖、导航墙、导航墩、挡土墙、护坡的结构布置、形状、大小。平面图和纵剖视图表达了上游引航道与闸首的连接关系以及引航道中各组成结构的布置;上游立面图表达了上游护坡的结构布置,导航墙、闸首、机房的立面外观。因篇幅所限,图中未画出导航墩结构布置。

第二步:深入阅读

从枢纽布置图可以看出,本工程所处的东大河段为一转弯处,大致为南北走向,水流由南至北。地势为左岸低右岸高,河床底高程约 12 m,右岸有山头,高程约 45 m,以岩基为主,两岸均有护堤。靠近河左岸为水电站,安装三台水轮发电机组,总长为 35.2 m。与电站紧邻的是泄水闸,共有 20 孔,总长为 236.2 m。船闸位置处在河道转弯的内侧,闸室长度 184 m,上、下闸首分别长 20 m、19 m,上游引航道的直线段长 550 m、圆弧段长 217 m(圆弧半径 800 m),下游引航道的直线段长 550 m、圆弧段长 342 m(圆弧半径 700 m)。左岸的 0+000 位置为枢纽的基点,船闸上闸



首上游面的中点为 0+594.0, 船闸中心线距泄水闸右岸边墩 285.6 m。

从图 14.37~图 14.42、图 8.39 的船闸结构图读懂船闸的构造:

(1) 了解船闸的长、宽、高以及闸室的有效长度和宽度, 上、下游水位, 上游铺盖和下游护坦的构造。

(2) 了解上闸首的长、宽、高, 分析上闸首的结构形状。上闸首是钢筋混凝土结构, 采用人字平板闸门和槛下输水系统(输水廊道在闸首底板内)。放水时, 上游引航道的水自闸墙的长方形孔进入, 经垂直输水廊道转入水平输水廊道, 从底板下游端长方形孔出来, 进入闸室(见图 14.42 中箭头所指)。水平输水廊道由分水墙分隔成左、右两个孔道, 并在出口处设置两道消能梁, 以减小水流进入闸室时的冲力。闸墙中设置有空箱, 一侧闸墙沿长度方向布置有 4 个大小不同的空箱; 从上游向下游的第二个空箱是输水廊道阀门的开启和维修空间, 空箱下为阀门槽和阀门检修门槽; 第三个空箱用于安装闸门启闭设备, 并在闸墙顶上建有机房。从上闸首结构图中还可以了解人字门槛、闸首上游端的闸门检修门槽等形状、大小。

下闸首的结构比上闸首简单, 下闸首是短廊道输水系统(输水廊道在底板上面的闸墙内)。放水时, 闸室水自闸墙上游侧的长方形孔进入, 从闸墙下游侧长方形孔出来, 进入下游引航道。廊道出口处由分水墩分隔成两个孔道。闸墙的空箱, 从上游向下游的第二个空箱分上下两部分, 上部空箱用于安装闸门启闭设备; 第三个空箱为阀门开启、维修空间, 空箱下为阀门槽和阀门检修门槽。从图上还可以了解人字门槛、闸首下游端的闸门检修门槽以及廊道出水口处的斜向消力槛的布置。

(3) 闸室是底板和闸墙连成整体的“U”形钢筋混凝土坞式结构。闸室共分 11 段, 除紧接上闸首的镇静段外, 各段长度和结构形式基本相同。镇静段设有消力池, 以减缓上闸首廊道来水的冲力。闸室墙内侧分布有爬梯、系船钩、浮式系船环, 靠近闸墙上部设置有固定系船柱。闸室分段连接处设置有水平和垂直止水。A—A 断面图表达了闸室的正常断面形状和大小, B—B 断面图表达了设置系船柱和浮式系船环处的闸墙断面形状和大小。闸墙后铺有预制混凝土人行道板, 上闸首与人行道连接处, 由于高程不同, 设有台阶, 以便于通行。

(4) 上游引航道两侧设有导航墙, 右侧直墙用于船舶进船闸导航, 是混凝土重力式挡土墙, 墙后为倒锥形斜坡, 用浆砌块石护面, 再向上游侧有靠船墩及连接靠船墩和导航墙的工作桥(图幅所限, 结构图中未画出)。船舶出船闸的一侧(左侧)为圆柱形导航墙, 根据挡土高度的不同分为两种断面尺寸。引航道两侧的护坡均为浆砌块石。

下游引航道结构与上游引航道形式类似(书中未给出图样)。

第三步: 归纳总结

以船只进船闸和出船闸的全过程为线索, 弄清船闸各组成部分的结构特点、作用和相互位置、建立整体概念。

例 14.4 阅读图 14.43、图 14.44 所示的码头设计图(见书末的插页)。

第一步: 总体了解

(1) 码头的功能及组成

码头是供船舶停靠、货物装卸和旅客上、下船用的水工建筑物。为使船舶平稳停靠, 码头前沿设有系靠船的设备, 如护舷、系船柱、系网环等。为便于货物的装卸, 码头上应有足够的地坪面用作装卸操作场地或临时堆场。在船车直接联运和集装箱码头上, 布置有门机轨道、龙门吊轨道



和铁路轨线。

码头的结构形式有多种,图 14.43、图 14.44 所示是一种高桩板梁式码头结构,由桩基支撑梁板构成码头地坪面,分为前平台和后平台两部分,是用于停靠万吨级船只的码头。

(2) 视图表达

码头总体结构的布置主要通过平面图、剖视图、立面图表达。平面布置图表达码头的位置、平面的形状和大小、面层和前沿设备的布置等;码头剖视图是在垂直于码头前沿线方向,作铅垂剖切面得到的,主要表达码头的承重结构(桩基、梁板)的组成、形状、大小和位置;立面图主要表达码头前沿设施的布置、桩基的纵向布置以及码头立面外观(本例未给出图样)。

对于高桩梁板式码头,还需要桩位图表达桩基的平面布置。桩位图是掀开码头上部板、梁后得到的平面图,专门用来表达桩基的平面布置,绘图比例较大时,绘出桩的外形视图;绘图比例较小时,用图例表示桩的位置。

第二步:深入阅读

从码头平面图可知,该码头的地理位置和前沿线由基点($X=5\ 278.905$, $Y=1\ 320.415$)和($X=5\ 439.705$, $Y=1\ 320.415$)确定。水流方向从左向右。

将码头平面图和剖视图配合起来看,可以了解码头的面层和前沿的设备布置情况。码头分为前平台和后平台两部分。前平台沿纵向分成三个结构段,中间 4 m 长的结构段,是为纵向伸缩缝和结构沉陷设置的。后平台沿纵向分成两个结构段。前平台面层中间高程为 5.14 m,向前、后两侧倾斜至 5.10 m,以利于排水。前平台上设有门机轨道、轨距为 10.5 m。码头前沿设有 350 kN 系船柱、水平和垂直的圆筒橡胶护舷、铁梯、电缆箱、水管出口等。在后平台后方有一 550 kN 风暴系船柱,供遇到非常情况时系船用。在平面图上,用图例表示上述设备的平面布置。为使图样清晰易读,码头的纵向尺寸,包括码头的长度和附属设备的定位尺寸等全部标注在视图外面,用文字注明内容并排列整齐。码头设备一览表列出了各种设备的数量。

码头剖视图采用较大的比例绘出,用以表达从码头前沿到后方的结构布置和桩、梁、板等的连接关系,较详细地表达了码头横断面的结构情况、各构件的主要轮廓尺寸和定位尺寸。图中采用了多层结构尺寸的注法,注明了各层结构的名称和厚度(高度)。码头前平台宽度为 14.5 m,后平台分为两块,宽度分别为 8.05 m 和 7.45 m,共宽 15.5 m。码头平台与挡土墙之间用简支板连接。挡土墙上方设有防洪墙。

桩的标注代号为“ZH”,“ZHB500×500×29500@6000”中,“B”是桩的规格编号,桩的截面是 500×500 的正方形,长度为 29.5 m,桩的纵向间距为 6 m。

桩位图中,用假想轮廓线(双点画线)画出码头前平台、后平台和简支板各轮廓线。用点画线定位桩,直桩用“+”图例表示、斜桩用“ $\swarrow$ ”图例表示,箭头指向下斜的方向。从图中可以看出,码头前平台每排用四根直桩和一根斜桩组成一个排架,整个泊位共 28 个排架,其间距除伸缩缝一段为 4 m 外,其余均为 6 m;后平台由 4 根直桩组成一个排架,共 41 个排架,其间距均为 4 m。在后平台 5 号排架处,为安装风暴系船柱,另加两根斜桩。各排架自左向右、自前向后顺序编号。桩量一览表列出了各种规格桩的长度及数量,是施工备桩的主要依据。

第三步:归纳总结

可以从四个方面来归纳:

(1) 自前向后,弄清码头的前平台、后平台以及后方简支板、挡土墙的布置,与后方路面的连



接,分段和伸缩缝布置;

- (2) 自下而上,弄清桩→梁→板→磨耗层的结构形状、作用和连接关系;
- (3) 全面了解码头桩基分布、规格、形式以及作用;
- (4) 全面了解码头前沿、面层的设施布置和作用。

思考题

1. 水工图的图示方法有哪些,各有什么特点?
2. 水工图的尺寸标注有哪些特点? 标高符号在图样中如何绘制?
3. 水工图中视图如何命名? 视图绘制和布置有什么约定和要求?
4. 常见的水工建筑物(如水闸、涵洞、坝)的视图如何配置,各视图的表达内容主要有哪些?
5. 绘制和阅读水工图需要注意哪些问题? 如何阅读和绘制水工图?



第 15 章

钢筋混凝土结构图和钢结构图

学习要点

1. 了解钢筋混凝土结构的构造特点和要求;
2. 熟悉钢筋混凝土结构图的表达方法及简化画法,掌握配筋图的阅读方法;
3. 了解钢结构图中型钢类型、焊缝符号及其标注方法;
4. 熟悉桁架简图、节点图的表达方法和尺寸注法,掌握钢结构图的阅读方法。

15.1 钢筋混凝土结构图

15.1.1 钢筋混凝土的基本知识

1. 钢筋混凝土结构

混凝土是由水泥、砂、石子和水按一定比例混合搅拌,经凝固、养护而制成。它是一种抗压能力较高的人造石材,但是它的抗拉能力较之抗压能力差得很远,一般只有抗压能力的 $1/8 \sim 1/15$,在受拉、受弯的情况下,极易断裂。为了提高混凝土的抗拉能力,扩大其应用范围,在混凝土构件的受拉区配置一定数量的钢筋,用钢筋来代替混凝土承受拉力,而在其他区配置一些钢筋,帮助混凝土承受压力、承受扭矩。这种用钢筋和混凝土两种材料组成的共同受力结构,就是钢筋混凝土结构。用来表达这类结构物的外形和内部钢筋配置情况的图样,称为钢筋混凝土结构图,简称配筋图。

2. 混凝土的等级

混凝土按其抗压强度的不同,由低到高分 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80 等 14 个等级。

3. 钢筋的种类

钢筋的种类较多,可按化学成分、生产工艺、表面形式进行不同的分类。在钢筋混凝土结构图中用不同的直径符号表示钢筋的类型。表 15.1 为建筑工程中常用普通钢筋的符号及其部分参数。

4. 钢筋在构件中的作用分类

配置在混凝土中的钢筋,按其在结构中所起的作用可分为下列五种,见图 15.1。

(1) 受力钢筋:主要用来承受外力。按其所起的主要作用,又可分为受拉钢筋、弯起钢筋和受压钢筋。



表 15.1 普通钢筋的符号及部分参数

牌号	符号	公称直径/mm	屈服强度标准值/(N/mm ²)	说 明
HPB300	ϕ	6~22	300	光圆钢筋
HRB335	Φ	6~50	335	带肋钢筋
HRB400	Φ	6~50	400	
HRB500	Φ	6~50	500	

(2) 架立钢筋:主要用来固定钢箍及受力钢筋的位置,一般用于钢筋混凝土梁中。

(3) 分布钢筋:主要用来扩散外力分布,以改善构件受力情况,同时固定受力钢筋位置,常用在钢筋混凝土板、墙或环形构件中。

(4) 箍筋:又称钢箍,主要用来固定受力钢筋的位置,也承受一部分外力。

(5) 其他钢筋:如为了吊装用的吊钩等。

图 15.1a、b 分别为板、梁的钢筋骨架立体图。

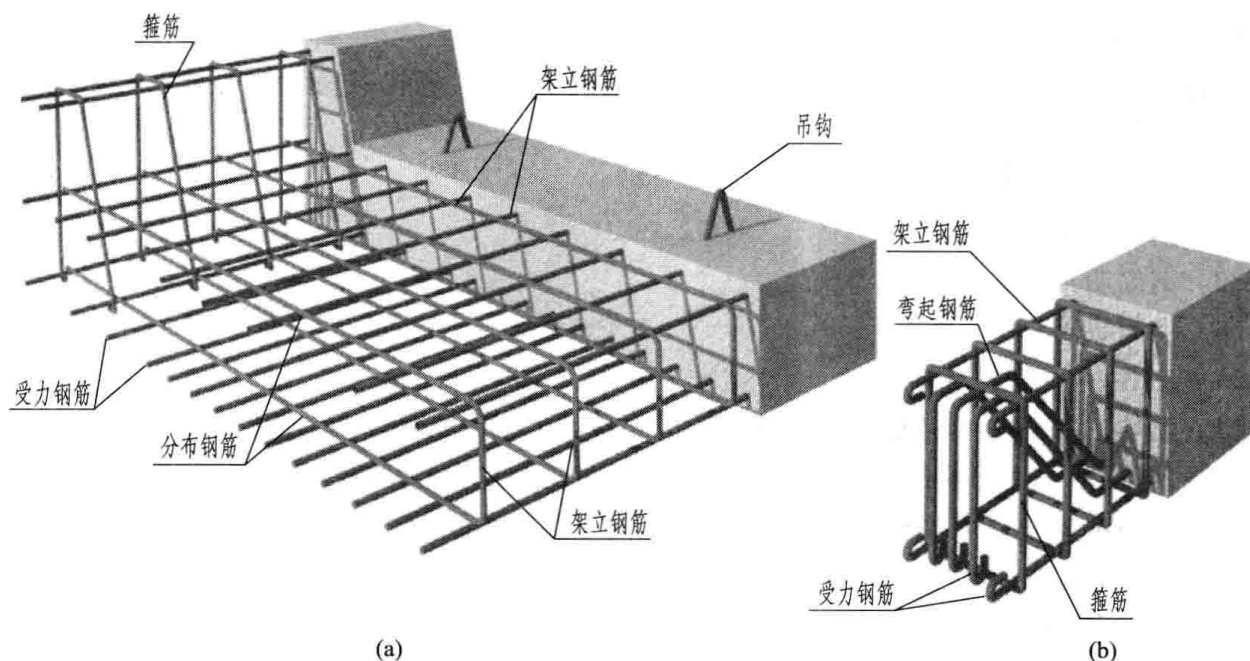


图 15.1 钢筋骨架立体图

5. 钢筋的弯钩和弯起

(1) 钢筋的弯钩:为了保证钢筋与混凝土之间有足够的黏结力,GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》规定,受力的光面钢筋末端必须做成弯钩,直筋的弯钩形式与尺寸如图 15.2 所示。

(2) 钢筋的弯起:根据构件受力的需要,常需在构件中设置弯起钢筋,即将靠近构件下部的受力钢筋弯起,如图 15.1b 所示。梁中的弯起钢筋的弯起角一般为 45°或 60°。钢筋在起弯处应做成圆弧段。

6. 钢筋的保护层

为了防止钢筋锈蚀,钢筋必须全部包在混凝土中,因此,钢筋表面到混凝土表面必须留有一



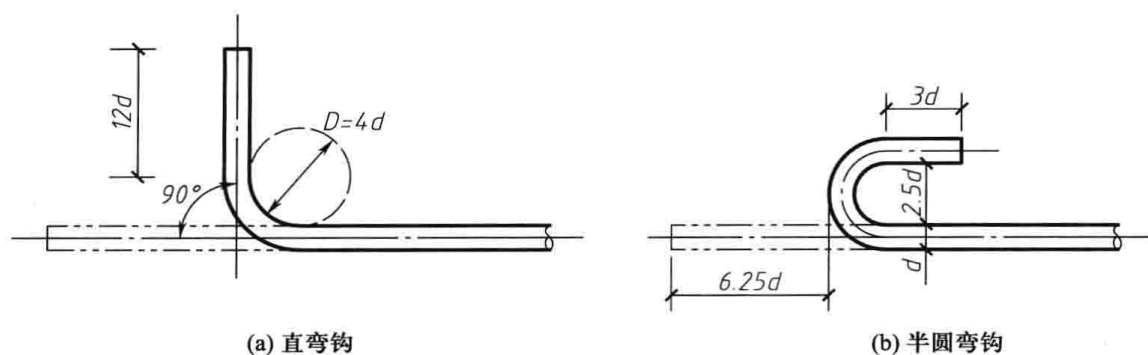


图 15.2 直筋的弯钩形式

定厚度的混凝土,这一层混凝土称为钢筋的保护层。保护层的厚度视各种结构构件及工作环境而异。一般为 15~50 mm。

15.1.2 配筋图的表示法

1. 配筋图的内容

配筋图是表达构件外形和钢筋布置的图样,是钢筋下料、绑扎钢筋骨架的依据。因此,完整的配筋图应包括下列几项内容:

- (1) 构件的外形视图和尺寸。
- (2) 钢筋的布置和定位。
- (3) 钢筋明细表。
- (4) 说明或附注。

2. 配筋图的一般规定

(1) 配筋图一般不画混凝土材料符号。为了突出构件中钢筋的布置情况,构件的外形轮廓用细实线表示,钢筋用粗实线表示,钢筋的断面用小黑圆点表示,如图 15.3 所示。

(2) 钢筋都应编号。规格、直径、形状、尺寸完全相同的钢筋,为同类型钢筋,不论根数多少,只编一个号。上述各项中有一项不相同则为不同类型钢筋,应分别编号。编号时,应按照先主筋后分布筋,逐一顺序编号,并将号码填写在直径为 6 mm 左右的圆圈内,用指引线指到相应的钢筋上,见图 15.3。

(3) 钢筋直径、根数、间距的标注方法见图 15.4,如图中“⑤²⁰φ6”,其中:

“⑤”——表示编号为“5”的钢筋;

“20”——表示钢筋的根数共 20 根;

“φ6”——“φ”表示钢筋种类为 HPB300 级钢筋,“6”表示钢筋的公称直径为 6 mm。

图 15.4 中的“5@200”为钢筋等间距布置的简化标注方法。其中:

“5”——表示有 5 个等间距;

“@200”——“@”是等间距的符号,“200”表示两相邻钢筋中心间距为 200 mm。

(4) 钢筋成型图的尺寸注法。在配筋图中,除了一组视图和断面图表示构件形状和钢筋相互位置外,还应详细表明每根钢筋加工成型后的大样,因此,需画出每根钢筋的成型图,如图

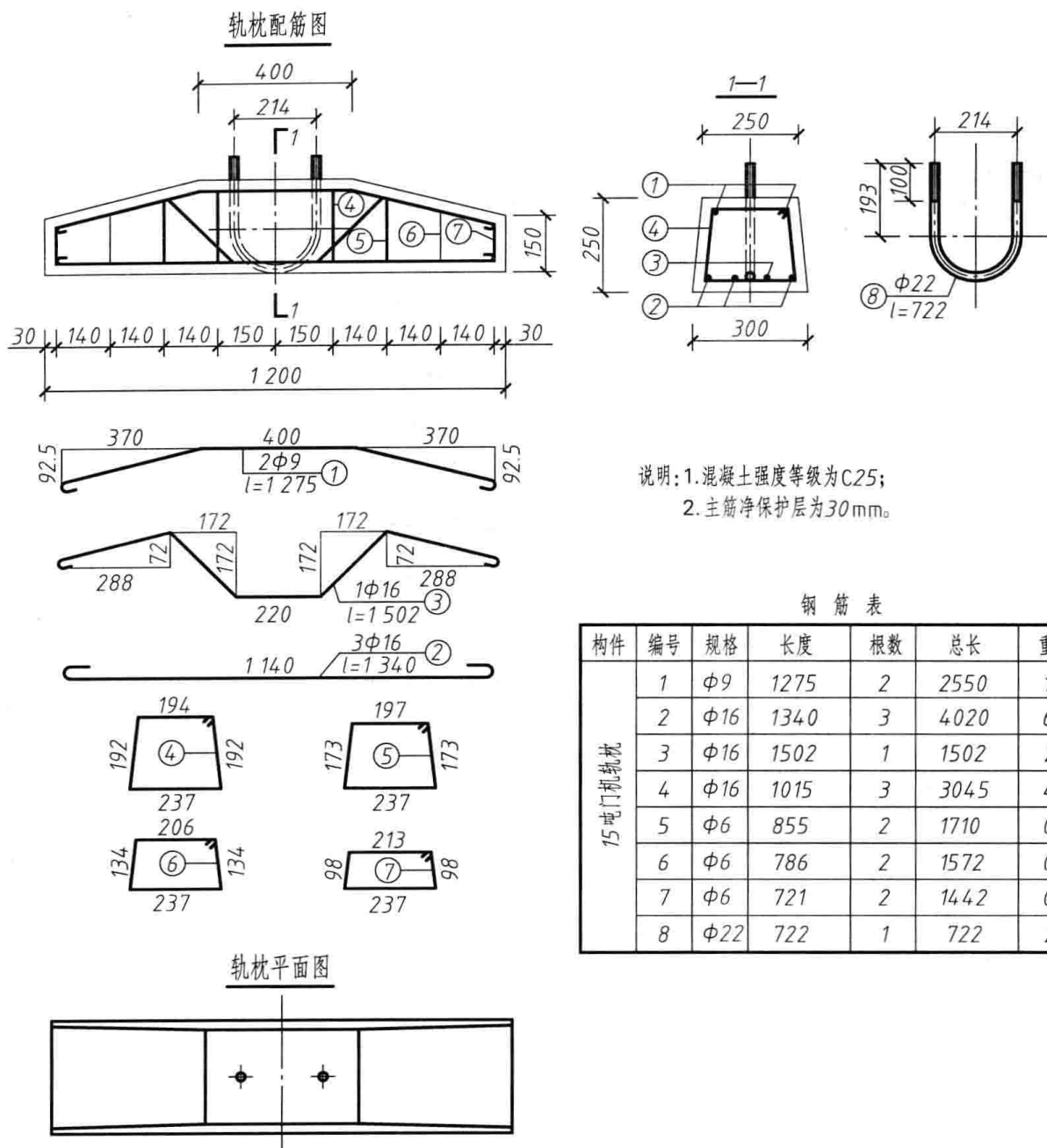


图 15.3 门机轨枕配筋图

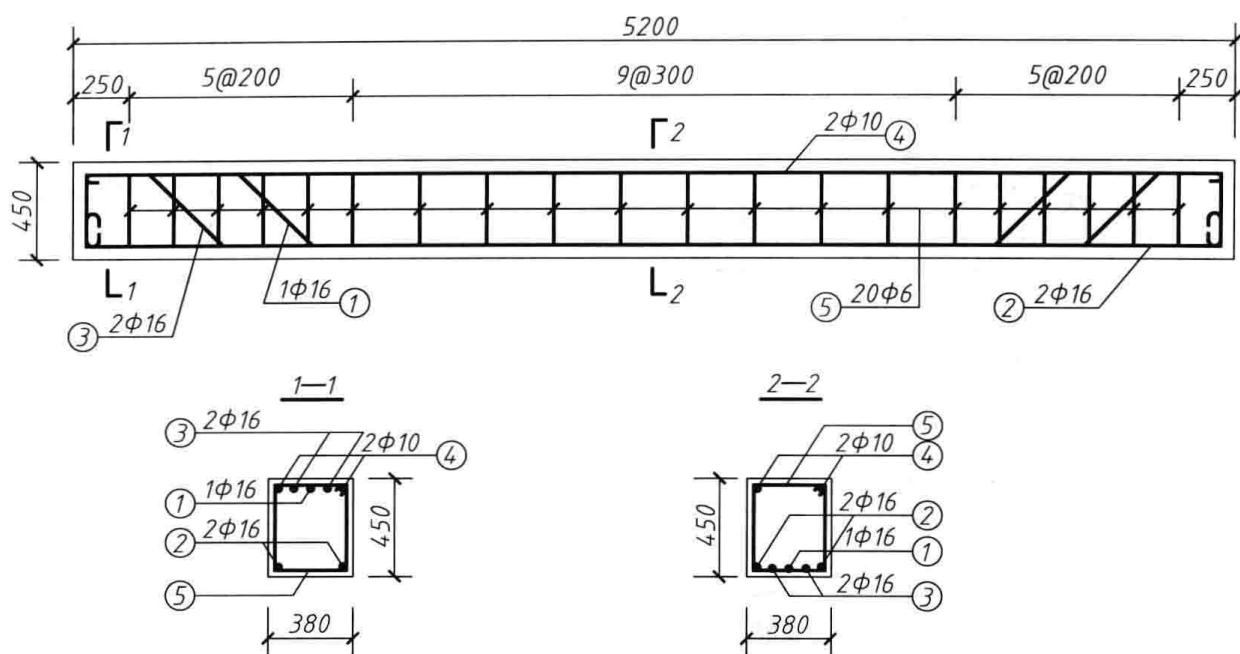
15.3 的①~⑦钢筋大样图。

在钢筋成型图上,只需逐段注出钢筋长度,不画尺寸线和尺寸界线。弯起钢筋倾斜部分的尺寸常用标注直角三角形两直角边长的方法注出,如图 15.3 的钢筋③大样图。钢筋的弯钩有标准尺寸(见图 15.2),图上不注出,但在钢筋表中钢筋的长度应包括按标准算出的弯钩长度。

为了减少幅面,水工钢筋混凝土结构图中也将成型图缩小,示意性地画在钢筋表简图一栏中,如图 15.4 钢筋表所示。

钢筋成型图中,箍筋尺寸一般指内皮尺寸,如图 15.5a 所示;弯起钢筋的弯起高度一般指外皮尺寸,如图 15.5b 所示。





钢 筋 表

编号	简 图	规格	单根长/ mm	根数	总长/ m	备注
1		φ16	6440	1	6.44	
2		φ16	5640	2	11.28	
3		φ16	6440	2	12.88	
4		φ10	5265	2	10.60	
5		φ6	1668	20	33.36	

图 15.4 混凝土梁配筋图

(5) 钢筋表。在配筋图中通常需附有钢筋表，其表格形式如图 15.4 所示。在钢筋表中应详细列出构件中所有钢筋的编号、简图、规格、直径、长度及根数等。它主要用于钢筋下料及加工成型，同时也用来计算钢筋用量。



图 15.5 钢筋成型尺寸

15.1.3 配筋图的简化画法

配筋图是水电建筑设计图纸中的主要组成部分。为了提高绘图效率和图面质量，使图样简明易读，工程设计施工中对配筋图的画法作了很多改进。现结合有关制图标准，将配筋图常用的简化画法介绍如下：

(1) 对于型号、直径、长度和间距都相同的钢筋，可以只画出第一根和最末一根的全长，用标

注的方法表示其根数、直径和间距,如图 15.6 所示。

(2) 对型号、直径和长度都相同,而间距不相同的钢筋,可只画出第一根和最末一根的全长,中间用短粗线表示其位置,并用标注的方法表明钢筋的根数、直径和间距,如图 15.7 所示。

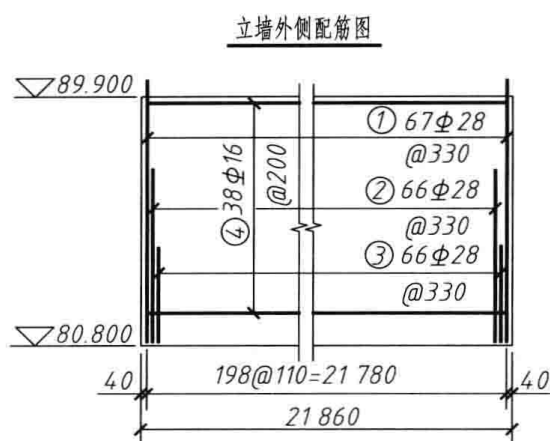


图 15.6 等间距钢筋的简化画法

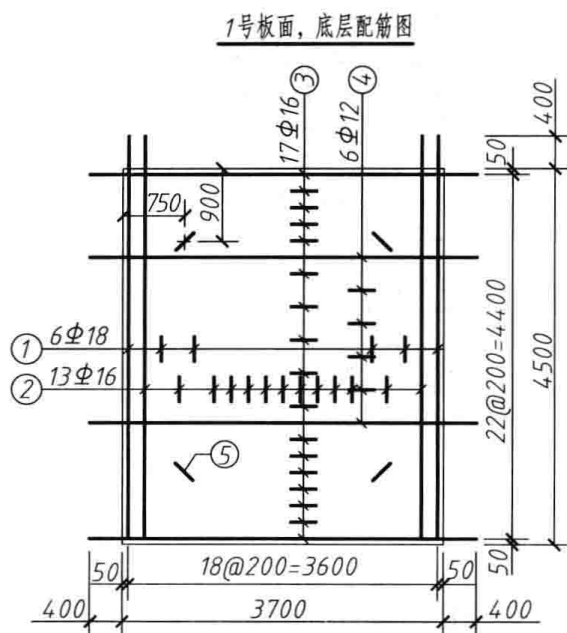


图 15.7 不等间距钢筋的简化画法

(3) 当若干构件断面的形状、大小和钢筋的布置相同,仅钢筋的编号不同时,可采用图 15.8 的画法。

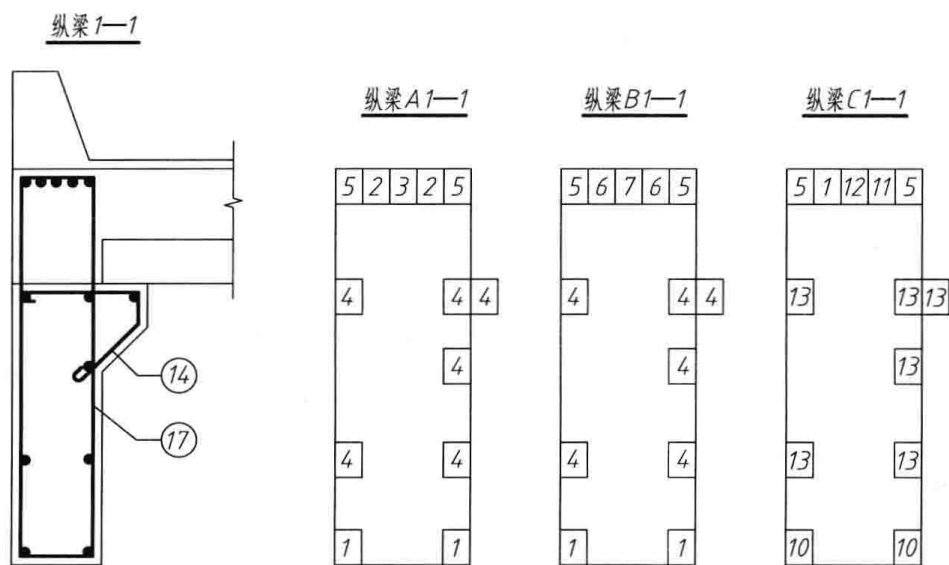
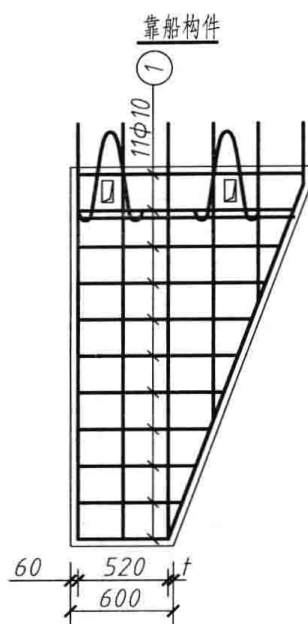


图 15.8 钢筋编号不同的简化画法

(4) 当钢筋的型式和直径都相同,仅其长度呈有规律的变化时,这组钢筋允许只编一个号,而在钢筋表中注明其变化规律,如图 15.9 所示。





钢 筋 表

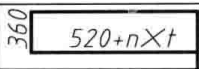
编号	简 图	规格	根数	单根长/ mm	总长/ m	备 注
1		Φ10	11	1910~3310	28.710	
...	...	...	...	...	...	

