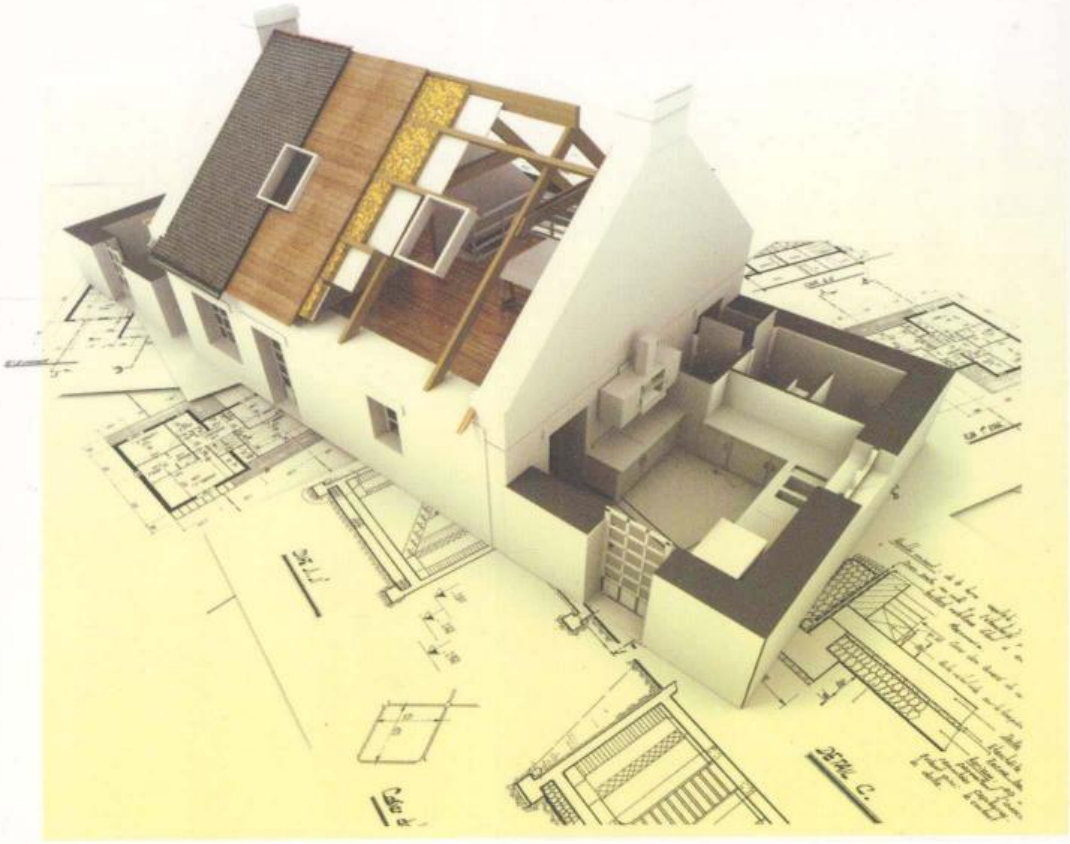
21世纪

普通高等学校工程管理专业规划教材
住建部高等学校工程管理专业指导委员会推荐 审订

房屋建筑学（第2版）

FANGWUJIANZHUXUE

主编 董晓峰



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

责任编辑／陈军东
封面设计／许伶俐

21世纪 普通高等学校工程管理专业规划教材
住建部高等学校工程管理专业指导委员会推荐　审订

房屋建筑学（第2版）

FANGWUJIANZHUXUE

GCGL

普通高等学校工程管理专业规划教材

- 建设工程管理概论
- 工程经济学
- 工程估价（上）
- 工程估价（下）
- 工程项目管理（上）
- 工程项目管理（下）
- 工程合同管理
- 建设法规
- 工程造价管理
- 房地产估价
- 房地产开发
- 房地产经济学
- 房地产市场营销
- 物业管理概论
- 工程管理识图与绘图
- 工程力学
- 工程结构
- 工程材料
- 工程测量
- 工程施工
- 建筑设备概论（上）
- 建筑设备概论（下）
- **房屋建筑学**
- 工程地质与地基基础

项目策划：武汉理工大学出版社第一工作室
http：//www.techbook.com 理工图书网
E-mail：liuyj@whut.edu.cn, tiandq@whut.edu.cn
地　址：武汉市洪山区珞狮路 122 号
邮　编：430070
电　话：(027)87785758(工作室)
(027)87165708(发行部)

ISBN 978-7-5629-3971-9
9 787562 939719 >
定价：42.50 元

普通高等学校工程管理专业规划教材
住建部高等学校工程管理专业指导委员会　审订

房屋建筑学

（第2版）

主　编　董晓峰
副主编　卜良桃

武汉理工大学出版社
·武　汉·

【内 容 提 要】

本书全面系统地介绍了大量性民用建筑及工业厂房的建筑设计和建筑构造的基本原理和基本方法，介绍了最新建筑规范和规程对建筑设计和构造的要求，增加了新材料、新技术、新构造的内容。通过本书的学习，读者可以了解建筑设计前期运作程序及要求，建筑设计的依据、要求和内容，建筑工程设计从立项到工程竣工的全过程；掌握建筑构造的设计原理及设计方法，掌握建筑施工图的绘制等方面的基本专业技能。

本书可以作为高等院校工程管理专业、工程造价专业、土木工程专业、给水排水专业及其他相关专业的教材，也可作为建筑业工程项目管理人员、工程施工管理人员学习房屋建筑学知识的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

房屋建筑学/董晓峰主编. —2 版. —武汉：武汉理工大学出版社，2013.6
ISBN 978-7-5629-3971-9

Ⅰ.① 房… Ⅱ.① 董… Ⅲ.① 房屋建筑 Ⅳ.① TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 037092 号

项目负责人：徐 扬　　**责任编辑**：陈军东
责任校对：彭佳佳　　**封面设计**：许伶俐
出版发行：武汉理工大学出版社
地　　址：武汉市洪山区珞狮路 122 号
邮　　编：430070
网　　址：http://www.techbook.com.cn
经 销 者：各地新华书店
印 刷 者：武汉兴和印务有限公司
开　　本：787×1092　1/16
印　　张：29.25
字　　数：749 千字
版　　次：2013 年 6 月第 2 版
印　　次：2013 年 6 月第 1 次印刷
印　　数：1～3000 册
定　　价：42.50 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题，请向出版社发行部调换。
本社购书热线电话：027-87515778　87515848　87785758　87165708(传真)

·版权所有，盗版必究·

普通高等学校工程管理专业规划教材
编审委员会名单

主任委员：

任　宏　住建部高等学校工程管理专业指导委员会主任委员
重庆大学建设管理与房地产学院院长，教授，博导

丁烈云　住建部高等学校工程管理专业指导委员会副主任委员
东北大学校长，教授，博导

副主任委员：

王乾坤　湖北省工程建设专家委员会委员
武汉理工大学副校长，教授，博导

张希黔　住建部高等学校工程管理专业评估委员会副主任委员
中国建筑第三工程局顾问，总工程师，教授

乐　云　中国建筑学会建筑经济分会理事
同济大学建设管理与房地产系主任，教授，博导

刘永坚　武汉理工大学，教授

委　员：（以姓氏笔画为序）

卜良桃　方　俊　王长永　王成刚　王孟钧　王俊安
邓铁军　田道全　江　萍　齐俊峰　刘永坚　何清华
宋　敏　沈　巍　陈国平　陈起俊　陈敬武　严捍东
徐　扬　陈军东　张云波　张长清　张建新　周述发
经来旺　杨　宇　杨志勇　赵　彬　赵世强　骆汉宾
姜早龙　黄如宝　黄学军　谢琳琳　董晓峰　谭大璐
魏小胜

秘书长：田道全

总责任编辑：徐　扬

出 版 说 明

“工程管理”是一门研究工程技术活动中所涉及的计划、组织、资源配置、指挥与控制等管理问题的学科。随着我国新型工业化进程中大规模建设工作的展开和企业的快速发展，工程管理领域迫切需要大量掌握现代化科学技术、精通管理业务，又具有战略眼光的工程管理人才。高等学校工程管理专业教育的培养目标，就是为国家经济与社会发展培养具有工程技术、管理学、经济学基本知识，掌握现代管理科学的理论、方法和手段，能在国内外工程建设领域从事工程技术活动管理的复合型高级管理人才。

高等学校工程管理专业是教育部1998年颁布的《普通高等学校本科专业目录》中设置的新专业，整合了原“建筑管理工程”、“国际工程管理”、“房地产经营管理”等专业，具有较强的综合性和较大的覆盖范围。如何办好这一新专业，从而有效地为国家经济与社会发展培养工程建设领域的高级专业管理人才，是摆在全国设置了该专业的高等学校面前的一个重大课题。同时，高等学校对该专业的人才培养目标、课程结构体系、专业方向设置、课程教学大纲、教材建设等产生了十分迫切的需求。为此，住建部高等学校工程管理专业指导委员会已编制了教学指导文件：《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——工程管理专业》。

武汉理工大学出版社一贯以出版反映我国高等教育和教学改革阶段性成果的精品教材、教学参考书为己任。在广泛调查研究的基础上，为了进一步推动我国高等学校工程管理专业本科教学改革，整合各门课程内容，决定组织编写出版一套代表我国当前教学水平、反映阶段性教改成果并适合教学需要的系列教材——《普通高等学校工程管理专业规划教材》。

该系列教材的编写将立足于我国工程建设行业的人才培养需求，内容涵盖工程技术、管理、经济、法律等知识平台，以及工程项目管理专业方向、房地产经营与管理专业方向、工程投资与造价管理专业方向等，每门课程均出版配套的多媒体教学课件。

我们将在住建部高等学校工程管理专业指导委员会的具体指导下，邀请全国多所高等学校致力于“工程管理”专业本科教学改革与教材建设的专家和教授，共同编写本套系列教材（或制作多媒体教学课件）。

系列教材编审委员会由各位主编、本学科知名专家及我社资深编辑共同组成。编审委员会的主任委员、副主任委员将由工程管理界知名教育专家担任。教材编写工作实行主编负责制，主编对编写大纲、结构体系及章节内容安排等负总责。本套系列教材计划分批组织编写和出版，系列教材首批推出21种（于2008年秋季、2009年春季分批出版）。

面向新世纪的中国高等教育正在经历前所未有的变革和发展。我社将秉承为高等学校教学和科研工作服务的宗旨，以服务于学校师资队伍建设、教材建设为特色。我们愿与各校教师真诚合作，共同努力，为新世纪的高等教育事业作出更大的贡献。

武汉理工大学出版社

2008年5月

第 2 版前言

本书自 2009 年出版后，被众多高等院校所采用，反映较好。根据各校使用者的建议，结合近年来的教学改革动态、科学技术的发展、新的建筑规范的实行，我们对本教材进行了修订。

这次修订仍按原来篇章进行编写，不做大的改动，只进行了局部修改。去掉陈旧或已废止的建筑规范的内容，增加新规范的内容，使本书更具有时效性和参考性。另外，钢结构厂房在现代工业建筑中运用很多，我们特地增加了第 16 章即单层钢结构厂房设计。

参加本书编写的人员均是多年从事房屋建筑学课程教学的高等院校教师，具体编写分工如下：第 1 章由武汉理工大学刘红红、董晓峰编写；第 2 章由武汉理工大学田燕、刘红红编写；第 3 章由武汉理工大学刘红红、田燕编写；第 4 章由武汉理工大学田燕、董晓峰编写；第 5 章由东风建筑设计院董舒编写；第 6 章由武汉理工大学董晓峰、东风建筑设计院董舒编写；第 7 章由武汉科技大学周百灵编写；第 8 章由武汉理工大学董晓峰、华中科技大学武昌分校雷云尧编写；第 9 章由武汉理工大学董晓峰编写；第 10～12 章由湖南信息科学职业学院于丽编写；第 13～16 章由湖南大学卜良桃编写。本书由董晓峰任主编，负责民用建筑部分的统稿工作，卜良桃任副主编，负责工业建筑部分的统稿工作。

本书的实用性较强，可作为土木专业、工程管理专业、给排水专业、暖通工程专业的教材和教学参考书，也可作为从事建筑工程设计与施工的技术人员的参考书。

由于我们水平有限，在编写过程中不可避免地有一些不当之处，烦请各位同仁给以批评指正。

编　者

2012 年 12 月

第 1 版前言

本书是专为工程管理专业的学生编写的教材，全书根据非建筑学专业学生对建筑知识的需求，注重教材的实用性、可操作性和时效性，依据现行规范和规程的要求进行编写。

在建筑设计部分，主要介绍一般大量性建筑的设计原理与设计方法，并针对目前房地产发展的需求，对住宅、学校的设计有所偏重。根据工程管理专业学生毕业后的工作性质，增加了总平面设计一节，使学生对整个建筑设计的全过程及其设计内容加深了解。

在建筑构造部分，注重新材料、新技术、新构造的介绍，摈弃一些过时的构造做法，同时兼顾城乡的不同发展，对一些常用构造加以介绍。在教材中，既体现了构造的设计原理，又重视可操作性，展示了一些实用技术。

本书内容较丰富，除增加大量的图片、详图外，还增加了一些图表和构造范例，满足了学习者和使用者的需求。

参加本书编写的人员均是多年从事房屋建筑学课程教学的高等院校教师，具体的编写分工如下：第 1 章由武汉理工大学刘红红、董晓峰编写；第 2 章由武汉理工大学田燕、刘红红编写；第 3 章由武汉理工大学刘红红、田燕编写；第 4 章由武汉理工大学田燕、董晓峰编写；第 5 章由武汉理工大学设计院董舒编写；第 6 章由武汉理工大学董晓峰、武汉理工大学设计院董舒编写；第 7 章由武汉科技大学周百灵编写；第 8、9 章由武汉理工大学董晓峰编写；第 10～12 章由长沙南方职业学院于丽编写；第 13～15 章由湖南大学卜良桃编写。本书由董晓峰任主编，负责民用建筑部分的统稿工作，卜良桃任副主编，负责工业建筑部分的统稿工作。

本书的实用性较强，除供工程管理专业教学使用外，也可作为土木专业、给排水专业、暖通工程专业的教材和教学参考书，也可作为从事建筑工程设计与施工的技术人员的参考书。

建筑设计和建筑构造是一门博大精深的学科，单凭这一本书就想包罗万象是不可能的。我们只想通过对本书的学习，使初学者能够入门，了解建筑学，喜欢建筑学，运用本书的知识能进行一些大量性建筑的设计、施工及管理。为从事各种建筑工种的技术人员提供尽量多的建筑知识，使所学知识能满足本职工作需要。

由于我们水平有限，在编写过程中不可避免的有一些不当之处，还烦请各位同仁予以批评指正。

编　者

2008 年 12 月

目　录

1　绪论 …… (1)

1.1　建筑的起源与发展 …… (1)

1.1.1　国外建筑发展概况 …… (2)

1.1.2　中国建筑发展概况 …… (8)

1.2　建筑的基本概念 …… (12)

1.2.1　建筑的构成要素 …… (12)

1.2.2　建筑方针 …… (13)

1.2.3　建筑的分类 …… (14)

1.3　建筑设计的内容、程序 …… (17)

1.3.1　建筑设计的内容 …… (17)

1.3.2　建筑设计的程序 …… (17)

1.4　建筑设计的要求和依据 …… (21)

1.4.1　建筑设计的要求 …… (21)

1.4.2　建筑设计依据 …… (21)

1.5　建筑模数协调统一标准 …… (27)

1.5.1　建筑模数 …… (27)

1.5.2　定位轴线 …… (29)

1.5.3　标志尺寸 …… (30)

复习思考题 …… (30)

2　建筑平面设计 …… (32)

2.1　主要使用房间的设计 …… (33)

2.1.1　房间的分类和设计要求 …… (33)

2.1.2　房间的面积、形状和尺寸的确定 …… (34)

2.1.3　房间的门窗设置 …… (40)

2.2　辅助使用房间设计 …… (44)

2.2.1　卫生间的设计 …… (44)

2.2.2　浴室、盥洗室的设计 …… (46)

2.2.3　厨房的设计 …… (49)

2.3　交通联系部分设计 …… (51)

2.3.1　走道 …… (51)

2.3.2　楼梯 …… (53)

2.3.3　电梯、自动扶梯、坡道 …… (57)

2.3.4　门厅、过厅和出入口 …… (58)

2.4 建筑平面组合设计 …… (62)
2.4.1 建筑平面的功能分析 …… (62)
2.4.2 平面组合方式 …… (64)
2.5 建筑总平面设计 …… (73)
2.5.1 建筑基地与控制指标 …… (73)
2.5.2 基地环境与功能分区 …… (75)
2.5.3 影响总平面布局的因素 …… (78)
2.5.4 基地道路和小型停车场设计 …… (83)
复习思考题 …… (85)
3 建筑剖面设计 …… (86)
3.1 房屋各高度尺寸和剖面形状的确定 …… (87)
3.1.1 房屋的净高和层高 …… (87)
3.1.2 房间的剖面形状 …… (87)
3.1.3 房间的高度尺寸及剖面形状的影响因素 …… (88)
3.1.4 窗台高度 …… (97)
3.1.5 室内外高差 …… (97)
3.1.6 建筑高度 …… (98)
3.2 建筑层数的确定 …… (98)
3.2.1 使用要求 …… (99)
3.2.2 结构、材料和施工的要求 …… (99)
3.2.3 建筑基地环境与城市规划的要求 …… (100)
3.2.4 建筑防火要求 …… (101)
3.2.5 建筑经济要求 …… (102)
3.3 建筑空间的组合 …… (103)
3.3.1 剖面组合的方式 …… (103)
3.3.2 建筑空间的组合 …… (106)
3.3.3 建筑空间的利用 …… (112)
复习思考题 …… (115)
4 建筑体形及立面设计 …… (116)
4.1 建筑体形和立面设计的要求 …… (117)
4.1.1 外部形象应反映出建筑物的性格特征 …… (117)
4.1.2 充分展示材料、结构、构造等特点 …… (118)
4.1.3 满足城市规划与环境条件的要求 …… (119)
4.1.4 符合社会经济条件要求 …… (120)
4.1.5 遵循建筑形式美的规律 …… (121)
4.2 建筑体形的组合设计 …… (121)
4.2.1 简单体形的组合设计 …… (121)

4.2.2 复杂体形的组合设计 …… (124)
4.2.3 建筑体形的转折与转角处理 …… (127)
4.2.4 体形的联系与交接 …… (128)
4.3 建筑立面的设计 …… (129)
4.3.1 比例与尺度的处理 …… (129)
4.3.2 虚实与凹凸的处理 …… (130)
4.3.3 立面的线条处理 …… (131)
4.3.4 立面的色彩与质感处理 …… (131)
4.3.5 立面的重点和细部处理 …… (133)
复习思考题 …… (133)
5 建筑构造概论 …… (134)
5.1 建筑物的构造组成 …… (134)
5.1.1 基础 …… (135)
5.1.2 墙和柱 …… (135)
5.1.3 楼地层 …… (135)
5.1.4 屋顶 …… (136)
5.1.5 楼梯 …… (136)
5.1.6 门窗 …… (136)
5.2 建筑物的结构体系 …… (136)
5.2.1 墙承重结构 …… (136)
5.2.2 框架结构 …… (137)
5.2.3 空间结构体系 …… (139)
5.3 影响建筑构造的因素和设计原则 …… (140)
5.3.1 影响建筑构造的因素 …… (140)
5.3.2 建筑构造的设计原则 …… (141)
复习思考题 …… (142)
6 墙体构造 …… (143)
6.1 墙体的类型及设计要求 …… (143)
6.1.1 墙体的分类 …… (143)
6.1.2 墙体的设计要求 …… (145)
6.2 叠砌墙构造 …… (147)
6.2.1 墙体材料 …… (147)
6.2.2 墙体的组砌方式 …… (150)
6.2.3 墙体的细部构造 …… (154)
6.2.4 墙体的抗震加固措施 …… (163)
6.3 隔墙构造 …… (167)
6.3.1 块材(砌筑)隔墙 …… (167)

6.3.2 轻骨架(立筋)隔墙 …… (168)
6.3.3 板材(条板)隔墙 …… (170)
6.4 墙面装修 …… (172)
6.4.1 墙面装修的作用 …… (172)
6.4.2 墙面装修种类 …… (173)
复习思考题 …… (184)
7 楼板层与地坪构造 …… (186)
7.1 楼地层的构造组成、类型及设计要求 …… (186)
7.1.1 楼板层与地坪层的构造组成 …… (187)
7.1.2 楼板的类型 …… (187)
7.1.3 楼板层的设计要求 …… (188)
7.2 钢筋混凝土楼板构造 …… (190)
7.2.1 现浇整体式钢筋混凝土楼板 …… (190)
7.2.2 预制装配式钢筋混凝土楼板 …… (194)
7.2.3 装配整体式钢筋混凝土楼板 …… (198)
7.2.4 楼板细部构造 …… (200)
7.3 地面构造 …… (201)
7.3.1 地面设计要求 …… (201)
7.3.2 地面的类型 …… (201)
7.3.3 地面的构造 …… (201)
7.3.4 地面的选用 …… (210)
7.4 顶棚构造 …… (210)
7.4.1 直接式顶棚 …… (210)
7.4.2 悬吊式顶棚 …… (211)
7.5 阳台与雨篷构造 …… (214)
7.5.1 阳台 …… (214)
7.5.2 雨篷 …… (220)
复习思考题 …… (222)
8 屋顶构造 …… (224)
8.1 概述 …… (224)
8.1.1 屋顶的形式 …… (224)
8.1.2 屋顶的组成 …… (225)
8.1.3 屋顶的设计要求 …… (225)
8.1.4 屋面工程的设计内容 …… (226)
8.2 屋顶排水设计 …… (226)
8.2.1 屋顶排水坡度 …… (226)
8.2.2 屋面排水方式 …… (228)

8.2.3 排水设计 …… (229)
8.2.4 屋面排水的常用方案示例 …… (230)
8.3 平屋面防水设计 …… (233)
8.3.1 卷材防水屋面 …… (233)
8.3.2 涂膜防水屋面 …… (242)
8.4 瓦屋面构造 …… (247)
8.4.1 瓦屋面的组成 …… (248)
8.4.2 瓦屋面的承重结构 …… (249)
8.4.3 瓦屋面的基层 …… (250)
8.4.4 瓦屋面的防水层和其他构造层次 …… (251)
8.4.5 瓦屋面的细部构造 …… (254)
8.5 屋顶的保温与隔热 …… (260)
8.5.1 屋顶的保温 …… (260)
8.5.2 屋顶的隔热 …… (263)
复习思考题 …… (272)
9 楼梯构造 …… (273)
9.1 楼梯的组成、形式与尺度 …… (273)
9.1.1 楼梯的组成 …… (273)
9.1.2 楼梯的形式 …… (274)
9.1.3 楼梯尺寸确定 …… (275)
9.1.4 楼梯设计 …… (280)
9.2 钢筋混凝土楼梯构造 …… (284)
9.2.1 板式楼梯 …… (284)
9.2.2 梁板式楼梯 …… (284)
9.3 踏步和栏杆扶手构造 …… (287)
9.3.1 踏步面层和防滑处理 …… (287)
9.3.2 栏杆形式与构造 …… (287)
9.3.3 扶手形式及构造 …… (289)
9.3.4 栏杆连接构造 …… (291)
9.3.5 其他构造 …… (291)
9.4 室外台阶及坡道构造 …… (292)
9.4.1 台阶尺度 …… (292)
9.4.2 台阶构造 …… (293)
9.4.3 坡道设计 …… (294)
9.5 电梯与自动扶梯 …… (296)
9.5.1 电梯 …… (296)
9.5.2 自动扶梯 …… (299)

复习思考题……（300）
10 基础与地下室……（302）
10.1 基础……（302）
10.1.1 基本概念……（302）
10.1.2 地基分类……（302）
10.1.3 基础的埋置深度……（303）
10.1.4 基础的类型……（304）
10.2 地下室的防潮与防水……（309）
10.2.1 地下室防潮……（309）
10.2.2 地下室防水……（310）
复习思考题……（312）
11 门窗构造……（313）
11.1 门窗的形式与尺度……（313）
11.1.1 门窗的作用及构造要求……（313）
11.1.2 门的形式与尺度……（313）
11.1.3 窗的形式与尺度……（316）
11.2 木门窗构造……（317）
11.2.1 平开木门的组成与构造……（317）
11.2.2 平开木窗的组成与构造……（322）
11.3 铝合金及塑料门窗……（324）
11.3.1 铝合金门窗……（324）
11.3.2 塑料门窗……（326）
复习思考题……（329）
12 变形缝构造……（330）
12.1 变形缝的作用及分类……（330）
12.1.1 变形缝的作用……（330）
12.1.2 变形缝的分类……（330）
12.2 伸缩缝……（331）
12.2.1 设置要求……（331）
12.2.2 伸缩缝构造……（332）
12.3 沉降缝……（334）
12.3.1 设置要求……（334）
12.3.2 沉降缝构造……（335）
12.4 防震缝……（336）
12.4.1 设置要求……（336）
12.4.2 防震缝构造……（338）
12.4.3 变形缝比较……（339）

12.4.4 变形缝构造要求 …… (339)
复习思考题 …… (340)
13 工业建筑概述 …… (341)
13.1 工业建筑的特点、分类与设计要求 …… (341)
13.1.1 工业建筑的特点 …… (341)
13.1.2 工业建筑分类 …… (342)
13.1.3 工业建筑设计要求 …… (344)
13.2 厂房内部的起重运输设备 …… (345)
13.2.1 单轨悬挂式吊车 …… (345)
13.2.2 梁式吊车 …… (345)
13.2.3 桥式吊车 …… (346)
复习思考题 …… (346)
14 单层工业厂房建筑设计 …… (347)
14.1 厂房的结构类型与构件组成 …… (347)
14.1.1 单层工业建筑的结构类型 …… (347)
14.1.2 单层工业建筑构件组成 …… (349)
14.2 平面设计及柱网尺寸的选择 …… (352)
14.3 厂房的剖面形式 …… (354)
14.3.1 厂房高度的确定 …… (354)
14.3.2 天然采光设计 …… (357)
14.3.3 自然通风设计 …… (363)
14.4 单层厂房的定位轴线标志 …… (368)
14.4.1 横向定位轴线 …… (368)
14.4.2 纵向定位轴线 …… (370)
14.4.3 纵横跨相交处的定位轴线 …… (374)
复习思考题 …… (375)
15 单层工业厂房构造 …… (376)
15.1 外墙构造 …… (376)
15.1.1 承重砌体墙 …… (377)
15.1.2 自承重的砌体墙 …… (377)
15.1.3 大型板材墙 …… (379)
15.1.4 轻质板材墙 …… (382)
15.1.5 开敞式外墙 …… (383)
15.2 大门、侧窗和地面构造 …… (384)
15.2.1 大门构造 …… (384)
15.2.2 侧窗构造 …… (389)
15.2.3 地面构造 …… (389)

15.3 天窗构造 …… (392)
15.3.1 矩形天窗 …… (392)
15.3.2 平天窗 …… (396)
15.3.3 矩形通风天窗 …… (399)
15.3.4 下沉式天窗 …… (401)
15.4 屋面构造 …… (408)
15.4.1 屋面基层类型及组成 …… (409)
15.4.2 屋面排水方式与排水坡度 …… (409)
15.4.3 屋面防水 …… (411)
15.4.4 屋面保温、隔热 …… (417)
复习思考题 …… (418)
16 单层钢结构厂房设计 …… (419)
16.1 钢结构厂房结构的形式和布置 …… (419)
16.1.1 钢结构厂房结构的组成 …… (419)
16.1.2 钢结构厂房的设计步骤 …… (420)
16.1.3 柱网和温度伸缩缝的布置 …… (420)
16.2 钢结构厂房的框架形式 …… (422)
16.2.1 横向框架主要尺寸 …… (422)
16.2.2 横向框架的荷载 …… (423)
16.2.3 框架柱的类型 …… (424)
16.2.4 纵向框架的柱间支撑 …… (425)
16.3 钢结构厂房屋盖结构 …… (427)
16.3.1 钢结构厂房屋盖结构的形式 …… (427)
16.3.2 钢结构厂房屋盖支撑 …… (432)
复习思考题 …… (437)
附录 …… (438)
参考文献 …… (449)

1

绪　论

本章提要

本章主要讲述建筑的起源与发展；建筑的基本概念，包括建筑要素、建筑方针、建筑的分类与分级；建筑设计的内容与程序；建筑设计的要求与依据及建筑模数协调统一标准。通过本章的学习，读者掌握建筑的基本概念、建筑设计的内容与程序、建筑设计的要求与依据及建筑模数协调统一标准。

建筑是人类的巨大的创造性劳动的结晶。人类的生存和发展，与建筑息息相关。从本质上讲，建筑是人们为满足生活、生产或其他劳动的需要而创造的物质的、有组织的空间环境，是人们日常生活和从事生产活动不可缺少的场所。从广义上讲，建筑既表示建筑工程的建造活动，同时又表示这种活动的成果——建筑物。建筑是一个通称，包括建筑物和构筑物。建筑物是供人们在其内部生产、生活或进行其他活动的房屋或场所，如住宅、厂房、学校、商场等；构筑物是为某种工程目的而建造的、人们一般不直接在其内部进行生活和生产活动的建筑物，如水塔、桥梁、烟囱等。

1.1　建筑的起源与发展

建筑是伴随着人类社会的发展而发展的。原始社会，人类为了避寒暑、防风雨和抵御野兽的侵袭，开始利用简单的工具，或架木为巢或洞穴而居，并开始定居，许多地区已有村落的雏形出现。例如，西安的半坡村氏族聚落遗址，位于浐河东岸高地上，已发现密集排列的住房数十座，多呈圆形或方形平面(图 1.1)。这说明人类远在 5000 年前的新石器时代，就对房屋的建造技术积累了一定的经验，并形成了一定的规模。在奴隶社会及以后的漫长时期内，随着建筑技术与文化的发展，世界各地区、各民族的建筑形式开始各具特色。

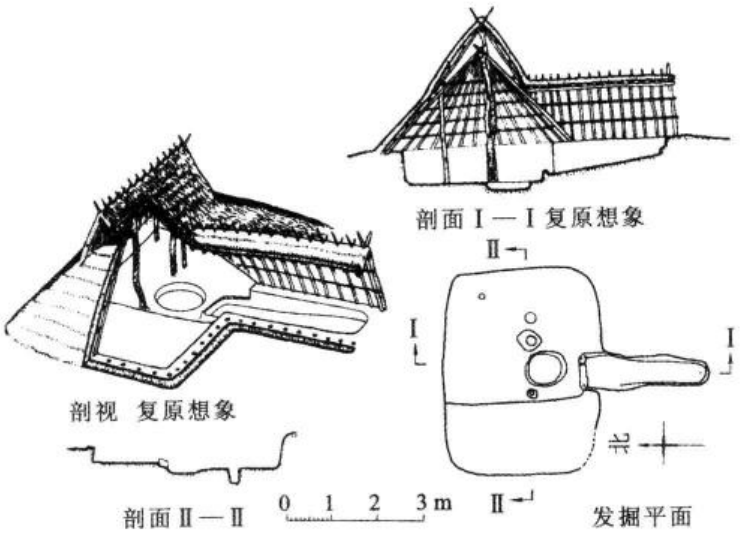


图 1.1 西安半坡村遗址

1.1.1 国外建筑发展概况

古埃及是世界文明古国，他们创造了人类历史上第一批各种类型的巨型建筑，有宫殿、府邸、神庙和陵墓。这些建筑物以巨大的石块为主要建筑材料，工程宏大，施工精细，震撼人心。在艺术风格上，古埃及人善于用庞大的规模、简洁稳定的几何形体、明确的对称轴线和纵深的空间布局来营造雄伟、庄严、神秘的效果。以金字塔为代表的古埃及建筑反映了当时的几何、测量知识和起重运输机械的技术已达到相当高的水平。金字塔是为古埃及法老(国王)修建的陵墓，其中最大的是建于公元前约 2570 年的吉萨金字塔群中的胡夫金字塔(图 1.2)。塔的外观呈正方锥形，底边长 232 m，塔高 146.5 m。塔身用石灰石块干砌而成，平均每个石块重 2.5 t，约用 230 万块石料；塔的表面原为一层磨光的石灰岩贴面，今已大部分剥落；塔内有三层墓室，上层为法老墓室，中为王后墓室，地下室存放殉葬品。此塔由每批 10 万奴隶轮流劳动，历时 30 年建成。金字塔以其高大、庄重、稳定、简洁的形象屹立在一望无垠的沙漠上，迄今近 5000 年，充分体现了古代埃及劳动人民的聪明才智。

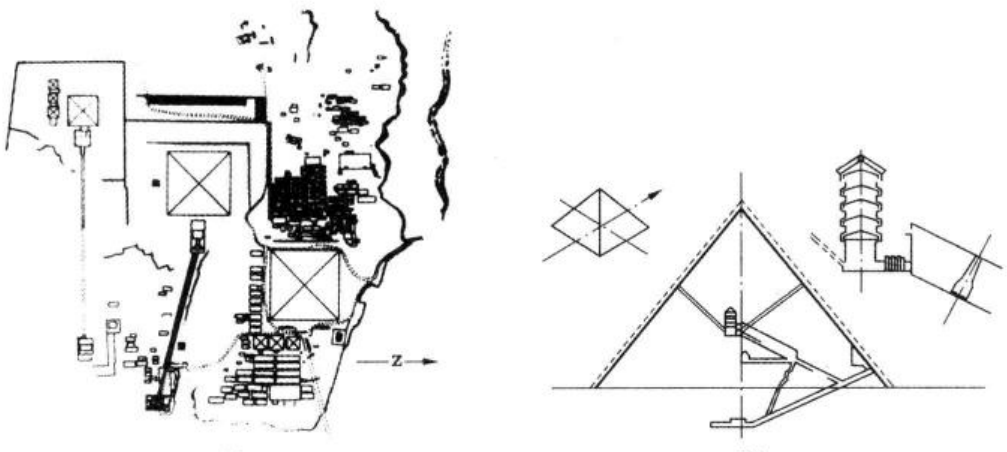


图 1.2 吉萨大金字塔群

(a) 吉萨金字塔群；(b) 胡夫金字塔剖面

古希腊是欧洲文明的摇篮，其建筑开欧洲建筑之先河，在建筑史上占有重要地位。古希腊建筑结构属梁柱体系，早期主要建筑都用石材。建筑艺术以端庄、典雅、匀称、秀美见长。雅典卫城的帕提农神庙是西方建筑史上的瑰宝。建于公元前 431 年的帕提农神庙(图 1.3)是雅典卫城最重要的主体建筑，代表着古希腊多立克柱式的最高成就，除屋顶为木结构外，柱子、额枋等全用白色大理石砌成。其平面采用典型的长方形的列柱回廊式形制，列柱采用多立克柱式，东西两面各为八根列柱，两侧各为 17 根列柱，每根列柱高 10.43 m。神庙建立在三阶台基上，两坡屋顶，两端形成三角形山花。帕提农神庙坐落在雅典卫城的最高处，从雅典各个方向都能看到它那宏伟庄严的形象。

古罗马建筑继承了古希腊建筑的成就，在建筑形制、技术和艺术方面都有创新，尤其是沿袭伊特鲁里亚人建筑技术而发展的拱券和穹隆结构技术，得以求取高大宽广的室内空间，使古罗马建筑以规模宏大、气势雄伟著称。当时出现了罗马这样百万人口的大城市，以许多世俗性的公共建筑，如集市广场、宫殿、浴场、角斗场、府邸、法院、凯旋门、桥梁等，同神庙一起构成城市的壮丽面貌。其中罗马大斗兽场、万神庙、浴场闻名于世。罗马斗兽场(图 1.4)建于公元 70—82 年，平面为椭圆形，长轴 188 m，短轴 156 m，周长 527 m，高 57 m，占地 20000 m^2，有 60 排座位，可容纳观众 5 万～8 万人。建筑形制为椭圆，外形单纯、明确、浑然一体、无始无终；外观极其宏伟雄壮，高高的立面分为四层，自下而上分别采用多立克柱式、爱奥尼亚柱式和科林斯柱式。

图 1.3　帕提农神庙

图 1.4　罗马斗兽场

公元前 1 世纪罗马建筑师维特鲁威编著的《建筑十书》是现今流传下来的最早的建筑学著作。书中首次提出的“坚固、实用、美观”成为欧洲建筑设计的理论原则。

欧洲的封建制度是在古罗马的废墟上建立起来的。古罗马帝国灭亡后，欧洲进入中世纪，近千年的封建分裂状态和教会的统治使得建筑极不发达，宗教建筑是这一时期建筑成就的最高代表。

拜占庭建筑继承和发展了古罗马建筑中某些要素，同时吸取了波斯、两河流域等地的经验，形成独特的建筑体系。拜占庭建筑的主要成就是在教堂建筑中创造了用柱墩通过拱券支承穹隆顶的结构方法和相应的中心对称式建筑形制。君士坦丁堡的圣索菲亚大教堂(图 1.5)是这个时期的代表作品。教堂平面是典型的巴西利卡式，中央穹隆突出，四面体量相仿但有侧重。

10—12 世纪，由于当时的木结构跨度受限制，又易受火灾损坏，所以人们开始运用石

拱券技术。石拱券技术的不断发展，终于形成了哥特式建筑。哥特式教堂建筑采用类似框架式的肋骨拱券石结构，使拱顶重量大为减轻，侧向推力随之减少，与相同空间的古罗马建筑相比，重量大大减轻，材料大大节省。哥特式建筑外表均为扶壁和飞扶壁，窗花格和彩色嵌花玻璃窗，高耸的尖塔，给人以向上的感觉，体现了追求天国幸福的宗教意识。哥特式建筑的结构技术与艺术形象达到了高度的统一。巴黎圣母院是这个时期的代表作品(图 1.6)，它建于公元 1163—1320 年，位于巴黎市中心塞纳河的斯德岛上，平面尺寸为 47 m×133 m，规模宏大，可容纳万人。

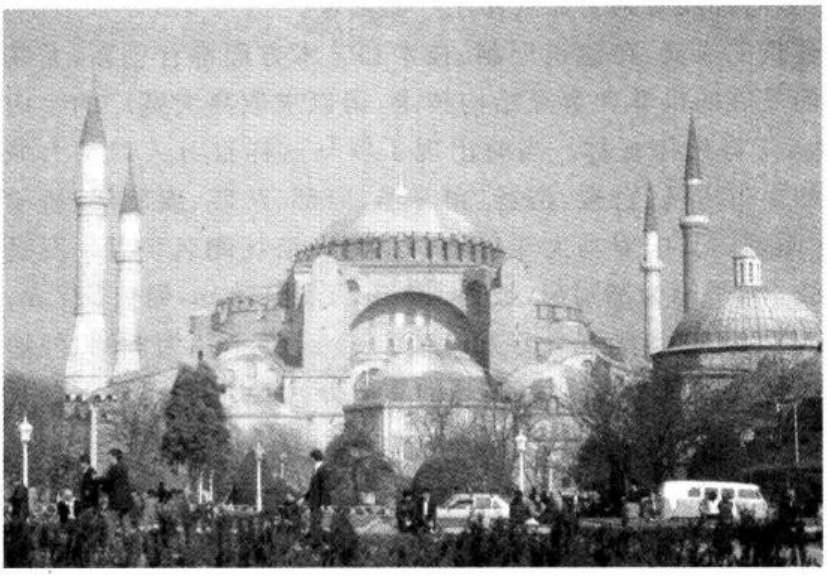


图 1.5　君士坦丁堡的圣索菲亚大教堂

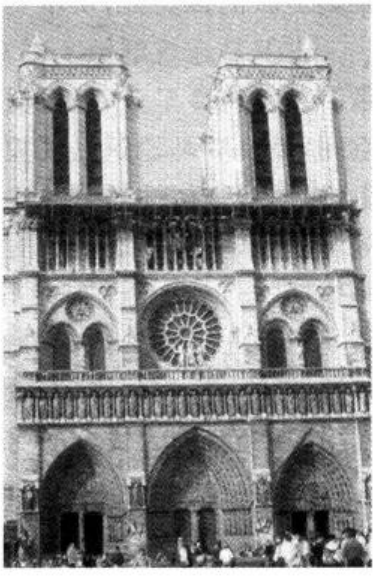


图 1.6　巴黎圣母院

14 世纪，从意大利首先开始了“文艺复兴运动”，随后遍及欧洲。文艺复兴是一场思想文化领域反封建、反宗教神学的运动，标志着资本主义萌芽时期的到来。文艺复兴要求人权，追求自由和现实幸福的人文主义思想和重视科学理性的思想，形成了以复兴希腊罗马古典文化为旗帜的反对教会文化统治的浪潮。很多艺术家如达·芬奇、米开朗琪罗等都纷纷涉足建筑领域。文艺复兴建筑最明显的特征是扬弃中世纪时期的哥特建筑风格，而在宗教和世俗建筑上重新采用古希腊、古罗马时期的柱式构图要素。罗马的圣彼得大教堂(图 1.7，1506—1626 年)是意大利文艺复兴鼎盛时期的杰出代表，世界上最大的天主教堂。许多著名的建筑师与艺术家曾参与设计与施工，集当时艺术与技术之大成，历时 120 年建成。教堂平面拉丁十字形，外部共长 213.4 m，翼部端长 137 m，大穹隆内径 41.9 m，从上面采光塔顶上十字架顶端到地面为 137.7 m，是原罗马城的最高点。前面的广场由一个梯形与一长圆形广场复合而成，是巴洛克式广场的代表。这一时期还建造了大量的贵族府邸，如法国维康府邸(图 1.8，1656—1660 年)，反映出文艺复兴时期建筑技术与艺术的高度水平。

文艺复兴晚期由于企图突破已有的建筑格式，追求奇特奔放的效果，崇尚豪华富丽的装饰而出现了巴洛克建筑(图 1.9)和洛可可风格。

17 世纪到 19 世纪，在资产阶级取得政权最初的年代里，欧美各国先后兴起过希腊复兴和罗马复兴的浪潮，所建的国会大厦、学校、图书馆等建筑仍然采用古典建筑形式。如美国纽约原海关大厦(图 1.10，1834—1841 年)，就是希腊复兴的实例。19 世纪末到 20 世纪

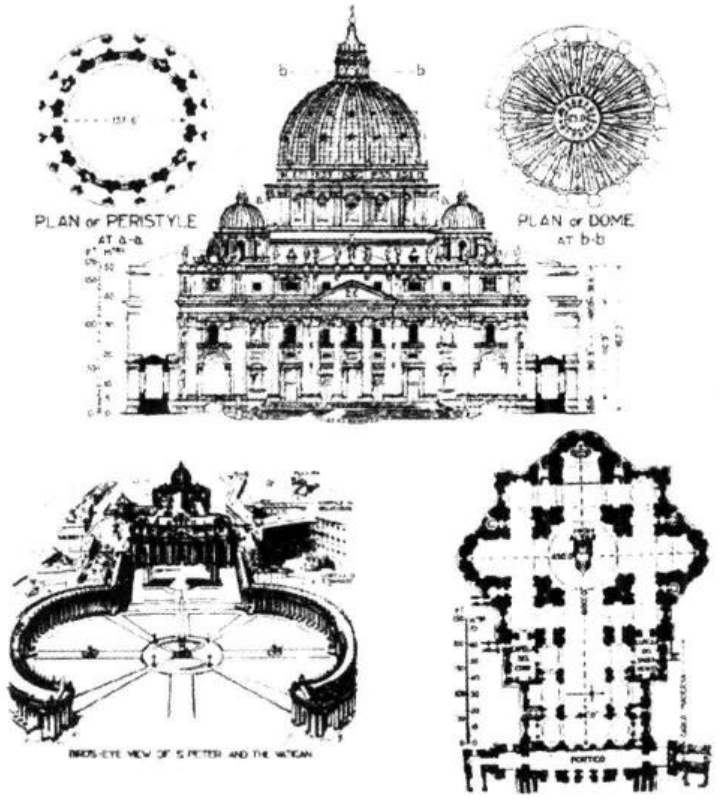


图 1.7　罗马圣彼得大教堂

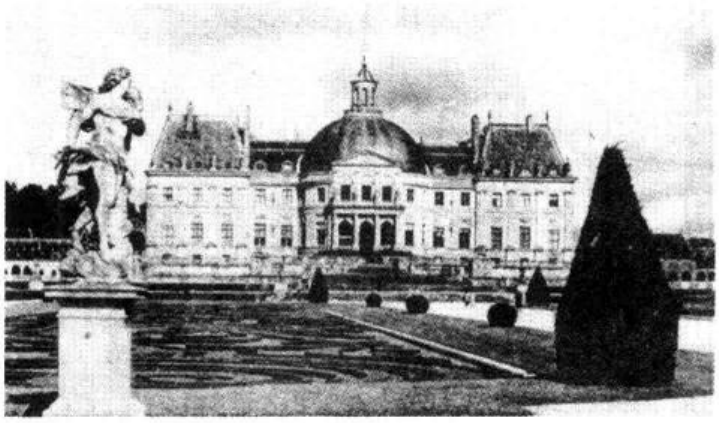


图 1.8　法国维康府邸

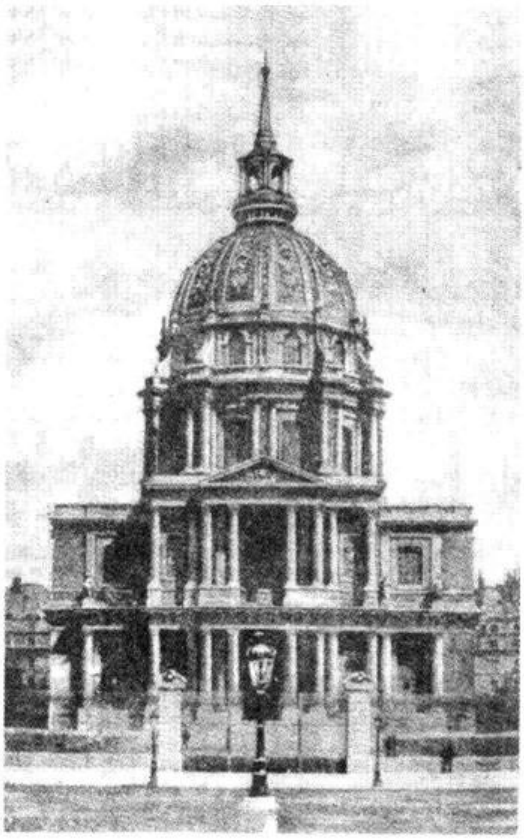


图 1.9　巴黎残废军人教堂

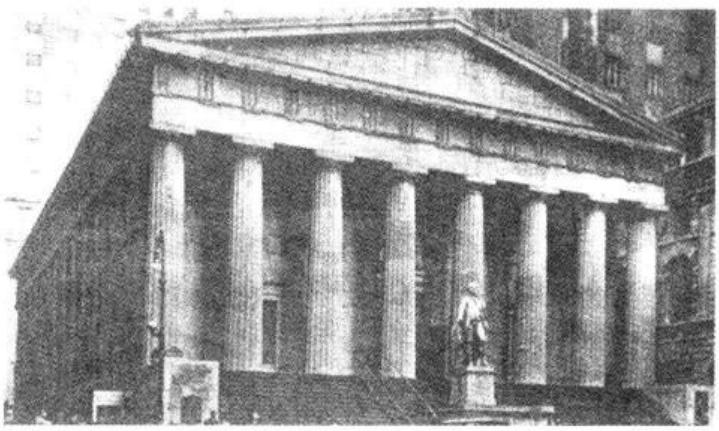


图 1.10　纽约原海关大厦

初，西方世界生产力急剧发展，技术飞速进步，出现了各式各样的工业建筑，银行、交易所、市场等商业建筑，医院、火车站、展览馆等公共建筑。由于新的建筑类型功能要求的复杂化与多样化，加之新材料的广泛运用，古典建筑形式已经不能适应新的建筑内容，于是在欧美各国开始了探索新建筑运动，主张革新，反对复古主义和折衷主义的建筑风格。

到 20 世纪 20 年代，新建筑运动进入高潮，其中以“现代建筑”思潮的影响流传较广泛。其代表人物有德国的 W. 格罗皮乌斯和 L. 密斯·凡·德·罗，法国的勒·柯布西耶和美国的 F. L. 赖特等。他们的设计原则具有以下共同特点：① 将建筑的使用功能作为设计的出发点，强调建筑形式与内容的一致性；② 强调建筑艺术处理的合理性和逻辑性，突出艺术与技术的高度统一；③ 认为建筑空间是建筑的实质，建筑设计是空间设计及其表现；④ 主张创造建筑新风格，反对套用历史上的建筑形式；⑤ 注意发挥现代建筑材料和建筑结构的技术和艺术特点，反对不合理的外加的建筑装饰；⑥ 重视建筑的经济性。

这些主张大大推动了现代建筑事业的发展，出现了一大批体现出现代建筑特征的建筑物，包豪斯校舍（图 1.11）和流水别墅（图 1.12）等是其中的代表作品。包豪斯（Bauhaus）是格罗皮乌斯于 1919 年在德国兴办的一所设计学校，学校实行新的设计教学方法，是 20 世纪 20 年代现代主义建筑和工艺设计的中心。1925 年包豪斯迁到德骚市，格罗皮乌斯及其助手设计了这座新校舍。在资金拮据的情况下，设计者周到地考虑了多种使用

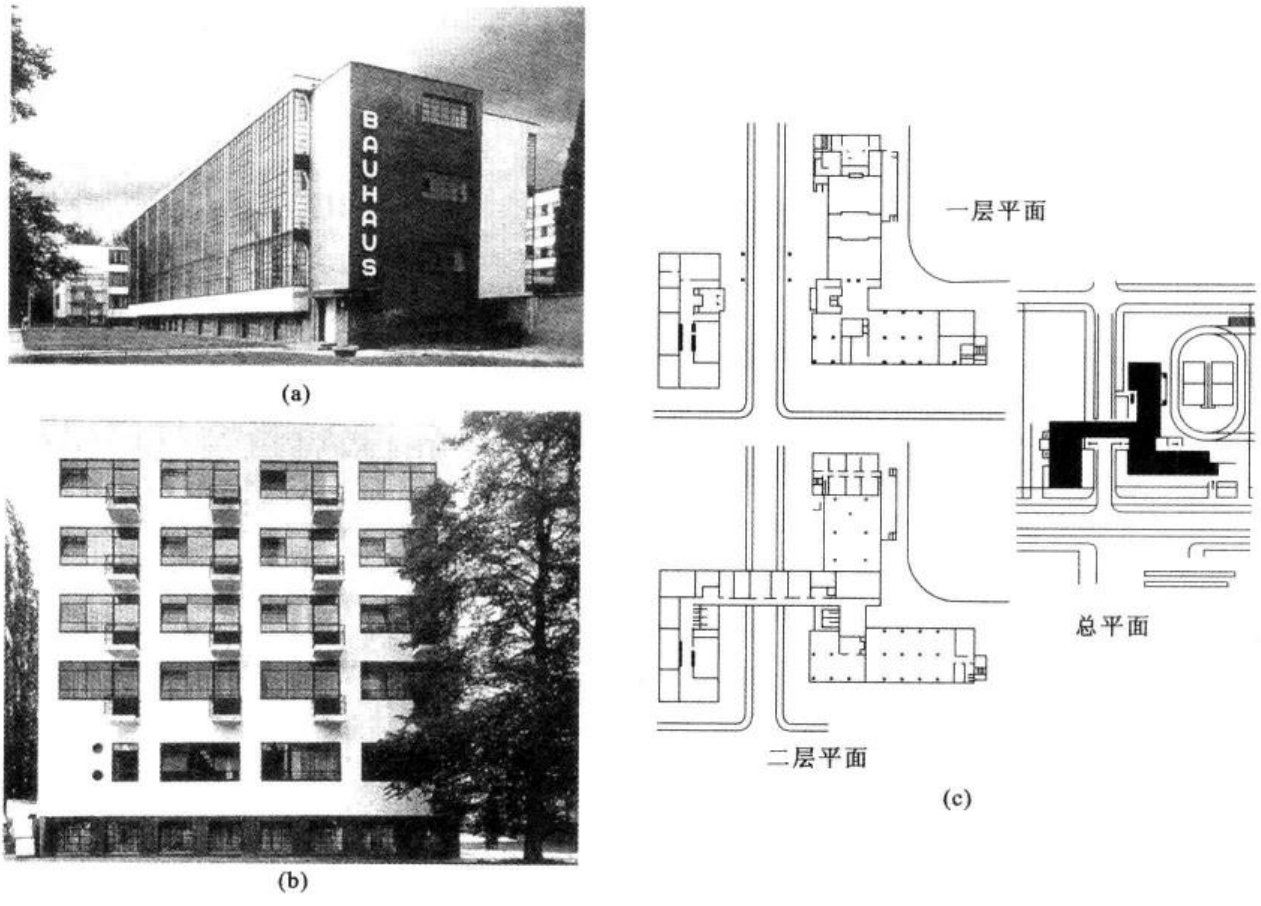


图 1.11　包豪斯校舍

（a）教学楼；（b）学生宿舍；（c）平面图

功能，采用灵活布局，将校舍作为一个整体进行设计。建筑造型完全摆脱历史上已有的建筑格局和样式，体现出灵活自由的构图和清新简朴的建筑艺术风格。在现代主义建筑史上，这座建筑和包豪斯学校一样，起了重要的推动作用。

在建筑技术方面，西方建筑最早是以石料为主，也用砖瓦和木料，但历时变化不大。到了19世纪中期，建筑中开始使用钢铁；19世纪末期，出现了硅酸盐水泥，开始使用混凝土和钢筋混凝土，并发明了电梯。20世纪以来，铝、塑料陆续登上了建筑舞台，玻璃的品种和质量不断提高与改善，在建筑中的用途更加广泛。随着建筑材料的发展，新结构不断涌现，如薄壳结构、筒体结构等，从而为大跨度建筑和高层建筑提供了物质技术条件。如建于芝加哥的西尔斯大厦(1970—1974年)，建筑地面以上110层，总高为443 m，是当时世界上最高的建筑(图1.13)。悉尼歌剧院(图1.14)、罗马体育馆(图1.15)等都是这一时期的世界优秀建筑作品。

图1.12　流水别墅

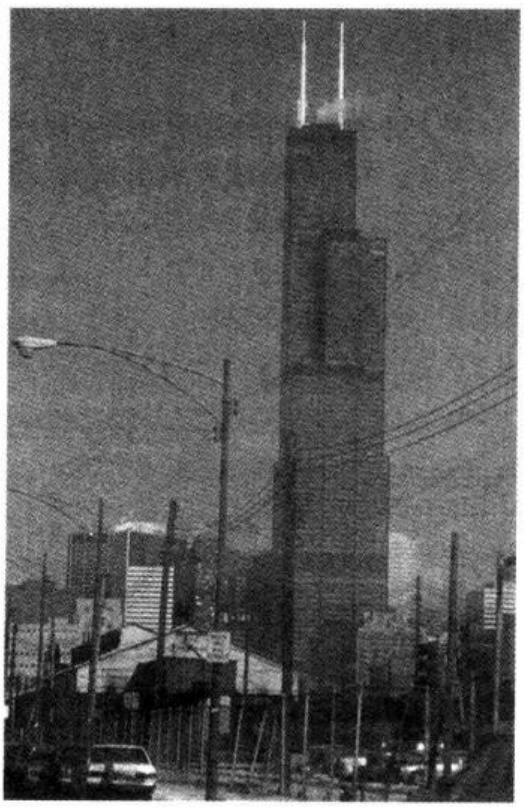


图1.13　芝加哥西尔斯大厦

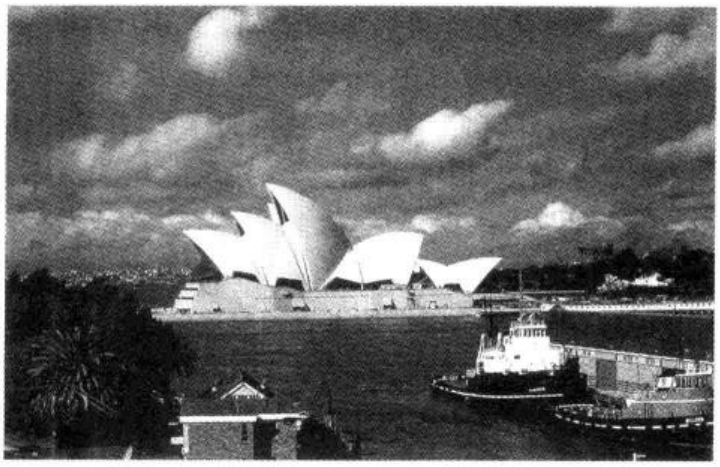
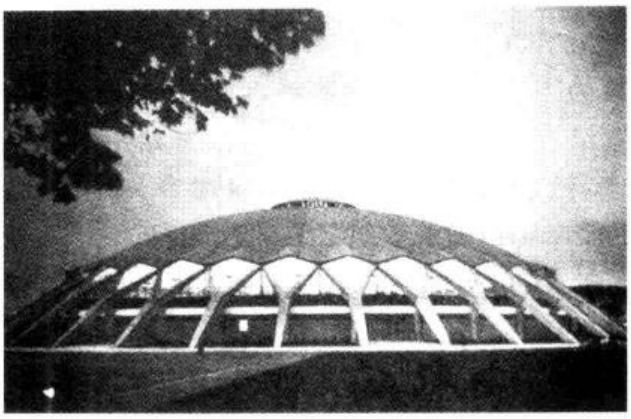


图1.14　悉尼歌剧院



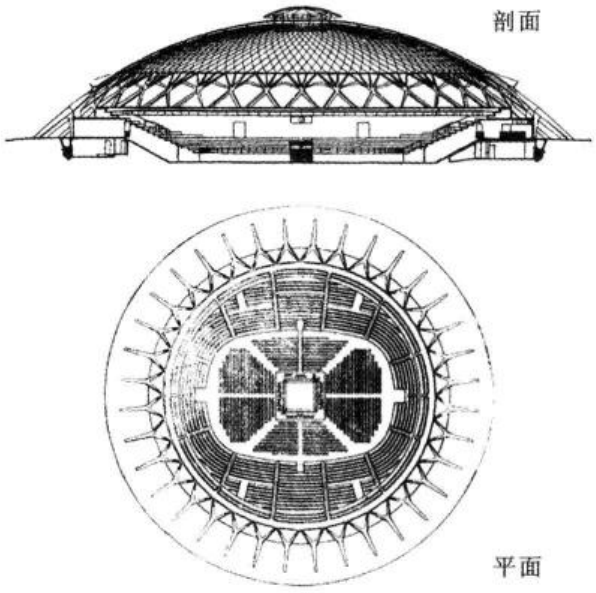


图 1.15　罗马体育馆

1.1.2　中国建筑发展概况

中国的奴隶社会经历了夏、商、周、春秋等时期的 1600 多年(公元前 2100—公元前 476 年)。在河南安阳发掘出来的殷墟遗址(图 1.16),是商代后期的都城。遗址上有大量夯土的房屋台基,上面还排列着整齐的卵石柱础和木柱的遗址,证明当时已有相当规模的木架构建筑。我国传统的木架构形式在那时已经初步形成。根据洛阳考古发掘出的西周时期的板瓦、筒瓦和脊瓦来看,在距今已 3000 多年的西周时期,已经掌握了使用陶瓦的屋面防水技术。

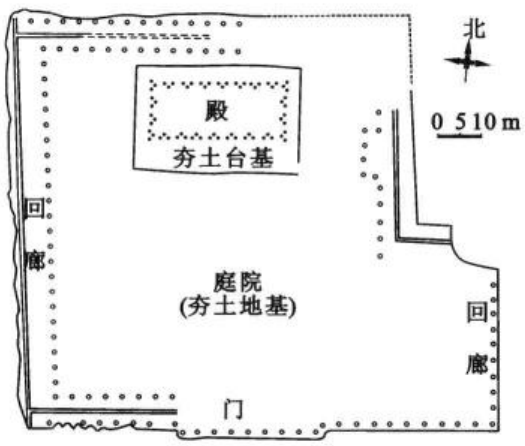


图 1.16　河南偃师二里头商代宫殿遗址

我国封建社会从战国到清朝,经历了 2400 多年,在这漫长的岁月中,中国古建筑逐步形成了以木材为主要建筑材料的自身独特的体系,并集中体现在寺庙、宫殿、佛塔、陵墓、园林建筑中。

秦始皇统一中国后,大兴土木,建宫殿,筑陵墓。役使"徒刑者"70 余万人建宫室,筑长城,造骊山陵。集中了全国的巧匠和良材,在国都咸阳附近建造很多规模巨大的宫苑建筑。这些宫苑建筑由于模仿了战国时代各国的宫室建筑,使当时各种不同的建筑形式和不同的技术经验得到了融合和发展。史书记载阿房宫前殿"东西五百步,南北五十丈,上可以坐万人,下可以建五丈旗……"是中国古代最宏伟的宫殿建筑之一。

西汉王朝是中国历史上最强盛的朝代之一,建都长安。大规模兴建宫殿,著名的有未央宫、长乐宫、建章宫、桂宫等。

汉代宫殿的特点是在宫中堆山、凿池、开辟园林。考古证实,汉代已经有了斗拱的做法。制砖技术发达,有空心砖、楔形砖、企口砖。

东汉时佛教传入中国，在魏晋南北朝时佛教已广为传播，这时期寺庙、佛塔和石窟建筑得到很大发展，产生了灿烂的佛教建筑和艺术。图 1.17 是河南登封嵩岳寺塔，公元 523 年建于北魏，是我国现存最早的密檐砖塔。该塔共 15 层，高 39.5 m，全部用灰黄色砖砌成。其平面为十二边形，底层直径 10.6 m，内部空间直径 5 m，壁体厚 2.5 m。塔的造型挺拔秀丽，距今已历经近 1500 年的考验，足见当时砖砌结构技术已相当成熟。

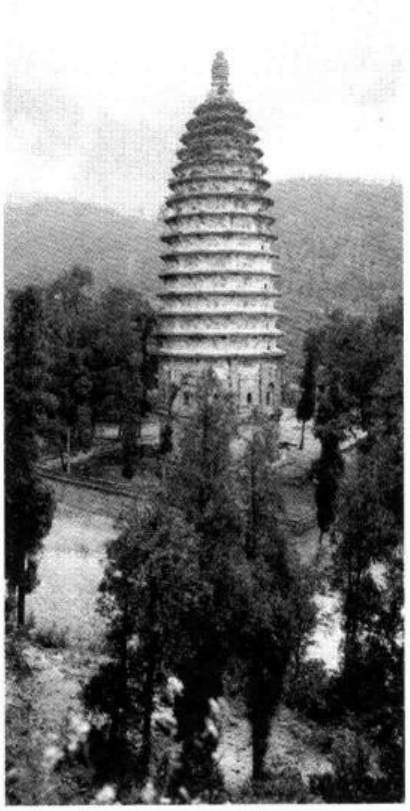


图 1.17　河南登封嵩岳寺塔

唐代是我国封建社会最繁盛的时期，这一时期的农业、手工业的发展和科学文化都达到了前所未有的高度，是中国古代建筑发展的成熟时期，在继承汉代建筑成就的基础上，吸收、融合了外来建筑文化的影响，形成了唐代完整的建筑体系。山西五台山佛光寺大殿（建于公元 523 年），是我国保存的最早、最完整的木构架建筑之一。它采用庑殿式屋顶，抬梁式木结构和斗拱，造型端庄浑厚，是唐代木结构建筑的典例（图 1.18）。

唐代以后形成五代十国并列的形势，直到北宋又完成了统一，社会经济再次得到恢复发展。这一时期总结了隋唐以来的建筑成就，制定了设计模数和工料定额制度，编著了《营造法式》并由政府颁布施行，这是一部当时世界上较为完整的建筑著作。宋代建筑的规模比较小，屋面开始变陡。大量出现楼阁式建筑，尤以寺庙建筑盛行。建于北宋时期的山西太原晋祠圣母殿（图 1.19）是宋代建筑式样的典型。

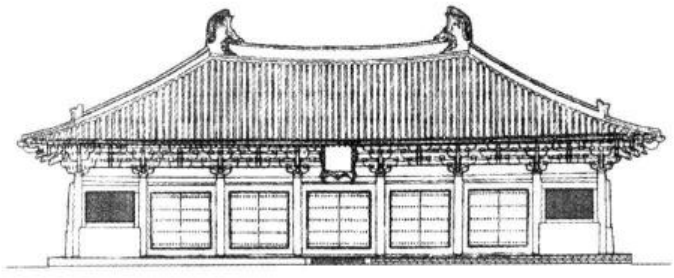


图 1.18　山西五台山佛光寺大殿

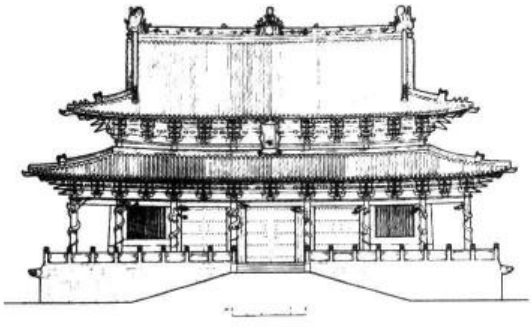


图 1.19　山西太原晋祠圣母殿

辽、金、元时期的建筑，基本上保持了唐代建筑的传统。山西应县佛宫寺释迦塔（图 1.20），建于辽代（公元 1056 年），全木结构，平面为八角形，共九层，高 67.3 m，底层直径 30.27 m。它是国内现存最古老的一座木塔，也是世界上最高的木结构建筑。山西芮城永乐宫三清殿（图 1.21），建于元代，是保存完好的元代建筑的典例。

明、清两代是中国古代建筑发展的最后一个高潮，同时也是走向衰落的开始。这一时期建造的故宫、天坛、颐和园、明陵等，都是我国古代匠师们智慧和技巧的结晶。皇宫建筑规划严整，严格按照礼制要求布局。北京故宫规模宏伟，布局整齐严肃，空间主次分明，是

完整保存下来的明清宫殿建筑群，其中重要建筑是太和殿(图 1.22)。这一时期坛庙建筑发展到最高水平，北京天坛是整个中国坛庙建筑艺术的最高峰(图 1.23)。

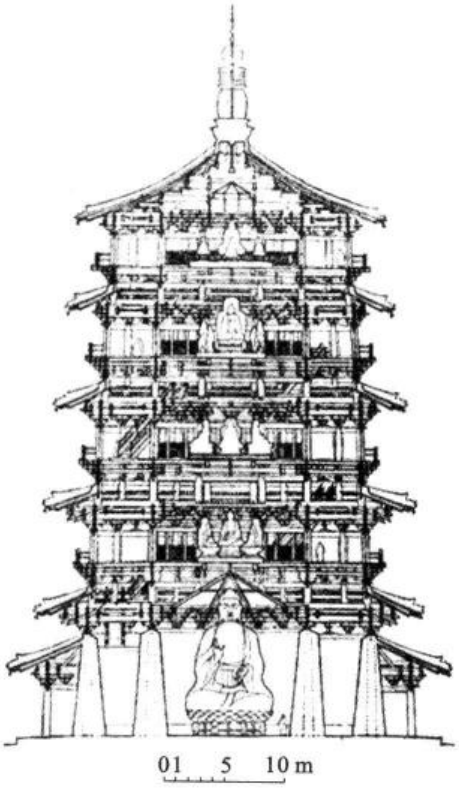


图 1.20 山西应县佛宫寺释迦塔

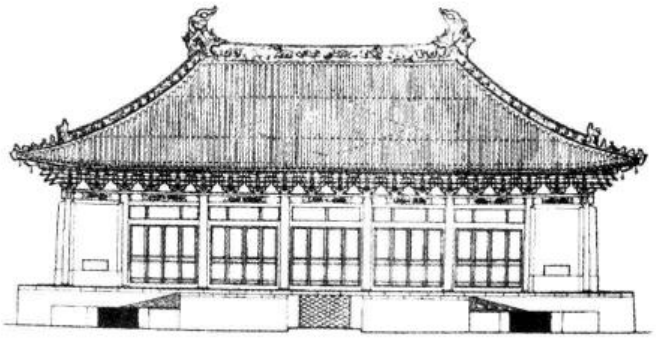


图 1.21 山西芮城永乐宫三清殿

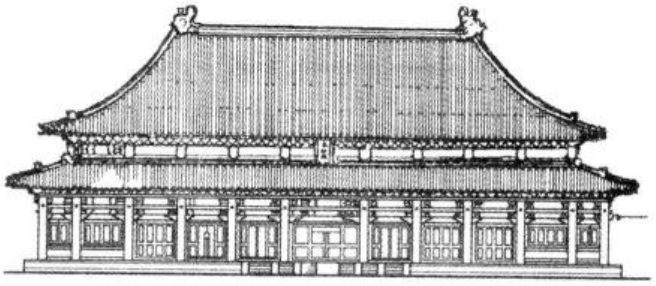


图 1.22 太和殿

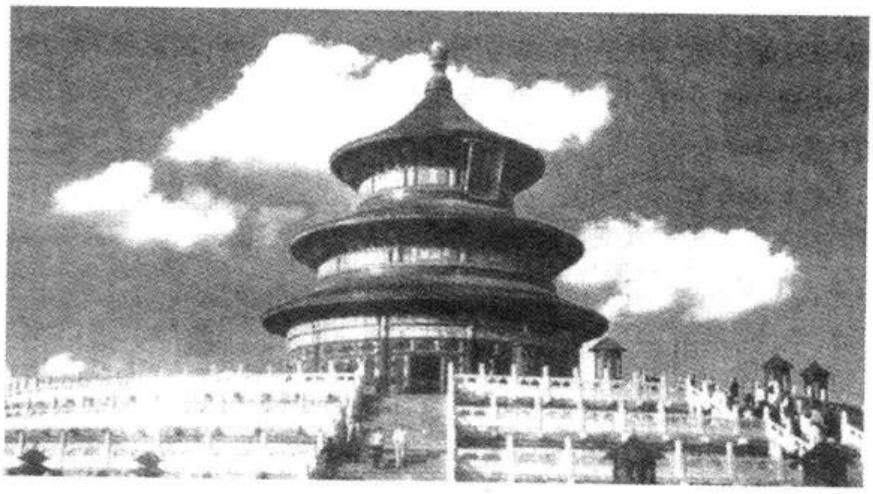


图 1.23 天坛祈年殿

明清时期也是我国古代园林艺术发展的高潮，形成了皇家园林和私家园林两种不同的风格类型的园林体系。皇家园林占地大，大山大水，视野开阔，建筑华丽，布局方式以总体的自由布局和部分的中轴对称布局相结合；私家园林占地小，小桥流水，林荫曲径，建筑朴素典雅，结合地形环境自由布局。明代计成所著《园冶》一书，论述了园林设计思想和具体做法，是我国古代最完备的一部园林学专著。

1840 年鸦片战争爆发后，中国沦为半殖民地半封建社会。在帝国主义侵略的环境

下，西方建筑文化也同时传入中国，产生了极大的影响。在新中国成立前的百余年间的建设中，处处显示出入侵国建筑文化输入的痕迹，特别是在外国租界地中的影响最为深刻，如上海、天津、广州等许多城市，兼容了东西方入侵国的建筑群体，如同世界建筑“展览”。至于青岛、大连、长春、哈尔滨等城市，在当时则明显地形成了特定国的建筑风格，成为这些城市中的特殊景观。

1949 年中华人民共和国宣告成立。随着经济的发展，建设事业取得了相应成就。1959 年在北京仅用十个月就建成了人民大会堂、民族文化宫等十大工程，作为向人民共和国建国十周年的献礼。其规模之大、质量之高、速度之快，在当时让世人惊叹，为国人自豪。人民大会堂(图 1.24)就是这一时期的具有代表性的建筑。在随后的年代，全国各地的住宅、公共建筑、工业建筑和城市建设的各个方面，都取得了光辉的成就。如建于 1975 年的上海体育馆(图 1.25)，建筑面积为 47800 m^2，比赛馆平面为圆形，直径 114 m，可满足多种功能需要。建筑物的四周采用大片浅蓝色吸热玻璃，配合白色竖线条，形成白蓝分明的明快基调。

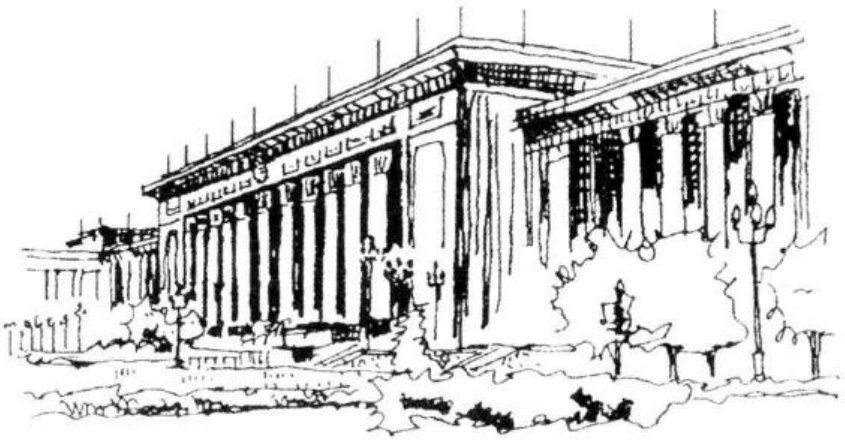


图 1.24　人民大会堂

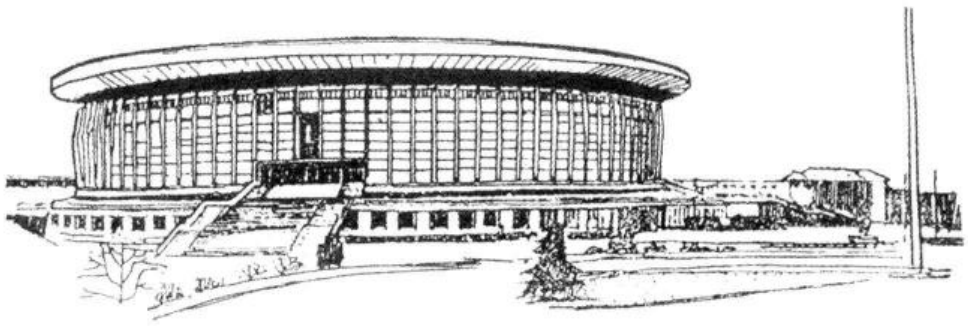


图 1.25　上海体育馆

1978 年以后，中国实行“改革开放”政策，推动了建筑事业的发展。引进外资，引进设备材料，引进国外设计，广泛介绍国外建筑理论与建筑技术等，进一步活跃了建筑学术思想和建筑创作活动，涌现出大量的优秀建筑。

广州白天鹅宾馆(图 1.26，1982 年)，以高低层结合的优美体型和浓郁的岭南风格中

庭，在现代建筑中有机融入具有民族传统特色的庭院、园林，既富有现代气息，又有浓郁的民族韵味，形成了独特的风格。北京国家奥林匹克体育中心的游泳馆（图 1.27，1990 年），建筑面积为 37500 m^2，长 99 m，宽 200 m，6000 座，观众厅两端采用 70 m 和 60 m 的塔筒，以斜拉索吊起大面积双坡凹形金属屋面的屋顶，表现了体育建筑的力量和技巧的特性，使人产生中国传统建筑凹面屋顶的联想，又富有鲜明的时代感。

图 1.26　广州白天鹅宾馆

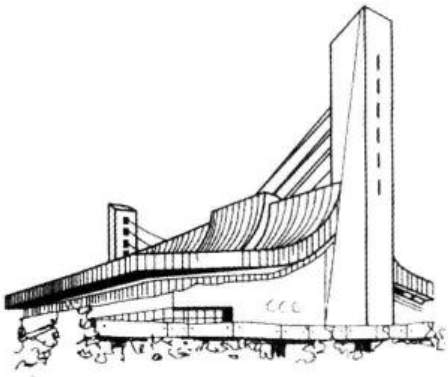


图 1.27　北京国家奥林匹克体育中心的游泳馆

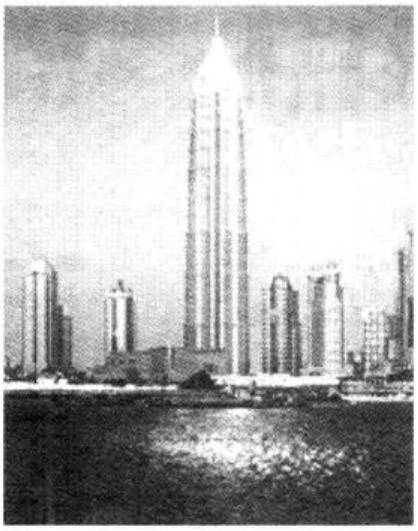


图 1.28　上海金茂大厦

1998 年建成的上海金茂大厦（图 1.28），88 层，建筑高度 420.5 m，建筑面积28.9 万 m^2，是目前世界第八、国内第三高楼，是中国改革开放以来的建筑成就的综合体现。金茂大厦集办公、宾馆、金融、商业、服务、康乐、观光为一体，同时集智能化、信息化于一体，使当代最先进的高新技术在大厦中得到全面体现。大厦平面布局严谨，空间组织合理，立面构思精细，结构选型合理，体现了当代国际建筑设计的发展潮流。与此同时，美国 SOM 事务所在金茂大厦的设计中还充分展现了中国传统的文化与现代高新技术相融合，是中国古老塔式建筑的延伸与发展。

改革开放以来，中国经济进入快速发展时期，各项建设事业蓬勃发展。2008 年在北京举办的奥运会是中国建筑的一个新的发展机会，一系列高水平的比赛场馆、接待设施已经矗立在中国大地上，中国建筑给世人呈现出一个崭新的面貌。

1.2　建筑的基本概念

1.2.1　建筑的构成要素

尽管建筑经历了漫长的历史演变，建筑风格千差万别，建筑类型丰富多变，建筑规模大小不一，但从根本上来说都是由三个基本要素构成，即建筑功能、建筑技术和建筑形象，

又统称为“建筑三要素”。

(1) 建筑功能

建筑是供人们生活、学习、工作、娱乐的场所，不同的建筑具有不同的使用要求。例如，住宅要求有合理的居住、生活、休息分区，影剧院要求有良好的视听环境，火车站要求人流线路流畅，工业建筑则要求符合产品的生产工艺流程等。

建筑不仅要满足各自的使用功能要求，而且还要为人们创造一个舒适的卫生环境，满足人们生理要求的功能。因此，建筑应该具有良好的朝向，以及保温、隔热、隔声、采光、通风的性能。

(2) 建筑技术

建筑技术是实现建筑的手段，包括建筑材料、建筑结构、建筑设备和建筑施工等方面的内容。建筑材料是建筑的物质基础，建筑结构是建筑物的骨架部分，建筑设备是保证建筑物达到某种要求的技术条件，建筑施工是建筑物得以实现的重要手段。随着建筑技术的进步、建筑设备的完善、新材料的出现、新结构体系的产生，会满足人们对建筑功能和建筑形象的更高要求。

(3) 建筑形象

建筑形象是建筑体形、立面处理、建筑色彩、材料质感、细部装修等的综合反映，是建筑的艺术形象。建筑形象处理得当，就能产生一定的艺术效果，给人以感染力和美的享受。例如，我们看到的一些建筑，常常给人以庄严雄伟、朴素大方、生动活泼等不同的感觉，这就是建筑形象的魅力。同时，建筑形象还可以反映社会和时代的特点，并与建筑性质、自然环境、气候特点和民族文化紧密相连。

构成建筑的三个要素彼此之间是辩证统一的关系，不能分割，但又有主次之分。第一是建筑功能，是起主导作用的因素；第二是建筑技术，是达到目的的手段，技术对功能有约束或促进作用；第三是建筑形象，是功能和技术的反映，如果充分发挥设计者的主观作用，在一定功能和技术条件下，可以把建筑设计得更加美观。

1.2.2 建筑方针

我国建设部在1986年提出“适用、安全、经济、美观”的建筑方针，建筑行业都必须执行这个方针，其内涵包括如下几点：

(1) 适用

在设计中恰当地确定建筑物的面积和体积大小；对建筑空间进行合理的布局；建筑物内拥有必需的各项设施；应具有良好的卫生条件和良好的声、光、热环境。

(2) 安全

保证建筑结构的安全度；防火的安全度；满足紧急状况下疏散及报警能力；满足建筑物的耐久性和使用寿命。

(3) 经济

经济可以从三个方面分析：经济效益，是指建筑造价、材料和能源消耗、建设周期、维修管理费用；社会效益，是指建筑在投入使用前后，对人口素质、国民收入、文化福利、社会安全等方面产生的影响；环境效益，是指建筑在投入使用前后，生态、景观、日照、噪声等环

境质量发生的变化。

(4) 美观

建筑设计中的审美应注重建筑单体美,按照建筑构图规律和美学法则来创造美的建筑;更要注重环境美,注重单体建筑与整体环境的协调,保护古建筑和自然风景名胜,提倡建筑艺术形式和风格的多样化。

1.2.3 建筑的分类

1.2.3.1 按使用性质分类

建筑物按其使用性质,通常可分为民用建筑、工业建筑和农业建筑。

(1) 民用建筑

民用建筑是指非生产性建筑,即供人们居住和进行公共活动的建筑。因此民用建筑可以分为:

① 居住建筑,供人们居住使用的建筑,如住宅、公寓和宿舍等。

② 公共建筑,供人们进行各种公共活动的建筑,如行政办公建筑、文教建筑、科研建筑、托幼建筑、医疗建筑、商业建筑、生活服务建筑、观演建筑、旅游建筑、交通建筑、体育建筑、展览建筑、通讯建筑、园林建筑、纪念建筑、娱乐建筑等。

(2) 工业建筑

工业建筑是指为工业生产服务的各类生产性建筑,包括主要生产厂房、辅助生产厂房、动力建筑、储藏建筑、运输建筑等。

(3) 农业建筑

农业建筑是指供农牧业生产、加工、储存用的建筑,包括温室、粮仓、畜禽饲养场、农副业产品加工厂等。另外,还有一些农业建筑如农产品仓库、农机修理站等,也包括在工业建筑中。

1.2.3.2 按层数和高度分类

根据《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)、《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95,2005 年版)和《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)的相关规定,民用建筑按地上层数或高度可按下列方式划定分类。

(1) 居住建筑按层数分类

① 低层建筑:指 1～3 层的住宅。

② 多层建筑:指 4～6 层的住宅。

③ 中高层建筑:指 7～9 层的住宅。

④ 高层建筑:指 10 层及 10 层以上的住宅(包括首层设置商业服务网点的住宅)。

(2) 公共建筑按高度划分

① 多层建筑:建筑高度不大于 24 m 的公共建筑和建筑高度大于 24 m 的单层公共建筑。

② 高层建筑:建筑高度超过 24 m 的公共建筑(不适于单层主体建筑高度超过 24 m 的体育馆、会堂、剧院等公共建筑以及高层建筑中的人民防空地下室)。

③ 超高层建筑:建筑高度超过 100 m 的民用建筑均为超高层建筑。

1.2.3.3 按规模和数量分类

(1) 大量性建筑

大量性建筑是指量大面广，与人们生活、生产密切相关的建筑，如住宅、幼儿园、学校、商店、医院、中小型厂房等。这些建筑在大中小城市和农村都是不可缺少的，修建的数量很大但规模较小，故称为大量性建筑。

(2) 大型性建筑

大型性建筑是指规模宏大的建筑，如大型办公楼、大型体育馆、大型剧院、大型火车站、大型航空港、大型展览馆等。这些建筑规模巨大、耗资也大，与大量性建筑相比，修建量是很有限的。这些建筑虽不可能到处都修建，但在一个城市或一个地区具有代表性，对城市的面貌影响也较大。

建筑各行业对建筑规模的规定不尽相同，暂无统一规定，在分类时可按照各行业规定办理。

1.2.3.4 按设计使用年限分类

建筑物按设计使用年限可分为四类，一类等级最低，四类等级最高，见表 1.1。建筑物的设计使用年限不同，其建筑标准、建造要求、装修标准等均不同。在设计时，应根据建筑物类别，有针对性地进行设计。

表 1.1 设计使用年限分类

类　别	设计使用年限(年)	示　例
一类	5	临时性建筑
二类	25	易于替换结构构件的建筑
三类	50	普通建筑和构筑物
四类	100	纪念性建筑和特别重要的建筑

注：摘自《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)第 3.2.1 条。

1.2.3.5 按耐火等级分类

建筑物的耐火等级是由其组成构件的燃烧性能和耐火极限来确定的。多层民用建筑的耐火等级分为四级，高层建筑的耐火等级分为二级。多层建筑物的建筑构件耐火等级和燃烧性能规定见表 1.2。

(1) 构件的耐火极限

建筑构件的耐火极限，是指建筑构件按时间-温度标准曲线进行耐火试验，从受到火的作用时起，到失去稳定性、完整性被破坏或失去隔火作用时止的这段时间，用小时表示。

失去稳定性——非承重构件失去稳定性的表现为自身解体或垮塌，梁、板等受弯承重构件，挠曲率发生突变，即为失去稳定性。当简支钢筋混凝土梁、楼板和预应力钢筋混凝土楼板跨度总挠度值分别达到构件计算长度的 2%、3.5%和 5%时，则表明构件失去稳定性。

完整性——楼板、隔墙等具有分隔作用的构件，在试验中，当出现穿透裂缝或穿透的孔隙时，表明构件的完整性被破坏。

表 1.2　建筑物构件的燃烧性能和耐火极限(h)

构件名称		耐火等级			
		一级	二级	三级	四级
墙	防火墙	不燃烧体 3.00	不燃烧体 3.00	不燃烧体 3.00	不燃烧体 3.00
	承重墙	不燃烧体 3.00	不燃烧体 2.50	不燃烧体 2.00	不燃烧体 0.50
	非承重外墙	不燃烧体 1.00	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	燃烧体
	楼梯间及电梯井道的墙 住宅单元间的墙及分户墙	不燃烧体 2.00	不燃烧体 2.00	不燃烧体 1.50	难燃烧体 0.50
	疏散走道两侧的隔墙	不燃烧体 1.00	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
	房间隔墙	不燃烧体 0.75	不燃烧体 0.50	难燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
柱		不燃烧体 3.00	不燃烧体 2.50	不燃烧体 2.00	难燃烧体 0.50
梁		不燃烧体 2.00	不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	难燃烧体 0.50
楼板		不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	燃烧体
屋顶承重构件		不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	燃烧体	燃烧体
疏散楼梯		不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	燃烧体
吊顶(包括吊顶隔栅)		不燃烧体 0.25	难燃烧体 0.25	难燃烧体 0.15	燃烧体

注:摘自《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)第 5.1.1 条。

隔火作用——具有防火分隔作用的构件,试验中背火面测点测得的平均温度升到 140 ℃(不包括背火面的起始温度);或背火面测温点任一测点的温度到达 220 ℃时,则表明构件失去隔火作用。

(2) 构件的燃烧性能

构件的燃烧性能分为三类,即不燃烧体、难燃烧体、燃烧体。

① 不燃烧体:用不燃烧材料做成的建筑构件,如天然石材、人工石材、金属材料等。

② 难燃烧体:用难燃烧的材料做成的建筑构件,或用燃烧材料做成而用不燃烧材料做保护层的建筑构件,如沥青混凝土构件、木板条抹灰的构件均属难燃烧体。

③ 燃烧体:用燃烧材料做成的建筑构件,如木材等。

在进行建筑设计时,应先确定建筑物的耐火等级,而建筑物的耐火等级是根据建筑物的重要性和设计使用年限确定的。不同的耐火等级对建筑物的层数、防火分区的最大建筑面积及建筑物功能都有限制,见附录表 1。确定了建筑物的耐火等级后,就可根据各建筑构件的耐火极限和燃烧性能的要求进行构件设计了。常用建筑构件的耐火极限和燃烧性能见附录表 2。

1.3 建筑设计的内容、程序

1.3.1 建筑设计的内容

每一项工程从拟订计划到建成使用都要经过编制工程设计任务书、选择建设用地、场地勘测、设计、施工、工程验收及交付使用等几个阶段。设计工作是其中重要环节，具有较强的政策性和综合性。

建筑工程设计是指设计一个建筑物或建筑群所要做的全部工作，一般包括建筑设计、结构设计、设备设计等几个方面的内容。

(1) 建筑设计

建筑设计是在总体规划的前提下，根据设计任务书的要求，综合考虑基地环境、使用功能、结构施工、材料设备、建筑经济及建筑艺术等问题，着重解决建筑物内部各种使用功能和使用空间的合理安排，建筑物与周围环境、与各种外部条件的协调配合，内部和外表的艺术效果，各个细部的构造方式等，创造出既符合科学性又具有艺术性的生产和生活环境。

建筑设计在整个工程设计中起着主导和先行的作用，除考虑上述各种要求以外，还应考虑建筑与结构、建筑与各种设备等相关技术的综合协调，以及如何以更少的材料、劳动力、投资和时间来实现各种要求，使建筑物做到适用、安全、经济、美观。

建筑设计包括总体设计和单体设计两个方面，一般由建筑师来完成。

(2) 结构设计

结构设计主要是根据建筑设计选择切实可行的结构方案，确定结构布置形式，进行结构计算及构件设计，完成全部的结构施工图设计。结构设计一般由结构工程师完成。

(3) 设备设计

设备设计是根据建筑设计完成包括给水排水、采暖通风、电器照明、通信、燃气、动力等专业的方案布置、设备选型，以及施工图设计工作。设备设计通常由各相关专业的工程师配合建筑设计来完成。

以上几个方面的工作既有分工，又密切联系，形成一个整体。各专业设计的图纸、计算书、说明书及预算书汇总，就形成了一个建筑工程的完整文件，它是建筑工程施工的重要依据。

1.3.2 建筑设计的程序

(1) 设计文件依据

在设计工作开始之间，应有建设方提供的计划批文或计划指标，规划部门提供的设计许可文件，用地范围图(红线图)，建设方提供的工程设计任务书、委托设计书或合同书，设计院必须按此进行设计。

由于影响建筑设计的因素很多，进行建筑设计时会遇到很多矛盾和问题。只有综合协调各专业，贯彻国家和地方的有关规范规程，寻找解决各种矛盾和问题的最佳方案，才能使建筑设计顺利进行。

(2) 设计前的准备工作

建筑设计是一项复杂而细致的工作，涉及的学科较多，同时要受到各种客观条件的制约。为了保证设计质量，设计前必须做好充分准备，包括熟悉设计任务书，广泛深入地进行调查研究，收集必要的设计基础资料等几方面的工作。

① 熟悉设计任务书

设计任务书由建设单位提供，经上级部门批准，提供给设计单位进行设计的依据性文件，一般包括以下内容：

建设项目总的要求、用途、规模及一般说明；

建设项目的组成，单项工程的面积，房间组成，面积分配及使用要求；

建设项目的投资及单方造价，土建设备及室外工程的投资分配；

建设基地的大小、形状、地形，原有建筑及道路现状，并附地形测量图；

资源综合利用、环境保护、三废治理的要求；

供电、供水、采暖、空调通风、电信、消防等设备方面的要求，并附有水源、电源的接用许可文件；

防空、防震要求；

设计期限及项目建设进度计划安排要求。

② 收集设计基础资料

定额指标：指国家和所在地区有关设计项目的定额指标及标准。

气象资料：包括所在地的气温、湿度、日照、降雨量、积雪厚度、风向、风速以及土壤冻结深度等。

地形、地质、水文资料：包括基地地形及标高，土壤种类及承载力，地下水位、水质及地震设防烈度等。

设备管理资料：包括基地地下的给水、排水、供热、供气、通信等管线布置，以及基地地上架空供电线路等。

③ 调查研究

了解使用单位对拟建建筑物的使用要求，调查同类已建建筑物的实际使用情况，通过分析和总结，全面掌握所设计建筑类型的特点和使用要求。

结合房屋使用要求、建筑空间特点和不同结构方案，了解所在地区建筑材料供应的种类、规格、价格以及当地的施工的技术力量、构件的预制能力和起重运输等设备条件。

对城建部门划定的建设基地进行现场踏勘，深入核对资料与现场情况是否符合，了解基地和周围环境的现状和历史沿革，考虑拟建建筑物的位置及总平面布局的可能性。

了解并分析当地传统建筑风格与地理环境、文化传统、生活习惯、风土人情等因素的关系。

(3) 设计阶段的划分

根据国家住建部《建筑工程设计文件编制深度规定》(2008 年版)的规定，民用建筑工程一般应分为方案设计、初步设计和施工图设计三个阶段进行。对于技术要求相对简单的民用建筑工程，经有关主管部门同意，可在方案设计审批后直接进入施工图设计。

① 方案设计阶段

方案设计是按照建设单位意见设计和提供给主管部门审批的设计文件，应满足初步设计文件的需要。

方案设计的主要任务是提出设计方案，即建筑师根据设计任务书的要求和收集到的基础资料，结合基地环境，综合考虑技术和经济条件以及建筑艺术的要求，对建筑总体布置、空间组合进行可能与合理的安排，提出两个或多个方案供建设单位选择。在多次征求意见并反复修改确定最后的方案后，再对其进行充实和完善，形成较为理想的方案，并绘制成方案设计文件，报主管部门审批。

方案设计文件的深度应满足确定设计方案的比较及选择需要，确定概算总投资，可以作为主要设备和材料的订货依据，据以确定工程造价，编制施工图设计以及进行施工准备。

方案设计的内容应包括设计说明书、总平面图以及建筑设计图纸和合同中规定的透视图、鸟瞰图、模型等。

a. 设计说明书

设计说明书应给出设计指导思想及设计依据、设计意图和方案特点、主要技术经济指标；及各专业设计说明以及投资估算等内容，对于涉及建筑节能设计的专业，其设计说明应有建筑节能设计专门内容。

b. 建筑总平面

建筑总平面应表示场地的区域位置；场地的范围；场地内及四邻环境的反映；场地内拟建道路、停车场、广场、绿地及建筑物的布置；拟建主要建筑物的名称、出入口的位置、层数、建筑高度、设计标高；绿化布置，标注指北针或风玫瑰等。地形复杂时，应表示粗略的竖向设计意图。常用比例 1∶500、1∶1000。

c. 建筑设计图

建筑设计图通常包括平面图、立面图和剖面图及建筑效果图等。

各层平面图：应表示平面总尺寸、开间、进深等；各主要房间的名称，各楼层地面标高、屋面标高、室内停车库的停车位和行车路线；底层平面应标明剖切位置和标号并应标示指北针。常用比例为 1∶100、1∶200。

立面图：体现建筑造型的特点，选择绘制一、两个有代表性的立面；标注各主要部位的和最高点的标高或主体建筑的总高度；当与原有建筑有直接关系时，应绘制相邻或原有建筑的局部立面图。常用比例为 1∶100、1∶200。

剖面图：剖面应剖在高度和层数不同、空间关系比较复杂的部位；标注各层标高及室内外标高和建筑物的总高度；如果场地内有高度控制要求时，还应标明最高点的标高。

d. 建筑效果图

大型民用建筑或其他重要工程，根据需要可以绘制透视图、鸟瞰图或制作模型等表达建筑效果。

② 初步设计阶段

方案设计经建设单位同意和主管部门批准后，对于大型复杂项目需要进行初步设计。初步设计是方案设计的深化阶段。它的主要任务是在方案设计的基础上协调解决各专业之间的技术问题，经批准后的技术图纸和说明书便成为编制施工图、主要材料设备订货及工程拨款的依据文件。初步设计文件应满足编制施工图设计文件的需要。

初步设计的内容与方案设计大致相同，但更详细些，主要包括确定结构和设备的布置并进行计算，修正建筑设计方案，在建筑图中标明与技术有关的详细尺寸，并编制建筑部分的技术说明书，根据技术要求修正的工程概算书。

对于不太复杂的工程，可以只采用方案设计和施工图设计两个阶段，初步设计阶段的工作相应的并入到方案设计阶段或施工图设计阶段完成。

③ 施工图设计阶段

施工图设计是建筑设计的最后阶段，是提交施工单位进行施工的设计文件，必须根据上级主管部门审批同意的初步设计（或方案设计）进行施工图设计。

施工图设计的主要任务是在方案设计或初步设计的基础上，综合建筑、结构、设备等专业，相互交底、确认核对，深入了解材料供应、施工技术、设备等条件，把满足工程施工的各项要求反映在图纸中，形成一套完整的、表达清晰和准确的施工图，作为建设单位施工的依据。施工图设计文件，应满足设备材料采购、非标准设备制作和施工的需要。

施工图设计的内容包括建筑、结构、水、电、采暖和空调通风等专业的全套设计图纸、工程说明书，结构及设备计算书和预算书。

a. 设计说明书

设计说明书包括建筑性质、施工图设计依据、占地面积和建筑面积、标高和坐标定位、主要结构类型、主要建筑材料、建筑装修做法等。一般工程分别写在有关的图纸上，主要技术经济指标可列在总平面上，说明地形图、初步设计批复文件等设计依据、基础资料等。

b. 建筑总平面

建筑总平面应绘出保留的地形和地物；标明城市坐标网、场地坐标网，建筑红线范围位置；建筑红线内拟建建筑物、道路、绿化以及各种设施的布置；建筑物、构筑物的名称或编号、层数、定位；广场、停车场、运动场地、道路、围墙、无障碍设施、排水沟、挡土墙、护坡等的定位；消防车道和扑救场地；指北针或风玫瑰图。常用比例为 1∶500、1∶1000、1∶2000。

地形及工程复杂时应绘制竖向布置图、土石方图、管线综合图、绿化及建筑小品布置图、详图等等。

c. 建筑设计图

平面图：应包括各层平面图。在初步设计或技术设计表达的内容基础上，明确各部分的详细尺寸，门窗编号，剖面图的剖视位置和索引号，节点详图的位置及索引号，楼梯、台阶的行走方向，散水、坡道、屋面的坡度等。常用比例为 1∶100、1∶200。

立面图：应是不同方向的立面图，常用比例为 1∶100、1∶200。立面图上应标注建筑物两段外墙的定位轴线，门窗洞口、外墙顶端和室外地坪的标高，外墙装修的材料、颜色及做法，立面详图的索引位置与编号。

剖面图：剖面图的剖视位置应选择在门厅、楼梯间或平面有变化、立面有高差等有代表性的位置。剖面图上应注明墙体具体定位轴线，剖切到的门窗洞口、室内外地坪、各层楼板、外墙顶端的标高，屋面的保温防水材料以及做法，节点详图的索引位置与标号等。

建筑构造详图：在平、立、剖面图中无法清楚地表现出来的建筑细部需要绘制建筑构造节点详图，常用比例为 1∶20、1∶10、1∶5、1∶2 等。通常有墙身、墙脚、屋顶等部位的节点详图，楼梯、门窗、室内和立面装修详图等。节点详图要求表示清楚各部分构件的构造关系、材料、尺寸及做法等。

各专业相应配套的施工图纸，如结构施工图、给排水施工图、强弱电施工图、暖通施工

图等。及建筑节能、结构及设备的计算书。

1.4 建筑设计的要求和依据

1.4.1 建筑设计的要求

(1) 满足建筑的功能要求

满足建筑物的功能要求，为人们的生活和生产活动创造良好的环境，是建筑设计的首要任务。建筑物种类很多，使用功能各不相同，即使使用功能相同，但也有差别。如住宅和宿舍同属于居住建筑，但由于使用人群不同，功能要求也不一样。在设计中应注意各类建筑对功能的要求，加以区分和设计。

(2) 采用合理的技术措施

建筑技术包括材料、结构、设备、施工等。在建筑设计中应首先根据建筑空间组合的特点，选择合理的结构形式、选择建筑构造方案和建筑材料，然后确定施工方案。应注意新材料、新技术、新工艺的运用和节能技术的运用，使建筑既满足功能要求，又节能环保，而且建造方便。

(3) 具有良好的经济效果

房屋建造是一个复杂的物质生产过程，需要大量的人力、物力和资金，因此，在房屋的设计和建造中，要因地制宜、就地取材，尽量做到节省劳动力，节约建筑材料和资金。同时，设计和建造房屋要有周密的计划和核算，重视经济规律，讲究经济效益。房屋设计的使用要求和技术措施，一定要和相应的造价、建筑标准统一起来。

(4) 考虑建筑的美观要求

建筑物是社会的物质和文化财富，它在满足使用要求的同时，还需要考虑人们对建筑物在美观方面的要求，考虑建筑物所赋予人们在精神上的感受。建筑设计要努力创造具有我国时代精神的建筑空间组合与建筑形象。

(5) 符合总体规划的要求

单体建筑是总体规划中的组成部分，应该符合总体规划提出的要求。建筑物的设计要充分考虑和周围环境的关系，如原有建筑的现状、道路的走向、基地面积大小以及绿化等方面和拟建建筑物的关系。新设计的单体建筑，应使所在基地形成协调的室外空间组合和良好的室外环境。

1.4.2 建筑设计依据

(1) 人体尺度及人体活动所需的空间尺度

人体尺度及人体活动所需的空间尺度是确定民用建筑内部各种空间尺度的主要依据之一。比如门洞宽度、窗台及栏杆的高度，走道疏散宽度、楼梯梯段宽度、踏步尺寸，家具设备尺寸以及建筑内部使用空间的尺度等都与人体尺度及人体活动所需的空间尺度直接或间接有关。我国成年男子和成年女子的平均身高分别为 1697 mm 和 1586 mm，图 1.29和图 1.30 所示人体尺度和人体活动所需的空间尺度为实测平均值。在建筑设计中应重视人体工程学的运用，即充分考虑人与建筑、人与外部环境的关系。

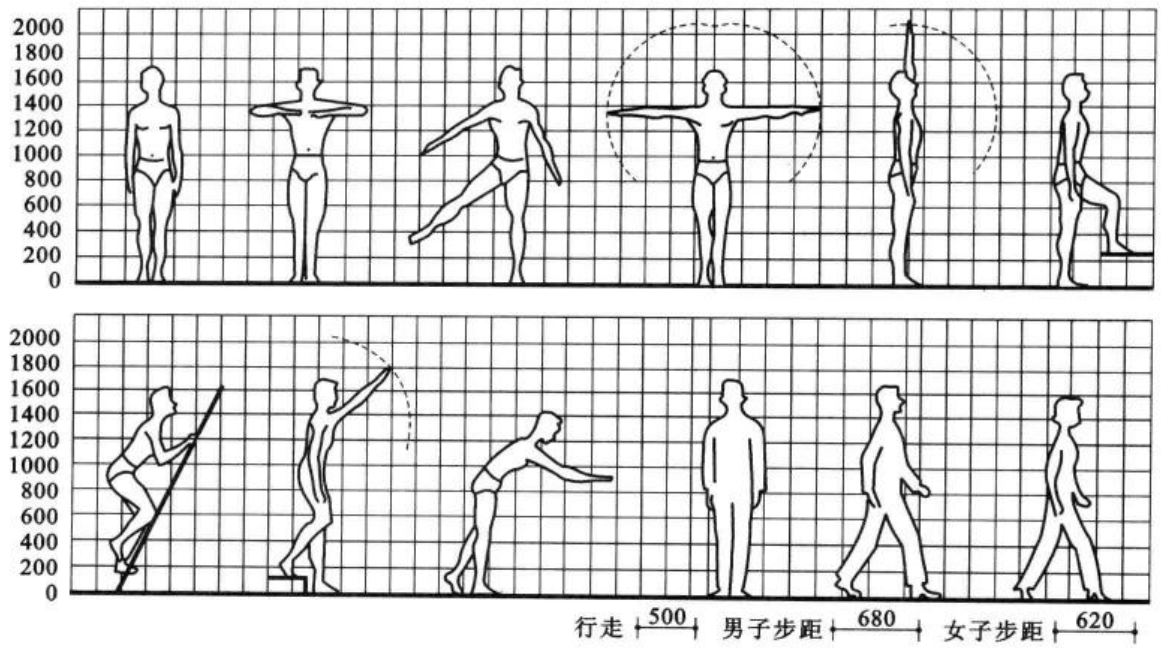


图 1.29　人体基本动作尺度

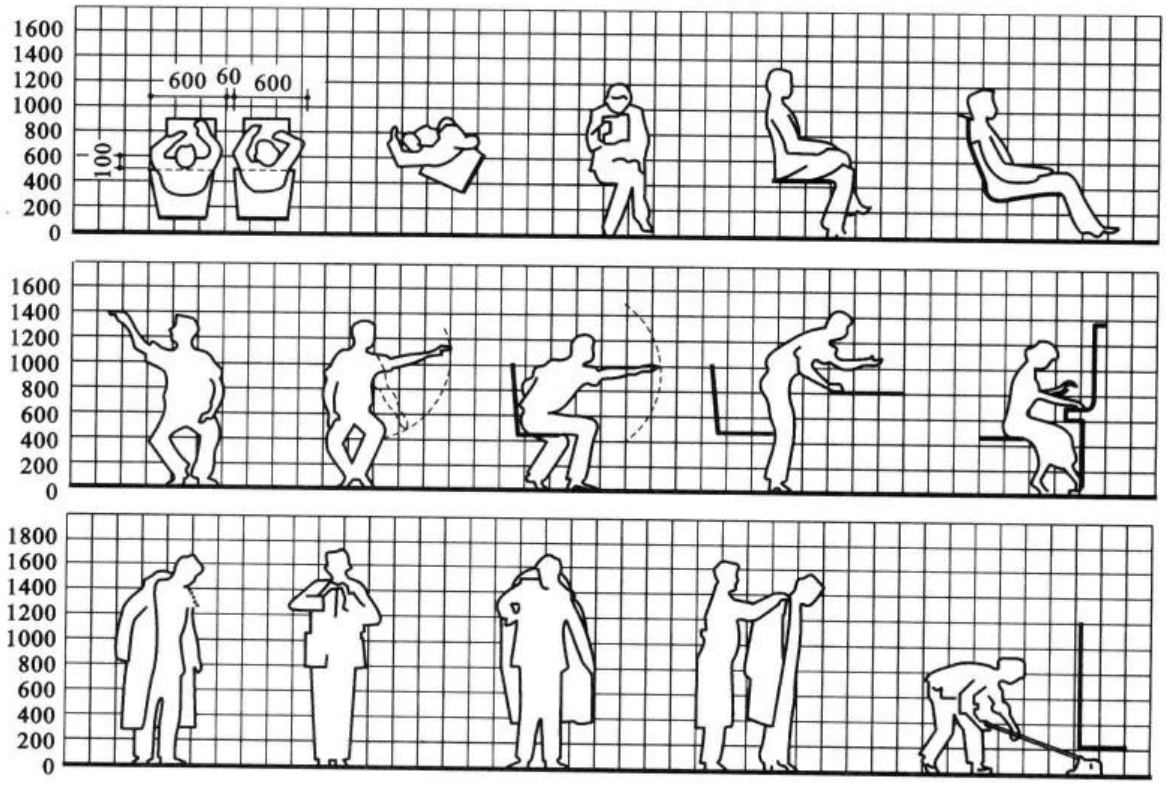


图 1.30　人体活动所占空间尺度

注：图中人体活动所占空间尺度已包括一般衣服厚度和鞋子高度，在考虑人的组合时，人与人之间间隔不小于 40 mm，人与墙之间间隔不小于 20 mm。

（2）家具尺度

房间内家具、设备的尺寸，以及人们使用它们时所需的活动空间，是确定房间内部使用面积的重要依据。民用建筑中常用家具尺寸如图 1.31 所示，使用家具的必要空间如图 1.32所示。

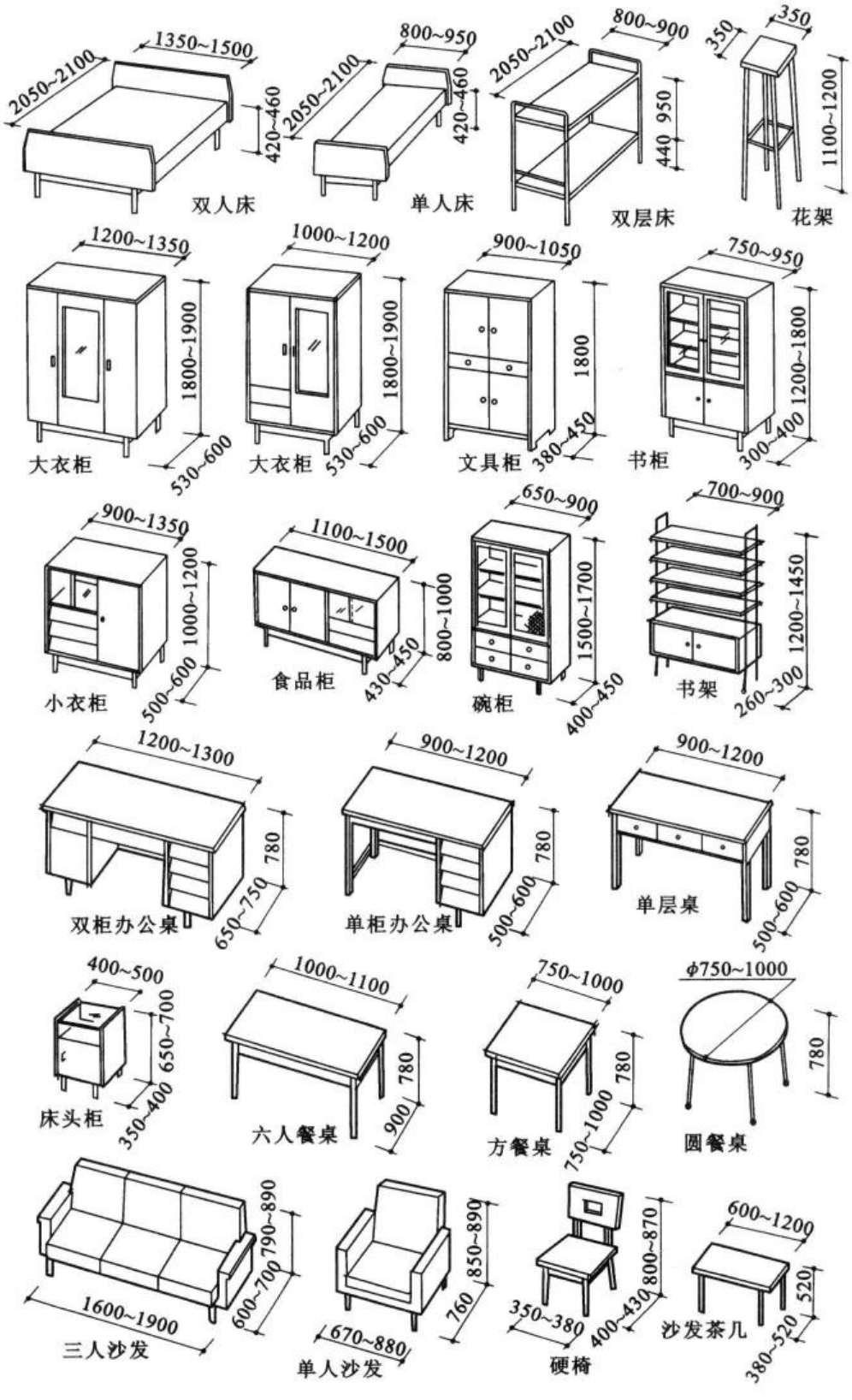

2050~2100
1350~1500
420~460
双人床
2050~2100
800~950
420~460
单人床
2050~2100
800~900
440
950
双层床
350
350
1100~1200
花架
1200~1350
1800~1900
530~600
大衣柜
1000~1200
1800~1900
530~600
大衣柜
900~1050
1800
380~450
文具柜
750~950
1200~1800
300~400
书柜
900~1350
1000~1200
500~600
小衣柜
1100~1500
800~1000
430~450
食品柜
650~900
1500~1700
400~450
碗柜
700~900
1200~1450
260~300
书架
1200~1300
780
650~750
双柜办公桌
900~1200
780
500~600
单柜办公桌
900~1200
780
500~600
单层桌
400~500
650~700
350~400
床头柜
1000~1100
780
900
六人餐桌
750~1000
780
750~1000
方餐桌
φ750~1000
780
圆餐桌
1600~1900
790~890
600~700
三人沙发
670~880
850~890
760
单人沙发
350~380
800~870
400~430
硬椅
600~1200
520
380~520
沙发茶几

图 1.31　常用家具尺寸

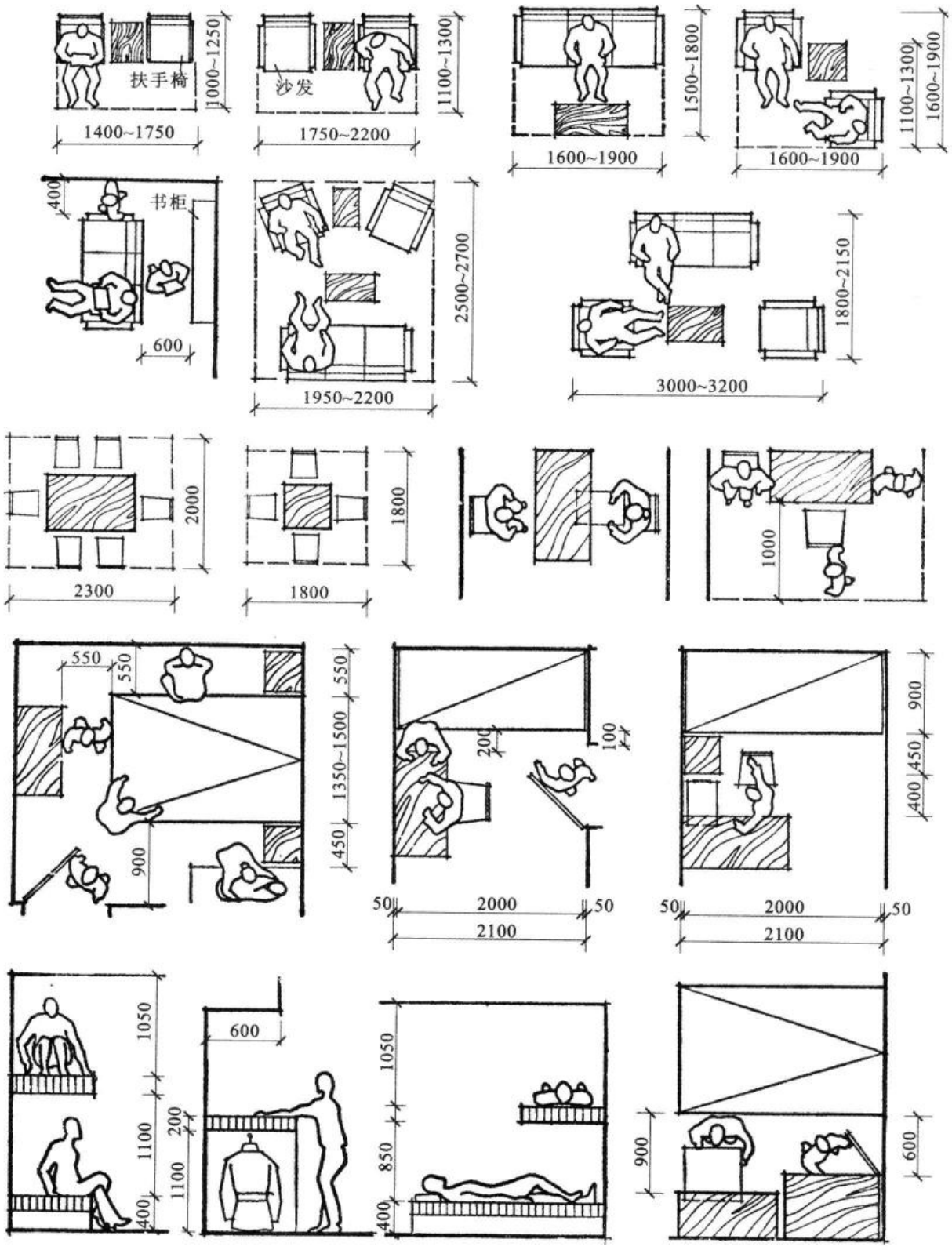


图 1.32　使用家具的必要空间示例

(3) 气候条件

我国按照建筑气候分区划为七个区域，每个区域又按照气温和降水量等指标分为A、B、C、D等二级区划。在建筑设计时，建筑气候区划有着指导性的作用。《民用建筑设计通则》规定了不同建筑气候分区对建筑的基本要求，见表1.3。

表1.3 建筑气候分区对建筑的基本要求

分区名称		热工分区名称	气候主要指标	建筑基本要求
Ⅰ	ⅠA ⅠB ⅠC ⅠD	严寒地区	1月平均气温≤−10 ℃ 7月平均气温≤25 ℃ 7月平均相对湿度≥50%	1. 建筑物必须满足冬天保温、防寒、防冻等要求； 2. ⅠA、ⅠB区应防止冻土、积雪对建筑物的危害； 3. 属于ⅠB、ⅠC、ⅠD区的西部地区，建筑物应防冰雹、防风沙
Ⅱ	ⅡA ⅡB	寒冷地区	1月平均气温−10 ℃～0 ℃ 7月平均气温18 ℃～28 ℃	1. 建筑物应满足冬季保温、防寒、防冻等要求，夏季部分地区应兼顾防热； 2. ⅡA区建筑物应防热、防潮、防暴风雨，沿海地带应防盐雾侵蚀
Ⅲ	ⅢA ⅢB ⅢC	夏热冬冷地区	1月平均气温0 ℃～10 ℃ 7月平均气温25 ℃～30 ℃	1. 建筑物必须满足夏季防热、遮阳、通风降温要求，冬季应兼顾防寒； 2. 建筑物应防雨、防潮、防洪、防雷电； 3. ⅢA区应防台风、暴雨袭击及盐雾侵蚀
Ⅳ	ⅣA ⅣB	夏热冬暖地区	1月平均气温>10 ℃ 7月平均气温25 ℃～29 ℃	1. 建筑物必须满足夏季防热、遮阳、通风、防雨要求； 2. 建筑物应防暴雨、防潮、防洪、防雷电； 3. ⅣA区应防台风、暴雨袭击及盐雾侵蚀
Ⅴ	ⅤA ⅤB	温和地区	1月平均气温0 ℃～13 ℃ 7月平均气温18 ℃～25 ℃	1. 建筑物应满足防雨和通风要求； 2. ⅤA区建筑物应注意防寒，ⅤB区应特别注意防雷电
Ⅵ	ⅥA ⅥB	严寒地区	1月平均气温−22 ℃～0 ℃ 7月平均气温<18 ℃	1. 热工应符合严寒和寒冷地区相关要求； 2. ⅥA、ⅥB应防冻土对建筑物地基及地下管道的影响，并应特别注意防风沙； 3. ⅥC区的东部，建筑物应防雷电
	ⅥC	寒冷地区		
Ⅶ	ⅦA ⅦB ⅦC	严寒地区	1月平均气温 −20 ℃～−5 ℃ 7月平均气温≥18 ℃ 7月平均相对湿度<50%	1. 热工应符合严寒和寒冷地区相关要求； 2. 除ⅦD区外，应防冻土对建筑物地基及地下管道的危害； 3. ⅦB区建筑物应特别注意积雪的危害； 4. ⅦC建筑物应特别注意防风沙，夏季兼顾防热； 5. ⅦD建筑物应注意夏季防热，吐鲁番盆地应特别注意隔热、降温
	ⅦD	寒冷地区		

注：摘自《民用建筑设计通则》(GB 50352−2005)第3.3.1条。

风向和风速是城市规划和总平面设计的重要依据。风速直接影响着高层建筑的建筑体形和结构类型。我们一般用风玫瑰图来表示各个地区的各个方向的吹风次数，最多的次数风向就是主导风向。

风玫瑰图——一定时间内，某一方向来风的次数占同期观测风向发生总次数的百分比，称为该方位的风向频率。将各个方位的风向频率按比例绘制在方向坐标图上，形成的封闭折线就是风向频率玫瑰图。风玫瑰图一般用8个或16个罗盘方位表示。

图1.33是我国部分城市的风向频率玫瑰图，即风玫瑰图。风玫瑰图上的风向是指由外侧吹向地区中心。

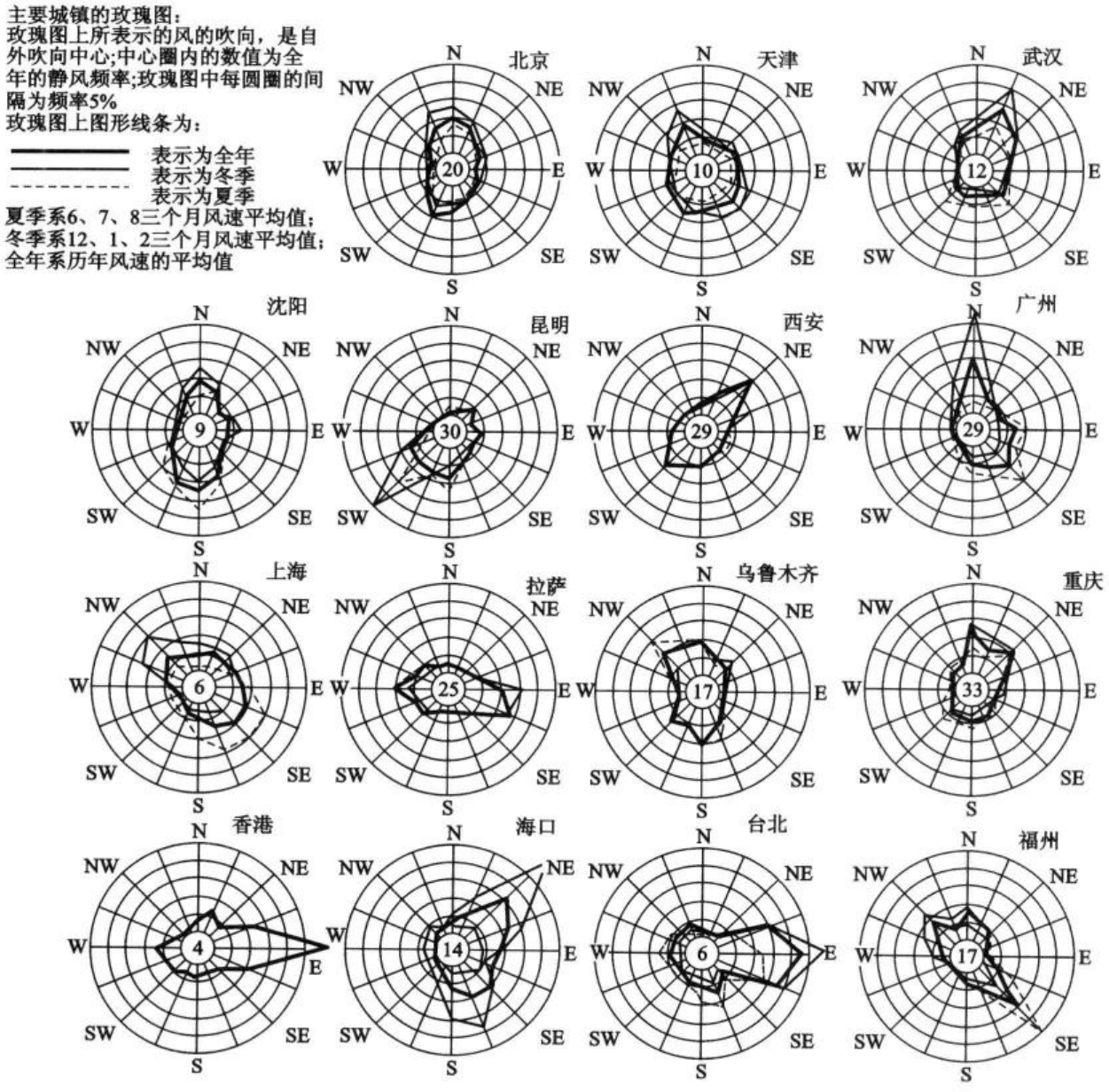


图1.33　我国部分城市的风向频率玫瑰图

(4) 工程地质和水文地质条件

建筑基地地形的平缓及起伏和基地的地质构成、土壤特性和地耐力的大小对建筑物的平面组合、结构布置和建筑体形都有明显的影响。坡度较陡的地形，常使房屋结合地形错层建造。复杂的地质条件，要求房屋的构成和基础的设置采取相应的结构构造措施。

地震震级表示一次地震所释放能量的大小。地震烈度表示地面及房屋建筑遭受地震破坏的程度，我国将地震烈度分为12度来表示地震的破坏程度。在烈度6度及6度以下

地区，地震对建筑物的损坏影响较小。9 度以上的地区，由于地震破坏力过大，除特殊情况外，一般应尽量避免在该地区建造房屋。因此，在抗震设防烈度为 6 度、7 度、8 度、9 度地区均需进行抗震设防设计。

水文条件是指地下水位的高低及地下水的性质，直接影响到建筑物基础及地下室。一般应根据地下水位的高低及地下水性质确定对建筑采取相应的防水和防腐蚀措施。

1.5 建筑模数协调统一标准

1.5.1 建筑模数

为了使建筑制品、建筑构配件和组合件实现工业化大规模生产，使不同材料、不同形式和不同制造方法的建筑构配件、组合件符合模数并具有较大的通用性和互换性，以加快设计速度，提高施工质量和效率，降低建筑造价，在建筑业中必须共同遵守《建筑模数协调统一标准》(GBJ 2—1986)。

建筑模数是选定的标准尺度单位，作为尺度协调中的增值单位，即作为建筑物、建筑构配件、建筑制品以及有关设备尺寸相互间协调的基础。

尺度协调：建筑构配件及其组合件在设计、制作、安装时所遵循的与尺度有关的规则。使得建筑构配件在安装时，不必切去和增加一部分，并使不同的构配件具有互换性。

模数协调：在基本模数或扩大模数基础上的尺度协调，以减少构配件的尺度变化，在设计排列构配件时有更大的灵活性。

(1) 基本模数

基本模数是模数协调中选用的基本尺寸单位，其数值规定为 100 mm，符号为 M，1M=100 mm。建筑物和建筑构配件、建筑组合件的模数化尺寸，应是基本模数的倍数，目前世界上绝大多数国家采用 100 mm 为基本模数。

(2) 导出模数

导出模数分为扩大模数和分模数，其基数应符合下列规定：

① 扩大模数

扩大模数指基本模数的整数倍。扩大模数的基数为 3M、6M、12M、15M、30M、60M 共 6 个，其相应的尺寸分别为 300 mm、600 mm、1200 mm、1500 mm、3000 mm、6000 mm。扩大模数主要用于建筑物的开间、进深、柱距、跨度，建筑物高度、层高、构件标志尺寸和门窗洞口尺寸。

② 分模数

分模数指整数除基本模数的数值。分模数的基数为 1/10M、1/5M、1/2M 共 3 个，其相应的尺寸分别为 10 mm、20 mm、50mm。分模数主要用于缝宽、构造节点、构配件断面尺寸。

(3) 模数数列

模数数列是以基本模数、扩大模数、分模数为基础扩展成的一系列尺寸，见表 1.4。模数数列在各类型建筑的应用中，其尺寸的统一与协调应减少尺寸的范围，但又应使尺寸的叠加和分割有较大的灵活性。

表 1.4　常用模数数列(mm)

模数名称	基本模数	扩大模数						分模数		
模数基数 基数数值	1M 100	3M 300	6M 600	12M 1200	15M 1500	30M 3000	60M 6000	1/10M 10	1/5M 20	1/2M 50
模数数列	100	300						10		
	200	600	600					20	20	
	300	900						30		
	400	1200	1200	1200				40	40	
	500	1500			1500			50		50
	600	1800	1800					60	60	
	700	2100						70		
	800	2400	2400	2400				80	80	
	900	2700						90		
	1000	3000	3000		3000	3000		100	100	100
	1100	3300						110		
	1200 1300	3600	3600	3600				120	120	
	1400	3900						130		
	1500	4200	4200					140	140	
	1600 1700	4500			4500			150		150
	1800	4800	4800	4800				160	160	
	1900	5100						170		
	2000	5400	5400					180	180	
	2100	5700						190		
	2200 2300	6000	6000	6000	6000	6000	6000	200	200	200
	2400	6300							220	
	2500	6600	6600						240	
	2600	6900								250
	2700	7200	7200	7200					260	
	2800	7500			7500				280	
	2900		7800						300	300
	3000		8400	8400					320	
	3100		9000		9000	9000			340	
	3200		9600	9600						350
	3300				10500				360	
	3400			10800					380	
	3500			12000	12000	12000	12000		400	400
	3600					15000				
应用范围	主要用于建筑物层高、门窗洞口和构配件截面	1. 主要用于建筑物的开间或柱距、进深或跨度、层高、构配件截面尺寸和门窗洞口等处； 2. 扩大模数 30M 数列按 3000 mm 进级，其幅度可增至 360M；60M 数列按 6000 mm 进级，其幅度可增至 360M						1. 主要用于缝隙、构造节点和构配件截面等处； 2. 分模数 1/2M 数列按 50 mm 进级，其幅度可增至 10M		

1.5.2 定位轴线

建筑平面定位轴线是确定房屋主要结构构件位置和标志尺寸的基准线，是施工放线和安装设备的依据。确定建筑平面定位轴线的原则是：在满足建筑使用功能要求的前提下，统一与简化结构、构件的尺寸和节点构造，减少构件类型和规格，扩大预制构件的通用互换性，提高施工装配化程度。

定位轴线的具体位置，因房屋结构体系的不同而有差别，定位轴线之间的距离即标志尺寸应符合模数制的要求。在模数化空间网格中，确定主要结构位置的定位线为定位轴线，其他网格线为定位线，用于确定模数化构件的尺寸，见图 1.34。

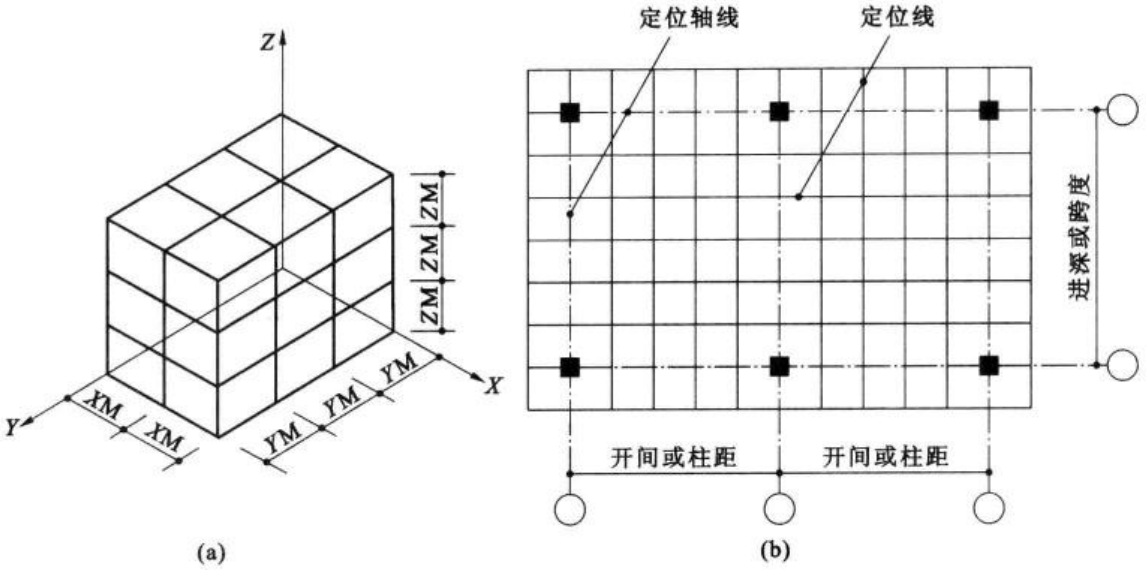


图 1.34 模数化空间网格示意及定位轴线的标定

(a) 模数化空间网格；(b) 定位轴线与定位线

砖混结构的定位轴线(图 1.35)按下列情况标定：

① 承重外墙的定位轴线一般自建筑物顶层墙身距墙内缘半砖或半砖的倍数处通过，也可自顶层墙厚度的 1/2 处通过。

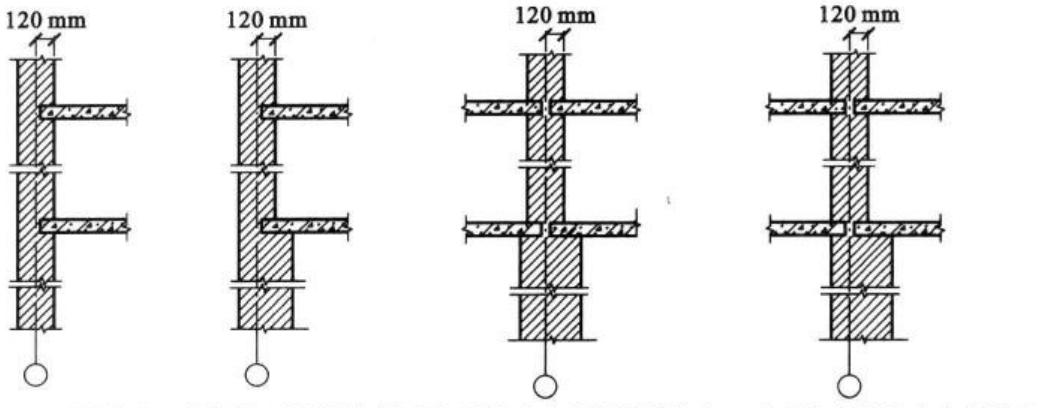


图 1.35 砖混结构定位轴线的标志

(a) 承重外墙定位轴线；(b) 承重内墙定位轴线

② 非承重墙的定位轴线，除可按承重外墙布置外，也可与顶层非承重外墙内缘重合。

③ 内墙不论承重与否，定位轴线一般均自顶层墙身中心线处通过。

④ 对楼梯间和中走廊两侧墙体，当墙体上下厚度不一致时，为保证楼梯及走廊在底层应有的宽度，定位轴线也可自顶层楼梯或走廊一侧墙半砖处通过。

框架结构中间柱的定位轴线一般与顶层柱中心线重合。边柱定位轴线除可同中柱轴线标注外，为了减少外墙挂板规格也可沿边柱表面即外墙内缘处通过。

1.5.3 标志尺寸

在确定定位轴线时，为保证构件与轴线尺寸协调，使设计、构件预制、施工安装各阶段既能协调配合，又能独立工作，还应正确处理标志尺寸、构造尺寸和实际尺寸之间的关系，如图 1.36 所示。实际尺寸是构件加工后的实有尺寸，它应控制在构造尺寸及其允许的误差范围内。

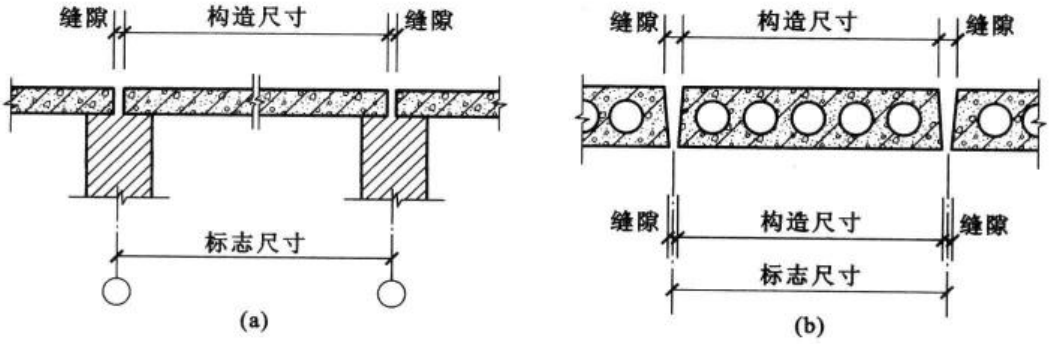


图 1.36 构造尺寸与标志尺寸的关系

(a) 房屋开间尺寸；(b) 预制构件尺寸

复习思考题

1. 建筑起源于什么时代？
2. 简述我国建筑的发展史和外国建筑史。
3. 建筑的含义是什么？什么是建筑物和构筑物？
4. 构成建筑的三要素是什么？如何正确认识三者的关系？
5. 适用、安全、经济、美观的建筑方针所包含的具体内容是什么？
6. 什么叫大量性建筑和大型性建筑？
7. 低层、多层、高层、超高层建筑的划分界限是什么？
8. 建筑物的设计使用年限是如何划分的？
9. 建筑物的耐火等级如何划分？什么叫构件的耐火极限和燃烧性能？
10. 建筑设计阶段是如何划分的？分别适用于什么工程？
11. 建筑设计的依据有哪些？
12. 什么是风玫瑰图？在建筑设计中有什么作用？
13. 什么是地震震级、地震烈度和基本烈度？
14. 实行《建筑模数协调统一标准》的意义何在？建筑模数协调标准包含哪些内容？是如何规定的？
15. 什么是定位轴线？在建筑设计中各起什么作用？
16. 什么是标志尺寸、构造尺寸和实际尺寸？在建筑设计中各起什么作用？

作业1　建筑平面设计

在已给住宅平面图上标注定位轴线，进行定位轴线编号，标注外部三道尺寸及内部尺寸，标注室内各房间地面标高和室外标高，进行门窗编号。

1. 定位轴线编号及标注

按照从左往右、从下往上的顺序标注横向定位轴线和纵向定位轴线，注意主轴线和附加轴线的区别。

2. 尺寸标注

外部尺寸为三道尺寸线，从内向外分别为细部尺寸、轴线尺寸和总尺寸。

内部尺寸标注房间内的门洞尺寸和门垛尺寸，及用外部尺寸标注不清的房间开间和进深。

3. 标高标注

内部标高指客厅地面、厨房地面、卫生间地面、楼梯间地面、阳台地面的标高，注意它们的差别。

外部标高指建筑入口处标高和室外地坪标高。

4. 门窗编号

门的编号为M1、M2、M3、…，窗的编号为C1、C2、C3、…，相同类型的门编一个号，相同类型的窗编一个号。

5. 绘出散水、台阶、坡道、指北针

作业要求：采用A3图纸，铅笔绘制，平面图比例1∶100。作图应符合建筑制图标准。

作业目的：考察和训练学生对定位轴线的标定和编号的掌握；对房间开间、进深门窗尺寸的标注是否符合建筑模数的要求；对各种房间室内标高的标注的理解（注意±0.000应设置的位置以及室外标高的标注）；对了解建筑平面图的应有深度。

2

建筑平面设计

本章提要

本章主要讲述使用房间和辅助使用房间的平面设计；交通联系部分的平面设计；建筑平面组合设计和建筑总平面设计。通过一些常见建筑的功能分析和平面组合，读者可以了解平面设计的规律，了解平面设计应解决的问题和总平面设计所涉及的范围和设计要求。掌握平面设计中各种不同房间的面积、形状、尺寸的确定；交通联系部分的疏散宽度的确定及位置的确定。平面组合及总平面设计是本章学习的基本要求。

一幢建筑物通常是由若干个单体空间有机地组合起来的整体空间。在进行建筑设计时，人们常常从建筑物的平面、立面、剖面来分析建筑物的各种特征，并通过相应的图示来表达其设计意图。

一幢建筑物的平面、立面、剖面图，是这幢建筑物在不同方向的外形及剖切面的投影，它们是有机联系的，综合在一起表达一幢三维空间的建筑整体。建筑平面设计是建筑设计的关键，它是表达建筑物在水平投影方向的房屋各部分的组合关系。

建筑平面设计包括单个房间平面设计及平面组合设计。

从组成平面各部分的使用性质来分析，平面分为使用部分和交通联系部分。使用部分是指各类建筑物中的主要使用房间和辅助使用房间；交通联系部分是建筑物中各个房间之间、楼层之间和室内与室外之间联系的空间，见图 2.1。

单个房间设计是在整体建筑合理适用的基础上，确定房间的面积、形状、尺寸以及门窗的大小和位置。

平面组合设计是根据各类建筑功能要求，抓住主要使用房间、辅助使用房间、交通联系部分的相互关系，结合基地环境及其他条件，采取不同的组合方式将各单个房间合理地组合起来。

建筑平面设计所涉及的因素很多，如房间的特征及其相互关系，建筑结构及其布局，建筑材料、施工技术、建筑造价、节约用地以及建筑造型等方面的问题。因此，平面设计实际上就是研究解决建筑功能、建筑技术、经济及美观等问题。

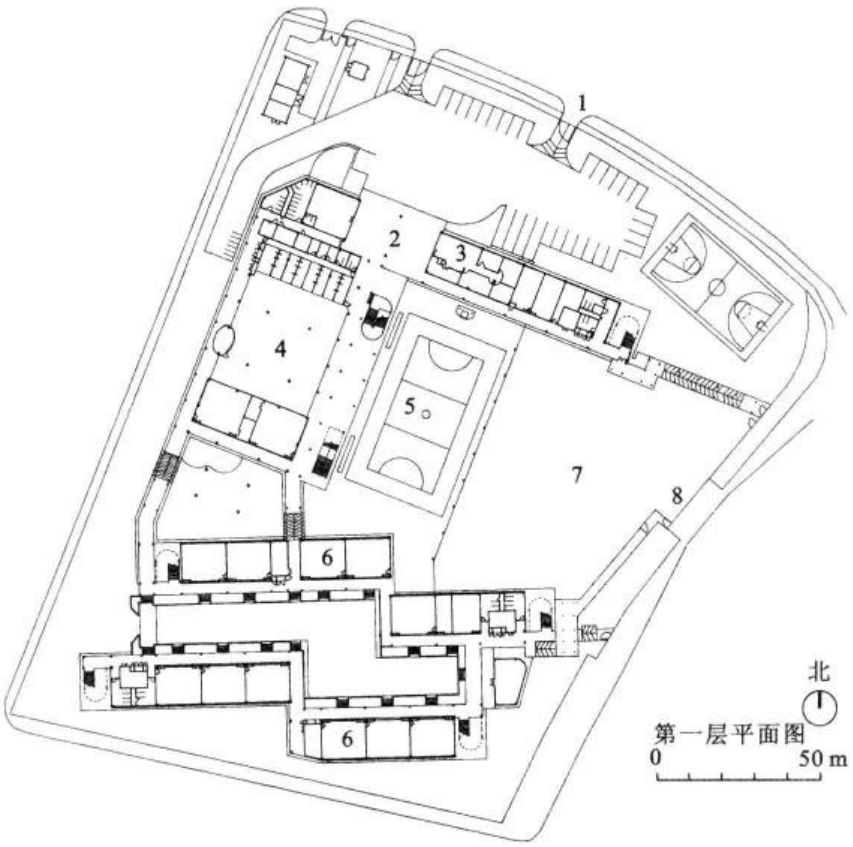


图 2.1　新加坡北源小学底层平面图

1—学校入口；2—入口门厅；3—行政楼；4—食堂、礼堂在上层；5—操场；
6—教学楼；7—运动场；8—行人入口

2.1　主要使用房间的设计

主要使用房间是建筑物的核心，由于它们的使用要求不同，形成了不同类型的建筑物，如住宅中的起居室、卧室，教学楼中的教室、办公室，商业建筑中的营业厅，影剧院的观众厅等都是构成各类建筑的基本空间。

2.1.1　房间的分类和设计要求

2.1.1.1　*按照使用房间的功能要求分类*

① 生活用房间：住宅的起居室、卧室、宿舍和招待所等；

② 工作学习房间：各类建筑中的办公室、值班室，学校中的教室、实验室，图书馆中的阅览室等；

③ 公共活动空间：商场的营业厅，剧院、电影院的观众厅、休息厅，博物馆、展览馆的陈列厅、展厅等。

一般来讲，生活、工作和学习用的房间要求安静、少干扰，由于人们在其中停留时间相对较长，因此希望能有较好的朝向；公共活动房间的主要特点是人流比较集中，通常出入频繁，因此室内人们活动和交通面积的组织比较重要，特别是人流的疏散问题

较为突出。对使用房间进行分类，有助于平面组合设计对不同房间进行分组和功能分区。

2.1.1.2 使用房间设计要求

① 房间的面积、形状和尺寸要满足室内使用活动和家具、设备合理布置的要求；

② 门窗的大小和位置，应该考虑房间的出入方便、疏散安全、采光通风良好；

③ 房间的构成应使结构布置合理，施工方便，有利于房间之间的组合，所用材料要符合相应的建筑标准；

④ 室内空间，以及顶棚、地面、各个墙面和构件细部，要考虑人们的使用和审美需求。

2.1.2 房间的面积、形状和尺寸的确定

2.1.2.1 房间的面积

主要使用房间面积的大小，是由房间内部活动特点、使用人数的多少、家具设备的数量和布置方式等多种因素决定的。

房间面积的组成由家具或设备所占的面积、人们使用家具或设备及在室内活动所需的面积、房间内部的交通面积等三部分组成，见图 2.2。

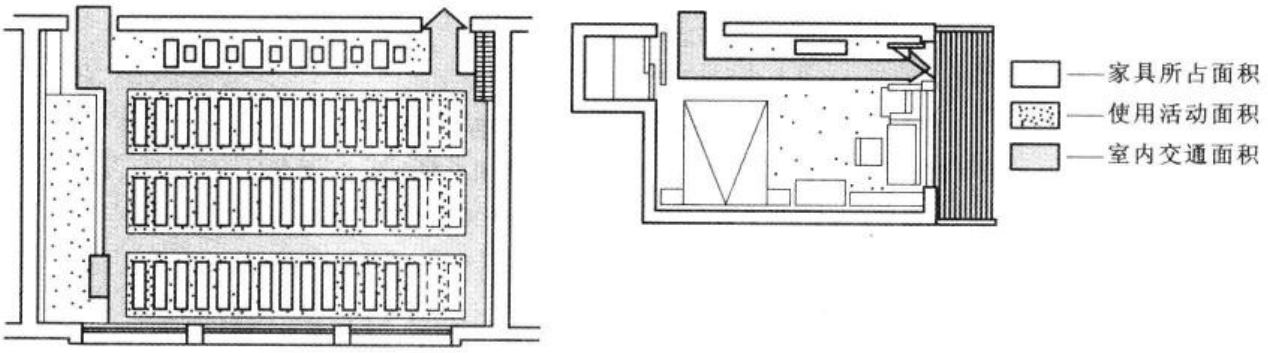


图 2.2 教室和住宅卧室中室内使用面积分析示意图

(a) 教室；(b) 卧室

影响房间面积大小的因素主要有两点：使用人数的多少和人体活动所占面积；家具设备的大小以及人们使用这些家具设备所占的面积大小。

(1) 容纳人数

房间面积大小与使用人数及使用性质有关。人们活动所需面积、家具设备所占面积及使用它们所需面积、室内交通面积，都与房间容纳人数有关。教室面积大小与教室使用性质和班级人数有关；商场营业厅面积大小主要取决于顾客人数及顾客购买商品方式；火车站候车厅面积大小与乘客人数和乘客身份有关等。一般来说，规模大、容纳人数多的房间，面积也应大些。

在实际工作中，房间面积的确定主要是依据我国有关部门颁布的建筑单体设计规范中规定的面积定额指标。根据房间的容纳人数及面积定额就可以计算出房间面积。表 2.1所列的是部分民用建筑设计规范中关于房间使用面积的定额参考指标。

表 2.1　部分民用建筑房间使用面积定额参考指标

项目 / 建筑类型	房间名称	面积定额(m^2/人)	备　注
中小学	普通教室	1.1～1.12	小学取下限
	自然教室、实验室	1.57～1.8	小学取下限
	合班教室	≥1.0	
办公建筑	普通办公室	≥4	
	会议室	≥1.8	有会议桌
		≥0.8	无会议桌
铁路旅客车站	候车厅	1.1～2.0	普通候车厅取下限
港口客运站	普通候船厅	≥1.1	
剧场	观众厅	0.55～0.70	甲等剧场取上限
商场	营业厅	1.35～1.70	推小车选购取上限
饮食建筑	餐厅	0.85～1.3	一级餐厅取上限
图书馆	普通阅览室	1.8～2.3	儿童阅览室取下限
	专业参考阅览室	3.5	
	报告厅	0.8	

住宅设计一向是人们最关心的问题。住房面积过大，浪费国土资源；住房面积过小，影响到人们的生活质量。国家住建部先后发文，对住宅面积进行控制，要求多建 70 m^2、90 m^2 户型。《住宅设计规范》(GB 50096—2011)明确规定：由卧室、起居室、厨房和卫生间组成的套型，其使用面积不应小于 30 m^2；由兼起居的卧室、厨房和卫生间组成的最小套型，其使用面积不应小于 22 m^2。双人卧室不应小于 9 m^2，单人卧室不应小于 5 m^2，兼起居室的卧室不应小于 12 m^2，起居室不应小于 12 m^2。

需要指出的是，每人所需的面积除面积定额指标外，还需要通过调查研究并结合建筑物的标准综合考虑。有些建筑的房间由于使用人数不固定，面积指标不宜做具体规定，如博物馆的展览厅、旅馆的大堂等。这就要求设计人员根据设计任务书的要求，对同类型、规模相近的建筑物调查研究，通过分析比较得出合理的房间面积。

(2) 家具设备及人们使用活动面积

任何房间为满足使用要求，都需要有一定数量的家具、设备，并进行合理的布置。如卧室中有床、床头柜、大衣柜、梳妆台等；餐厅内有餐桌、坐椅等；陈列室中有展板、陈列台、陈列柜等；教室中有课桌椅、黑板、讲台等。这些家具、设备数量及布置方式，人们使用它们所需的活动面积均与人体尺寸有关，且直接影响到房间使用面积的大小，见图 2.3。

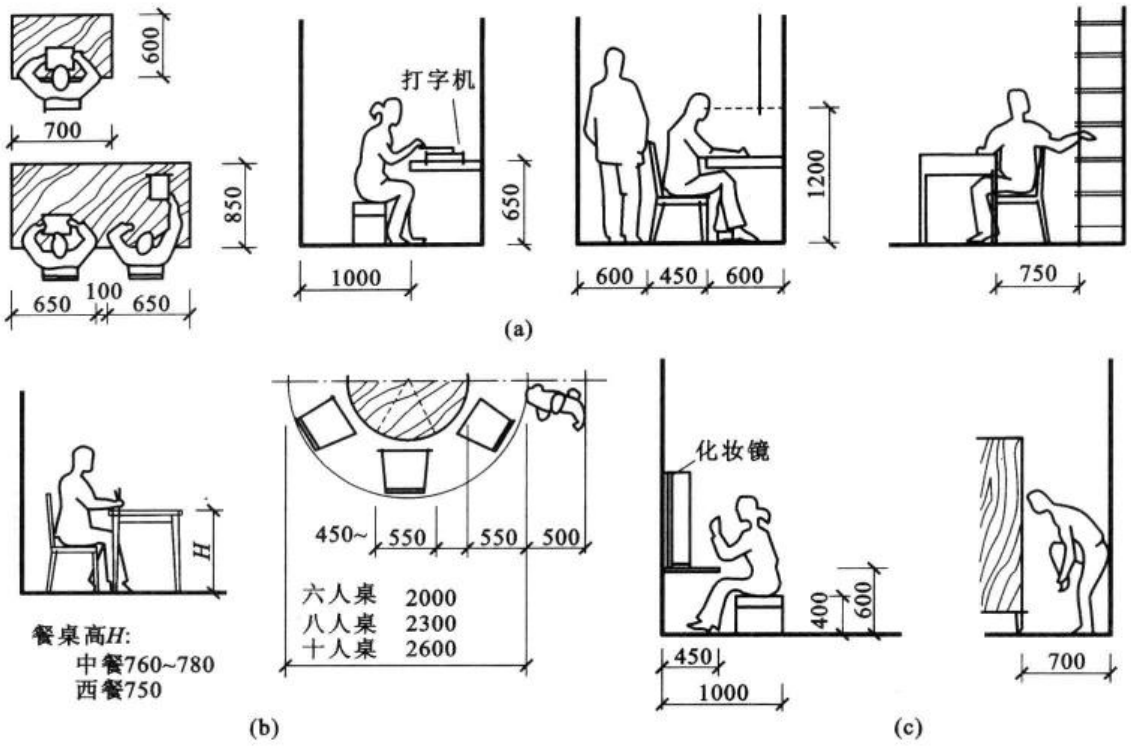


图 2.3　家具尺寸及人们使用家具活动面积示例

(a) 学习所需空间尺寸;(b) 就餐所需空间尺寸;(c) 休息所需空间尺寸

2.1.2.2　房间的形状

民用建筑常见的房间形状有矩形、方形、多边形、圆形等。在具体设计中,应从使用要求、平面组合、结构形式与结构布置、经济条件、建筑造型等方面综合考虑,选择合适的房间形状。

(1) 矩形平面

实际工程中,矩形房间平面在民用建筑中采用最多,如学校、办公楼、旅馆等建筑常采用矩形房间沿走道一侧或两侧布置,其原因在于矩形平面具有很多的优点:

① 矩形平面体型简单,墙体平直,便于家具布置和设备的安排,室内面积利用率高,使用灵活性大。

② 结构布置简单,便于施工。

③ 矩形平面便于统一开间、进深,有利于平面及空间的组合。

为了保证良好的视听效果和音质效果,矩形平面的开间、进深的比例需要进一步确定,通常取 1∶1.2～1∶1.5,狭长矩形不利于使用。

(2) 异形平面

有特殊功能和较高视听要求的房间,如剧院观众厅、电影院观众厅、大会堂、报告厅为了追求良好的视听效果,往往采用钟形、扇形平面等。如图 2.4 所示,当观众人数较少时,为了便于空间组合,一般采用矩形平面;当观众人数较多时,考虑到声音应均匀反射到室内各个地方,一般采用钟形和扇形平面。六角形平面声音反射效果不如钟形和扇形,但优于圆形;圆形平面极易造成声音聚焦,一般不予采用,但杂技团马戏表演时,圆形平面便于表演和有利于观众从各个角度观看,只有在技术上采取措施来弥补声音聚焦的缺陷。

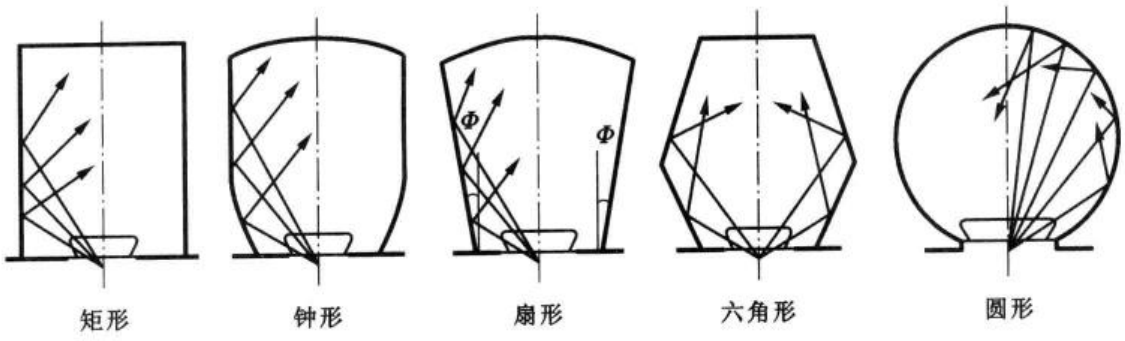


图 2.4　观众厅的平面形状

为了适应特殊地形或为了改变朝向防止西晒房间出现时，也可以采用异形平面。图 2.5为某高级酒店，为了避免客房西晒，将客房外墙做成折线形。

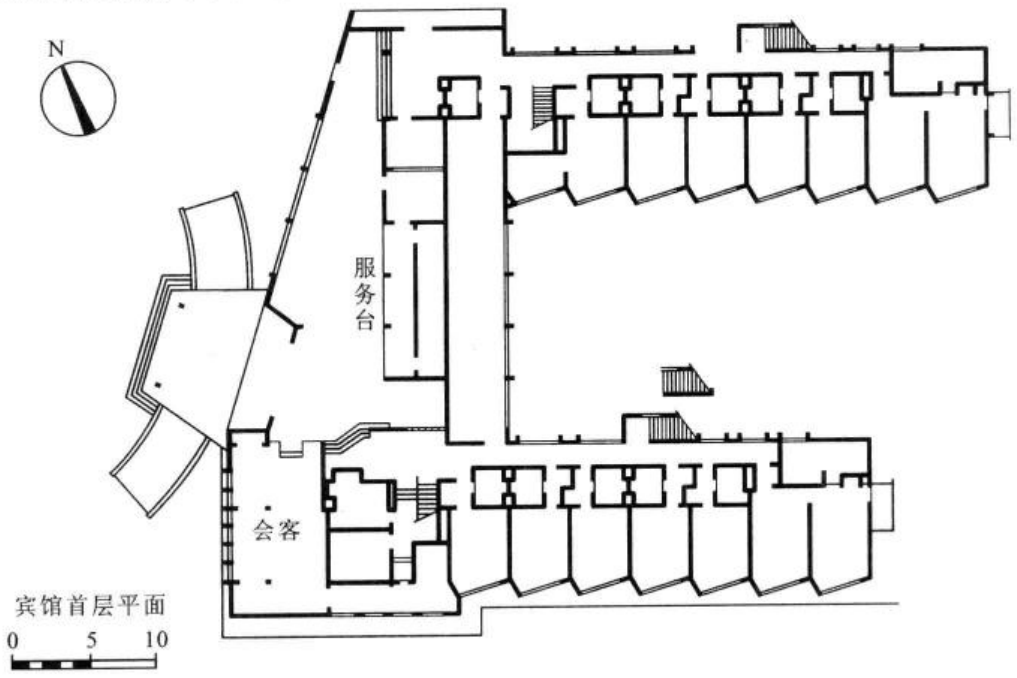


图 2.5　某酒店折线形外墙

在某些特殊情况下，采用异形平面往往具有较好的功能适应性，或易于形成极有个性的建筑造型。图 2.6 为北京国际饭店标准层平面，主楼采用三叉圆弧形，由三个半径为 38.7 m 的曲面体组成，最大限度地利用了外墙面积，使每间客房都能面朝街景，有良好的采光和通风，在内部设置辅助用房。

2.1.2.3　房间的尺寸

房间尺寸通常是指房间的面宽和进深，而面宽往往可以由一个或多个开间组成。在房间面积相同情况下，面宽和进深有多种组合，因此要使房间的尺寸合适，应考虑以下几方面的要求：

(1) 满足家具设备布置和人们活动的要求

住宅建筑中，卧室的平面尺寸应考虑床的大小、与其他家具的关系以及设法提高床位布置的灵活性，见图 2.7。当居住面积相同时，可以有多种尺寸可供选择，应考虑家具的尺寸及布置，见图 2.7(a)。房间净宽 3.0～3.3 m 是适应性比较强的尺寸；单人卧室短边轴线尺寸不得小于 2.4 m，便于单人床的布置；方形平面，家具布置比较灵活。

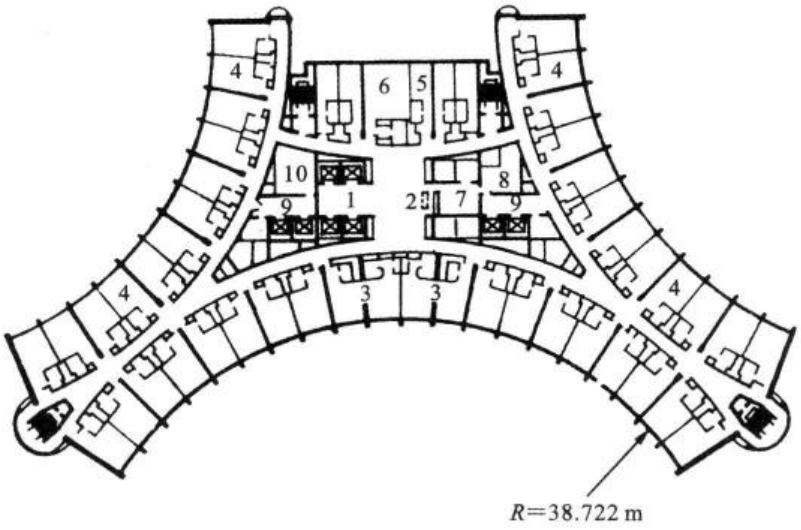


图 2.6　北京国际饭店标准层平面图

1—电梯厅；2—服务台；3—双套间；4—标准间；5—单人床间；
6—双人床间；7—值班室；8—工作间；9—服务走廊；10—备品库

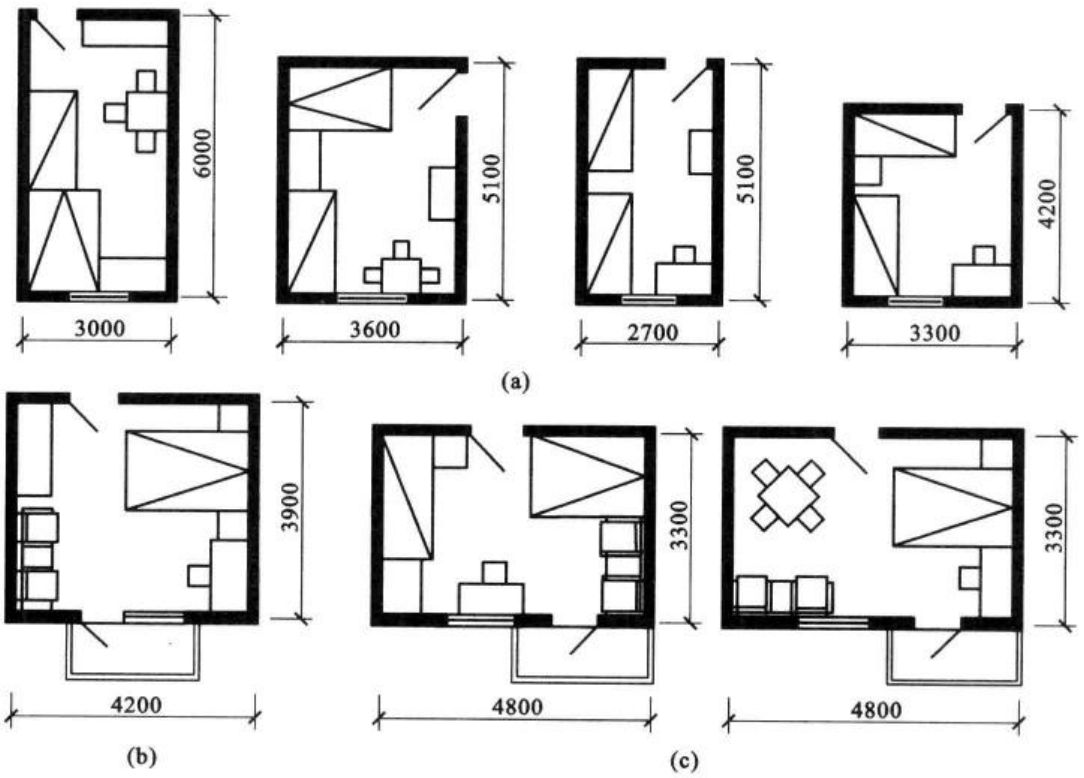


图 2.7　卧室尺寸确定

(a) 面积相同、尺寸不同卧室家具的布置；(b) 方形卧室家具布置灵活；(c) 横向卧室家具布置

起居室时应考虑家具布置，要求至少有一个墙面直线长度不小于 3 m，便于布置沙发，沙发距电视柜的距离即合理观看距离为电视机屏幕对角线尺寸的 4.5～5.5 倍。餐厅尺寸与就餐人数和餐桌形状、大小有关，见图 2.8。

(2) 满足视听要求

有的房间如教室、会堂、观众厅等的平面尺寸除满足家具设备布置及人们活动要求

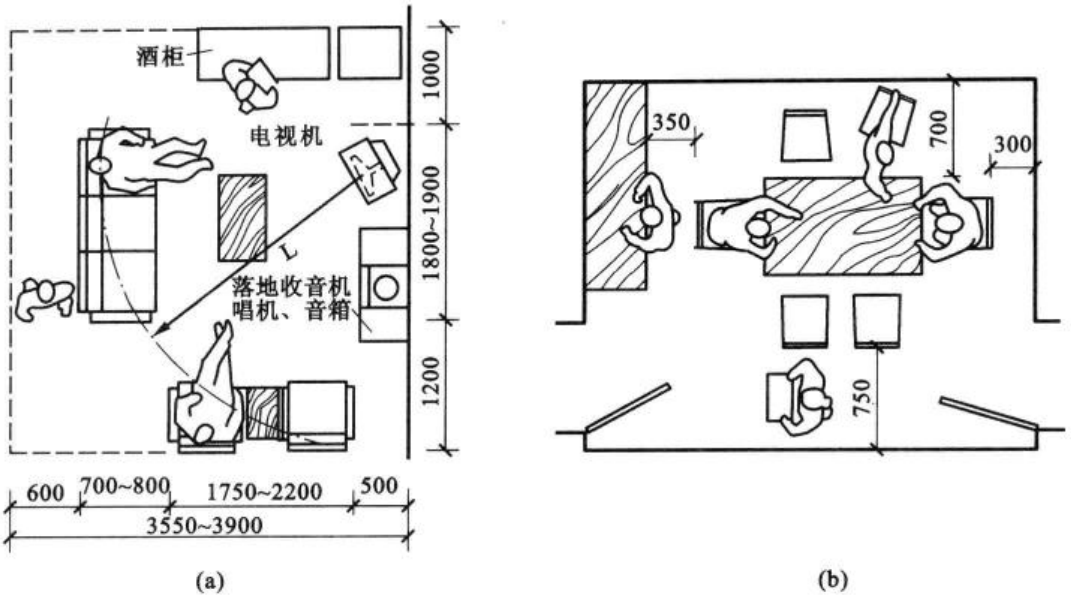


图 2.8　起居室及餐厅尺寸确定

(a) 起居室尺寸;(b) 餐厅尺寸

外,还应保证良好的视听条件。为使前排两侧座位不致太偏,后面座位不致太远,必须根据水平视角、视距、垂直视角的要求,充分研究座位的排列,确定适合的房间尺寸。

从视听的功能考虑,教室的平面尺寸应满足以下的要求(图 2.9):

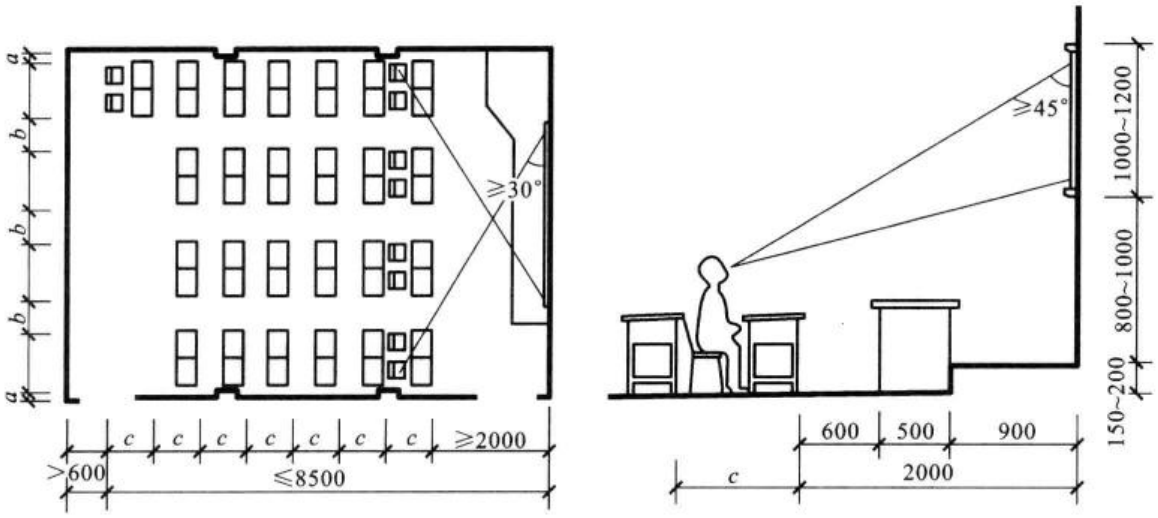


图 2.9　教室尺寸的确定

① 为防止第一排座位距离黑板太近,垂直视角太小易造成学生近视,因此,第一排座位距黑板的距离不得不小于 2.00 m,以保证垂直视角大于 45°。

② 为防止最后一排座位距离黑板太远,影响学生的视觉和听觉,后排距黑板的距离不宜大于 8.50 m。

③ 为避免学生由于黑板暗光而影响视觉,水平视角(即前排边座与黑板远端的视线夹角)应不小于 30°。

(3) 良好的天然采光

民用建筑除少数特殊要求的房间如演播室、观众厅等以外,均要求有良好的天然采

光。一般房间多采用单侧或双侧采光，因此，房间的深度常受到采光的限制。为保证室内采光的要求，一般单侧采光时进深不大于窗上口至地面距离的 2 倍，双侧采光时进深可较单侧采光时增大 1 倍。图 2.10 为采光方式对房间进深的影响。

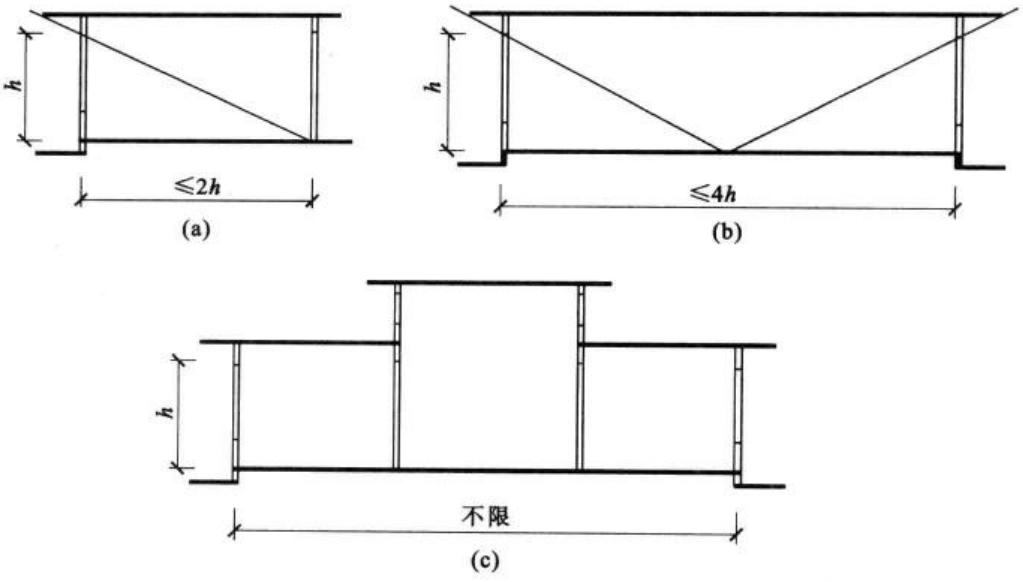


图 2.10　采光方式对房间进深的影响

(a) 单侧采光；(b) 双侧采光；(c) 混合采光

(4) 经济合理的结构布置

一般民用建筑常采用墙体承重的梁板式结构和框架结构体系。房间的开间、进深尺寸应尽量使构件标准化，同时使梁板构件符合经济跨度要求，所以砌体结构房屋开间尺寸一般不大于 4.2 m，框架结构房屋的进深一般不大于 9.00 m。对于由多个开间组成的大房间，如教室、会议室、餐厅等，应尽量统一开间尺寸，减少构件类型。

(5) 满足建筑模数协调统一标准的要求

为提高建筑工业化水平，必须统一构件类型，减少规格，这就需要在房间开间和进深上采用统一的模数，作为协调建筑尺寸的基本标准。按照建筑模数协调统一标准的规定，房间的开间和进深一般以 3M 为模数。如办公楼、宿舍、旅馆等以小空间为主的建筑，其开间尺寸常取 3.30～4.20 m，住宅楼梯间的开间尺寸常取 2.40～2.70 m。中学教室平面尺寸通常取 6.30 m×9.00 m、6.60 m×9.00 m、6.90 m×9.00 m 等。

2.1.3　房间的门窗设置

2.1.3.1　门的设计

(1) 门的宽度

房间的门是供出入和交通联系用的，也兼作采光和通风。在平面设计中，门的宽度取决于人体尺度、人流股数及家具设备的大小等。

一般单股人流通行最小宽度为 550 mm，一个人侧身通行需要 300 mm 宽。因此，门的最小宽度一般为 700 mm，常用于住宅中的卫生间，住宅中卧室、厨房、阳台的门应考虑一人携带物品通行，卧室常取 900 mm，厨房可取 800 mm。普通教室、办公室等的门应考

虑一人正面通行，另一人侧身通行，常采用 1000 mm（图 2.11）。有些较大的家具、设备出入的房间，如医院的病房，因为要考虑担架或者手术车出入，所以门开启以后的宽度应该在 1100 mm 以上，通常采用大小扇门的形式。

门的净宽度在 1100 mm 以内的，一般采用单扇门，大于 1200 mm 的门通常采用双扇门或者多扇门。双扇门的宽度可为 1200～1800 mm，四扇门的宽度可为 2400～3600 mm。

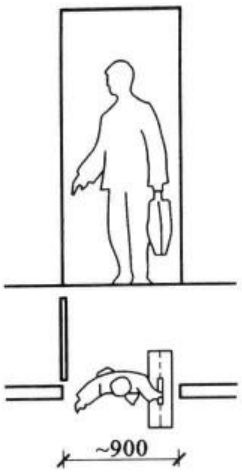


图 2.11　住宅中卧室门的宽度

（2）门的数量

门的数量主要取决于房间的容量和人流的活动特点，房间的面积越大，人流活动越频繁、越集中，门的数量也就越多。

按照《建筑设计防火规范》（GB 50016—2006）的要求，在公共建筑中和通廊式非住宅类居住建筑中，各房间疏散门的数量应按计算确定，且不应少于两个，该房间相邻两个疏散门最近边缘之间的水平距离不应小于 5 m。如房间位于两个出入口之间，建筑面积小于 120 m^2 时（高层公共建筑为 60 m^2），可设一个门，门宽不小于 0.9 m。除托儿所、幼儿园、老年人建筑外，当位于走廊尽端的房间内由最远一点到房门口的直线距离不超过 15 m 时，也可设一个向外开启的门，但门的净宽不应小于 1.4 m。歌舞、娱乐、放映及游艺场所内建筑面积不大于50 m^2 的房间可设一个门。影剧院、礼堂的观众大厅和体育馆的比赛大厅，其门的数量应经计算确定。影剧院、礼堂的观众大厅每个门的疏散人数不应超过 250 人，体育馆因为人数较多，每个门的疏散人数不宜超过 400～700 人。

（3）门的位置和开启方式

门的位置和开启方式应便于室内家具布置、行走路线便捷并满足房间组合的需要，同时要有利于自然通风。一般情况下，门多设在房间一角，墙垛宽度满足砖块或砌块模数，一般取 120 mm 或 240 mm，墙面尽量保持完整，便于布置家具，缩短室内交通路线，使房间面积得以充分利用。对于集体宿舍和一般客房，为便于多床布置，常将门设在内墙中部，见图 2.12。

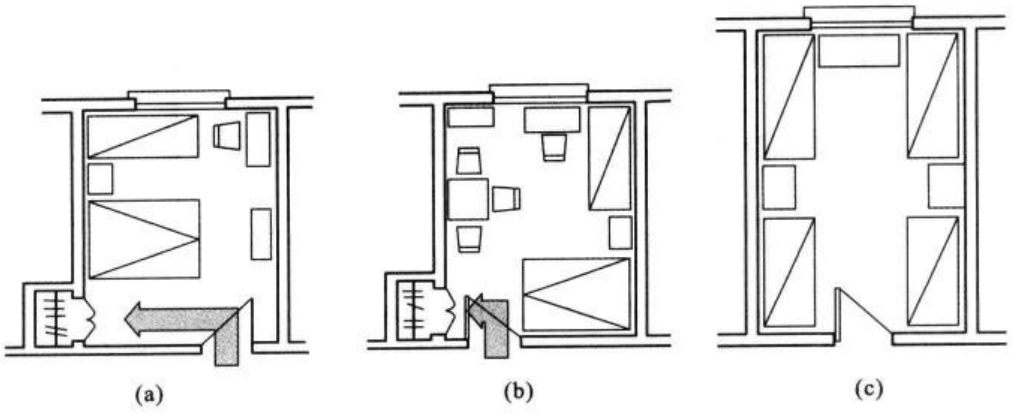


图 2.12　门的位置对家具布置的影响

（a）影响家具布置；（b）家具布置较好；（c）集体宿舍门的设置

对于人员密集的公共场所，如影剧院的观众厅、体育馆的比赛大厅等，为保证紧急情况下人员迅速、安全地疏散，疏散门不应设置门槛，门的数量和总宽度应按每 100 人 600 mm宽计算，并结合人流通行方便设双扇门向疏散方向开启，门的净宽度不应小于 1400 mm，且紧靠门口内外各 1400 mm 范围内不应设置踏步，见图 2.13。

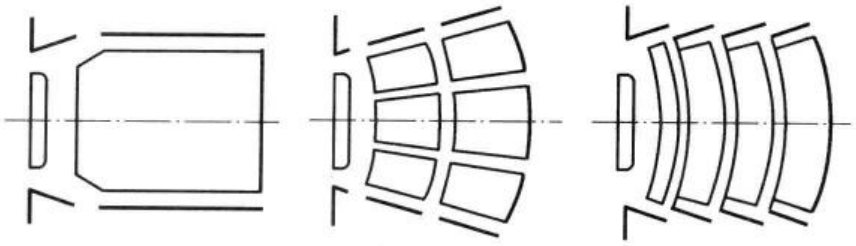


图 2.13　观众厅门的布置方式

门的开启方式一般分为外开和内开，外开的门便于疏散。大多数房间的门均采用内开方式，可防止门开启的时候影响房间外的人流通行。在使用人数较多的公共建筑中，为便于人流畅通及在紧急情况下人们迅速、安全地疏散，门必须向外开，即朝疏散方向开启。门的位置应与室内走道紧密配合，使通行线路简捷。在设计时要注意避免几个门扇相互碰撞和妨碍人流通行，见图 2.14。

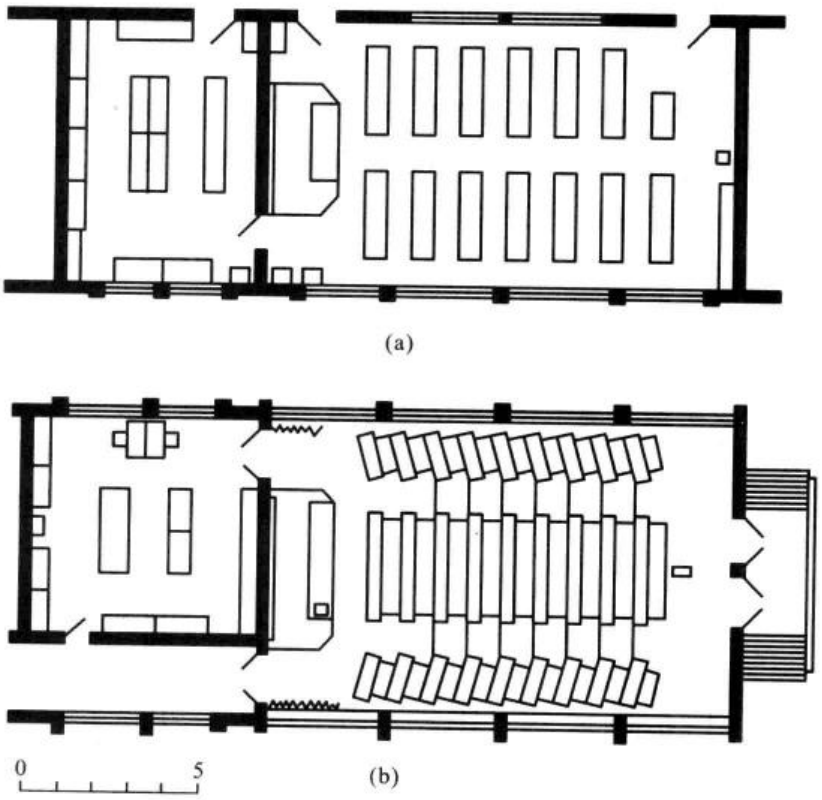


图 2.14　教室门的开启

(a) 小学自然教室；(b) 中学阶梯教室

2.1.3.2　窗的设计

(1) 窗的面积

为了获取良好的天然采光，保证房间足够的照度值，房间开窗大小应根据计算得出。窗口面积大小主要根据房间的使用要求、房间面积及当地日照情况等因素来考虑。不同

使用要求的房间对采光要求不同。建筑采光标准分为五级，每级规定了相应的窗地面积比(见表 2.2)。窗地面积比是指窗的洞口面积之和与房间的地面面积的比值。设计时可根据窗地面积比估算窗口面积，也可先确定窗口面积，然后按规定的窗地面积比值进行验算。

表 2.2　民用建筑部分房间窗地面积比指标

序　号	房间名称	窗　地　比
1	托幼、音体室、办公室绘图、阅览室	≥1/5
2	餐厅、医务室、复印室	≥1/6
3	卧室、起居室、书房、厨房	≥1/7
4	卫生间、过厅	≥1/10
5	楼梯、走廊	≥1/14

(2) 窗的位置

房间通风效果与窗的大小、开启窗扇位置及多少有关。在设计中为取得良好的通风效果，应尽量结合门的位置，形成“穿堂风”，见图 2.15。

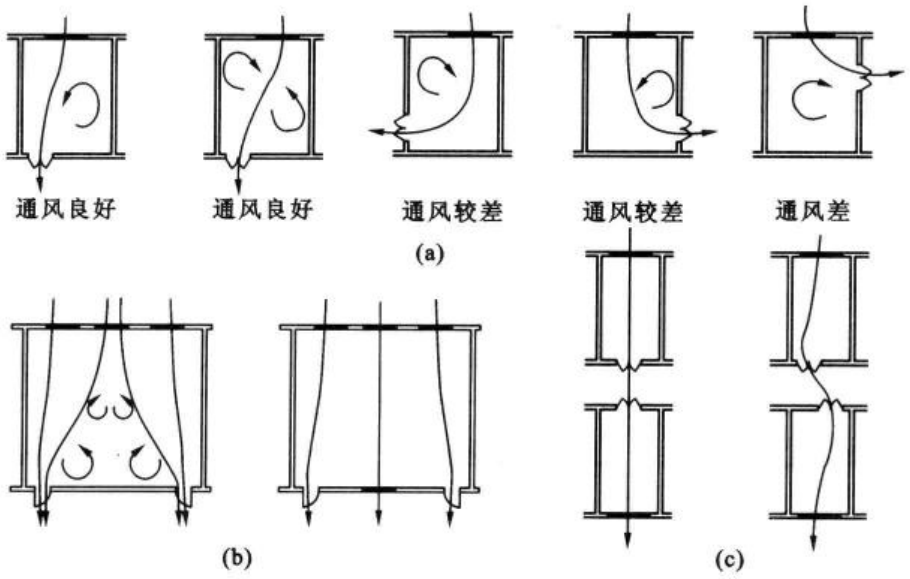


图 2.15　门窗平面位置对气流组织的影响

(a) 一般房间门窗相互位置；(b) 教室门窗相互位置；(c) 内廊式平面房间门窗相互位置

窗口在房间中的位置决定了光线的方向及室内采光的均匀性。中小学教室在一侧采光的情况下(见图 2.16)，为保证照度均匀，窗间墙宽度不宜过大；窗口与黑板之间的距离应适当，过大的距离会形成暗角，而过小的距离又会在黑板上产生眩光。窗间墙的宽度也必须满足结构及抗震等要求。

窗的面积及开设位置还应该满足建筑立面及节能要求。

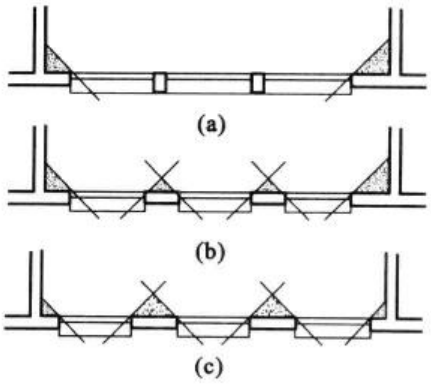


图 2.16　一侧采光的教室中窗在平面中的位置

2.2 辅助使用房间设计

民用建筑除了主要使用房间以外，还有很多辅助性使用房间。辅助使用房间是指建筑物中的厕所、盥洗室、浴室、厨房、通风机房、水泵房、配电房、锅炉房等服务性房间。不同类型的建筑有不同的辅助用房，而其中厕所、盥洗室、浴室、厨房是最为常见的。

在建筑设计中，辅助房间面积的影响因素是多方面的。主要是设备的多少和尺寸，其次是使用人数的多少，再者是室内活动特点。

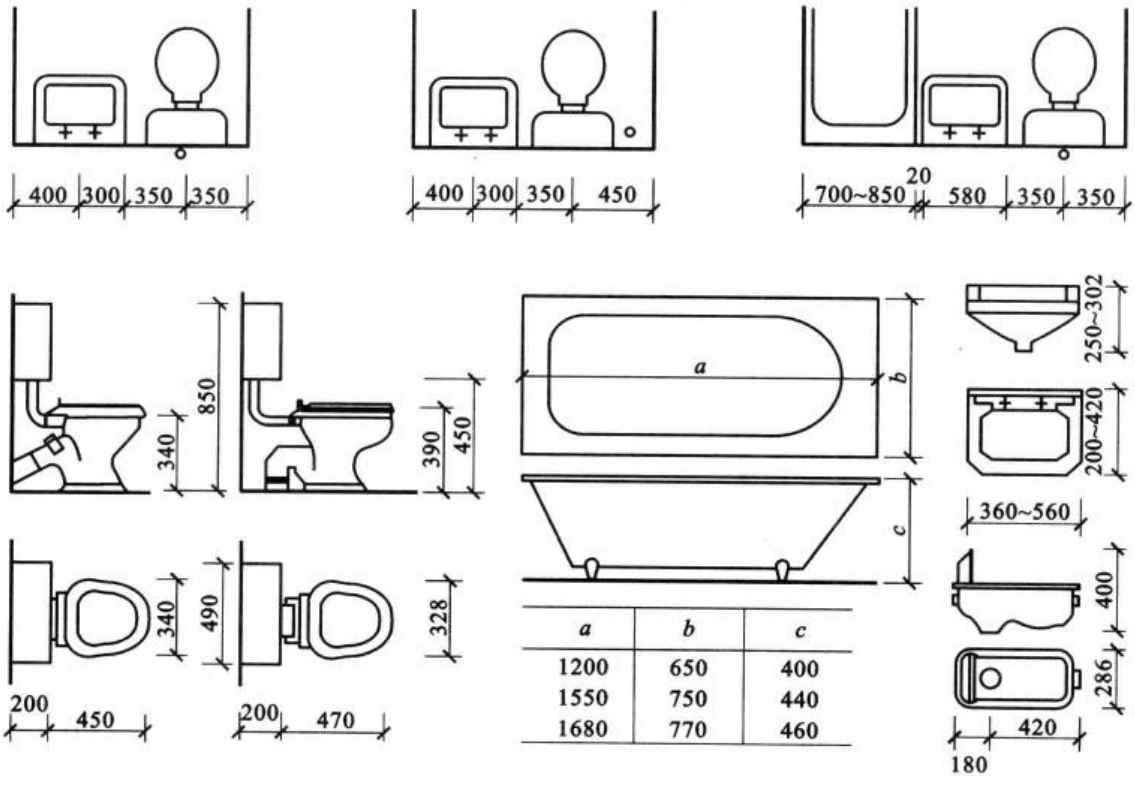
在辅助使用房间设计时，应根据各种建筑物的使用特点和使用人数的多少，先确定所需设备的个数和尺寸。根据计算所得的设备数量，考虑在整幢建筑物中辅助使用房间的分布情况，最后在建筑平面组合中，根据使用要求适当调整并确定这些辅助使用房间的面积、平面形状和尺寸。

2.2.1 卫生间的设计

通常将沐浴、盥洗、便溺三种功能要求布置在一起的房间，称为卫生间。只有便溺功能的房间称为厕所。按使用对象的不同，卫生间又可分为专用卫生间和公共卫生间。

(1) 专用卫生间的设计

卫生间的设计应考虑的主要因素是卫生洁具的大小以及它们的组合尺寸，在设计时应留出相应的位置以便安放，图 2.17 为常用卫生洁具尺寸及组合尺寸。



a	b	c
1200	650	400
1550	750	440
1680	770	460

图 2.17 卫生洁具的尺寸及组合尺寸示例

专用卫生间使用人数较少，常用于住宅、标准较高的旅馆、医院病房等。这类房间面积小，为保证主要使用房间能靠近外墙，常将卫生间沿内墙布置，采用人工照明及抽风井或排气道通风。

住宅卫生间的使用面积按设备个数的不同而不同，若同时设便器、洗浴器、洗面器，则使用面积不小于 2.5 m^2；若只设便器、洗浴器，则使用面积不小于 2.0 m^2；若只设便器、洗面器，则使用面积不小于 1.8 m^2；若单设便器，则使用面积不小于 1.1 m^2。旅馆专用卫生间按照标准不同，其房间净面积从 2.5～5.0 m^2 不等。

布置三件卫生洁具的卫生间的最小净宽不得小于 1.5 m，以满足最小浴缸的尺寸要求，当卫生间长度够长时，可以将其分为两部分，将对私密性要求不太高的洗面盆、洗衣机放在外间，可同时供两人使用。图 2.18 为专用卫生间的几种布置方式。

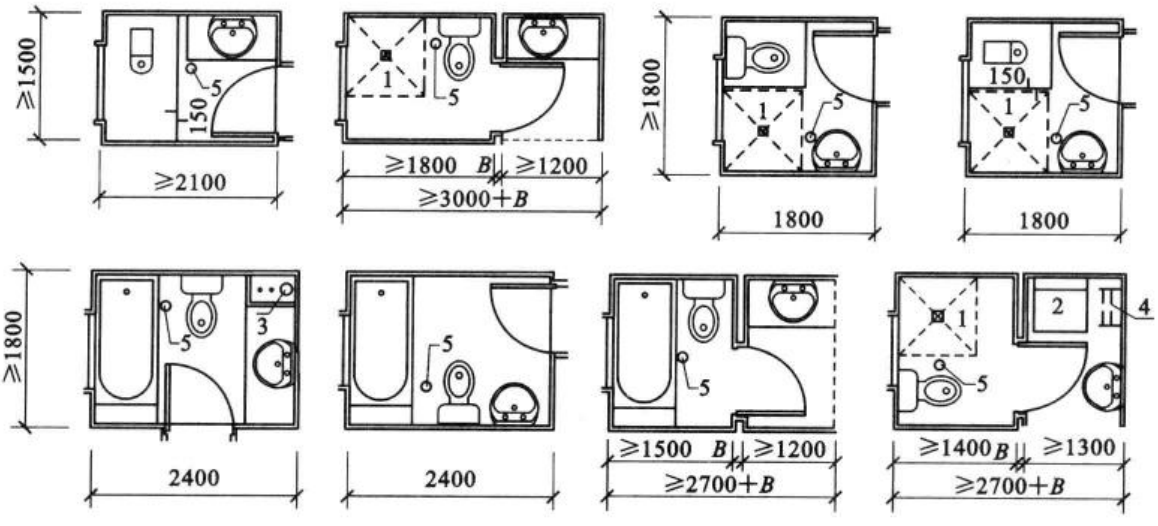


图 2.18　专用卫生间平面示例

1—淋浴区；2—洗衣机；3—管道井；4—毛巾架；5—地漏

(2) 公共卫生间的设计

公共卫生间内常用的卫生洁具有大便器、小便器(槽)、洗脸盆、污水池等。卫生洁具应根据建筑性质、规模、建筑标准、生活习惯等选用。大便器有蹲式和坐式两种，在医院、学校、办公楼、车站等公共建筑中，因人员使用频繁，多采用蹲式大便器；标准较高、使用人数较少的宾馆或住宅，宜采用坐式大便器。小便器有小便斗和小便槽两种，一般使用人数多、时间集中的公共卫生间多采用小便槽。洗手盆和污水池是卫生间中常设的设备，污水池主要供人们洗涤清洁工具。

由于公共建筑类型不同，使用卫生洁具的人数也不同，根据建筑单体设计规范，卫生洁具的数量可通过表 2.3，计算所需洁具数量，再具体进行室内布置。室内布置应结合人体工程学进行，即需要将人体活动的尺寸与设备尺寸结合起来设计，如图 2.19 和图 2.20 所示。

公共建筑的卫生间不应设在有严格卫生要求和配电、变电等房间的直接上层。为了隔绝气味、遮挡视线和缓冲人流，卫生间应设置前室，这样使卫生间较隐蔽，又有利于改善通向卫生间的走廊或过厅处的卫生条件。前室内设置洗手盆和污水池，前室的深度不应小于 1.5～2.0 m，见图 2.21。当卫生间面积小，不可能布置前室时，应注意门的开启方向，保证卫生间蹲位及小便器处于隐蔽位置。

表 2.3　部分建筑卫生间设备参考指标

项目 / 建筑类型	男小便器（人/个）	男大便器（人/个）	女大便器（人/个）	洗手盆	男女比例
体育馆	50	125	30	150	1∶1
影剧院	40	100	50	150	1∶1
小学	40	40	20	90	1∶1
中学、中师	50	50	25	90	1∶1
火车站、客运港	80	80	40	150	2∶1
宿舍	15	$8+15\times n$	$6+12\times n$	$5+10\times n$	按实际情况
饮食建筑	100	100	100	50	按实际情况
旅馆	15	15	12	10	按设计要求
商场	50	100	50	1/6 个大便位	

注：① 一个小便器折合 0.7 m 长的便槽。

② n 为倍数。

③ 摘自各现行建筑单体规范。

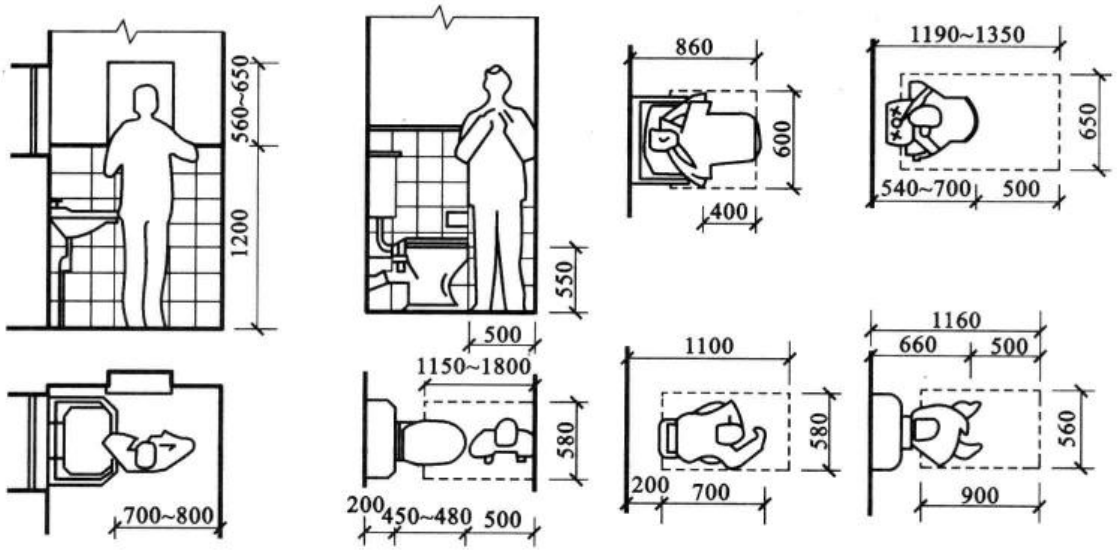


图 2.19　人们使用卫生洁具所需空间尺寸

卫生间一般可布置在采光方位较差的一面，但大量人流使用的卫生间，应有良好的天然采光与通风，以便排除臭气；公共厕所通风采光面积与地面面积比不应小于 1∶8，外墙侧窗不能满足要求时增设天窗，南方可设地窗。少数人使用的卫生间允许间接采光，但必须有排气道、抽风井类的抽风设备。卫生间布置应尽量节省管道，减少立管并靠近室外给排水管道。同层平面中男女卫生间最好并排布置，上、下楼层位置对齐，避免管道分散。

2.2.2　浴室、盥洗室的设计

浴室、盥洗室的主要卫生洁具有洗脸盆、淋浴器、浴盆、污水池等。除此以外，公共浴室还有更衣室，其中主要设备有挂衣钩、衣柜、更衣凳等。设计时可根据使用人数确定卫

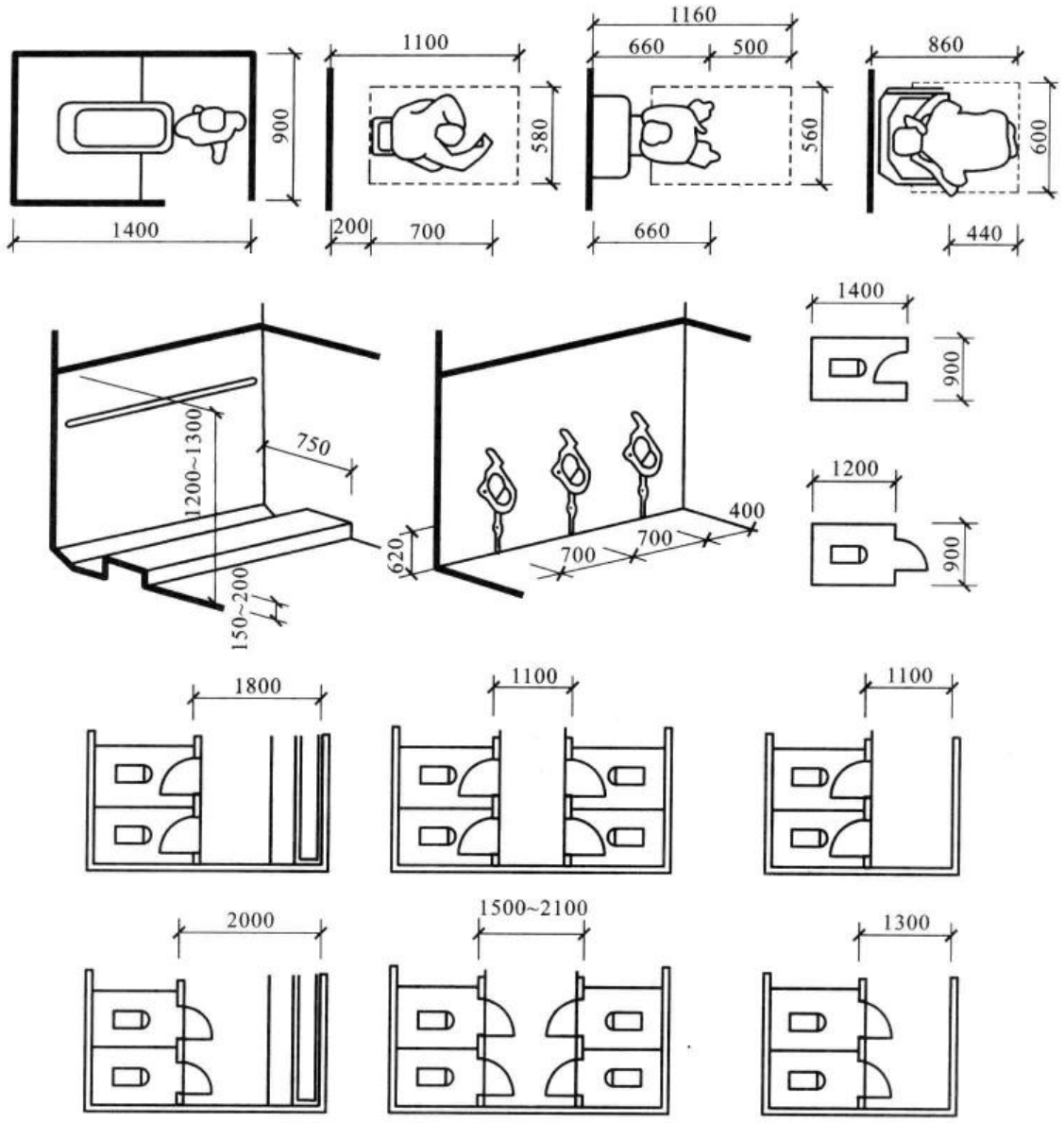


图 2.20　卫生间设备及组合尺寸

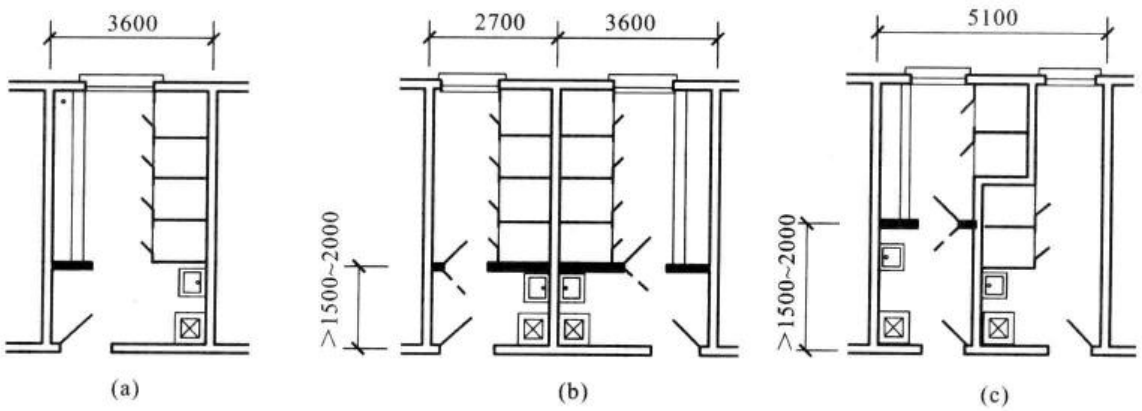


图 2.21　公共厕所布置示例

生器具的数量，并结合设备尺寸及人体活动所需的尺寸空间进行房间布置。图 2.22 为盥洗室、浴室设备及其组合尺寸示例。图 2.23 为公共卫生间布置示例。

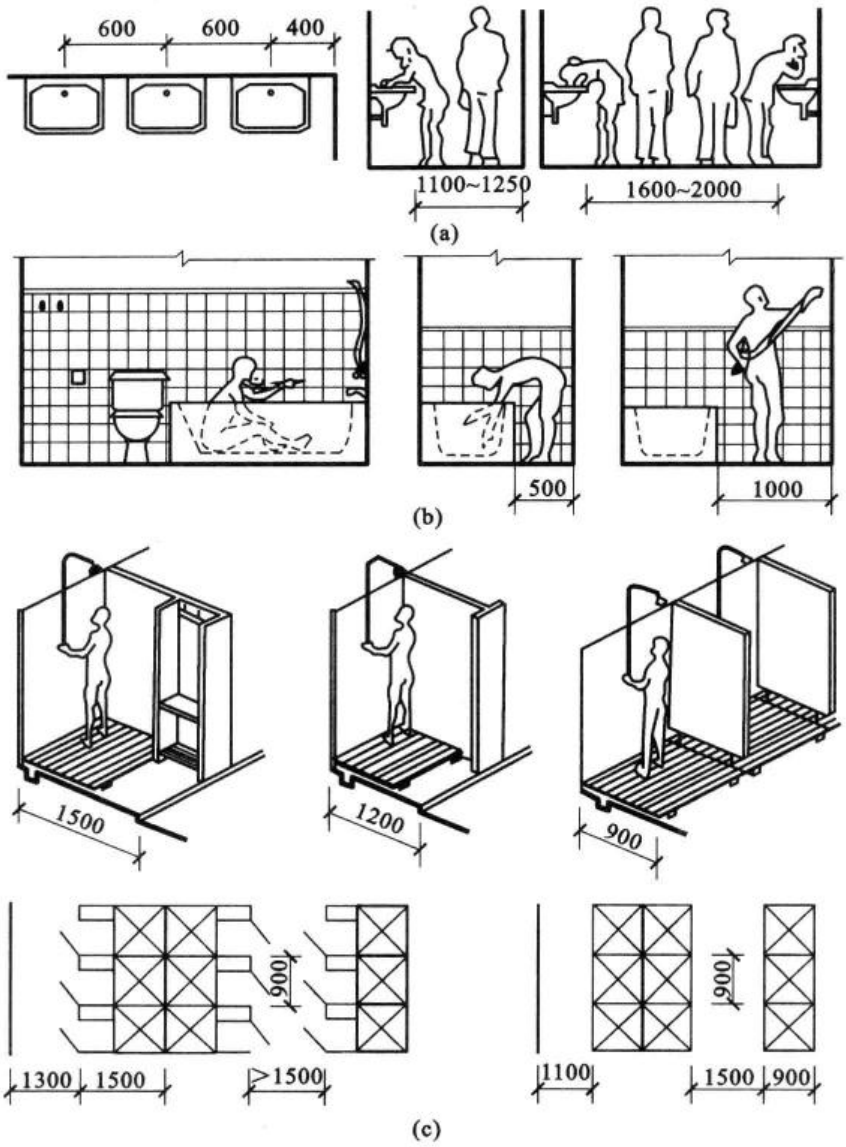


图 2.22　盥洗室、浴室设备及其组合尺寸示例

(a) 洗面盆组合尺寸；(b) 浴盆组合尺寸；(c) 淋浴间组合尺寸

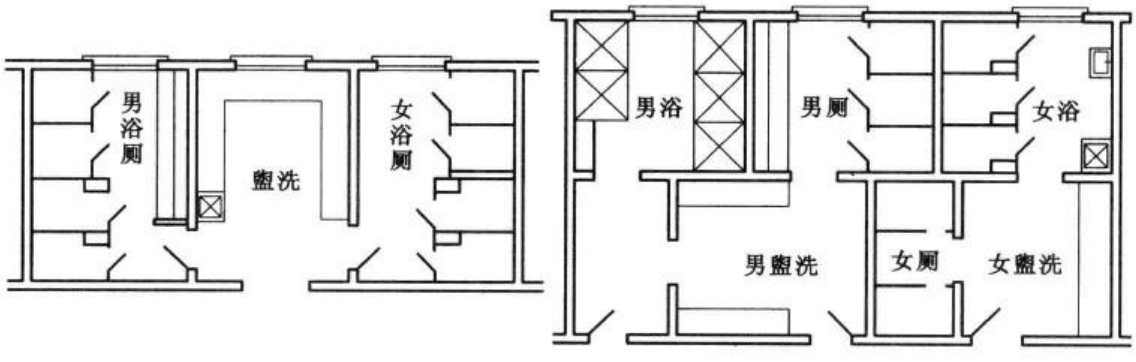


图 2.23　公共卫生间布置示例

2.2.3 厨房的设计

住宅、公寓中每户使用的专用厨房，是家务活动的中心，主要供烹调、洗刷、清洁等使用，面积较大的厨房可兼有餐饮功能。厨房内主要有灶台、案台、水池、储藏设施及排烟装置等。住宅中的厨房面积标准一般根据住宅的面积标准不同而不同，如由卧室、起居室、厨房和卫生间组成的套型的厨房使用面积不应小于 4.0 m^2；由兼起居的卧室、厨房和卫生间组成的最小套型的厨房使用面积不应小于 3.5 m^2。

厨房设计应满足以下要求：

① 厨房应有良好的采光和通风条件，在平面组合中应将厨房靠外墙布置。

② 厨房的墙面、地面应考虑防水，便于清洁，地面应比一般房间地面低 20～30 mm。

③ 厨房的布置应符合操作流程，并保证必要的操作空间，尽量缩短往返路线，以方便使用，操作面净长不小于 2.1 m。单排布置设备时厨房净宽不应小于 1.5 m；双面布置时，其两排设备的净距不小于 0.9 m，见图 2.24。设备布置应符合人体活动空间及操作设备的尺度，见图 2.25。

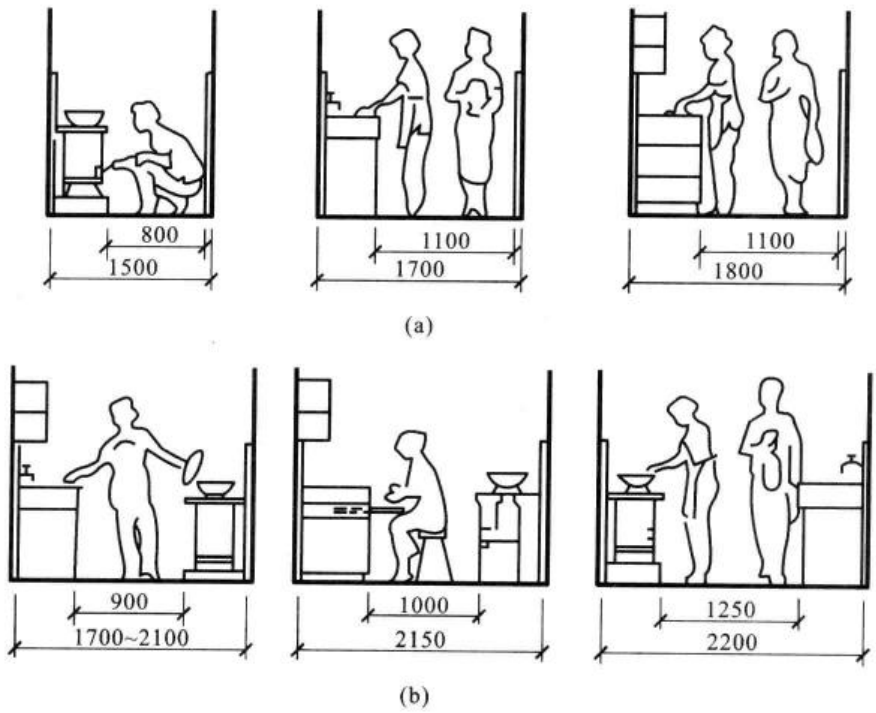


图 2.24 厨房布置的尺寸要求

(a) 单面布置；(b) 双面布置

常见厨房布置形式有单排、双排、L 形、U 形等，如图 2.26 所示。其中 L 形和 U 形较为理想；提供了连续案台空间，与双排式相比，避免了操作流程中频繁转身等缺点。

④ 在厨房内应布置足够的储藏设施，如壁龛、吊柜等。为方便存取物品，吊柜底距地高度不宜超过 1.7 m，灶台上部和案台下部的空间也可储藏物品。

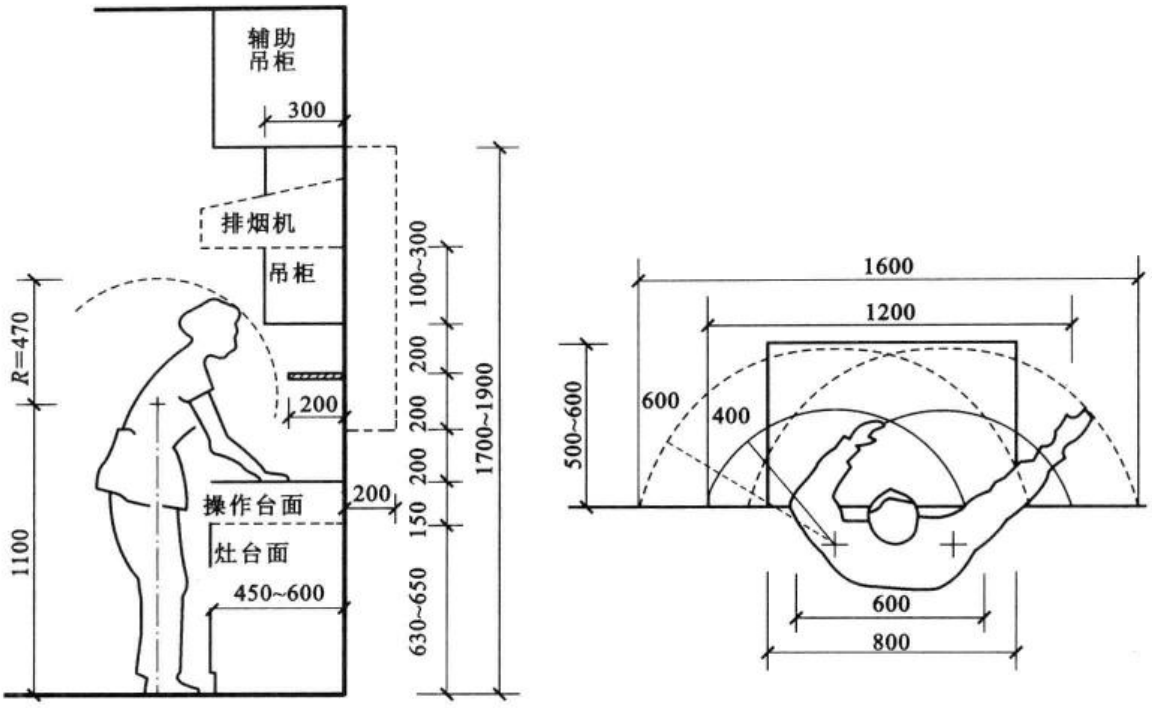


图 2.25　厨房内人体与设备组合尺寸

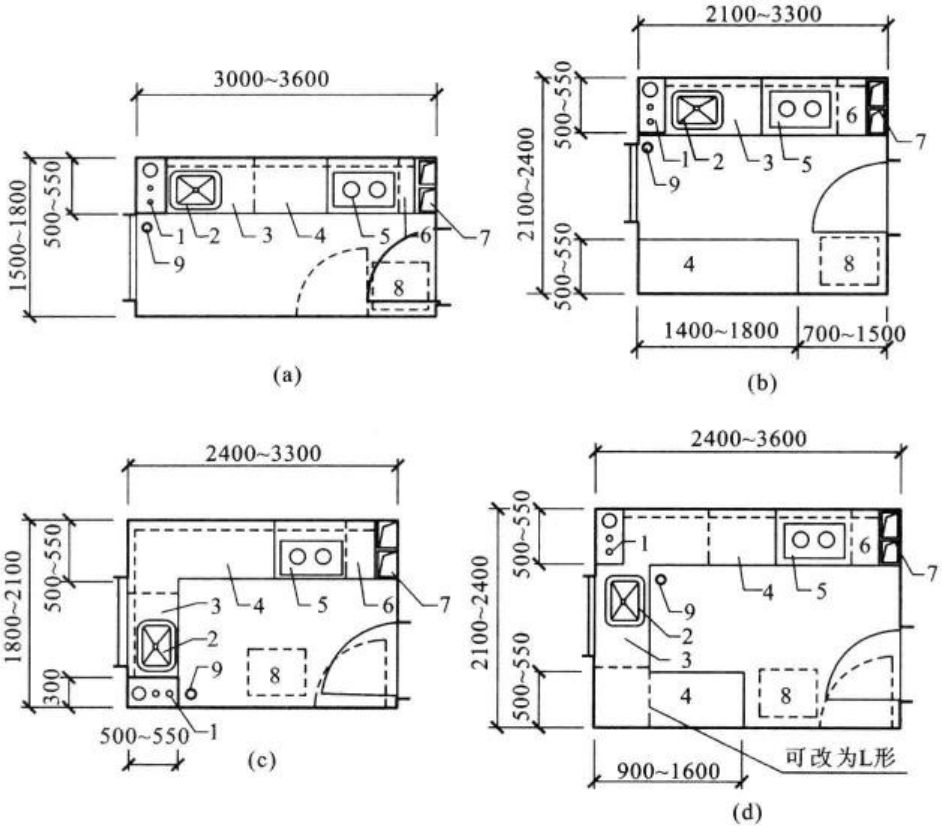


图 2.26　厨房布置示例

(a) 单排布置；(b) 双排布置；(c) L 形布置；(d) U 形布置

1—竖向管道区；2—洗池；3—洗切台；4—操作台；5—灶台；6—放置台；7—排烟道；8—电冰箱；9—地漏

2.3 交通联系部分设计

满足使用要求的各种房间是构成建筑的主体部分，而房间与房间之间的水平和垂直方向上的联系、建筑物室内与室外之间的联系，均要通过交通联系部分来实现。交通联系部分按位置可分为水平交通空间（走道）、垂直交通空间（楼梯、电梯、坡道）和交通枢纽空间（门厅、过厅）等。交通联系空间的大小、形状、设置部位主要取决于房间功能关系及建筑空间处理的需要。

交通联系部分的设计要求是：

① 交通路线简捷明确，联系通行方便；

② 人流通畅，在紧急疏散时迅速安全；

③ 满足一定的采光通风要求；

④ 节省交通面积，提高建筑的利用率；

⑤ 考虑空间处理等问题。

2.3.1 走道

（1）走道的用途

走道的主要功能是连接各个房间、楼梯和门厅等，以解决建筑中水平交通联系问题。

走道按使用性质的不同，可以分为以下 3 种情况：

① 完全为交通疏散设置的走道，如办公楼、旅馆、电影院、体育馆的安全走道等，都是供人们通行疏散所用，这类走道一般不允许安排作其他用途。

② 以交通疏散为主，兼有一些其他功能，如医院走道可兼候诊，学校走道兼课间活动及宣传画廊。这种走道的宽度和面积应相应增加。

③ 多种功能综合使用的走道，如艺术中心的某些走道空间，不仅布置了艺术展品以供欣赏，而且设置了坐椅供参观者休息。这种走道与单一功能的走道相比，其宽度和面积会增加许多，但仍不失其通道的基本功能。

走道的设计主要是宽度和长度的设计，应满足正常情况下人流通行和紧急情况下人流疏散的要求。

（2）走道宽度

走道的宽度应符合人流通行和建筑防火的要求，当楼层人流较少，如小型办公楼、小型旅馆等，应按单人、双人或三人通行来考虑走道宽度，通常单股人流的通行宽度约为 550＋(0～150)mm。还要考虑门的开启对走道宽度的影响，见图 2.27。规范规定：办公楼的走道净宽单面布房时不小于 1.5 m，双面布房时不小于 1.8 m；住宅户内入口走道净宽不小于 1.2 m，通往卧室、起居室的走道净宽不小于 1.0 m，通往卫生间、厨房的走道净宽不小于 0.9 m。

当楼层人数较多时，如教学楼、宿舍楼等，应按人流股数来计算走道宽度。通常取 100 人为一股人流，一股人流所需疏散宽度与建筑物耐火等级和层数有关，具体规定见表2.4。

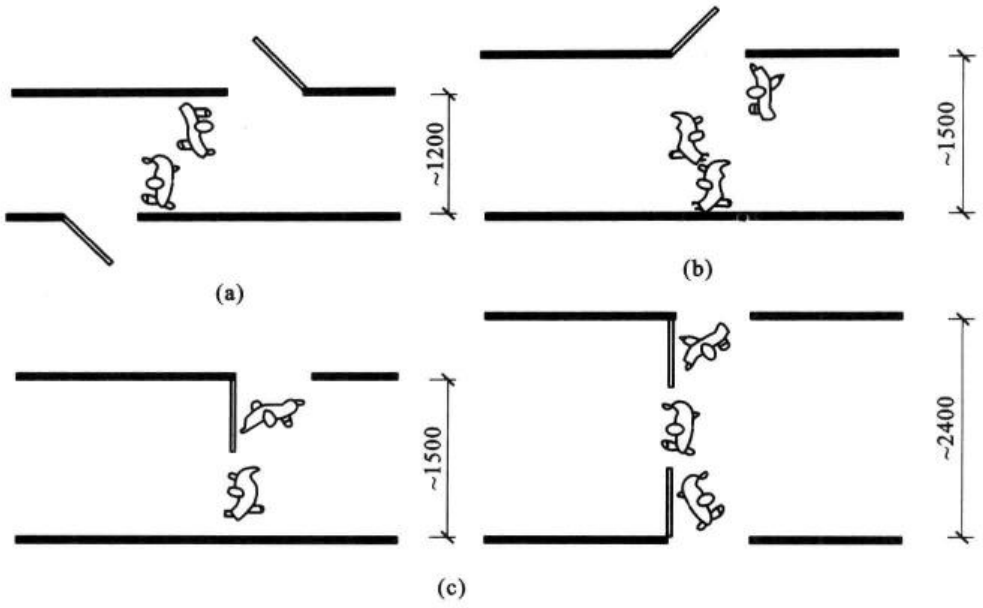


图 2.27　走道宽度的确定

(a) 两人相对通过；(b) 三人通过；(c) 门扇开向过道对宽度的影响

表 2.4　疏散走道、安全出口、疏散楼梯梯段和房间疏散门的净宽

宽度(m/100 人) 楼层位置	房屋耐火等级		
	一、二级	三级	四级
地上一、二层	0.65	0.75	1.00
地上三层	0.75	1.00	—
地上四层及四层以上各层	1.00	1.25	—
与地面出入口地面的高差不超过 10 m 的地下建筑	0.75	—	—
与地面出入口地面的高差超过 10 m 的地下建筑	1.00	—	—

注：摘自《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)第 5.3.17 条。

综上所述，一般民用建筑常用走道宽度如下：当走道两侧布置房间时，学校建筑为 2100～3000 mm，医院建筑为 2400～3000 mm，旅馆、办公楼等建筑为 1500～2100 mm。当走道一侧布置房间时，其走道宽度应相应减小。在通行人数较多的公共建筑中，按各类建筑的使用特点、建筑平面组合要求、通过人流的多少及根据调查分析或参考设计资料确定走道宽度。疏散走道净宽不得小于 1.1 m。

(3) 走道长度

走道的长度应根据建筑性质、耐火等级及防火规范来确定。为了避免人们在紧急状况下疏散距离过长，规范对安全疏散距离进行了限定，从而间接限定了每段走道的长度，具体规定见表 2.5。表中 L_1 和 L_2 所代表的意义见图 2.28。

另外，房间内任一点到该房间直接通向疏散走道的疏散门的距离，不应大于表 2.5 中 L_2 的距离。一、二级耐火等级的建筑物内的观众厅、展览厅、多功能厅、餐厅、营业厅和阅览室等，其室内任何一点至最近安全出口的直线距离不宜大于 30 m。

表 2.5　直接通向疏散走道的房间疏散门至最近安全出口的最大距离(m)

名　　称	位于两个安全出口之间的疏散门(L_1)			位于袋形走道两侧或尽端的疏散门(L_2)		
	耐火等级			耐火等级		
	一、二级	三级	四级	一、二级	三级	四级
托儿所、幼儿园	25	20	—	20	15	—
医院、疗养院	35	30	—	20	15	—
学校	35	30	—	22	20	—
其他民用建筑	40	35	25	22	20	15

注：① 敞开式外廊建筑的房间疏散门至安全出口的最大距离可按本表增加 5 m。

② 当安全出口为非封闭楼梯间时，L_1 应减少 5 m，L_2 应减少 2 m。

③ 设自动喷水灭火系统的建筑物，其安全疏散距离可按本表规定增加 25%。

④ 本表摘自《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)第 5.3.13 条。

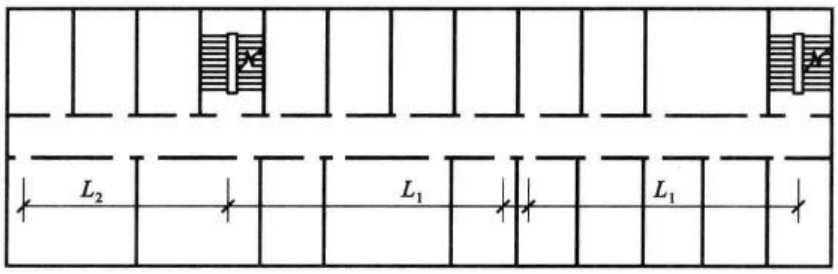


图 2.28　走道长度的控制

考虑到走道的采光和通风，一般在走道尽端设采光窗，当走廊长度超过 40 m 时，必须在走廊中部设置采光间或其他采光措施，见图 2.29。

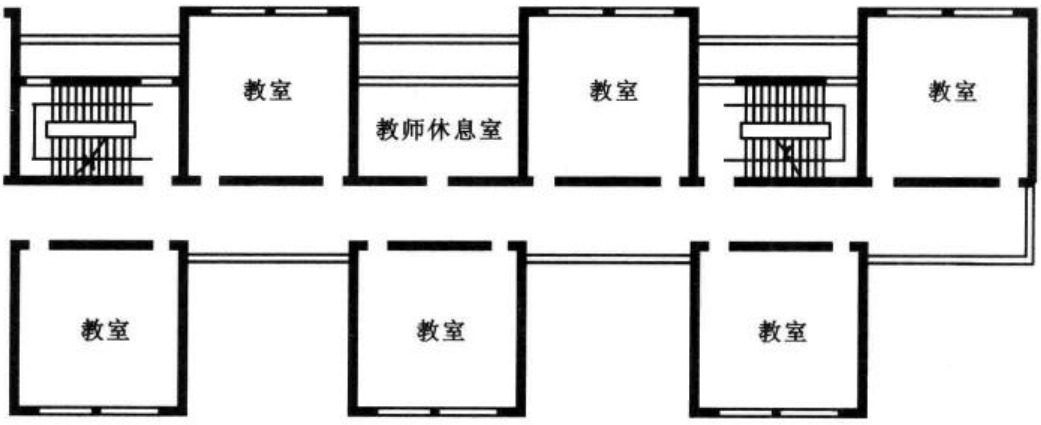


图 2.29　改善走道采光通风的措施

2.3.2　楼梯

楼梯是多层建筑中各楼层间的垂直交通联系部分，楼梯设计主要是根据使用需要和安全疏散要求选择合适的形式，确定楼梯梯段宽度和休息平台宽度，布置恰当的位置，确定建筑物内的楼梯数量，以及考虑楼梯间的平面位置和空间组合。

(1) 楼梯形式

楼梯形式的选择主要以房屋的使用要求为依据。双跑平行楼梯由于面积紧凑，使用方便，楼梯间大小跟一个房间大小相仿，便于组合，是一般民用建筑中最常采用的形式。住宅、宿舍层高较小，可采用单跑直楼梯，当建筑物的层高较高，或利用楼梯间顶部天窗采光时，常采用三跑楼梯。一些会场、剧院、旅馆等公共建筑，经常把楼梯的设置和门厅、休息厅等结合起来。这时，楼梯可以根据室内空间组合的要求，采用比较多样的形式，如会场门厅中显得庄重的直跑大平台楼梯，剧院门厅中开敞的不对称楼梯，以及旅馆门厅中比较轻快的弧形楼梯等，见图 2.30。为了安全，有些楼梯形式不适宜在托幼建筑、中小学建筑和儿童经常活动的场所设置，如三跑折角楼梯等梯井较大的楼梯。

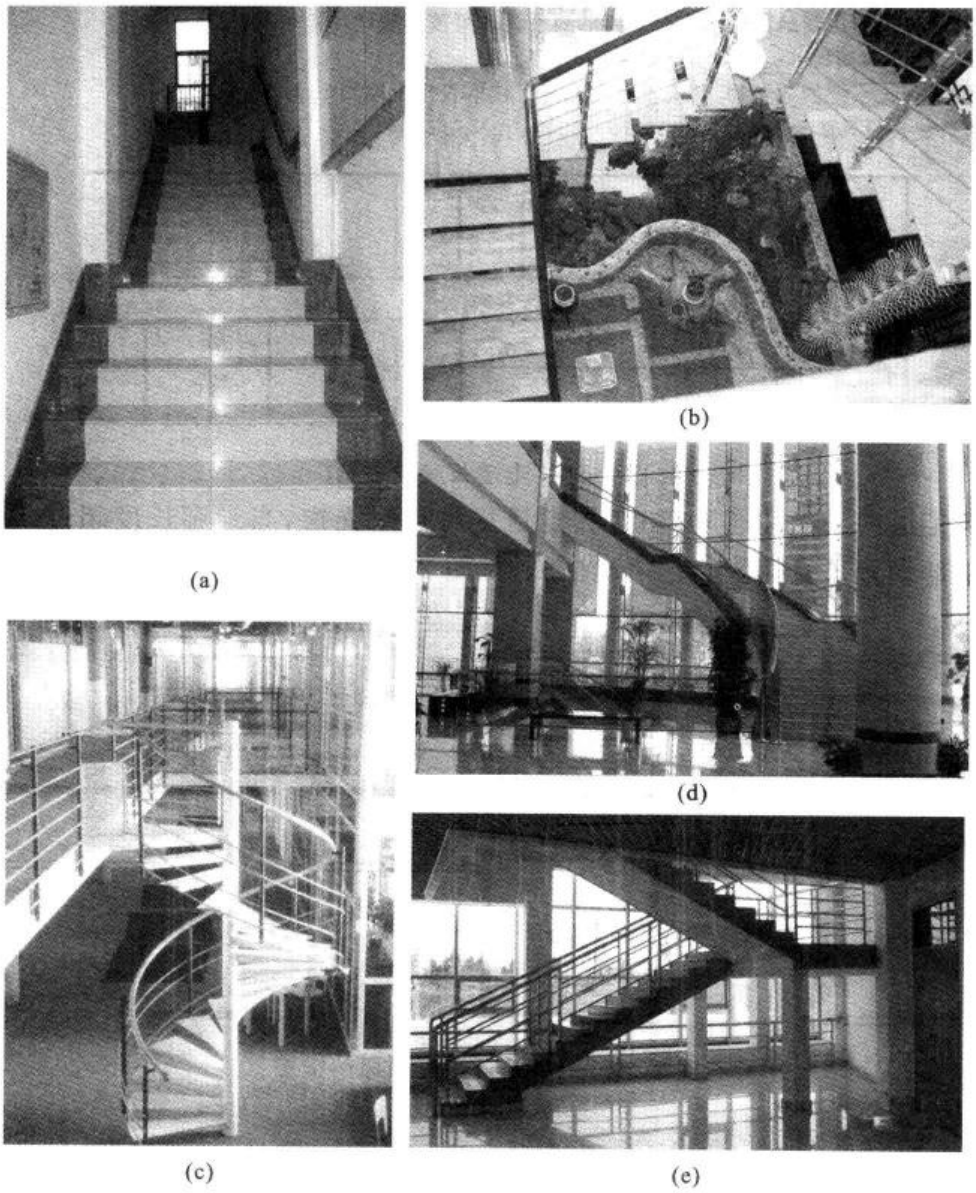


图 2.30　楼梯形式示例

(a) 三跑直楼梯；(b) 三跑折角楼梯；(c) 螺旋楼梯；(d) 三跑弧形楼梯；(e) 双跑平行楼梯

(2) 楼梯梯段宽度和平台深度

梯段宽度是指墙面到扶手中心线或扶手中心线之间的水平距离，它是根据通行人数的多少和建筑防火要求来确定的。当只考虑人的通行时，单人携物通过的梯段净宽度不小于 900 mm，双人通行为 1100～1400 mm，三人通行为 1650～2100 mm，见图 2.31。

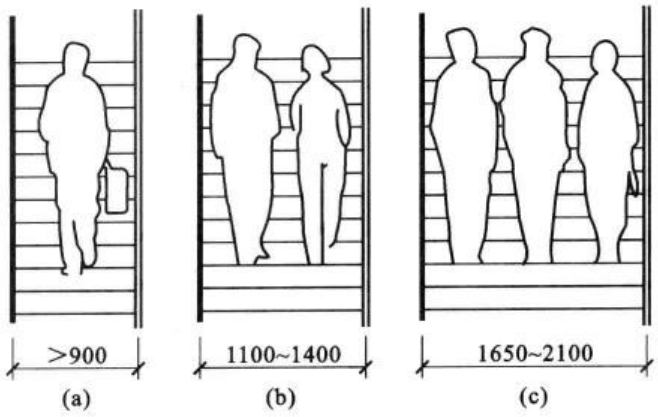


图 2.31　梯段宽度的确定

(a) 单人通行；(b) 双人通行；(c) 三人通行

当考虑到防火疏散的要求，所有梯段宽度的尺寸，均应以防火要求的最小宽度进行校核，表 2.4 中规定了疏散楼梯梯段宽度的最小尺寸，且不得小于 1100 mm。不超过六层的单元式住宅其疏散楼梯净宽不小于 1000 mm。住宅户内楼梯，从节省建筑面积出发，梯段的宽度可小一些，当一边临空时，梯段宽度不应小于 750 mm，当两边有墙时，梯段宽度不应小于 900 mm。高层建筑对疏散楼梯的最小宽度也有限制，如医院病房楼疏散楼梯梯段最小净宽不应小于 1300 mm，居住建筑公共疏散楼梯梯段最小净宽不应小于 1100 mm，其他建筑疏散楼梯梯段最小净宽不应小于 1200 mm。

楼梯平台的深度是指墙面至扶手转向端中心线的水平距离，其深度尺寸应考虑人流通行流畅，避免造成瓶颈现象。按照来去相等的原则，通常不应小于梯段的宽度。当考虑搬运家具的方便，还需适当加深平台。如医院的门诊楼、病房楼的主楼梯和疏散楼梯的平台深度均不应小于 2000 mm。

(3) 楼梯的数量和位置

楼梯在建筑平面中的数量和位置，是建筑平面设计中比较关键的问题，它关系到建筑物中人流交通的组织是否通畅安全，建筑面积的利用是否经济合理。建筑空间的构成，也与楼梯的位置有很大关系。

楼梯的数量主要根据楼层人数多少和建筑防火要求来确定。如教学楼楼梯设计，当梯段宽度按照楼层人数确定之后，就可以将其划分为几个楼梯设置在适当的位置，但不得少于两部楼梯。建筑物中楼梯的位置应满足表 2.5 中防火要求的距离。

对于使用人数少和除医院、疗养院、老年人建筑、幼儿园、托儿所和儿童活动场所以外的二、三层建筑，当符合表 2.6 的要求时，可以只设一个疏散楼梯。

除了满足表 2.6 条件外，一般建筑都需要布置两个或两个以上的楼梯以便于疏散。一些公共建筑，通常在主要出入口处设置一个位置明显的主要楼梯；在次要出入口处，或者建筑转折和交接处，设置次要楼梯供疏散及服务用，见图 2.32。

表 2.6　公共建筑和通廊式非住宅类居住建筑可设置一个疏散楼梯的条件

耐火等级	层数	每层最大建筑面积(m^2)	人　数
一、二级	三层	500	第二层和第三层人数之和不超过 100 人
三级	三层	200	第二层和第三层人数之和不超过 50 人
四级	二层	200	第二层人数不超过 30 人

注：摘自《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)第 5.3.2 条。

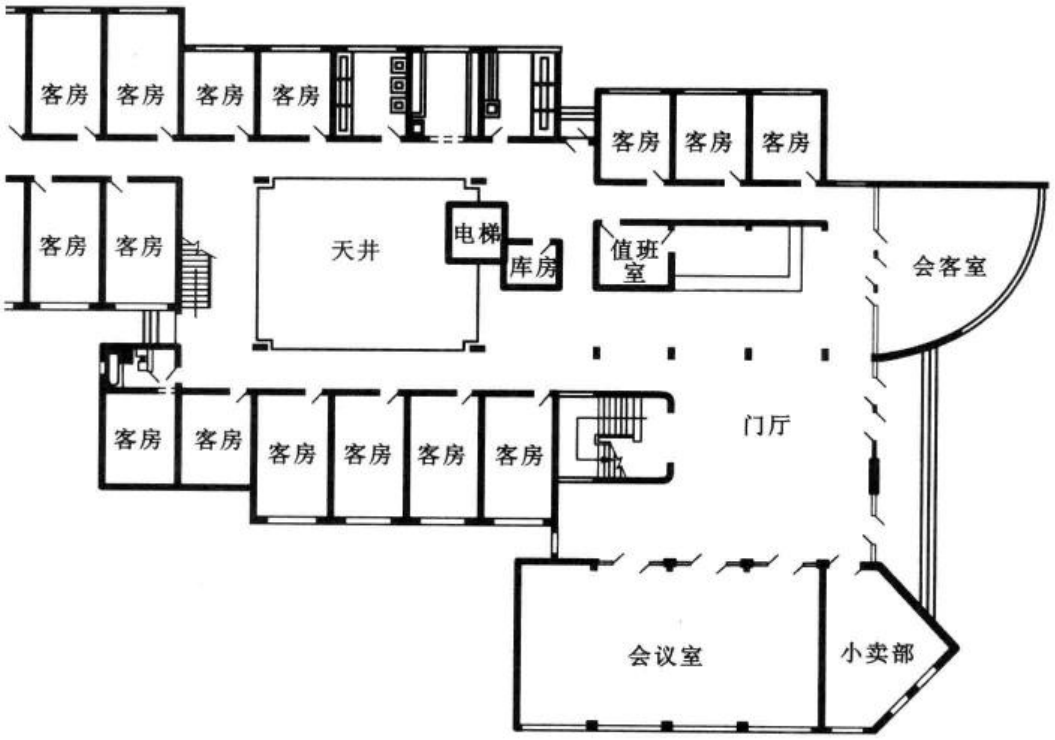


图 2.32　某旅馆一层平面图

(4) 疏散楼梯间的形式

疏散楼梯间的形式有封闭楼梯间和防烟楼梯间两种。

封闭楼梯间是指在楼梯楼层平台与走道或楼层的连接处，用防火门将其隔开，能防止烟雾和热气进入楼梯间内，从而起到一定的防火作用的楼梯间。

防烟楼梯间是指在楼梯间入口处设有防烟前室、阳台或凹廊等，将烟雾和热气阻挡在楼梯间外，使得楼梯间内无烟雾存留，减少人们的恐慌心理，使人们可以迅速安全疏散的楼梯间。防烟前室里一般设有通风井，采用自然排烟或机械加压排烟；而阳台和凹廊正对室外，烟雾直接排向室外，一般不会进入楼梯间，起到了防烟作用，见图 2.33。

公共建筑中的医院和疗养院的病房楼、旅馆、超过两层的商店等人员密集的场所、设有歌舞娱乐放映游艺场所且建筑层数超过两层的建筑、超过五层的其他公共建筑均应设置封闭楼梯间。超过两层以上的通廊式居住建筑、建筑层数超过六层的其他居住建筑应设置封闭楼梯间。

封闭楼梯间应靠外墙设置，以保证良好的采光和自然通风，楼梯间内不应设置妨碍疏散的凸出物、不应敷设可燃物管道。要求较高的楼梯间门可采用乙级防火门并向疏散方

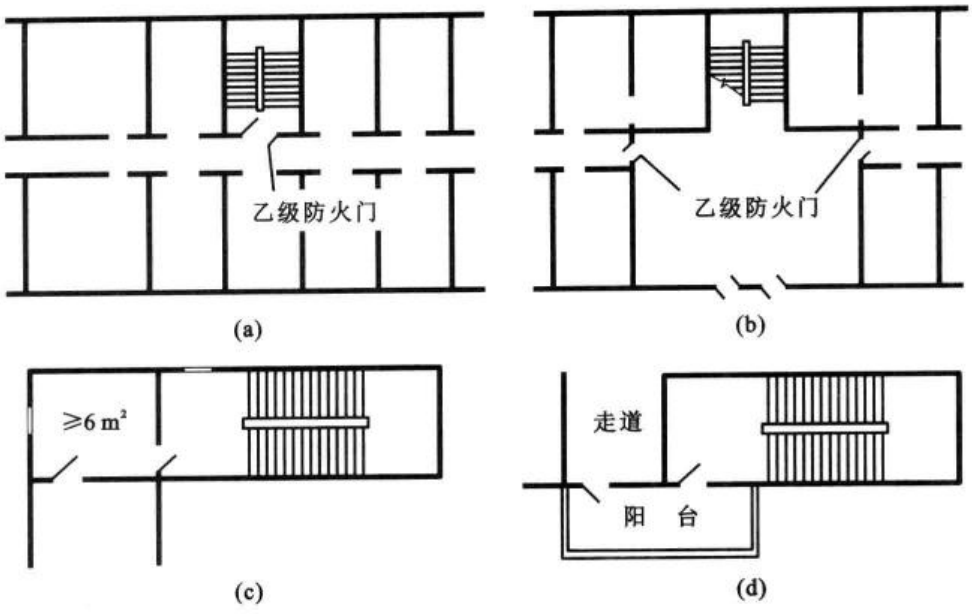


图 2.33 封闭楼梯间和防烟楼梯间

(a) 封闭楼梯间;(b) 底层扩大封闭楼梯间;(c) 带前室防烟楼梯间;(d) 带阳台防烟楼梯间

向开启。一般建筑采用双向弹簧门。楼梯间的一层可以将门厅和走道包含其中,形成扩大封闭楼梯间,见图 2.33(b)。

一类高层建筑、建筑高度超过 32 m 的二类高层建筑及塔式住宅应设置防烟楼梯间,超过 18 层的单元式住宅、超过 11 层的通廊式住宅应设置防烟楼梯间。

防烟楼梯间应靠外墙设置,并应有良好的采光和自然通风,若不能满足,则应设置防排烟措施。防烟前室一般不小于 6 m^2,用于居住建筑时不小于 4.5 m^2;也可与电梯间合用前室,面积不小于 10 m^2,居住建筑则不小于 6 m^2。前室门及前室通向楼梯间的门均应设乙级防火门,并应向疏散方向开启。

2.3.3 电梯、自动扶梯、坡道

建筑垂直交通联系部分除楼梯外,还有坡道、电梯和自动扶梯等。一些人流大量集中的公共建筑,如大型体育馆常在人流疏散集中的地方设置坡道,以利于安全和快速地疏散人流;一些医院为了病人上下和手推车通行的方便也可采用坡道。电梯通常使用在多层或高层建筑中,如旅馆、办公楼、高层住宅楼等;一些有特殊使用要求的建筑,如医院、商场等也常采用。自动扶梯具有连续不断地承载大量人流的特点,因而适用于具有频繁而连续人流的大型公共建筑中,如商业中心、展览馆、游乐场、火车站、地铁站、航空港等建筑物中。

(1) 电梯

高层建筑的主要交通工具是电梯,有些高标准的饭店、宾馆、办公楼也设置电梯与楼梯共同使用。高度超过 32 m 的公共建筑还需设消防电梯。办公建筑超过四层、集体宿舍达到七层或居室最高入口层楼面距室外设计地面的高度超过 21 m、住宅层数达到七层或顶层住户入户楼面距室外设计地面的高度超过 16 m 时,就必须设置电梯。12 层以上的高层住宅,每幢楼设置电梯不少于两台,其中有一台必须是消防电梯。

电梯应设置在主要入口人流较集中的位置,导向性应明确,以使人们能很容易地找到

电梯所在地方。电梯前面应有足够的等候空间，候梯厅宽度应不小于轿厢深度，当走道与候梯厅相连时，不应将走道代替候梯厅。候梯厅应有良好的采光和通风。

电梯附近应设置楼梯，形成一个交通枢纽，当电梯因故停运时，人们可从楼梯上下，如遇紧急情况，人们可以很方便地在电梯附近找到疏散出口。

电梯的布置一般有单面式和对面式，见图 2.34。

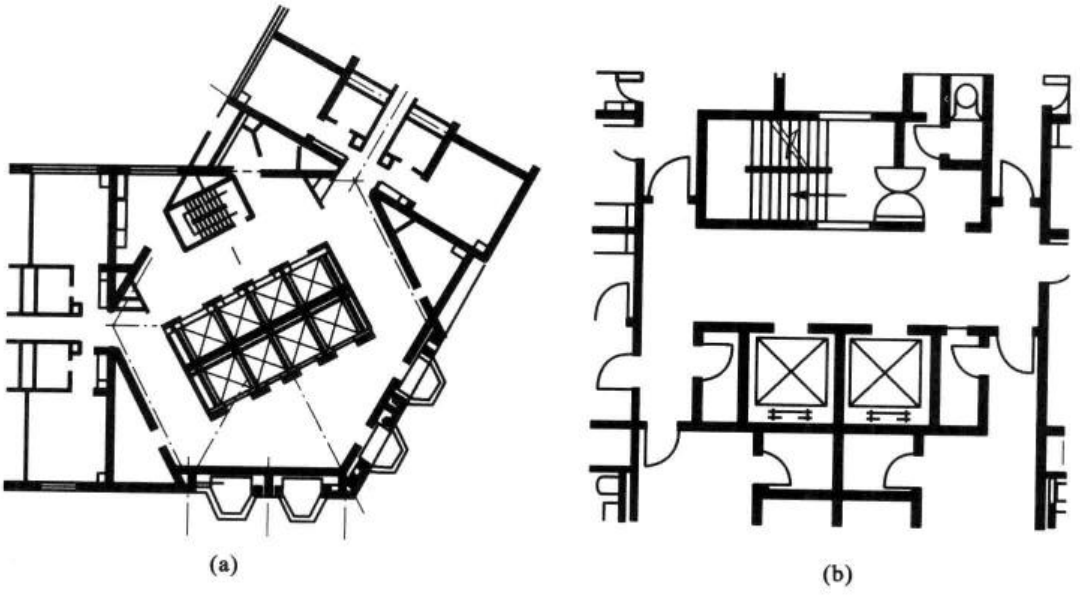


图 2.34　电梯间和楼梯间的布置

(a) 某宾馆楼、电梯间；(b) 某高层住宅楼、电梯间

(2) 自动扶梯

自动扶梯由于运送人员量大，且安全舒适，在火车站、客运站、商场等人流量大的场所均有设置。自动扶梯的宽度有 600 mm 和 1000 mm 两种，前者每小时运送 5000 人，后者每小时运送 8000 人。自动扶梯的运行速度有 0.5 m/s 和 0.65 m/s 两种。自动扶梯应设在主要入口处，便于引导人流。

(3) 坡道

坡道由于坡度较平缓，一般不大于 1∶8，其特点是行走舒适，但占地面积较大。若用于室内，一般设在超市、医院、疗养院、老年人建筑、托幼建筑内。用于残疾人时，坡道坡度不应大于 1∶12。

2.3.4　门厅、过厅和出入口

(1) 门厅

门厅作为建筑交通系统的枢纽，其主要作用是接纳、分配人流；过渡室内外空间及衔接过道、楼梯等交通。同时，根据建筑物使用性质不同，门厅还兼有其他功能，如医院门厅常设挂号、收费、取药的房间，旅馆门厅兼有接待、登记、休息、会客、小卖等功能。除此以外，门厅作为建筑物的主要出入口，其不同空间处理可体现出不同的意境和形象，如庄严、雄伟与小巧、亲切等不同气氛。因此，门厅是民用建筑设计中需要重点处理的部分。

门厅的布局可分为对称式与非对称式两种。对称式的布置常采用轴线对称的方法表示空

间的方向感，将楼梯布置在主轴线上或对称布置在主轴线两侧，具有严肃的气氛，见图 2.35。

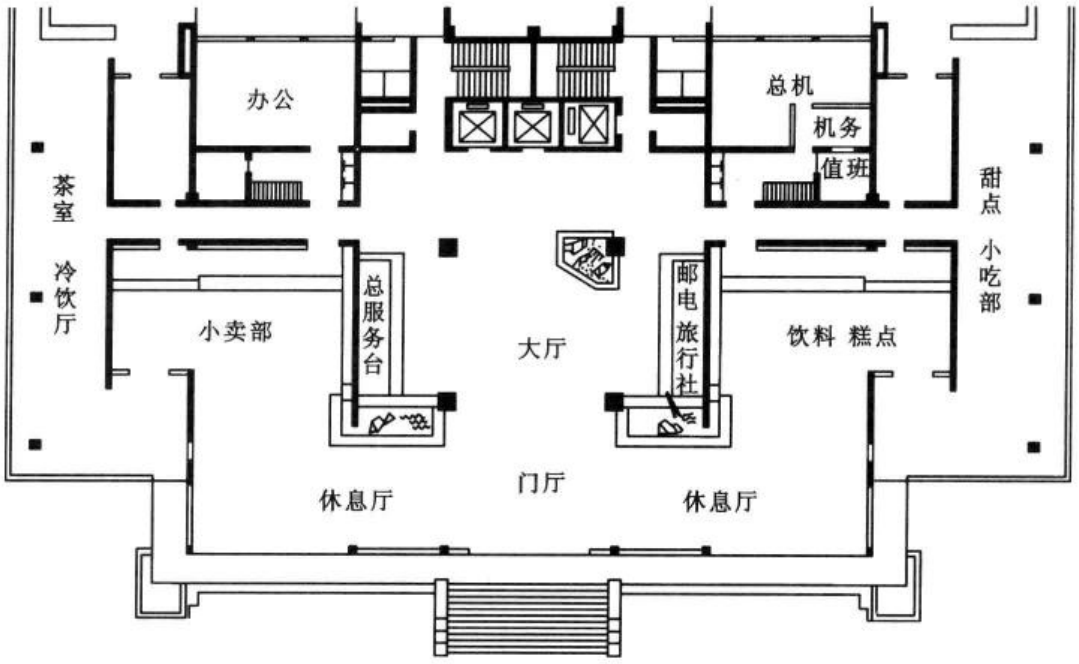


图 2.35　对称式门厅示例

非对称式门厅布置没有明显的轴线，布置灵活，楼梯可根据人流交通布置在大厅中任意位置，室内空间富有变化。在建筑设计中，常根据地形条件、布局特点、功能要求、建筑风格等各种因素的影响来决定采用对称式门厅或非对称式门厅，见图 2.36。

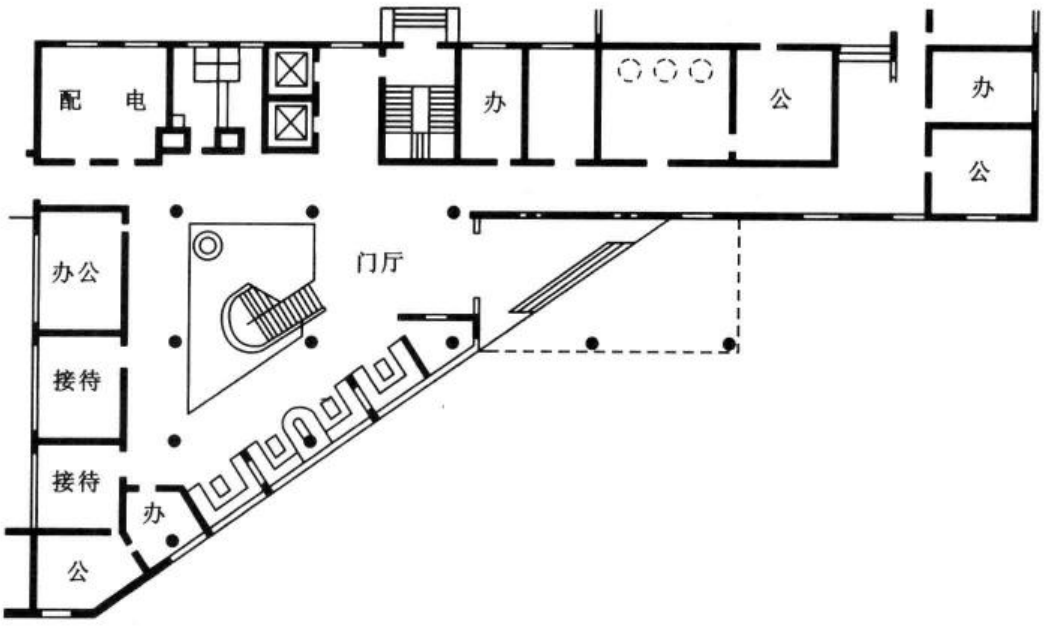


图 2.36　不对称门厅示例

设计门厅时应注意以下几方面的问题：

① 门厅面积应根据建筑物的使用性质、规模及标准等因素来确定，设计时可参考有关面积定额指标（见表 2.7）；

表 2.7　部分建筑门厅面积设计参考指标

建筑名称	面积定额	备　注
中小学校	0.06～0.08 m^2/人	
食堂	0.08～0.18 m^2/每座	包括洗手、小卖
城市综合医院	11 m^2/每日百人次	包括衣帽和询问
旅馆	0.2～0.5 m^2/床	
电影院	0.13 m^2/每个观众	

② 门厅对外出入口的总宽度，按防火规范的要求不得小于通向该门厅的楼梯、过道宽度的总和，外门的开启方向一般宜向外或采用双向弹簧门；

③ 门厅内部设计要有明确的导向性，使人进入门厅后能比较容易地找到走道和楼梯口，同时交通流线组织明确便捷，尽量减少交叉干扰(见图 2.37)；

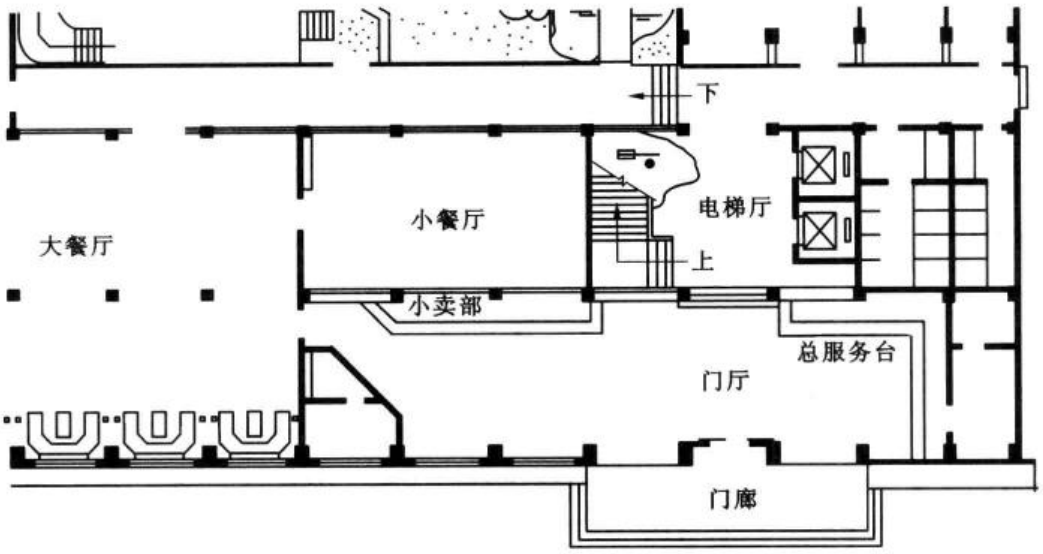


图 2.37　门厅交通流线组织示意图

④ 门厅是人们进入建筑物首先到达并经常停留的地方，因而还应注意厅内的空间组合和建筑造型要求。

(2) 过厅

过厅是建筑物各楼层的交通枢纽，通常设置在走道和走道之间，或走道和楼梯的连接处，它起到交通人流缓冲及交通路线转折与过渡的作用。有时为了改善走道的采光、通风条件，也可以在走道的中部设置过厅。图 2.38 为某办公楼和某宾馆标准层过厅示例。

(3) 出入口

出入口是建筑物室内外的过渡空间，同时又是建筑物重点处理的地方，以满足建筑美观要求。出入口的位置应设在建筑物较为明显的部位，应面向主干道，便于出入。出入口内与门厅相连，外部应设置平台、台阶、坡道、雨篷等，以防止风沙、雨雪的侵袭(见图 2.39)。

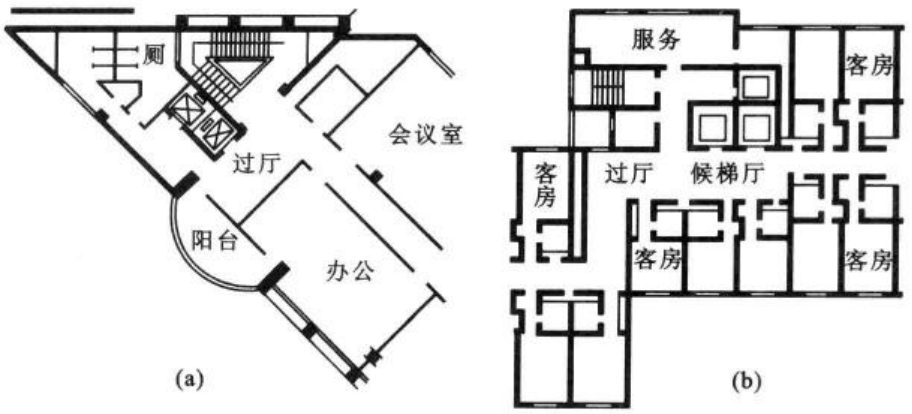


图 2.38　过厅示例

(a) 某办公楼标准层;(b) 某宾馆标准层

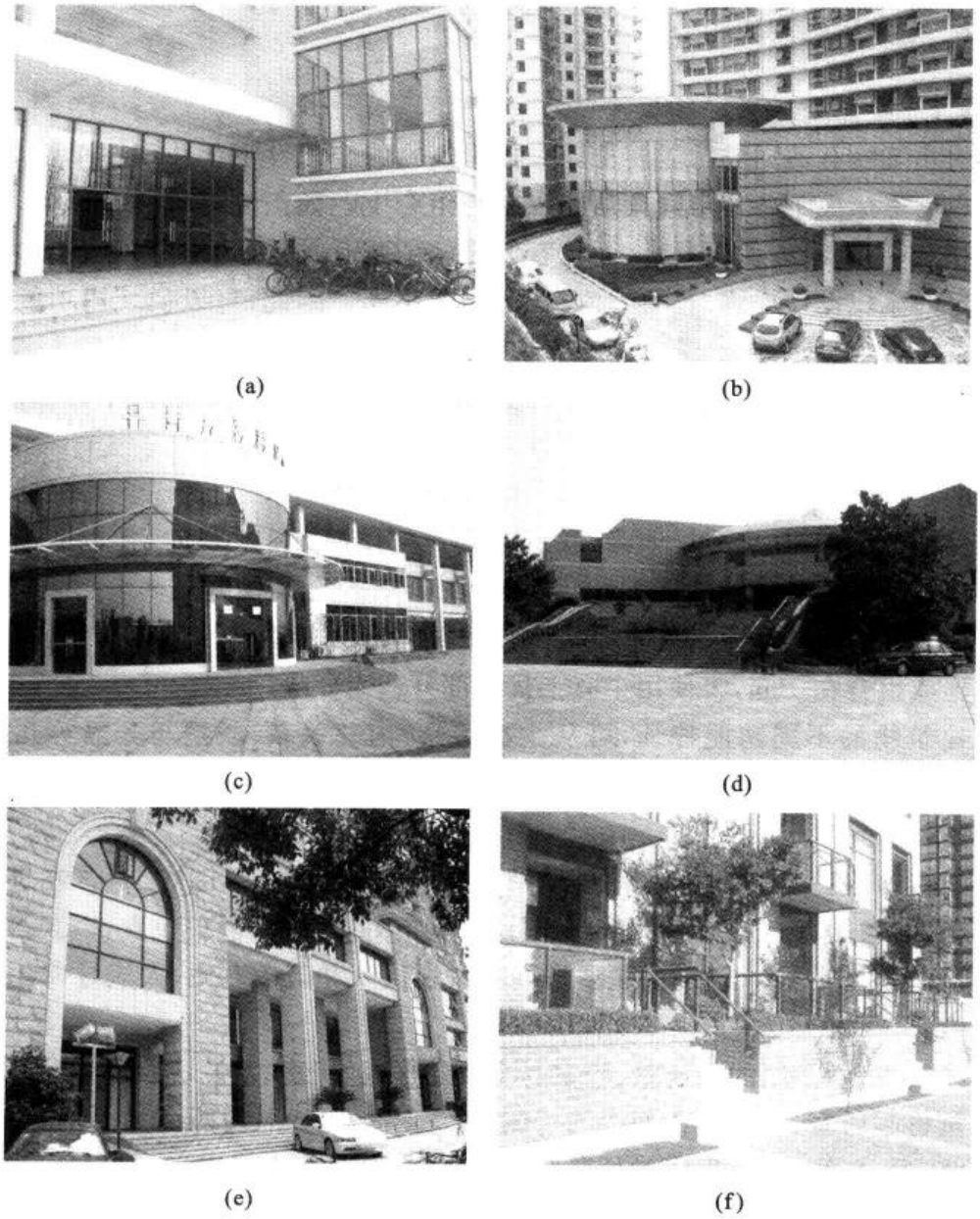


图 2.39　建筑出入口示例

(a) 某教学楼入口;(b) 某办公建筑入口;(c) 某文化建筑入口;(d) 某展览建筑入口;(e) 某商业建筑入口;(f) 某住宅入口

2.4 建筑平面组合设计

建筑物一般是由若干房间和交通部分组合而成。建筑平面的组合，实际上是建筑空间在水平方向的组合，即确定水平方向的建筑物内外空间和建筑形体。建筑平面组合设计的主要任务是：根据建筑物的使用和卫生等要求，合理安排建筑物各组成部分的位置，并确定它们的相互关系；组织好建筑物内部以及内外之间方便和安全的交通联系；考虑结构布置、施工方法和所用材料的合理性，掌握建筑标准，注意美观要求；符合总体规划的要求，密切结合基地环境等平面组合的外在条件，注意节约用地和环境保护等问题。在平面组合中，要反复思考，不断调整修改，使平面设计趋于完善。

2.4.1 建筑平面的功能分析

2.4.1.1 功能分区

不同的建筑物有不同的功能要求。一幢建筑物的合理性不仅体现在单个房间上，而且在很大程度上取决于各种房间按功能要求的组合上。如医院建筑的设计中，不仅应该满足各诊疗室、办公室的使用要求，而且它们之间的相互关系、走道、门厅、楼梯的布置都应遵循一定的流线设计规律，避免人流交叉、使用不便。因此，可以说使用功能是平面组合的核心。

平面组合的优劣主要体现在合理的功能分区及明确的流线组织两个方面。当然，采光、通风、朝向等要求也应予以足够的重视。

合理的功能分区是将建筑物若干部分按不同的功能要求进行分类，并根据它们之间的密切程度加以划分，使之分区明确，联系方便。在分析功能关系时，常借助于功能分析图来形象地表示各类建筑的功能关系及联系顺序。功能分析图是用来表示建筑物的各个使用部分以及相互之间联系的简单分析图。按照功能分析图将性质相同、联系密切的房间邻近布置或组合在一起，将使用中有干扰的部分适当分隔。

按照建筑物的不同功能特征，可从主次关系、内外关系、联系与分隔等几方面加以分析。

(1) 主次关系

组成建筑物的各个房间，按使用性质及重要性，必然存在着主次之分。在进行平面组合时，根据它的功能特点，通常将主要房间设在朝向好，比较安静的位置，以获得较好的日照、采光、通风条件。公共活动的主要房间应设在出入和疏散方便，人流导向比较明确的位置。

住宅建筑中，生活用的起居室、卧室是主要的房间，厨房、浴厕、储藏室等属次要房间。设计时尽量将起居室、卧室放在朝南的一侧，采光、通风、日照均能满足要求。卫生间、厨房放在朝北、西、东侧，这些房间对日照要求不高，但要求有天然采光和自然通风。餐厅可以间接采光，但应有自然通风。储藏室对采光通风要求不高。住宅功能分析图见图 2.40。另外，商业建筑中的营业厅、中小学的教室、实验室、医院里的门诊间、病房等都属于主要房间，设计时应考虑房间布置的要求。

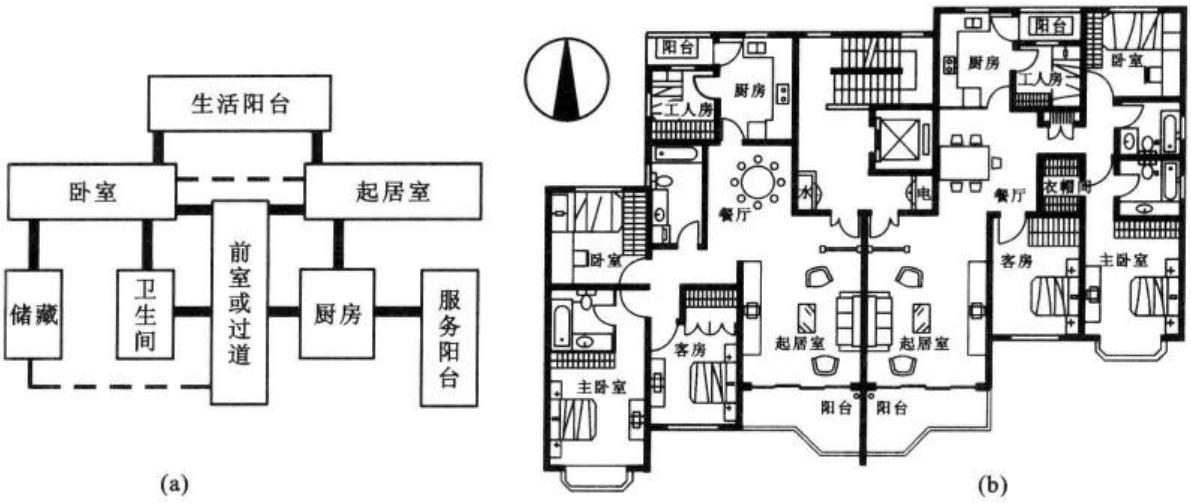


图 2.40　住宅房间的主次关系

(a) 住宅功能分析图；(b) 住宅平面图

(2) 内外关系

在各种使用空间中，有的部分对外性强，直接为公众使用；有的部分对内性强，主要是内部工作人员。按照人流活动的特点，将对外性较强的部分尽量布置在交通枢纽附近，将对内性较强的部分布置在较隐蔽的部位，并使之靠近内部交通区域。如餐饮建筑中的餐厅是对外的，人流量大，应布置在交通方便、位置明显处，而将厨房、库房、办公等管理用房布置在后部次要入口处，图 2.41 所示为平面组合中房间的内外关系。

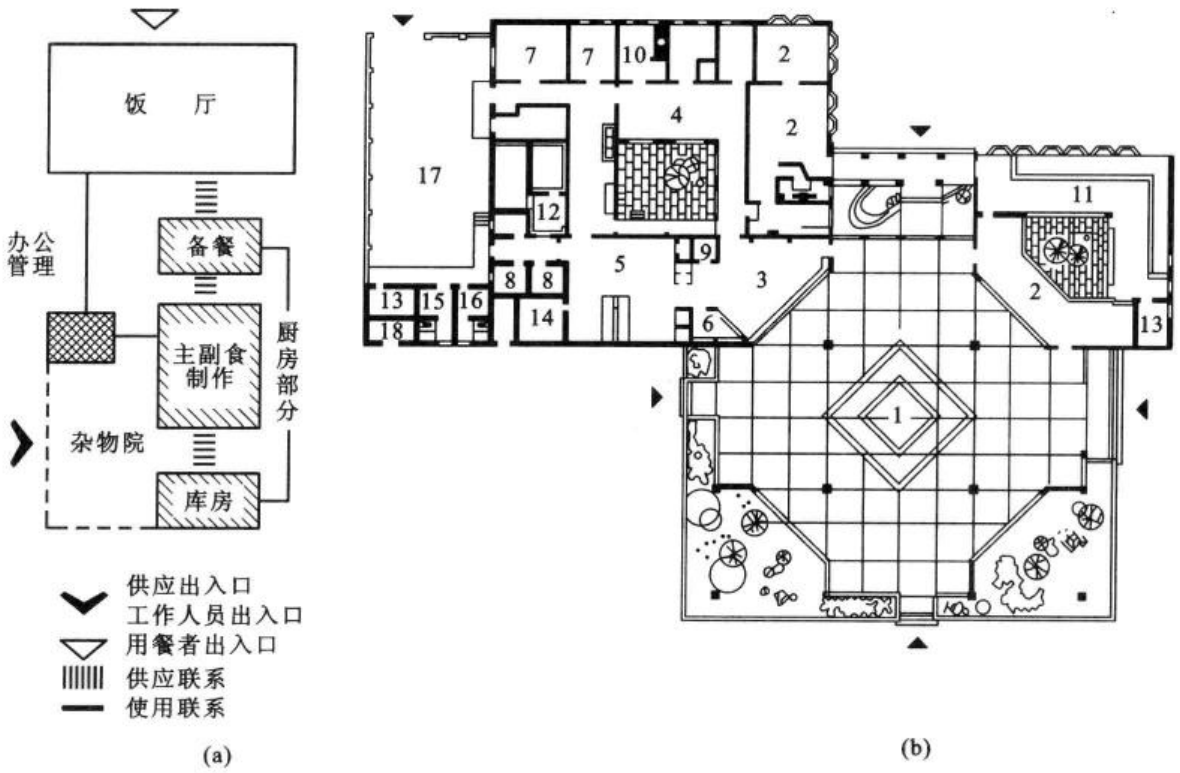


图 2.41　餐饮建筑的内外关系

(a) 食堂功能分析图；(b) 某开发区职工食堂

1—餐厅；2—小餐厅；3—备餐；4—主食加工；5—副食加工；6—调料库；7—主食库；8—副食库；9—餐具；10—洗消中心；11—小卖部；12—冷库；13—值班室；14—办公室；15—男更衣室；16—女更衣室；17—内院；18——配电室

(3) 联系与分隔

在分析建筑物的功能关系时，常根据房间的使用性质将建筑空间分为“动区”与“静区”、“干区”与“湿区”等，这样可使不同的功能区既有分隔互不干扰，又有适当的联系。如教学楼中的普通教室和音乐教室同属教室，但它们动静有别，为防止声音干扰，必须适当隔开；教室和办公室之间要求联系方便，但为了避免学生影响教师的工作，也需适当分隔。因此，教学楼平面组合设计中，对以上 3 个不同要求部分的联系与分隔处理，是功能组合的关键所在，见图 2.42。

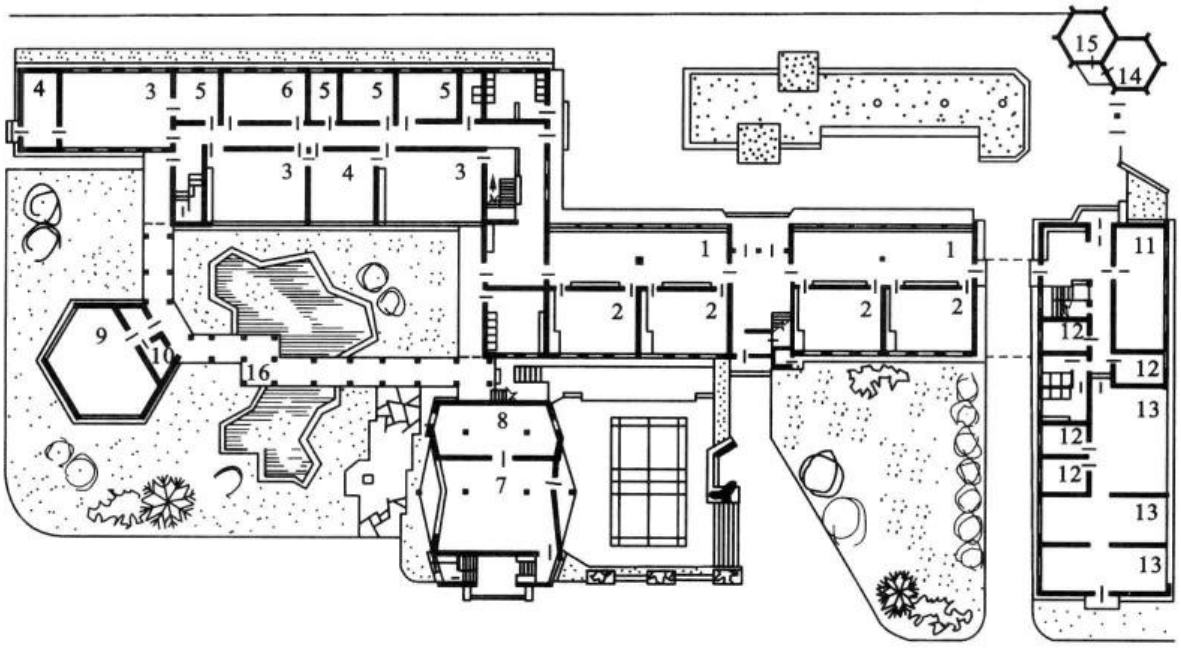


图 2.42　某中学教学楼底层平面

1—展厅；2—普通教室；3—实验室；4—准备室；5—教研室；
6—科技活动室；7—阅览室；8—书库；9—音乐教室；10—乐器室；
11—排练室；12—办公室；13—车库；14—传达室；15—收发室；16—连廊

2.4.1.2　交通流线组织

各类民用建筑，因使用性质不同，往往存在着多种流线，总体上分为人流和货流两类。建筑物的流线组织，主要是通过房间位置的安排以及组织一定方式的交通路线来实现。流线组织的目的就是要使各种流线简捷通畅，不迂回逆行，尽量避免相互交叉。如展览馆建筑，各展室常常是按人流参观路线的顺序连接起来；医院建筑，是按照病人就诊的顺序布置房间，见图 2.43。火车站建筑有旅客进站流线、出站流线、行包线共三条大的流线，设计时应按此组织交通路线。如旅客路线按先后顺序为到站→问讯→售票→候车→检票→上车，出站时经由站台验票出站，见图 2.44。

2.4.2　平面组合方式

建筑物的平面组合，是考虑房屋设计中内外多方面因素，反复推敲的结果。建筑功能分析和交通流线的组织，是形成各种平面组合方式内在的主要根据。不同的建筑物有不同的功能要求。一幢建筑物的合理性不仅体现在单个房间上，而且在很大程度上还取决

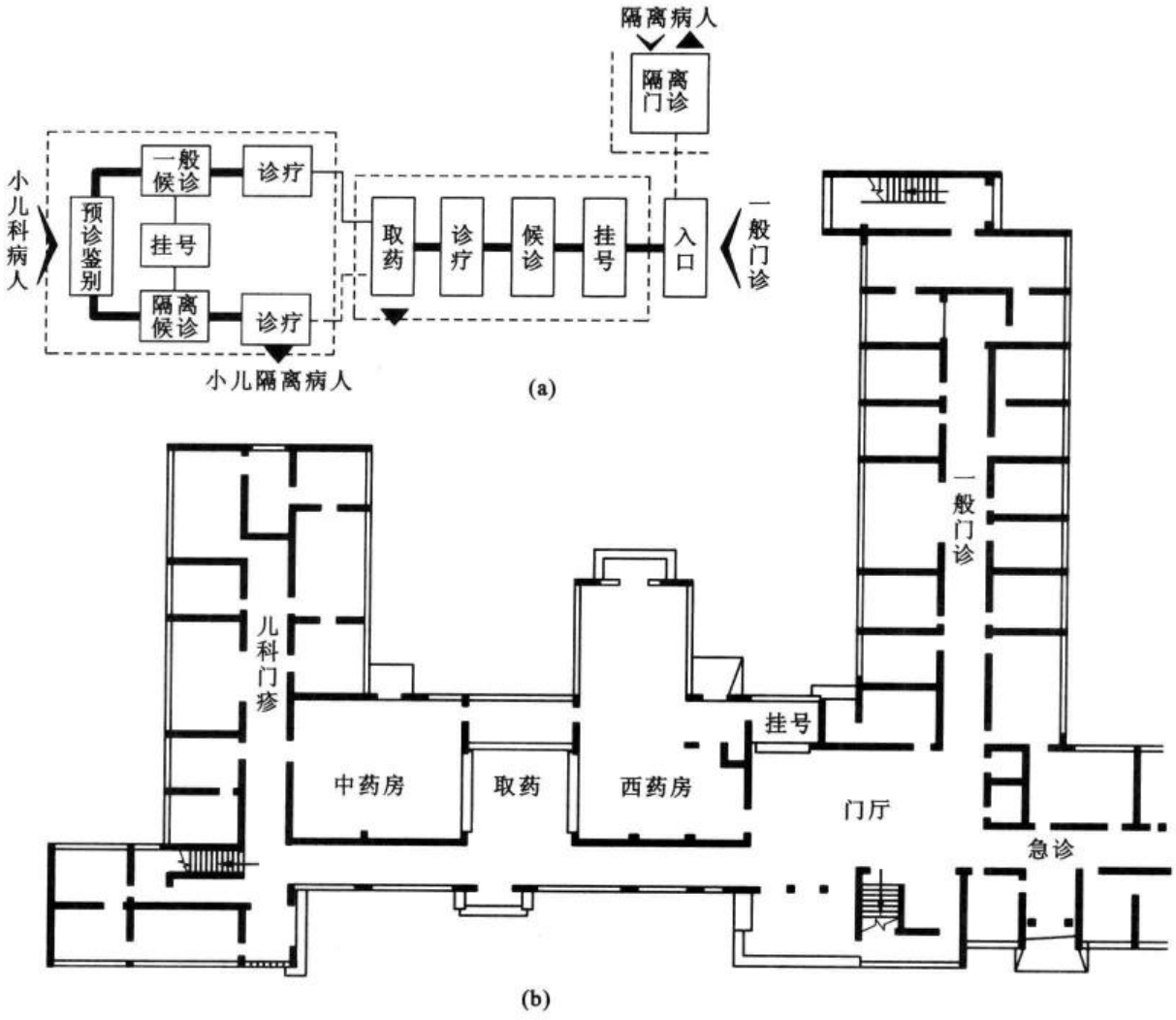


图 2.43　医院门诊交通流线组织

(a) 门诊部流线分析；(b) 某医院门诊大楼平面

于所选择的平面组合方式。

归纳起来，建筑平面组合方式有走廊式、套间式、大厅式、单元式和混合式等。

2.4.2.1　走廊式

走廊式组合是通过走廊联系各使用房间的组合方式，其特点是把使用空间和交通联系空间明确分开，以保持各房间的安静和不受干扰。这种形式广泛应用于大量性的民用建筑中，特别适用于房间面积不大、房间之间互不穿套、依靠走廊来实现相互联系、同类房间多次重复的建筑物。

走廊式按走廊所处位置不同有外廊式和内廊式之分。

外廊式组合是指在走廊的一侧布置房间，能让所有房间都有良好的采光通风和日照，但交通面积比较浪费，一般用于教学楼、办公楼、集体宿舍、小型旅馆等。根据所处区域的气候条件，南方一般做成开敞外廊，便于通风；而北方为了保温，一般做成封闭式外廊。

内廊式组合是在走廊两侧均布置房间，节省交通面积，平面比较紧凑，加大进深后可节约土地，是一种采用较广泛的组合方式，但这种布置方式使得一半的房间采光通风条件相对较差，设计时应注意将次要房间放在采光通风较差的一面。对于宿舍、办公楼来说，

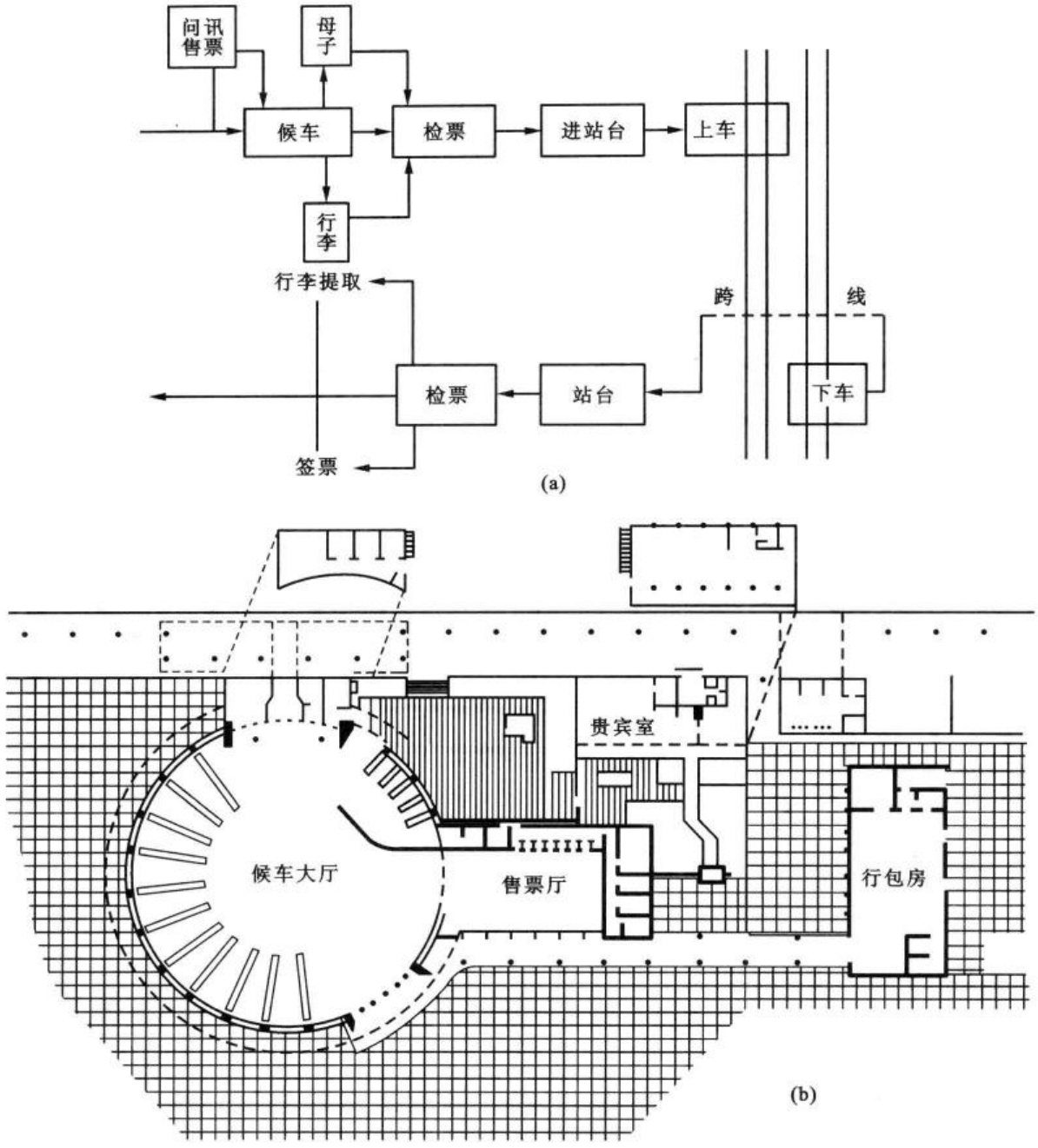


图 2.44　火车站交通流线组织

(a) 小型火车站流线分析；(b) 某火车站一层平面

朝南的方向是好朝向，但对于教学楼来说，朝北的房间却是好朝向，因为教室需要稳定的光照条件，所以教室通常布置在北侧，如果是单外廊，则将走廊布置在南侧，见图 2.45。

双内廊组合可充分利用土地，减少交通面积，对朝向要求不太高。如大型旅馆，为了观看风景，将客房均布置在外墙一侧，在内部，利用双内廊布置楼梯、电梯和其他辅助用房等。医院病房楼可将病房设在靠外墙处，有良好的采光和通风，护士站设在两条内廊中间，兼顾两边的病房，见图 2.46。

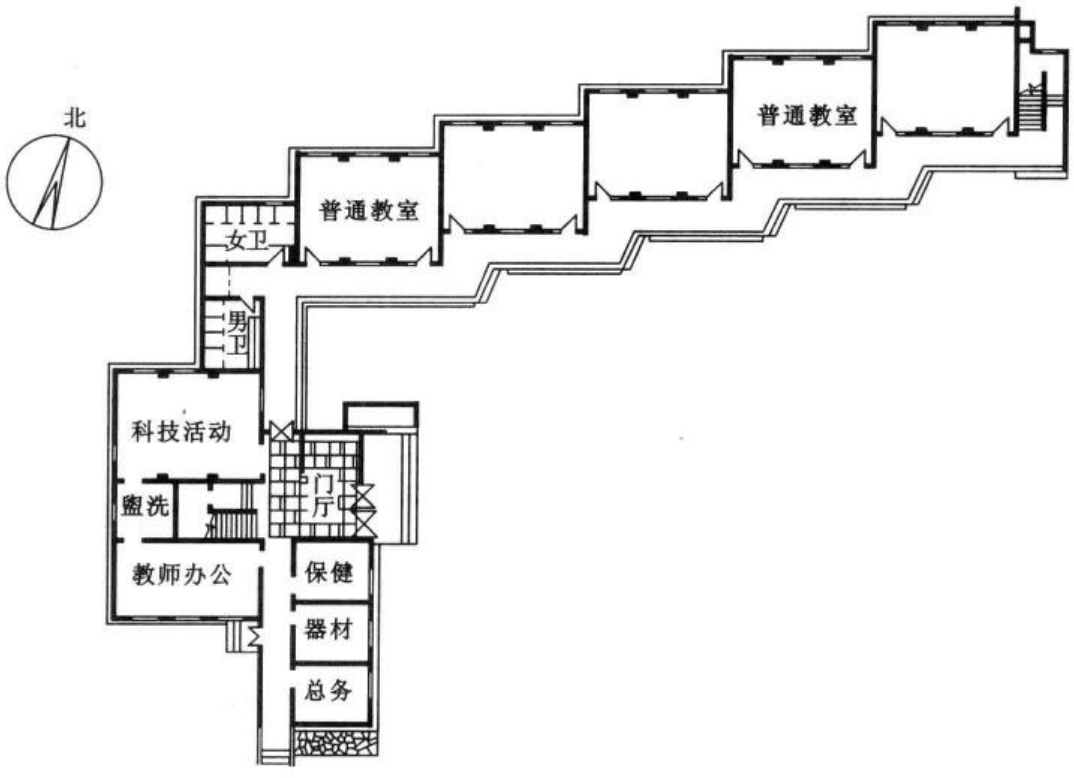


图 2.45　某小学教学楼

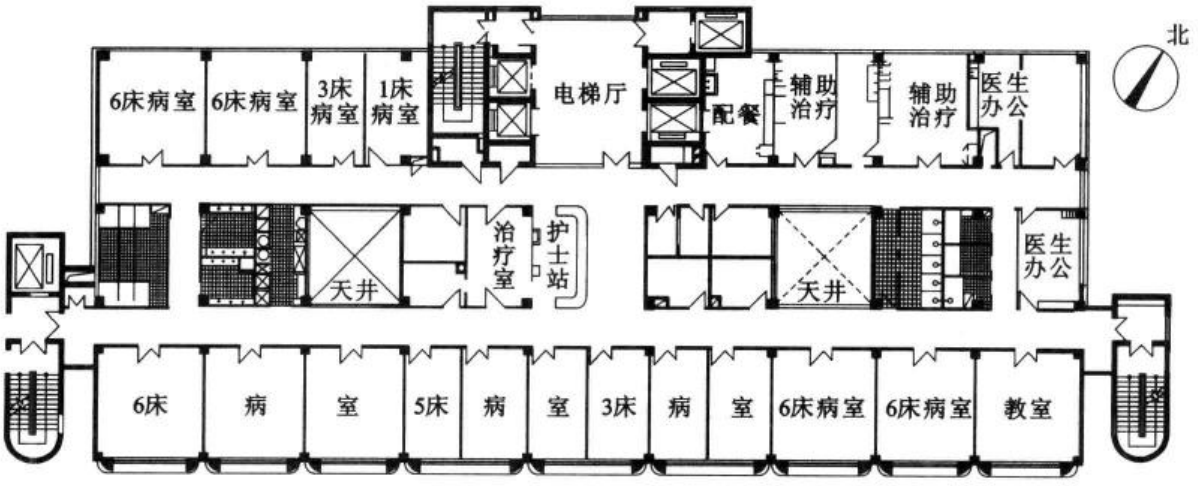


图 2.46　某医院病房楼

2.4.2.2　套间式

套间式组合是用穿套的方式按一定的序列组织空间。将各使用房间直接穿套，平面联系紧密，交通面积和使用面积结合，适用于连续性较强，有一定使用顺序的建筑物，如火车站(见图 2.44)、展览馆(见图 2.47)、住宅(见图 2.48)等建筑类型。套间式组合按其空间序列的不同又可分为串联式和放射式两种。

串联式是按一定的顺序关系将房间连接起来，如小型的展览馆，人们从一个房间到另一个房间，按照规定的路线进行参观游览。放射式则将各房间围绕交通枢纽呈放射状布置，如大型展览馆，人们从交通大厅到各个展览部分进行参观，可避免参观路线太长。缺点是交通大厅人流比较集中。

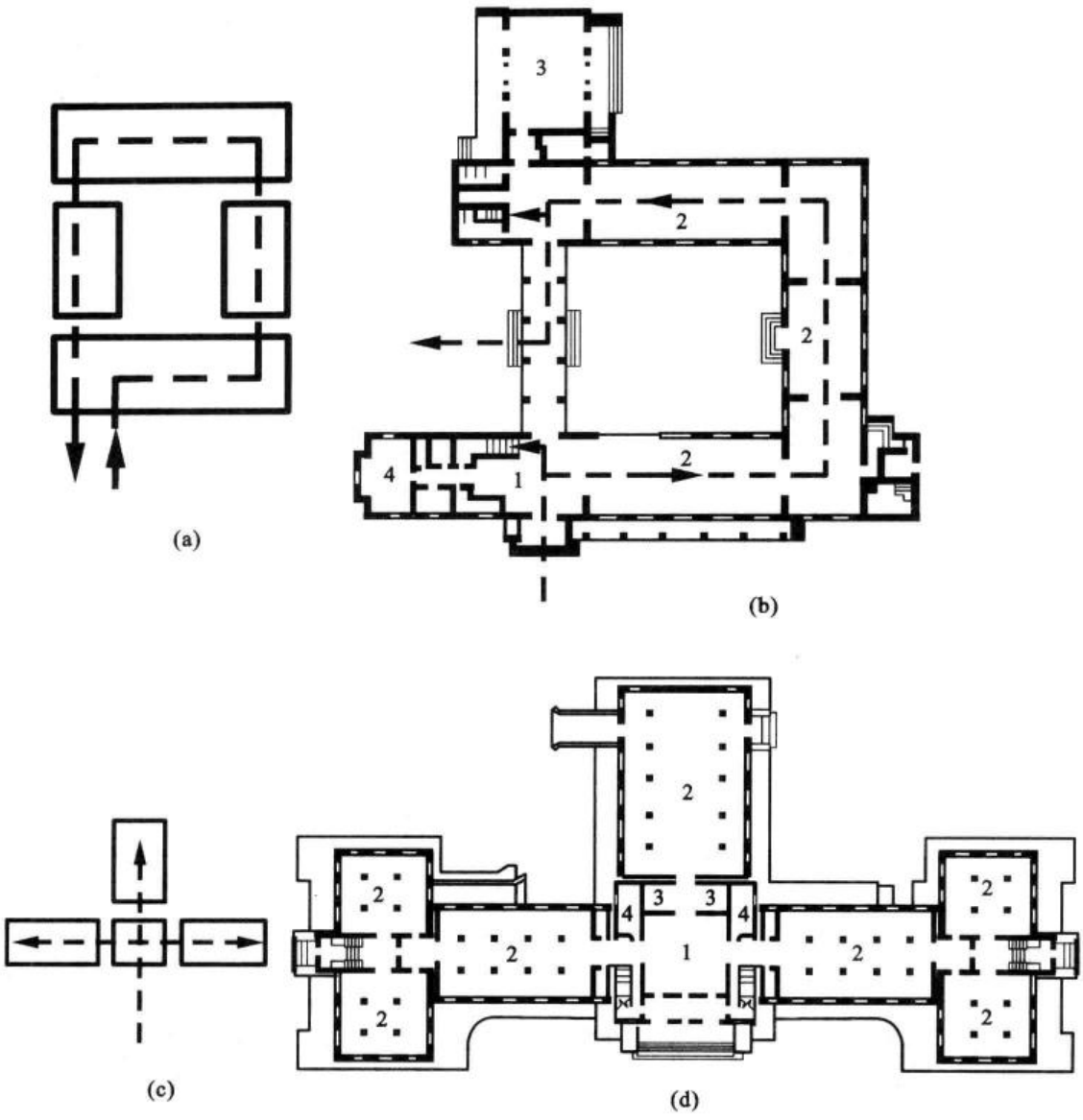


图 2.47　套间式组合示例

(a) 串联式空间组合；(b) 绍兴鲁迅陈列馆平面图：1—门厅，2—陈列室，3—讲演厅，4—办公室；
(c) 放射式空间组合；(d) 北京自然博物馆平面图：1—门厅，2—展厅，3—衣帽间，4—厕所

2.4.2.3　大厅式

大厅式组合是以公共活动的大空间为中心，辅助房间围绕大空间布置。大厅式平面组合中交通流线的设计尤为重要，应使道路通畅，导向明确，而且应合理选择结构形式，适用于音乐厅[图 2.49(a)]、体育馆[图 2.49(b)]、影剧院、大礼堂等建筑。

2.4.2.4　单元式

将关系密切的房间组合在一起成为一个相对独立的整体，称为单元。将一种或多种单元在水平方向或垂直方向重复组合起来，称为单元式组合。单元式组合的优点是平面布置紧凑，单元与单元之间相对独立，互不干扰。此外，单元式组合布局灵活，能适应不同的地形，形成多种不同的组合平面，因此，广泛用于大量的民用建筑，如住宅、学校、医院等。

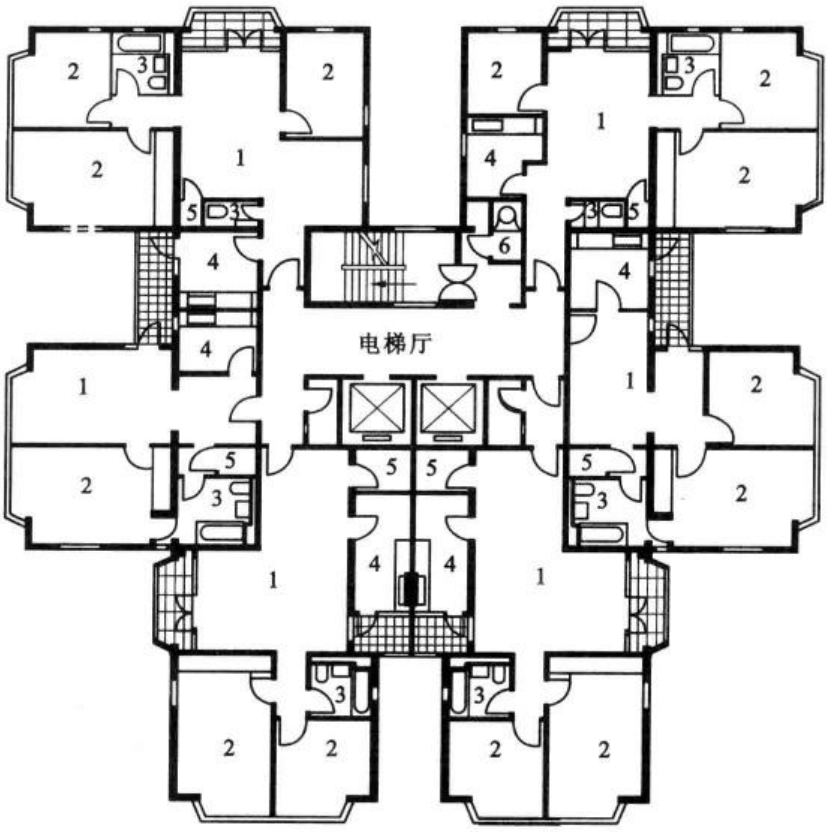
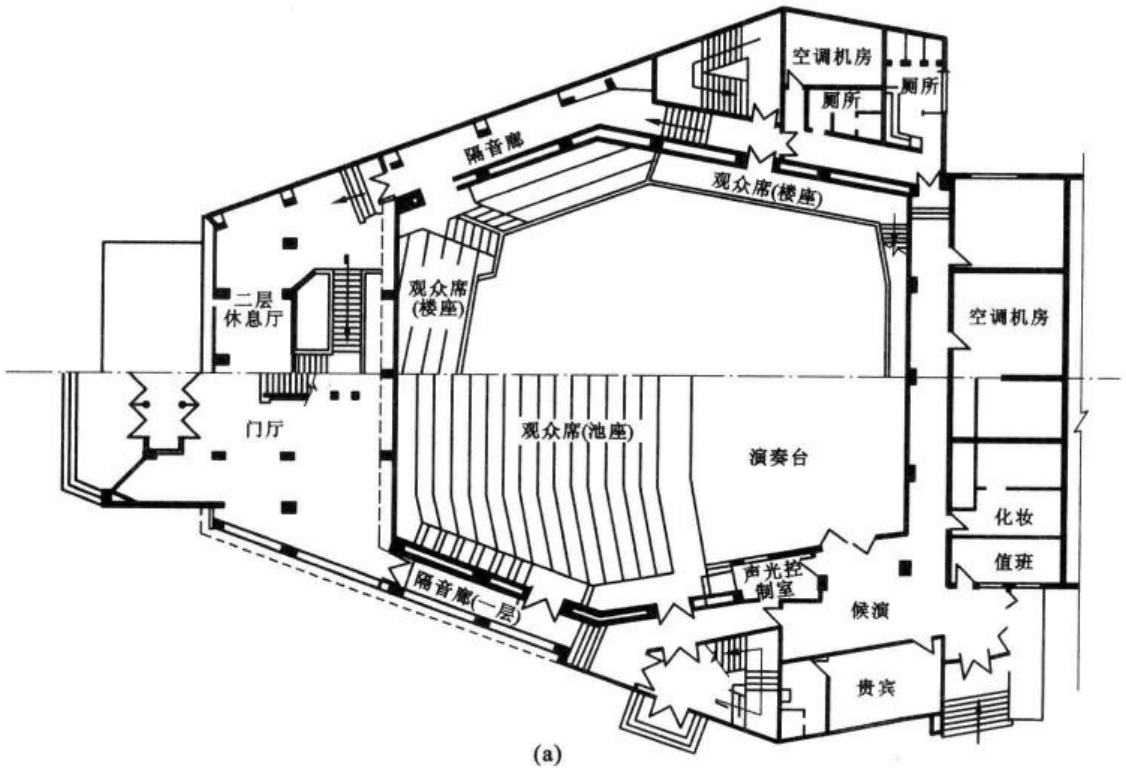


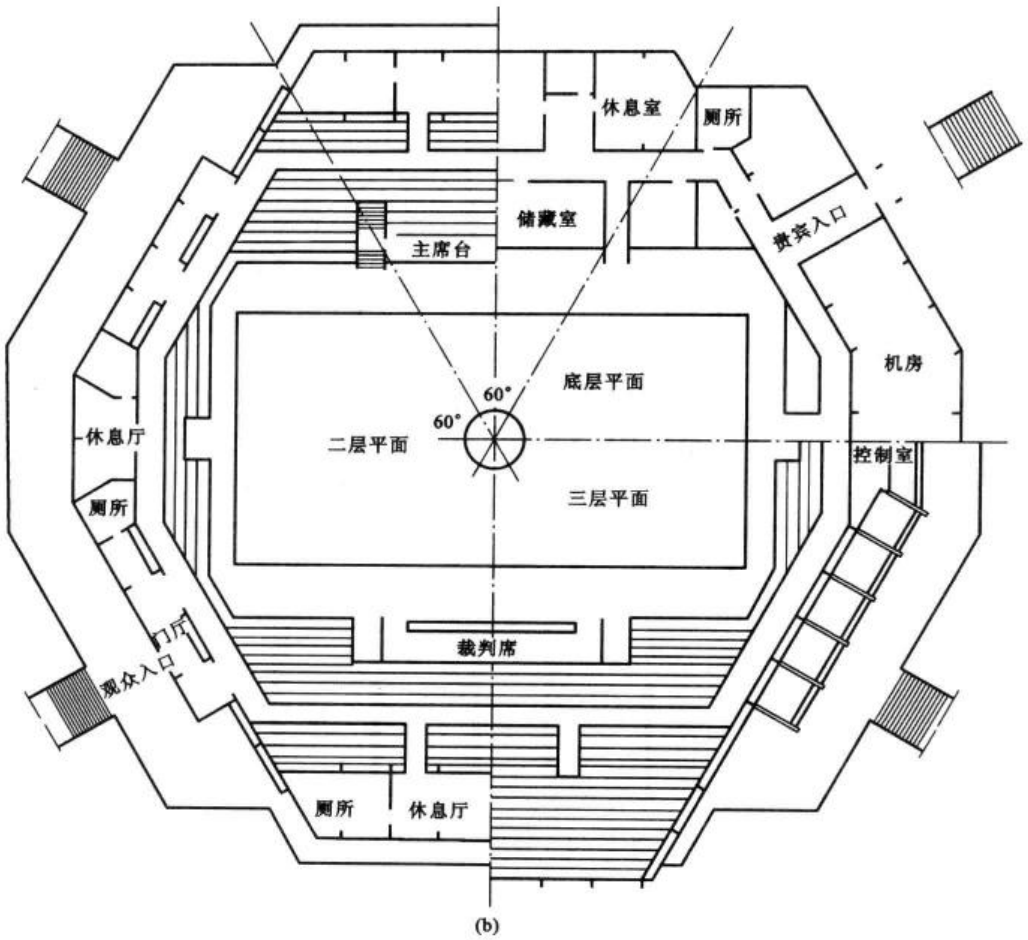
图 2.48　住宅平面组合

1—起居室；2—卧室；3—卫生间；4—厨房；5—储藏室；6—垃圾收集房



(a)

图 2.49　大厅式组合示例



续图 2.49

(a) 某音乐学院音乐厅一、二层平面;(b) 某市体育馆 1～3 层平面

单元式住宅是比较典型的例子,由一梯一户到一梯多户组成若干个单元,拼接方式多种多样,多层与高层住宅都同样适用,见图 2.50。医院可以将功能相近的医疗单位形成几个单元进行组合,学校可以将功能相近的教学单位形成几个单元进行组合等,见图 2.51。

2.4.2.5 混合式

除少数功能单一的建筑只需采用一种平面组合方式,大多数功能复杂的建筑都常常以一种方式为主,局部采用其他的方式进行组合,或者选择几种平面组合来综合考虑,以满足建筑物的不同要求,从而形成两种或两种以上的组合方式,即所谓混合式平面组合。

旅馆、俱乐部、图书馆等公共建筑,为满足其复杂的功能要求,其组合方式多样。如宾馆的客房采用走廊式组合,餐厅厨房采用套间式组合,演出厅采用大厅式组合等,见图2.52。

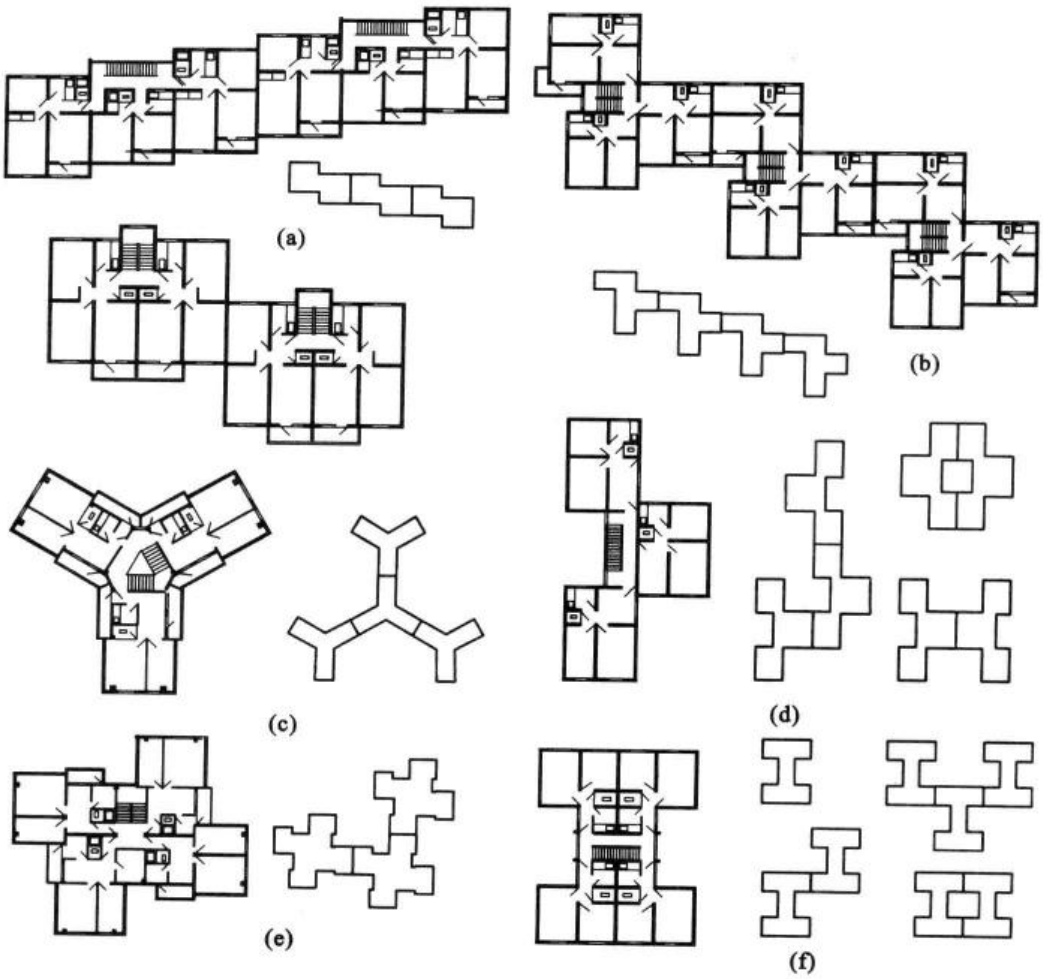


图 2.50　住宅单元的组合形式

(a) 锯齿形错接；(b) 错落拼接的三肢单元；(c) Y 形多向拼接单元；
(d) 凸形多向拼接单元；(e) 风车形多向拼接单元；(f) 工字形多向拼接单元；

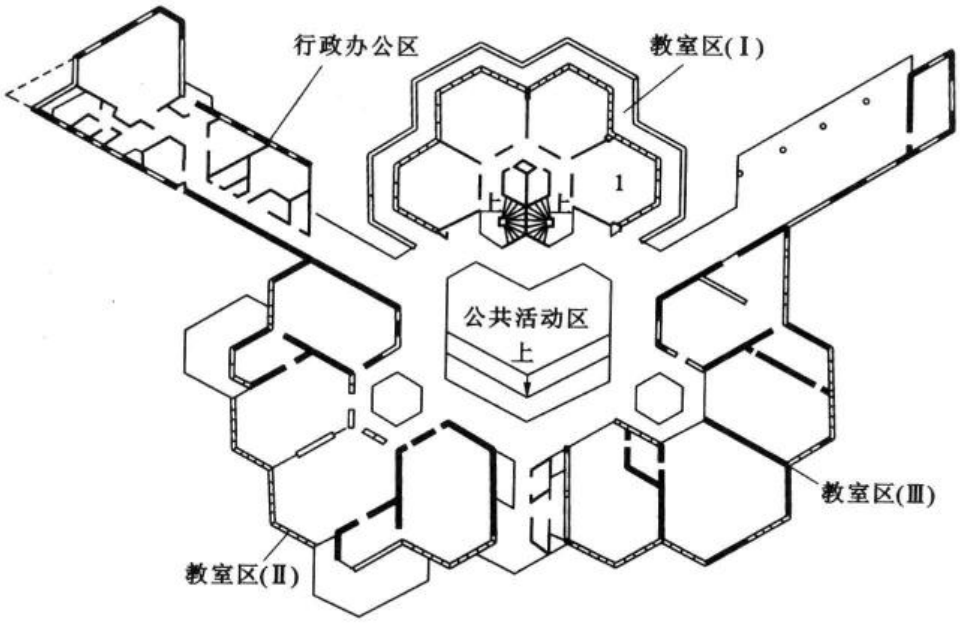
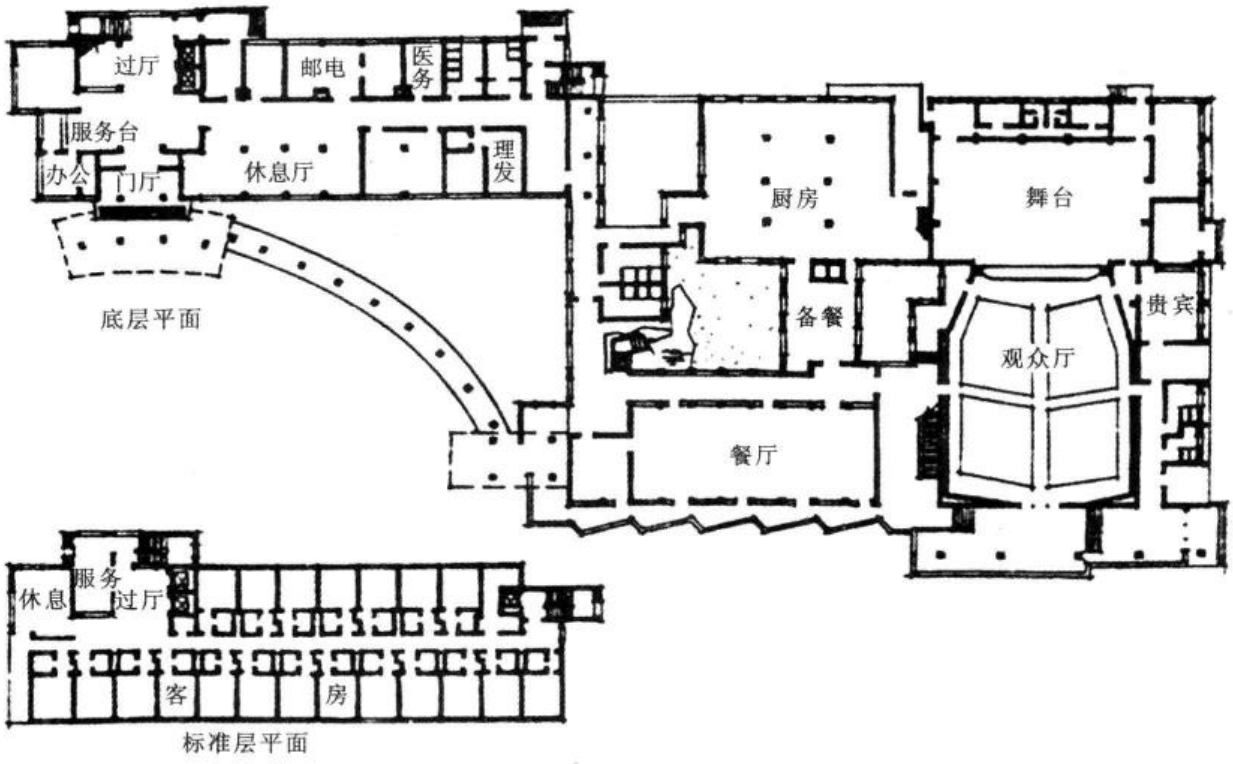
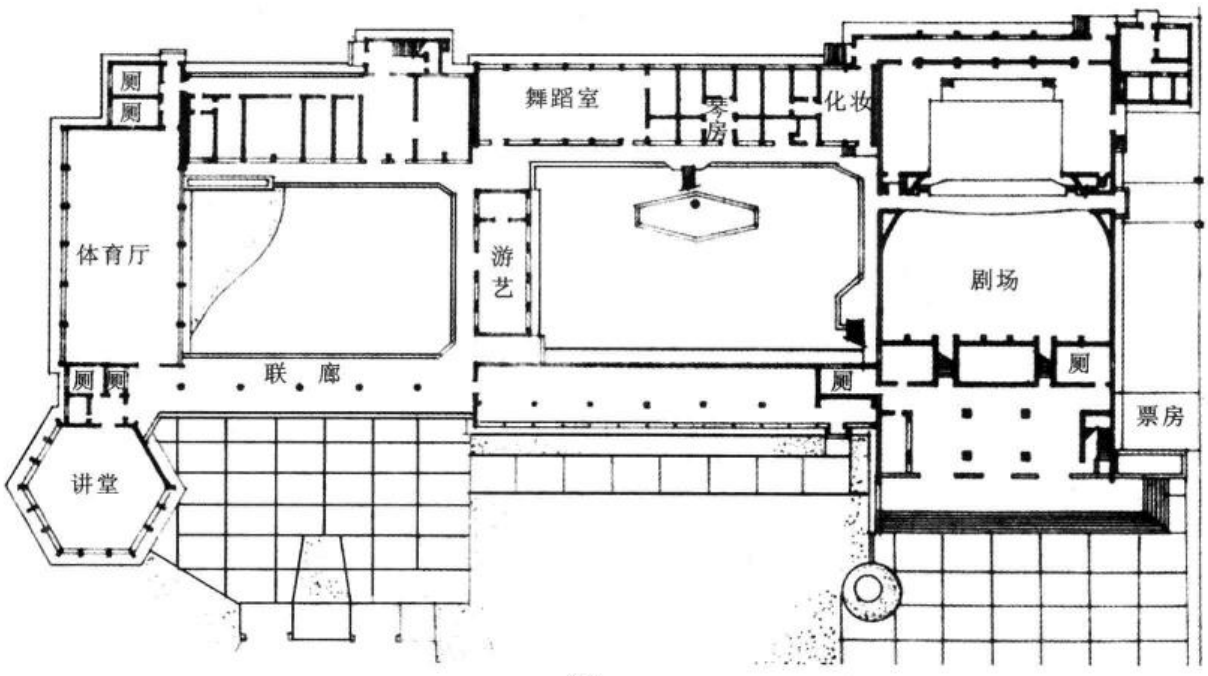


图 2.51　单元式教学楼的平面组合



(a)



(b)

图 2.52　混合式组合示例

(a) 某宾馆平面图;(b) 某少年宫平面图

2.5 建筑总平面设计

建筑总平面设计是根据使用功能要求，结合城市规划的要求、场地的地形地质条件、对场地内的建筑物、道路、绿化及其他构筑物和设施进行合理布置与设计，并综合利用环境条件使之成为有机的整体。

总平面设计是对建设场地总的布置和安排，属于全局性的工作。建筑群中的单体设计应按照局部服从整体的设计原则贯彻总平面设计意图，否则将破坏建筑群体和场地环境及设施的统一性、完整性。

总平面设计对单体建筑的制约很大，对其位置、朝向、室内外交通联系、建筑物出入口布置、建筑造型等设计都有很大影响。

总平面设计的主要内容是：进行总平面功能分区，在功能分区的基础上进一步确定单体建筑的布置和建筑群体设计；进行场地内道路设计，确定主要出入口位置；进行场地竖向设计；进行管线综合设计；进行景观设计和建筑小品设计。

2.5.1 建筑基地与控制指标

2.5.1.1 用地控制

用地红线——规划部门批准的各类建筑工程项目用地的使用权属范围的用地界限；

道路红线——是城市道路路幅(含居住区级道路)用地界限。一般是在城市规划中明确划分，由城市规划行政主管部门在用地条件图中标明；

绿线——规划主管部门确定的各类绿地范围的控制线；

蓝线——规划主管部门确定的江、河、湖、水库、水渠、湿地等地表水体保护的控制界限；

紫线——国家和各部门确定的历史建筑、历史文物保护范围界限；

黄线——规划主管部门确定的必须控制的基础设施的用地界限。

建筑控制线是建筑物基地退后用地红线、道路红线、绿线、蓝线、紫线、黄线一定距离后的建筑基底位置不能超过的界限。退让距离及各类控制线管理规定应按当地规划部门的规定执行。

用地面积——可供场地建设开发使用的土地面积，即由场地四周道路红线——地产线所框定的用地总面积，其常用单位为公顷(1 公顷＝15 亩＝10000 m^2)。用地面积是计算规划用地其他控制指标的基础，应予以准确把握。

建设单位通过行政划拨、土地出让或转让方式，取得一块土地的使用权，其用地范围为用地界线所包含的范围。但并不是说，用地界线内的所有土地都可以用于开发，还要考虑城市道路用地所占范围，见图 2.53(a)。当道路红线与用地界线重合时，表明建设基地与城市道路相连；当建筑基地与道路红线相交或道路红线从基地穿过时，从道路中心线到道路红线为城市道路代征用地，用于城市道路建设；当建设基地与道路红线不相连时，表明基地与道路不连通，应设通道与城市道路联通。图 2.53(b)为道路红线与用地界线的关系。

建筑物及附属设施不得突出道路红线和用地红线建造。

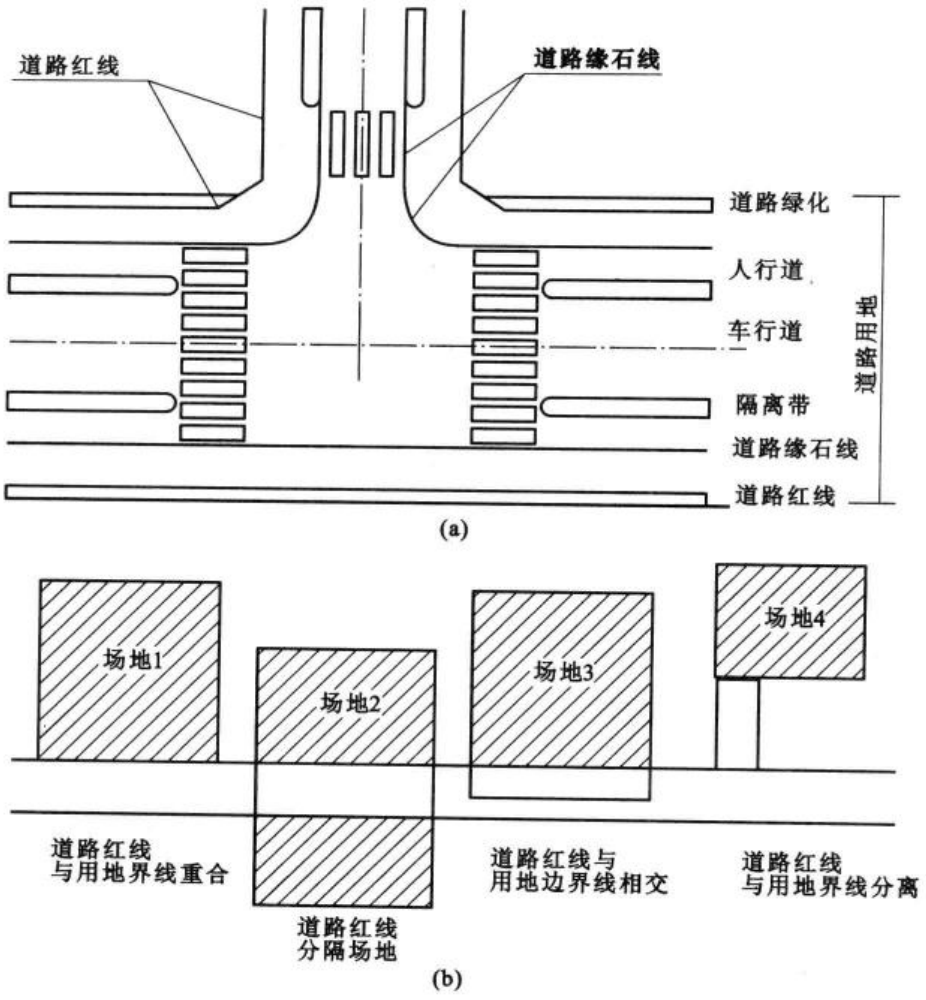


图 2.53　道路红线与道路及用地界线的关系

(a) 道路红线与城市道路用地的关系；(b) 道路红线与用地界线的关系

道路红线对基地建筑突出物的限制见《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)第4.2条。

不得突出道路红线和用地红线的建筑突出物有：

① 地下建筑物及附属设施，包括结构挡土桩、挡土墙、地下室、地下室底板及其基础、化粪池等；

② 地上建筑物及附属设施，包括门廊、连廊、阳台、室外楼梯、台阶、坡道、花池、围墙、平台、散水明沟、地下室进排气口、地下室出入口、集水井、采光井等；

③ 除基地内连接城市的管线、隧道、天桥等市政公共设施外的其他建筑。

经当地城市规划行政主管部门批准，允许突出道路红线和用地红线的建筑突出物有：

① 在有人行道的路面上空：2.5 m 以上的凸窗、窗扇、窗罩、空调机位等，突出深度不得大于 0.5 m；2.5 m 以上的活动遮阳，突出深度应比人行道宽度小 1 m 以上，并不得大于3 m；3 m 以上的雨篷、挑檐，突出的深度不应大于 2 m；5 m 以上的雨篷、挑檐，突出的深度不宜大于 3 m。

② 在无人行道的路面上空：4 m 以上允许突出的窗罩、空调机位等，突出深度不得大于 0.5 m；建筑突出物与建筑应有牢固的连接；建筑与建筑突出物均不得向道路上空直接排放雨水、空调冷凝水和废水。

③ 属于公益上有需要而不影响交通和消防安全的建筑和临时性建筑，经当地规划主管部门的批准，可突入道路红线建造；骑楼、过街楼和沿道路红线的悬挑建筑建造不应影响交通及消防的安全。

2.5.1.2 密度及容量控制

建筑密度是指建筑基地面积与总用地面积之比，表达了基地内建筑直接占用土地面积的比例，即建筑物的密集程度。建筑基地面积按建筑底层建筑面积计算。

$$建筑密度=\frac{各类建筑基地面积的总和(m^2)}{总用地面积(m^2)}\times 100\%$$

建筑容积率是指建筑基地内总建筑面积与总用地面积之比。容积率为一无量纲常数，与其他指标相配合，往往控制了基地的建筑形态。如容积率为 1～2 时为多层，4～10 时为高层。

$$建筑容积率=\frac{总建筑面积(m^2)}{总用地面积(m^2)}$$

绿地率指建筑基地内，各类绿地面积的总和与总用地面积的百分比。绿地包括公共绿地、专用绿地、防护绿地和道路绿地，不包括屋顶、晒台的人工绿地。

$$绿地率=\frac{各类绿化面积的总和(m^2)}{总用地面积(m^2)}\times 100\%$$

建筑设计应符合当地城市规划部门按用地分区制定的建筑密度、建筑容积率和绿化率指标。

2.5.2 基地环境与功能分区

对总平面进行必要的功能分区是确定单体建筑位置的前提。功能分区需要满足各区之间既相互联系又相对独立与分隔的要求，还要处理好室内用房与室外场地的关系。同时，基地的大小和形状对房屋的层数、平面的布局关系极为密切，基地内人流、车流的走向除考虑道路走向外，对建筑物的出入口的布置也有很大影响。

对拟建单体建筑或建筑群体，应进行合理的功能分区及用地布局，使各功能区对内、对外的行为合理展开，各功能区之间既保持便捷的联系，又具有相对的独立性，做到动静分开，洁污分开、内外分开等；合理布置各种流线及出入口，减少相互交叉及干扰。

建筑基地内的用地一般分为建筑用地、交通集散用地、室外活动场地、绿化美化用地和其他用地。在设计时应分析它们之间的关系，进行总平面布局。其中建筑用地是设计中的核心工作，而交通组织则是实现建筑使用功能的必要保证。

例如，中小学的功能区一般由教学区、运动区、绿化及室外科技园地组成。在进行总平面布置时，应功能分区明确、布局合理、联系方便、互不干扰，满足教学要求和采光、通风、日照、隔声等要求。教学行政区应与运动区分开，其间距不小于 25 m，宿舍可靠近室外活动场地，便于学生锻炼，后勤服务应布置在主导风向的下风侧等，见图 2.54。

图书馆属于城市文化设施，其总体规划要因地制宜，集中布置，功能分区应明确，书库、阅览两大功能区应又有联系又有分隔，读者入口、书刊入口、工作人员入口应分开，道路布置应便于图书运送、装卸和消防疏散。规模较大的图书馆，在少儿图书阅览部分还应设置室外活动场所和单独的少年儿童出入口。

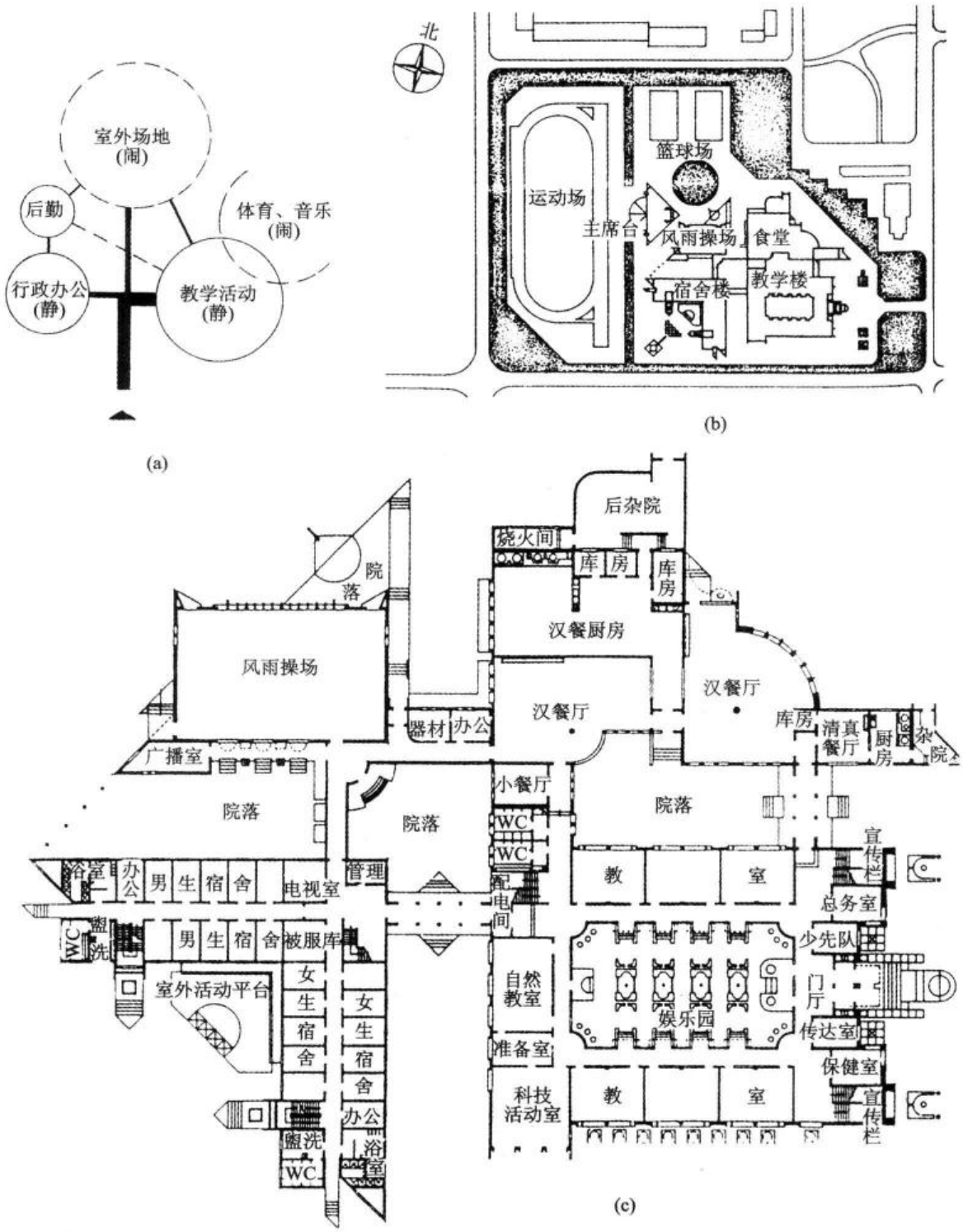


图 2.54　学校总平面设计示例

(a) 学校功能分区；(b) 某小学总平面；(c) 一层平面

锅炉房、厨房、汽车库等有污染和噪声的建筑应尽量避开书库和阅览室，宜设在主导风向的下风侧，并用绿化带与主馆隔开。

在总平面中，应适当布置草地、庭院、小品，努力创造优美的读书环境。

图 2.55 为深圳图书馆的总平面和一层平面。深圳市图书馆北临湖区，南临城市道

路，为合理处理图书馆与外部城市空间的关系，场地设主要出入口和次要出入口各一个，同时，建筑用地后退一定距离设置停车场，也避免了建筑物对城市道路的压迫感。主要入口正对图书馆门厅，满足使用者的需要，次要入口满足工作人员和其他辅助需要，临湖风景较好，安排了各类阅览室，并在建筑北边临湖区设计了优美庭院，使建筑与环境较好融合。

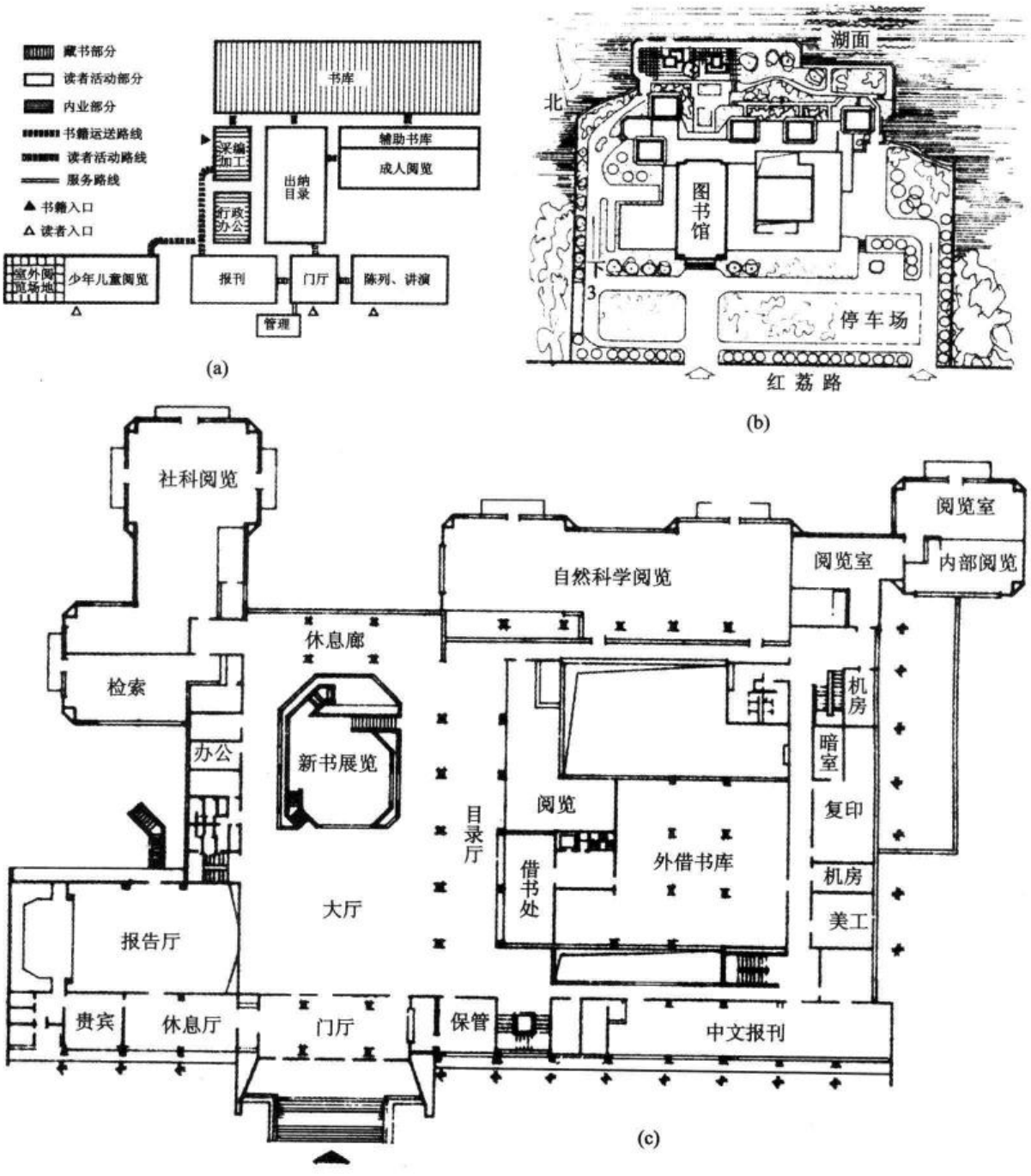


图 2.55　深圳图书馆总平面设计图

(a) 图书馆功能分析；(b) 图书馆总平面图；(c) 图书馆一层平面图

2.5.3 影响总平面布局的因素

(1) 建筑物朝向

建筑物的朝向主要考虑太阳辐射强度、日照时间、主导风向、建筑物的使用要求及地形条件。不同的季节,太阳的位置、高度都在发生着有规律的变化。由于我国地处北半球,阳光从南边照射进室内,建筑物采取坐北朝南或南偏东、南偏西向均能获得良好的日照。

当地夏季和冬季主导风向对建筑的影响同样不可忽视。应根据主导风向,调整建筑物的朝向,以改变室内气候条件,创造舒适的室内环境。附录表 3 为我国部分地区建筑建议朝向表。

(2) 建筑物间距

总平面设计中,建筑物之间的距离,应满足防火、日照、通风、卫生、防视线干扰、防噪声等有关规定。

① 人行及道路的间距

基地道路应满足:双车道宽度不小于 7 m;单车道不小于 4 m;人行道路宽度不小于 1.5 m;建筑物距道路边线不小于 1.5 m。同时,道路与建筑物之间也应该按规范预留一定距离,见表 2.8。

表 2.8 道路边缘至建、构筑物最小距离(m)

与建、构筑物关系 \ 道路级别		居住区道路	小区路	组团路及宅间小路
建筑物面向道路	无出入口	高层 5 多层 3	3 3	2 2
	有出入口	—	5	2.5
建筑物山墙面向道路		高层 4 多层 2	2 2	1.5 1.5
围墙面向道路		1.5	1.5	1.5

注:① 居住区道路的边缘指红线;小区路、组团路及宅间小路的边缘指路面边线。

② 当小区路设有人行便道时,其道路边缘指便道边线。

② 日照间距

日照间距是为保证房间有一定日照时数,建筑物彼此互不遮挡所必需的距离。房间日照的长短,是由房间和太阳相对位置的变化关系决定的,这个相对位置以太阳的高度角和方位角表示,它的大小与建筑物所在的地理纬度、建筑方位、季节和时间有关。通常以当地冬至日正午 12 时太阳能照到后排底层窗台高度为设计依据,以控制建筑物的日照间距,见图 2.56。

日照间距的计算式为

$$L = \frac{H}{\tan\alpha}$$

式中 L——日照间距;

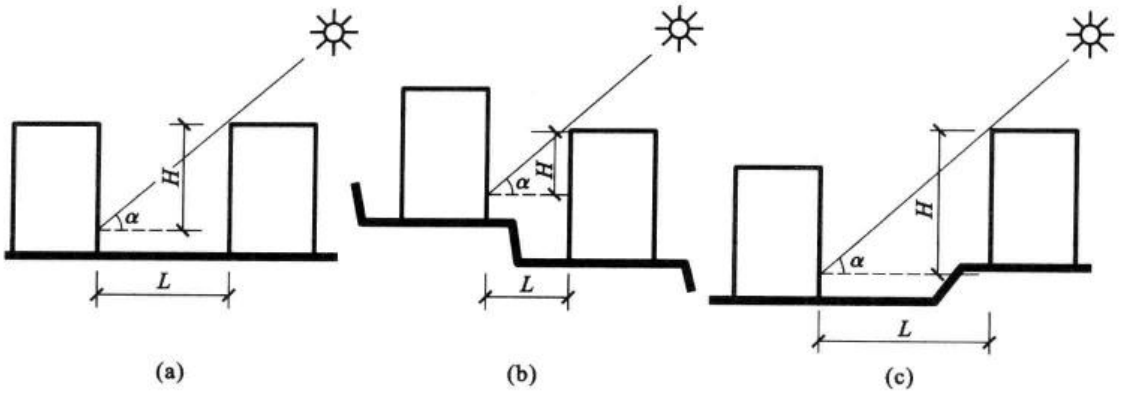


图 2.56　日照间距示例

(a) 平地；(b) 向阳坡；(c) 背阳坡

H——前排建筑檐口和后排建筑底层窗台的高差；

α——冬至日正午的太阳高度角(当建筑正南向时)。

冬至日太阳的高度角最小，这时阳光正好直射在南回归线上，过了冬至这一天，太阳往北运动，高度角越来越大。也就是说，只要冬至这一天房屋的日照间距能满足规划要求，那么，其他任何时间都能满足要求。所以，将冬至日的日照时间作为衡量标准。但是考虑到节约用地和城市现状，规范规定采用冬至日和大寒日两级标准，根据城市所处地理纬度和气候特征，采用不同的日照标准日和日照时数，见表 2.9。

表 2.9　住宅建筑日照标准

建筑气候区划	Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅶ气候区		Ⅳ气候区		Ⅴ、Ⅵ气候区
	大城市	中小城市	大城市	中小城市	
日照标准日	大寒日			冬至日	
日照时数(h)	≥2	≥3		≥1	
有效日照时间带(h)	8～16				9～15
计算起点	底层窗台面				

注：摘自《城市居住区规划设计规范》(GB 50180—1993)(2002 年版)第 5.0.2.1 条。

在建筑总平面设计中，建筑的间距通常是结合日照间距卫生要求和地区用地情况，作出对建筑间距 L 和前排建筑的高度 H 比值的规定，如 L/H 等于 0.8、1.2、1.5 等，L/H 称为间距系数。附录表 4 为我国部分地区日照间距系数。当建筑物朝向为南偏东或南偏西时，可用建筑软件进行日照分析，以确定建筑物的最小间距。

规范还规定：每套住宅至少应有一个居住空间获得日照，并满足表 2.9 的要求；宿舍半数以上的居室，应获得同住宅居住空间相等的日照标准；托儿所、幼儿园的主要生活用房，应获得冬至日不小于 3 h 的日照标准；老年人、残疾人住宅的卧室、起居室，医院、疗养院半数以上的病房和疗养室，中小学半数以上的教室应获得冬至日不小于 2 h 的日照标准。

③ 防火间距

防火间距是防止着火建筑的辐射热在一定时间内引燃相邻建筑，且便于补救的间隔距离。其间距应满足《建筑设计防火规范》的规定。民用建筑之间的最小防火间距如表 2.10所示。

表 2.10　多层与高层民用建筑防火间距(m)

耐火等级	一、二级	三级	四级	高层建筑	裙房
一、二级	6	7	9	9	6
三级	7	8	10	11	7
四级	9	10	12	14	9
高层建筑	9	11	14	13	9
裙房	6	7	9	9	6

在一般情况下，日照间距是确定建筑物间距的主要依据。但有些建筑由于所处环境不同和使用要求不同，房屋间距也不同。如教学楼房屋间距应不小于建筑物高度的 2.5 倍，两排教室长边相对时，其间距不小于 25 m。疗养院病房的日照间距系数应为 1.5～2.0，且不小于 12 m。

(3) 基地的地形条件

当基地自然坡度小于 5%时，可规划为平地。平地对总平面布局限制最小，但景观趣味较少。由于场地是一宽阔表面，建筑布局和道路设计都不受限制。在设计中应充分考虑建筑物与场地、建筑物与空间的关系，强化建筑物本身的特点，避免单调、乏味的总平面设计。

当基地自然坡度大于 8%时，宜规划为台地。台地划分应与规划布局和总平面布置相协调，应尽量将性质相近的建筑物布置在同一台地上。台地的长边应平行于等高线布置，避免大量土方工程。台地的高度宜为 1.5～3.0 m，台地的宽度、长度应结合地形和使用要求而定。

一般平原地区，场地坡度不宜过小，以利于地面水的排除、汇集，并减少排水管道的工作量和排水泵站的设置(地面排水坡度不宜小于 0.2%)。但在丘陵或山区，过陡的地形也将引起水土冲刷等问题。总之，各种建设项目及设施对坡度都有特定要求，如一般居住建筑要求坡度在 0.3%～10%之间，而工业项目则要求地形坡度在 0.5%～2%之间。

在坡地上进行总平面布局，应依山就势，充分利用地势的变化，减少土方工程，处理好建筑朝向、道路、排水和景观等要求。

坡地建筑主要有平行于等高线和垂直于等高线两种布置方式，均应满足通风日照条件，见图 2.57。

当建筑物平行于等高线布置时，施工时土方量少，造价经济。地面高差可通过调整建筑勒脚到同一标高上、筑台、横向错层、入口分设来解决高差的问题。

当建筑物垂直于等高线或斜交于等高线布置时，土方量大，造价高，房屋基础比较复杂，道路布置也有一定的困难。在地形复杂的条件下进行建筑物的总平面布局时，宜进行多方案比较，以选择最佳方案。

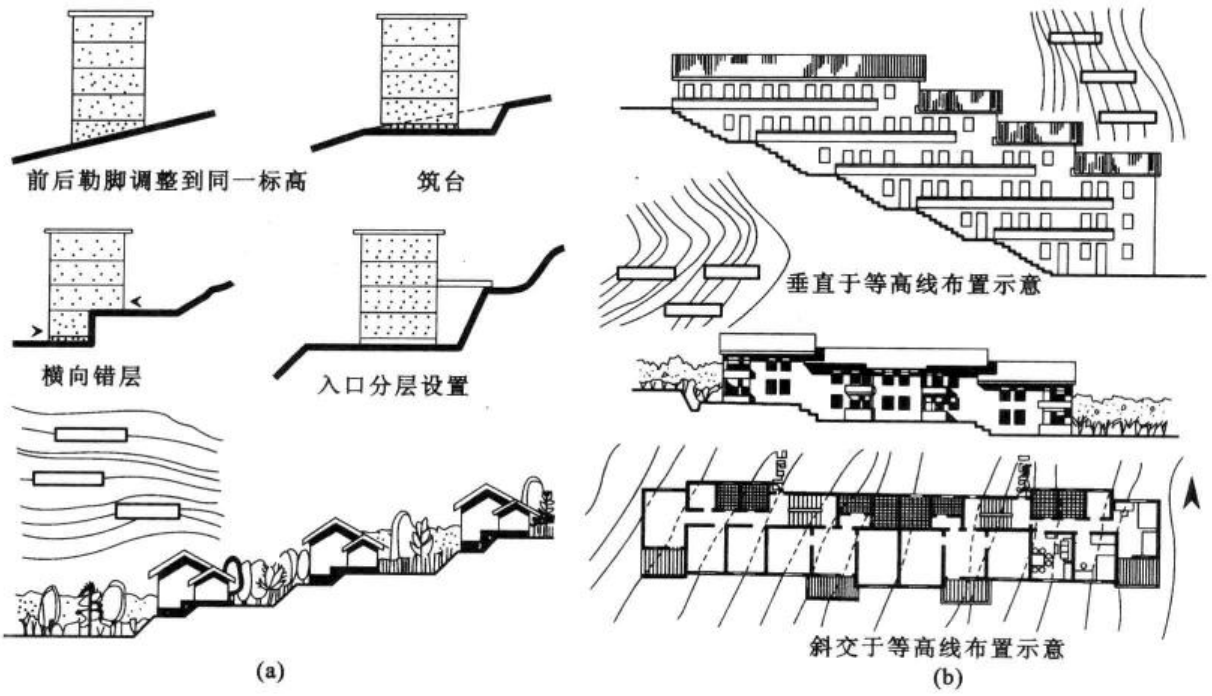


图 2.57　建筑物在坡地上的布置示例

(a) 建筑物平行于等高线的布置;(b) 建筑物垂直或斜交于等高线的布置

图 2.58 为湘西某风景区职工疗养院总平面。该建筑群设在山脚下,依山傍水,采用传统式庭院布局,层层院落递进,东边设商店和车库,中部设疗养所,西部设职工住宅,东西各设一出入口。基地功能分区明确,动静分离,内外分离。建筑群采用湘西民居风格,借用群山秀水组景,融入山水之间。

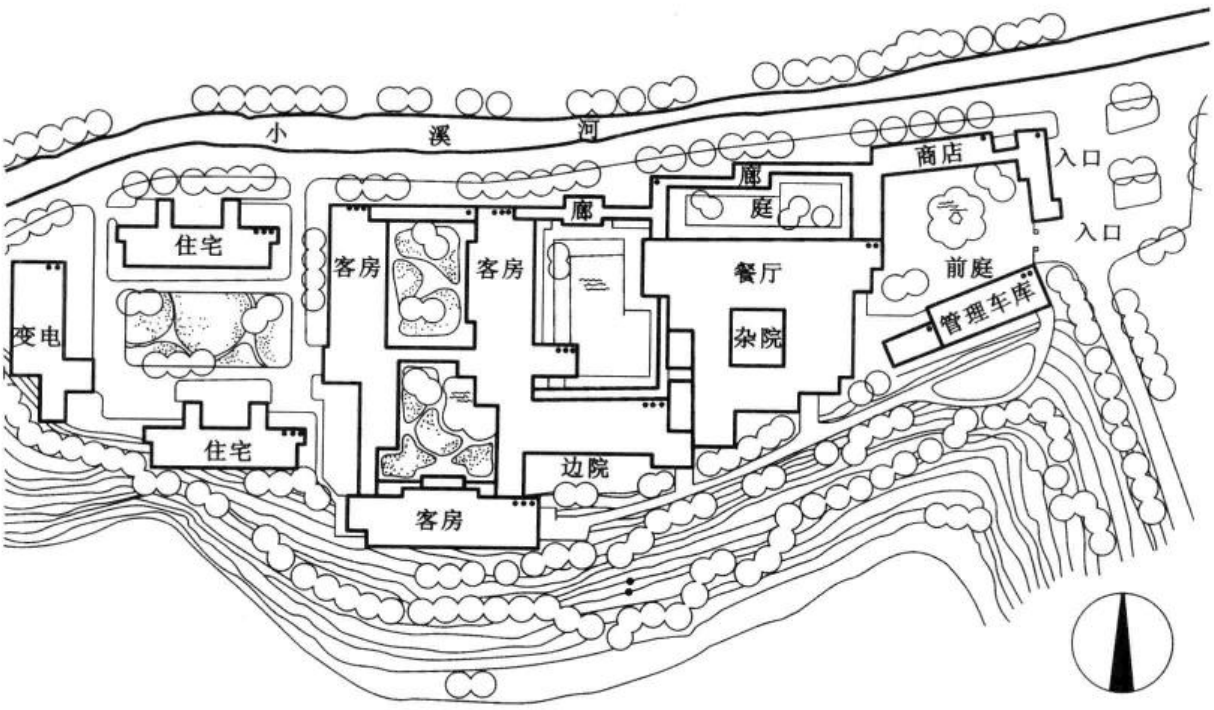


图 2.58　湘西某风景区职工疗养院总平面图

图 2.59 为一小学总平面设计方案比较示例。

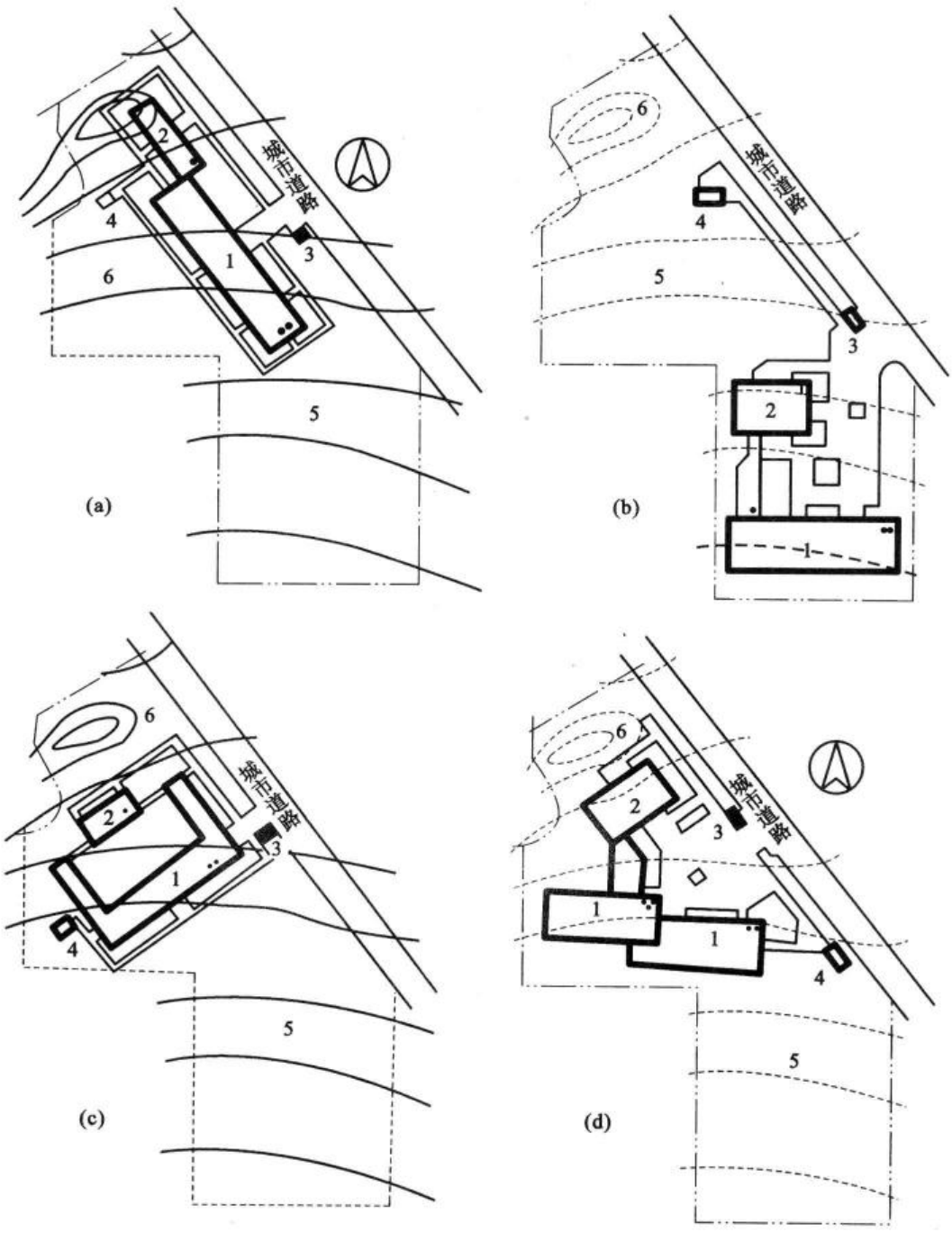


图 2.59　某学校总平面设计方案比较示例

(a) 方案一；(b) 方案二；(c) 方案三；(d) 方案四

1—教学楼；2—多功能厅；3—传达室；4—厕所；5—运动场；6—生物园地

方案一：将主要教学楼沿城市道路走向临路布置，增加了城市景观，人流进入建筑物行程较短，但建筑物朝向不甚理想，受道路噪音影响较大，且建筑场地为一斜坡，高差不易处理。

方案二：拉开了建筑与城市道路的距离，建筑有很好朝向，用地也有了半围合的入口空间，生物园地与运动场分别沿路布置，但生物园地与建筑关系较为疏远，不利于

使用。

方案三：用地紧凑，避免了道路噪音干扰，但以建筑物侧面山墙面向城市道路，城市景观欠佳，且场地入口较为局促，有逼仄之感。

方案四：将主体建筑物分成小体块以充分适应不规则的基地地形，且形成一个半围合室外空间，便于学生课外活动，与生物园地和运动场的关系较好，同时，建筑物与运动场都有较佳朝向。

2.5.4 基地道路和小型停车场设计

道路是场地中组织生产、生活活动所必需的车辆、行人通行往来的通道，是联系场地内各个组成部分并与外部环境相贯通的交通纽带。道路的走向在一定程度上影响着沿路建筑的日照、通风和景观等。道路是建筑物的依托，也是步行者活动的主要空间。

2.5.4.1 基地道路设计

(1) 道路布置原则

道路布置要满足交通运输多种行车功能的同时，还要满足人、车安全；道路选线应尽量节省场地并应留有良好的建筑条件；道路布置应利用自然地形，节约土方量和投资；在场地内尽量形成环形路，避免尽端式道路，在道路尽端可设回车场。

(2) 道路设计

场地内的道路应平坦坚固、宽度适宜、坡度平缓、线路流畅、对环境干扰少、安全适用。场地内常采用缓速坡等技术措施限制机动车的行驶速度，以保证场地环境的安静、安全。

为保证车辆在交叉口处右转弯时能以一定的速度安全、顺畅地通过，则道路需在车辆转弯处满足车辆做曲线运动的条件，道路在交叉口处的缘石应做成圆曲线形式，圆曲线的半径 R 称为缘石(转弯)半径。道路等级不同，设计车速不同，转弯半径取值也不同。一般的主干道 $R=20\sim25$ m，次干道 $R=10\sim15$ m，支路 $R=6\sim9$ m。为节省道路用地和建设费用，在保证车辆安全行驶的前提下应尽量采用机动车最小转弯半径，见图 2.60。

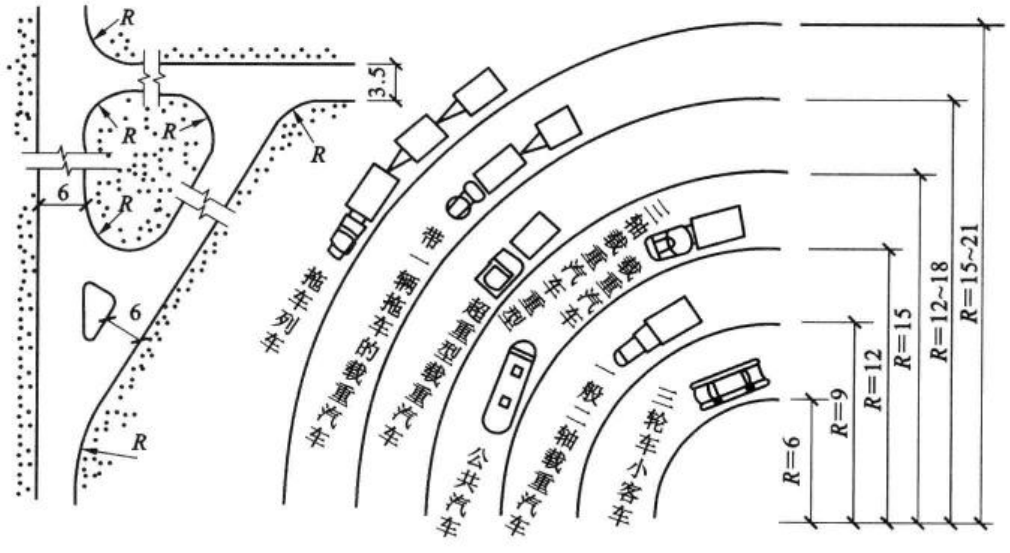


图 2.60 机动车最小转弯半径

道路宽度按行车通过量及种类确定。单车道 3.5 m，考虑与自行车共用，取 4.0 m；双车道 6～7 m，考虑与自行车共用，取 7 m；人行道不小于 1.0 m，供消防车通行的道路宽度不小于 4 m。

为保证道路上行车的安全，并不影响相邻建筑物的正常功能，道路与相邻建、构筑物之间必须保持足够的间距，其最小距离见表 2.8。人行道距建筑物距离应不小于1.5 m。

2.5.4.2 小型停车场设计

停车场是指供各种车辆(包括机动车和非机动车)停放的露天或室内场所。机动车停放方式应以占地面积小、疏散方便、保证安全为原则。公共建筑附近停车场的停车泊位数量，主要取决于该公共建筑的使用功能、建筑面积、客流量等，与公共建筑所处区位、服务对象等也有直接关系。设计时应满足当地规划、交通等主管部门的规定，或根据项目的具体情况，并参照表 2.11 所列出的有关建议指标予以确定。

表 2.11 公共建筑及住宅机动车停车位标准(参考)

类 别	单 位	停车位数	类 别	单位	停车位数
宾馆	每套客房	0.3～0.6	医院	每 1000 m^2 建筑面积	4.5～6.5
办公	每 1000 m^2 建筑面积	6.5	影剧院	每 100 座位	3.5～10.0
商业	每 1000 m^2 建筑面积	4.5～6.5	体育馆	每 100 座位	2.0～4.2
超市	每 1000 m^2 建筑面积	10.0	学校	100 学生	0.5
餐饮	每 1000 m^2 建筑面积	1.2～7.5	别墅	每户	1.3
展览馆	每 1000 m^2 建筑面积	7.0	住宅	每户	0.5～1.0

一般地面停车场用地面积，每个标准当量停车位宜为 25～30 m^2。摩托车停车场用地面积，每个停车位宜为 2.5～2.7 m^2。自行车公共停车场用地面积，每个停车位宜为 1.5～1.8 m^2。

一般机动车停车场内的主要通道宽度不得小于 6 m。主要停车方式有平行式、垂直式和斜列式三种。设计时选用的小型车标准车型尺寸宜为 4.9 m×1.80 m×1.60 m(长、宽、高)，考虑到汽车与墙、柱之间应有一定空间，便于打开车门、行驶和调头，则一个小轿车标准车位尺寸为 2.8 m×6.0 m，如果场地比较宽裕，可取 3.0 m×6.0 m。图 2.61 是根据《汽车库建筑设计规范》(JGJ 100—1998)中规定的小型汽车停车场单排和双排停车最小尺寸，按停车位的平面尺寸为 2.4 m×6.0 m 计算。

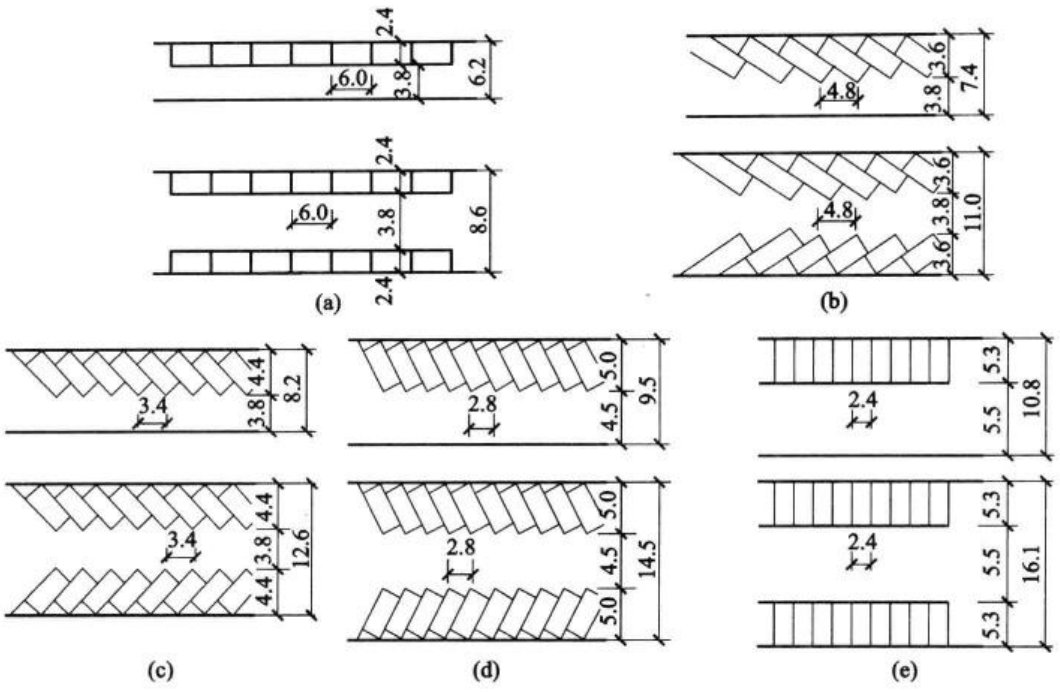


图 2.61　小型汽车停车场最小尺寸

(a) 平行;(b) 30°;(c) 45°;(d) 60°;(e) 90°

复习思考题

1. 平面设计包含哪些基本内容?
2. 民用建筑平面由哪几部分组成? 各部分房间的主要作用和要求有哪些?
3. 确定房间的面积应考虑哪些因素? 试举例说明。
4. 影响房间形状的因素有哪些? 为什么矩形平面被广泛采用?
5. 什么叫房间的开间、进深?
6. 房间尺寸指的是什么? 确定房间尺寸应考虑哪些因素?
7. 如何确定房间的门窗数量、面积、尺寸、开启方向及具体位置?
8. 什么叫窗地比? 什么叫采光面积比? 二者有何不同?
9. 辅助房间设计有什么要求?
10. 学生宿舍中集体卫生间设计应如何进行?
11. 交通联系部分包括哪些内容? 其设计要求是什么?
12. 如何确定走廊的宽度和长度? 试说明走廊的类型、特点及适用范围。
13. 如何确定楼梯的梯段宽度和休息平台宽度? 如何合理选择楼梯形式、数量和位置?
14. 门厅的作用是什么? 其设计要求是什么? 如何确定门厅的大小及布置形式?
15. 建筑平面组合设计的主要任务是什么?
16. 影响平面组合的因素有哪些? 如何运用功能分析进行平面组合?
17. 建筑平面组合有哪几种方式? 各适用于哪类建筑和结构? 并用图例说明。
18. 基地的大小、形状、高低起伏对平面组合有什么影响? 试举例说明。
19. 什么是防火间距? 根据什么确定?
20. 什么是日照间距? 根据什么确定?
21. 建筑物如何争取好的朝向? 建筑物之间的间距如何确定?