图 15.9 长度规则变化钢筋的简化画法

15.1.4 配筋图的阅读

阅读水利工程图的方法同样适用于阅读配筋图,但是阅读配筋图时,必须根据配筋图的图示特点及尺寸注法的规定,才能弄清楚每一类型钢筋的位置、规格、直径、数量以及整个钢筋骨架的构造情况。现以某水闸上游消力池底板配筋图为例(图 15.10)说明配筋图的阅读方法。

(1) 看标题栏:从标题栏得知,本图是某水闸上游消力池底板配筋图,绘图比例是 1:100。

(2) 分析视图:平面图表示了消力池底板钢筋的底层及面层的平面配置情况。 $A-A$ 半剖视图既表示了内部的配筋情况,又表示了结构物的外形尺寸。 $B-B$ 是沿着水流方向剖开的剖视图,表示了纵向配筋情况。为了表示消力墩的配筋,又采用了比例为 1:50 的 $C-C$ 、 $D-D$ 局部剖视图。

(3) 结合各个视图,按照钢筋编号,参阅钢筋表,了解各种钢筋的规格、形状和数量,分析各种钢筋的配筋情况和各种钢筋间的相对位置,看懂整个钢筋骨架的构造。在本图中,从钢筋明细表中可知,消力池底板钢筋共有 21 种,由简图一栏中可看出各种钢筋的形状(其规格、直径、根数等由其他各栏反映)。进而分析各种钢筋的配筋情况,由平面图结合 $A-A$ 剖视图可知:面层①号受力钢筋为每三根一组,与②号受力钢筋相间排列,其相邻钢筋的间距为 150 mm;又如面层配筋的左上角处②号钢筋,主要起固定、架立各受力钢筋的作用,共 19 根,因构造上的需要,每根长度都不一样,相邻钢筋各相差一个等差值(见钢筋表),故采用配筋图的简化画法表示,19 根钢筋只编一个号,由平面图还可知道其相邻钢筋的间距为 200 mm。依照上述分析,将各种类型钢筋的配置情况及相对位置搞清楚以后,即可全面了解整个钢筋骨架的构造。



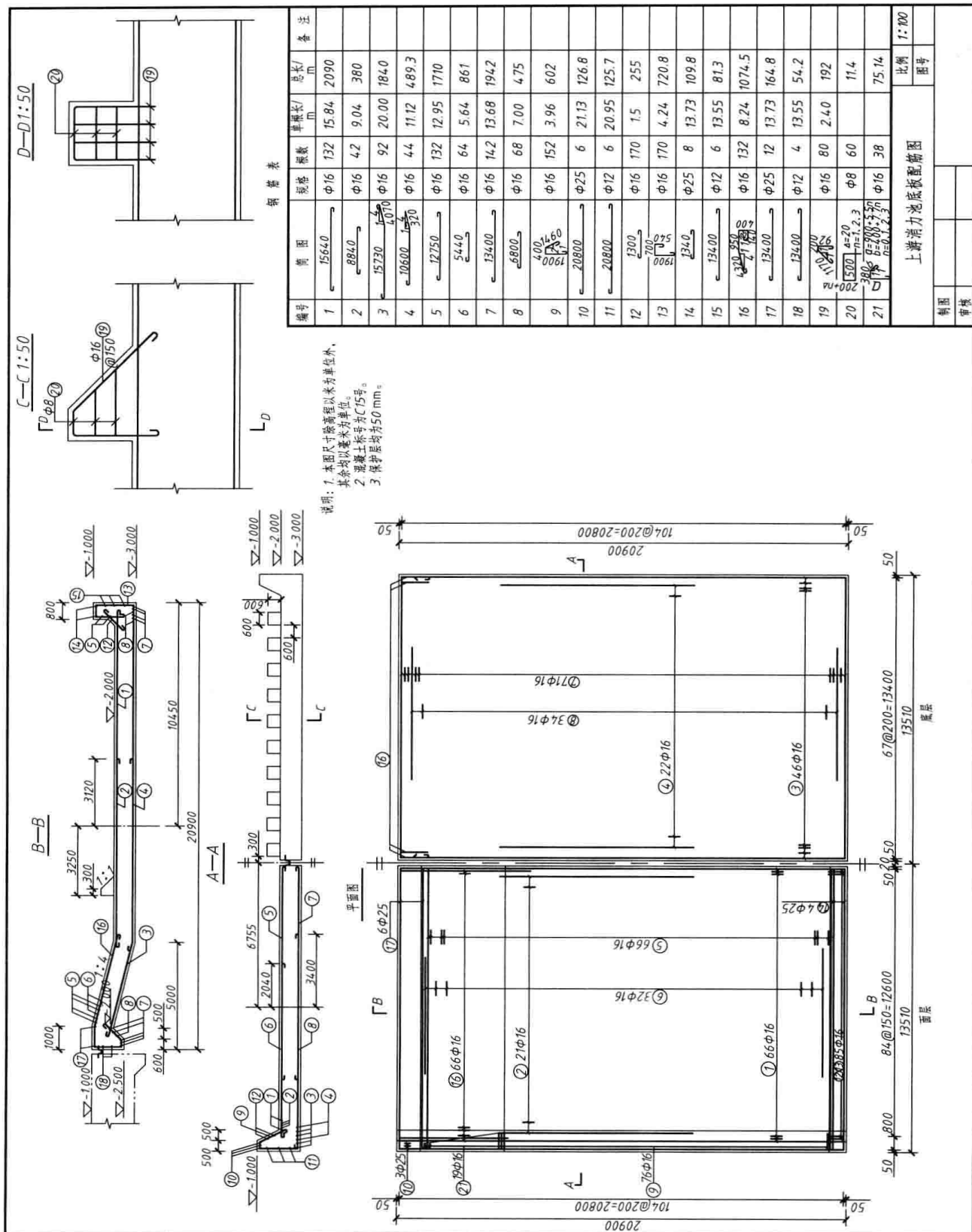


图 15.10 水闸上游消力池底板配筋图



15.2 钢结构图

钢结构是由各种形式的型钢(如角钢、工字钢、槽钢等)组合连接而成的结构物,在水利工程中常用于闸门、压力钢管、厂房屋架等。图 15.11 所示为一钢桁架支承座,它由几块加工后的钢板焊接而成。钢结构图是表达这类结构物形状和构造要求的图样,它通过立面图、杆件图、节点图等将构成钢结构型钢的类型、形状、尺寸及相互连接关系等表达清楚,如图 15.12 所示。

15.2.1 型钢类别及标注

型钢是由轧钢厂按标准规格(型号)轧制而成,常用型钢的类型及标注方法见表 15.2。钢结构图中所有的构件必须编写序号,规格、大小完全一样的构件只能编写一个序号。序号注写在一圆(细实线)内,圆画在型钢标注引出线的尾部(圆心应在水平线的延长线上)。序号从 1 开始依次编写,如图 15.12 所示。

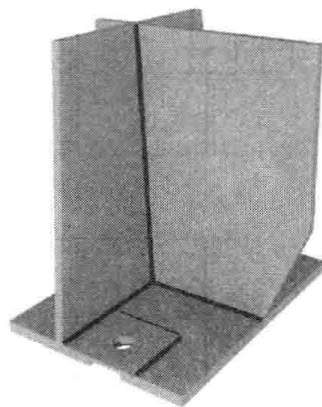


图 15.11 钢桁架支承座

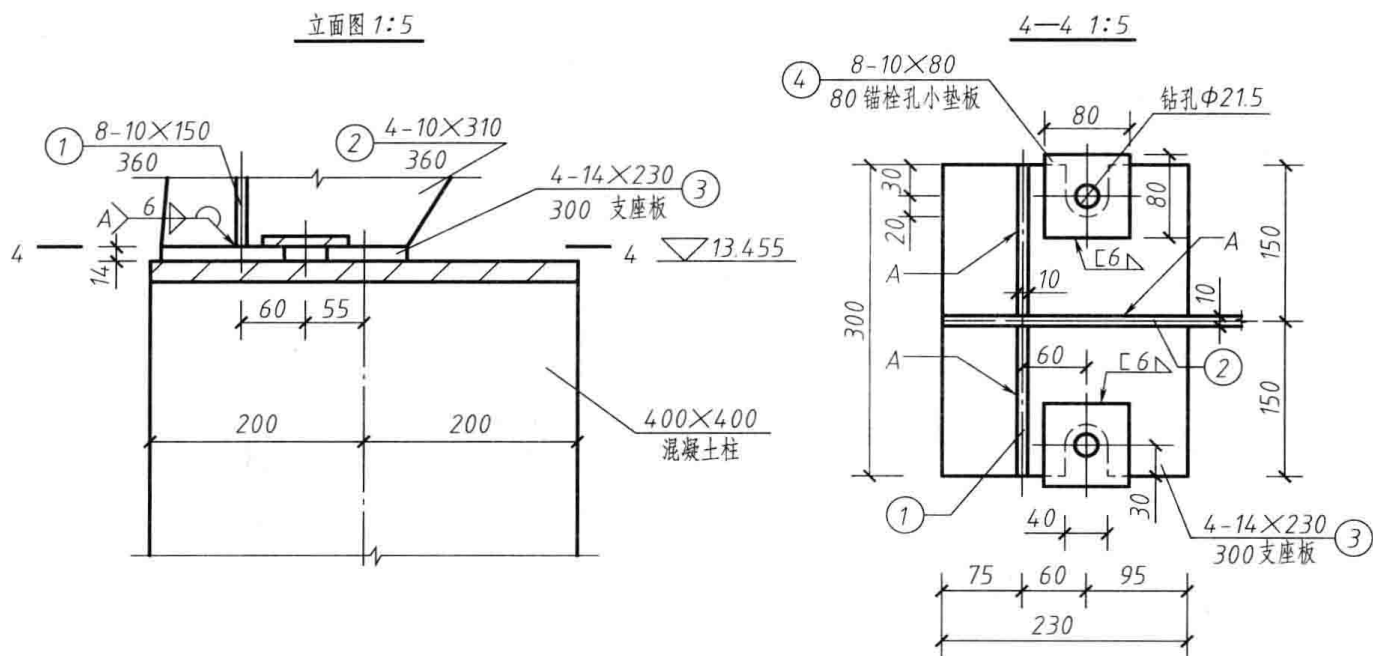
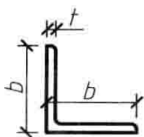
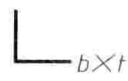
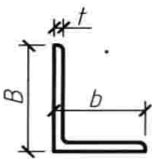
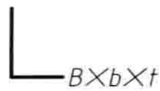
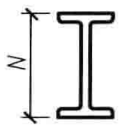
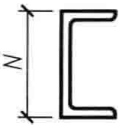
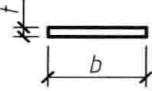


图 15.12 桁架支承座连接图

表 15.2 型钢类型及其标注

名 称	截面形状	标 注	说 明
等边角钢			b 为肢宽 t 为肢厚

续表

名 称	截面形状	标 注	说 明
不等边角钢			B 为长肢宽 b 为短肢宽 t 为肢厚
工 字 钢		I_N $Q I_N$	轻型工字钢加注 Q 字
槽 钢		$[N$ $Q [N$	轻型槽钢加注 Q 字
扁 钢		$- b \times t$	
钢 板		$- \frac{b \times t}{l}$	$\frac{\text{宽} \times \text{厚}}{\text{板长}}$

15.2.2 焊接和焊缝符号

钢结构有焊接、螺栓和铆钉等连接方法,焊接较多采用,它具有连接可靠、节省材料、工艺简单、易于现场操作等优点。焊接主要是利用电流或火焰产生的热量将被连接件局部加热至熔化,或再以熔化的金属材料填充,使被连接件熔接,粘连到一起,被连接件的熔接处称为焊缝。

由于设计要求的不同,焊缝的位置、型式和尺寸也不相同,为了使图样简化,钢结构图上一般多用焊缝符号标注焊缝。有关焊缝符号的画法及表示由 GB/T 12212—2012《技术制图 焊缝符号的尺寸、比例及简化表示法》、GB/T 324—2008《焊缝符号表示法》和 GB/T 50105—2010《建筑结构制图标准》规定,现将主要内容作一简介。

焊缝符号一般由指引线和基本符号组成,必要时可以标注辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号等,如图 15.13 所示。

指引线一般由箭头线和基准线组成,如图 15.13 所示。箭头线从图样上的有关焊缝处引出,可引向上方或下方。基准线一般应与图样标题栏的长边相平行,并在它的上、下侧标注焊缝符号。

基本符号是表示焊缝横截面形状的符号,表 15.3 列出了几种常见的符号。

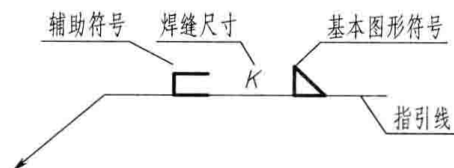
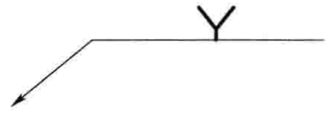
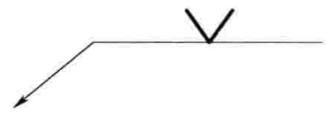
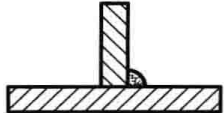
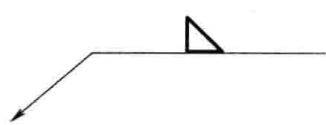


图 15.13 焊缝符号



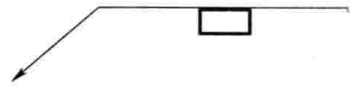
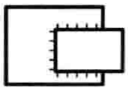
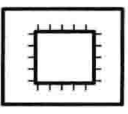
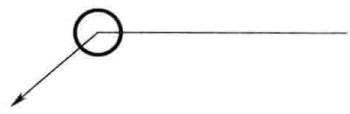
表 15.3 基本符号及其标注方法

焊缝名称	截面形状	基本符号	标注方法
带钝边 V 形焊缝		Y	
V 形焊缝		V	
角焊缝		△	

辅助符号是表示焊缝表面形状特征的符号,在不需确切地说明焊缝的表面形状时,可以不标注。辅助符号及其标注方法可查有关标准。

补充符号是为了补充说明焊缝的某些特征而采用的符号,常用的补充符号及其标注方法见表 15.4。

表 15.4 补充符号及其标注方法

名称	示意图	补充符号	说明	标注方法
带垫板符号			表示焊缝底部有垫板	
三面焊缝符号			表示三面带有焊缝	
周围焊缝符号			表示环绕工件周围焊缝	
现场符号			表示在现场或工地上进行焊接	
相同焊缝符号			表示一类焊缝型式、截面尺寸和辅助要求均相同的焊缝	
尾部符号			接在基准线尾端,供其他说明用	



焊缝尺寸一般不标注,生产要求注明焊缝尺寸时,基本符号可附带尺寸符号及数据,常用的焊缝尺寸符号含义见图 15.14 标注。焊缝尺寸时:横截面的尺寸标在基本符号的左侧;长度方向尺寸标在基本符号右侧;剖口角度、根部间隙等标在基本符号的上侧或下侧;尺寸太多不易分辨时,可在数据前加注尺寸符号。更多的内容可查有关标准。

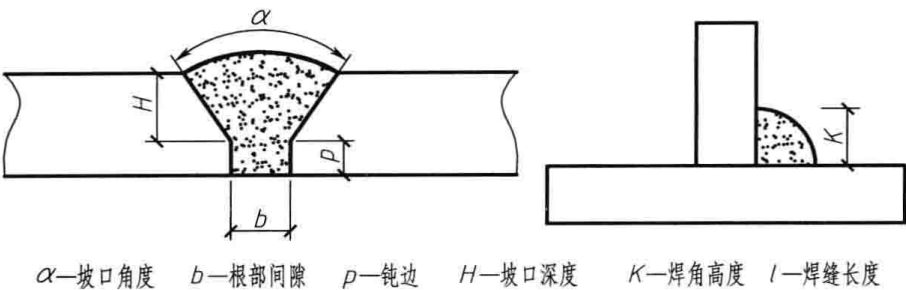


图 15.14 焊缝尺寸符号

在同一图形中,当焊缝型式、断面尺寸和辅助要求相同时,可只选择一处标注代号,并加注“相同焊缝符号”,如图 15.15a 所示。

在同一图形中有数种相同焊缝时,可将焊缝分类标注,在同一类焊缝中可选择一处标注代号,将分类编号 A、B、C…写在尾部符号处,其他同类焊缝只要用指引线引出并注分类编号,如图 15.15b 所示。

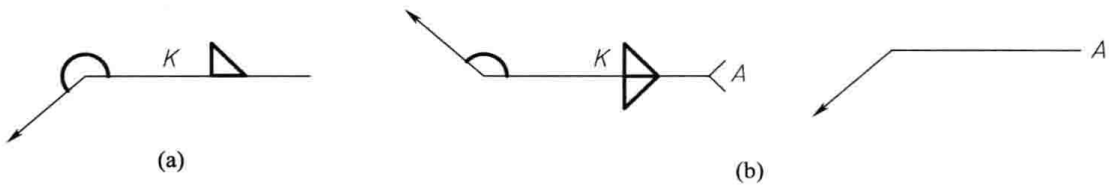


图 15.15 相同焊缝的标注

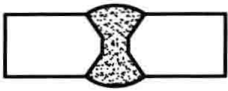
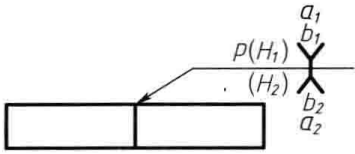
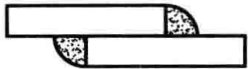
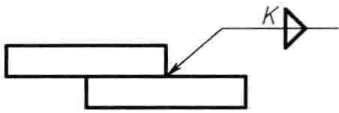
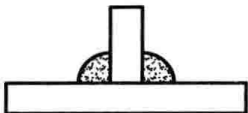
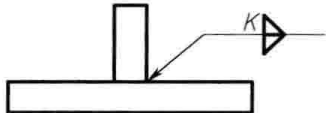
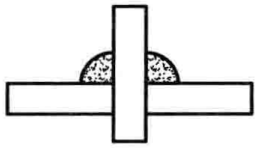
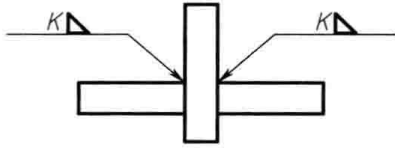
常用的单面焊缝及双面焊缝的标注方法见表 15.5。

表 15.5 单面焊缝及双面焊缝标注示例

示意图	标注方法	说 明
		单面焊缝的标注



续表

示意图	标注方法	说 明
		双面焊缝的标注： 1. 双面焊缝的两面焊缝尺寸不一样时，箭头所指一侧的尺寸标注在基准线上方，另一侧尺寸标注在基准线下方 2. 当两面尺寸相同时，只需在基准线上方标注
		
		
		三个及三个以上的焊件焊缝，不得作为双面焊缝，应分别标注

注：图中所标注字母的意义见图 15. 14。

15. 2. 3 尺寸标注

钢结构杆件的加工和连接安装要求较高，标注尺寸应做到准确、清楚、完整。另外，还应注意以下两点：

(1) 切割的板材，应注明各线段的长度和位置，如图 15. 16a 所示。

(2) 由节点板连接的各杆件，还应标明杆件端部与几何中心线交点的距离，如图 15. 16b 所示。

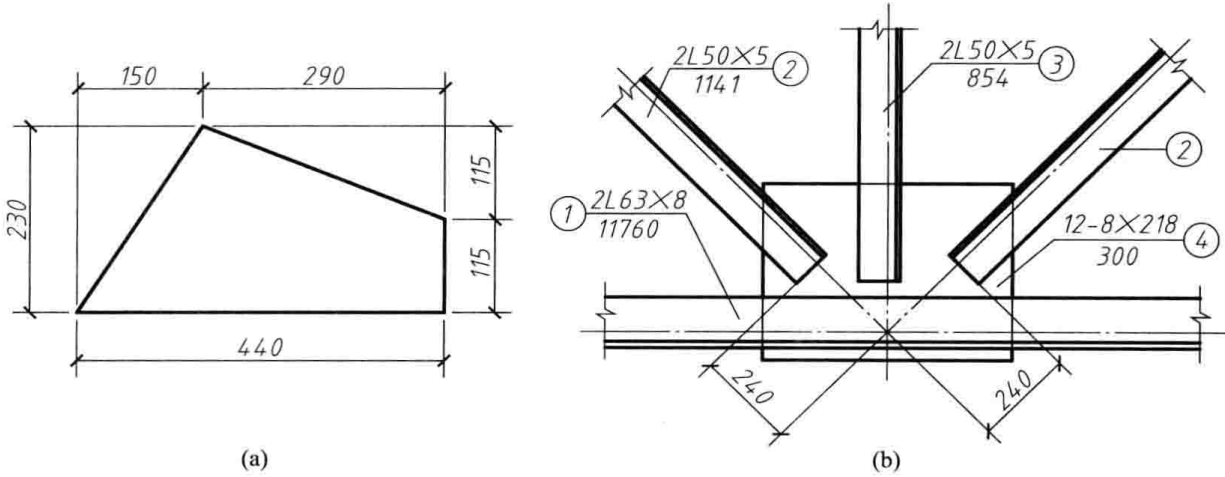


图 15. 16 板材、节点板尺寸标注

15.2.4 桁架结构图

桁架是用节点板将杆件连接而成的一种常见钢结构。在桁架结构图中,除常用的视图表达方法外,还有以下两种图示方法:

1. 桁架简图

在仅需要表达桁架中构件连接关系和尺寸时,常用简图,见图 15.17 中的桁架简图。在简图中,各杆件用单线(一般用粗实线或中粗实线)表示,节点板用杆件的交点表示,尺寸除标注跨度外,还应沿杆件注明节点间的距离,简图常用较小比例 1:100 或 1:200 画出。

2. 节点图

节点图是放大的局部视图,用来表示汇集于该节点的各杆件与节点板的连接情况和杆件的编号、规格、大小及节点板的形状。节点图一般用 1:10、1:5 等较大的比例画出。

在桁架结构图中,应对杆件、节点板进行统一编号。组成、形状、尺寸完全相同的构件,只编一个号。在图 15.17 的立面图中,编号为 7 的节点板的指引线的上方写有 6-8×180,其中 6 表示这样的板有 6 块,8×180 表示厚度为 8,高为 180;指引线下方写有 340,表示板的长度为 340。

15.2.5 钢结构图的阅读

阅读钢结构图,首先应阅读标题栏及说明,以便尽可能多地了解该结构的功能和要求;其次通过分析各视图间的关系,大致了解结构的组成;然后根据编号及标注,弄清楚各构件的规格、大小及数量;最后通过阅读详图,理解各构件间的连接关系,形成整体概念。阅读钢结构图,除应具备一定的读图知识外,还需要懂得各种符号的意义及标注规则。阅读重点在于弄清杆件形状、组成、连接关系和连接方法。现以图 15.17 所示桁架结构图(部分)为例,说明如下:

(1) 图名表明了这是一个桁架式钢结构。

(2) 该桁架结构图所示部分有立面图、简图、两个节点图及三个断面图。根据简图和立面图可知,桁架跨度 11760 mm,高度 980 mm,通过两端下部两个节点固定在混凝土立柱上。

(3) 根据编号及标注,了解各杆件的规格、大小及数量。如:编号为 3 的杆件是由两根 L 50×5 的等边角钢组成,长为 1 141 mm。

(4) 阅读节点图,了解连接的详细情况。以节点 B 为例说明如下:

节点 B 是上弦杆与三根腹杆的连接点,上弦杆①是两根等边角钢 L 63×8,竖杆④和左、右两边的斜杆③都是由两根等边角钢 L 50×5 组成,节点板⑦是一块厚度为 8,大小为 340×180 的矩形钢板。

根据焊缝代号可知,角钢与节点板之间都是用焊缝高为 6 的双面角焊缝焊接的。

在节点图中,详细地标注了各杆件的端部与节点中心(交于该节点各杆件几何中心线的交点)的距离,如图中的 63、125 等,根据这些尺寸,在加工中可以将杆件准确定位。

(5) 从桁架立面图可知,由两角钢合成的杆件中间,间隔一定距离夹有编号为⑭、⑮的连接板,以增强两组合的杆件的整体刚性。另外,除桁架与混凝土立柱间用螺栓连接外,其他杆件均为焊接连接。