3

建筑剖面设计

本章提要

本章主要讲述建筑剖面设计中如何确定房间形状、净高、层高及各种高度尺寸；确定建筑物层数的影响因素；如何进行建筑空间的组合及空间的合理利用。应重点掌握如何根据各种影响因素来确定房间的形状、净高和空间组合设计。

建筑剖面设计主要是确定建筑物在垂直方向上的空间组合关系，重点解决建筑物各部分应有的高度、建筑层数、建筑空间的组合，以及建筑剖面中的结构和构造关系等问题。

通常，对于剖面形状比较简单、房间高度尺寸变化不大的建筑物，剖面设计是在平面设计完成的基础上进行的，如大多数住宅、普通教学楼、办公楼等。但对于那些空间形状比较复杂，房间高度尺寸相差较大，或者有夹层和共享空间的建筑物，就必须先通过剖面设计分析空间的竖向特性，再确定平面设计方案，以解决空间的功能性和艺术性问题，如体育馆、影剧院、大型宾馆等，见图 3.1。

建筑剖面设计是建筑设计过程中必不可少的重要环节。它与平面设计相互联系、相互制约，限定了建筑物各个组成部分的三维空间尺寸，并对建筑物的造型及立面设计起到制约作用。

剖面设计的主要内容有：

① 确定房间的剖面形状、高度尺寸及空间比例关系；

② 确定房屋的层数及各部分的标高；

③ 选择主体结构与围护构造方案；

④ 进行天然采光、自然通风、保温隔热、屋面排水的构造设计；

⑤ 进行房屋空间组合设计。

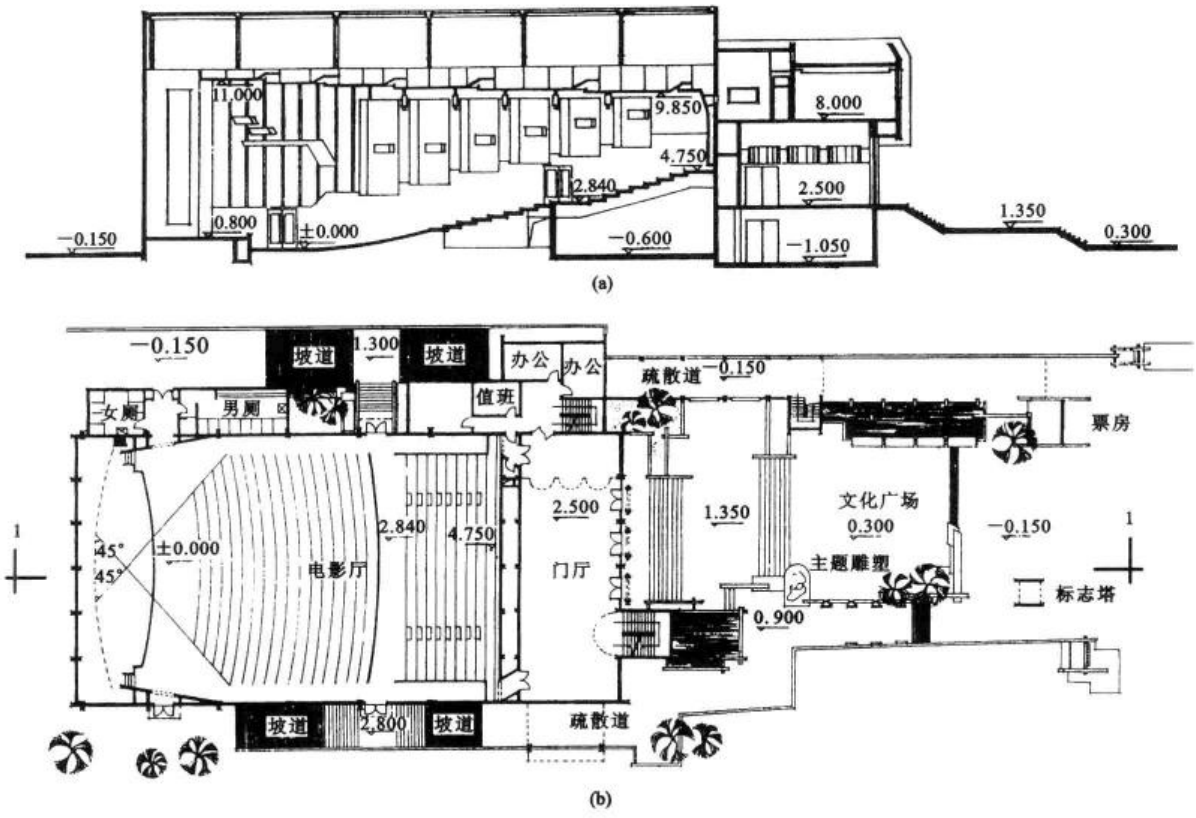


图 3.1　某电影院平面、剖面图

(a) 1—1 剖面图；(b) 一层平面图

3.1　房屋各高度尺寸和剖面形状的确定

3.1.1　房屋的净高和层高

房间的净高是指从楼地面面层(完成面)至吊顶或楼盖、屋盖底面之间的有效使用空间的垂直距离，即该层楼地面到结构层底面或顶棚下表面之间的垂直高度，见图 3.2。

房间的层高是指建筑物各层以楼地面面层(完成面)计算的垂直距离，即该层楼地面到上一层楼面面层之间的垂直高度，建筑物顶层层高由该层楼面面层(完成面)至平屋面的结构面层或坡屋顶的结构面层与外墙外皮延长线的交点计算的垂直距离，见图 3.3。

在设计中，首先根据各种影响因素确定房间的净高，而后再根据结构形式等诸多因素确定建筑物层高。

3.1.2　房间的剖面形状

房间的剖面形状可分为矩形和非矩形两大类。矩形剖面形式简单、规整，有利于竖向空间的组合，体形简洁而完整，并且结构简单、施工方便、节约空间，有利于采用梁板式的布置方案，因而在普通民用建筑中使用非常广泛。非矩形剖面常用于有特殊要求的房间，

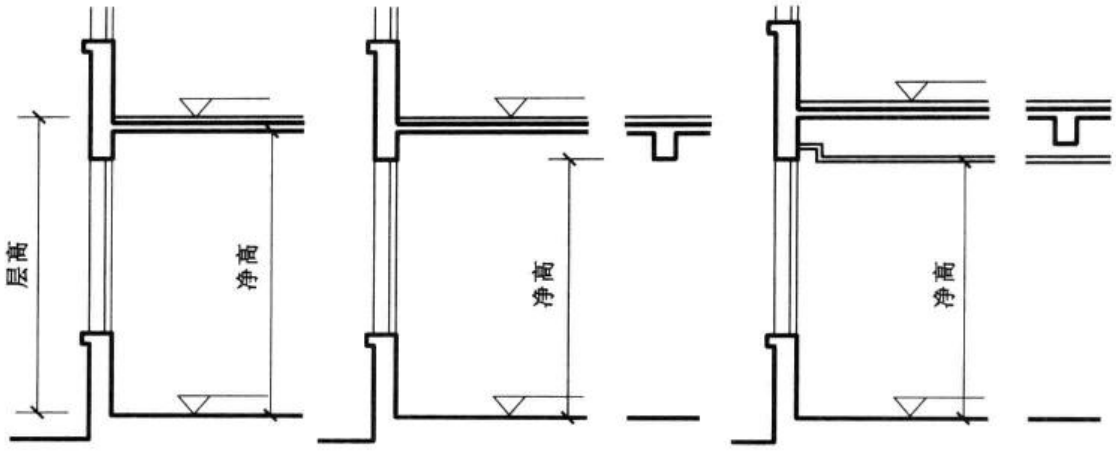


图 3.2　建筑物的净高与层高示意图

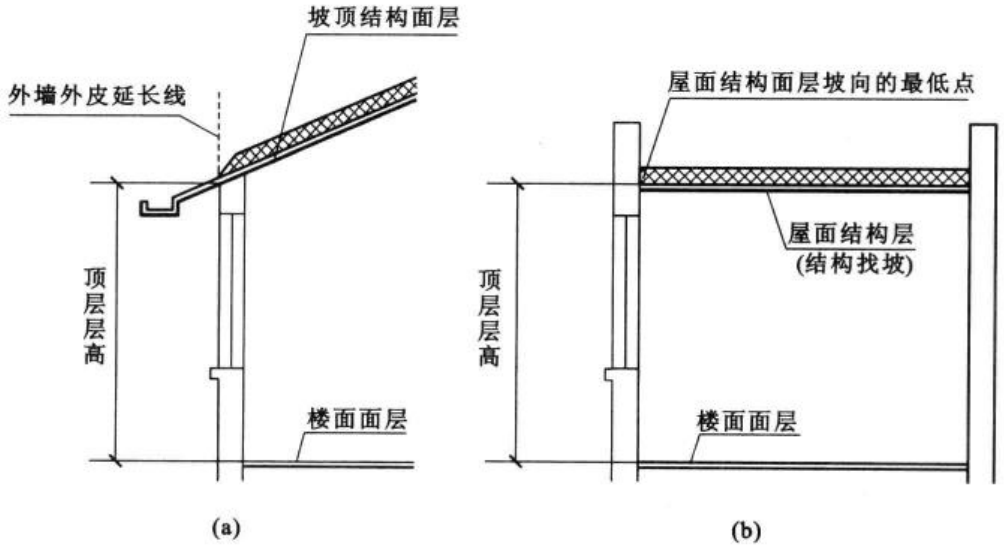


图 3.3　顶层层高的确定

(a) 坡顶的顶层层高;(b) 结构找坡的顶层层高

或由特殊的结构形式构成。

3.1.3　房间的高度尺寸及剖面形状的影响因素

3.1.3.1　使用要求

在民用建筑中,绝大多数房间在功能上对其剖面形状并无特殊要求,如住宅中的卧室、起居室,教学楼中的普通教室、实验室,办公楼中的办公室、会客室等,其剖面形状多采用矩形。这样既能满足使用要求,又能发挥矩形剖面组合的优势。对于一些对视线、音质有较高要求的房间,就需要根据使用特点合理选择剖面形状。

(1) 人体活动尺度及家具设备的要求

房间的净高与人体活动尺度有很大关系。为保证人们的正常活动,一般情况下,室内最小净高应使人能不接触到顶棚为宜,见图 3.4(a)。

不同的房间由于使用人数、房间面积、家具设备及使用空间不同,其净高要求也不相同。如住宅卧室与起居室,考虑到人体高度及灯具的安装高度,其净高不小于 2.4 m;集

体宿舍考虑双层床的布置，其净高不小于 3.4 m，见图 3.4(b)；医院手术室需考虑手术台、无影灯及手术操作所需空间，其净高不小于 3.0 m，见图 3.4(c)；演播室因照明、空调等设备的布置需求，净高不应小于 4.5 m。再如，排球场上空 12.5 m 范围内、乒乓球台面以上 3.24 m 范围内均不得有障碍物，所以综合体育馆的比赛大厅净高不得小于 15 m，练习馆的净高不得小于 10 m 等。

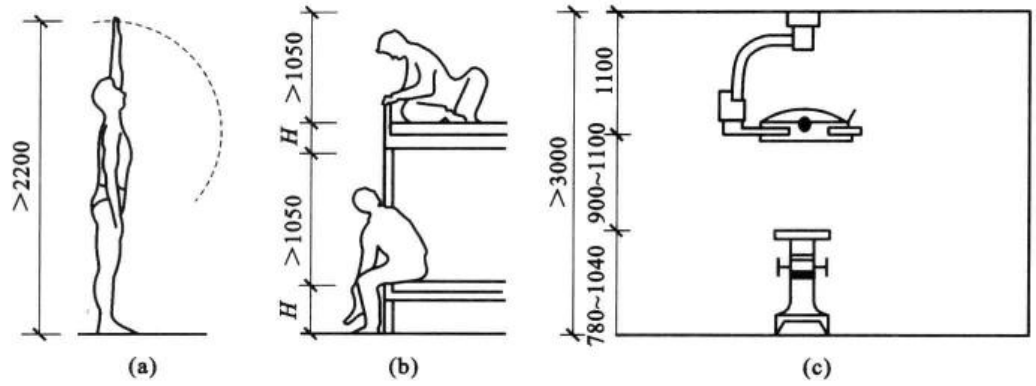


图 3.4　房间净高与人体尺度及室内活动特点的关系

(a) 人体高度；(b) 宿舍净高；(c) 医院手术室净高

(2) 视线要求

有视线要求的房间主要是指影剧院的观众厅、体育馆的比赛大厅、教学楼的阶梯教室等观演建筑。这类房间除平面形状、大小要满足一定的视距、视角要求外，地面应有一定的坡度，保证良好的视线要求，即保证在房间的任意一个地方都能完整清楚地看见目标。

地面升起坡度的大小与设计视点的选择、视线升高值 C(即后排与前排的视线升高差)、座位排列方式、排距等因素有关。

设计视点是指按设计要求所能看到的极限位置，并以此作为视线设计的主要依据。使用功能不同，观看行为不同，设计视点的选择高度也不相同。

电影院的视点位置选在银幕底边中心点，这样就可以保证人的视线能够看到银幕的全画面；剧院视点位置选在大幕下缘中点距舞台地面 300 mm 的地方；体育馆视点选在比赛场地边线中点的地面上；阶梯教室和演示室的视点位置常常选在讲台桌面等，见图3.5。设计视点的位置确定直接影响到视线质量，也直接影响到地面升起的坡度大小与经济性。设计视点低，地面坡度大，不经济；设计视点高，地面坡度小，但视觉效果较差。在设计中应满足视线要求，所形成的非矩形剖面应考虑下部空间的利用。

视线升高值 C 为 120 mm，是指人眼到头顶的距离。视线设计时，可按后排人眼高出前排人头顶 120 mm，用图解法进行设计，见图 3.6。当座位对位排列时，每排均要升高，最后一排与第一排的高差较大，为了减少室内高差，也可以将座位错位排列，即后一排观众从前排观众头间缝隙观看，这样每隔两排升高一次，也能满足视线的要求，且减少了室内净高。

(3) 音质要求

剧院、电影院、会堂等建筑，大厅的音质要求对房间的剖面形状影响也很大。为保证室内声场分布均匀，防止出现空白区、回声和聚焦等现象，在剖面设计中要注意顶棚、墙面

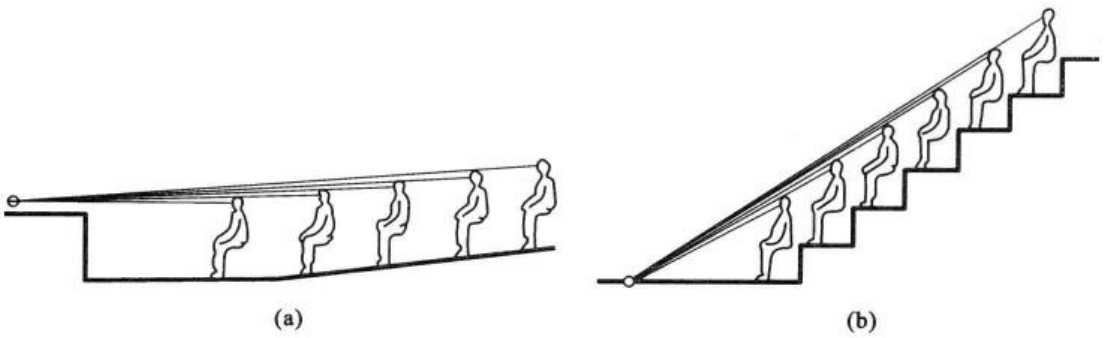


图 3.5　影剧院、体育馆设计视点的确定

(a) 影剧院、大礼堂观众厅；(b) 体育馆观众厅

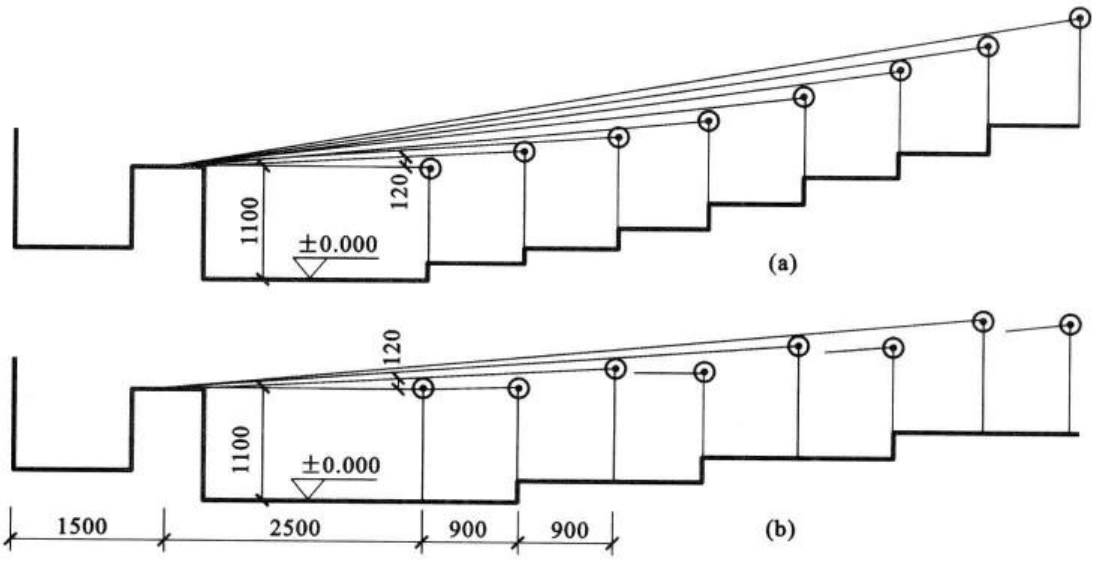


图 3.6　中学演示教室地面升高示例

(a) 每排升高；(b) 隔排升高

和地面的处理。为了有效地利用声能，加强一次直达声和二次反射声的混响效果，必须使大厅地面、墙面、顶棚的形状能均匀反射声音。一般说来，凹面易产生聚焦，声场分布不均匀；凸面是声扩散面，声场分布均匀。因此，大厅顶棚应尽量避免采用凹曲面或拱顶。

图 3.7 为观众厅的几种剖面形状示意图。平顶棚反射声音较好，一般用于容量小的观众厅；波浪式顶棚，反射声能均匀分布到观众厅的各个座位，适用于容量较大的观众厅；凹曲面顶棚，声音反射不均匀，出现声音聚焦，一般不宜采用。

3.1.3.2　采光通风要求

(1) 天然采光

一般房间主要是利用侧窗来实现天然采光，侧窗采光的光线衰减较大，为了使室内照度比较均匀，在房间进深较小的情况下提高侧窗的上缘高度可有效提高室内的照度。当房间采用单侧采光时，通常窗户上缘离地的距离应不小于房间进深的 1/2；当采用双侧采光时，窗户上缘离地的距离应不小于进深的 1/4，见图 3.8。

当房间进深较大、侧窗不能满足要求时，常设置不同形式的天窗，以弥补侧窗采光的不足，从而形成各种不同形状的剖面。天窗设置的位置直接影响到室内照度大小和采光

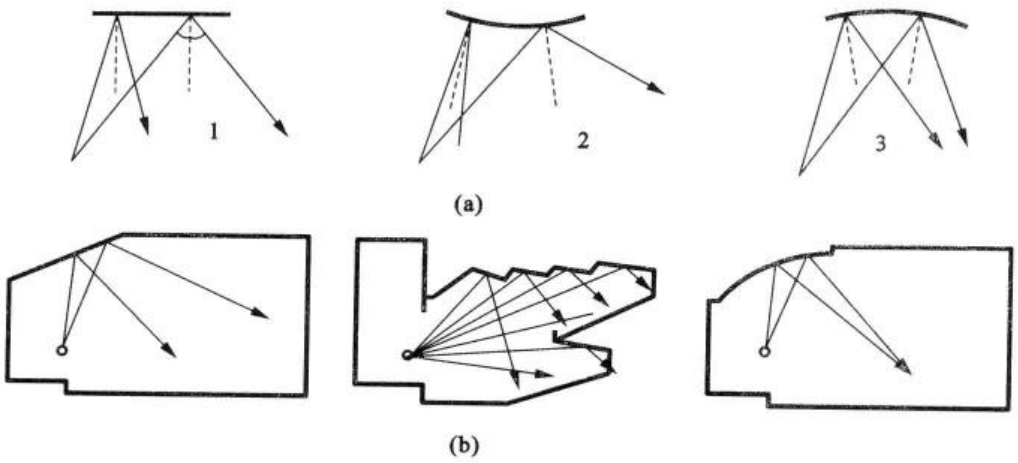


图 3.7　观众厅的剖面形状与音质的关系

(a) 声音反射示意：1—均匀，2—发散，3—聚焦；(b) 观众厅的剖面形状

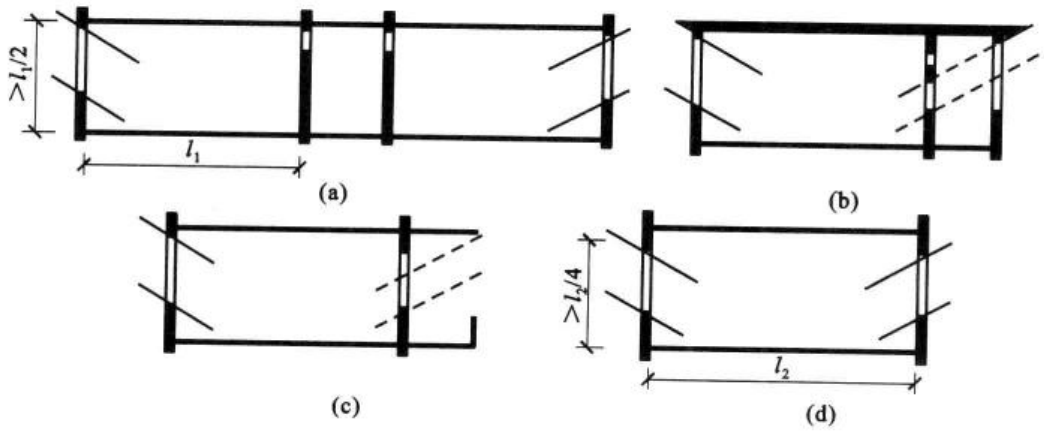


图 3.8　采光方式与房间净高的关系

(a)、(b) 内廊式组合的单侧窗采光；(c) 外廊式组合的双侧窗采光；(d) 双侧窗采光

均匀度。如博物馆展品应避免强烈日照，可将天窗设置在中间；顾客需要仔细观赏画廊中的书画作品，天窗的设置则将光线直射墙面；体育馆比赛区域要亮，观众区要暗，以便更好地欣赏比赛，则天窗的设置是把光线投射到比赛区域等，见图 3.9。展览室、画室需要稳定的光线，在顶部开天窗，可充分利用自然采光，但设置天窗后剖面形状不规则，难以与其他房间组合，故往往设置在建筑物顶层。

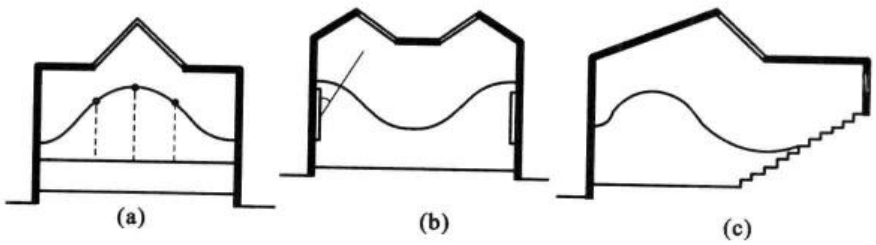


图 3.9　天窗位置对剖面形状的影响

(a) 博物馆；(b) 画廊；(c) 体育馆

(2) 自然通风

建筑物的自然通风则是利用热压和风压使空气流动，达到室内外空气交换来实现的。利用空气加热后体积膨胀、重量减轻的热压原理，在建筑物底部设置进气口，在建筑物上

部设置排气口，冷空气可源源不断从底层进入，热空气从顶层排出，形成穿堂风。利用风吹向建筑物而在不同表面形成风压压差的原理，可在迎风面（正压区）设置进气口，在背风面（负压区）设置排气口来达到通风换气的目的，见图 3.10。

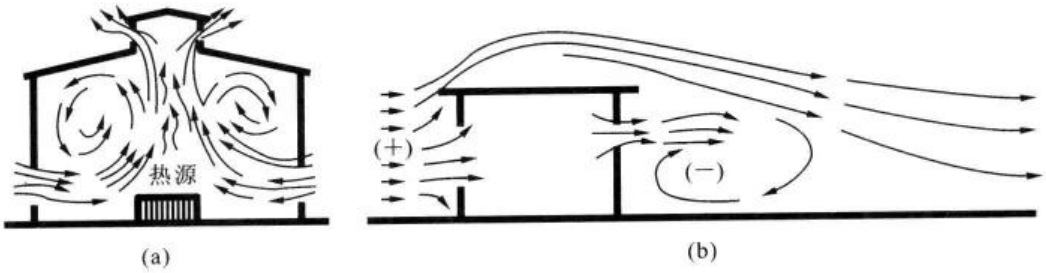


图 3.10　建筑物自然通风原理

（a）利用热压通风；（b）利用风压通风

对于一般房间，在正压区和负压区设置前后贯通的门窗，就可组织起有效的穿堂风，其通风开口面积不小于该房间地面面积的 1/20。厨房的通风开口面积不小于该房间地面面积的 1/10，并不得小于 0.6 m^2。无外窗的浴室和卫生间应设通风道，厨房、卫生间门的下方应设固定百叶窗便于通风。

内走廊组合的教室，应在靠走廊一侧设置高侧窗便于通风。商店营业厅的净高与平面形式和通风方式有关，当采用自然通风时，最大进深与净高的以例关系为 2∶1（单面开窗）或 2.5∶1（前面敞开）时，其净高不低于 3.2 m；最大进深与净高为 4∶1（前后开窗）时，其净高不低于 3.5 m；当采用中央空调时，其净高不小于 3.0 m。见图 3.11。

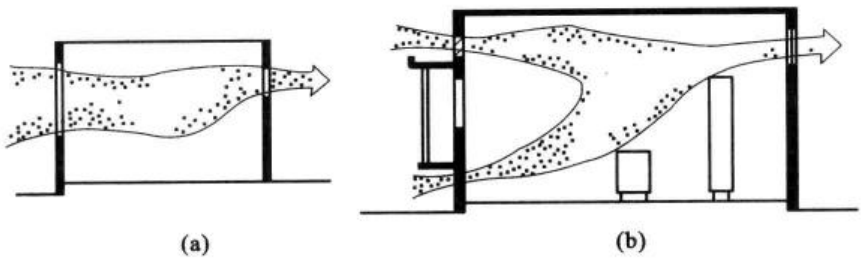


图 3.11　房间进出风口的位置和通风路线示意

（a）教室；（b）营业厅

另外，对于容纳人数较多的公共建筑，除通风换气外，还应考虑房间正常的空气质量，保证房间必要的卫生条件。卫生条件一般是以房间换气次数为依据的，但由于房间换气次数有诸多因素影响，不宜量化，所以采用空气容量作为衡量指标。如中小学教室气容量为 3～5 m^3/人、电影院观众厅为 4～5 m^3/座、体育馆比赛大厅为 6.5～9.0 m^3/座。在设计时，可根据房间的使用性质、容纳人数、使用面积指标以及气容量指标来计算出房间的净高。

在剖面设计中，还可有意改变剖面形状来达到通风换气的目的。如厨房、操作间等房间，由于在使用过程中常产生大量的蒸汽、油烟等，一般要在屋顶设置气楼排烟，见图 3.12。

在建筑物屋顶设置风兜和老虎窗将凉风引入室内；在建筑物中部设置天井，在风压作用下或热压作用下，都可起到抽风换气的作用。

图 3.13 为南方某旅游城市博物馆展厅的剖面图，根据展厅的采光要求，在顶层设置天窗采光，采光带分为中间天窗和边天窗三组，满足展品陈列的光线要求。为避免眩光，

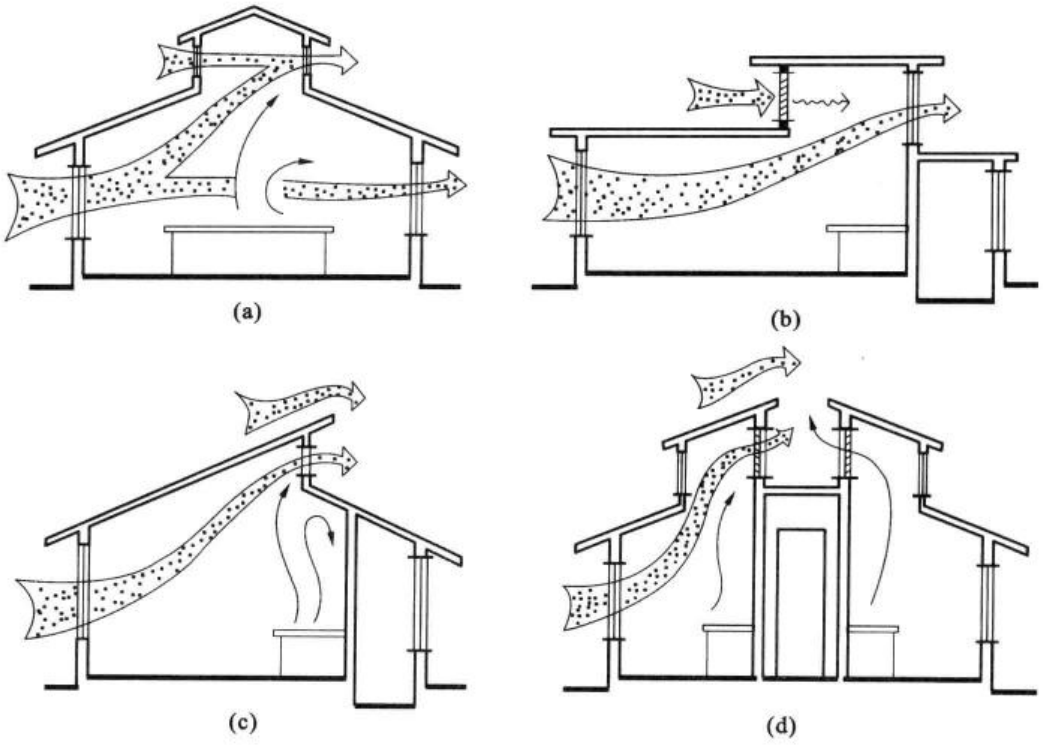


图 3.12　在屋顶设气楼的厨房剖面形状图

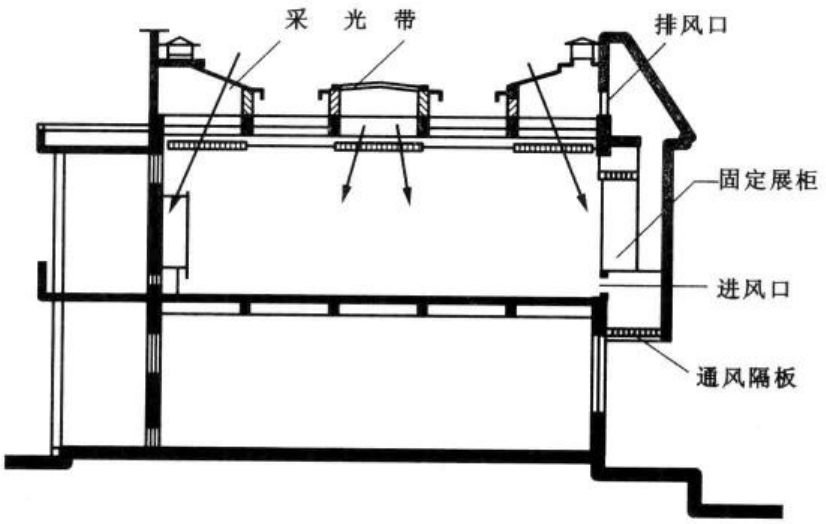


图 3.13　某市博物馆剖面设计图

在屋顶天窗下方设置格栅，在展柜下方设置进风口，在屋顶设置排气口和风帽，利用风压和热压自然通风。该建筑剖面设计很好地解决了天然采光和自然通风的要求。

3.1.3.3　结构要求

房间的净高和剖面形状除应满足使用要求外，还应考虑结构类型的影响。长方形的剖面形状规整、简洁，有利于梁板式结构布置，施工也简单，即使有特殊要求的房间，在满足使用要求的前提下，也宜优先考虑采用矩形剖面。

楼板结构层的高度主要包括楼板、屋面板、梁和各种屋架所占的高度。层高等于净高加上楼板结构层的高度。在满足房间净高要求的前提下，结构层高度对建筑物的层高尺寸影响较大。结构层愈高，层高愈大；反之，则层高愈小。见图 3.14。一般开间较小的房

间，如住宅中的卧室、起居室等，多采用墙承重结构，楼板直接搁置在承重墙上，层高等于净高加板厚；开间进深较大的房间，如教室、餐厅、商店等，多采用梁板结构，层高等于净高加梁高和板厚。当房间的顶棚采用吊顶棚构造时，层高也应适当增加，以满足房间的净高要求。对于有空调要求的房间，通常需要在顶棚内布置水平风管，确定层高时必须考虑风管设备的尺寸要求及必要的检修空间。

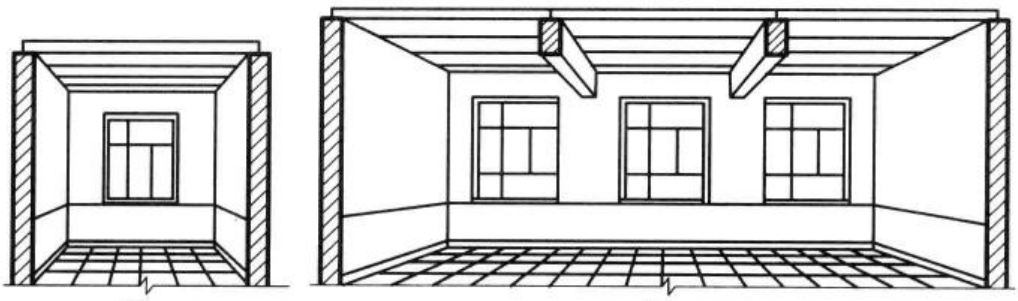


图 3.14　楼板厚度对建筑层高的影响

(a) 平板式楼板；(b) 梁板式楼板

不同的结构类型对房间的剖面形状起着一定的影响，大跨度建筑的房间剖面由于结构形式的不同而形成不同的内部空间，如北京朝阳体育馆，见图 3.15。比赛大厅采用下沉式，减小了建筑物的体量和高度，室内外高差的减小，也便于人们交通路线的组织。屋面采用索拱、索网结构，两端的钢筋混凝土刚架拉起中部的索拱，索拱和看台结构支撑起索网，使比赛大厅中部突起，满足比赛高度的要求，两边看台降低高度，既满足观看要求，又减小空间，节省能源；独特的空间形状似彩虹、似飞鸟，新颖奇特，美观大方。

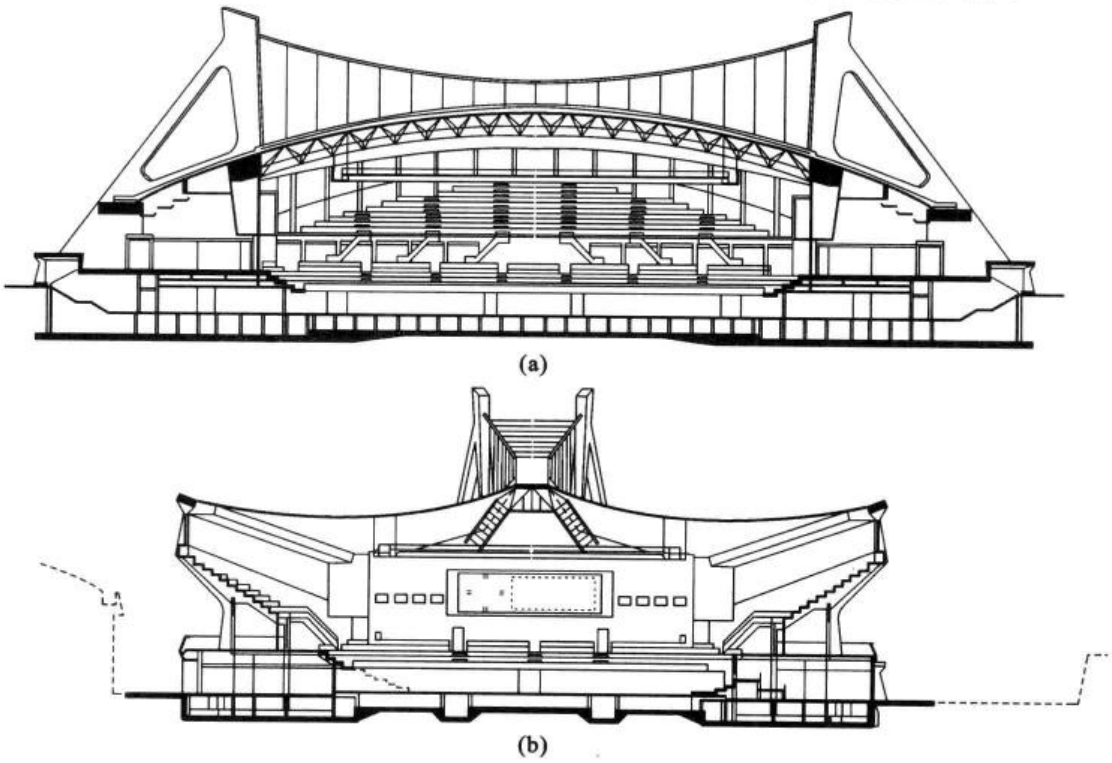


图 3.15　北京朝阳体育馆剖面图

(a) 纵剖面图；(b) 横剖面图

3.1.3.4　建筑经济效果

层高是影响建筑造价的一个重要因素。在满足使用要求和卫生条件的前提下，适当降低层高可相应减小房屋间距，节约用地，同时还可减轻房屋自重，减少围护结构面积，改善结构受力情况，节约材料，降低能耗。以住宅为例，人们普遍认为，房屋净高越高，通风越好，其实根据中国建筑科学研究院《有关住宅净高与自然通风》一文的研究成果，改善室内微小气候，主要取决于房间平面布置有无对流通风条件，与室内高度关系不大，而且由于净高减小后房间断面变小，风速反而有所增加。在国际上把室内净高定为 2.4 m 的国家有美国、英国、日本等国。我国规定住宅层高宜为 2.8 m，是为了节地、节能和可持续发展。表 3.1 是我国根据多年来的设计实践，部分现行规范对不同类型建筑室内净高和层高的规定。

表 3.1　部分现行规范对不同类型建筑室内净高和层高的规定(m)

建筑类型	房间名称		室内净高	层高	备　注
住宅	卧室、起居室		≥2.4	2.8	局部净高≥2.1 m，利用坡屋顶做卧室、起居室时，其 1/2 面积的室内净高不应低于 2.1 m
	厨房、卫生间		≥2.2		排水横管下缘净高≥1.9 m
宿舍	居室	双层床	≥3.4	≥3.6	
		单层床	≥2.6	≥2.8	
	辅助用房		≥2.5		
旅馆	客房	有空调	≥2.4		利用坡屋顶做客房时，应有≥8 m^2 面积的室内净高不应低于2.4 m
		无空调	≥2.6		
	卫生间、公共过道		≥2.1		
中小学	教室	小学	≥3.0		合班教室净高≥3.6 m 阶梯教室最后一排净高≥2.2 mm
		中学、中师	≥3.1		
	实验室		≥3.1		
	舞蹈教室		≥4.5		
	教学辅助用房		≥3.1		
	办公及辅助用房		≥2.8		
办公建筑	办公室	一类办公	≥2.7		无空调时净高各增加 0.1 m
		二类办公	≥2.6		
		三类办公	≥2.5		
	走道		≥2.2		
	储藏室		≥2.0		
图书馆	书库、阅览室藏书区		2.4		

续表 3.1

建筑类型	房间名称		室内净高	层高	备　注
博物馆	陈列室		3.5～5.0		
	藏品库房		2.4～3.0		
饮食建筑	餐厅	大	≥3.0		设异型顶棚最低处≥2.4 m
		小	≥2.6		设空调者≥2.4 m
	厨房、加工间		≥3.0		

注：摘自现行建筑单体规范。

3.1.3.5　室内空间比例的要求

在确定房间高度时，既要考虑房间的高宽比例，又要注意选择恰当的尺度，给人以适宜的空间感受。不同的比例尺度往往得出不同的心理效果：高而窄的比例容易使人产生兴奋、激昂、向上、严肃的感受，但过高会使人感到空荡、不亲切；宽而矮的空间使人感觉宁静、开阔、亲切，但过低又会使人感到压抑、沉闷，见图 3.16。一般来说，面积大的房间高度要高些，面积小的房间高度可适当降低，室内高度与宽度的比例宜为 1∶1～1∶3。

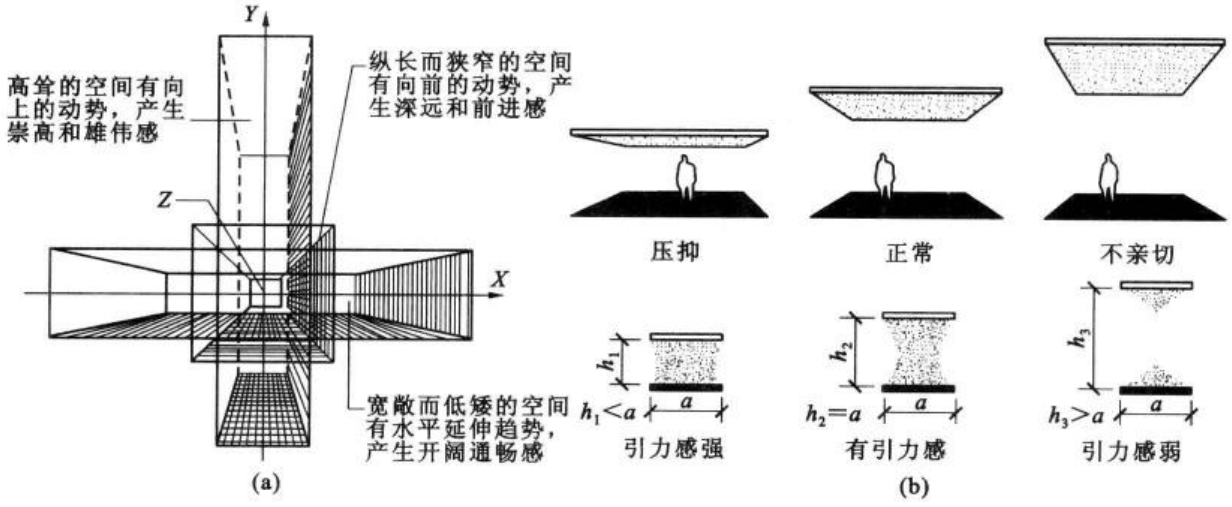


图 3.16　室内空间比例与高度的要求

(a) 不同的空间比例产生不同的空间感；(b) 相对高度与绝对高度

建筑的使用性质不同，对空间比例尺度的要求也不同。住宅建筑要求空间具有小巧、亲切、安静的气氛，其开间与层高接近；纪念性建筑则要求有高大的空间以造成严肃、庄重的气氛，高度往往比宽度大很多；大型公共建筑的休息厅、门厅，层高不高，但墙体可以做得很通透，给人以开敞明亮的感觉。

处理空间比例时，相同的房间高度采用不同的处理手法可以获得不同的空间效果：

① 利用对窗户的不同处理来调节空间的比例感，如图 3.17 所示。细而高的窗户，强调了竖向线条，加大了房间的视觉高度；宽而长的窗户则强调了横向线条，压低了房间的视觉高度。

② 运用高低对比的手法，通过将次要空间的顶棚降低，来衬托出主要空间的高大和次要空间的亲切。

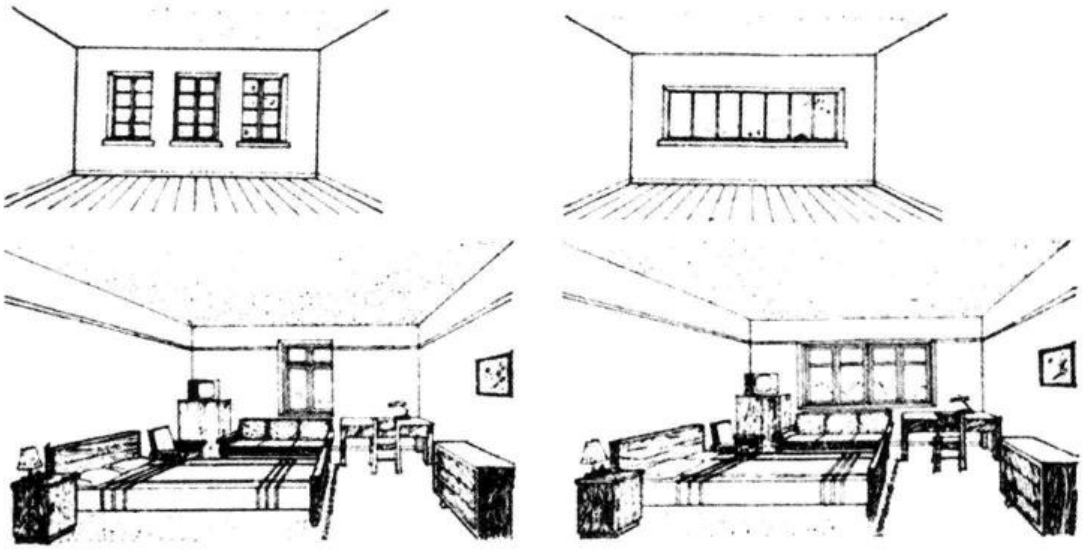


图 3.17　空间处理的手法与效果

3.1.4　窗台高度

窗台高度与使用要求、人体尺度、家具尺度及房间的通风要求有关。大多数民用建筑的窗台高度主要考虑方便人们工作、学习，保证书桌上有充足的光线。书桌的高度一般为750～780 mm，窗台过高，书桌将全部或大部分处在阴影区，影响了使用光线，所以一般窗台常取900～1000 mm，这样窗台距桌面高度控制在100～200 mm左右，保证了桌面上充足的光线，并使桌上纸张不致被风吹出窗外。对于有特殊要求的房间，如设有高侧窗的展厅，展板一般设在墙上，为消除和减少眩光，便于人们观赏，窗台高度提高到离地2500 mm以上；厕所、浴室为保护人们的隐私，窗台可提高到1500～1800 mm左右；公共厕所窗台高度为1.8 m，托儿所、幼儿园窗台高度应考虑儿童的身高及较小的家具设备，医院儿童病房为方便护士照顾病儿，窗台高度均应较一般民用建筑低一些，见图3.18。

除此之外，有些公共建筑的房间如餐厅、休息厅、娱乐活动场所，以及疗养建筑和旅游建筑，为使室内阳光充足和便于观赏室外景色，丰富室内空间，常将窗台做得很低或采用落地窗。

3.1.5　室内外高差

为了防止室外雨水流入室内，并防止墙身受潮，一般民用建筑常把室内地坪适当提高，使建筑物室内外地面形成一定高差。一般情况下，建筑物底层地面应高出室外地面至少150 mm，并不低于室外道路中心线的标高。如果建筑物面临的是城市道路，则建筑物室内标高应高出城市道路中心线标高250～300 mm。

当建筑物有进车道时，室内外高差一般为150 mm；无进车道时，只考虑行人要求。一般室内外高差为450～600 mm，允许在300～900 mm范围内变动。

位于山地和坡地的建筑物，应结合地形的起伏变化和室外道路布置等因素，综合确定底层地面标高，使其既方便联系，又有利于室外排水和减少土石方工程量。

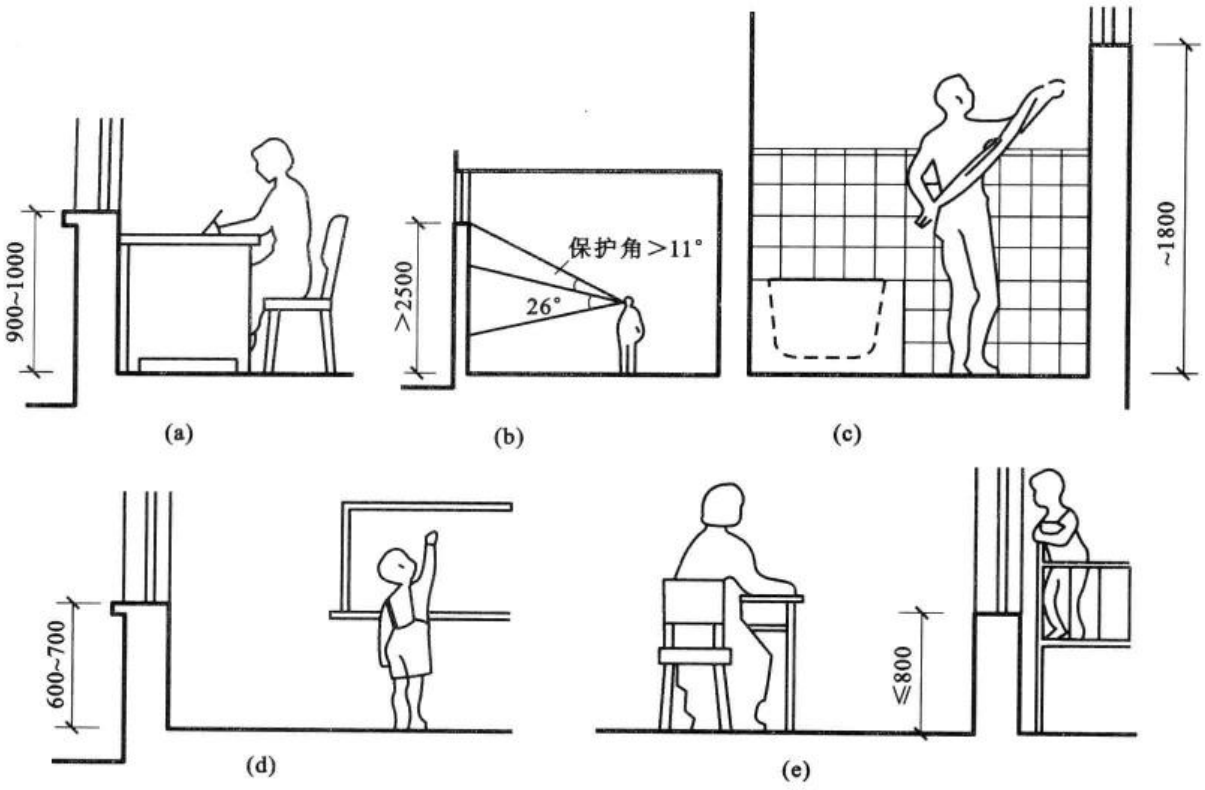


图 3.18　窗台高度的确定

(a) 一般民用建筑；(b) 展览馆陈列室；(c) 卫生间；(d) 托儿所、幼儿园；(e) 儿童病房

一般民用建筑应具有亲切、平易近人的感觉，因此室内外地面高差不宜过大。纪念性建筑除在平面空间布局及造型上反映出它自己独有的性格特征以外，还常常借助于室内外地面高差值的增大，如采用高的台基和较多的踏步处理，以增强严肃、庄重、雄伟的气氛。

在建筑设计中，一般底层主要房间地面标高为±0.000，高于它的为正值，低于它的为负值。

3.1.6　建筑高度

建筑高度：平屋顶按室外地面到檐口或女儿墙高度计算；坡屋顶按室外地面到屋脊至屋檐的平均高度计算。屋顶上的水箱间、电梯机房、楼梯出口小间等占屋顶平面面积不超过 1/4 且高度不超过 4 m 者，可不计入建筑控制高度。如建筑物处于飞行航线控制高度以内的区域时，其高度应包括上述屋顶突出物。

建筑消防高度：建筑物室外地面至平屋面面层或坡屋面檐口高度。

在重点文物保护单位和重要风景区附近的建筑物，其建筑高度是指建筑物的最高点。

3.2　建筑层数的确定

房屋用途不同，使用对象不同，对层数的要求就会有差异。影响和确定房屋层数的因素很多，概括有如下几个方面。

3.2.1 使用要求

办公楼、旅馆等公共建筑，使用人数不多，室内空间高度较低，房间荷载不大，可采用多层、高层和超高层，利用楼梯、电梯作为垂直交通工具。世界上著名的高层建筑几乎都是办公建筑或酒店式办公建筑，如我国上海市的金茂大厦和台北市的101大厦、美国芝加哥的西尔斯大厦、马来西亚的石油大厦等。

住宅可建低层、多层和高层，主要是根据总体规划来定。别墅和联排住宅一般为低层；6层及6层以下为多层；当住宅建到7层或顶层住户入口楼面距室外设计地面的高度超过16 m时，就必须设置电梯。

无电梯宿舍层数不得超过6层，7层及7层以上应设置电梯，居室最高层入口楼面标高距室外地面的高度大于21 m时，也应设电梯。

托儿所、幼儿园等建筑，考虑到儿童的生理特点、活动特征和必要的安全性，同时便于室内与室外活动场所的联系，其层数不宜超过3层。

小学、中学的教学楼，考虑到学生在十分钟课间时间只能上下楼，而很少活动，这种过度的紧张对青少年成长不利，为了让学生更多地吸收阳光，教学楼最好建低层，但又考虑到节约用地，规范规定小学教学楼不应超过4层，中学教学楼不应超过5层。

老年人建筑层数宜为3层或3层以下，如大于3层则应设置电梯。这是因为老年人随着年龄的增长，会出现视力衰退、耳聋眼花、行走困难，甚至需借助扶手、拐杖、轮椅，由于动作迟缓、准确度降低，需要较宽松的空间环境；在心理上多有孤独感，需要多的相互交流，低层建筑正好可以满足老年人的需求。

影剧院、体育馆等一类公共建筑都具有面积和高度较大的房间，且人流集中，为了能够迅速、安全地进行疏散，宜建成单层或低层。

3.2.2 结构、材料和施工的要求

建筑结构类型和材料强度是决定房屋层数的基本因素。

砌块建筑采用墙承重的梁板结构体系，墙体材料多采用砖或砌块，自重大、强度低，墙体厚度随层数的增加、荷载的加大而加厚，既费材料又减少了有效的使用空间，因此建筑层数一般不超过6层，如住宅、宿舍、中小学教学楼、中小型办公楼、医院、食堂等。

梁柱承重的框架结构、剪力墙结构和框架-剪力墙结构等体系整体性好，承载力高，可用于多层、高层和超高层建筑。高层建筑的风荷载是随着建筑高度的增加而增加的，高度越高，风荷载越大。框架结构中框架柱是主要抗风构件，为了抵抗风荷载，柱子会做得很大。考虑到经济效益，框架结构一般做到15层左右。纯剪力墙结构是由钢筋混凝土墙体整浇而成的墙承重结构，抗风能力非常强，但由于其开间进深都很小，只适用于住宅公寓等居住建筑。框架-剪力墙结构是在框架结构中增设部分剪力墙，提高其抗风能力，适应的建筑类型范围更广一些，但抗风能力不如剪力墙结构，建设高度也没有剪力墙结构高。筒体结构是将剪力墙组合成筒体，有单筒、筒中筒、框-筒、束筒等，其抗风能力优于剪力墙结构，应用范围也更加广泛，见表3.2和图3.19。

表 3.2　无抗震设防要求的各种结构体系最大高度(m)

结构体系	框架	框架-剪力墙	纯剪力墙	框架-筒体	筒中筒、束筒
适用功能	商业娱乐办公	酒店办公	住宅公寓	办公、酒店、公寓	办公、酒店、公寓
高度限值	60	130	140	130	180

注：摘自《建筑设计资料集》第 2 版第 2 册。

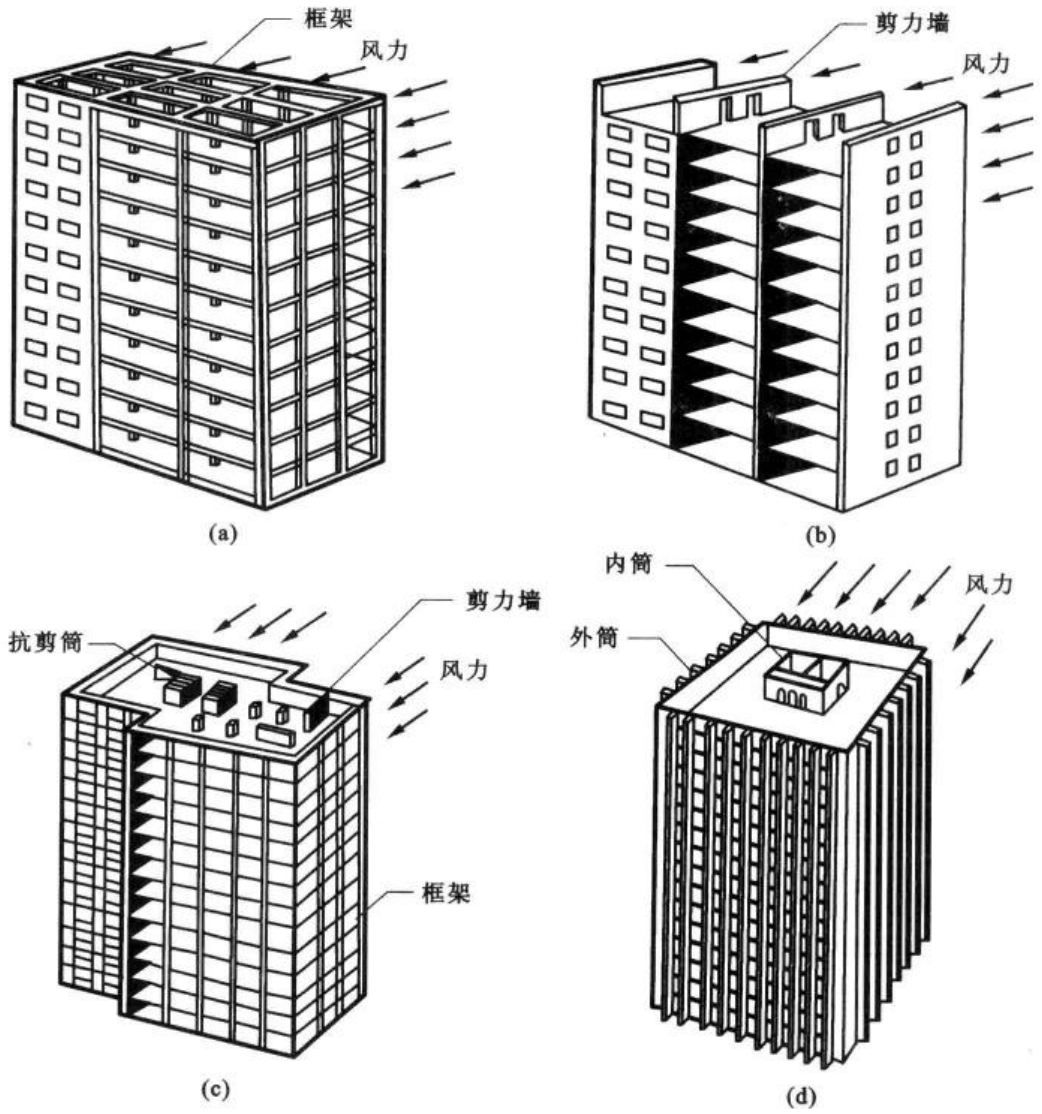


图 3.19　高层结构体系示例

(a) 框架结构；(b) 剪力墙结构；(c) 框架-剪力墙结构；(d) 筒体结构

空间结构体系，如薄壳、网架、悬索等适用于低层大跨度建筑，如影剧院、体育馆、仓库、食堂等。

3.2.3　建筑基地环境与城市规划的要求

房屋的层数与所在地段的大小、高低起伏有关。在建筑用地面积比较小的情况下，为了达到一定的总建筑面积，就需要增加房屋的层数。

确定房屋的层数要符合各个地区城市规划部门对整个城市面貌的统一要求。城市规

划和城市设计对于建筑层数和建筑高度都有明确的规定，例如对于中心城区的建筑，由于寸土寸金，建筑一般都尽量向空中发展。

历史文化名城在规划设计时必须控制历史城区内的建筑高度，在分别确定历史城区建筑高度分区、视线通廊内建筑高度、保护范围和保护区内建筑高度的基础上，制定历史城区的建筑高度控制规定，见图 3.20。对保护范围内的建筑高度进行控制的目的是对保护对象周边的景观环境进行保护；对视线通廊内建筑的高度进行控制的目的是保护历史城区整体上的视觉关联性；对历史城区的建筑高度进行整体上的分区控制是为了保证历史城区的整体尺度。

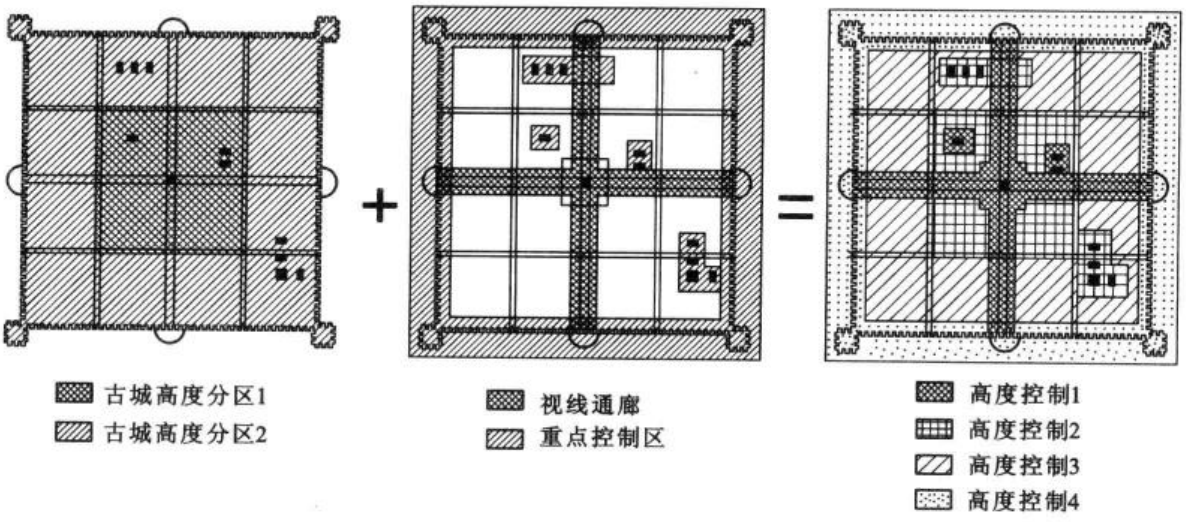


图 3.20　历史城区高度分区与控制示例

风景名胜区宜采用小巧、低层的建筑群，以便融入自然的环境中去，尽量避免喧宾夺主。图 3.21 为坐落在湘西张家界风景区的一个职工疗养院，为了保护环境，建筑采用低层庭院式组合，建筑造型和装饰采用湘西民居形式，与村庄融为一体，在自然景观的映衬下显示了典雅、清新的特点，成为一组赏心悦目的园林建筑群。

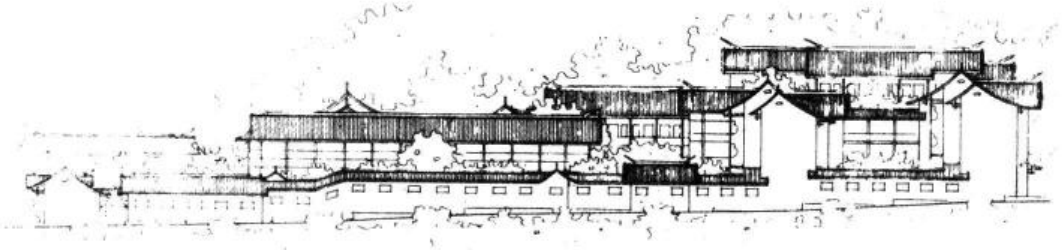


图 3.21　湘西某职工疗养院

3.2.4　建筑防火要求

按照《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)的规定，建筑的层数应根据建筑的性质和耐火等级来确定。耐火等级为一、二级的建筑，原则上层数不受限制；耐火等级为三级的建筑，层数不应超过 5 层；耐火等级为四级的建筑，层数不应超过 2 层(见表 3.3)。住宅建筑中，四级耐火等级建造层数不大于 3 层，三级耐火等级建造层数不大于 9 层，二级耐火等级建造层数不大于 18 层，一级的不限。

表 3.3　多层建筑的耐火等级与建筑层数的关系

耐火等级	最多允许层数	防火分区的最大允许建筑面积(m^2)	备　注
一、二级	≤9 层的居住建筑 高度≤24 m 的公共建筑	2500	托儿所、幼儿园的儿童用房和儿童游戏厅等儿童活动场所，不应超过 3 层或设置在 4 层及 4 层以上楼层或地下、半地下室内
三级	5 层	1200	托儿所、幼儿园的儿童用房和儿童游戏厅等儿童活动场所、老年人建筑和医院、疗养所的住院部分，不应超过 2 层或设置在 3 层及 3 层以上楼层或地下、半地下室内 商店、学校、电影院、剧院、礼堂、食堂、菜市场不应超过 2 层或设置在 3 层及 3 层以上楼层
四级	2 层	600	学校、食堂、菜市场、托儿所、幼儿园、老年人建筑、医院不应设置在 2 层
地下、半地下建筑(室)		500	—

注：摘自《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)第 5.1.7 条。

3.2.5　建筑经济要求

在建筑群体组合中，单体建筑的层数愈多，用地愈经济，见图 3.22(a)。一栋 5 层的住宅和 5 栋单层住宅相比较，在保证日照间距的条件下，前者的用地面积约为后者的1/2，且道路和室外管线设置也相应减少。但同时也应注意，建筑层数的增多也会随着结构形式的变化和公共设施(如电梯)的增加，提高单方造价，所以确定建筑层数必须综合考虑各个方面的因素。

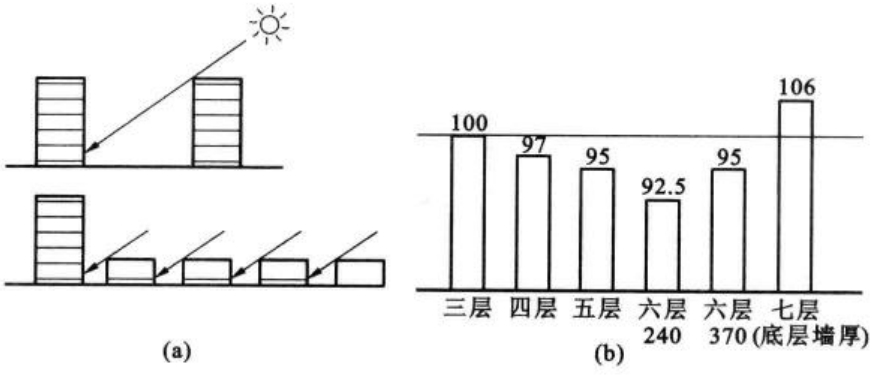


图 3.22　建筑层数与经济性的比较

(a) 建筑层数与占地面积比较；(b) 建筑层数与造价比较

建筑造价与建筑层数关系密切。以砖混结构的住宅为例[见图 3.22(b)]，以 3 层的单位造价为 100%，造价随着层数的增加而降低，这是因为在一般地基条件下，基础造价无明显增加，将其平摊到每平方米造价上反而下降，但达到 6 层以上时，由于墙身截面尺寸的变化以及基础造价的上升，造价又会随着层数的增加而增加，所以 6 层砖混结构的住宅是比较经济的。

3.3 建筑空间的组合

3.3.1 剖面组合的方式

建筑剖面的组合方式主要是由建筑物中各类房间的高度和剖面形状、房间的使用要求和结构布置特点等因素决定的。剖面的组合方式有单层、多层、高层、错层、跃层等。

3.3.1.1 单层

单层剖面便于房屋中各部分人流或物品与室外直接联系，疏散方便快捷是一大优势，缺点是占地较多。单层剖面适用于覆盖面及跨度较大的结构布置，如体育馆、影剧院等。一些顶部要求自然采光和通风的房屋，也采用单层剖面形式，如展览大厅、食堂、单层工业厂房等。图 3.23 为某大学讲堂群，阶梯教室平面采用六边形，有着很好的视听效果；由于阶梯教室人流量较大，且教室前后高差较大，将剖面采取单层组合方式，每个教室都有不少于两个以上的疏散门，便于学生在紧急状况下从门厅和侧门疏散；中厅采用顶部采光，避免了暗房间，给学生创造了一个宽敞、明亮、优美的学习环境。

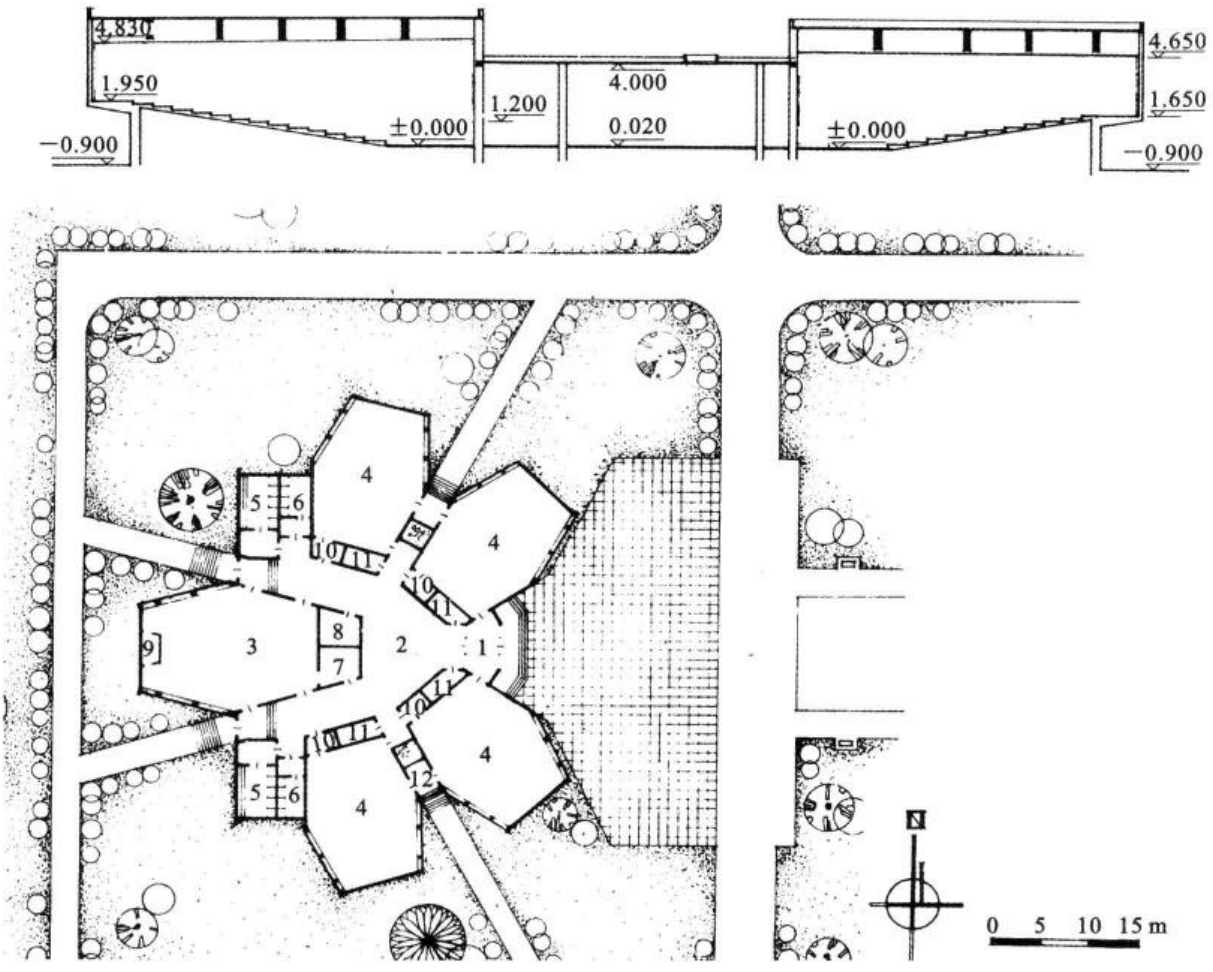


图 3.23 某大学讲堂群平面、剖面图

1—门厅；2—大厅；3—报告厅；4—阶梯教师；5—男厕；6—女厕；7—控制室；8—空调机房；9—放映室；10—声闸；11—储藏间

3.3.1.2　多层

多层剖面的室内交通联系比较紧凑，适用于有较多相同高度的房间的组合，垂直交通可通过楼梯或电梯联系，如单元式住宅及走道式的教学楼、办公楼、宿舍等。

图 3.24 为南方某市政府办公楼，主体为 4～5 层，采用内庭院单外廊平面组合。为了保留两棵大树，东西向的办公室层层后退，一是保证了树冠的伸展，二是不占用建筑物东西两侧墙外的车道。正面一层全开敞，一部直楼梯通向二层，既体现了政府办公机构的庄严，又体现了亲民作风。

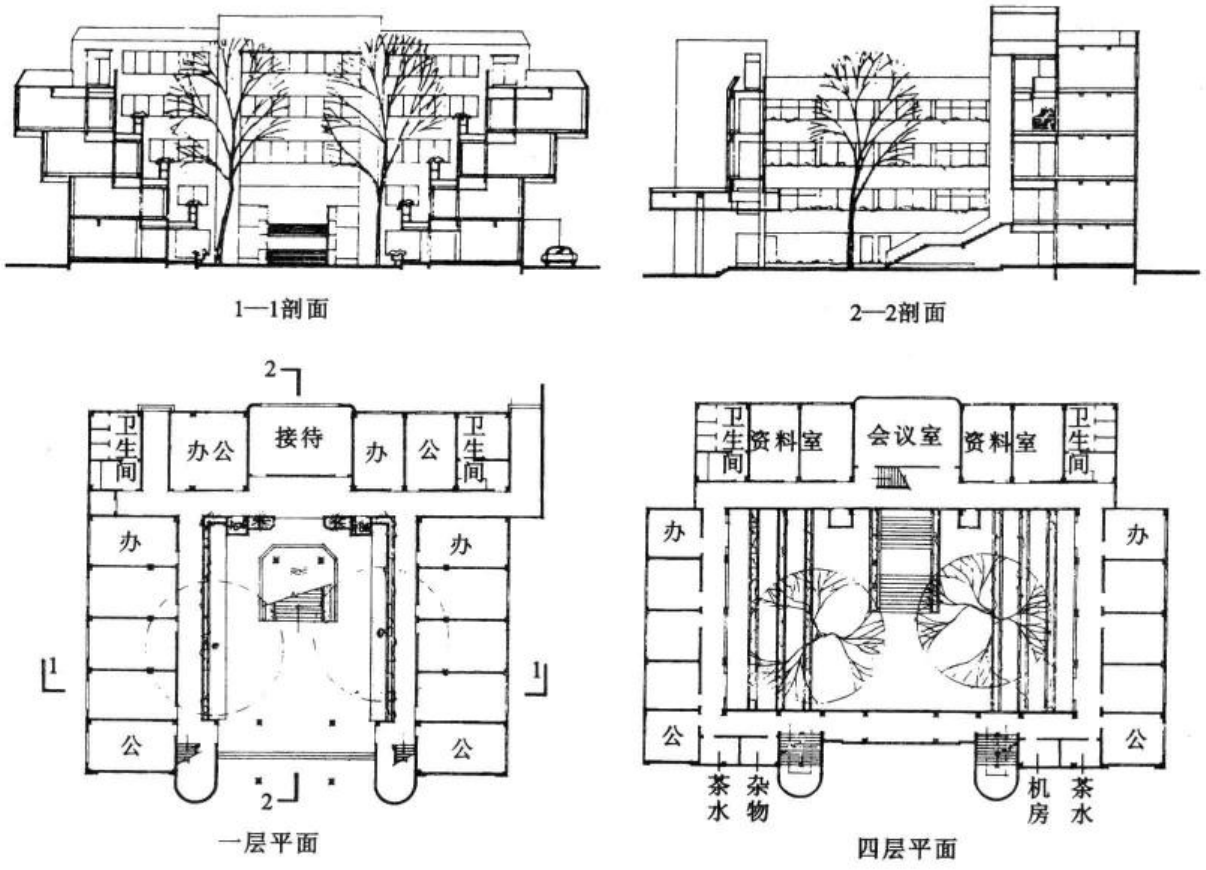


图 3.24　某政府办公楼

3.3.1.3　高层

高层剖面形式能在占地面积较小的条件下，建造使用面积较多的房屋，节约用地，有利于室外辅助设施和绿化的布置。高层建筑一般在垂直方向实行功能分区，将功能相近、层高相同、空间大小相似的部分组合在一起，便于空间组合和结构选型。图 3.25 为一高层综合办公楼，1～4 层为营业大厅，5～7 层为交易大厅，8～14 层为办公部分，地下设停车库，顶楼设设备间和电梯机房。

3.3.1.4　错层

当建筑物的同层楼板不在一个平面上且有一定的高差时即为错层。在住宅建筑中，当入户标高相差 1/2、1/3 或 1/4 层高时，统称为错层式。当建筑物内部由于净高不同出现高差或受地形条件限制，使建筑几部分的楼地面出现高低错落时，可采用错层组合的方式，见图 3.26。

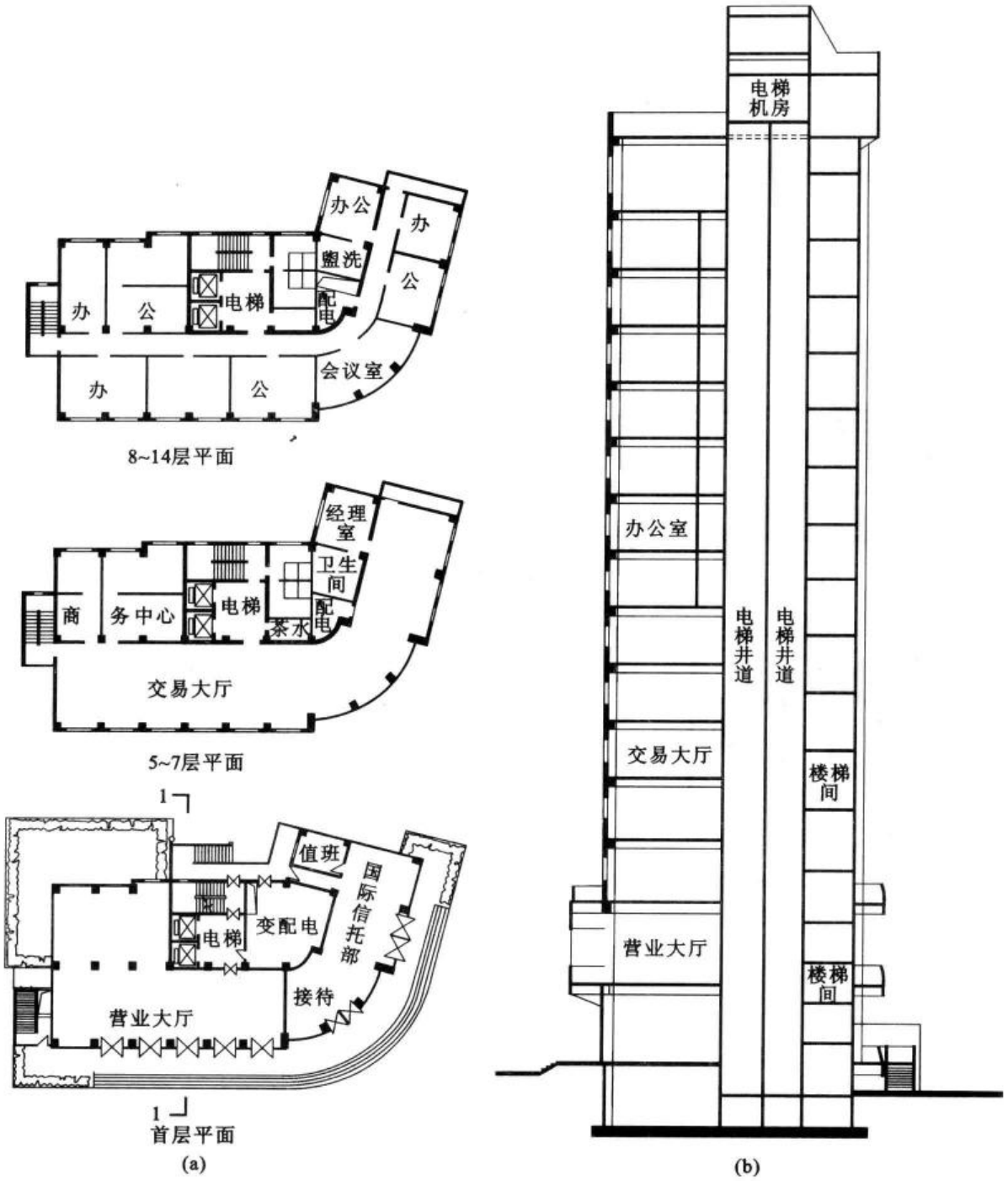


图 3.25　某高层综合办公楼

(a) 平面图;(b) 1—1 剖面

3.3.1.5　跃层

当住宅入户标高相差一层以上或一户占用一层半或两层以上户内空间时,统称为跃层式或跃廊式。这种空间组合方式常用于住宅建筑,其可以充分利用空间。图 3.27 为一栋 5 层住宅,层高 3.6 m,在设计中巧妙利用卧室、厨房、卫生间与起居室所需高度的不同,设置夹层,形成净高 2.3 m 跃半层的卧室、厨房和卫生间,使 5 层的住宅有 8 层的空间可以利用。

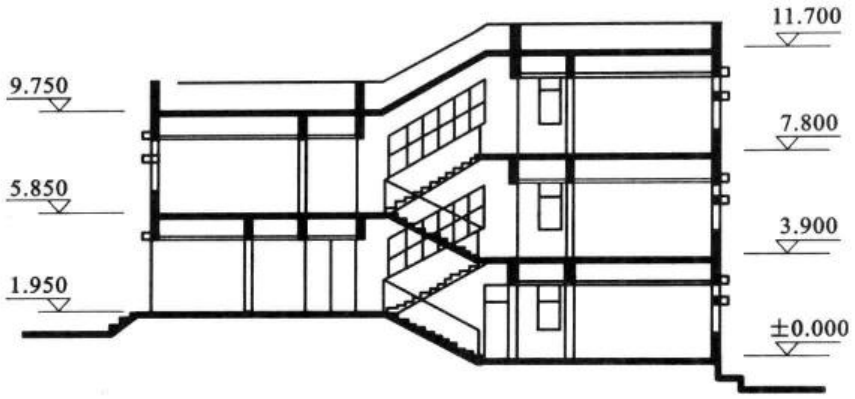


图 3.26　错层式组合示例

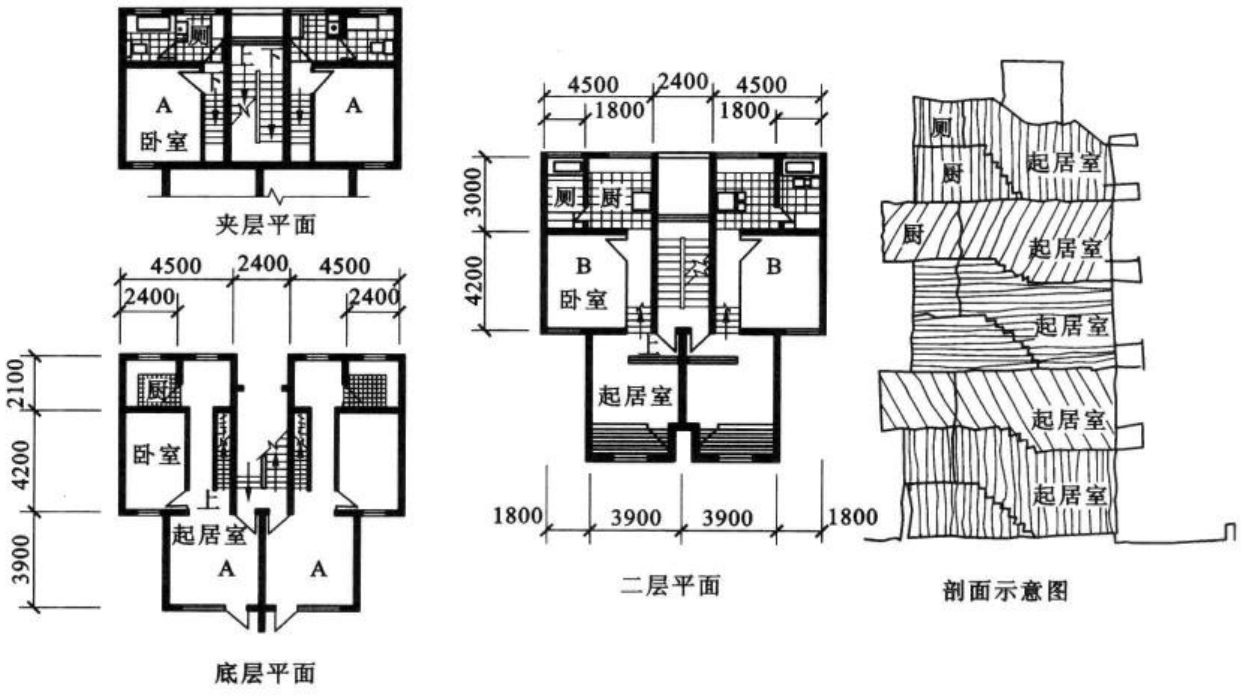


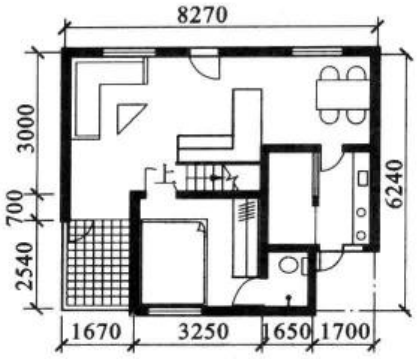
图 3.27　跃层式住宅示例

3.3.1.6　复式住宅

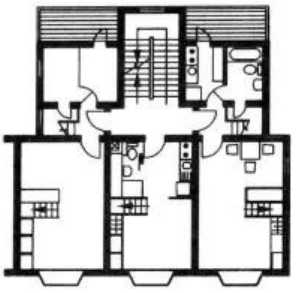
复式住宅是香港建筑师李鸿仁的首创，主要思想是在有限的建筑面积里创造出更多的使用面积。通常在层高较高的一层中设置一夹层，两层合计的层高要低于跃层式住宅。复式住宅利用室内不同的活动对净高的不同要求，在下层设起居、厨房、进餐空间，在夹层设卧室和储藏室，形成相对独立的空间，互不干扰且均有良好的采光通风条件，见图3.28。复式住宅在层高提高到 3.4 m 以后与 2.7 m 层高的普通住宅相比，在使用面积相同的情况下，可节约投资 20%～30%，节约用地 10%～20%。

3.3.2　建筑空间的组合

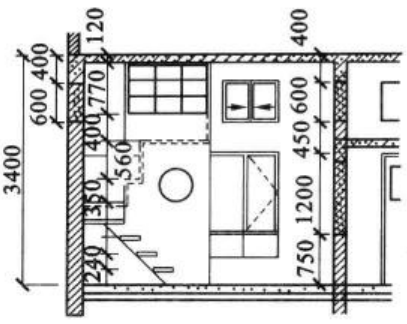
建筑空间组合是根据内部使用要求，结合基地环境等条件将各种不同形状、大小、高低的空间组合起来，使之成为使用方便、结构合理、体形简洁完美的整体。



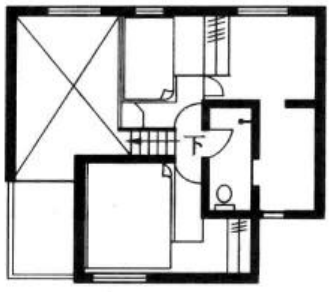
下层平面



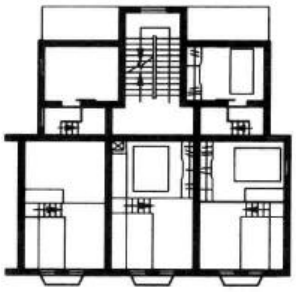
组合单元下层平面



剖面



夹层平面



组合单元夹层平面

户型	建筑面积	使用面积
三室二厅	52 m^2	90 m^2

图 3.28　复式住宅示例

3.3.2.1　空间组合的原则

(1) 根据建筑的功能和使用要求，分析建筑空间的剖面组合关系

在剖面设计中，不同用途的房间有着不同的位置要求。一般情况下，对外联系密切、人员出入频繁、室内有较重设备的房间应位于建筑的低层或下部；那些对外联系较少、人员出入不多、要求安静或有隔离要求、室内无大型设备的房间，可以放在建筑的上部。如在旅馆建筑中，将人员出入较多、对外联系较多的餐厅、多功能厅、休息厅等放在建筑下部，而将需要安静、隔离的客房放在建筑上部。在进行建筑空间的剖面组合时，还应考虑各个使用房间的相互联系，通常将功能相近、联系密切的房间组合在同一层中。

(2) 根据房屋各部分的高度，分析建筑空间的剖面组合关系

不同功能的房间有不同的高度要求，而建筑则是集多种用途的房间为一体的综合体。在建筑的剖面组合设计中，需要在功能分析的基础上，将有不同高度要求的大小空间进行归类整合，按照建筑空间的剖面组合规律，使建筑的各个部分在垂直方向上取得协调统一。

3.3.2.2 空间组合

(1) 重复小空间的组合

办公楼、教学楼、宿舍楼、住宅楼等都属于这一类型的组合。房间开间、进深基本一致，在平面组合中表现为走廊式或套间式，使用房间和辅助房间上下对齐，有水房间和管道井位于每层的同一部位。由于它们层高相近，剖面形状多为矩形，一般将层高相同、功能相同或相近的房间设置在同一层上，用楼梯连接各个楼层。当楼层根据使用要求出现不大的高差时，可通过楼梯踏步进行调整。从结构上体现出承重墙上下对齐，框架柱贯穿整个高度，整个结构体系比较规整，与建筑协调一致。

图 3.29 为某大学宿舍楼。从图中可以看出宿舍居室开间、进深、层高完全一致，表现

在剖面组合中是居室上下对齐，盥洗室、厕所等有水房间便于水管的设置，也在同一位置设置，楼梯和走廊作为交通疏散部分，每个居住单元之间用连廊进行联系。

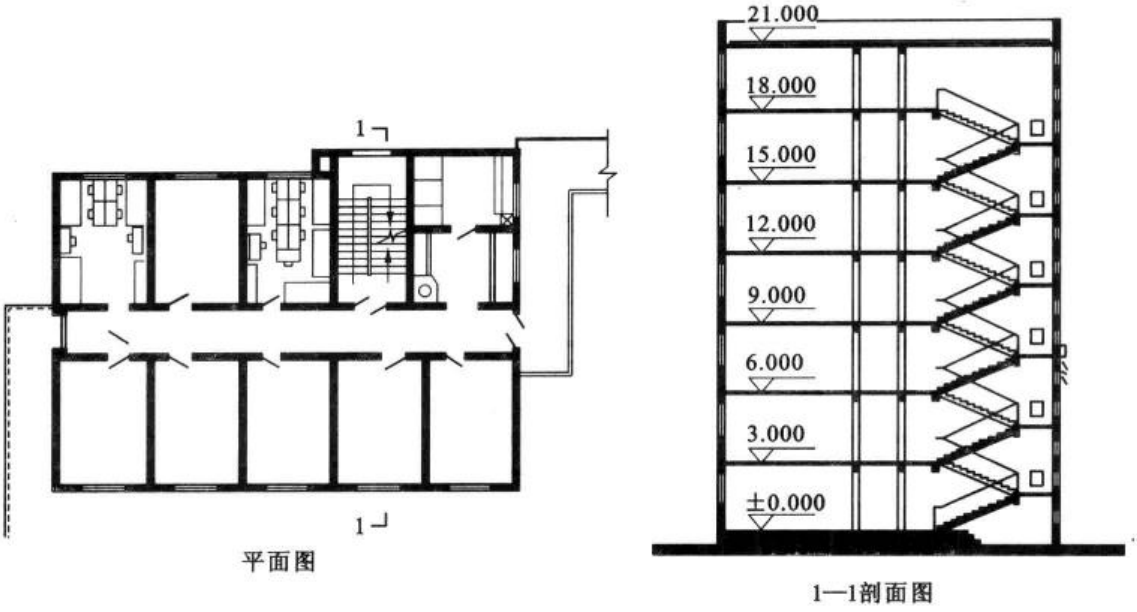


图 3.29　某大学宿舍

图 3.30 为某单位办公楼，办公室部分为六层小空间组合，午餐厅、会议室等大房间布置在一侧。为了简化结构，将一、二层层高定为 3.6 m，其净高可满足办公和会议的要求，三层大会议室由于设在顶层，高度不受办公室影响，3～6 层办公室层高均为3.3 m，门厅部分设两层空高的中庭，显得大气、通透。

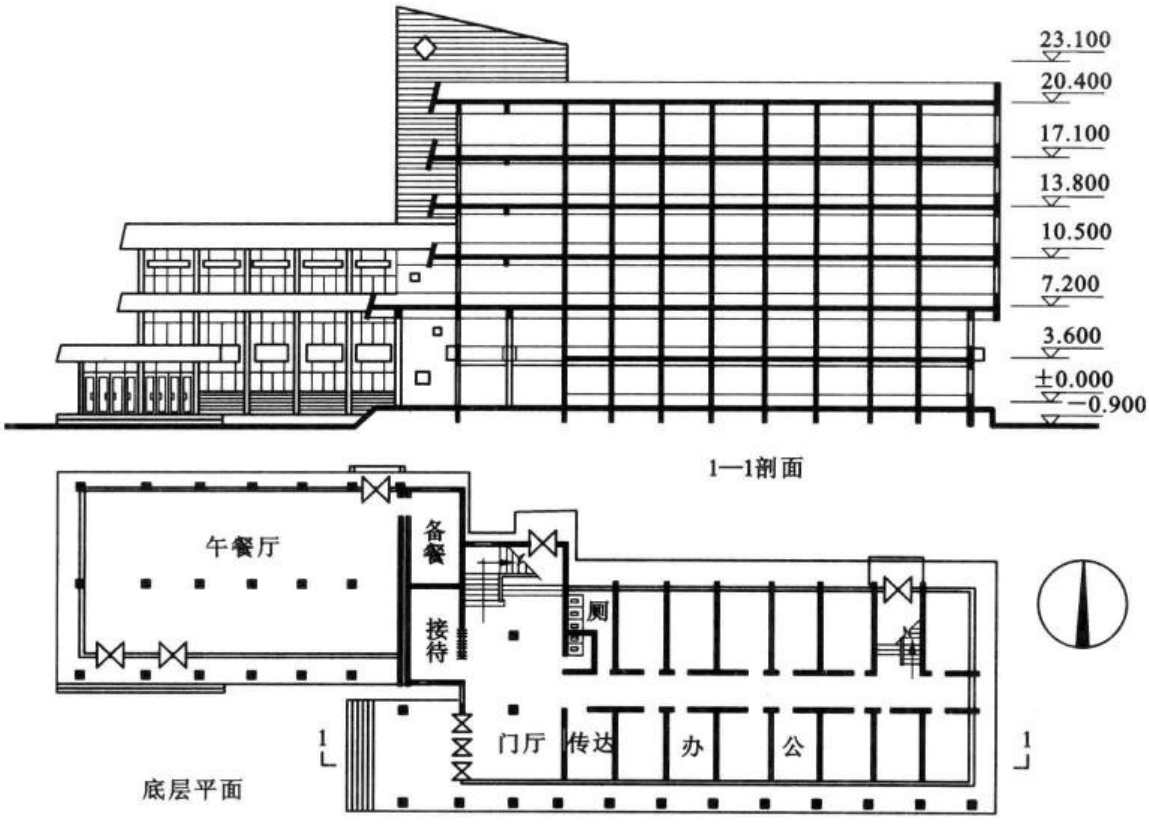


图 3.30　某单位办公楼

(2) 高度相差较大的空间组合

高度相差较大的房间，可根据各个房间实际需要的高度进行组合，形成高度变化的剖面形式。

单层建筑在空间组合上较为自由，对建筑高度和剖面形状限制较小，应注意不同结构形式之间的连接和不同高度屋顶的排水方式。图 3.31 为一砖混结构的剧团的排演剧场，舞台和排演部分均为单层，排架结构、办公部分为 6 层，经过建筑师的精心设计，组合成一个协调的整体。

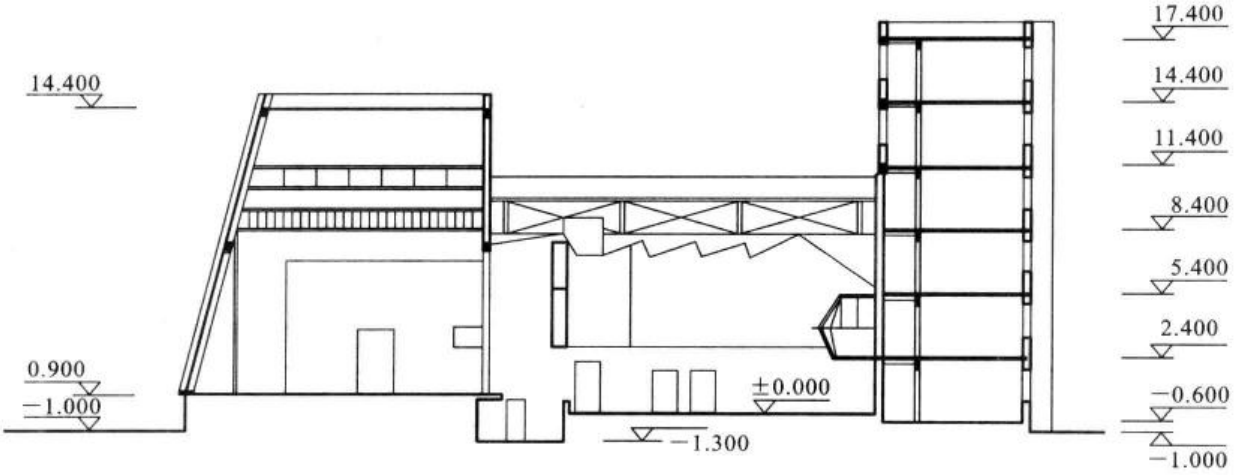


图 3.31　单层剖面组合示例

在多层和高层建筑中高度相差较大的房间，常把层高较大的大房间布置在低层或顶层，或者以裙房的形式单独依附于主体建筑布置，见图 3.32。

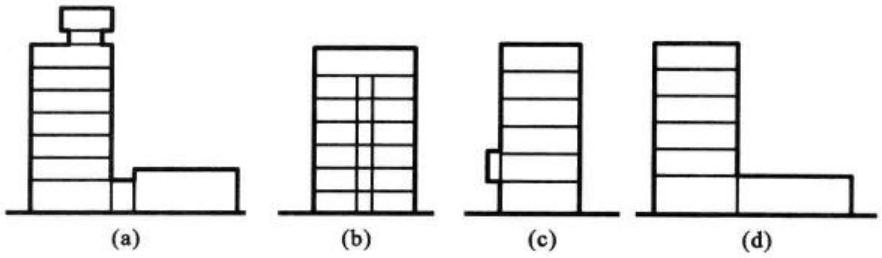


图 3.32　大小、高度不同的空间组合

(a) 大空间独立设计；(b) 大空间设在顶层；(c) 中部设大空间；(d) 大空间设在底层

(3) 体量悬殊的空间组合

大厅式组合的体育馆、影剧院的比赛大厅、观众厅空间高度都很大，一般是以其作为中心，在周围布置辅助房间。体育馆的比赛厅、看台下方空间较大，可做成几层空间，中间层可作为观众走道和休息厅，底层一般布置运动员、裁判员、教练员用房，贵宾用房可布置在底层或二层，其他设备用房也可布置在底层，看台上方的空间可布置电视转播用房；影剧院的观众厅的看台起坡较小，不宜布置活动用房，一般在观众厅四周布置休息廊、小卖部等辅助用房。见图 3.33。

(4) 错层式空间组合

当建筑物内部由于室内净高不同，出现房间组合时楼面不在一个标高上，往往采用错层的方法来进行调整。

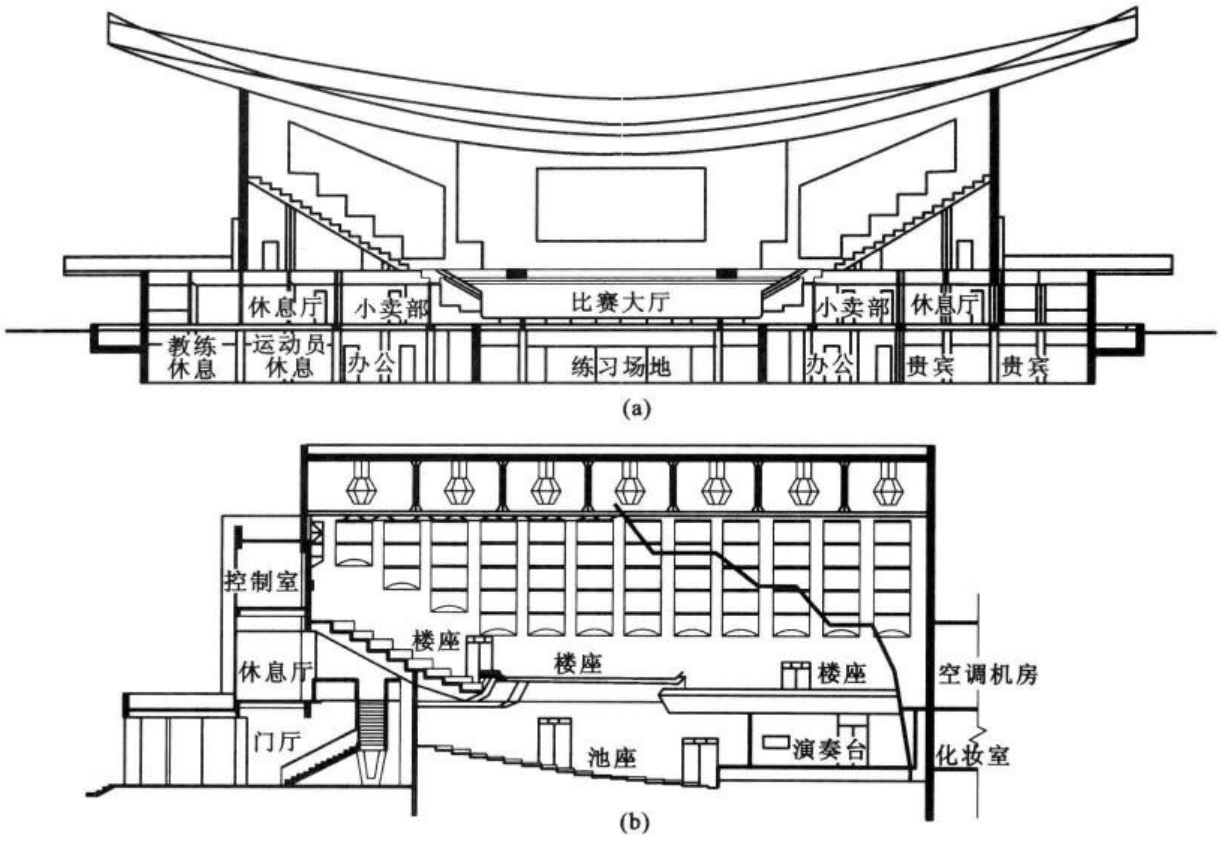


图 3.33　体量悬殊的空间组合示例

(a) 某体育馆剖面;(b) 某音乐厅剖面

图 3.34 为一教学楼的平面方案。教室、阅览室、储藏室及厕所等房间,从使用要求上需要组合在一起,所以将它们的层高调整为同一高度;位于平面一端的阶梯教室,与普通教室的高度相差较大,采用单层附建于教学楼主体;行政办公从功能分区考虑,平面组合上和教学活动部分隔开,两部分由于净高不同形成的高差通过踏步来解决。这样的组合,在功能上能满足各个房间的要求,并且较为经济。对于错层建筑还可以用室内踏步和室外台阶来解决错层高差,见图 3.35。

当地势较为复杂、有高低错落时,为了适应地形和丰富室内空间,也可以采用错层的方式来达到和谐统一。图 3.36 为一风景区的度假村,由多个建筑单体有机地组成建筑群体,整个建筑群分布在山脊两侧,掩盖在丛林之中,在单体的设计上,景观和朝向兼顾。其中"高级客房楼(2)"坐落在一斜坡上,每间客房都错半层,通过楼梯层层相连,既充分利用地形,避免大的开挖土方量,又丰富了室内空间和建筑的外部形象。

(5) 复杂空间组合

公共建筑如图书馆、科技馆、展览馆、文化宫等功能要求复杂、空间大小不一,在空间组合上一定要充分了解各自的特点和要求,在功能分析、结构选型、空间构成等诸多方面进行考虑,进行较为完善的剖面设计。如文化宫和科技馆均要设置报告厅或小型放映厅,这一类的房间空间高度较大,在设计时可单独设置。图 3.37 为一少年活动中心,多功能交谊大厅高度较大,四周有两层回廊环绕,单独设置,并设有专用楼梯。门厅为两层空高,其余部分为两层。该建筑在平面上采用六边形、圆形等异型平面,剖面设计中采用大小空

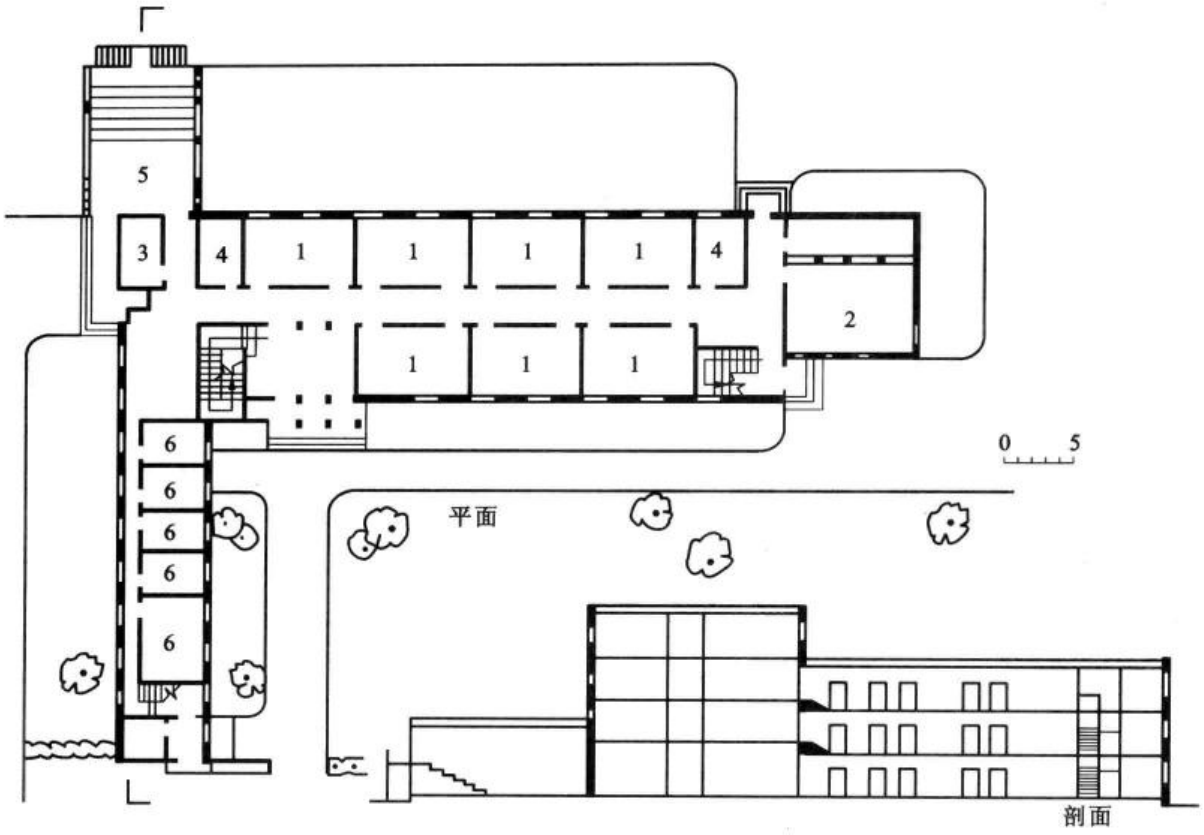
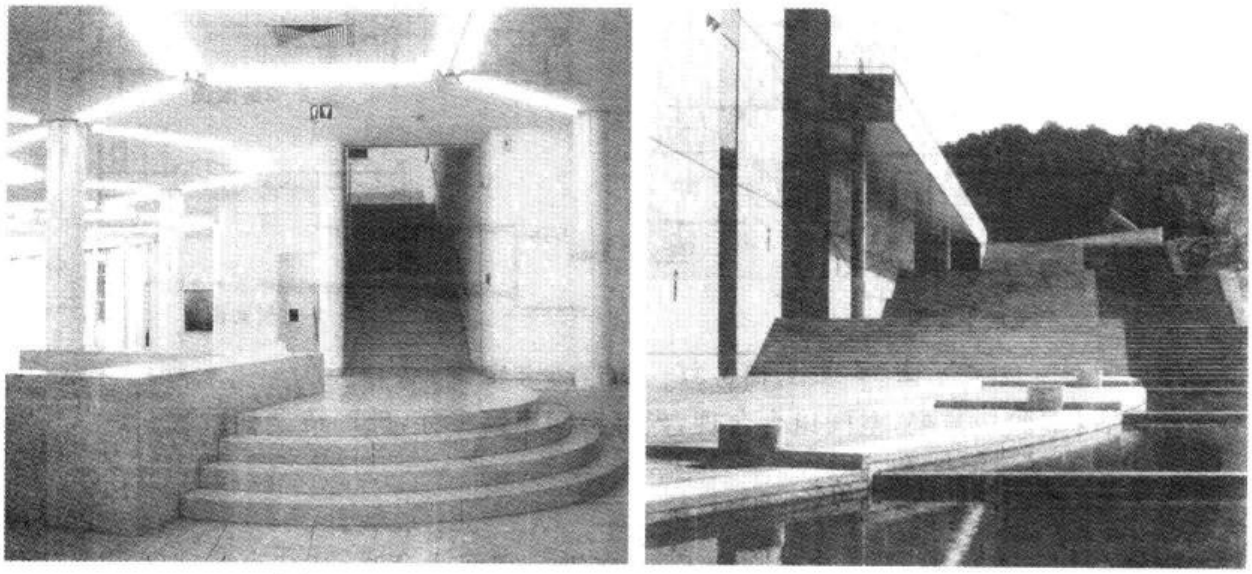


图 3.34　某中学教学楼

1—教室；2—阅览室；3—储藏室；4—厕所；5—阶梯教室；6—办公室



(a)　　(b)

图 3.35　用室内踏步和室外台阶解决高差

(a) 德国门兴格拉德巴赫市博物馆；(b) 日本姬路儿童博物馆

间穿插、交融，使整个建筑生动活泼，符合青少年的心理特征。

图 3.38 为某市工业展览大厦，主体建筑为 10 层参展工作间，设置小展厅和办公室，裙房为 3 层大展厅和 400 座大会议室组成，两者之间用单层大跨度门厅连接。建筑功能

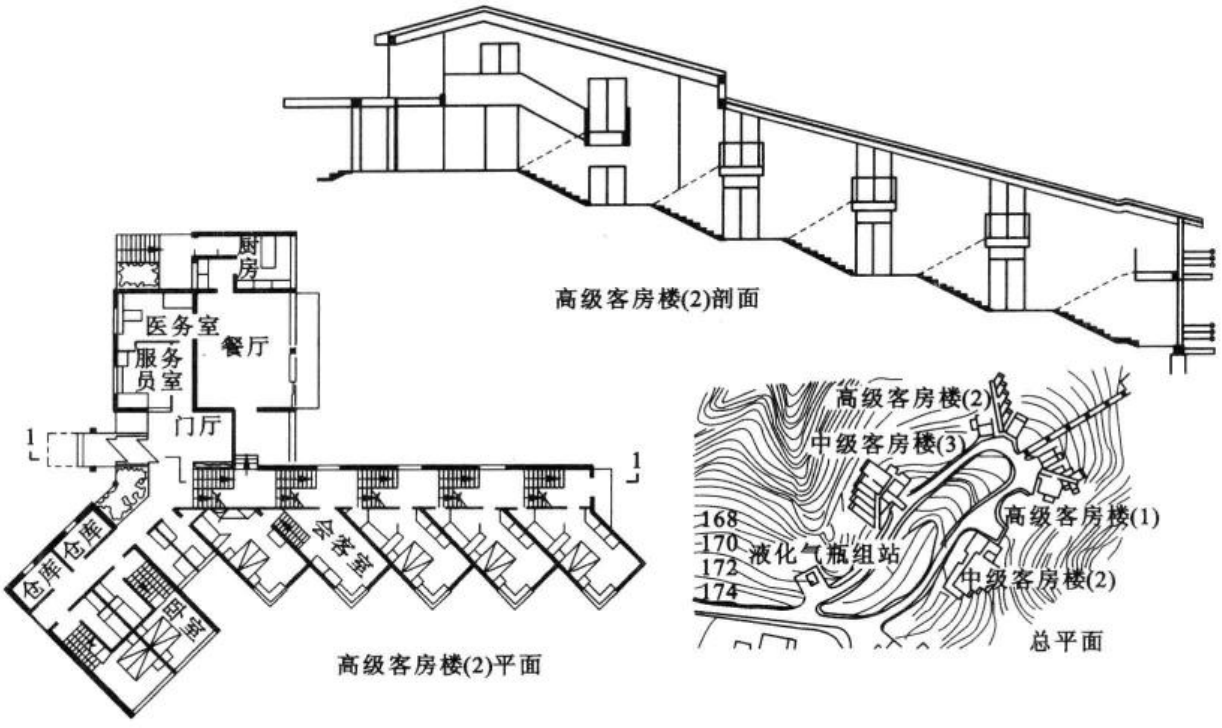


图 3.36　错层式空间组合示例

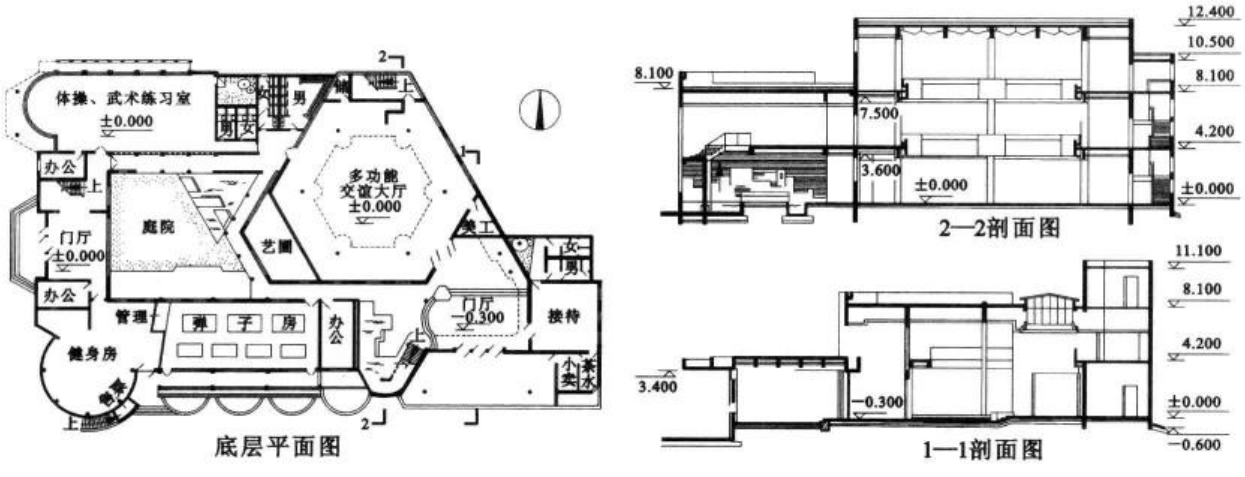


图 3.37　某市青少年宫

分区明确，交通组织流畅，空间组合合理，内部空间丰富多样，外部造型和谐统一。

3.3.3　建筑空间的利用

在建筑剖面设计中，由于房间高度不同，在进行空间组合时，往往有些空间没有得到充分利用。所以在设计时应考虑空间的合理利用，既可以节约投资、增加建筑面积，有时还可以改善空间比例，丰富空间层次。

在大空间与小空间组合时，应考虑夹层的设置，采取一个大厅围绕多个夹层的方法，可充分利用空间。图 3.39 为某展览馆大厅中夹层空间的利用。

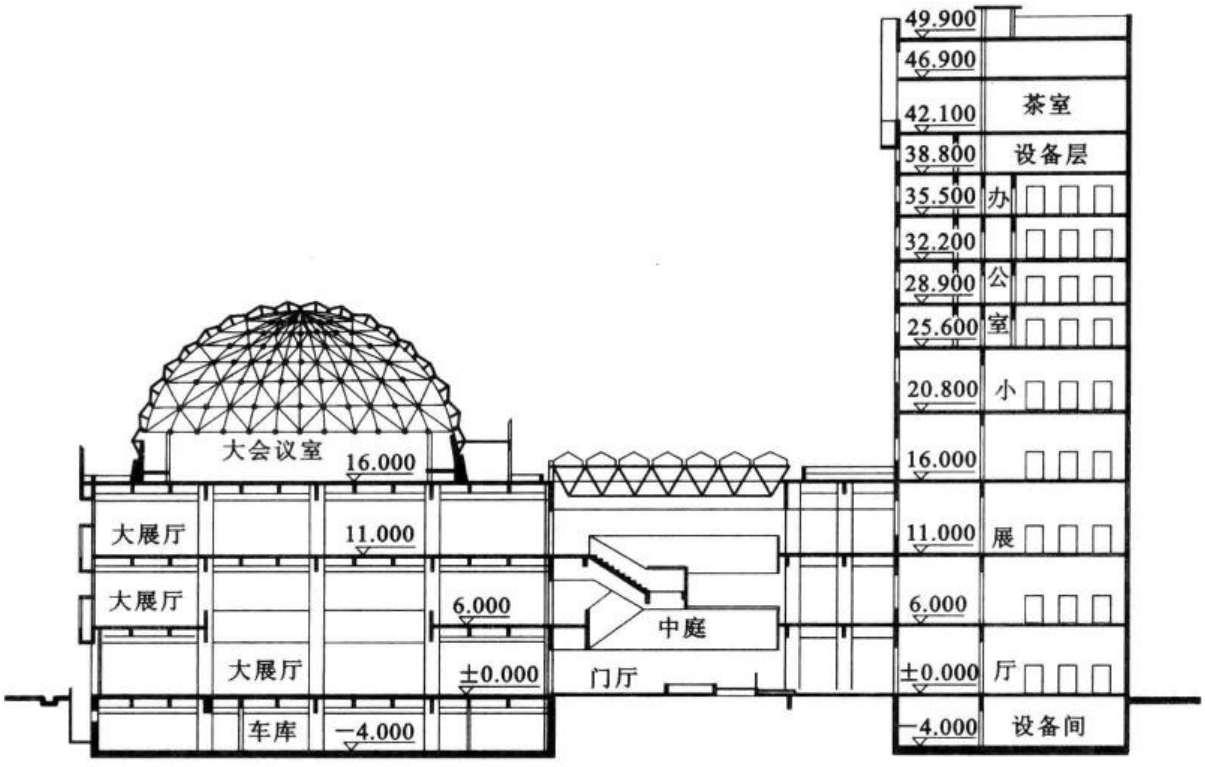


图 3.38　某市工业展览大厅

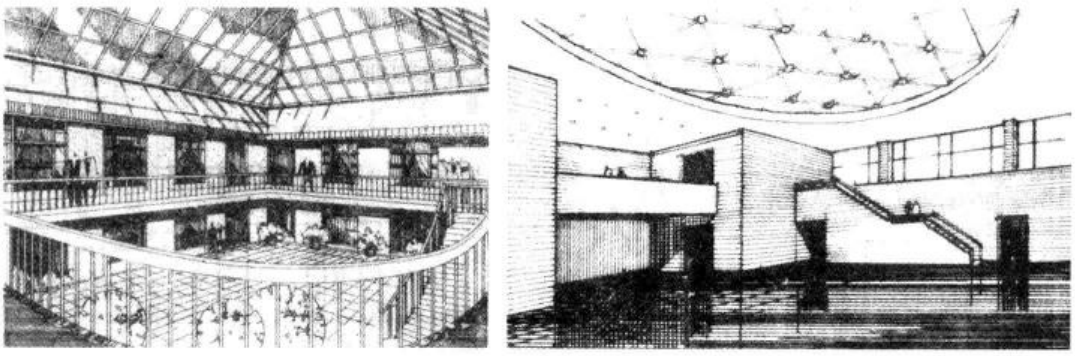
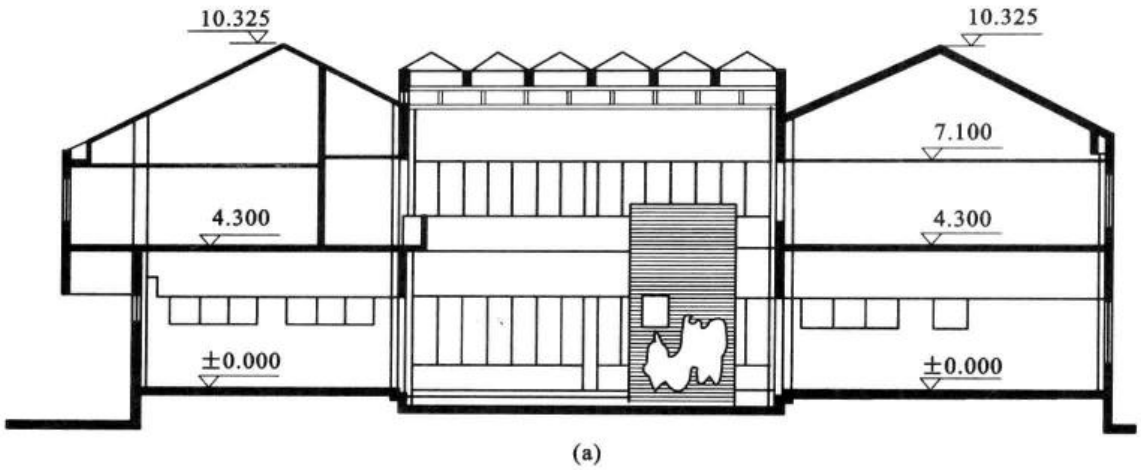


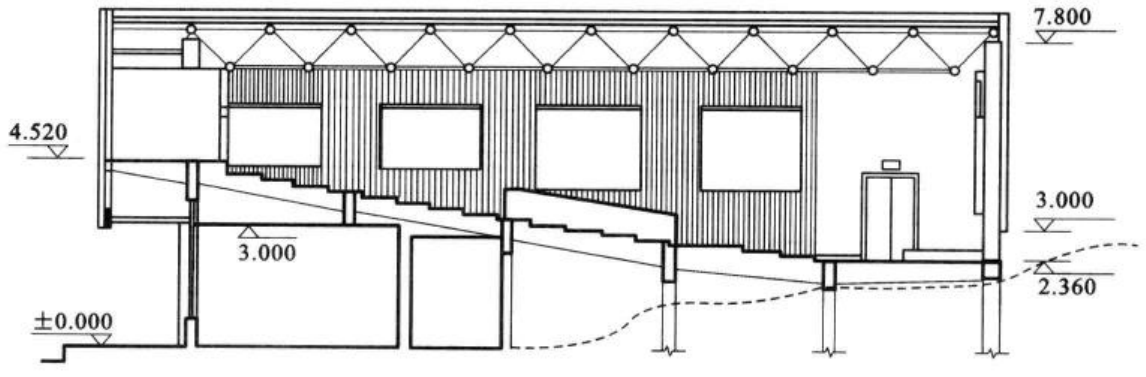
图 3.39　夹层空间的利用示例

当建筑采用坡屋顶时，可利用坡屋顶有效使用空间。建筑物建在坡地上时，也可利用架空部分，见图 3.40。我国南方民居的吊脚楼和过街骑楼均是建筑空间利用的典型例子。

楼梯间的底层和顶层也可以利用。将楼梯间底层封闭作为储藏室，将楼梯间顶层梯段向上延伸一个梯段，就可在楼梯间顶部做出一间房间。再比如，宾馆走廊的空间净高不小于 2.1 m 就满足规范要求，正好可以将空调管道隐藏在吊顶中。还可利用墙体的厚度做壁龛和窗台柜，见图 3.41。



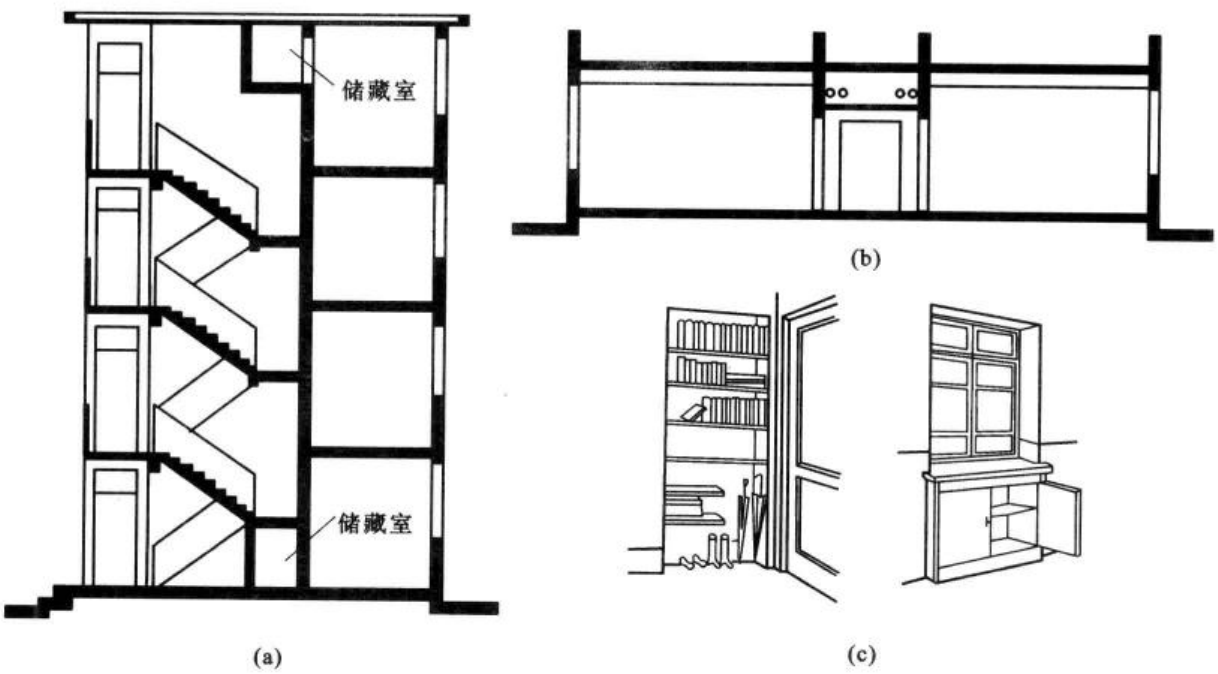
(a)



(b)

图 3.40　利用坡屋顶和地下空间示例

(a) 南京梅园纪念馆剖面图；(b) 无锡轻工业学院科学会堂剖面图



(a)

(b)

(c)

图 3.41　建筑空间利用示例

(a) 楼梯间上下空间做储藏室；(b) 走道上空做技术层；(c) 利用墙体厚度做壁龛和窗台柜

复习思考题

1. 剖面设计包含哪些基本内容？
2. 什么是房屋净高？什么是房屋层高？确定层高和净高应考虑哪些因素？试举例说明。
3. 如何确定房间的剖面形状？试举例说明。
4. 窗台高度的确定与哪些因素有关？
5. 底层地坪为什么要高于室外地坪？一般抬高多少？
6. 建筑物层数的确定与哪些因素有关？
7. 建筑剖面的组合方式有哪些？
8. 如何进行建筑空间组合？

作业 2　建筑剖面设计

根据作业 1 的住宅单元平面图进行剖面设计，层数为 4 层。要求剖切到客厅或卧室、阳台、厨房或卫生间。标出各种标高及高度尺寸。

1. 绘出剖面图。

2. 在剖面图上标注各层标高

层高为 3 m，室内外高差为 0.6 m，阳台标高应比室内标高低 20～50 mm，厨房标高应比室内低 20～30 mm。层高的标高应标注在楼地面面层上，屋顶标高标注在结构层表面。

3. 标注两侧的高度尺寸

窗台高度(900～1000 mm)、窗户高度(符合 3M 的倍数)、梁高、阳台栏杆高度(≥1050 mm)、栏杆面梁高度、女儿墙高度(上人屋面女儿墙的净高≥1100 mm)。

4. 标注剖面图底部的轴线尺寸和轴线编号

作业要求：采用 A3 图纸，铅笔绘制，平面图比例 1∶100。作图应符合建筑制图标准。

作业目的：考察和训练学生对剖面设计中各种标高和高度尺寸的确定。

4

建筑体形及立面设计

本章提要

本章主要讲述建筑体形和建筑立面的设计。分析各种类型建筑的性格特征；分析建筑内部使用空间对外部体形的影响；介绍了建筑构图的基本法则在建筑体形和立面设计中的运用；主要了解建筑体形和立面设计的方法。

建筑具有物质与精神、实用与美观的双重性。建筑首先要满足人们的使用功能要求，同时又要满足人们一定的审美需求，即精神享受的要求，因此建筑是实用与美观有机结合的整体。如雄伟庄严的纪念性建筑、轻巧活泼的园林建筑、简洁挺拔的现代高层建筑、朴素亲切的居住建筑……（见图 4.1），这些千姿百态的建筑，勾勒出了人类活动的万千气象。建筑的美观主要是通过外部形象的处理、内部空间的组织、建筑物的细部设计以及建筑群体空间的布局等方面来体现的，而其中建筑物的外部形象对于人们来说更直观，强烈的视觉冲击力所产生的影响更为深刻。

建筑体形和立面设计并不是孤立存在的，它与平面、剖面设计组成了整个建筑设计。在进行方案设计时，就应同时考虑建筑体形的设计，在满足功能要求的前提下按照构图规律和美学法则来构思建筑体形和立面，反复推敲修改细化，使建筑物达到内部空间与外部形象的和谐统一。

建筑体形和立面设计的任务是着重研究建筑物的体量大小、体形组合、立面构图及细部处理等。在满足内部空间和功能合理的基础上，在物质技术条件的制约下，考虑到所处环境的协调，运用不同的材料、结构和构图规律对体形、立面、细部等各个方面进行处理，创造出尽可能完美的建筑形象。

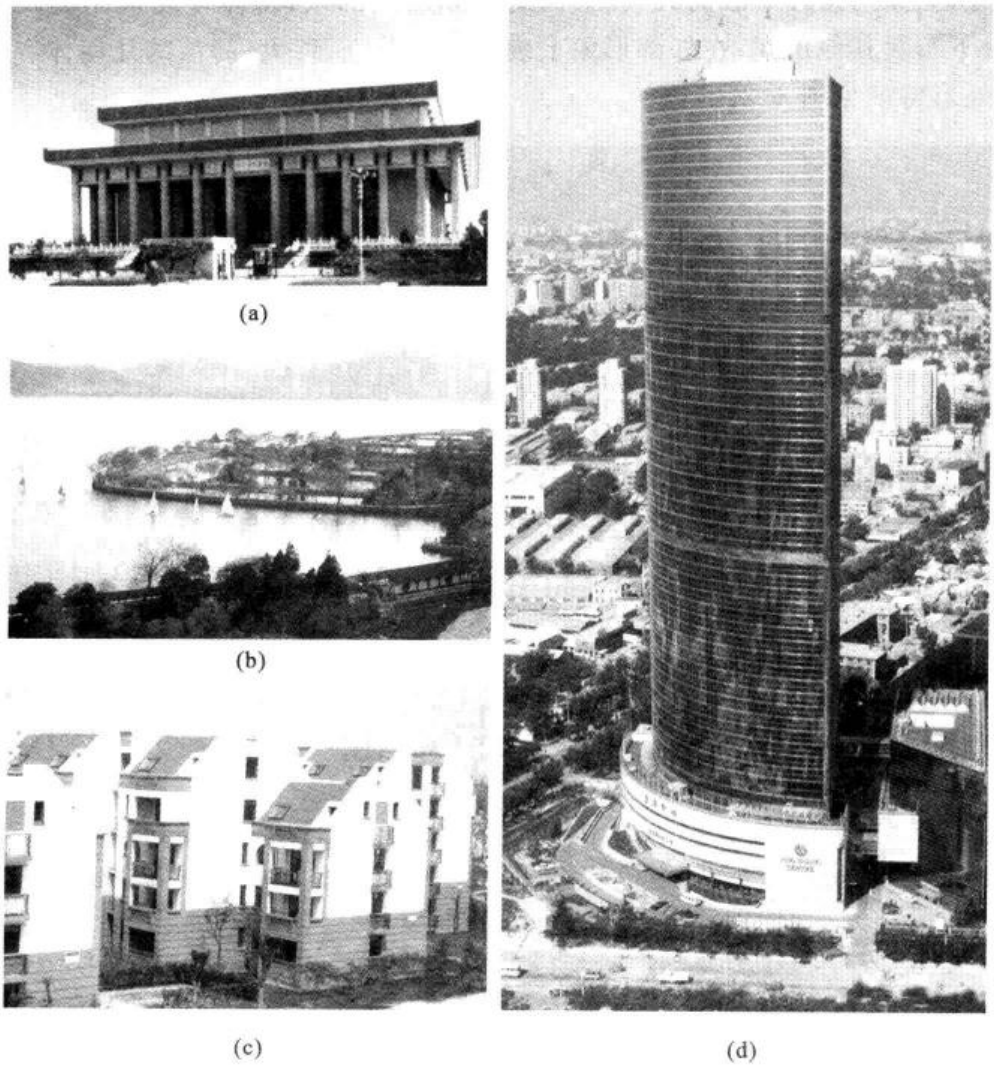


图 4.1　不同类型建筑的外部形象

(a) 毛主席纪念堂；(b) 无锡鼋园；(c) 上海住宅小区；(d) 北京京广大厦

4.1　建筑体形和立面设计的要求

人们对一幢建筑物的印象，首先来自它的外部形象。但建筑体形的设计不能只求外表好看，有很多因素制约，在设计中只有满足各种设计要求，才能设计出功能与形象协调一致的建筑来。

4.1.1　外部形象应反映出建筑物的性格特征

不同功能要求的建筑类型，具有不同的内部组合特点，房屋的外部形象也相应地表现出这些建筑类型的性格特征。例如，办公建筑，其内部功能是满足人们各种办公需求，因而是由许多重复元素组成的，外部形象一般较简洁大方；园林建筑一般使用功能单一，为了与自然环境相呼应，造型会比较活泼生动，往往还辅以通透的连廊和光影丰富的挑檐和门窗；而教育建筑，如教学楼一般以多层教室组成的长方体为主体，由于室内采光要求高，

人流出入多，立面上往往形成高大、明快的窗户和宽敞的入口；体育建筑比赛大厅空间很大，在看台下布置其他房间，在外部形象上表现为一独立、巨大、简洁的几何体。不同类型的建筑的外形特征见图 4.2。

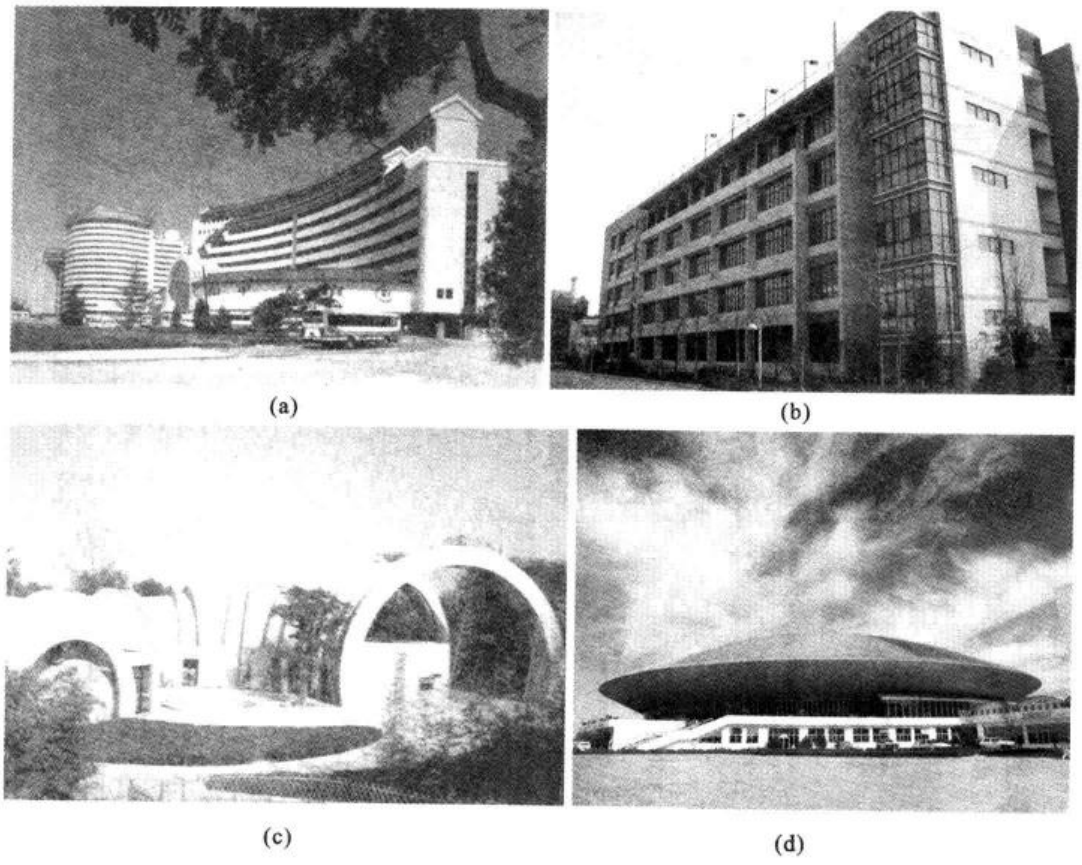


图 4.2　建筑的外形特征示例

(a) 某办公楼；(b) 某教学楼；(c) 某熊猫馆；(d) 某体育馆

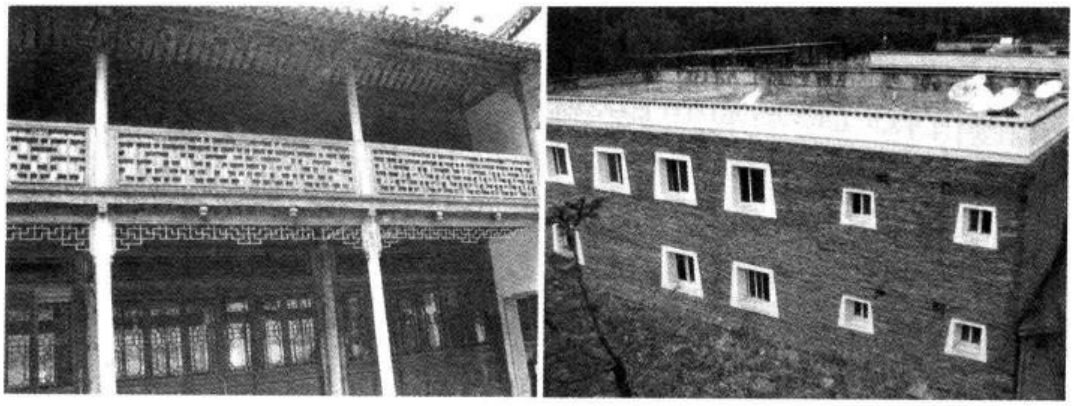
这些外部体形是内部空间的反映，而内部空间又必须符合使用功能，因此建筑体形不仅是内部空间的反映，而且还间接地反映出建筑功能的特点。房屋外部形象反映建筑类型内部空间的组合特点，美观问题紧密结合功能要求，正是建筑艺术有别于其他艺术的特点之一。

4.1.2　充分展示材料、结构、构造等特点

建筑不同于一般的艺术品，它必须运用各种建筑材料并通过一定的结构形式、施工技术条件等手段来完成。因此建筑体形及立面设计必然在很大程度上受到建筑材料、建筑结构、施工手段等物质技术条件的制约，并反映出各种材料、结构和施工的特点。

建筑材料的不同，造就了不同的建筑外观。如中国传统建筑(图 4.3)多采用木材，具有使用灵活、搭建方便等特点；在山区多采用石材搭建房屋。而自工业革命后，现代建筑材料种类大大增加，如钢铁、玻璃、薄膜等，使建筑外观发生了很大变化。

结构的差异也直接影响了建筑外部形象。一般小开间民用建筑多采用砌体结构，由于墙体既起承重作用又起围护作用，开窗面积受到限制；再加上梁板经济跨度的局限，室内空间小，层数多为低层和多层，外部表现为小面积且有规律的窗和大面积的实墙体。钢

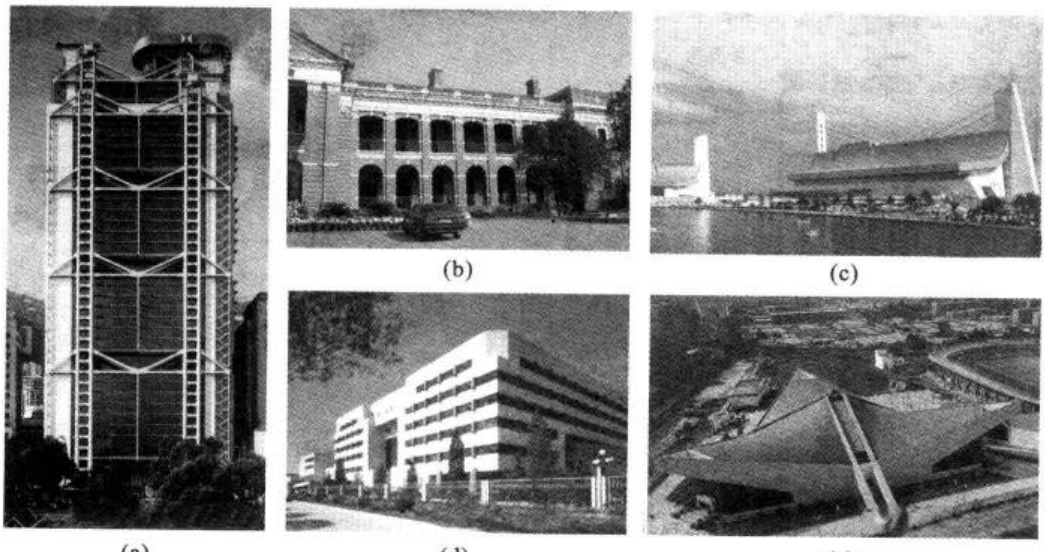


(a)　　(b)

图 4.3　传统建筑材料所建造的房屋

(a) 传统木结构房屋；(b) 石砌体房屋

筋混凝土框架结构的外墙体仅起围护作用，给空间处理赋予了较大的灵活性。它的立面开窗较自由，既可形成大面积独立窗，也可形成带形窗，甚至底层可以全部取消墙体而形成完全通透的架空层形式，具有简洁、明快、轻巧的外观形象。各种空间结构的大量运用，更加丰富了建筑物的外观形象，使建筑造型千姿百态，见图 4.4。



(a)　(b)　(c)　(d)　(e)

图 4.4　不同结构所产生的建筑物外观形象

(a) 香港汇丰银行大厦；(b) 武汉首义红楼；(c) 北京英东游泳馆；(d) 北京检察院办公楼；(e) 北京石景山体育馆

4.1.3　满足城市规划与环境条件的要求

建筑单体是基地建筑群体中的一个局部，其体形、立面、内外空间组合以至建筑风格等方面，都应认真考虑和基地中建筑群体的配合，如图 4.5。即便是进行大规模的地块改造和建筑更新，也应该从系统的更高层次上去把握城市规划对该地块的功能和风貌方面的要求。

建筑物所在地区的气候、地形、道路、原有建筑物以及绿化等基地环境，也是影响建筑体形和立面设计的重要因素。如自然环境中的建筑要因地制宜，结合地形起伏变化使建

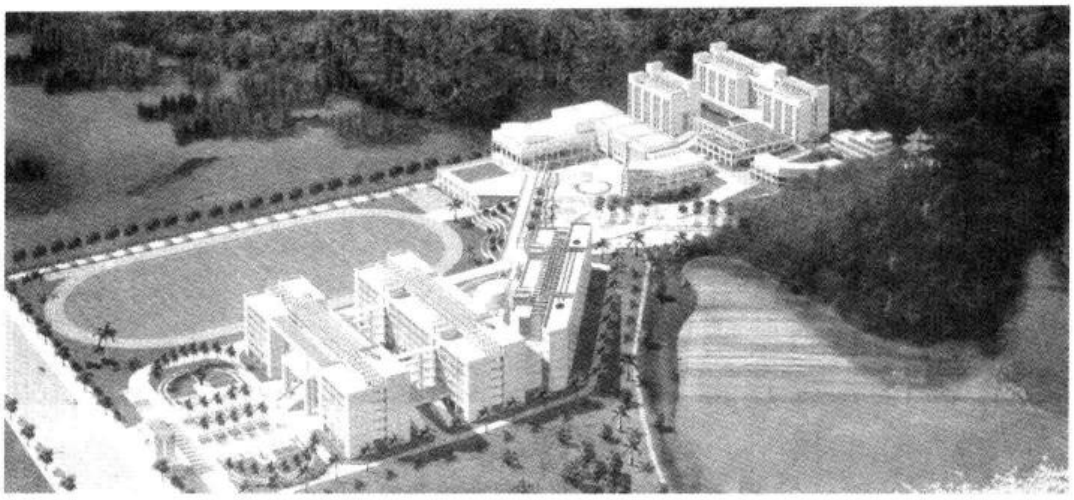


图 4.5　南方某中专学校校园鸟瞰图

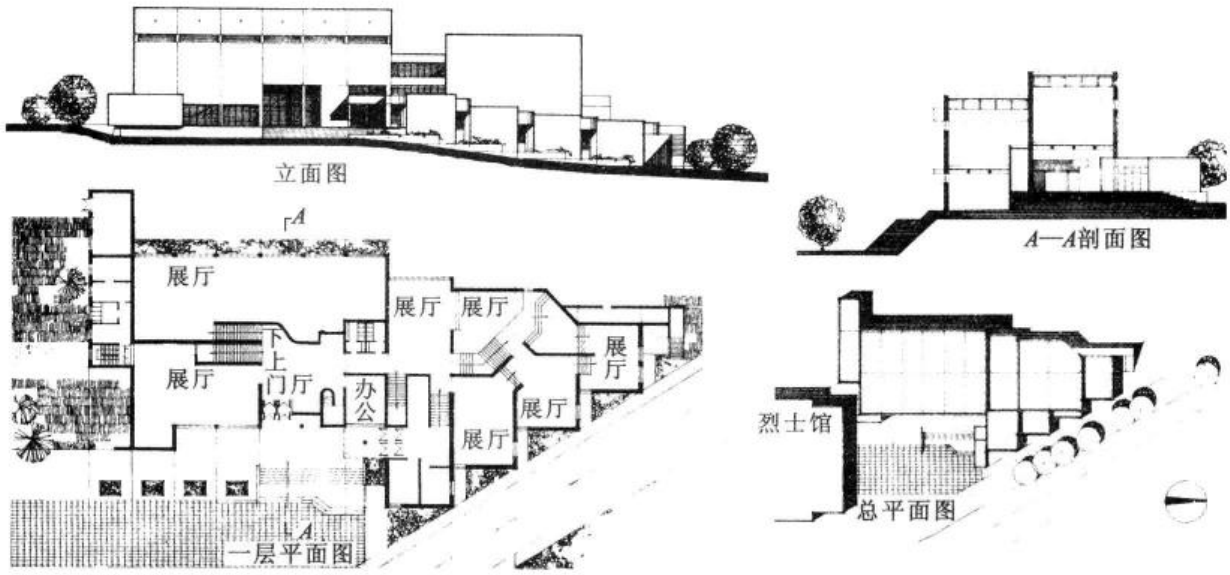


图 4.6　黑龙江省革命博物馆规划示意图

筑高低错落，层次分明，并与环境融为一体，如图 4.6 所示。

位于城市中的建筑物，一般由于用地紧张，受城市规划约束较多，建筑造型设计要密切结合城市道路、基地环境、周围原有建筑物的风格及城市规划部门的要求。

4.1.4　符合社会经济条件要求

建筑物从总体规划、建筑空间组合、材料选择、结构形式、施工组织直到维修管理等都包含着经济因素。各种不同类型的建筑物，根据其使用性质和规模，应严格执行国家规定的建筑标准和相应的经济指标。在建筑标准、所用材料、造型要求和装饰外观上加以区别，防止片面强调建筑的艺术性，忽略建筑设计的经济性，应在合理满足使用要求的前提下，用较少的投资建造美观、简洁、明朗、朴素、大方的建筑物。一般来说，对于国家级纪念性、历史性建筑和省市级建筑，标准可以高一些。而对于国家重点建造的某些大型公共建筑和一般城镇公共建筑，应该区别对待。

4.1.5 遵循建筑形式美的规律

人们要创造出美的建筑，则必须遵循美的法则来进行设计。建筑形式美的基本规律是多样统一，即在统一中求变化、在变化中求统一。建筑物的各组成部分，由于功能和结构的不同，在形式上必定表现出不同，但它们之间又有着内在的联系。应在功能与结构合理的前提下，按照构图规律对建筑体形和立面进行组合，使其成为一个有机整体，达到和谐统一。

多样统一是形式美的基本规律，而主从分明、对比与微差、均衡与稳定、韵律与节奏、比例与尺度等构图规律则是形式美在某一个方面的具体体现。按照这些构图规律对建筑外部形式进行设计，从各部分的差别可以看出多样性与变化，从各部分的联系可以看出和谐与秩序，这样，才能设计出能引起人的美感的建筑物来。

4.2 建筑体形的组合设计

4.2.1 简单体形的组合设计

(1) 以单一体形求得统一

所谓单一体形是指正方体、长方体、圆柱体、三角锥体、多边柱体等简单的几何形体。由于这些构图要素之间具有严格的制约关系，从而给人以明确、肯定的感觉，古代的建筑师都曾借助这些简单的几何形体来达到高度统一，如埃及的金字塔、罗马的万神庙。采用这类形状的建筑，立面和体形都较为完整统一，常常给人以统一、纯粹、简洁大方、轮廓分明的效果。如正方体是一种明确肯定的几何形状，可以给人庄重、稳定的感觉，一般纪念性建筑，通常借助这种形象的构图来达到完整统一。正三角形也是一种明确肯定的几何形状，但由于室内空间不好利用，一般建筑师不采用这种组合形式，但如果处理得巧妙，同样可以获得完整统一的效果，如香港中银大厦和法国罗浮宫广场入口。现代的一些超高层建筑和体育建筑也都是采用单一体形来求得统一。

中国国家大剧院(图 4.7)由歌剧院、音乐厅、戏剧场和其他活动空间组成，功能复杂，如何达到建筑体形与内容的完美统一，一直是一个争论不休的问题。法国著名建筑师保罗·安德鲁的设计方案是用一个椭圆形钢结构壳体覆盖所有建筑，壳体东西方向长为 212.20 m，南北方向长为 143.64 m，地上高度为 46.68 m，地下最深 32.50 m。为了避免

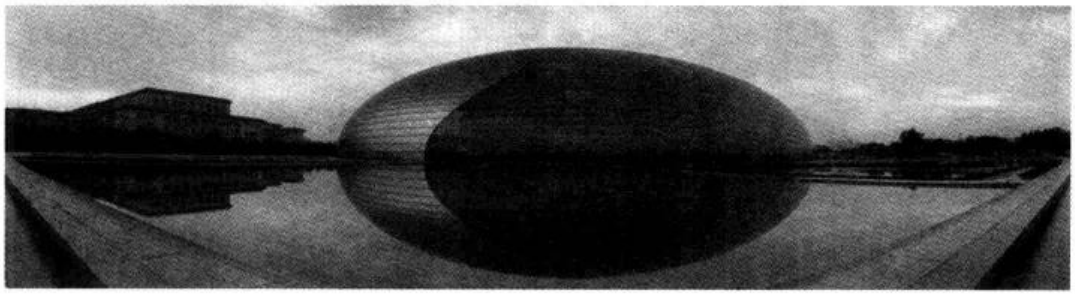


图 4.7 中国国家大剧院

单调，在壳体中部设置玻璃幕墙，营造出舞台帷幕徐徐拉开的视觉效果。壳体周围是面积达 3.55 万 m^2 的人工湖及大片绿色植被组成的文化休闲广场，不仅美化了大剧院外部景观，也体现了人与自然和谐共融的理念。

(2) 以主从关系求得统一

在一个有机的整体中，各组成部分是有差别的。当建筑物的功能关系较复杂时，往往会出现不同大小、高低、形状、方向的体量组合和空间穿插，在设计中可以依据建筑功能的不同将其分为主要部分、次要部分、交通联系部分，采取以小衬大、以低衬高，利用轴线变化、形状变化等手法突出重点，从而达到完整统一。

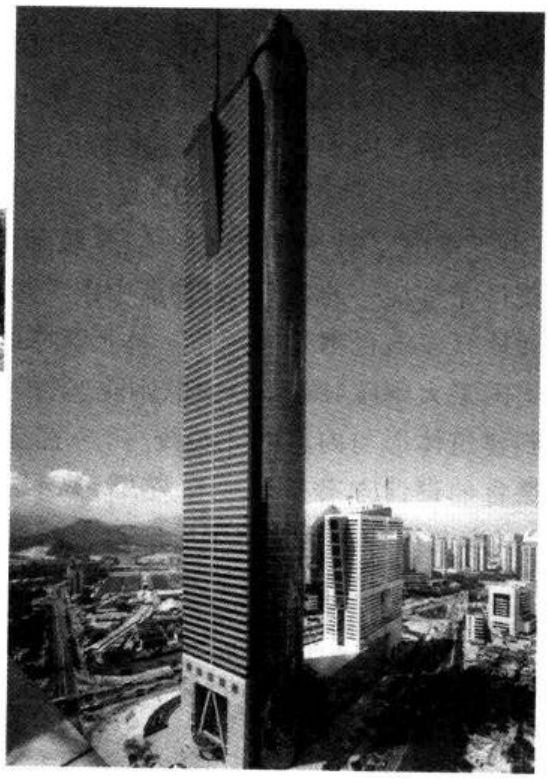
绝对单一几何形体的建筑通常并不是很多，往往由于建筑地段、功能、技术等要求或建筑美观上的考虑，在体量上作适当的变化或加以凹凸起伏的处理，以丰富建筑外形。

广州中山纪念堂[图 4.8(a)]是 1931 年为纪念孙中山先生而建成的。其主体是高 49 m的八角形宫殿式建筑，前后左右由四个宫殿式重檐歇山抱厦建筑组成，就像四层卷叠的龙脊，组成一个整体，拱托出中央巨大的八角形攒尖式屋顶。它采用一主四从的方法突出主体，主从关系分明，体形组合完整统一。

北京民族文化宫[图 4.8(b)]建于 1959 年 9 月，是中华人民共和国成立十周年后首都著名的十大建筑之一。主楼为 13 层，高 67 m，东西副楼 3 层，中央展览大厅设在主楼北侧。屋顶采用飞檐宝顶冠以孔雀蓝琉璃瓦，楼体洁白，塔身高耸，具有独特的中国民族风格。设计中采用以低衬高的方法来衬托出主楼的高大，达到了体形组合上的主从分明、有机统一。

(a)

(b)



(c)

图 4.8　主从分明组合的建筑示例

(a) 广州中山纪念堂；(b) 北京民族文化宫；(c) 深圳地王大厦

深圳地王大厦[图 4.8(c)]于 1996 年建成，位于深南东路、解放路、宝安南路交汇的三角地带，由商业大楼、商务公寓和购物中心三部分组成。69 层高的商业大楼为主体，楼高 383.95 m。商业大楼建筑体形的设计灵感，来源于中世纪西方的教堂和中国古代文化中通、透、瘦的精髓，宽与高之比为 1∶9，创造了世界超高层建筑最“扁”、最“瘦”的记录。33 层高的商务公寓朝向与商业大楼垂直，以体形的变化和高低的差异来突出主体。购物广场夹在商业大楼和商务公寓中间，起联系与分隔作用，使得三部分浑然一体但又主从分明。为了使建筑体形不太单调，在商务公寓设计了空中游泳池，空间跨距约 25 m、高 20 m，上下延伸由 9 层至 16 层，达到了“通”和“透”设计理念的要求。

(3) 以韵律美来加强统一性

韵律是某种事物有规律地出现或有秩序地变化来激发人们的美感。当建筑物为多个功能相同或相近的独立单元时，主从关系不明，常采用以韵律感的组合方式来强调统一。当许多单元呈条理性、重复性、连续性地反复出现与组合，就形成了一种韵律美。这种组合方法灵活多变，对基地形状适应性较强，容易形成建筑体形的节奏感和韵律感。住宅楼、教学楼、幼儿园等易采用单元式组合的建筑，常采用这种方式来达到和谐统一。还可通过阳台、凹廊和楼梯的处理，使简单的体形产生丰富的光影变化，形成一种韵律感，有时结合一定的地形条件也可按单元处理成前后或高低错落的体形。

图 4.9 为某风景区内旅游宾馆，由于规划部门限制建筑高度，其设计为多层单元式组合，以方形为母题的单元式客房楼反复出现，围绕庭院布置，较好地解决了建筑体形组合的问题。

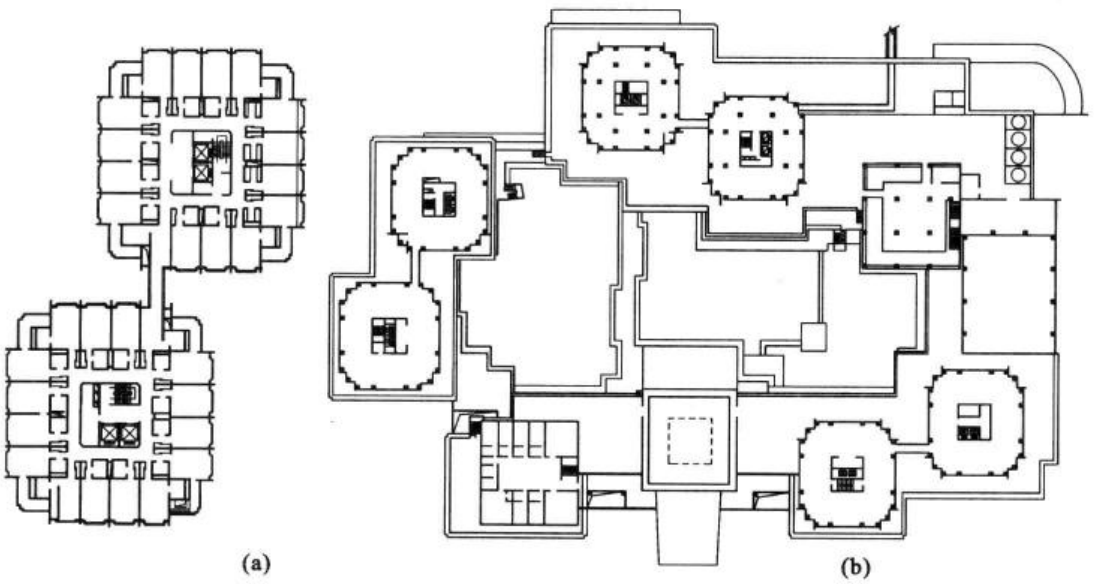
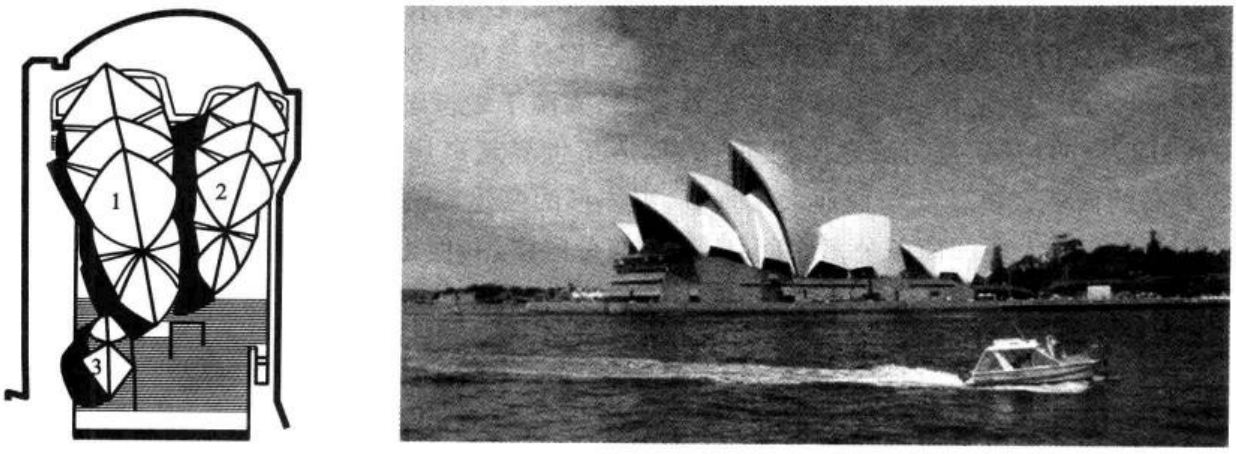


图 4.9 某宾馆的单元式组合体形

(a) 客房单元；(b) 二层平面

图 4.10 为澳大利亚悉尼歌剧院，其采用三组贝壳状的钢筋混凝土薄壳组成，这些“贝壳”依次排列，前三个由小到大，一个盖着一个，面向海湾依抱，最后一个则背向海湾侍立，看上去很像是两组打开盖倒放着的蚌，最小一组贝壳由两对薄壳组成。三组贝壳形状相似，大小相近，以同样的造型重复出现，给人以强烈的节奏感和韵律感。那些濒临水面的巨大的白色壳片群，像是海上的船帆，又如一簇簇盛开的花朵，在蓝天、碧海、绿树的衬映



(a)　　(b)

图 4.10　澳大利亚悉尼歌剧院

(a) 总平面;(b) 外观

1—音乐厅;2—歌剧院;3—餐厅

下,婀娜多姿,轻盈皎洁。由于她出色的外形,已被视为世界建筑的经典载入史册。

4.2.2　复杂体形的组合设计

当建筑物的功能关系较复杂时,往往会出现不同大小、高低、形状、方向的体量组合和空间穿插,这种复杂体形至少是由两个以上的体量组成。设计时,一般可以依据建筑功能的不同将其分为主要部分、次要部分、交通联系部分等,分别形成主体量、次体量、交通联系体量,然后进行组合。处理复杂体形时,应避免杂乱、无序,几何形体不宜各自为政,应在总体上协调统一、主次分明。

(1) 均衡与稳定

均衡主要是研究建筑构图中各要素前后、左右之间相对轻重关系的处理,而稳定主要研究建筑整体上下之间的轻重关系处理,两者是相互联系的。如果一个建筑物从外观看起来是均衡的、稳定的,给人的感觉是安全可靠的,那么,就一定是一个美的建筑。

均衡分为对称均衡和不对称均衡。对称的形式本身就是均衡的,又有一种严格的制约关系,所以具有一种完整的统一性。人们常用这种形式来建造房屋,达到一种对称的均衡来实现完整统一。

北京图书馆是由多层楼群环绕主楼的一组建筑。主楼地上 16 层,地下 3 层。全馆占地面积 7 万 m^2,建筑面积则达 17 万 m^2,其中书库面积 6 万 m^2,藏书为 2000 多万册,是世界上五大藏书过千万册的图书馆之一。建筑采用中轴线对称的方法来达到均衡稳定。楼群中有对称的院落,屋顶为中国古典形式,各组成部分形式相似,以均衡稳定、主从分明的构图手法达到完整统一,见图 4.11。

建筑物由于功能、地形、建筑物特征等条件限制,不可能都做到对称均衡,同时由于建筑技术的发展,人们审美观的变化,要求建筑形式更加自由灵活,因而不对称均衡得到了广泛的应用。不对称均衡同样强调建筑各组成部分在重量上的相互制约关系,一般来说,体量大的、实体的、材质粗糙及色彩暗的,感觉要重些;体量小的、通透的、材质光洁及色彩

图 4.11　北京图书馆

明快的，感觉要轻些。强调均衡中心（视觉上最突出的主要出入口）的主导作用，利用不同体量、虚实变化、色彩和材质变化来达到和谐统一，见图 4.12。

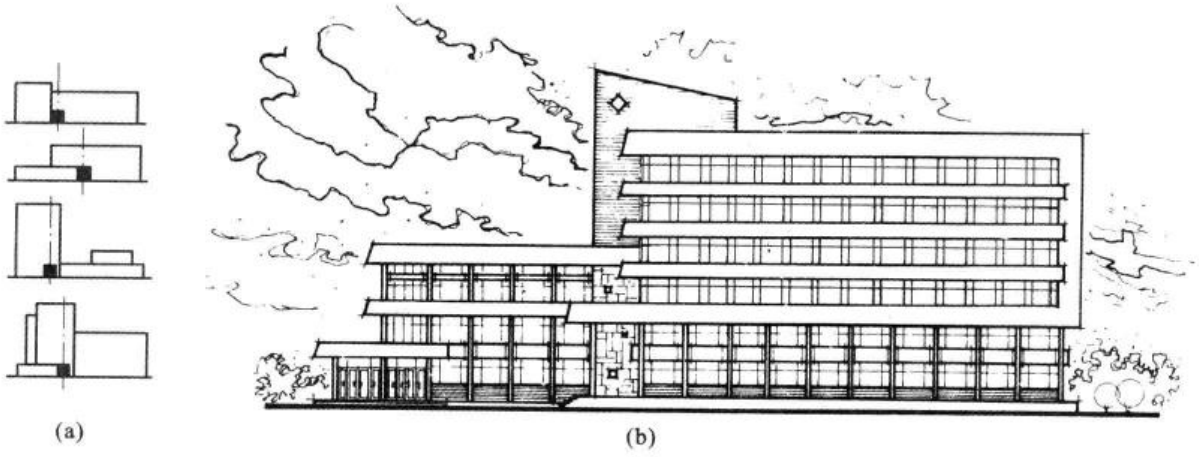


图 4.12　不对称均衡在建筑构图中运用的示例

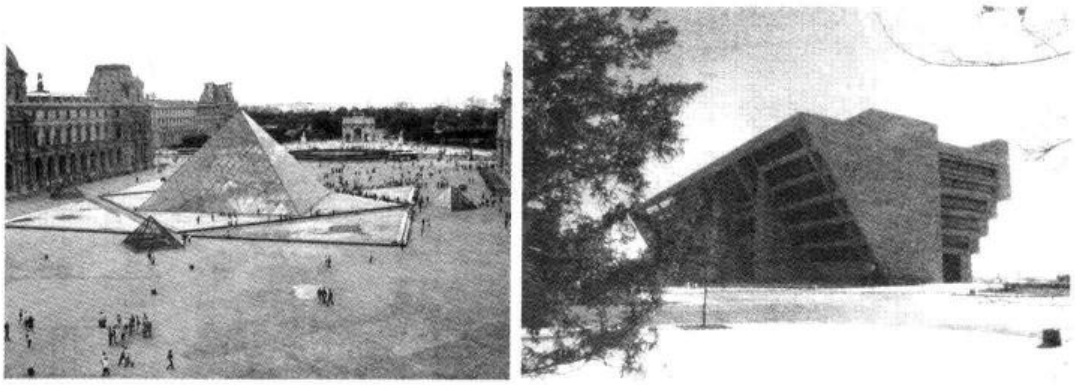
（a）不对称均衡示意图；（b）某办公楼立面图

稳定是人们从自然现象中获得的一种感觉，如上小下大、上轻下重的建筑给人稳定安全的感觉；反过来，头重脚轻给人以不稳定、不安全的感觉。所以，一般建筑物都做得基座较大，上部较小，如北京天坛的祈年殿、巴黎的埃菲尔铁塔。但随着新结构、新材料的发展，传统的稳定观也受到了挑战。许多底层架空，看似头重脚轻的建筑物稳稳地矗立在大地上，利用悬挑结构上大下小的建筑也出现在人们的视线之中。图 4.13 为美籍华人建筑大师贝聿铭设计的两个作品，即巴黎罗浮宫玻璃金字塔和美国达拉斯市政厅，两个外观截然不同的建筑，却都获得了稳定的感觉，达到了高度的完整统一。

（2）对比与微差

对比是利用建筑体形之间显著的差异，使得相互之间的烘托、陪衬来突出各自的特点。微差是指不显著的差异。可采用形状的对比、体量的对比、高低的对比、虚与实的对比，以及色彩、质地、光影对比等来突出主体。对比能获得强烈变化，宜突出重点；微差能获得小的变化，宜取得相互呼应、协调的效果。

图 4.14 是北京建材经贸大厦，其采取了强烈对比的方法，展馆部分采用 155 m 跨度



(a)　　(b)

图 4.13　稳定构图的建筑示例

(a) 巴黎罗浮宫金字塔;(b) 美国达拉斯市政厅

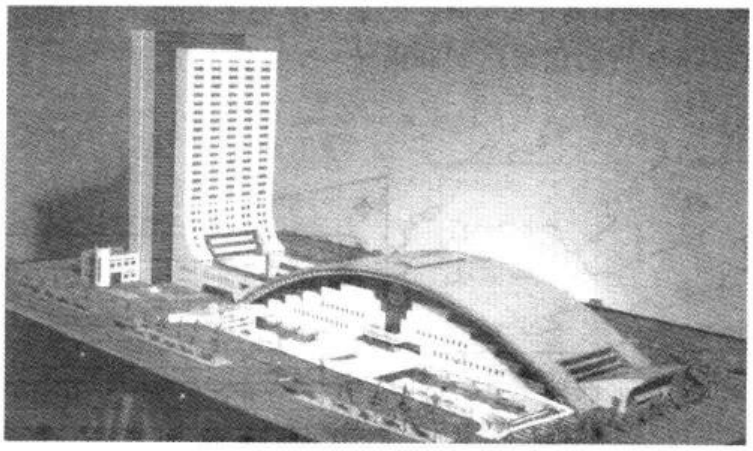


图 4.14　用对比手法突出主体的建筑示例

(北京建材经贸大厦)

的弧形落地拱,与高耸的办公楼相互映衬,一高一低、一方一圆,有对比又有呼应,同样取得了统一与变化的效果。

图 4.15 为西安群众艺术馆,虽然体量不大,在设计中同样采取了对比与微差的手法。弧形的阅览室,半圆形的楼梯间和矩形的报告厅形成形状的对比,突出屋顶的楼梯间与单层的报告厅形成高低的对比;大面积的墙面与带形窗形成虚实的对比,结合功能布局组合的建筑体形与空间,自然灵活、简洁大方;以小的对比,形成小的变化,取得了相互呼应、协调统一的效果。

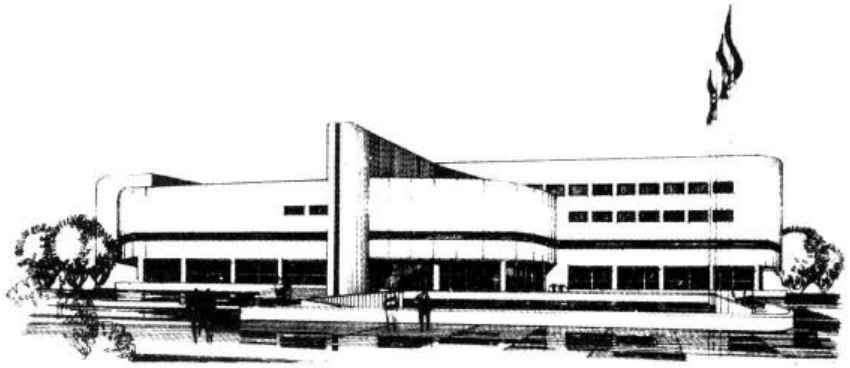


图 4.15　西安群众艺术馆

4.2.3 建筑体形的转折与转角处理

建筑的体形转折和转角主要是指建筑物为适应基地的形状或道路的转弯变化而形成的弯折和角度。如在丁字路口、十字路口或任意角落的转角地带设计建筑物时，应巧妙地利用地形来对建筑进行恰当的转折和转角处理，以创造出既适合地形环境，又特点鲜明的建筑体形。图 4.16 为适应地形特征的建筑体形转折与转角处理示例。

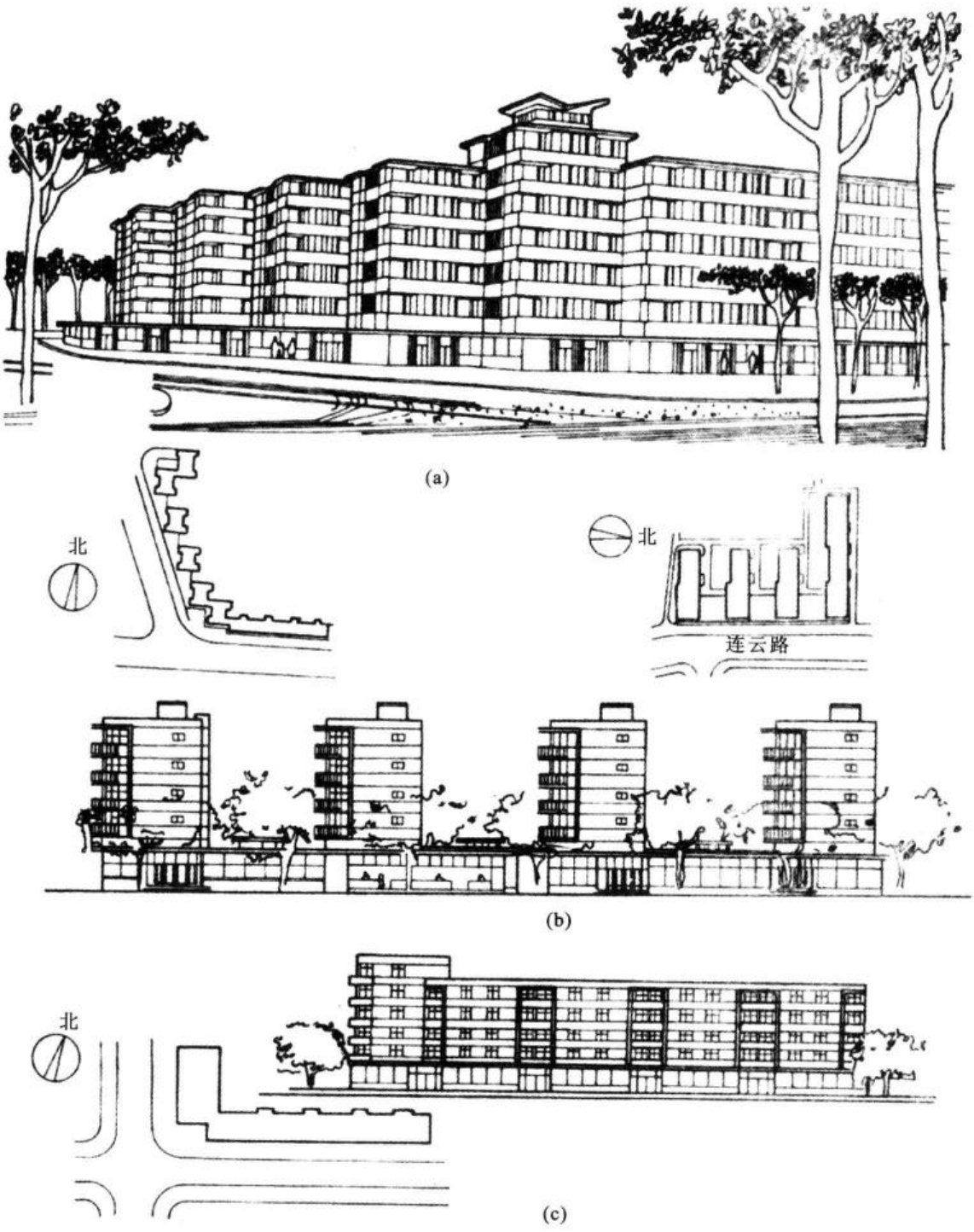


图 4.16 建筑体形的转折与转角处理示例

(a) 基地两侧道路斜交；(b) 基地位于路东；(c) 基地位于路北

若建筑体形单一，可以将单一的几何式建筑体形沿着道路、自然地形的变化，进行曲折变形和延伸，并保持着体形的等高特征，形成简洁流畅、自然大方、统一完整的建筑外观体形。

转角地带的建筑体形也可采用以小衬大、以低衬高、主次分明的手法，使主体更加醒目。对于较高的建筑物，常采用局部体量升高以形成塔楼的形式，使其在转角处显得非常突出、醒目，并形成建筑群布局的高潮，控制整个建筑物及周围道路和广场等。深圳地王大厦就是采用的这种处理方法。

4.2.4 体形的联系与交接

建筑体形组合时，如遇到复杂体形时，就要合理、恰当地解决好各体量的联系与交接问题，这些交接既要满足建筑内部功能的要求，又要符合连接穿插的逻辑性和人们普遍的审美要求。常用的连接方式有直接连接、咬接、以连接体相连等，见图 4.17。

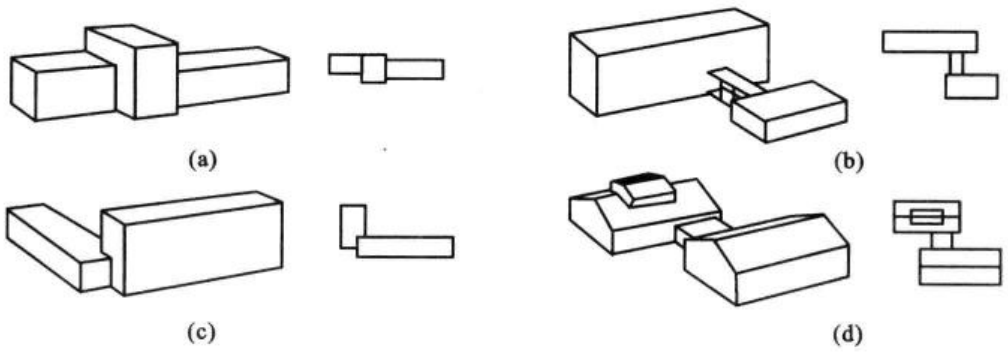


图 4.17 房屋各组成部分的连接方式

(a) 直接连接；(b) 咬接；(c) 以走廊连接；(d) 以连接体连接

直接连接即不同体量的面直接相连，这种方式具有体形简洁、明快、整体性强，内部空间联系紧密的特点；咬接是指各体量之间相互穿插，体形较复杂，组合紧凑、整体性强，较易获得有机整体的效果；以走廊或连接体连接，这种方式的特点是各体量之间相对独立而又互相联系，体形给人以轻快、舒展的感觉。

图 4.18 为某高校外国专家招待所，由单层的公共活动部分、二层的专家公寓和三层的专家宿舍组成，采用了直接连接、咬接和走廊连接三种方式，形成一个围绕庭院布置的建筑整体。

图 4.18 房屋组合方式示例

(a) 总平面图；(b) 效果图

1—专家宿舍；2—图书馆；3—学生食堂；4—羽毛球场；5—绿化；6—主出入口

4.3 建筑立面的设计

建筑立面是表示建筑物外表面的细部处理，它是由许多构件组成的，包括门窗、墙柱、阳台、遮阳板、雨篷、檐口、勒脚、花饰等。建筑立面设计就是恰当地确定这些构件的比例和尺度，运用节奏与韵律、虚实对比等构图规律，设计出体形完整、形式与内容统一的建筑立面。

建筑立面设计的步骤，一般是先根据初步确定的建筑内部空间组合的平、剖面关系，如建筑的尺度、高低、门窗位置等，描绘出建筑各个立面的基本轮廓；然后以此为基础，推敲立面各部分的比例关系、各个立面的连接、协调和统一；再着重对墙面、门窗大小进行调整，确定各构件的装修材料、色彩和进行细部处理；最后对重点部位进行重点处理，从整体到局部、从大面到细节，反复推敲逐步深入。

建筑立面设计应注意一些问题，如不能孤立地处理每个面，必须注意几个立面的相互协调和相邻立面的衔接，以形成有机统一的整体；不能只局限在立面的尺寸大小和形状，应考虑到建筑空间的透视效果；应立足于运用建筑构件的直接效果，对入口进行重点处理和进行少量的建筑装饰，力求简洁明朗、朴素大方，避免繁琐装饰。

4.3.1 比例与尺度的处理

立面各部分之间的比例以及墙面的划分都必须根据内部功能特点，在体形组合的基础上，考虑结构、构造、材料、施工等因素，仔细推敲，设计与建筑性格相适应的建筑立面比例效果。在不影响功能和结构的基础上对建筑构件进行调整，可使整个立面比较均匀、协调。建筑立面常借助于门窗、踏步、栏杆等的尺度，反映建筑物的正确尺度感，见图 4.19。

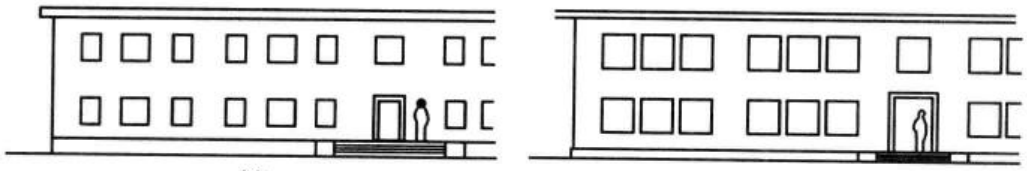


图 4.19 建筑立面各部分的比例关系

(a) 各部分比例不当；(b) 调整后比例较协调

比例适当和尺度正确，是使立面完整统一的重要风貌。立面设计时，可以采用以相似的比例求得和谐统一的方法，见图 4.20。用对角线相互重合、垂直及平行的方法使窗与窗、窗与墙面之间保持相同的比例关系，以相似比例求得和谐统一。

图 4.21 为某大学宿舍楼的建筑立面，根据宿舍楼的内部特征，表现在外立面上是整齐划一的窗和墙体。墙体和窗户的大小比例协调，为避免单调，将楼梯间的窗做成扁窗，既符合楼梯间的采光要求，在立面上也有所变化。

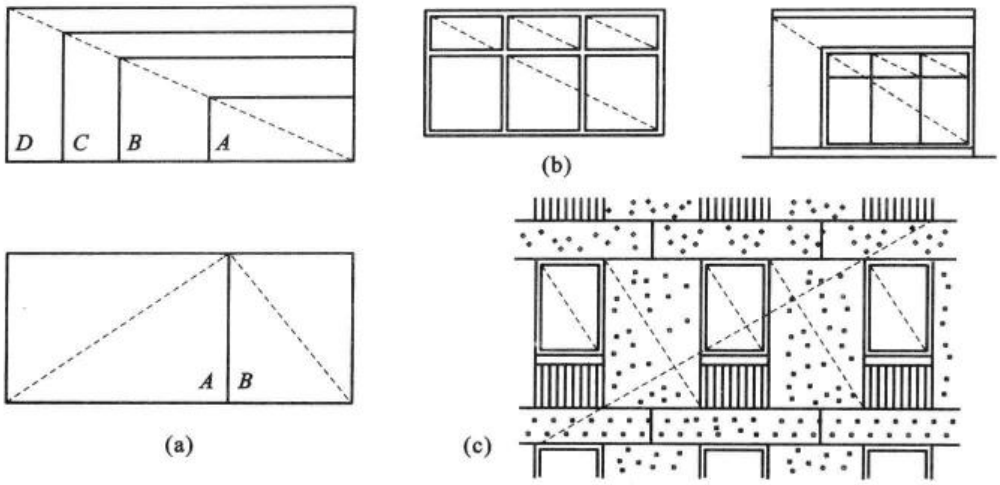


图 4.20　以相似比例求得和谐统一

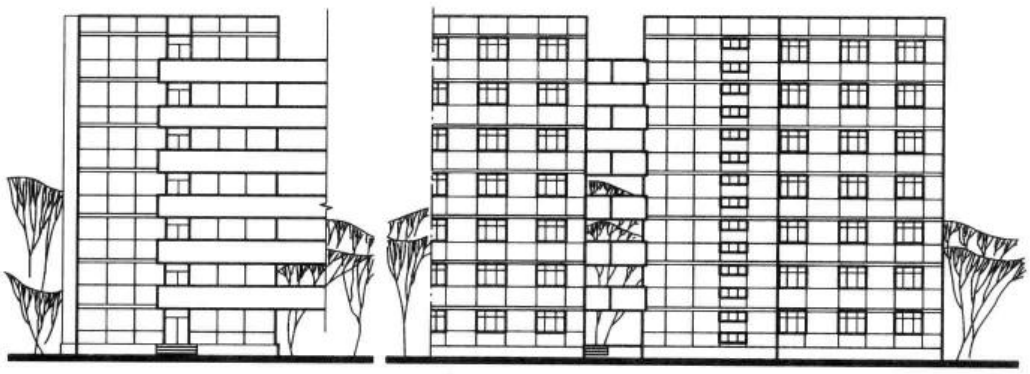


图 4.21　立面墙体与窗的比例协调一致

4.3.2　虚实与凹凸的处理

建筑立面中“虚”是指立面上的玻璃、门窗洞口、门廊、柱廊等部分，能给人以轻巧、通透的感觉；“实”是指墙面、柱面、阳台、栏板等实体部分，给人以封闭、厚重、坚实的感觉。根据建筑的功能、结构特点，巧妙地处理好立面的虚实关系，可取得不同的外观形象。另外，通过对墙面、门窗、遮阳板及其他构件的不同处理方法，可以使立面产生虚实对比、光影生动的效果，见图 4.22。

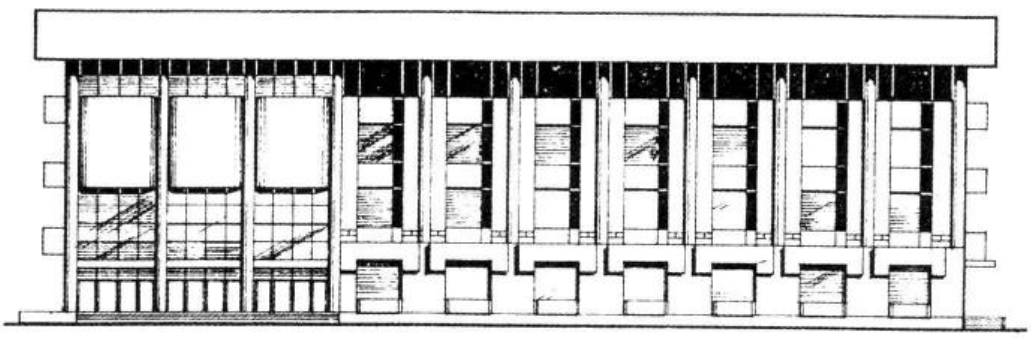


图 4.22　建筑立面的虚实对比

以虚为主的建筑由于有大面积的玻璃窗和凹廊，可获得轻巧、开敞的效果，常用于公共建筑等有大量人群聚集的场所。以实为主的建筑给人以厚实、封闭的感觉，常用于纪念

性建筑和一些重要的办公建筑等。通过建筑立面的凸凹部分的光影变化，同样也能获得虚实对比的效果。如住宅的阳台、凸窗、出入口的雨篷、窗楣板、挑檐、女儿墙等，在设计中可充分利用这些构件以达到丰富立面的效果。

图 4.23 为某市图书馆主楼，由于功能要求不同形成了几个层次，除了建筑体形按功能进行合理组合外，在建筑立面上也进行了精心设计。外墙上的窗按照房间进行分组排列，形成一种节奏，立面之间用圆弧进行连接，非常自然。

图 4.23 某市图书馆的建筑立面

4.3.3 立面的线条处理

建筑立面上由于体量的交接、立面的凹凸以及色彩和材料的变化，结构与构造的需要，客观上存在若干方向不同、大小不等的线条，如阳台、凸窗、遮阳、檐口、立柱，以及带形窗和窗间墙等。恰当运用这些不同类型的线条，并加以适当的艺术处理，将对建筑立面韵律的组织、比例尺度的权衡带来不同的效果。以水平线条为主的立面，常给人以稳定、舒展、亲切的感觉；以垂直线条为主的立面形式，则给人以挺拔、庄重、向上的感觉。在设计中合理运用各种线条在位置、粗细、长短、方向、曲直、疏密、繁简、凹凸的变化，能使建筑立面更加丰富多彩，如图 4.24 所示。

4.3.4 立面的色彩与质感处理

建筑立面的色彩与质感的处理也是极其重要的。色彩和质感都是材料表面的某种属性，通过材料色彩和质感的恰当选择和配置，可产生丰富、生动的立面效果。

不同的色彩给人以不同的感受，如使人感到热烈、兴奋的暖色，使人感到清晰、宁静的冷色，还有明快外向的浅色，沉稳内敛的深色等。运用不同的色彩处理还可以表现出不同的建筑性格、地方特点及民族风格。

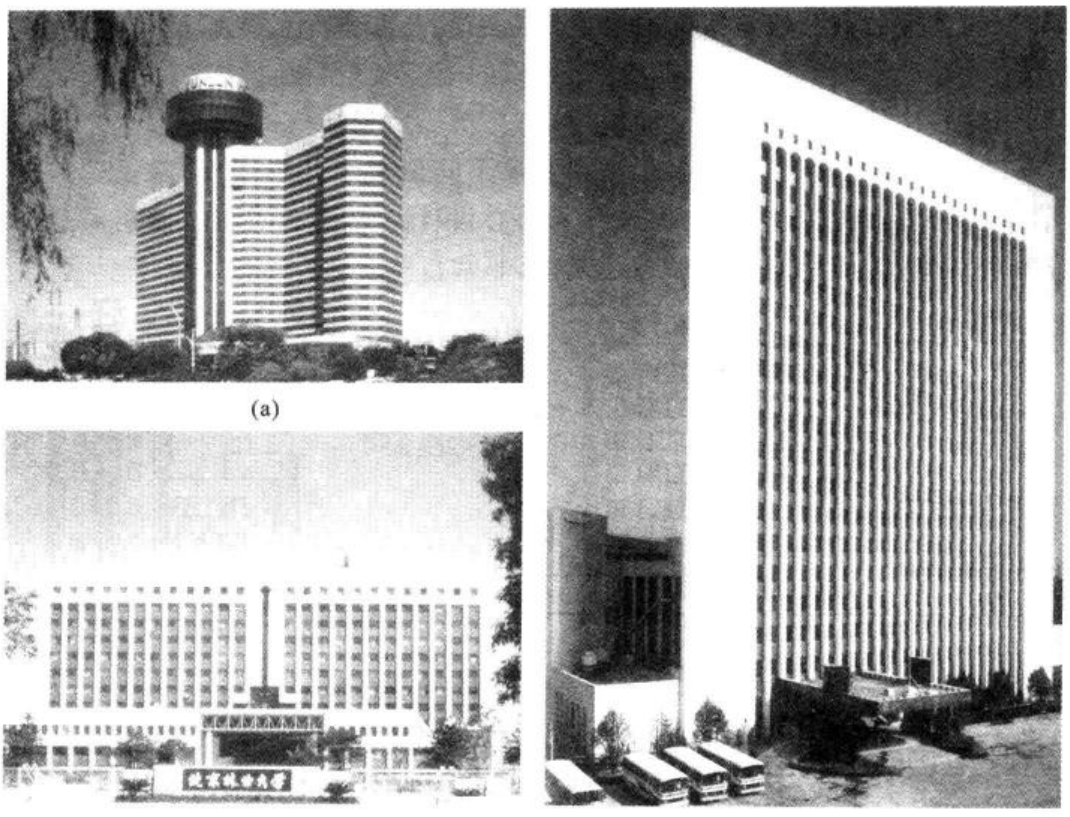
立面色彩处理时应注意以下问题：

① 色彩处理应和谐统一并富有变化。一般建筑可采取大面积基调色为主，重点部位有所变化，以形成对比而突出重点。

② 色彩的运用必须与建筑物的性格特征一致。如医院建筑常采用白色或浅色基调，给人以安定感；商业建筑则常用暖色调，以增加热烈气氛。

③ 色彩的运用必须注意与环境的协调，与周围相邻建筑、环境气氛相适应。

④ 基调色的选择应结合当地的气候特征，并考虑民族文化传统和地方特色。



(a)　(b)　(c)

图 4.24　建筑立面线条的处理示例

(a) 北京昆仑饭店；(b) 北京林业大学主楼；(c) 武警总队办公楼

质感是材料固有的特性，质感不同也会给人以不同的感觉。运用材料的不同质感可增加建筑的表现力，如粗糙的混凝土和毛石面显得厚重、坚实；光滑平整的面砖、金属及玻璃材料表面，使人感觉轻巧、细腻。立面处理应充分利用材料质感的特性，灵活运用，加强和丰富建筑的表现力，见图 4.25。

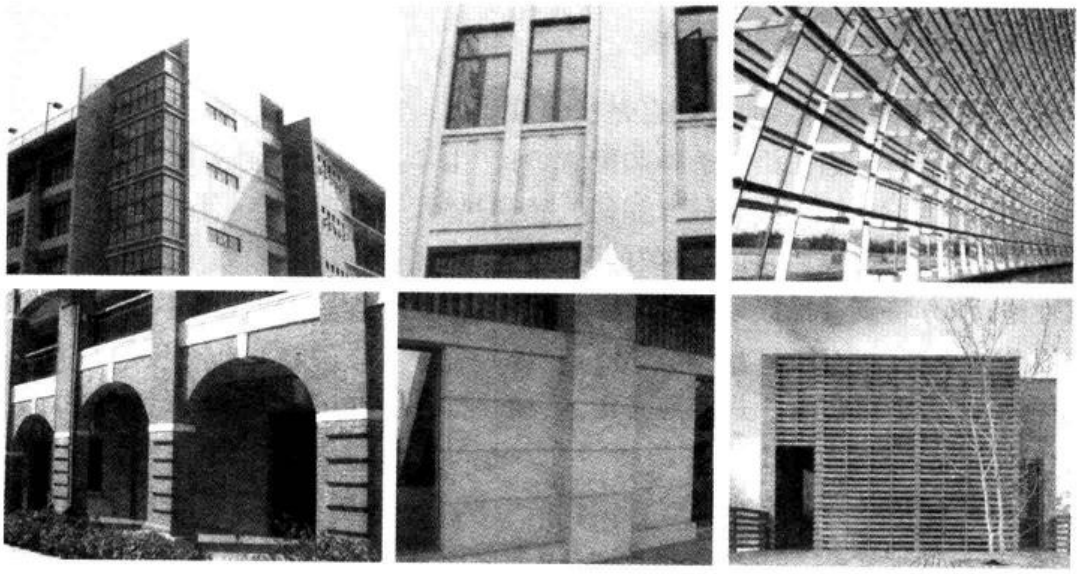


图 4.25　材料的质感给建筑不同的表现力

4.3.5 立面的重点和细部处理

在建筑立面设计中，根据功能和造型需要，对需要引起人们注意的一些部位，如建筑物的主要出入口、商店橱窗、建筑檐口等进行重点处理，以吸引人们的视线，同时也能起到画龙点睛的作用，以增强和丰富建筑立面的艺术效果。

建筑主要出入口应进行重点处理，这是人们接触最多和观察最细的地方，应能反映出建筑物的性格特征，如炎黄艺术馆、中国美术剧院入口都恰到好处地反映了这一特征。

建筑细部是指檐口、踏步、雨篷、大门、花台、阳台、勒脚、窗套、花格等细部装饰，这些部位也是人们目光所及之处，应充分考虑到人们的审美习惯，发挥材料质感、纹路、色彩之美，对丰富整个立面处理也有很好的作用。

整体和细部都是建筑整体中不可分割的组成部分，在造型设计上，要首先从大局着手，仔细推敲、精心设计，才能使整体和局部达到和谐统一的效果，见图 4.26。

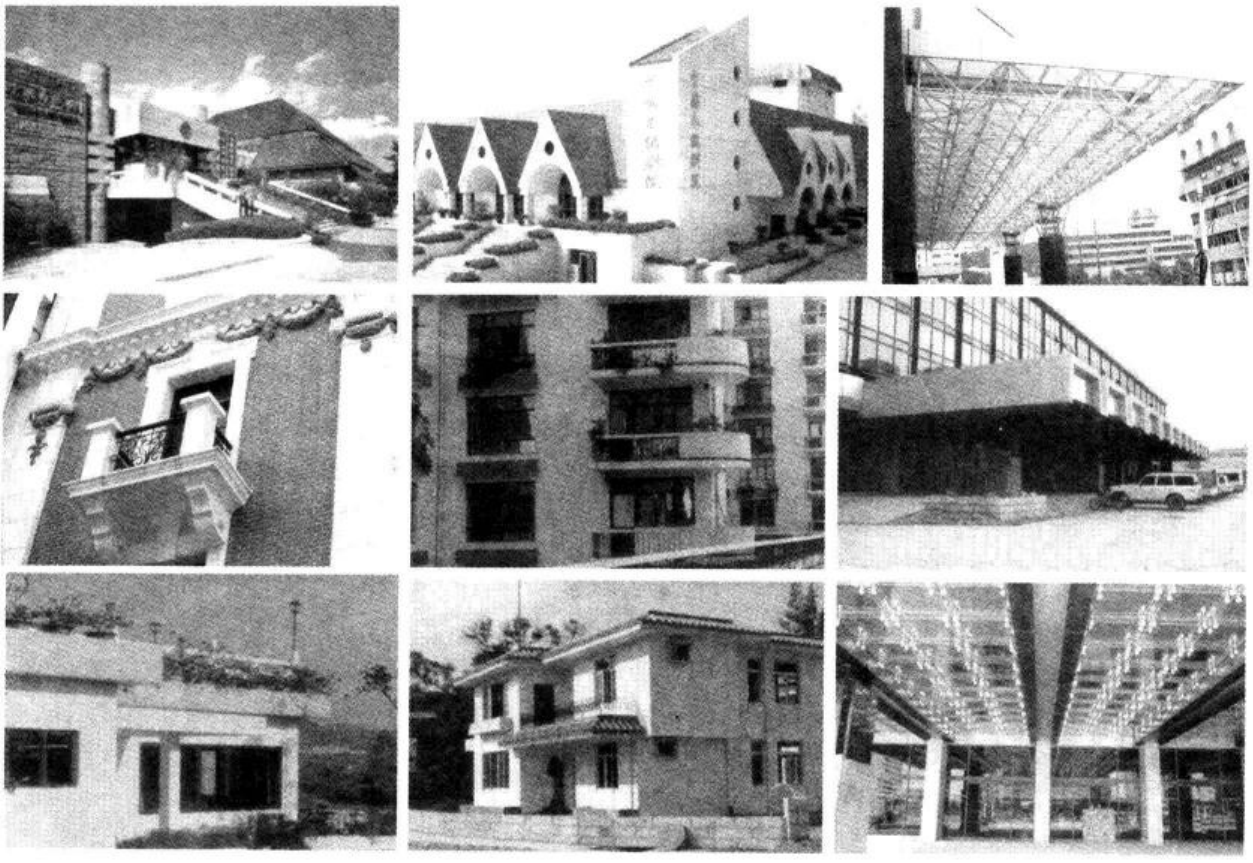


图 4.26 建筑立面的重点处理示例

复习思考题

1. 影响建筑体形及立面设计的因素有哪些？
2. 建筑体形和立面设计的任务是什么？
3. 建筑构图规律有哪些？试解释一到两种。
4. 建筑体形组合有哪几种方式？试用图例进行分析。
5. 简要说明建筑立面的具体处理手法。

5

建筑构造概论

本章提要

本章主要讲述建筑构造的基本概念；大量性建筑的基本构造组成；影响建筑构造的主要因素和建筑构造的设计原则。重点了解建筑构造在建筑设计中的任务和要求。

建筑构造是一门研究建筑物的组成以及各组成部分的组合原理和构造方法的综合性技术学科。主要任务是根据建筑物的使用功能，技术经济和艺术造型要求，提供合理的构造方案，作为建筑设计中综合解决技术问题及进行施工图设计、绘制大样图的依据和保证。

构造原理是综合多方面的技术知识，根据多种客观因素，以材料选用、结构选型、构配件制造、施工安装等为依据，研究各种构配件及其细部构造的合理性，以及能更有效地满足建筑使用功能的理论。

构造方法在构造理论指导下，进一步研究如何运用各种材料，有机地组合各种构配件，并提出解决各构配件之间相互连接的方法和这些构配件在使用过程中的各种技术措施。

研究对象是建筑物各组成部分的构造方案、构配件组成、节点构造等。

建筑构造设计是在初步设计的基础上根据构造原理和构造方法进行施工图设计，是初步设计的继续和深入。

5.1 建筑物的构造组成

一般大量性民用建筑的构造由六大部分组成，即基础、墙和柱、楼地层、屋顶、楼梯、门窗等(图 5.1)。

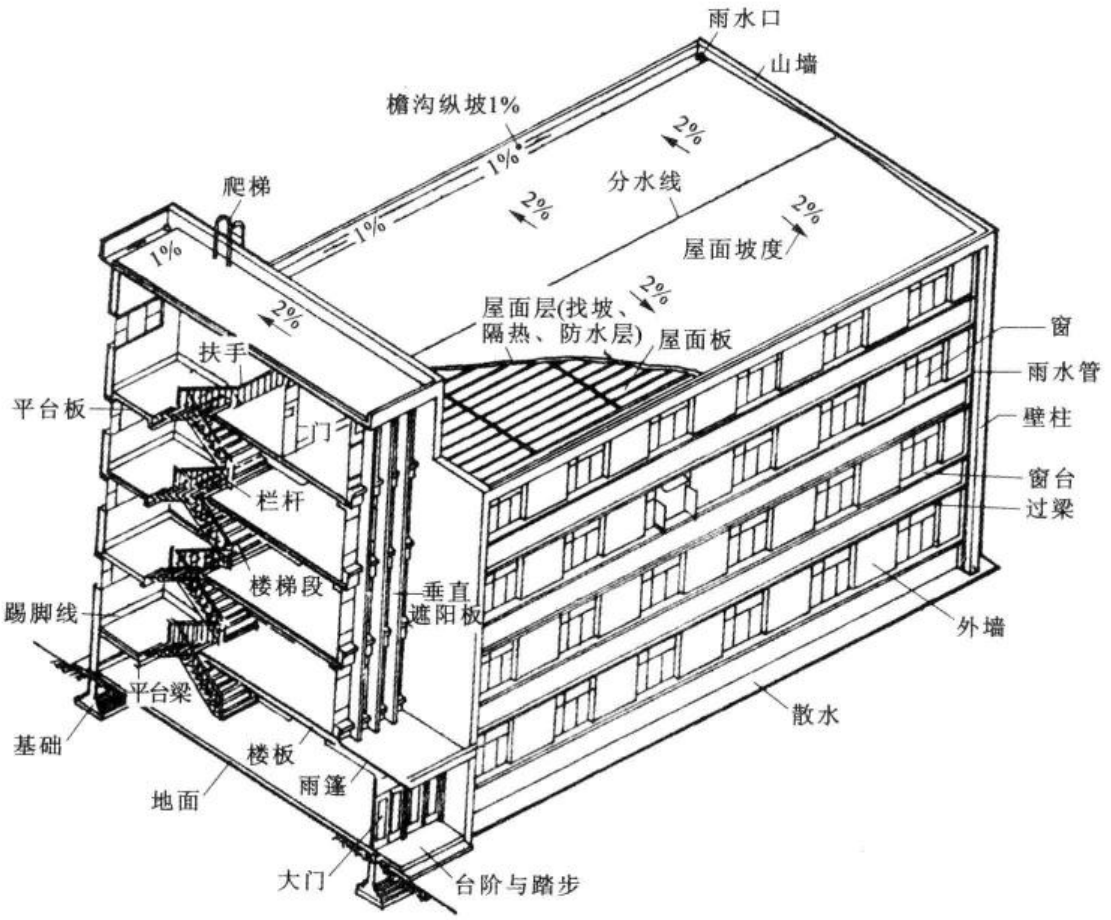


图 5.1　民用建筑构造组成

5.1.1　基础

基础是位于建筑物最下部的承重构件，承受着建筑物的全部荷载，并把它们传给地基。要求基础具有足够的强度和稳定性，并能抵御地下各种因素的侵蚀。

5.1.2　墙和柱

当建筑为框架结构时，柱为承重构件，墙体为围护构件。当建筑为墙承重结构时，墙体既是承重构件也是围护构件。作为承重构件，柱和墙承受着屋顶和各层楼板的荷载，并把这些荷载传给基础。作为围护构件，外墙起着抵御自然界各种因素对室内环境侵袭的作用；内墙起着分隔房间、创造室内舒适环境的作用。

5.1.3　楼地层

楼地层分为楼板层和地坪层。楼板层是楼房中沿高度方向水平分隔上下空间的承重构件，要求具有足够的强度和刚度来承受作用在其上的家具、设备和人体荷载以及本身自重，并把这些荷载通过墙柱等传给基础，同时还对墙体起着水平支撑的作用。地坪层是底层房间地面与地基层直接接触的结构层，只承受着底层房间内的荷载并将其传给地基层。

5.1.4 屋顶

屋顶由建筑物顶部的承重构件和围护构件组成。承重构件承受着建筑物顶部的荷载并将其传递给其下方的墙或梁柱，要求必须具有足够的强度、刚度。围护构件抵御着雨雪、风沙及太阳辐射等自然现象对顶层房间的影响，要求具有防水、保温、隔热的能力。

5.1.5 楼梯

楼梯是多层房屋中的垂直交通设施，供人们上下楼层和紧急疏散之用。在高层建筑中，楼梯主要是作为疏散之用。要求楼梯具有足够的通行能力，以及防水、防滑的能力。

5.1.6 门窗

门主要供人们内外交通和隔离房间之用；窗主要作用是采光和通风，同时也起分隔和围护作用。门窗应具有保温、隔热、隔声的能力。

以上的六大部分按受力状况可分为承重结构和围护构件两大部分。

承重结构——由建筑材料按照力学原理和传力规律组成，并能承受一定荷载作用的骨架或体系。例如，墙、柱、楼板、楼梯、屋顶、基础等，通常将其称为建筑构件。

围护构件——固定在房屋的外部，抵抗自然界的风霜雨雪的侵袭、太阳光的辐射热、噪声的干扰等。例如，墙、屋面、门窗等，通常将其称为建筑配件。

建筑构造设计主要偏重于屋面、地面、墙面、门窗、栏杆、花格、台阶、勒脚、细部装饰等建筑配件的设计。

5.2 建筑物的结构体系

建筑物是由各种结构体系支承起来的一个或多个组合空间，正是由于结构的作用，才能使得建筑形成各种空间，发挥各种功能作用，满足人们的各项生活和工作学习要求。

所谓结构是指承受各种荷载作用的构件所组成的骨架。而建筑结构是指由建筑材料按照合理方式组成，并能承受一定荷载作用的体系。

大量性建筑常用的结构体系按受力不同可分为墙承重结构和框架结构。

5.2.1 墙承重结构

墙承重结构是由墙体作为建筑物的承重构件，屋顶和各层楼板按照一定方式将其上的各种荷载传给墙体，墙体再把荷载传给基础的一种结构体系(图 5.2)。

墙承重结构的特点是，墙体既是承重构件又是围护构件，由于楼板经济跨度的影响，其房间开间进深都受到一定限制，很难形成大空间，所以只适用于小开间建筑。如住宅、宿舍、办公楼等。

墙体可用各种材料建造。当采用砌块或砖、石和砂浆来砌筑墙体时，称为砌块结构。由于强度较小，只能建造多层建筑。当采用混凝土和钢筋混凝土来现浇墙体时，称为剪力墙结构。由于强度高、刚度大、整体性好，可以建造高层建筑。但它们都属于墙承重结构。

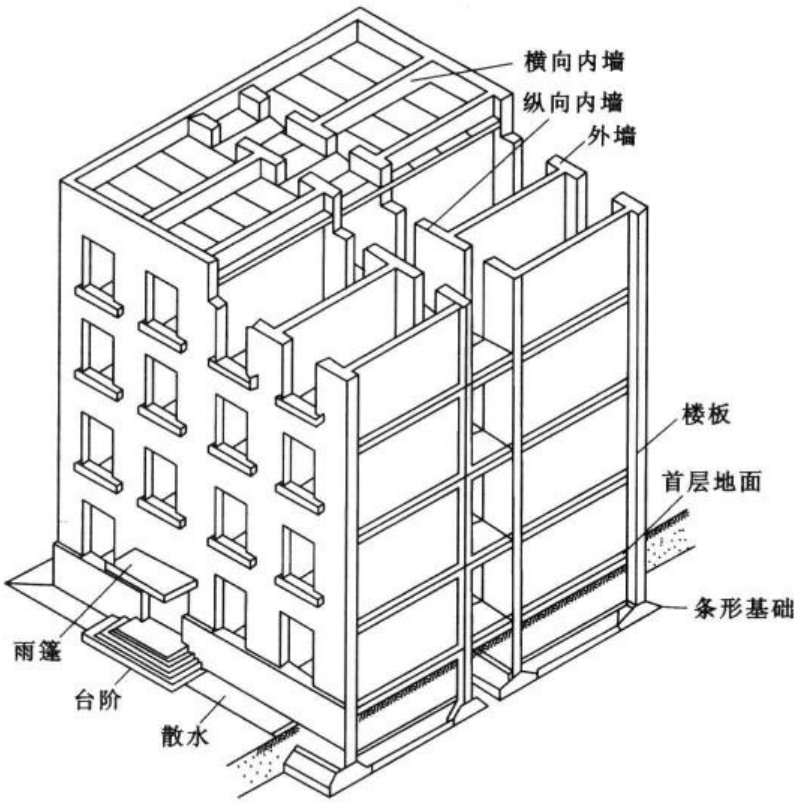


图 5.2　墙承重结构示意

墙承重结构按受力墙体布置方式不同，分为横墙承重、纵墙承重和纵横墙承重三种类型。

横墙承重结构体系是指屋顶和楼板的荷载只传给建筑物的横墙，纵墙只起嵌固横墙、加强稳定和承受墙体自重作用。由于横墙间距较小，纵墙与多片横墙进行连接嵌固，建筑物的整体性和刚度较好，对抵抗地震荷载和风荷载有利。由于纵墙不承重，可以开设较大的窗口，容易满足建筑物的采光通风要求。当建筑物由很多小开间房屋组合时常常采用这种结构体系，见图 5.3(a)。

纵墙承重结构体系是指屋顶和楼板的荷载只传给建筑物的纵墙，横墙只起嵌固纵墙、加强稳定和承受墙体自重作用，见图 5.3(b)。采用纵墙承重结构体系时，横墙间距可以较大，适用于需要较大空间的建筑物。但由于横墙较少，纵墙受力集中，需设置壁柱，建筑物的整体性和刚度都不如横墙承重结构体系。由于纵墙承重，为避免对墙体的削弱，外纵墙上开设窗口大小也受到限制。

纵横墙承重结构体系是指屋顶和楼板的荷载同时传给纵横墙。当房间面积较大时，有时需要纵横墙同时承重，见图 5.3(c)，就形成了纵横墙承重结构体系。这时建筑物的横墙布置按房间的开间确定，其间距比纵墙承重结构体系的小，墙体之间的连接嵌固较多，所以房屋的整体性和刚度也有所提高。

5.2.2　框架结构

框架结构是由框架梁和框架柱刚性连接，组成一个平面骨架，一个骨架为一榀框架。每榀框架之间由若干连系梁连接，形成一个空间骨架，称为框架结构体系。在框架结构

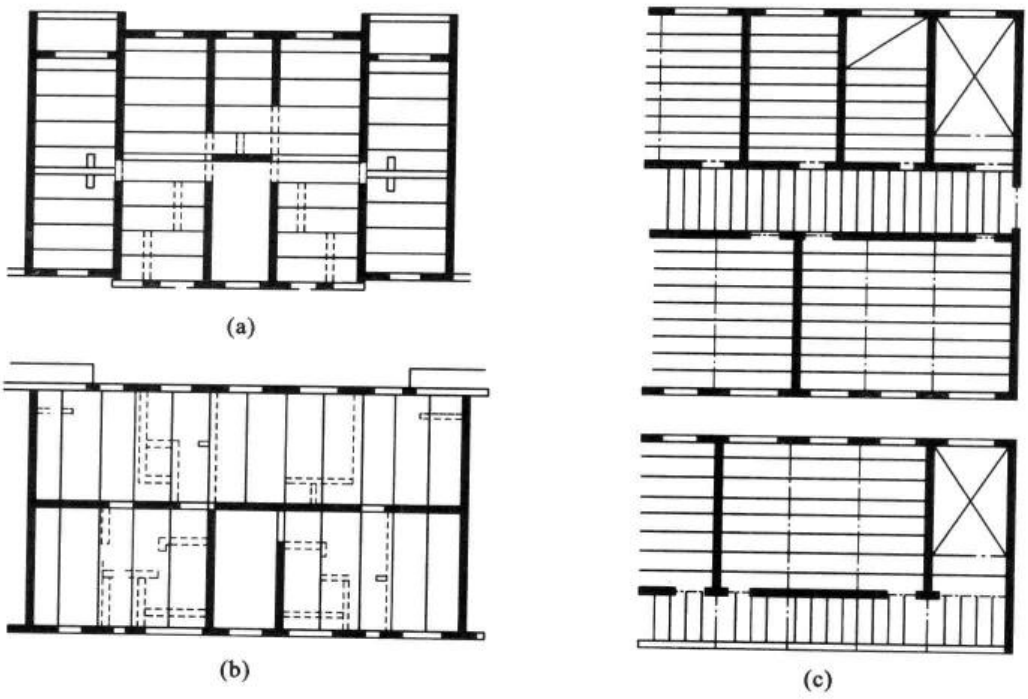


图 5.3　墙体承重方案示例

(a) 横墙承重;(b) 纵墙承重;(c) 纵横墙承重

中,框架是承重构件,屋顶和楼板的荷载传给框架,框架承受建筑物的全部荷载,并将其传给基础。墙体只是围护构件,不参与受力工作。见图 5.4。

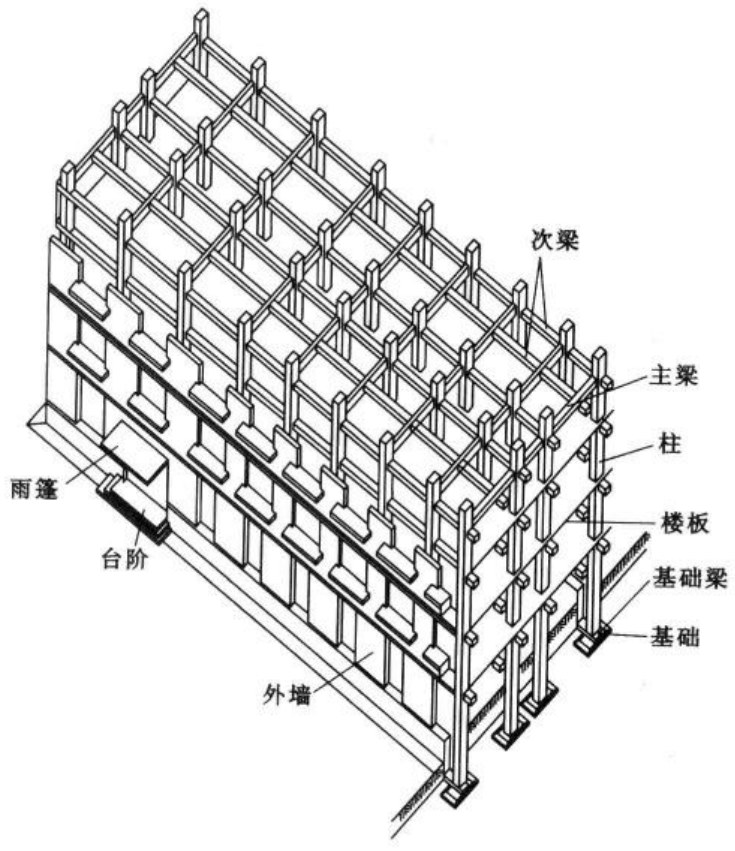


图 5.4　框架结构示意

框架结构按布置方式分为横向框架、纵向框架、纵横向框架结构体系，见图 5.5。

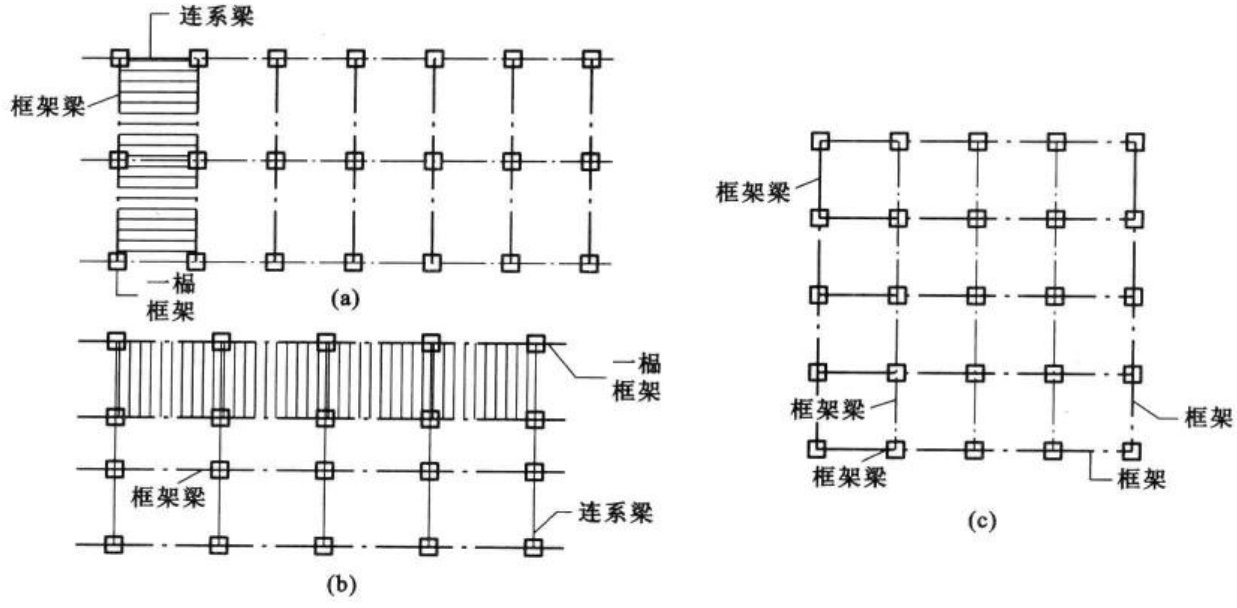


图 5.5　框架结构布置示例

(a) 横向框架结构；(b) 纵向框架结构；(c) 纵横向框架结构

横向框架是指在建筑物横向(短方向)方向布置框架结构，在纵向(长方向)布置连系梁与各榀框架连接形成一个空间骨架。当房屋的长度较长，设置横向框架可以加强建筑物的横向刚度，房屋纵向由于梁柱较多，其纵向刚度也很好。由于纵墙上对开窗限制较小，对建筑物的采光通风和立面处理都有利。一般民用建筑都采用这种结构体系。

纵向框架正好反过来，是指建筑物纵向方向设置框架，横向设置连系梁与框架相连。由于横向连系梁截面高度较小，当建筑物对房屋净高有要求时，往往采用这种结构体系。纵向框架结构体系的横向刚度较差，一般只能用在对抗震无要求的多层房屋和厂房。

纵横向框架是指建筑物横向纵向均为框架，这种布置主要考虑结构受力的需要。当房屋为方形或接近于方形时可采用这种受力结构体系。这种结构布置使得建筑物的纵横方向上都具有较高的强度与刚度，对抗震极为有利。

5.2.3　空间结构体系

常用的空间结构体系有折板、薄壳、网架、悬索等，一般用于大型建筑，见图 5.6。由于体育馆、影剧院、航空港等大跨度建筑需要很大空间，一般的平面结构体系难以胜任，而空间结构体系更好地发挥了材料的力学性能，受力状况优于平面结构体系，在大跨度建筑中得到了广泛应用。空间结构体系的形式多样，也使得建筑物的表现力大为增强。现代涌现出的很多优秀建筑，如北京奥运场馆的“鸟巢”、“水立方”就是其代表作。

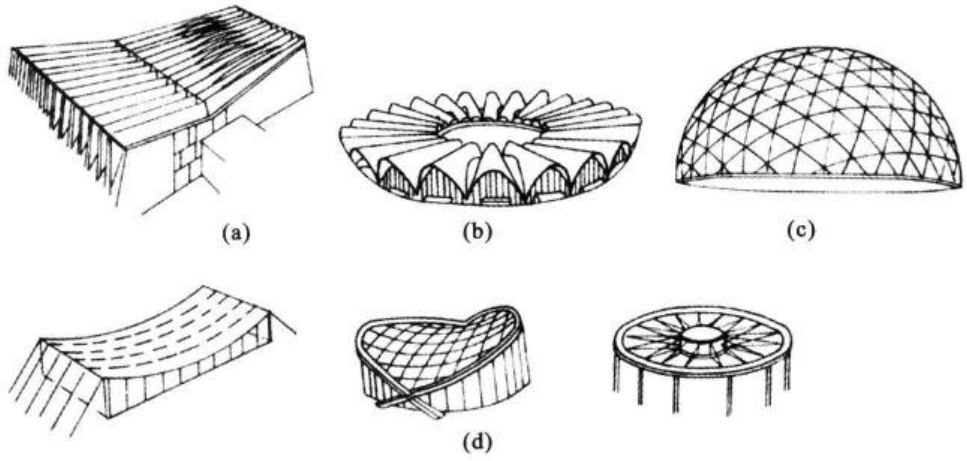


图 5.6　空间结构体系示例

(a) 折板结构；(b) 壳体结构；(c) 球形网架结构；(d) 悬索结构

5.3　影响建筑构造的因素和设计原则

5.3.1　影响建筑构造的因素

一幢建筑物的建成和各部分的构造设计必须考虑各种自然因素、人为因素、地域环境、使用标准的影响。每幢建筑物所处的环境和要求都是不一样的，其构造设计也不一样。在设计中应充分考虑这些因素，才能使建筑物真正做到适用、安全、经济、美观。

5.3.1.1　外界环境的影响

(1) 外力作用

永久荷载——建筑本身的自重，是一个基本不变的数值。在建筑物建成之后，其自重是不变的，故称为永久荷载，也称为静荷载。

可变荷载——是作用在建筑物上随着使用功能、时间和其他一些因素变化而变化的荷载值，在设计中不可以忽略不计的荷载。如楼面均布活荷载、屋面积灰荷载、屋面积雪荷载、风荷载等。其中，基本雪压和风压都是按 50 年一遇的最大值考虑。

偶然荷载——建筑物在使用期间不一定出现，一旦出现，其值很大且持续时间很短的荷载，如地震等破坏性很大的荷载。

荷载的大小直接影响到结构的设计，而结构构件材料的选择、尺寸的大小等又直接影响到构造方案的确定，所以必须考虑外力的影响。

(2) 气候条件

我国幅员辽阔，各地气候如温度、温差、降水、降雪、太阳辐射热、日照、风向、风速、地下水等差异很大，针对不同的气候条件应进行不同的建筑构造设计。我国气候按建筑气候区划分为 7 个区，按建筑热工设计区划分为 5 个区。按照建筑气候区划对建筑构造设计的要求，详见表 1.3。

(3) 人为因素

在建筑物内由于使用性质不一样，对构造设计的影响也很大。如机械加工车间内机械振动，结构和构造都应考虑加固措施。化工厂内地面和墙面应考虑化学腐蚀的影响，有爆炸危险的厂房仓库门窗应采用泄压构造。为防止火灾蔓延设防火分区，围护构件的燃烧性能和耐火极限应满足防火规范的要求。为避免噪声干扰满足使用要求，墙体和楼板做隔声构造等。

5.3.1.2 建筑技术条件的影响

建筑材料、建筑结构、建筑施工等物质技术条件是构成建筑的三要素之一。结构是建筑物的骨架，材料是组成建筑物的物质，施工是将材料按结构受力和建筑使用要求建造成一幢建筑物的实施过程。不同的材料，结构和施工方法不同，房屋的构造就不同。大量的新材料、新结构、新工艺的出现，也使得构造设计的方法变得多样。

5.3.1.3 建筑设计标准的影响

随着人们生活水平的提高，人们对建筑标准的要求在发生改变，各种新型建筑装饰材料的大量涌现，经济实力的增强，使人们有可能选择较高的建筑标准。建筑标准的不同，直接影响到建筑造价和装修要求。建筑构造形式和方法也由此产生很大的变化。

5.3.2 建筑构造的设计原则

建筑构造的设计原则是在建筑方针“适用、安全、经济、美观”的指导下进行的，在构造设计中按照8字方针引申下来就是如下16字原则：

(1) 坚固实用

房屋整体刚度满足使用要求、房屋结构安全可靠、房屋的设计使用年限满足建筑等级要求。考虑建筑物对热工环境、光环境、声环境的要求，使之能很好地满足建筑使用功能的要求。

建筑构配件的节点构造应保证构件的整体刚度和构件之间的连接牢固，应具有一定抗震性能，以确保建筑物的结构安全和在使用中的安全。

(2) 技术先进

推广新技术、新材料、新工艺，采用标准设计和定型构件，为构配件的生产工厂化和施工机械化创造有利条件，以适应建筑工业化的需要。

(3) 经济合理

全面考虑建筑物在建设时期和使用阶段的综合经济效益。既要降低建筑物的建设造价，减少材料消耗，也要降低建筑物在使用期间的运行、维修、管理费用，节能减排，使建筑真正做到经济适用。

(4) 美观大方

构造方案在细部处理上，应考虑其造型、尺度、质感、色彩等艺术和美观要求，对每个细部设计都必须精心推敲，做到锦上添花，使建筑物美观、精致、耐看。

复习思考题

1. 什么是建筑构造？建筑构造设计的任务是什么？
2. 什么是建筑构件？什么是建筑配件？
3. 影响建筑构造的因素有哪些？试举例说明。
4. 民用建筑的基本构造组成有哪几大部分？各有什么作用？
5. 建筑构造设计原则是什么？

6

墙体构造

本章提要

本章主要讲述墙体的类型及设计要求，承重墙体、非承重墙体和隔墙构造；大量性建筑的墙面装修。重点讲述墙体的设计要求、叠砌墙的墙体构造及细部构造、墙体的抗震措施以及墙面装修。

6.1 墙体的类型及设计要求

6.1.1 墙体的分类

墙体的分类方法有很多，可以按位置、受力状态、构造方式、施工方法等分类。

6.1.1.1 按位置分类

按照房屋长方向布置的墙体为纵墙，有外纵墙和内纵墙之分；按照房屋短方向布置的墙体为横墙，有外横墙和内横墙之分。人们习惯上将外横墙称为山墙。

位于两窗之间的墙体称为窗间墙；位于窗台下方的墙体称为窗下墙；位于屋顶以上起保护作用的矮墙称为女儿墙。见图 6.1。

6.1.1.2 按受力状态分类

墙体按受力状态不同分为承重墙、承自重墙和非承重墙，见图 6.2。

承重墙——承受屋盖、楼板传来的荷载及墙体自重并且把荷载传给基础。

常用承重墙有混凝土小型砌块墙、混凝土中型砌块墙、粉煤灰中型砌块墙、粉煤灰砖墙、灰砂砖墙、粘土多孔砖墙、现浇钢筋混凝土墙等。

承自重墙——只承受墙体自重并且把荷载传给基础。墙体材料同承重墙。

非承重墙——不承受其他荷载作用，并且把墙体自重传给楼板或梁等承重构件。如框架结构房屋的框架填充墙、幕墙、砌体结构房屋的内隔墙。

常用非承重砌块墙有加气混凝土砌块墙、陶粒空心砌块墙、混凝土空心砌块墙、粘土空心砖墙、灰砂砖墙等。

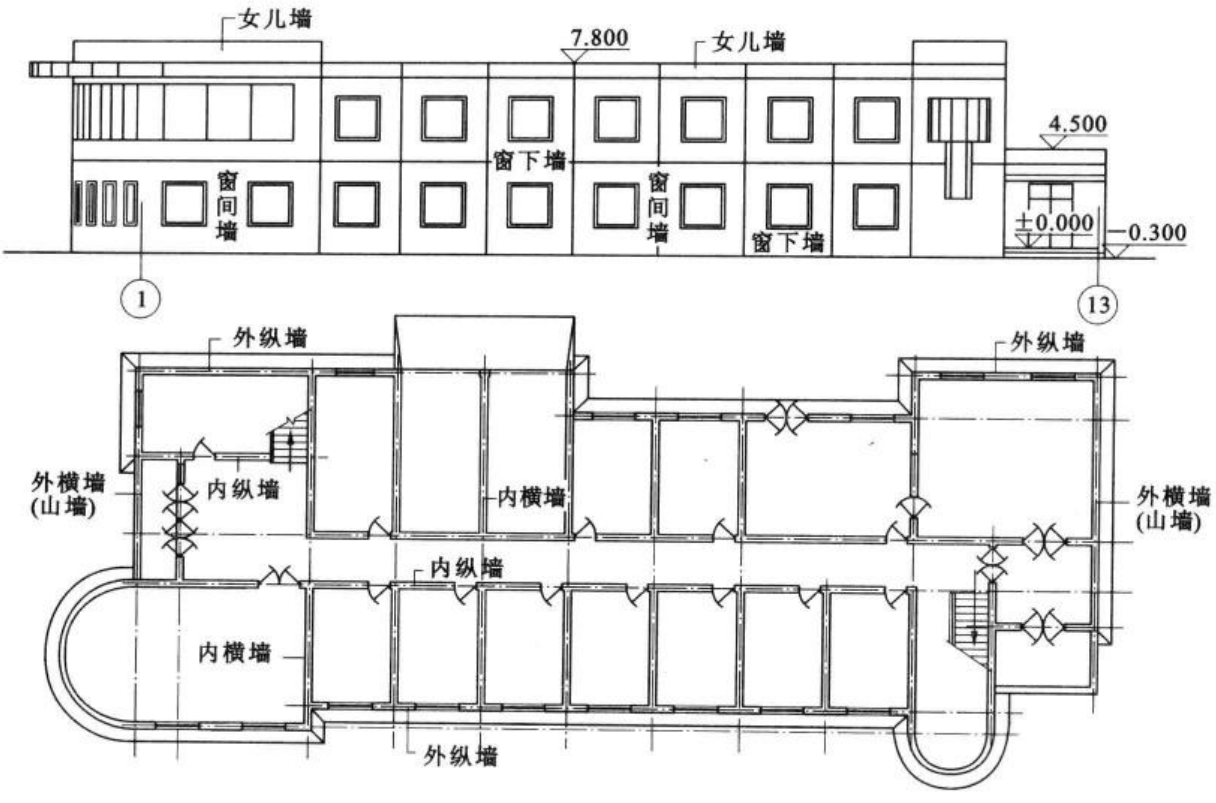


图 6.1　墙体按位置分类的名称

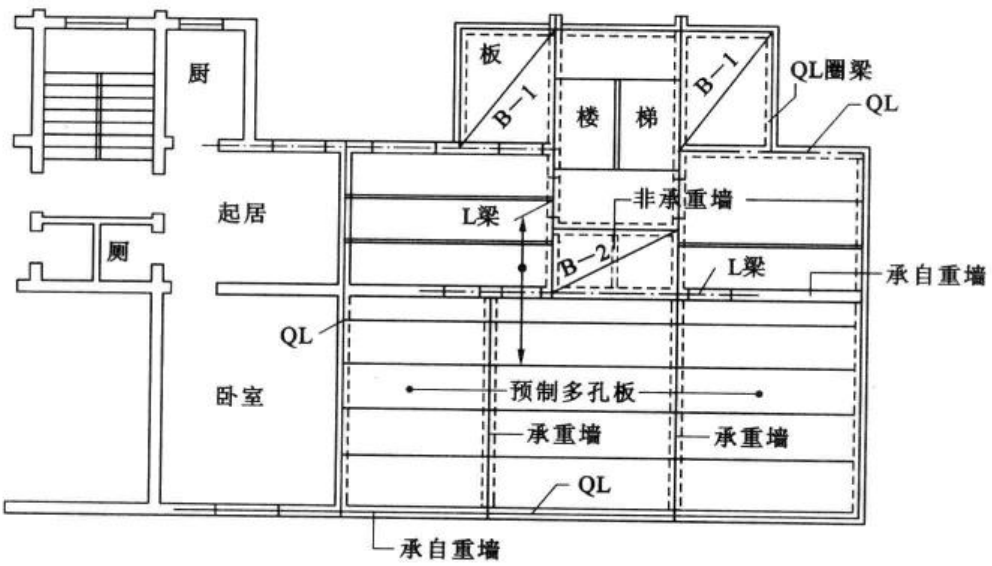


图 6.2　墙体按受力状态分类

6.1.1.3　按构造方式分类

按构造方式分类有实体墙、空体墙和组合墙。

实体墙是指内部无空腔的墙体，一般由一种材料构成，如灰砂砖墙、加气混凝土砌块墙；空体墙是指内部有空腔的墙体，一般也由一种材料构成，如砖砌空斗墙、混凝土空心砌块墙；组合墙是由两种以上的材料组合而成的墙体，如砌块墙外贴聚苯保温板等。

6.1.1.4　按施工方法分类

叠砌墙是将预先加工好的各种块材用胶凝材料叠放砌筑而成。如实砌砖墙、砌块墙、

空斗墙等，是一种传统的施工方法。

板筑墙是在墙体部位直接立模，在模板内夯筑或浇筑各种材料而成。如夯土墙、混凝土墙、钢筋混凝土墙等。

板材墙是在工厂中预制好各种墙体构件，在施工现场进行机械安装而成。如加气混凝土墙板、石膏圆孔墙板、玻璃幕墙等。

6.1.2 墙体的设计要求

6.1.2.1 具有足够的强度

强度指的是墙体承受荷载的能力，在设计中，墙体应具有足够的强度承受房屋的荷载。

墙体强度大小与墙体所用材料有关，如砖的强度等级、砂浆的强度等级、混凝土的强度等级、墙体的厚度等。在设计时可按照需要进行选择与配合。

6.1.2.2 具有足够的稳定性

墙体是一种垂直受力构件，它的受力状况决定了对稳定性的要求。墙体的稳定性与墙体的长度、高度、厚度以及纵、横墙墙体间的距离有关。在结构设计中往往采用墙体的高厚比指标来控制。

6.1.2.3 建筑热工要求

建筑热工要求是指墙体的保温和隔热要求，要希望建筑物做到冬暖夏凉，其外围护墙体就必须具有保温隔热性能，并应能满足一定的指标性要求。

(1) 保温要求

在我国严寒地区、寒冷地区以及冬冷夏热地区，冬季外墙保温是建筑节能的主要手段之一。国家因此制定了建筑节能标准，各设计单位都应参照执行。

建筑物热量的失散，主要是通过外围护构件，如墙体、屋顶、门窗等向外散热。按照热传导原理，热量从高温一侧向低温一侧传导，室外冷空气通过空隙往室内渗透，室内水蒸气向室外渗透，这样热量就会不断流失，见图 6.3(a)。另外，外墙上钢筋混凝土构件的传热系数远远大于其他墙体材料，这部分的热量失散也远远大于其他部分，这种热传导异常的部分称之为“冷桥”，见图 6.3(b)。外墙保温措施主要是提高外墙热阻，降低外墙平均传热系数，对传热异常部位进行特殊处理。

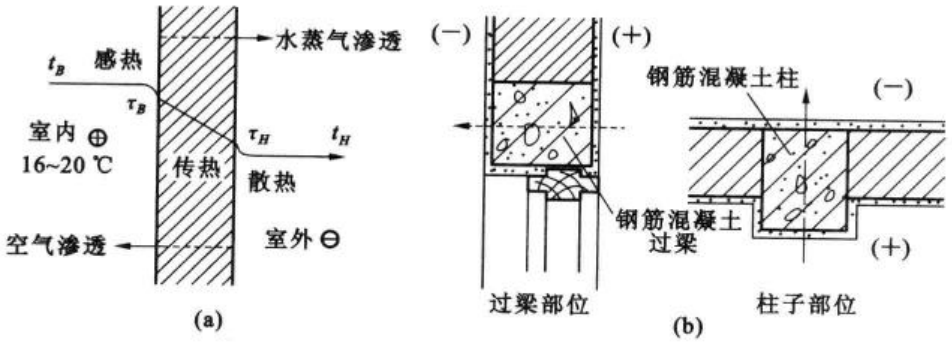


图 6.3 外围护结构热量失散示意

(a) 围护结构中热的传播过程；(b) 冷桥示意

(2) 满足隔热要求

在我国夏热冬冷地区、夏热冬暖地区及部分寒冷地区，特别是新疆吐鲁番盆地，夏季的隔热降温是非常重要的。除了可以利用外墙的保温层来隔热，还可以采取其他措施来隔热降温。如外墙表面采用浅色光洁的装饰材料，以反射太阳辐射热；在窗口外侧设置遮阳措施，以减少太阳对室内的直射；利用绿色攀缘植物，吸收太阳辐射热以降低外墙表面温度；在外墙内部设置通风间层，利用热压和风压作用带走热量。

6.1.2.4 满足隔声要求

建筑隔声是为了将通过围护结构传入室内的噪声限制在一个不影响人们正常工作、学习和生活的水平之内，减轻噪声对人们的危害。

噪声的传播分为空气传声和撞击传声。噪声自声源发出后，借空气而传播的声音称为空气传声；由直接打击或撞击建筑构件而产生的声音称为撞击传声。墙体主要隔绝的是空气传声，根据建筑类别不同，墙体隔绝空气传声的标准也不一样，见表 6.1。

表 6.1 围护结构(隔墙和楼板)隔绝空气传声的标准

建筑类别	部　　位	特级	一级	二级	三级
住宅	分户墙与楼板	—	≥50	≥45	≥40
学校	有特殊安静要求的房间与一般教室之间的隔墙与楼板	—	≥50	—	—
	一般教室与各种产生噪声的活动室之间的隔墙与楼板	—	—	≥45	—
	教室与教室之间的隔墙与楼板	—	—	—	≥40
医院	病房与病房之间	—	≥45	≥40	≥35
	病房与重病房之间	—	—	≥45	≥40
	病房与产生噪声的房间之间	—	≥50	≥50	≥45
	手术室与病房之间	—	≥50	≥45	≥40
	手术室与产生噪声的房间之间	—	≥50	≥50	≥45
	听力测听室围护结构	—	≥50	≥50	≥50
旅馆	客房与客房之间隔墙	≥50	≥45	≥40	≥40
	客房与走廊之间隔墙(含门)	≥40	≥40	≥35	≥30
	客房的外墙(含窗)	≥40	≥35	≥25	≥20

注：摘自《民用建筑隔声设计规范》(GB 50118—2010)。

6.1.2.5 满足防火要求

按照建筑物耐火等级不同和墙体是否承重，对墙体的耐火极限和燃烧性能有着不同的要求。

承重墙体：当耐火等级为一、二级时，墙体应采用不燃烧体，耐火极限不低于 1 h；当耐火等级为三级时，墙体应采用不燃烧体，耐火极限不低于 0.5 h；当耐火等级为四级时，墙体应采用难燃烧体，耐火极限不低于 0.25 h。防火墙的耐火极限为 3 h。

非承重墙体：当耐火等级为一级时，墙体应采用不燃烧体，耐火极限不低于 0.75 h；当耐火等级为二级时，墙体应采用不燃烧体，耐火极限不低于 0.5 h；当耐火等级为三级时，墙体应采用难燃烧体，耐火极限不低于 0.5 h；当耐火等级为四级时，墙体应采用难燃烧体，耐火极限不低于 0.25 h。常用部分墙体的耐火极限和燃烧性能见表 6.2。

表 6.2　部分墙体的耐火极限和燃烧性能

序号	构件名称	结构厚度或截面最小尺寸（cm）	耐火极限（h）	燃烧性能	序号	构件名称	结构厚度或截面最小尺寸（cm）	耐火极限（h）	燃烧性能
一	承重墙				二	非承重墙			
1	普通粘土砖、硅酸盐砖、混凝土，钢筋混凝土实心墙	12.0 18.0 24.0 37.0	2.50 3.50 5.50 10.50	非燃烧体 非燃烧体 非燃烧体 非燃烧体	1	粘土空心砖墙 （1）七孔砖墙（不包括墙中空 12 cm） （2）双面抹灰七孔粘土砖墙（不包括墙中空 12 cm）	12.0 14.0	8.00 9.00	非燃烧体 非燃烧体
2	加气混凝土砌块墙	10.0	2.00	非燃烧体	2	粉煤灰硅酸盐砌块墙	20.0	4.00	非燃烧体
3	轻质混凝土砌块、天然石料的墙	12.0 24.0 37.0	1.50 3.50 5.50	非燃烧体 非燃烧体 非燃烧体	3	轻质混凝土墙 （1）加气混凝土砌块墙 （2）钢筋加气混凝土垂直墙板墙 （3）粉煤灰加气混凝土砌块墙	7.5 15.0 10.0	2.50 3.00 3.40	非燃烧体 非燃烧体 非燃烧体

6.1.2.6　*其他要求*

墙体还应满足防潮、防水要求；

墙体的材料和尺寸标准应考虑经济要求和建筑工业化的要求。

6.2　叠砌墙构造

叠砌墙是指由各种砌块、砖块、石块按一定规律叠放，使用各种胶凝材料粘接砌筑而成的墙体。习惯上把砖块与各种胶凝材料叠砌而成的墙体称为砖墙，各种砌块与胶凝材料叠砌而成的墙体称为砌块墙。

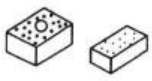
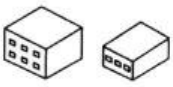
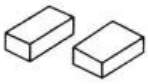
6.2.1　墙体材料

6.2.1.1　*砖和砌块*

砖的种类有很多，按材料分有粘土砖、炉渣砖、灰砂砖、煤矸石砖、粉煤灰砖、页岩砖；按

外形分有实心砖、多孔砖、空心砖；按制作方法分有烧结砖、蒸压养护砖。常用砌墙砖的种类、规格、强度等见表 6.3。砖的强度等级有六级，分别为 MU30(即抗压强度≥30 N/mm^2)、MU25、MU20、MU15、MU10、MU7.5。

表 6.3　常用砌墙砖的种类及规格

名称	简图	主要规格	强度等级	密度(kg/m^3)	主要产地
普通粘土砖		240×115×53	MU7.5～MU20	1600～1800	全国各地
粘土多孔砖		190×190×90 240×115×90 240×180×115	MU7.5～MU20	1200～1300	全国各地
粘土空心砖		300×300×100 300×300×150 400×300×80	MU7.5～MU20	1100～1450	全国各地
煤矸石半内燃砖		240×115×53 240×120×55	MU10～MU15	1600～1700	宁夏、湖南、陕西、辽宁
蒸养灰砂砖		240×115×53	MU7.5～MU20	1700～1850	北京、山东、四川
炉渣砖		240×115×53 240×180×53	MU7.5～MU20	1500～1700	北京、广东、福建、湖北
粉煤灰砖		240×115×53	MU7.5～MU15	1370～1700	北京、河北、陕西
页岩砖		240×115×53	MU20～MU30	1300～1600	广西、四川

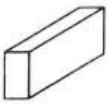
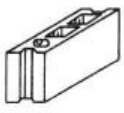
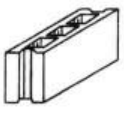
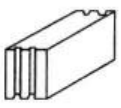
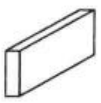
粘土砖的制作需要大量粘土，取土常常毁坏农田，减少了大量可耕地。为了保护耕地，国家采取了一系列措施，大力提倡用工业废渣制作砌块，改进墙体材料。在一些城市，则明令禁止使用粘土砖。

砌块一般为天然石料和硅酸盐水泥、煤矸石无熟料水泥以及煤灰、石灰、石膏等胶结料，与砂石、煤渣、天然轻骨料等，经原料处理、加压或冲击、振动成形，再以干或湿热养护而制成的砌墙块材。

砌块一般规格尺寸较大，砌块的厚度即为墙体厚度，尺寸往往采用 1M(M 为基本模数)或 2M，与建筑模数易于协调。

小型砌块可以人力搬动，质量一般控制在 25 kg 以内；中型砌块质量在 25～350 kg 之间，需要借助于小型起重设施；大型砌块质量在 350 kg 以上，需要大型起重设备。常用砌块的材料、规格、强度见表 6.4。

表 6.4　常用砌块主要材料与规格

名称	简图	主要规格	强度等级	最大块质量	材料
条石砌块		180×280×180 180×280×380 180×280×580 180×280×780 180×280×980	MU100～MU400	1230 N	人工开采、加工天然花岗石
小型混凝土空心砌块		190×190×90 190×190×190 190×190×290 190×190×390	MU3.5～MU10	180 N	C15 细石混凝土配合比经计算与实验确定
中型混凝土空心砌块		180×845×590 180×845×780 180×845×990 180×845×1880	MU5～MU10	2950 N	C20 细石混凝土配合比经计算与实验确定
煤矸石空心砌块		200×880×485 200×880×570 200×880×770 200×880×970 200×880×1170	MU7.5～MU20	3010 N	以煤矸石无熟料水泥作胶结料、自然煤矸石为骨料
蒸压加气混凝土砌块		厚：100、150、200、250 高：200、250、300 长：600 各种规格可定制	MU3～MU5.0	188 N	以水泥-矿渣-砂或水泥-石灰-砂或水泥-石灰-粉煤灰为基本原料，以铝粉为发气剂
粉煤灰硅酸盐砌块		200×380×380 200×380×480 200×380×580 200×380×880 200×380×1180	MU10～MU15	1590 N	以粉煤灰、石膏、石灰和炉渣等骨料为主要原料
石膏砌块		厚：60～100 高：500 长：666	MU5.0	300 N	以熟石膏为主要原料

砌块在作为墙体材料时，有一些限制性要求。如条石砌块一般只能建三层及以下的房屋；煤矸石空心砌块墙必须做外饰面，还要防裂、防冻、防空鼓、防脱落；加气混凝土砌块墙不得用于基础、高温高湿、长期浸水和有化学腐蚀的环境；粉煤灰硅酸盐砌块墙不得用于有酸性侵蚀介质及经常处于高温影响下的环境；石膏砌块墙不得用于有水房间。另外，由于砌块建筑的整体性较差，其层数和房屋总高度也受到抗震规范的限制。如小型混凝土空心砌块在抗震设防烈度为 6 度区时，层数不得大于 7 层，房屋总高度不得大于 21 m；在 7 度区不得大于 6 层，总高度不得大于 18 m；在 8 度区层数不得大于 5 层，总高度不得

大于 15 m；在 9 度区则不宜采用小型混凝土空心砌块建造房屋。

砌块的强度等级不宜低于 MU5.0，轻集料砌块的强度等级不宜低于 MU2.5，砌筑砂浆的强度等级不宜低于 M5.0。砌块墙体长度和高度超过一定范围时必须采取加固措施。

6.2.1.2 *砂浆*

建筑砂浆是由无机胶凝材料、砂和水拌和而成。为了施工方便，要求砂浆有良好的流动性、保水性、粘结力以及一定的强度。在叠砌墙中，砂浆可以把单块的砖、砌块粘结起来成为一个整体，并将其间的缝隙填实。在砂浆硬化后能将上层砌块所承受的荷载逐层均匀地传至下层砌块，共同承受荷载，以保证墙体的强度。

建筑砂浆按材料不同分为水泥砂浆、石灰砂浆和水泥石灰砂浆。水泥石灰砂浆也称混合砂浆。按使用功能不同，又可分为砌筑砂浆和抹面砂浆。

水泥砂浆由水泥、砂、水拌和而成，强度高、防潮性能好，一般用于基础墙体和潮湿房间墙体的砌筑。

石灰砂浆由石灰膏、砂、水拌和而成，强度低、防潮性能差，一般用于墙体抹面。

水泥石灰砂浆由水泥、石灰膏、砂和水拌和而成，其和易性较好，有一定强度，使用比较广泛。

砂浆的强度等级分为 7 级，分别为 M15、M10、M7.5、M5、M2.5、M1、M0.4。

墙体的强度等级是由不同强度等级的砖、砌块与不同强度等级的砂浆匹配来决定的。

6.2.2 墙体的组砌方式

组砌方式是指砖或砌块在墙体中的排列组合方式，为了使砌块和砂浆能形成一个整体共同受力，必须将砌块按照一定方式进行组砌。组砌原则——内外搭接、上下错缝、避免通缝、砂浆饱满。墙体的错缝搭接及砖缝名称见图 6.4。

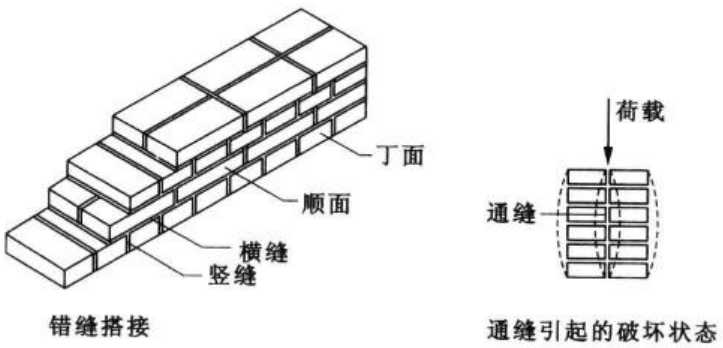


图 6.4 墙体的错缝搭接及砖缝名称

6.2.2.1 *砖墙的组砌*

砖墙的组砌方式与标准砖的规格有关，按照标准砖的尺寸关系可排列组合成各种不同的墙体厚度和长度。一块标准砖的尺寸为 53 mm×115 mm×240 mm，长、宽、高的尺寸关系为 1∶2∶4，见图 6.5；标准砖与墙厚的关系见图 6.6；各种厚度墙体的组砌方式见图 6.7。

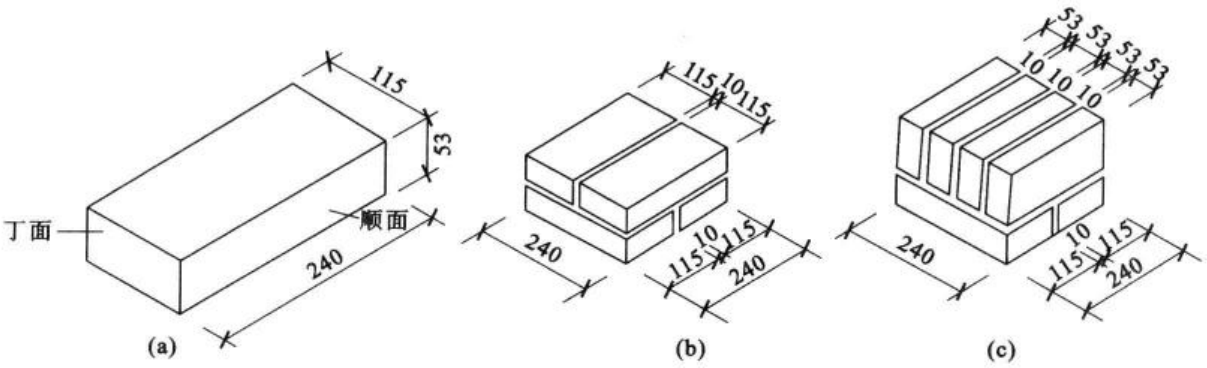


图 6.5　标准砖的尺度关系

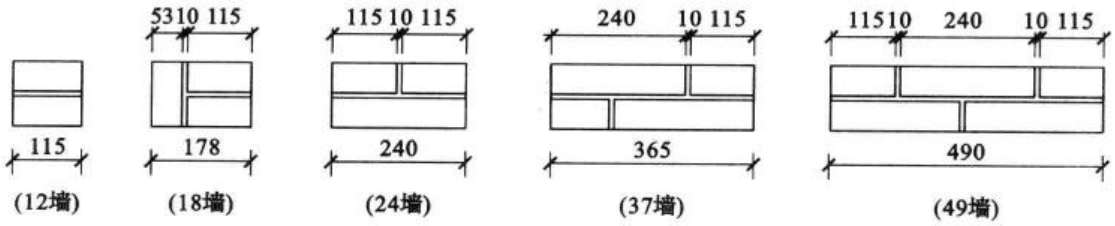


图 6.6　标准砖与墙厚的关系

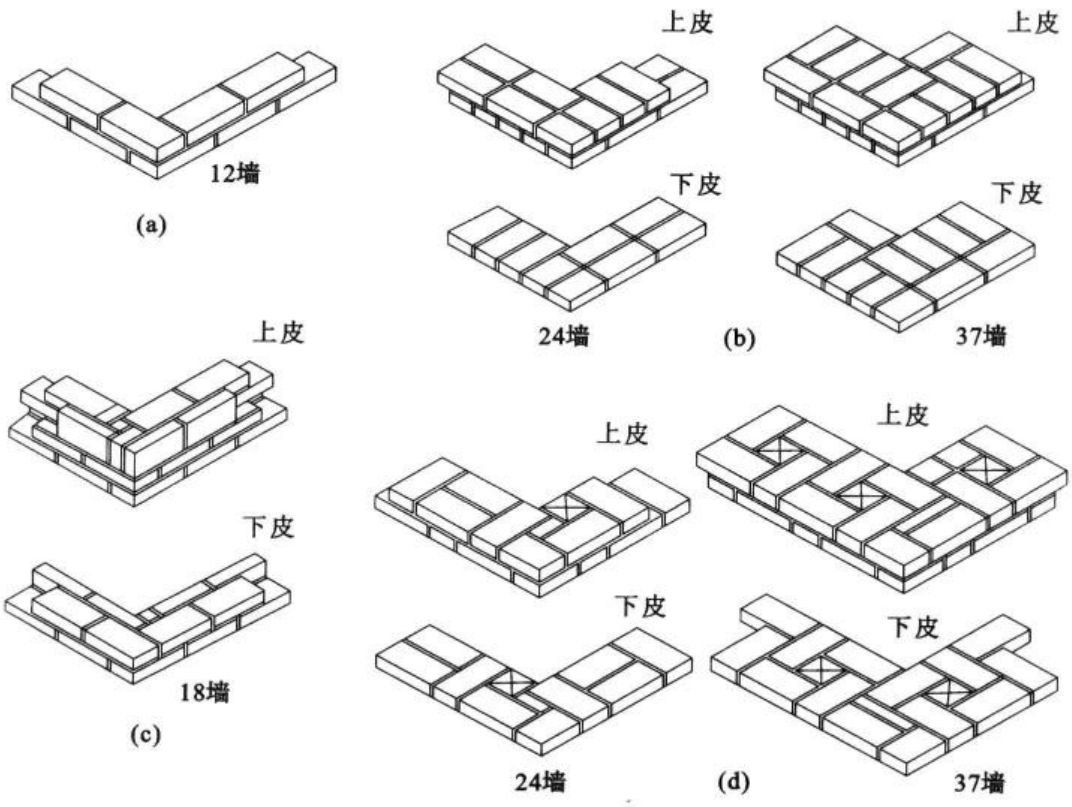


图 6.7　实心砖墙的组砌方法

(a) 全顺式；(b) 两平一侧式；(c) 上下皮一顺一丁；(d) 每皮一顺一丁

由于标准砖的尺寸是历史上形成的，与现行的建筑模数标准不同，在设计时应注意建筑模数与砖模数的协调。砖模数是以砖的宽度加上灰缝厚度作为组合模数：115＋10＝125 mm，墙体厚度及长度都以砖模数为组合依据，见图 6.8。

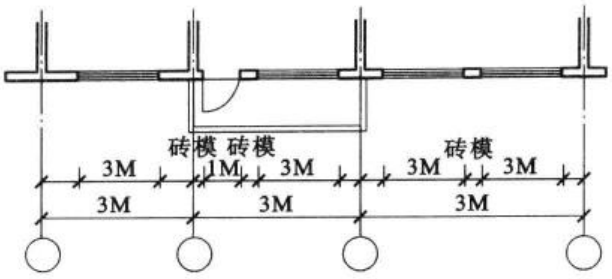


图 6.8　砖墙尺度中砖模数与建筑模数的协调

6.2.2.2　*砌块墙的组砌方式*

砌块的厚度一般为 180 mm、190 mm、200 mm、250 mm，墙体厚度与砌块厚度一致，小型砌块墙宜以 1M 为模数。砌块宽度一般有 4～5 种，便于砌筑时错缝搭接。由于砌块尺寸较大，施工时不能对砌块进行切割，在设计阶段时应根据砌块规格尺寸进行排列，才能有效地利用各种砌块。图 6.9 为砌块建筑示意图，图 6.10 为各种砌块的排列示意图。

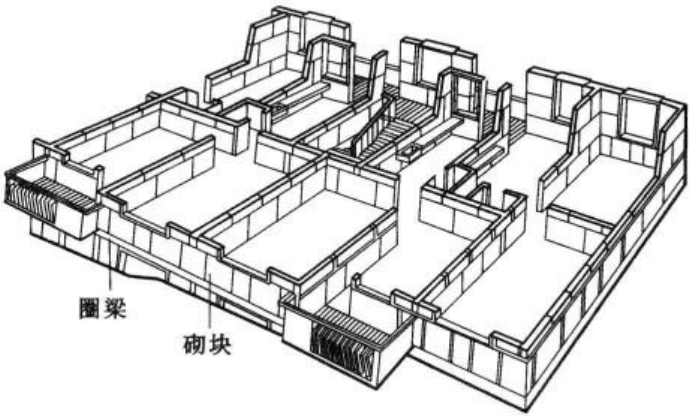


图 6.9　砌块建筑示意图

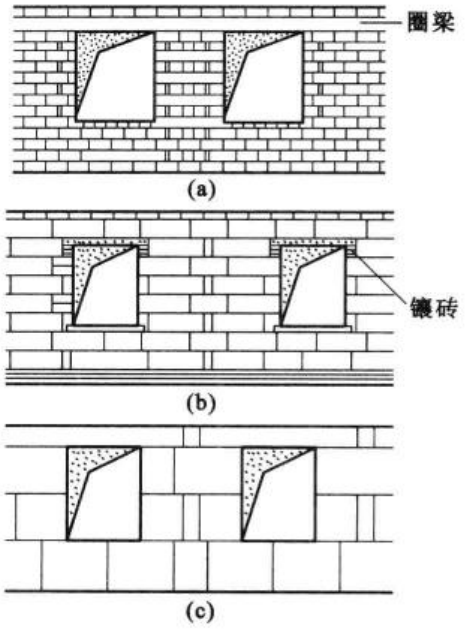


图 6.10　砌块排列示意

(a) 小型砌块排列示例；(b) 中型砌块排列示例之一；(c) 中型砌块排列示例之二

砌块墙面的划分原则是：砌块排列整齐有规律、便于施工；上下皮错缝搭接、避免通缝，保证墙体强度和刚度；墙体交接处和转角处砌块应搭接砌筑，以提高墙体整体性；当砌块组砌时出现小缝隙，而又没有合适砌块来填补时，可用少量普通砖来填补缝隙，且填补位置应分散对称，保证受力均匀；大规格砌块应占 70% 以上，以充分利用起吊设备。图 6.11为中型硅酸盐砌块的规格尺寸及砌体的排列示例。

砌块灰缝要求：竖缝填灌密实、横缝砌筑饱满，以保证足够的密实度，有利于防渗、保温、隔声和提高房屋刚度。

在墙体 L 形转角处和丁字转角处的砌块应上下搭接，避免通缝。当砌块较大、出现了不可避免的通缝时，可在砌块横缝间放置钢筋网片来进行处理。具体构造见图 6.12。

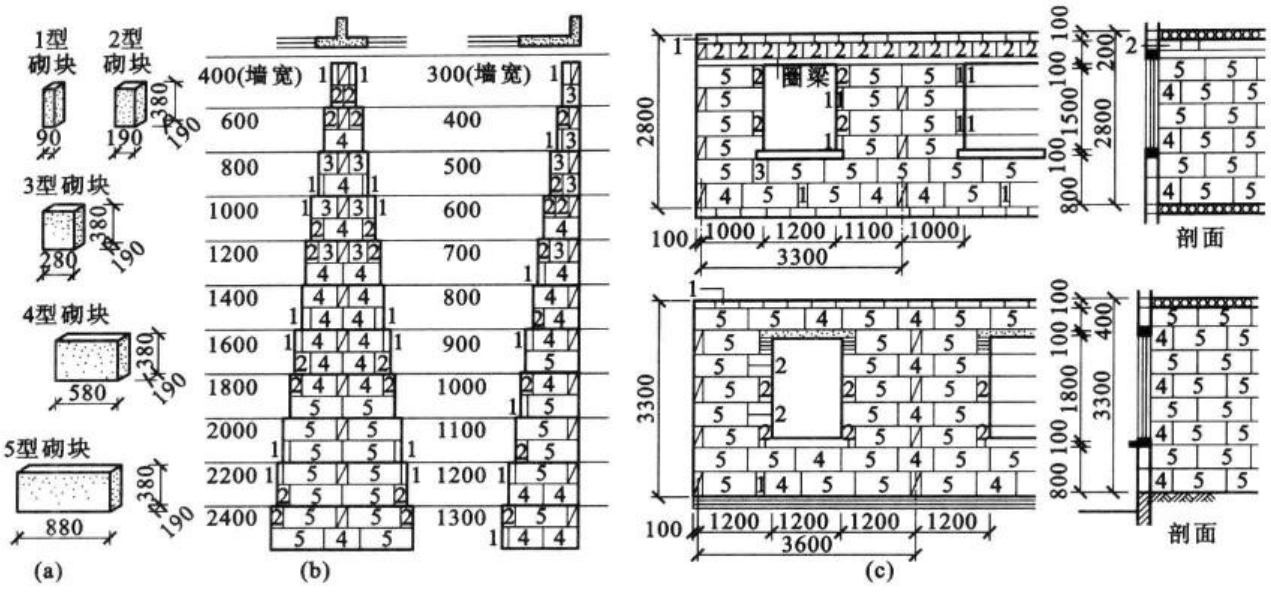


图 6.11　中型硅酸盐砌块砌体排列示例

(a) 砌块规格；(b) 各种宽度墙体组砌；(c) 层高开间不同时砌块的排列

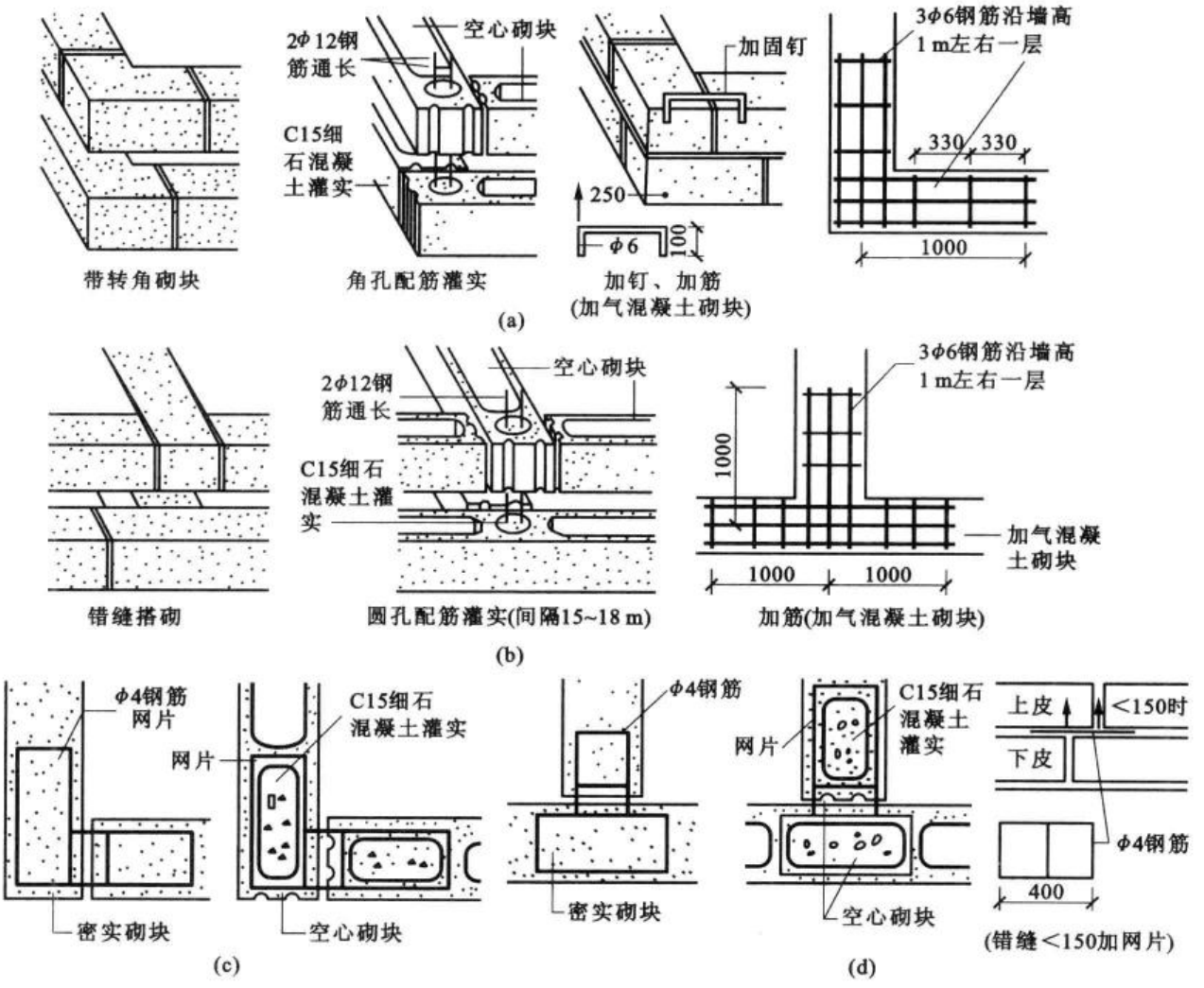


图 6.12　砌块在转角处的搭接及通缝处理

(a) L 形转角处砌块的搭接；(b) 丁字转角处砌块的搭接；(c) L 形转角处通缝的处理；(d) 丁字转角处通缝的处理

6.2.2.3 *加气混凝土砌块填充墙的组砌方法*

加气混凝土块重量轻、保温和隔声性能好，一般作为框架结构的填充墙，其厚度有100 mm、150 mm、200 mm、250 mm、300 mm，高度有200 mm、250 mm、300 mm，长度为600 mm。外墙可采用200 mm或250 mm厚度的砌块，内墙可采用100 mm或150 mm厚的砌块。

加气混凝土块防水性能较差，不能用在建筑物室内以下地坪、长期浸水或经常受干湿变换部位、强酸强碱等环境或80 ℃以上高温环境。内外墙面应做好防水、泛水和滴水线；墙体底部应先砌高度不小于200 mm的实心砖墙体，或现浇C20混凝土坎台，宽度同墙厚。

加气混凝土块由于尺寸较大，在砌筑前应先在框架柱上标明皮数、灰缝、窗台板、门窗洞口、过梁或圈梁。内外墙应咬茬砌筑，砌至梁底时留一定缝隙，用小型砌块斜砌补齐挤紧。图6.13为某高层住宅中加气混凝土填充墙实例。

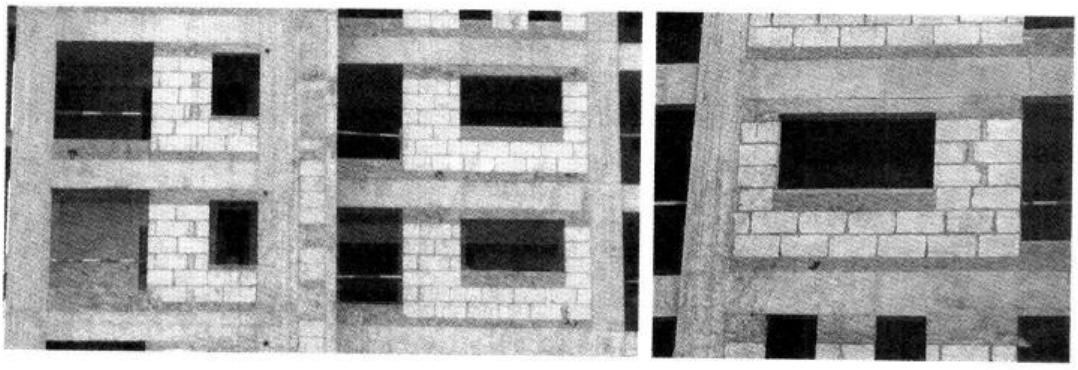


图6.13 加气混凝土填充墙实例

6.2.3 墙体的细部构造

6.2.3.1 *墙脚构造*

墙脚是指室内地面以下至基础以上的这段墙体，外墙的墙脚又称为勒脚，见图6.14。墙脚由于所处环境较差，在构造上必须采取相应的措施。如墙脚连接基础与墙体，所承受的荷载最大，则强度要求较高；易受外界碰撞和雨雪的侵蚀，外饰面应加强保护；地下水、地表水的毛细作用所形成的地潮也会造成墙脚的侵蚀，地下潮气严重时可以影响到二层墙体，使得室内装修粉化、脱落或霉变，影响到人体健康等。

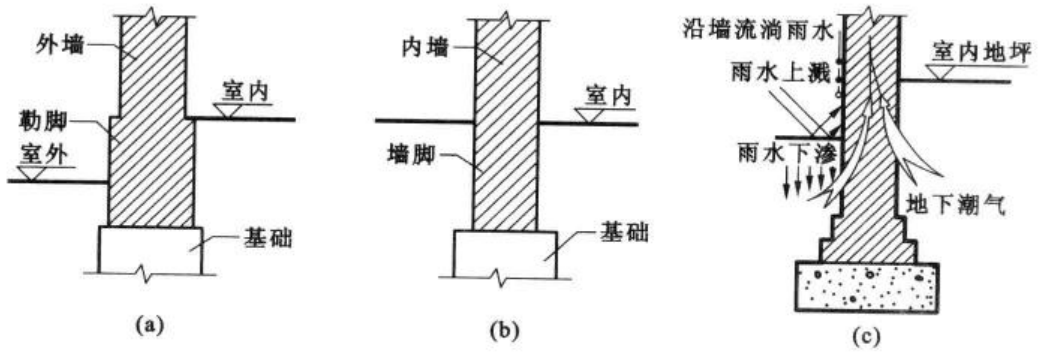


图6.14 墙脚位置及地下潮气对墙脚的影响

(a) 外墙墙脚(勒脚)；(b) 内墙墙脚；(c) 地下潮气对墙脚的影响

(1) 勒脚加固

勒脚采用坚固的石材砌筑，或用石材对勒脚表面进行贴面保护。对砌块墙体可采用30～40 mm厚的水泥砂浆抹面，为防止抹灰层起壳脱落，除严格按施工程序操作外，还可增加抹灰的“咬口”以加大墙体与砂浆的粘结面，如图6.15所示。

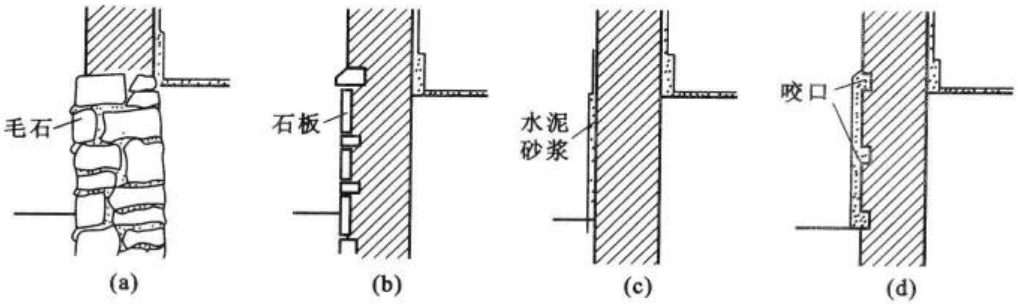


图6.15 勒脚加固构造

(a) 毛石勒脚；(b) 石板贴面勒脚；(c) 抹灰勒脚；(d) 带咬口抹灰勒脚

(2) 墙身防潮

防潮层分为水平防潮层和垂直防潮层。水平防潮层一般设在室内地坪以下－0.06 m的地方，与地面混凝土垫层连成整体，共同阻止地下潮气的上升。当室内地坪有高差时，应在高差范围内墙体有土一侧的墙面上做垂直防潮层，见图6.16。水平防潮层一般采用1∶2.5水泥砂浆掺水泥质量3%～5%的防水剂抹20 mm厚。垂直防潮层还需在水泥砂浆防潮层的基础上再涂刷防水涂料，如涂刷冷底子油一道，热沥青两道。

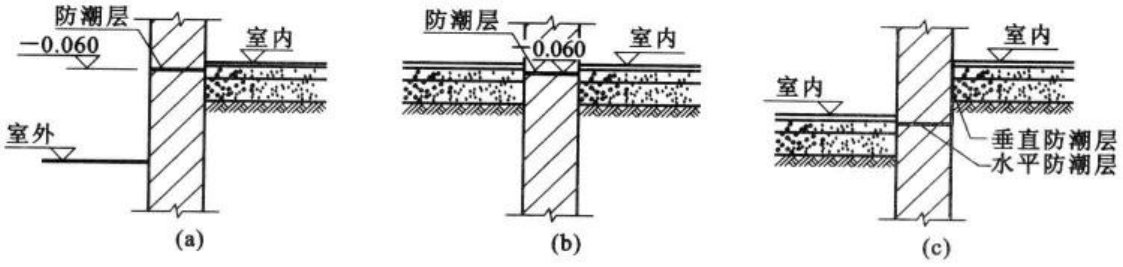


图6.16 墙身防潮层设置的位置

(a) 外墙勒脚；(b) 内墙墙脚；(c) 室内地面有高差处墙脚

当墙基为混凝土、钢筋混凝土或石砌体时，由于其自身具有防潮能力，可不做墙身防潮层，见图6.17。图6.18为几种勒脚构造示例。

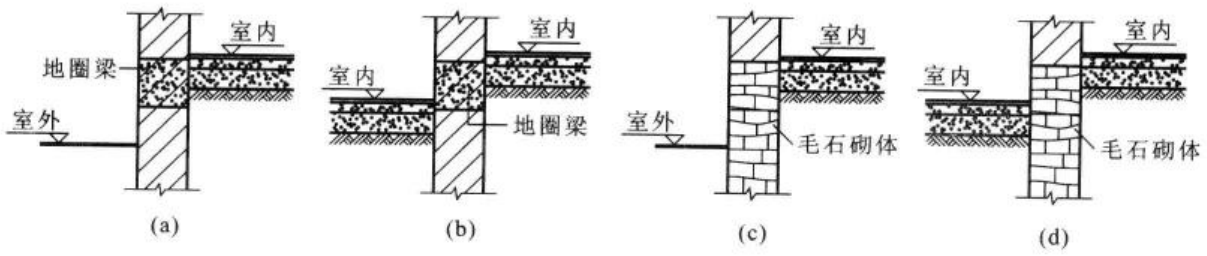


图6.17 墙身不设防潮层的几种情况示例

(a) 外墙勒脚；(b) 内墙墙脚；(c) 外墙勒脚；(d) 内墙墙脚

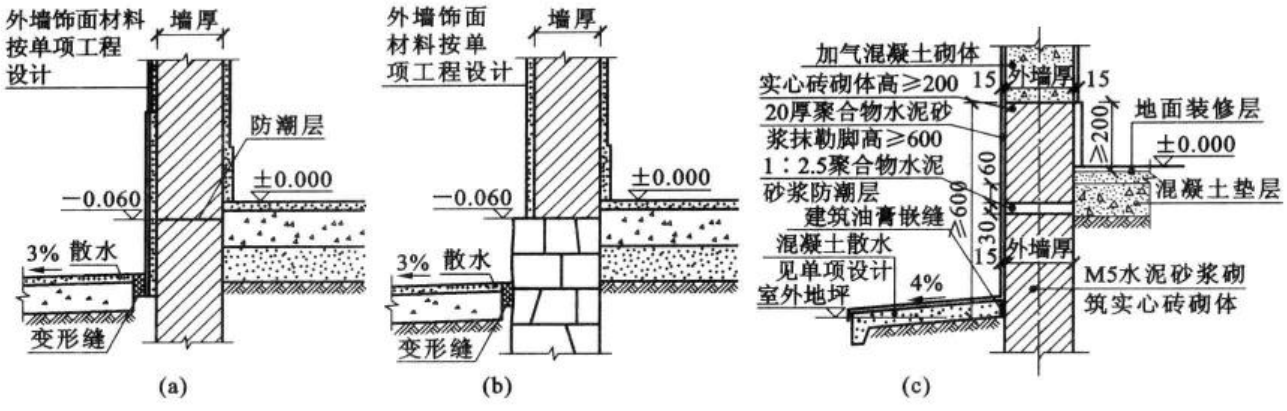


图 6.18　几种常用勒脚构造示例

(a) 砖砌勒脚；(b) 石砌勒脚；(c) 加气混凝土墙体砖砌勒脚

6.2.3.2　散水

散水——在外墙四周地面做成向外倾斜的坡面，以便将屋面雨水散至远处，从而起到保护墙基的作用。散水的宽度可根据屋面檐口宽度来定。当屋面为自由落水时，散水宽度比屋面檐口宽度大 200 mm；当屋面为有组织排水时，散水宽度一般取 800～1000 mm。散水材料有毛石、砖、混凝土、水泥砂浆等，坡度 3%～5%，构造做法见图 6.19。散水与勒脚连接处设变形缝，沿散水长度方向每隔 20～30 m 设一道变形缝，以避免温度应力造成散水表面裂缝。

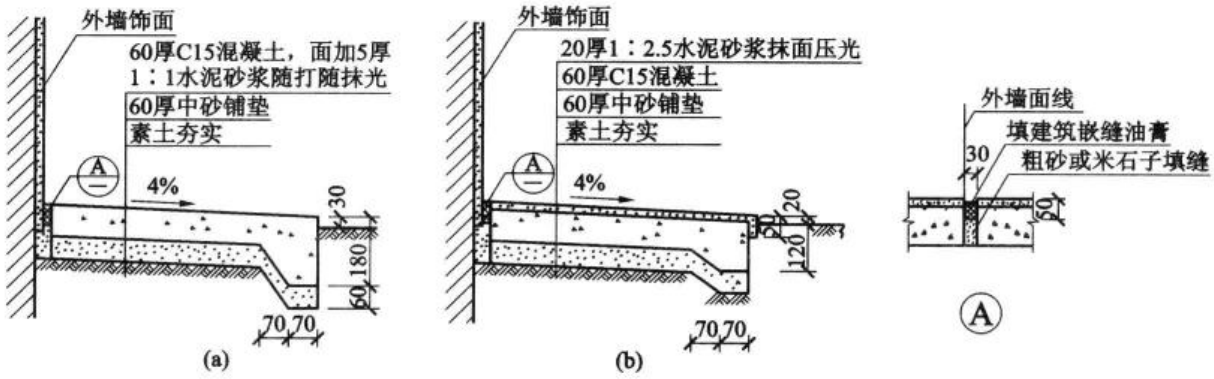


图 6.19　散水构造示例

(a) 混凝土散水；(b) 水泥砂浆散水

有些建筑由于绿化需要，将散水设在地面以下，这种构造称为暗散水，见图 6.20(a)。绿化可直接延伸至墙边，扩大了绿化面积，满足绿化率的要求。但要注意，在外墙外表面与土壤接触部分应设垂直防潮层，避免雨水对墙面的侵蚀。

当建筑室内外高差较大，或因地形所限，有较大坡度时，可以采用高散水构造，见图 6.20(b)。

6.2.3.3　明沟

明沟位于外墙四周，将通过水落管流下的屋面雨水有组织地引导至地下排水集井，再排入下水道，从而起到保护墙基的作用，见图 6.21。

砖砌明沟一般采用 MU7.5 的砖、M5 的水泥砂浆砌筑。混凝土明沟采用 C15 的混凝土现浇。明沟下方用素土夯实，或掺入 50～70 粒径的碎石夯实。沟内纵坡不小

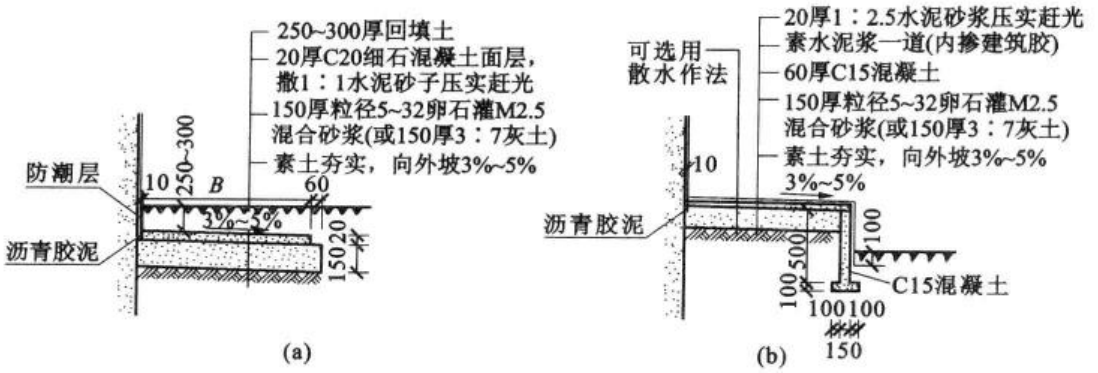


图 6.20　暗散水和高散水构造示例

(a) 暗散水构造；(b) 高散水构造

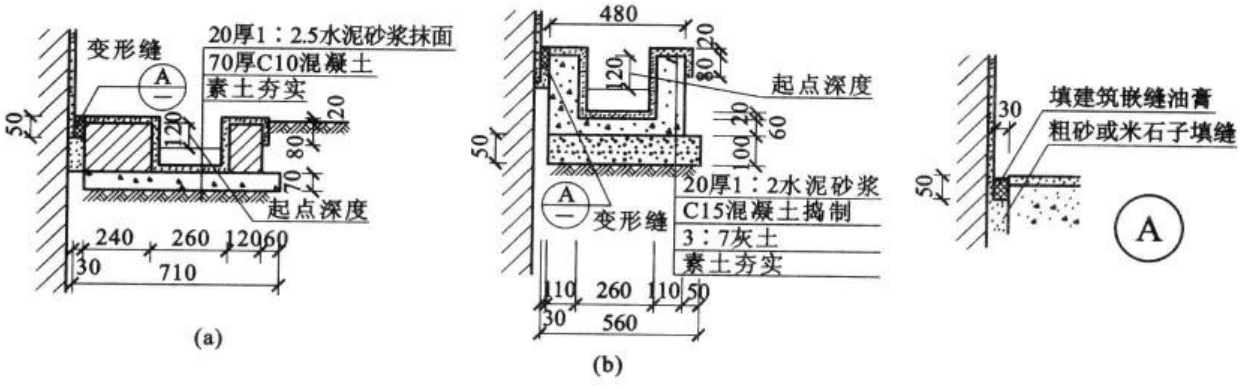


图 6.21　明沟构造示例

(a) 砖砌明沟；(b) 混凝土现浇明沟

于 0.5%，起点深度不小于 120 mm。明沟与勒脚之间设伸缩缝，沟体每隔 30～40 m 也应设伸缩缝，缝内填沥青胶或建筑油膏。这主要是为了避免明沟过长，由于温度应力的影响产生裂缝。

明沟可以单独设置，也可以与散水共同设置，应根据具体工程而定，见图 6.22。

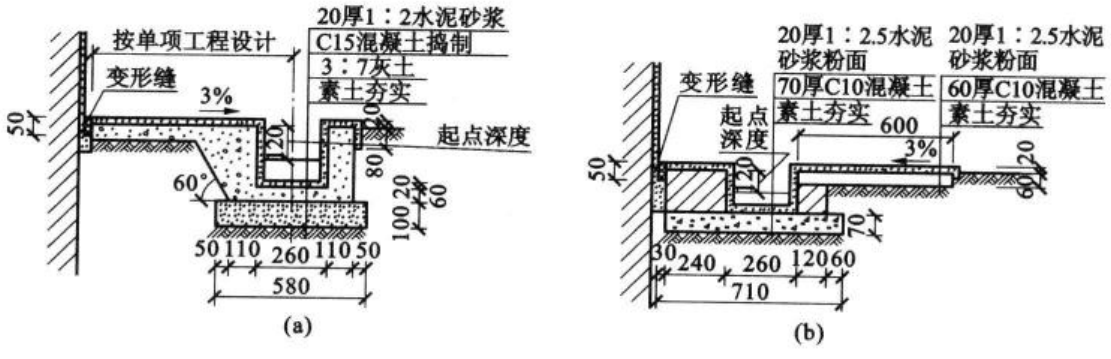


图 6.22　散水与明沟组合构造示例

(a) 现浇混凝土散水与明沟；(b) 砖砌明沟与混凝土散水

6.2.3.4　窗台

窗台分为外窗台和内窗台。外窗台由于容易积留灰尘和雨水，需做一向外倾斜坡面来排除雨水，见图 6.23。

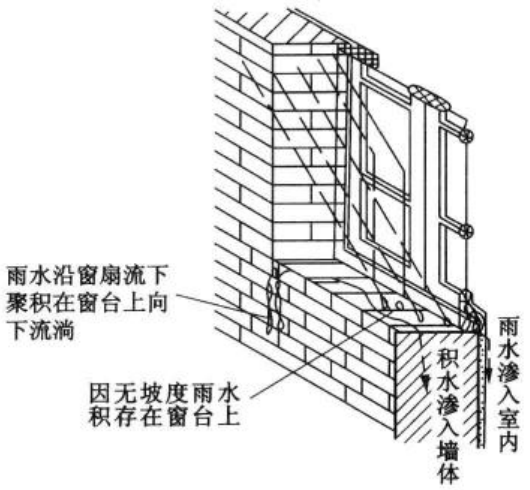


图 6.23　窗台排水情况

悬挑窗台常将砖平砌或侧砌一皮砖，悬挑 60 mm 长，用水泥砂浆抹灰，并于外沿下方做出滴水线。设滴水线的目的在于引导上部雨水沿滴水下落而不影响窗台下方墙体。做窗台板抹灰时，应向外抹出不小于 1%的坡度，并注意抹灰面与窗框下沿的连接，避免雨水向室内渗入。图 6.24 为砖墙窗台构造示例。

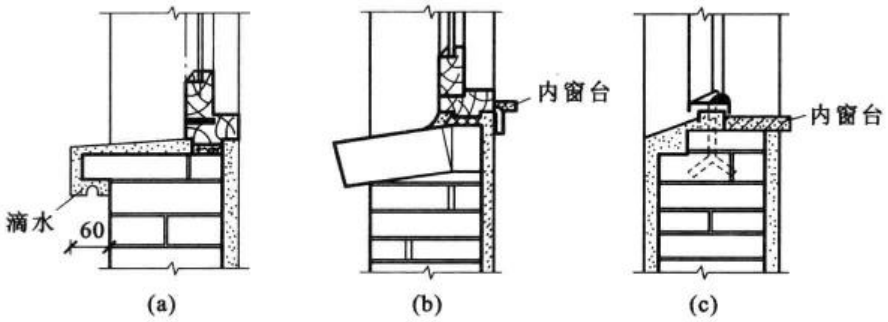


图 6.24　砖墙窗台构造示例

(a) 平砌砖挑窗台；(b) 侧砌砖挑窗台；(c) 不悬挑窗台

砌块墙由于砌块尺寸较大，且由于有空洞和吸水性较大，应另设钢筋混凝土窗台板，在砌墙时一并安装。窗台板采用 C20 细石混凝土预制或现浇，两端伸入墙内 250 mm，见图 6.25。内窗台板可采用石材、木材或钢筋混凝土板。

现在，由于人们生活水平提高，在窗的构造上也作了一些改进。如将窗户整个向外推出，形成飘窗（也称凸窗），可以增大采光面积。窗户之间的窗间墙和窗下墙的空间可以放置分体式空调的室外机，为美观起见，设置铝合金百叶加以遮蔽，使外墙整齐划一、美观大方。图 6.26 为某工程飘窗构造施工图。

6.2.3.5　门窗过梁

当在墙体上开设门窗洞口时，洞口上方的荷载就由过梁来承担。根据墙体的传力规律，过梁只承受洞口以上三角形范围内的荷载，并将其传递给窗两边的墙体。如过梁上方有集中力则另行考虑。

过梁的类型有砖砌平拱过梁、钢筋砖过梁和钢筋混凝土过梁三种，随着时代的发展，前两种过梁已逐渐被淘汰，而钢筋混凝土过梁应用则较为广泛。钢筋混凝土过梁一般不

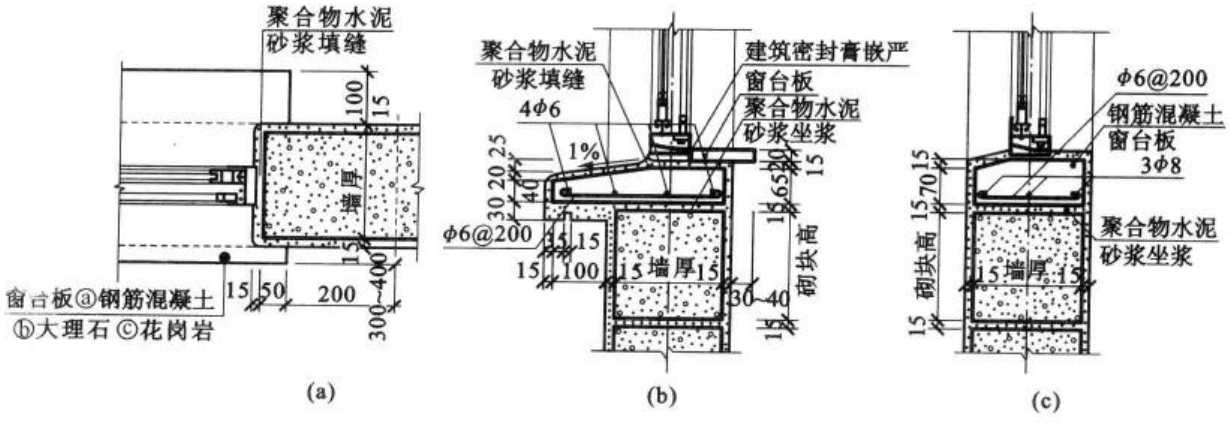


图 6.25　加气混凝土砌块墙窗台构造示例

(a) 窗台板平面；(b) 悬挑窗台板；(c) 不悬挑窗台

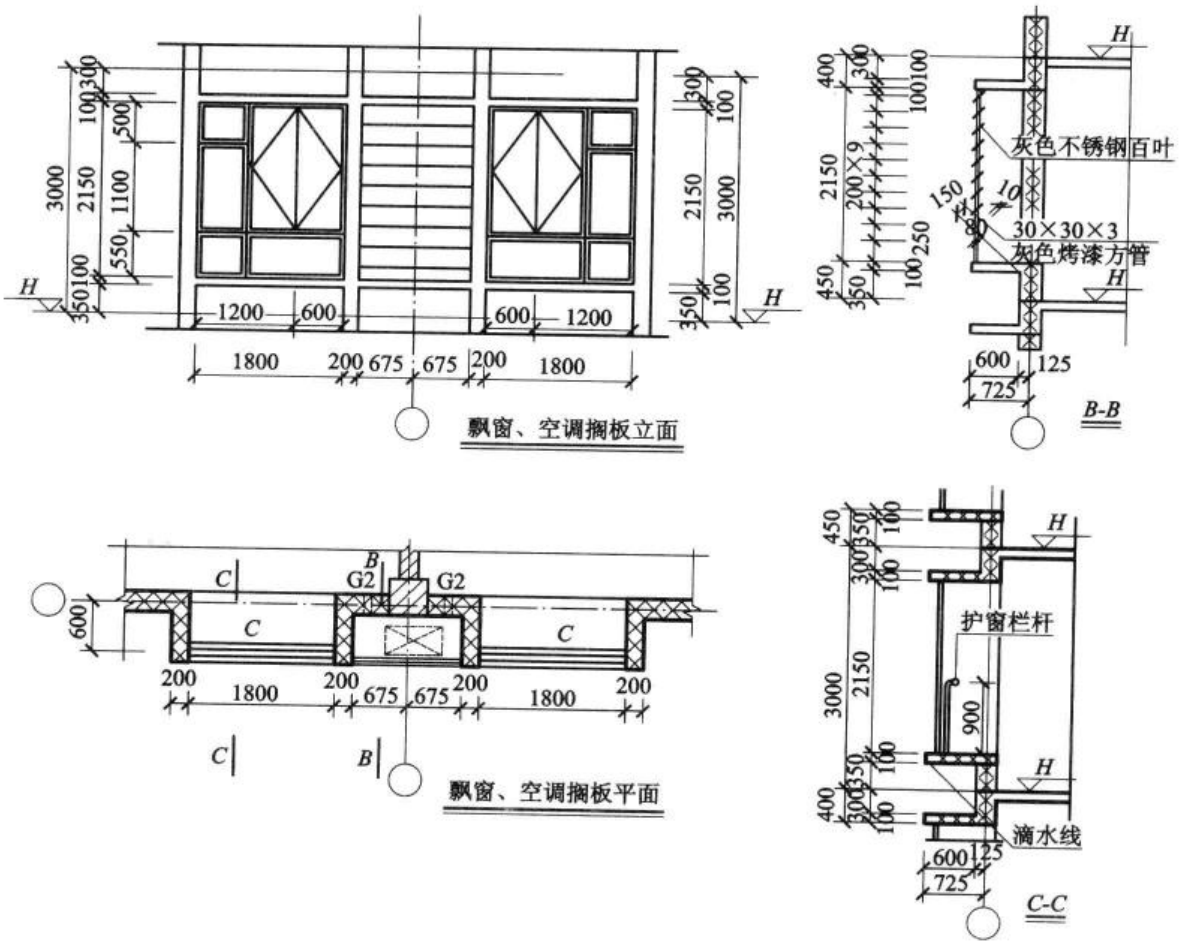


图 6.26　飘窗及空调搁板构造示例

受跨度的限制，梁高一般不小于跨度的 1/15，梁宽与墙体厚度一致，配筋根据梁承受的荷载大小计算得出，见图 6.27。

现浇钢筋混凝土过梁形式与窗户形式有关，可以与窗台板一起形成窗套，也可以在窗户上方做窗楣板以遮挡雨水，见图 6.28。

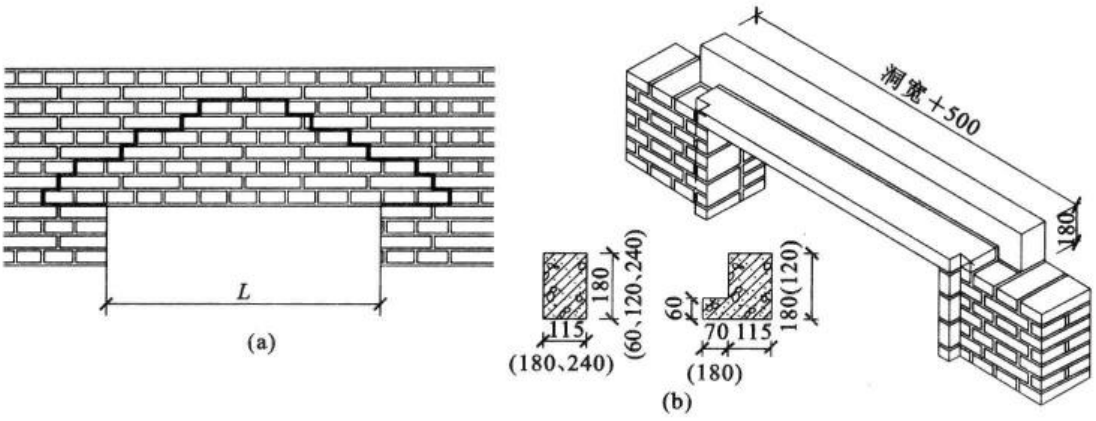


图 6.27　过梁受荷范围与钢筋混凝土预制过梁构造示例

(a) 过梁受荷范围；(b) 钢筋混凝土预制过梁

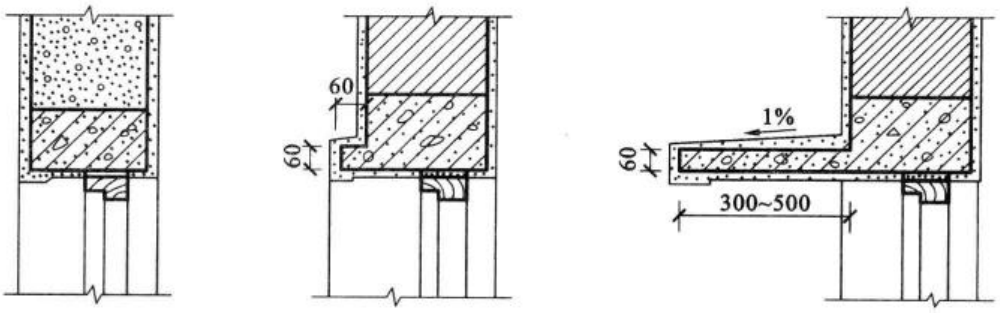


图 6.28　现浇钢筋混凝土过梁的几种形式

6.2.3.6　墙体保温构造

(1) 增加墙体厚度

墙体的热阻与墙体厚度成正比，与导热系数成反比($R=d/\lambda$)，所以，墙体越厚，热阻越大，保温性能就越好。但是，墙体厚度的增加减少了室内有效使用面积，加大结构自重，增加建筑造价。

(2) 采用导热系数小的材料做成复合墙体

现今一般把导热系数 $\lambda \leqslant 0.29$ W/(m·K)的材料认为是保温材料，见附录 5。选择导热系数小的保温材料与砌块墙或钢筋混凝土墙体组合，可有效地提高墙体的保温性能。复合墙体的保温性能可用 K 值(墙体的传热系数)来衡量。外墙传热系数用 K_m 表示，单位为 W/(m^2·K)，含义是在单位时间单位面积内温度相差 1 热力学温度单位所传递的热量，K 值越低，墙体保温性能越好。

墙体一般采用外保温，即保温材料设在外墙外侧，能充分发挥保温材料的作用。因为保温材料空隙多，导热系数小，单位时间内吸收或散失的热量小。同时，将热容量大的承重墙体放在内侧，蓄热量大，对房间内的热稳定性有利。当供热不均匀或室外气温变化较大时，可保证围护结构内表面的温度和室内温度不至于急速下降。部分组合墙体的构造和外墙平均传热系数见图 6.29。

当房间为间歇采暖时，如影剧院、体育馆等。要求室温很快上升时，可将保温层设在外墙内侧，可以减少结构材料蓄热量，有利于节能。图 6.30 为铝箔加空气间层的保温构造。

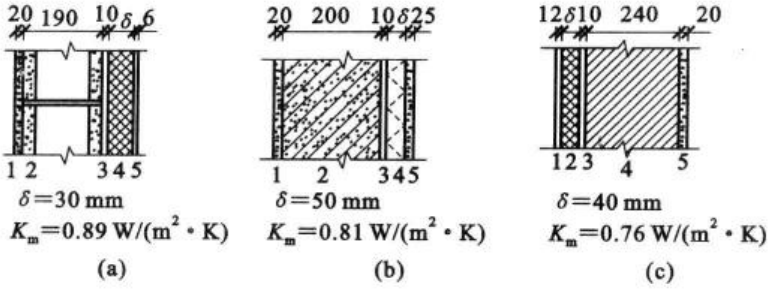


图 6.29　组合墙体及传热系数示例

(a) 混凝土空心砌块

1—石灰砂浆；2—混凝土砌块；3—空气层；4—聚苯板(ρ_0=20，λ=0.05)；5—纤维增强层

(b) 钢筋混凝土墙

1—石灰砂浆；2—钢筋混凝土墙；3—空气层；4—泰柏板(λ=0.063)；5-水泥砂浆

(c) 粘土砖墙

1—石膏板；2—聚苯板(ρ_0=20，λ=0.05)；3—空气层；4—粘土砖墙；5—水泥砂浆

(3) 防止墙体内部结露

室内水蒸气通过围护结构的渗透过程中，当遇到露点温度时，蒸汽含量达到饱和时将凝结成水。如果冷凝水产生在保温层内，则会降低保温成效，严重时会使保温层失去保温能力。为防止在保温层内部产生冷凝水，可在蒸汽流入一侧设一道隔汽层，见图 6.31。这样，可以使水蒸气流在抵达低温表面之前，其水蒸气分压力已得到急剧下降，从而避免了内部凝结的产生。

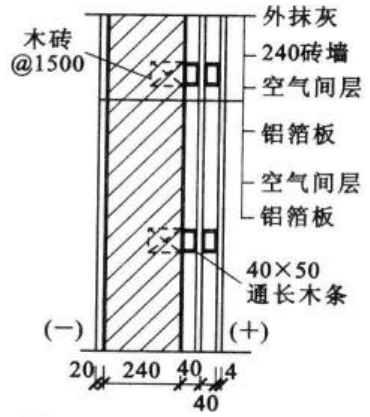


图 6.30　铝箔保温处理

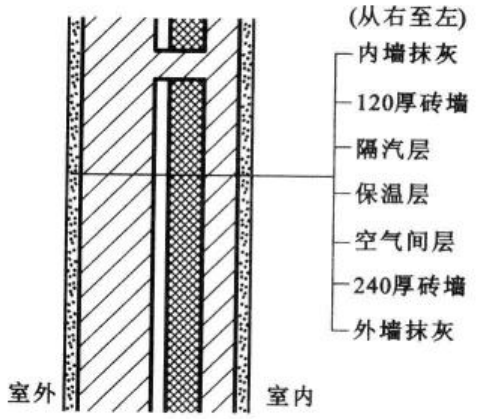


图 6.31　隔汽层的设置

(4) 对传热异常部位进行处理

对传热异常部位如位于外墙上的钢筋混凝土梁和柱进行处理。可将钢筋混凝土过梁分成两部分，截断“冷桥”，防止热量散失；在钢筋混凝土梁和柱外侧增设保温层，以阻止热量散失等，见图 6.32。

6.2.3.7　墙体隔声构造

墙体隔声主要是对空气传声的隔绝。通常采用的方法有构件隔声、吸声减噪以及消声控制几方面。墙体隔声构造原理是增加墙体的面密度，堵塞缝隙，使声音难以传递。对于一般无特殊要求的建筑，双面抹灰的半砖墙已能满足分室墙的隔声要求。对于影剧院、播音室等有特殊要求的房间，还需增加吸声减噪以及消声控制等措施。高层住宅的居室或起居室紧邻电梯井道时，应做隔声墙面。表 6.5 为墙体空气隔声性能举例。

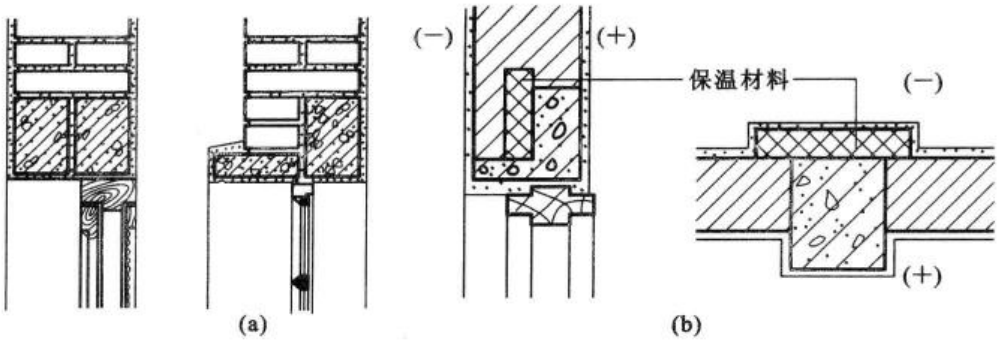


图 6.32　对外墙传热异常部位进行处理

(a) 把钢筋混凝土过梁分成两部分以截断冷桥；(b) 在钢筋混凝土过梁和柱外侧设置保温层

表 6.5　墙体空气隔声性能举例

材料	做　法(mm)		隔声量(dB)
砖墙	120厚 120	双面抹灰	45
	240厚 240	双面抹灰	53
钢筋混凝土墙	50厚 50	双面喷浆	39
	140厚 140	双面喷浆	42
混凝土空心砌块墙	390×190×190 (190 厚)	砌块	40～50
	390×140×190 (140 厚)	砌块	
	390×90×190 (90 厚)	砌块	35～40
	390×75×190 (75 厚)	砌块	
加气混凝土墙	厚 75 双面抹灰	砌块	38.8
	厚 100 双面抹灰	砌块	40.6
	厚 150 双面抹灰	条板	39.3
	厚 200 双面抹灰	砌块	43
	75 75 75 1 2 3 4 5 1—饰面层 2—条板 3—空气层 4—条板 5—饰面层	条板	43.2
		有拉结	48.8
		无拉结	54

从表 6.5 中所列墙体构造中可以看出，双层墙隔声效果最佳。这是因为墙体之间的空气间层可以看成是与两层墙体相连的“弹簧”，由于空气间层的弹性变形具有减振的作

用，所以提高了双层墙的总隔声量。另外，双层墙体之间有无拉结，拉结点的多少也影响到隔声性能，因为这种实体拉结虽然对墙体的整体性和稳定性有帮助，但对于隔声来说，它是一个“声桥”，起到了传递声音的作用。所以，应尽量减少双层墙体之间的实体连接，减少声桥对隔声效果的影响。

6.2.4 墙体的抗震加固措施

叠砌墙的稳定性较差，在有抗震设防要求的地区要采取抗震加固措施，在无抗震设防要求的地区则要采取加固措施。

6.2.4.1 限制墙体的最小尺寸

对墙体局部最小尺寸的限制，是为了增强砌体结构房屋的整体性，减小地震带来的危害。见表 6.6。

表 6.6 房屋的局部尺寸限值(m)

部 位	抗震设防烈度			
	6	7	8	9
承重窗间墙的最小宽度	1.0	1.0	1.2	1.5
承重外墙尽端至门窗洞口边的最小距离	1.0	1.0	1.2	1.5
非承重外墙尽端至门窗洞口边的最小距离	1.0	1.0	1.0	1.0
内墙阳角至门窗洞口边的最小距离	1.0	1.0	1.5	2.0
无锚固女儿墙(非出入口处)的最大高度	0.5	0.5	0.5	0

注：① 局部尺寸不足时，应采取局部加强措施弥补。

② 出入口处的女儿墙应有锚固。

6.2.4.2 设置圈梁

圈梁是沿外墙四周及部分内墙设置的连续、均匀、闭合的梁。圈梁配合楼板工作可提高建筑物的空间刚度及整体性，增强墙体的稳定性，减少由于地基不均匀沉降而引起的墙体开裂。设置圈梁就好像给墙体在水平方向加了几道箍，提高了叠砌墙体的整体性和稳定性。

圈梁一般采用钢筋混凝土现浇而成，圈梁宜与预制楼板设在同一标高处，或紧贴楼板设置。圈梁应闭合，不被洞口截断，才能起到墙体加箍的作用，如被截断，应在其截断处的洞口上方增设附加圈梁，见图 6.33。

砌块墙的圈梁一般采用预制与现浇相结合的方式来施工。在圈梁或过梁的部分放置凹槽形的预制圈梁模板，在内部绑扎钢筋，浇混凝土，使圈梁形成一个整体，见图6.34(a)。也可以采用预制的单根圈梁，在端部预埋铁件，使梁与梁之间连接铁件焊牢，保证圈梁的整体性，见图 6.34(b)。

为了使预制楼板与圈梁更好地连接，处于外墙的圈梁应包住预制板端部，防止预制板在地震时坠落伤人，有条件时，还可以在板缝加钢筋伸入圈梁，见图 6.35。

6.2.4.3 设置构造柱

构造柱是设在墙体内部与墙体厚度尺寸相同的钢筋混凝土柱。构造柱从基础一直延

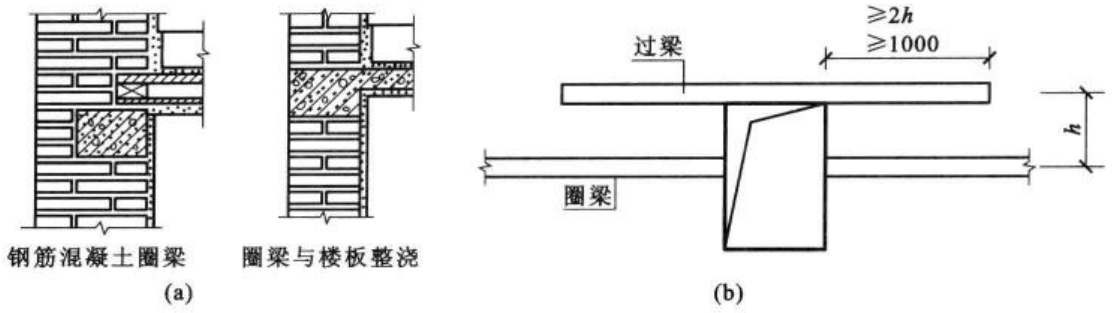


图 6.33　圈梁及附加圈梁构造

(a) 圈梁的构造；(b) 附加圈梁

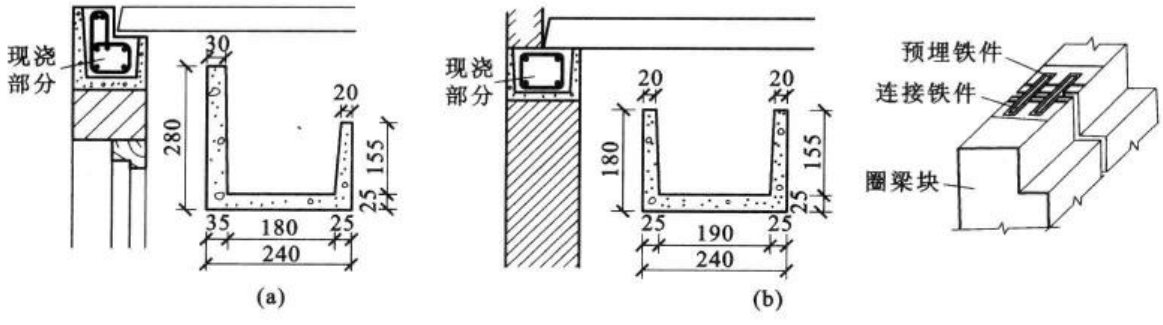


图 6.34　砌块墙圈梁的构造示例

(a) 现浇钢筋混凝土圈梁；(b) 预制圈梁

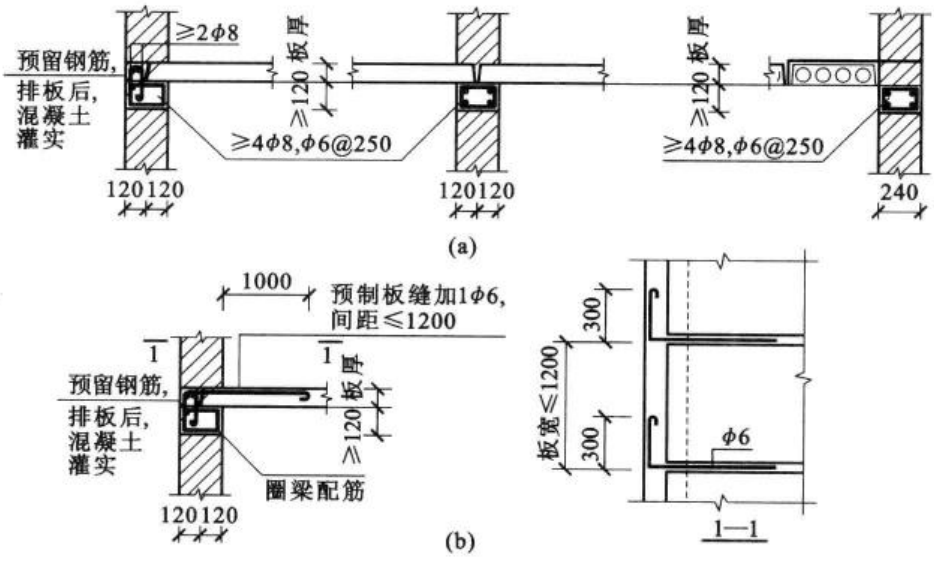
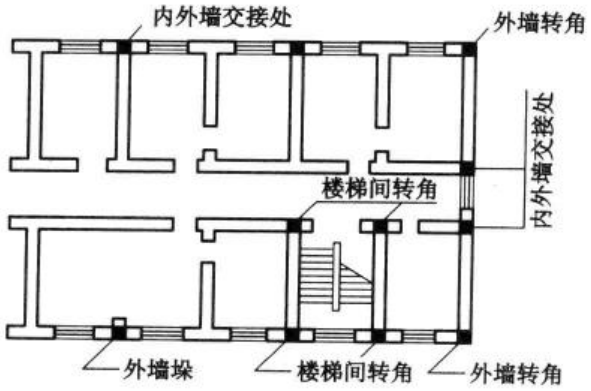


图 6.35　预制空心板与圈梁的连接

(a) 预制空心板与圈梁的连接；(b) 空心板缝配筋

伸至女儿墙压顶，从竖向加强层间墙体的连接和与圈梁的连接，使整个建筑物形成一个空间骨架，从而加强建筑物的整体刚度，提高墙体抗变形的能力，使墙体由脆性结构变成延性较好的结构，使墙体在地震荷载作用下，做到即使开裂也不倒塌。

构造柱应设置在外墙四角、楼梯间和电梯间四角、错层部分横墙与外纵墙交接处、较大洞口两侧、大房间内外墙交接处。这些地方由于空间较大、应力集中，极易发生震害。此外根据建筑物的抗震设防烈度和层数，所设置的部位也有增加。如在 9 度设防地区，几乎每道纵横墙的交接处都要求设置构造柱。构造柱设置位置见图 6.36。



楼梯间是平面上的大空洞，刚度突变，应力集中，宜在四角均设置钢筋混凝土构造柱。

教学楼、医院等多层空旷砖房宜在外墙转角、内外墙交接处及楼（电）间四角等设置构造柱。

图 6.36　构造柱位置设置

构造柱的施工方法是先砌墙、后浇柱，可以最大限度地使墙体与钢筋混凝土柱子联系紧密。施工时构造柱下端嵌入基础或基础梁内，中间与圈梁连接，上端与屋顶圈梁或女儿墙压顶连接；构造柱受力筋一般采用 4ϕ12，箍筋采用 ϕ6@250，沿柱高每隔 500 mm 设 2ϕ6 拉结筋，伸入墙内不少于 1000 mm；砌墙时每隔 300 mm 砌一凹槽，形成马牙槎；混凝土柱体随着墙体的上升而逐段浇筑，使整个构造柱嵌入墙内。构造柱一般构造与常见的施工示意图如图 6.37 所示。

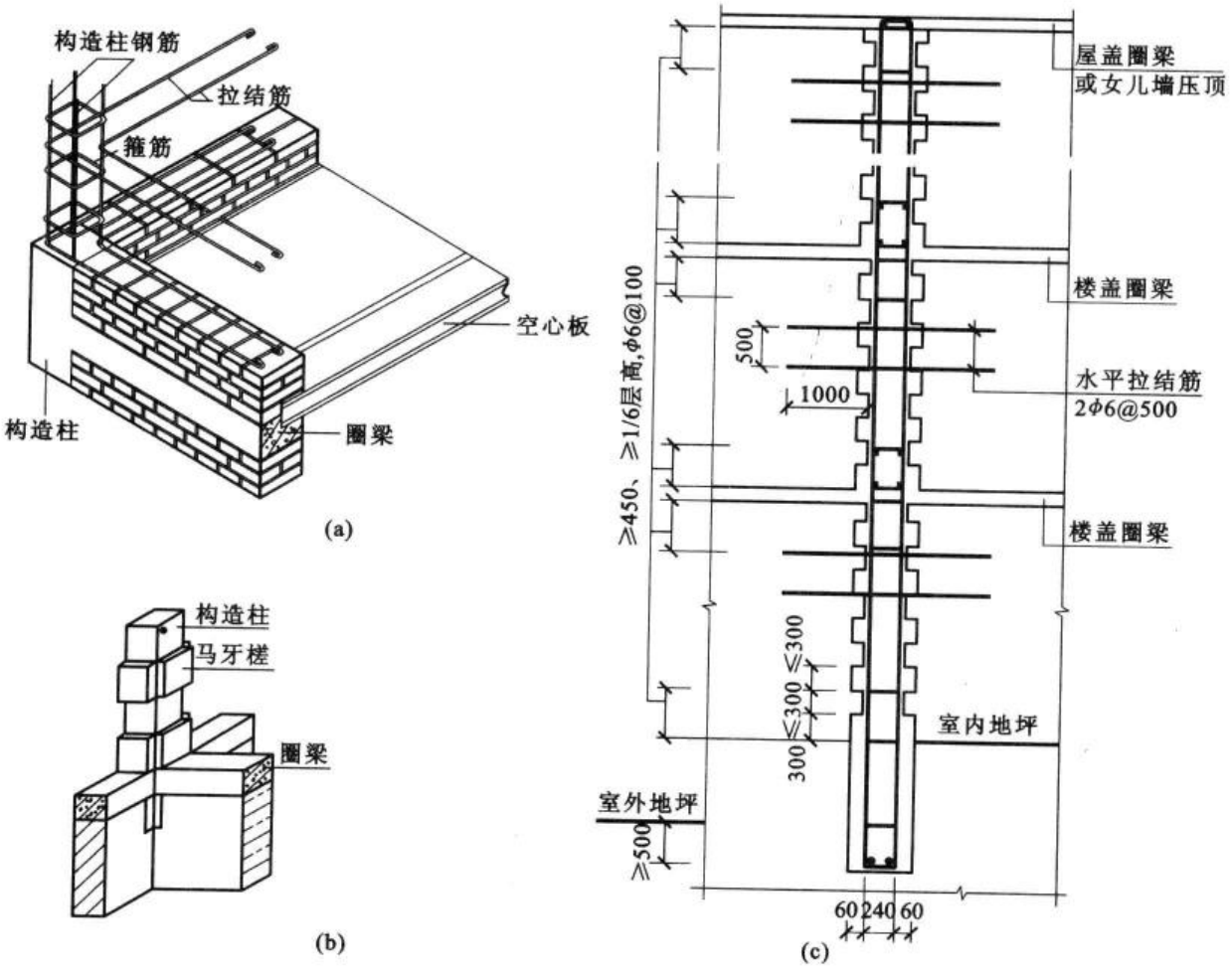


图 6.37　构造柱构造示意图

(a) 构造柱与圈梁、楼板连接示意图；(b) 构造柱示意图；(c) 构造柱施工示意图

砌块结构则可利用墙体转角处砌块上下搭接时所形成的上下对齐的空洞，绑扎钢筋，浇筑混凝土，形成构造柱，见图 6.38。

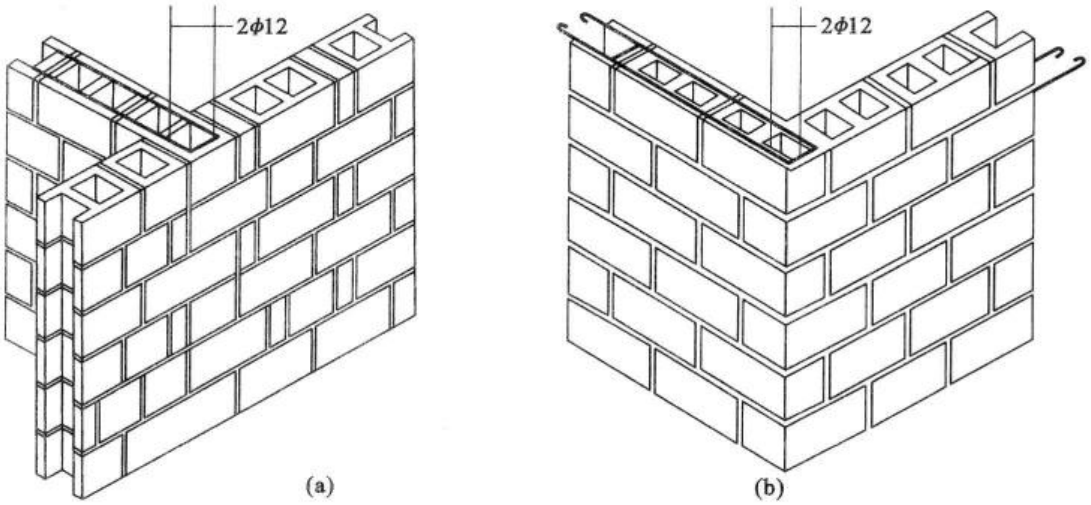


图 6.38　混凝土空心砖砌体结构构造柱示例

(a) 内外墙交接处构造柱；(b) 外墙角构造柱

6.2.4.4　加气混凝土填充墙体的加固措施

在框架结构或其他钢筋混凝土结构中，当考虑抗震要求时，应沿加气混凝土填充墙的高度方向每隔 500 mm 设 2φ6 锚拉筋与钢筋混凝土柱体拉结以保证其稳定性，见图 6.39(a)。

当加气混凝土砌块填充墙的墙体长度大于 5 m，或大型门窗洞口两边应与梁或楼板拉结或加构造柱；墙高大于 4 m 时，应在墙高的中部加设圈梁(水平连系梁)或钢筋混凝土配筋带；窗间墙宽度不宜小于 600 mm。见图 6.39(c)、(d)。

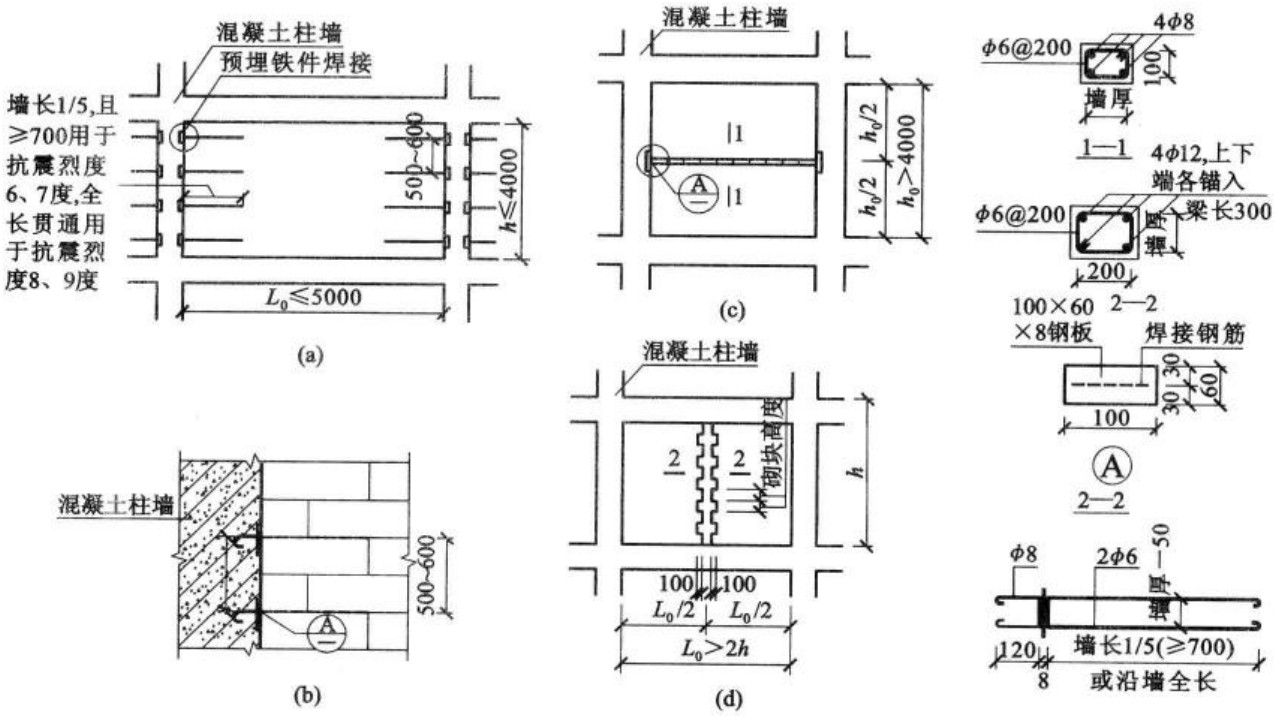


图 6.39　加气混凝土填充墙加固示例

(a) 砌块墙体设拉结筋；(b) 拉结筋立面示意图；(c) 柱间设水平连系梁；(d) 砌块墙体中部设构造柱

砌块女儿墙的厚度不宜小于 200 mm，其顶部应做不小于 60 mm 厚的钢筋混凝土压顶。女儿墙高度超过 500 mm 时，应设构造柱，柱间距不大于 3.9 m。

6.3 隔墙构造

隔墙是分隔建筑物内部空间的非承重构件，不承受荷载并将自重传递给楼板和梁。

隔墙具有一般墙体的设计要求，即如强度及稳定性的要求；保温隔热隔声的要求；防火防水防潮的要求等。

由于隔墙设在室内，且不承重，所以也有一些特殊要求：隔墙一般设在结构梁上或楼板上，为减轻结构荷载，要求隔墙的自重尽量轻一些、厚度薄一些；隔墙的厚度薄，其隔声效果就差，所以还要求采取一些构造措施使得墙体隔声满足要求；室内空间经常变换，需要隔墙便于安装和拆卸，其隔墙应采用轻质整体材料，既便于安装，又减少现场湿作业；有一些特殊房间，如播音室、录音棚、机要室、金库等，还需根据具体要求对隔墙进行构造设计。

隔墙按材料和施工方法分为三类，即块材（砌筑）隔墙、轻骨架（立筋）隔墙、板材（条板）隔墙。

6.3.1 块材（砌筑）隔墙

块材隔墙系指采用各种实心砌块、空心砌块和轻质砌块砌筑的墙体。块材隔墙重量大、湿作业多、施工较麻烦，优点是耐久、耐湿、保温、隔声、防火性能好。块材隔墙的厚度不能太厚，否则荷载太大，但太薄则稳定性较差，所以块材隔墙对其高度和长度均有限制，并且应采取有效的加固措施。

6.3.1.1 *砌块隔墙*

砌块墙一般采用粘土空心砖、混凝土空心砌块和加气混凝土砌块等砌筑而成，墙体厚度由砌块尺寸确定，一般 100 mm 左右。由于厚度较薄，考虑到墙体的稳定性，一般每隔 1.2 m 高设 2ϕ6 通长钢筋压入灰缝，起加固作用（如图 6.40 所示）。

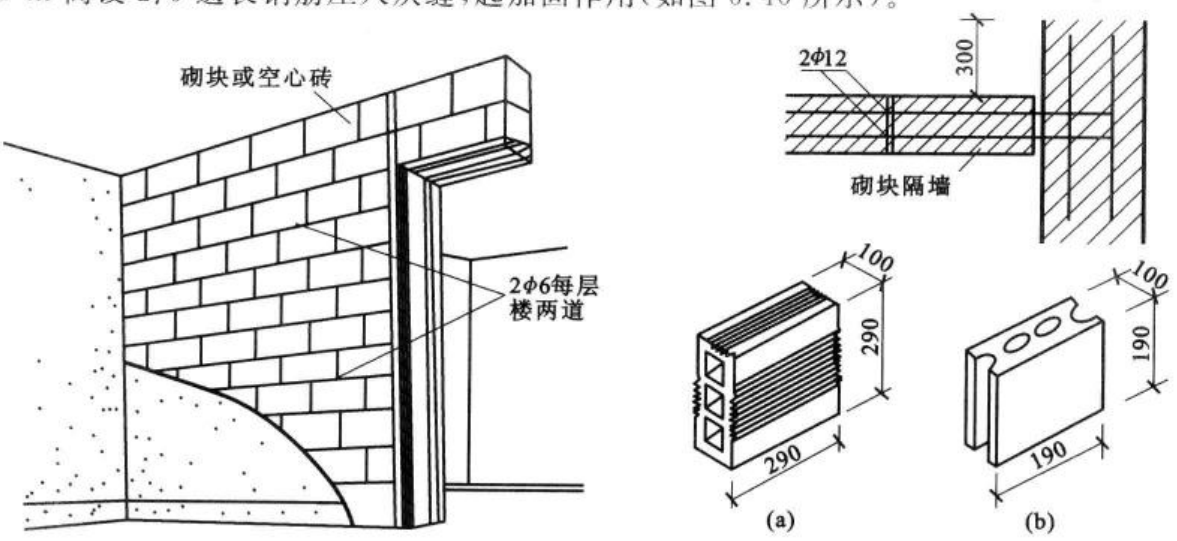


图 6.40 砌块隔墙构造示例

（a）空心砖；（b）空心砌块

砌块墙顶部与楼板或与梁交接处，应留出一定缝隙，用砖斜砌，不应填实，避免梁板产生挠度压坏隔墙。加气混凝土砌块下部不宜与楼板直接相连，应用砖实砌 200 mm 以上，避免水对隔墙的浸泡。

6.3.1.2　玻璃砖隔墙

玻璃砖隔墙是采用玻璃砖砌筑而成，既分隔空间，又能透进一定光线，常用于公共建筑的接待室、会议室、服务台等处。实砌玻璃砖隔墙高度不宜超过 3 m，长度不宜超过4.6 m。