至此,该桁架的构造,杆件的形状、尺寸就比较清楚了,见图 15.18。



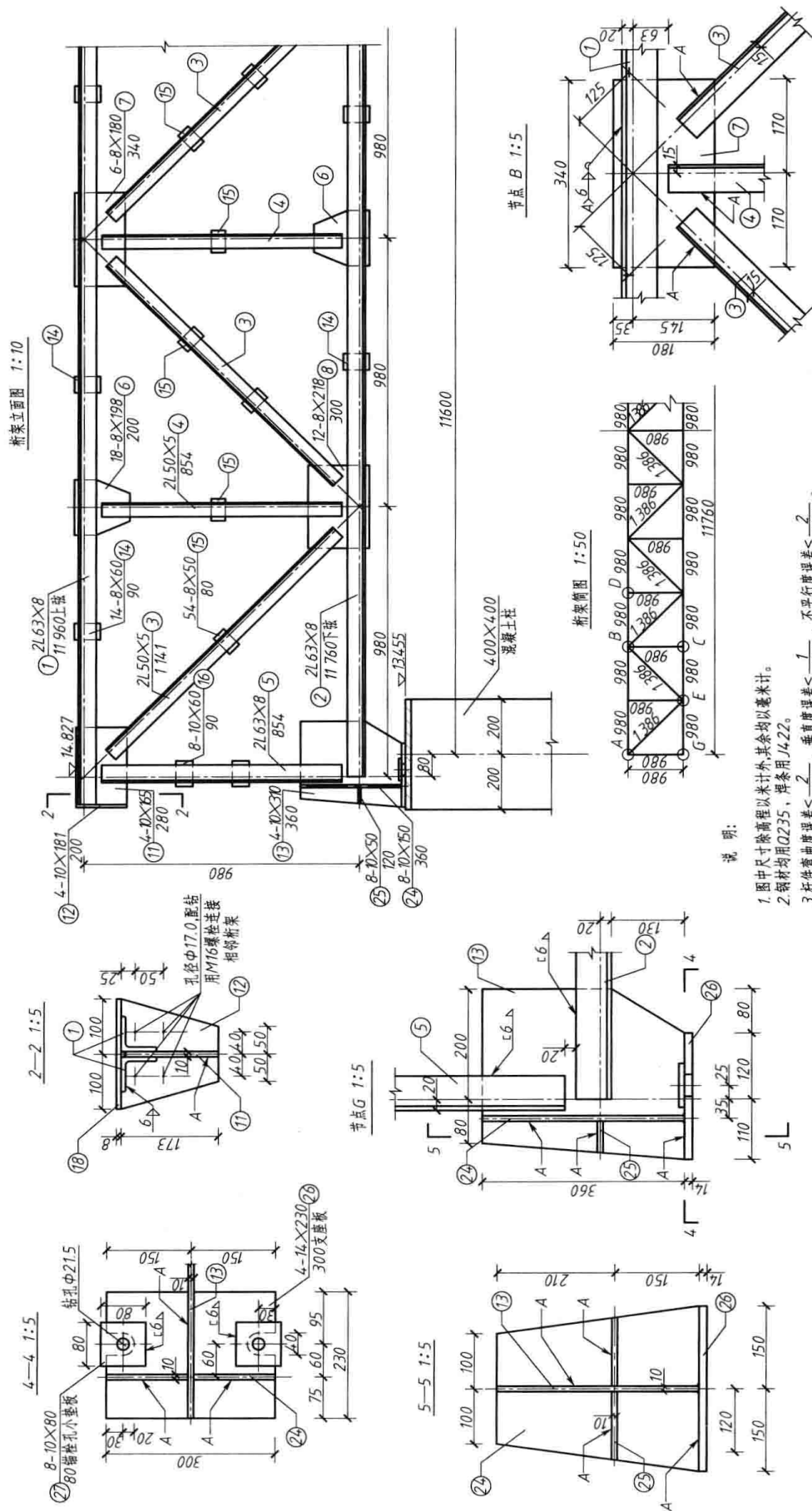


图 15.17 桁架 HT 结构详图(部分)

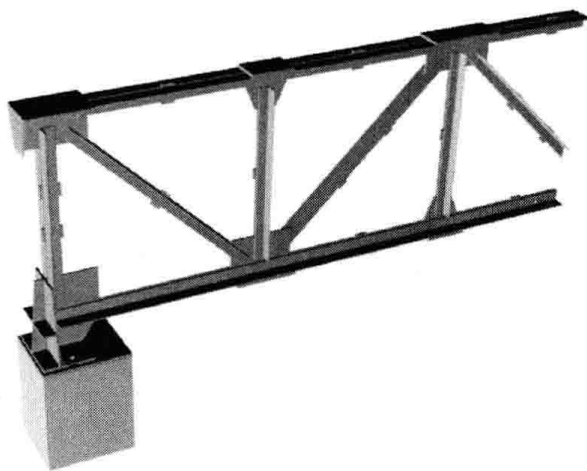


图 15.18 桁架 HT 结构立体图

思考题

1. 混凝土结构中的钢筋按其所起作用不同可分为哪几种？
2. 配筋图中的钢筋如何进行编号？钢筋为等间距布置时如何简化标注？
3. 钢结构图中焊缝符号由什么组成？如何标注焊缝？
4. 节点图如何表达，如何标注？



第 16 章

房屋建筑图

学习要点

1. 熟悉房屋施工图的分类和内容；
2. 熟悉房屋施工图中常用图例、符号和代号的意义和画法；
3. 掌握建筑平面图、立面图、剖面图的表达内容、画法要求和标注特点；
4. 熟悉建筑详图、基础图、楼层结构平面图的表达内容、标注要求；
5. 了解平法的一般表达规则和图示特点。

16.1 概 述

16.1.1 房屋的分类和组成

根据使用性质的不同,房屋建筑分为生产性建筑和非生产性建筑。生产性建筑有工业建筑(如厂房、仓库等)、农业建筑(如农机站、粮仓等)。非生产性建筑即民用建筑,有居住建筑(住宅、公寓等)、公共建筑(如写字楼、学校、影剧院等)。不论哪种建筑,虽然它们的使用要求、空间组合、外形处理等各不相同,但主要组成部分一般都有基础、墙(或柱)、楼板、地面、屋顶、楼梯、门窗等,还有一些附属构配件和设施(如台阶、阳台、雨篷、雨水管以及各种饰面和装修)等。图 16.1 为一幢二层综合办公楼的轴测剖面图,它是钢筋混凝土的框架结构。

- (1) 基础是建筑物地面以下的部分,承受建筑物的全部荷载；
- (2) 内、外墙起围护(抵抗风、雨、雪、日晒,保暖,隔热)和分隔作用,有些建筑的墙是承重的；
- (3) 梁、柱起承重和分隔作用；
- (4) 楼、地层起建筑物竖向分层及承重作用；
- (5) 屋顶起围护、防雨雪风沙、保暖、隔热作用及承重作用,屋面板下的顶棚主要起保暖、隔热作用；
- (6) 楼梯是垂直交通的设施；
- (7) 门窗起水平交通和通风采光等作用。

此外,台阶、平台、阳台、雨篷、雨水管、明沟等是房屋使用的配套结构和设施。



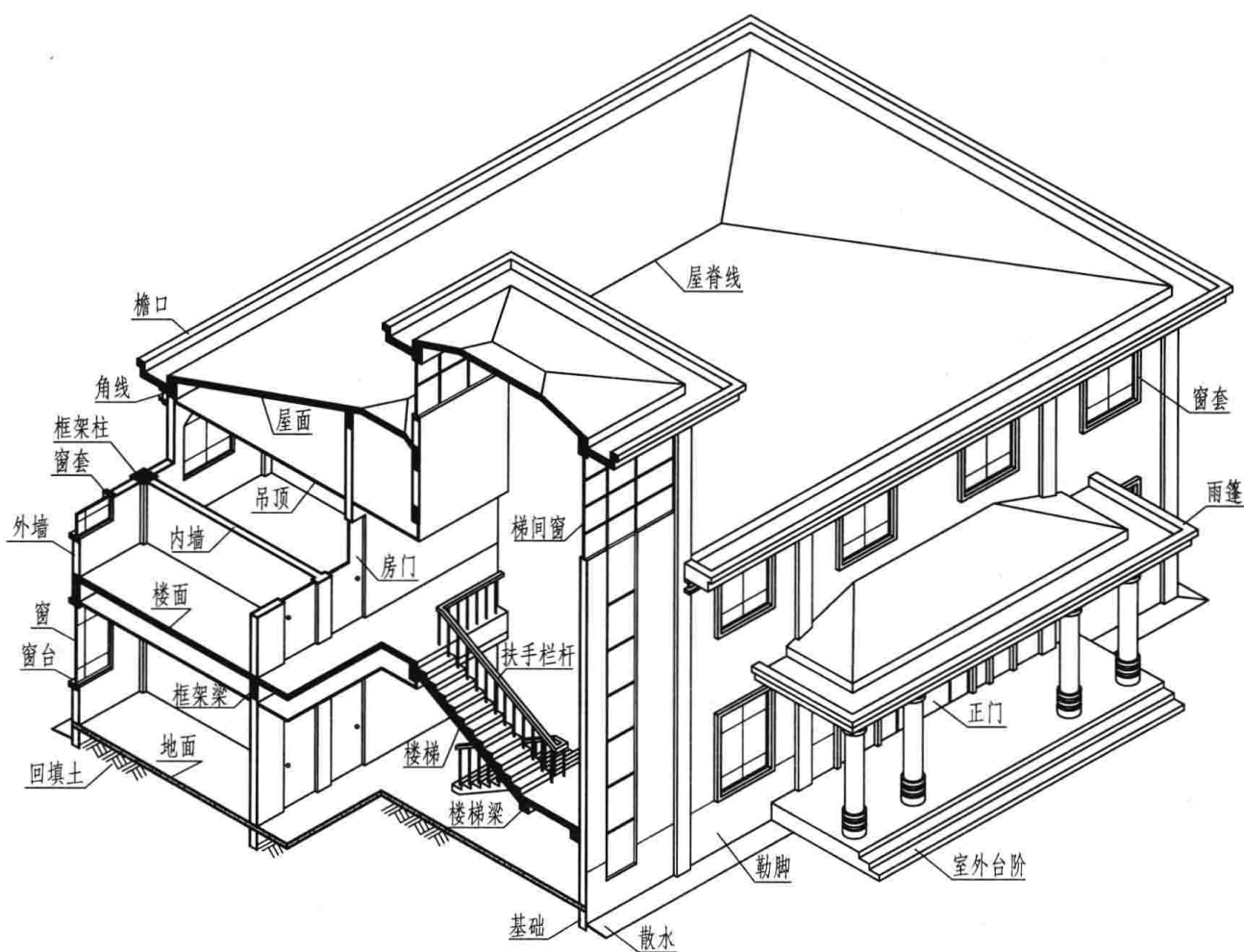


图 16.1 房屋的组成

16.1.2 房屋施工图的分类和内容

房屋的设计一般分为初步设计和施工图设计两个阶段进行。对于重要的建筑,初步设计后还要经过技术设计再进行施工图设计。初步设计阶段提出设计方案,画出初步设计图,它是用来研究和审批设计方案的图样,内容比较简略。施工图是施工图设计阶段的成果,它是直接用来指导建筑施工的图样,要求表达详尽,尺寸齐全。

一套完整的房屋施工图包括下列内容:

1. 首页图

包括图纸目录及工程总说明,如工程设计的依据、设计标准、施工要求等。

2. 建筑施工图(建施)

主要表达建筑物的内部布置、外部形状以及构造、装修、施工要求等。基本图纸有总平面图、平面图、立面图、剖面图、构造详图(如檐口详图、楼梯详图)等。

3. 结构施工图(结施)

主要表达建筑承重结构的布置、构件的类型、大小以及内部构造的作法等。基本图纸有基础平面图、楼层结构平面图、屋面结构平面图及构件详图(如基础、梁、板、柱、楼梯的详图)等。



4. 设备施工图(设施)

主要表达给水、排水、采暖、通风、电气等管线的布置、构造、安装要求等。基本图纸有各种管线的平面布置图、系统图,还有构造和安装详图等。

本章只介绍建筑施工图和结构施工图的内容及阅读施工图的方法。

16.1.3 房屋建筑图有关标准简介

为了保证房屋建筑图的画法、内容及格式等能够统一,保证符合设计、施工等要求,在绘制房屋建筑图时,必须遵守 GB/T 50001—2010《房屋建筑制图统一标准》、GB/T 50103—2010《总图制图标准》、GB/T 50104—2010《建筑制图标准》和 GB/T 50105—2010《建筑结构制图标准》等有关制图标准。这些标准与本书其他章节所引用的制图标准在许多规定上有不同之处,如图名书写在图样的下方,而前面所称的剖视图在本章中被称为剖面图等。因此,在阅读和绘制房屋施工图时应注意区别。

1. 比例

根据建筑制图标准的规定,房屋建筑图各种图样宜选用的比例见表 16.1。

表 16.1 比 例

图名	常用比例
总平面图	1 : 500 1 : 1 000 1 : 2 000
平面、立面、剖面图	1 : 50 1 : 100 1 : 150 1 : 200 1 : 300
详图	1 : 1 1 : 2 1 : 5 1 : 10 1 : 20 1 : 25 1 : 30 1 : 50

2. 图线

绘制房屋建筑图时,应选用表 16.2 中规定的图线。

表 16.2 线型及应用

线型名称	线型	线宽	用途
粗实线		b	平面图、剖面图及详图中被剖切的主要建筑构造(包括构配件)的轮廓线;立面图中的外轮廓线及构配件详图中的可见轮廓线;剖切符号
中粗实线		$0.7b$	平面图、剖面图及详图中被剖切的次要建筑构造(包括构配件)的轮廓线;平面图、立面图、剖面图中建筑物构配件的轮廓线;构配件详图中的一般轮廓线
中实线		$0.5b$	小于 $0.7b$ 的图形线、尺寸线、尺寸界线、索引符号、标高符号、地面高差分界线、粉刷线等
细实线		$0.25b$	图例填充线、家具线等
中粗虚线		$0.7b$	建筑构造详图及建筑构配件不可见轮廓线;拟建、扩建建筑物轮廓线
中虚线		$0.5b$	小于 $0.7b$ 的图形不可见轮廓线
细虚线		$0.25b$	图例填充线、家具线等



续表

线型名称	线型	线宽	用途
粗点画线	—— — —	b	起重机(吊车)轨道线
细点画线	—— · ——	$0.25b$	中心线、对称线、定位轴线
细双点画线	—— · · ——	$0.25b$	假想轮廓线,成型前原始轮廓线
折断线	—— 〰 ——	$0.25b$	断开界线
波浪线	—— 〰 ——	$0.25b$	断开界线、构造层次的断开界线

图线的宽度 b ,宜从 1.4 mm、1.0 mm、0.7 mm、0.5 mm、0.35 mm、0.25 mm、0.18 mm、0.13 mm 线宽系列中选取。每个图样,应根据复杂程度与比例大小,先选定基本线宽 b ,再选用表 16.3 中相应的线宽组。地坪线的线宽,可用 $1.4b$ 。

在绘制较简单图样时,可采用两种线宽的线宽组,即 b 和 $0.25b$ 。

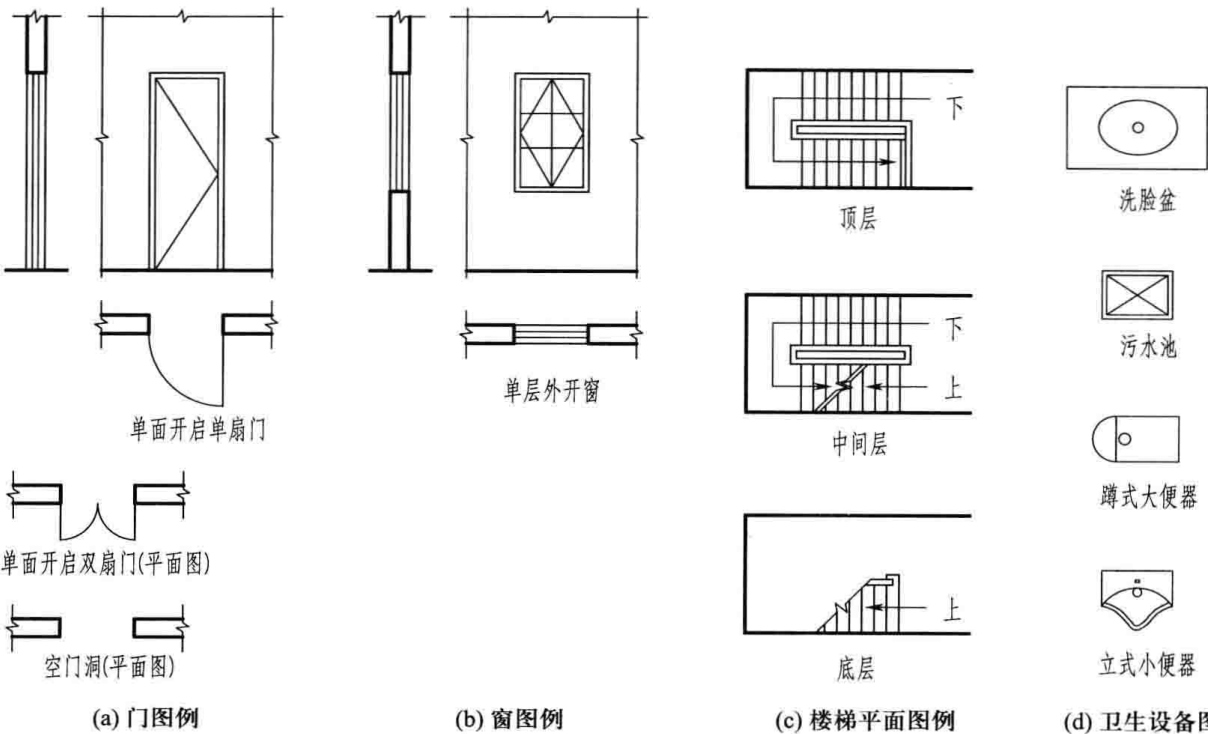
表 16.3 线 宽 组

mm

线宽比	线宽组				线宽比	线宽组			
b	1.4	1.0	0.7	0.5	$0.5b$	0.7	0.5	0.35	0.25
$0.7b$	1.0	0.7	0.5	0.35	$0.25b$	0.35	0.25	0.18	0.13

3. 图例

由于房屋的平面、立面、剖面图所采用的比例较小,许多复杂的构造和配件可用图例或用规定的符号代替。常用建筑构配件图例如图 16.2 所示,其他图例可参阅建筑制图标准。



说明:门窗的立面形式应按实际情况绘制,平面图上的门线应 90°、60°或 45°开启,开启弧线宜画出,立面图上的开启线,在一般设计图中可不表示。

图 16.2 图例



4. 标高符号

在房屋建筑图上,经常用标高表示某一部位的高度。标高符号如图 16.3 所示。标高数值以米为单位,保留 3 位小数(总平面图中保留 2 位小数)。把首层室内地面定为相对标高的零点(总平面图中标注以标准海平面为零点的绝对标高),低于零点的标高为负数(如:-0.450),高于零点的标高为正数。

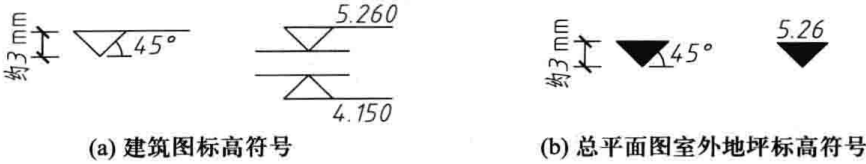


图 16.3 标高符号

5. 详图索引符号与详图符号

在建筑图中,对某些局部结构或构件,常要画出详图。为了方便施工时查阅,用索引符号加以标明,并在详图上注明详图符号。详图索引符号及详图符号的标注方法如表 16.4 所示。

表 16.4 详图索引符号与详图符号

分类	图例	说明	备注
详图索引符号		5 详图编号 —— 详图在本张图纸	1. 圆为细实线,直径为 8~10mm 2. 用于剖面、断面详图的索引符号,其引出线所在的一侧为剖面、断面图的投射方向。表中所列为从下向上投射
		5 详图编号 2 详图所在图纸编号	
		J103 标准图册编号 5 详图编号 2 详图所在图纸编号	
		2 剖面、断面详图编号 —— 剖面、断面详图在本张图纸	
		3 剖面、断面详图编号 4 剖面、断面详图所在图纸编号	
详图符号		5 详图编号 与被索引图样同在一张图纸时	圆为粗实线,直径为 14 mm
		6 详图编号 3 被索引图纸编号 与被索引图样不在同一张图纸时	



16.2 建筑施工图

16.2.1 总平面图

总平面图是用图例等绘制的水平投影图,主要画出拟建房屋所在地的总体布局及其与原有建筑物、道路的位置关系、朝向、标高,以及该区域的地形地貌、周围环境等,是施工放样的重要依据。图中尺寸标注以米为单位,如图 16.4 所示,用粗实线画的图形是拟建房屋的底层平面轮廓,用细实线画的是原有的房屋、道路,图形中的小黑点数表示房屋的层数(也可用数字表示),在原有房屋上标有符号“×”的为需拆除的房屋。图中的建筑物等应注写其名称,还要画出指北针或风玫瑰(风向频率)图,以表示建筑物的方位和该地区常年风向频率。

房屋建筑图中,图名一般书写在图样的下方。

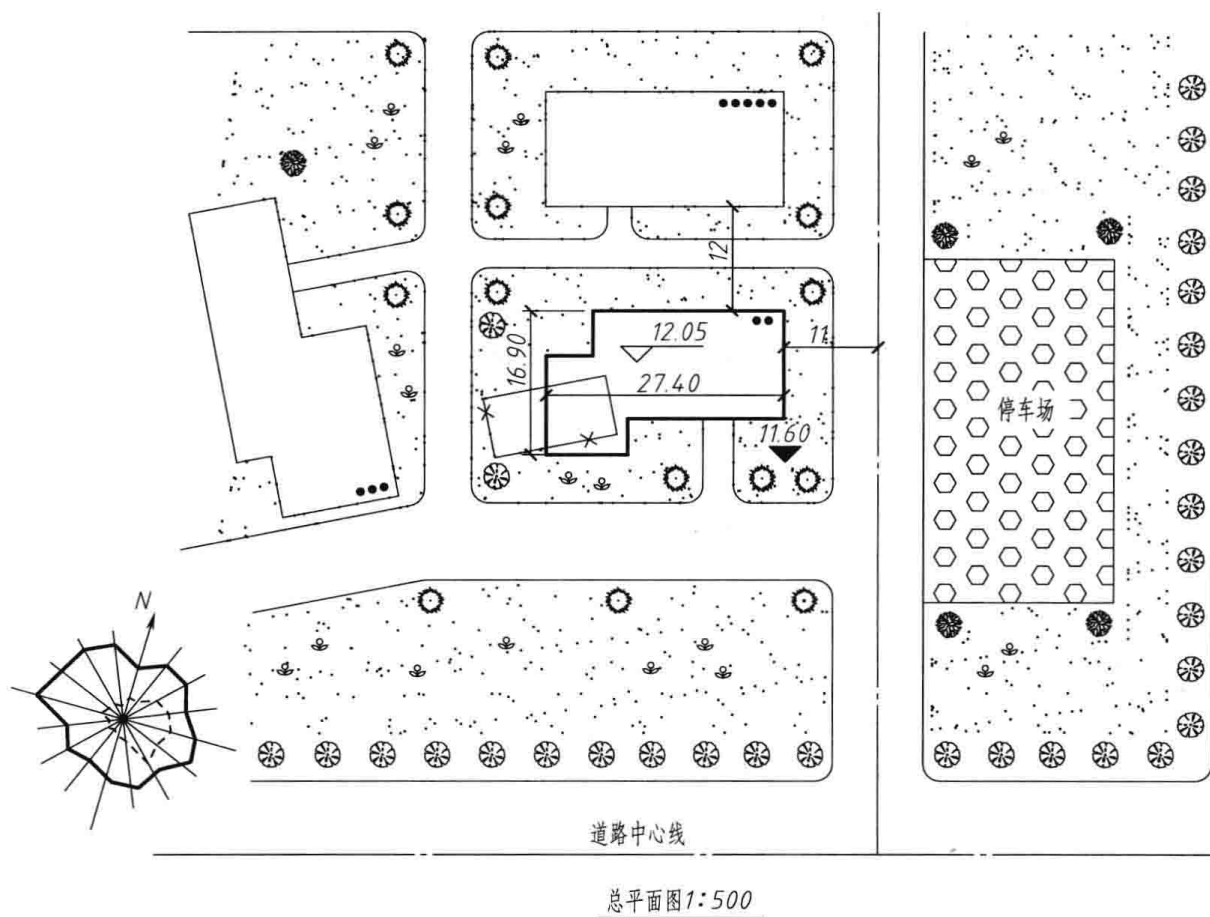
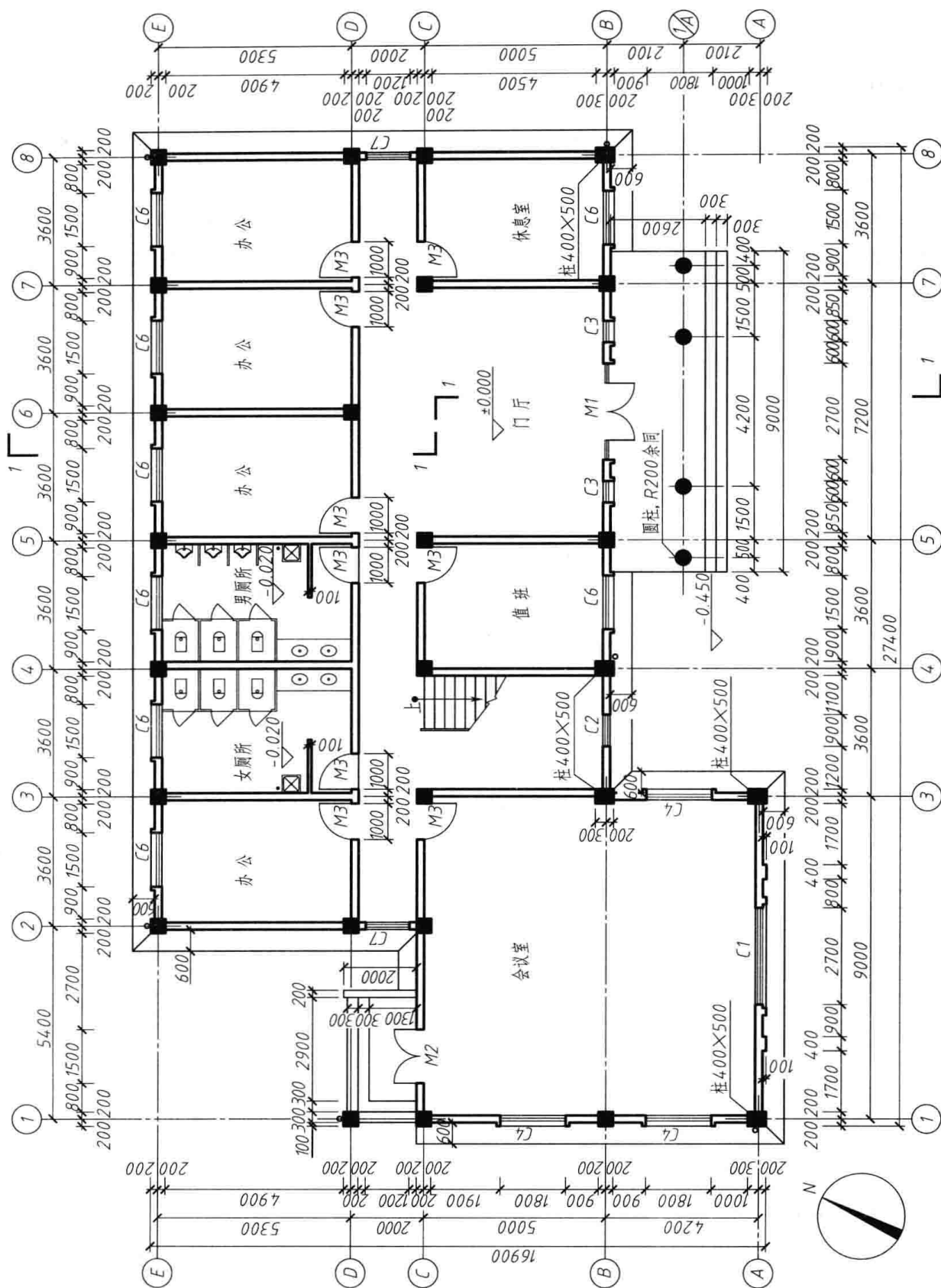


图 16.4 总平面图

16.2.2 建筑平面图

建筑平面图是假想用水平面作剖切平面,沿门窗洞的位置把房屋剖开,将剖切平面以下的部分从上往下投射得到的视图,如图 16.5 所示。它反映出房屋的平面形状、大小,房间的布局,墙、柱的位置、尺寸和材料,门窗的类型和位置等情况,是房屋建筑施工图中最重要的图样。





首层平面图 1:100

注: 除注明外, 墙厚为 200, 柱尺寸为 400x400

图 16.5 首层平面图

当绘图比例小于 1:50 时,不画剖面线(建筑材料图例)。

在多层建筑中,一般应画出首层平面图、中间各层平面图、顶层平面图,并注明相应的图名,图 16.6 是办公楼的二层平面图。如各中间层平面布置完全相同时,可合用同一个平面图。比较复杂的房屋,还应画出屋顶平面图,见图 16.7。

在房屋的平面图中,为了便于施工时定位放线和查阅图样,墙或柱的轴线应进行编号,如图 16.5 所示。编号的方法是把墙或柱的中心线引出,在其端部用细线画一直径为 8~10 mm 的圆,并在圆内注写编号。根据建筑制图标准的规定,横向的编号采用阿拉伯数字 1、2、3…由左向右依次注写,竖向的编号采用大写拉丁字母 A、B、C…由下而上顺序注写。但拉丁字母中的 I、O、Z 不得用于轴线编号,以免与数字 1、0、2 相混淆。