玻璃砖有空心和凹形两种，规格尺寸不等。施工时采用配钢筋网实砌玻璃砖做法，图 6.41为玻璃砖隔墙构造示例。

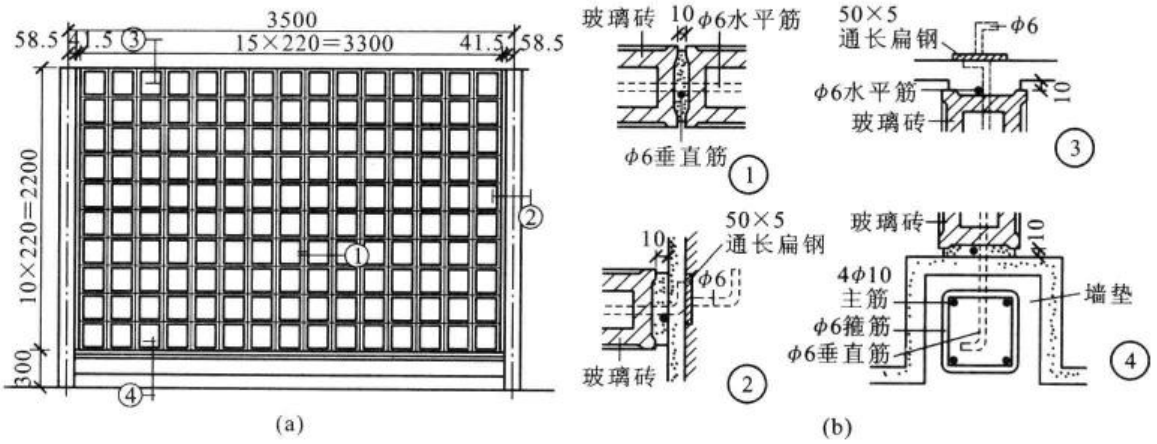


图 6.41　玻璃砖隔墙构造示例

(a) 玻璃砖隔墙立面；(b) 隔墙详图

玻璃砖隔墙下部应做混凝土墙垫，高度按单项设计而定，宽度比玻璃砖厚度略宽。墙垫内应配钢筋骨架并伸入墙内 360 mm 以上。在浇注墙垫时，按玻璃砖规格预埋钢筋网的竖向钢筋，钢筋顶端与梁或楼板的预埋铁件焊接，再按玻璃砖规格绑扎水平钢筋，两端与墙体内的预埋铁件焊接。

玻璃砖用 1∶2～1∶2.5 白水泥砂浆砌筑，镶嵌在钢筋网内，每砌完一皮砖，就用白水泥白石碴浆灌缝。灰缝宽度控制在 10 mm 左右，隔墙砌完后用白水泥浆勾缝。

6.3.2　轻骨架(立筋)隔墙

轻骨架隔墙由立筋骨架和面层材料组成，骨架有木筋骨架和金属骨架，面层有板条抹灰、木制面板、金属面板和其他装饰板材等。轻骨架隔墙自重轻、易安装和拆卸，但隔声和防火性能不如块材隔墙，需要在材料和构造上加以改进 。

6.3.2.1　木骨架隔墙

木骨架隔墙是指由规格木材制作的木骨架外部覆盖墙面板，并可在木骨架构件之间填充保温材料及隔声材料而构成的非承重墙体，可以作为分户墙和房间隔墙。木骨架隔墙由于施工方便、取材简单、自重较轻，故运用较为广泛。但由于木骨架强度较差、防火性能较差，故只能用于一般公共建筑和民居，且应对木材进行防虫、防腐和防火处理。

同一墙体木骨架的边框和立柱应采取截面尺寸相同的规格材料制作，立柱间距应根

据面板规格确定，一般为 400 mm、450 mm 和 600 mm，余量放在墙体一侧。门洞和窗洞边均设立柱，当门窗洞口宽度大于 1500 mm 时，应设双立柱以保持墙体的稳定。木骨架的结构形式有单层和双层两种，单层木骨架用在一般隔墙，双层木骨架用在对隔声有较高要求的房间隔墙。木骨架的构造组成见图 6.42。

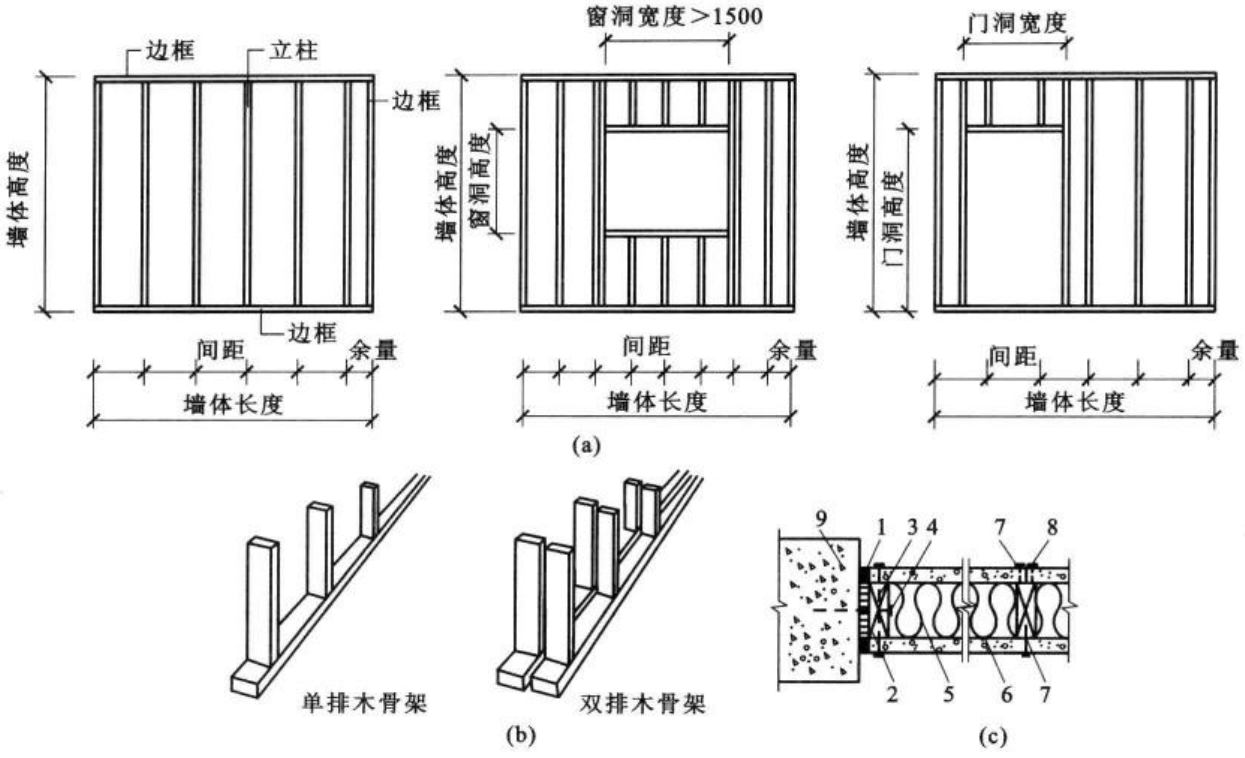


图 6.42　木骨架隔墙构造示例

(a) 木骨架布置示意图；(b) 墙体结构形式；(c) 木骨架组合墙体构成示意图

1—密封胶；2—密封条；3—木龙骨；4—连接螺栓；5—保温材料(详单项设计)；6—墙面板；7—面板固定螺钉；8—墙面板接缝及密封材料；9—主体结构(墙体、柱等)

木骨架隔墙的保温隔热材料宜采用成型的岩棉、矿棉和玻璃棉，固定在木骨架上。不得采用松散的保温隔热材料来填充到骨架内。隔声吸音材料宜采用岩棉、矿棉、玻璃棉、纸面石膏板。

木骨架隔墙的墙面板一般采用纸面石膏板。纸面石膏板有普通型、防火型和防潮型三种，设计时应根据墙体的使用性质进行选择。隔墙的所有材料在选用时应满足《建筑材料燃烧性能分级方法》和《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的要求。

6.3.2.2　金属骨架隔墙

金属骨架隔墙是在金属骨架外铺钉面板而成的隔墙。具有节约木材、重量轻、强度高、刚度大、结构整体性强及拆装方便等优点。

金属骨架一般采用厚 0.6～1.5 mm 的钢板，经冷轧成槽形截面，其尺寸为 100 mm×50 mm 或 75 mm×45 mm，边框和墙筋由连接件连接；骨架与结构构件采用膨胀螺栓或膨胀螺丝来固定；墙筋间距由面板规格而定，一般为 400～600 mm；面板一般采用胶合板、纤维板、纸面石膏板、纤维水泥板等，用镀锌螺丝、自攻螺丝、膨胀铆丝、金属夹子等与骨架固定。图 6.43 为金属骨架隔墙示例。

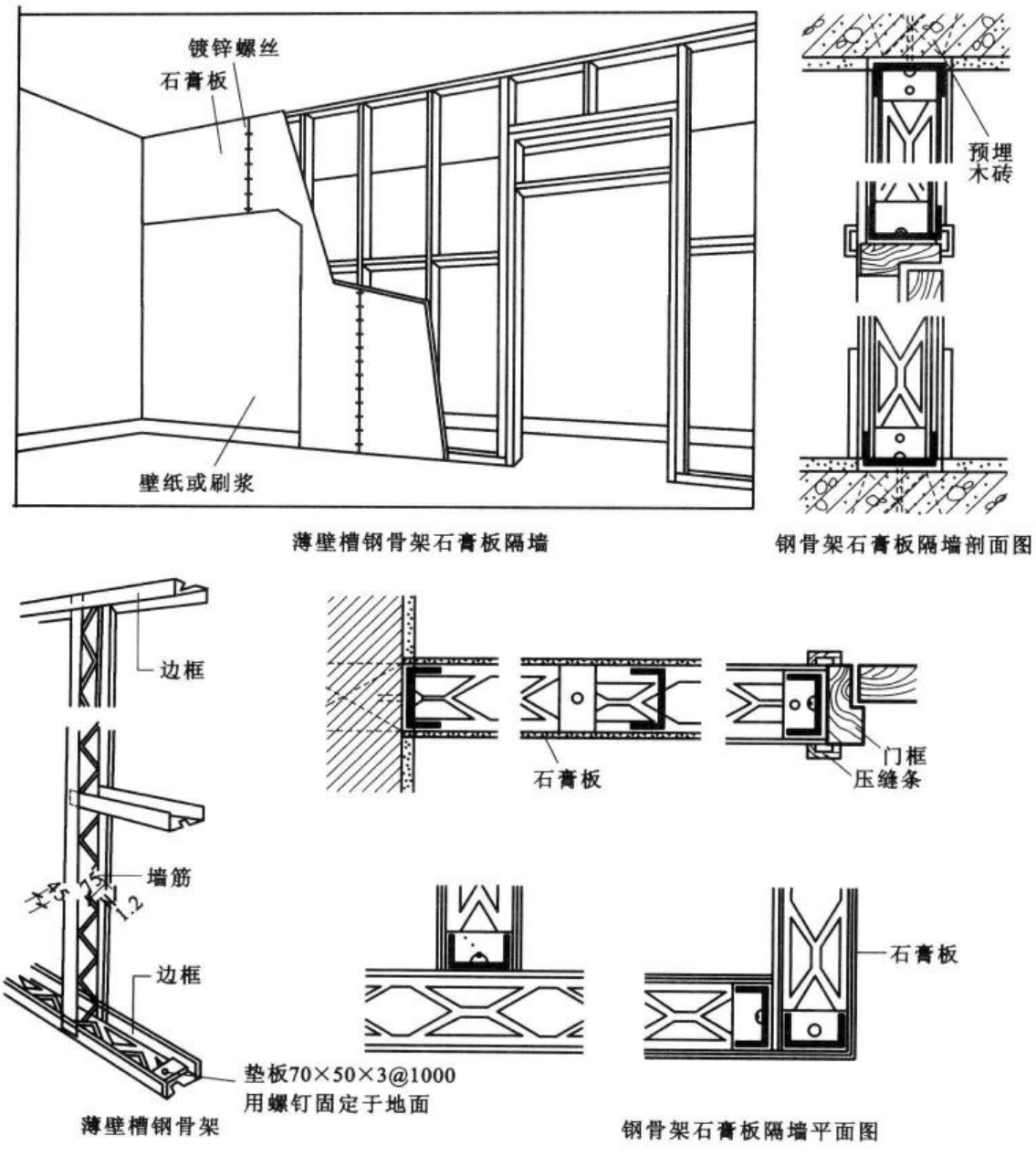


图 6.43　金属骨架隔墙示例

6.3.3　板材(条板)隔墙

板材隔墙是指采用各种预制薄型轻质板材安装而成的隔墙。条板高度尺寸较大，一般与房间净高相仿，施工时不需要立筋，可直接将条板竖立相接排列构成，隔墙四周与墙体、顶棚及地面连接。这些条板自重轻，且可锯、可钉、可刨，可以很方便地修改条板尺寸以便于安装。常用板材有加气混凝土条板、碳化石膏板、纸蜂窝板、泰柏板等。

6.3.3.1　加气混凝土条板隔墙

加气混凝土条板是由水泥、工业废渣、石灰、砂等，加入发泡剂铝粉，经原料磨细、配料、浇注、切割，蒸压养护而成。干容重 500 kg/m^3，抗压强度 30～50 kg/cm^2。具有质量轻、可钉、可锯、拼接和安装方便的优点。条板规格：长 2700～3000 mm，宽 600～

800 mm，厚 80～100 mm。图 6.44 为加气混凝土条板隔墙构造示例。

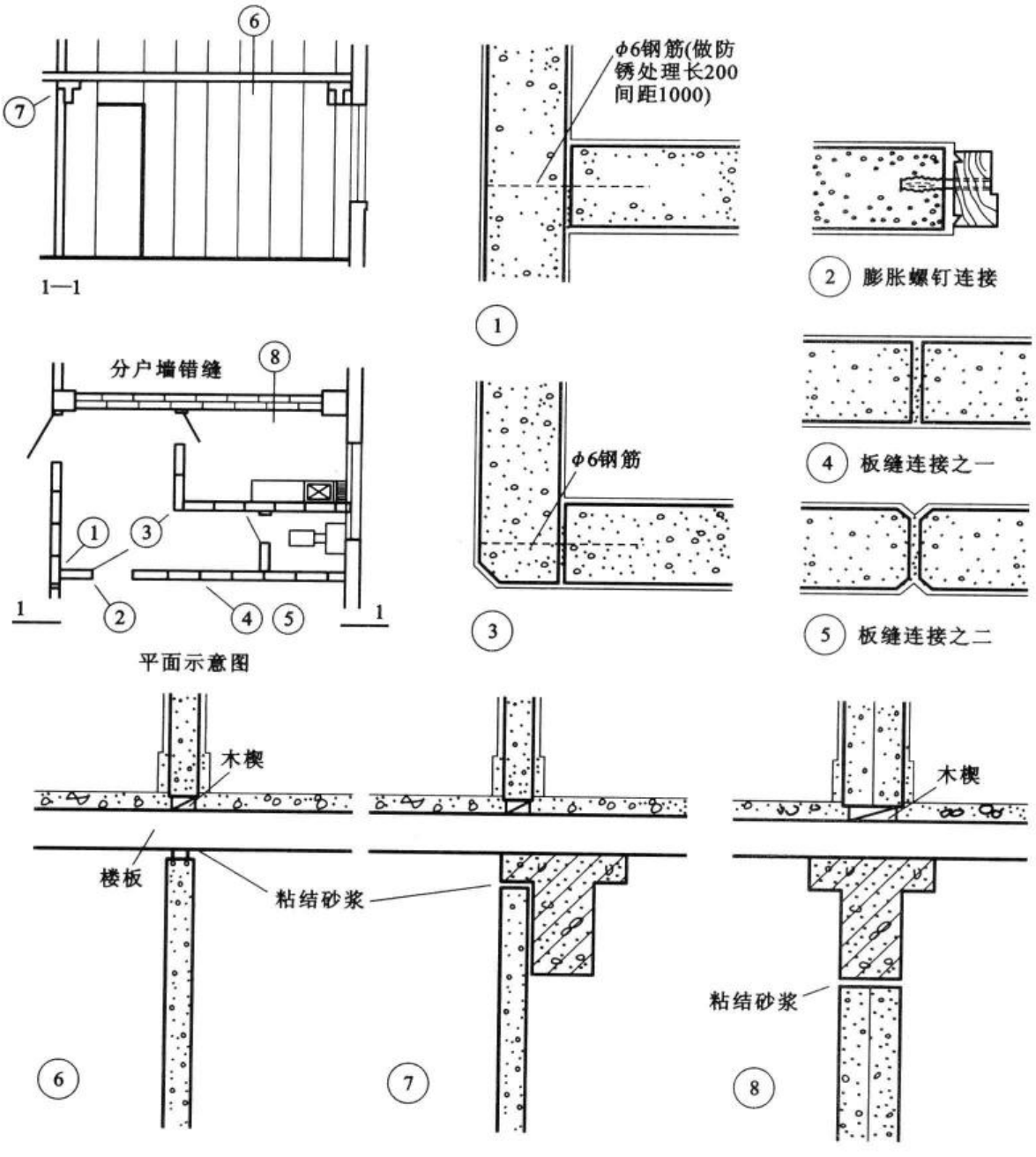


图 6.44　加气混凝土条板隔墙构造示例

6.3.3.2　*增强石膏空心条板隔墙*

增强石膏空心条板分为普通条板、门框条板及防水条板。条板规格：长 2200～3000 mm，宽 600 mm，厚 60 mm，补缺板宽度小于 600 mm(视需要而定)。

增强石膏空心条板可组成一般墙、防火墙和隔声墙。一般墙为单层条板，厚 60 mm；防火墙为双层条板，中间留 20 mm 厚空气层，墙厚 140 mm；隔声墙为双层条板，中间留 40 mm 厚空气层，并填以 30 mm 厚软质吸声材料，墙厚 160 mm。

条板与墙体、条板与条板、条板与楼板的连接方法是在表面刷 SG791 建筑胶粘剂(791 胶液)一道，用 SG792 建筑胶粘剂(792 胶泥)或石膏胶泥(791 胶液与石膏粉拌和)粘

接；条板底部与地面之间留 20～30 mm 缝隙，用 C20 细石混凝土填实或做 100 高 C20 细石混凝土防渗带，墙脚处做水泥砂浆踢脚线或预制踢脚板。图 6.45 为增强石膏空心条板隔墙构造示例。

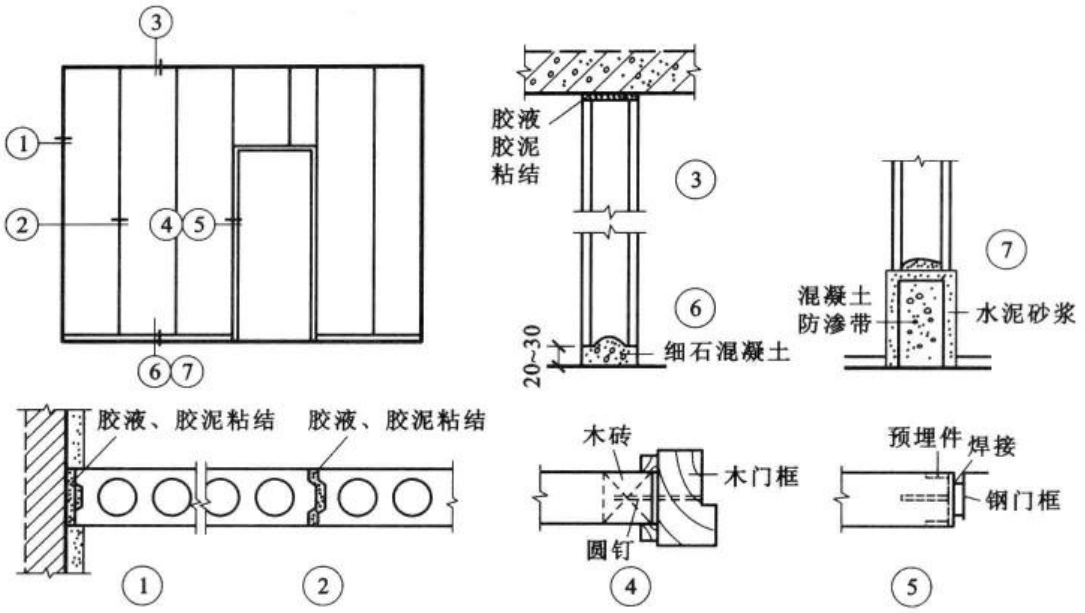


图 6.45　增强石膏空心条板安装示例

6.4　墙面装修

6.4.1　墙面装修的作用

6.4.1.1　保护建筑构配件

提高墙体的耐候性，减少风霜雨雪、太阳辐射、热胀冷缩、氧化、风化、锈蚀、酸碱腐蚀等对墙体的影响；加强隔离作用，使墙体在装修层的保护下不直接受到如磨损、碰撞、破坏、火灾、水泡等外力作用；提高耐久性，即延长墙体的使用寿命。

6.4.1.2　改善环境条件、满足房屋的使用功能要求

墙面装修可提高环境卫生，使墙面易清洁、防止和减少污染；墙面采用浅色装饰材料可反射光线，提高室内照度；在墙体做内保温或外保温构造可防止热量失散，在保温层内侧做隔汽层防止冷凝水产生来影响保温层的成效；在墙体外侧做浅色装饰可反射太阳光，做空气间层可利用太阳能保温或隔热；墙面粉刷可加强墙体面密度，隔绝空气传声，做双层墙体可增强墙体的减振，隔绝撞击传声。

6.4.1.3　美化建筑、提高建筑物的艺术效果

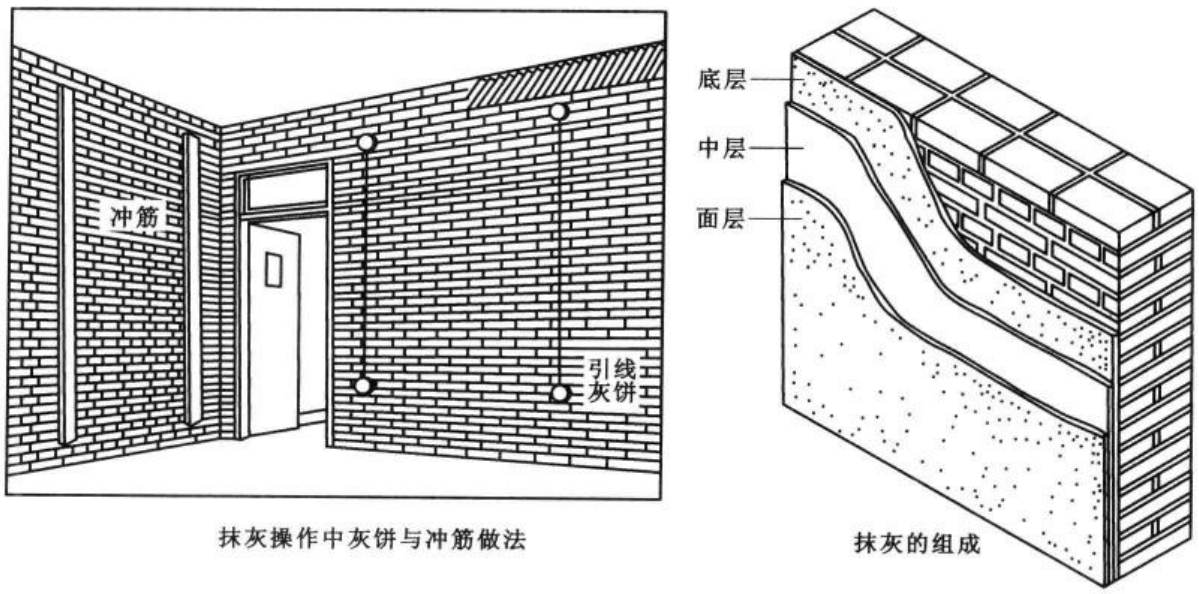
建筑物在没进行装修之前，只能说是毛坯房，在经过建筑师运用建筑材料质感、色彩、线条等诸多元素对建筑构件细部等进行细化设计和建设者的精心施工后，建筑物的美丽才能展现在大众面前，给人们一个优美、舒适的空间环境。

6.4.2 墙面装修种类

按照材料和施工方式不同，外墙装修分为抹灰类、涂料类、贴面类三类；内墙装修分为抹灰类、涂料类、贴面类、裱糊类四类。

6.4.2.1 抹灰类墙面装修

抹灰装修是由水泥、石灰膏为胶结料，加入砂或石碴，与水泥拌和成砂浆或石碴浆，然后抹到墙面上的一种操作工艺，见图 6.46。一般抹灰是指石灰砂浆、混合砂浆、水泥砂浆、聚合物砂浆、膨胀珍珠岩水泥砂浆和麻刀石灰、纸筋石灰、石膏灰等，一般抹灰的做法详见表 6.7。装饰抹灰是指面层为水刷石、干粘石、斩假石、假面砖、拉条灰、洒毛灰、喷砂、喷涂、滚涂、弹涂、仿石和彩砂抹灰等。



抹灰操作中灰饼与冲筋做法　　抹灰的组成

图 6.46　抹灰类墙面装修示例

表 6.7　常用一般抹灰做法及选用表

抹灰名称	构造层次及材料配合比	主要特点及操作要点	适用范围
麻刀石灰	18 厚 1∶3 石灰砂浆打底 2 厚麻刀石灰面层	表面平滑细腻，由于面层灰浆中无砂，易脱水开裂，在灰浆中加入麻刀或纸筋，可提高抹灰层的抗拉强度，增强其耐久性	用于内墙，也可作为涂料类装修的基层
纸筋石灰	18 厚 1∶3 石灰砂浆打底 2 厚纸筋石灰面层		
石灰砂浆	18 厚 1∶3 石灰砂浆打底 2 厚 1∶0.1 石灰细砂面层	粘结力较强，但强度较弱，表面较粗糙，抗拉性能较差	用于等级较低房屋的内墙面层，也可作为涂料类装修的基层
水泥砂浆（内墙）	15 厚 1∶3 水泥砂浆打底 5 厚 1∶2 水泥砂浆面层	具有结构致密和防潮防水性能。大面积粉刷用木抹搓平，小面积或线脚用铁抹压光	湿度较大的房间、混凝土墙板底层抹灰
水泥砂浆（外墙）	12 厚 1∶3 水泥砂浆打底 8 厚 1∶2 水泥砂浆面层		外墙门窗洞口的外侧壁、檐口、勒脚、压顶

续表 6.7

抹灰名称	构造层次及材料配合比	主要特点及操作要点	适用范围
水泥石灰砂浆(内墙)	15厚1∶1∶6水泥石灰砂浆打底 5厚1∶0.5∶3水泥石灰砂浆面层	在水泥砂浆中掺入一定分量的石灰膏，其流动性和保水性均较好，与基层粘结力增强，改善了水泥砂浆析水性较大，流动性较差的缺点，用途较广	湿度较大的房间、混凝土墙板底层抹灰、混凝土墙板、硅酸盐砌块、加气混凝土砌块和条板底层抹灰、采用乳胶漆和裱糊墙面的基层
水泥石灰砂浆(外墙)	12厚1∶1∶6水泥石灰砂浆打底 8厚1∶1∶4水泥石灰砂浆面层		外墙门窗洞口的外侧壁、檐口、勒脚、压顶
防水砂浆	25厚1∶2.5水泥砂浆掺入水泥用量3%的硅质密实剂，分三次抹灰，每抹一遍收水时压实一遍 5厚1∶2水泥砂浆抹面压光	用高分子胶结材料掺入水泥砂浆而成，其粘结力、抗拉伸力和防渗性能较高	混凝土墙板、硅酸盐砌块、加气混凝土砌块和条板底层抹灰

注：① 钢筋混凝土墙面和其他构件在粉刷前应清洗模板带来的油垢，必要时将基层斩毛50%或将1∶1水泥砂浆甩到混凝土基层上做毛化处理。

② 加气混凝土墙体在粉刷前应做基层处理，先将墙身清理冲洗干净，刷素水泥浆(内掺水重量3%～5%的白乳胶)，随即进行墙面粉刷；或采用专用界面剂和配套砂浆进行基层处理和粉刷。

抹灰的组成分为底灰、中灰和面灰。底灰可使抹灰层与基层墙体粘牢，起墙体初步找平作用，也叫找平层；中灰起进一步找平作用，使墙面表面平整并减少底层砂浆的干缩导致面层开裂的可能；面灰起增加墙面美观和改善墙体功能的作用。

抹灰的质量标准分为普通抹灰、中级抹灰和高级抹灰。

普通抹灰——一遍底灰、一遍面灰；分层赶平、修整、表面压光。

中级抹灰——一遍底灰、一遍中灰、一遍面灰；阳角找方、按标尺分层找平、修整、表面压光。

高级抹灰——一遍底灰、数遍中灰、一遍面灰。阴阳角找方、按标尺分层找平、修整、表面压光。

在墙面上抹灰必须分层进行，因为抹灰层次的材料和配合比不同，即使材料相同，也不能一次抹上去。一次抹成不但操作困难，难以压实，而且过厚的抹灰自重较大，不易粘牢，而且砂浆厚度越大，其干缩率也越大，容易出现干缩裂缝。当砂浆采用分层抹灰，砂浆之间粘接比较牢固，墙面平整度便于掌握，而且当采用石灰砂浆抹灰时，较薄的抹灰层容易使石灰气化硬化。

抹灰层的平均总厚度按照规范要求，有如下规定：

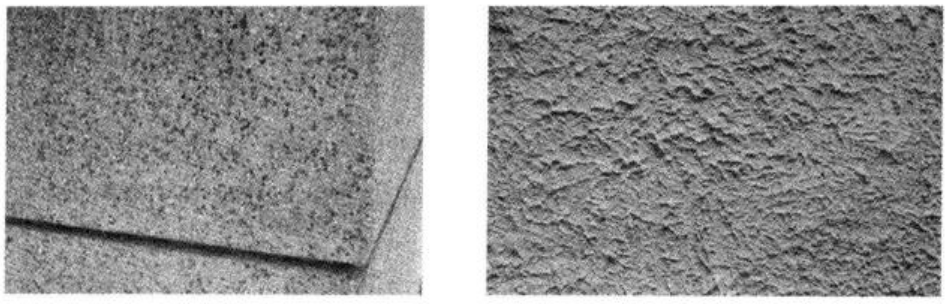
内墙：一般抹灰厚度≤18 mm；中级抹灰厚度≤20 mm；高级抹灰厚度≤25 mm。

外墙：抹灰厚度≤20 mm；勒脚及突出墙面部分抹灰厚度≤25 mm。

控制抹灰层平均总厚度的目的，主要是防止抹灰层脱落。

装饰抹灰一般用在外墙装修，有水刷石、干粘石、斩假石等水泥石碴类装饰抹灰，也有假面砖、拉条灰、拉毛灰、洒毛灰、喷砂、喷涂、滚涂、弹涂、仿石和彩砂抹灰等水泥石灰类装

饰抹灰。示例见图 6.47，其常见做法见表 6.8。



(a)　　(b)

图 6.47　装饰抹灰外墙面示例

(a) 水刷石外墙面；(b) 水泥拉毛外墙面

表 6.8　常用装饰抹灰做法选用表

抹灰名称	构造层次及材料配合比	主要特点及操作要点	备　注
水刷石	15 厚 1∶3 水泥砂浆 刷素水泥浆一道 10 厚 1∶1.5 水泥石子，水刷表面	坚固耐磨、耐污、色彩多样、装饰性强，在施工过程中费工费时，较浪费水泥。 按设计分格施工，水泥初凝后用软毛刷蘸水刷洗表面的水泥，石子露出 1/2，再用喷壶冲刷掉表面的水泥浆	石子粒径 6～8 mm，彩色水刷石可采用白色水泥，彩色石子，详单项设计
干粘石	15 厚 1∶2.5 水泥砂浆 4～6 厚水泥石灰胶浆结合层 面上撒干石子，拍平压实	坚固耐磨、耐污、装饰性强，节约水泥，但石子不易粘牢，一般用在二层及以上墙面。 在结合层做好后应立即撒石子，用铁抹拍平压实，石子嵌入深度不宜小于 1/2	石子粒径 4～6 mm，粘接层在硬化期间应洒水养护。水泥和彩色石子要求详单项设计
斩假石	15 厚 1∶3 水泥砂浆 刷素水泥浆一道 10 厚 1∶1.5 水泥米石子，用剁斧斩毛	仿石效果逼真，但费工费时，一般用于小块墙面、柱面装修。 在底灰上设分格与石块大小相仿，抹水泥石屑硬化后方可斩剁。斩剁顺序：先上后下、先左后右、先边角后中间，然后用水清洗表面	石子粒径 2～4 mm，也可掺 20%石屑。墙面分格条宽 8～12 mm。水泥和彩色石子要求详单项设计
拉条灰 拉毛灰 洒毛灰	15 厚 1∶1∶6 水泥石灰砂浆 5 厚 1∶0.5∶5 水泥石灰砂浆拉条(拉毛、洒毛)	面灰中应有适量细砂或细纸筋，避免面层开裂 拉条灰是将抹灰面层拉成竖向凸凹的条纹。拉毛灰是将抹灰面层拉成无数个毛头。洒毛灰是将抹灰面层上洒成云朵状的毛头	内外墙均可使用，外墙底层抹灰采用 1∶3 水泥砂浆

6.4.2.2 涂料类墙面装修

涂料装修是在抹灰面或木制基层上喷刷涂料形成粘结牢固、坚韧、完整的保护薄膜，对基层起保护和装饰作用。涂料饰面造价低、施工简单、工期短、工效高、维修更新方便，在工程中得到广泛运用。

对涂料的要求是装饰效果好、粘结力强、耐久性好、耐大气污染和经济性好。外墙涂料应具有足够的耐久性、耐候性、耐污染性和耐冻融性；内墙涂料应有一定的硬度、耐干擦、耐湿擦、色彩均匀、有一定的平整度和丰满度。

另外，选择涂料还应考虑所用基层、地域和天气、季节。如用于水泥系列基层的涂料应具有较好的耐久性；用于金属基层的涂料应具有较好的防锈性；用于南方的涂料还应具有好的防霉性；用于冬天施工的涂料应有一定的抗冻性且成膜温度要低；用于雨季施工的涂料应能迅速干燥并有较好的初期耐水性。

目前常用的墙体涂料有合成树脂乳液内墙涂料、合成树脂乳液外墙涂料、合成树脂乳液砂壁状建筑涂料、复层建筑涂料、外墙无机涂料、溶剂型外墙涂料等。

(1) 合成树脂乳液内外墙涂料

合成树脂乳液内外墙涂料是指由合成树脂乳液为基料，与颜料、体质颜料及各种助剂配置而成的建筑内外墙涂料；是由合成树脂借助乳化剂的作用，以极细微粒子溶于水中构成以乳液为主要成膜物而研磨成的涂料。主要品种有苯-丙乳液、丙烯酸酯乳液、硅-丙乳液、醋-丙乳液等配制的内外墙涂料。具有一定的透气性，可在潮湿的基面上施工，无毒无味、不易燃烧、不污染环境。

合成树脂乳液内墙涂料的施工顺序是：清理基层——→填补缝隙、局部刮腻子——→砂纸磨平——→第一遍满刮腻子——→砂纸磨平——→第二遍满刮腻子——→砂纸磨平——→涂饰底层涂料——→复补腻子——→砂纸磨平——→局部涂饰底层涂料——→第一遍面层涂料——→第二遍面层涂料。

合成树脂乳液外墙涂料的施工顺序是：清理基层——→填补缝隙、局部刮腻子、砂纸磨平——→涂饰底层涂料——→第一遍面层涂料——→第二遍面层涂料。

(2) 合成树脂乳液砂壁状建筑涂料

合成树脂乳液砂壁状建筑涂料是以合成树脂乳液为主要粘结料，以天然石料和砂料为骨粉，在建筑墙面上形成具有仿石质感涂层的涂料，也称真石漆。具有粘结强度高、耐水性、耐碱性、耐候性及保水性均较好的特点。可用于水泥砂浆、混凝土板、石棉水泥板、加气混凝土板等多种基层上。

合成树脂乳液砂壁状建筑涂料的施工顺序是：清理基层——→填补缝隙、局部刮腻子、砂纸磨平——→涂饰底层涂料——→按设计进行分格(分格面积≤1.5 m^2)——→喷涂主涂层涂料——→第一遍面层涂料——→第二遍面层涂料。

(3) 溶剂型涂料

溶剂型涂料是指由合成树脂溶液为基料配制的薄质涂料。主要品种有丙烯酸酯树脂、氯化橡胶树脂、硅-丙树脂、聚氨酯树脂等。其涂膜细腻、光洁坚韧，有较好的硬度、光泽和耐水性，好的耐候性、气密性。

有机溶剂在施工时会挥发出有害气体，污染环境，同时应在干燥的基层上施工，不然

会出现析白和脱皮现象。施工方法与合成树脂乳液外墙涂料相同。

(4) 复层涂料

一般由底涂层、中间涂层和面涂层组成。底涂层用于封闭基层和增强主涂层涂料的附着力;中间涂层用于形成凸凹或平状的装饰面,厚度一般为 1～5 mm;面涂层用于装饰面着色,提高其耐候性、耐污性和防水性。

复层涂料按主涂层中所用粘结料分为聚合物水泥系复层涂料、硅酸盐系复层涂料、合成树脂乳液系复层涂料和反应固化型合成树脂乳液系复层涂料,作为粘结料配置的厚质涂料。底涂层主要采用合成树脂乳液及无机高分子材料的混合物或溶剂型合成树脂;罩面涂层主要采用丙烯酸系乳液涂料或溶剂型丙烯酸树脂和丙烯酸-聚氨酯涂料,三层涂料应相互匹配。

复层涂料的主要特点是外观美观豪华、耐久性和耐污染性能较好,且由于涂层较厚,对墙体的保护功能也较好。

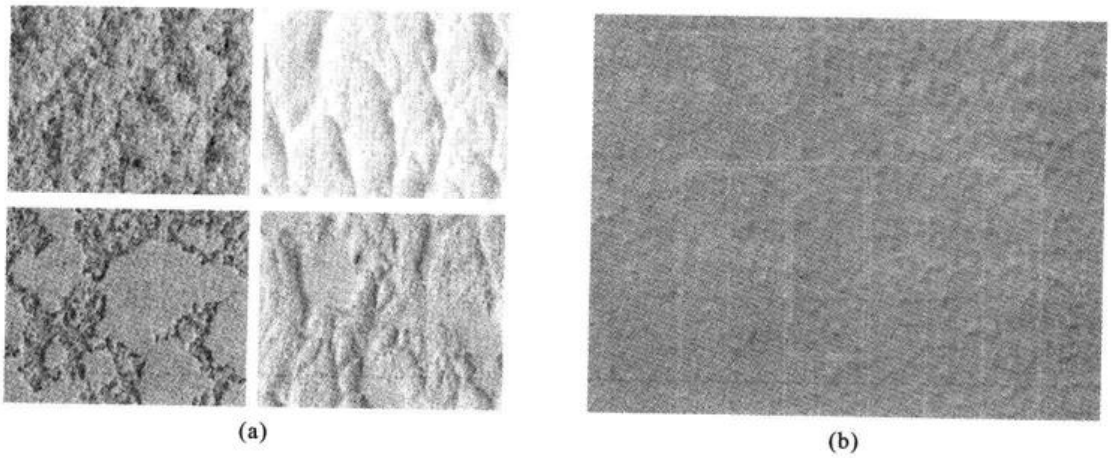
复层涂料的施工方法是:清理基层——→填补缝隙、局部刮腻子、砂纸磨平——→涂饰底层涂料——→涂饰中间层涂料——→将突起部分压平——→第一遍面层涂料——→第二遍面层涂料。

(5) 外墙无机建筑涂料

外墙无机建筑涂料是以碱金属硅酸盐及硅溶胶为主要成膜物质,加入适量固化剂、填料及助剂配置而成的涂料。具有良好的耐光、耐热、耐水、耐污染、耐老化性能,无毒无污染。施工方法与合成树脂乳液外墙涂料相同。

目前国内涂料品种较多,涂料施工应严格按照厂家说明书施工。常规施工方法为"底涂层——→中间涂层——→面涂层"顺序施工,后一遍涂层应在前一遍涂层干燥后施工,以增加各层之间的粘结力。对于薄质涂料、砂壁状涂料和复层涂料等,应根据设计要求增加涂层次数。

图 6.48 为涂料外墙面示例。



(a)　　(b)

图 6.48　涂料外墙面示例

(a) 合成树脂乳液砂壁状建筑涂料外墙面;(b) 复层涂料外墙面

6.4.2.3　陶瓷贴面类墙面装修

陶瓷贴面装修是指利用各种陶瓷面砖对墙面进行装修处理。陶瓷饰面砖具有无毒、无味、易清洁、防潮、耐腐蚀、有一定强度、色彩图案丰富、装饰效果好的特点,因此得到广泛应用。

陶瓷饰面砖的种类、特点及适用范围见表 6.9。

表 6.9　陶瓷墙地砖种类、特点及适用范围

产品种类	品　　种	特　　点	适用范围
彩釉砖(煤质砖)	彩色釉面砖	颜色丰富、多姿多彩、经济实惠	墙面
釉面砖(陶质砖，又称瓷砖瓷片)	闪光釉面砖	明亮、光洁、美观、色彩丰富、品种多样 按产品质量分一、二、三级	内墙面
	透明釉面砖		
	普通釉面砖		
	浮雕艺术砖(花片)		
	腰线砖(饰线砖)		
瓷质砖	同质砖(通体砖)	强度高、防滑、耐磨、防划痕、美观高雅	外墙面 地面
	瓷质彩釉砖(全瓷釉面砖)		
	瓷质渗花抛光砖(仿大理石砖)		
	瓷质抛光砖		
	瓷质艺术砖		
	全瓷渗花砖		
	釉砖		
	玻化砖		
	广场砖		
	仿古砖		
	瓷质仿石砖(仿花岗岩砖)		
	陶瓷锦砖(马赛克)		
	地面“地爬壁”瓷砖		
	劈离砖	色调古朴典雅、背纹深、燕尾槽构造、粘贴牢固、不易脱落、防冻性能好、适合北方严寒地区使用	
红地砖(陶质砖)	红地砖	古朴、防滑、经济	地面

饰面砖墙面基层处理方法见表 6.10。

饰面砖镶贴程序：

① 将饰面砖背面清洗干净，放入水中浸泡 2 h 后拿出，待表面阴干后待用。

② 按设计的饰面砖排列顺序进行预排，调整接缝宽度(≥5 mm)，使同一墙面上的横竖排列不多于一行的非整砖。非整砖应在不显眼部位或阴角处。

③ 镶贴砂浆可选用 1∶2 水泥砂浆或 1∶0.15∶2 水泥石灰砂浆，粘贴层厚度宜为4～6 mm。

表 6.10　饰面砖墙面镶贴基层处理方法

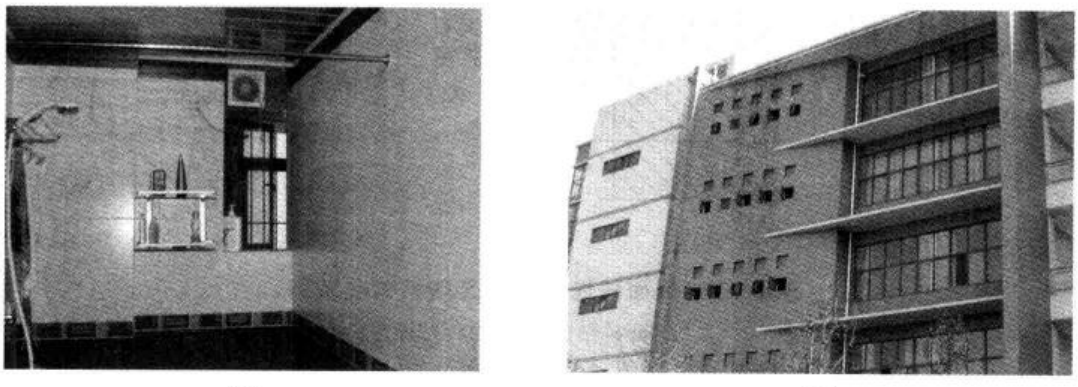
序号	基层名称	基层处理方法
1	砖基层	用水湿润墙面，1∶3 水泥砂浆打底(厚度≤20 mm)、木抹搓平，隔天浇水养护
2	混凝土基层	① 混凝土面凿毛，用水湿润，刷一道聚合物水泥浆，1∶3 水泥砂浆打底(厚度≤20 mm)、木抹搓平，隔天浇水养护； ② 将 1∶1 水泥细砂浆(内掺 20%白乳胶)喷或甩到混凝土面上，待其凝固后用 1∶3 水泥砂浆打底(厚度≤20 mm)、木抹搓平，隔天浇水养护； ③ 用界面处理剂涂刷混凝土表面，待其表面干燥后用 1∶3 水泥砂浆打底(厚度≤20 mm)、木抹搓平，隔天浇水养护
3	加气混凝土基层	① 用水湿润加气混凝土面，在缺棱掉角处先刷一道聚合物水泥浆，1∶3∶9水泥石灰砂浆分层抹平；隔天刷一道聚合物水泥浆，再抹 1∶1∶6 水泥石灰砂浆打底(找平层总厚度≤20 mm)，木抹搓平，隔天浇水养护； ② 用水湿润加气混凝土面，在缺棱掉角处刷一道聚合物水泥浆，用 1∶3∶9水泥石灰砂浆分层抹平；待干燥后，钉金属网一层并绷紧；在金属网上分层抹 1∶1∶6 水泥石灰砂浆打底(找平层总厚度≤20 mm)，砂浆与金属网应结合牢固，然后用木抹轻轻搓平，隔天浇水养护

④ 在墙面上弹一条水平线，距地面为一个饰面砖高度(外墙按每层楼高在楼面标高处弹一条水平线)；在墙面左侧弹一条垂直线，距墙角一个饰面砖宽度。

⑤ 饰面砖镶贴时，先将墙面浇水湿润，待收水后抹上一段宽约 3～5 皮饰面砖高度的砂浆，同时在饰面砖背面刮上砂浆，对准位置将饰面砖贴到墙面上，使饰面砖平整、接缝宽度一致；第一行对准水平线，左边第一块砖侧边对准垂直线；每贴几块砖即刮去挤出砂浆；贴满一行才能贴下一行。在墙角处和墙裙上沿应镶贴相应的配套砖。

⑥ 砂浆终凝后，可进行接缝处理。室外墙面砖接缝可用水泥浆或水泥细砂浆勾缝；室内墙面砖宜用与饰面砖相同颜色的石灰膏或水泥浆嵌缝。待勾缝砂浆凝固后，用水清洗面砖墙面。

饰面砖墙面示例见图 6.49。



(a)　　(b)

图 6.49　饰面砖墙面示例

(a) 内墙饰面砖墙面；(b) 外墙饰面砖墙面

锦砖又称马赛克(Mosaic),按所用材料不同可分为陶瓷锦砖和玻璃锦砖两种。

陶瓷锦砖形状有正方形、长方形、六角形和梯形等,边长不大于 50 mm,将若干片陶瓷锦砖用牛皮纸粘贴成 300 mm 见方的纸皮砖,见图 6.50(a)。陶瓷锦砖多用于墙面和地面。

玻璃锦砖形状为正方形,边长有 20 mm、25 mm,厚度有 4 mm、4.2 mm,同样将若干片玻璃锦砖用牛皮纸粘贴成 300 mm 见方的纸皮砖,见图 6.50(b)。

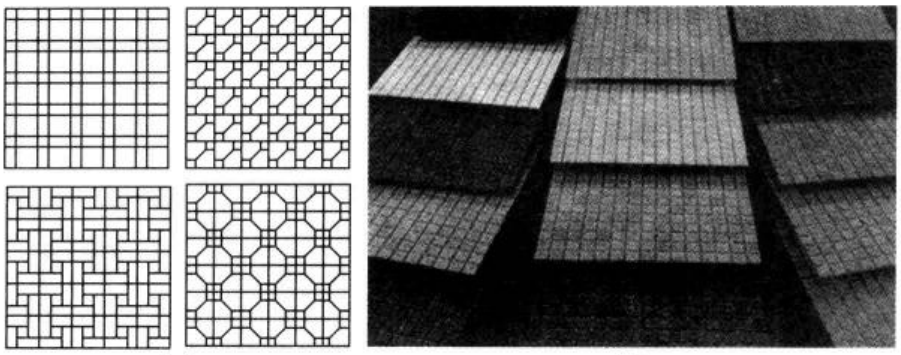


图 6.50　锦砖(马赛克)示例

(a) 陶瓷锦砖组合图案;(b) 玻璃锦砖实物

锦砖镶贴程序与饰面砖相仿,对于花色锦砖应进行预排,并在纸皮砖背面编号,在墙上画上分格线,分格框内也写上编号,再对号粘贴。室内粘贴在同一墙面时宜从下往上,从左往右进行并一次完成;外墙粘贴宜从上往下,按每层楼高分段进行,每分段中则由下往上进行,最后贴底层墙体。

粘贴时,待纸皮砖稳固后,用水湿润背纸,将背纸小心揭下,将不正的单块砖在水泥初凝前进行调整。灰浆干后,用同色水泥浆接缝嵌平,将锦砖表面的水泥浆清洗干净,并保护墙面不受外力影响。

图 6.51 为饰面砖墙面和锦砖墙面构造示例。

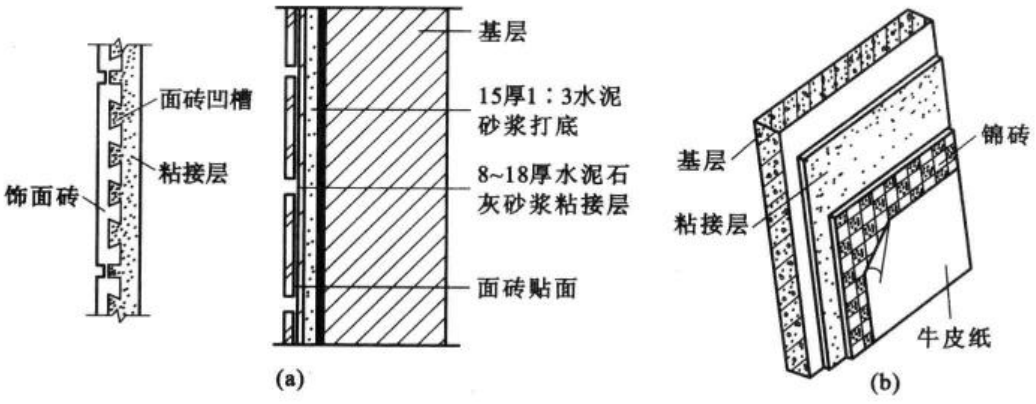


图 6.51　饰面砖墙面和锦砖墙面构造示例

(a) 面砖贴面;(b) 锦砖贴面

6.4.2.4　*天然石材墙面装修*

天然石材饰面一般采用花岗岩板材和大理石板材。

花岗石是火成岩的一种,其矿物成分主要有长石、石英、云母。花岗石的花纹为均粒状斑纹及发光云母微粒,磨光后纹理光泽美丽,具有极强的装饰效果。花岗石的化学成分

主要是二氧化硅(SiO_2)，占60%～70%左右。花岗岩的密度较大(≥2.6 g/cm³)，抗压强度和硬度很大，但抗折强度很低。花岗岩板的抗冻性、耐磨性、耐候性均较好，一般用于室外装修。

花岗岩板用天然花岗石加工而成，分为普通板和异型板，按表面加工分为细面板、镜面板和粗面板。细面板表面平整光滑，可用于外墙面和室外地面；镜面板表面平整并具有镜面光泽，能清晰地反映景物，可用于室内墙面和地面；粗面板是指表面粗糙，具有较规则加工条纹的机刨板、剁斧板、锤击板、烧毛板等，一般用于室外底层墙体或勒脚。

大理石是石灰岩与白云岩在高温、高压作用下矿物重新结晶、变质而形成的，属变质岩中的副变质岩体。纯大理石呈白色，即汉白玉。如含有杂质，常出现美丽的色彩和斑纹，尤其以云南大理出产的石材最美丽，也因此得名为大理石。大理石具有致密的隐晶结构，其化学成分主要是氧化钙(CaO)，占50%以上。大理石的密度和抗折强度与花岗岩相仿，抗压强度和硬度不如花岗岩。由于其主要成分为氧化钙，在酸雨作用下容易被腐蚀，故一般用于室内。

天然石材贴面施工方法有粘贴法、拴挂法和干挂法三种。

(1) 粘贴法

当饰面石材厚度小于20 mm、饰面石材墙面高度不大于9 m时，可采用粘贴法施工。适用于一般薄型磨光花岗岩板或大理石板，板厚为8～12 mm，规格不大于300 mm×300 mm。

在砖墙面上粘贴饰面石材的方法：在墙面上用18厚1∶2.5水泥砂浆找平并划出纹道，在饰面石材背面满涂2～3 mm厚建筑胶粘剂，然后对准位置粘贴到墙面上，按压平整，接缝处尽量紧密，接缝宽度不大于1 mm。待板材粘牢后，用白水泥或石灰膏擦缝。

在混凝土墙面上粘贴饰面石材的方法：在基层上涂刷混凝土界面处理剂一道，再在墙面上用10厚1∶2.5水泥砂浆找平并画出纹道，其余做法同砖墙贴面做法。

(2) 拴挂法

适用于边长≥400 mm、厚度≥20 mm的板材施工。

事先在墙体内预埋钢筋钩，ϕ6钢筋长300 mm，中距500 mm(视板材尺寸而定)，墙角处必须设钢筋钩，将钢筋钩与钢筋网焊牢。钢筋网采用ϕ6钢筋双向中距500 mm焊牢(视板材尺寸而定)。

在饰面石材上下端打孔，每边不少于两个，用双股16#铜丝或不锈钢丝与固定在墙面上的钢筋网扎牢；饰面石材挂贴时，按设计尺寸将板就位，用木楔塞入接缝以调整接缝宽度，校正后与钢筋网绑扎；正面用熟石膏将相邻的石板调平固定，将缝隙堵严，以防跑浆；分层用1∶2.5水泥砂浆灌注到石板与墙面缝隙内，每次灌浆150～200 mm高，插捣密实，初凝后再灌下一层，直至石板上口50～100 mm处停止，再进行上一层的挂贴。灌浆必须饱满，不得出现空鼓现象。砂浆硬化后剔除接缝中的填塞材料，并进行接缝处理。

饰面板高度不宜大于3 m，超过3 m时，应将墙柱预埋钢筋钩改为不小于ϕ10，长度不少于30倍钢筋直径。饰面石板底部必须落地。

厚20 mm以上的石板材、石材线脚等装饰石材采用不锈钢锚固件将石材与钢筋网固定，其他做法不变。图6.52为饰面石材拴挂法构造示例。

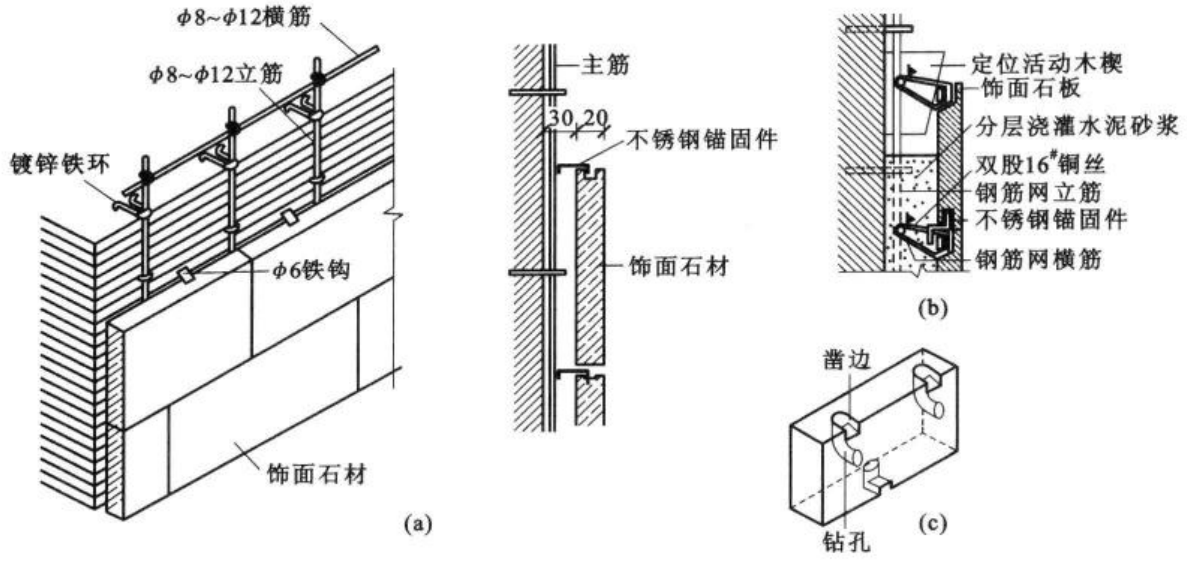


图 6.52　饰面石材拴挂法构造示例

(a) 石材锚固示例；(b) 石材绑扎；(c) 石材钻孔

(3) 干挂法

不用水泥砂浆，用吊挂件将饰面石材直接吊挂于墙面或钢龙骨之上的构造做法称为干挂法。特点是每块石板独立吊挂，重量不传递给其他石板；干作业，避免了水泥的化学作用造成饰面板产生花脸、变色、析白、锈蚀等现象。

干挂法构造一般用于高度不超过 30 m 的饰面安装工程中，其饰面石材尺寸可达 1.36 m×2 m。吊挂件的质量决定了干挂法饰面的工程质量。吊挂件必须为不锈钢制品，锚固件型号必须与板材挂孔匹配。由于安全性的要求，施工必须要熟练技工进行操作。图 6.53 为干挂法施工实例。

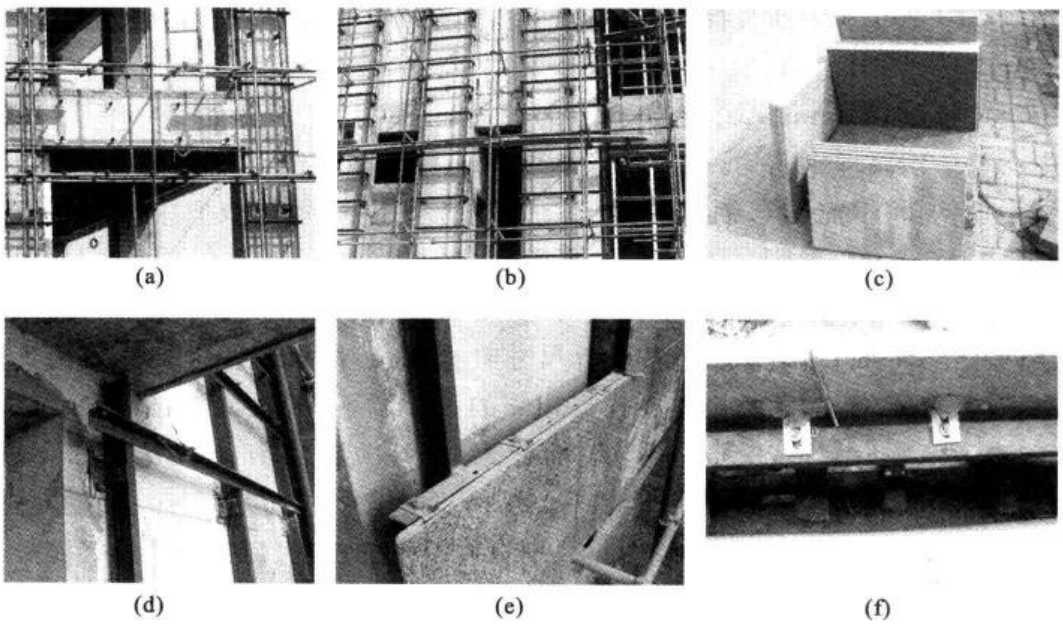


图 6.53　饰面石材干挂法施工实例

(a) 预埋或锚固铁件；(b) 固定竖向和横向钢龙骨；(c) 挑选石材并钻孔；
(d) 横向角钢与立筋固定；(e) 用不锈钢连接件干挂石材；(f) 用建筑胶封闭石材与连接件接头

6.4.2.5　特殊部位的墙面装修

内墙墙裙是设在内墙下部用于保护墙体的一种构造。高度从 1.0 m 到 1.8 m 不等，可采用水磨石墙裙、瓷砖墙裙、木制墙裙等，见图 6.54。

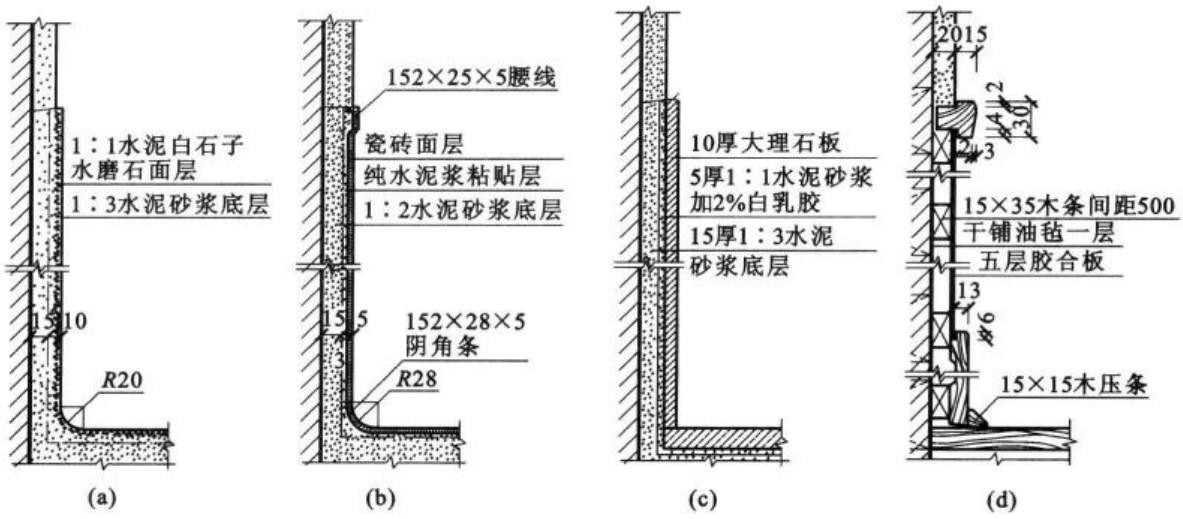


图 6.54　内墙墙裙构造示例

(a) 水磨石墙裙；(b) 瓷砖墙裙；(c) 大理石墙裙；(d) 胶合板墙裙

在内墙突出部位如墙体阳角、柱子四角等处容易被碰撞，为避免碰撞伤及墙面，在这些突出部位应设置水泥护角。水泥护角高度与人同高，一般取 1.8～2.0 m 即可，具体构造见图 6.55。

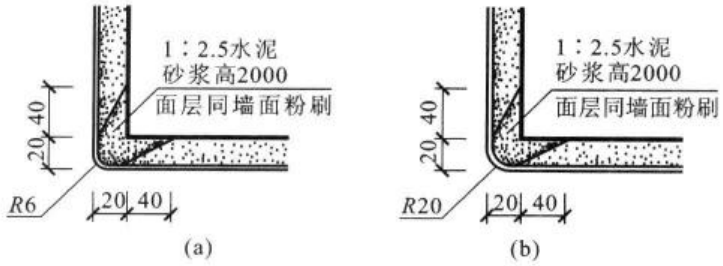


图 6.55　内墙阳角水泥护角示例

(a) 小圆角水泥护角；(b) 大圆角水泥护角

在内墙面与地面连接处应设踢脚板，也称踢脚线。作用是遮盖地面与墙面的接缝，防止擦洗地面时渗水或沾污墙面。踢脚线的材料与楼面相同，实际上是将地面层向墙面延伸一定高度，以达到保护墙面的目的。踢脚线高度有 120 mm、150 mm 两种，具体构造见图 6.56。

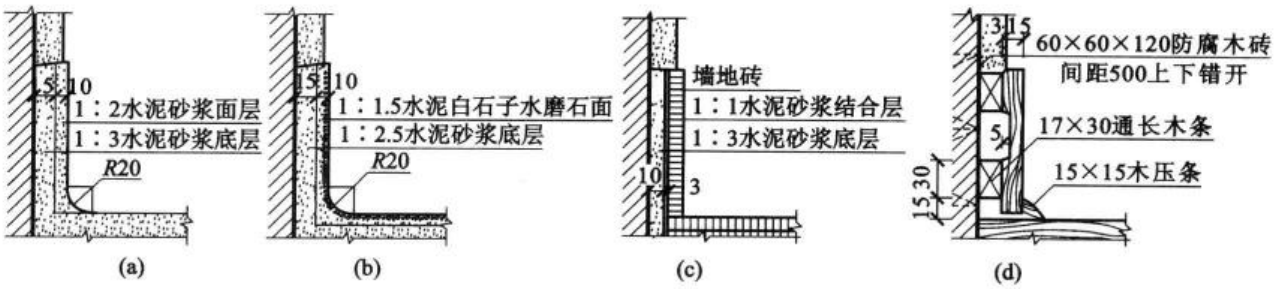


图 6.56　踢脚板构造示例

(a) 水泥踢脚板；(b) 水磨石踢脚板；(c) 墙地砖踢脚板；(d) 木制踢脚板

在内墙抹灰与顶棚连接处为美观起见，可做成一些装饰线脚，线脚条数越多，施工难度越大，装饰效果越好。在施工中除粉刷线脚外也常选择石膏等线脚成品进行粘贴。顶棚线脚构造见图 6.57。

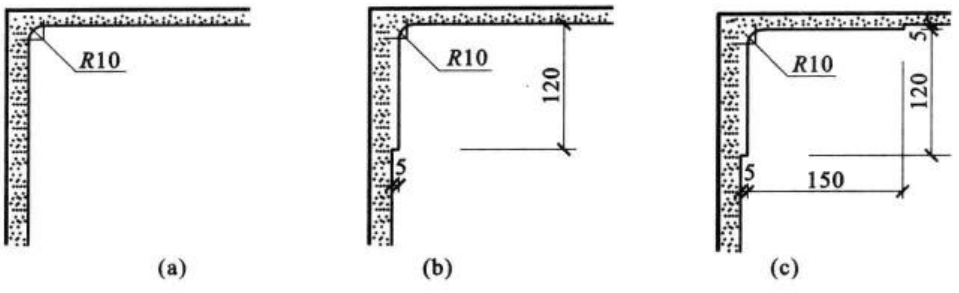


图 6.57　顶棚线脚构造示例

(a) 一道线脚；(b) 两道线脚；(c) 三道线脚

抹灰类外墙和涂料类外墙为了施工方便和美观，必须设外墙分格条，将墙面划分成若干块。分格线一般设在洞口上下，也可设在楼面标高处。分格线可采用塑料分格线，直接埋入粉刷层内，粉刷层施工完后也不必取出，比原来使用的木制分格条又先进一步。

复习思考题

1. 墙体的设计要求是什么？
2. 墙体按照受力性能可分为几类？
3. 提高墙体保温的措施有哪些？其构造原理是什么？
4. 墙体隔声措施有哪些？其构造原理是什么？
5. 砖墙组砌原则是什么？常见的砖墙砌式有哪些？
6. 砖模数是多少？如何协调建筑模数与砖模数的关系？
7. 什么是砌块墙？砌块墙的构造要点是什么？
8. 勒脚的构造要考虑哪些问题？如何解决？
9. 窗过梁的构造形式及适用范围如何？如何防止“冷桥”的出现？
10. 墙身的抗震措施有哪些？其构造原理是什么？
11. 隔墙构造有哪几种？有何优缺点？
12. 墙面装修有什么作用？
13. 墙面装修中抹灰类的组成和各层的作用是什么？
14. 举例说明各种抹灰构造的做法和适用范围。
15. 贴面类墙面装修的分类和构造做法是什么？
16. 各种贴面材料的适用范围是什么？
17. 天然石板贴面的构造做法是什么？
18. 墙裙、墙角护角、墙体与顶棚和地面连接处的构造做法是什么？

作业 3　墙身构造设计

以作业 1，作业 2 为基础，作出部分墙身(砖墙或加气混凝土墙任选一)详图。比例：1∶10～1∶20。

1. 外墙勒脚详图

绘出室外散水、室内地坪的构造层次、防潮层位置及做法、材料、标高、尺寸。室内外高差为 650 mm。

2. 内墙墙脚详图(室内有高差处)

绘出墙脚的水平防潮层和垂直防潮层,标明位置和做法。绘出并标明室内高低地坪的标高和构造层次,高差自定。

3. 钢筋混凝土过梁带窗楣板详图

过梁截面为 250 mm×250 mm,窗楣板挑出 400 mm,板厚为 60 mm。绘出滴水线和排水坡度。

4. 窗台详图

窗台形式自定。挑窗台应设滴水线,外窗台应有排水坡度。

作业要求:采用 A3 图纸,铅笔绘制,详图比例 1∶10 或 1∶20。作图应符合建筑制图标准。

作业目的:掌握两种不同墙体的构造设计,训练绘制构造详图的能力。

7

楼板层与地坪构造

本章提要

本章主要讲述楼板层和地坪层的构造组成和设计要求；钢筋混凝土楼板的主要类型及构造；楼板层和地坪层的常用地面装修构造以及直接式顶棚和吊顶棚的构造；阳台和雨篷的类型及构造。重点讲述现浇钢筋混凝土楼板和预制钢筋混凝土楼板的构造，以及常用地面装修构造。

7.1 楼地层的构造组成、类型及设计要求

楼板层和地坪层同属水平受力构件。楼板层设在建筑物中间，起分隔上下楼层和承受水平荷载的作用；地坪层设在建筑物底层，与土壤直接接触，起承受底层室内荷载的作用。由于所处位置不同，其构造与设计要求也有所不同。图 7.1 为楼板层与地坪层的构造示例。

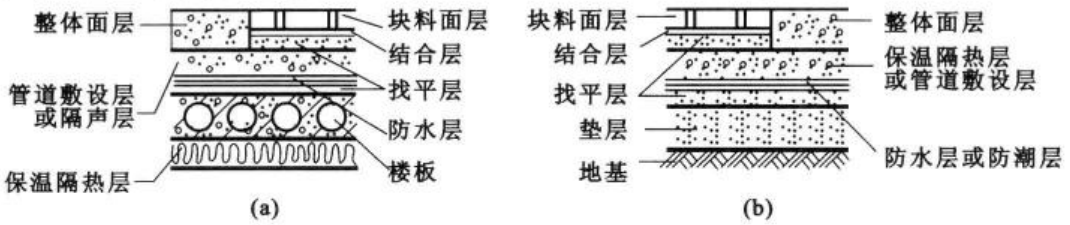


图 7.1 楼板层与地坪层构造示例

(a) 楼板层构造；(b) 地坪层构造

注：面层：直接承受各种物理和化学作用的表面层，分整体和块料两类；

结合层：面层与下层的连接层，分胶凝材料和松散材料两类；

找平层：在垫层、楼板或轻质松散材料上起找平或找坡作用的构造层；

防水层：防止楼地面上液体透过面层的构造层；

防潮层：防止地基潮气透过地面的构造层，应与墙身防潮层相连接；

保温隔热层：改变楼地面热工性能的构造层，一般设在地面垫层上、楼板上或吊顶内；

隔声层：隔绝楼面撞击声的构造层；

管道敷设层：敷设设备暗管线的构造层(无防水层的地面也可敷设在垫层内)；

垫层：承受并传布楼地面荷载至地基或楼板的构造层，分刚性、柔性两类；

基层：楼板或地基(当土层不够密实时需做加强处理)。

7.1.1 楼板层与地坪层的构造组成

楼板层与地坪层由各种构造层次组成，具有各种功能作用，根据房间使用功能的不同，各构造层次可以增加或减少，但基本构造层次不变。

7.1.1.1 楼板层的构造组成

楼板层各层的构造组成如下：

面层：位于楼板层的最上层，起着保护楼板层、分布荷载和绝缘的作用，同时对室内起美化装饰作用。

结构层：承受楼板层上的全部荷载并将这些荷载传给墙或柱；同时还对墙身起水平支撑作用，以加强建筑物的整体刚度。

附加层：又称功能层，根据楼板层的具体要求而设置，主要作用是隔声、隔热、保温、防水、防潮、防腐蚀、防静电等。根据需要，可在结构层上方设置，和面层合二为一，也可在结构层下方设置，与吊顶合为一体。

顶棚层：位于结构层下方，主要作用是保护楼板、安装灯具、遮挡各种水平管线，改善使用功能、装饰美化室内空间。

7.1.1.2 地坪层的构造组成

地坪层各层的构造组成如下：

面层：位于地坪层的最上层，作用和构造同楼板面层。

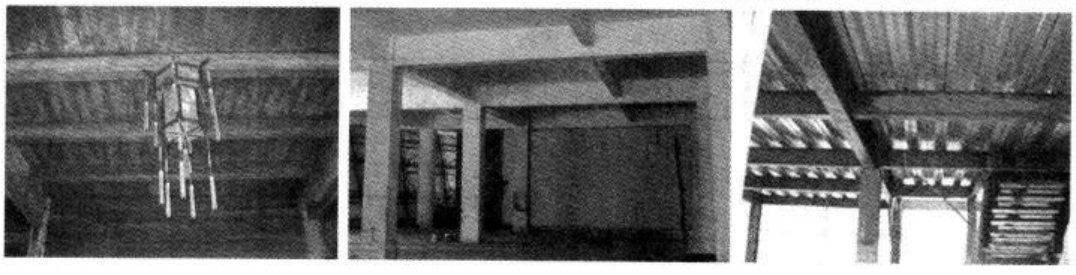
附加层：满足某些有特殊使用要求而设置的一些构造层次，主要有管道敷设层、保温层和防水防潮层。

垫层：地坪层的结构层，作用是承重传力。可采用 60 mm 厚 C10 混凝土，要求较高者取 80～100 mm 厚。

基层：即地基，一般为原土层或填土分层夯实。当上部荷载较大或当土层较弱时，增设 2∶8 灰土或碎砖、道砟三合土 100～150 mm 厚。素土夯实层内可掺碎石或碎砖夯实。

7.1.2 楼板的类型

楼板的类型很多，常见的类型如图 7.2 所示，按照其构成材料的不同可以分为：



(a) (b) (c)

图 7.2 楼板的类型

(a) 木楼板；(b) 钢筋混凝土楼板；(c) 压型钢板组合楼板

木楼板：木楼板自重轻，保温隔热性能好、舒适、有弹性，只在木材产地采用较多。木楼板的耐火性和耐久性均较差，且造价偏高，为节约木材和满足防火要求，现较少采用。

钢筋混凝土楼板：强度高，刚度好，耐火性和耐久性好，具有良好的可塑性，便于工业化生产，应用最广泛。按其施工方法不同，可分为现浇式、装配式和装配整体式三种。

压型钢板组合楼板：是在钢筋混凝土楼板基础上发展起来的，利用钢衬板作为楼板的抗弯构件和底模使用，既提高了楼板的强度和刚度，又加快了施工进度，是目前正大力推广的一种新型楼板。

7.1.3 楼板层的设计要求

7.1.3.1 具有足够的强度和刚度

强度是指楼板承受荷载的能力。应保证在楼板本身自重和各种活荷载作用下安全可靠，不发生任何破坏。这主要是通过结构设计来满足要求。

刚度是指楼板抵抗变形的能力。要求楼板层在一定荷载作用下不发生过大变形，以保证正常使用。结构规范规定装配楼板的允许相对挠度不大于跨度的 1/200；现浇楼板的相对挠度为跨度的 1/350～1/250。

7.1.3.2 具有一定的隔声能力

不同使用性质的房间对隔声的要求不同，如我国对住宅楼板的隔声标准中规定：一级隔声标准为 65 dB，二级隔声标准为 75 dB 等。对一些特殊性质的房间如广播室、录音室、演播室等的隔声要求则更高。

楼板主要是隔绝固体传声（撞击传声），如人的脚步声、拖动家具、敲击楼板等都属于固体传声。减小或消除楼板的振动可有效隔绝固体传声，一般采取以下措施（图 7.3）：

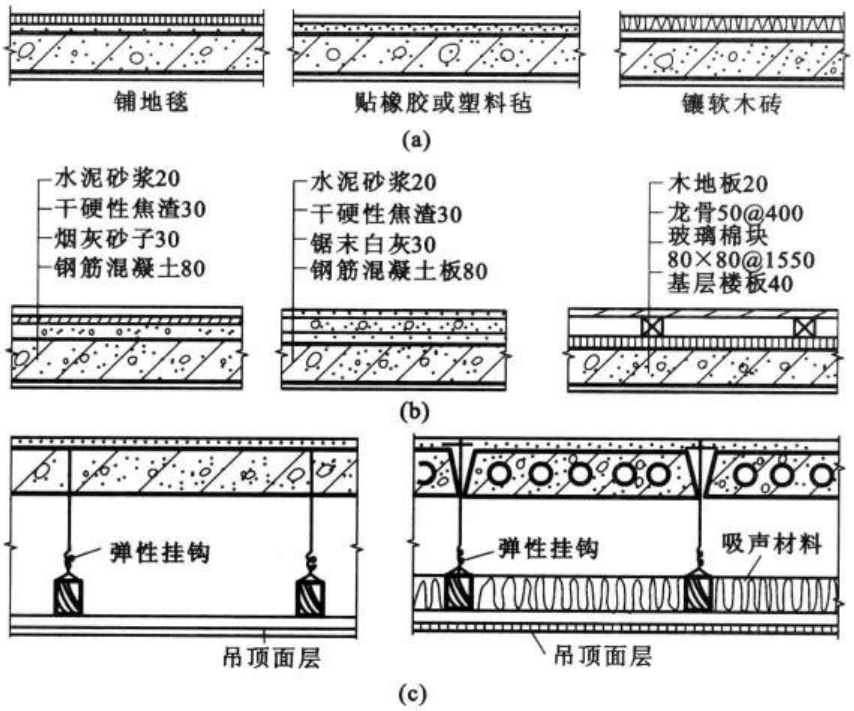


图 7.3 楼板隔声构造示例

（a）弹性面层；（b）浮筑楼板；（c）吊顶棚

（1）设弹性面层

在楼板表面铺设地毯、橡胶、塑料毡等柔性材料。当重物撞击楼板时，弹性面层可以

起到减缓冲击力，吸收一部分撞击声能，使楼板的振动减少，来达到隔声的效果。

（2）设弹性垫层

在楼板与面层之间加弹性垫层即浮筑式楼板。浮筑式楼板隔声原理同弹性面层，当重物撞击楼板时，弹性垫层同样可以起到减缓冲击力、吸收一部分撞击声能、降低楼板的振动的作用。

（3）设弹性吊顶

在楼板下加设吊顶，当固体噪声穿过楼板时变为空气传声。将吊顶面密度加强，使声音无法透过缝隙传入下层空间；再将吊钩改成弹性连接，使楼板的振动在弹性吊钩处化解，吊顶不会随楼板振动而振动，从而也阻止或减少了固体传声。

7.1.3.3　具有一定的防火能力

保证在火灾发生时，在一定时间内不会因楼板塌陷而给生命和财产带来损失。多层民用建筑中一级耐火等级的楼板应采用不燃烧体，耐火极限 1.5 h；二级耐火等级的楼板应采用不燃烧体，耐火极限 1.0 h；三级耐火等级的楼板应采用不燃烧体，耐火极限0.5 h；四级耐火等级的楼板可采用燃烧体或难燃烧体，耐火极限 1.5 h。常用楼板的燃烧性能与耐火极限见表 7.1。

表 7.1　常用楼板的燃烧性能与耐火极限

构件名称	结构厚度或截面最小尺寸(mm)	耐火极限(h)	燃烧性能
现浇整体式钢筋混凝土楼板，保护层厚度 15 mm	80	1.45	不燃烧体
现浇整体式钢筋混凝土楼板，保护层厚度 10 mm	90	1.75	不燃烧体
现浇整体式钢筋混凝土楼板，保护层厚度 15 mm	100	2.00	不燃烧体
现浇整体式钢筋混凝土楼板，保护层厚度 10 mm	120	2.50	不燃烧体
四边简支的钢筋混凝土楼板，保护层厚度 15 mm	80	1.45	不燃烧体
四边简支的钢筋混凝土楼板，采用预应力钢筋或高强度钢丝，保护层厚度 20 mm	—	0.75	不燃烧体
非预应力钢筋混凝土空心楼板，保护层厚度 10 mm	—	0.90	不燃烧体
非预应力钢筋混凝土空心楼板，保护层厚度 20 mm	—	1.25	不燃烧体
预应力钢筋混凝土空心楼板，保护层厚度 10 mm	—	0.40	不燃烧体
预应力钢筋混凝土空心楼板，保护层厚度 20 mm	—	0.70	不燃烧体

注：本表摘自《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—1995)2005 年版附录 A。

7.1.3.4　具有保温能力

根据建筑节能要求，对于一些暴露在室外的楼板如架空层楼板应进行保温设计；对于与土壤直接接触的地坪层，有时也需要做保温层以防止热量从土壤中散失。

7.1.3.5　其他要求

对有水的房间，如厨房、卫生间、盥洗室等都应该进行防潮防水处理。特别是楼板与墙体交接处、管道穿过楼板处，应防止水渗漏到下层空间和墙体中。

在楼板构造中应满足各种管线的设置。根据管线的作用和大小，可以考虑埋设在楼板内或设置在吊顶中。

楼板设置还应满足建筑经济的要求。一般多层建筑楼板层的造价占房屋土建造价的20%～30%，所以，正确选择楼板形式，使之既满足使用要求，又符合节约的原则。

7.2 钢筋混凝土楼板构造

钢筋混凝土楼板按施工方式不同可分为现浇整体式钢筋混凝土楼板、预制装配式钢筋混凝土楼板和装配整体式钢筋混凝土楼板三种。前两种在工程中采用较多，后一种一般用在高层建筑中。

7.2.1 现浇整体式钢筋混凝土楼板

现浇整体式钢筋混凝土楼板是现场经过支模板、绑扎钢筋、浇注混凝土、养护等工序而形成的。其优点是整体性好、刚度大、强度高、抗震性能好、结构布置灵活，能适应各种不同的平面形状；缺点是劳动强度大、现场湿作业多、模板利用率不高、施工工期长。

按钢筋混凝土楼板的基本构成形式可分为平板式楼板、梁板式楼板和无梁楼板三种。

7.2.1.1 平板式楼板

墙体开间或进深较小时，楼板可直接支承在墙体上，称为平板式楼板。平板按受力特点分为单向板和双向板。当板的长方向与短方向之比大于2时，则把它看成单向板，这时荷载向一个方向传递；当板的长方向与短方向之比小于等于2时，则把它看成双向板，这时荷载向两个方向传递，见图7.4。

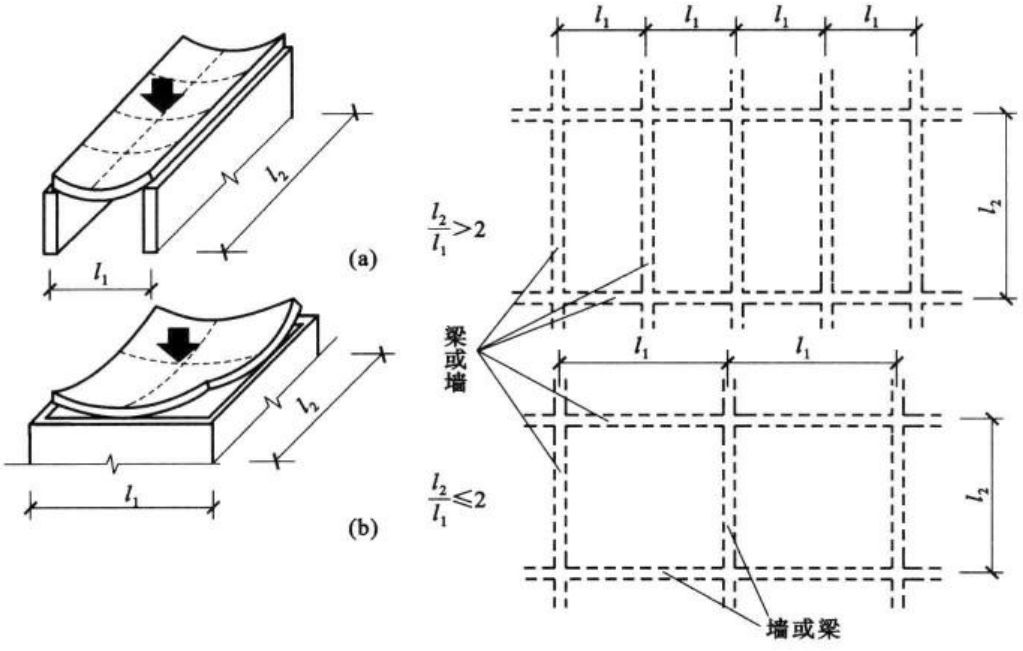


图7.4 楼板的受力、传力方式

(a) 单向板；(b) 双向板

单向板的板厚为板短边跨度的 1/35～1/30，双向板的板厚为板短边跨度的 1/40～1/35。板的最小厚度为 60 mm；民用建筑楼板板厚一般为 70～100 mm；工业建筑楼板板厚 80～180 mm；双向板厚 80～160 mm。

平板式楼板适用于有许多小开间的房间的建筑物，特别是墙承重体系的建筑物，例如住宅、旅馆等，或其他建筑的走道、厨房、卫生间等。平板式楼板底部平整，可以得到最大的使用净高。

7.2.1.2　肋梁式楼板

当楼板的跨度太大时，如果还是采用平板式楼板势必增加板的厚度，不经济且增加结构自重。如果在楼板中增设主梁和次梁，形成肋梁式楼板（图 7.5）就能满足较大空间楼板的需要。

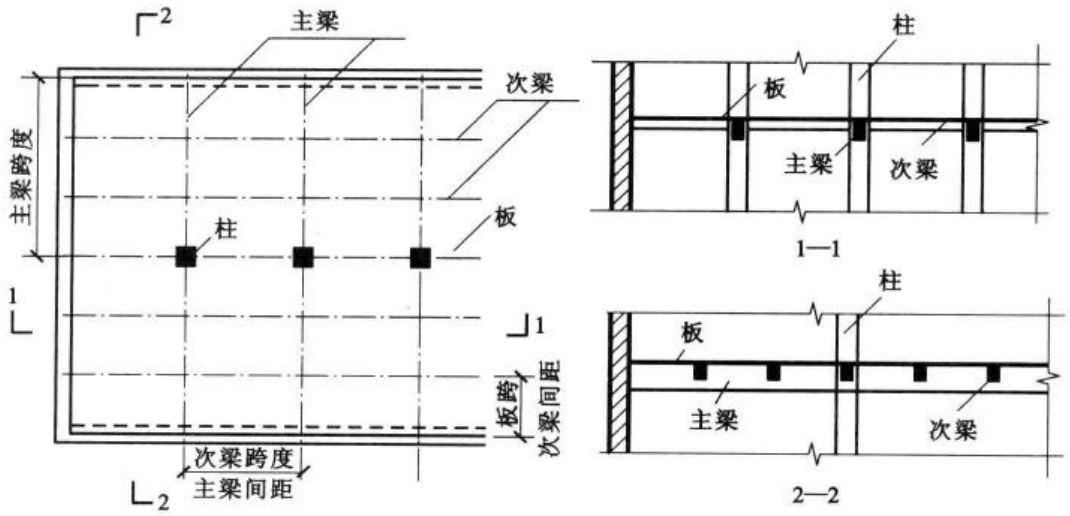


图 7.5　肋梁式楼板示例

在楼板中增加梁不仅具有结构方面的意义，经过对楼板的传力路线的设计，还可以重新分配传到梁上的荷载的大小，从而控制其断面尺寸，这样对争取某些结构梁底的净高以及在平面上按照建筑设计的需要，局部增加或者取消某些楼层的支撑，都是很有用处的。楼板结构稳定性的具体分析见图 7.6。

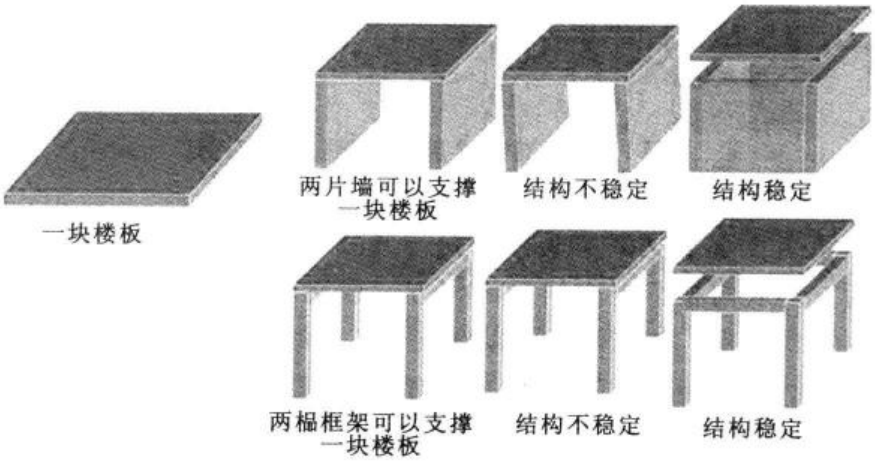


图 7.6　楼板结构稳定性分析

肋梁式楼板的分类：

次梁楼板：楼板的跨度在 4～6 m 时，板中设次梁。荷载传递顺序——板→次梁→墙或柱。

肋梁楼板：楼板跨度超过 5 m 时，板中设主、次梁形成肋梁楼板。荷载传递顺序——板→次梁→主梁→墙或柱。

肋梁式楼板由主梁、次梁、单向板组成。肋梁式楼板中梁截面的尺寸确定与房间的大小有关。

主梁的经济跨度为 5～8 m，梁高为跨度的 1/14～1/8，梁宽为高度的 1/3 ～1/2；次梁的经济跨度为 4～6 m，梁高为跨度的 1/18 ～1/12，梁宽为高度的 1/3～1/2；板的经济跨度为1.7～3 m，厚度 60～80 mm。

图 7.7 为某建筑楼层结构梁板布置实例。增加次梁以减少板的跨度，从而降低梁的高度；同时，利用建筑出挑部分来平衡主体的部分荷载，从而也降低了梁的高度。

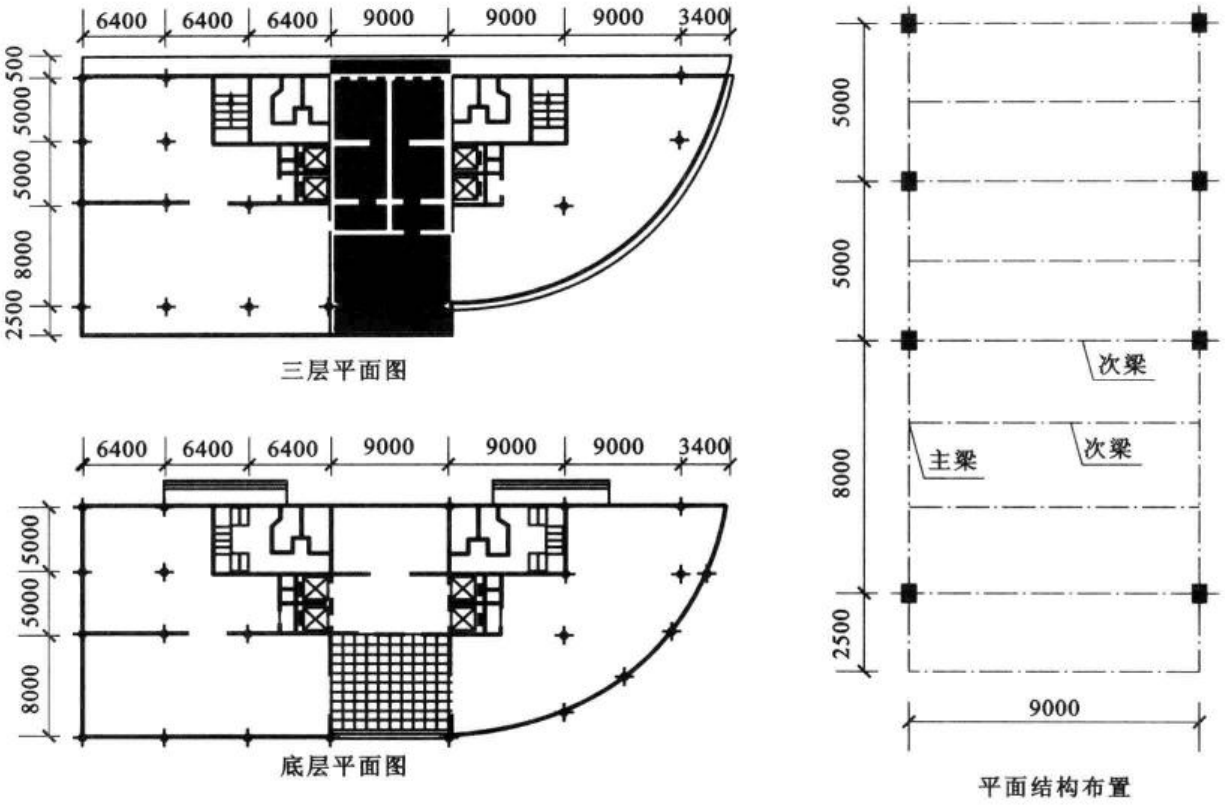
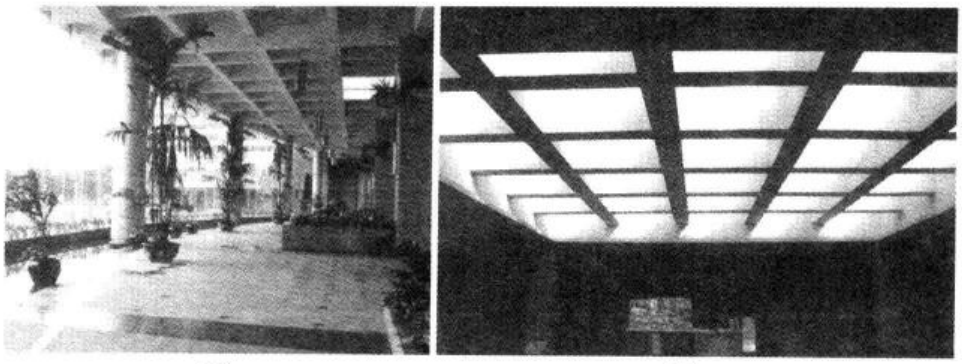


图 7.7 某建筑楼层结构梁板布置实例

7.2.1.3 井式楼板

井式楼板(图 7.8)是肋梁式楼板的特例。井式楼板在两个方向的梁截面尺寸相等，间距相等，板为方形双向板。当房间平面为方形或接近于方形(长边与短边之比不大于 1.5)时，可采用井式楼板。井式楼板可以看成为广义的双向板，能覆盖较大的空间。由于井式楼板造型美观，且能有效提高净高，常用于公共建筑的门厅或大厅。

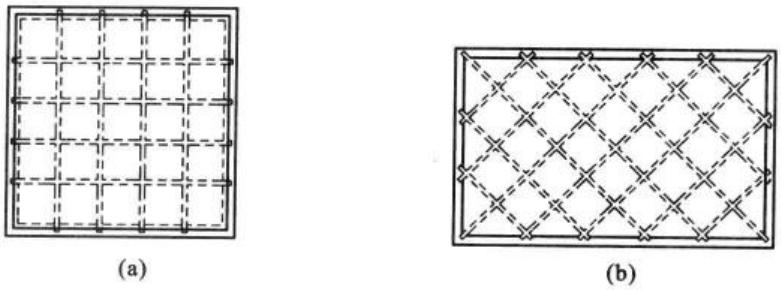
井式楼板的跨度可达 30 m 左右，如北京政协礼堂的井式楼板跨度达 28.5 m。梁间距一般不超过 2.5 m，最大不超过 3 m。梁可与房间正交设置或斜交设置，梁高按短边跨度的 1/30～1/20 取值，见图 7.9。



(a)　　(b)

图 7.8　井式楼板示例

(a) 井式楼板；(b) 镂空式井式楼板



(a)　　(b)

图 7.9　井式楼板的设置

(a) 正交设置；(b) 斜交设置

7.2.1.4　无梁楼板

无梁楼板形式上是以结构柱与楼板组合，取消了柱间及板底的梁，可以有效增加房间净高。楼板可以通过柱帽或无柱帽支承在柱子上，如图 7.10 所示，周边的楼板最好均匀出挑，可使结构较为单一。为了增加柱子支承面积，在柱顶设柱帽或托板。

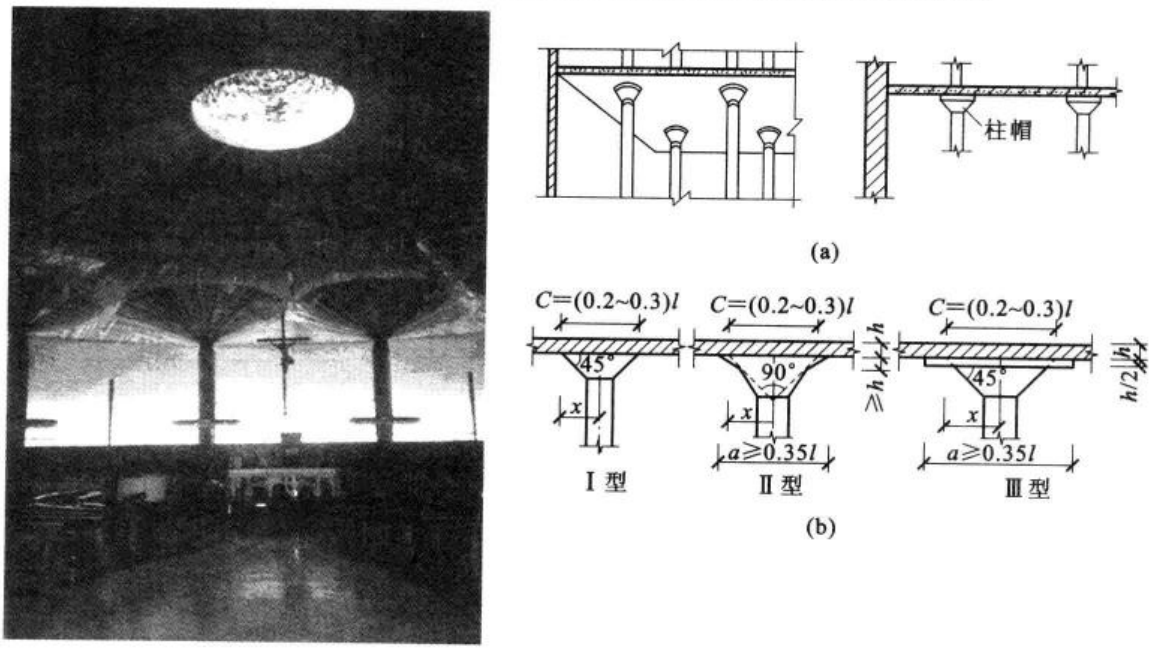


图 7.10　无梁楼板构造示例

(a) 无梁楼板；(b) 柱帽尺寸

无梁楼板由于不设梁，楼板直接支承在柱上，为避免发生剪切破坏，一般把板做得比较厚，并在柱的上端设置柱帽，以加强板与柱的连接和减小跨度。为了充分利用板的强度，无梁楼板一般用于荷载较大的商场、仓库、书库、车库等需要较大空间的建筑中，当楼面荷载小于 5 kN/m² 时选择无梁楼板则不经济。无梁楼板的柱网尺寸一般为 6 m×6 m、6.6 m×6.6 m，板厚不小于 120 mm。

7.2.2 预制装配式钢筋混凝土楼板

预制装配式钢筋混凝土楼板是指在构件预制加工厂或施工现场外预先制作，然后运到工地现场进行安装的钢筋混凝土楼板。预制楼板的整体性和抗震性能不如现浇楼板，且只能用在矩形房间上，但由于能加快施工进度，改善工人的劳动条件，还能节省模板，故在我国广大的乡村和城镇得到广泛的运用。

预制板的长度一般与房屋的开间或进深一致，为 3M 的倍数；板的宽度一般为 1M 的倍数；板的厚度考虑到砖模数，比较常用的有 120 mm 和 180 mm。

预制楼板按生产过程不同有预应力和非预应力两种。按外形不同有实心平板、槽形板、空心板三种。预制楼板的规格尺寸各地均有不同，需根据实际需要进行选用。

7.2.2.1 平板

实心平板的规格尺寸较小，以中南地区为例：板宽有 500 mm、600 mm、700 mm 三种；板长有 1200 mm、1500 mm、1800 mm、2100 mm、2400 mm 五种；板厚有 60 mm(用于 1200 mm、1500 mm 板长)、80 mm 两种。荷载等级分为两级：1 级允许设计值为 4 kN/m²，2 级允许设计值为7 kN/m²。

平板上下板面平整，制作简单，但自重大，隔声效果较差。适用于走道板、阳台板、搁板、盖板等，如图 7.11 所示。

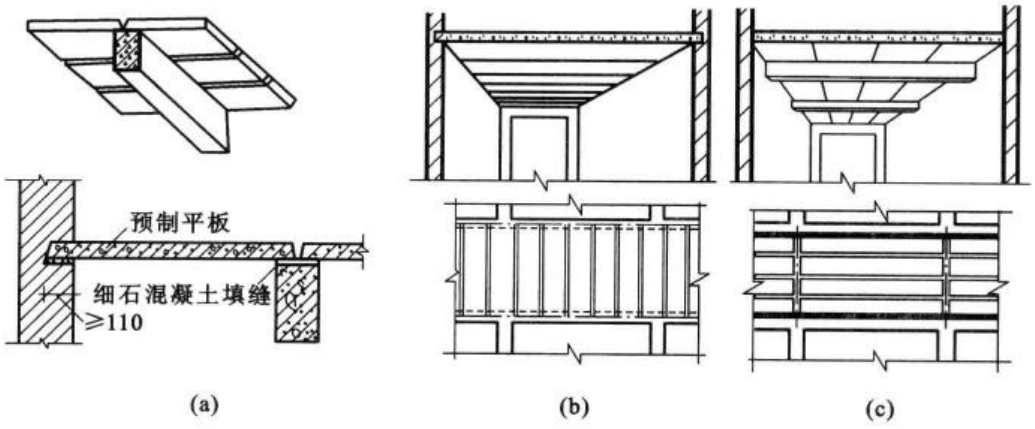


图 7.11 预制平板构造及布置示例

(a) 预制平板；(b) 走廊横向铺板；(c) 走廊纵向铺板

7.2.2.2 槽形板

槽形板是一种梁板合一的受力构件，是在平板的长边加肋，使板上的荷载传给边肋。为使板受力均匀，在板的端部和中间加上加劲肋，一般每隔 500～700 mm 处增设横肋一道，如图 7.12 所示。

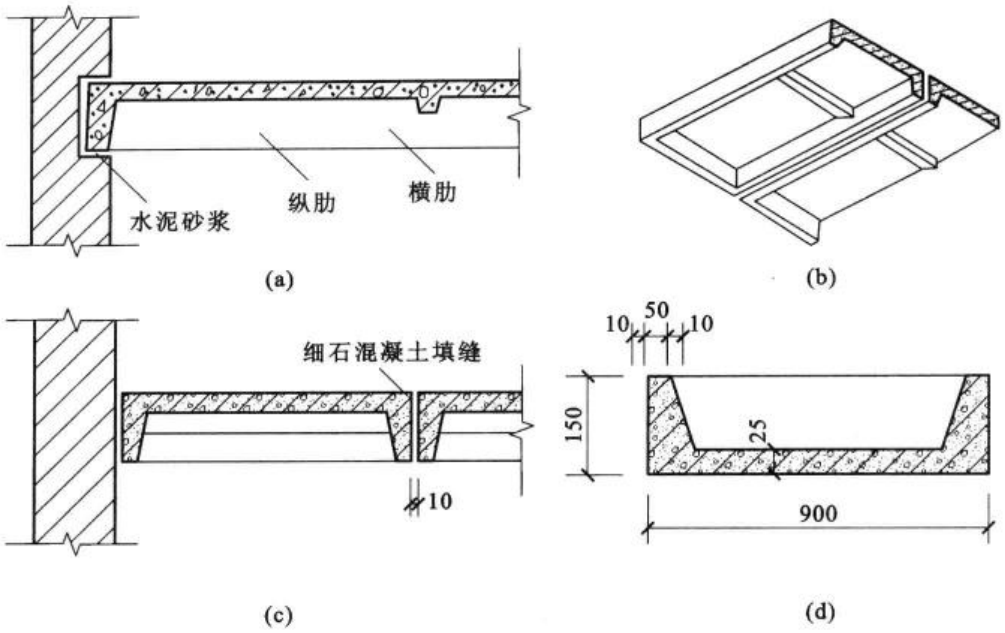


图 7.12　预制槽形板构造示例

(a) 槽形板纵剖面；(b) 槽形板底面；(c) 槽形板横剖面；(d) 倒置槽形板横剖面

槽形板的规格尺寸各地均有不同。以中南地区为例：板厚为 25 mm，板宽度为 500 mm、700 mm 两种；肋高为 120 mm，板长度为 1500～3300 mm；肋高 180 mm，板长度为 3000～4200 mm。工业用槽形板肋高 400 mm，板长 5600 mm，板宽 900 mm、1200 mm 两种。

槽形板板面很薄，隔声效果很差。当槽形板面朝上放置时，底面不平，有碍观瞻，需另加吊顶；倒放槽形板时，需另加面板，材料用量较多。为满足隔声要求，可在槽形板内加吸声材料。

7.2.2.3　圆孔板

圆孔板也是一种梁板合一的构件，每条肋都可看成一个工字形梁，受力合理。由于板面板底平整，便于施工和使用；内部设孔洞，减轻了自重；也增加了隔声能力，所以运用较为广泛。

圆孔板有预应力和非预应力之分，中型板和大型板之分。中型板板长多在 4.5 m 以下，板厚 90～120 mm，板宽 500～1500 mm；大型板板长为 4.2～7.2 m，板厚为 180～240 mm，板宽为 1200～1500 mm。

(1) 圆孔板的选用

圆孔板是从矩形孔、方形孔、椭圆形孔演变而成的空心板，见图 7.13。各地都有圆孔板的标准图集可以选用。以中南地区为例：板厚有 120 mm、180 mm 两种，板长从 2.4 m 至6.0 m；板宽有 500 mm、600 mm、700 mm、900 mm、1200 mm 五种。常用板厚为 120 mm，板长最大为 4.2 m。荷载等级为三级：1 级 4 kN/m^2，2 级 7 kN/m^2，3 级 10 kN/m^2，能满足大多数住宅、宿舍、办公楼的需要，见图 7.14。

(2) 圆孔板的布置

在进行板的布置时，应根据房间的开间、进深选择合适的板型进行结构布置。结构布

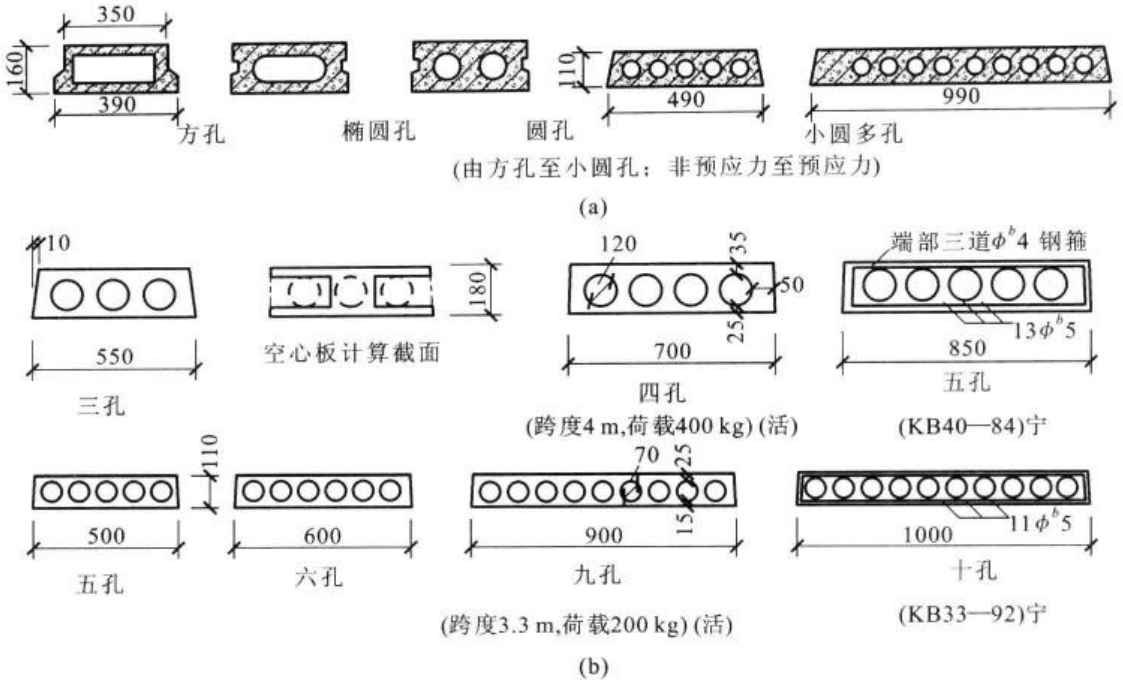


图 7.13　空心板的演变和类型

(a) 空心板类型的演变；(b) 各种类型的多孔板

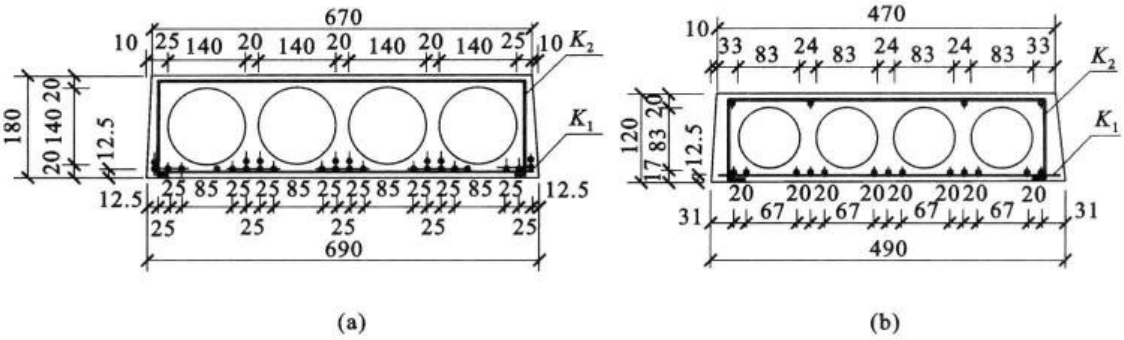


图 7.14　圆孔板规格示例

(a) 700 mm 宽预应力圆孔板；(b) 500 mm 宽预应力圆孔板

置有横墙承重、纵墙承重和纵横墙承重方式。板的支承方式有板式和梁板式。板式是指板直接搁置在墙上；梁板式是指板搁置在梁上，梁再搁置在墙或柱上，见图 7.15。

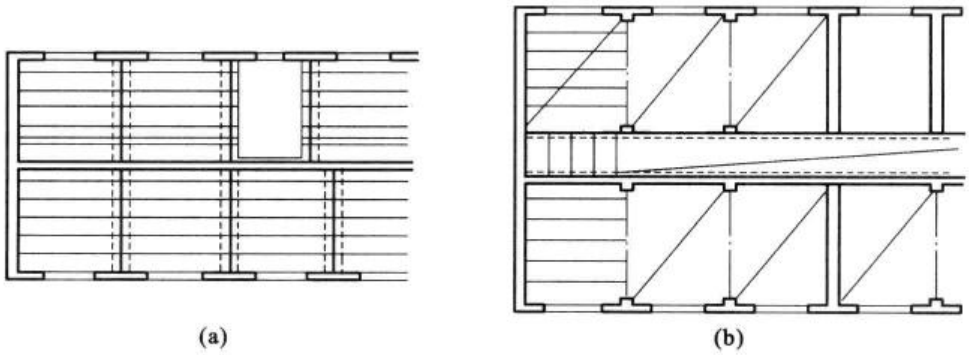


图 7.15　预制板的布置方式

(a) 板式布置；(b) 梁板式布置

选择板时，为了便于施工，板宽一般不多于两种。可以选择两种尺寸相差较大的板进行搭配使用，如 500 mm 与 700 mm 搭配、600 mm 与 900 mm 搭配。

圆孔板在墙上的支承长度不小于 100 mm，在梁上的支承长度不小于 80 mm。板端孔洞处应塞入混凝土短圆柱（堵头）进行加强，防止板端被压碎。板的长边不应压入墙内，应避免三边支承现象，以免由于受力不均，出现板上方裂缝的现象，见图 7.16。

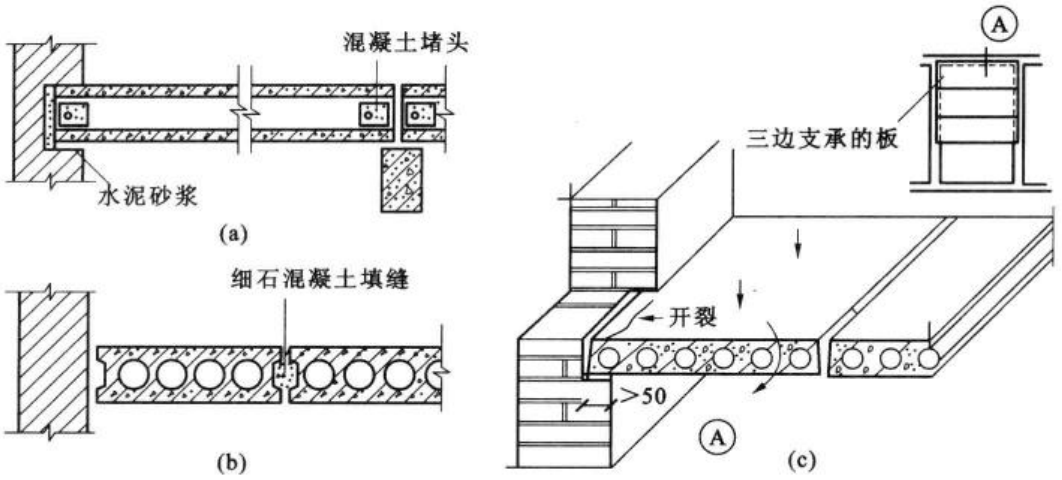


图 7.16　圆孔板的支承方式示例

（a）纵剖面；（b）横剖面；（c）三边支承的板

铺板前，先在墙或梁上用 10～20 mm 厚 M5 水泥砂浆找平（即坐浆），然后再铺板，使板与墙或梁有较好的粘结，同时也使墙体受力均匀。

（3）板缝的处理

在铺板时，由于标志尺寸与构造尺寸的不同，必然会出现安装缝隙。对板缝的处理一定要严格按施工规程办理，不然会导致漏水而影响到下层空间的使用。当预制板安装就位后，应马上清扫板缝，去掉碎砖灰屑，然后用 C20 细石混凝土仔细灌缝。

当缝隙小于 60 mm 时，可调节板缝，使其不大于 30 mm，用 C20 细石混凝土灌缝；当缝隙在 60～120 mm 之间时，可在灌缝的混凝土中加配 2ϕ6 通长钢筋；当缝隙在 120～200 mm之间时，设现浇钢筋混凝土板带，且将板带设在墙边或有穿管的部位；当缝隙大于 200 mm 时，调整预制板的规格。见图 7.17。

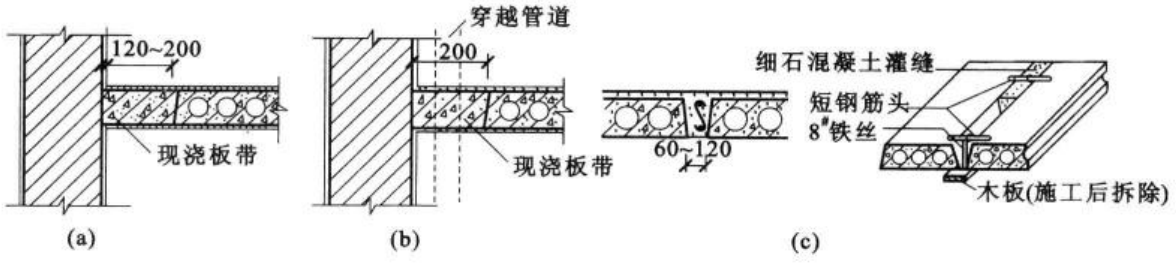


图 7.17　预制板缝的处理

（a）现浇板带；（b）竖管穿过板带；（c）现浇板缝施工示意图

（4）提高室内净高的措施

预制板一般是直接搁置在矩形或 T 形梁上，但当室内空间较小，需要增加净高时，可

将梁做成花篮梁形式，板搁在花篮或十字形梁肩上，可使室内净高增加一个板的厚度，见图 7.18。

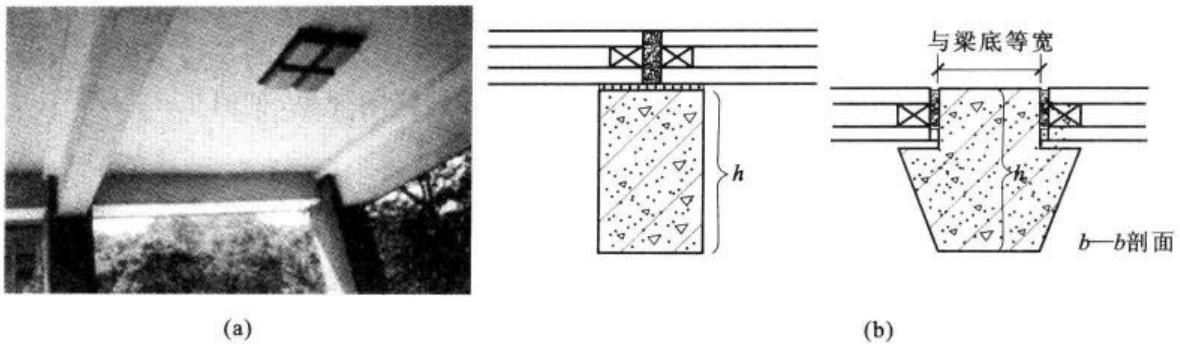


图 7.18　设置花篮梁以提高室内净高

(a) 用花篮梁可以节省结构高度的空间；(b) 花篮梁的有效高度和宽度不能比计算值少

(5) 抗震措施

预制板的整体性较差，为了提高其抗震性能，增强房屋的整体刚度，在楼板与墙体之间以及楼板与楼板之间，常用锚固钢筋予以锚固。锚固筋又称拉结钢筋，配置后浇入楼面整筑层内，见图 7.19。

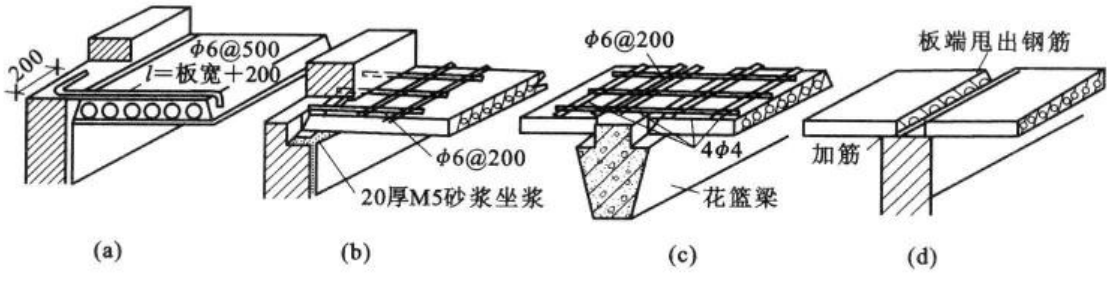


图 7.19　增强预制板整体性的措施

(a) 板侧边锚固；(b) 板端锚固；(c) 花篮梁锚固；(d) 甩出钢筋绑扎

此外，墙体内的圈梁应紧贴预制楼板板底设置，外墙则应设缺口圈梁(L 形梁)，将预制板箍在圈梁内。当板跨度大于 4.8 m 并与外墙平行时，靠外墙的预制板边应设拉结钢筋与圈梁拉结。

7.2.3　装配整体式钢筋混凝土楼板

装配整体式楼板，是将楼板中的部分构件预制，在现场安装，再以整体浇筑的方式连接而成的楼板。装配整体式楼板具有现浇楼板整体性好、刚度大、强度高、抗震性能好的优点；同时也具有装配式楼板施工速度快，现场湿作业少的优点；降低了工人的劳动强度，提高了建筑工业化的水平。但是，由于装配整体式楼板的工序较多、质量要求高、造价较高，也抑制了它的发展。目前，装配整体式楼板多用在高层建筑楼板中。

7.2.3.1　密肋楼板

密肋楼板是现浇(或预制)密肋小梁间安放预制空心砌块并现浇面板而制成的楼板结构。具有整体性强、刚度大、自重轻和模板利用率高等特点。密肋楼板构造见图 7.20。

密肋楼板的适用跨度为 6～9 m，加预应力后可达 12 m，肋间距一般不大于 1.5 m。

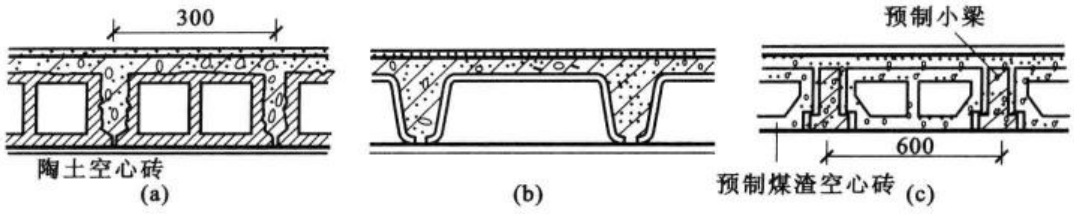


图 7.20　密肋楼板构造示例

(a) 空心砖现浇；(b) 玻璃钢壳现浇；(c) 预制小梁填充块

常用于中等跨度或大跨度且平面比较规则的建筑。

7.2.3.2　叠合楼板

采用预制的预应力薄板做底模与现浇混凝土面层叠合而成的装配整体式楼板，又称预制薄板叠合楼板。这种楼板以预应力钢筋混凝土薄板为永久模板而承受施工荷载，又是楼板的受力构件，承受拉弯应力，而现浇混凝土叠合层承受压应力。预制薄板叠合楼板构造见图 7.21。

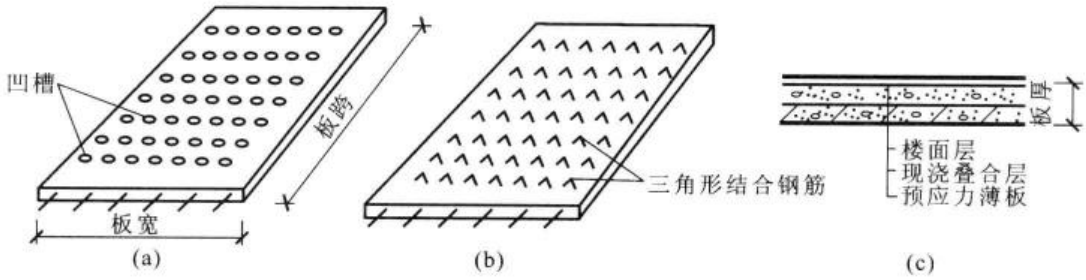


图 7.21　预制薄板叠合楼板

(a) 板面刻槽；(b) 板面露出三角形结合钢筋；(c) 叠合组合楼板

叠合楼板跨度一般为 4～6 m，最大可达 7.5 m，通常以 5.4 m 以内较为经济。预应力薄板厚 50～70 mm，板宽 1.1～1.8 m。现浇叠合层采用 C20 混凝土，厚度一般为 70～120 mm，应不小于预应力薄板的厚度。

为了保证预制薄板与叠合层有较好的连接，薄板上表面需做处理，常见的有两种：一是在上表面做刻槽处理，刻槽直径 50 mm、深 20 mm、间距 150 mm；另一种是在薄板表面露出较规则的三角形的结合钢筋。

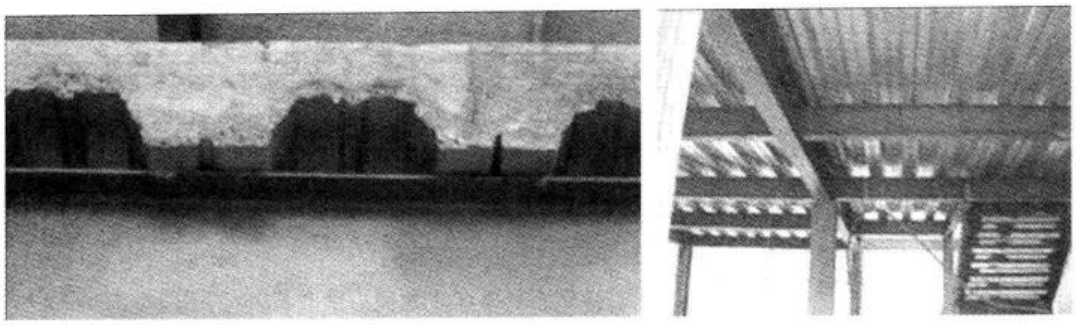
7.2.3.3　压型钢板组合楼板

采用截面形状为凹凸形压型钢衬板作为底板与现浇混凝土面层组合，称为压型钢板组合楼板。

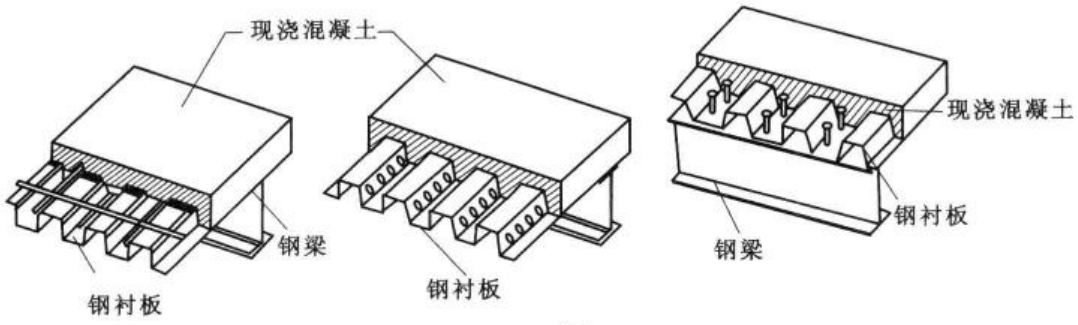
压型钢衬板在组合楼板中可以有三种作用：一是只作为永久性模板使用，承受施工荷载和混凝土重量，混凝土达到设计强度后，单向密肋板即承受全部荷载，压型钢板已无结构功能；二是压型钢板承受全部荷载，混凝土只作为耐磨面层并分散集中荷载之用；三是压型钢板既是底模，又是受拉构件，其结构性能取决于混凝土层与钢衬板之间的连接。

压型钢板组合楼板的刚度和强度均较大，可以跨越比较大的空间，楼板重量较轻，施工速度较快。但由于造价较高，一般只用于高层建筑中。

压型钢板组合楼板由钢梁、组合楼板、基层、面层组成。传力方式：板上荷载→面层和基层→组合板→钢梁。压型钢衬板可分为单层钢衬板和双层钢衬板，见图 7.22。



(a)



(b)

图 7.22　压型钢板组合楼板构造

(a) 压型钢板组合楼板实例;(b) 压型钢板组合楼板构造示例

压型钢板组合楼板只能够用作单向板。组合楼板的跨度为 1.5～4.0 m,其经济跨度为 2.0～3.0 m。如果建筑空间较大,需要增加梁以满足组合楼板经济跨度的要求。

7.2.4　楼板细部构造

7.2.4.1　隔墙与楼板连接

楼板一般承受均布荷载作用,不宜承受集中荷载作用。所以,重质隔墙下方一般设小梁来承重,或是设在槽形板的纵肋上。如考虑室内净高,也可将隔墙设在现浇板带上,或将梁提高至与板面等高处,见图 7.23。

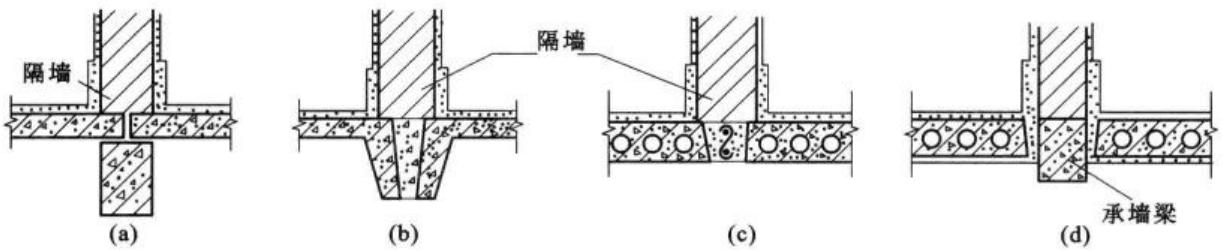


图 7.23　隔墙在楼板上的搁置

(a) 隔墙支承在梁上;(b) 隔墙支承在纵肋上;(c) 板缝内配钢筋支承隔墙;(d) 隔墙支承在梁上

7.2.4.2　排水防水构造

有水房间的楼板面层应比其他房间地面低 20～30 mm,用细石混凝土找 1%的坡,坡向地漏便于排水。为防止水从墙体下方渗漏,应沿房间四周做 150 mm 高防渗带,并与楼板或梁同时浇筑。楼板宜采用现浇以提高其防水性。找坡层上方做 20 厚 1∶3 水泥砂浆找平层,在找平层上方刷基层处理剂后做 2 mm 涂膜防水并上翻 600 mm,最后做面层,见图 7.24。

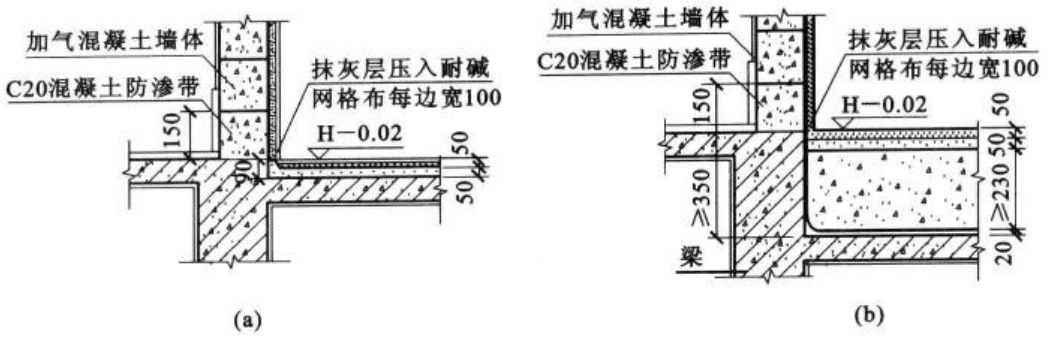


图 7.24　楼板的防水构造

(a) 有水房间楼面防水构造;(b) 同层排水的卫生间防水构造

7.3　地面构造

地面构造包括楼板地面构造和地坪地面构造,是结构层上方直接受到物理或化学作用的面层,包括表面层、找平层及与之配套的各种构造层。地面名称以表面层命名。

7.3.1　地面设计要求

地面设计应满足以下要求:

① 具有足够的坚固性。在家具设备等作用下不易被磨损和破坏,且表面平整、光洁、易清洁和不起灰。

② 保温性能好。要求地面材料的导热系数小,给人以温暖舒适的感觉,冬季走在上面不致感到寒冷。

③ 具有一定的弹性。当人们行走时不致有过硬的感觉,同时,有弹性的地面对防撞击声有利。

④ 防水、防潮、防火、耐腐蚀、经济适用。

7.3.2　地面的类型

按面层所用材料和施工方式不同,常见地面做法可分为以下几类:

① 整体地面:水泥砂浆地面、细石混凝土地面、水泥石屑地面、水磨石地面等;

② 块材地面:砖地面、水泥砖地面、面砖、缸砖及陶瓷锦砖地面等;

③ 石材地面:花岗岩地面、大理石地面等;

④ 塑料地面:聚氯乙烯塑料地面、涂料地面等;

⑤ 木地面:普通条木地面和拼花木地面。

7.3.3　地面的构造

7.3.3.1　整体地面

(1) 水泥砂浆地面

水泥砂浆地面的优点是具有一定的强度,耐磨性及耐久性均较好,防水防潮、经济实

用、构造简单、施工方便；缺点是导热系数大，吸声性差、易结露、易起尘。其常作为普通地面使用，或作为塑料地面和木地面的基层。

水泥砂浆地面有单层和双层两种做法，如图 7.25。单层做法是抹一层 20～25 mm 厚 1∶2 或 1∶2.5 水泥砂浆；双层做法是增加一层 10～20 mm 厚 1∶3 水泥砂浆找平，表面再抹 5～10 mm 厚 1∶2 水泥砂浆抹平压光。

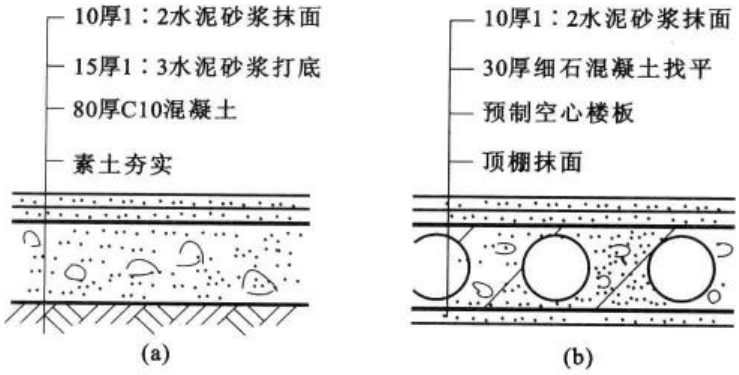


图 7.25　水泥砂浆地面构造示例

(a) 底层地面；(b) 楼层地面

如将水泥砂浆的水灰比控制在 0.35 以内，就形成干硬性水泥砂浆地面。特点是密实性好、强度高、水分少、坚固耐磨。一般采用 30 mm 厚 1∶2 水泥砂浆，砂浆摊铺后振动出水，撒 1∶1 干水泥砂刮平，用抹光机抹头遍，收水后用铁抹收光。

将水泥砂浆里的中粗砂换成 3～6 mm 的石屑，就形成水泥石屑地面，也称豆石或瓜米石地面。在垫层或结构层上直接做 1∶2 水泥石屑 25 厚，水灰比不大于 0.4，刮平拍实，碾压多遍，出浆后抹光。这种地面表面光洁、不起尘、易清洁，造价是水磨石地面的 50%，但强度高，性能近似水磨石。

(2) 混凝土地面

在基层上刷素水泥浆结合层一道，30 厚 C20 细石混凝土随打随抹光。混凝土地面刚度好、强度高、不易起砂，若在内部配置 ϕ4@200 双向钢筋网，可增加楼板的整体性，提高其抗震能力。

(3) 水磨石地面

水磨石地面的特点是表面光洁、易清洁、图案多样、色彩美丽，是一种比较高档的地面做法。水磨石地面的分格条可采用铜条、铝条和玻璃条。在基层上做出各种图案，再填充各色的水泥石碴，经水磨以后，形成美丽的图案。

水磨石为分层构造，底层为 1∶3 水泥砂浆 18 mm 厚找平，面层为 12 mm 厚 1∶1.5～1∶2水泥石碴，石碴粒径为 8～10 mm，分格条一般高 10 mm，用 1∶1 水泥砂浆固定，面层硬化后用磨石机粗磨、中磨、细磨，每道工序都是边磨边浇水，磨完后用水清洗，最后等面层干燥后用草酸水擦洗干净，打蜡上光。具体构造见图 7.26。

整体类地面由于导热系数大，在湿度大的季节里易结露，影响使用。目前的解决办法是设保温层、架空楼板、采取吸湿性较大的地面材料来减少结露，但效果不太明显。整体类地面防结露的措施见图 7.27。

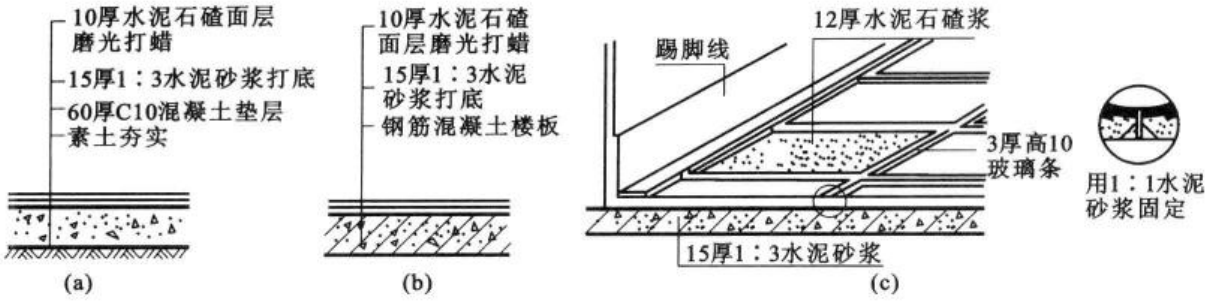


图 7.26　水磨石地面构造

(a) 水磨石地面；(b) 水磨石楼面；(c) 水磨石构造示例

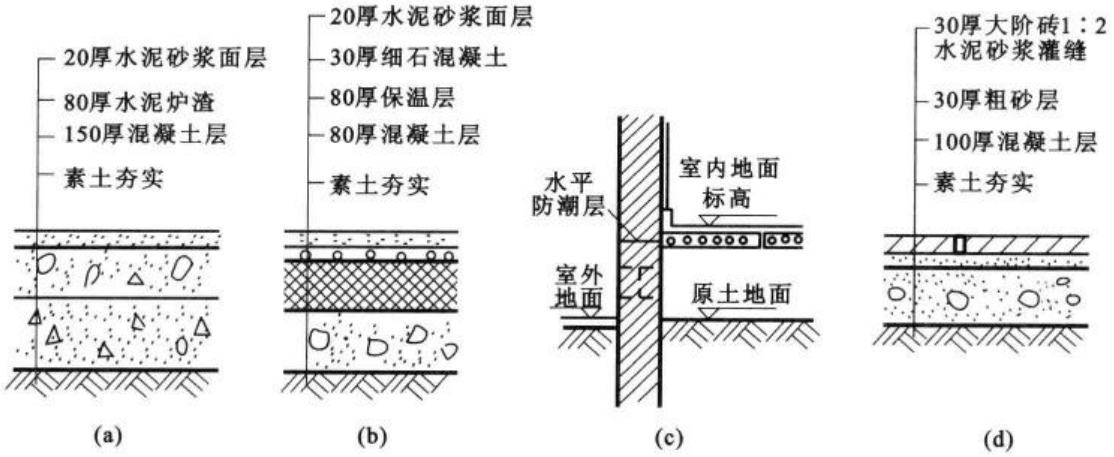


图 7.27　防止整体类地面结露的措施示例

(a) 设炉渣层；(b) 设保温层；(c) 架空地面；(d) 大阶砖填砂

7.3.3.2　块材地面

块材地面是利用各种人造的预制块材、板材镶铺在基层上面，形成块材地面。块材有粘土砖、水泥砖、缸砖、陶瓷地面砖、陶瓷锦砖等。结合层有刚性结合层和非刚性结合层两种。刚性结合层一般为水泥砂浆，非刚性结合层一般为粗砂、细炉渣等。当块材面积小、厚度薄，一般采用刚性结合层；当块材面积大、厚度厚，一般采用非刚性结合层。

(1) 铺砖地面

铺砖地面有粘土砖地面、水泥砖地面、预制混凝土块地面等。铺设方式按结合层做法有两种：① 结合层为非刚性材料。在基层上铺一层 20～40 mm 厚粗砂，将砖块、水泥预制块等直接铺设在砂上，板块间用砂或砂浆填缝。② 结合层为刚性材料。在基层上铺 1：3水泥砂浆 12～20 mm 厚，粘贴各种砖块，然后用 1：1 水泥砂浆灌缝，见图 7.28。

(2) 缸砖、地面砖及陶瓷锦砖地面

缸砖是陶土加矿物颜料烧制而成的一种无釉砖块，主要有红棕色和深米黄色两种，缸砖质地细密坚硬，强度较高，耐磨、耐水、耐油、耐酸碱，易于清洁不起灰，施工简单，因此广泛应用于卫生间、盥洗室、浴室、厨房、实验室及有腐蚀性液体的房间地面。

地面砖的各项性能都优于缸砖，且色彩图案丰富，装饰效果好，造价也较高，多用于装修标准较高的建筑物地面。

缸砖构造做法：20 mm 厚 1：3 水泥砂浆找平层，3～4 mm 厚水泥胶(水泥：白乳

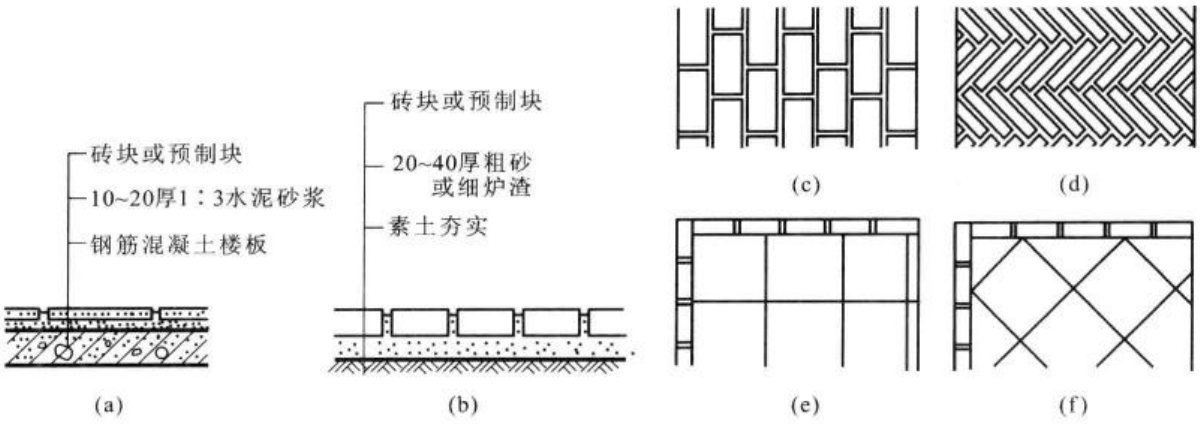


图 7.28　粘土砖和水泥砖地面示例

(a) 结合层为刚性材料；(b) 结合层为非刚性材料；(c) 平铺普通粘土砖；
(d) 侧铺普通粘土砖；(e) 正铺水泥大阶砖；(f) 斜铺水泥大阶砖

胶∶水＝1∶0.1∶0.2)粘贴缸砖，用素水泥浆擦缝。

地砖构造做法：20 mm 厚 1∶4 水泥砂浆结合层，在面砖背面刮 3～4 mm 厚 1∶2 水泥砂浆粘贴面砖，用素水泥浆擦缝。

缸砖、地砖在铺贴前，应对砖的规格尺寸、外观质量、色彩等进行挑选检查，并应浸水湿润，晾干待用。注意有些地砖如玻化砖、广场砖是不需要浸水湿润的。缸砖、地砖的离缝尺寸应满足设计要求。当设计无规定时，其接缝宽度不得大于 10 mm，越小越好。在地砖铺设 24 h 以内用同色水泥浆进行擦缝或勾缝并清理干净。

陶瓷锦砖质地坚硬，经久耐用，色泽多样，耐磨、防水、耐腐蚀、易清洁，适用于有水、有腐蚀的地面。做法类同缸砖，后用滚筒压平，使水泥胶挤入缝隙，用水洗去牛皮纸，用白水泥浆擦缝。

7.3.3.3　*天然石板地面*

常用的天然石板指大理石和花岗石板，由于它们质地坚硬，色泽丰富艳丽，属高档地面装饰材料，一般多用于高级宾馆、会堂、公共建筑的大厅、门厅等处。

厚度较大的天然石板面层下应采用 1∶4～1∶6 水泥砂的半刚性结合层，厚度为 20～30 mm；厚度较薄的天然石板面层下应采用 1∶2 水泥砂浆的刚性结合层，厚度为 10～15 mm，见图 7.29。

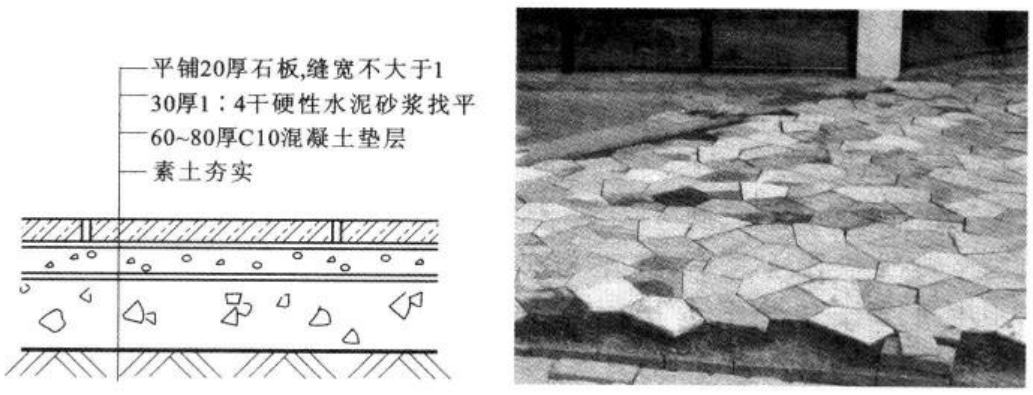


图 7.29　石板地面构造

施工时在基层上刷素水泥浆一道后，铺摊 30 mm 厚 1∶4 干硬性水泥砂浆结合层，面上撒 2 mm 厚素水泥(洒适量清水)，随即将石板对准位置铺设在结合层上，用木锤轻轻敲击使其平整。铺砌的石材应平整，接缝横平竖直，接缝宽度不应大于 1 mm。石材铺设完成后应加以保护，等结合层的水泥砂浆强度达到设计要求后，方可打蜡以达到光滑明亮的效果。

碎拼石板地面的结合层采用水泥砂浆，缝隙处用水泥砂浆或水泥石碴填补。表面应平整、坚实、洁净。

表 7.2 为整体类和块材类常用楼、地面构造，设计时可以参考选用。

表 7.2　整体类和块材类常用楼、地面构造

名　称	地面构造层次	楼面构造层次	备　注
水泥砂浆	20 厚 1∶2 水泥砂浆抹面压光； 素水泥浆结合层一道； 60 或 80 厚 C15 混凝土； 素土夯实	20 厚 1∶2 水泥砂浆抹面压光； 素水泥浆结合层一道； 钢筋混凝土楼板	大于 25 m^2 的房间，其面层宜按开间做分格处理
细石混凝土	30 厚 C20 细石混凝土随打随抹光； 素水泥浆结合层一道； 100 或 120 厚 C15 混凝土； 素土夯实	30 厚 C20 细石混凝土随打随抹光； 素水泥浆结合层一道； 钢筋混凝土楼板	适用于一般库房
水磨石	12 厚 1∶2 水泥石子磨光； 素水泥浆结合层一道； 18 厚 1∶3 水泥砂浆找平层； 60 或 80 厚 C15 混凝土； 素土夯实	12 厚 1∶2 水泥石子磨光； 素水泥浆结合层一道； 18 厚 1∶3 水泥砂浆找平层； 素水泥浆结合层一道； 钢筋混凝土楼板	采用 1～2 厚铜条或 3 厚玻璃条分格，分格约为 1 m×1 m
陶瓷锦砖(卫生间)	4～5 厚陶瓷锦砖铺实拍平，水泥浆擦缝； 20 厚 1∶4 干硬性水泥砂浆； 60 厚 C20 细石混凝土防水找 1%坡，最薄处不小于 30； 60 或 80 厚 C15 混凝土； 素土夯实	4～5 厚陶瓷锦砖铺实拍平，水泥浆擦缝； 20 厚 1∶4 干硬性水泥砂浆； 1.5 厚聚氨酯防水涂料上翻 150 mm，面撒砂； 刷基层处理剂一道； 15 厚 1∶3 水泥砂浆找平层； 50 厚 C20 细石混凝土找 1%坡，最薄处 20； 钢筋混凝土楼板	又名马赛克，其规格和颜色见单项设计，适用于浴室、厕所、卫生间
陶瓷地砖	8～10 厚陶瓷地砖铺实拍平，水泥浆擦缝； 20 厚 1∶4 干硬性水泥砂浆； 素水泥浆结合层一道； 60 或 80 厚 C15 混凝土； 素土夯实	8～10 厚陶瓷地砖铺实拍平，水泥浆擦缝； 20 厚 1∶4 干硬性水泥砂浆； 素水泥浆结合层一道； 钢筋混凝土楼板	陶瓷地砖规格品种见单项设计，离缝铺贴用 1∶1 水泥砂浆填缝

续表 7.2

名　称	地面构造层次	楼面构造层次	备　注
天然石板（大理石、花岗岩）	20 厚天然石板铺实拍平，水泥浆擦缝； 30 厚 1∶4 干硬性水泥砂浆； 素水泥浆结合层一道； 60 或 80 厚 C15 混凝土； 素土夯实	20 厚天然石板铺实拍平，水泥浆擦缝； 30 厚 1∶4 干硬性水泥砂浆； 素水泥浆结合层一道； 钢筋混凝土楼板	石板规格一般≤500 mm×500 mm×20 mm，石板背面应进行防碱处理
保温地面	地面面层另选； 20 厚 1∶2 水泥砂浆抹面压光； 素水泥浆结合层一道； 80 厚 C15 混凝土； 350 号石油沥青油毡保护层； 60 厚挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板； 350 号石油沥青防潮层； 100 厚 C15 混凝土； 素土夯实	地面面层另选； 30 厚 C15 细石混凝土随打随抹光； 25 厚挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板； 20 厚无机铝盐防水砂浆分两次抹面； 2 厚无机铝盐防水素浆； 钢筋混凝土楼板	楼板内保温层厚度应根据不同建筑气候分区进行计算确定

7.3.3.4　木地面

木地面按材质可分为普通木地板、硬木地板和复合地板等。普通木地板是采用不易腐蚀、不易变形和开裂的软木树种（如红松、云杉等）加工制成的长条形板。其优点是弹性好、导热系数小、干燥并便于清洁。硬木地面又称拼花地板，一般采用质地优良的硬杂木，如水曲柳、核桃木、柞木、榆木等，这种地板坚固耐磨、花纹美丽，是一种中高档的地面装修。

普通木地板为长条形状，宽度为 60 mm、90 mm、120 mm，厚度为 20～30 mm，长度为 600～1200 mm 不等，地板的拼缝采用企口。硬木地板由于材质坚硬，取材困难，尺寸较小，可拼装成各种花色图案。拼花地板可现场拼装或预制成 200～400 mm 见方的板块，见图 7.30。

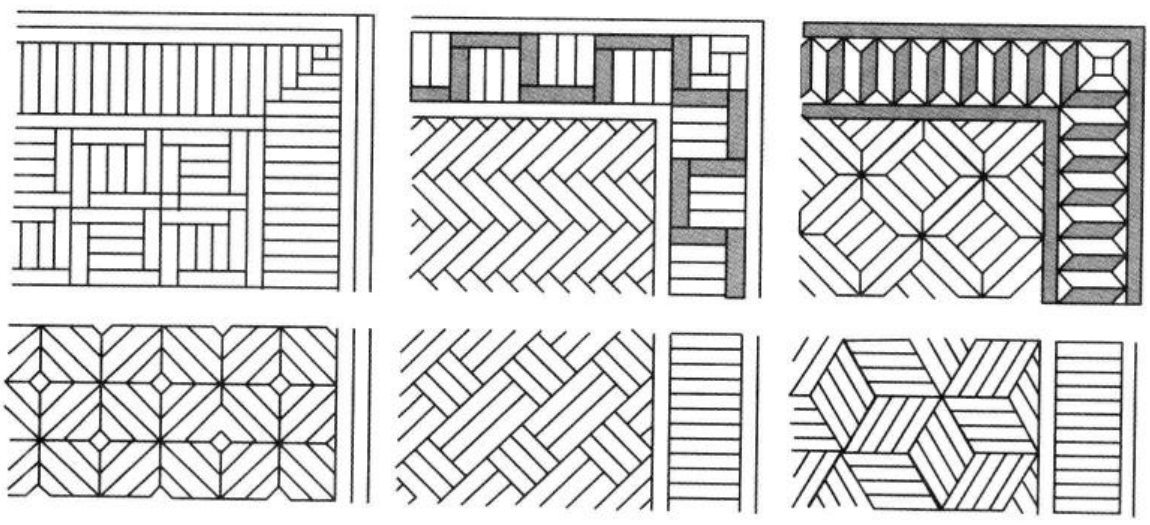


图 7.30　硬木地板的拼花图案

(1) 实铺木地板

实铺木地面按构造形式分为单层木地面和双层木地面两种。普通木地板一般为单层构造。实铺木地面是将木地板直接钉在钢筋混凝土基层上的木搁栅上。木搁栅为50 mm×60 mm方木，与基层上预埋件固接。木搁栅的中距与长条地板的长度有关，一般为300～600 mm，保证一块地板能跨三个木搁栅。为避免木搁栅松动，可在木搁栅之间设中距为400 mm的40 mm×50 mm横撑，中距为1000 mm的横撑与木搁栅钉牢。为了防腐，可在基层上刷防腐油，搁栅及地板背面也应满涂防腐油。地板铺钉时，其长边应与房间的采光方向一致。

硬木地板的构造与普通木地板基本相同，区别在于硬木地板有两层，上层为硬木板，下层为毛板。木地板构造见图7.31。

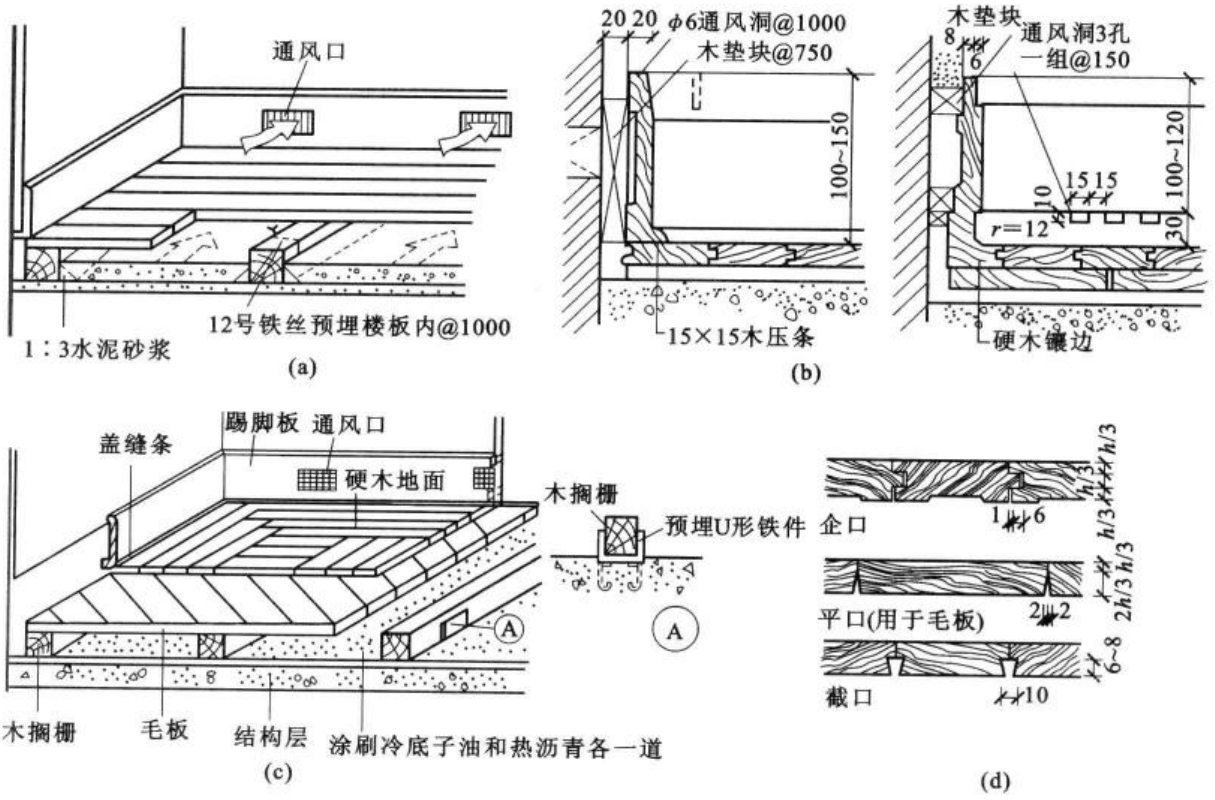


图7.31 实铺木地板构造

(a) 单层木地板构造；(b) 踢脚板及通风口构造；(c) 双层木地板构造；(d) 地板的拼缝

(2) 粘贴木地板

粘贴木地面可选用10～12 mm厚的硬木长条地板或硬木拼花地板。做法是先在钢筋混凝土基层上采用沥青砂浆找平，然后刷冷底子油一道，热沥青一道，用2 mm厚沥青胶环氧树脂乳胶等随涂随铺贴地板。也可以先在基层上用无机铝盐防水砂浆抹面，白乳胶水泥腻子批嵌平整，用专用胶粘剂粘贴木地板。

(3) 复合地板

多层实木复合地板是由耐磨面层、名贵原木板和多层纵横叠合的木片热压胶合而成，具有纯实木的外观。交错排列的木基材，使复合地板材性稳定、耐高温、耐磨、不易变形。

多层实木复合地板的厚度为12 mm，宽度90 mm，长度450～900 mm。施工时，在找

平层上方用白乳胶水泥腻子刮平，粘贴防水卷材，其上铺设聚乙烯泡沫塑料垫，最后铺设复合地板。安装地板时在企口处需要用胶粘接。

强化复合地板是由中密度板、胶合板、实木板，表面带饰面层粘合而成。特点是耐磨、耐污、耐久，不变形，不需上蜡，保养简单。

强化复合地板需对基层进行防潮处理，一般是在水泥砂浆找平层中掺入水泥用量3%的硅质密实剂。地板规格为190 mm×1200 mm×8 mm，并且配有收口条、楼梯收口线等配件。施工时，应按生产厂的要求进行安装。

7.3.3.5　塑料地面

塑料地面包括一切由有机物质为主所制成的地面覆盖材料。塑料地面装饰效果好，色彩鲜艳，施工简单，维修保养方便，有一定弹性，脚感好，噪声小。缺点是易老化，耐久性差，耐热性差，易产生凹陷和划痕。常用塑料地面有地毡地面、涂布地面、涂料地面等。

(1) 塑料地板和地毡地面

常用的塑料地毡为聚氯乙烯塑料地毡和聚氯乙烯石棉地板。聚氯乙烯石棉地板是在聚氯乙烯树脂中掺入60%～80%的石棉绒和碳酸钙填料。由于树脂少，填料多，所以质地较硬，常做成300 mm×300 mm的小块地板，用粘结剂拼花对缝粘贴。聚氯乙烯塑料地毡，又称地板胶，是软质卷材，可直接干铺在地面上。其构造见图7.32。

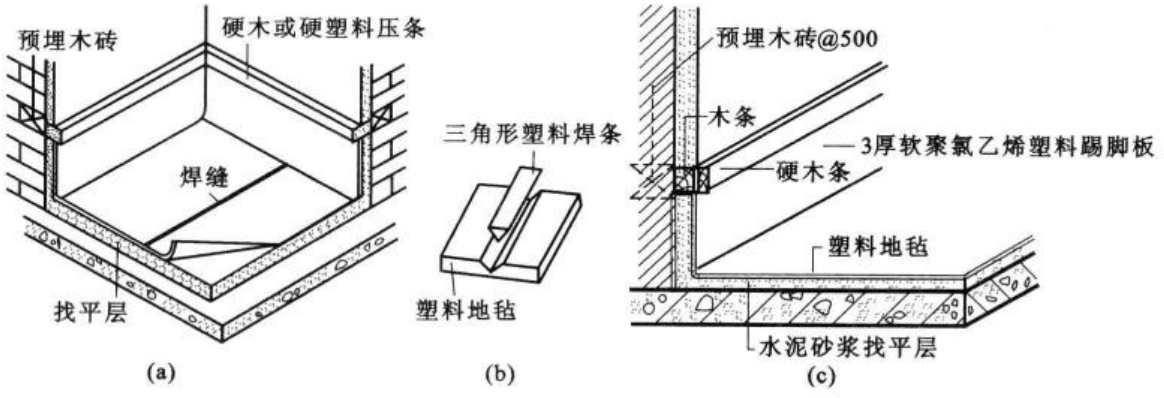


图7.32　塑料地毡地面构造示例

(a) 塑料地毡施工示例；(b) 接缝构造；(c) 踢脚线构造

(2) 涂布无缝地面

涂布地面是在水泥砂浆基层和混凝土基层表面的一种处理方式，解决了水泥地面易起尘和不太美观的问题。适用于对洁净度要求较高、耐酸耐碱、有一定弹性和防水要求的房间地面。

常用涂布地面按材料有：溶剂型合成树脂涂布地面，其特点是耐磨、弹性好、抗渗能力强、耐腐蚀、整体性好，但价格较高；聚合物水泥涂布地面，其特点是耐水性好、粘结性好、耐磨、抗冲击，价格便宜；聚氨酯涂布地面，其特点是耐磨、有弹性、抗渗、耐水、耐油、耐腐蚀。

涂布地面的施工方法：将基层清理干净，将拌和好的涂布材料均匀的朝一个方向涂刮平整，厚度0.5 mm左右，待干燥后再在垂直方向涂刮一遍，这样反复涂刮3～4遍，形成厚1～2 mm的涂布地面，为美观起见，还可在表面用工具拉出木纹，最后上罩面漆。涂布

地面与塑料地毡相比，具有无缝、防水、价格低、易清洁的特点。

（3）涂料地面

涂料类地面耐腐蚀、耐水防潮、整体性好、易清洁、不起灰，弥补了水泥砂浆和混凝土地面的缺陷，同时价格低廉，易于推广。但耐磨性较差，用于一般标准的房间。常用涂料地面有地板漆地面、过氯乙烯涂料地面、苯乙烯涂料地面。

常用的木地面和塑料地面的构造见表 7.3。

表 7.3　常用木地板和塑料地面楼、地面构造

名　称	地面构造	楼面构造
单层木地面	22 mm 厚（50～100 mm 宽）硬木企口地板； 50 mm×60 mm 木隔栅 400 mm 中距，40 mm×50 mm 横撑中距 1000 mm，隔栅间填 40 mm 厚干炉渣； 50 mm 厚 C15 细石混凝土，随打随抹平，内预埋 10 号； 镀锌铁丝双道，中距纵向 800 mm，横向 400 mm 绑扎木隔栅； 刷 1.2 mm 厚聚氨酯防水涂料； 刷基层处理剂一道； 15 mm 厚 1∶2.5 水泥砂浆找平； 60 mm 或 80 mm 厚 C15 混凝土； 素土夯实	22 mm 厚（50～100 mm 宽）硬木企口地板； 50 mm×60 mm 木隔栅 400 mm 中距，40 mm×50 mm 横撑中距 1000 mm，隔栅间填 40 mm 厚干炉渣； 20 mm 厚无机铝盐防水砂浆分两次抹面； 2 mm 厚无机铝盐防水素浆； 钢筋混凝土板内预埋 10 号镀锌铁丝双道，中距纵向 800 mm，横向 400 mm 绑扎木隔栅
双层木地面	20 mm×50 mm 硬木企口长条或席纹拼花、人字拼花地板； 铺 350 号沥青油毡一层； 22 mm 厚松木毛地板 45°斜铺； 其余同单层木地板	20 mm×50 mm 硬木企口长条或席纹拼花、人字拼花地板； 铺 350 号沥青油毡一层； 22 mm 厚松木毛地板 45°斜铺； 其余同单层木地板
粘贴木地面	10～12 mm 厚硬木长条地板或拼花地板； 立时得粘结剂或 XY401 胶粘剂粘贴； 白乳胶水泥腻子批嵌平整； 20 mm 厚无机铝盐防水砂浆分两次抹面； 2 mm 厚无机铝盐防水素浆； 60 mm 或 80 mm 厚 C15 混凝土； 素土夯实	10～12 mm 厚硬木长条地板或拼花地板； 立时得粘结剂或 XY401 胶粘剂粘贴； 白乳胶水泥腻子批嵌平整； 20 mm 厚无机铝盐防水砂浆分两次抹面； 2 mm 厚无机铝盐防水素浆； 钢筋混凝土楼板
多层实木复合地板	12 mm 厚多层实木复合地板； 2 mm 厚聚乙烯泡沫塑料垫； 1.5 mm 厚自粘橡胶沥青防水卷材； 白乳胶水泥腻子刮平； 20 mm 厚 1∶2.5 水泥砂浆找平； 100 mm 厚 C10 混凝土； 素土夯实	12 mm 厚多层实木复合地板； 2 mm 厚聚乙烯泡沫塑料垫； 1.5 mm 厚自粘橡胶沥青防水卷材； 白乳胶水泥腻子刮平； 20 mm 厚 1∶2.5 水泥砂浆找平； 钢筋混凝土楼板

续表 7.3

名　称	地面构造	楼面构造
聚氨酯彩色涂布地面	聚氨酯罩面涂料两遍； 聚氨酯地面涂料两度； 聚氨酯底涂料； 满刮白乳胶水泥腻子一遍，打磨平整； 20 mm 厚 1∶2.5 水泥砂浆找平； 120 mm 厚 C10 混凝土； 素土夯实	聚氨酯罩面涂料两遍； 聚氨酯地面涂料两度； 聚氨酯底涂料； 满刮白乳胶水泥腻子一遍，打磨平整； 素水泥浆结合层一遍； 钢筋混凝土楼板

7.3.4　地面的选用

有较高清洁要求的楼、地面宜选用现浇水磨石、涂料或块材地面；有高清洁度及空气洁净要求的房间，其地面面层应易于除尘、清洗。如采用树脂胶泥自流平、树脂砂浆或PVC板材地面等。

需经常冲洗的楼地面，应采用不易吸水、易冲洗、防滑的地面面层，并应设防水层。

公共建筑中有大量人流和有小型推车行驶的地面，其地面应采用防滑、耐磨、不易起尘的无釉地砖、花岗岩板、微晶玻璃石板地面和经过增强的细石混凝土等地面。

有较高安静要求的房间，其地面应采用地毯、塑料、橡胶或软木地板地面。

供儿童及老人活动的房间，应采用木地板、塑料地面或地毯地面。

舞池宜采用表面光滑、耐磨而略有弹性的木地板、水磨石地面等。卡拉OK厅、迪斯科舞厅则应采用花岗岩板、微晶玻璃石、钒钛瓷砖、钛合金不锈钢覆面地砖、玻璃板等地面。

一般性体育比赛、文艺排演厅、表演厅等宜采用木地板地面。

书刊、文件库房宜采用阻燃塑料、水磨石等不易起尘、易清洁的地面。

7.4　顶棚构造

7.4.1　直接式顶棚

直接式顶棚是在钢筋混凝土屋面板或楼板下表面直接喷浆、抹灰或粘贴装修材料的一种构造方法。当板底平整时，可直接喷、刷大白浆或106涂料；当楼板结构层为钢筋混凝土预制板时，可用1∶1∶4水泥石灰砂浆嵌缝刮平，再喷刷涂料。这类顶棚构造简单，施工方便，具体做法和构造与内墙面的抹灰类、涂刷类、裱糊类基本相同，常用于装饰要求不高的一般建筑。常用直接式顶棚构造见表7.4。

表 7.4　常用直接式顶棚构造

名　称	做　法	备　注
石灰砂浆顶棚	钢筋混凝土板底面清理干净； 10 mm 厚 1∶1∶4 水泥石灰砂浆； 2 mm 厚麻刀(或纸筋)石灰抹灰； 表面喷涂涂料(按单项设计)	总厚度 12 mm
水泥石灰砂浆顶棚	钢筋混凝土板底面清理干净； 7 mm 厚 1∶1∶4 水泥石灰砂浆； 5 mm 厚 1∶0.5∶3 水泥石灰砂浆； 表面喷涂涂料(按单项设计)	总厚度 12 mm
水泥砂浆顶棚	钢筋混凝土板底面清理干净； 7 mm 厚 1∶3 水泥砂浆； 5 mm 厚 1∶2 水泥砂浆； 表面喷涂涂料(按单项设计)	总厚度 12 mm，适用于湿度较大的房间
粘贴矿棉 装饰板顶棚	钢筋混凝土板底面清理干净； 5 mm 厚 1∶3 水泥砂浆找平； 5 mm 厚 1∶2 水泥砂浆进一步找平； 白乳胶(聚醋酸乙烯胶粘剂)粘贴 12～15 mm厚矿棉装饰板	装饰板规格 300 mm×600 mm×12 mm、600 mm×600 mm×15 mm；总厚度 22～25 mm

7.4.2　悬吊式顶棚

悬吊式顶棚又称吊顶，它离屋顶或楼板的下表面有一定的距离，通过悬挂物与主体结构连接在一起。吊顶一般用于梁板式楼板下方和屋架下方，用于遮蔽结构构件和管线，并起到增强室内美观的作用。

建筑物内设置的照明系统、通风系统、消防系统一般也设在吊顶之内。另外，为满足某些房间的声学要求，需要将吊顶做成一定的形状以反射声音。吊顶的造型及色彩处理等，对人们空间的视觉、听觉、环境和心理感受等也有一定的影响。

7.4.2.1　吊顶的构造组成

吊顶由支承系统和面层组成，见图 7.33。支承系统有主龙骨、次龙骨、横撑龙骨、吊杆等组成。面层除面板以外，还有灯槽、空调出风口、窗帘盒等与吊顶有关的配件等。

吊顶按支承系统的材料不同分为木龙骨吊顶、轻钢龙骨吊顶和铝合金龙骨吊顶三种。

7.4.2.2　木龙骨吊顶

木龙骨吊顶是一种传统的吊顶形式，它取材容易、构造简单、施工方便，缺点是防火性能差。当吊顶内部有很多电线时，很容易因电线老化引起火灾。目前木龙骨吊顶只用在家庭装修和一些小型公共建筑中。

吊顶龙骨分为主龙骨与次龙骨，主龙骨为吊顶的承重结构，次龙骨则是吊顶的基层。主龙骨断面尺寸一般为 60 mm×120 mm～80 mm×150 mm，视吊点位置而定。悬吊龙骨的吊筋为 ϕ8～ϕ10 钢筋，间距不超过 1200 mm。主龙骨间距在 900～1200 mm 之间，吊点间距同主龙骨。次龙骨断面尺寸一般为 40 mm×60 mm，间距与面板大小有关，一般在 300～600 mm 之间。当吊顶面积较小，可将主龙骨和次龙骨做成相同截面，钉成一个网格状

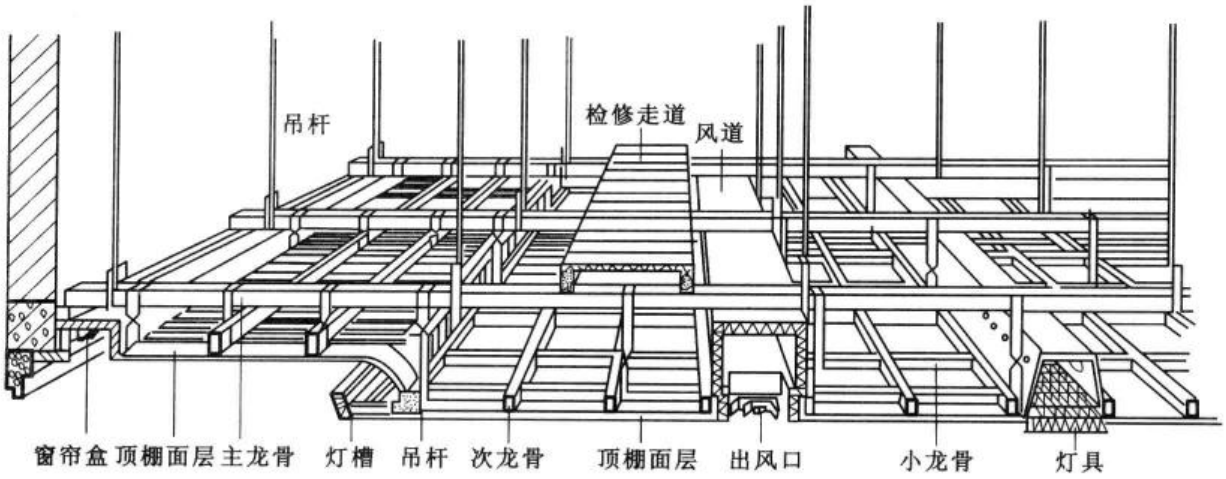


图 7.33　吊顶的组成

骨架，用吊筋挂在楼板层下方。

吊顶面层分为抹灰面层和板材面层两大类。传统的板条抹灰面层为湿作业施工，费工费时，采用板材面层，既可加快施工速度，又容易保证施工质量。吊顶板材有植物板材、矿物板材和金属板材等。为了防止植物板材因吸湿而产生凹凸变形，面板宜锯成小块板铺钉在次龙骨上，板块接头必须留 3～6 mm 的间隙作为预防板面翘曲的措施。接缝可做成密缝、斜缝和立缝。目前多采用纸面石膏板做面层，把石膏板铺钉在木制龙骨上，板材接缝处用纤维织物粘贴，然后刮石膏腻子，粉刷涂料，使得吊顶形成无接缝的整体面层，显得完整、美观，与墙面连为一体。图 7.34 为木龙骨吊顶构造示例。

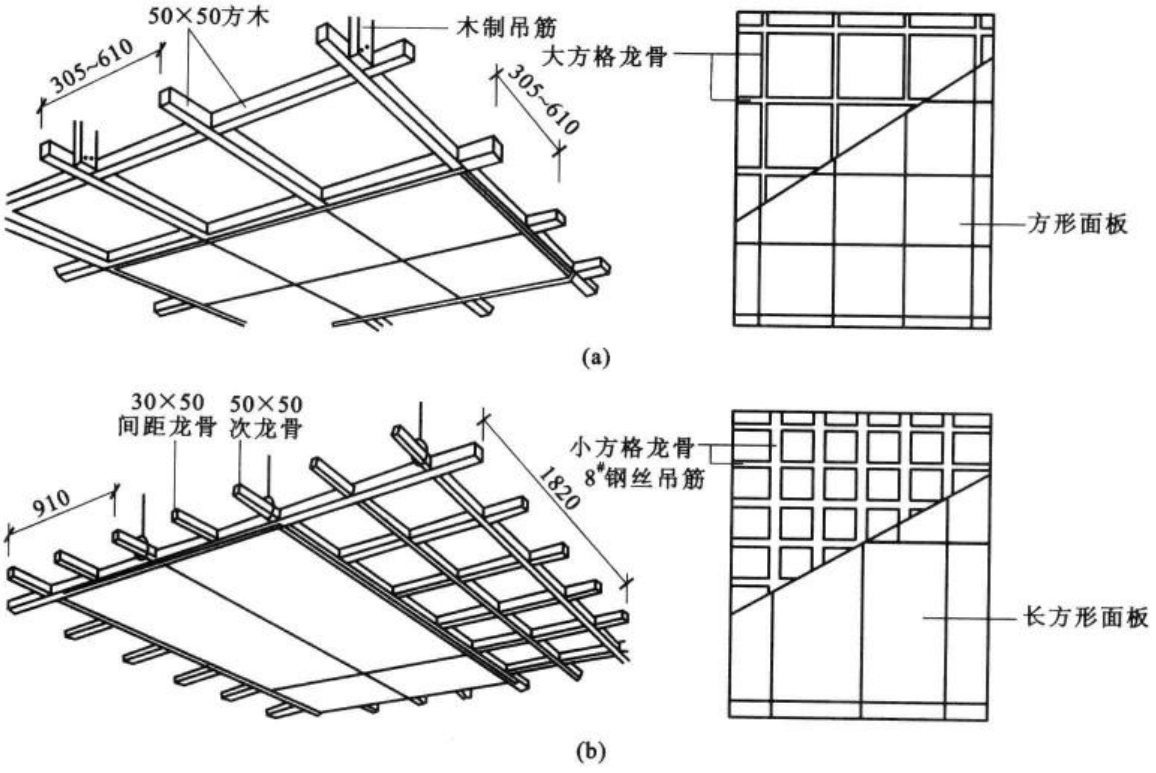


图 7.34　木龙骨吊顶构造

(a) 木龙骨吊顶构造之一；(b) 木龙骨吊顶构造之二

7.4.2.3　轻钢龙骨吊顶

轻钢龙骨吊顶的支承构件都采用轻型薄壁钢材制作，面板一般采用不燃烧材料制作，如纸面石膏板、铝合金板、不锈钢板等。由于轻钢龙骨吊顶的刚度大、强度高、防火性能好，如在面板内做保温构造或采用吸音面板，其保温隔声性能也能满足设计要求。所以，轻钢龙骨吊顶多用于大中型公共建筑。

轻钢龙骨按形状分为U形和T形两类。U形轻钢龙骨吊顶又分为上人和不上人两种：UC60和UC50为上人主龙骨，UC38为不上人主龙骨。主龙骨采用槽形断面的轻钢薄壁型材，间距和主龙骨吊点间距不大于1200 mm，用主龙骨吊挂件挂在吊杆上。次龙骨采用U形断面轻钢薄壁型材，用次龙骨吊挂件将次龙骨固定在主龙骨上，次龙骨间距与面板尺寸有关，一般为400～600 mm，当采用纸面石膏板时，次龙骨间距应不大于600 mm。面板用自攻螺钉固定于次龙骨上，见图7.35。

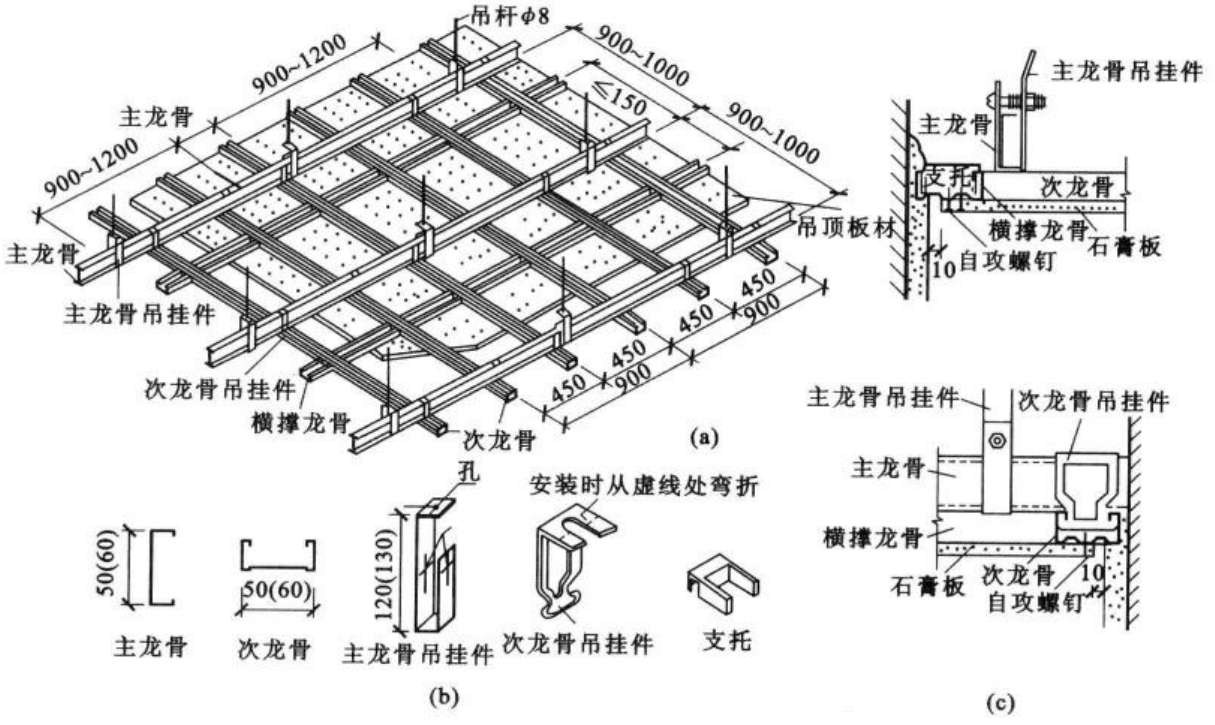


图7.35　轻钢龙骨吊顶构造示例

(a) 轻钢龙骨吊顶组成；(b) UC60、UC50系列龙骨及配件；(c) 吊顶细部构造

7.4.2.4　铝合金龙骨吊顶

铝合金龙骨吊顶为轻质吊顶，不上人，一般用在厨房、卫生间、走廊等较小空间内。

铝合金龙骨吊顶的主龙骨一般采用轻钢或镀锌铁皮做成槽形，主龙骨间距为900～1000 mm。主龙骨吊点间距不大于1200 mm，用主龙骨吊挂件将主龙骨挂在吊杆上。次龙骨和横撑龙骨截面形状为T形铝材，用次龙骨吊挂件将次龙骨挂在主龙骨上，次龙骨间距与面板尺寸有关，一般为300～600 mm。

面板通常采用纸面石膏板、矿棉装饰板、玻璃棉装饰吸音板、镜面玻璃板、铝合金条板和方形板等，可直接放在倒T形龙骨的边缘上，铝合金龙骨外露，称为明装；将板边开槽，卡入铝合金龙骨，使之包入面板内，称为暗装。

根据面板不同，还可以做成铝合金封闭式条板吊顶、铝合金开放式条板吊顶、铝合金

搁栅吊顶。当采用开放式面板吊顶时，吊顶内部应喷黑色涂料，以遮蔽视线。图 7.36 为铝合金吊顶构造示例。

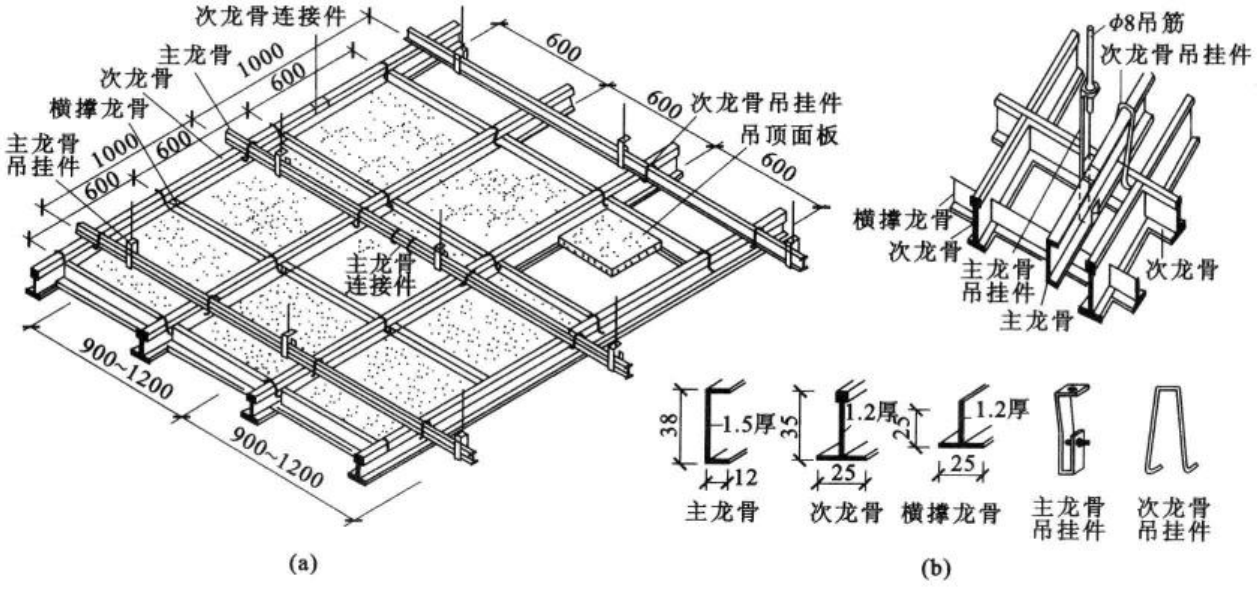


图 7.36　铝合金吊顶构造示例

(a) 吊顶龙骨布置；(b) 铝合金龙骨及配件

7.5　阳台与雨篷构造

阳台是多高层建筑中连接室内的室外平台，人们足不出户，就可以拥有一个舒适的室外活动空间，是多层住宅、高层住宅和旅馆等建筑中不可缺少的一部分。

雨篷位于建筑物出入口的上方，用来遮挡雨雪，保护外门免受侵蚀，给人们提供一个室内外的过渡空间，并起到保护门和丰富建筑立面的作用。

阳台和雨篷同属于建筑物的室外悬挑构件。它们的受力状况相同、环境相同，设计要求也基本相同。

7.5.1　阳台

阳台按其与外墙面的关系分为挑阳台、凹阳台、半挑半凹阳台；按其在建筑中所处的位置可分为中间阳台和转角阳台；按使用功能不同又可分为生活阳台(靠近卧室或客厅)和服务阳台(靠近厨房)。图 7.37 为阳台形式示例。

7.5.1.1　阳台的设计要求

(1) 安全适用

从结构设计角度考虑，为保证阳台在竖向荷载作用下不发生倾覆破坏，悬挑阳台的挑出长度不宜过大，以 1.2～1.5 m 为宜。从建筑构造角度考虑，阳台栏杆构造应防攀爬、防坠落、谨防意外事故发生。多层住宅阳台栏杆净高不应低于 1050 mm，中高层住宅阳台栏杆净高不应低于 1100 mm，但也不应大于 1200 mm。阳台栏杆垂直栏杆间净距不应大于 110 mm、设水平栏杆时应有保护措施。放置花盆处，也应采取防坠落措施。

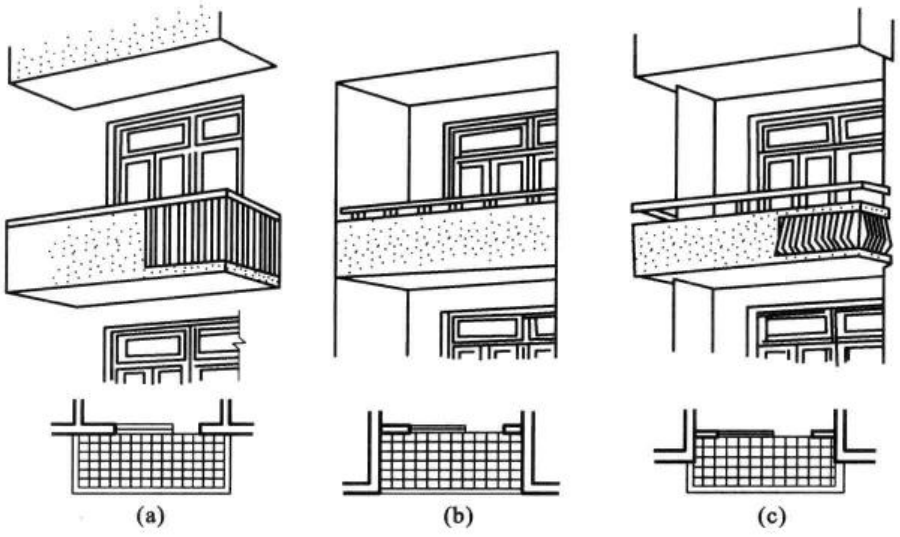


图 7.37　阳台形式示例

(a) 挑阳台；(b) 凹阳台；(c) 半挑半凹阳台

(2) 坚固耐久

阳台所用材料和构造措施应经久耐用，承重结构宜采用钢筋混凝土，金属构件应做防锈处理，构件之间的连接应牢固可靠，表面装修应注意材料色彩的耐久性和抗污染性。

(3) 排水顺畅

为防止阳台上的雨水流入室内，设计时要求将阳台地面标高低于室内地面标高 30～50 mm，并将地面抹出 1%的排水坡，坡向地漏或泄水管，使雨水能顺利排出。

(4) 考虑地区气候特点

南方地区宜采用有助于空气流通的空透式栏杆，而北方寒冷地区和中高层住宅应采用实体栏杆，并满足立面美观的要求，为建筑物的形象增添风采。

7.5.1.2　阳台结构布置方式

(1) 挑梁式

从横墙内向外悬挑钢筋混凝土梁，其上搁置预制楼板，称为挑梁式阳台，见图 7.38。这种结构布置简单、传力直接明确。阳台长度与房间开间一致。挑梁根部截面高度为悬挑净长 1/6～1/5，梁截面宽度为梁高的 1/3～1/2。为美观起见，可在挑梁端部设置面梁，既可以遮挡挑梁头，又可以承受阳台栏杆重量，还可以加强阳台的整体性。

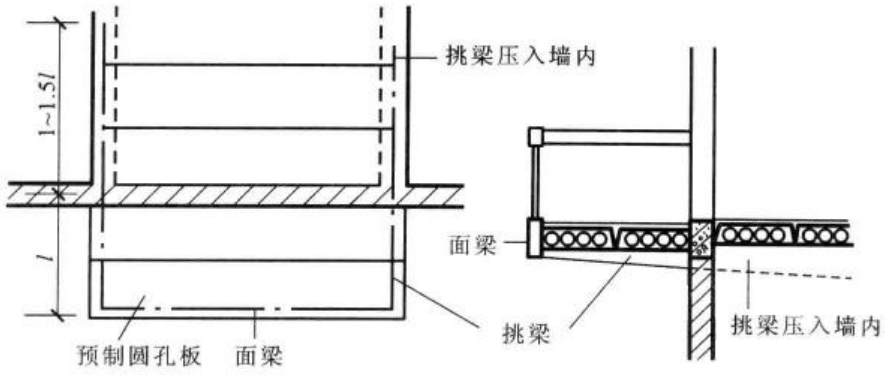


图 7.38　挑梁式阳台结构布置

挑梁式阳台适用于横墙承重结构，楼板为预制板的建筑。当结构形式为框架时，也可将挑梁从框架柱中挑出，阳台板可现浇、可预制，一般与室内楼板形式一致。阳台平面一般为矩形，可跨几个开间设置。

(2) 挑板式

当楼板为现浇楼板时，可选择挑板式阳台。从楼板向外悬挑出平板，板底平整美观。由于现浇平板形状不受挑梁的限制，阳台平面可做成半圆形、弧形、梯形、斜三角等各种形状。为满足板的刚度要求，现浇挑板厚度应不小于挑出长度的 1/12，则悬挑长度受到限制，一般为 1200 mm 左右，见图 7.39。

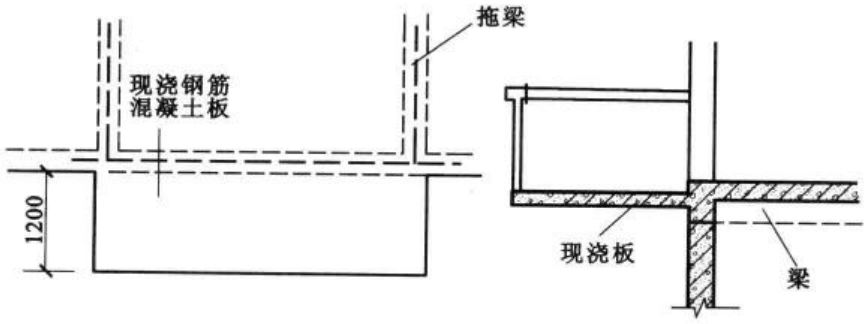


图 7.39　挑板式阳台结构布置

(3) 凹阳台

将一个或几个开间的外墙向内退进一定距离，凹进的室外空间设置凹阳台，结构布置同墙体布置。这种结构形式由于没有悬挑构件，无倾覆危险，受力合理，见图 7.40。有些住宅为了展宽阳台，在阳台外侧两角设置钢筋混凝土柱，其受力状态同凹阳台。

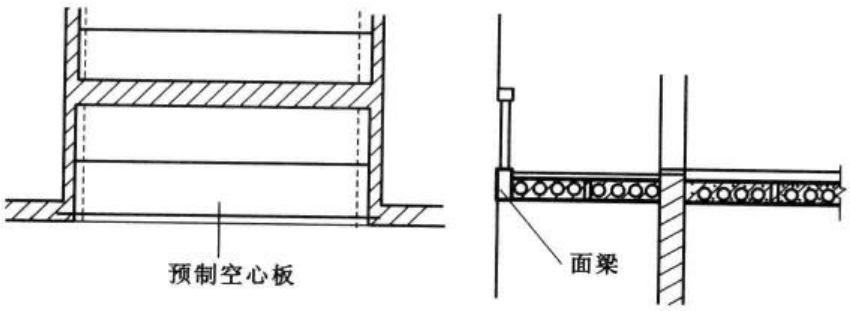


图 7.40　凹阳台结构示例

(4) 转角阳台

转角阳台的结构布置既可采用挑梁式，也可采用挑板式。挑梁式阳台是从横墙、纵墙中伸出悬臂梁，梁端部的面梁与悬臂梁形成一个封闭交圈的整体。阳台板可采用现浇也可采用预制板。挑板式阳台是直接将现浇平板悬挑出墙面，板内的受力钢筋呈放射状布置，平面形状可以变化多样，见图 7.41。

7.5.1.3　阳台栏杆与扶手

(1) 阳台栏杆

阳台栏杆应该有足够的强度、刚度和稳定性，应能承受 100 kg/m 的侧向推力。栏杆的形式有实体、空花和混合式，见图 7.42。

实体式栏板可采用钢筋混凝土现浇而成，或用砖、加气混凝土块砌筑而成。

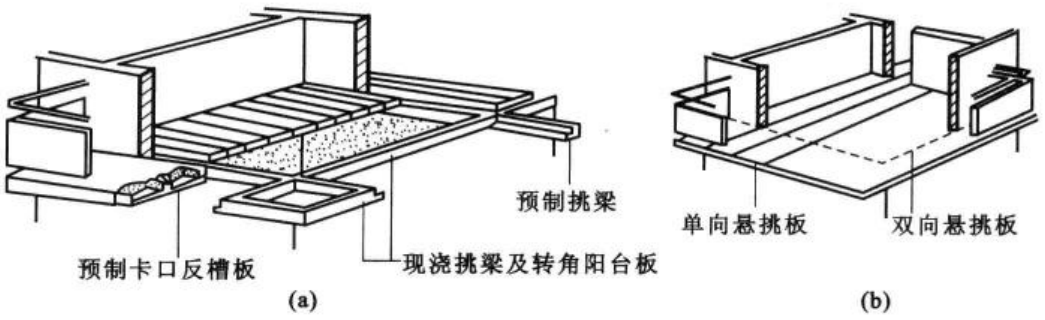


图 7.41　转角阳台结构布置

(a) 挑梁式；(b) 挑板式

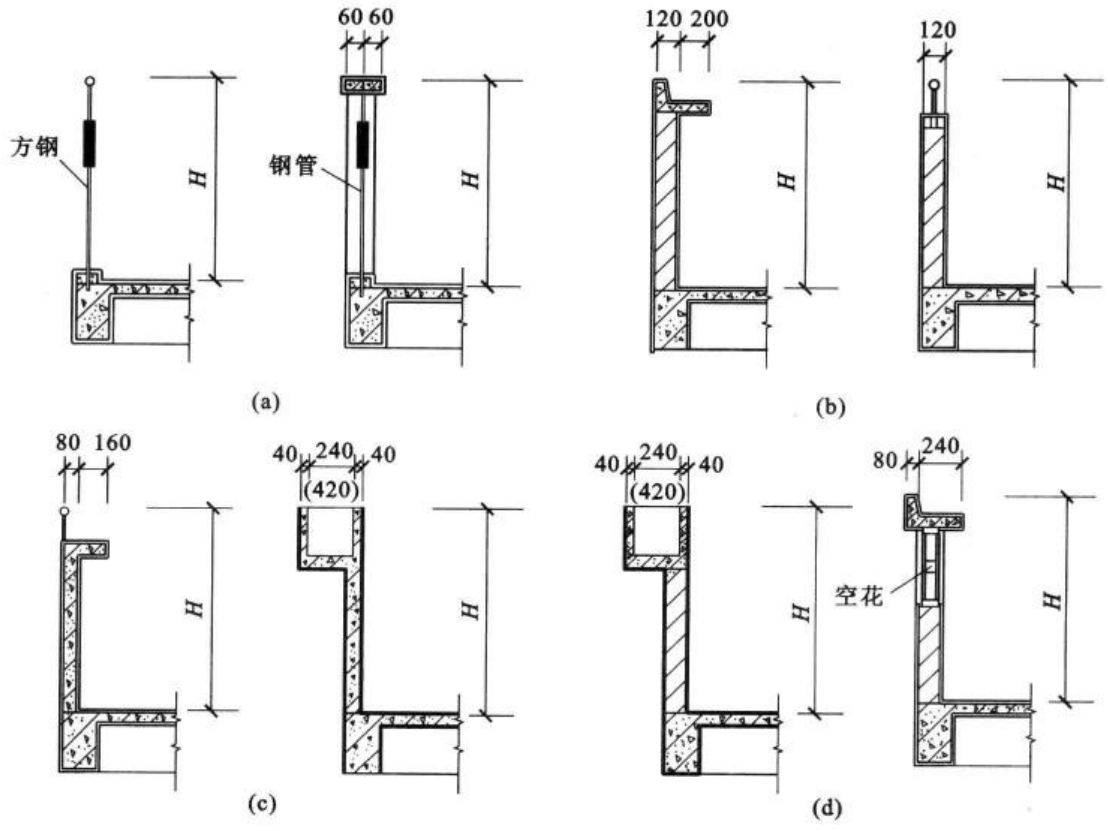


图 7.42　栏杆构造示例

(a) 金属栏杆；(b) 砌块栏杆；(c) 钢筋混凝土栏杆；(d) 砌块和预制件组合栏杆

现浇钢筋混凝土栏板：80 mm 厚 C20 细石混凝土内配 ϕ6@150 双向钢筋，立筋从挑梁、面梁或楼板中伸出。

砖栏板：用 MU7.5 砖、M5 砂浆砌 120 mm 厚，栏板转角处设 120 mm×120 mm 钢筋混凝土小立柱，立柱钢筋下端与梁板连接，上端伸入压顶。当阳台长度较大时，钢筋混凝土小立柱的间距不得大于 3600 mm。

加气混凝土栏板：100 mm 厚加气混凝土块用 M5 专用砂浆砌筑，底部应现浇 C20 细石混凝土 120 mm 高，钢筋混凝土小立柱的间距不得大于 2400 mm。在转角处和栏杆中部均需设置。

空花栏杆是用金属杆件焊接而成。立杆一般采用不小于 16 mm 的方钢、圆钢和不小

于D30的钢管，花饰可采用40 mm×6 mm、40 mm×4 mm、50 mm×6 mm、35 mm×4 mm的扁钢。金属栏杆可以焊接成一个整体，上下设通长扁钢。

混合式栏杆可用实体栏板与金属栏板混合设置，以增加建筑物的美观。现在常用的金属立杆加玻璃栏板，即是一种混合式栏杆。立杆和扶手均为不锈钢管，玻璃为双层夹胶玻璃，既通透又美观，也符合安全使用的要求，见图7.43。

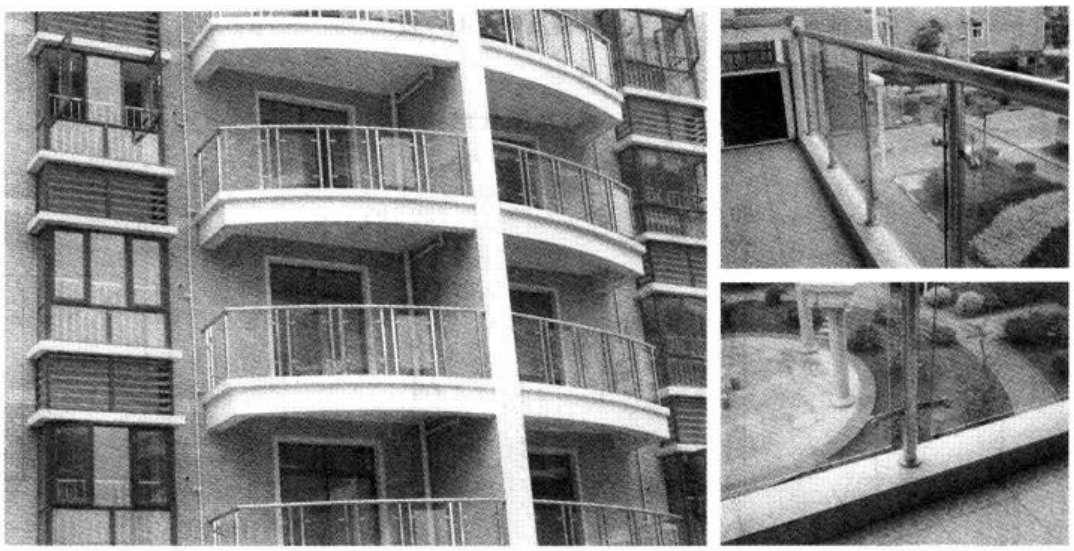


图7.43　玻璃栏板示例

(2) 栏杆扶手

栏杆扶手有金属和钢筋混凝土两种。金属扶手一般为D50、D60不锈钢管，壁厚1.2 mm。钢筋混凝土扶手用途广泛，形式多样，有不带花台、带花台、带花池等，采用C20混凝土预制或现浇，见图7.44。

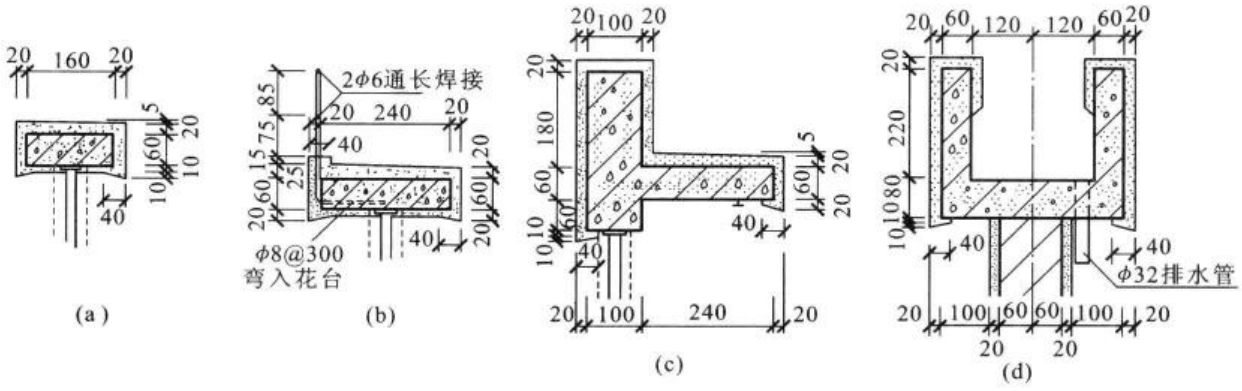


图7.44　阳台钢筋混凝土扶手构造

(a) 钢筋混凝土压顶；(b) 带钢筋护栏花台；(c) 带护栏花台；(d) 扶手带花槽

7.5.1.4　阳台细部构造

阳台细部构造主要包括栏杆与扶手的连接、栏杆与面梁(或称挡水条)的连接、栏杆与墙体的连接等。

(1) 栏杆与扶手的连接

金属扶手与金属立杆直接焊接，焊缝高度不小于6 mm，打磨毛刺，钢管需除锈后刷

防锈漆和聚氨酯罩面漆；钢筋混凝土压顶或花台内的钢筋与金属立杆上方的扁钢焊接，然后用水泥砂浆粉刷；砖砌栏板或加气混凝土栏板上方直接现浇钢筋混凝土压顶；钢筋混凝土栏板与扶手直接现浇，见图 7.45。

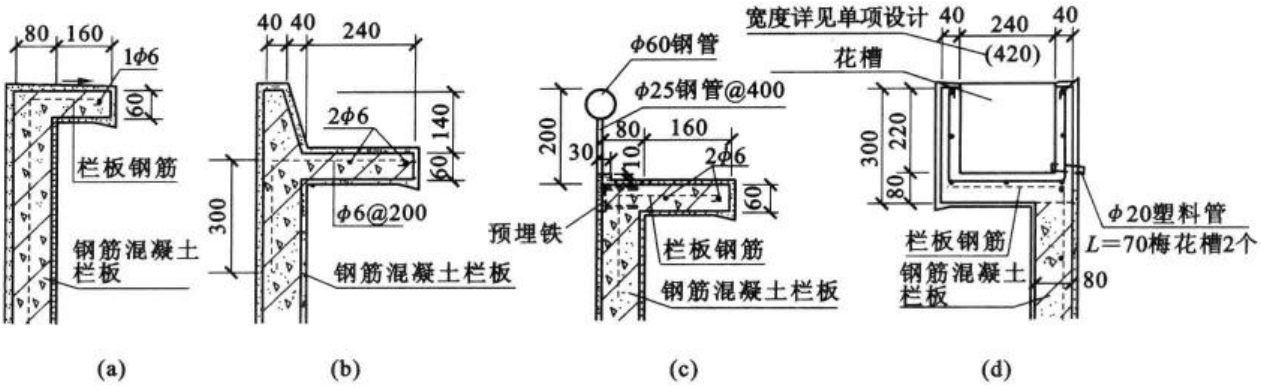


图 7.45　栏杆与扶手的连接

(a) 现浇压顶；(b) 现浇花台；(c) 花台栏杆；(d) 现浇花槽

(2) 栏杆与面梁或阳台板的连接

金属栏杆可直接与面梁或挡水条里的预埋铁焊接，实体栏板可直接砌筑在面梁或阳台板上。另外还有有榫接坐浆、预留孔洞等，但都不如焊接的牢固，见图 7.46。

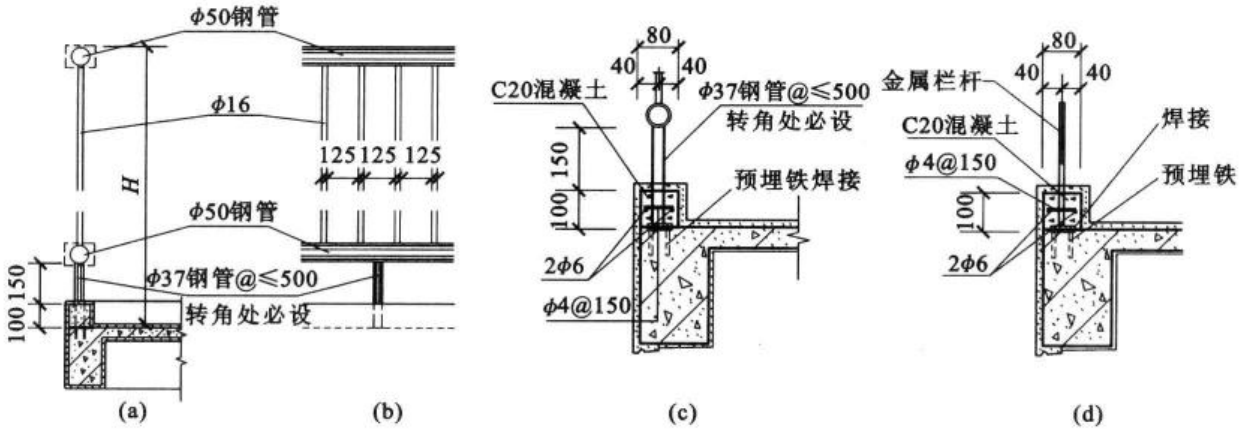


图 7.46　栏杆与面梁或阳台板的连接

(a) 剖面；(b) 立面；(c) 构造 1；(d) 构造 2

(3) 扶手与墙体的连接

钢管扶手可直接伸入预留孔洞中或与预埋铁焊接，然后用 C20 细石混凝土填实，见图 7.47。预制钢筋混凝土扶手应将扶手中的钢筋伸入外墙的预留洞中，用细石混凝土或水泥砂浆填实固牢。现浇钢筋混凝土栏杆与墙连接时，应在墙体内预埋 240 mm×240 mm×120 mm C20 细石混凝土块，从中伸出 2φ6、长 300 mm 的钢筋，与扶手中的钢筋绑扎后再进行现浇。

(4) 阳台隔板

阳台隔板用于分隔双联阳台，有砖砌和钢筋混凝土隔板两种。砖砌隔板一般采用 60 mm和 120 mm 厚两种，由于荷载较大且整体性较差，所以现多采用钢筋混凝土隔板。隔板采用 C20 细石混凝土预制 60 mm 厚，下部预埋铁件与阳台预埋铁件焊接，其余各边

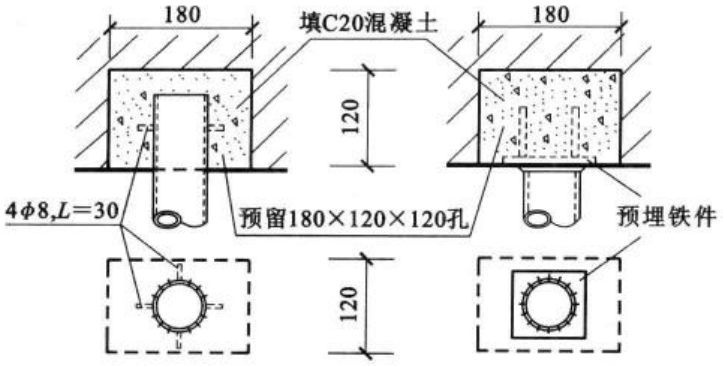


图 7.47　扶手与墙体的连接

伸出 φ6 钢筋与墙体、挑梁和阳台栏杆、扶手相连，见图 7.48。

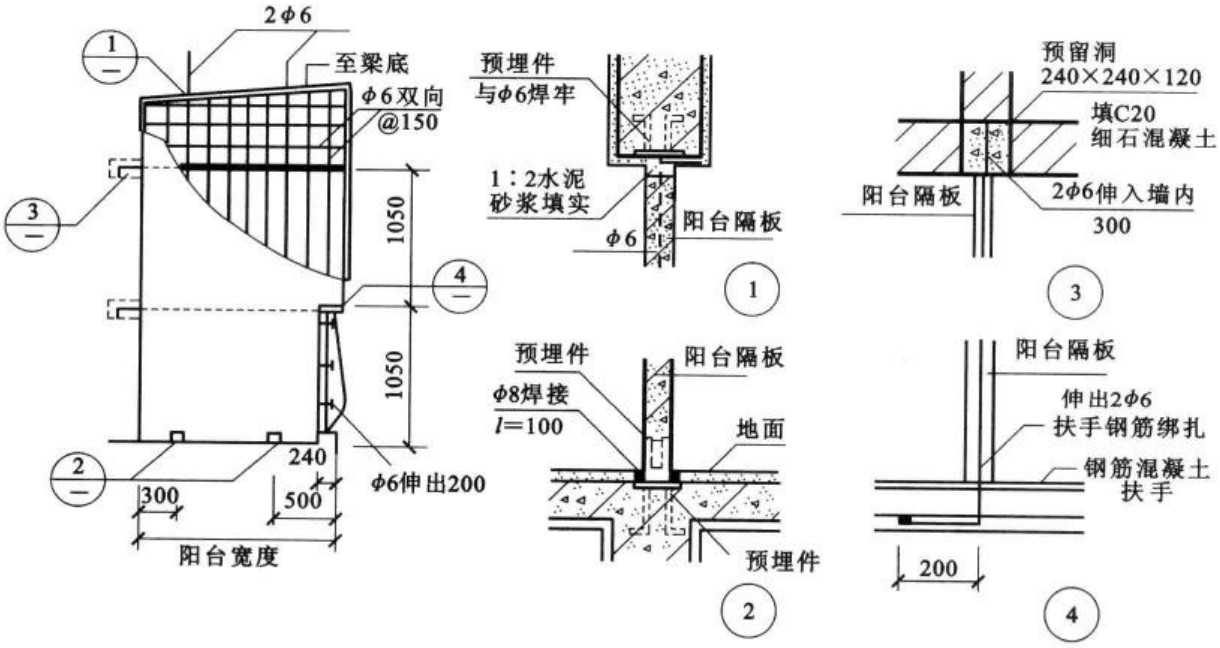


图 7.48　阳台隔板构造

(5) 阳台排水

阳台排水有外排水和内排水两种。外排水适用于低层和多层建筑，即在阳台外侧设置泄水管将水排出。内排水适用于高层建筑和高标准建筑，即在阳台内侧设置排水立管和地漏，将雨水直接排入地下管网，保证建筑立面美观。阳台排水构造详见图 7.49。

7.5.2　雨篷

根据雨篷板的支承方式不同，有悬板式和梁板式两种。

7.5.2.1　悬板式

悬板式雨篷构造简单，多用于次要出入口。雨篷板外挑长度一般为 900～1500 mm，板根部厚度不小于挑出长度的 1/12，雨篷宽度比门洞每边宽 250 mm，雨篷排水方式可采用无组织排水和有组织排水两种。雨篷顶面距门过梁顶面 250 mm 高，板底可抹 1∶2 水泥砂浆内掺 5%防水剂的防水砂浆 15 mm 厚，其做法见图 7.50。

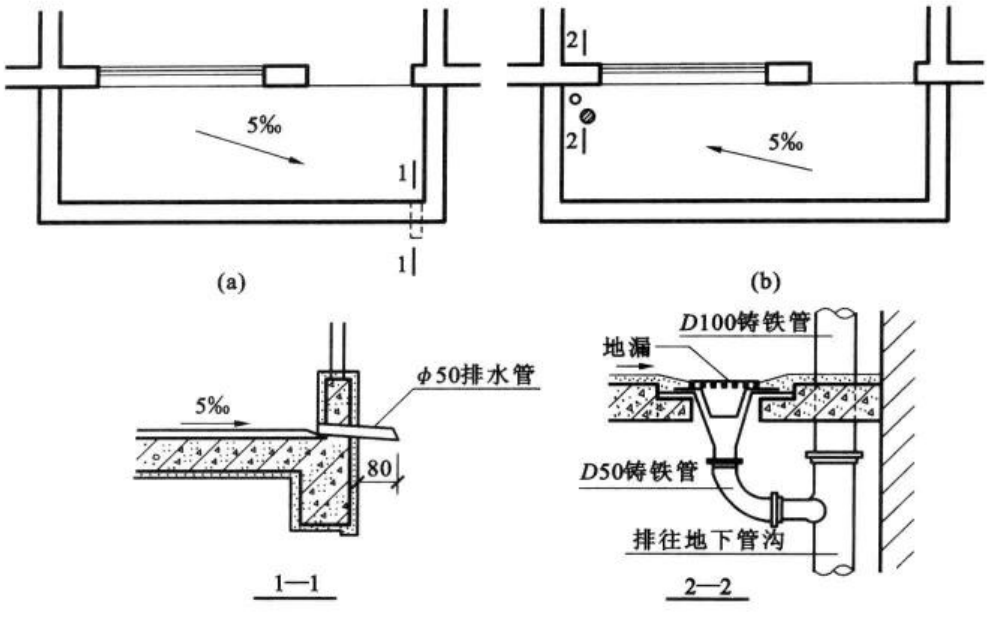


图 7.49　阳台排水构造

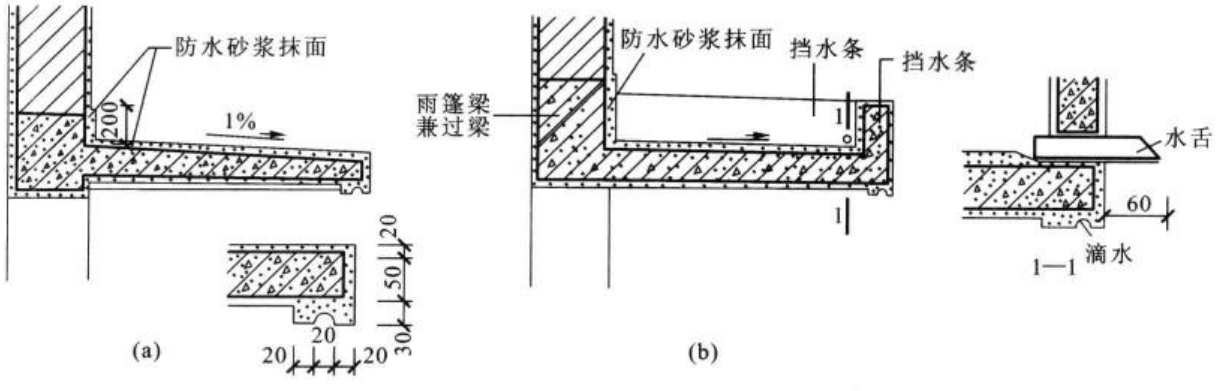


图 7.50　悬板式雨篷构造

(a) 无组织排水;(b) 有组织排水

7.5.2.2　梁板式

梁板式雨篷多用在宽度较大的入口处,悬挑梁从建筑物的柱上挑出,为使板底平整,美观,多做成倒梁式,其做法见图 7.51。

7.5.2.3　玻璃雨篷

玻璃雨篷以其轻巧、空透、造型美观、形式新颖,得到了越来越多的应用。按其受力状况分为悬挑雨篷和悬挂雨篷。

悬挑雨篷是采用型钢焊接在结构梁上,型钢形式、断面尺寸、间距与雨篷的挑出长度有关。玻璃采用夹胶安全玻璃,采用点式连接法固定在型钢上。

悬挂雨篷是将雨篷做成一个整体或骨架,一端搁置在结构梁上,另一端用拉索挂在雨篷上方的结构上,雨篷面板可采用玻璃,也可采用铝合金板包覆金属骨架,见图 7.52。

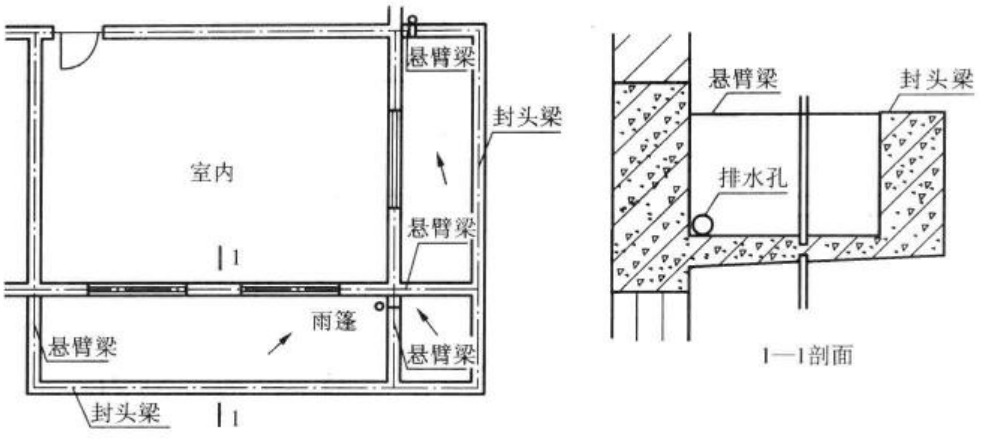


图 7.51　梁板式雨篷结构示例

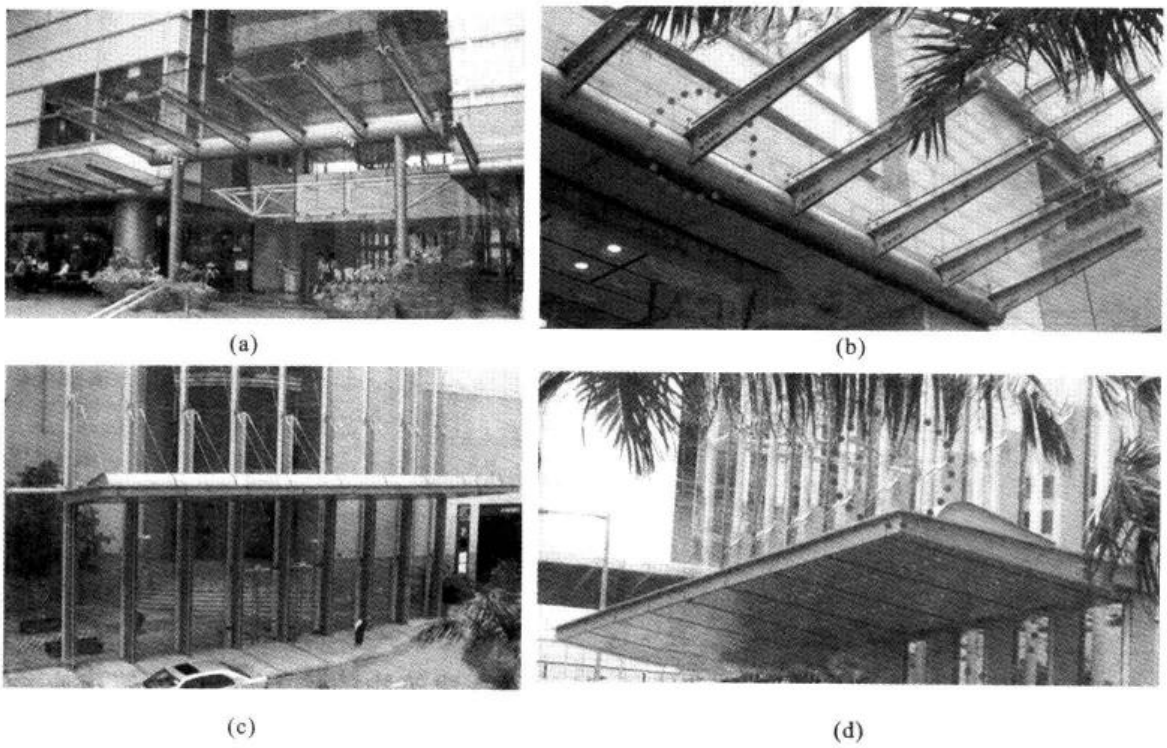


图 7.52　玻璃雨篷示例

(a) 悬挑玻璃雨篷;(b) 悬挂构件为铰结点;(c) 悬挂玻璃雨篷;(d) 悬挑构件为刚结点

复习思考题

1. 楼板的设计要求有哪些?
2. 楼板层由哪几部分组成? 各起什么作用?
3. 楼板的隔声构造是什么? 其构造原理是什么?
4. 现浇钢筋混凝土楼板有何优缺点? 有哪几种类型? 适用范围如何?
5. 梁板式楼板的各种尺寸如何确定? 经济尺度是多少? 布置时应注意什么问题?
6. 预制钢筋混凝土楼板有何优缺点? 有哪几种类型? 适用范围如何? 如何提高其整体性?
7. 空心板布板时应注意哪些问题? 板缝应如何处理?

8. 地坪层由哪几部分组成？各有什么作用？

9. 地面的装修构造分为哪几大类？

10. 举例说明各类地面的一两种构造做法。

11. 直接粉顶棚的构造做法及构造要点是什么？

12. 轻钢龙骨吊顶的构造做法及构造要点是什么？

13. 阳台的设计要求是什么？

14. 阳台的结构形式有哪些？在设计中如何选用？

15. 阳台栏杆的高度如何确定？

16. 悬挑雨篷的构造做法是什么？

作业 4　楼板层构造设计

以作业 2 为基础，进行标准层楼板层的构造设计。楼板可采用现浇钢筋混凝土楼板或预制钢筋混凝土圆孔板，墙体可采用砖墙或加气混凝土填充墙，注意其构造的不同。

1. 楼板断面图

卧室楼板构造组成、卫生间楼板构造组成、阳台楼板构造组成，注意标高的不同。表达清楚楼板、梁、墙体、窗台、窗楣板、门窗、阳台、栏杆的相互关系等。

在剖面中还应标注楼板层构造层次、标高、材料、尺寸、构造等。

表达不清楚的局部画详图，并表示详图索引号等。构造形式自定。

2. 详图(宜在楼板断面图中表达清楚)

窗楣板及圈梁构造、楼板构造，阳台栏杆构造，包括扶手与栏杆的连接、栏杆与面梁的连接、栏杆与墙体的连接。应标注材料、尺寸、构造做法等。

作业要求：采用 A3 图纸，铅笔绘制，楼板剖断面图按 1∶20 的比例绘出，表示不清的细部用 1∶5 的比例绘出。作图应符合建筑制图标准。

作业目的：掌握钢筋混凝土楼板的构造设计，掌握楼板与墙体、梁的相互关系，了解不同房间地面构造要求的不同，训练绘制构造详图的能力。

8

屋顶构造

本章提要

本章主要讲述屋顶的类型和设计要求；屋顶排水设计；平屋面防水设计，包括卷材防水屋面构造、刚性防水屋面构造、涂膜防水屋面构造；瓦屋面的防水构造及屋顶的保温与隔热。重点掌握屋面排水设计、平屋面防水设计和屋顶的保温与隔热设计。

8.1 概　述

屋顶是建筑物最上面的围护结构，其主要作用是抵御自然界的风霜雨雪、太阳辐射、气温变化和其他外界的不利影响，使屋顶覆盖下的空间有一个良好的使用环境。它的核心功能是防水，其次是保温隔热。

8.1.1 屋顶的形式

当屋顶结构采用和楼板层相同的平板或梁板式支承结构时，屋顶从外观形式上表现为平屋顶。平屋顶表面平整，人们可以在上面活动，还可以做屋顶花园和其他设施。平屋面覆盖下的室内空间高度一致，无空间浪费，经济适用，应用广泛。

当屋顶结构采用屋架、屋面梁、斜板等支承结构时，屋顶从外观形式上表现为坡屋顶。坡屋顶是一种传统的屋顶形式，表面防水材料一般采用各种瓦材。为了尽快排出雨水，屋面坡度比较大，室内有许多空间不能利用，比较浪费。但由于坡屋顶造型美观，得到了人们的喜爱，各种坡屋顶的造型极大地丰富了建筑的第五立面。

当屋顶结构采用薄壳、网架、悬索等支承结构时，屋顶外观形式往往与结构形式一致。这些屋顶结构形式一般用于大跨度建筑，其造型多样美观。图 8.1 为各种屋顶形式示例。

图 8.1　屋顶形式示例

8.1.2　屋顶的组成

屋顶主要由屋顶支承结构和屋面围护构件两大部分组成。屋顶支承结构有屋面板、屋架、屋面梁、拱肋、刚架、网架、薄壳、悬索等；屋面围护构件有防水层、保温层、隔热层等满足基本功能要求的层次，还有为这些功能层起连接作用的构造层。

8.1.3　屋顶的设计要求

(1) 防水要求

屋面工程应遵照“保证功能、构造合理、防排结合、优选用材、美观耐用”的原则进行设计。

屋面防水工程应根据建筑物的类别、重要程度、使用功能要求确定防水等级，并按相应等级进行防水设防；对防水有特殊要求的建筑屋面，应进行专项防水设计。《屋面工程

技术规范》(GB 50345—2012)对屋面防水等级和设防要求的规定见表 8.1。

表 8.1 屋布防水等级和设防要求

防水等级	建筑类别	设防要求	防水做法
Ⅰ级	重要建筑和高层建筑	两道防水设防	卷材防水层＋卷材防水层 卷材防水层＋涂膜防水层 复合防水层
Ⅱ级	一般建筑	一道防水设防	卷材防水层 涂膜防水层 复合防水层

注：摘自《屋面工程技术规范》(GB 50345—2012)第 3.0.5 条、第 4.5.1 条。

(2) 热工要求

我国按建筑气候区划为 7 个区域，对建筑的保温隔热的构造设计都有相应的设计要求。不同地区采暖居住建筑和需要夏季隔热要求的建筑，其屋顶构造的最小传热阻应按现行《民用建筑热工设计规范》、《民用建筑热工设计规范》(采暖居住建筑部分)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》确定。

(3) 结构要求

屋顶结构应具有足够的强度来承受屋顶的积水、积雪、积灰及其他设备荷载和自重；结构应具有一定刚度，以保证结构的变形不影响屋顶的正常使用。

(4) 艺术要求

屋顶作为建筑的第五立面，在设计中备受重视。屋顶的建筑造型应考虑到整个建筑体形的协调美观，屋顶的细部处理也应满足美观要求。

8.1.4 屋面工程的设计内容

屋面工程设计的主要内容有：

(1) 根据建筑物的重要性确定屋面防水等级和设防要求。

(2) 进行屋面排水系统的设计，即屋面排水方式的选择，坡度、坡向、坡面的确定，排水设施的设置等。

(3) 选择屋面防水构造方案，合理选择防水材料、保温隔热材料，使其主要物理性能能满足建筑物所在地的气候条件，并应符合环境保护要求。

(4) 进行屋面工程的细部构造设计。

8.2 屋顶排水设计

8.2.1 屋顶排水坡度

8.2.1.1 影响屋面坡度的因素

决定屋顶坡度的因素有很多，如屋顶结构形式、防水构造方式、屋面基层类别、防水材

料性能及尺寸、当地气候条件等，其中屋面防水材料的大小对屋面坡度的影响较大。

传统的防水材料多为尺寸较小的瓦材，主要是依靠瓦材之间的搭接来排除雨水。瓦材尺寸越小，搭接缝隙越多，漏水可能性越大。为了防止雨水的滞留，必须把坡度做得较大，反之亦然。现在的防水材料尺寸可以做得很大，有些通过构造措施可以覆盖整个屋面而没有缝隙。由于雨水无缝隙可渗漏，所以屋面坡度可以做得比较平坦，为人们充分利用屋面提供了可靠保证。

8.2.1.2 屋面坡度的表示方法

屋面坡度的表示方法一般用斜率法来表示，也就是用单位高度与相应长度的比值来表示，如1∶2、1∶5等。坡屋面一般用角度来表示，如30°、45°等。平屋面一般用百分比来表示，如2%、3%等。见图8.2。

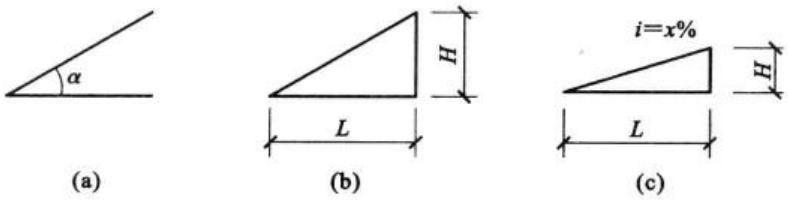


图8.2 屋面坡度的表示方法

(a) 角度法；(b) 斜率法；(c) 百分比法

8.2.1.3 排水坡度的确定

当平屋面为上人屋面时，其排水坡度应做得比较平缓，便于人们活动，一般取1%～2%，当屋面不上人时，一般取2%～3%，如果降雨量很大，也可取5%。天沟、檐沟纵坡排水坡度一般取1%，坡度太小则雨水容易滞留在沟内，一是不利于排水，二是防水层在雨水的长期浸泡下容易腐烂。金属天沟、檐沟的纵坡排水度可取0.5%。

坡屋面的排水坡度与防水瓦材的材料和尺寸有关，大跨度建筑屋顶排水坡度则与屋顶的结构形式有关。表8.2为不同屋面类别的排水坡度范围。

表8.2 不同屋面类别的排水坡度范围

屋面类别	屋面排水坡度(%)
卷材防水、刚性防水的平屋面	2～5
平瓦	20～50
波形瓦	10～50
油毡瓦	≥20
网架、悬索结构金属板	≥4
压型钢板	5～35
种植土屋面	1～3

注：摘自《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)第6.13.2条。

8.2.1.4 坡度的形成

平屋面坡度的形成方法有两种，一种是结构找坡，一种是材料找坡。

结构找坡是利用屋顶结构的高度不同形成排水坡度和排水坡面，也称搁置坡度。坡屋顶和大跨度屋顶都属于结构找坡，倾斜的屋架和屋面板形成了自然的排水坡度。对于平屋面来说，当单坡跨度大于 9 m 的屋面，宜做结构找坡，坡度不应小于 3%，见图 8.3。

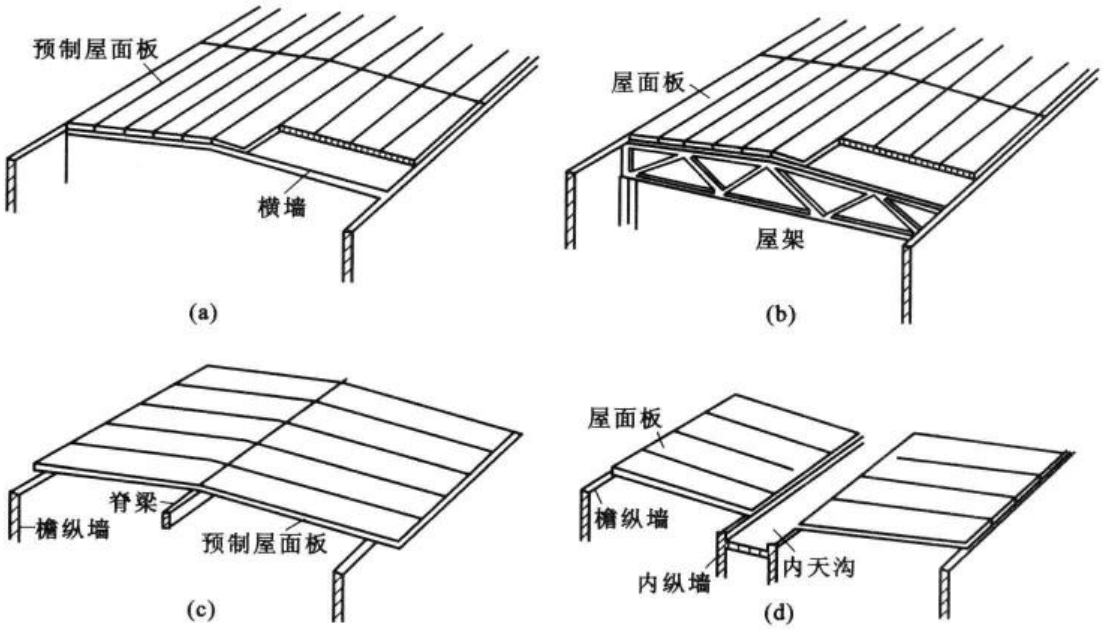


图 8.3　屋顶结构找坡示例

(a) 横墙搁置屋面板；(b) 屋架搁置屋面板；(c) 纵梁纵墙搁置屋面板；(d) 内外纵墙搁置屋面板

材料找坡是在平屋面上铺设轻质材料形成一定坡度，也称垫置坡度。材料找坡需要在屋面上另做找坡层，会增加屋面荷载。当屋面单坡长度不大于 9 m 宜采用材料找坡，坡度宜为 2%，从檐口往屋脊找坡，最薄处 20～40 mm，见图 8.4。

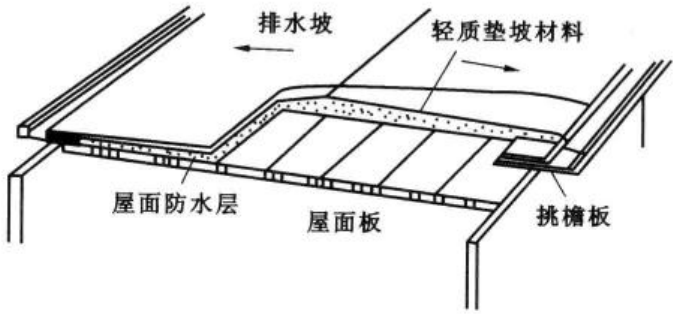


图 8.4　屋顶材料找坡示例

8.2.2　屋面排水方式

8.2.2.1　无组织排水方式

无组织排水方式即屋面挑出外墙面形成檐口，屋面雨水经檐口直接滴落至地面的一种排水方式。由于不用天沟、雨水管等排水设施，故又称为自由落水，见图 8.5。

无组织排水构造简单、经济实惠，外挑的屋檐可以保护外墙不被雨水冲刷。北方干旱少雨地区建筑物可采用无组织排水。南方多雨地区，若建筑物屋面檐口高度小于 10 m，雨水对地面冲刷力较小，可采用无组织排水。

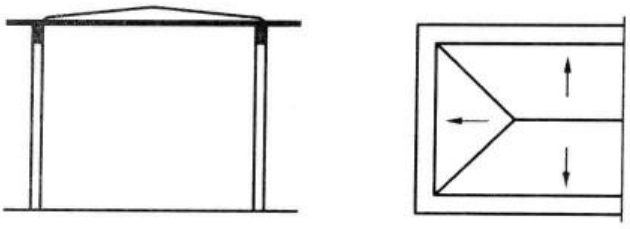


图 8.5　平屋面无组织排水示例

8.2.2.2　有组织排水方式

有组织排水方式即屋面雨水经由天沟、雨水管等排水设施被引导至地面或地下管沟的一种排水方式。雨水管设置在室外称外排水；雨水管设置在室内称为内排水，见图 8.6。屋面排水宜优先采用有组织外排水，其构造简单，施工方便，便于检修，适用于多层建筑；而高层建筑、多跨多坡屋面及集水面较大的屋面应采用有组织内排水。

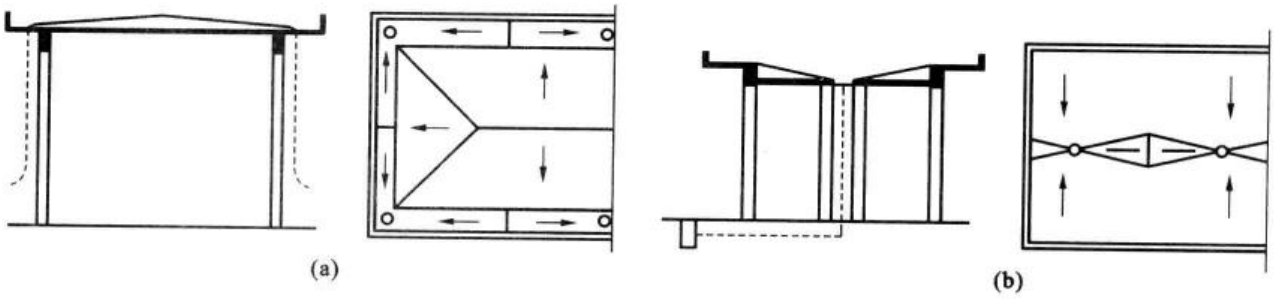


图 8.6　平屋面有组织排水示例

(a) 有组织外排水；(b) 有组织内排水

8.2.3　排水设计

排水设计是把屋面按平面形状划分成若干个排水区并形成一定的坡度，在屋面适当的部位设置天沟、檐沟、雨水口和雨水管，并合理地确定这些排水设施的大小和数量，以便将各区的雨水分别引向各雨水管，使排水线路尽量简短，水落口负荷均匀，排水顺畅。

8.2.3.1　排水方式的选择

高度较低的建筑和临时性建筑优先选择无组织排水，可降低造价。

积灰多的建筑优先选择无组织排水，主要是避免屋面积灰被雨水冲进雨水口，造成雨水管的堵塞，影响排水。

降雨量大的地区和多高层建筑选择有组织排水，避免雨水对地面和墙面的冲刷。

临街建筑的雨水排向人行道时宜采用有组织排水，以免影响行人的通行。

8.2.3.2　排水区域划分

排水区域划分主要根据屋顶的平面形状确定，尽量使每个排水区域坡长一致，这样可使找坡层厚度一致，坡度一致，坡面连接顺滑。当房屋宽度≤12 m 时可采用单坡排水，临街建筑为了立面的完整，也可采用单坡排水。当房屋宽度＞12 m 时宜采用双坡排水，以减少水流路线过长的问题。当屋顶面积太大，可将屋面划分成几个大小均等的区域，每个区域内设置相同的坡面、坡度，坡长控制在 12 m 以内，采用内排水方法将雨水排出。

8.2.3.3　确定天沟尺寸和坡度

天沟是在屋面上设置的排水沟，设在檐口处的天沟又称檐沟。天沟的作用是汇集和排除雨水，断面尺寸应根据当地降雨量和汇水面积的大小来确定，一般天沟净宽不小于300 mm。为迅速排出雨水，在天沟内应设纵坡，其坡度不小于1%，天沟最浅处（分水线处）沟的深度不小于100 mm。为了减少雨水对防水层的冲刷，沟底水落差不得超过200 mm，也就是说，在纵坡坡度等于1%的情况下，单坡沟长不得大于20 m。

8.2.3.4　雨水管的设置

屋面雨水管的数量、管径应通过计算确定。雨水口的位置设置应均衡，便于快速排除雨水。一个雨水口可排除150～200 m^2 屋面的雨水。当屋面有高差时，如高处屋面集水面积小于100 m^2 时，可将高处屋面雨水直接排在低屋面上，雨水管下方设水簸箕。当高处屋面集水面积大于100 m^2 时，则高屋面应自成排水系统。

常用雨水管按材料分有铸铁雨水管、硬质PVC塑料雨水管、玻璃钢雨水管。雨水管管径有50 mm、75 mm、100 mm、150 mm、200 mm等，阳台排水可采用100 mm的雨水管，空调冷凝水管可采用50 mm的雨水管，屋面排水采用100～150 mm的雨水管。为使雨水快速排出，减少屋面滞水的可能，外排水时，雨水管间距不大于24 m，内排水时，雨水管间距不大于18 m。

8.2.3.5　绘制屋顶平面图

图8.7为挑檐沟平屋顶平面图和檐沟尺寸示意图。

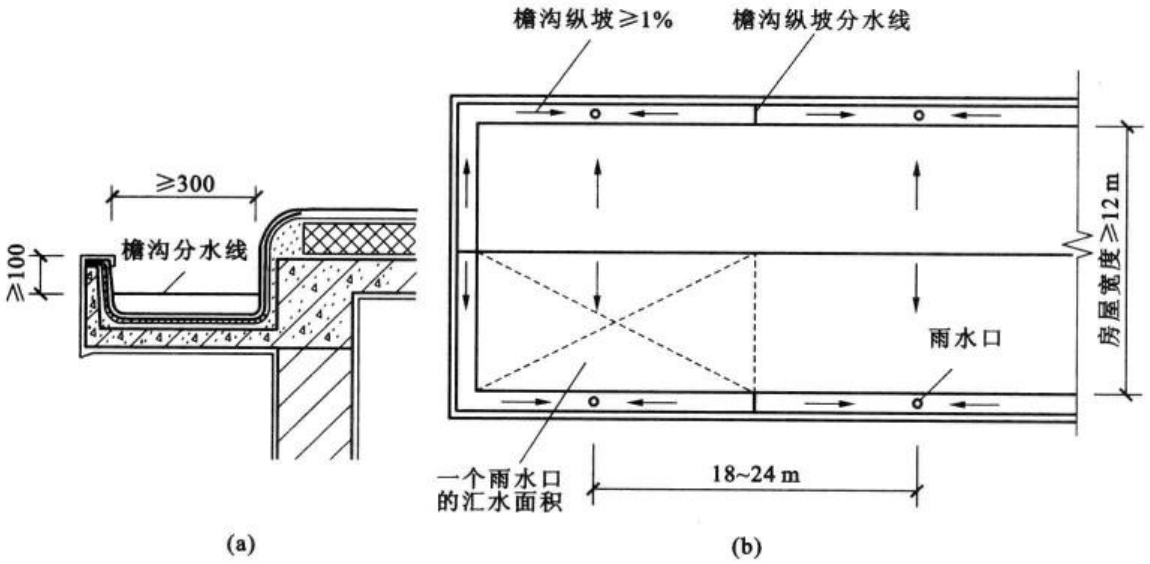


图8.7　四坡排水外挑檐沟屋顶平面图

（a）挑檐沟断面；（b）屋顶平面图

8.2.4　屋面排水的常用方案示例

各类常用排水方案的示意图见图8.8～图8.13。

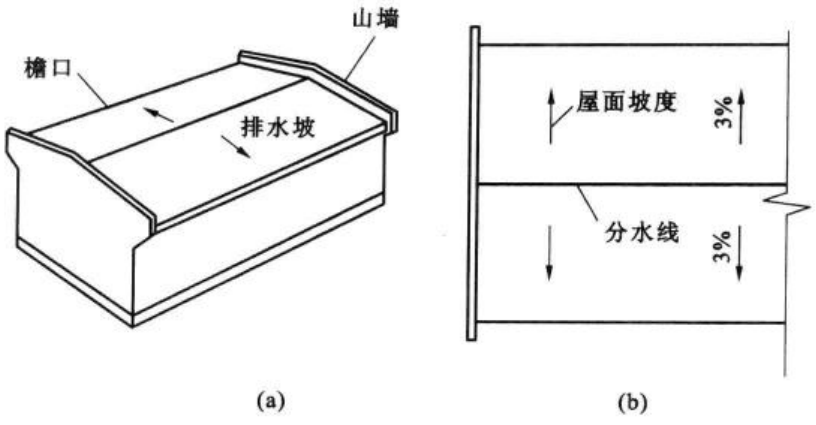


图 8.8　无组织双坡排水示例

(a) 无组织双坡排水;(b) 屋顶平面图示例

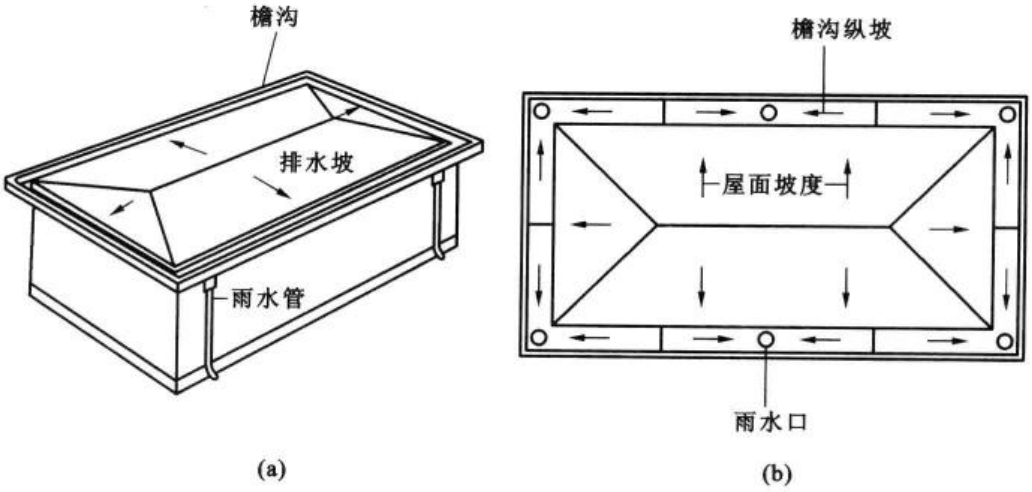


图 8.9　四坡屋顶外檐沟外排水示例

(a) 四坡屋顶外檐沟排水;(b) 屋顶平面图示例

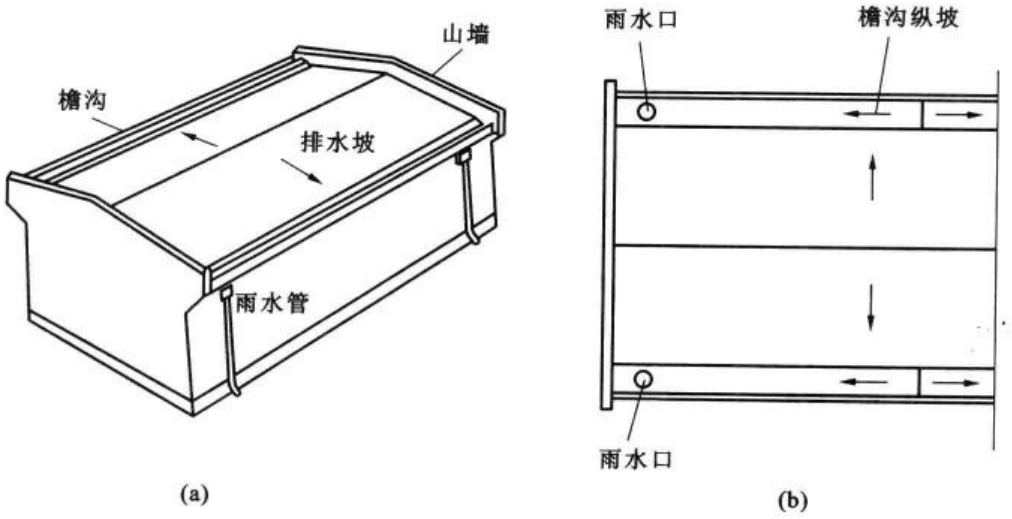


图 8.10　平屋面两坡外檐沟排水示例

(a) 两坡外排水、山墙出顶;(b) 屋顶平面图示例

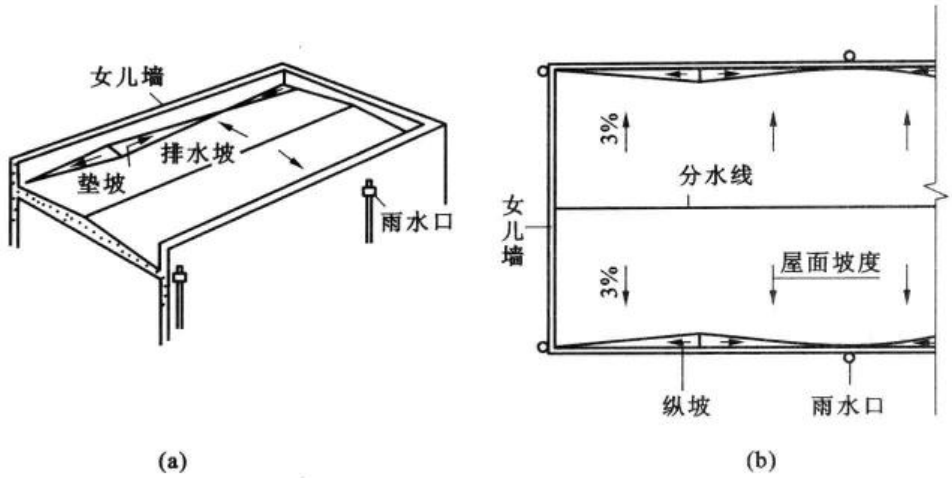


图 8.11　平屋面女儿墙内垫坡外排水示例

(a) 女儿墙内垫排水坡；(b) 屋顶平面图示例

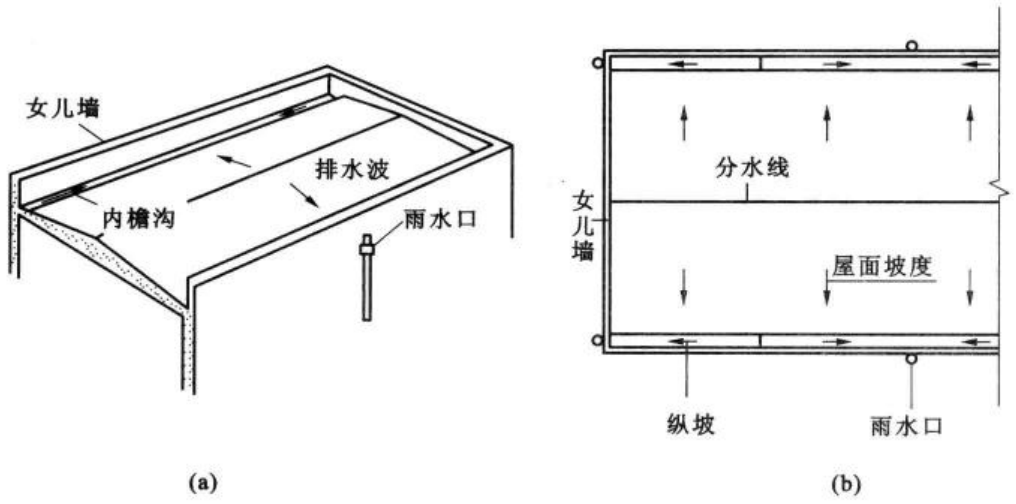


图 8.12　平屋顶女儿墙内檐沟外排水示例

(a) 女儿墙内设檐沟外排水；(b) 屋顶平面图示例

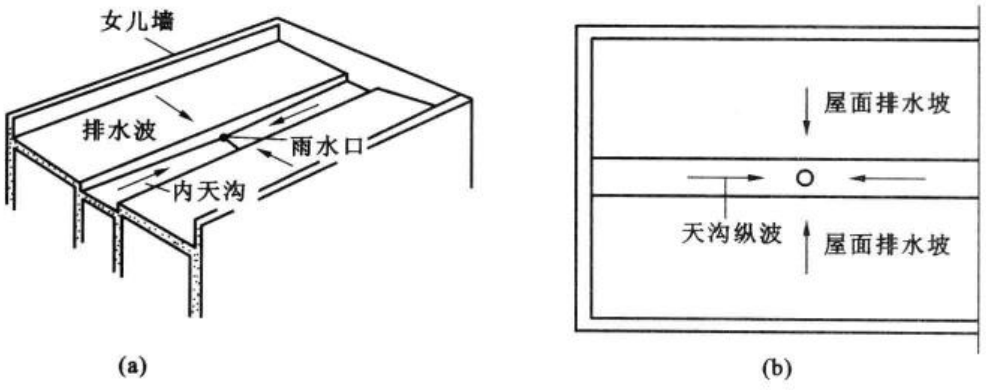


图 8.13　平屋顶女儿墙内天沟内排水示例

(a) 女儿墙内天沟内排水；(b) 屋顶平面图示例

8.3 平屋面防水设计

8.3.1 卷材防水屋面

卷材防水屋面是将柔性的防水卷材或片材用胶结料粘贴在屋面上，形成一个大面积的封闭防水覆盖层。这种防水层具有一定的延伸性，能适应屋面的温度变形和结构变形，又被称为柔性防水屋面。适用于防水等级为Ⅰ～Ⅱ级的屋面防水。

8.3.1.1 防水卷材

防水卷材分为三大类，有石油沥青防水卷材、高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材。

石油沥青防水卷材是传统的防水材料，是以原纸、织物、纤维毡、塑料膜等材料为胎基，浸涂石油沥青、矿物粉料或塑料膜为隔离材料而制成的防水卷材。我国过去一直沿用石油沥青防水卷材作为屋面防水材料，其优点是造价较低，有一定防水能力，但需热施工，污染环境，且低温下易脆裂，高温下易熔化流淌，隔几年就要重修。这类防水卷材只用于要求较低的屋面工程，现在已趋于淘状。

高聚物改性沥青防水卷材是以高分子聚合物改性沥青为涂盖层，聚酯毡、玻纤毡或聚酯玻纤复合为胎基，细砂、矿物粉料或塑料膜为隔离材料而制成的防水卷材。这类卷材是用适量的合成高分子聚合物对石油沥青进行改性，使得改性后的石油沥青油毡的耐热性、低温柔性、延伸率、抗老化性能都有提高。常用的高聚物改性沥青防水卷材有SBS(苯乙烯＋丁二烯＋苯乙烯嵌段共聚物)改性沥青防水卷材、APP(无规聚丙烯)改性沥青防水卷材、PVC(聚氯乙烯)改性煤焦油防水卷材、再生橡胶改性沥青防水卷材等。

合成高分子防水卷材是以合成橡胶、合成树脂或两者的共混体为基料，加入适量的化学助剂、填充剂，经混炼压延或挤出等工艺加工而成的防水卷材。合成高分子防水卷材的特点是拉伸强度大(≥3 MPa)，断裂伸长率大(≥100%)、撕裂性能好(≥25 kN/m)、耐热性能好、低温柔性好(－25～100 ℃)、耐腐蚀性能好和施工简单等。常用合成高分子防水卷材有三元乙丙橡胶防水卷材、氯化聚乙烯橡胶共混防水卷材、氯化聚乙烯防水卷材、氯璜化聚乙烯防水卷材、聚氯乙烯防水卷材等。

各类防水卷材的特点及适用范围见附录表6。

8.3.1.2 卷材防水屋面构造

卷材防水屋面基本构造按施工顺序依次为结构层、找平层、结合层、防水层、保护层，见图8.14。

(1) 结构层

一般为现浇或预制的钢筋混凝土屋面板。为了保证屋顶的防水性能，结构层一般采用现浇钢筋混凝土板。当结构层为装配式钢筋混凝土板时，应用强度等级不小于C20的细石混凝土将板缝灌填密实；当板缝大于40 mm或上窄下宽时，应在板缝中

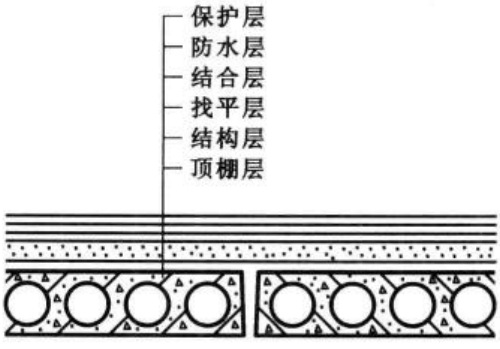


图8.14 卷材防水屋面的构造组成

放置构造钢筋；板端缝应进行密封处理。无保温的屋面，板侧缝宜进行密封处理以防止开裂渗水。

（2）找平层

找平层是在屋面结构层或保温层上铺设一层刚性材料起找平作用，使得基层表面平整光滑，又具有一定的强度和刚度，便于铺贴防水卷材。一般采用 15～25 mm 厚 1∶2.5～1∶3 水泥砂浆做找平层，内宜掺抗裂纤维；也可以采用 30～35 mm 厚 C20 细石混凝土做找平层，设在板状材料的保温层之上。现浇钢筋混凝土板可做 15～20 mm 厚找平层，预制楼板由于平整度较差和施工误差，可做 20～30 mm 厚找平层。

找平层在与突出屋面结构的交接处（女儿墙、立墙、变形缝、烟囱等），以及基层的转角处（雨水口、檐口、天沟、檐沟、屋脊等），均应做成圆弧，圆弧半径应不小于 20 mm，一般为 50～150 mm。内部排水的雨水口周围应做成略低的凹坑。找平层表面应压实平整，不得有酥松、起砂、起皮现象，排水坡度应符合设计要求。

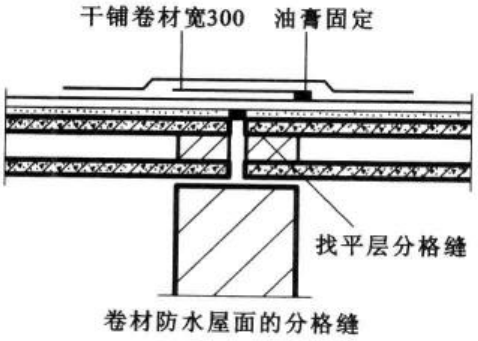


图 8.15　找平层的分格缝构造

此外，由于找平层是刚性材料，在屋面变形下容易开裂，所以在屋面板支承处应设分格缝，防止找平层变形影响其上的防水层。分格缝一般宽度为 5～20 mm，纵横间距不大于 6 m。为防止防水层在分格缝处拉裂，一般在分格缝处点粘一层宽 200～300 mm 的附加防水卷材，缝内嵌填密封材料，见图 8.15。

（3）结合层

结合层是在找平层上涂刷的一层基层处理剂。可以封闭找平层毛细孔隙，起到一定的防水作用，还可以增加防水卷材与基层的附着力，调和基层与防水卷材的亲和力。等基层处理剂干燥后，就可铺贴防水卷材了。

结合层一般采用与防水卷材配套的基层处理剂，如石油沥青油毡、氧化沥青油毡，一般采用冷底子油作结合层。冷底子油是将沥青溶解在煤油、汽油、轻柴油中制成。高聚物改性沥青防水卷材结合层采用溶剂型改性沥青防水涂料、橡胶改性沥青胶结料等基层处理剂。合成高分子防水卷材结合层采用聚氨酯底胶等基层处理剂。

（4）防水层

防水卷材铺设方向应根据屋面坡度和屋面是否受振动来确定。当屋面坡度小于 3% 时，卷材宜平行于屋脊铺贴；当屋面坡度在 3%～15% 之间时，卷材可平行垂直于屋脊铺贴；当屋面坡度大于 15% 或屋面受振动时，沥青防水卷材应垂直于屋脊铺贴，高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材可平行垂直于屋脊铺贴。上下层卷材不得相互垂直铺贴。卷材铺贴方法见图 8.16 和图 8.17。

平行于屋脊铺设防水卷材可以将成卷卷材一次铺完，较少接头，加快施工进度，卷材的长边搭接缝与屋面流水方向垂直，不易漏水，还能最大限度地利用卷材的纵向拉伸强度。

当屋面坡度大于 15% 时，卷材防水层容易下滑，施工较困难，故采用垂直铺贴，施工较为方便，卷材防水层也容易固定。施工时上下层卷材不得相互垂直铺贴，原因是这种铺

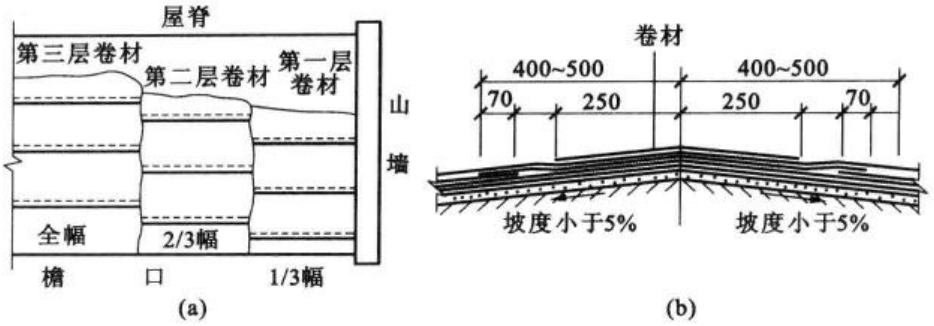


图 8.16　卷材平行于屋脊的铺贴方法

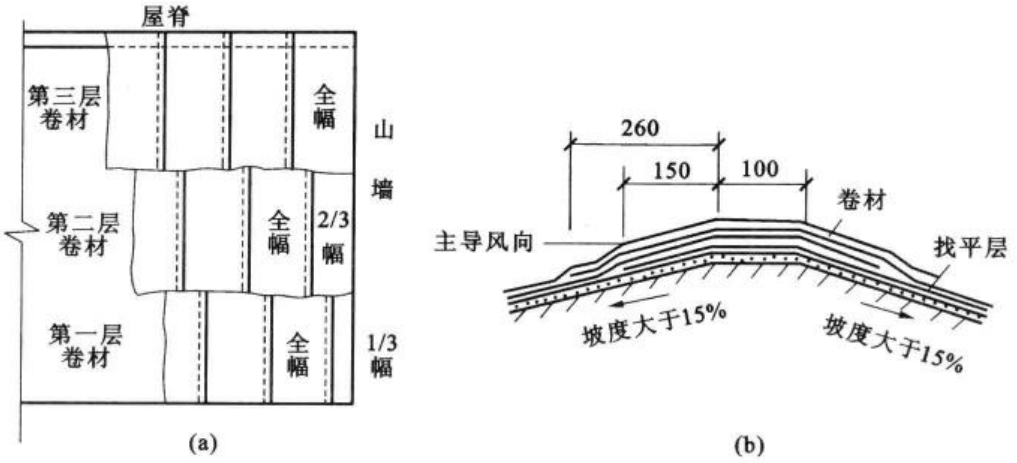


图 8.17　卷材垂直于屋脊的铺贴方法

贴方法会造成很多重叠缝，而重叠缝处是最容易漏水的地方。

防水卷材的搭接宽度，短边 100～150 mm，长边 70～100 mm。平行于屋脊的搭接缝，应顺流水方向搭接，垂直于屋脊的搭接缝，应顺长年主导风向搭接。

卷材防水屋面的坡度不宜超过 25%，当坡度超过 25%时应采取防止卷材下滑的措施。

防水层的施工方法有热粘法、冷粘法、热熔法、自粘法和焊接法。卷材的铺贴方法有满贴法、空铺法、条粘法、点粘法。

石油沥青防水层一般采用沥青玛瑞脂热粘法。沥青玛瑞脂是在沥青中加入滑石粉、白云石粉、石棉粉等加工而成，可提高沥青的耐热性，改善脆性，增加韧性。施工时一般采用满粘法，将四层沥青玛瑞脂和三层油毡交替粘合，沥青玛瑞脂的厚度控制在 1～1.5 mm 之间，油毡上下左右搭接，形成一层完整的不透水的屋面防水层，这种防水做法叫三毡四油，可单独用于Ⅲ级防水屋面。用三层沥青玛瑞脂和两层油毡交替粘合而成的防水层，叫两毡三油。见图 8.18。

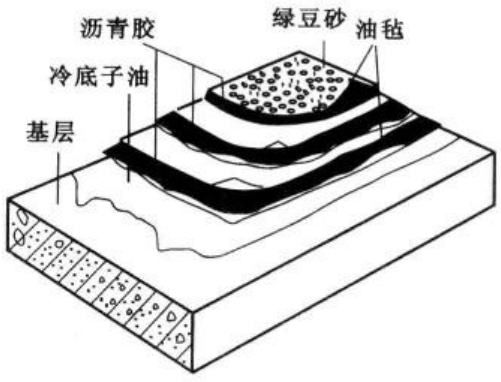


图 8.18　两毡三油卷材防水屋面示例

高聚物改性沥青防水层可采用热熔法和冷贴法。

热熔法是用火焰喷枪对准防水卷材与基层的结合处，同时加热卷材与基层，喷枪头距加热面 50～100 mm。当烘烤到防水卷材底面沥青熔化至光亮发黑，立即滚铺推压防水卷材使之辊压密实。厚度小于 3 mm 的高聚物改性沥青防水卷材不得采用热熔法施工。

冷贴法是将防水卷材直接用胶粘结剂粘贴在基层上，防水卷材与胶粘结剂应配套，避免材性不相容而造成防水层施工失败。胶粘剂用胶皮刮板均匀的涂刷在基层上，厚度控制在 0.5 mm 左右，均匀用力推压铺贴卷材，并注意排除卷材下方空气，再用压辊滚压卷材面，使之与基层更好地粘结。卷材与卷材搭接缝处用热熔法粘结。

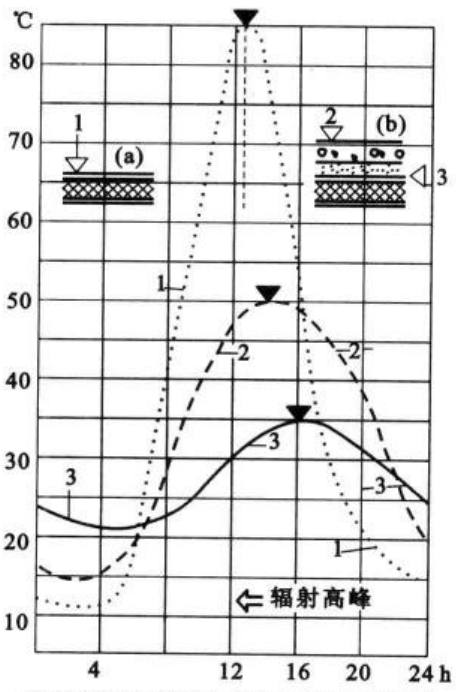
合成高分子防水层采用冷贴法施工。以三元乙丙橡胶防水卷材施工为例：基层处理剂为聚氨酯底胶，固化后涂刷基层胶粘剂，采用 CX-404 胶，将胶分别涂刷在基层及防水卷材表面，晾干约 20 min，手触不粘即可进行粘贴。粘贴时，卷材不可拉伸，用胶辊用力向前、向两侧滚压，排除空气，使防水卷材与基层粘结牢固。接缝用丁基橡胶粘结剂粘贴，卷材末端和收头处用聚氨酯密封胶或氯磺化聚乙烯密封膏嵌封严密。

每道卷材防水层厚度与屋面防水等级有关，见表 8.3。

表 8.3　每道卷材防水层最小厚度(mm)

防水等级	合成高分子防水卷材	高聚物改性沥青防水卷材		
		聚酯胎、玻纤胎、聚乙烯胎	自粘聚酯胎	自粘无胎
Ⅰ级	1.2	3.0	2.0	1.5
Ⅱ	1.5	4.0	3.0	2.0

注：摘自《屋面工程技术规范》(GB 50345—2012)第 4.5.5 条。



卷材屋面与增设保护层后的温度变化

图 8.19　保护层的作用

(a) 不设保护层；(b) 设砾粒保护层

(5) 保护层

保护层的作用是保护防水层，减少太阳辐射和气候变化对防水层的破坏作用，延长防水层的使用寿命。有实验资料表明，防水层上设置保护层后效果明显，见图 8.19。

保护层的做法与屋面使用情况有关。不上人屋面可在沥青防水层表面粘铺粒径 3～5 mm 的绿豆砂、中砂和粒径 10～30 mm 的卵石，SBS 等高聚物改性沥青防水卷材有自带砂保护层，合成高分子防水卷材可在表面涂刷水溶性或溶剂性浅色反光保护剂等。

上人屋面要求屋顶表面坚硬耐磨，一般采用刚性保护层，如水泥砂浆、细石混凝土、地砖、缸砖等。可采用 8～10 mm 厚地砖块材或预制混凝土板，用 20 mm 厚 1∶3 水泥砂浆铺贴，板缝 1∶2 水泥砂浆填实。用水泥砂浆做保护层时，表面应抹平压光，并应设表面分格缝，分格面积宜为 1 m^2。当用块体材

料做保护层时，分格缝纵横间距不宜大于 10 m。当采用 30～40 mm 厚的细石混凝土面层，表面分格缝纵横间距不大于 6 m。

水泥砂浆、块体材料或细石混凝土保护层与防水层之间应设置隔离层，与女儿墙之间应预留 30 mm 的缝隙，并用密封材料嵌填严密。卷材防水屋面基本构造示例见图 8.20。

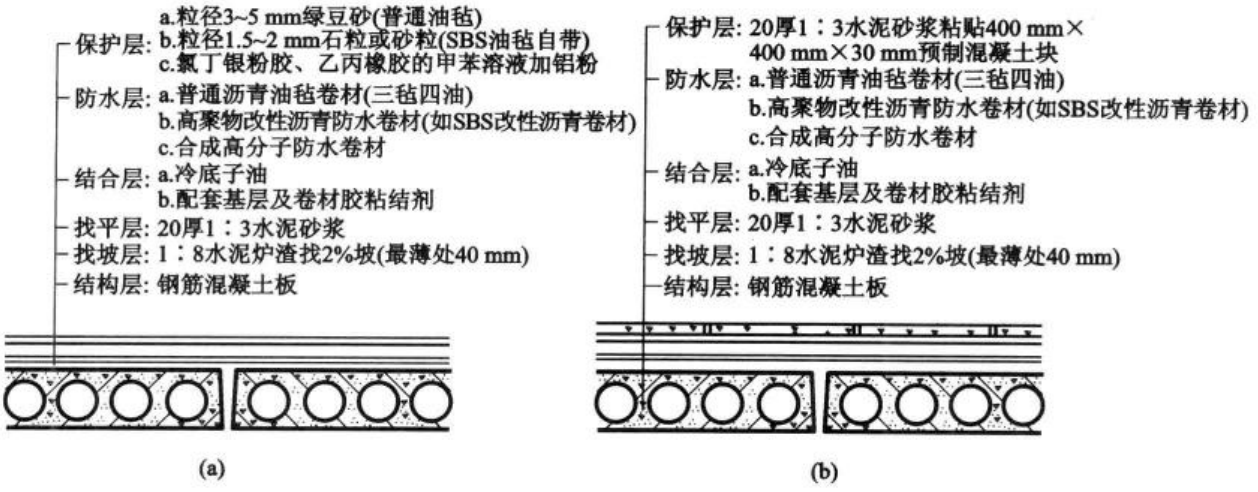


图 8.20　卷材防水屋面基本构造示例

(a) 不上人屋面；(b) 上人屋面

(6) 其他构造层次

找坡层采用轻质材料加水泥浆拌和现浇而成，具有一定的刚度，变形较小。如 1∶8 水泥蛭石、1∶8 水泥膨胀珍珠岩、1∶8 水泥加气混凝土碎渣等，设在找平层下方，结构层上方。最薄处 20～40 mm 厚，向屋脊方向找 2%～5%的坡度。

保温层、隔热层、隔汽层等将在本章第 8.5 节内讲述。

8.3.1.3　*卷材防水屋面细部构造*

在屋面有很多容易引起结构变形、温差变形、干缩变形的薄弱处，如天沟、檐沟、雨水口、檐口、泛水、收头、压顶、上人口、女儿墙、变形缝、烟囱、出屋面管道根部、屋面转角等，必须要采取综合处理的方法来防水。一般采用柔性连接来适应屋面变形，构造防水与材料防水相结合、局部增强补强与整体防水相结合、多道设防的方法来防水。

(1) 泛水构造

泛水是指屋面与其高出垂直构件下部相交处的防水构造。山墙、女儿墙、高跨墙面、烟囱、管道等根部与屋面相交处都应做泛水构造。

泛水构造是用水泥砂浆在相交处抹出小圆弧，涂刷基层处理剂，采用满贴法粘贴附加防水卷材一层，高度和宽度均不小于 250 mm，再铺设同屋面一致的防水卷材。泛水收头应根据泛水高度和泛水墙体材料确定其构造做法。

当墙体为砖墙且高度不高时，可直接将卷材铺至女儿墙压顶之下，用压条钉压固定并用密封材料封闭严密，压顶做防水处理。当女儿墙高度较高时，可在墙上开凹槽，凹槽距屋面找平层高度不小于 250 mm，卷材边缘压入凹槽固定密封，凹槽上部墙体做防水处理。当墙体为混凝土时，可将卷材边缘用金属压条钉压，并用密封材料封闭固定，见图 8.21。泛水表面宜采取隔热防晒等保护措施，涂刷浅色涂料、砌砖保护墙抹水泥砂浆

或浇注细石混凝土保护皆可。

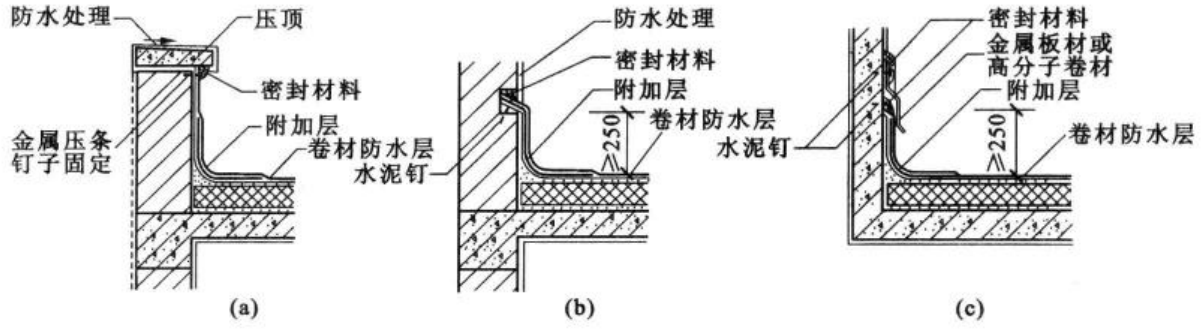


图 8.21　泛水构造示例

(2) 檐口构造

檐口是指无组织排水屋面挑出外墙的部分，起着排出雨水和保护墙身的作用。挑檐一般采用现浇钢筋混凝土悬挑板与圈梁连成整体，挑出长度不大于 800 mm。挑出长度太大时可采用梁板式钢筋混凝土屋面板。檐口 800 mm 范围内的防水卷材应采用满粘法，附加防水层设在卷材防水层之下，空铺宽度不小于 200 mm，以适应檐口温度变形的需要。卷材收头应固定密封，檐口下端应做滴水处理。见图 8.22。

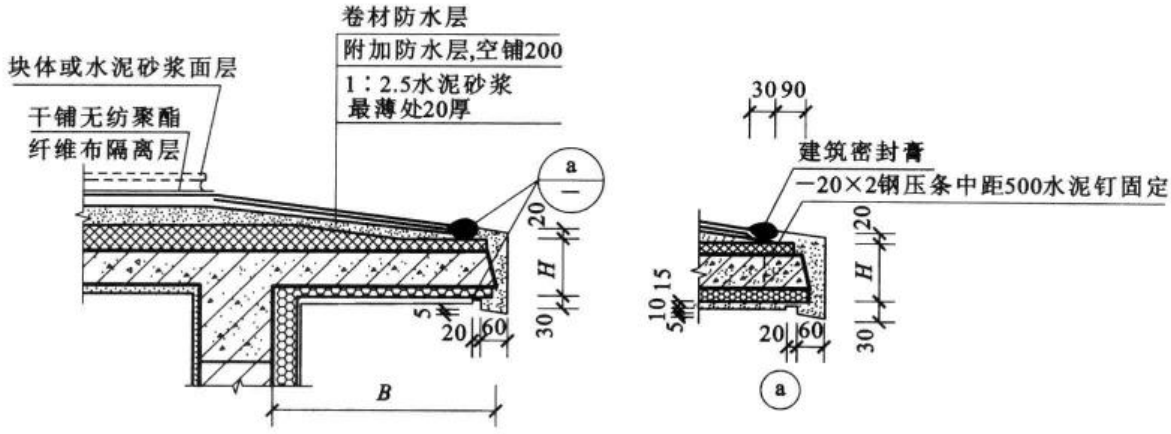


图 8.22　檐口构造

(3) 天沟构造

屋面上的排水沟称为天沟，设在檐口处的天沟称为檐沟，有外挑檐沟和内檐沟两种。外挑檐沟一般采用现浇钢筋混凝土檐沟板与圈梁连成整体，预制檐沟板搁置在挑梁上。

内檐沟和内天沟可采用与屋面板一起现浇，当屋面板为预制空心板时，檐沟板也可采用预制。天沟板一般突出室内，沟的宽度一般不小于 500 mm，最浅处不小于 120 mm。也可在屋面上用轻质材料做垫坡，形成三角形檐沟。

天沟、檐沟内转角处应用水泥砂浆抹小圆弧，加铺一层防水卷材，当采用高聚物改性沥青防水卷材或合成高分子防水卷材时，宜在铺设前先涂刷一层防水涂膜。天沟、檐沟与屋面交接处的附加卷材宜空铺，空铺宽度不应小于 200 mm，主要是为了适应屋面温度变形。防水卷材不应在天沟内接缝或收头，而应上翻至天沟外侧上方，然后用水泥钉固定，用密封膏嵌固。见图 8.23 和图 8.24。

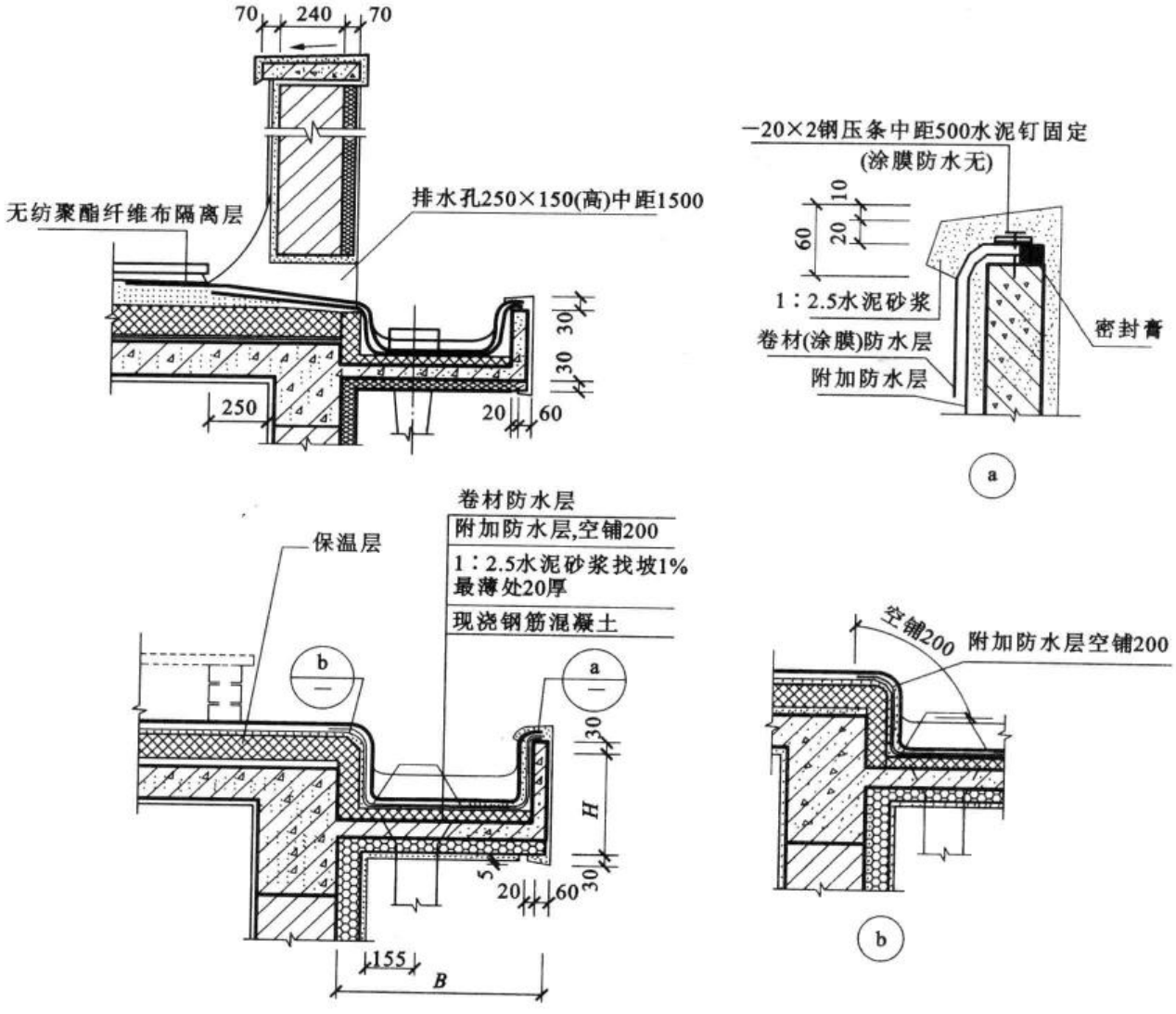


图 8.23　外挑檐沟构造

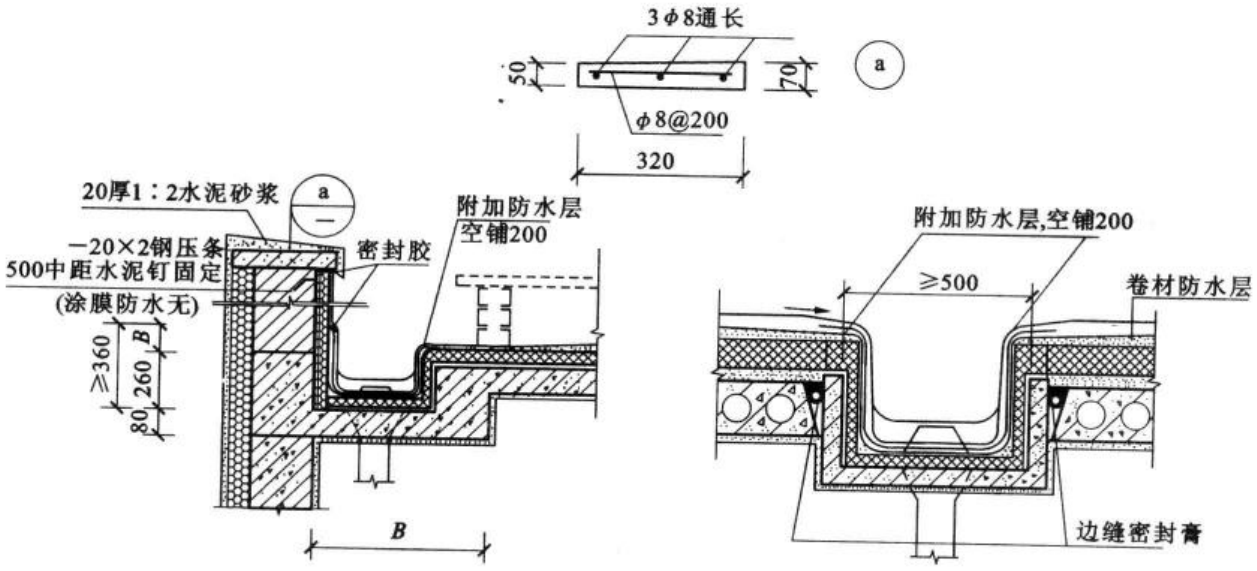


图 8.24　女儿墙外檐沟和内檐沟构造

(4) 雨水口构造

屋面雨水口是设在天沟、檐沟和外墙上的排水口，是连接屋面和雨水管的排水设施。雨水口为金属或塑料定型产品，分为直落雨水口和侧向雨水口两种。直落雨水口一般设在檐沟和天沟底部，适用于外挑檐沟外排水和天沟内排水。侧向雨水口一般设在女儿墙上，适用于内檐沟外排水。图 8.25 为雨水口构造示例。

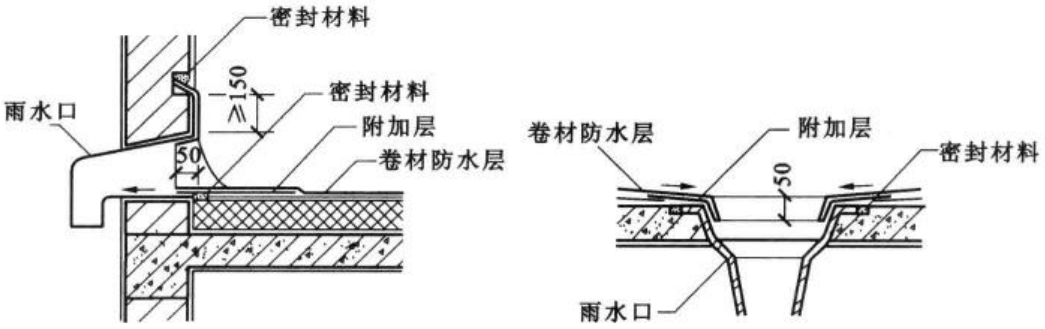


图 8.25　雨水口构造示例

雨水口埋设时应低于周围屋面，并应考虑附加卷材厚度和密封材料厚度，避免高出屋面，造成排水困难。雨水口周围直径 500 mm，范围内坡度不应小于 5%，用防水涂料涂封时，厚度不小于 2 mm。雨水口和基层接触处，应留宽 20 mm、深 20 mm 的凹槽，以便嵌填密封材料。

直落雨水口由套管、环形筒、顶盖底座和顶盖组成。套管呈漏斗形，安装在天沟底板，防水卷材从中心开口，剪成放射状缺口粘贴在套管内环上，表面涂防水涂料，再用环形筒嵌入套管，将卷材压紧，嵌入深度不小于 100 mm。环形筒与底座的接缝须用油膏嵌封，顶盖底座有放射状格片，用以加速水流和遮挡杂物。侧向雨水口由弯曲套管和箅子组成。套管安装在女儿墙预留的孔洞中，屋面防水层和泛水的卷材均铺入套管，与四壁粘牢，铺入深度不少于 100 mm。套管口用箅子遮盖，以防杂物堵塞雨水口。见图 8.26。

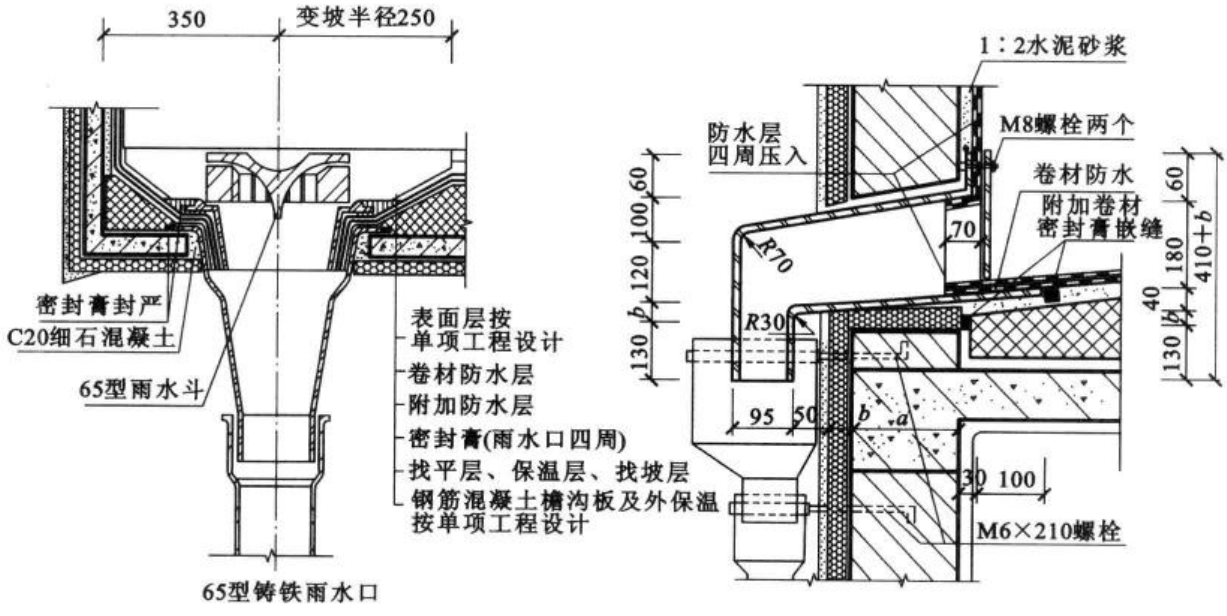


图 8.26　雨水口构造

(5) 上人屋面出入口、屋面检修口构造

突出屋面的楼梯间、电梯机房均需设置出入口。由于屋面构造复杂、构造层较多、厚度较大，屋面面层往往高于室内地面，为了防止雨水倒灌，必须在上人口处设置门槛，在室内设置台阶，或者把楼梯间平台提高，减少屋面与室内的高差。

屋面防水卷材压入门口下方设置的钢筋混凝土压顶，用水泥钉钉牢，用建筑油膏嵌封。在屋面与墙体交接处的防水层下方还应加铺一层防水卷材，以防漏水。防水卷材的垂直面外侧用砖砌保护墙，或者用细石混凝土做保护墙。室内台阶一般采用轻质砌块砌筑。见图 8.27。

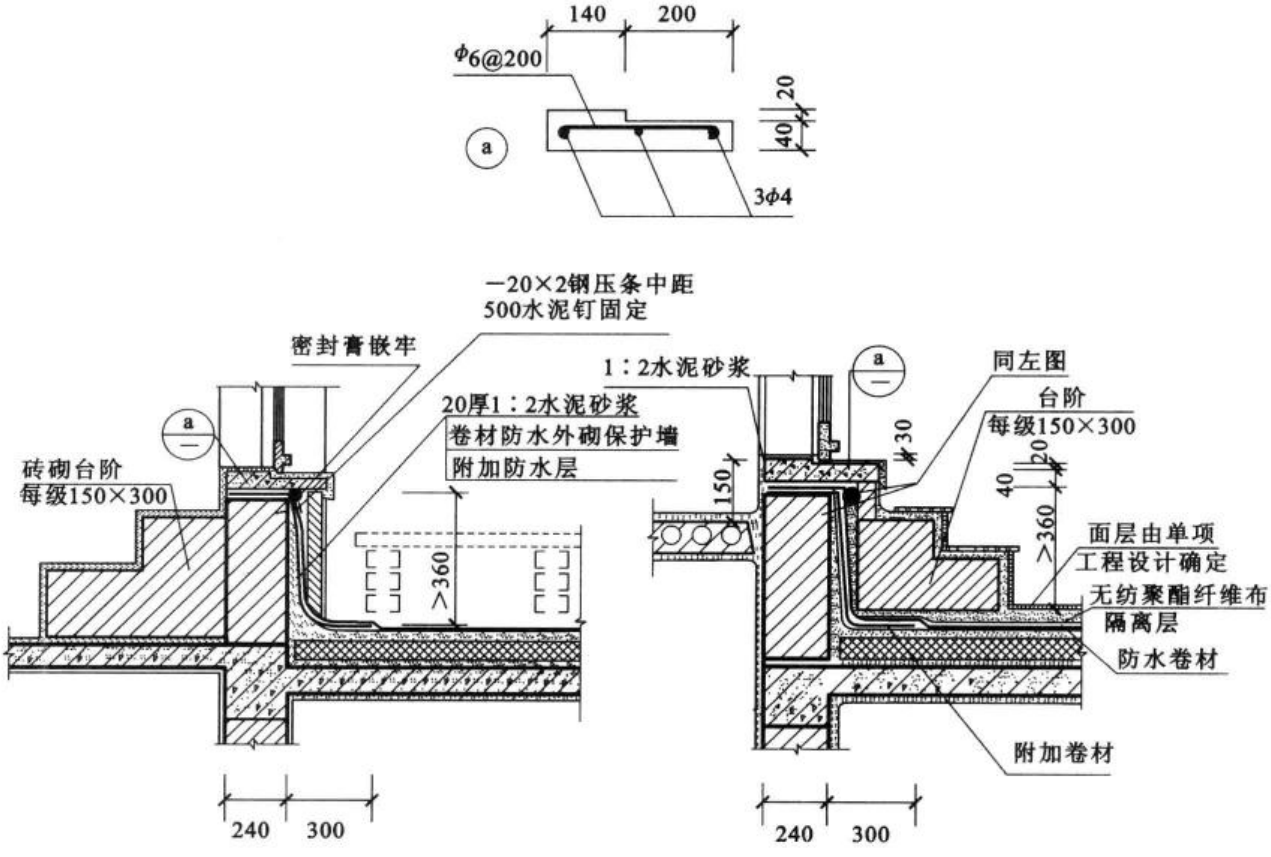


图 8.27 上人出入口构造

当屋顶为不上人屋面，为了屋面检修需要，就必须设置屋面检修孔。检修孔一般设在楼梯间或走廊内，利用钢制爬梯上下。检修孔大小应能满足一个工人携带工具上下，一般净宽尺寸不小于 600 mm×600 mm。检修孔四壁可用砖块砌筑，也可以和屋面板同时现浇。上翻高度从防水层算起应不小于 300 mm，即满足泛水高度要求，防水构造也同泛水。防水卷材压入检修孔上方的混凝土压顶圈内，用建筑油膏嵌封，见图 8.28。

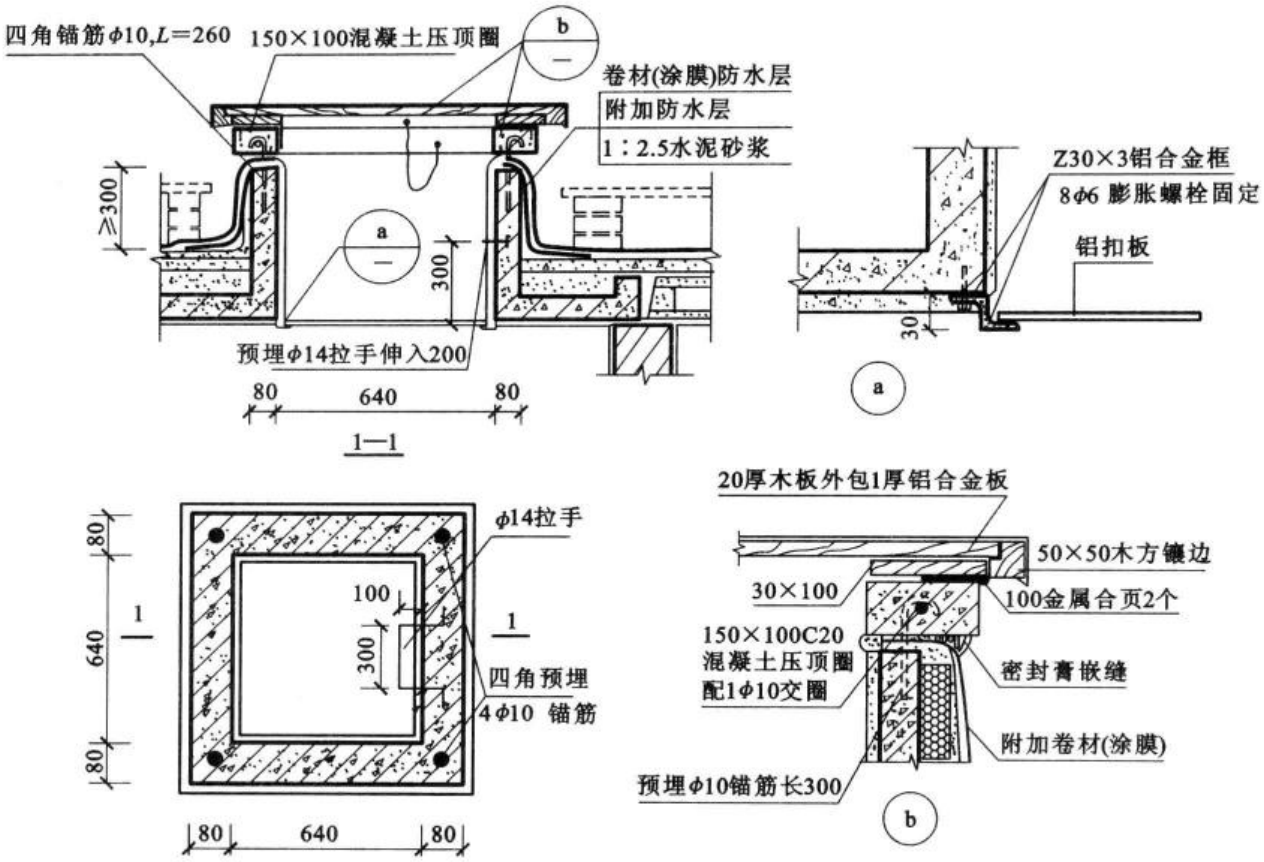


图 8.28　屋面检修孔构造

8.3.2　涂膜防水屋面

涂膜防水屋面是在自身有一定防水能力的结构层表面涂刷一定厚度的防水材料，在常温状态条件下固化后，形成一层具有一定坚韧性的防水薄膜的防水方法。

根据防水基层的情况和适用部位，可将加固材料和缓冲材料铺设在防水层内，可以提高涂膜的防水效果，增强涂膜防水层的强度和耐久性。

涂膜防水的特点是防水效果好、抗渗力强、粘结力强、耐腐蚀、耐老化、延伸率大、弹性好、不延燃、无毒、施工简单方便，特别适用于表面形状复杂的屋面防水。

涂膜防水屋面主要适用于防水等级为Ⅱ级的屋面防水，也可作Ⅰ级屋面多道防水设防中的一道防水层。

8.3.2.1　防水材料

防水材料主要由底漆、防水涂料、胎体增强材料组成。

(1) 底漆

底漆主要有合成树脂、合成橡胶以及橡胶沥青等材料，刷涂或喷涂于基层表面，作为防水施工第一阶段的基层处理材料。

(2) 防水涂料

有合成高分子类防水涂料如聚氨酯防水涂料、聚氨酯煤焦油防水涂料、石油沥青聚氨酯防水涂料、丙烯酸酯防水涂料、硅橡胶防水涂料等；高聚物改性沥青类防水涂料如氯丁

橡胶沥青防水涂料、再生橡胶沥青防水涂料、SBS改性沥青防水涂料等；机硅类防水涂料以及其他防水涂料等。各类防水涂料的特点及适用范围见附录表7。

防水涂料是涂膜防水的主要成膜物质，使屋顶表面与水隔绝，起到防水与密封作用。

防水涂料品种的选择应根据当地历年最高气温、最低气温、屋面坡度和使用条件等因素，选择耐热性和低温柔性相适应的防水涂料；根据地基变形程度、结构形式、当地年温差、日温差和振动等因素，选择与拉伸性能相适应的防水涂料；根据屋面防水涂膜暴露程度，选择耐紫外线、热老化保持率相适应的防水涂料；屋面排水坡度大于25%时，不宜采用干燥成膜时间过长的防水涂料。防水涂膜厚度与防水等级有关，见表8.4。

表8.4　每道涂膜防水层最小厚度(mm)

防水等级	合成高分子防水涂膜	聚合物水泥防水涂膜	高聚物改性沥青防水涂膜
Ⅰ级	1.5	1.5	2.0
Ⅱ级	2.0	2.0	2.0

注：摘自《屋面工程技术规范》(GB 50345—2012)第4.5.6条。

(3) 胎体增强材料

主要有玻璃纤维纺织物、合成纤维纺织物、合成纤维非纺织物等，如玻璃纤维网格布、中碱玻璃布、聚酯无纺布(涤纶)。其作用是增强涂膜防水层的强度，当基层发生裂缝时，可防止涂膜破裂和流坠。

8.3.2.2　涂膜防水屋面构造

涂膜防水屋面的构造基本层次同卷材防水屋面，也是由结构层、找坡层、找平层、结合层、防水层、保护层构成。

结构层、找坡层、找平层构造同卷材防水做法。

(1) 结合层

结合层涂料，即基层处理剂。在防水涂料涂布前，先喷涂或刷涂一道较稀的涂料，以增强涂料与基层的黏结。结合层的涂料应与涂层涂料配套使用。如水乳性防水涂料配套使用2%～5%乳化剂的水溶液稀释涂料；高聚物改性沥青防水涂料配套冷底子油等。

(2) 防水层

在大面积防水涂料涂布前，先按设计要求在女儿墙根部、天沟、檐沟、雨水口等特殊部位涂刷一层防水涂料，随即铺贴胎体增强材料，然后用软刷反复干刷使之贴牢，待防水涂料干燥后再涂刷一层防水涂料。

在预制板的板端处设置缓冲层，即用宽200～300 mm的聚乙烯薄膜空铺在板缝上，一侧用涂料点粘，薄膜之上增铺有胎体增强材料的空铺附加层，以增加防水层参加拉伸的长度。

在找平层分格缝上方空铺一层带有胎体增强材料的附加层，空铺宽度不小于100 mm。

涂膜收头处应防止翘边现象，在所有收头处均应采用密封材料封边，封边宽度不得小于10 mm。收头处有胎体增强材料时，应将其剪齐，嵌入凹槽内，并用密封材料嵌牢。

防水层按涂膜厚度可分为薄质防水涂料和厚质防水涂料。涂膜总厚度在 3 mm 以内的为薄质防水涂料，涂膜总厚度在 3 mm 以上的为厚质防水涂料，两者在施工工艺上有一定差异。

薄质防水涂料有反应型、水乳型和溶剂型的高聚物改性沥青防水涂料和合成高分子涂料。如再生橡胶沥青防水卷材、氯丁橡胶沥青防水卷材、丁基橡胶改性沥青防水卷材、丁苯橡胶改性沥青防水涂料、聚氨酯防水涂料、聚氨酯煤焦油防水涂料、APP 防水涂料、有机硅防水涂料等。做法有二布六涂和一布三涂，见图 8.29 和图 8.30。

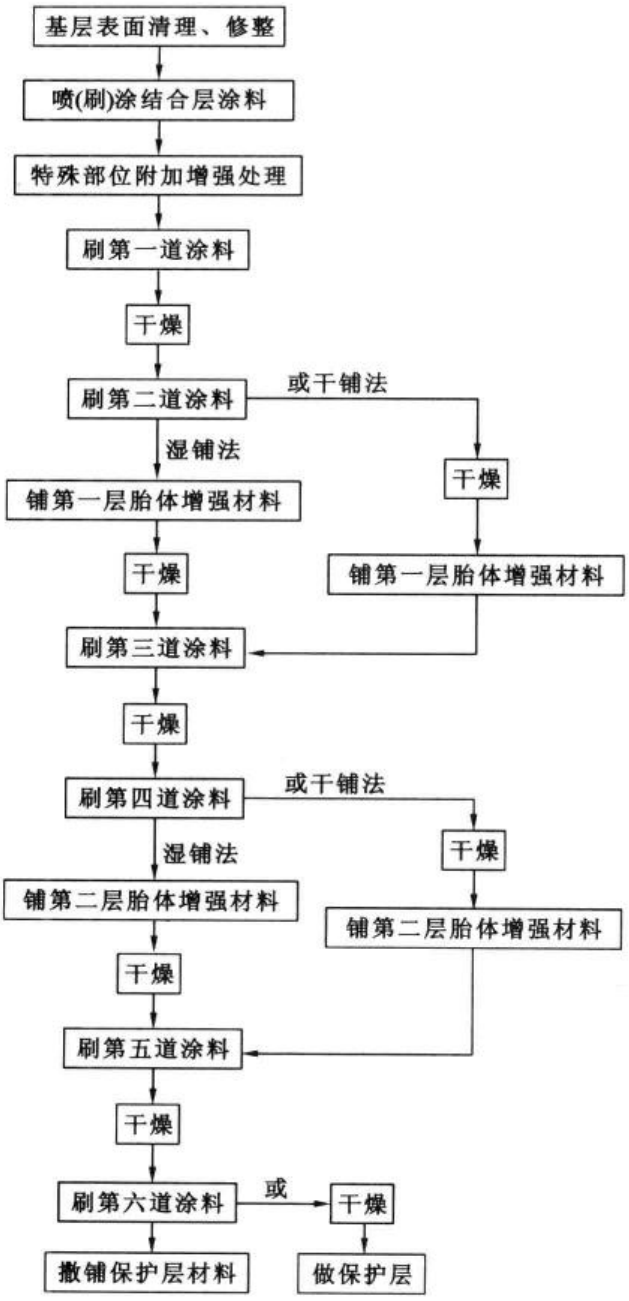


图 8.29　水乳型或溶剂型薄质防水涂料二布六涂施工工艺

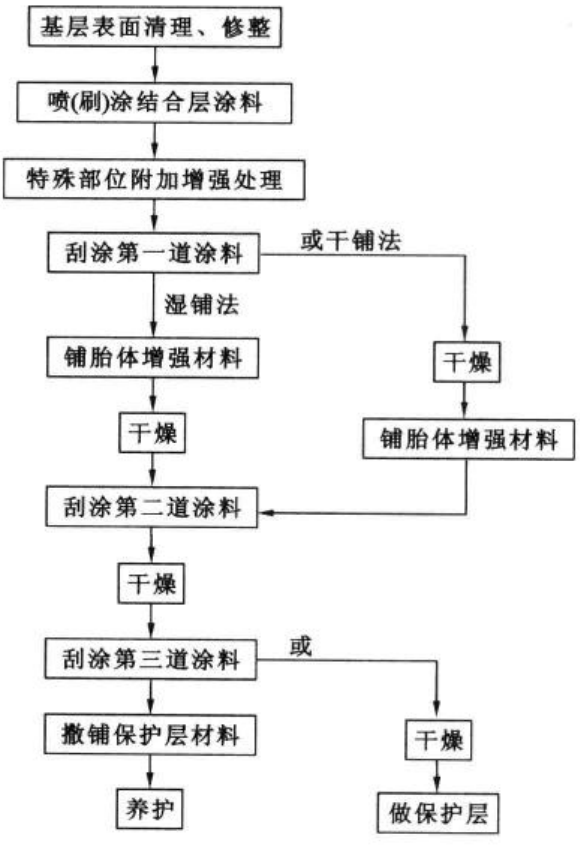


图 8.30　反应型薄质防水涂料一布三涂施工工艺

涂膜总厚度和单道涂刷厚度均应达到设计要求，一般要求面层至少刷涂两遍以上。合成高分子涂料还要求底层涂层厚度应有 1 mm 以上方能铺设胎体增强材料。

胎体增强材料能增加涂膜防水层适应变形的能力，一般平行于屋脊铺贴。当屋面坡度大于15%时，为防止胎体增强材料下滑，应垂直于屋脊铺贴，胎体增强材料的搭接宽度不小于70 mm。如有两层胎体材料，上下层的搭接接缝应错开不小于1/3幅宽，防止重缝，使两层胎体有一致的延伸性。

厚质防水涂料主要有石灰膏乳化沥青防水涂料、膨润土乳化沥青防水涂料、石棉乳化沥青防水涂料、焦油塑料防水涂料、聚氯乙烯胶泥等。涂层厚度一般为4～8 mm，有纯涂层，也有铺衬一层胎体增强材料的涂层。一般采用抹压法或刮涂法施工，与一布三涂工序相近。

(3) 隔热保温层

如聚苯乙烯板等，一般设在防水层上方，起隔热保温作用；或采用与卷材防水屋面相同的保温隔热做法。

(4) 保护层

如装饰涂料、保护缓冲材料，其作用是保护防水涂膜免遭破坏和装饰美化建筑屋面。可采用细砂、云母、浅色涂料、水泥砂浆、块体材料或细石混凝土等。当采用水泥砂浆、块体材料或细石混凝土做保护层时，应在涂膜与保护层之间铺设塑料薄膜做隔离层，防止涂膜被保护层刺伤。

8.3.2.3 涂膜防水屋面细部构造

(1) 雨水口

雨水口四周与檐沟交接处应先用密封材料进行密封，再加铺有两层胎体增强材料的附加层，附加层伸入雨水口的深度不少于50 mm，其余做法同卷材防水屋面。

(2) 天沟、檐沟

天沟、檐沟与屋面交接处的附加层宜空铺，空铺宽度不应小于200 mm，以增加防水层抗拉伸的能力，见图8.31(a)。

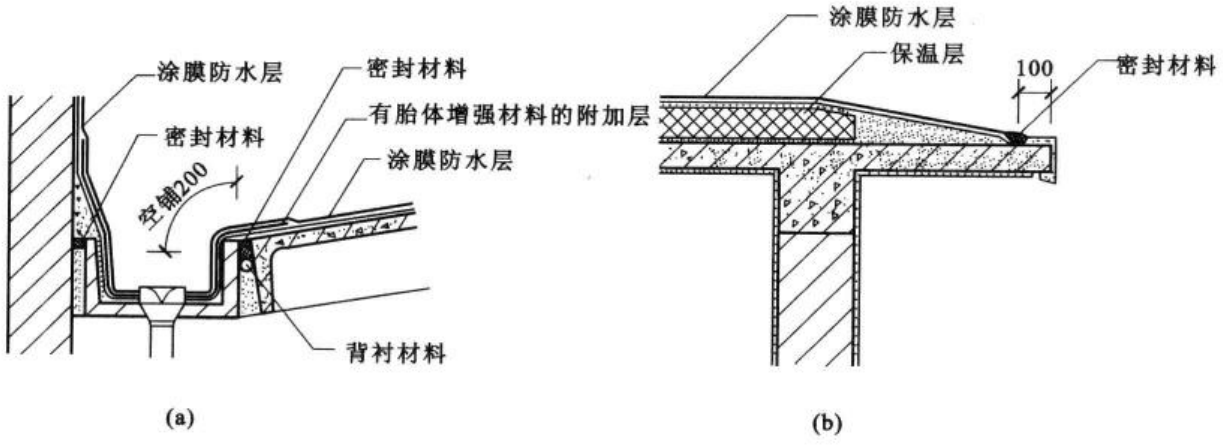


图8.31 涂膜防水屋面檐沟及檐口构造示例

(a) 檐沟构造示例；(b) 檐口构造示例

(3) 檐口

无组织排水檐口的涂膜防水层收头，应用防水涂料多遍涂刷并用密封材料封严。檐口下方应做滴水处理，见图8.31(b)。

(4) 泛水

山墙、女儿墙泛水处的涂膜防水层，宜直接涂刷至压顶下，收头处理应用防水涂料多遍涂刷封严，压顶应做防水处理。见图 8.32(a)。

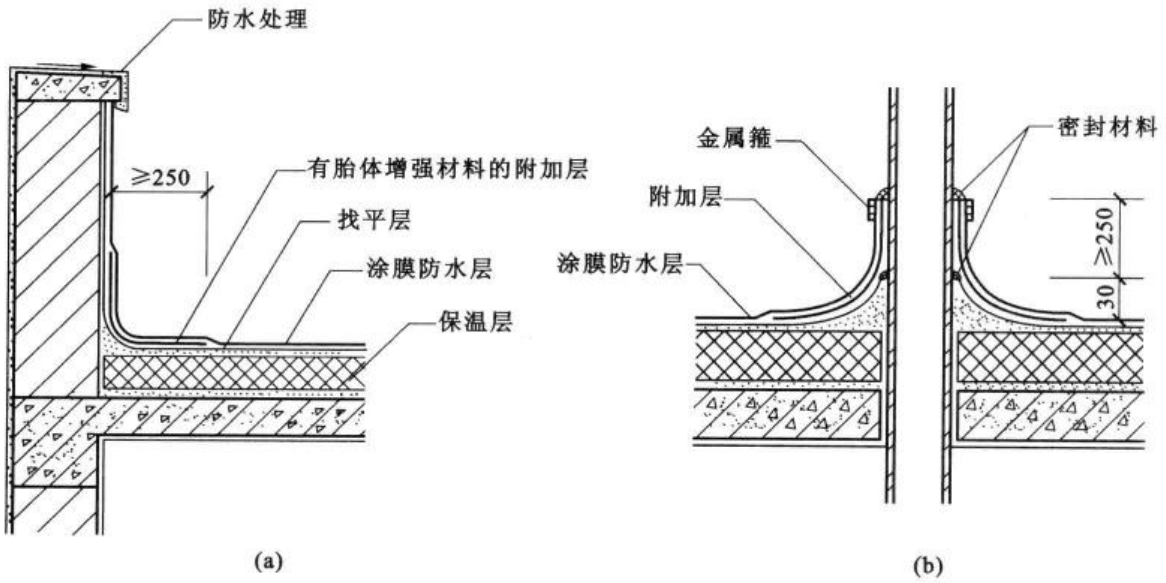


图 8.32　涂膜防水屋面泛水构造示例

(a) 女儿墙泛水构造；(b) 出屋面管道泛水构造

较高的山墙、女儿墙和立墙，应在距屋面板不低于 360 mm 的墙上预留凹槽，将涂膜防水层涂刷在凹槽内部，并用密封膏嵌牢。在涂膜防水层内增设一层有胎体材料的附加层。

伸出屋面管道周围的找平层应做成圆锥台，管道与找平层间应留凹槽，并嵌填密封材料；用防水涂料涂刷一遍，加铺胎体增强材料的附加层，用软刷反复干刷使之贴牢，再用防水涂料多遍涂刷封严；防水层收头处用金属箍箍紧，并用密封材料填实。见图 8.32(b)。

图 8.33 为两种不同防水等级的屋面防水构造举例，读者可参考进行屋面防水设计。

复合防水层是在屋面防水工程中积极推广的一种防水技术。它是将彼此相容的卷材和涂料组合而成的防水层，为具有独立防水能力的一道防水层。

复合防水层在设计时，要求选用的防水卷材与防水涂料应材性相容。同时要求不得相互腐蚀，且在施工过程中不得互相影响。如果做不到这一点，就必须在两种防水材料之间设隔离层。防水涂膜应设置在防水卷材之下。挥发固化型防水涂料不得作为卷材防水粘接材料使用，否则会影响防水涂膜效果。水乳型或合成高分子类防水涂膜上面，不得采用热熔型防水卷材，否则卷材防水施工时会破坏涂膜防水层。水乳型或水泥基类防水涂料，应待涂膜实际干透后再采用冷粘铺卷材，如未干透，则成不了防水膜，起不到防水作用。

复合防水层的最小厚度与防水等级有关，见表 8.5。

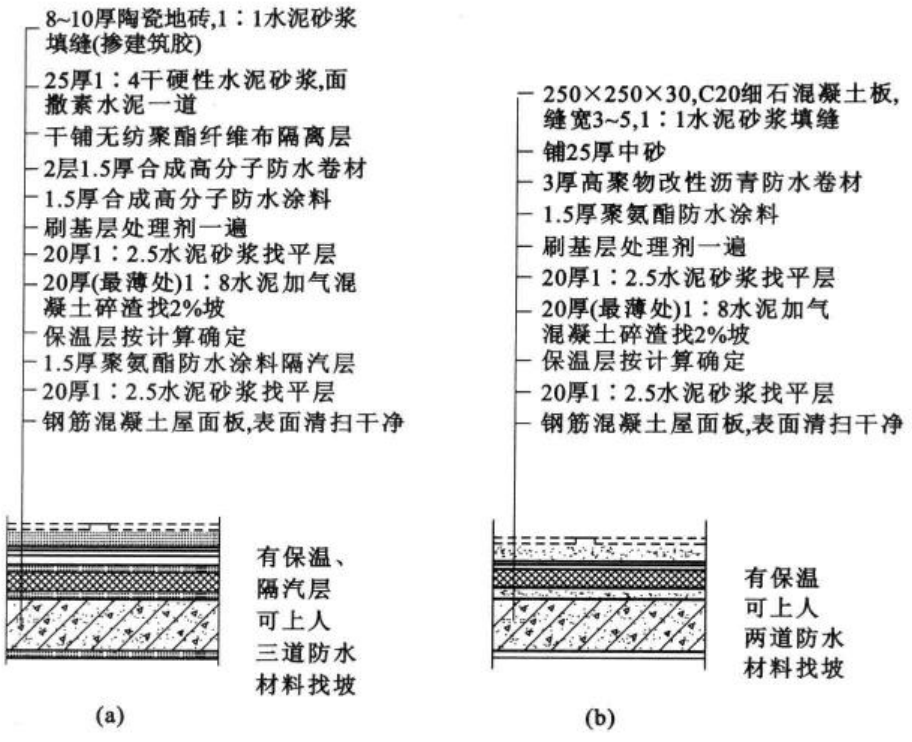


图 8.33　卷材和涂膜防水屋面构造示例

(a) Ⅰ级防水屋面;(b) Ⅱ级防水屋面

表 8.5　复合防水层最小厚度(mm)

防水等级	合成高分子防水卷材+合成高分子防水涂膜	自粘聚全物改性沥青防水卷材(无胎)+合成高分子防水涂膜	高聚物改性沥青防水卷材+高聚物改性沥青防水涂膜	聚乙烯丙烯卷材+聚合物水泥防水胶结材料
Ⅰ级	1.2+1.5	1.5+1.5	3.0+2.0	(0.7+1.3)×2
Ⅱ级	1.0+1.0	1.2+1.0	3.0+1.2	0.7+1.3

注:摘自《屋面工程技术规范》(GB 50345—2012)第 4.5.7 条。

8.4　瓦屋面构造

瓦屋面是在坡屋顶基层上铺设各种防水瓦材,利用瓦材的搭接来排除雨水的一种传统屋面构造方式。由于瓦屋面的屋面施工复杂,瓦材搭接缝隙多,不易密闭,且屋顶下覆盖空间利用率较差,故逐渐被平屋顶所取代。但由于瓦材造价低廉、取材容易,在我国广大的农村城镇还是沿用传统的小青瓦来作为屋面防水材料。另外,由于坡屋顶造型丰富,也受到建筑师的青睐,用来塑造建筑的第五立面。一些大型的工业厂房和大空间建筑,由于造型、排水和施工的需要,通常采用金属瓦材作为屋面防水材料,见图 8.34。

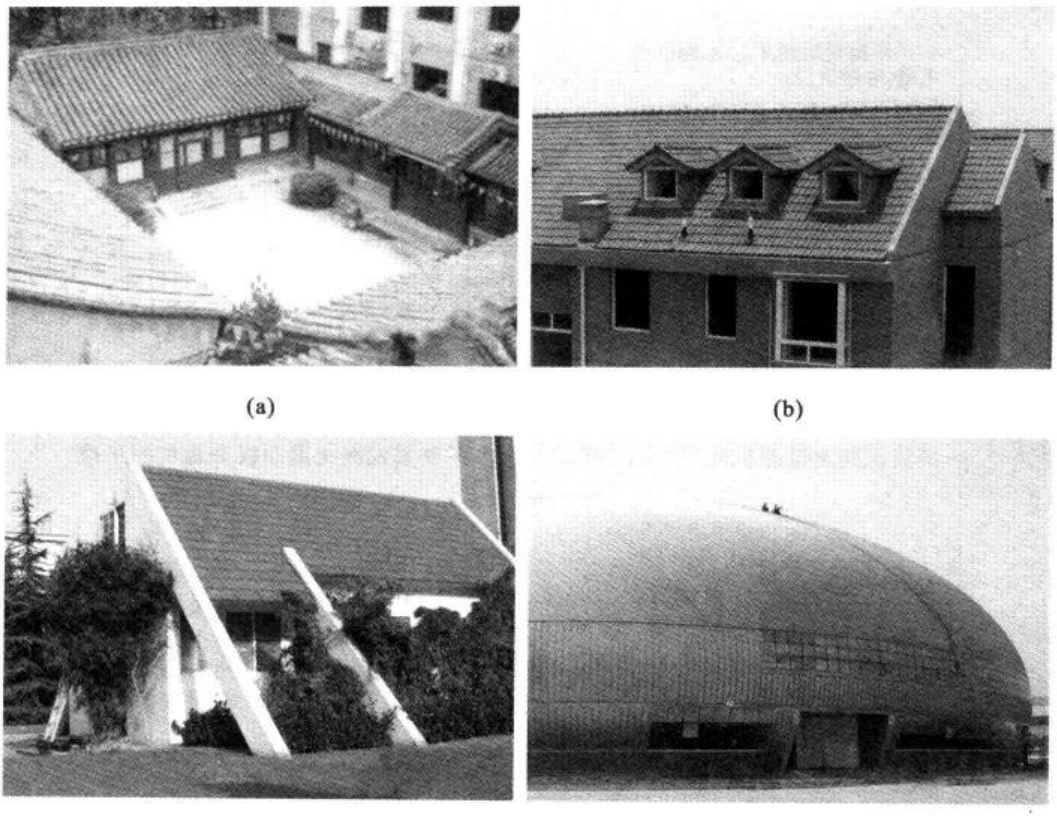


图 8.34　不同形式的瓦屋面

(a) 北京四合院;(b) 某住宅楼;(c) 某公厕;(d) 某体育馆

8.4.1　瓦屋面的组成

瓦屋面的造型很多,常用屋顶形式有四坡屋顶和两坡屋顶,各部分名称见图 8.35。瓦屋面由承重结构和围护结构两大部分组成,见图 8.36。

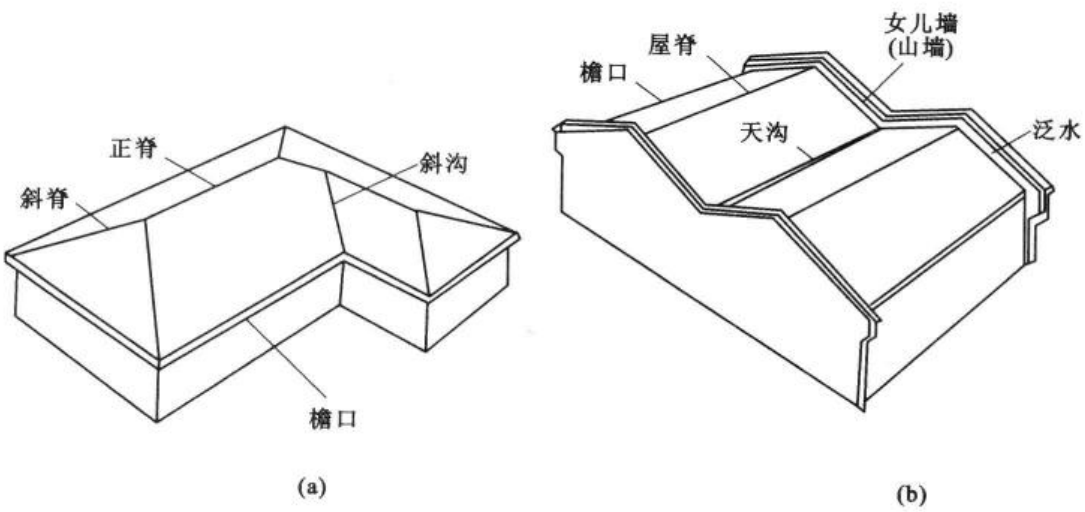


图 8.35　瓦屋面各部分名称

(a) 四坡屋顶;(b) 并立双坡屋顶

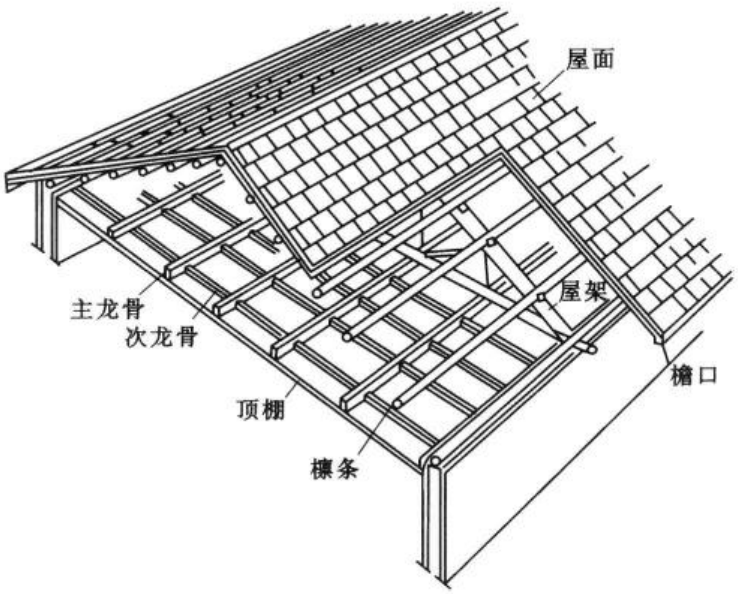


图 8.36　瓦屋面的组成示意图

8.4.2　瓦屋面的承重结构

瓦屋面的承重结构有桁架结构、梁架结构和空间结构三类。

桁架结构一般采用三角形屋架或梯形屋架，搁置在墙体或柱子上，屋架上放置檩条构成瓦屋面的承重结构。桁架结构一般用于较大空间的食堂、礼堂等。如果是普通民居，空间较小，可以将墙体直接砌至屋顶处，用墙体来支承檩条，形成硬山架檩和山墙承檩的墙承重结构，见图 8.37。

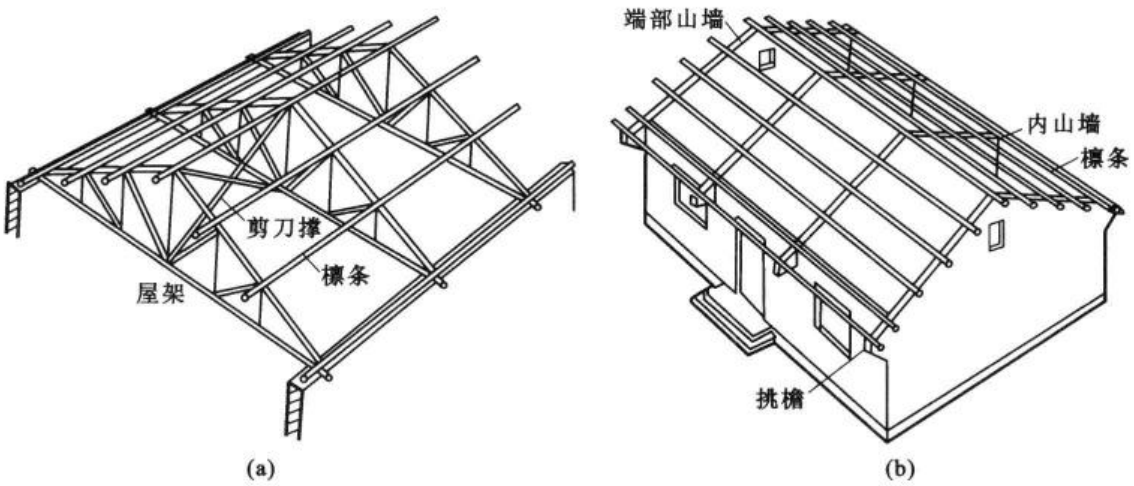


图 8.37　桁架承重和墙体承重结构

(a) 屋架支撑檩条；(b) 山墙支撑檩条

梁架结构是由木柱、木梁、木枋构成的梁架结构，是我国传统的木构架形式，有叠梁式和穿斗式两种，主要用于民居和仿古建筑。

空间结构有网架、悬索、拱结构等，主要用于大跨度建筑，如影剧院、体育馆等。

8.4.3 瓦屋面的基层

瓦屋面的基层按构造方式分为有檩体系和无檩体系。

有檩体系是在屋架或山墙上架设檩条，檩条上面架设椽条或屋面板，使屋面形成一个完整的坡面，以便支撑防水层和其他构造层次。檩条一般搁置在屋架的节点上或山墙预留的凹口上。屋架的间距就是檩条的跨度，也是房间的开间，檩条的选择与屋架间距有关，间距在 4 m 以内时可选用木檩条，当间距在 4～6 m 时可选用钢筋混凝土檩条或钢檩条。屋架一般有木屋架、钢筋混凝土屋架、钢屋架和钢木组合屋架。当跨度较小时可采用钢木组合屋架，当跨度大于 18 m 时可采用钢筋混凝土屋架或钢屋架。

当室内空间比较大时，一般均采用有檩体系，它的特点是自重轻、施工较简单。常用屋架形式见图 8.38，常用檩条形式见图 8.39。

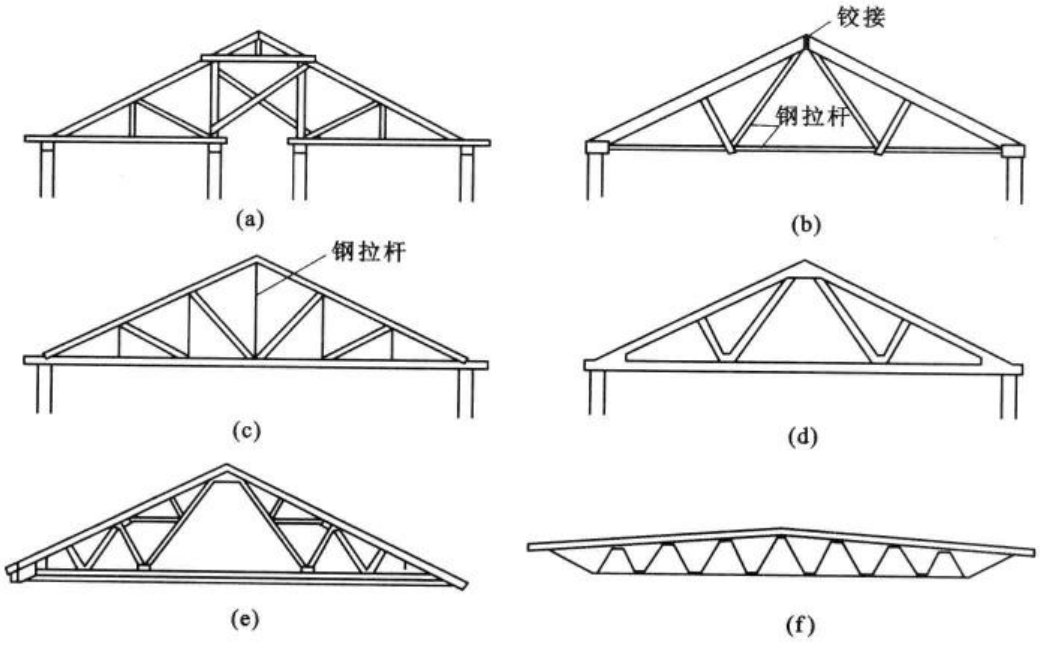


图 8.38　常用屋架形式

(a) 四支点木屋架；(b) 钢筋混凝土三铰式屋架；(c) 钢木组合豪式屋架；(d) 钢筋混凝土屋架；(e) 芬克式钢屋架；(f) 梭形轻钢屋架

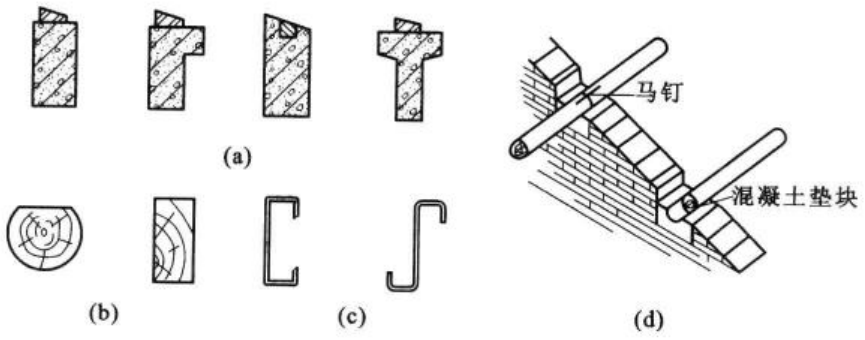


图 8.39　常用檩条形式及檩条的搁置方式

(a) 钢筋混凝土檩条；(b) 木檩条；(c) 型钢檩条；(d) 檩条在墙上的搁置方式

无檩体系是将屋面板直接搁置在山墙、承重墙、屋架或屋面梁上，见图 8.40。在住宅等小开间建筑中，往往采用现浇钢筋混凝土斜板，整体性和防水性能更好。

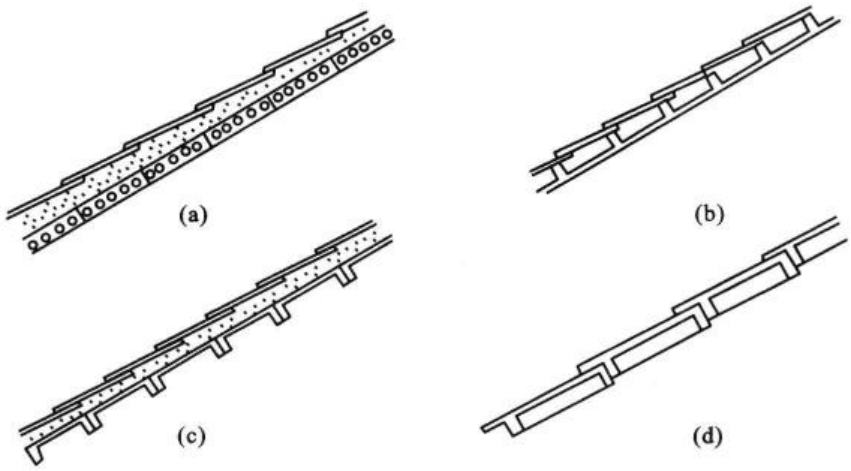


图 8.40　钢筋混凝土无檩体系

(a) 空心板盖瓦；(b) 倒 T 形板盖瓦；(c) 槽形板盖瓦；(d) F 形屋面板

8.4.4　瓦屋面的防水层和其他构造层次

瓦屋面的名称是根据瓦的名称而定，如平瓦屋面、小青瓦屋面、英红瓦屋面、油毡瓦屋面、金属瓦屋面等。瓦屋面的防水层有瓦材、卷材防水、涂膜防水等。

8.4.4.1　平瓦屋面

平瓦主要指传统的粘土机制平瓦和混凝土平瓦。平瓦屋面适用于防水等级为Ⅰ级、Ⅱ级、屋面防水。当平瓦单独使用时，可用于Ⅱ级的屋面防水；平瓦与防水卷材或防水涂膜复合使用时，可用于Ⅰ级的屋面防水。平瓦屋面的排水坡度不应小于 20%，当平瓦屋面坡度大于 50%时，应采取固定加强措施。

平瓦屋面的基层可为木基层或钢筋混凝土板。木基层构造做法是：先在基层上铺设一层卷材，其搭接宽度不小于 100 mm，再用顺水条将卷材压钉在基层上，顺水条的间距一般为 500 mm，再在顺水条上铺钉挂瓦条，在挂瓦条上铺挂平瓦。图 8.41 为木制基层平瓦屋面构造。

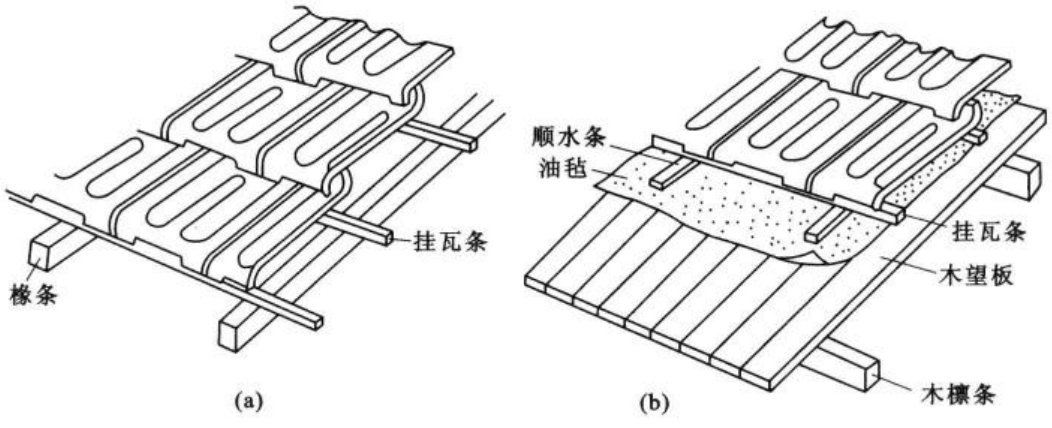


图 8.41　木制基层平瓦屋面构造

(a) 冷摊瓦屋面；(b) 木望板瓦屋面

当基层为钢筋混凝土板时，平瓦与基层的连接方法有砂浆卧瓦、钢挂条挂瓦、木挂条挂瓦三种。根据屋面是否需要保温隔热和屋面防水等级不同，其构造做法也不同，图 8.42为几种平瓦屋面构造，且适用于水泥彩瓦和西式陶瓦构造。

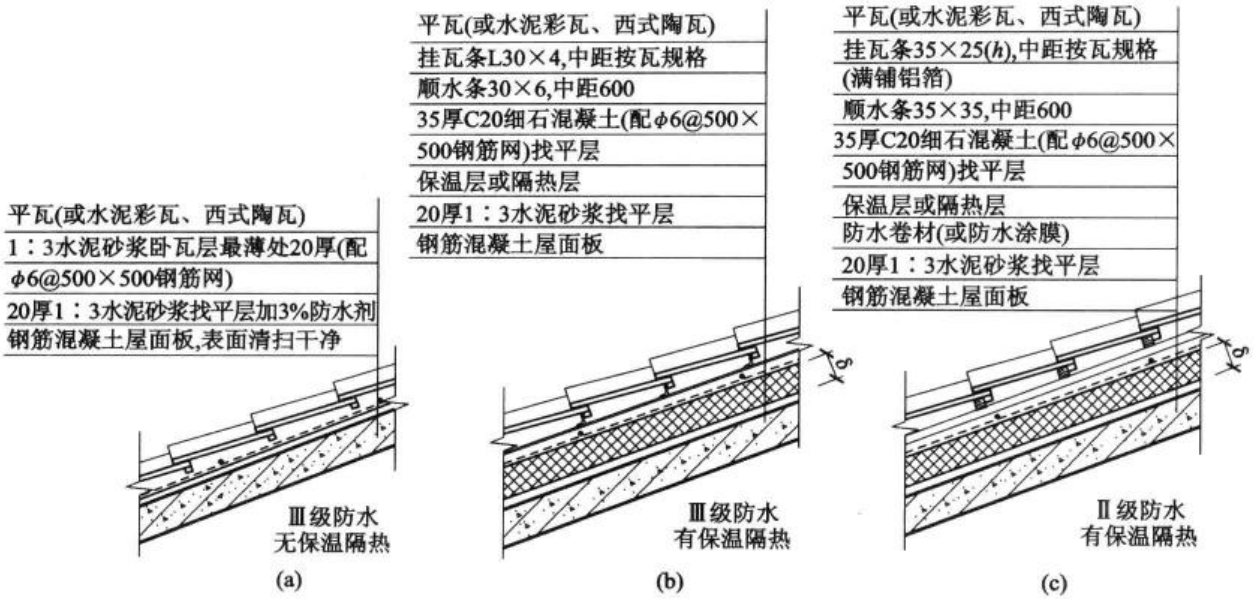


图 8.42　钢筋混凝土基层平瓦构造示例

(a) 砂浆卧瓦；(b) 钢挂条挂瓦；(c) 木挂条挂瓦

找平层有两种：水泥砂浆找平层一般设置在卷材防水和涂膜防水层之下，内掺纤维素，并设分格缝，间距不大于 6 m；细石混凝土找平层一般设置在瓦材之下，用于钉铺块瓦挂瓦条和钉粘油毡瓦，内设 φ6@500 mm×500 mm 钢筋网，可不设分格缝。

卷材防水层可采用合成高分子防水卷材，厚度不小于 1.2 mm；或采用高聚物改性沥青防水卷材，厚度不小于 3 mm。如采用合成高分子防水涂料，厚度不小于 1.5 mm；高聚物改性沥青防水涂料，厚度不小于 3 mm。在木基层上铺设卷材时，应自下而上平行屋脊铺贴，搭接顺水流方向。

保温层设在防水层上方，一般采用板状保温材料和整体现浇保温层。

卷材防水层可兼做隔汽层。

在地震、大风区及屋面坡度大于 50%时，应对全部瓦材进行固定加强措施。具体办法是，采用双股 18 号铜丝将瓦和挂瓦条绑扎在一起，砂浆卧瓦时，将瓦和砂浆内的钢筋网绑扎在一起。

挂瓦条的间距应根据瓦的规格和屋面坡长确定，挂瓦条应铺钉平整、牢固，上棱成一直线。平瓦应铺成整齐的行列，彼此紧密搭接，并应瓦榫落槽、瓦脚挂牢、瓦头排齐，檐口成一直线。

8.4.4.2　沥青瓦屋面

沥青瓦是以玻纤毡为胎基的彩色块瓦状的防水片材，又称油毡瓦，见图 8.43。由于色彩丰富、形状多样，近年来已得到广泛应用。沥青瓦屋面适用于防水等级为Ⅰ级、Ⅱ级的屋面防水。当沥青瓦单独使用时，可用于Ⅱ级的屋面防水；油毡瓦与防水卷材或防水涂膜复合使用时，可用于Ⅰ级的屋面防水。沥青瓦屋面的排水坡度不应小于 20%。当屋面

坡度大于150%时，应采取固定加强措施。

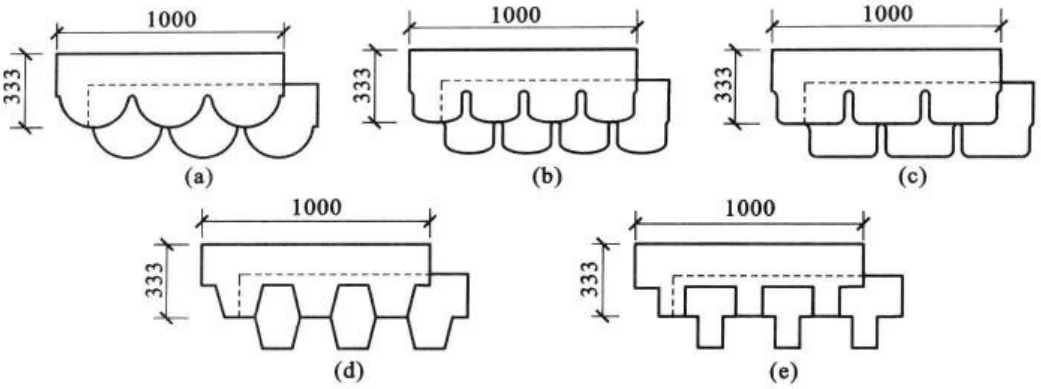


图 8.543　油毡瓦形式

(a) 鱼鳞瓦1；(b) 鱼鳞瓦2；(c) 圆角瓦；(d) 蜂窝瓦；(e) T字瓦

沥青瓦的施工环境宜为5～35 ℃，保管时温度不应超过40 ℃，不然容易熔化粘连，应避免雨淋、日晒、受潮，注意通风，远离火源。

沥青瓦屋面的基层可为木基层或钢筋混凝土板。当采用木基层时，应在基层上先铺一层卷材垫毡，从檐口往上用油毡钉铺钉，钉帽应盖在垫毡下面，垫毡搭接宽度不小于50 mm，垫毡可采用350号石油沥青油毡。当在混凝土基层上铺设沥青瓦时，应在基层表面抹20 mm厚1∶3水泥砂浆找平层，其上涂抹基层处理剂，进行卷材防水或涂膜防水施工，然后在防水层上面做细石混凝土找平层。如果有保温隔热层，则做在防水层之上，再做细石混凝土找平层。

铺设沥青瓦时，先铺设一层卷材垫毡。沥青瓦自檐口向上铺设，第一层瓦与檐口平行，切槽向上指向屋脊，第二层瓦与第一层瓦重叠，切槽向下指向檐口。第三层瓦应压在第二层瓦上，并露出切槽，相邻两层瓦，其拼缝及瓦槽应均匀错开。每片沥青瓦不应少于4个油毡钉，沥青钉应垂直钉入，钉帽不得外露，当屋面坡度大于150%时，应增加沥青钉或采用沥青胶粘贴。图8.44为油毡瓦屋面构造。