建筑平面图、立面图和剖面图通常采用相同比例,常用的比例为 1:100、1:200。

建筑图上的尺寸单位,除标高单位以米计外,其余尺寸单位一律以毫米计。

在首层平面图中,外墙通常标注三道尺寸:

最外一道尺寸是房屋的总长和总宽的尺寸,可用以计算房屋的占地面积等;

第二道尺寸是墙、柱轴线间的尺寸,用以说明房间的开间和进深;

第三道尺寸是外墙的细部尺寸,用来表示门、窗洞的宽度和位置等。

室内通常注有墙身厚度及房间的净长和净宽,内门的宽度和位置,以及其他细部尺寸。此外,还应注出室内各处地面的标高(首层室内主要地面标高定为 ± 0.000),首层平面图加注室外地坪的标高。

其他各层平面图上,除标注出轴线间尺寸和总尺寸外,与底层平面图相同的细部尺寸均可省略。

16.2.3 建筑立面图

房屋的外观视图在房屋建筑图中称为立面图,比较复杂的房屋可以有前、后、左、右等多方向的视图。有定位轴线时,宜根据两端定位轴线号标注立面图名称,如①~⑧立面图,Ⓐ~Ⓔ立面图等。无定位轴线的建筑物,可按平面图的方向(房屋的朝向)确定名称,如东、南、西、北立面图。图 16.8 和图 16.9 分别是图 16.1 所示房屋的①~⑧、Ⓐ~Ⓔ立面图。立面图主要表示房屋的外部形状、立面装修要求、阳台与门窗的形式和位置等。

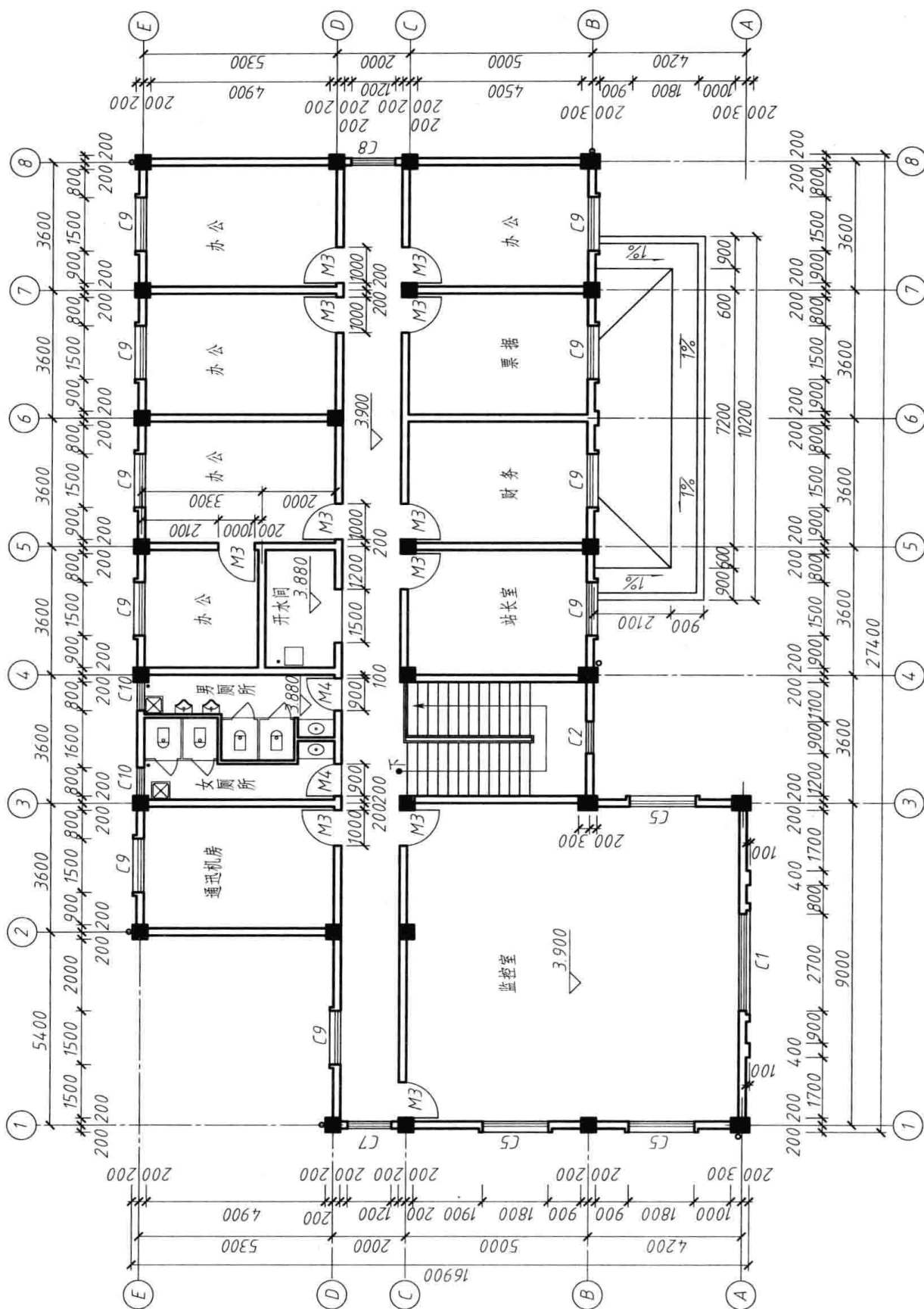
在立面图上,一般只注写相对标高,不注写大小尺寸。通常要注出室外地坪、台阶、窗台、门窗洞顶、阳台、雨篷、檐口及屋顶等主要部位的标高,如图 16.8 所示。

16.2.4 建筑剖面图

房屋剖面图是假想用平行于房屋某墙面的铅垂剖切平面(一般是横向),从屋顶到基础把房屋剖切后画出的,如图 16.10 所示的 I—I 剖面图。它主要用来表示房屋的内部构造、分层情况、各部位之间的连接及高度等。剖切位置一般在房屋内部主要部位和构造比较复杂的地方(如剖切平面通过门窗洞、楼梯间)。剖面图的数量应根据房屋图的复杂程度而定。在剖面图中一般不画出基础(基础在结构施工图中表达)。

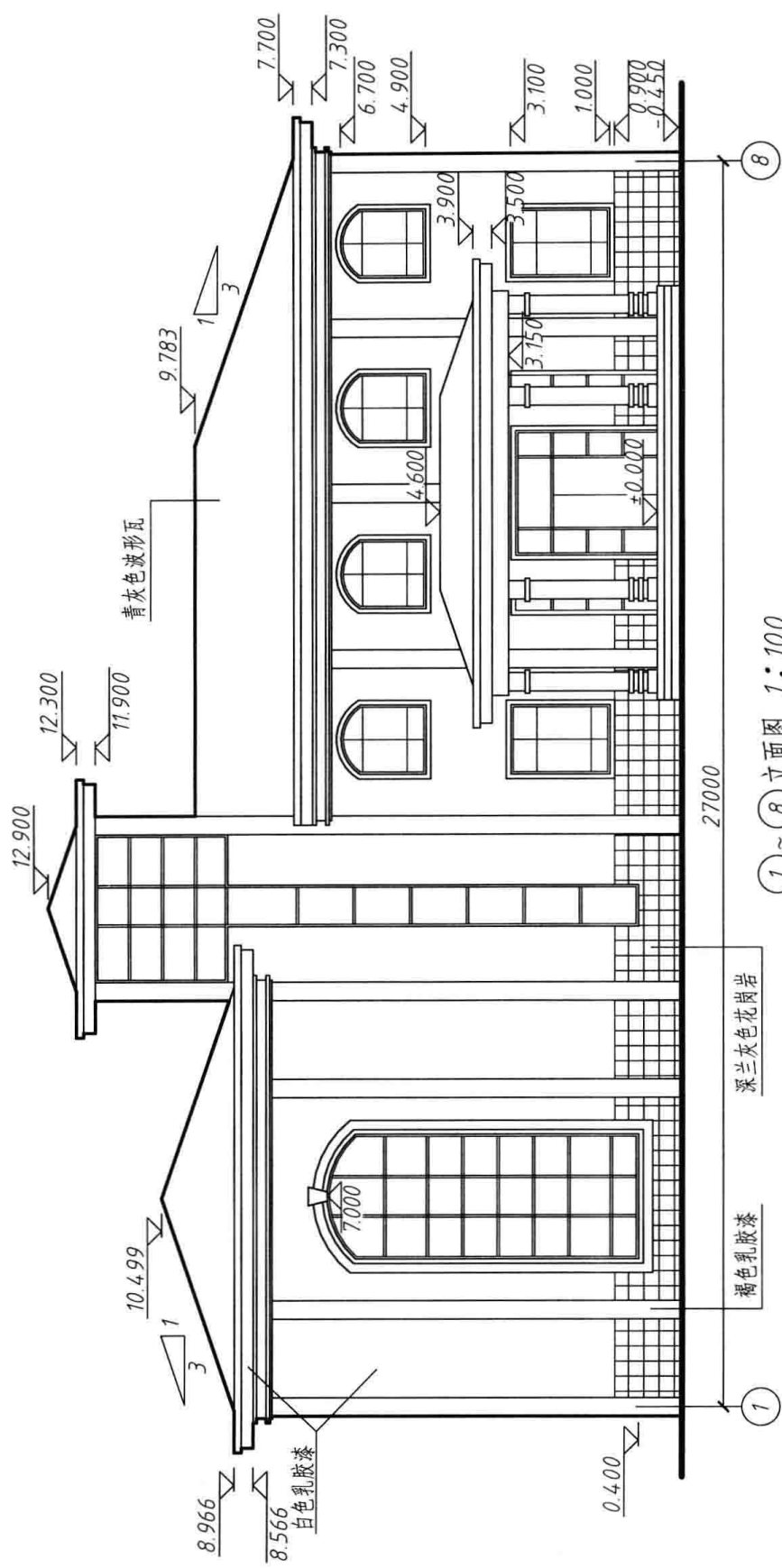
在剖面图上,外部一般应注出室外地坪、勒脚、窗台、门窗洞顶及檐口等处的标高和大小尺寸。内部应注出首层地面(标高为 ± 0.000)、各层楼面、楼梯平台等标高,如图 16.10 所示。





二层平面图 1:100

图 16.6 二层平面图



①~⑧ 立面图 1:100

图 16.8 ①~⑧建筑立面图



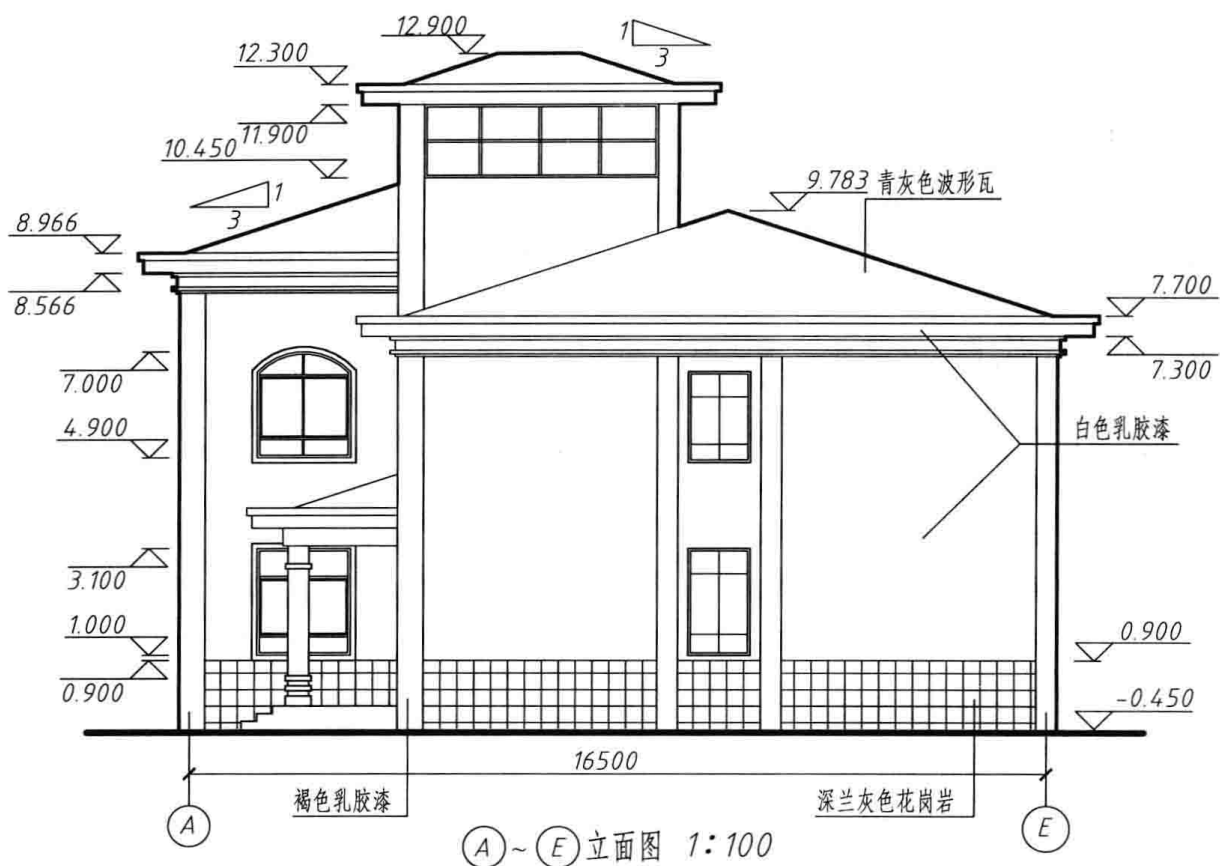


图 16.9 ①~⑤建筑立面图

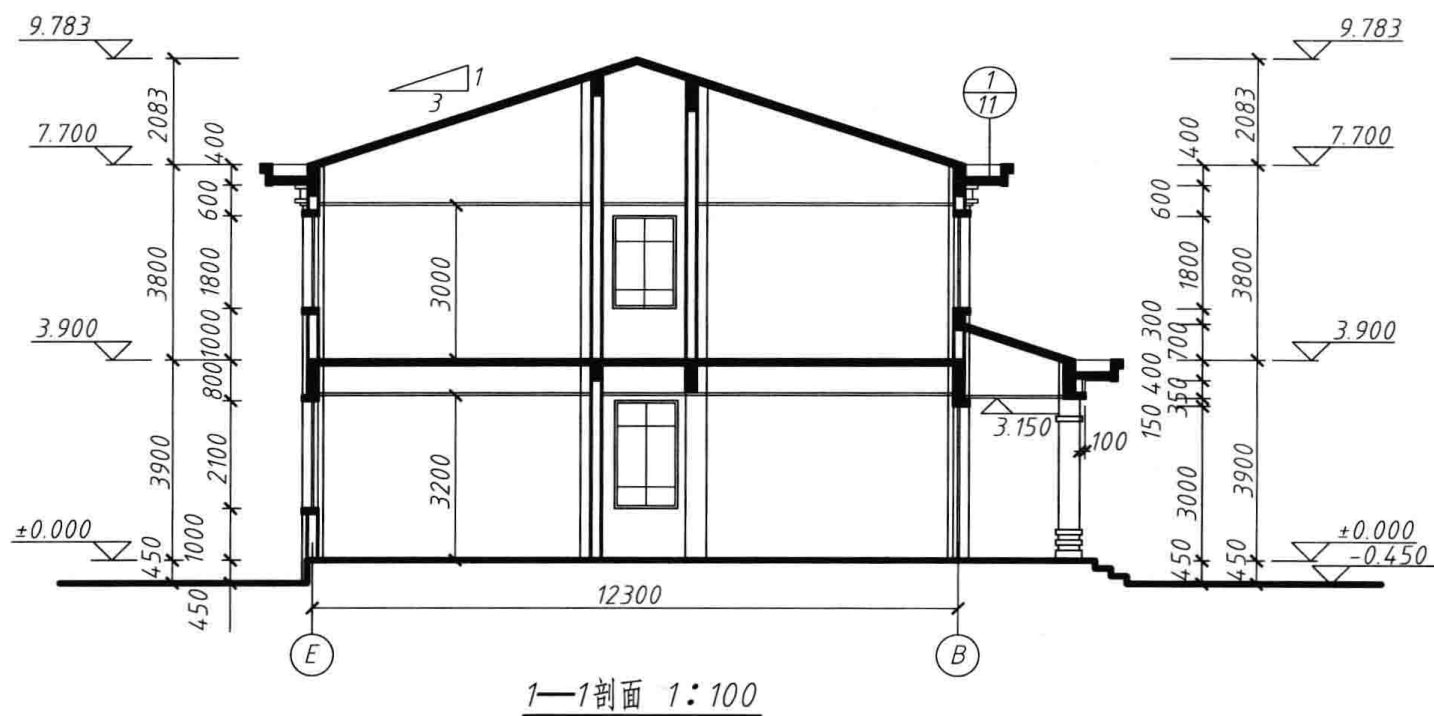


图 16.10 建筑剖面图



16.2.5 建筑详图

详图可采用视图、剖面图或断面图表示,根据细部构造复杂程度不同,有时只需用一个视图,有时需要几个视图。当仅表示局部构造时,详图一般采用折断画法。

一套图纸应画多少详图要根据实际情况而定,本节仅选画几个主要的详图供阅读。



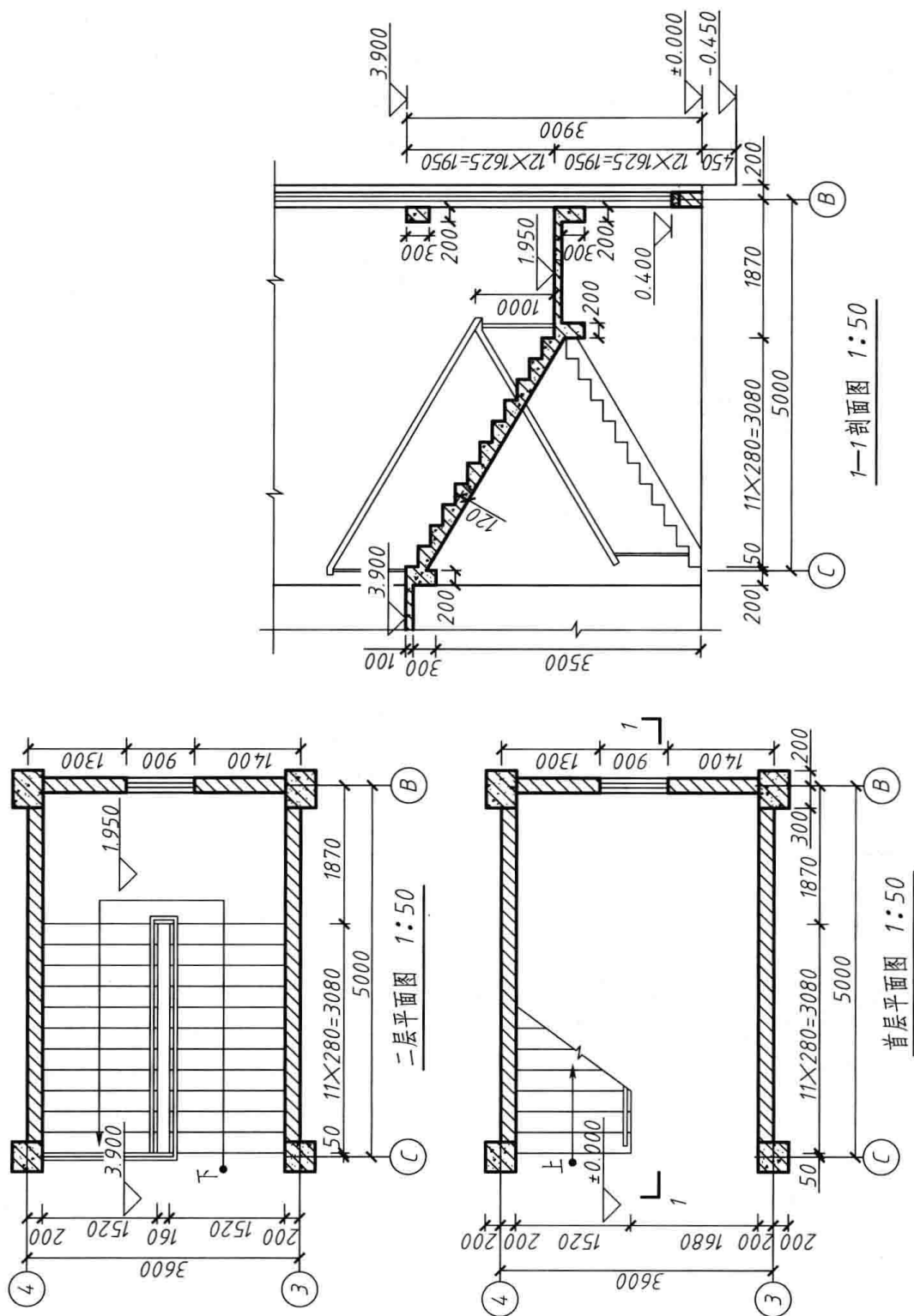


图 16.12 楼梯详图



16.3 结构施工图

在房屋的施工图设计阶段,要根据房屋的建筑要求进行结构选型和构件布置。然后通过对结构的受力分析,进行力学计算确定各承重构件的材料、钢筋的配置等,并将结果绘制成结构施工图。在结构施工图中,为了图示简明扼要,常用代号表示构件的名称,见表 16.5 (GB/T 50105—2010《建筑结构制图标准》)。下面介绍主要的建筑施工图——基础图及楼层结构平面图。

表 16.5 常用构件代号

序号	名 称	代号	序号	名 称	代号	序号	名 称	代号
1	板	B	11	过梁	GL	21	柱	Z
2	屋面板	WB	12	联系梁	LL	22	框架柱	KZ
3	空心板	KB	13	基础梁	JL	23	构造柱	GZ
4	楼梯板	TB	14	楼梯梁	TL	24	桩	ZH
5	挡雨板或檐口板	YB	15	框架梁	KL	25	挡土墙	DQ
6	墙板	QB	16	框支梁	KZL	26	梯	T
7	梁	L	17	屋面框架梁	WKL	27	雨篷	YP
8	屋面梁	WL	18	檩条	LT	28	阳台	YT
9	吊车梁	DL	19	屋架	WJ	29	预埋件	M
10	圈梁	QL	20	框架	KJ	30	基础	J

16.3.1 基础图

基础是在建筑物地面以下承受房屋全部荷载的构件。基础图是开挖基坑和基础施工的依据,它包括基础平面图和基础详图。基础平面图是假想用—个水平面沿着地平面将房屋剖切开,将剖切平面以下的部分从上向下投射得到的剖面图。图中用粗实线画出剖切到的基础墙、柱,用中实线画出可见的基础轮廓、基础梁等,用细实线画出其他结构,同时还要绘出轴线、注写编号、标注各部位相应尺寸、剖面详图位置等,如图 16.13 所示。

基础结构详图实际上是基础的垂直断面图和平面图,它表达基础各部分形状、大小、材料、构造及埋置深度等,见图 16.14 和图 16.15。

16.3.2 楼层结构平面图

楼层结构平面图是假想用水平剖切平面沿着楼板面将房屋剖开后所作的水平投影,用以表达每层的梁、板、柱、墙等承重构件的平面布置,以及现浇楼板的构造与配筋,如图 16.16 所示(图



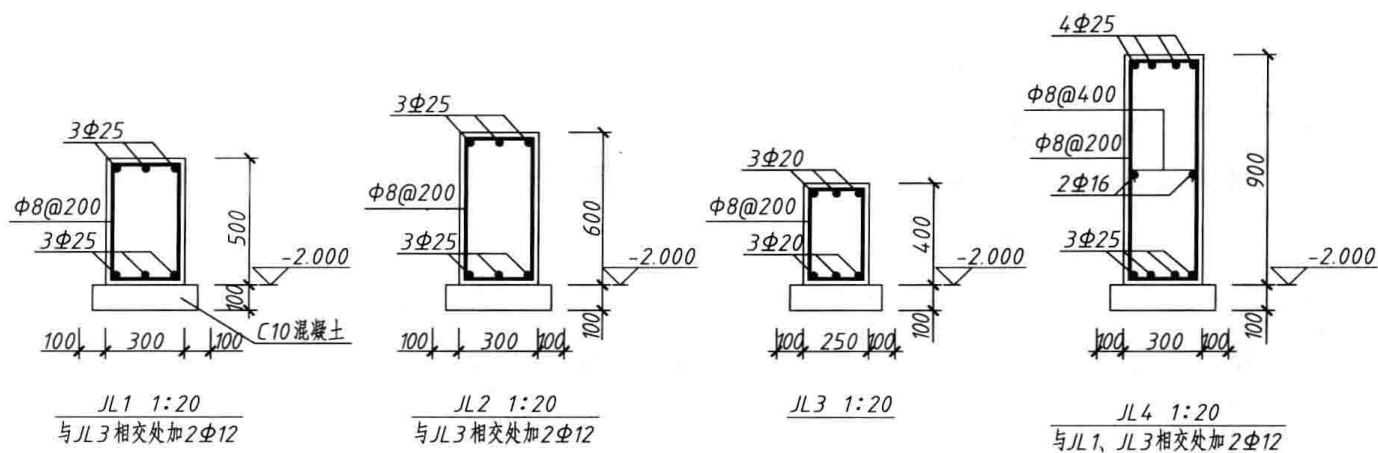


图 16.14 基础梁断面图

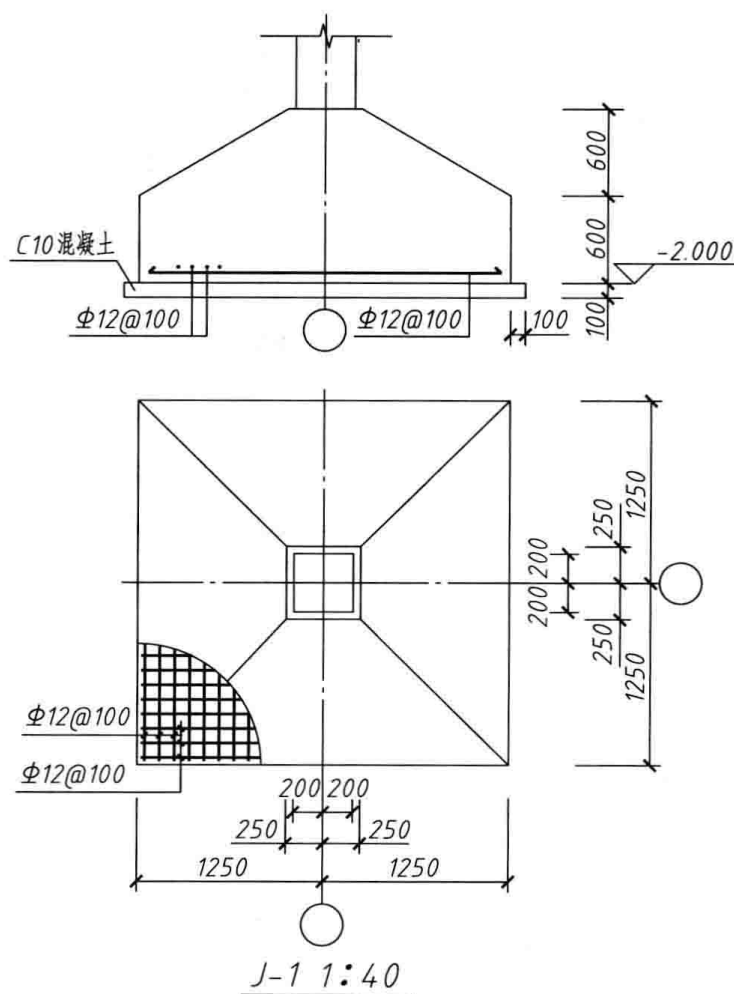


图 16.15 基础结构详图



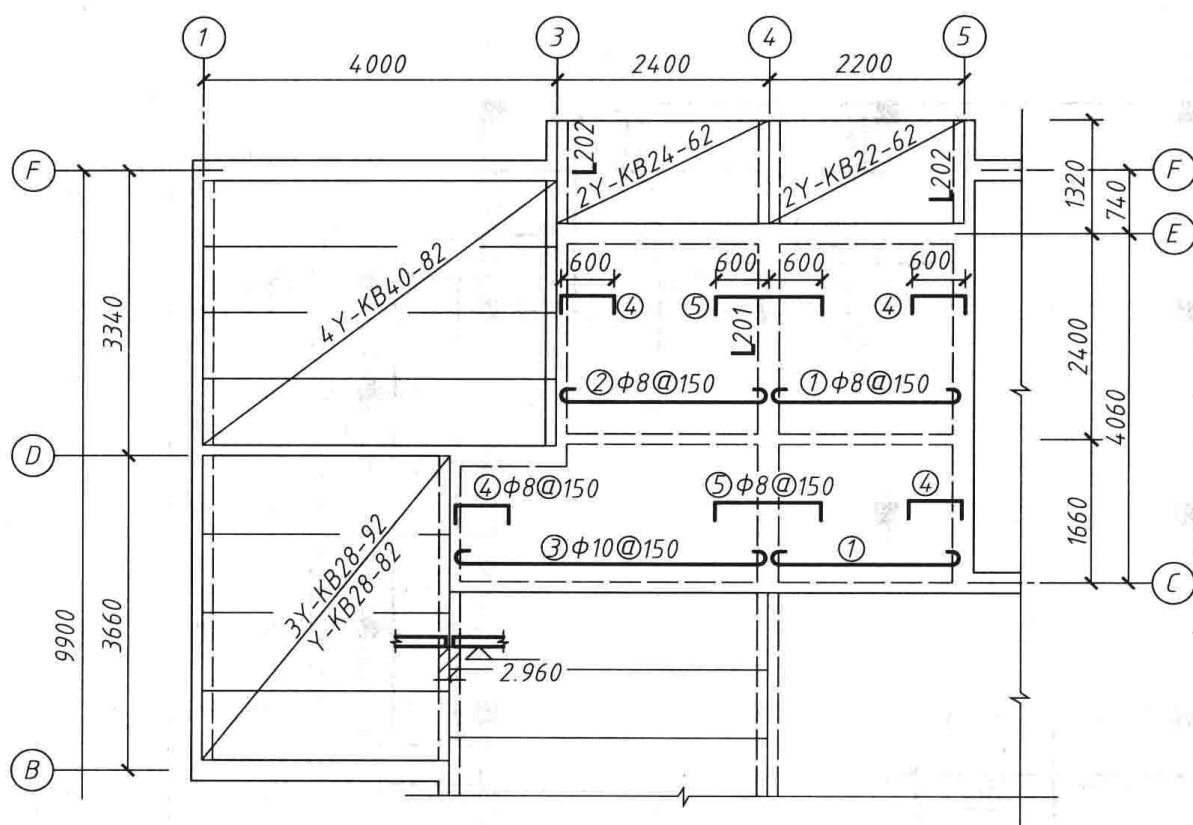


图 16.16 房屋二层结构平面图(局部)

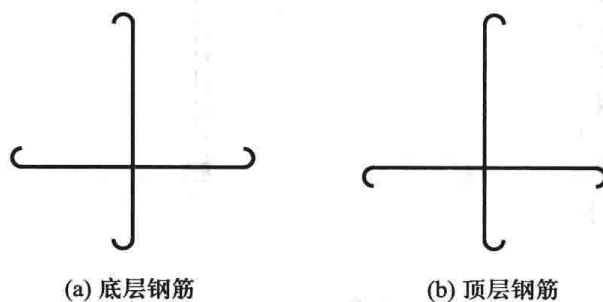
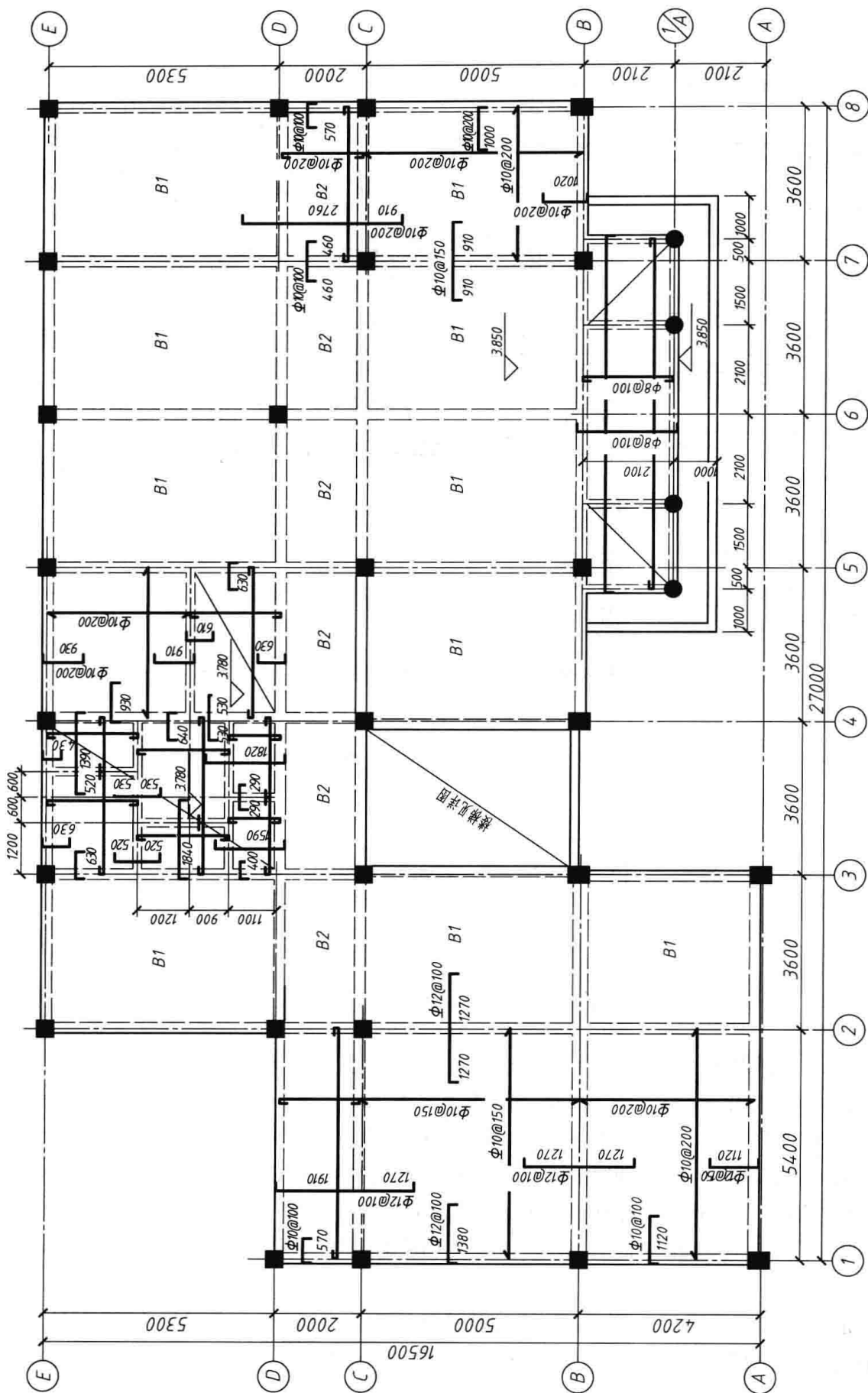


图 16.17 板的钢筋画法

中一般用代号表示承重构件)。楼板分预制和现浇,要求表达的内容不同。预制楼板要注明跨度方向、代号、型号或编号、数量等,并用一对角线(细实线)表示预制楼板布置范围。如图 16.16 中的 3Y—KB28—92,其中 3 表示板的数量,Y—KB 表示预应力空心板,28 表示板跨(长)为 2 800 mm,92 表示板宽为 900 mm、荷载等级为 2 级。通常还画出局部断面图,以表示预制板与梁(墙)的搭接情况及板底标高。现浇板要注明钢筋的配置,一般每种钢筋只画出一根,表示放置的方向,以及放在板的顶层还是底层(图 16.17),并注明钢筋的规格和间距或数量。

图 16.18 是办公楼的二楼结构平面图,其楼板是整体现浇的,这是工程中广泛应用的结构形式。在结构平面图中,配筋相同的板,只需要画出一块板的钢筋,如图 16.18 中的板 B1 和 B2。





注：图中未注明钢筋为Φ8@150

二层结构平面图 1:100

图 16.18 二层结构平面

16.3.3 结构施工图的平面整体表示方法

平面整体表示方法(简称“平法”)的表达方式是:把结构施工图中的结构构件尺寸和钢筋配置等,整体直接表达在该构件的结构平面布置图上,再配合标准构件详图,组成完整的结构施工图。表达方法和标准构件详图详见由建设部批准的《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(图集号 11G101—1)。

图 16.19 是采用平面整体表示方法绘制的一根框架梁的配筋图,图 16.20 是采用平面整体表示方法绘制的办公楼的二楼梁配筋图。梁的平面整体表示方法的标注包括两部分:集中标注和原位标注。

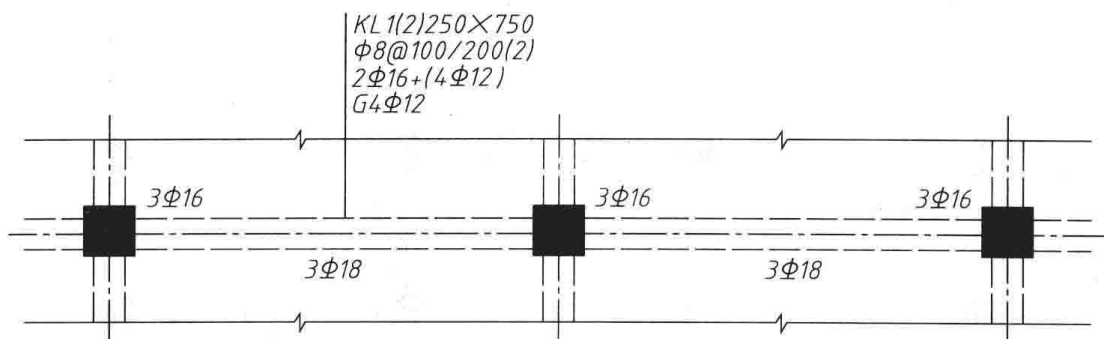


图 16.19 梁的平面整体表示方法

集中标注采用引出标注方式表达梁的通用数据。其中第一排数字注明梁的编号和断面尺寸:KL1(2)250×750 表示这是框架梁,编号为 1,共有 2 跨(括号内的数字 2),梁的断面尺寸是 250×750。第二排数字注写箍筋配置:Φ8@100/200(2)表示箍筋为 Φ8 的 HPB 300 钢筋,靠近支座处的加密区间距为 100,非加密区间距为 200,均为 2 肢箍。第三排数字 2Φ16+(4Φ12),表示上部贯通筋配置 2 根直径为 16 的 HRB 335 钢筋,架立筋(构造筋)为 4 根直径为 12 的 HRB 335 钢筋(括号内的数据)。第四排 G4Φ12,表示梁的两侧共配置 4Φ12 的纵向构造钢筋。

如果梁的上部和下部均配有贯通筋,且各跨均相同,可以统一标注在第三排上。如图 16.20 中框架梁 KL19 标注中的“2Φ16;3Φ16”,分号“;”前面的数据表示上部配置 2Φ16 的贯通筋,分号后面的数据表示下部配置 3Φ16 的贯通筋。框架梁 KL8 标注中的“N2Φ14”表示梁的两侧共配置 2Φ14 的受扭纵向钢筋。

当梁的钢筋在局部有变化时,则将这些钢筋数据直接标注在该部位上,即原位标注。图 16.19 中在梁的支座处标注的 3Φ16,表示在梁的该支座处上部配置 3Φ16 的支座钢筋。跨中的 3Φ18 表示梁底部配置 3Φ18 的纵筋,但不是贯通筋。图 16.20 轴线⑤和轴线 E 处标注的“5Φ20 3/2”,表示此处配置 5Φ20 的钢筋,分两排放置,第一排为 3 根、第二排为 2 根钢筋。

图 16.21 是采用平面整体表示方法绘制的框架柱(KZ)的配筋图。标注方法与梁的标注基本相同。其中括号内数据(8.916)、(12.300)等表示柱顶标高。





柱配筋平面图 1:100

图 16.21 柱配筋平面图



16.4 房屋建筑图的阅读

阅读施工图的目的是了解房屋的使用性质、构造、组成、平面布置、房间的大小和层数、水平和垂直交通情况,以及所使用的材料、施工方法等等。

一套房屋施工图纸,往往有许多图纸。一般来说,读图首先要按目录顺序,粗略地通读一遍,对房屋的建设地点、周围环境,建筑的形状、大小、形式等有一个概括的了解。然后,按“建施”、“结施”和“设施”的顺序深入地阅读。阅读时,应按先整体后局部,先文字说明后图样,先图形后尺寸的方式认真仔细阅读,最后加以综合,获得房屋的完整构造。

阅读时还应特别注意图样间的相互关系,要配合起来读。

本章所涉及的施工图是某综合办公楼(图 16.1)的主要图纸(已经简化),读者可试读一下。

思考题

1. 房屋施工图包括哪些内容?
2. 建筑施工图有哪些基本图样?
3. 建筑平面图是怎样产生的,首层平面图上有哪些内容,轴线是如何编号的,需要标注哪些尺寸?
4. 建筑立面图、剖面图分别表达房屋结构的哪些内容? 尺寸如何标注?
5. 基础图和楼层结构平面图分别包括哪些内容,各有什么特点?



第 17 章

机 械 图

学习要点

1. 了解零、部件的结构工艺,零件图中的技术要求等;
2. 了解机械中的常用标准,学习查阅机械图有关标准;
3. 掌握机械的一些常用件的构造、规定画法和注写要求;
4. 了解装配图的主要内容和阅读方法。

17.1 概 述

机械是很多行业都要用的设备,水利工程也离不开机械设备。机械设备的选型、设计、安装、维修都需要阅读及绘制机械图。因此,作为水利工程技术人员,应当掌握机械制图的基本知识。

一台机器是由若干部件组装而成的,部件又是由若干零件按一定的要求装配起来的,如图 17.1 所示的滑轮。表示整台机器或部件的图样称为装配图,如图 17.2 为滑轮的装配图。表示单个零件的图样称为零件图,如图 17.3 为滑轮底座的零件图。

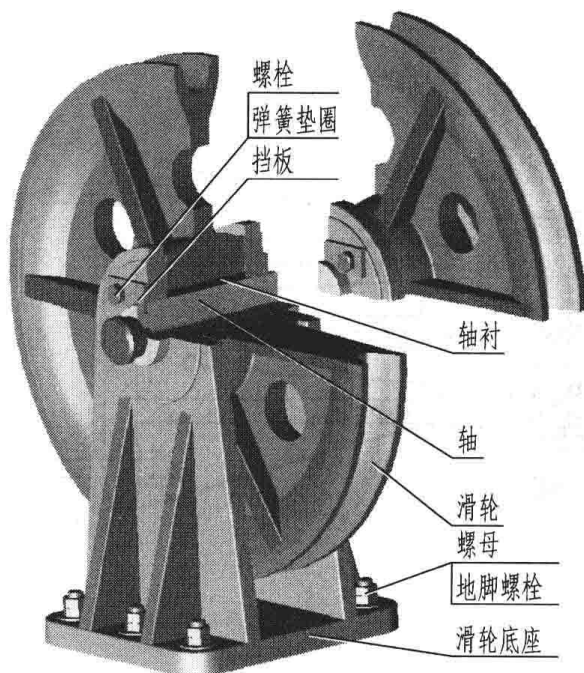


图 17.1 滑轮立体图



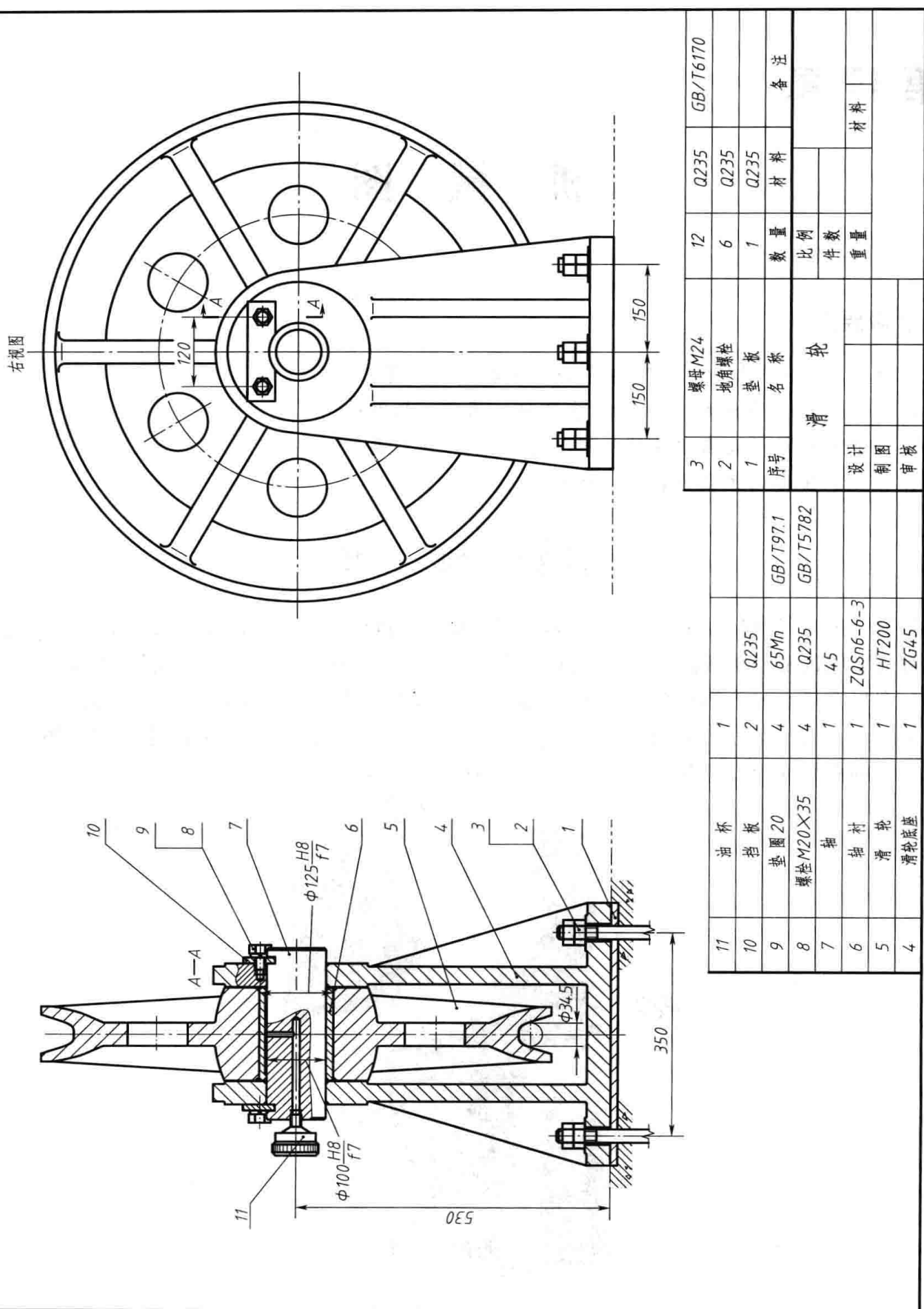


图 17.2 滑轮装配图

装配图、零件图是机械设计、制造中两种主要的图样。绘制时,应当遵守机械制图国家标准和有关规定。学习机械图,应注意的是不少机械零、部件均已标准化,如:螺栓、螺母、垫片、弹簧、轴承等,都有各自的代号和规定画法;机械图的视图名称、标注等也与水利图,建筑图不同;还有其特有的一些表达方法。阅读或绘制机械图,应注意查阅有关机械设计、机械零件手册及机械制图国家标准。

17.2 零件图

17.2.1 零件图的内容

一张完整的零件图,应包括下列基本内容,如图 17.3 所示:

- (1) 一组视图——用以完整清晰地表达零件内、外部形状和结构。需要注出图名时,通常注写在视图的上方。
- (2) 一组尺寸——用以完全地确定零件的大小及各组成部分的位置。
- (3) 技术要求——用规定的代(符)号、文字等简明、准确地给出零件应达到的一些技术要求,包括表面结构、极限与配合等。
- (4) 标题栏——列出零件的名称、数量、材料、绘图比例、图号等。

17.2.2 零件图的视图选择

机械零件种类繁多,表达各类零件也各有特点。在表达零件之前,要分析零件的结构形状,了解零件在机器或部件中的位置、作用,从便于读图的角度选择一组视图(包括剖视图、断面图等),完整、清晰地表达零件形状。下面以图 17.2 所示滑轮的几个零件图为例,说明零件图的视图表达方案的选择。

1. 轴类零件

图 17.4 是滑轮中 7 号零件轴的一组视图。轴类零件主要是以同轴圆柱体组合而成,加工时,轴线一般处于水平位置。由图 17.2 可看出,该轴的工作位置也是水平的,故选择轴类零件的视图时,一般都把轴线放成水平位置,选一个非圆方向的视图作主视图,再配上剖视图和各断面的断面图。如图 17.4 所示,为了表示轴中的油孔,主视图采用局部剖视,将油孔形状、位置表达清楚;再画出挡板槽处的 A—A 剖视图,表示该处断面形状,该轴的形状就可以确定。

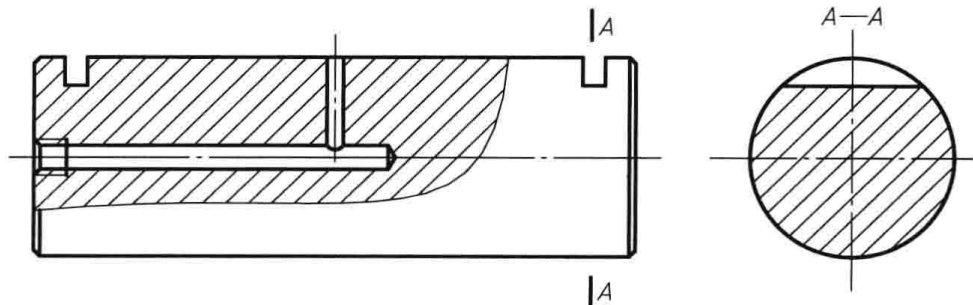


图 17.4 轴的视图表达



2. 盘类零件

图 17.5 是滑轮零件图。滑轮为盘类零件,这类零件的主视图,通常是把轴线水平放置,选择非圆视图为主视图,常用剖视图表示。这样主视图层次分明,显示了各部分的厚度、形状及相对位置,并且也符合它主要的加工位置。

盘盖类零件大多是回转体,而且还经常带有各种形状的凸缘,均布的圆孔和肋等结构。所以仅一个主视图还不能完整的表达零件,通常需要配置其他视图。图 17.5 中,滑轮配置了左视图。由于滑轮轮槽部分较复杂,增加局部放大图,进一步表达该部分形状及尺寸。局部放大图用细实线圆圈出放大部位。在局部放大图上方,注出局部放大图与实物的比例。

3. 架座类零件

图 17.3 所示滑轮底座是一个架座类零件,用来支承和包容运动零件。一般这类零件的形状结构较复杂,加工位置变化也多,在选择主视图时,主要从工作位置及形状特征来考虑。一般为了便于读图,这类零件的主视图方向与其在装配图中主视图的方向一致。

图 17.3 中滑轮底座的主视图全剖,显示了支承板、底板、凸台的厚度及孔深,肋板的形状;俯视图主要反映底板形状和肋板位置;左视图反映支承板形状和挡板槽螺孔位置。

17.2.3 零件图的尺寸标注

零件图的尺寸标注,不仅要求尺寸完整,布置清晰,符合注写尺寸的基本规则,还要求标注合理。机械图中标注尺寸,尺寸界线要从轮廓线引出,线性尺寸的尺寸线终端一般画箭头。

1. 尺寸基准

合理地标注尺寸的关键在于选择尺寸基准。尺寸基准是设计和制造零件时定位和测量的依据,也是安装时确定零件间相对位置的依据。要选择好尺寸基准必须对零件进行结构和形体分析,同时还要了解零件在机器中的作用及装配关系等对零件提出的各方面要求。因此,合理地选择尺寸基准并标注尺寸,需要有丰富的机械零件设计与加工的知识和实践经验的积累,才能逐步达到这个要求。

每个零件的长、宽、高三个方向都应有尺寸基准。通常采用零件上的轴线、中心线、对称面和加工过的底面、端面等作为基准。

现以滑轮轴的尺寸标注为例,介绍一些基本知识。

从图 17.2 可以看出,轴由滑轮底座托起,轴上安装滑轮、挡板,它们的轴向位置都是由对称面来定位的,在图 17.6 中这个对称面(即通过 $\phi 8$ 油孔的轴的侧平面)为该轴设计时的轴向基准,称为设计基准。轴上安装滑轮及滑轮底座的一段长度(242 mm)及两个挡板槽(11 mm)和轴的总长(294 mm)都是以对称面为基准注出的。

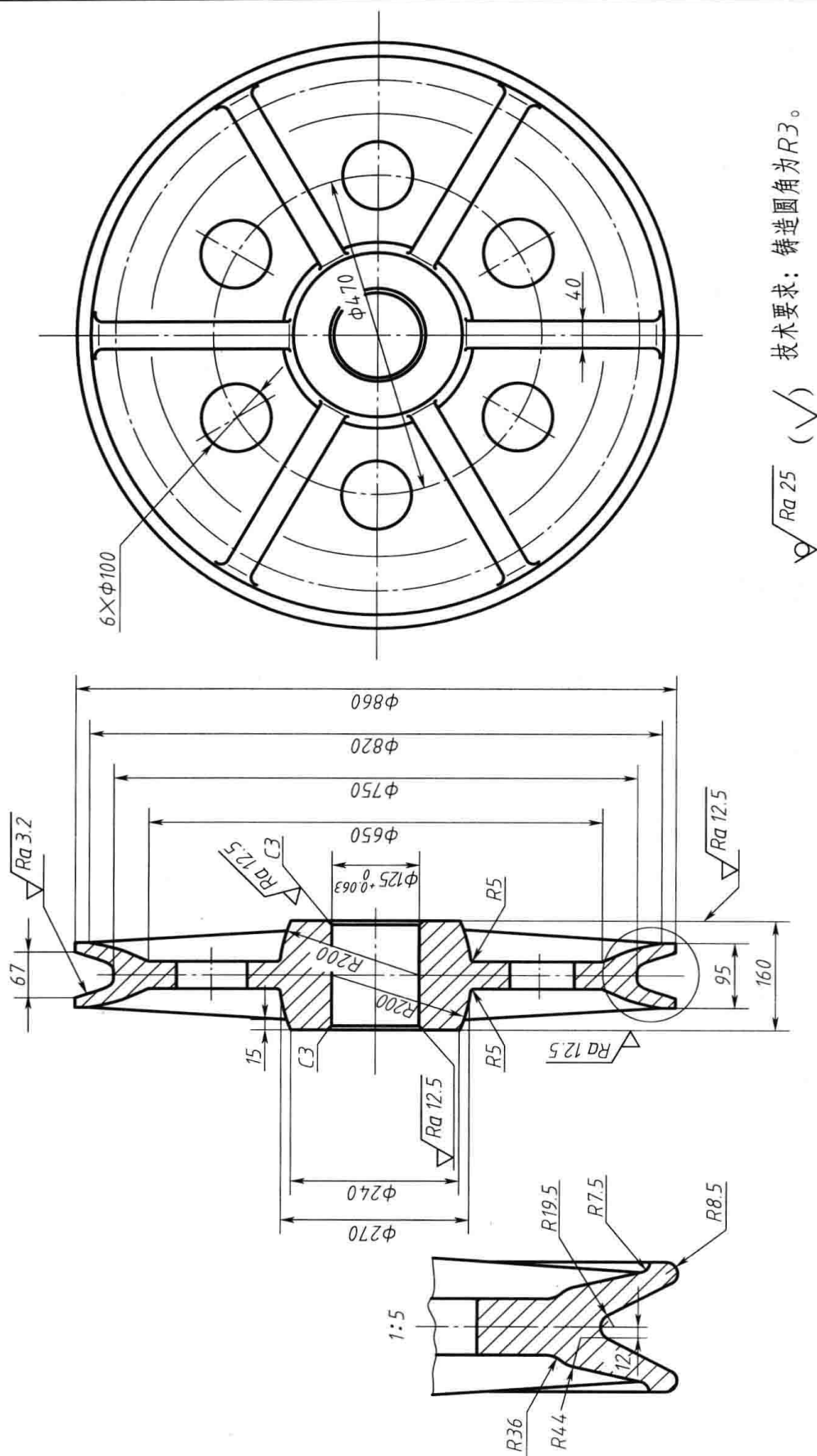
轴上 $\phi 12$ 的油孔长度(173 mm)及安装油杯的 M14 螺纹孔的长度(16 mm),对设计基准无特殊要求,为加工和测量方便,它们是以左端面为基准定位的,这种加工时所需要的定位基准和测量基准,称为工艺基准。

工艺基准与设计基准间应有一个联系尺寸,如图 17.6 中的 147 mm。

2. 尺寸不要注成封闭式

在图 17.6 中,总长 $294 - 242 - (2 \times 11) = 2 \times 15$ 。这个从挡板槽到轴端面的两个长度为 15 的尺寸,在图中不应注出。因为零件在加工时不可避免地会产生一些误差,不注出这段尺寸,就是不限





√ Ra 25 (√)