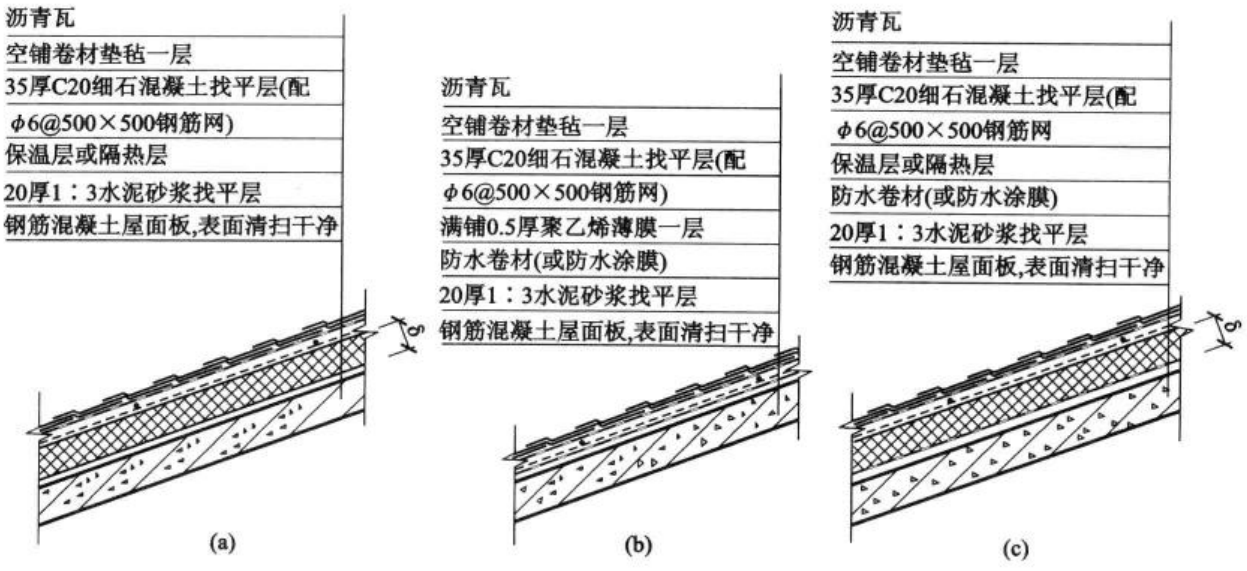


图 8.44　油毡瓦屋面构造

(a) Ⅱ级防水，有保温隔热；(b) Ⅰ级防水，无保温隔热；(c) Ⅰ级防水，有保温隔热

8.4.5 瓦屋面的细部构造

8.4.5.1 檐口构造

瓦屋面一般伸出外墙一段距离，以保护外墙免遭雨淋，挑出部分就称为挑檐，也叫檐口。挑檐按所处位置不同分为纵墙挑檐和山墙挑檐。

纵墙檐口设在纵墙挑出一侧，当屋面为四坡排水时，横墙挑檐口构造同纵墙。挑檐挑出长度根据设计要求而定。当出挑长度不大时，可直接将木基层或钢筋混凝土板挑出；当出挑长度较大时，可在屋架下方设挑檐木，或设钢筋混凝土挑梁。

传统木基层檐口为了提高屋面的耐久性和增加美观，在檐口处设封檐板封住椽条和屋面板端部，檐口下方做板条灰吊顶；钢筋混凝土檐口则不需要设置，但是为美观起见，在端部也可做边梁收头。平瓦屋面的瓦头挑出封檐板的长度宜为 50～70 mm，以便排水。平瓦檐口构造示例见图 8.45。

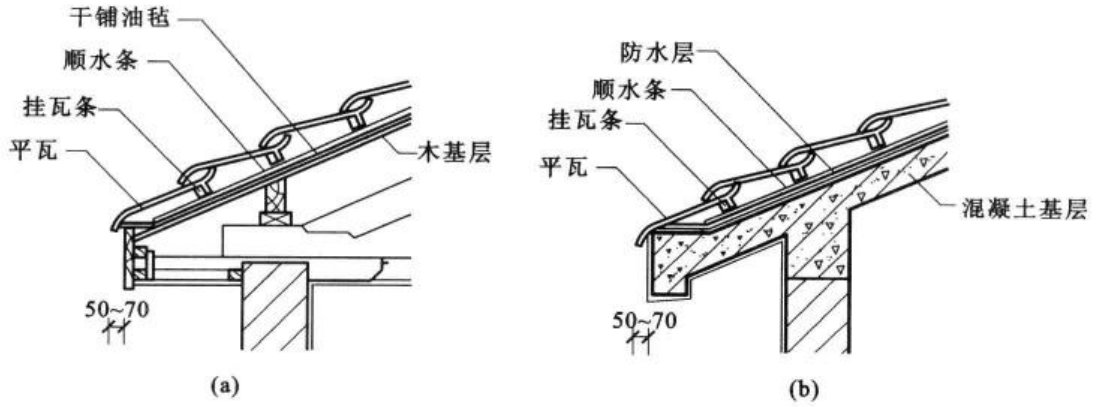


图 8.45 平瓦屋面檐口构造

(a) 木基层檐口构造示例；(b) 钢筋混凝土基层檐口构造示例

沥青瓦屋面的檐口构造基本同平瓦屋面，只是在檐口挑出部分，为保护封檐板，应加设金属滴水板，钉入油毡瓦下方的基层上，见图 8.46。

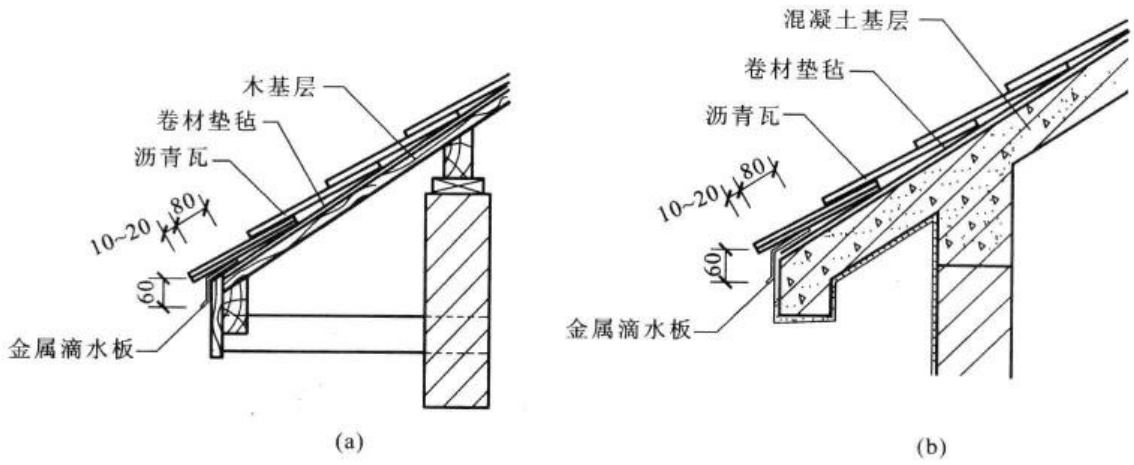


图 8.46 沥青瓦屋面檐口构造

(a) 木基层檐口构造示例；(b) 钢筋混凝土基层檐口构造示例

山墙挑檐按屋面形式分为悬山、硬山、出山三种。

悬山屋顶是将屋面檩条向外悬挑一部分，故称悬山。挑檐上面覆瓦，下面做吊顶，端部做封檐板，也叫博风板。见图 8.47。

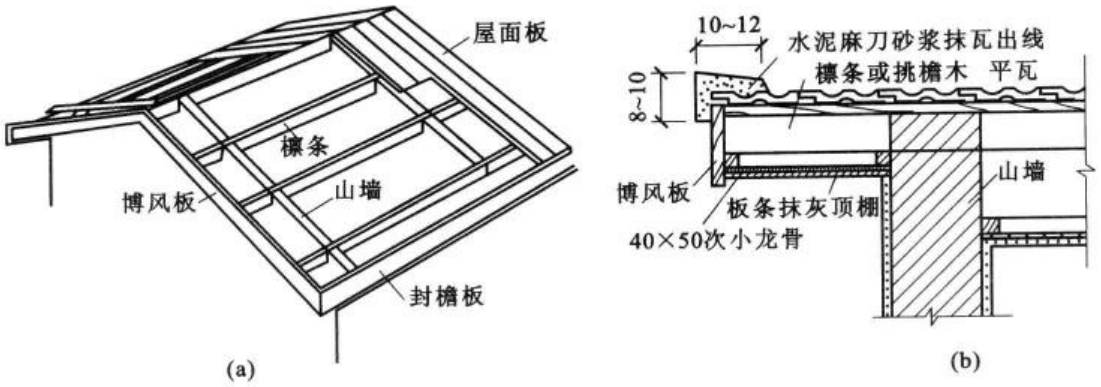


图 8.47　山墙挑檐构造

(a) 檩条挑檐；(b) 山墙挑檐构造

硬山屋顶是将山墙升至屋顶包住屋面瓦材，山墙高度与屋面基本持平，当山墙高度高过屋面许多，就形成了出山屋顶。徽派建筑的封火墙其实就是出山屋顶，这种屋顶形式可以有效地隔断火源，在我国南方运用较多。见图 8.48。

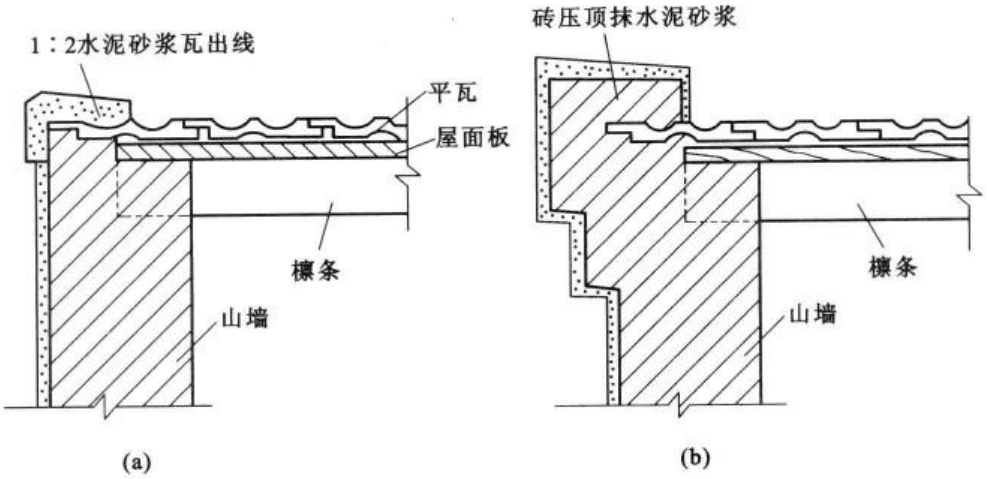


图 8.48　硬山封檐构造

(a) 抹瓦出线封檐；(b) 挑砖压顶封檐(也可改压顶成抹瓦出线)

8.4.5.2　泛水构造

当山墙高出屋面、烟囱伸出屋面、屋顶有高低时，墙体与屋面相交处就必须做泛水。平瓦屋面的泛水，宜采用聚合物水泥砂浆或掺有纤维的混合砂浆分次抹成并压住平瓦，具体构造见图 8.49。

油毡瓦屋面在泛水处，应设金属泛水板，与突出屋面的墙体搭接高度应不小于250 mm，泛水板上方钉金属盖板并用密封材料嵌牢，以保证泛水处不会渗漏，见图 8.50(a)。

烟囱与屋面交接处，应在烟囱迎水面中部抹出分水线，并应高出两侧各 30 mm。在烟囱的四周，均用聚合物砂浆抹出泛水并压住瓦材，便于排水，见图 8.58(b)。

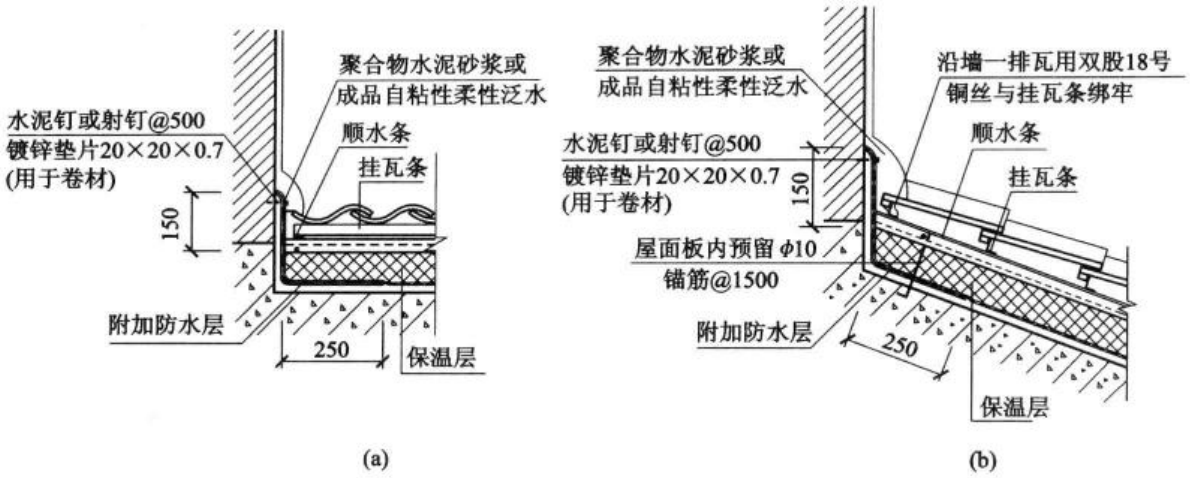


图 8.49　平瓦屋面泛水构造

(a) 山墙泛水；(b) 高低屋面处泛水

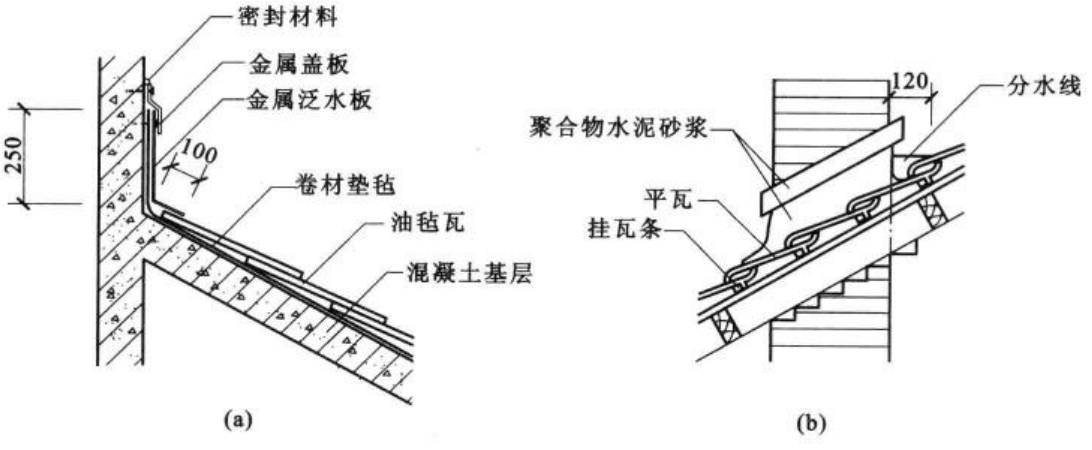


图 8.50　沥青瓦屋面泛水及平瓦屋面烟囱泛水

(a) 油毡瓦屋面泛水；(b) 平瓦屋面烟囱泛水

8.4.5.3　檐沟构造

檐沟分为外挂檐沟和现浇檐沟两种。

传统瓦屋面是在木基层固定扁钢挂钩来挂住镀锌铁皮檐沟，平瓦伸入檐沟 50～70 mm，见图 8.51(a)。由于铁皮易生锈，近年来多采用硬质 PVC-U 型塑料檐沟，用厂家提供的配件进行安装固定，檐沟大小可根据设计进行选择。由于塑料檐沟重量轻、施工方便、外形美观，得到了广泛的运用，具体构造见图 8.51(b)。

钢筋混凝土檐沟是在外墙圈梁或连系梁外悬挑现浇而成，檐沟尺寸根据当地降雨量和建筑造型而定。防水卷材应铺至檐沟外壁上方收头，在屋面与檐沟连接的突出部分应空铺 200 mm，以适应屋面的变形。平瓦伸出檐沟的长度宜为 50～70 mm，见图 8.51(c)。油毡瓦屋面在檐沟处的防水卷材与油毡瓦应满贴，油毡瓦下方设金属滴水板并伸入檐沟，见图 8.51(d)。

8.4.5.4　屋脊、斜脊、合水沟构造

屋脊、斜脊、合水沟构造见图 8.52。

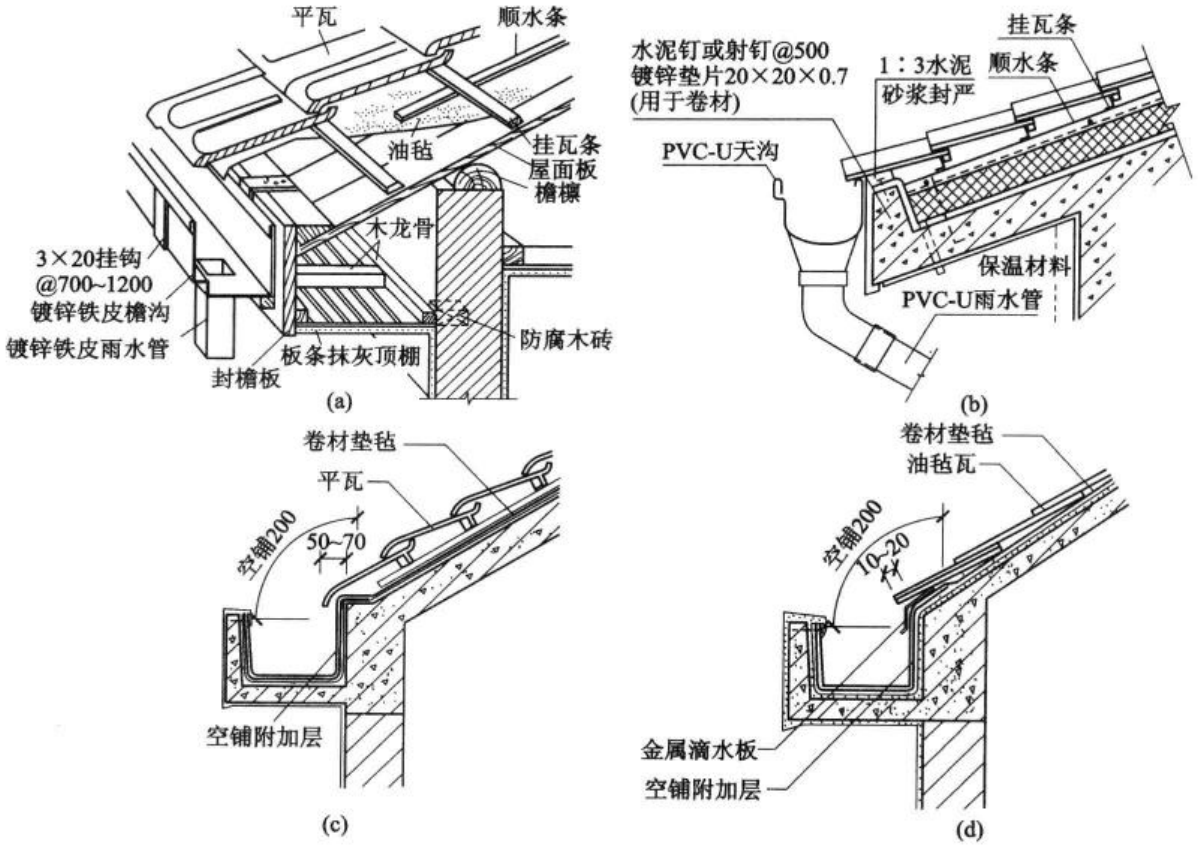


图 8.51　檐沟构造示例

(a) 木基层外挂铁皮檐沟；(b) 钢筋混凝土基层外挂塑料檐沟；(c) 平瓦屋面现浇檐沟；(d) 油毡瓦屋面现浇檐沟

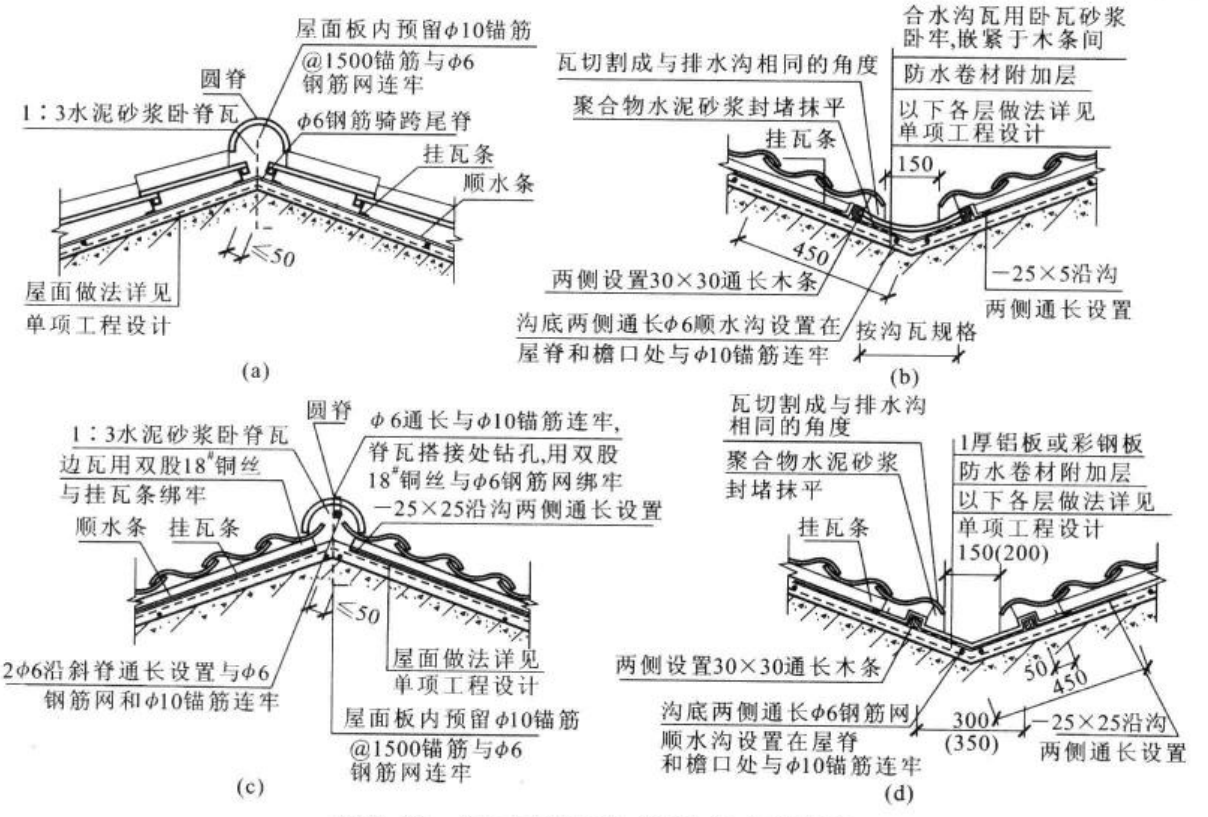


图 8.52　平瓦屋面屋脊、斜脊、合水沟构造

(a) 屋脊构造；(b) 合水沟构造一；(c) 斜脊构造；(d) 合水沟构造二

8.4.5.5　屋顶窗构造

在坡屋顶上设置老虎窗或平天窗，可以使屋顶内空气对流，达到通风隔热作用。另外还可以充分利用阁楼层居住或储物。

传统的老虎窗按排水方式分为一坡水、两坡水、四坡水，一般是支承在屋顶檩条或椽子上。传统檩式老虎窗构造见图 8.53。在檩条上立柱，柱顶架小木梁，其上按照排水方式盖一坡水屋顶或两坡水屋顶。老虎窗的小屋顶和大屋顶相交处形成斜沟，老虎窗的立墙与大屋顶相交处形成泛水。老虎窗的窗台高度不确定，如果考虑阁楼层住人，可将窗台高度设在人眼可及高度之下，窗台距屋顶应有一定高度，便于做泛水以避免雨水进入室内。

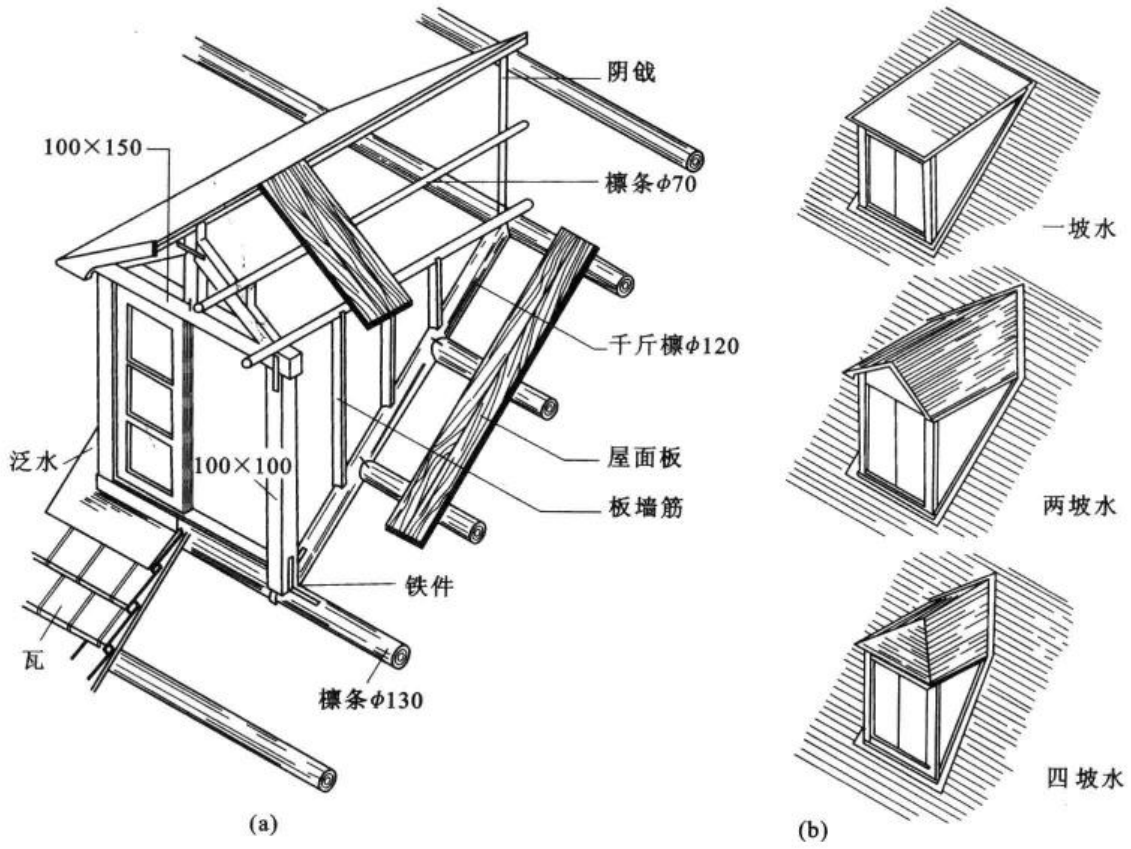


图 8.53　传统檩式老虎窗构造

(a) 檩式老虎窗构造；(b) 老虎窗外观

现代住宅为充分利用空间和丰富建筑体形，在坡屋顶上设置平天窗(图 8.54)或老虎窗，既可以采光通风，又可以增加建筑面积。屋顶窗的构造要点是防水，应在屋面与屋顶窗的交接处，采用金属排水板、窗框固定铁脚、窗口防水卷材、支瓦条等连接。

平天窗构造较简单，直接在斜屋面上开设洞口，四周突起，便于屋面各构造层的铺设，窗框周边设金属排水板，在窗框迎水面的一边做分水线引导水流。窗一般为上旋窗，开向檐口一侧，开启后可引导风进入室内。

钢筋混凝土老虎窗由于突出于屋面一定的高度，重量较大，构造较为复杂。在老虎窗两侧应设钢筋混凝土斜梁来支撑老虎窗。老虎窗的墙体、窗台、屋顶均采用钢筋混凝土现浇板，与大屋面形成一个整体。老虎窗与瓦屋面相交处形成的合水沟、泛水、挑檐等构造同瓦屋面构造，见图 8.55。

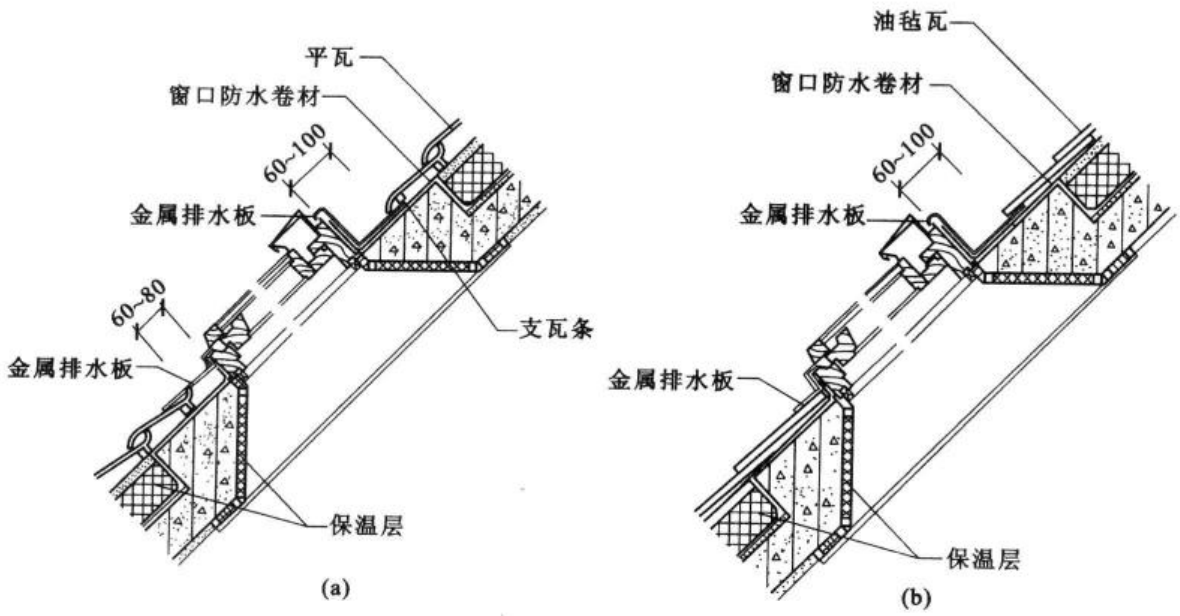


图 8.54　屋顶平天窗构造示例

(a) 平瓦屋面屋顶窗；(b) 油毡瓦屋面屋顶窗

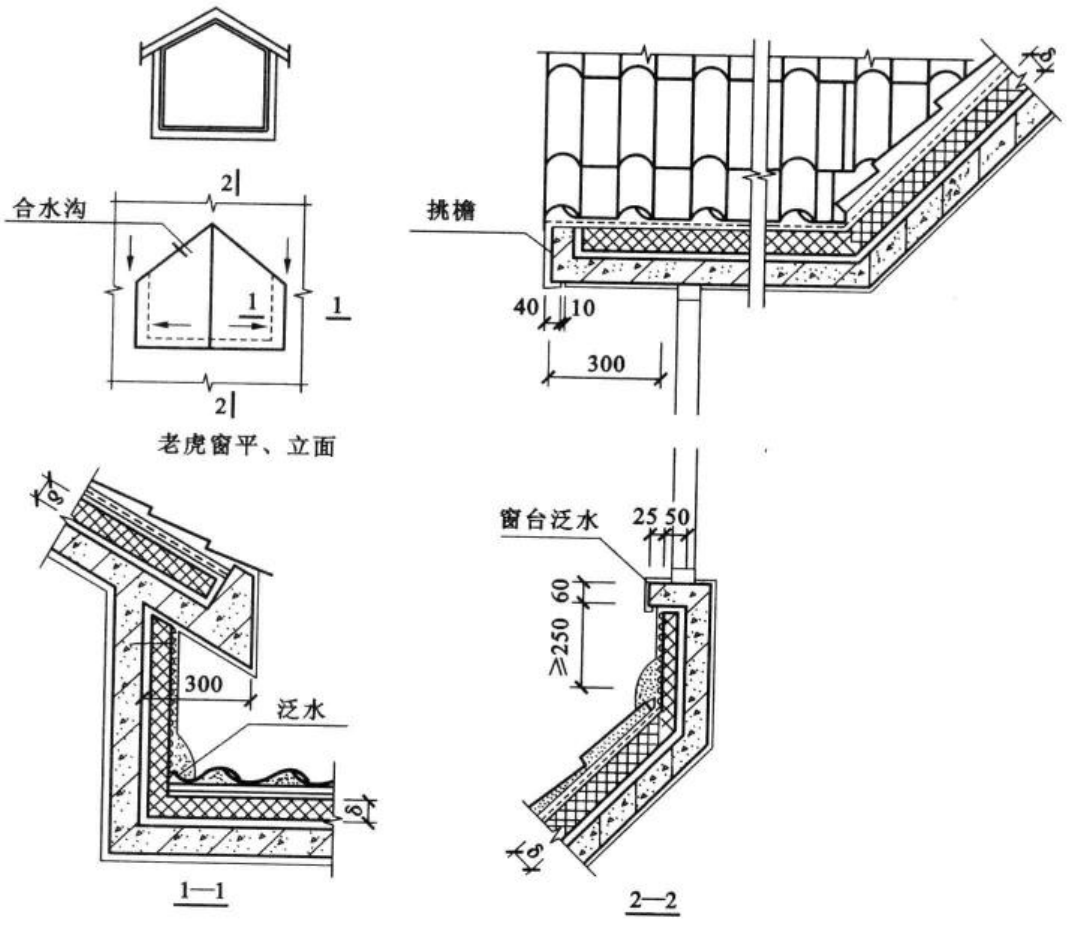


图 8.55　老虎窗构造示例

8.5 屋顶的保温与隔热

保温隔热屋面适用于有保温隔热要求的屋面工程。

保温隔热屋面的类型和构造设计，应根据建筑物的使用要求、屋面的结构形式、环境气候条件、防水的处理方法和施工条件等因素，以及技术经济比较来确定。

8.5.1 屋顶的保温

保温屋面是为了提高屋面保温能力，防止室内热量散失，在屋面围护构件中加设保温层，提高屋面热阻，从而达到保温的目的。

保温材料应选择导热系数小、重量轻、吸湿性小的材料，保温层的厚度应根据热工计算得出。

8.5.1.1 保温材料

常见保温材料有炉渣、矿渣、加气混凝土碎渣、蛭石、珍珠岩、陶粒、矿棉、岩棉等，一般导热系数不大于 0.29 W/(m·K)的材料都可以称为保温材料，见附录表 5。

屋面保温一般采用整体现浇保温层或板状材料保温层。

整体现浇保温层是将散料保温材料用水泥浆拌和后浇筑在屋面上，干燥后具有一定的强度和刚度，且不影响保温能力的保温层。一般有 1∶8 水泥加气混凝土碎渣、1∶8 水泥蛭石、1∶8 水泥珍珠岩、1∶8 水泥炉渣等。还有现喷硬质聚氨酯泡沫塑料等整体保温层等。

板块保温层有预制膨胀珍珠岩板、膨胀蛭石板、加气混凝土板、矿棉、岩棉等，还有聚氯乙烯泡沫塑料板、聚苯乙烯泡沫塑料板、聚氨酯泡沫塑料板等。

保温层的选择须根据使用要求、气候条件、屋顶的结构形式、防水处理方法、施工条件等综合考虑。目前采用较多的是加气混凝土板，其价格较为低廉。聚苯乙烯泡沫塑料板等由于价格较高，一般用在建筑等级较高的工程当中。

8.5.1.2 平屋顶保温屋面构造

平屋顶的保温层构造形式有两种，一种是正铺保温屋面，一种是倒铺保温屋面。

(1) 正铺保温屋面

正铺保温屋面是传统的构造形式。由于过去传统的保温材料吸湿性较大，受水浸泡后会失去保温性能，所以将保温层铺设在结构层之上，防水层之下，既能保温，又不怕雨水的侵袭，见图 8.56。

从图 8.56(a)中可以看出，保温层直接铺设在结构层之上，由于强度和刚度较弱，必须在其上做找平层以便于防水层的铺设。图 8.56(b)中除了增设保温层之外，还增设了隔汽层，这是因为冬季采暖房屋内水蒸气含量较大，水蒸气分子从压力高的一侧通过屋面围护结构向外渗透，当水蒸气进入到保温层内时，如果水蒸气实际压力达到饱和蒸汽压力，就会在保温层内产生内部凝结，使保温层受潮而降低保温效果，严重的甚至会出现保温层冻结而使屋面破坏。为了防止室内水蒸气进入屋面保温层，可在保温层之下做隔汽层，设置要求见表 8.6。

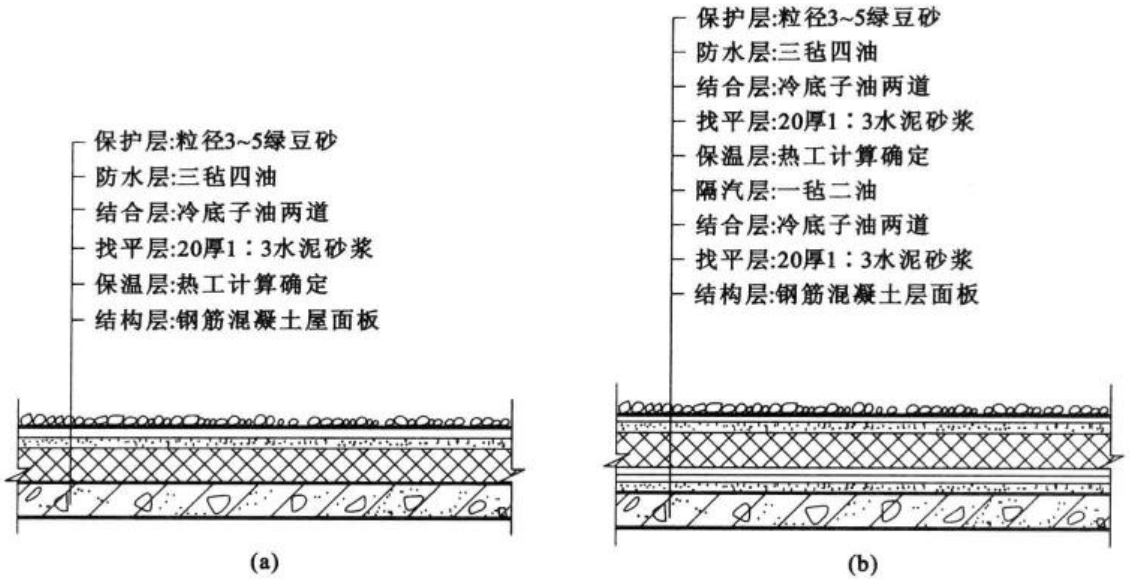


图 8.56　设保温层、隔汽层的油毡防水屋面示例

(a) 设保温层油毡防水屋面;(b) 设隔汽层、保温层油毡防水屋面

表 8.6　保温屋顶隔汽层的设置

冬季室外空气计算温度	室内空气水蒸气分压力 e(mmHg)			
	≤9	9.1～12	12.1～14	≥14
≥－20 ℃	不做隔汽层	玛瑞脂两道	一毡二油	二毡三油
－30～－20 ℃	玛瑞脂两道	一毡二油	一毡二油	二毡三油
－40～－30 ℃	一毡二油	二毡三油	二毡三油	二毡三油

注:① $e<9$ mm Hg 但瞬间散发大量水蒸气的建筑应做一毡二油隔汽层;

② 隔汽层的油毡也可用焦油沥青油毡或以石油沥青油纸代替;

③ 刷玛瑞脂前均应先刷冷底子油;

④ $e=E_{\varphi}$,E=饱和的水蒸气分压力;φ=相对湿度;

⑤ 本表摘自《建筑设计资料集》第 3 集。

隔汽层设置后也有一些不利影响,如室内水蒸气被隔汽层挡住出不去,会在结构层内部产生冷凝水,使得结构层内钢筋锈蚀,影响结构安全。解决办法是在隔汽层之下设透气层,使水蒸气能够流动,在檐口或靠近女儿墙根部设出气口,减小水蒸气压力,把水蒸气排泄出去。但透气口不能太大,以免失去保温成效。另外,当屋面进深大于 10 m 时,在屋面中部也应设透气口,见图 8.57。

再者,保温层被上面的防水层和下面的隔汽层封住,容易导致在施工过程中残留的水汽排泄不出去,一是影响保温效果,二是残留水汽在夏季蒸发容易引起防水层鼓泡破裂。所以必须在保温层中设透气层和排气槽,以便将水蒸气排泄出去。透气层可设在保温层的上部或中部,并在檐口和屋脊做透气口,排气槽间距不大于 6 m,排气槽交叉处设排气管,一个排气管的排气面积不大于 36 m^2,排气管宜设在结构层上,隔汽层和保温层可共用排气管,穿过保温层及排气道的管壁四周应打排气孔,排气管应做防水处理,见图 8.58。

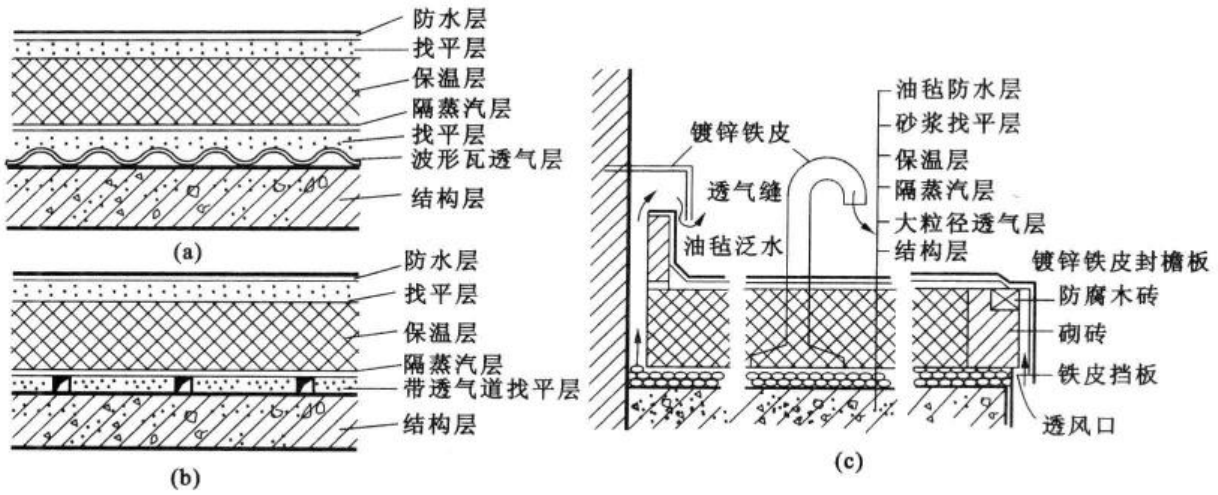


图 8.57　隔蒸汽层下透气层及出气口构造

(a) 隔蒸汽层下找平层设波形瓦透气层；(b) 隔蒸汽层下找平层内设透气道；(c) 檐口、中间和墙边设透气口

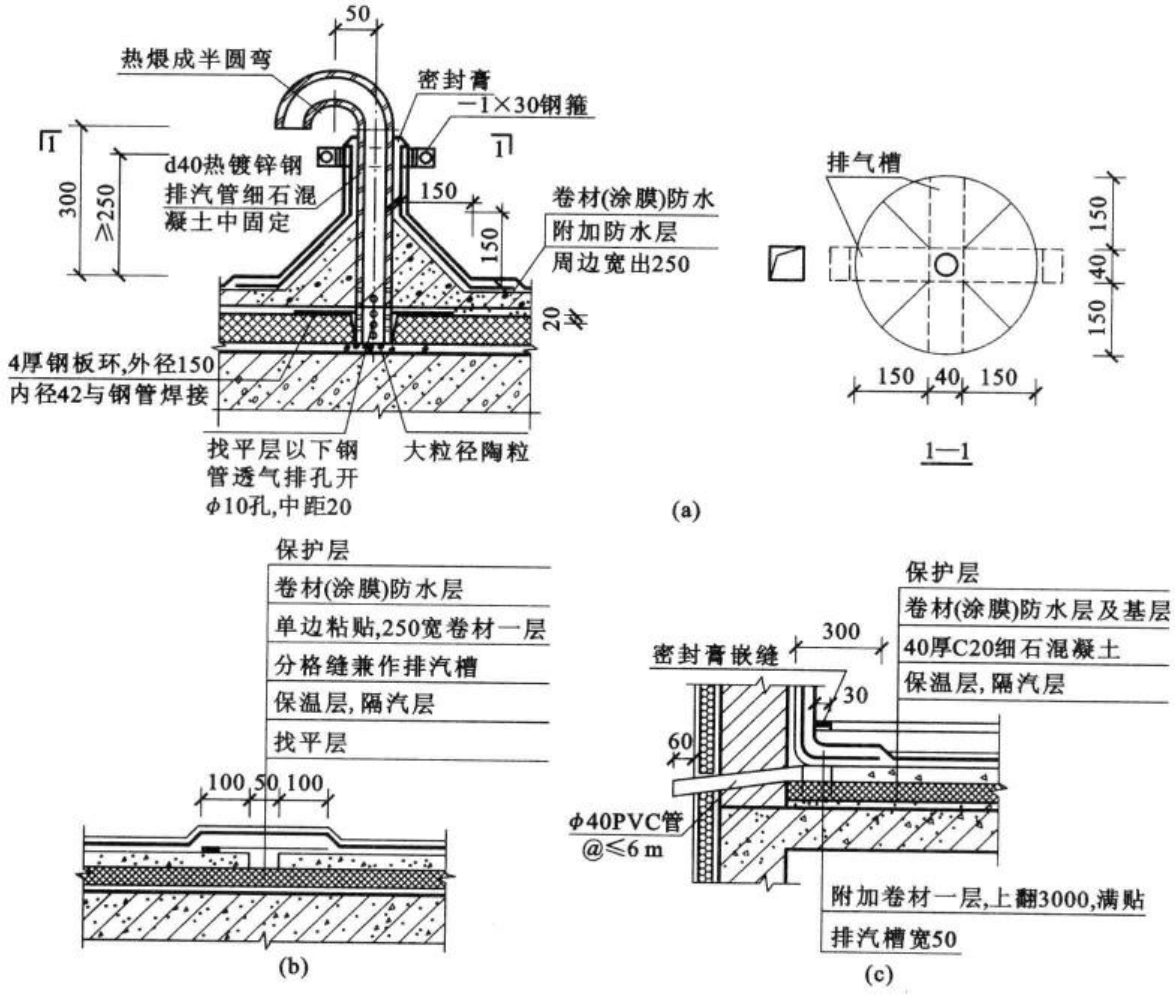


图 8.58　保温层内透汽层和排汽口的设置示例

(a) 透气管；(b) 排汽槽；(c) 进气孔

(2) 倒铺保温屋面

倒铺保温屋面组成与正铺保温屋面组成相反，其保温层铺设在防水层上方，防水层设在结构层上方，也就是在基本防水构造保持不变的情况下，在上面加铺一层保温层，见图 8.59。

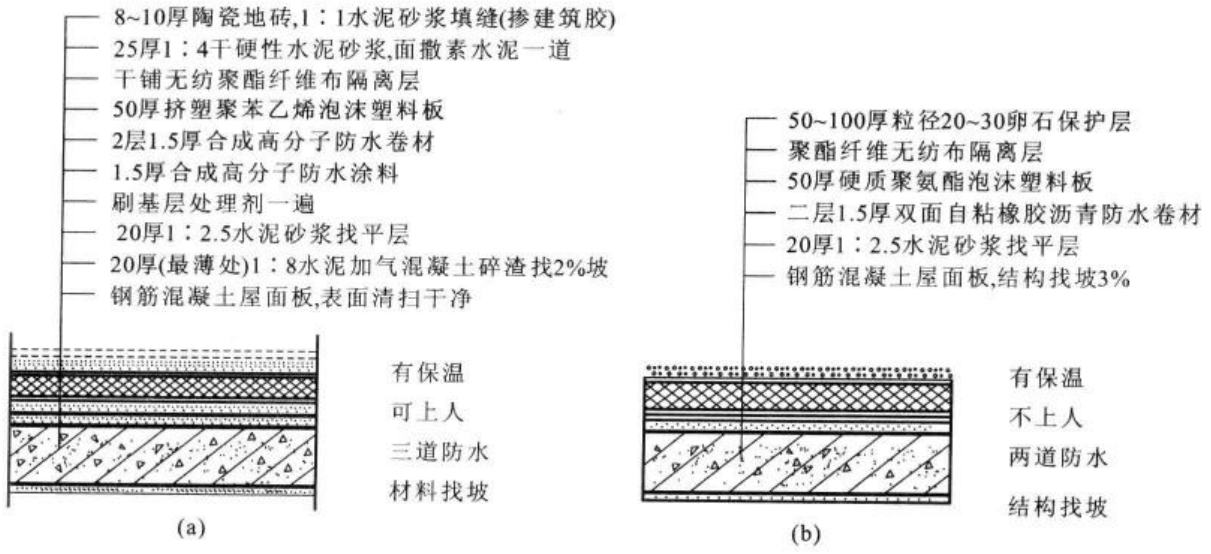


图 8.59　倒铺屋面构造示例

(a) Ⅰ级防水层面;(b) Ⅱ级防水屋面

倒铺屋面保温构造的优点是防水层设在保温层之下,不直接受到太阳辐射和剧烈气候变化的影响,不易受到外来的破坏,防水层的温度变化幅度小,可提高防水层的耐老化性能,延长使用寿命,见图 8.60。缺点是保温材料的选用受限制,应选用吸湿性小、耐候性强的材料,如聚苯乙烯板或现喷硬质聚氨酯泡沫塑料等,但这些保温材料价格较高,应用不太广泛。泡沫塑料保温层因重量较轻,其上应采用较重的覆盖层来作为保护层。

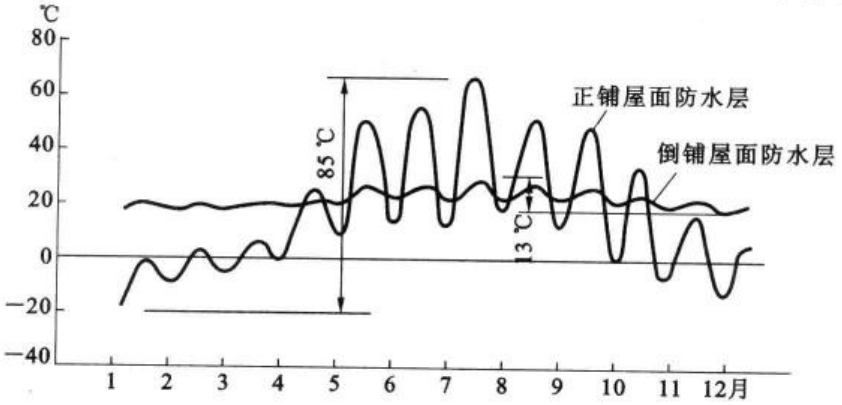


图 8.60　倒铺屋面与正铺屋面防水层全年温差比较

倒铺式保温屋面的细部构造基本同卷材屋面构造。屋面泛水处加铺一层防水卷材,泛水高度应高出保护层 250 mm 左右;在预制钢筋混凝土板边缝和找平层分格缝,应空铺 300 mm 宽卷材一层,并用油膏嵌缝;檐沟、檐口、雨水口等部位,应采用现浇混凝土封边,并做好排水措施。

整个屋面防水层做好后应进行蓄水试验,合格后方可进行保温层施工。施工时保温层的铺设应平整,拼缝应严密。保护层施工时应避免损坏保温层和防水层。

8.5.2　屋顶的隔热

隔热屋面是在屋面上进行隔热构造处理,降低太阳辐射对室内的影响。隔热的主要目的是降低屋面内表面温度,从而减少对人体的烘烤感,所以隔热构造应从这个方面进行

设计。常用的隔热屋面有三种，即架空隔热屋面、蓄水隔热屋面和种植隔热屋面。

8.5.2.1 架空隔热屋面

架空隔热屋面是在屋面设置能够通风的空气间层，利用层间通风，带走一部分热量，使屋面由一次传热变成两次传热，以降低传至屋顶内表面的温度。有实验表明，设置了架空层的屋面降温效果明显，见图 8.61。

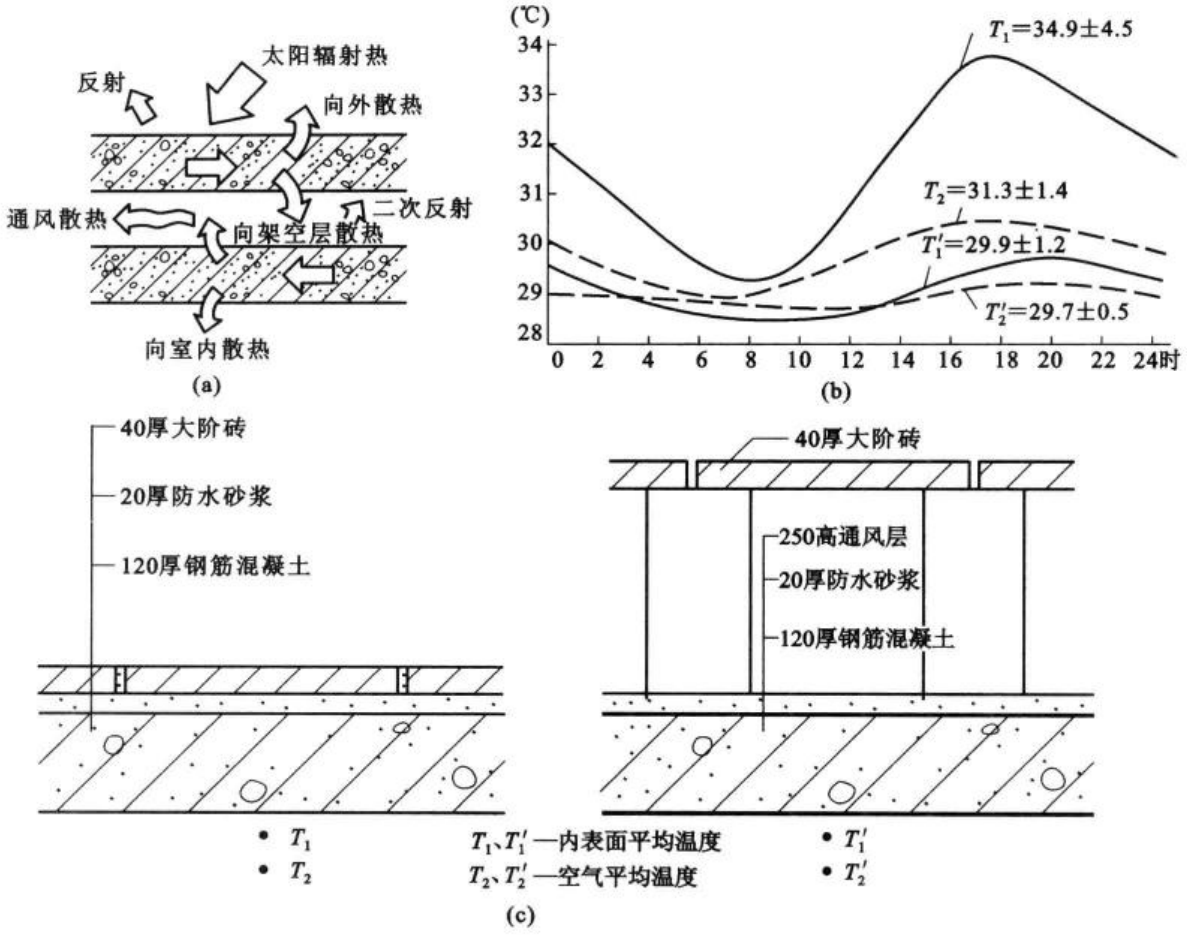


图 8.61 架空屋面的传热情况和降温效果比较

(a) 屋顶通风散热示意；(b) 通风降温效果比较曲线；(c) 有和无通风层的降温屋顶

架空隔热屋面宜在通风较好的屋面上采用，不宜在寒冷地区使用。对于平屋面来说，架空层一般设在屋顶表面之上，见图 8.62。对于坡屋顶来说，架空层一般设在结构层与顶棚层之间，见图 8.63。

屋面架空层设置时，一定要保证通风，这是通风降温的关键。架空层应设置进风口和排风口，进风口宜设置在当地夏季主导风向的正压区，出风口宜设置在负压区。当屋面宽度大于 10 m 时，由于风的流速变慢，应在屋顶中部设置通风屋脊，在女儿墙开通风孔洞，如果开孔不太方便，则架空板铺设时，板边距女儿墙的距离不应小于 250 mm。

架空层的高度为 180～300 mm，太低不起作用，太高通风降温效果不明显。设架空隔热屋面的屋顶排水坡度不宜大于 5%，太大会增加风的阻力。一般来说，屋面坡度大、宽度大，则架空层的高度要高，反之则降低架空层高度。

架空隔热层施工时，应注意不得损伤已完工的防水层；在架空板支座下方的卷材、涂

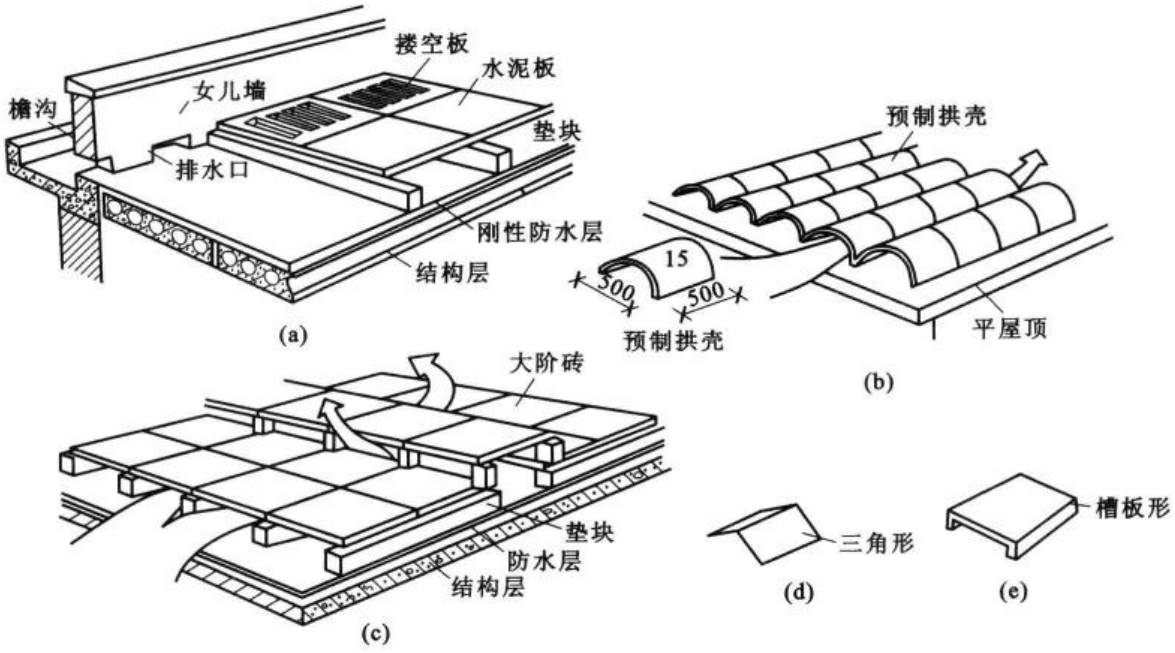


图 8.62　通风层在屋面上的构造示例

(a) 预制水泥板架空隔热层;(b) 预制拱壳放置在平屋顶上;
(c) 大阶砖中间出风口;(d) 三角形预制件;(e) 槽板形预制件

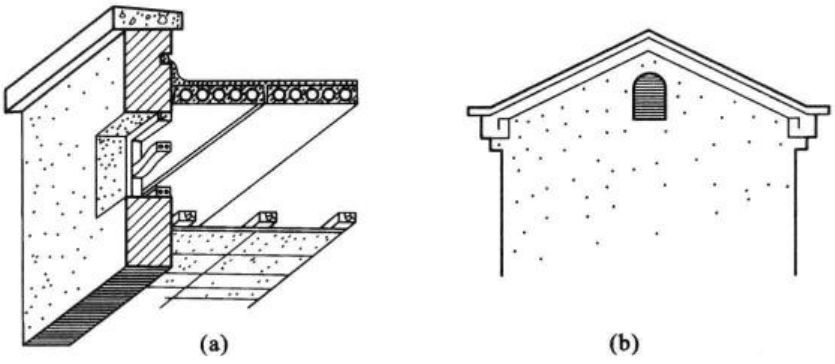


图 8.63　设在坡屋面结构层之下的通风间层

(a) 坡层顶的进风口;(b) 坡层顶的出风口

膜防水层上,应采取加强措施;架空板的铺设应平整、稳固,缝隙用水泥砂浆嵌实。

坡屋顶的通风层设在结构层之下,有两个作用:一是在炎热的夏季,打开进风口和出风口,当屋顶内的空气被烘烤加热后,从出风口排出,较冷的空气从进风口进入,如此不断循环,使得热量不断被带走,从而起到降温隔热作用;二是在寒冷的冬季关闭进出风口,顶棚内的空气在太阳辐射作用下被加热,由于空气不流通,热量被保存下来并向室内和室外散发,同时空气的绝缘作用也可以阻止室内的热量向屋面传递,对室内来说,这时的空气层就是一个保温层。

8.5.2.2　蓄水隔热屋面

蓄水隔热是在平屋面上建蓄水池,利用水面对太阳辐射的反射和蒸发作用带走热量以达到隔热的目的。

蓄水隔热屋面将间歇式的屋面防水转变为长期蓄水,对于刚性防水层来说,混凝土长期在水的养护下,可减少其开裂和碳化的可能,延长使用寿命。对于柔性防水层来说,防

水材料应具有良好的耐水性，不因水的浸泡而降低物理性能，更不能减弱接缝的密闭程度。

蓄水隔热屋面主要在我国南方地区使用，不宜在寒冷地区、地震地区和振动较大的建筑物上采用。屋面蓄水隔热原理见图8.64，其构造示意图见图 8.65。

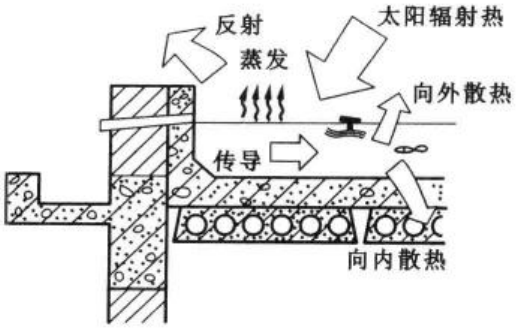


图 8.64　蓄水屋面隔热原理示例

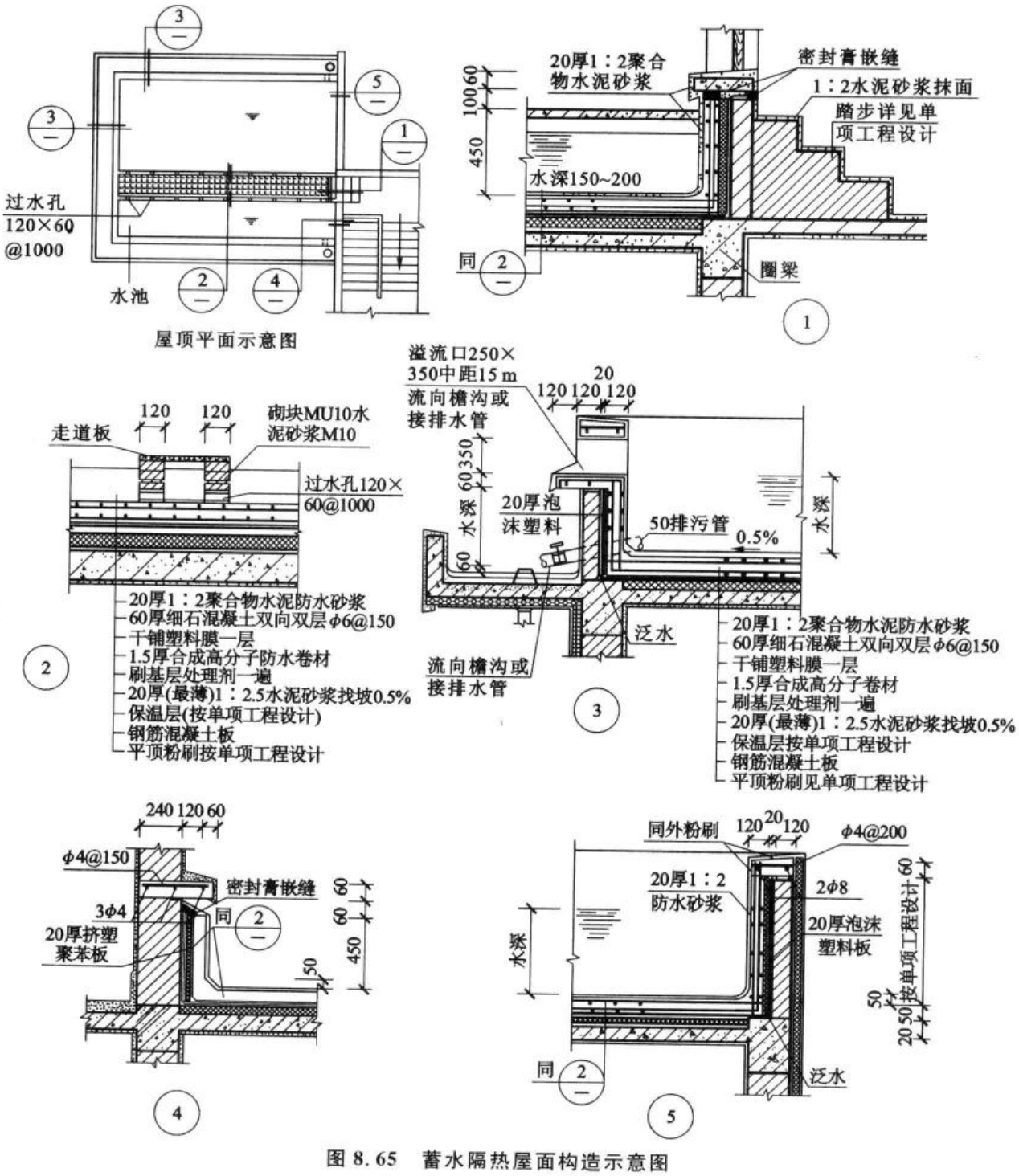


图 8.65　蓄水隔热屋面构造示意图

蓄水隔热屋面的构造要点是：

(1) 屋面坡度

屋面坡度不宜大于0.5%。由于屋面以蓄水为主，排水坡度就不必太大，一方面可以减少找坡层的厚度，另一方面也可以使蓄水深度基本一致。

(2) 蓄水深度

从理论上讲，50 mm深的水层即可满足隔热要求，但水层太薄极易被蒸发干，需要不断地补水，增加管理成本，加大水层深度又会增加屋面荷载，综上所述，蓄水深度宜为150～200 mm。我国南方有些地区做深蓄水屋面，水层厚度深达600 mm，还在里面种水浮萍、养鱼，隔热效果非常好，但屋面结构要满足承重要求。

(3) 蓄水区

为了便于管理，蓄水屋面应划分为若干个区域，每个蓄水区的边长不宜超过10 m。当长度超过40 m的蓄水屋面应设分仓缝，分仓缝两侧水池不连通。分仓壁用刚性防水层做至蓄水池高度，分仓缝用泡沫塑料填充，缝口粘贴防水卷材和干铺一层卷材，其上再用钢筋混凝土压顶压住。见图8.66(a)。

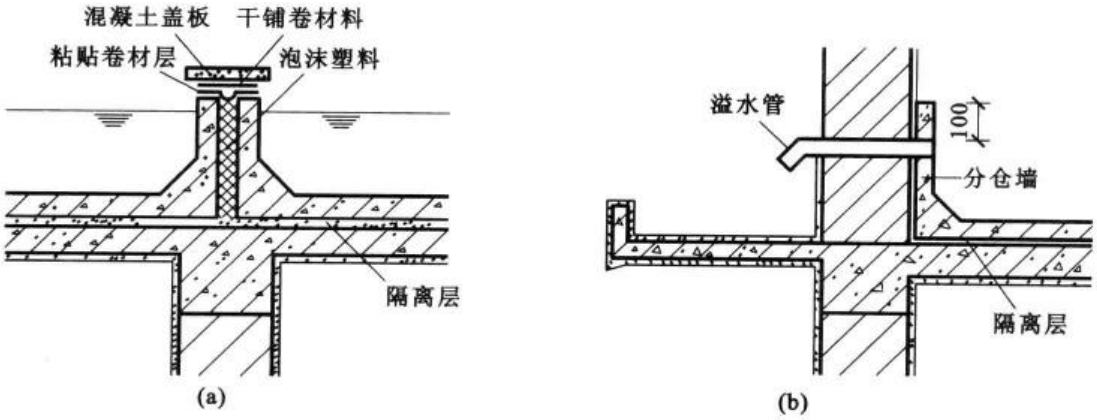


图8.66　蓄水屋面分仓缝、溢水口及泛水构造

(a) 分仓缝构造；(b) 溢水口及泛水构造示意

(4) 给排水

在屋面上设给水管，天旱时便于补水。在蓄水池外壁上设溢水孔，溢水孔应设在最大蓄水高度处，通常每开间设一个，将多余雨水排出屋面。在蓄水池外壁底部设排水孔，在检修时开启，排除所蓄之水。溢水孔和排水孔均应与排水设施连通。

(5) 人行通道

主要是便于检修和管理，一般采用砖砌12墙，高度与池壁同，上覆钢筋混凝土走道板。挡墙底部设过水孔，间距1000 mm左右。

(6) 防水层

蓄水隔热屋面应采用防水混凝土做的刚性防水层，当采用卷材或涂膜防水层时，应选择具有耐腐蚀、耐霉烂、耐穿刺性能的材料，其上应设刚性保护层。最好是在卷材或涂膜防水层之上做刚性防水层，形成复合防水。

(7) 细部构造

女儿墙高度按工程要求确定，一般上人屋面从走道板至女儿墙压顶的最小高度不得

小于 1100 mm。女儿墙泛水高度和分仓壁高度应高出溢水口上口 100 mm 以上，见图 8.66(b)。泛水构造同卷材防水屋面。檐沟防水采用卷材防水或涂膜防水。

(8) 施工要求

蓄水屋面的所有孔洞应预留，不得后凿；所设置的给水管、排水管和溢水管等，应在防水层施工前安装完毕；每个蓄水区的防水混凝土应一次浇筑完毕，不得留施工缝，立面与平面的防水层应同时做好；刚性防水层的养护时间不得小于 14 天，蓄水后不得断水。

8.5.2.3 种植隔热屋面

种植隔热屋面是在平屋顶上种植植物，借助栽培介质隔热。可利用植物吸收阳光进行光合作用和遮挡阳光的双重功效来达到降温隔热的目的。

近年来，随着人们绿化、美化、环保意识的增强，种植隔热屋面受到人们的重视，而由于种植隔热屋面的隔热效果优于架空隔热屋面和蓄水屋面，又有一定的保温能力，发展前景较好。

种植隔热屋面的特点是荷载大、植物根系穿刺力强、防水要求高、返修困难。在进行种植隔热屋面设计时，应根据地域、气候、建筑环境、建筑功能的条件，选择相适应的屋面构造形式。

在干旱少雨地区，夏季植物生长依赖人工浇灌，冬季草本植物枯死，种植土干燥，当厚度大于 300 mm 以上时，可视作保温层，可不另设保温层。

在温暖多雨地区，夏季多雨，冬季不结冰，种植土中四季都含水，为避免植物烂根，需在种植层下方设排水层。由于冬季不结冰，也不设保温层。

在寒冷多雨地区，降雨量大，需设置排水层，冬季土壤内结冰，降低种植层的保温能力，所以应另设保温层。

种植隔热屋面一般用于平屋面，亦可用于坡屋面，坡度大于 20%的屋面可做成梯田式，利用排水层和覆土层找坡排水。用于平屋面时，排水坡度不宜大于 3%。

种植隔热屋面按构造做法不同可分为一般种植隔热屋面和蓄水种植隔热屋面。

一般种植隔热屋面的构造要点是：

(1) 种植土

为减轻屋面荷载，应尽量采用轻质的谷壳、蛭石、陶粒、泥炭、岩棉、锯末加腐殖土、塑料泡沫等作为栽培介质，密度不大于 1000 kg/m^3。种植土的深度与所种植物种类有关，见表 8.7。

表 8.7 各种植物所需种植土的深度(mm)

植物种类	种植土深度	备　注
草皮	150～300	前者为该类植物最小生存深度，后者为最小开花结果深度
小灌木	300～450	
大灌木	450～600	
浅根乔木	600～900	
深根乔木	900～1500	

(2) 种植床

种植屋面根据植物及环境布置的要求，可分区布置，也可整体布置。分区布置时每区面积不大于 100 m^2，种植床四周采用砖砌 12 墙作为挡墙即种植床埂，床埂宜设在承重墙体或结构梁上，种植床与檐沟连接处设排水孔。种植床上的排水孔，应每隔 1500 mm 设一个。

(3) 给排水

在屋面上设天沟和雨水口便于排水，设给水阀便于补水。为使用、管理方便，在种植土下方设滤水层(厚度 60～80 mm，填充粒径 5～20 mm 轻骨料)。在泄水口处设滤水网，避免杂物堵塞排水口。

(4) 防水层

种植屋面的防水层宜采用刚性防水与卷材防水复合防水。当采用卷材防水和涂膜防水时应采用耐腐蚀、耐霉烂、防植物根系穿刺、耐水性好的防水材料。卷材防水、涂膜防水层上部应设置刚性保护层。

(5) 走道或活动场地

种植床之间的空地即可作为走道和活动场地，其表面为刚性保护层或刚性防水层，不需要另加面层。

种植屋面构造见图 8.67。

8.5.2.4 蓄水种植隔热屋面

蓄水种植隔热屋面是将蓄水屋面与种植屋面结合起来的一种隔热屋面，见图 8.76。它增加了一个连通整个屋面的蓄水层，弥补了种植屋面隔热不完整，以及对人工补水依赖较多的缺点，但造价比一般屋面较高。

蓄水种植隔热屋面的构造基本同种植隔热屋面，其不同点是：

(1) 蓄水层

在种植土下方增设一个蓄水层，蓄水层深度不大于 60 mm(为一砖厚即可)，填充粒径不小于 25 mm 的轻骨料。在种植床之间设过水孔，使各区蓄水深度尽量一致。

(2) 架空走道和活动场地

将屋面活动场地和走道架空下面的蓄水层连通，即能蓄水隔热又能架空通风隔热，弥补了一般种植屋面隔热不完整的缺点。

8.5.2.5 其他隔热屋面

反射降温屋顶是利用各种材料对太阳辐射热反射程度来进行隔热设计的。表 8.8 为各种屋面材料的反射率。在屋面覆盖或涂刷反射率高的材料，也能达到一定的隔热效果。

表 8.8 各种屋面材料的反射率

屋面材料与颜色	反射率(%)	屋顶表面材料与颜色	反射率(%)
沥青、玛瑞脂	15	石灰刷白	80
油毡	15	砂	59
镀锌薄钢板	35	红	26
混凝土	35	黄	65
铅箔	89	石棉瓦	34

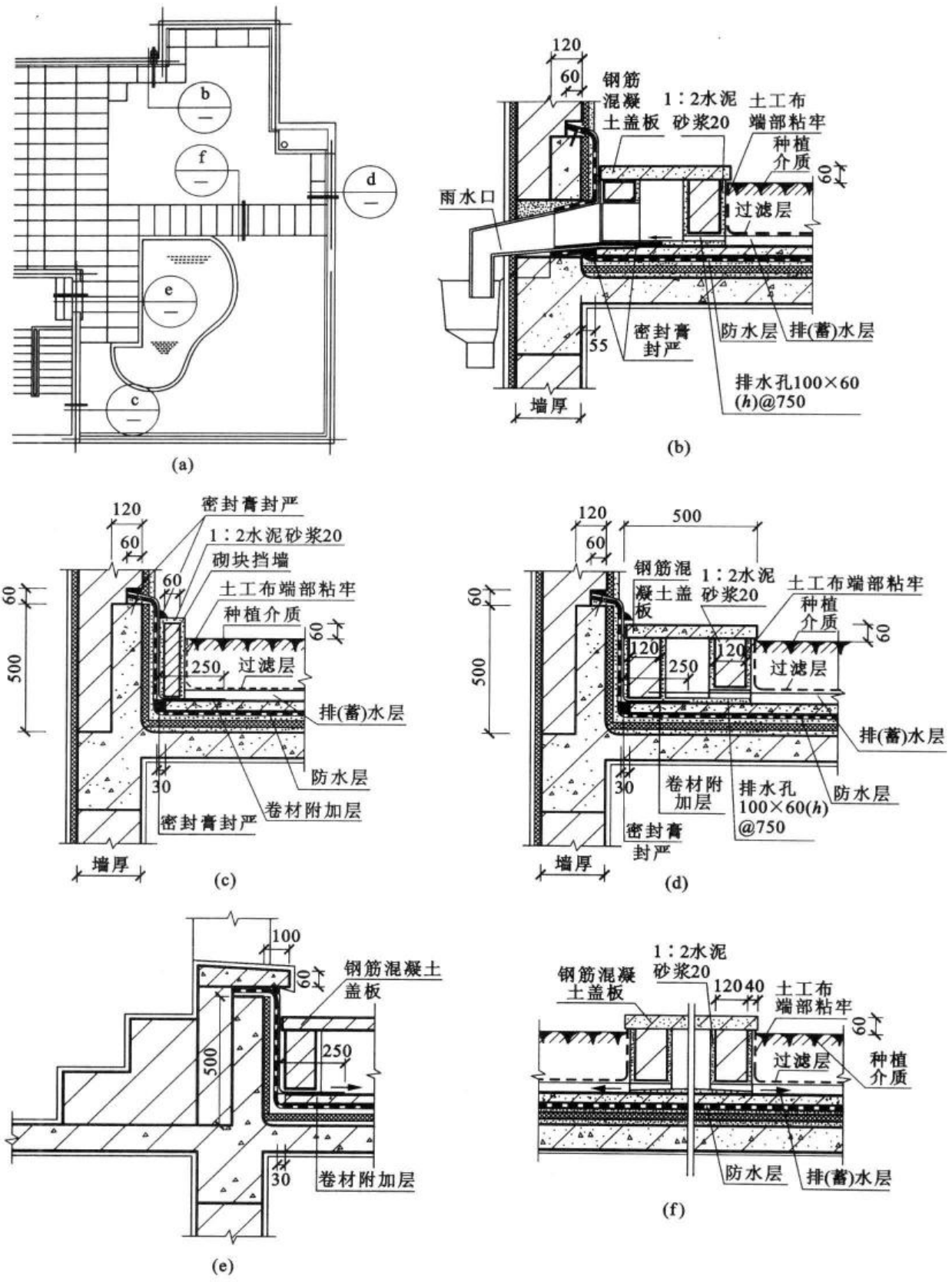


图 8.67　种植隔热屋面构造示意图

(a) 种植屋顶平面图示例；(b) 女儿墙雨水口；(c) 立墙泛水；
(d) 女儿墙带走道板泛水；(e) 屋面出入口；(f) 屋面走道或场地

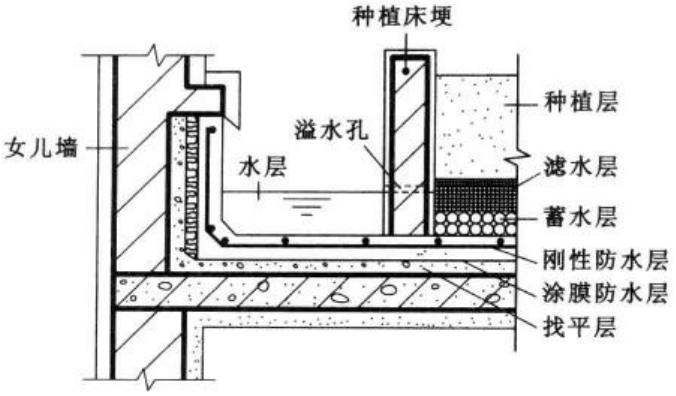


图 8.68　蓄水种植隔热屋面构造示例

蒸发散热降温屋顶是利用淋水屋面或喷雾屋面水的流动和蒸发带走热量以达到隔热目的。图 8.69 是淋水屋面降温示意图，降温效果非常明显，但成本较高。

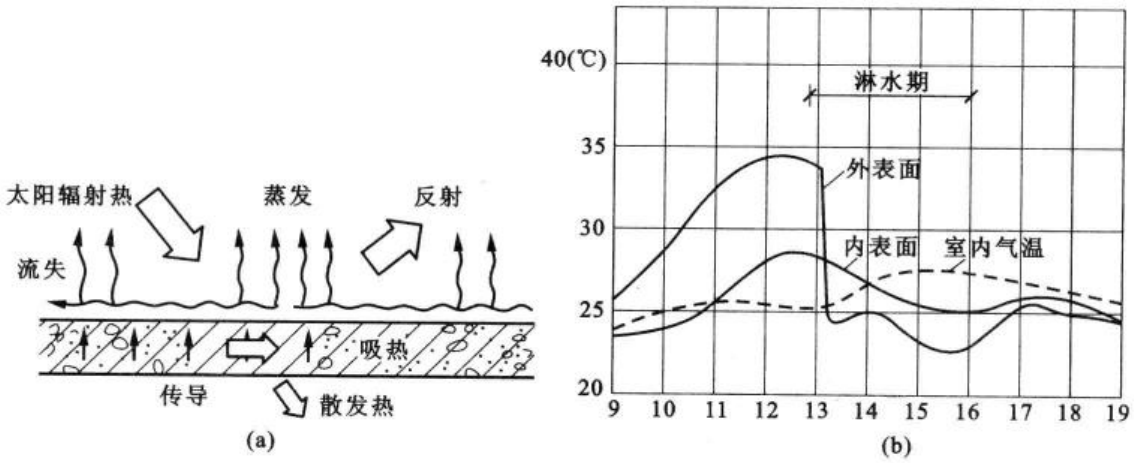


图 8.69　淋水屋面降温示意图

(a) 淋水屋面散热示意图；(b) 淋水期屋面温度变化曲线

表 8.9 为几种隔热屋面的效果比较。从表中可以看出，蓄水种植隔热屋面效果最好，一般种植屋隔热面次之，架空隔热屋面效果最差。在设计时可根据当地气候条件和经济条件选择适宜的隔热方案。从节能环保角度出发，推荐使用种植隔热屋面，它在夏天的隔热效果很好，在冬季，将水放干，使种植土干燥，又是很好的保温层，同时也可以起到保护防水层的作用。

表 8.9　几种屋面的内表面温度比较表

隔热方案	时间 / 温度(℃)	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	内表面最高温度(℃)	优劣次序
蓄水种植屋面		31.3	31.9	32.0	31.8	31.7		32.0	1
架空小板通风屋面			36.8	38.1	38.4	38.3	38.2	38.4	6
双层屋面板通风屋面		34.9	35.2	36.4	35.8	35.7		36.4	5
蓄水屋面			34.4	35.1	35.6	35.3	34.6	35.6	4
蓄水养水浮莲屋面			34.1	34.3	34.5	34.4	34.0	34.5	3
一般种植屋面		33.5	33.6	33.7	33.5	33.2		33.7	2

注：① 本表中蓄水屋面蓄水深度为 150 mm，蓄水种植屋面蓄水深度为 100 mm；

② 测试时天气预报的平均最高温度为 38 ℃，测试温度为连续 4 d 的平均温度。

复习思考题

1. 屋顶的设计要求是什么？如何满足？

2. 屋顶的防水等级分为几级？有什么具体要求？

3. 屋面工程设计的内容有哪些？

4. 什么是无组织排水和有组织排水？各有何优缺点？

5. 如何选择屋面排水方式？如何进行屋面排水设计？

6. 常用的防水卷材有哪几种？各有何优缺点？

7. 卷材防水屋面的基本构造如何？细部构造如何？

8. 卷材防水层易渗漏的原因是什么？如何解决？

9. 平屋面有上人和不上人、保温和不保温、隔热和不隔热等各种构造，它们在构造层次和构造做法上有何不同？

10. 什么是涂膜防水屋面？有何优缺点？

11. 常用涂膜防水材料有哪些？涂膜防水屋面如何施工？

12. 什么是刚性防水屋面？有何优缺点？

13. 刚性防水屋面的基本构造如何？

14. 试将卷材防水屋面和涂膜防水屋面、刚性防水屋面的泛水、檐口、檐沟、出水口、上屋面等细部构造进行比较，叙述其异同点及典型构造。

15. 瓦屋面的承重结构体系有哪些？如何根据屋顶平面形状进行结构布置？

16. 绘制块瓦屋面的构造做法和细部构造做法是什么？

17. 常用的屋面保温构造有哪几种？其构造原理是什么？

18. 常用的屋面隔热构造有哪几种？其构造原理是什么？

作业5　屋面构造设计

按照作业1的平面尺寸绘出屋顶平面图并进行屋顶构造设计。楼梯间上屋面，屋面要求保温和隔热，三级防水。

1. 屋顶平面图

屋面排水区域划分、排水坡度确定、排水方式选择、雨水管的布置等，包括阳台雨篷的排水设计、楼梯间屋顶的排水设计。

屋面防水方案确定、保温隔热方案确定，注意各种屋面的要求不同，构造设计也不同。

标注屋面标高、详图索引号等。平面尺寸只标注转折处轴线间尺寸。

2. 详图

女儿墙泛水构造、雨水口排水和防水构造、楼梯间出屋面构造。标注屋面构造层次，标明其构造做法、材料、尺寸等。

作业要求：A3图纸一张。按1∶100或1∶150比例绘出屋顶平面图和楼梯间屋顶平面图，按1∶10～1∶5的比例绘出部分详图。作图应符合建筑制图标准。

作业目的：考察和训练学生掌握屋面排水和防水设计的基本原理和方法，能运用所学知识对各种要求不同的屋面进行构造设计。

9

楼梯构造

本章提要

本章主要讲述一般楼梯各种尺度设计；现浇整体式钢筋混凝土楼梯的结构类型及构造；楼梯的细部构造；室外台阶及坡道构造，包括无障碍坡道设计；电梯及自动扶梯设计。应重点掌握楼梯尺度的设计、楼梯结构类型的选择、无障碍坡道的设计。

楼梯是多、高层建筑中竖向交通和人流紧急疏散的主要交通设施。根据建筑物的要求，也可设置电梯、自动扶梯和坡道等垂直交通设施。

楼梯的数量、位置、梯段宽度和楼梯间形式应满足使用方便和安全疏散的要求。

楼梯构造设计应满足坚固、耐久、安全、防火等要求。

9.1 楼梯的组成、形式与尺度

9.1.1 楼梯的组成

楼梯是由连续行走的梯级、休息平台和维护安全的栏杆或栏板扶手以及相应的支托结构组成的作为楼层之间垂直交通用的建筑构件，见图 9.1。

楼梯由梯段、平台和栏杆扶手三部分组成。

梯段是指连接两个不同标高平台的倾斜构件。梯段宽度指墙面至扶手中心线或两扶手中心线之间的水平距离。每个梯段的踏步不应超过 18 级，亦不应少于 3 级。

平台是指连接两个梯段之间的水平部分，供楼梯转折、连通某层和使用者休息之用。按所处位置不同分为楼层平台和中间平台。

栏杆扶手是指设在梯段和平台边缘的安全保护

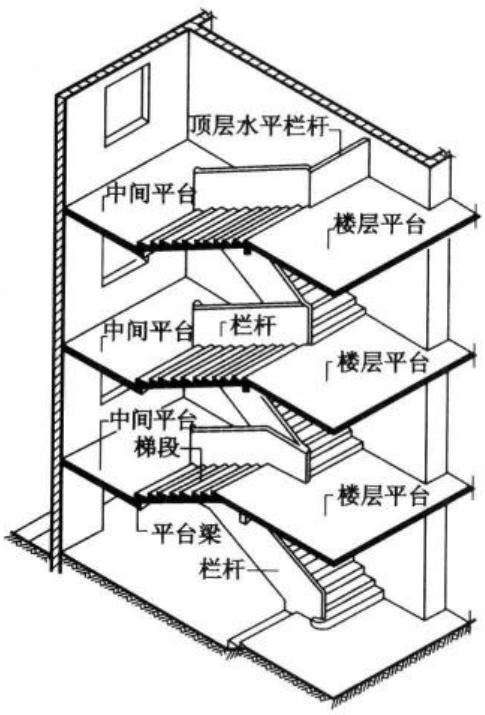


图 9.1 楼梯的组成

构件。一般情况下只设在梯段和平台的悬空部分，用于保护人们不掉下去。但梯段较宽时，在靠墙一侧也设扶手，便于体弱者依扶，称为靠墙扶手。楼梯应至少一侧设扶手，梯段净宽达三股人流时应两侧设扶手，达四股人流时宜加设中间扶手。

楼梯踏步各部分名称见图 9.2。

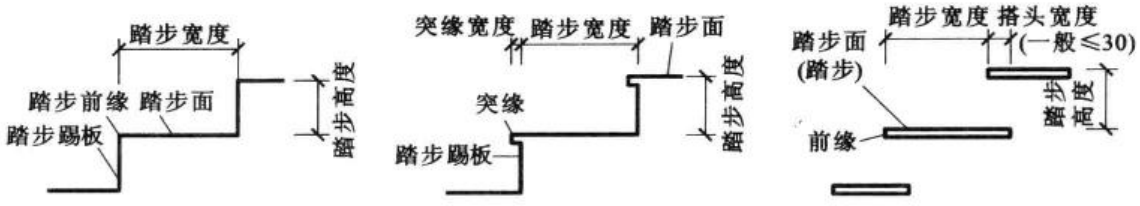


图 9.2　楼梯踏步名称

楼梯平面各部分名称见图 9.3。

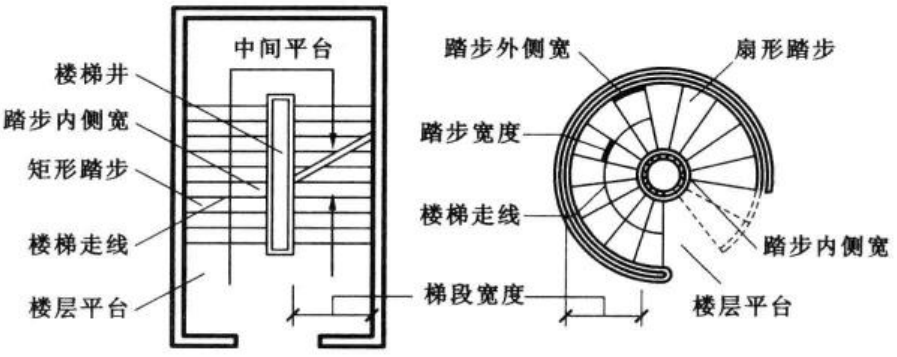


图 9.3　楼梯平面名称

楼梯剖面各部分名称见图 9.4。

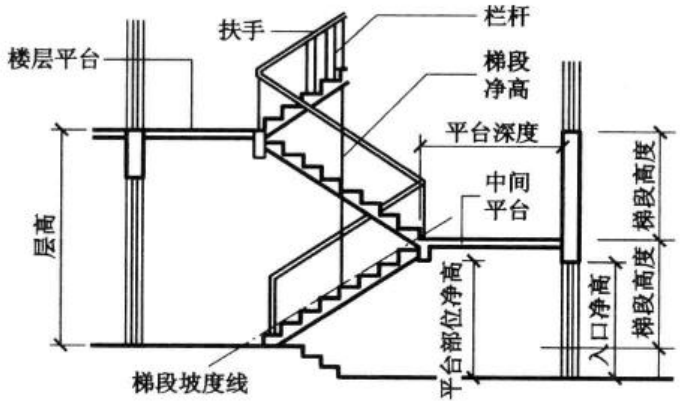


图 9.4　楼梯剖面名称

9.1.2　楼梯的形式

楼梯的各种形式及适用范围在 2.3.2 节中已经详细讲述，这里就不再赘述。图 9.5 为常用楼梯形式的平面、剖面表示方法。

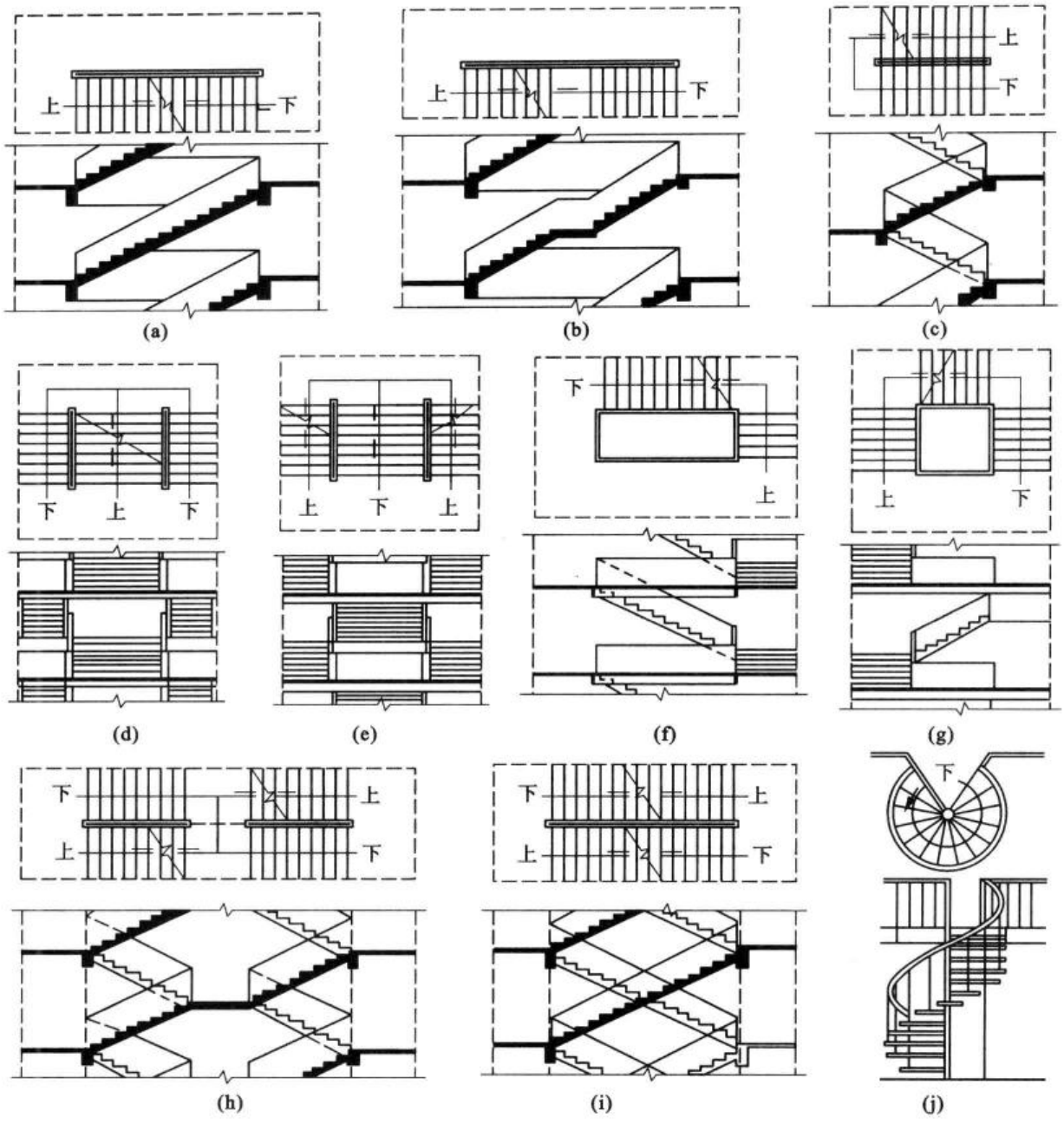


图 9.5　各种常用楼梯的平面、剖面表示方法

(a) 单跑直楼梯；(b) 双跑直楼梯；(c) 双跑平行楼梯；(d) 双分平行楼梯；(e) 双合平行楼梯；(f) 双跑折角楼梯；(g) 三跑折角楼梯；(h) 剪刀式楼梯；(i) 交叉跑楼梯；(j) 螺旋形楼梯

9.1.3　楼梯尺寸确定

9.1.3.1　踏步尺寸及楼梯的坡度

楼梯坡度大小是由踏步尺寸确定的。将梯段上各个踏步前缘点连接起来，就形成了楼梯的坡度线。楼梯坡度小，行走舒适，但楼梯间的进深加大，增加了建筑面积和造价；楼梯坡度小，减小楼梯间进深，节约建筑造价，但行走比较吃力。所以在楼梯坡度的选择上，必须考虑使用和经济两个方面的因素。楼梯常用坡度在 25°～45°之间，一般不宜超过 38°，以 30°左右较为通用。公共建筑楼梯的踏步宽和高度的比值一般为 2∶1，角度为

26°34′，通常取踏步高 150 mm，踏步宽 300 mm。爬梯的坡度一般大于 60°。楼梯适宜坡度见图 9.6 。

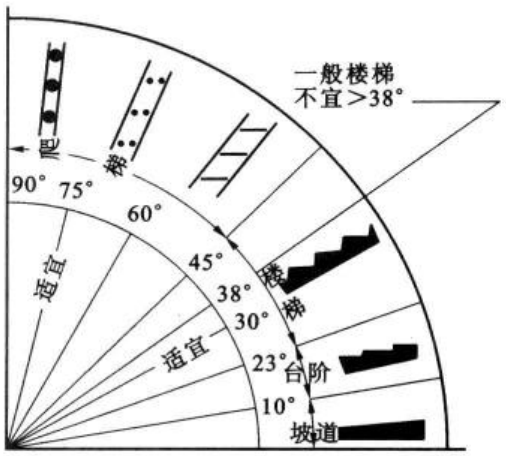


图 9.6　楼梯适宜坡度

楼梯踏步宽度与人脚的长度有关，踏步高度与人行步距有关。一般男子的步距为 680 mm 左右，女子步距为 620 mm 左右。考虑到楼梯的使用性质，以女子步距为设计标准。楼梯踏步关系见图 9.7。

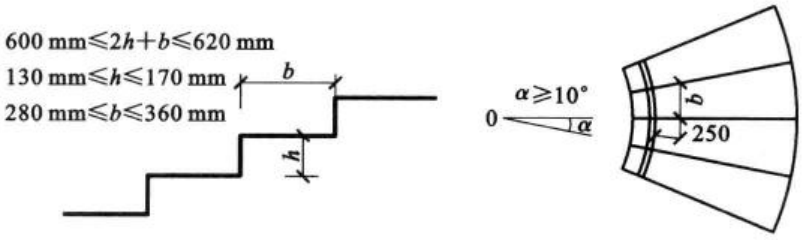


图 9.7　楼梯踏步关系

学校、办公楼等公共建筑楼梯，由于使用人数多，踏步宽度一般取 280～340 mm，高度取 140～160 mm。居住建筑内公共楼梯踏步宽度取 240～280 mm，高度一般取 160～170 mm。根据《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)第 6.7.10 的规定，楼梯踏步的高宽比应符合表 9.1 的要求。

表 9.1　楼梯踏步最小宽度和最大高度(mm)

楼梯类型	最小宽度	最大高度
住宅共用楼梯	260	175
幼儿园、小学等楼梯	260	150
电影院、剧场、体育馆、商场、医院、旅馆、大学、中学等楼梯	280	160
其他建筑楼梯	260	170
专用疏散楼梯	250	180
服务楼梯、住宅套内楼梯	220	200

9.1.3.2 梯段宽度

梯段宽度是指墙面至扶手中心线或两扶手中心线之间的水平距离。

梯段宽度除应满足防火规范的规定外，供日常主要交通用的梯段宽度应根据建筑物使用特征，按每股人流为 550 mm+(0～150)mm 的人流股数确定，并不得少于两股人流。0～150 mm 为人流在行进中人体的摆幅，公共建筑人流众多的场所应取上限。楼梯梯段宽度见表 9.2。

表 9.2 楼梯梯段宽度(mm)

类　别	梯段宽度	备　注
单人通过	≥900	满足单人携物通过
双人通过	1100～1400	
三人通过	1650～2100	
计算依据：每股人流宽度为 550+(0～150)		

9.1.3.3 平台深度

平台深度是指墙面至扶手中心线或其他结构构件表面的水平距离。

《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)中第 6.7.3 条规定：梯段改变方向时，扶手转向端处的平台最小深度不应小于梯段宽度，并不得小于 1.2 m(住宅设计规范中也有同样的规定)。当有搬运大型物件需要时应适当加宽。医院、病房楼等建筑，因考虑抬担架需要，平台深度不应小于 2.0 m。

《建筑楼梯模数协调标准》(GBJ 101—1987)第 2.0.8 条规定：中间平台的深度，不应小于楼梯梯段的宽度，对不改变行进方向的平台，其深度可不受此限，见图 9.8。

平台深度设计时还要考虑墙、柱、栏杆扶手、门的开启所占用的空间，净宽尺寸应满足规范要求，见图 9.9。

9.1.3.4 梯井宽度

梯井宽度是指两个梯段板之间的水平投影距离。

由于楼梯形式不同，梯井大小不一，所以对于梯井宽度一般未作限定。但《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)第 6.7.9 条规定：对托儿所、幼儿园、中小学及少年儿童专用活动场所的楼梯，当梯井净宽大于 200 mm 时，必须采取防止少年儿童攀滑的措施。《住宅建筑规范》(GB 50368—2005)第 5.2.3 条规定：楼梯井净宽大于 110 mm 时，必须采取防止儿童攀滑的措施。这主要是避免儿童发生意外时不至于坠落至楼梯井底，最大限度地减少伤害。除了栏杆扶手采用儿童不能攀滑的构造形式外，梯井内部也应采取防坠落措施。

另外，公共建筑的室内疏散楼梯的梯井宽度不宜小于 150 mm。这主要是考虑如果建筑物发生火灾，消防队员进入楼梯间后，可利用两梯段之间的空隙吊挂水带展开救火工作。

9.1.3.5 栏杆扶手高度

栏杆扶手高度是指从踏步前缘至扶手面的垂直距离。

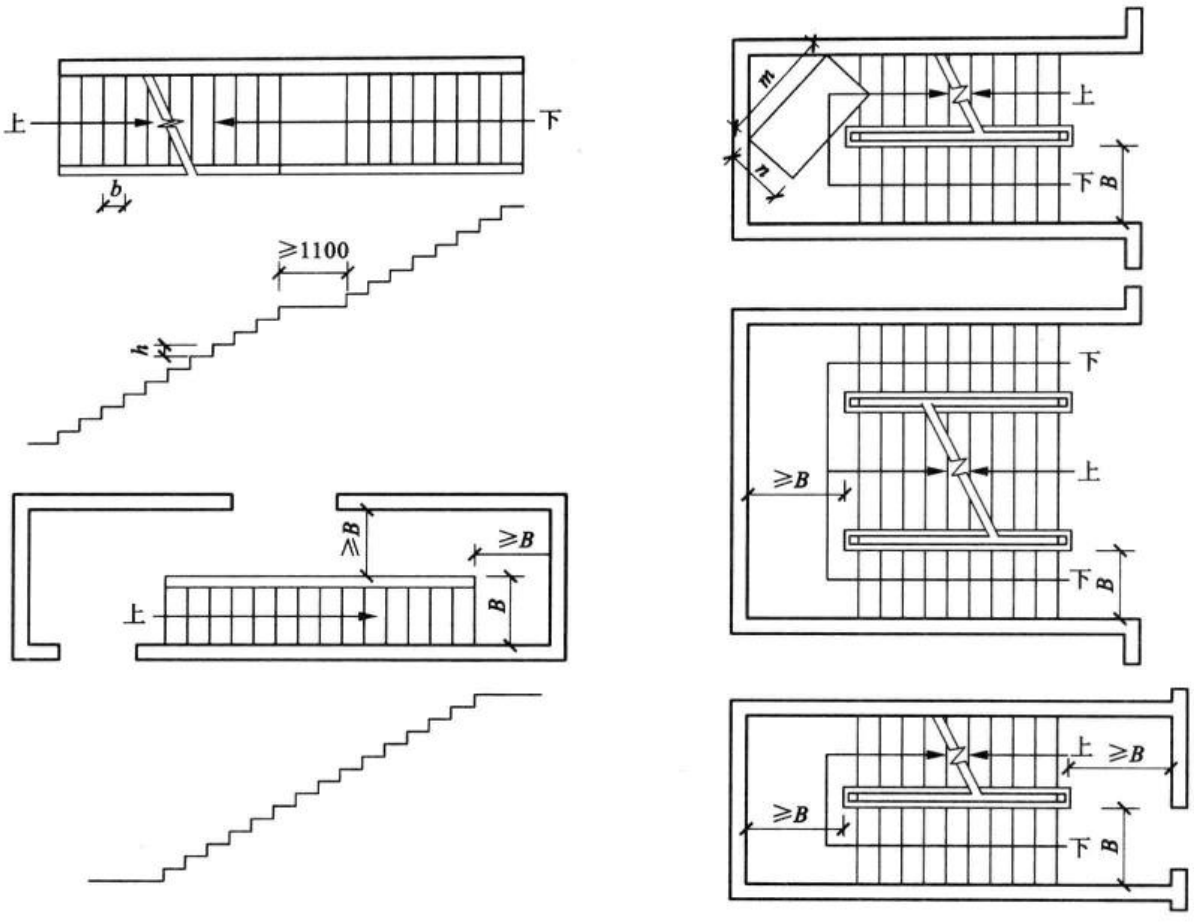
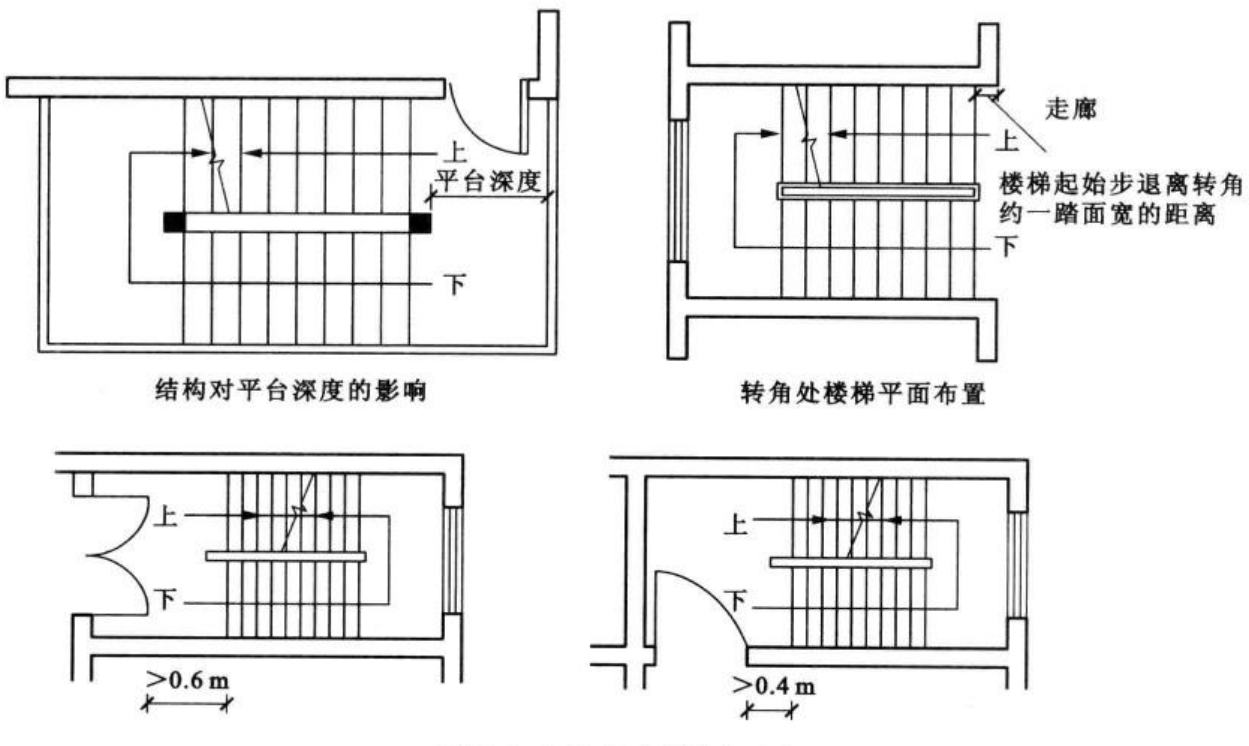


图 9.8　平台深度与梯段宽度的关系



结构对平台深度的影响　　转角处楼梯平面布置

图 9.9　平台深度的影响因素

栏杆扶手高度应给人们以安全感，最低高度不应小于 900 mm。由于楼梯段为倾斜构件，最低位置位于踏步前缘至扶手面的垂直距离（见图 9.10 扶手高度 2），如果这一段高度能满足规范要求，则其余各点均能满足要求。人们为了栏杆安装方便，通常以踏步中点来计算栏杆扶手高度，如果还是以 900 mm 来计算，栏杆的最小高度则为 900 mm 减去踏步高度的一半，不满足规范要求，见图 9.10 扶手高度 1。这时必须将栏杆高度增加到 1000 mm 左右，才能使栏杆最低处不小于900 mm。另外，规范规定，靠楼梯井一侧水平扶手长度超过 500 mm 时，其高度不应小于 1050 mm。儿童扶手高度取 600 mm，见图 9.10。

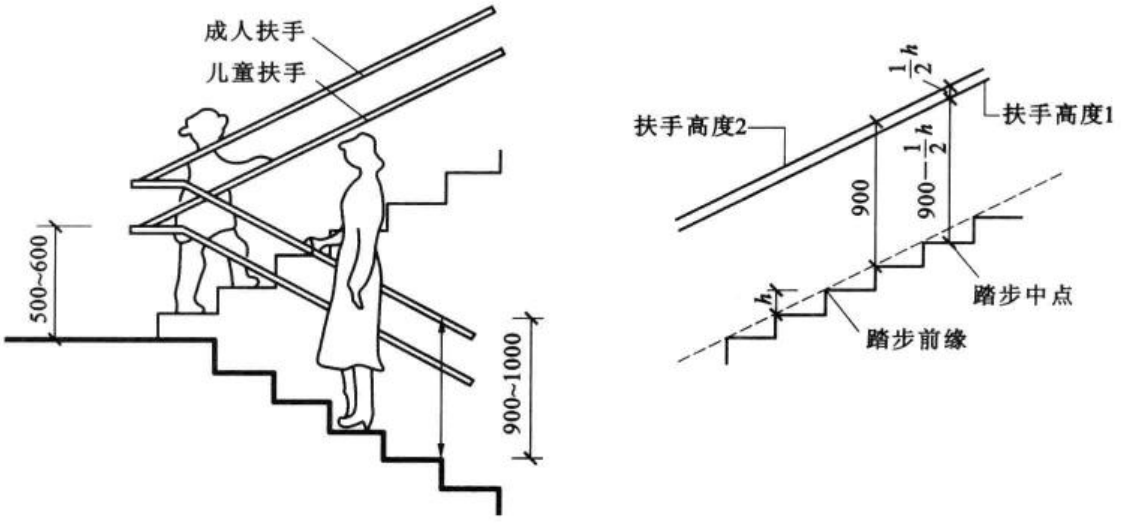


图 9.10　扶手高度示意

9.1.3.6　平台下通行净高和梯段净高

平台下通行净高——平台上部及下部过道处的净高。为满足人流通行和搬运家具的需要，平台下通行净高应不小于 2000 mm，见图 9.11(a)。

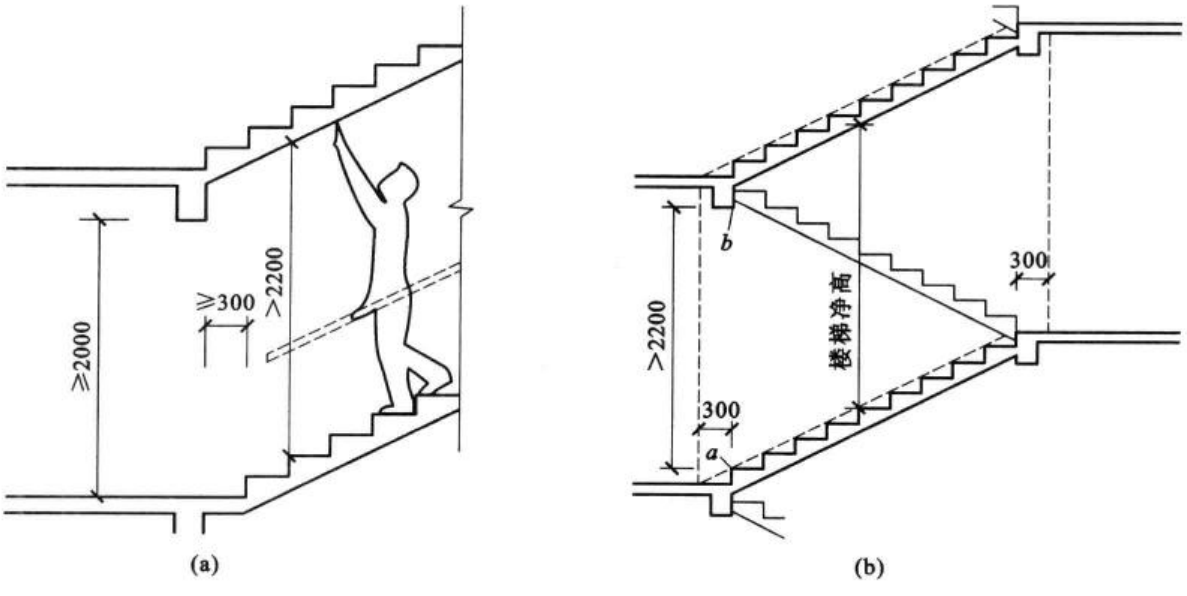


图 9.11　平台下通行净高和梯段净高

(a) 平台下通行净高示意图；(b) 梯段净高示意图

梯段净高是指自踏步前缘线(包括最低和最高一级踏步前缘线以外 300 mm 范围内)至直上方突出物下缘的铅垂高度。梯段净高应不小于 2200 mm,见图 9.11(b),图中虚线所示范围均为梯段净高,其中最不利位置是 a 点到 b 点的垂直高度,只要这一段能满足 2200 mm 的梯段净高要求,则其余各点均能满足。

9.1.3.7 楼梯模数协调标准

为了使楼梯设计通过模数协调各种尺寸,加快设计和施工进度,提高效率和质量,在方案设计阶段时尽可能地确定楼梯间尺寸,以避免在施工图设计阶段的较大修改,影响整个建筑的设计进度。

《建筑楼梯模数协调标准》的主要规定:楼梯间开间及进深应采用水平扩大模数 3M 的整数倍数,必要情况下采用 1M 的整数倍数,楼梯梯段宽度应采用基本模数的整数倍数,必要时采用 1/2M 的整数倍数,见图 9.12。踏步宽度应采用 1/5M 的整数倍数,一般取 220 mm、240 mm、250 mm、260 mm、280 mm、300 mm、320 mm,其中 250 mm 是一个特例。

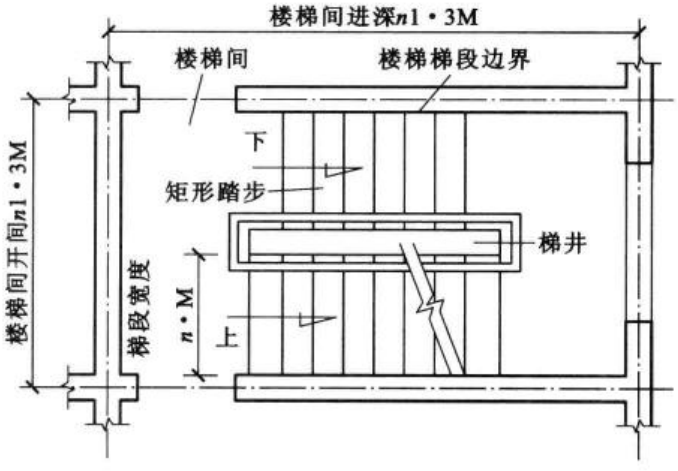


图 9.12 《建筑楼梯模数协调标准》对楼梯平面的规定

9.1.4 楼梯设计

楼梯平面实际上是平剖面图,剖切的默认位置是站在楼层平台上人眼高度的位置。站在各层楼层平台的位置向下投影,就是各层楼梯平面图。楼梯平面应标注各层平台标高、梯段宽度、梯井宽度、平台深度、梯段长度、踏步宽度及踏步级数。底层只有上行梯段一部分,顶层可看见下行梯段未被遮挡的全部及水平安全栏杆。各层平面应客观地反映各层正投影的全部可见部分。见图 9.13。

以双跑平行梯为例,楼梯尺寸计算见图 9.14。

根据建筑类型初选踏步高 h,再根据层高 H 来试选每层踏步数 N,尽量采用等跑和偶数。用踏步级数去除层高,得出踏步高度。踏步高度可为除不尽的小数,但应在规范规定范围之内,并且整个楼梯内踏步高度应保持一致。

根据每段踏步级数和初选踏步宽度 b 来确定梯段水平投影长度,踏步宽度应是 1/5M 的整数倍数。梯段水平投影长度 L_1=(每段踏步级数−1)×踏步宽度 b。

根据楼梯间开间净宽 A 来确定梯段宽度 B 和梯井宽度 C。梯段宽度 B 应是 1M 或

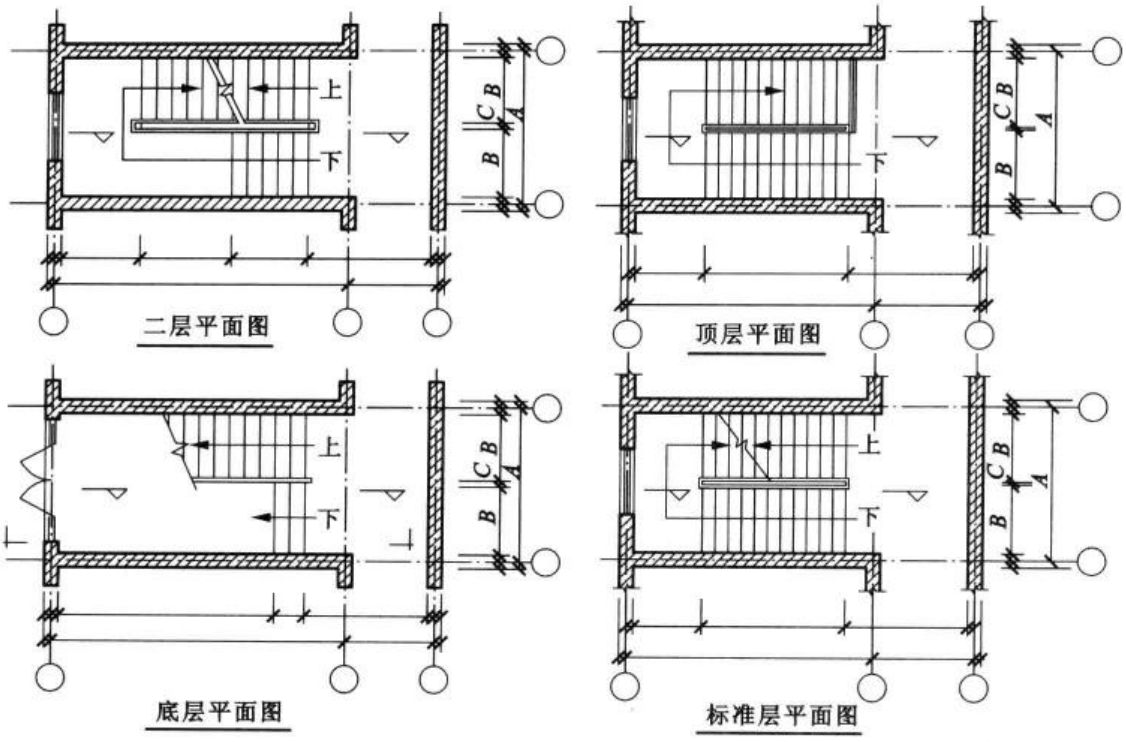


图 9.13　楼梯各层平面示例

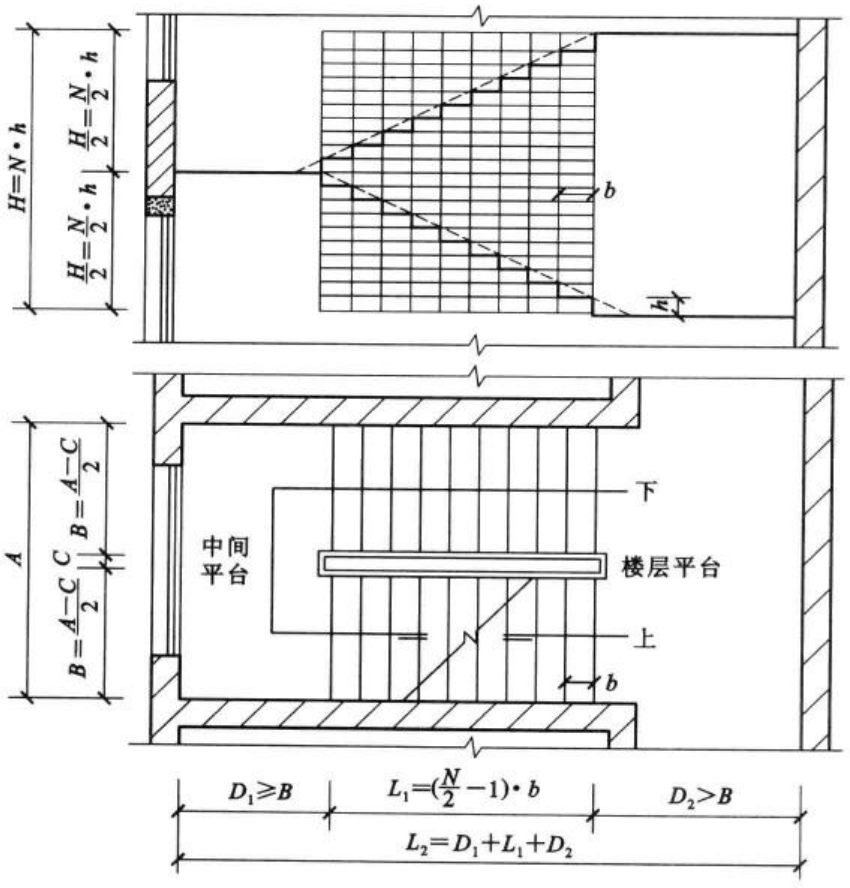


图 9.14　楼梯尺寸设计示例

1/2M 的整数倍数，并应符合建筑设计对梯段宽度的要求。梯井宽度可取 50～200 mm。

根据楼梯间进深净长 L_2 和梯段长度 L_1 来确定平台深度 D_1 和 D_2，应保证不小于梯段宽度 B。

设计实例讨论：

某多层住宅层高为 2.8 m，室内外高差为 600 mm，楼梯间开间为 2.4 m，进深 4.8 m，墙体厚度 200 mm。

(1) 楼梯平面设计

踏步数及尺寸确定：h=175 mm，2800÷175=16 步，每梯段 8 步，梯段高 175×8=1400 mm，踏步尺寸取 $b\times h$=260 mm×175 mm

梯段长度确定：260×(8−1)=1820 mm

楼梯宽度确定：(2400−200−100)÷2=1050 mm

平台深度确定：(4800 − 200 − 1820) ÷ 2 = 2780 ÷ 2 = 1390 mm ≥ 1050 mm ≥ 1200 mm。可取中间平台深度为 1300 mm，楼层平台深度为 1480 mm。

当楼梯尺寸计算出来后，还不能将其作为设计尺寸，应对楼梯高度进行复核，确定平台下通行净高和梯段净高是否满足规范要求，不符合时，还需对楼梯尺寸进行调整。

(2) 楼梯剖面设计

根据上述计算，平台下方通行高度只有不到 1400 mm 的距离，远远不能满足 2000 mm的净高要求，必须对楼梯尺寸进行调整。

第一跑取 11 步，11×175=1925 mm。

将室内外部分高差引进室内，这里取 175×3=525 mm，平台梁高取 400 mm。

入口处平台通行净高 1925+525−400=2050 mm≥2000 mm，满足净高要求。

中间平台净高 4200−1925−400=1875 mm≤2000 mm，不满足净高要求，再进行调整。

将第二层第一跑取 9 步，9 × 175 = 1575 mm，中间平台标高由 4200 mm 提高到4375 mm。

中间平台通行净高 4375—1925—400=2050 mm≥2000 mm，满足净高要求。

再复核梯段净高符合 2200 mm 的要求，见图 9.15。

净高满足要求后，再复核一下平面尺寸是否符合设计要求。

由于第一跑梯段加长，260×(11−1)=2600 mm

平台深度(4800−200−2600)÷2=2000÷2=1000 mm≤1200 mm。

将第一层的中间平台向外挑出 600 mm，保证两个平台深度均不小于 1200 mm。

净高不够时的调整方法还有很多，如：底层楼梯做长短跑，将入口处净高抬至 2000 mm以上(a)；当室内外高差足够，可不修改梯段高度，直接将部分高差引入室内(b)；当室内外高差较小，可将底层长短跑和引入部分高差结合起来考虑(c)；还可以将底层和二层以上住户的入口分开设置，底层从自家花园入口，二层做直跑楼梯进入室内(d)。见图 9.16。

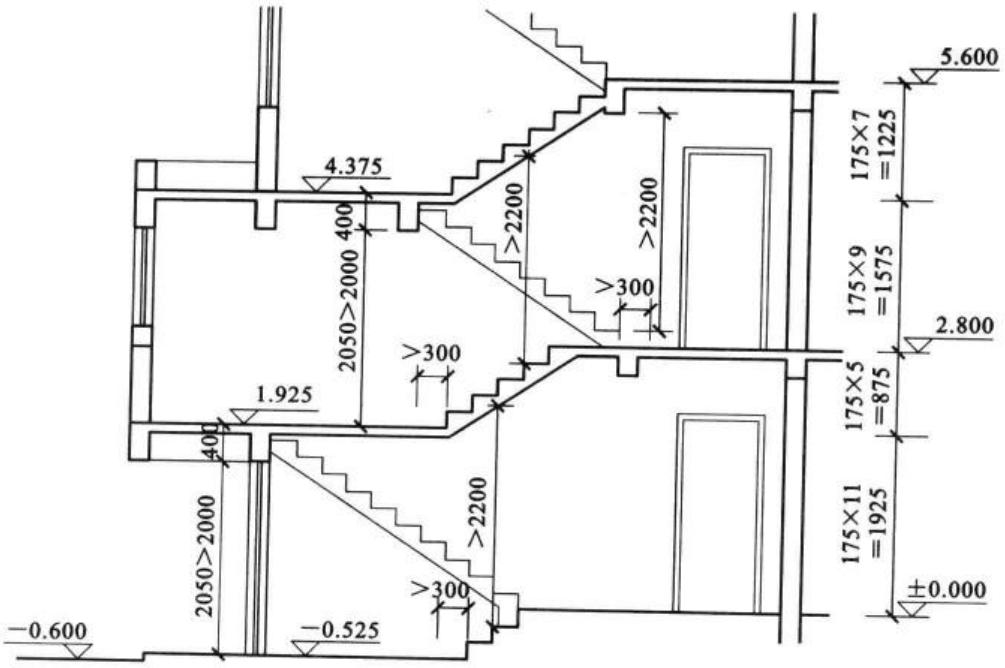


图 9.15　楼梯剖面设计

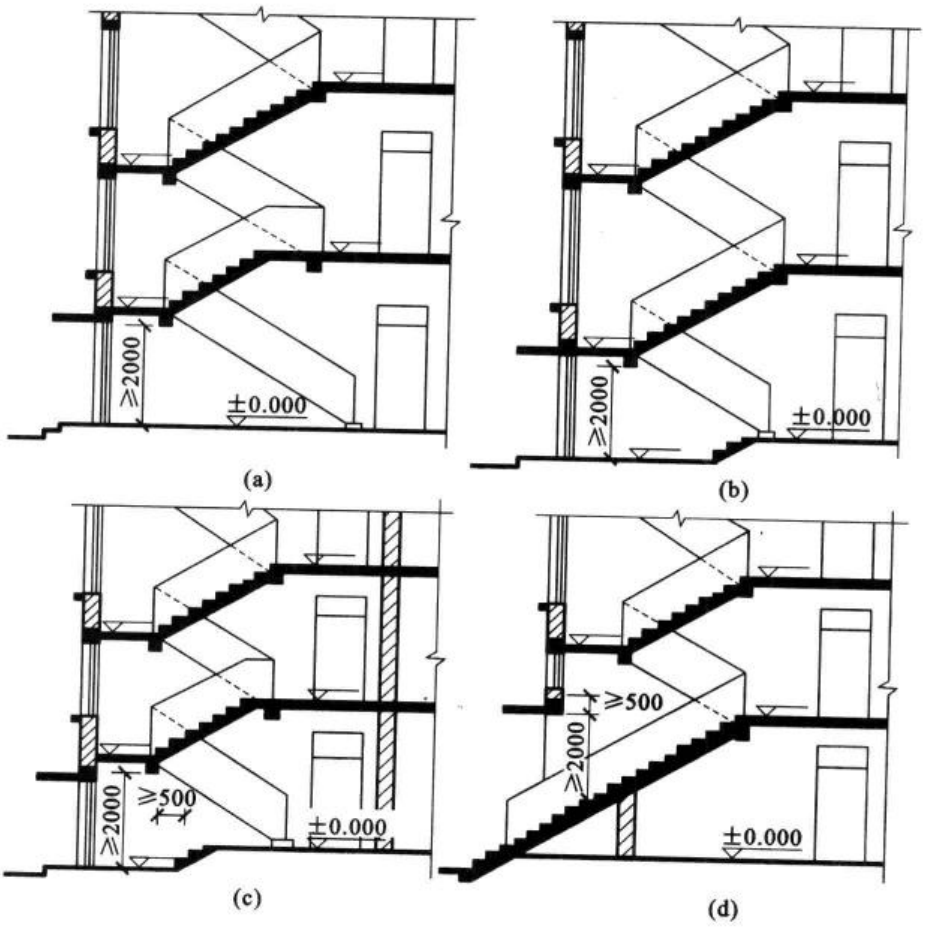


图 9.16　楼梯净高不够时的处理方法

(a) 底层长短跑；(b) 局部降低地坪；(c) 底层长短跑并局部降低地坪；(d) 底层直跑

9.2 钢筋混凝土楼梯构造

钢筋混凝土楼梯的构造形式多种多样，但按传力方式不同可分为板式楼梯和梁板式楼梯两大类。按施工方法又分为现浇楼梯、装配式楼梯和装配整体式楼梯三种。现浇钢筋混凝土楼梯由于抗震性能优越，多被采用，而装配式钢筋混凝土楼梯抗震性能差，安装时需要大型吊装设备，已较少采用。钢木组合楼梯在居住建筑和小型建筑中比较常见。

9.2.1 板式楼梯

板式楼梯由梯段板、平台板和平台梁三部分组成，见图 9.17。梯段板两端支承在平台梁上，平台板一端支承在平台梁上，另一端支承在墙体上或连系梁上。平台梁承受着梯段板和平台板的荷载，并按一定方式将其传给墙体或框架柱梁。

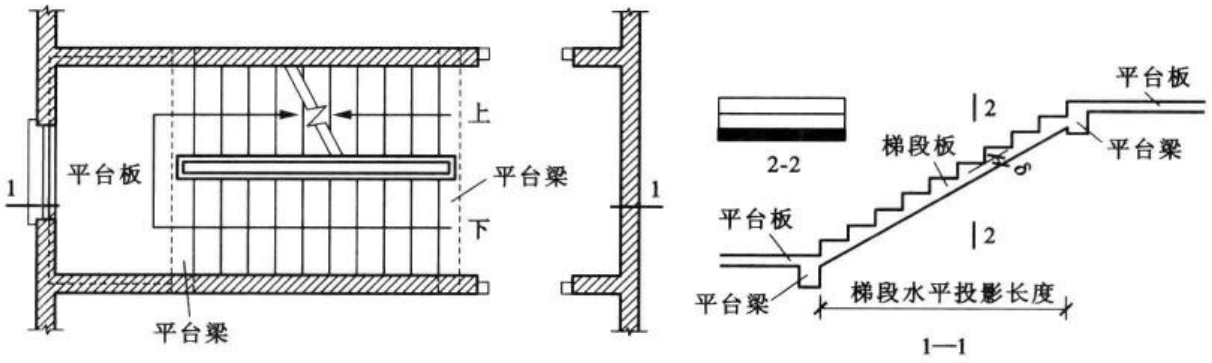


图 9.17 板式楼梯示例

板式楼梯受力明确，结构计算简单，梯段板底部平整，施工方便，是使用较广泛的一种楼梯形式。

梯段板厚 δ 与梯段板的水平投影长度即跨度有关，一般不小于梯段板的水平投影长度的 1/25，且不小于 80 mm。考虑到经济因素，板式楼梯的水平投影长度不宜大于 3600 mm。一般用于公共建筑的次要疏散楼梯和居住建筑中的疏散楼梯。

9.2.2 梁板式楼梯

梁板式楼梯由梯段板、梯斜梁、平台板和平台梁四部分组成，见图 9.18。

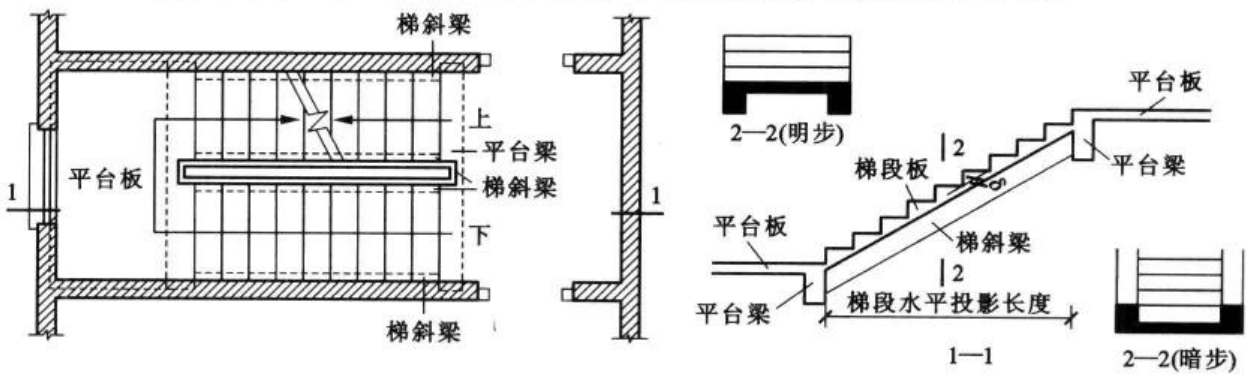


图 9.18 梁板式楼梯示例

当梯段板的跨度较大，如仍采用板式楼梯，势必增加板厚，很不经济。如在梯段板的两侧增加梯斜梁，就形成梁板式楼梯。梯段板把荷载传给梯斜梁，梯斜梁则把梯段板的荷载传给平台梁。这时梯段板的跨度变为梯段宽度方向，跨度减小，梯段板的厚度可随之减少，板厚不小于 40 mm 即可。当梯段板的水平投影长度超过 3600 mm，可采用梁板式楼梯形式，由于梯段板的板厚减少，比较经济。

梁板式楼梯底部凸凹不平，施工时支模扎钢筋比较麻烦，但受力合理，一般用于公共建筑的主要楼梯。

梯段板两侧的梯斜梁截面尺寸的确定可参考简支梁，梯斜梁设在梯段板下方时，踏步暴露在上面，称之为明步，梯段板下方有梁突出，施工较困难。梯斜梁设在梯段板上方时，把踏步包在梯斜梁内，称之为暗步，这时梯段板下方平整，便于施工，且翻起的梯斜梁既可以作为踢脚线之用，还可以在上方安装栏杆。

板式楼梯的构造形式有斜板式、扭板式、墙身悬挑板、中柱悬挑板、一端悬挂板、两端悬挂板等。现浇扭板式钢筋混凝土楼梯见图 9.19。

梁板式楼梯的构造形式有单梁、双梁，如果把梁板式楼梯应用在弧形或螺旋楼梯时，梯斜梁就变成扭梁。部分现浇梁悬臂式钢筋混凝土楼梯见图 9.20。

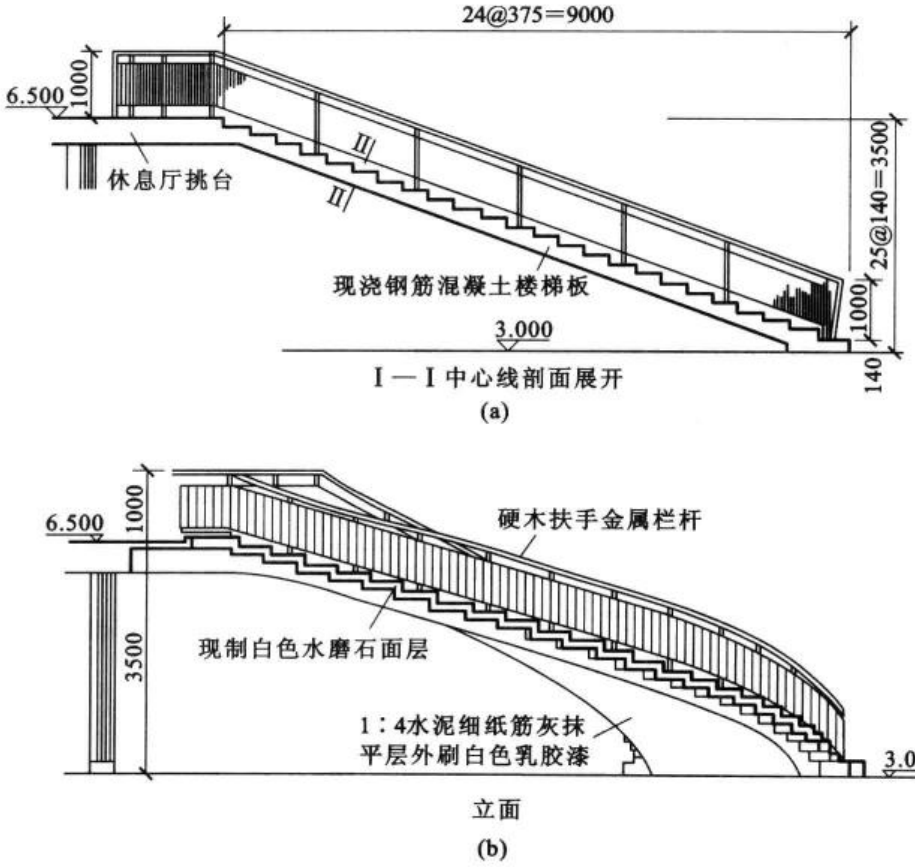
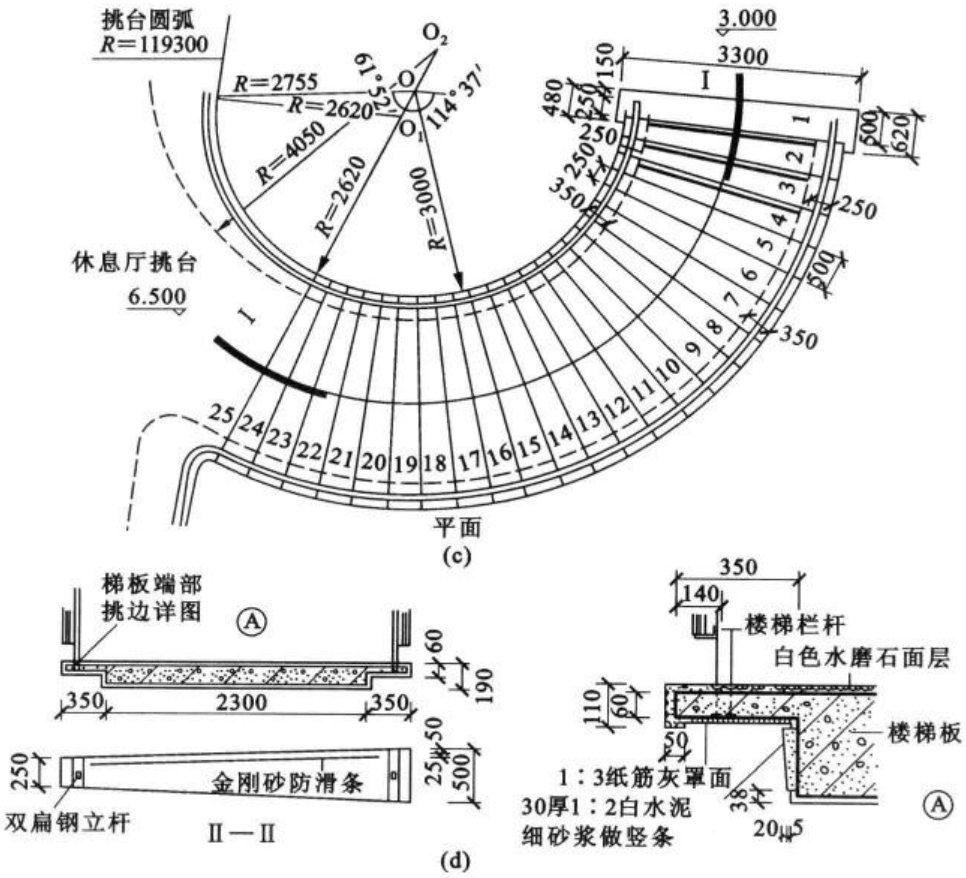


图 9.19　现浇扭板式钢筋混凝土楼梯示例



续图 9.19

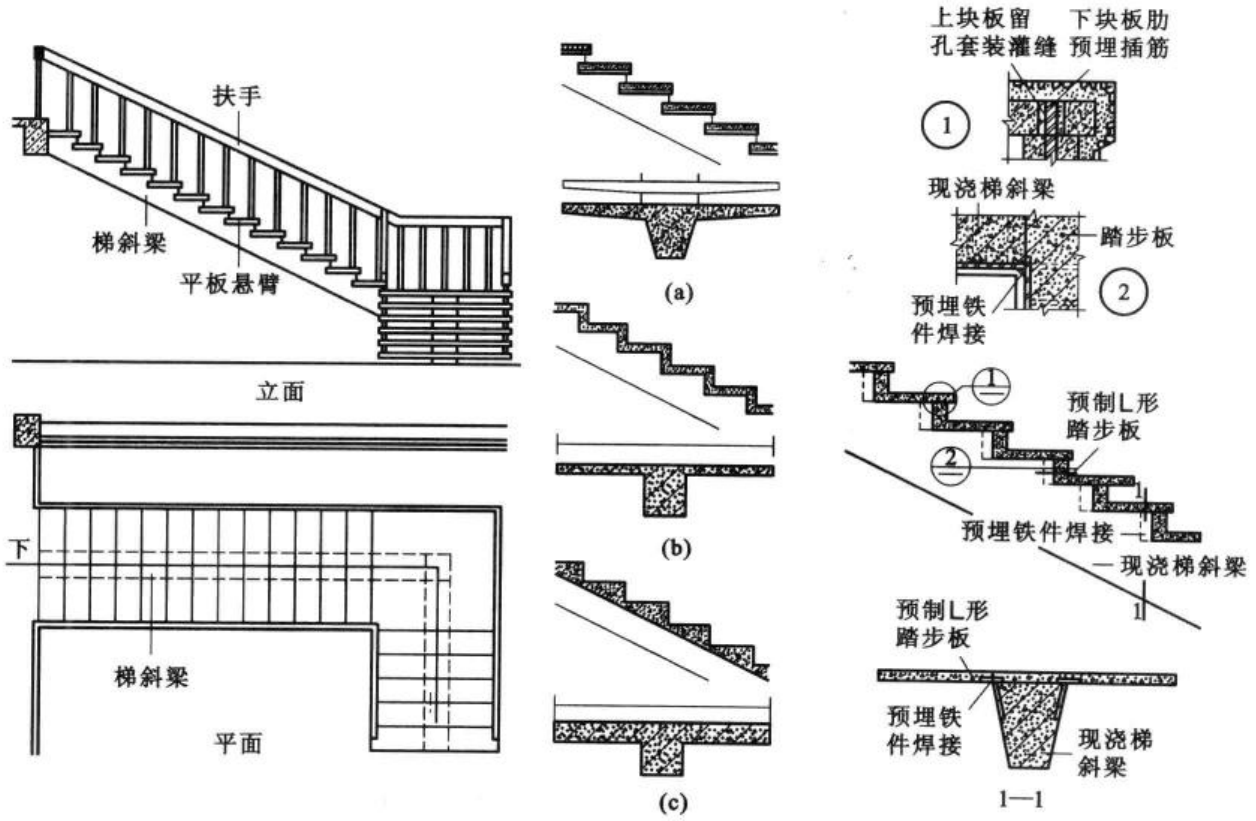


图 9.20　部分现浇梁悬臂式钢筋混凝土楼梯示例

(a) 平板式；(b) 折板式；(c) 三角形板式

9.3 踏步和栏杆扶手构造

9.3.1 踏步面层和防滑处理

楼梯的地面由于行走人流量大，磨损严重，所以踏步面层应采用耐磨材料。又由于楼梯为倾斜构件，如面层上有水、油污时容易使人滑倒，所以应在踏步面层上采取防滑措施。

踏步面层一般采用水泥砂浆、水磨石、防滑地砖、花岗岩地面等，高级装修的建筑楼梯地面常采用地毯铺设。防滑条一般采用铜条和铝条等材料，见图 9.21。

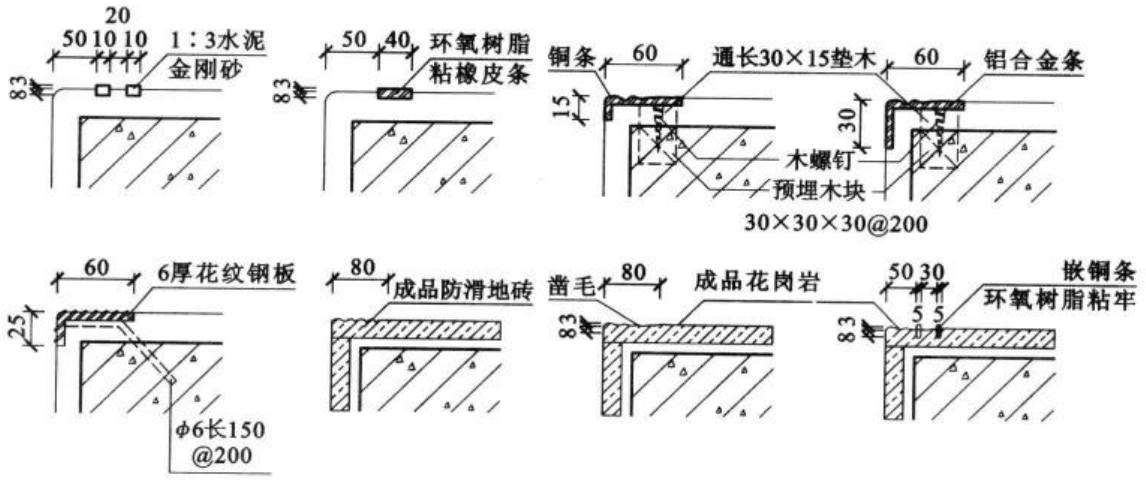


图 9.21 踏步面层及防滑构造

9.3.2 栏杆形式与构造

楼梯栏杆是安装在梯段和平台边缘的围护构件。为保证栏杆在人流拥挤的状况下不被推倒，栏杆的主要受力构件抵抗水平推力的能力应不小于 100 kg/m。在托幼建筑和中小学建筑中，栏杆应采取防攀滑、防坠落措施，其垂直栏杆净距应不大于 110 mm，所以，栏杆形式与构造应满足以上基本要求。

栏杆形式还要考虑到建筑美观要求，配合建筑空间的处理，应显得空透、轻巧。

楼梯栏杆按构造形式不同分为空花式、栏板式、混合式三种，见图 9.22。

空花栏杆一般采用圆钢、方钢、钢管等作为主要受力构件，以扁钢做花饰加以点缀。

空花栏杆特点是空透轻巧，美观大方，施工简单，但容易锈蚀，一般用于室内。现在也有全部采用不锈钢管焊接而成的栏杆，减少了锈蚀的危害，见图 9.23。

当栏杆竖杆采用钢筋时，其直径为 16～30 mm。当采用方钢栏杆时，其截面尺寸一般为 20 mm×20 mm～30 mm×30 mm；当采用不锈钢管时，直径为 25～50 mm，壁厚不小于1.5 mm。

栏板式栏杆采用砌块、钢板网抹灰、钢筋混凝土等材料做成实体栏板，安全性能和耐久年限都优于空花栏杆，但外观显得比较笨重，一般放在室外楼梯或大台阶上。可采用砌 60 mm 厚或 120 mm 厚砖栏板、钢板网两侧抹灰和现浇 60 mm 厚 C20 细石混凝土等措施，见图 9.24。

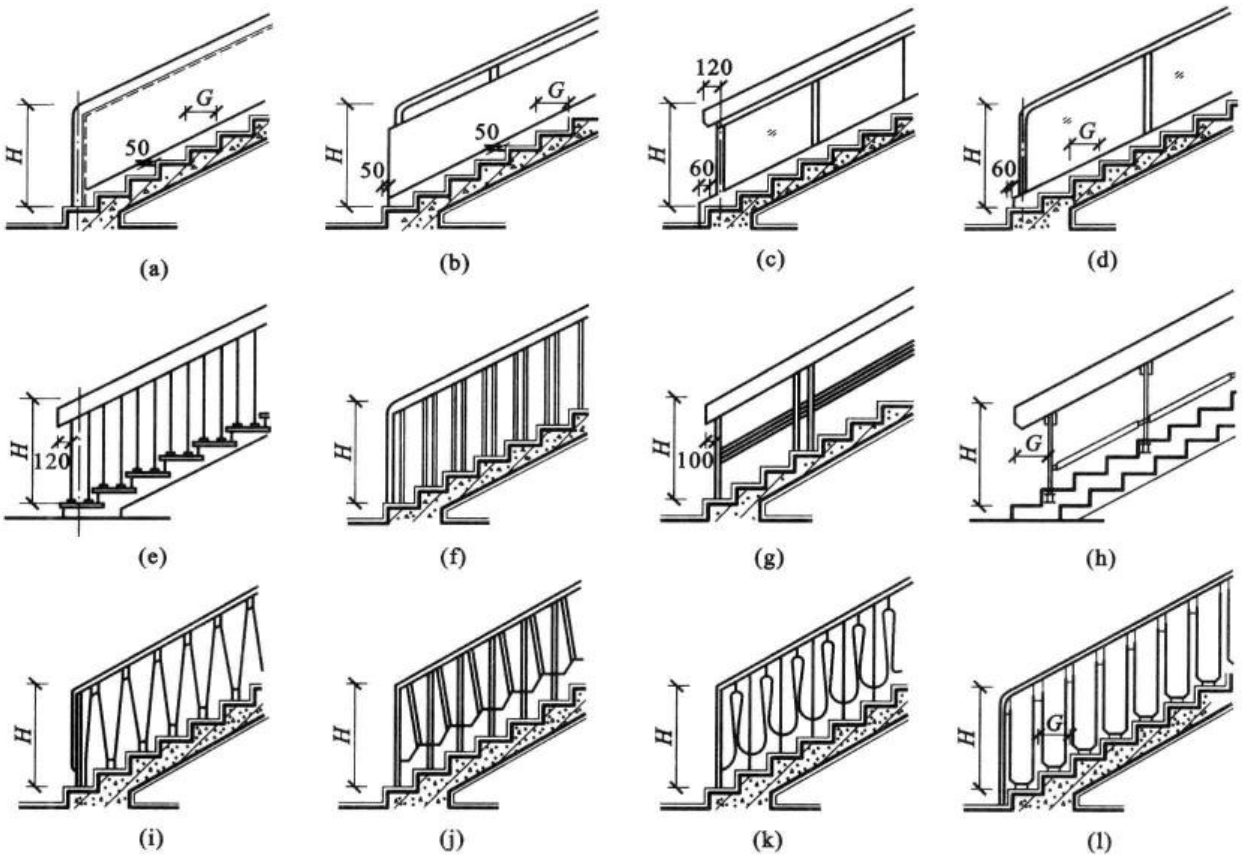


图 9.22　楼梯栏杆形式示例

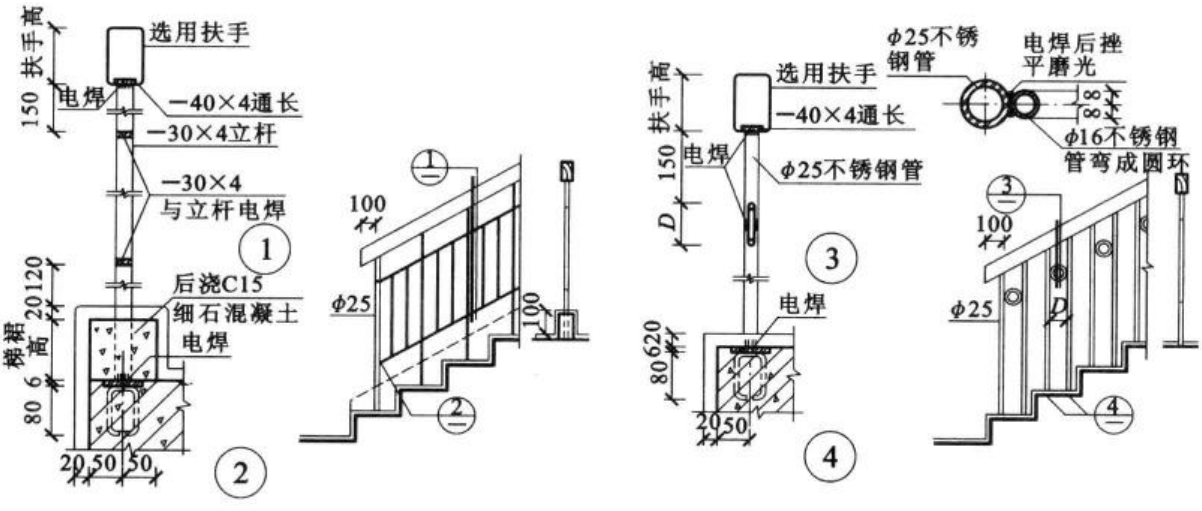


图 9.23　空花式栏杆示例

混合式栏杆吸收了空花栏杆的空透轻巧和栏板式栏杆安全可靠的优点。一般采用金属杆件作为垂直受力构件，栏板则采用装饰木板、塑料贴面板、金属面板、有机玻璃栏板、玻璃栏板等。有些公共建筑采用夹胶刚化玻璃作为楼梯栏杆，玻璃既是受力构件，又是栏板，显得非常通透美观，安全性也很好。图 9.25 为混合式栏杆示例。

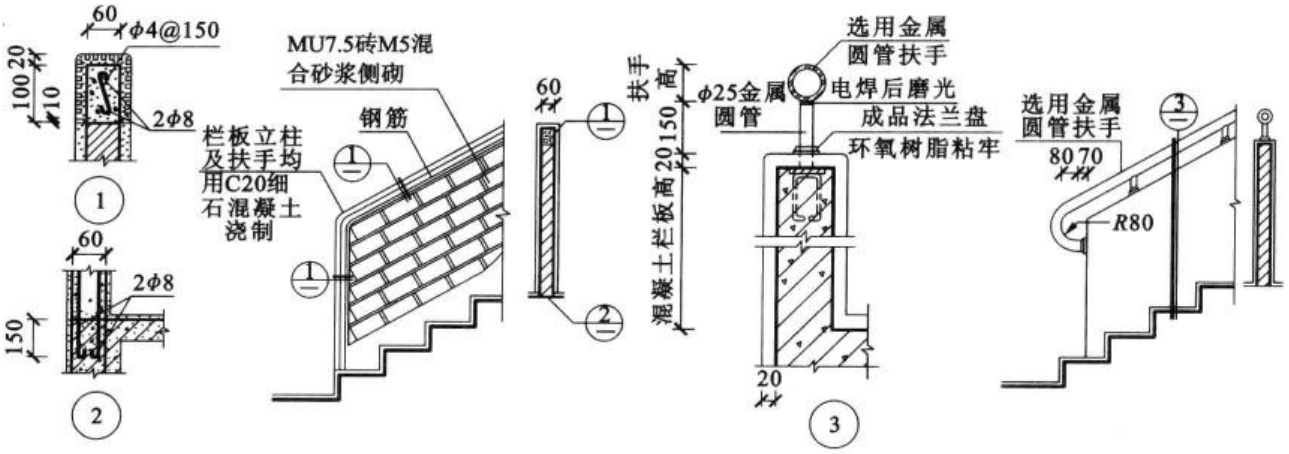


图 9.24　栏板式栏杆示例

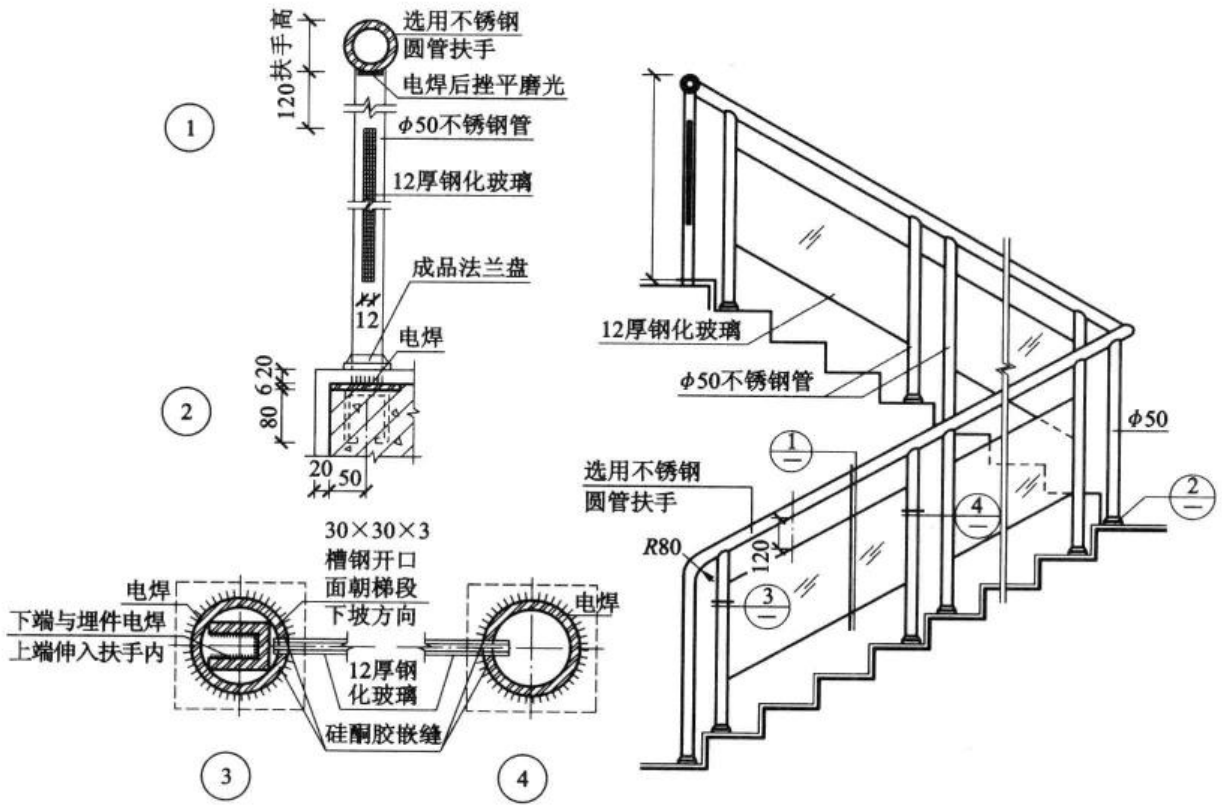


图 9.25　混合式栏杆示例

9.3.3　扶手形式及构造

室内楼梯扶手考虑到人们扶握时的舒适度，一般采用木制扶手，尺寸大小与人体尺度有关。塑料扶手的手感也很好，但耐久性较差，现在已不多用。金属扶手耐久性和耐磨性均很好，可加工成各种形状，在公共建筑中使用较多，缺点是冬天使用时手感较差，人们一般不愿意触摸它。所以木制扶手使用较多，一般采用耐磨性较好的硬杂木制作。

扶手安装方法比较简单，木制扶手一般采用木螺钉固定在栏杆顶部的扁钢上；塑料扶手利用其柔软性卡在栏杆顶部的扁钢上；而金属扶手可直接与金属杆件焊接即可。常用

扶手构造见图 9.26。

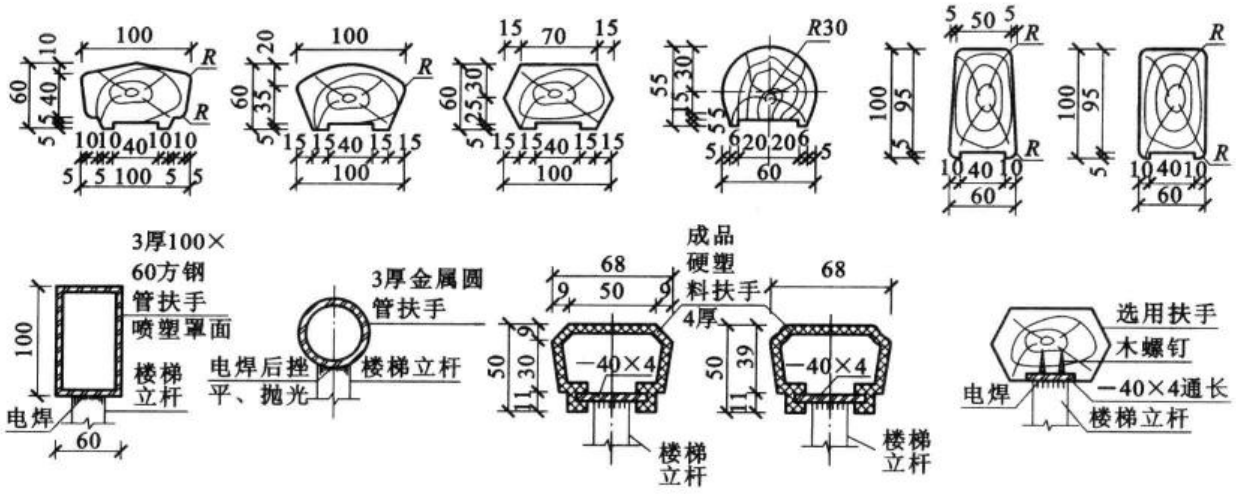


图 9.26　常用扶手构造示例

栏杆一般安装在梯段和梯井悬空一侧，但当梯段较宽时，靠墙一侧也需设置扶手，称为靠墙扶手。靠墙扶手的高度与悬空一侧的扶手高度一致。一般安装方法为每隔 1000 mm在砌块墙上预留孔洞，大小为 100 mm×60 mm×60 mm，将燕尾形铁脚安装在其中，用水泥砂浆或细石混凝土嵌固，再将扶手安装在铁脚上。如果墙体为混凝土或钢筋混凝土墙，则需预埋铁件，将铁脚与其焊接。为了保证抓握的方便，扶手中心线应离开墙面不小于 100 mm。见图 9.27。

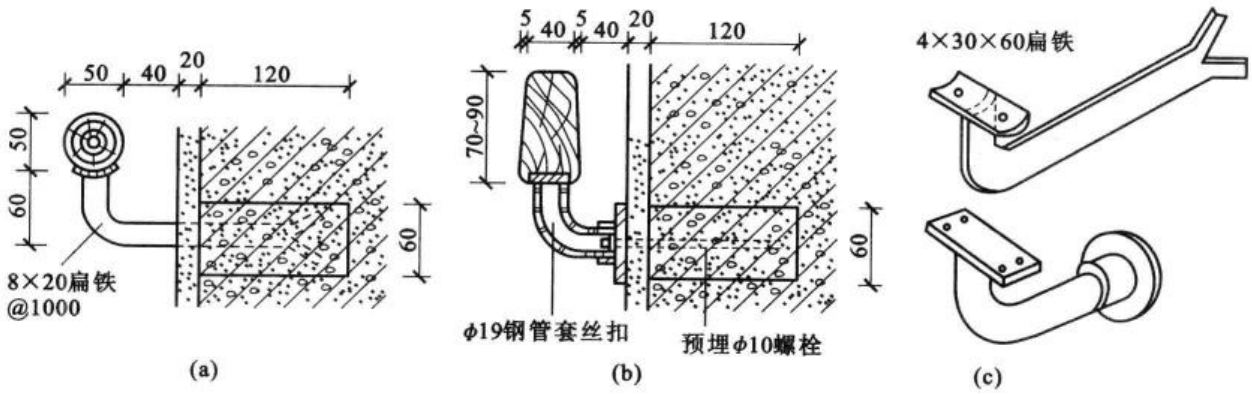


图 9.27　靠墙扶手构造示例

(a) 圆木扶手；(b) 条木扶手；(c) 扶手铁脚

在梯段与平台连接时，或梯段在转折时，由于梯段的高度不同，踏步起始的位置不同，各段栏杆扶手会出现高度不一致的情况。为保证扶手的连续顺滑，需进行一些处理。通常的做法是将扶手向平台自然延长，使扶手在同一高度上连接，这种做法会减小平台深度；或者将下行梯段后退一步，也能使扶手连接顺滑，但梯段长度又增加了一步。当梯段出现长短跑时，在平台上有一段水平栏杆，其高度不应小于 1050 mm。图 9.28 是扶手在梯段转折处高差的几种处理方法。

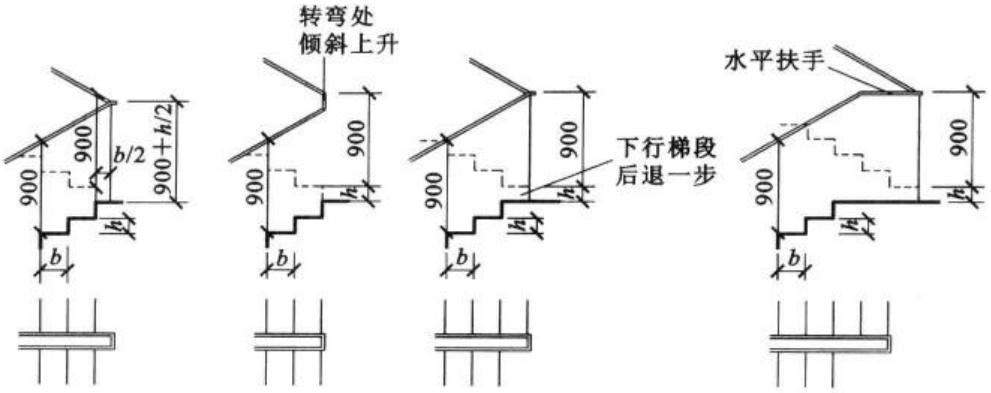


图 9.28　扶手高差的几种处理方法

9.3.4　栏杆连接构造

楼梯栏杆从受力角度来看，是一个悬臂构件，安全性主要靠栏杆与梯段的连接来保证。通常做法是在梯段板的上方或侧面预埋铁件，铁件尺寸有 60 mm×60 mm 到100 mm×100 mm不等，在其上焊接金属立杆。为避免铁件锈蚀，可用抹灰层覆盖，见图 9.29。为美观起见，还可在立杆下方装设金属套环。砌块栏板与梯段连接时，应将梯段内的钢筋与栏板内的钢筋绑扎牢固。钢筋混凝土栏板则应与梯段内预留的钢筋绑扎后再进行现浇。

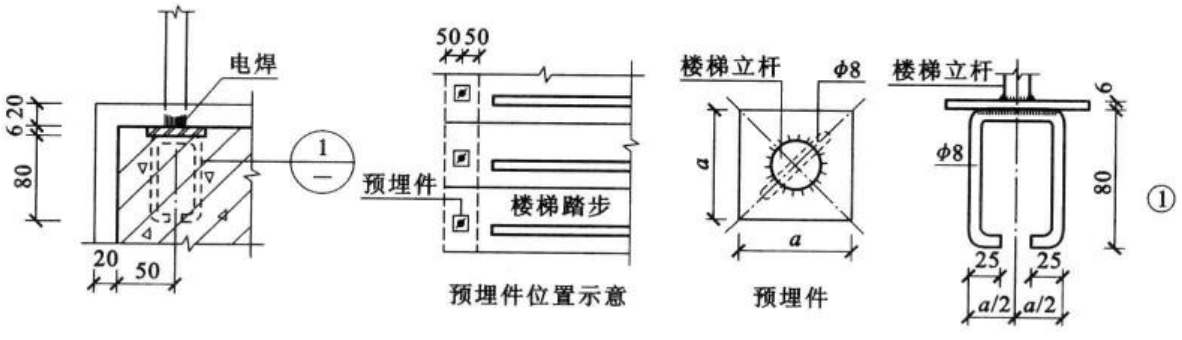


图 9.29　金属栏杆与梯段的连接构造

9.3.5　其他构造

楼梯在底层开始向上行的第一步叫起步，为了美观，一般对起步处的栏杆做特殊处理。栏杆立杆一般安装在第一级踏步上，为安全起见，扶手向前挑出长度不小于100 mm。当扶手为金属构件时，也可以将扶手弯向下方，直接安装在楼梯踏步上，见图 9.30。

在楼梯栏杆上到最高层后，有一段水平栏杆，也叫安全栏杆，其高度不小于1050 mm。栏杆扶手与墙体连接时可采用预埋铁件与扶手焊接的方法。当墙体为钢筋混凝土墙或柱时，预先将铁件埋入钢筋混凝土墙或柱，当墙体为砌块墙时，可将埋有预埋铁的混凝土块砌入墙体。扶手上的金属构件直接和预埋铁焊接，见图 9.31。

在楼梯中间平台处一般设置窗以满足采光通风要求，有时为了建筑立面美观需要，窗台高度可能低于 900 mm 甚至更低，这时就必须做护窗栏杆以保证行人安全。护窗栏杆一般采用钢筋或不锈钢管制作，扶手采用木扶手或不锈钢管扶手，固定在楼梯踏步上、楼梯平台上或窗户两边的墙体上，见图 9.32。

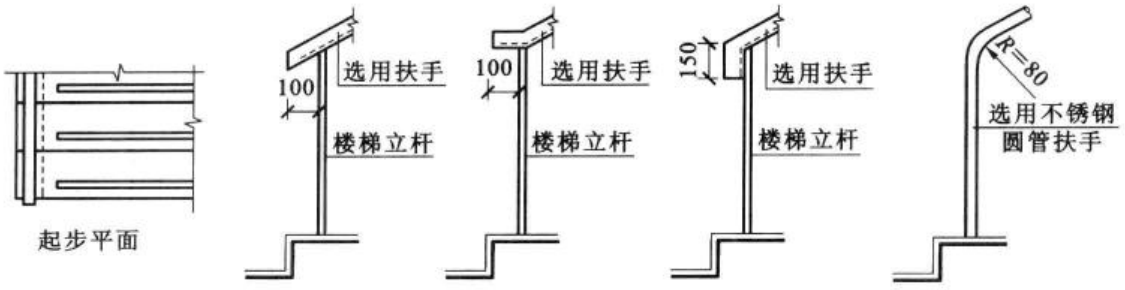


图 9.30　扶手起步构造示例

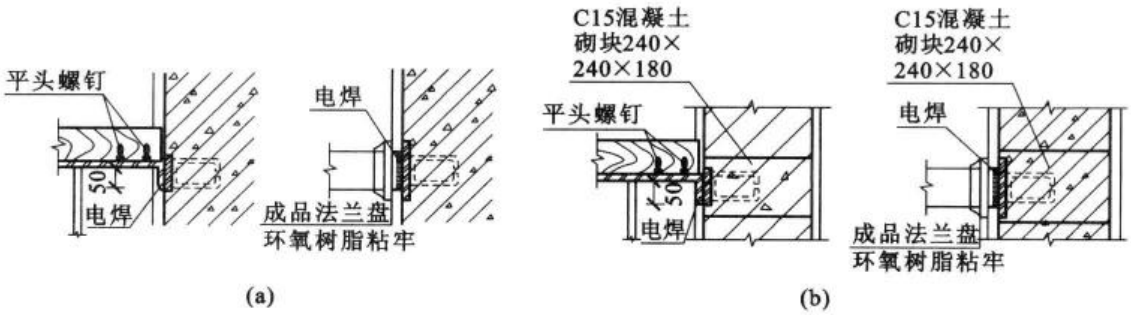


图 9.31　扶手与墙体的连接示例

(a) 扶手与钢筋混凝土墙、柱的连接；(b) 扶手与砌块墙的连接

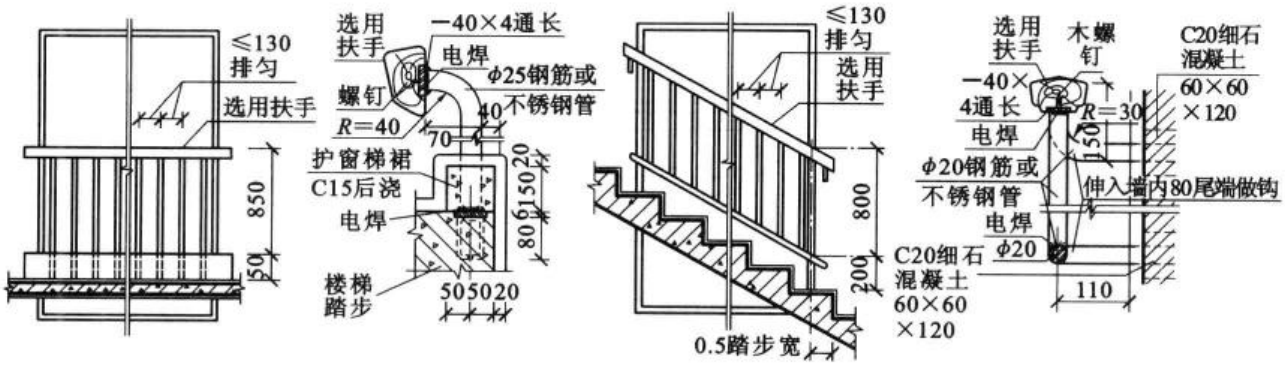


图 9.32　护窗栏杆构造示例

9.4　室外台阶及坡道构造

室外台阶设在建筑物出入口的位置，是用来连接建筑物室内外高差的过渡构件，属于垂直交通联系部分。室外台阶的位置明显、人流量大，又处于露天之中，其构造设计有一定的要求。台阶形式按照出入口的位置不同可分为单出、双出和三出式。台阶侧面可设挡墙、花台和花池，见图 9.33。