滑轮		比例	件数	重量	材料
设计					
制图					
审核					

图 17.5 滑轮零件图

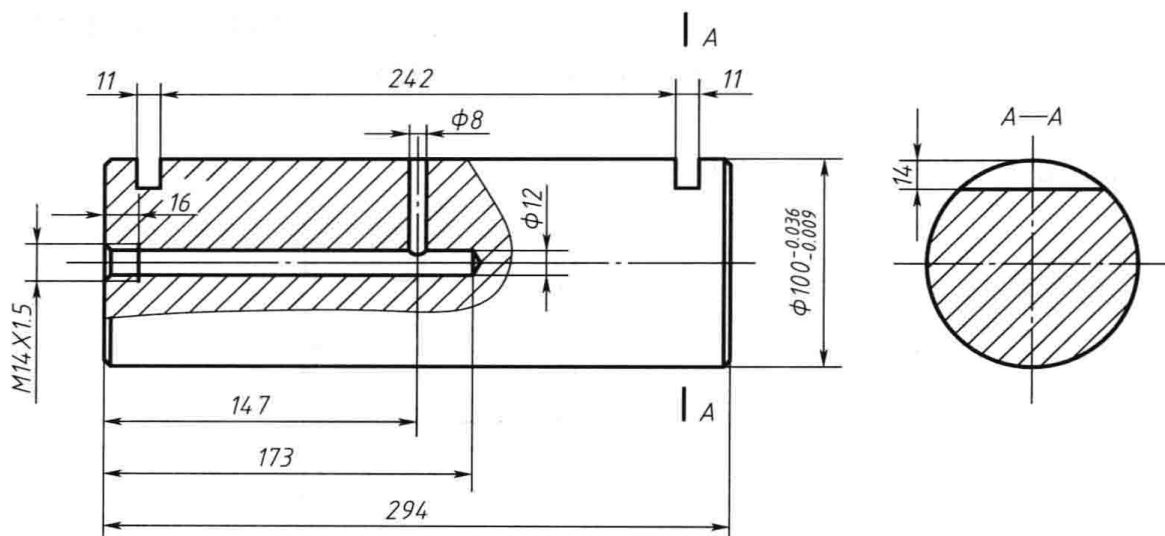


图 17.6 轴的尺寸标注

定这段尺寸的误差。以便保证尺寸 242 及两个 11 的精度。反之,如果把这段尺寸也注上去,加工时就分辨不出尺寸的主次,很可能使主要尺寸的精度得不到保证,致使零件报废。因此,当零件上同一方向的几段尺寸之和等于总尺寸时,其中不重要的一段尺寸应当不注,而这段尺寸可通过已注尺寸算出。零件图不允许标注多余或重复尺寸,在各个方向上,尺寸都不能注成封闭的。

17.2.4 零件上常见的工艺结构

零件的结构形状,主要是根据它在部件(或机器)中的作用决定的。但是,制造工艺对零件的结构也有某些要求。

1. 铸造零件的工艺结构

(1) 起模斜度 为了在铸造时便于将模样从砂型中取出,一般在起模方向做约 1:20 的斜度,叫做起模斜度,如图 17.7 a 所示。这种斜度在图上可以不标注,也不画出,如图 17.7 b 所示,但必要时可在技术要求中用文字说明。

(2) 铸造圆角 在铸件毛坯各表面的相交处,都有铸造圆角,如图 17.7b 所示。这是为避免铸件冷却时产生裂纹和缩孔,并防止砂型落砂。铸造圆角的半径在视图上一般不予标注,集中注写在技术要求中,如图 17.3 滑轮底座。

(3) 铸件壁厚 为了避免浇铸零件时因冷却速度不同而产生缩孔或裂纹,铸件壁厚要均匀或逐渐变化,如图 17.8 所示。

2. 零件加工面的工艺结构

(1) 倒角和倒圆 为了便于装配和操作安全,在轴或孔的端部,一般都加工成倒角,倒角

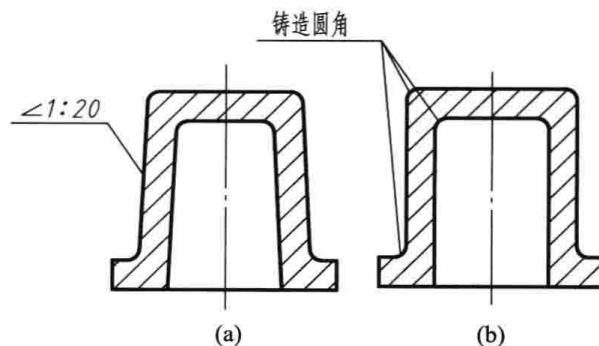


图 17.7 起模斜度及铸造圆角

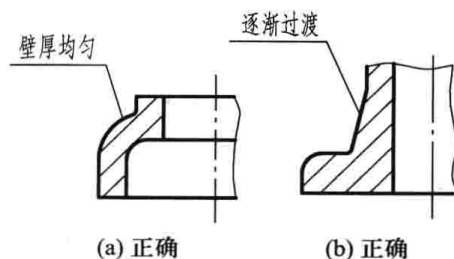


图 17.8 铸件壁厚



角度一般为 45° 或 30° 、 60° 。其标注形式如图 17.9 中“C2”，其中“C”是 45° 倒角符号，“2”是倒角的宽度。为了避免因应力集中产生裂纹，在轴肩处，加工成圆角过渡的形式，称为倒圆，如图 17.9 a 所示。

倒角和倒圆尺寸系列，可查阅有关标准。

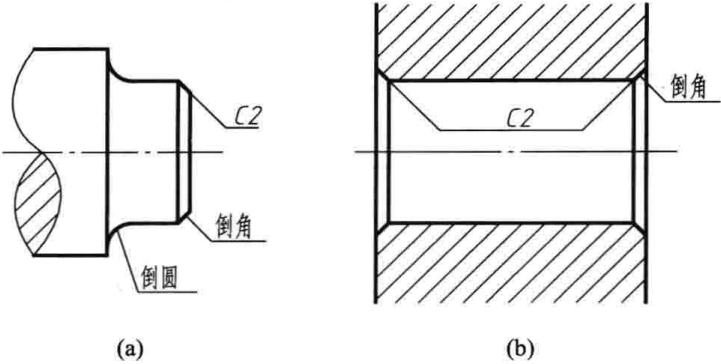


图 17.9 倒角和倒圆

(2) 退刀槽 切削加工中，为了不致使刀具损坏，易于退出刀具，并保证装配时易于与相关零件紧靠，被加工零件常预先加工出退刀槽，如图 17.10 所示。

(3) 钻孔结构 用钻头钻出的盲孔，在底部有一个 120° 的锥角。钻孔深度指的是圆柱部分的深度 h ，不包括锥坑，见图 17.11 a。在阶梯钻孔的过渡处，也存在锥角为 120° 的圆锥台，见图 17.11 b。

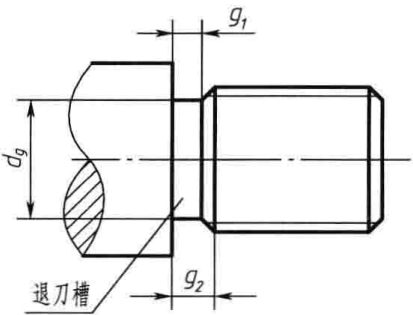


图 17.10 退刀槽

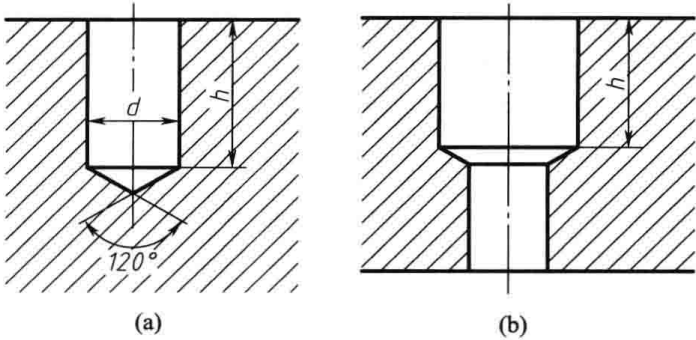


图 17.11 钻孔结构

(4) 凸台和凹坑 零件上与其他零件的接触面，一般都要经过加工。为了减少零件间的接触和加工面积，并保证零件表面之间有良好的接触，常常在铸件上做出凸台和凹坑，如图 17.12 所示。

3. 过渡线的画法

铸造或锻造零件两个表面相交处，常常用一个小圆弧面过渡，称为铸造圆角或锻造圆角。圆角过渡使零件表面的交线不够明显，这种交线称为过渡线，如图 17.13 所示。

(1) 当两曲面相交时，过渡线画到理论交点，不与圆角轮廓线接触，见图 17.13。

(2) 当两曲面部分相切时，过渡线在切点附近应该断开，见图 17.14。



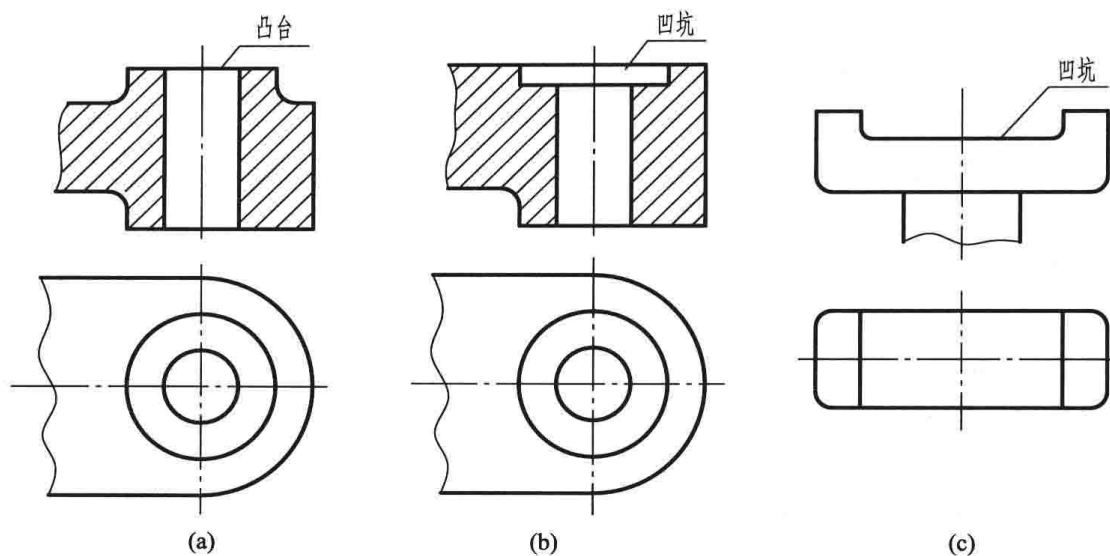


图 17.12 凸台和凹坑

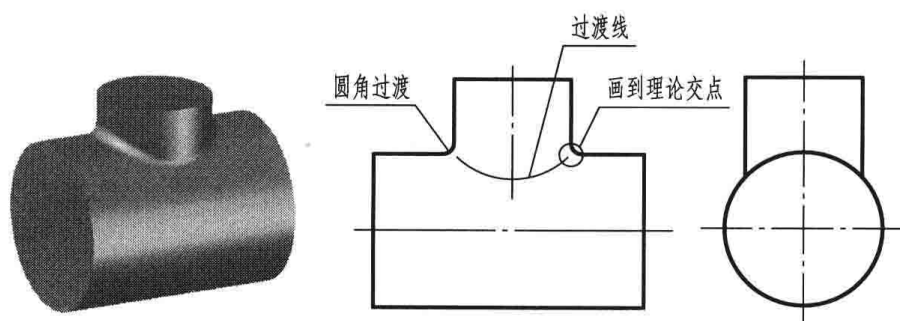


图 17.13 过渡线

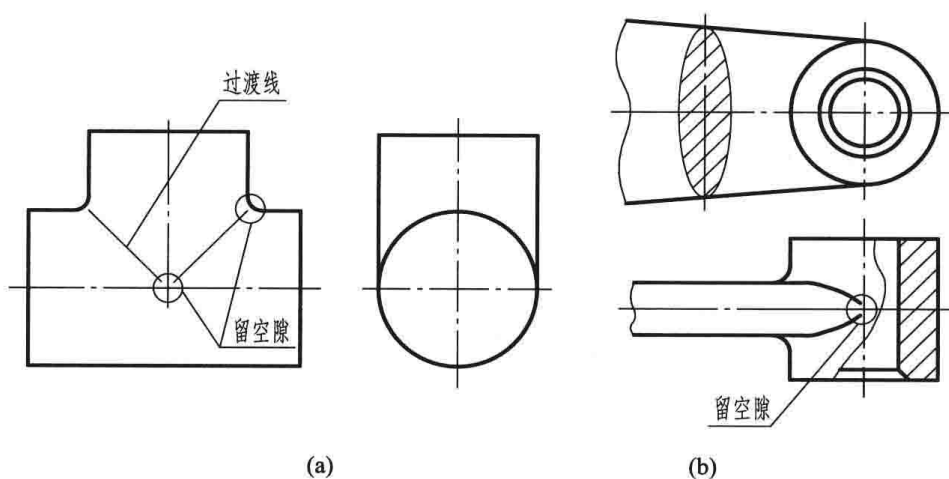


图 17.14 曲面相切时的过渡线

17.2.5 零件图上的技术要求

零件图上的技术要求包括零件的表面结构要求、极限与配合、几何公差、零件的材料、热处理及表面处理等标注要求。技术要求用规定的代(符)号标注在图上,或用文字写在标题栏上方。



1. 表面结构要求

零件的各表面,不管加工得多光滑,都会留有高低不平的加工痕迹。限制加工表面上的微观几何形状不规则的状况的要求,就是表面结构要求。

表面结构直接影响零件的耐磨性、耐腐蚀性及两表面间的接触刚度、密封性等,因此必须根据零件的功能要求,对表面结构作出规定。

国家标准以粗糙度轮廓、波纹度轮廓、原始轮廓为基础,建立一系列参数,定量地描述对表面结构的要求。从这三种轮廓上计算所得的参数分别称为 R 参数(粗糙度参数)、W 参数(波纹度参数)、P 参数(原始轮廓参数)。

表面粗糙度一般是由刀具在进刀、切屑形成过程等因素造成的加工表面上具有较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特征。

表面波纹度是在机械加工过程中,由于机床、工件和刀具系统的振动而在零件表面形成的间距比粗糙度大得多的表面不平度。

表面粗糙度轮廓、波纹度轮廓和原始轮廓同时叠加在同一表面轮廓上,构成了零件的表面特征。

在图样中,表面粗糙度的高度参数 Ra 和 Rz 是常用的表面结构参数,国家标准推荐优先选用 Ra 参数。

(1) Ra 评定粗糙度轮廓的算术平均偏差。指在取样长度内,轮廓偏距绝对值的算术平均值,见图 17.15,单位为微米(μm)。 Ra 值越小,表面越光滑,加工成本也越高。

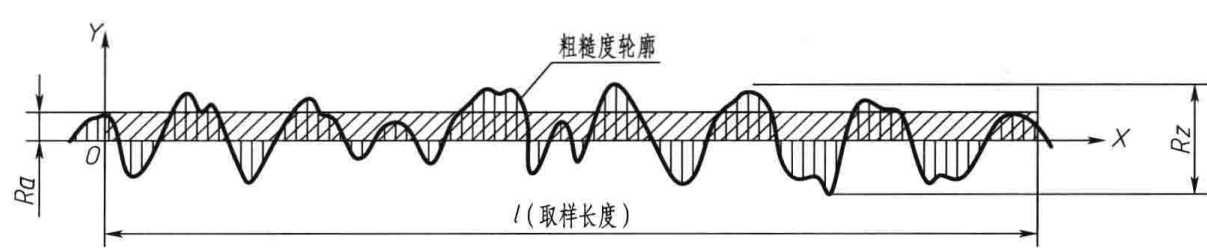


图 17.15 表面粗糙度高度参数

(2) Rz 表面粗糙度轮廓的最大高度。指在取样长度内,最大轮廓峰高和最大轮廓谷深之间的高度,见图 17.15。

表面结构图形符号见表 17.1。

表 17.1 表面结构图形符号及意义

符号	意 义
✓	基本图形符号。由两条夹角为 60° 且不等长的细实线构成,表示表面可用任何方法获得。仅用于简化代号标注,没有补充说明时不能单独使用
✓	扩展图形符号。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
✓	扩展图形符号。表示指定表面是用不去除材料的方法获得,如铸、锻、轧、冲压等
✓ ✓ ✓	完整图形符号。当要求标注表面结构特征的补充信息时,在横线的上、下可标注有关参数和说明



表面结构符号在图样上的标注方法如下：

(1) 表面结构要求对每一表面一般只标注一次,并尽可能注在相应的尺寸及其公差在同一视图上。所注的表面结构要求是对完工零件表面的要求。

(2) 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,见图 17.16。

(3) 表面结构可标注在轮廓线或指引线上,其符号应从材料外指向并接触表面。必要时用带箭头或黑点的指引线引出标注,见图 17.17 和图 17.18。

(4) 在不致引起误解时,表面结构可以注在尺寸线或尺寸界线上,见图 17.19。

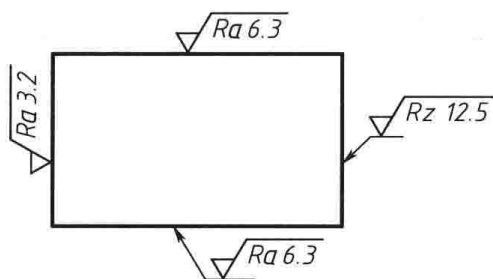


图 17.16 表面结构要求的注写方向

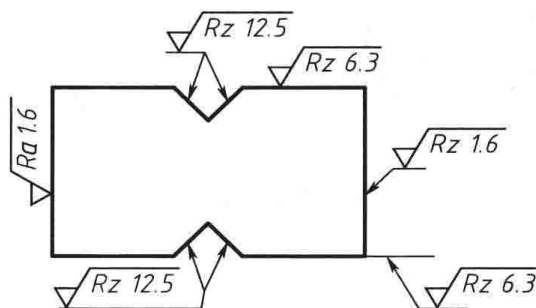


图 17.17 表面结构要求在轮廓线上的标注

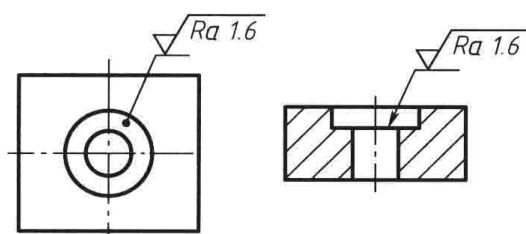


图 17.18 表面结构要求用指引线引出标注

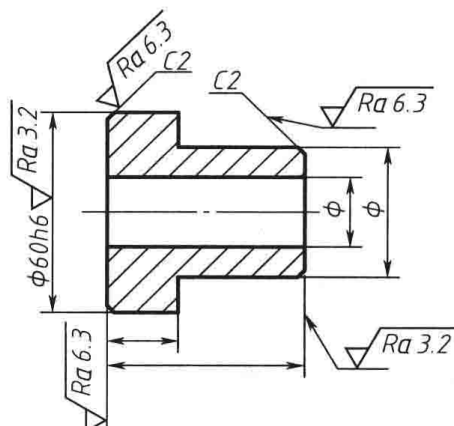


图 17.19 表面结构要求标注在尺寸线或尺寸界线上

(5) 如果零件的多数表面有相同的表面结构要求,则可统一标注在标题栏附近。这时应在表面结构符号后面圆括号内给出无任何其他标注的基本符号,见图 17.20。

(6) 当多个表面有相同的表面结构要求或图纸空间有限时,可以采用带字母的完整符号标注在图中,并在标题栏附近以等式的形式给出表面结构要求,见图 17.21。

2. 极限与配合

现代化的大规模生产,要求零件具有互换性,即在同一规格的一批零件中任取一件,不经修配和调整,装到机器或部件上就能保证其使用

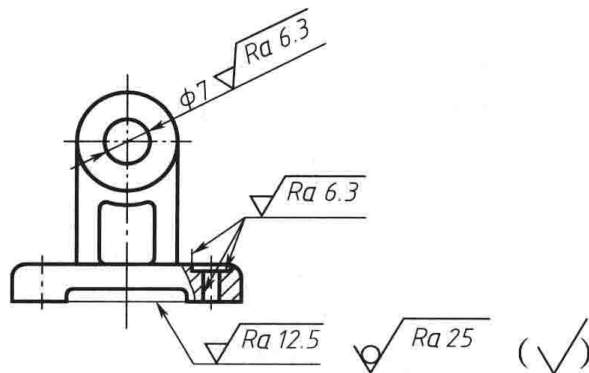


图 17.20 多数表面具有相同的表面结构要求的标注



性能。为了使零件具有互换性,必须将零件在制造时产生的尺寸误差限制在一个合理的范围之内,即零件的实际尺寸应在规定的上极限尺寸和下极限尺寸之间。这种允许尺寸的变动量称为尺寸公差。下面以图 17.22 为例,介绍有关公差与极限的一些术语。

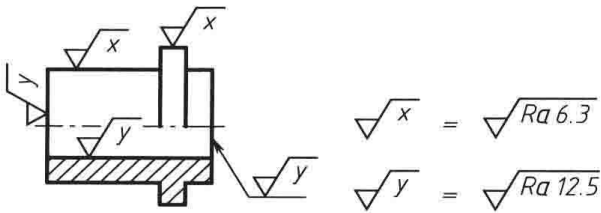


图 17.21 多个表面具有相同的
表面结构要求的标注

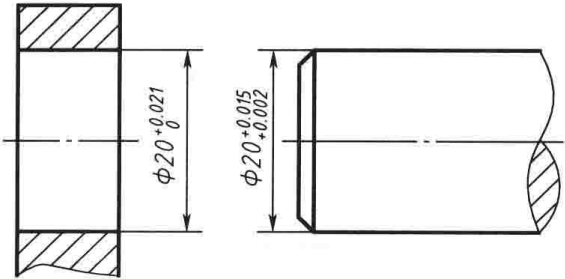


图 17.22 公差标注示例

(1) 有关术语

- 1) 公称尺寸 由设计给定的尺寸,如图 17.22 中的 $\phi 20$ 。
- 2) 上极限尺寸 孔或轴允许的最大尺寸,如 $\phi 20^{+0.021}_0$ 孔的上极限尺寸是 $20+0.021=20.021$, $\phi 20^{+0.015}_{+0.002}$ 轴的上极限尺寸是 $20+0.015=20.015$ 。
- 3) 下极限尺寸 孔或轴允许的最小尺寸,如 $\phi 20^{+0.021}_0$ 孔的下极限尺寸是 $20+0=20$, $\phi 20^{+0.015}_{+0.002}$ 轴的下极限尺寸是 $20+0.002=20.002$ 。
- 4) 上极限偏差 上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。用小号字写在公称尺寸右上角,如图 17.22 中的 $+0.021$ 、 $+0.015$ 。
- 5) 下极限偏差 下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。用小号字写在公称尺寸右下角,如图 17.22 中的 0 、 $+0.002$ 。
- 6) 尺寸公差(简称公差) 允许尺寸的变动量。

$$\begin{aligned} \text{尺寸公差} &= \text{上极限尺寸} - \text{下极限尺寸} \\ &= \text{上极限偏差} - \text{下极限偏差}。 \end{aligned}$$

因为上极限尺寸总是大于下极限尺寸,所以,尺寸公差一定为正值。如图 17.22 所示,孔的公差为 $0.021-0=0.021$;轴的公差为 $0.015-0.002=0.013$ 。

(2) 零件公差的标注

在零件图中,公差可以标注上、下极限偏差数值,以小一号字写在公称尺寸后面,上极限偏差在上方,下极限偏差在下方,如图 17.22 所示。上、下极限偏差相同时,注法见图 17.23。批量生产的零件,通常不直接标注上、下极限偏差,而是注公差带代号,如图 17.24 所示,其中大写字母为孔的公差带代号,小写字母为轴的公差带代号。也可将公差带代号及极限偏差同时注出,如图 17.25 所示。

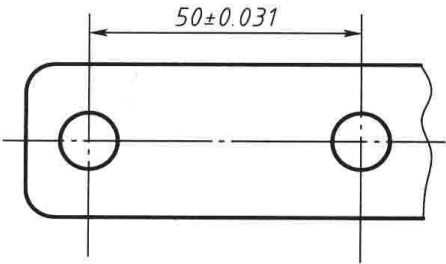


图 17.23 上、下极限偏差相同时的标注



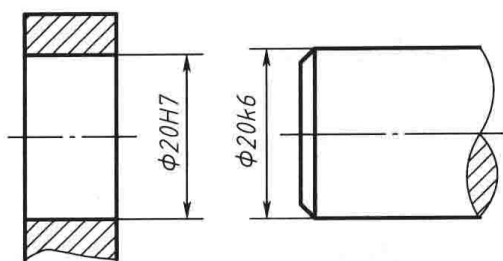


图 17.24 标注公差带代号

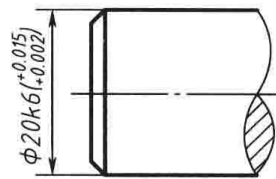
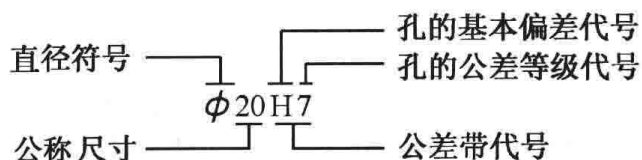


图 17.25 公差带代号与极限偏差同时标注

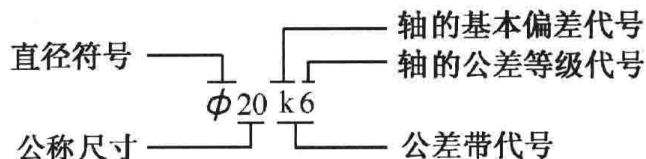
有关公差带代号的含义简要说明如下：

1) $\phi 20H7$ 的含义



根据所注公差带代号,由国家标准《极限与配合》可查出,当公称尺寸为 20 mm 时,孔的上极限偏差为 +0.021,下极限偏差为 0。

2) $\phi 20 k6$ 的含义



由国家标准《极限与配合》可查出,当公称尺寸为 20 mm,轴的公差带代号为 k6 时,上极限偏差为 +0.015,下极限偏差为 +0.002。

(3) 配合 公称尺寸相同的,相互结合的孔和轴公差之间的关系,称为配合。根据使用要求不同,孔和轴之间的配合有松有紧,分为三类:间隙配合、过盈配合、过渡配合。

1) 间隙配合 孔与轴装配时,有间隙(包括最小间隙等于零)的配合,即孔的直径大于等于轴的直径的配合。

2) 过盈配合 孔与轴装配时,有过盈(包括最小过盈等于零)的配合,即轴的直径大于等于孔的直径的配合。

3) 过渡配合 孔与轴装配时,可能具有间隙也可能具有过盈的配合。

在装配图中极限与配合,通常用代号标注。它是在公称尺寸后面,用一分式表示。分子为孔的公差带代号,分母为轴的公差带代号,见图 17.26。

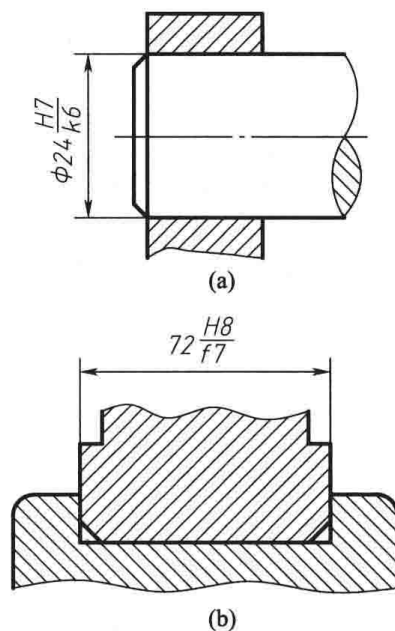


图 17.26 装配图中配合代号的注法

17.3 标准件和常用件

国家标准将零件的结构形式、画法、尺寸、精度等均予以标准化的零件,称为标准件,如螺栓螺母、垫片等。而部分结构要素标准化了的零件称为常用件,如齿轮。

本节只介绍螺纹连接件、齿轮等常用零件的基本知识、规定画法和标注方法。它们的其他规格,可查阅有关标准。

17.3.1 螺纹

螺纹是机械常用的构造,用以连接零件或传递动力。

零件外表面上的螺纹称为外螺纹,见图 17.27a;零件内表面上的螺纹称为内螺纹,见图 17.27b。

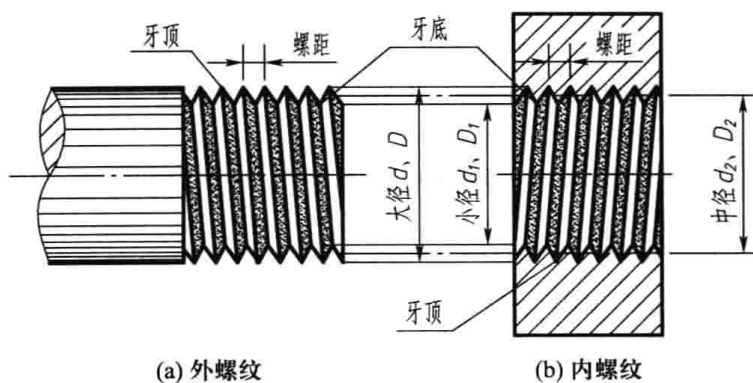


图 17.27 螺纹

1. 螺纹的要素

外螺纹与内螺纹总是配合使用的。内、外螺纹相配合时,下列要素必须一致。

(1) 牙型 螺纹的断面形状有三角形、梯形、矩形等,如图 17.28 所示。三角形螺纹用于连接,其他螺纹用于传递动力。

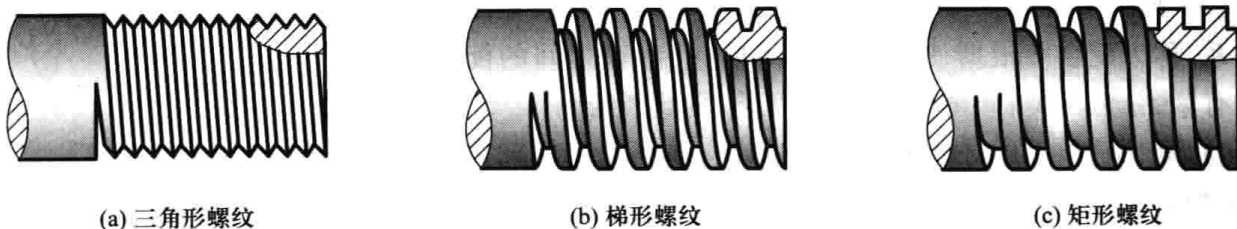


图 17.28 螺纹的牙型

(2) 公称直径 如图 17.27 所示,与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相重合的假想圆柱面的直径称为大径,分别以 d 、 D 表示(外螺纹用小写字母表示,内螺纹用大写字母表示);与外螺纹的牙底或内螺纹的牙顶相重合的假想圆柱面的直径称为小径,分别以 d_1 、 D_1 表示。一般以螺纹大径尺寸代表螺纹尺寸,称为公称直径。

假想有一圆柱,其母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等的地方,此假想圆柱的直径称为中径。



2. 螺纹的中径分别用 d_2 、 D_2 表示, 见图 17. 27。

(3) 线数 沿一条螺旋线所形成的螺纹称为单线螺纹。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, 见图 17. 29。

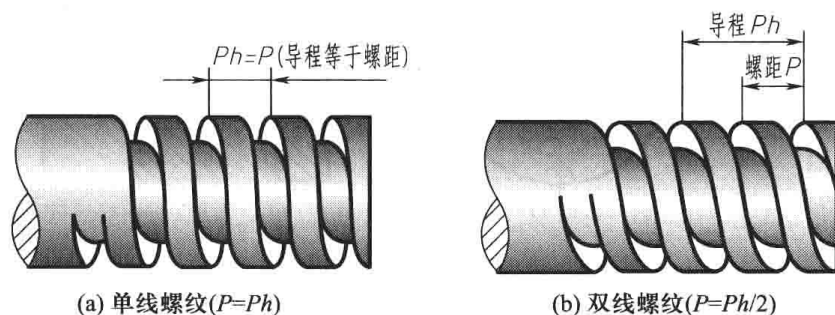


图 17. 29 螺纹的线数

(4) 螺距与导程 相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为螺距, 以 P 表示。同一条螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为导程, 以 Ph 表示, 见图 17. 29。

(5) 旋向 螺纹的旋转方向有右旋(顺时针方向旋入)和左旋(逆时针方向旋入)之分, 见图 17. 30, 常用的是右旋螺纹。

牙型、公称直径、螺距三要素符合标准的称为标准螺纹。

2. 连接螺纹的种类

常用的连接螺纹有三种: 粗牙普通螺纹、细牙普通螺纹和管螺纹。普通螺纹牙型的牙尖角为 60° , 特征代号为 M 。管螺纹牙型的牙尖角为 55° , 特征代号为 G 。粗牙普通螺纹是常见的螺纹; 细牙普通螺纹比相等大径的粗牙普通螺纹螺距小, 用于薄壁或要求连接紧密的地方; 管螺纹用在管件上。这三种螺纹都是标准螺纹。

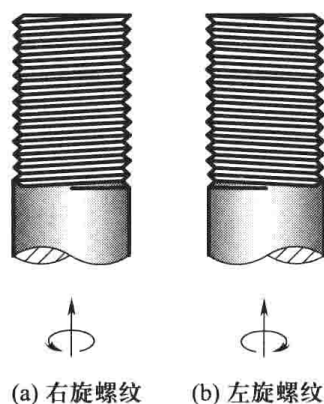


图 17. 30 螺纹的旋向

3. 螺纹的规定画法

(1) 螺纹的牙顶用粗实线表示, 牙底用细实线表示, 表示牙底的细实线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上的投影, 表示牙底的细实线圆只画约 $3/4$ 圈圆弧, 此时轴或孔上的倒角圆省略不画, 见图 17. 31、图 17. 32。

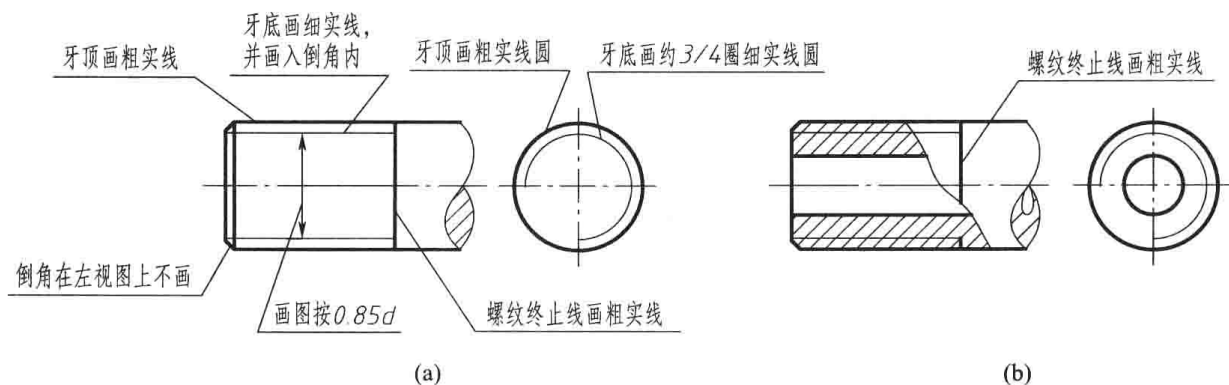


图 17. 31 外螺纹的画法



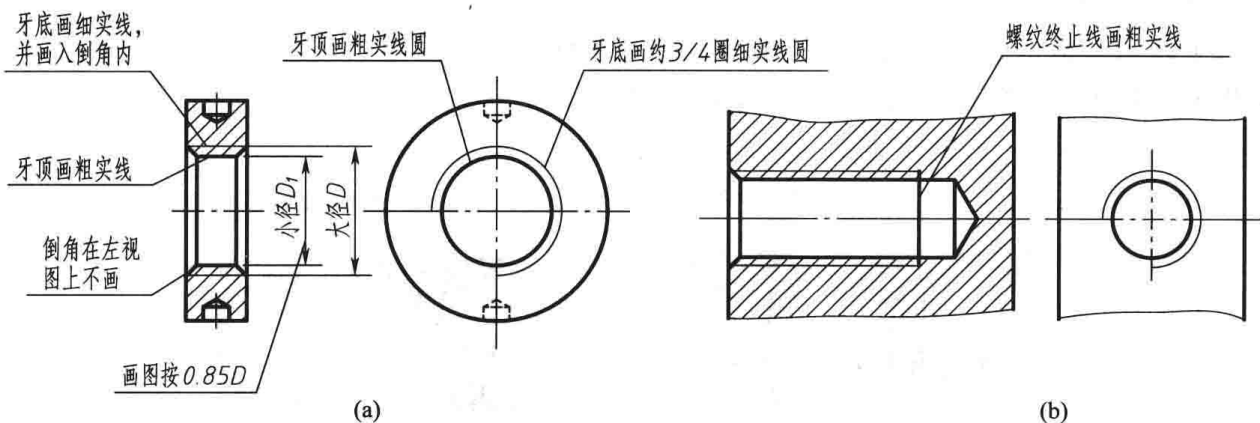


图 17.32 内螺纹的画法

(2) 完整螺纹的终止界线(简称为螺纹终止线)用粗实线表示,外、内螺纹的终止线的画法见图 17.31 和图 17.32b。

(3) 在剖视图或断面图中,剖面线都必须画至粗实线,见图 17.31b、图 17.32 和图 17.33。

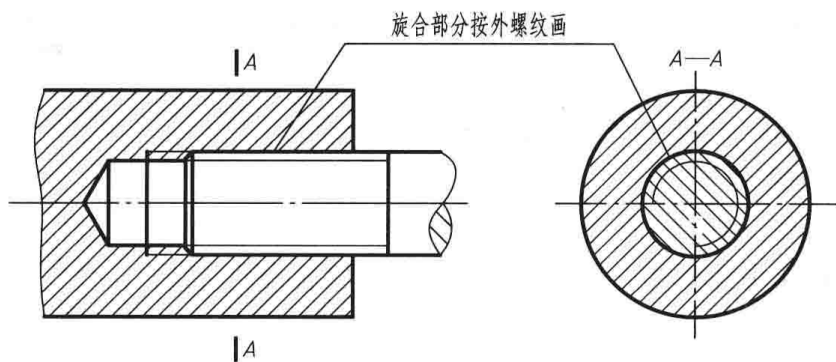


图 17.33 螺纹连接的画法

(4) 内、外螺纹连接的画法:如图 17.33 所示,以剖视图表示内、外螺纹的连接时,其旋合部分按外螺纹画法,其余部分仍按各自的画法表示。按规定画法,当剖切平面通过螺杆的轴线时,在剖视图中螺杆按不剖画。

4. 螺纹的代号及标注

(1) 普通螺纹的完整标记格式

螺纹特征代号 公称直径×螺距-公差带代号-旋合长度代号-旋向代号

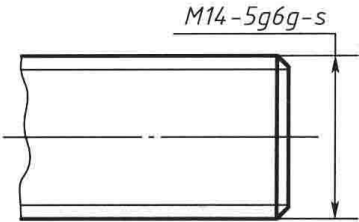
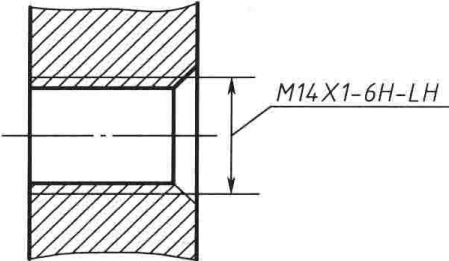
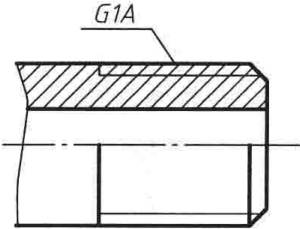
按照标准规定,有下列情况时标注可以简化(表 17.2):

- 1) 粗牙普通螺纹,不注螺距。
- 2) 中径和顶径公差相同时,可注写一个代号。
- 3) 普通螺纹规定了短、中、长三组旋合长度,其代号分别为 S、N、L。中等长度旋合,图上不必标注旋合长度代号。

4) 右旋螺纹不注旋向,左旋螺纹须注明代号 LH。

(2) 管螺纹的标注

表 17.2 常用螺纹的标注

示 例	说 明
 M14-5g6g-s	粗牙普通螺纹,公称直径为 14 mm,中径公差带代号为 5 g,顶径公差带代号为 6 g,短旋合长度,右旋
 M14X1-6H-LH	细牙普通螺纹,公称直径为 14 mm,螺距为 1 mm,中、顶径公差带相同,均为 6H,中等旋合长度,左旋(当标记内容在尺寸线上方注写不下时,也可用指引线引出)
 G1A	55°非密封管螺纹:G 为圆柱管螺纹代号、A 为公差等级。G1A 表示螺纹尺寸代号为 1 的 A 级右旋圆柱管螺纹 标注时,指引线应在大径圆柱素线上

- 1) 管螺纹的标注与普通螺纹不同,它是采用指引线的形式标注,指引线从大径引出。
- 2) 管螺纹公差等级代号:外螺纹分 A,B 两级标记,内螺纹则不标记。
- 3) 管螺纹的尺寸代号是指管子通孔的直径,不是螺纹大径,其单位为英寸。如 G1A 中的尺寸代号 1 是指管子通孔的直径为 1"(1 英寸 = 25.4 mm)。画图时,大、小径的数值可从有关标准中查出。

17.3.2 螺纹紧固件

1. 螺纹紧固件的种类及用途

常用的螺纹紧固件有:螺栓、双头螺柱、螺钉、螺母和垫圈等,如图 17.34 所示。

螺栓、双头螺柱和螺钉的长度都是根据被连接零件的厚度确定的。螺栓用于被连接零件允许钻成通孔的情况,如图 17.35 所示;双头螺柱用于被连接零件之一较厚,或不允许钻成通孔的情况,故两端都有螺纹,一端螺纹用于旋入被连接零件的螺孔内,如图 17.36 所示;螺钉用于不经常拆开和受力较小的连接中,如图 17.37 所示。螺母是和螺栓或双头螺柱一起进行连接的。垫圈一般放在螺母下面,可避免旋紧螺母时损伤连接零件的表面。弹簧垫圈可防止螺母松动脱落。

2. 螺纹紧固件的规定标记

标准的螺纹紧固件都有规定的标记,且常采用简化标记,格式如下:

名称 标准编号 螺纹规格×公称长度

根据标记,可以从有关标准中查出它们的结构形式和全部尺寸。例如:





图 17.34 常用的螺纹紧固件

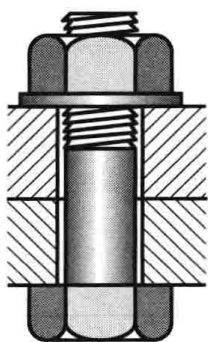


图 17.35 螺栓连接

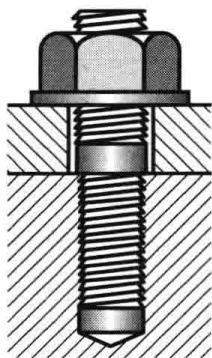


图 17.36 双头螺栓连接

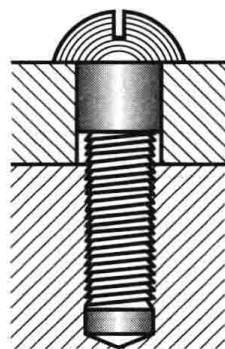


图 17.37 螺钉连接

(1) 螺栓 GB/T 5782 M20×60 表示:六角头螺栓,粗牙普通螺纹,螺纹规格为 M20 mm,公称长度为 60 mm。

(2) 螺母 GB/T 6170 M20 表示:六角螺母,粗牙普通螺纹,螺纹规格为 M20 mm。

(3) 垫圈 GB/T97.1 20 表示:按 A 级(不倒角)制造的垫圈,公称直径为 20 mm。

(4) 标准年代号允许省略,省略年代号的标准应以现行标准为准,本例中螺栓的标准编号写全应为 GB/T 5782—2000。

3. 螺纹紧固件的画法

为了作图方便,螺纹紧固件在作图时,一般不按实际尺寸作图,而是采用按比例画出的简化画法。即除公称长度 L 以外,其余尺寸都折合成与螺纹大径 d 成一定的比例来作图,见图 17.38d。

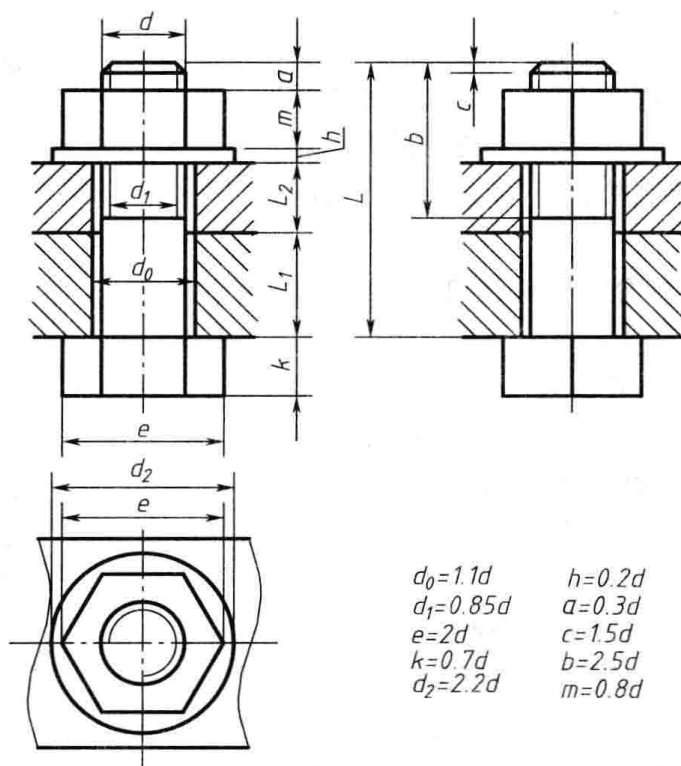
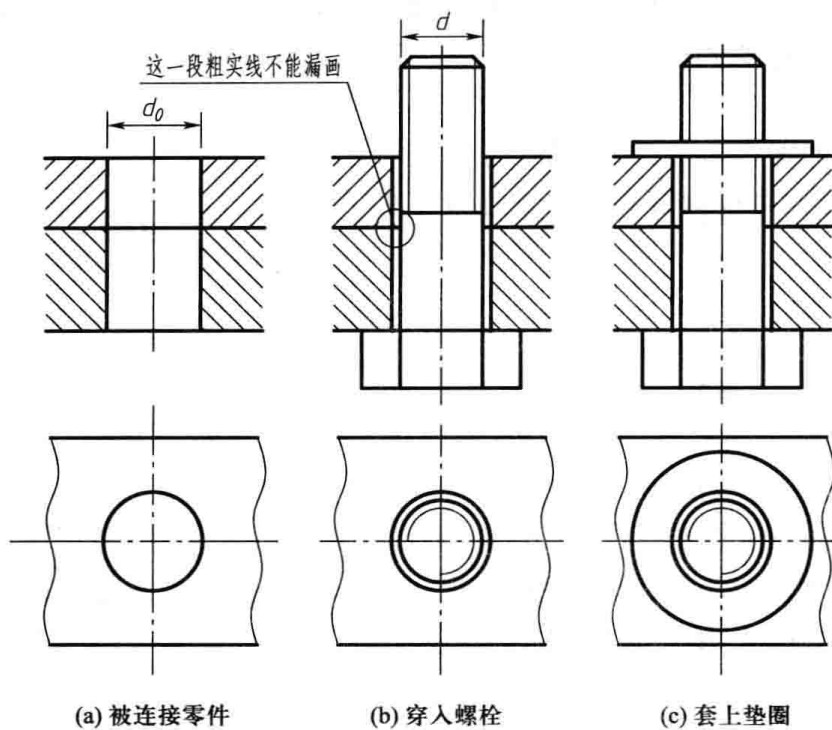
(1) 螺栓连接 被连接两块板上钻有直径比螺栓直径略大的孔(孔径 $d_0 \approx 1.1d$,亦可查表获得)。螺栓长度应根据被连接零件的厚度、垫片、螺母厚度按下式计算:

$$\text{螺栓长度 } L_{\text{计}} = L_1 + L_2 + h + m + a$$

式中 a 是螺栓伸出螺母的长度,见图 17.38 d,一般可取 $0.3d$ 左右。由算出的螺栓长度 $L_{\text{计}}$,再从相应的螺栓标准所规定的长度系列中,选择标准长度 L 。

螺栓连接的画法见图 17.38。画图时应注意以下几点制图标准有关规定:





(d) 拧紧螺母后的装配图

图 17.38 螺栓连接画法

- 1) 两零件的接触表面画一条线, 不接触表面画两条线。
- 2) 两零件邻接时, 不同零件的剖面线方向应相反, 或方向一致, 间隔不等。
- 3) 若剖切平面通过基本轴线时, 螺栓, 螺母, 垫片等紧固件均按不剖绘制。



(2) 螺钉连接 螺钉连接用于不经常拆开和受力较小的连接中。螺钉的形式很多,图 17.39 所示是圆柱螺钉连接的装配图。

螺钉有效长度: $L = L_1 + L_2$

螺钉旋入螺孔的深度 L_1 及螺孔的尺寸可查有关标准确定,画图时也可根据带螺孔的被连接零件的材料近似地确定:

钢或青铜 $L_1 = d$

铸铁 $L_1 = 1.25 d$

铅 $L_1 = 2d$

螺孔的螺纹深度 $h_1 = L_1 + 0.5 d$

孔深 $H_1 = L_1 + 0.8 d$

圆柱头螺钉各部分尺寸可查 GB/T 65—2000。

为了明显起见,螺钉头部的起子槽在俯视图中的投影应旋转 45° 画出,并可把槽宽涂黑,如图 17.39 所示。

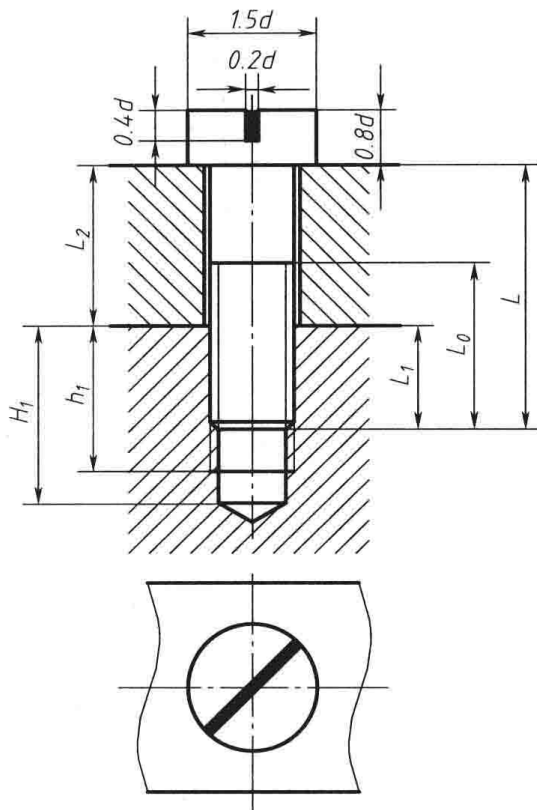


图 17.39 螺钉连接画法

17.3.3 齿轮

齿轮是机器中常用的传动零件。齿轮的种类很多,这里只介绍渐开线直齿圆柱齿轮(齿轮的齿形轮廓曲线为渐开线)。直齿圆柱齿轮用于平行轴之间的传动,如图 17.40 所示。

1. 直齿圆柱齿轮各部分的名称及尺寸关系(图 17.41)

(1) 齿数 z 齿轮上的轮齿数。

(2) 齿顶圆 通过齿顶的圆,直径用 d_a 表示。

(3) 齿根圆 通过齿根的圆,直径用 d_f 表示。

(4) 分度圆 对标准齿轮来说,齿厚 s 与槽宽 e 相等的那个圆称为分度圆。分度圆直径用 d 表示。

(5) 齿顶高(h_a) 分度圆到齿顶圆的径向距离。

(6) 齿根高(h_f) 分度圆到齿根圆的径向距离。

(7) 全齿高(h) 齿顶到齿根的径向距离。 $h = h_a + h_f$ 。

(8) 齿距(p) 分度圆上相邻两对应点间的弧长, $p = s + e$ 。

齿距 p 、齿数 z 和分度圆直径 d 之间的关系如下:

$$d = pz / \pi$$

(9) 模数(m) 令上式中 p / π 的比值为模数 m ,即:

$$m = p / \pi$$

$$d = m \cdot z$$

由此可得:

即分度圆直径等于模数乘齿数。

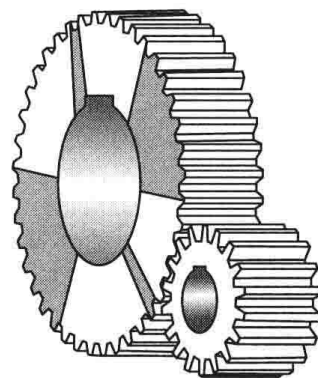


图 17.40 直齿圆柱齿轮



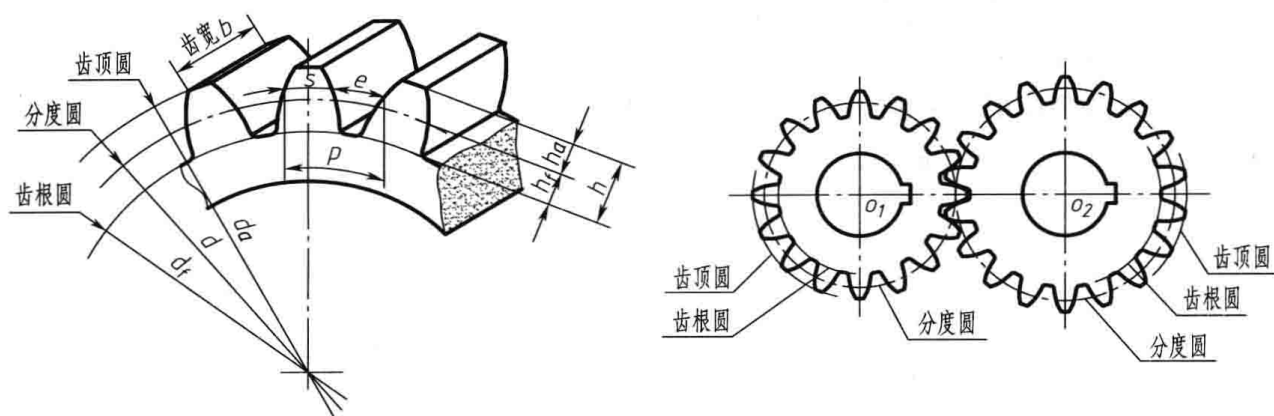


图 17.41 直齿圆柱齿轮各部分的名称

模数是齿轮的基本参数,模数大,轮齿就厚,所能承受的力也大。为了便于设计和制造,渐开线圆柱齿轮的模数已标准化,见表 17.3。

表 17.3 渐开线圆柱齿轮模数 (GB/T 1357—2008)

mm

第一系列	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8
	10	12	16	20	25	32	40	50		
第二系列	1.125	1.375	1.75	2.25	2.75	3.5	4.5	5.5		
	(6.5)	7	9	11	14	18	22	28	35	45

注:选用模数时,应优先选用第一系列;其次选用第二系列;括号内的模数尽可能不用。

(10) 中心距(a) 两啮合齿轮轴线之间的距离,即

$$a = (d_1 + d_2) / 2 = m(z_1 + z_2) / 2$$

两啮合齿轮齿距必须相等,因此它们的模数也必须相等。

齿轮各部分尺寸都与模数成一定的比例关系,见表 17.4。

表 17.4 直齿圆柱齿轮各部分的尺寸关系

基本参数:模数 m 、齿数 z		
齿顶高	h_a	$h_a = m$
齿根高	h_f	$h_f = 1.25 m$
齿高	h	$h = 2.25 m$
分度圆直径	d	$d = mz$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = m(z + 2)$
齿根圆直径	d_f	$d_f = m(z - 2.5)$
齿距	p	$p = \pi m$
分度圆齿厚	s	$s = \pi m / 2$

2. 圆柱齿轮的规定画法

GB/T 4459.2—2003《机械制图 齿轮表示法》对齿轮画法作了规定,见图 17.42。



(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。

(3) 在视图中齿根圆和齿根线用细实线绘制,也可省略不画,如图 17.42 c 所示。在轴向剖视图中,规定轮齿按不剖绘制,齿根线画粗实线,如图 17.42 b 所示。

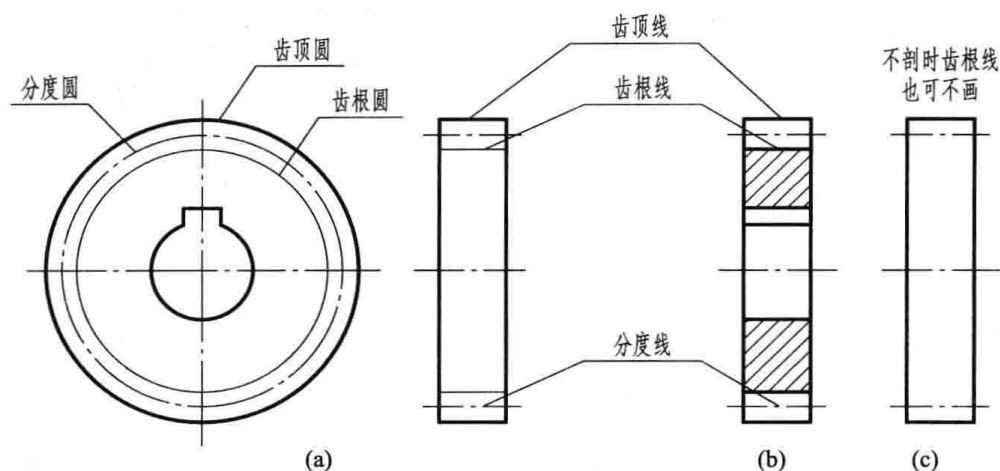


图 17.42 单个圆柱齿轮的画法

3. 两圆柱齿轮啮合的画法

两圆柱齿轮啮合时,非啮合区按单个齿轮绘制,啮合区的画法规定如图 17.43 所示。

(1) 在垂直于圆柱齿轮轴线的投影面的视图中,啮合区内的齿顶圆均用粗实线绘制,见图 17.43 b,必要时也可省略,见图 17.43 c。

(2) 在平行于圆柱齿轮轴线的投影面上的视图中,当剖切平面通过两啮合齿轮的轴线时,轮齿部分一律按不剖绘制,两齿根线均画成粗实线;一个齿轮的齿顶线画粗实线,另一齿轮的齿顶线画虚线,也可省略不画,见图 17.43 a。当绘制外形视图时,啮合区的齿顶线不需要画出,节线(分度圆线)用粗实线绘制。其他的节线仍用细点画线绘制,见图 17.43 d。

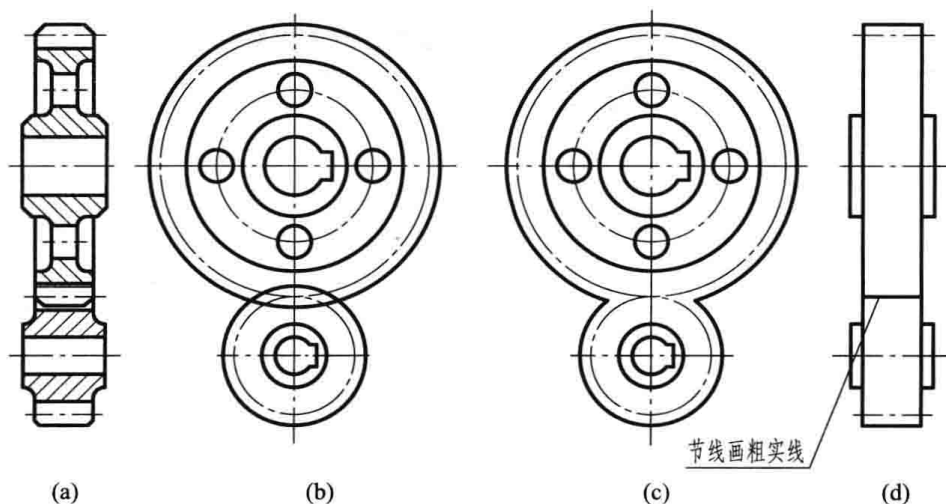


图 17.43 啮合圆柱齿轮的画法



17.4 装 配 图

17.4.1 装配图的内容和作用

装配图是用来表达机器或部件的工作原理、零件间的装配关系和相互位置的图样。在设计过程中,先画出装配图,然后再根据装配图拆画出零件图。在装配、检验、安装时,根据装配图将零件装配成机器或部件。所以装配图必须具备下列内容(参阅图 17.2):

- (1) 一组视图——表达出机器(或部件)的结构、工作原理、装配关系、各零件的主要结构形状等。
- (2) 必要的尺寸——标注出机器(或部件)的规格、配合尺寸、安装和总体尺寸。
- (3) 技术要求——说明机器(或部件)的性能、规格、装配和检验等要求。

(4) 标题栏、零件序号及明细栏——标题栏说明机器(或部件)的名称、重量、比例、图号和设计单位等。装配图中全部零件均须注出零件序号。明细栏列出该机器(或部件)中各零件的序号、名称、数量、材料等。

17.4.2 装配图的表达方法

表达零件的各种方法,如视图、剖视图、断面图、局部放大图、各种简化画法等,在表达装配体时同样适用。由于装配图表达的是由许多零件组成的装配体,所以应将零件之间的装配关系及主要零件的结构形状表达清楚,在国家标准中制定了一些规定画法和特殊画法。

1. 装配图的规定画法

(1) 接触面画法 相邻两零件的接触面或配合面只用一条轮廓线表示,不可画成两条线或画成一条加粗的实线,见图 17.44。

装配在一起的两个零件基本尺寸不同时,即使间隙很小,也必须画出两条轮廓线,见图 17.44a。必要时小间隙允许夸大画出。

(2) 剖面线画法 同一零件的剖面线在各视图中应保持方向相同,间隔一致。相邻两零件的剖面线倾斜方向应相反(见图 17.44a),或间隔不同(见图 17.2 中零件 4 与零件 6)。当零件厚度小于 2 mm 时,剖切后允许用涂黑代替剖面符号,如图 17.45 齿轮油泵装配图中的零件 8。

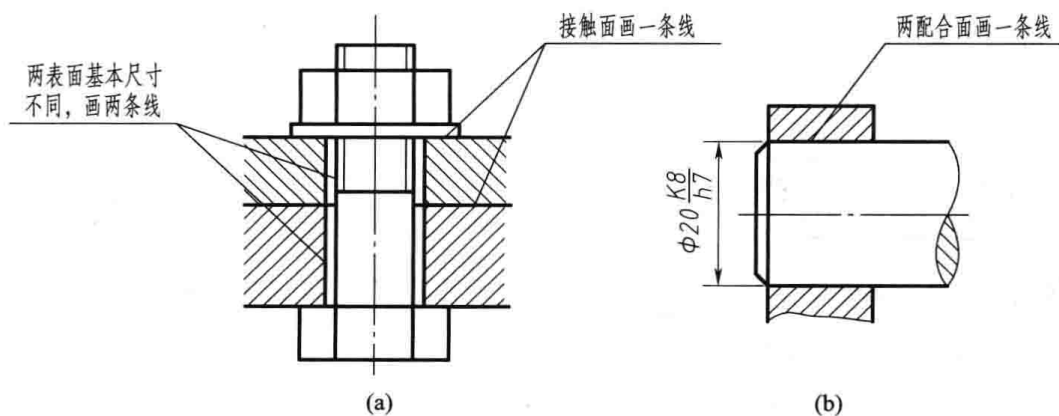


图 17.44 接触面画法



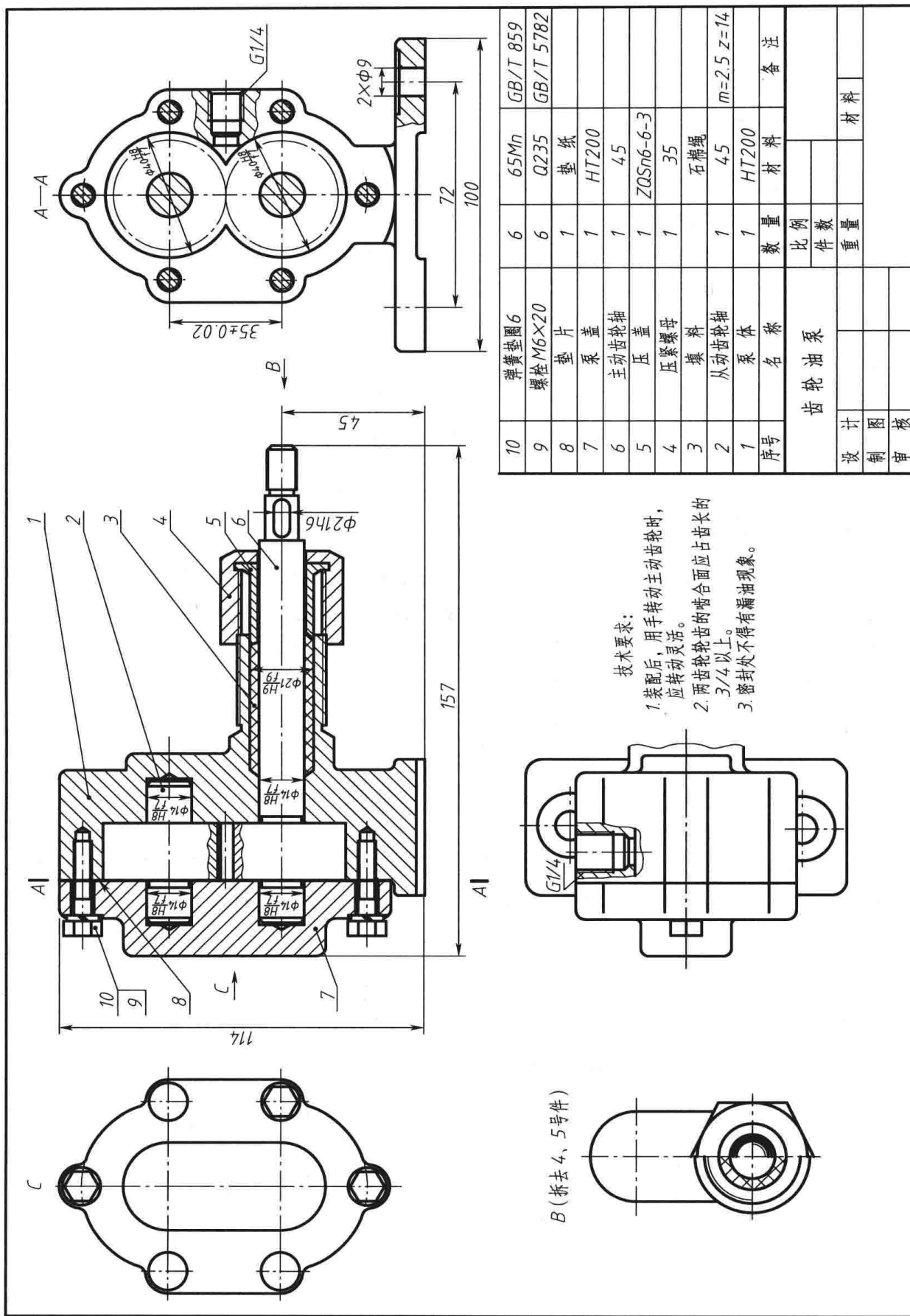


图 17.45 齿轮油泵装配图

(3) 实心件和一些紧固件的画法 在剖视图中,对实心件如轴、杆、球等和一些紧固件如螺栓、垫圈、螺母、键、销等,当剖切平面通过基本轴线时,这些零、部件都按不剖画出,见图 17.45 中的零件 2、6、9、10。但当剖切平面垂直于上述零件的基本轴线时,仍应画出剖面线,如图 17.45 所示 A—A 剖视图中的零件 9(螺栓)。

2. 装配图的特殊表示法

(1) 拆卸画法 当某些零件在装配图的某一视图上遮住了需要表达的装配关系或其他零件时,可以假想把这些零件拆卸后画出;也可假想沿这些零件的结合面将其剖掉,画出剩余部分的剖视图,但结合面上不画剖面线。图 17.45 中 A—A 剖视就是沿零件 1 与零件 7、8 的结合面剖开后画出的。

(2) 假想投影 为了反映装配体与其他零(部)件的相对关系,或为了表示装配体中活动零件的极限位置,可将这些零、部件的轮廓用双点画线画出,如图 17.2 中安装滑轮的闸门顶面。

(3) 简化画法 对于装配图中的螺栓连接等若干相同零件组,可以仅详细地画出一处或几处,其余只需表示中心位置,如图 17.45 中 C 向视图。

在装配图中,零件的工艺结构如圆角、倒角、退刀槽等可以不画。

17.4.3 装配图的尺寸

装配图是用来反映产品的设计要求,指导产品的装配和安装的图样,所以在装配图上只需标注和这些方面有关的尺寸,不需要注出零件的所有尺寸。

装配图上一一般只注以下几类尺寸,如图 17.45 所示:

(1) 规格(或性能)尺寸——表示装配体规格、性能的尺寸,如油泵进、出口尺寸 G1/4。

(2) 配合尺寸——表示装配体各零件间配合关系的尺寸,如尺寸 $\phi 14\text{H}8/\text{f}7$ 、 $\phi 40\text{H}8/\text{f}7$ 、 35 ± 0.02 。

(3) 安装尺寸——表示把装配体安装到工作位置上所需要的尺寸,如尺寸 72、 $\phi 9$ 。

(4) 总体(或外形)尺寸——表示装配体的总长、总宽、总高的尺寸,是安装及装箱所需要的数据,如尺寸 157、114、100。

(5) 其他重要尺寸——为满足设计要求所需要的尺寸,如尺寸 45。

上述五类尺寸,在一张装配图上不一定同时都有,应根据装配体的具体情况和装配图的具体作用而定。

图 17.2 中所注的尺寸可自行分析。

17.4.4 装配图上的序号、明细栏和技术要求

为了便于看图及组织生产,对装配图上的各个零件必须进行编号,并将各个零件的序号、名称、数量、材料等列成明细表。

(1) 图上所有不同的零件都应单独编一个号。相同的零件(形状、尺寸、材料等都相同)只应有一个序号,图上只注一次,而将其数量填写在明细栏中。

(2) 序号的形式见图 17.46,指引线用细实线,自零件的可见轮廓线内引出,并在末端画一圆点;在指引线的水平线(细实线)上方或圆(细实线)内注写序号,序号字高比图中尺寸数字大一号。指引线相互不能相交,并尽量避免与剖面线平行。若所指的零件很薄或涂黑,则用箭头代替小黑点。紧固件组(螺栓、螺母、垫圈)可用公共指引线,如图 17.47 所示。



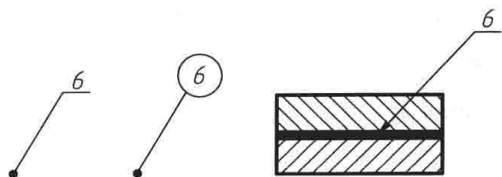


图 17.46 零件序号的形式

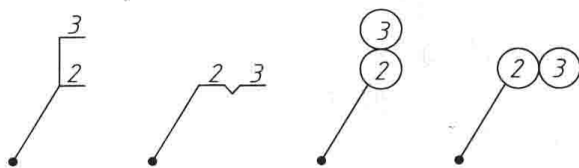


图 17.47 紧固件序号的形式

(3) 序号应按水平方向或垂直方向依次排列整齐,顺序可采用顺时针或逆时针方向排列。

(4) 明细栏的内容如图 17.2、图 17.45 所示。明细栏内的序号应由下向上填写。对标准件还应写明其规格,标准号可填写在备注栏中。

(5) 装配图上的技术要求是指对装配或检验工作的要求,如图 17.45 中的技术要求。

17.4.5 读装配图

在设计、制造、使用、维修机器设备和技术交流中,都会遇到读装配图的问题。读装配图的基本要求是:

- (1) 了解装配图所表达的机器或部件的用途、性能和工作原理。
- (2) 了解各零件的装配关系(各零件装配的相对位置、连接方式和配合性能等)。
- (3) 看懂各零件的结构形状和作用。
- (4) 了解尺寸和技术要求等。

下面以图 17.45 齿轮油泵装配图为例,说明读装配图的一般方法和步骤。

1. 概括了解

从标题栏和有关说明书中,了解装配体的名称和大致用途。根据零件编号对照明细栏了解零件的名称、数量,并找出各零件在视图中所在的位置。根据图样上所提供的视图、剖视图和断面图的配置及标注,分析各视图之间的投影关系,了解各视图的表达重点。通过上述分析,可以初步了解装配体的工作原理。

齿轮油泵是机器中用以输送润滑油或压力油的一种部件。对照零件序号和明细栏可知,齿轮油泵由 10 种零件装配而成。图中采用全剖视的主视图表达了各个零件间的装配关系;左视图采用沿泵盖和泵体结合面剖切的方法,表达了泵体的外形、齿轮的啮合情况以及吸、压油的工作原理,同时用局部剖视表示了进油口的情况;C 向视图反映了泵盖的外形;B 向视图采用了拆卸画法,反映了泵体右端的外形;俯视图反映了底板的形状,同时用局部剖视反映了后方压油口的情况。

2. 分析装配体的工作原理和装配关系

在概括了解之后,可从反映该装配体装配关系的视图着手,沿着运动零件的装配干线,分析各零件的运动情况,弄清工作原理。此后再根据投影关系分析各条装配干线,弄清各零件间的装配关系及定位、连接方式。此外,对运动零件间的润滑和密封形式等也须有所了解。这一步是看装配图的重要环节。

泵体 1 是齿轮泵的主要零件之一。可在泵体内腔装入一对带轴的齿轮 2、6,其左端有泵盖 7 和泵体一起支承着齿轮的旋转运动。泵盖和泵体用 6 个螺栓 9 连接成整体,为了防止端盖和泵体的结合面处及主动齿轮轴伸出端漏油,分别用垫片 8 及密封填料 3、压盖 5、压紧螺母 4 密封。



主动齿轮轴 6 以逆时针方向转动时,从动齿轮轴 2 作顺时针方向转动。如图 17.48 所示,当一对齿轮在泵体内啮合时,啮合区内左边压力降低而形成真空,油池内的油在大气压力作用下,将随着齿轮的不停转动而进入油泵低压区的吸油口,同时齿槽中的油由箭头方向不断被带至右边的压油口压出,送至机器中需要润滑的部位。

3. 分析零件和看懂零件的结构形状

根据装配图的作用,分析零件的结构形状可以进一步帮助深入了解装配体的工作原理。分析零件形状时,首先要分离零件的视图,把零件的投影轮廓从各视图中分离出来。其方法是:从标注零件序号的视图着手,用目测或三角板、分规按投影关系及根据剖面线方向和间距的不同,在各视图中找出零件的相应投影轮廓,然后进行形体和结构分析,想象出零件的结构形状。

图 17.3 和图 17.5 为滑轮的两个零件图,请结合图 17.2 滑轮装配图自行分析。

4. 综合归纳

最后还应对装配体的工作原理、装配关系、拆装顺序、安装方法及装配图的视图表达特点和尺寸的意义等作综合的总体分析、归纳,以对所读装配体获得一个清晰、完整的概念。

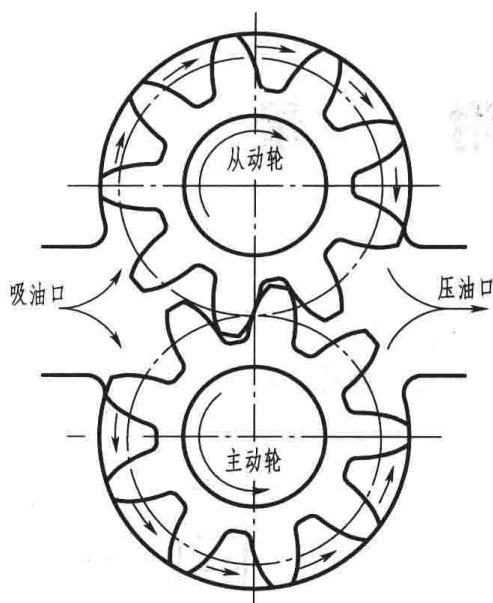


图 17.48 齿轮泵工作原理

思考题

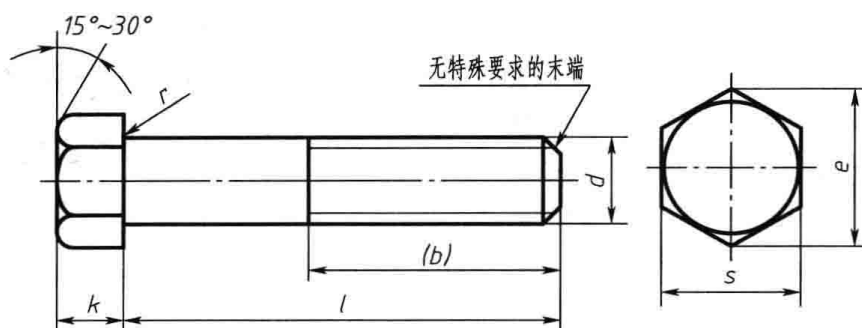
1. 零件图应有哪些基本内容?
2. 什么是表面结构? 如何标注表面结构?
3. 什么是公差? 如何标注公差?
4. 什么是配合? 配合有几种类型?
5. 螺纹紧固件中螺栓、螺母和垫圈的规定标记包括哪些内容?
6. 装配图的作用是什么? 它包括哪些内容?
7. 如何读装配图?



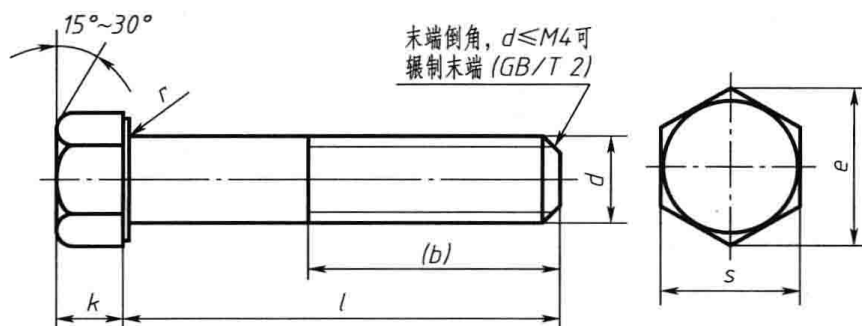
附录

一、螺栓

六角头螺栓—C级(GB/T 5780—2000)



六角头螺栓—A和B级(GB/T 5782—2000)



标记示例

螺纹规格 $d=M12$ 、公称长度 $l=80$ 、性能等级为 8.8 级、表面氧化、A 级的六角螺栓标记:

螺栓 GB/T 5780 M12×80

附表 1

mm

螺纹规格 d			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
b 参考	$l \leq 125$		12	14	16	18	22	26	30	38	46	54	66
	$125 < l \leq 200$		18	20	22	24	28	32	36	44	52	60	72
	$l > 200$		31	33	35	37	41	45	49	57	65	73	85
c			0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8
d_w	产品等级	A	4.57	5.88	6.88	8.88	11.63	14.63	16.63	22.49	28.19	33.61	—
		B,C	4.45	5.74	6.74	8.74	11.47	14.47	16.47	22	27.7	33.25	42.75

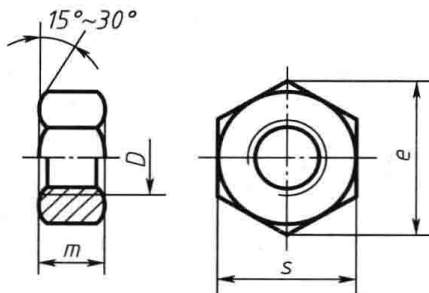
续表

螺纹规格 d			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
e	产品等级	A	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	33.53	39.98	—
		B,C	5.88	7.50	8.63	10.89	14.20	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	50.85
k 公称			2	2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7
r			0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	1
s 公称			5.5	7	8	10	13	16	18	24	30	36	46
l (商品规格范围)			20~30	25~40	25~50	30~60	40~80	45~100	50~120	65~160	80~200	90~240	110~300
l 系列			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										

注:1. A 级用于 $d \leq 24$ 和 $l \leq 10d$ 或 ≤ 150 的螺栓;B 级用于 $d > 24$ 和 $l > 10d$ 或 > 150 的螺栓。2. 螺纹规格 d 范围:GB/T 5780 为 M5~M64;GB/T 5782 为 M1.6~M64。3. 公称长度 l 范围:GB/T 5780 为 25~500;GB/T 5782 为 12~500。

二、螺母

六角螺母 C 级 (GB/T 41—2000) 1 型六角螺母—A 和 B 级 (GB/T 6170—2000)



标记示例

螺纹规格 $D=M12$ 、性能等级为 5 级、不经表面处理、C 级的六角螺母标记:

螺母 GB/T 41 M12

螺纹规格 $D=M12$ 、性能等级为 8 级、不经表面处理、A 级的 1 型六角螺母标记:

螺母 GB/T 6170 M12

附表 2

mm

螺纹规格 D		M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
e	GB/T 41—2000	—	—	8.63	10.89	14.20	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	50.85
	GB/T 6170—2000	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85
s	GB/T 41—2000	—	—	8	10	13	16	18	24	30	36	46
	GB/T 6170—2000	5.5	7	8	10	13	16	18	24	30	36	46
m	GB/T 41—2000	—	—	5.6	6.4	7.9	9.5	12.2	15.9	19	22.3	26.4
	GB/T 6170—2000	2.4	3.2	4.7	5.2	6.8	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6

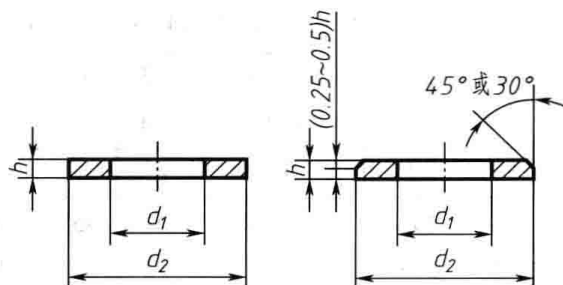
注:A 级用于 $D \leq 16$; B 级用于 $D \geq 16$ 。产品等级 A、B 由公差取值决定,A 级公差数值小。

三、垫圈

小垫圈 A 级(GB/T 848—2002)

平垫圈 倒角型 A 级(GB/T 97.2—2002)

平垫圈 A 级(GB/T 97.1—2002)



标记示例

标准系列、公称规格 8 mm,由钢制造的硬度等级为 200HV 级,不经表面处理、产品等级为 A 级的平垫圈:

垫圈 GB/T 97.1 8

附表 3

mm

公称规格(螺纹大径 d)		3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30
d_1	GB/T 848—2002	3.2	4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13	17	21	25	31
	GB/T 97.1—2002	3.2	4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13	17	21	25	31
	GB/T 97.2—2002	—	—	5.3	6.4	8.4	10.5	13	17	21	25	31
d_2	GB/T 848—2002	6	8	9	11	15	18	20	28	34	39	50
	GB/T 97.1—2002	7	9	10	12	16	20	24	30	37	44	56
	GB/T 97.2—2002	—	—	10	12	16	20	24	30	37	44	56
h	GB/T 848—2002	0.5	0.5	1	1.6	1.6	1.6	2	2.5	3	4	4
	GB/T 97.1—2002	0.5	0.8	1	1.6	1.6	2	2.5	3	3	4	4
	GB/T 97.2—2002	—	—	1	1.6	1.6	2	2.5	3	3	4	4

注:1. 硬度等级有 200HV、300HV 级;材料有钢和不锈钢两种。

2. d 的范围:GB/T 848 为 1.6~36 mm,GB/T 97.1 为 1.6~64 mm,GB/T 97.2 为 5~64 mm。



参考文献

- [1] 中国水利百科全书编辑部.水利百科图集[M].北京:水利电力出版社,1991.
- [2] 朱育万,卢传贤.画法几何及土木工程制图.4版.北京:高等教育出版社,2010.
- [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] 大连理工大学工程图学教研室.机械制图.7版.北京:高等教育出版社,2013.
- [5] 谭建荣,等.图学基础教程.2版.北京:高等教育出版社,2006.
- [6] 殷佩生,吕秋灵,沈丽宁.AutoCAD 2010 土建工程应用教程.中文版.南京:河海大学出版社,2010.
- [7] 卢传贤.土木工程制图.4版.北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局.中华人民共和国国家标准:技术制图.北京:中国标准出版社,1999.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.中华人民共和国国家标准:建筑制图标准.北京:中国计划出版社,2011.
- [10] 中华人民共和国水利部.中华人民共和国水利行业标准.水利水电工程制图标准.北京:中国水利水电出版社,2013.
- [11] 中华人民共和国交通部.中华人民共和国行业标准:港口工程制图标准.北京:交通出版社,1996.



Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):

```
{
  "filename": "MTM3ODQyOTYuemlw",
  "filename_decoded": "13784296.zip",
  "filesize": 63815433,
  "md5": "2b21e5e53a83b2ce1f5b42f6b77846c4",
  "header_md5": "db838b1fc54f39819ba548ab917db76a",
  "sha1": "6f84d411351e8a58efecb930e63f40292996745b",
  "sha256": "67b2be9b1382e1f219c27a3528d068b0565ec68ac41030b88507e6c720199197",
  "crc32": 2444961406,
  "zip_password": "",
  "uncompressed_size": 80891622,
  "pdg_dir_name": "\u2557\u00a1\u2556\u00bf\u255d\u2555\u2551\u256c\u255d\u2591\u2566\u00ab\u2514\u221a\u2563\u00f1\u2502\u2560\u2553\u255e\u2550\u255d \u2561\u250c6\u2591\u00b5_13784296",
  "pdg_main_pages_found": 373,
  "pdg_main_pages_max": 373,
  "total_pages": 384,
  "total_pixels": 2451992000,
  "pdf_generation_missing_pages": false
}
```