9.4.1　台阶尺度

由于台阶位于室外，雨雪较多，人流量较大，为安全起见，所以坡度比室内楼梯要小。一般踏步高为 120～150 mm，踏步宽为 300～400 mm。缓冲平台的深度不小于 1000 mm，需做 1%坡向室外的坡度，以利于排水。台阶的尺寸及做法见图 9.34。

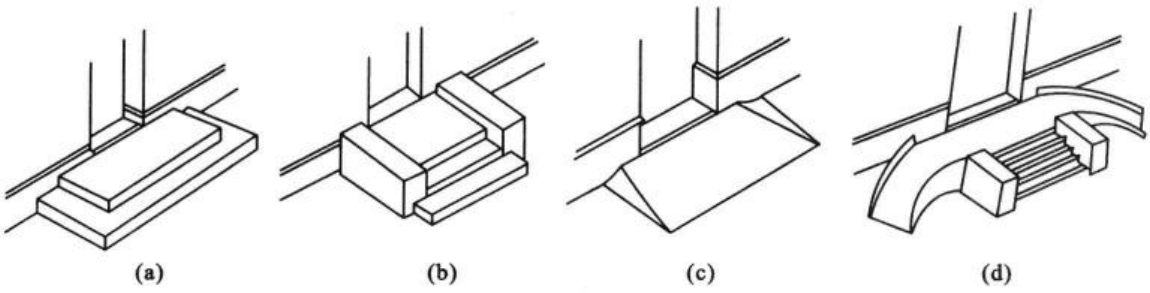


图 9.33　台阶与坡道的形式

(a) 三面踏步；(b) 单面踏步；(c) 坡道；(d) 踏步坡道结合

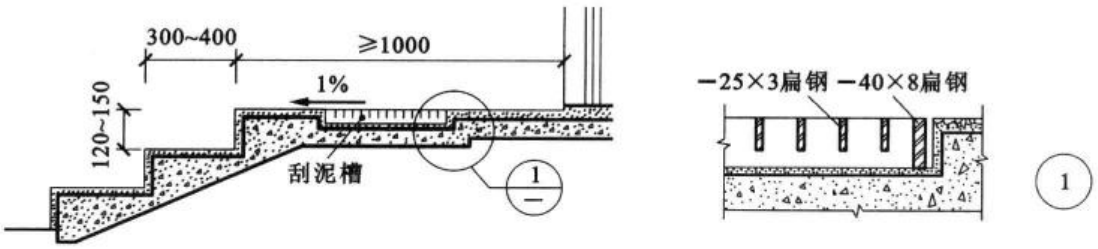


图 9.34　台阶尺度示例

9.4.2　台阶构造

台阶的构造有实铺台阶和架空台阶两种。当台阶踏步较少时可采用实铺台阶，当台阶踏步较多，室内外高差较大时可采用架空台阶。由于主体建筑的沉降量较大，地基土的冻胀等容易使台阶在与主体建筑连接处产生裂缝，在构造设计中应考虑此类问题的影响。实铺台阶应加强台阶与主体建筑的连接，以形成整体沉降，如不能保证，则在连接处预留缝隙用油膏嵌固。架空台阶是将台阶与主体断开，将台阶梁搁置在主体建筑上一同沉降，或者将台阶另做结构，与主体建筑完全脱开，互不影响，见图 9.35。

台阶处于易受雨水侵蚀的环境之中，在材料选择和面层处理时需慎重考虑防滑和抗风化问题。面层选用防滑、耐久的材料，如水泥石屑、防滑地砖、剁斧石、花岗岩表面烧毛等。

图 9.36 所示为台阶踏步构造示例。

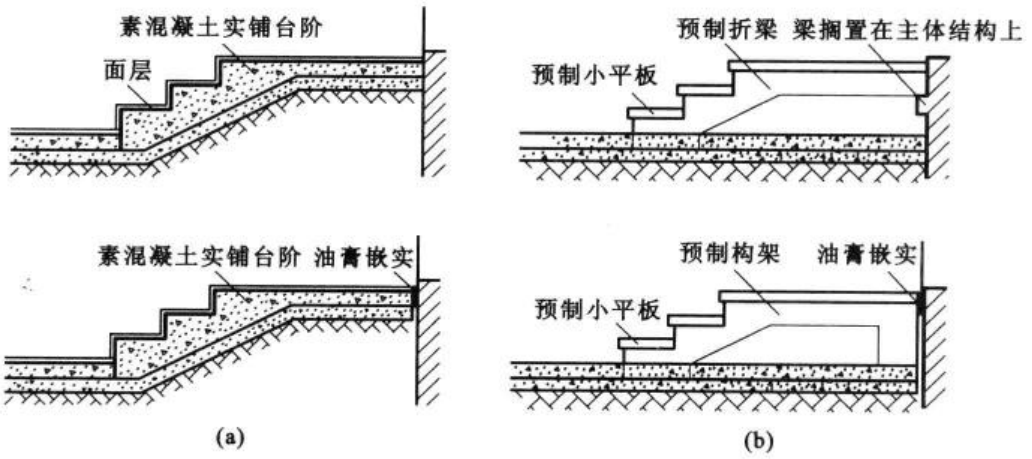


图 9.35　台阶构造示例

(a) 实铺；(b) 架空

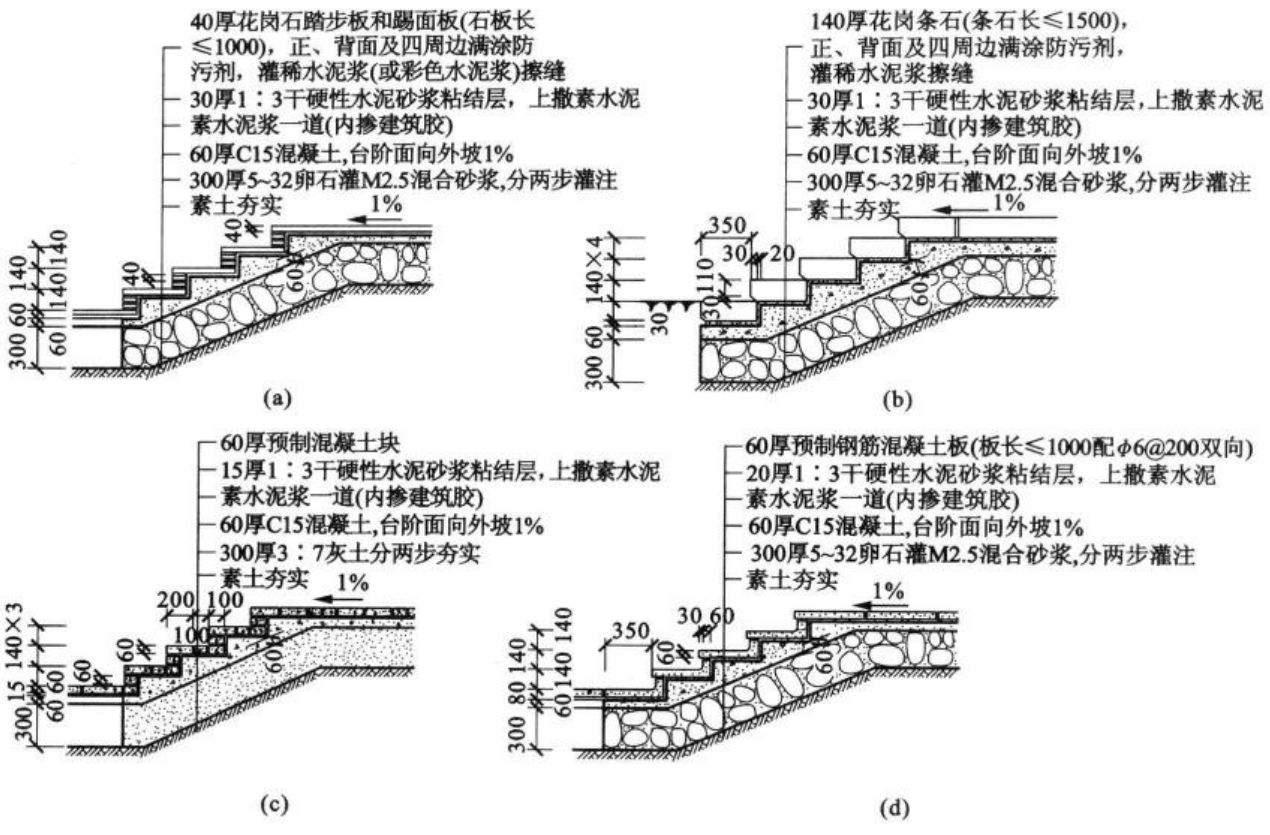


图 9.36　台阶踏步构造示例

(a) 花岗石铺面台阶；(b) 条石台阶；(c) 预制混凝土块铺面台阶；(d) 预制混凝土板铺面台阶

9.4.3　坡道设计

坡道设计有两种，一种是考虑到为残疾人和老年人所修建的无障碍坡道(无障碍设计是指为残疾人和老年人等行动不便者创造正常生活和参与社会活动的便利条件，消除人为环境中不利于行动不便者的各种障碍)；一种是考虑到货物搬运方便和车辆行驶所设计的坡道。

一般坡道坡度在 1：6～1：10 之间，通常取 1：10，比较舒适。大于 1：8 时须做防滑措施，一般在面层上做礓石磉或防滑条。

坡道应采用抗冻性好的材料，面层的耐磨性要好，见图 9.37。还要考虑主体建筑沉降对坡道构造的影响。

无障碍坡道的坡度要求不大于 1：12，每段坡道的高度不大于 750 mm，水平投影长度不大于 9000 mm，见图 9.38。当室内外高差较大时，必须分成几段坡道，中间用休息平台连接。坡道休息平台的最小深度应满足轮椅回转半径的要求，一般不小于 1.5 m，见图 9.39。坡道宽度不小于 1.2 m，当入口处只设坡道时，坡道的宽度不小于 1.5 m。

坡道两侧应设安全挡台，高度不小于 50 mm。坡道扶手设两道，高度分别为 850 mm 和 650 mm，扶手尽端设不小于 300 mm 的水平段，见图 9.40。

无障碍坡道的构造做法如图 9.37 所示，栏杆做法同楼梯栏杆。

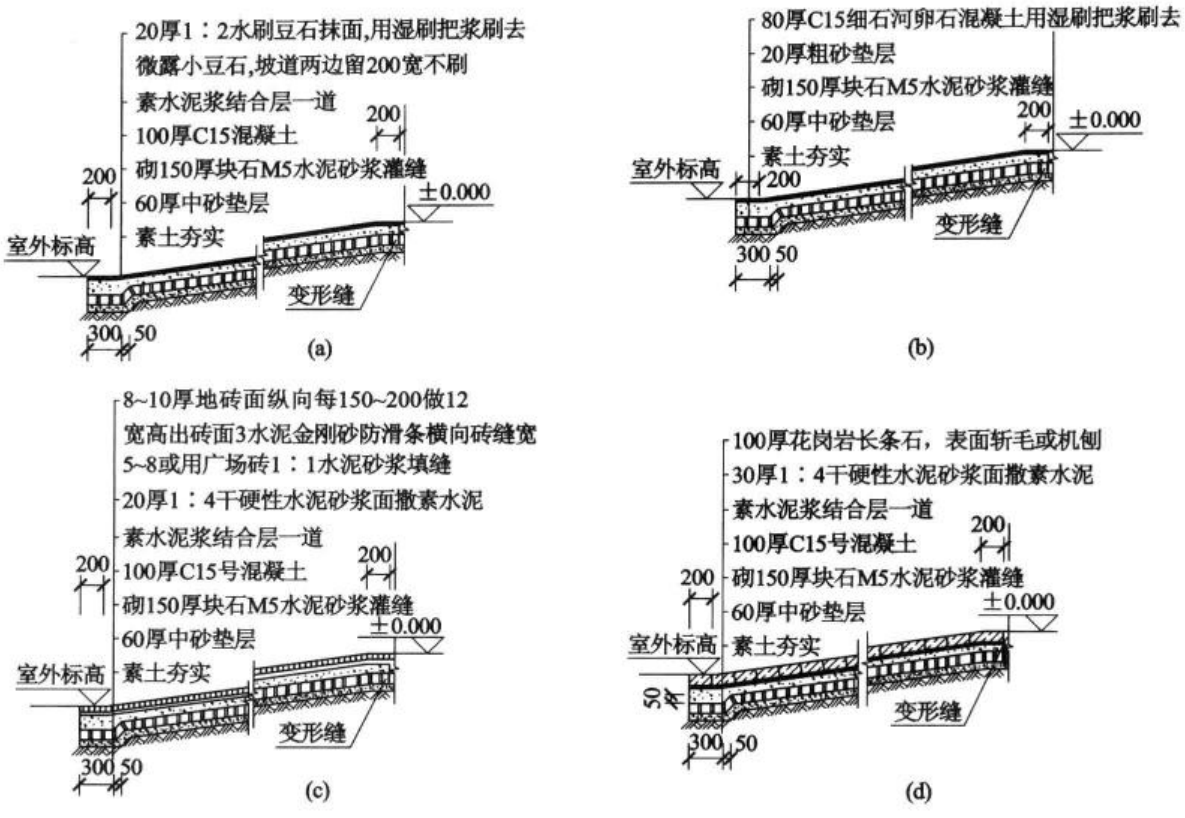


图 9.37　坡道构造示例

(a) 水刷豆石面;(b) 细卵石混凝土面;(c) 地砖面;(d) 花岗岩条石

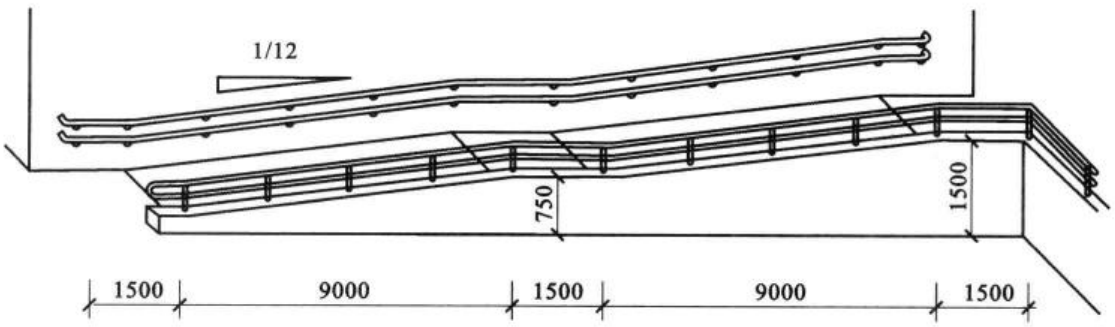


图 9.38　无障碍坡道坡度及尺寸示例

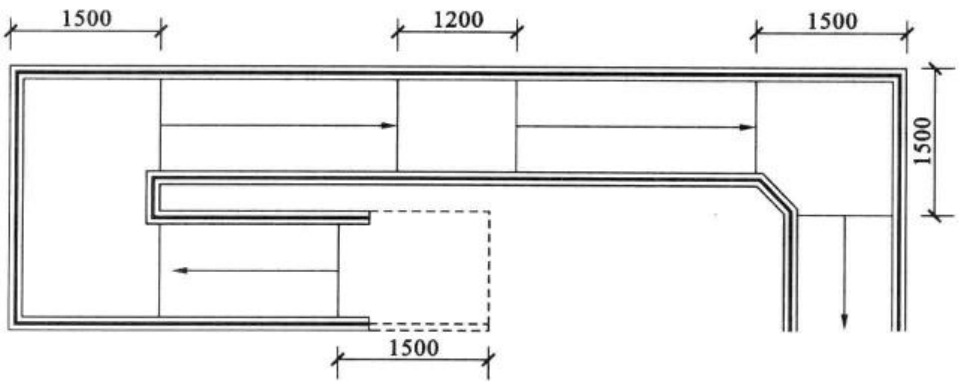


图 9.39　无障碍坡道平台深度示例

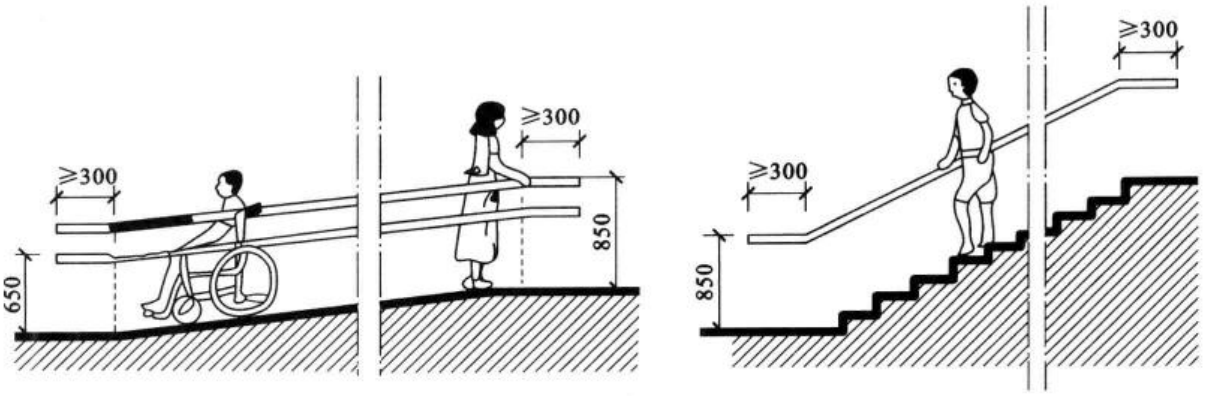


图 9.40　无障碍坡道及楼梯栏杆扶手高度示例

9.5　电梯与自动扶梯

9.5.1　电梯

电梯是高层建筑和某些多层建筑层间垂直交通运输的快速运载设备。在建筑设计中要求：按使用要求选择电梯种类和主参数；按运载量要求配备电梯数量，采用良好的布置方式为用户提供舒适、快捷的服务。

9.5.1.1　电梯的类型

按使用性质分为乘客电梯、住宅电梯、观光电梯、病床电梯、客货电梯、载货电梯、杂物电梯等。

按电梯行驶速度分：超高速电梯，大于 5 m/s；高速电梯，大于 2 m/s；快速电梯，大于 1 m/s；低速电梯，小于等于 1 m/s。

按电梯的拖动形式分：交流电动机拖动适用于低速客货梯和杂物电梯；直流电动机拖动适用于高速电梯；液压传动适用于机房不在顶层的电梯。

还有按电梯的操作控制方式分类、按电梯轿厢的运载功能分类等，在此不一一赘述。

9.5.1.2　电梯的主参数和规格尺寸

电梯的主参数有额定载重量、载客量、行驶速度等，规格尺寸有轿厢尺寸、井道尺寸、机房尺寸、厅门尺寸、井道底坑尺寸等，见附录表 8 和附录表 9。

电梯的主参数和规格尺寸各生产厂家都不一致，在进行电梯设计时，应根据需要进行选择，确定电梯型号后方可根据电梯规格尺度进行土建方面的设计。

9.5.1.3　电梯组成

需配合电梯设计与结构及构造有关的有电梯井道、机房、底坑及安装设备的预埋件等。电梯的组成见图 9.41。

(1) 电梯井道

电梯井道是电梯运行的通道，内设电梯轿厢、平衡重、缓冲器，在井壁上安装支架导等。井道尺寸与电梯型号有关，井道一般采用钢筋混凝土井壁或框架填充墙。井道壁应预设孔洞和预埋铁，以安装导轨支架。

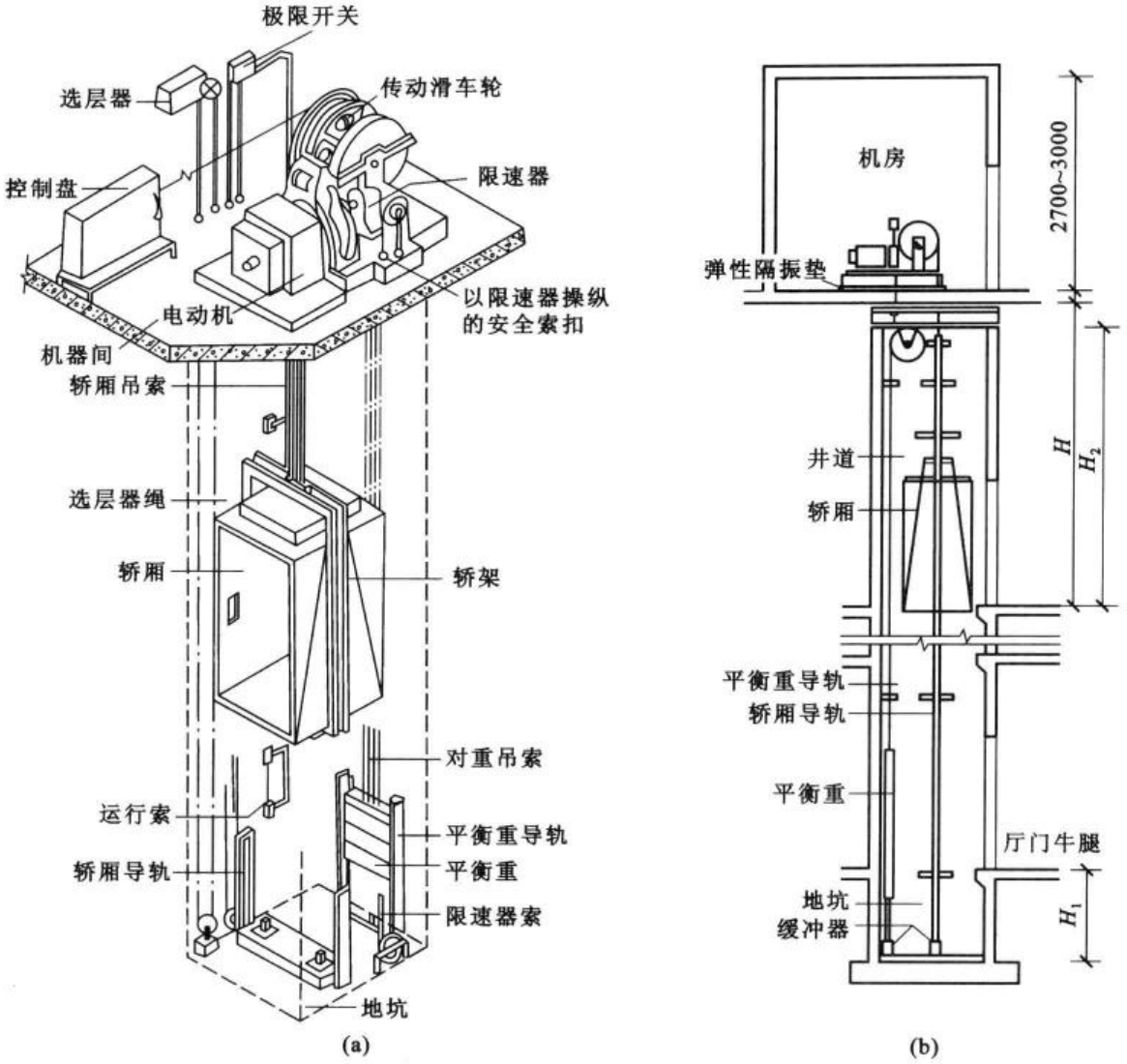


图 9.41　电梯的组成

(a) 电梯井道内部透视图;(b) 电梯井道剖面示意图

电梯井道应考虑隔声、隔振处理。在井道与机房的连接处可设隔声层,见图 9.42(a);在机房设备下方设弹性隔振垫,见图 9.42(b)。电梯井避免设在居住建筑的起居室和卧室隔壁,否则应在井道外壁做隔声处理。

电梯速度大于等于 2 m/s 时,应在井道顶部和底部设置 600 mm×600 mm 的百叶窗通风口,层数较高的建筑,也可在中部增设通风口。

电梯井道内严禁设置可燃气体、液体管道,井道材料应满足防火要求。

(2) 电梯机房

电梯机房设在井道上方,可以向井道平面任意相邻两方面伸出,见图 9.43。

电梯机房应注意采光、照明、防水、隔热保温,机房室温应在 5 ～40 ℃之间,应保持良好通风便于散热。机房围护构件应满足防火要求,机房地面应平坦整洁,能承受 6 kPa 的均布荷载。通往机房的通道、楼梯、门的宽度不得小于 1.2 mm,楼梯坡度应不大于 45°。

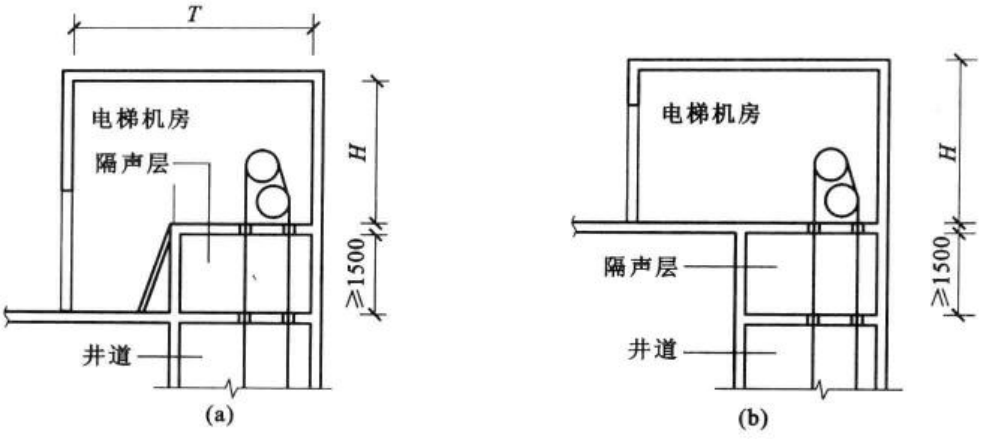


图 9.42　电梯井道隔声层的设置示例

(a) 隔声层设在机房内;(b) 隔声层设在机房下方

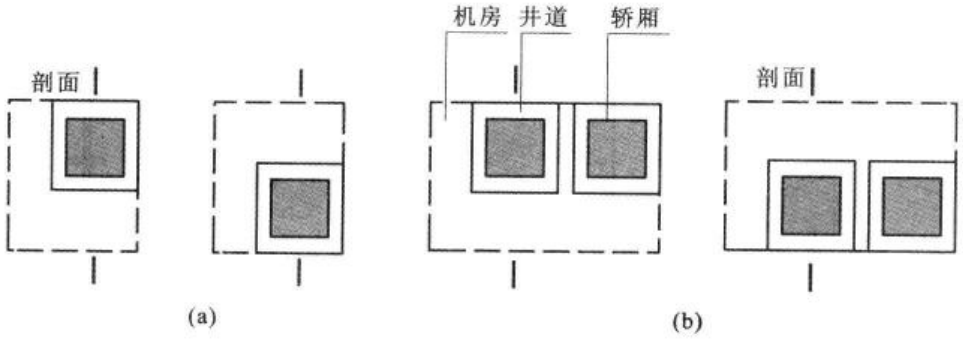


图 9.43　电梯机房平面与井道平面的关系示例

(a) 单台电梯机房与井道关系;(b) 双台电梯机房与井道关系

(3) 井道底坑

井道底坑底部和井壁应防水,为便于检修,需在坑壁上设置爬梯和检修灯槽,坑底位于地下室时,宜从侧面开一检修用小门。

9.5.1.4　与电梯相关的建筑物部位构造

常见的与电梯相关的建筑物及其做法见图 9.44、图 9.45、图 9.46。

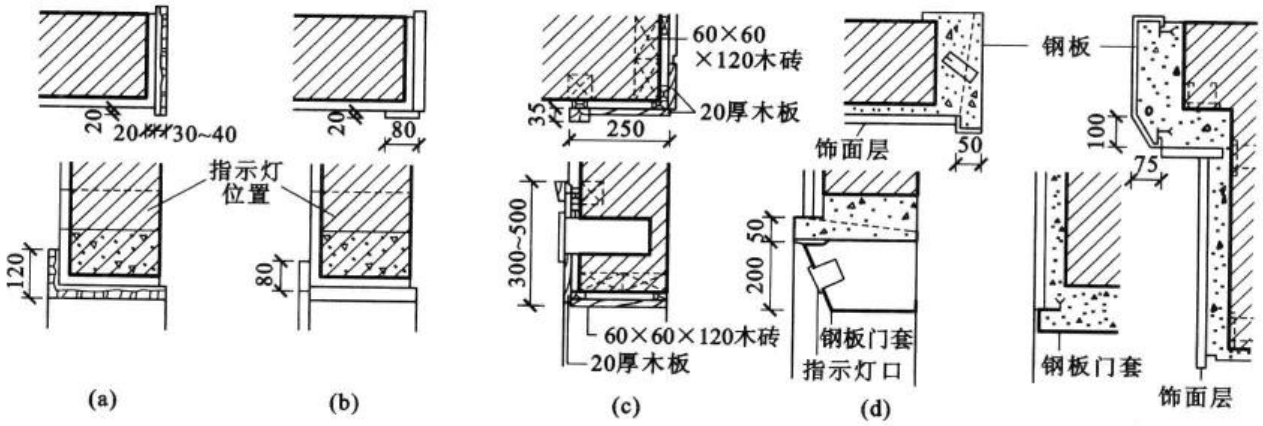


图 9.44　电梯厅门门套安装示例

(a) 水磨石门套;(b) 大理石门套;(c) 木板门套;(d) 钢板门套(电梯厂成品)

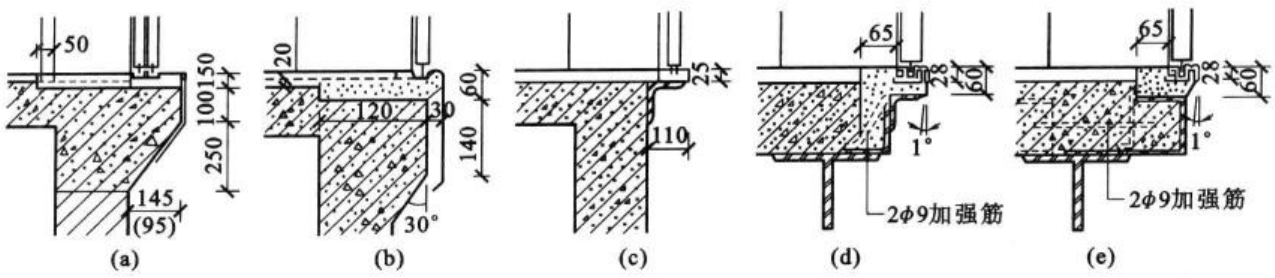


图 9.45　厅门牛腿和地坎做法

注：① 括号内数字为中分推拉门尺寸；② 门滑槽为电梯厂成品。

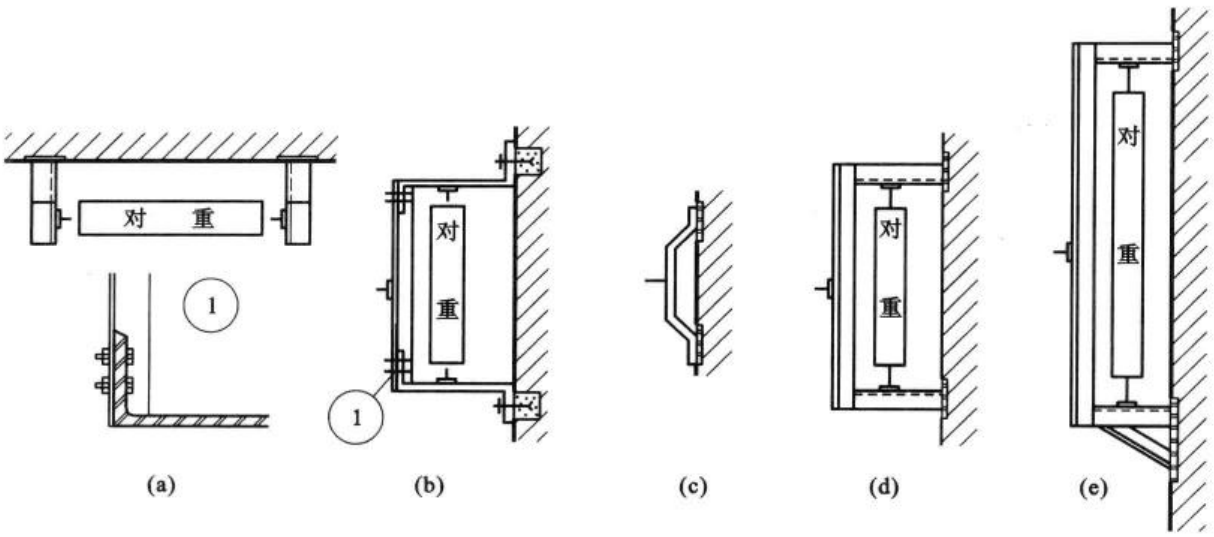


图 9.46　电梯导轨支架的安装

注：货梯载重超 1600 kg 时加斜撑。

9.5.2　自动扶梯

自动扶梯是建筑物楼层间连续运输效率最高的载客系统，适用于车站、码头、地铁、航空港、商场及公共大厅等人流量较大的场所。

9.5.2.1　自动扶梯布置方式

自动扶梯常用的布置方式有并联排列式、平行排列式和交叉排列式三种。

并联排列式的特点是楼层乘客流动可以连续，升降两方面交通均分离清楚，外观豪华，但安装面积大。

平行排列式的特点是安装面积小，但楼层乘客流动不连续，必须绕过部分楼面才能上下。

交叉排列式的特点是乘客流动升降两方面均为连续，不发生混乱，安装面积小，见图9.47。

9.5.2.2　自动扶梯的规格尺寸

自动扶梯的梯型有 600 mm、800 mm、1000 mm、1200 mm 四种，梯级宽有 600 mm 和 1000 mm 两种。

自动扶梯的倾斜角度有 27.3°、30°、35°三种。和楼梯配合使用可选择 27.3°自动扶梯，通常情况下选 30°自动扶梯，地方比较狭小时选择 35°自动扶梯。

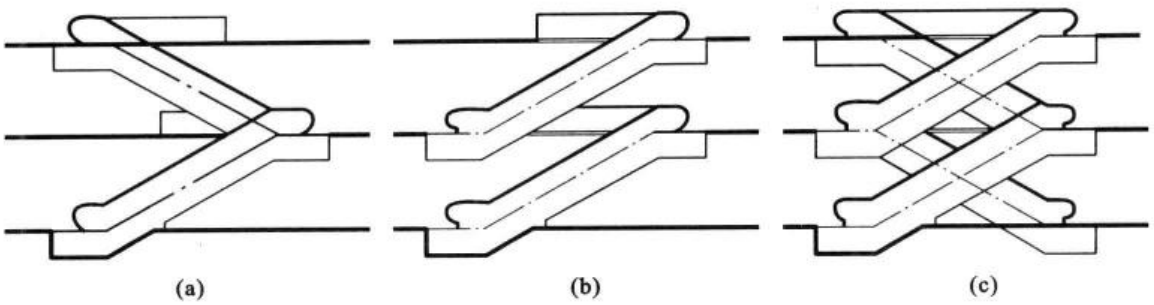


图 9.47　自动扶梯布置方式

(a) 并联排列式;(b) 平行排列式;(c) 交叉排列式

运行速度为 0.5 m/s 和 0.65 m/s 两种,运送能力为 5000 人/h(运行速度为0.5 m/s,梯宽 600 mm)和 8000 人/h(运行速度为 0.5 m/s,梯宽 1000 mm)。

9.5.2.3　自动扶梯的结构及推动系统

自动扶梯的运行原理是采用机电系统技术,由电动机变速器以及安全制动器所组成的推动单元拖动两条环链,环链再带动每级踏板,通过轧轮的滚动,踏板便沿主构架中的轨道循环运转,而在踏板上面的扶手带以相应速度与踏步同步运转。

自动扶梯的受力构件为钢桁架,设在扶手下方梯级两侧,两端支承在楼面梁上,梯段底部用金属板做成装饰外壳,在梯段两端楼板下方分别设置上机坑和下机坑,内设传动设备,机坑上方设活动地板便于检修。在底层处做底坑,并注意防水、防潮。

9.5.2.4　自动扶梯构造

自动扶梯的构造见图 9.48。

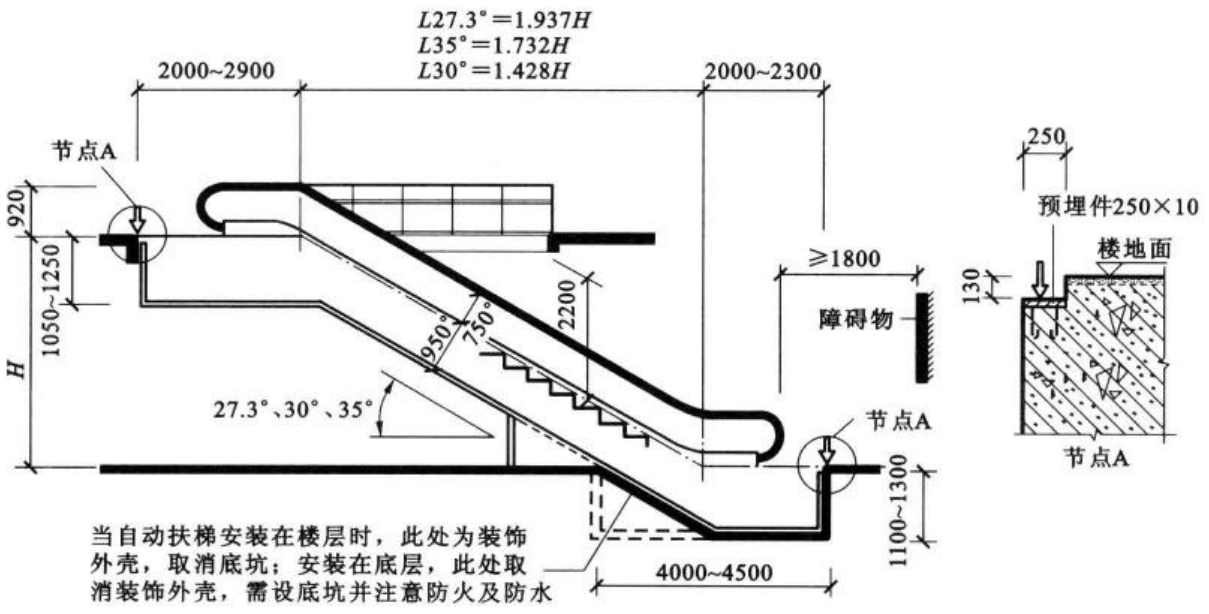


图 9.48　自动扶梯纵剖面示例

复习思考题

1. 楼梯的设计要求是什么?

2. 楼梯坡度如何确定?踏步高和踏步宽与人行步距有何关系?《民用建筑设计通则》对踏步尺寸的规定有哪些?

3. 楼梯梯段宽度和平台深度根据什么确定？为什么平台深度不得小于梯段宽度？

4. 楼梯栏杆扶手高度一般为多少？具体指哪段距离？

5. 楼梯模数协调标准对楼梯间尺寸有哪些具体要求？

6. 什么是平台下通行净高？什么是梯段净高？在楼梯设计时如何满足净高要求？

7. 钢筋混凝土楼梯的结构形式有哪几种？适用范围如何？

8. 楼梯踏步构造有什么要求？常用构造做法有哪些？

9. 栏杆构造形式有哪几种？各举出一种构造做法。

10. 栏杆与梯段板、扶手、墙体如何连接？各举出一种构造做法。

11. 台阶与坡道的形式有哪些？

12. 台阶的尺寸如何确定？台阶的构造要点是什么？构造做法有哪些？举出一种构造做法。

13. 坡道的构造做法有哪些？举出一种构造做法。

14. 什么是无障碍设计？

15. 满足无障碍要求的坡道如何设计？

16. 满足无障碍要求的楼梯如何设计？

17. 电梯及电梯厅的布置有何要求？

18. 电梯井道、电梯机房和电梯井坑在构造设计上有何要求？

作业 6　楼梯构造设计

按照作业 1 的楼梯间开间、进深、层高，进行住宅楼公共楼梯设计。

1. 条件

楼梯间尺寸：开间 2.4 m，进深 5.1 m，层高为 3.0 m，四层的室内外高差 600 mm。住宅为框架结构，填充墙为 200 mm 厚加气混凝土砌块墙，楼梯间下部为住宅出入口。

2. 要求

根据以上条件，确定楼梯形式、踏步尺寸、踏步级数、梯段宽度、平台深度。绘出楼梯间 1～4 层平面、楼梯剖面和部分详图。

3. 平面图内容

4 个楼梯间平面、标注开间、进深、梯段、踏步、平台尺寸、平台标高、轴线、轴号等。

4. 剖面图内容

1～4 层剖面，屋顶部分截去不画。标注楼梯高度尺寸、层高、平台标高、详图索引号等。

5. 详图内容

栏杆构造、扶手与栏杆的连接、栏杆与梯段的连接、栏杆与墙体的连接。应标注材料、尺寸、构造做法等。

作业要求：A3 图纸两张。按 1∶50 的比例绘出楼梯间 1～4 层平面，另一张图纸按 1∶50 的比例绘出 1—1 剖面图，按 1∶10～1∶5 的比例绘出部分详图。作图应符合建筑制图标准。

作业目的：考察和训练学生掌握楼梯构造设计基本原理和方法，掌握楼梯各种尺度的设计要求，能运用所学知识对各种要求不同的楼梯进行构造设计。

10

基础与地下室

本章提要

本章主要讲述地基与基础的基本概念；基础的构造形式及适用范围；地下室的防潮构造及防水构造。应重点了解基础构造形式的划分及适用范围，地下室的防潮防水构造。

10.1 基　础

10.1.1 基本概念

建筑物最下面的部分，与土层直接接触的建筑构件称为基础。基础是建筑物的重要组成部分。地基是基础下面的土层，不是建筑物的组成部分，它的作用是承受基础传来的荷载。

基础承受建筑物的全部荷载，并将荷载传给下面的土层——地基，因此要求地基具有足够的承载能力。基础的大小与地基承载能力成反比，与上部荷载大小成正比。在进行结构设计时，必须对基础下面土层的承载能力进行勘察，确定其大小和性质。直接承受荷载的土层称为持力层，持力层下方的土层为下卧层。

10.1.2 地基分类

天然地基——不需经过处理就可以直接承受建筑物荷载的地基。如岩石、碎石、砂土、粉土、粘性土等。

人工地基——必须进行换土和加固的软弱土地基。

常用人工地基的处理方法有：

(1) 压实法

利用机械压实(重锤夯实、振动、强夯等)对地基进行处理。这种方法施工简单，可有效提高地基的承载力，可用于处理建筑垃圾或工业废料组成的杂填土地基。

(2) 换土法

当地基持力层软弱，压实法不能满足建筑物荷载要求时，尽可能采用换土的方法对地

基进行处理。换土所用的材料宜选用中砂、粗砂、砾砂、角(圆)砾、碎(卵)石、矿渣、灰土、粘性土及其他性能稳定、无侵蚀性的材料。换土法一般用于软弱地基的浅层处理,换土厚度由计算确定。

(3) 挤密法

当建筑物荷载较大、地基土层的承载力又不能满足要求时,应采用砂桩、灰砂桩等对地基进行挤密加固,提高地基土的承载能力。挤密桩一般设置在基础下层的地基土中,桩间距、深度、直径等由计算得出。

10.1.3 基础的埋置深度

从室外设计地坪至基础底面的垂直距离称为基础的埋置深度,简称基础的埋深,如图 10.1所示。根据基础埋置深度的不同,基础有深基础、浅基础和不埋基础之分。埋置深度大于 5m 的称为深基础;埋置深度小于 5 m 的称为浅基础;基础直接做在地表面上的称为不埋基础。

影响基础埋置深度的主要因素有:

(1) 建筑物上部荷载大小

基坑挖出土的重量理论上应大于或等于建筑物的上部荷载。高层建筑的基础埋深一般是地上建筑物总高的 1/15～1/10 左右,而多层建筑物要根据地下水位及冻土深度来确定埋深。

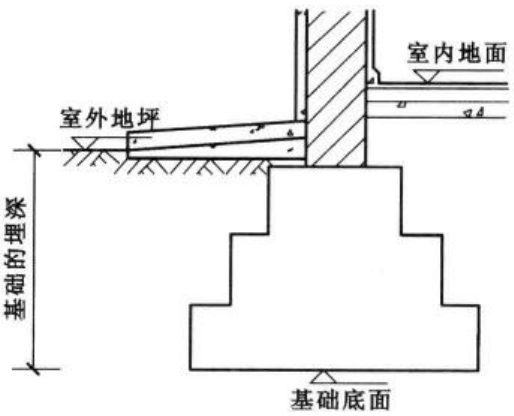


图 10.1 基础的埋深

(2) 地基土的性质

基础应尽可能坐落在承载力较高且较浅的土层上。

(3) 地基土的冻结深度

地面以下冻结土与非冻结土的分界线称为冰冻线。土层的冻结深度取决于各地的气候情况。同时,有些土层在冻结后还会出现冻胀现象,而导致建筑物的变形、开裂,因此,基础埋深一般在冰冻线以下大约 200 mm 的位置(图 10.2)。

(4) 地下水的影响

土壤中含水量的多少对地基土承载力影响很大,如粘性土遇水后,体积会膨胀,土的承载力下降;而含有侵蚀性物质的地下水,对基础会产生腐蚀。因此,基础要尽可能埋置在地下水位以上。当必须埋在地下水位以下时,应将埋深控制在最低地下水位以下 200 mm,以避免水位变化对基础的影响。

(5) 相邻建筑物基础的影响

新建筑物的基础埋深不宜大于原有建筑的基础,必须大于原有基础埋深时,两基础应保持一定净距(图 10.3),其数值应根据原有建筑荷载大小、基础形式和土质情况确定。

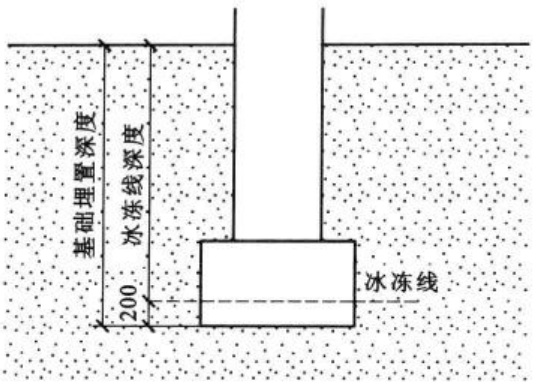


图 10.2　冰冻线与基础埋深

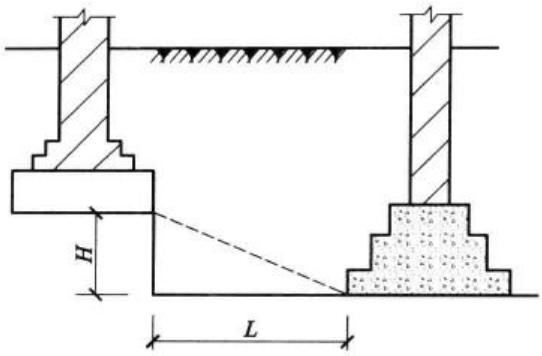


图 10.3　相邻基础的关系

10.1.4　基础的类型

基础的类型较多，按基础所采用材料和受力特点分，有刚性基础和非刚性基础；依构造形式分，有条形基础、独立基础、筏形基础、箱形基础和桩基础等。

(1) 按所用材料及受力特点分类

① 刚性基础

由刚性材料制作的基础称为刚性基础。在常用的建筑材料中，砖、石、素混凝土等抗压强度高，而抗拉、抗剪强度低，均属刚性材料。由这些材料制作的基础都属于刚性基础。

从基础受力角度考虑，由于土壤单位面积的承载能力小，上部结构通过基础将其荷载传给地基时，是将基础底面积扩大，使得地基承载能力大于基础底面的压强，才能适应地基受力的要求；如果地基承载能力小于基础传来的压强，建筑物会整体下沉或倾斜，所以在设计时，基础底面的大小是根据地基承载能力而定的。

从基础传力角度考虑，根据试验得知，上部结构(墙或柱)在基础中传递压力是沿一定角度分布的，这个传力角度称压力分布角，或称刚性角，以 α 表示，如图 10.4(a)所示。

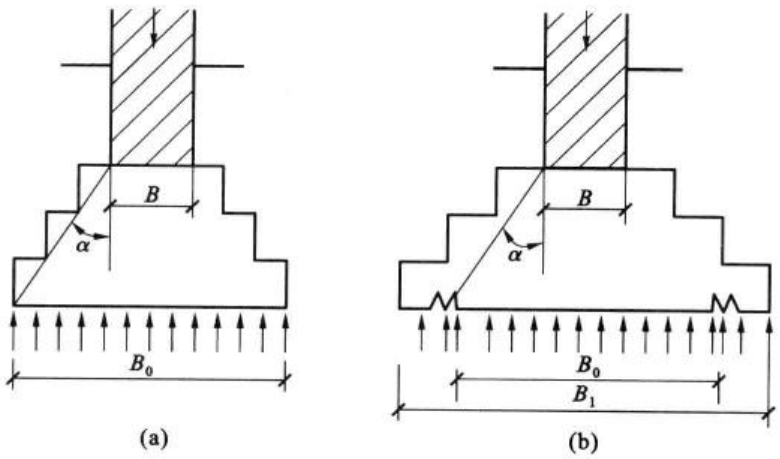


图 10.4　刚性基础的受力、传力特点

(a) 基础受力在刚性角范围以内；(b) 基础宽度超过刚性角范围而破坏

由于刚性材料抗压能力强，抗拉能力差，因此，基础底面面积只能控制在压力分布角范围内。如果基础底面宽度超过压力角控制范围，即由图中的 B_0 增大到 B_1，这时，位于

压力角范围之外的基础会因受拉而破坏[图 10.4(b)]。所以，刚性基础底面宽度的增大要受到刚性角的限制。

不同材料基础的刚性角是不同的，通常砖砌基础的刚性角控制在 26°～33°之间为好，素混凝土基础的刚性角应控制在 45°以内(图 10.5)。

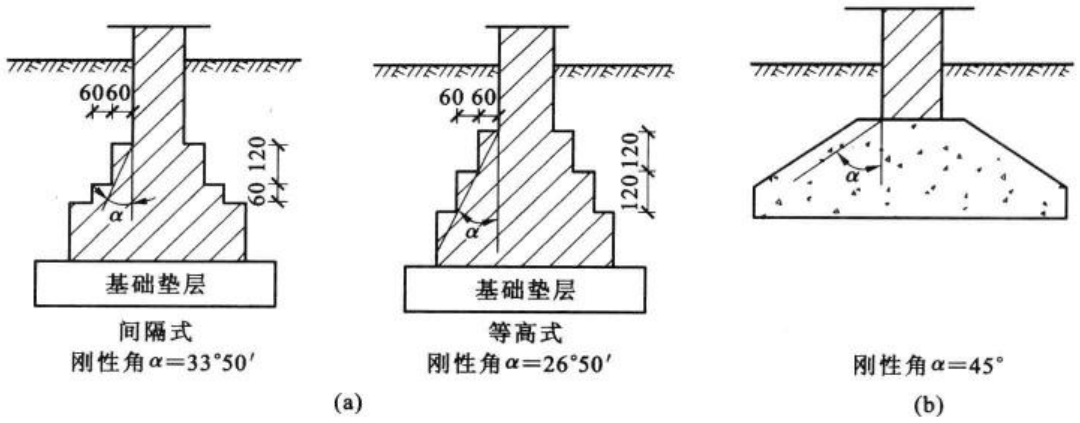


图 10.5　刚性基础的受力、传力特点

(a) 砖砌基础的刚性角范围；(b) 素混凝土基础的刚性角范围

② 非刚性基础

当建筑物的荷载较大而地基承载能力较小时，必须加大基础底面宽度 B_0 来承受建筑上部荷载，如果仍采用刚性基础，势必导致基础深度也要加大。这样，既增加了挖土工作量，而且还使材料用量增加，对工期和造价都十分不利[图 10.6(a)]。

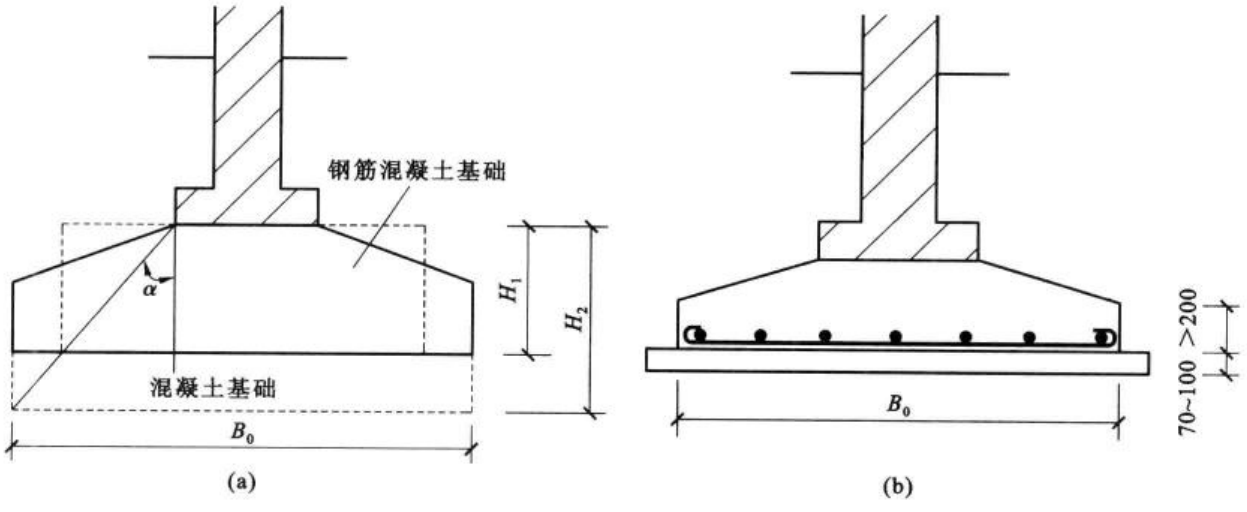


图 10.6　钢筋混凝土基础

(a) 混凝土与钢筋混凝土基础比较；(b) 基础配筋情况

如果在混凝土基础的底部配以钢筋，利用钢筋来承受拉力[图 10.6(b)]，使基础底部都能够承受较大弯矩，这时，基础宽度的加大不受刚性角的限制，故称钢筋混凝土基础为非刚性基础。在同样条件下，采用钢筋混凝土与混凝土基础比较，可节省大量的混凝土材料和挖土工作量。

为了保证钢筋混凝土基础施工时，钢筋不致陷入泥土中，常须在基础与地基之间设置 100 mm 厚 C10 素混凝土垫层。

(2) 按基础的构造形式分类

基础构造形式的确定随建筑物上部结构形式、荷载大小及地基土质情况而定。在一般情况下，上部结构形式直接影响基础的形式。当上部荷载增大，且地基承载能力有变化时，基础形式也随之变化。

① 条形基础

当建筑物上部结构采用砖墙或砌块墙承重时，基础沿墙身设置，多做成长条形，这种基础称为条形基础或带形基础(图 10.7)。所以，条形基础往往是墙承重结构的基础形式。

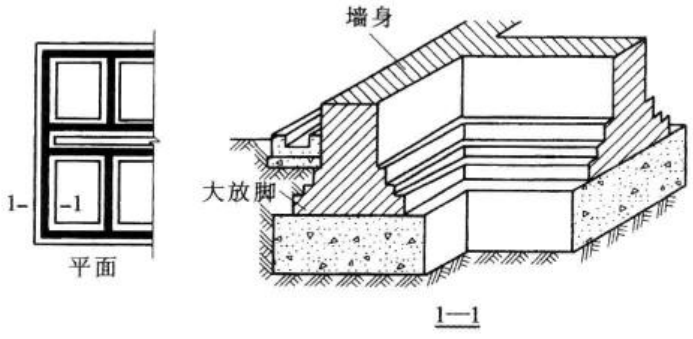


图 10.7　条形基础

② 独立基础

当建筑物上部结构采用框架结构或单层排架及门架结构承重时，其基础常采用方形或矩形的单独基础，这种基础称独立基础或柱式基础，见图 10.8(a)。独立基础是柱下基础的基本形式。当柱采用预制构件时，则基础做成杯口形，然后将柱子插入并嵌固在杯口内，故称杯形基础[图 10.8(b)]，图 10.8(c)为阶梯形和锥形独立基础。

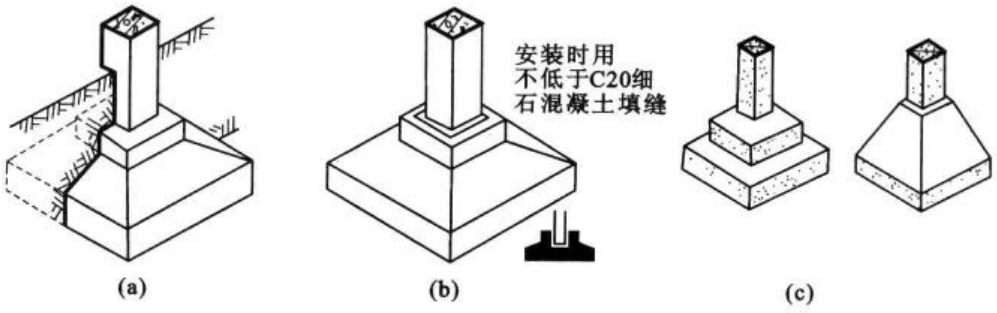


图 10.8　独立式基础

(a) 现浇基础；(b) 杯形基础；(c) 阶梯形、锥形基础

③ 井格式基础

当框架结构处在地基条件较差的场地时，为了提高建筑物的整体性，以免各柱之间产生不均匀沉降，常将柱下基础沿纵、横方向连接起来，做成十字交叉的井格基础，故又称十字带形基础(图 10.9)。

④ 筏形基础

当建筑物上部荷载较大，而所在地的地基承载能力又比较弱，这时采用简单的条形基础或井格式基础已不能适应地基变形的需要时，常将墙下基础或柱下基础连成一片，使整

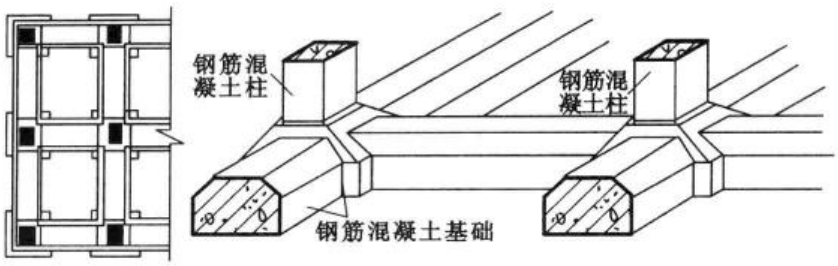


图 10.9　井格式基础

个建筑物的荷载由一块整板基础来承受，这种满堂式的板式基础称筏形基础。筏形基础有平板式和梁板式之分，图 10.10 为梁板式筏形基础，图 10.11 为平板式筏形基础。

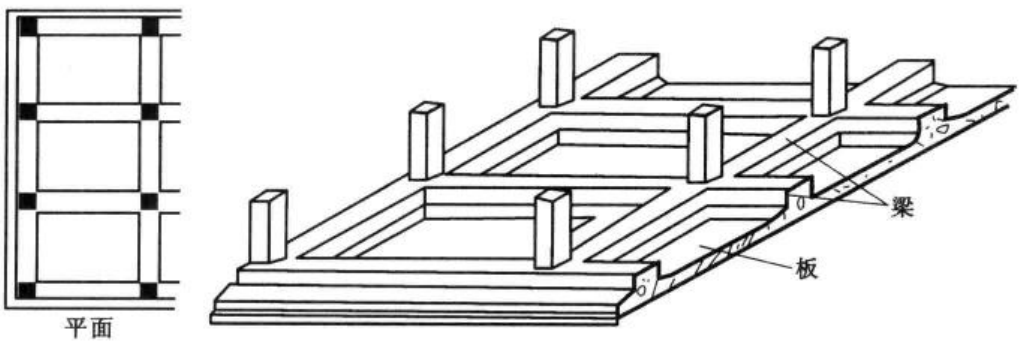


图 10.10　梁板式筏形基础

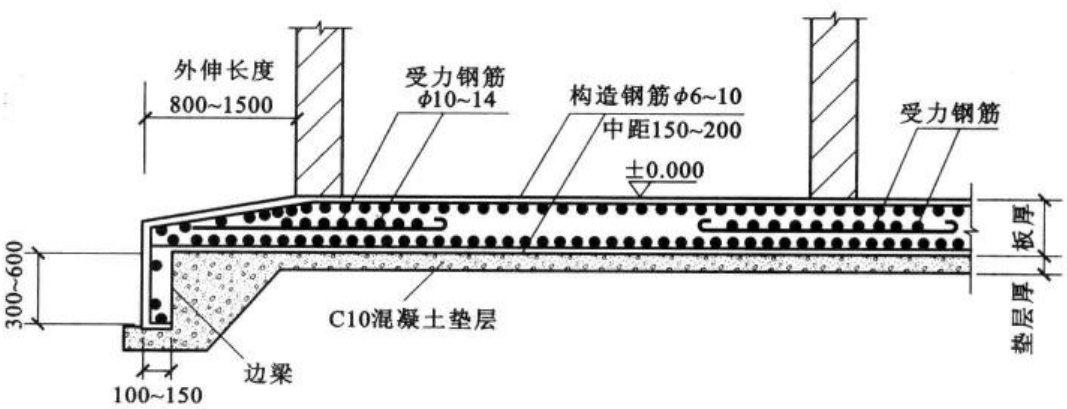


图 10.11　平板式筏形基础

平板式基础是在天然地表上，将场地整平并用压路机将地表土碾压密实后，在较好的持力层上，浇筑钢筋混凝土平板。这一平板便是建筑物的基础，也称不埋板式基础。在结构上，基础如同一只盘子反扣在地面上承受上部荷载。这种基础大大减少了土方工作量，且较适宜于较弱地基(但必须是均匀条件)的情况，特别适宜于 5～6 层整体刚度较好的居住建筑。

⑤ 箱形基础

箱形基础是由钢筋混凝土的底板、顶板和若干纵横墙组成的，形成空心箱体的整体结构，共同来承受上部结构的荷载，见图 10.12。箱形基础整体空间刚度大，对抵抗地基的不均匀沉降有利，一般适用于高层建筑或在软弱地基上建造的上部荷载较大的建筑物。当基础的中空部分尺度较大时，可用作地下室。

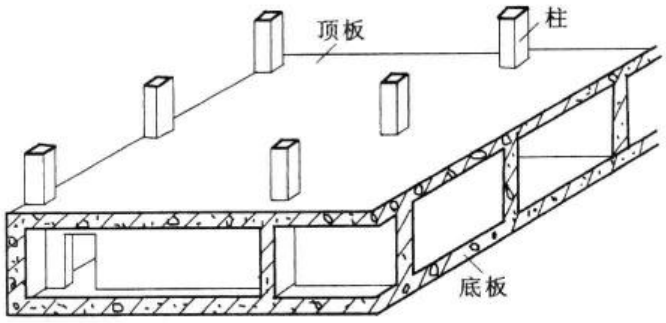


图 10.12　箱形基础

⑥ 桩基础

当建筑的上部荷载较大时，需要将其传至深层较为坚硬的地基中去，应采用桩基础。桩基础由设置于土中的桩和承接上部结构的承台组成。由若干桩来支承一个平台，即桩承台。由桩承台托住整个建筑物并将荷载传递给桩，桩再把荷载传递给土层。桩基础多数用于高层建筑或土质不好的情况下(图 10.13)。

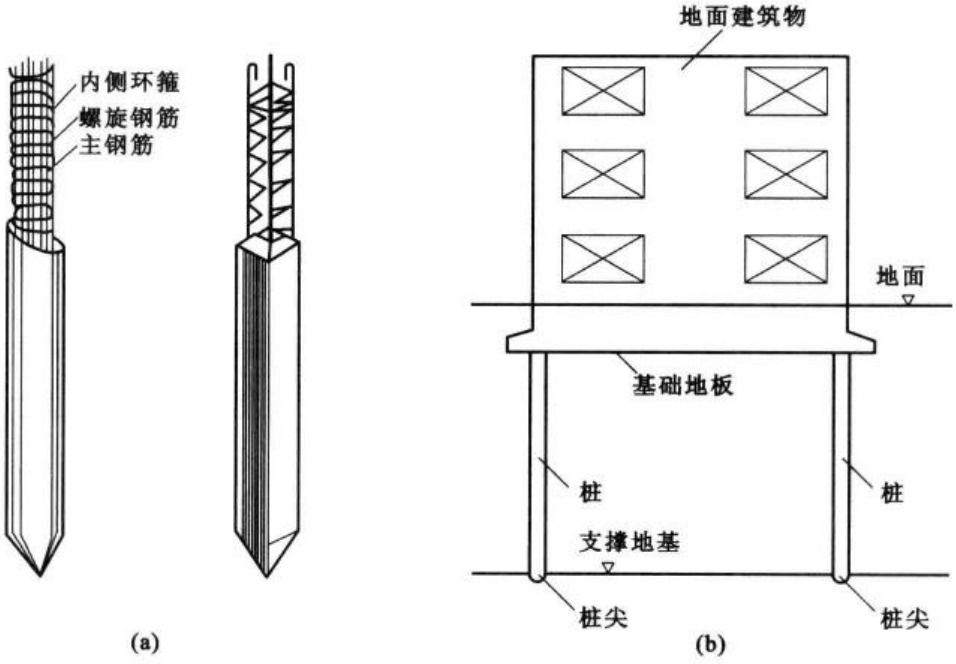


图 10.13　桩基础

(a) 钢筋混凝土桩基础；(b) 桩承台示意图

桩按受力方式分为端承桩和摩擦桩。端承桩是由桩尖下部坚硬的岩石来承受荷载，适用于土层厚度较小，下方土层坚硬的地基；摩擦桩是由桩体与土层的摩擦力来承受荷载，适用于土层较软弱且厚度较大的地基。

以上是常见基础的几种基本结构形式。此外，我国各地还因地制宜地采用了许多不同材料、不同形式的基础，如壳体基础等，如图 10.14 所示。

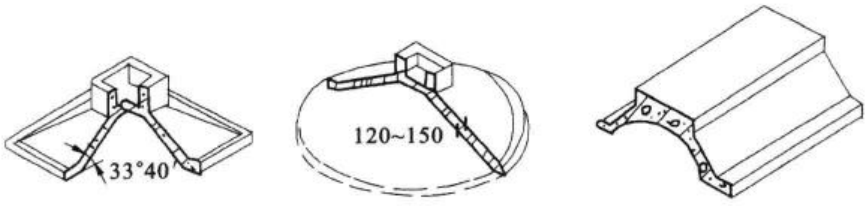


图 10.14　壳体基础

10.2　地下室的防潮与防水

地下室外墙和底板都埋于地下，地下水通过地下室围护结构渗入室内，不仅影响使用，而且当水中含有酸、碱等腐蚀性物质时，还会对结构产生腐蚀，影响其耐久性。因此防潮、防水往往是地下室构造处理的重要问题。

当设计最高地下水位高于地下室底板或地下室周围土层属弱透水性土而存在滞水可能时，应采取防水措施。当地下室周围土层为强透水性土，设计最高地下水位低于地下室底板且无滞水可能时应采取防潮措施。

10.2.1　地下室防潮

当设计最高地下水位低于地下室底板且无形成上层滞水可能时，地下水不能浸入地下室内部，地下室底板和外墙可以做防潮处理，地下室防潮只适用于防无压水。

地下室防潮的构造要求是：砖墙体必须采用水泥砂浆砌筑，灰缝必须饱满；在外墙外侧设垂直防潮层，防潮层做法一般为：1∶2.5 水泥砂浆找平、刷冷底子油一道、热沥青两道，防潮层做至室外散水处，然后在防潮层外侧回填低渗透性土壤如粘土、灰土等，并逐层夯实，底宽 500 mm 左右。此外，地下室所有墙体，必须设两道水平防潮层，一道设在底层地坪附近，一般设置在结构层之间；另一道设在室外地面散水以上 150～200 mm 的位置，见图 10.15。

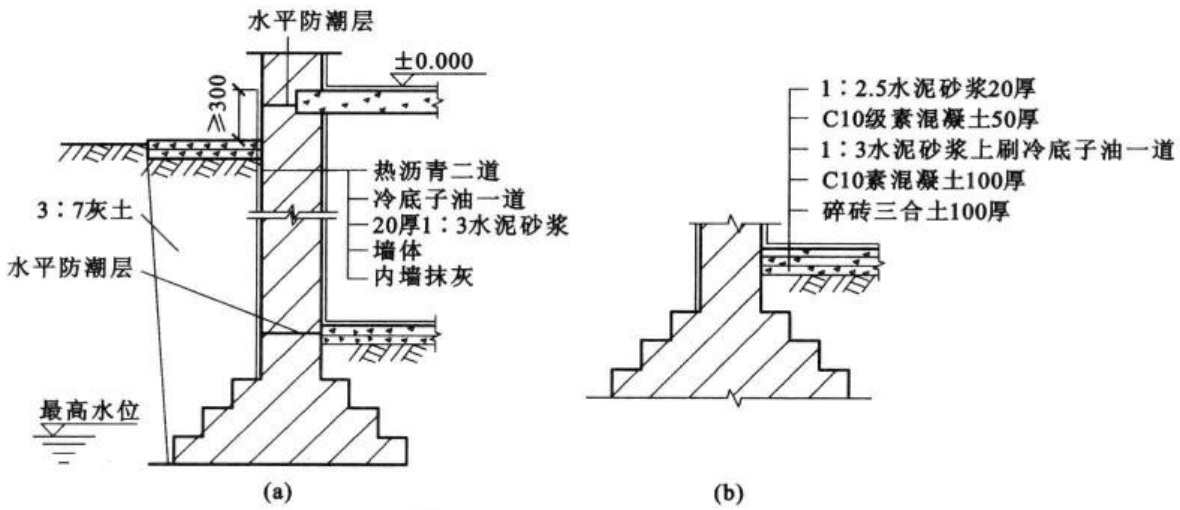


图 10.15　地下室防潮构造

(a) 墙身防潮；(b) 地坪防潮

10.2.2 地下室防水

当最高地下水位高于地下室地坪时，地下水不但会侵入墙体，还对地下室外墙和底板产生侧压力和浮力，必须采取防水措施。

地下室的防水构造做法主要是采用防水材料来隔离地下水。按照建筑物的状况以及所选用防水材料的不同，可以分为卷材防水、砂浆防水和涂料防水等几种。另外，采用人工降、排水的办法，使地下水位降低至地下室底板以下，变有压水为无压水，对于消除地下水对地下室的影响，也是非常有效的。

(1) 卷材防水构造

卷材防水构造适用于受侵蚀性介质或受振动作用的地下工程。卷材应采用高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材，铺设在地下室混凝土结构主体的迎水面上。铺设位置是自底板垫层至墙体顶端的基面上，同时应在外围形成封闭的防水层。防水卷材厚度的选用应符合表 10.1 的规定。

表 10.1 防水卷材厚度(mm)

防水等级	设防道数	合成高分子防水卷材	高聚物改性沥青防水卷材
1 级	三道或三道以上设防	单层：不应小于 1.5 双层：总厚不应小于 2.4	单层：不应小于 4 双层：总厚不应小于 6
2 级	二道设防		
3 级	一道设防	不应小于 1.5	不应小于 4
	复合设防	不应小于 1.2	不应小于 3

卷材铺贴前应在基层表面上涂刷基层处理剂，基层处理剂应与卷材及胶粘剂的材料相容，可采用喷涂或涂刷法施工，喷涂应均匀一致、不露底，待表面干燥后方可铺贴卷材。两幅卷材短边和长边的搭接宽度均不应小于 100 mm。当采用多层卷材时，上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开 1/3 幅宽，且两层卷材不得相互垂直铺贴。在阴阳角处，卷材应做成圆弧，而且应当同在有女儿墙处的卷材防水屋面做法一样，加铺一道相同的卷材，宽度≥500 mm。图 10.16 和图 10.17 是地下室卷材防水构造的示意图。

(2) 砂浆防水构造

砂浆防水构造适用于混凝土或砌体结构的基层，不适用于环境有侵蚀性、持续振动或温度高于 80 ℃的地下工程。所用砂浆应为水泥砂浆或高聚物水泥砂浆、掺外加剂或掺和料的防水砂浆，施工应采取多层抹压法。图 10.18 为防水砂浆防水工程实例。

用作防水的砂浆可以做在结构主体的迎水面或者背水面。其中水泥砂浆的配比应为 1∶1.5～1∶2，单层厚度同普通粉刷。高聚物水泥砂浆单层厚度为 6～8 mm；双层厚度为 10～12 mm；掺外加剂或掺和料的防水砂浆防水层厚度为 18～20 mm。

(3) 涂料防水构造

涂料防水构造适用于受侵蚀性介质或受振动作用的地下工程主体迎水面或背水面的涂刷。

按地下工程应用防水涂料的分类，有机防水涂料主要包括合成橡胶类、合成树脂类和

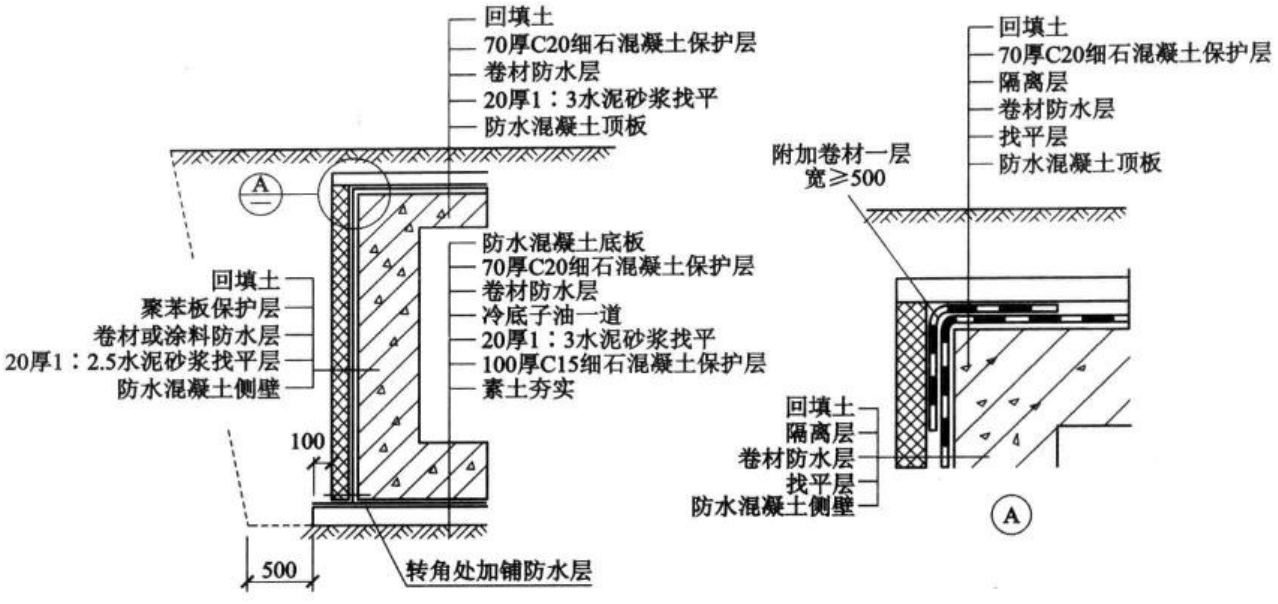


图 10.16　地下室卷材防水构造的示意图(一)

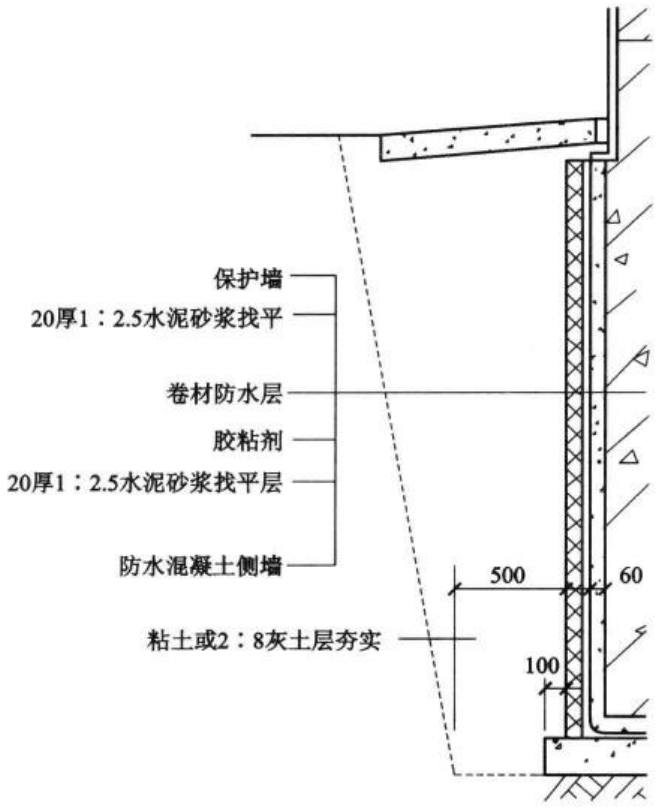


图 10.17　地下室卷材防水构造的示意图(二)

橡胶沥青类。其中如氯丁橡胶防水涂料、SBS 改性沥青防水涂料等聚合物乳液防水涂料，属挥发固化型；聚氨酯防水涂料等属反应固化型。另有聚合物水泥涂料，是以高分子聚合物为主要基料，加入少量无机活性粉料(如水泥及石英砂等)，具有比一般有机涂料干燥快、弹性模量低、体积收缩小、抗渗性好等优点，国外称之为弹性水泥防水涂料，近年来应用也相当广泛。有机防水涂料固化成膜后最终是形成柔性防水层，适宜用在主体结构的

迎水面。

无机防水涂料主要包括聚合物改性水泥基防水涂料和水泥基渗透结晶型防水涂料，是在水泥中掺有一定的聚合物，能够不同程度地改变水泥固化后的物理力学性能。但还应认为它属于刚性防水材料，所以不适用于变形较大或受振动部位，适宜做在主体结构的背水面。图 10.19 为涂料防水工程实例。

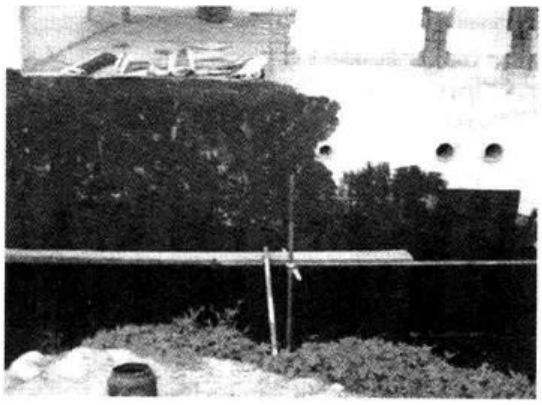


图 10.18　防水砂浆防水实例

图 10.19　涂料防水实例

防水涂料的厚度，可参照表 10.2 的规定。

表 10.2　防水涂料厚度(mm)

防水等级	设防道数	有机涂料			无机涂料	
		反应型	水乳型	聚合物型	水泥基	水泥基渗透结晶型
1 级	三道或三道以上设防	1.2～2.0	1.2～1.5	1.5～2.0	1.5～2.0	≥0.8
2 级	二道设防	1.2～2.0	1.2～1.5	1.5～2.0	1.5～2.0	≥0.8
3 级	一道设防	—	—	≥2.0	≥2.0	—
	复合设防	—	—	≥1.5	≥1.5	—

复习思考题

1. 基础与地基的关系是什么？
2. 地基加固措施有哪些？
3. 刚性基础与非刚性基础有哪些不同？
4. 基础构造形式有哪些？如何选择？
5. 地下室在什么情况下应采取防潮措施？如何防潮？
6. 地下室在什么情况下应采取防水措施？如何防水？

11

门窗构造

本章提要

本章主要讲述门窗的形式与尺度；各种门窗的适用范围；木门构造；铝合金及塑料门窗。应重点了解如何按照房间的使用要求选用适当的门窗形式。

11.1 门窗的形式与尺度

11.1.1 门窗的作用及构造要求

门窗是建筑物的两个重要的围护部件。门在房屋建筑中的作用主要是交通联系，并兼采光和通风；窗的作用主要是采光、通风及眺望。在设计门窗时，必须根据有关规范和建筑的使用要求来决定其形式及尺寸大小，并符合现行《建筑模数协调统一标准》(GBJ 2—1986)的要求，以降低成本和适应建筑工业化生产的需要。

窗的设置和构造要求主要有以下几个方面：满足采光要求，必须有一定的窗洞口面积；满足通风要求，窗洞口面积中必须有一定的开启扇面积；开启灵活、关闭紧密，能够方便使用和减少外界对室内的影响；坚固、耐久，保证使用安全；符合建筑立面装饰和造型要求，必须有适合的色彩及窗洞口形状；同时必须满足建筑的某些特殊要求，如保温、隔热、隔声、防水、防火、防盗等要求。

门的设置和构造要求主要是满足交通和疏散要求，必须有足够的宽度和适宜的数量及位置，其他方面要求基本同上述窗的设置和构造要求。

11.1.2 门的形式与尺度

11.1.2.1 门的形式

门按其开启方式通常有平开门、弹簧门、推拉门、折叠门、转门、升降门、卷帘门、上翻门等，如图 11.1 所示。

(1) 平开门

平开门可做单扇或双扇，开启方向可以选择内开或外开，其构造简单，开启灵活，制

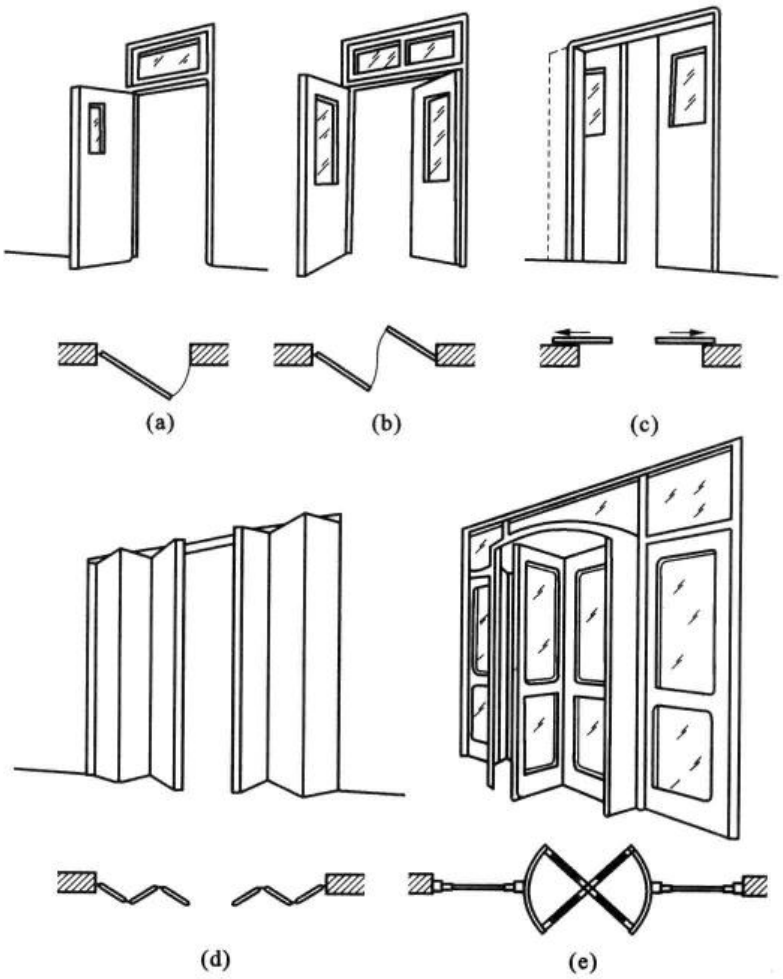


图 11.1　门的开启方式

(a) 平开门;(b) 弹簧门;(c) 推拉门;(d) 折叠门;(e) 转门

作、安装和维修均较方便,所以使用最广泛。但其门扇受力状态较差,易产生下垂或扭曲变形,所以门洞一般不宜大于 3.6 m×3.6 m。门扇可以由木、钢或钢木组合而成,门的面积大于 5 m^2 时,例如用于工业建筑时,宜采用角钢骨架,而且最好在洞口两侧做钢筋混凝土门框,或者在墙中砌入钢筋混凝土砌块,使之与门扇上的铰链对应,如图 11.1(a)所示。

(2) 弹簧门

弹簧门可以单向或双向开启,其侧边用弹簧铰链或下面用地弹簧传动,构造比平开门稍复杂。考虑到使用的安全,门上一般都安装玻璃,以方便其两边的使用者能够互相观察到对方的行为,以免相互碰撞。但幼托、中小学等建筑中不得使用弹簧门,以保证使用安全。如图 11.1(b)所示。

(3) 推拉门

推拉门亦称扯门或移门,开关时沿轨道左右滑行,可藏在夹墙内或贴在墙面外,占用空间少。其五金件制作相对复杂,安装要求较高。在一些人流众多的公共建筑,还可以采用传感控制自动推拉门。推拉门由门扇、门轨、地槽、滑轮及门框组成。门扇可采用钢木门、钢板门、空腹薄壁钢门等。根据门洞大小不同,可采取单轨双扇、双轨双扇、多轨多扇等形式。导轨可设在门洞上方,也可上下都设。前者为上挂式,适用于高度小于 4 m 的

门扇，后者为下滑式，多适用于高度大于 4 m 的门扇，这时下面的导轨承受门扇的重量。如图 11.1(c)所示。

(4) 折叠门

折叠门一般门洞较宽，门由多道门扇组合，门扇可分组叠合并推移到侧边，以使门两边的空间在需要时合并为一个空间。其五金件制作相对复杂，安装要求较高。折叠门一般有侧挂式、侧悬式和中悬式折叠门三种。侧挂式可使用普通铰链，它不适用于较大洞口；侧悬式和中悬式折叠门则在洞口上方设有导轨，门扇顶部还装有带滑轮的铰链，开闭时滑轮沿导轨移动，带动门扇折叠，可适用于较大洞口。如图 11.1(d)所示。

(5) 转门

转门对防止室内外空气的对流有一定作用，可作为公共建筑及有空调房屋的外门。一般为两到四扇门连成风车形，在两个固定弧形门套内旋转，加工制作复杂，造价高。转门的通行能力较弱，不能作疏散用，故在人流较多处在其两旁应另设平开或弹簧门。如图 11.1(e)所示。

(6) 升降门

升降门多用于工业建筑，一般不经常开关，需要设置传动装置及导轨。

(7) 卷帘门

卷帘门多用于较大且不需要经常开关的门洞，例如商店的大门及某些公共建筑中用作防火分区的构件等。其五金件制作复杂，造价较高，安装要求较高。卷帘门适用于 4～7 m 宽，非频繁开启的高大门洞，它是用很多冲压成型的金属页片连接而成，页片可用镀锌钢板或合金铝板轧制而成，页片之间用铆钉连接。另外还有导轨、卷筒、驱动机构和电气设备等组成部件。页片上部与卷筒连接，开启时页片沿着门洞两侧的导轨上升，卷在卷筒上。传动装置有手动和电动两种。开启时充分利用上部空间，不占使用面积。有的卷帘门可用遥控装置。

(8) 上翻门

上翻门多用于车库、仓库等场所，按需要可以使用遥控装置。

11.1.2.2 门的尺度

门的尺度通常是指门洞的高度宽度尺寸。门作为交通疏散通道，其尺度取决于人的通行要求、家具器械的搬运及与建筑物的比例关系等，并要符合现行《建筑模数协调统一标准》的规定。

门的高度不宜小于 2100 mm。如门设有亮子(又叫腰头窗)时，亮子高度一般为 300～600 mm，则门洞高度为 2400～3000 mm。公共建筑大门高度可视需要适当提高，门的高度应符合 3M 的倍数。

门的宽度：单扇门为 700～1000 mm，双扇门为 1200～1800 mm。宽度在 2100 mm 以上时，则做成三扇、四扇门或双扇带固定扇的门，因为门扇过宽易产生翘曲变形，同时也不利于开启。辅助房间(如浴厕、储藏室等)门的宽度可窄些，一般为 700～800 mm。门的宽度在 1.2 m 以内应符合 1M 的倍数，在 1.2 m 以上则应符合 3M 的倍数。

我国各地区按照建筑模数和使用要求等均有各类门的标准系列尺寸和定型构造通用图，可按需要选用。

11.1.3 窗的形式与尺度

11.1.3.1 窗的形式

窗按开启方式定，有以下几种形式(图 11.2)：

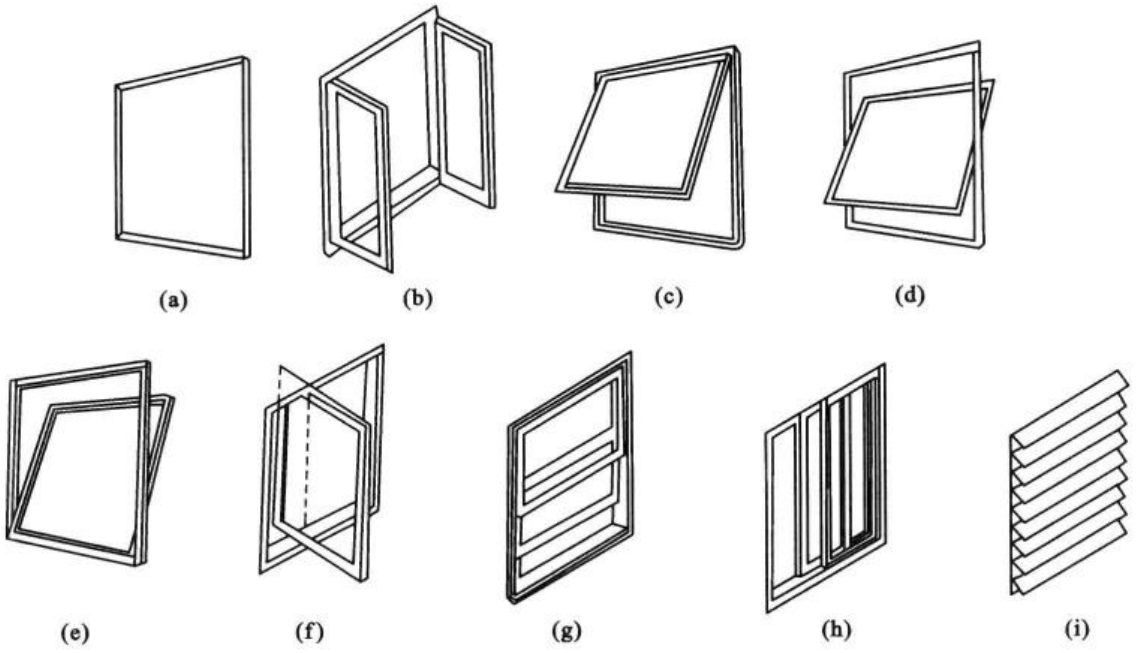


图 11.2 不同形式的窗

(a) 固定窗；(b) 平开窗；(c) 上悬窗；(d) 中悬窗；
(e) 下悬窗；(f) 立转窗；(g) 垂直推拉窗；(h) 水平推拉窗；(i) 百叶窗

(1) 固定窗

固定窗不需窗扇，玻璃直接镶嵌于窗框上，不能开启，因此只能采光而不能通风。其构造简单，密闭性好，一般用于组合窗的上部。

(2) 平开窗

平开窗有外开与内开之分，外开可以避免雨水侵入室内，且不占室内面积，故常采用。平开窗构造简单，五金便宜，维修方便，所以使用较为普遍。

(3) 悬窗

悬窗按转动铰链或转轴位置的不同有上悬窗、中悬窗、下悬窗之分。上悬和中悬窗向外开启防雨效果和通风效果均较好，常用于高窗；下悬窗外开不能防雨，内开又占用室内空间，只适用于内墙高窗及门上亮子。

(4) 立式转窗

立式转窗在窗扇上下冒头中部设转轴，立向转动。能引导各个方向的风进入室内，通风效果良好，但安装纱窗不便，密闭和防雨性能较差。一般用于对通风有特殊要求的房屋。

(5) 推拉窗

推拉窗分垂直推拉窗和水平推拉窗两种。水平推拉窗一般在窗扇上下设滑轨槽，垂直推拉窗需要升降及制约措施，窗扇前后交叠不在一直线上。推拉窗开启时不占室内空间，窗扇受力状态好，窗扇及玻璃尺寸均可较平开窗为大。尤其适用于铝合金及塑料门

窗。但通风面积受限制，五金配件及安装也较复杂。

(6) 百叶窗

百叶窗的百叶有活动和固定两种。活动百叶窗作遮阳和通风之用，易于调整；固定百叶窗常用于山墙顶部作为通风之用。

11.1.3.2 窗的尺度

窗的尺度主要取决于房间的采光、通风、构造做法和建筑造型等要求，并要符合现行《建筑模数协调统一标准》的规定。

考虑到窗的开启，窗扇面积不宜太大。一般平开木窗的窗扇高度为 800～1200 mm，宽度不宜大于 500 mm；上下悬窗的窗扇高度为 300～600 mm；中悬窗窗扇高不宜大于 1200 mm，宽度不宜大于 1000 mm；推拉窗高宽均不宜大于 1500 mm。对一般民用建筑用窗，各地均有通用图，窗的高度与宽度尺寸通常采用扩大模数 3M 数列作为洞口的标志尺寸，需要时只要按所需类型及尺度大小直接选用即可。

11.2 木门窗构造

11.2.1 平开木门的组成与构造

木门主要由门樘、门扇、腰窗、贴脸板(门头线)、筒子板(垛头板)和五金零件等部件组成。平开木门如图 11.3 所示。

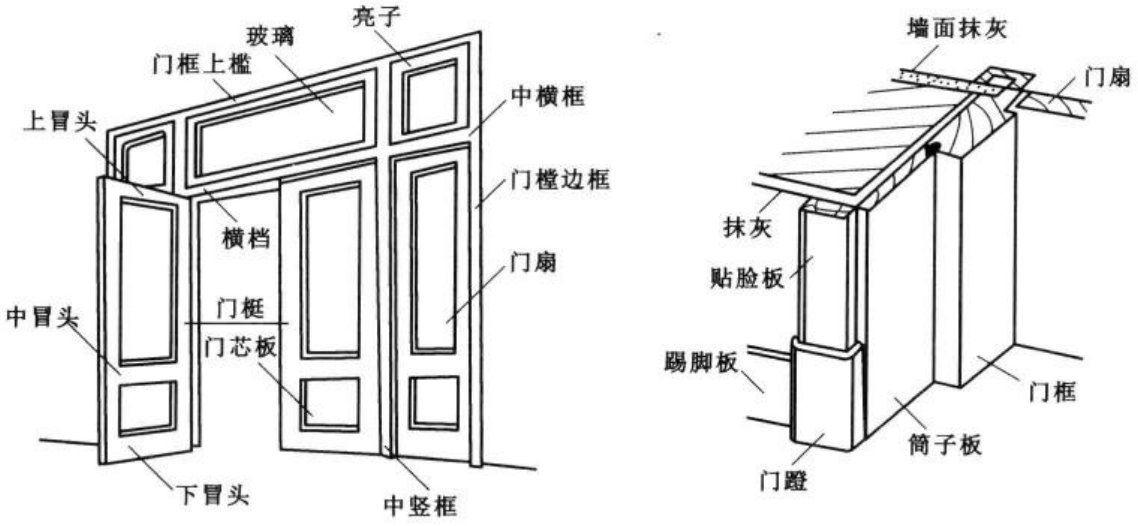


图 11.3 平开木门组成

(1) 门樘

门樘又称门框，其主要作用是固定门扇和腰窗并与门洞间相联系，一般由两根边框和上槛组成。有腰窗的门设有中横档，多扇门设有中竖梃，外门及特种需要的门有些设有下槛。门框用料一般分为四级，净料宽为 135 mm、115 mm、95 mm、80 mm，厚度分别为 52 mm、67 mm 两种。框料厚薄与木材优劣有关，一般采用松木和杉木。木门框的构造和断面形式与尺寸分别如图 11.4 和图 11.5 所示。

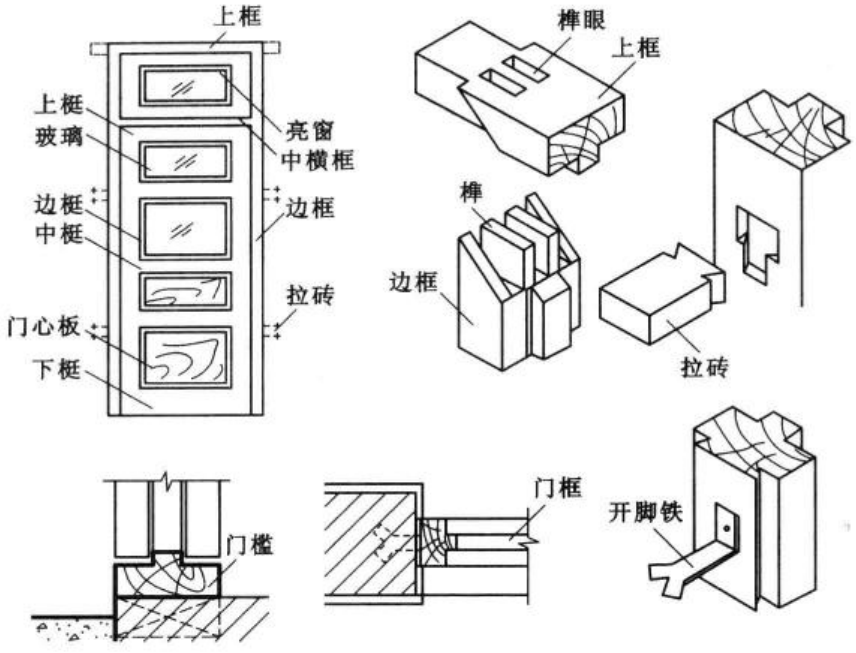


图 11.4　木门框构造

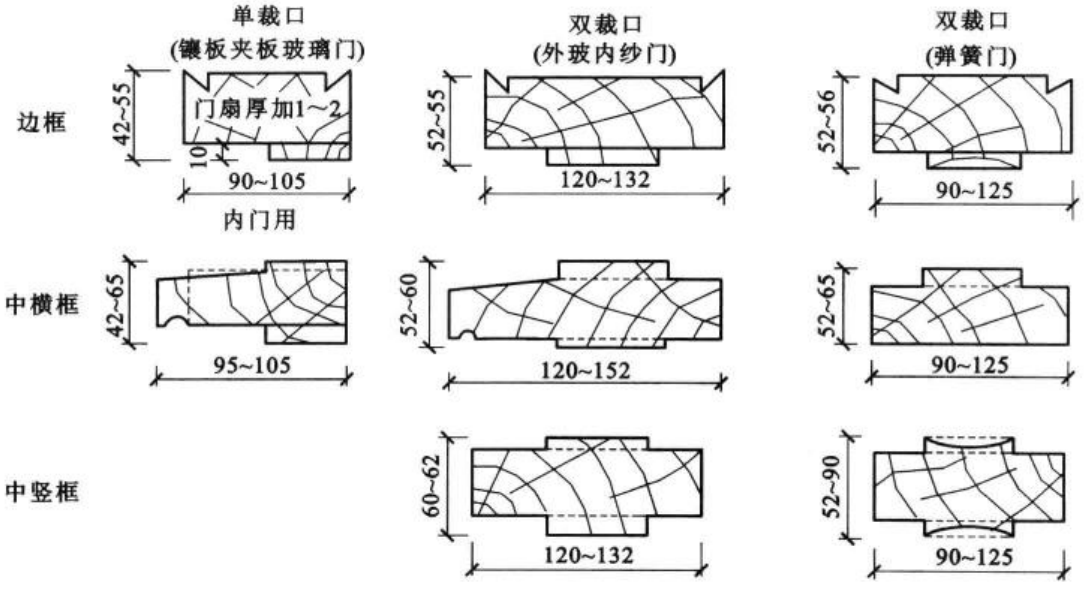


图 11.5　木门框的断面形式及尺寸

为便于门扇密闭，门框上要有裁口(或铲口)。根据门扇数与开启方式的不同，裁口的形式可分为单裁口与双裁口两种。单裁口用于单层门，双裁口用于双层门或弹簧门。裁口宽度要比门扇宽度大 1～2 mm，以利于安装和门扇开启。裁口深度一般为 8～10 mm。

由于门框靠墙一面易受潮变形，故常在该面开 1～2 道背槽，以免产生翘曲变形，同时也利于门框的嵌固。背槽的形状可为矩形或三角形，深度约 8～10 mm，宽约 12～20 mm。

(2) 门扇

木门扇主要由上冒头、中冒头、下冒头、门框及门芯板等组成。按门板的材料，木门又有全玻璃门、半玻璃门、镶板门、夹板门、纱门和百叶门等类型。

① 镶板门、玻璃门、纱门

主要骨架由上下冒头和两根边梃组成门扇框，有时中间还有一条或几条横冒头或一条竖向中梃，在其中镶装门芯板、玻璃或纱。门芯板可用 10～15 mm 厚木板拼装成整块，镶入边框。有的地区，门芯板用多层胶合板、硬质纤维板或其他塑料板等所代替。门扇边框的厚度即上下冒头和门梃厚度，一般为 40～45 mm，纱门的厚度为 30～35 mm，上冒头和两旁边梃的宽度为 75～120 mm，下冒头因踢脚等原因一般高度较大，常用 150～300 mm。镶板门构造如图 11.6 所示。

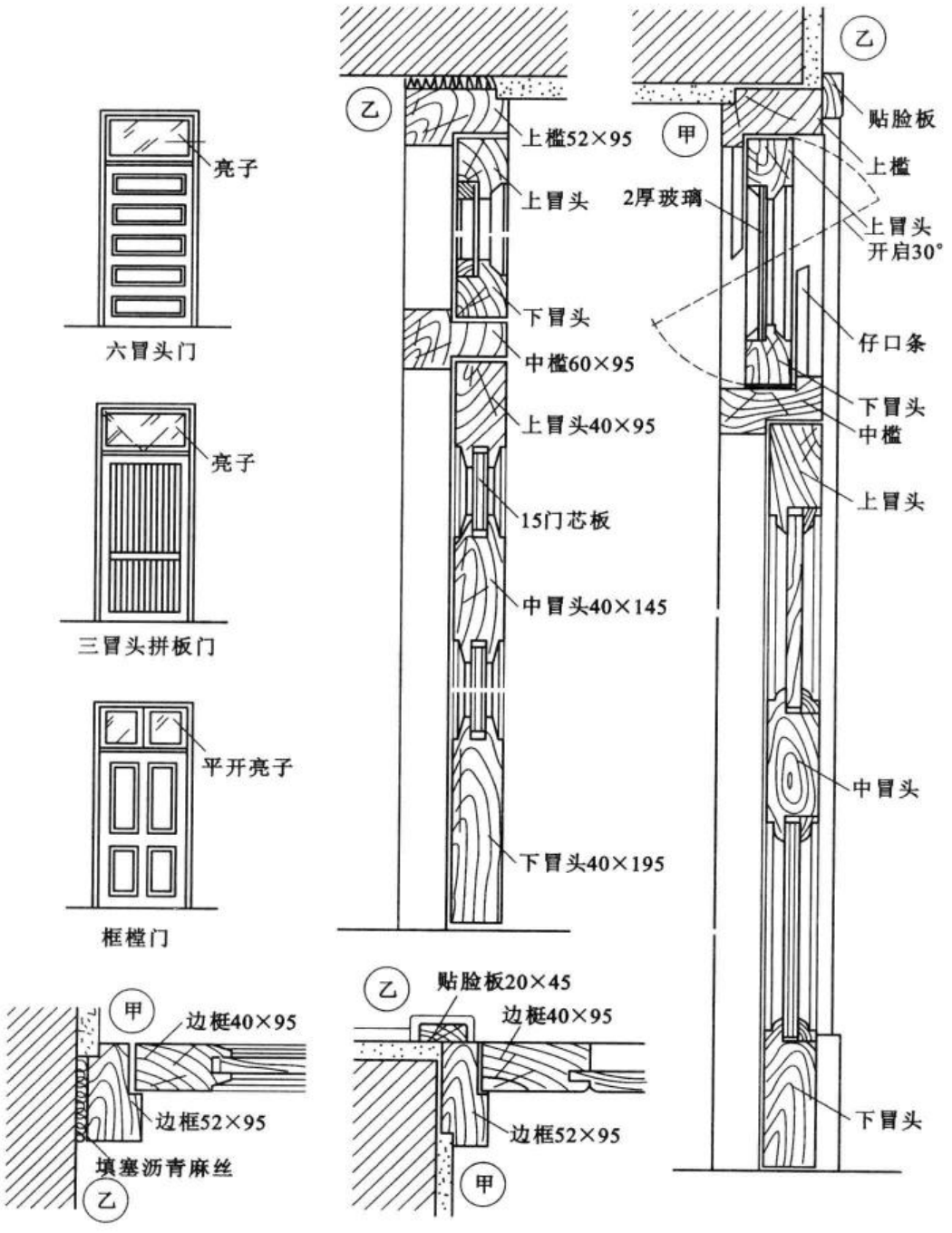


图 11.6　镶板门构造

② 夹板门和百叶门

先用木料做成木框格，再在两面用钉或胶粘的方法加上面板，框料的做法不一，夹板门和百叶门如图 11.7 所示。外框用 35 mm×(50～70)mm 的木料，内框用 33 mm×(25～35)mm 的木料，中距 100～300 mm。夹板门构造须注意：面板不能胶粘到外框边，否则经常碰撞容易损坏。为了装门锁和铰链，边框料须加宽，也可局部另钉木条。为了保持门扇内部干燥，最好在上下框格上贯通透气孔，孔径为 9 mm。面板一般为胶合板、硬质纤维板或塑料板，用胶结材料双面胶结。有换气要求的房间，选用百叶门，如卫生间、厨房等。

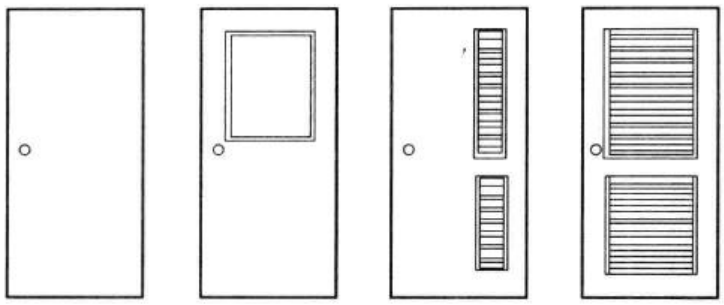


图 11.7　夹板门和百叶门

(3) 门的五金零件

门的五金零件主要有铰链、插销、门锁和拉手(如图 11.8 所示)、闭门器等，均为工业定型产品，形式多种多样。在选型时，铰链需特别注意其强度，以防止其影响门的使用。拉手需结合建筑装修进行选型。

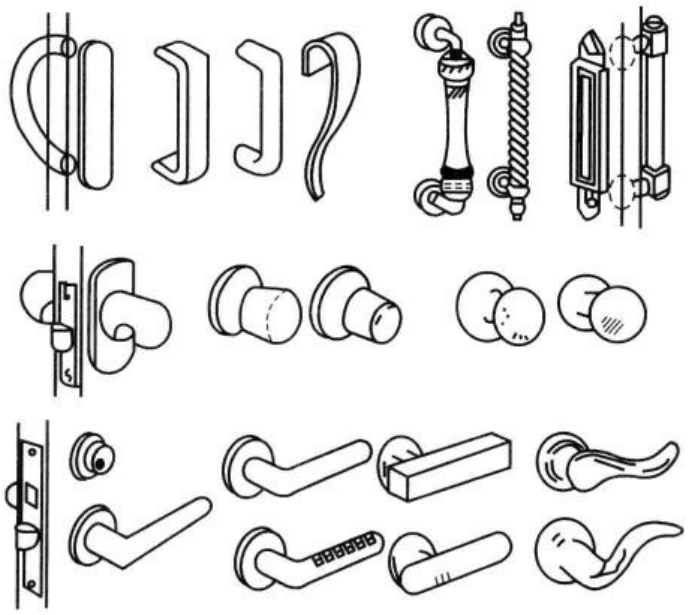


图 11.8　拉手和拉手门锁

(4) 门的安装

门的安装根据施工方式有先立口和后塞口两类，但均需在地面找平层和面层施工前进行，以便门边框伸入地面 20 mm 以上。

先立口安装方法是在砌墙时先将门框砌入墙内，等主体结构完工后，再安装门扇、五

金等。这种方法可使门框与墙体连接紧密，但在施工中，门框易被碰撞而损坏，所以目前使用较少。

后塞口安装方法是在门洞口侧墙上每隔 500～800 mm 高预埋木砖，用长钉、木螺钉等固定门框。门框外侧与墙面(柱面)的接触面和预埋木砖均需进行防腐处理，门框的安装方式如图 11.9 所示。

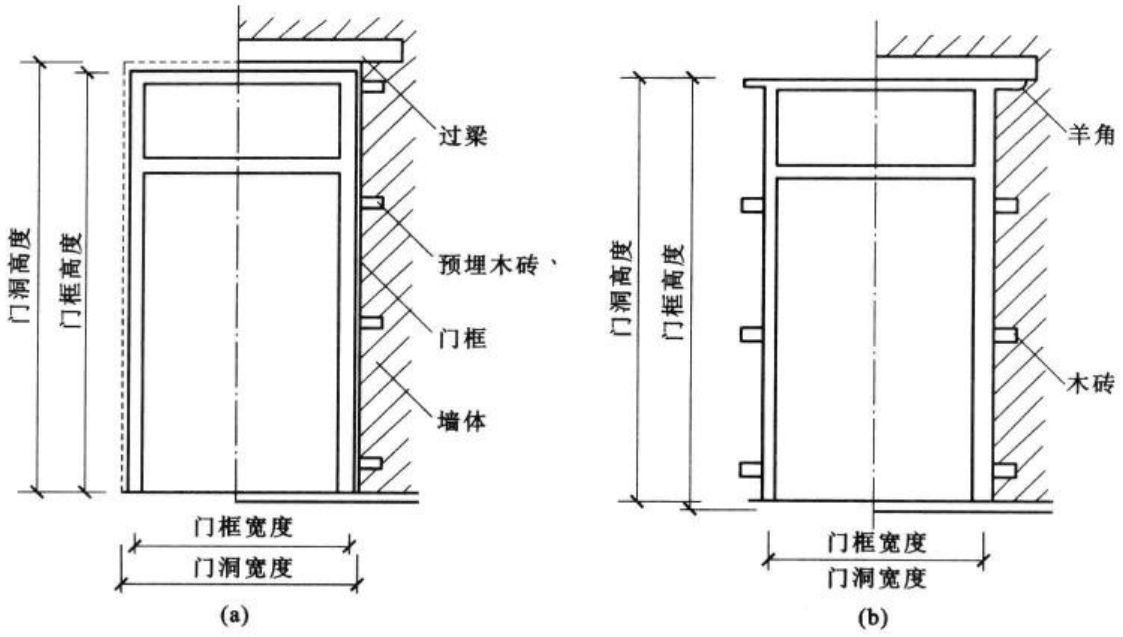


图 11.9　门框的安装方式

(a) 后塞口；(b) 先立口

门框在墙中的位置，可设在墙的中间或与墙的一侧平。一般多与开启方向一侧平齐，即内门靠墙内侧安装，外门靠墙外侧安装，尽可能使门扇开启时贴近墙面。门框位置、门贴脸板及筒子板如图 11.10 所示。

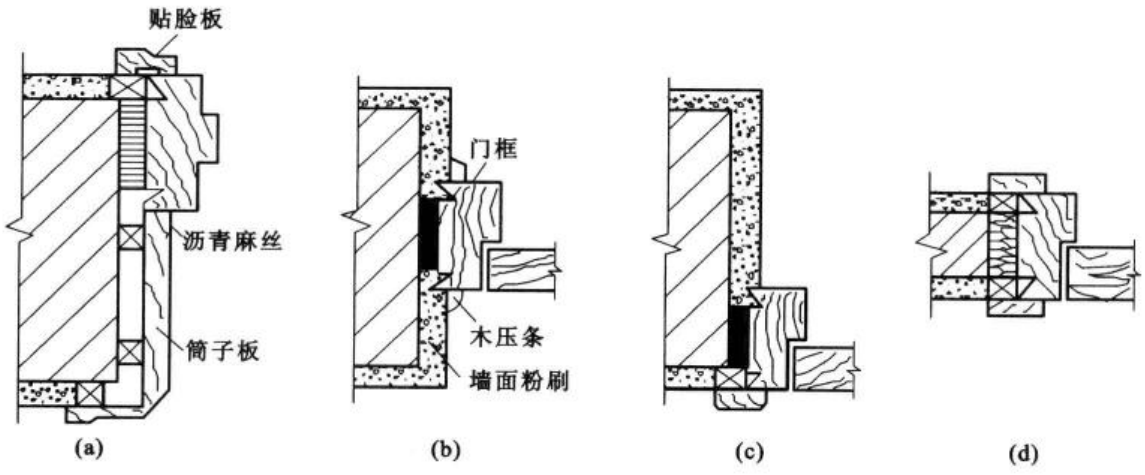


图 11.10　门框的位置、门贴脸板及筒子板构造

(a) 外平；(b) 立中；(c) 内平；(d) 内外平

11.2.2 平开木窗的组成与构造

由于木窗耐久性、防火、防虫均较差，现在用的很少，在外墙上多采用铝合金窗和塑钢窗。铝合金窗和塑钢窗的构造组成可参考木窗构造。

平开木窗主要由窗框、窗扇和五金零件三部分组成，如图 11.11 所示。

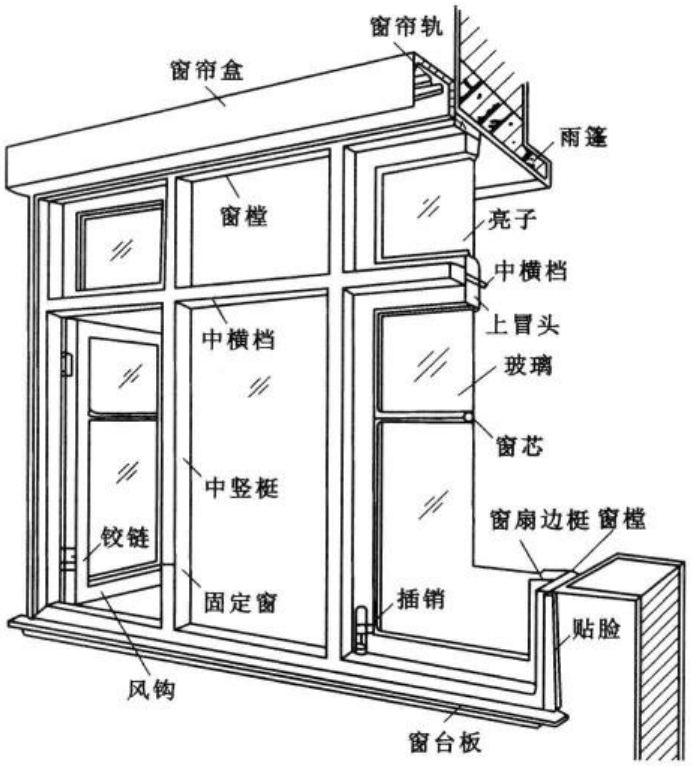


图 11.11 平开木窗的组成

(1) 窗框(又称窗樘)

窗框的主要作用是与墙连接并通过五金零件固定窗扇。窗框由上槛、中槛、下槛、边框用合角全榫拼接成框。一般尺度的单层窗窗框的厚度常为 40～50 mm，宽度为 70～95 mm，中竖梃双面窗扇需加厚一个铲口的深度 10 mm，中横档除加厚 10 mm 外，若要加披水，一般还要加宽 20 mm 左右。

(2) 窗扇

平开玻璃窗一般由上下冒头和左右边梃榫接而成，大玻璃窗中间还设窗棂。窗扇厚度约为 35～42 mm，一般为 40 mm。上下冒头及边梃的宽度视木料材质和窗扇大小而定，一般为 50～60 mm，下冒头可较上冒头适当加宽 10～25 mm，窗棂宽度约 27～40 mm。

玻璃常用厚度为 3 mm，较大面积可采用 5 mm 或 6 mm。为了隔声、保温等需要可采用双层中空玻璃；需遮挡或模糊视线可选用磨砂玻璃或压花玻璃；为了安全可采用夹丝玻璃、钢化玻璃以及有机玻璃等；为了防晒可采用有色、吸热和涂层、变色等种类的玻璃。

纱窗窗扇用料较小，一般为 30 mm×50 mm～35 mm×65 mm。

百叶窗中固定百叶窗(硬百叶窗)用(10～15)mm×(50～75)mm 的百叶板，两端开半

榫装于窗梃内侧，成 300°～450°的斜度，间距约为 30 mm。固定百叶窗的规格一般宽为 400 mm、600 mm、1000 mm、1200 mm，高为 600 mm、800 mm、1000 mm 几种。活动百叶窗百叶板间距约为 40 mm 左右，用垂直于百叶板的调节木棒装羊眼螺钉与板连系，该棒俗称“猢狲棒”，可上下移动。

(3) 五金零件

五金零件一般有铰链、插销、窗钩、拉手和铁三角等。铰链又称合页、折页，是连接窗扇和窗框的连接件，窗扇可绕铰链转动。插销和窗钩是固定窗扇的零件，拉手为开关窗扇用。

(4) 窗的安装

窗的安装也是分先立口和后塞口两类。

立口又称立樘子，施工时先将窗框放好后砌窗间墙。上下档各伸出约半砖长的木段(羊角或走头)，在边框外侧每 500～700 mm 设一木拉砖(木楔)或铁脚砌入墙身，窗的先立口安装如图 11.12 所示。这种方法的特点是，窗框与墙的连接紧密，但施工不便，窗框及其临时支撑易被碰撞，故较少采用。

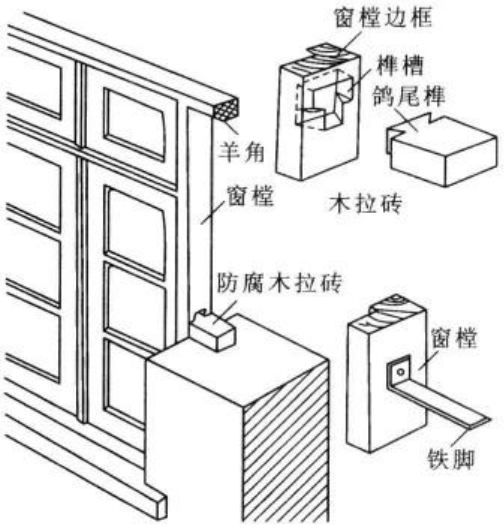


图 11.12　窗的先立口安装

塞口又称塞樘子或嵌樘子，在砌墙时先留出窗洞，以后再安装窗框。为了加强窗框与墙的联系，窗洞两侧每隔 500～700 mm 砌入一块半砖大小的防腐木砖(窗洞每侧应不少于两块)，安装窗框时用长钉或螺钉将窗框钉在木砖上，也可在窗框上钉铁脚，再用膨胀螺钉在墙上或用膨胀螺钉直接把窗框钉于墙上。为了抗风雨，外侧须用砂浆嵌缝，也可加钉压缝条或油膏嵌缝，寒冷地区应用纤维或毡类如毛毡、矿棉、麻丝或泡沫塑料绳等垫塞。塞樘子的窗框每边应比窗洞小 10～20 mm。

一般窗扇都用铰链、转轴或滑轨固定在窗框上。通常在窗框上做铲口，深约 10～12 mm，也有钉小木条形成铲口。为提高防风雨能力，可适当提高铲口深度(约 15 mm)或钉密封条，或在窗框留槽，形成空腔的回风槽。

外开窗的上口和内开窗的下口，一般须做披水板及滴水槽以防止雨水内渗，同时在窗框内槽及窗盘处做积水槽及排水孔将渗入的雨水排除。

窗框在墙中的位置，一般是与墙内表面平，安装时窗框突出砖面 20 mm，以便墙面粉刷后与抹灰面相平。框与抹灰面交接处，应用贴脸板搭盖，以阻止由于抹灰干缩形成缝隙后风透入室内，同时可增加美观。贴脸板的形状及尺寸与门的贴脸板相同。

当窗框立于墙中时，应内设窗台板，外设窗台。窗框外平时，靠室内一面设窗台板。

11.3 铝合金及塑料门窗

11.3.1 铝合金门窗

11.3.1.1 铝合金门窗的特点

(1) 质量轻。铝合金门窗用料省、质量轻，每平方米耗用铝材平均只有 80～120 N (钢门窗为 170～200 N)，较钢门窗轻 50%左右。

(2) 性能好。密封性好，气密性、水密性、隔声性、隔热性都较钢、木门窗有显著的提高。因此，在装设空调设备的建筑中，对防火、隔声、保温、隔热有特殊要求的建筑中，以及多台风、多暴雨、多风沙地区的建筑中更适合用铝合金门窗。

(3) 耐腐蚀、坚固耐用。铝合金门窗不需要涂刷涂料，氧化层不褪色、不脱落，表面不需要维修。铝合金门窗强度高，刚性好，坚固耐用，开闭轻便灵活，无噪声，安装速度快。

(4) 色泽美观。铝合金门窗框料型材表面经过氧化着色处理后，既可保持铝材的银白色，又可以制成各种柔和的颜色或带色的花纹，如古铜色，暗红色、黑色等。还可以在铝材表面涂刷一层聚丙烯酸树脂保护装饰膜，制成的铝合金门窗造型新颖大方，表面光洁，外形美观、色泽牢固，增加了建筑立面和内部的美观。

11.3.1.2 铝合金门窗的设计要求

(1) 应根据使用和安全要求确定铝合金门窗的风压强度性能、雨水渗漏性能、空气渗透性能综合指标。

(2) 组合门窗设计宜采用定型产品门窗作为组合单元。非定型产品的设计应考虑洞口最大尺寸和开启扇最大尺寸的选择和控制。

(3) 外墙门窗的安装高度应有限制。我国广东地区规定，外墙铝合金门窗安装高度应不大于 60 m(不包括玻璃幕墙)，层数不大于 20 层；若高度大于 60 m 或层数大于 20 层，则应进行更精确的设计。必要时，还应进行风洞模型试验。

11.3.1.3 铝合金门窗的构造及选用

铝合金门的形式很多，其构造方法与木门、钢门相似，也由门框、门扇、腰窗及五金零件组成。按其门芯板的镶嵌材料有铝合金条板门、半玻璃门、全玻璃门等形式，主要有平开、弹簧、推拉三种开启方法，其中铝合金的弹簧门、铝合金推拉门是目前常用的。

铝合金门为避免门扇变形，其单扇门宽度受型材影响有如下限制：平开门最大尺寸：55 系列型材，900 mm×2100 mm；70 系列型材，900 mm×2400 mm。推拉门最大尺寸：70 系列型材，900 mm×2100 mm；90 系列型材，1050 mm×2400 mm。地弹簧门最大尺寸：90 系列型材，900 mm×2400 mm；100 系列型材，1050 mm×2400 mm。

铝合金门窗的构造均有国家标准图集，各地区也有相应的通用图供选用。图 11.13 为铝合金弹簧门的构造示意图。

铝合金窗常用固定、平开、推拉、上旋等开启方法。工程中应视窗的尺度、用途、开启方法和环境条件等选用适宜的型材、配套零件及密封件。建筑用窗型材常用 40 mm、55 mm、70 mm、90 mm 厚度系列等。当采用平开窗时，40 mm、55 mm 厚度系列型材其开

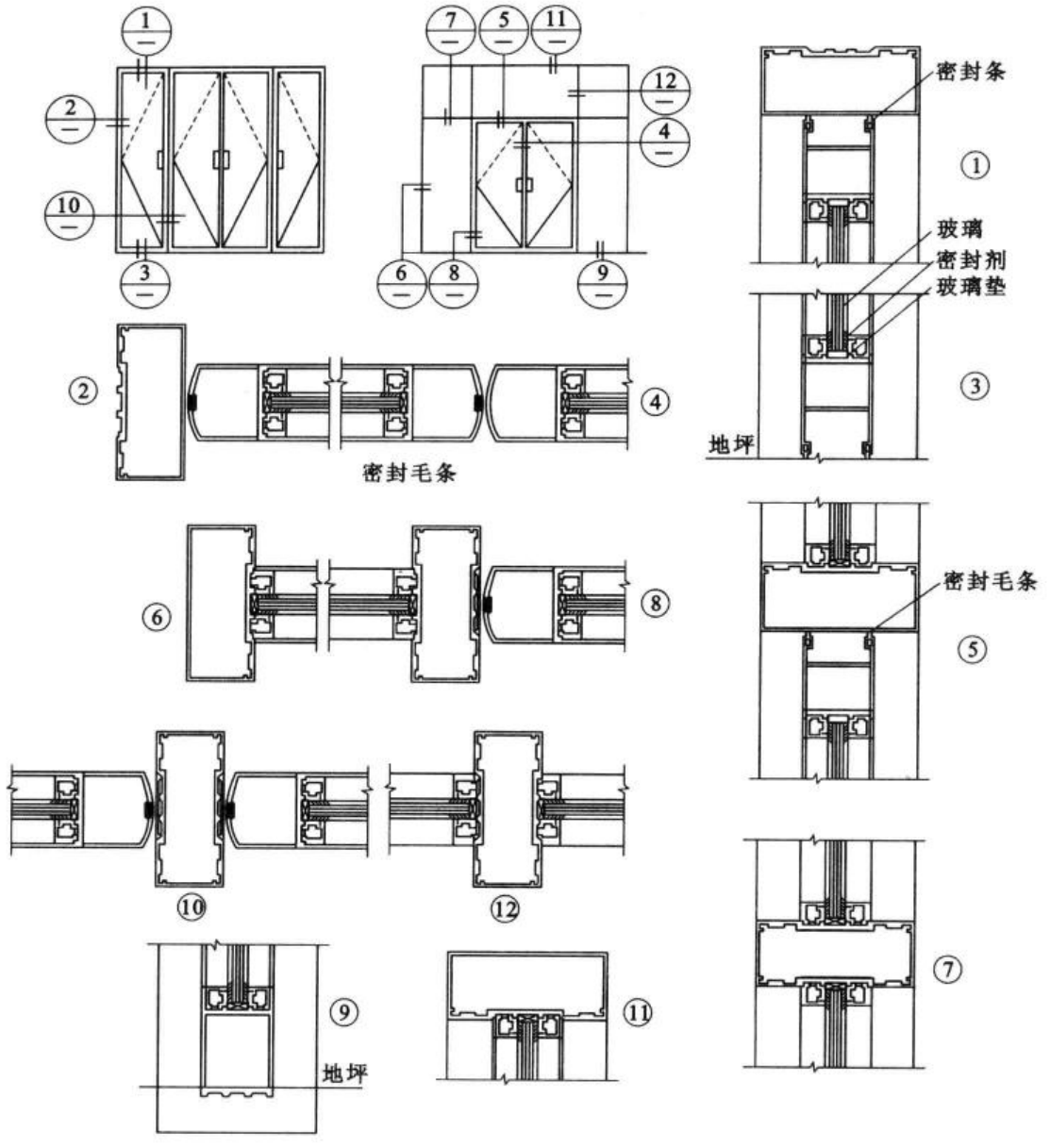


图 11.13　铝合金弹簧门的构造

启扇的最大尺寸分别是600 mm×1200 mm 和 600 mm×1400 mm；当采用推拉窗时，55 mm、70 mm、90 mm 厚度系列型材其开启扇的最大尺寸分别是 900 mm×1200 mm 和 900 mm×1500 mm、900 mm×1800 mm。图 11.14 为平开铝合金窗的构造示意图。

11.3.1.4　铝合金门窗的安装

铝合金门窗是高档门窗产品，对安装要求较高，因此，安装应按一定标准进行。安装主要依靠金属锚固件定位，安装时应保证定位正确、牢固，然后在门窗框与墙体之间分层填以矿棉毡、玻璃棉毡或沥青麻刀等保温。隔声材料，并于门窗框内外四周各留 5～8 mm深的槽口后填建筑密封膏。铝合金门窗不宜用水泥砂浆作门框与墙体间的填塞材料。

门、窗框固定铁件，除四周离边角 180 mm 设一点外，一般间距 400～500 mm。铁件可采用射钉、膨胀螺栓或钢件焊于墙上的预埋件等形式，锚固铁卡两端均须伸出铝框外，

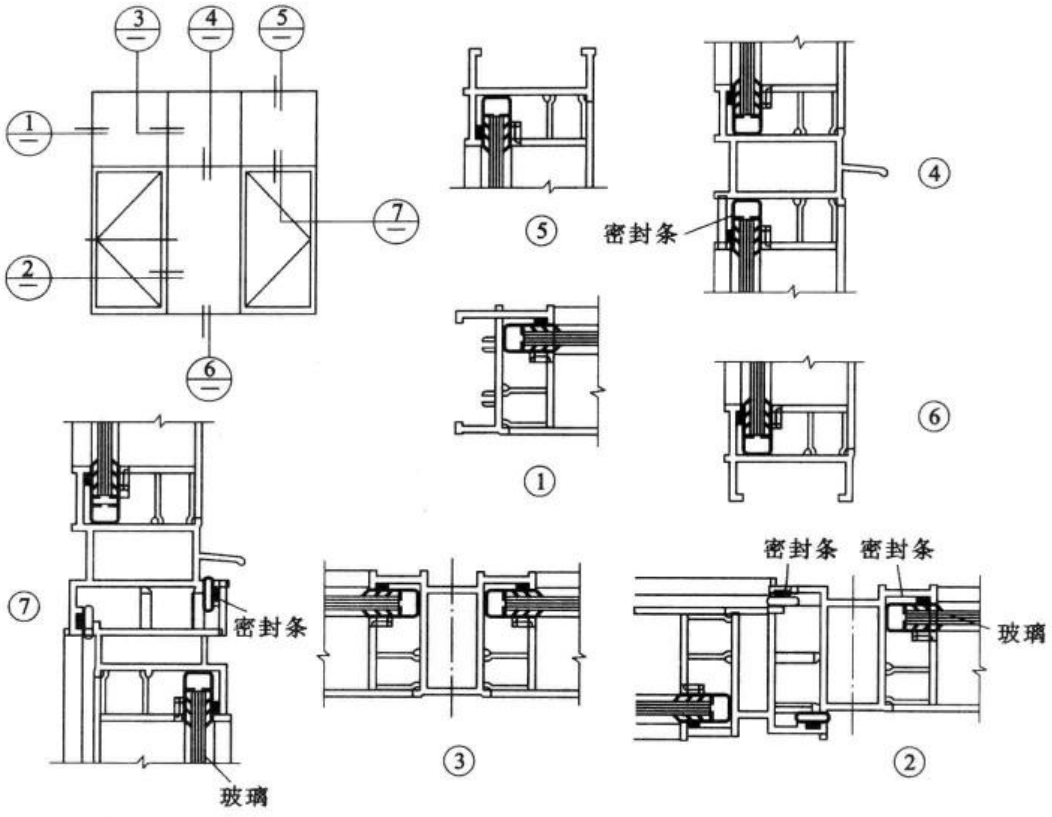


图 11.14　铝合金平开窗构造

然后用射钉固定于墙上，固定铁卡用厚度不小于 1.5 mm 厚的镀锌铁片，铝合金窗安装构造如图 11.15 所示。铝合金门窗框料及组合梃料除不锈钢外，均不能与其他金属直接相接触，以免产生电腐蚀现象；所有铝合金门窗的加强件及紧固件均须做防腐蚀处理，一般可采用沥青防腐漆满涂或镀锌处理；应避免将灰浆直接粘到铝合金型材上；铝合金门门框边框应深入地面面层 20 mm 以上。图 11.16 所示为铝合金窗安装构造示意图，图 11.17 为铝合金平开门窗安装节点示例。

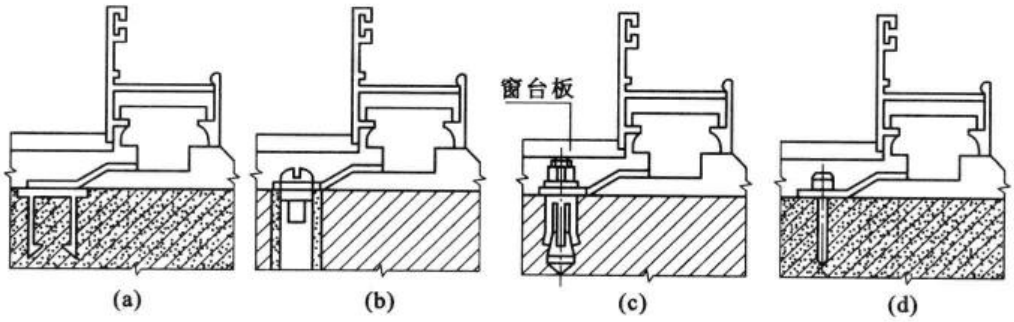


图 11.15　铝合金窗安装构造

(a) 预埋件焊接连接；(b) 燕尾铁脚螺栓连接；(c) 金属胀锚螺栓连接；(d) 射钉连接

11.3.2　塑料门窗

塑料门窗是近几年发展起来的一种新型门窗，它质轻、耐腐蚀、密闭性好、美观新颖，有足够的耐久性，现已大量应用于各种建筑中。塑料门窗是以改性硬质聚氯乙烯（简称

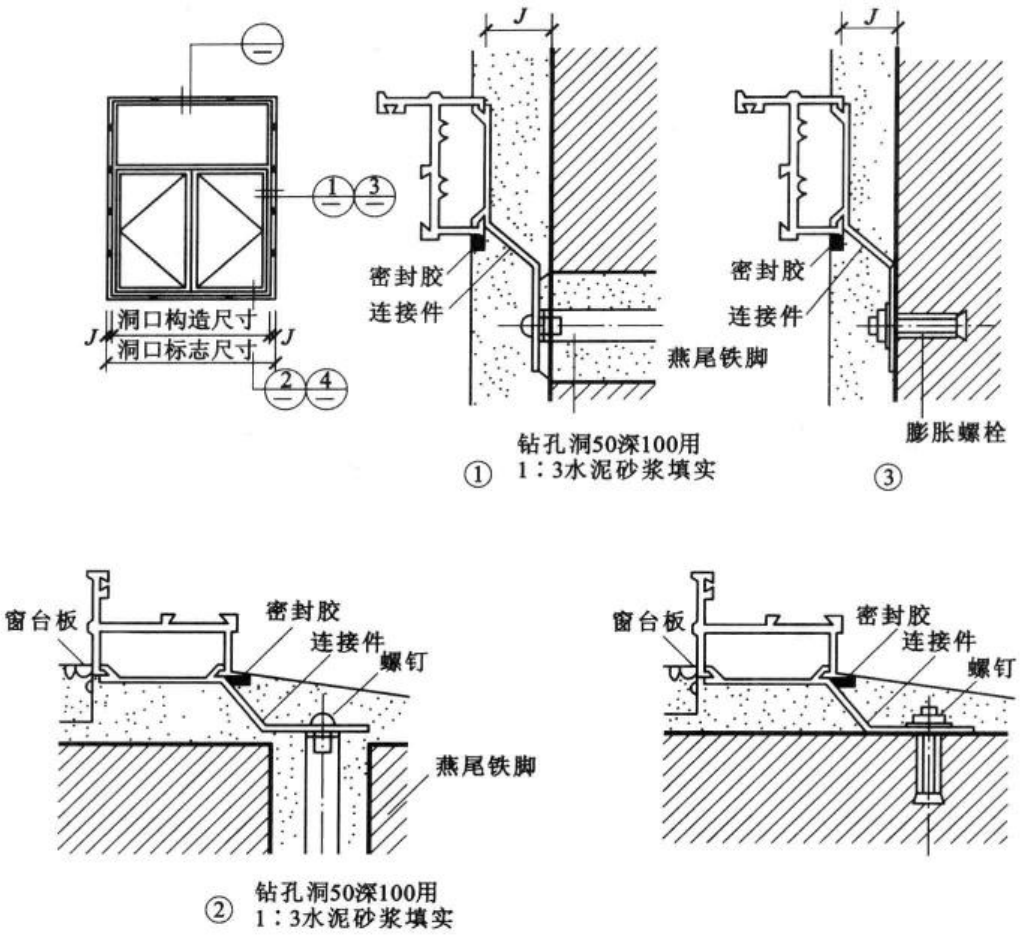


图 11.16　铝合金窗安装构造示意图

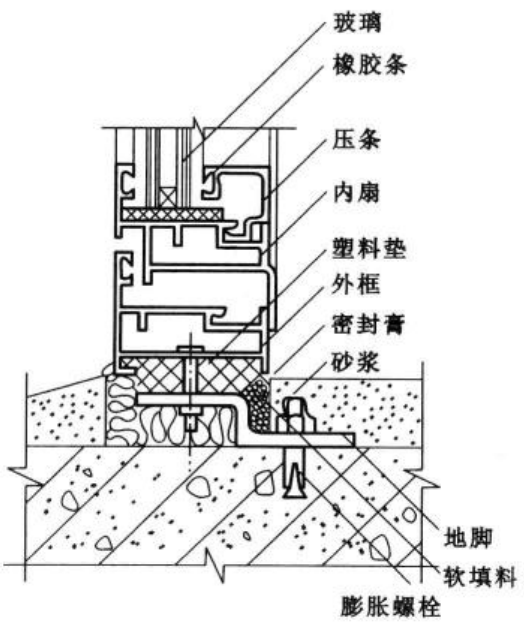


图 11.17　铝合金平开门窗安装节点示例

UPVC)为原料，经挤塑机挤出成型为各种断面的中空异型材，定长切断后，在其内腔衬入钢质或铝质加强型材，再用热熔焊接机焊接组装成门窗框、扇，装配上玻璃、五金配件、密

封条等构成门窗成品。为了改善刚度、强度，在塑料型材空腹内加设薄壁型钢，采用这种型材的称为塑钢门窗，如图 11.18 所示。塑钢门窗的所有缝隙都嵌有橡胶或橡胶封条及毛条，具有良好的气密性和水密性。

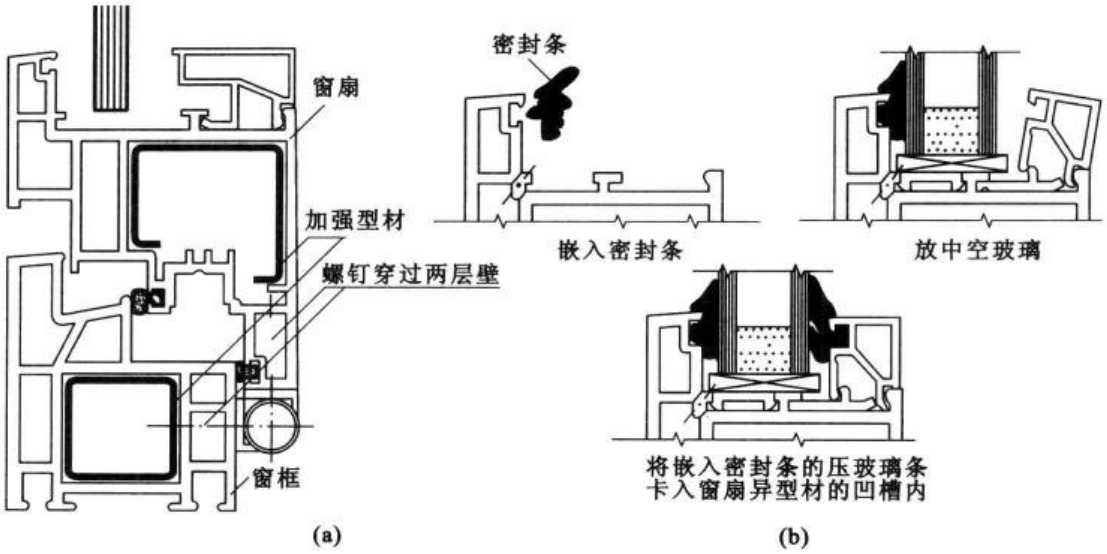


图 11.18　塑钢窗构造及安装示例

(a) 塑料窗构造；(b) 玻璃安装示意

塑钢门窗的发展十分迅速，同铝合金门窗相比，它保温效果好，造价低，单框双玻璃窗的传热系数小于双层铝合金窗的传热系数，而造价为其一半左右，但是运输、储存、加工要求严格。现在塑钢门窗已成为主要的门窗类型之一。

图 11.19 为平开塑钢窗构造示例，图 11.20 为推拉塑钢窗构造示例。

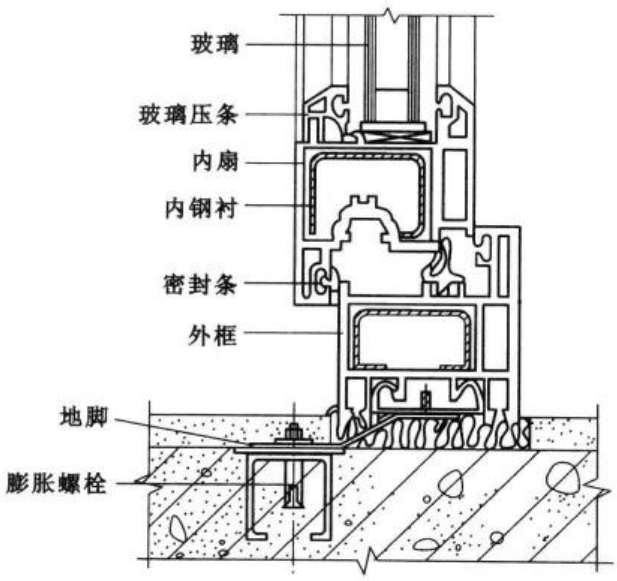


图 11.19　平开塑钢门窗与门窗洞口安装示例

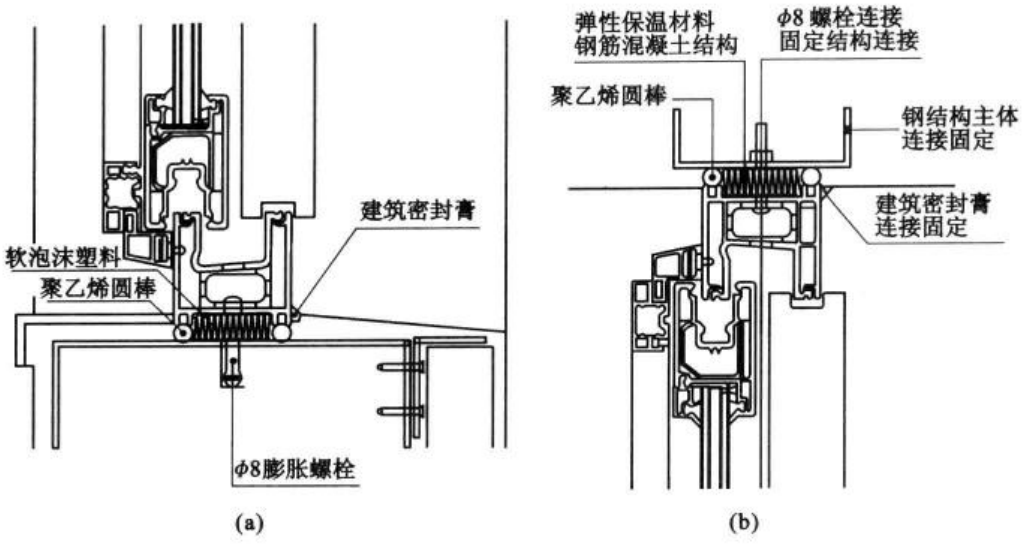


图 11.20　推拉塑钢窗与结构构件连接示例

(a) 用膨胀螺栓与钢筋混凝土结构连接；(b) 与钢结构连接固定

复习思考题

1. 门的形式有哪些？适用范围是什么？门的尺度确定有哪些要求？
2. 窗的形式有哪些？适用范围是什么？窗的尺度确定有哪些要求？
3. 门窗的安装方式有哪两种？适用范围是什么？
4. 简述木门的组成及镶板门、夹板门的构造。
5. 简述铝合金门窗的优缺点及构造。
6. 简述塑料门窗的优缺点及构造。

12

变形缝构造

本章提要

本章主要讲述了各种变形缝的作用、设置部位、细部构造以及相互替代关系。应重点掌握三种变形缝的适用范围，并能合理设置变形缝。

12.1 变形缝的作用及分类

12.1.1 变形缝的作用

当建筑的长度超过规定，平面形状曲折变化比较多，或同一建筑物不同部分的高度或荷载差异较大时，建筑构件内部会因气温变化、地基的不均匀沉降或地震等原因产生附加应力。当这种应力较大而又处理不当时，会引起建筑构件产生变形，导致建筑物出现裂缝甚至破坏，影响正常使用与安全。

为了预防和避免这种情况发生，一般可以采取两种措施：加强建筑物的整体性，使之具有足够的强度和刚度克服这些附加应力和变形；或在设计和施工中预先在这些变形敏感部位将建筑构件垂直断开，留出一定的缝隙，将建筑物分成若干独立的部分，形成能自由变形而互不影响的刚度单元。这种将建筑物垂直分开的预留缝隙称为变形缝。

12.1.2 变形缝的分类

变形缝按其作用的不同分为伸缩缝、沉降缝、防震缝三种。

伸缩缝——为避免因温度变化而造成开裂所设的缝，又叫温度缝。

沉降缝——为避免建筑因不均匀沉降而开裂所设的缝。

防震缝——为减少因地震作用而造成建筑物开裂所设的缝。

建筑中的变形缝应依据工程实际情况设置，并必须符合设计规范规定；其采用的构造处理方法和材料应根据其部位和需要分别达到盖缝、防水、防火、保温等方面的要求，并确保缝两侧的建筑构件能自由变形而不受阻碍、不被破坏。

12.2 伸缩缝

12.2.1 设置要求

当建筑物长度超过一定限度时，建筑平面变化较多或结构类型变化较大时，建筑物会因热胀冷缩变形较大而产生开裂。为预防这种情况发生，常常沿建筑物长度方向每隔一定距离或结构变化较大处预留缝隙，将建筑物断开。这种因温度变化而设置的竖向缝隙就称为伸缩缝或温度缝。

伸缩缝的位置最好设在平面形状有变化处，便于隐蔽处理(图 12.1)。并要求把建筑物的墙体、楼板层、屋顶等地面以上部分全部断开，让缝两侧的建筑沿水平方向作自由的伸缩(图 12.2)，基础部分因受温度变化较小，不需断开。

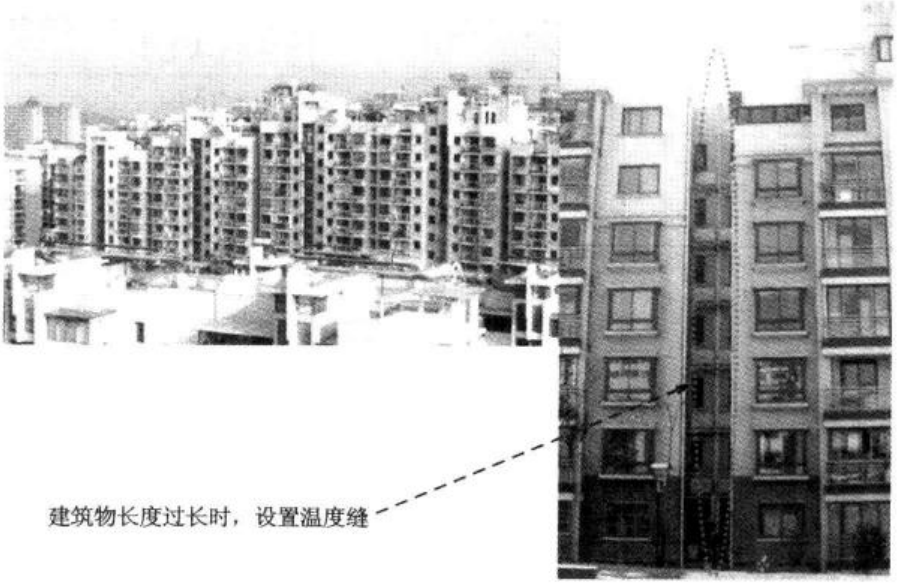


图 12.1 伸缩缝的设置实例

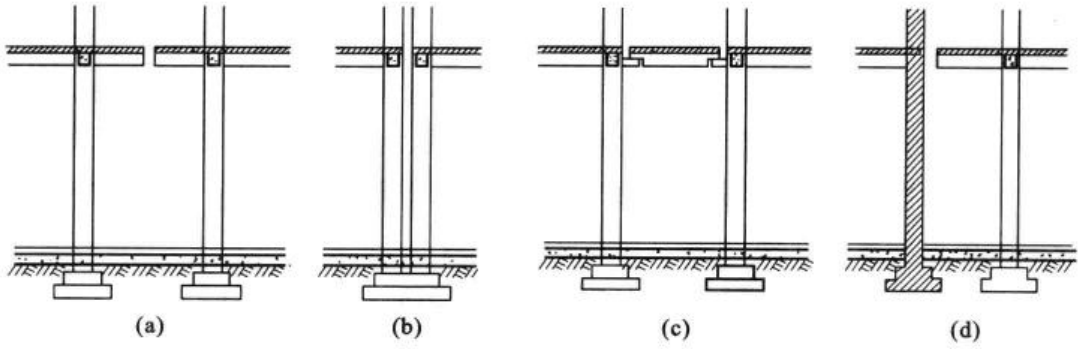


图 12.2 伸缩缝处结构处理示例

(a) 框架结构双侧挑梁式；(b) 框架结构双柱式；(c) 框架结构牛腿简支式；(d) 砖混与框架结构间设缝

伸缩缝的间距，因不同的结构类型、不同的屋面构造而不同。钢筋混凝土结构伸缩缝的最大间距见表 12.1，砌体房屋伸缩缝的最大间距见表 12.2。

表 12.1　砌体房屋伸缩缝的最大间距(m)

屋顶或楼板层的类别		间　距
整体式或装配整体式钢筋混凝土结构	有保温层或隔热层的屋顶、楼板层	50
	无保温层或隔热层的屋顶	40
装配式无檩体系钢筋混凝土结构	有保温层或隔热层的屋顶、楼板层	60
	无保温层或隔热层的屋顶	50
装配式有檩体系钢筋混凝土结构	有保温层或隔热层的屋顶、楼板层	75
	无保温层或隔热层的屋顶	60
瓦材屋顶、木屋顶或楼板、轻钢屋顶		100

注：本表摘自《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)。

表 12.2　钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距(m)

项次	结构类型		室内或土中	露　天
1	排架结构	装配式	100	70
2	框架结构	装配式	75	50
		现浇式	65	35
3	剪力墙结构	装配式	65	40
		现浇式	45	30
4	挡土墙及地下墙壁等结构	装配式	40	30
		现浇式	30	20

注：本表摘自《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)。

12.2.2　伸缩缝构造

(1) 墙体伸缩缝构造

墙体伸缩缝一般做成平缝形式，缝宽一般在 20～40 mm 之间。当墙体厚度在 240 mm以上时，也可以做成错口缝、企口缝等形式，见图 12.3。为防止外界自然条件对墙体及室内环境的影响，变形缝外墙侧常用麻丝沥青、泡沫塑料条、油膏等有弹性的防水材料填缝；缝口用镀锌铁皮、彩色薄钢板等材料进行盖缝处理；内墙一般结合室内装修用木板、各类金属板等盖缝处理，见图 12.4。

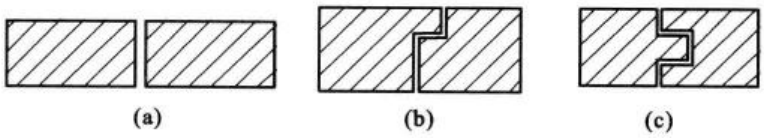


图 12.3　砖墙伸缩缝的截面形式

(a) 平缝；(b) 错口缝；(c) 凸凹缝

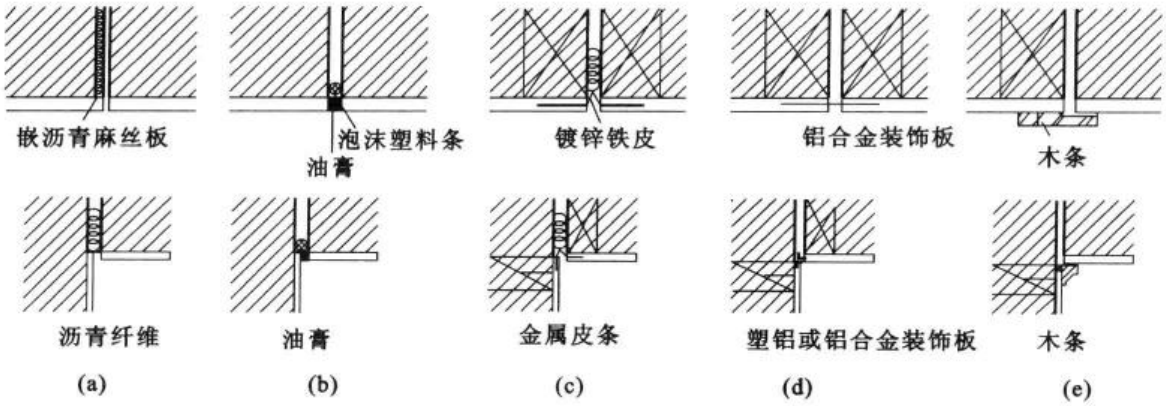


图 12.4　砖墙伸缩缝构造

(a)、(b)、(c) 外墙伸缩缝构造；(d)、(e) 内墙伸缩缝构造

(2) 楼地面伸缩缝构造

楼地面伸缩缝的缝内常用油膏、沥青麻丝、金属或塑料调节片等材料做封缝处理。上铺金属、混凝土或橡塑等活动盖板，楼地面伸缩缝的构造如图 12.5 所示。其构造处理需满足地面平整、光洁、防水和卫生等使用要求。顶棚伸缩缝需结合室内装修进行，一般采用金属板、木板、橡塑板等盖缝，盖缝板只能固定于一侧，以保证缝的两侧构件能在水平方向自由伸缩变形。

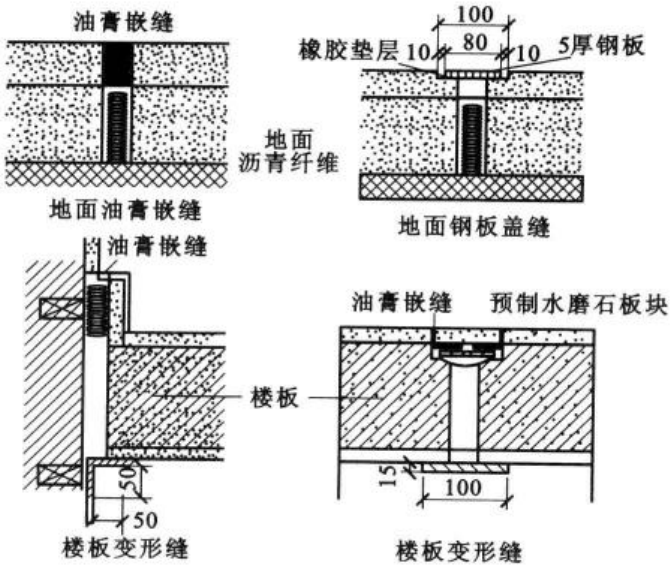


图 12.5　楼地面伸缩缝构造

(3) 屋面伸缩缝构造

屋面伸缩缝的位置与缝宽亦与墙体、楼地面的伸缩缝一致。一般设在同一标高屋顶或建筑物的高低错落处。屋面伸缩缝要注意做好防水和泛水处理，其基本要求同屋顶泛水构造相似，不同之处在于盖缝处应能允许自由伸缩而不造成渗漏。常见平屋顶伸缩缝构造如图 12.6、图 12.7 所示。

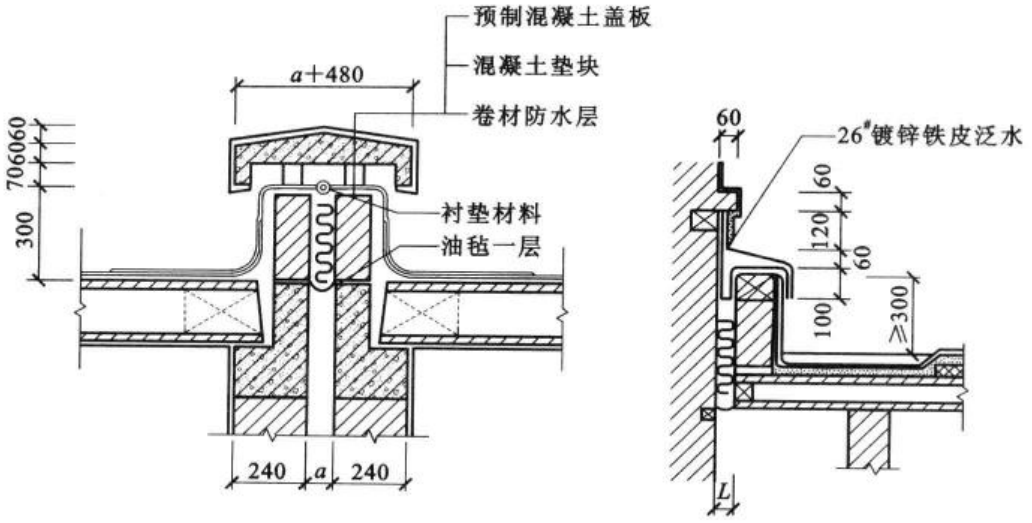


图 12.6　卷材屋面伸缩缝构造

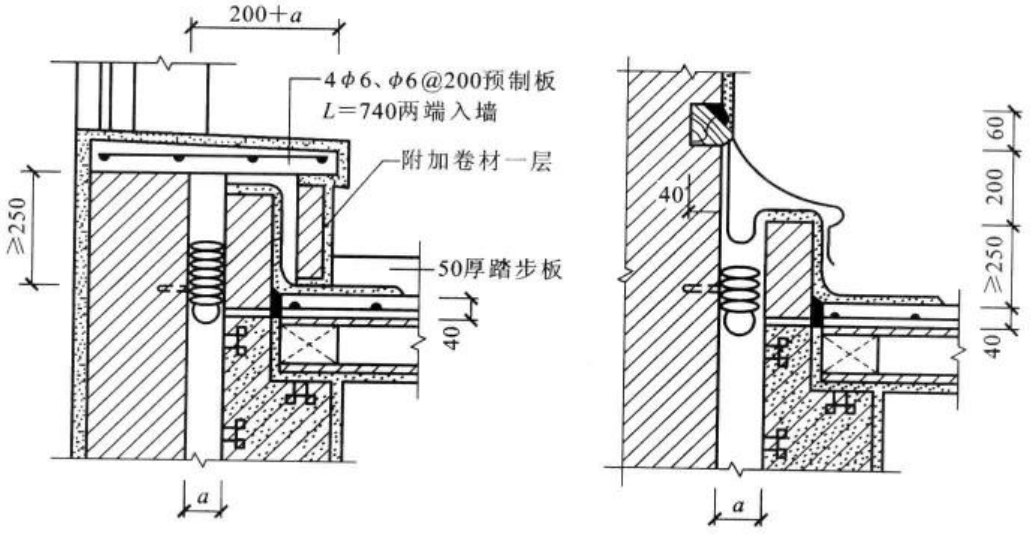


图 12.7　刚性屋面伸缩缝构造

12.3　沉降缝

12.3.1　设置要求

沉降缝的设置(图 12.8、图 12.9),是针对有可能造成建筑物不均匀沉降的因素,例如地基土地质不均匀、建筑物本身相邻部分高差悬殊或荷载悬殊、建筑物结构形式变化大、新老建筑相邻(或扩建项目)等,在结构变形的敏感部位,沿结构全高,从屋顶、墙体、楼板、地面,包括基础,全部断开。这样可以使得结构的各个独立部分能够自由沉降,不至于因为沉降量不同而互相牵制,造成建筑物的破坏。

沉降缝的设置要求也满足伸缩缝的设置要求,所以,当建筑物既要做伸缩缝,又要做沉降缝时,应尽可能把它们合并,两缝合一。

图 12.8　高层与裙房之间设沉降缝

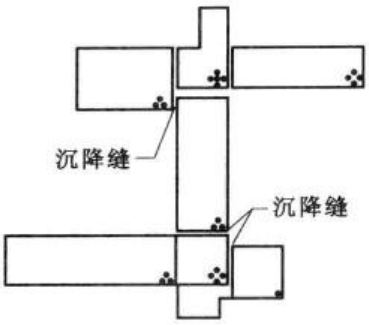


图 12.9　沉降缝设置位置

12.3.2　沉降缝构造

(1) 基础沉降缝的结构处理

沉降缝的基础断开，是避免因不均匀沉降造成的相互影响。但基础断开，在结构上处理有较大难度，一是要保证缝两边的建筑构件沉降不受影响，二是要保证缝两侧的建筑构件在沉降时不会因倾斜而压在一起。

结构处理有砖混结构和框架结构两种情况。砖混结构墙下条形基础通常采用双墙偏心基础、挑梁基础和交叉式基础三种处理形式(图 12.10)，框架结构通常也有双柱下偏心基础、挑梁基础、柱交叉布置三种处理形式。双墙偏心基础和双柱偏心基础由于难以保证建筑构件不发生倾斜，一般只用在多层或荷载较小的建筑中；而挑梁基础由于构造合理，满足沉降要求，采用较多。

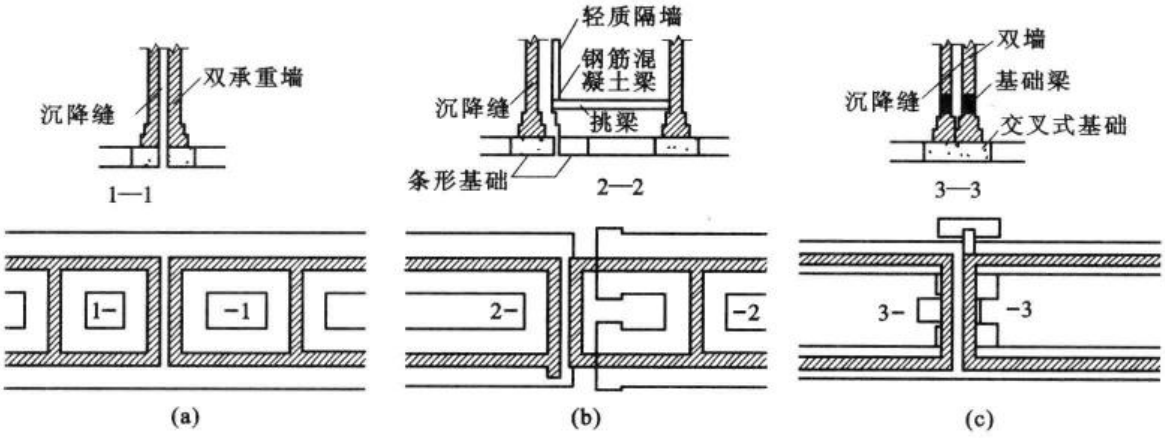


图 12.10　基础沉降缝处理

(a) 双墙方案沉降缝；(b) 悬挑基础方案的沉降缝；(c) 双承基础交叉排列方案的沉降缝

(2) 墙体、楼地面、屋顶沉降缝构造

墙体沉降缝常用镀锌铁皮、铝合金板和彩色薄钢板等盖缝(图 12.11)，其构造既要能适应垂直沉降变形的要求，又要能满足水平伸缩变形的要求。

地面、楼板层、屋顶沉降缝的盖缝处理基本同伸缩缝构造。顶棚盖缝处理应充分考虑变形方向，以尽量减少不均匀沉降后所产生的影响。

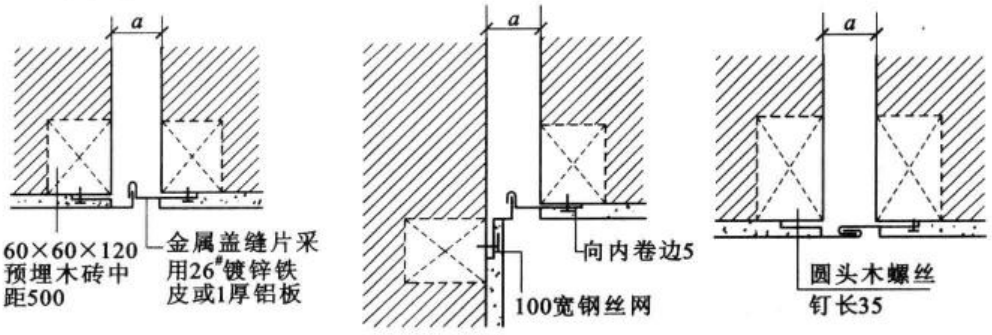


图 12.11　墙体沉降缝构造

12.4　防震缝

12.4.1　设置要求

在发生地震时，地震的能量通过地震波释放出来。地震波对建筑物的影响很大，纵波能使建筑物上下振动，横波能使建筑物产生前后或左右的水平侧向晃动，造成建筑物开裂、破坏、倒塌。在中震区，纵波和横波对建筑物的影响很大，在远震区，主要是横波对建筑物的影响大。

为避免地震对房屋的损坏，减少地震灾害给人们生命财产造成的损失，应采取一些有效措施，如：

（1）选择对抗震有利的场地和地基，避免在陡坡、深沟、峡谷，以及处于断层上下的地段建造房屋；

（2）建筑物的体形应尽可能规整、简洁，避免在建筑平面和体形上的凹凸；

（3）采取必要的加强房屋整体性的构造措施，不做或少做地震时易倒塌脱落的附属构件；

（4）从材料选用和构造处理上尽可能地减轻建筑物的自重，特别是屋顶部分和围护构件；

（5）在房屋的特定部位设置防震缝（图 12.12）。

在地震区建造建筑时，应遵循我国《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）中对各地区建筑物抗震的基本要求。建筑物的防震和抗震通常可从设置防震缝和对建筑进行抗震加固两方面进行考虑。在地震区建造房屋，应力求体形简单，重量、刚度对称并均匀分布，建筑物的形心和重心尽可能接近，避免在平面和立面上的突然变化，以保证结构的整体性，加强整体刚度。

防震缝——减少建筑物由于地震作用的破坏而设置的预留缝。

防震缝设置的位置与沉降缝相仿，主要应设在建筑高差相差较大的部位，建筑有错层且错层楼板高差较大时，建筑物各部分结构刚度、质量截然不同的部位。设置防震缝时，应将建筑分割成独立、规则的结构单元，每个独立单元必须具有足够的刚度，防震缝两侧

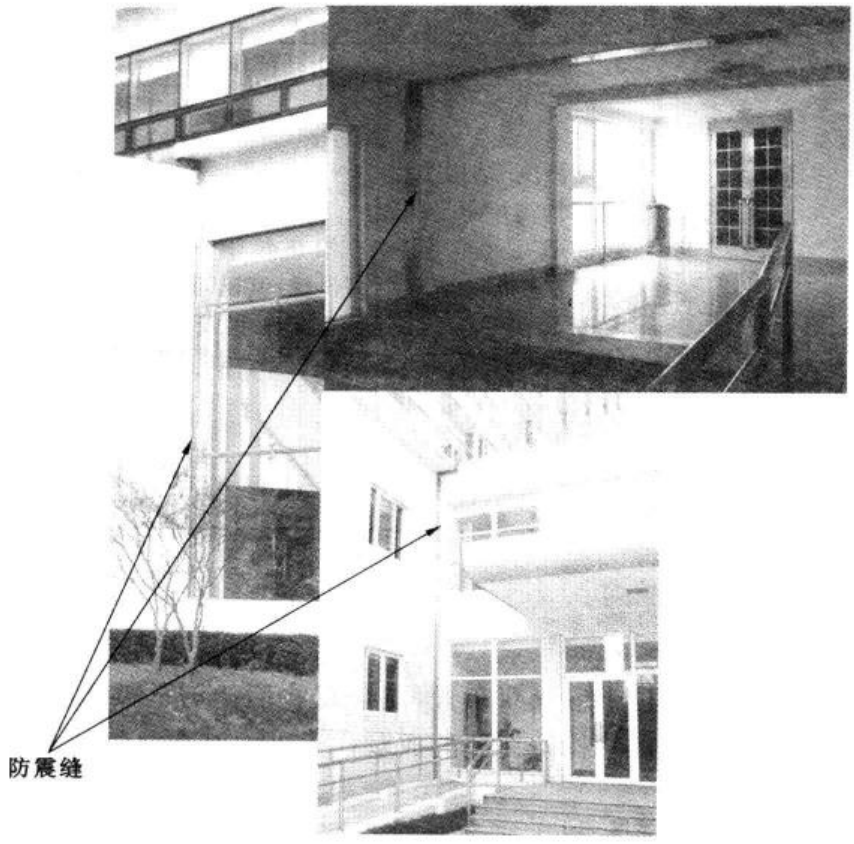


图 12.12　体形复杂的建筑设防震缝

的上部结构应完全分开，基础不断开。对于要求兼具沉降缝作用的，基础部分亦应断开。

防震缝的缝宽与建筑物高度和抗震设防烈度有关，见表 12.3。

表 12.3　变形缝设置比较

变形缝类别	对应变形原因	设置依据	断开部位	缝　宽(mm)
伸缩缝	昼夜温差引起的热胀冷缩	按建筑物的长度、结构类型与屋盖刚度	除基础以外，沿建筑物全高断开	20～30
沉降缝	建筑物相邻部分高差悬殊、荷载相差悬殊、结构形式不同、基础埋深差别大、地基不均匀等引起的不均匀沉降	地基土情况，建筑物的高度	从基础到屋顶沿全高断开	一般地基 建筑物高 <5 m，缝宽 30；5～10 m，缝宽 50；10～15 m，缝宽 70 软弱地基 建筑物 2～3 层，缝宽 50～80；4～5 层，缝宽 80～120；≥6层，缝宽>120 沉陷性黄土 缝宽≥30～70

续表 12.3

变形缝类别	对应变形原因	设置依据	断开部位	缝　宽(mm)
防震缝	地震作用	设防烈度、结构类型和建筑物高度(8度、9度设防且房屋立面高差相差在6 m以上;错层楼板相差1/3层高或1 m;毗邻部分各段刚度、质量、结构形式均不同时设置)。	沿建筑物全高设缝,基础可断开,也可不断开	多层砌体建筑,缝宽50～100 框架框剪建筑 当建筑物高≤15 m,缝宽70; 当建筑物高>15 m时: 6、7、8、9度设防,高度每增高5 m、4 m、3 m、2 m,缝宽加大20

12.4.2　防震缝构造

防震缝两侧的承重墙或柱子应成双布置,也可以将墙体与框架相结合的方法设置防震缝。对于仅设伸缩缝的框架结构防震缝的成双柱子允许设在共同的基础上(图12.13)。

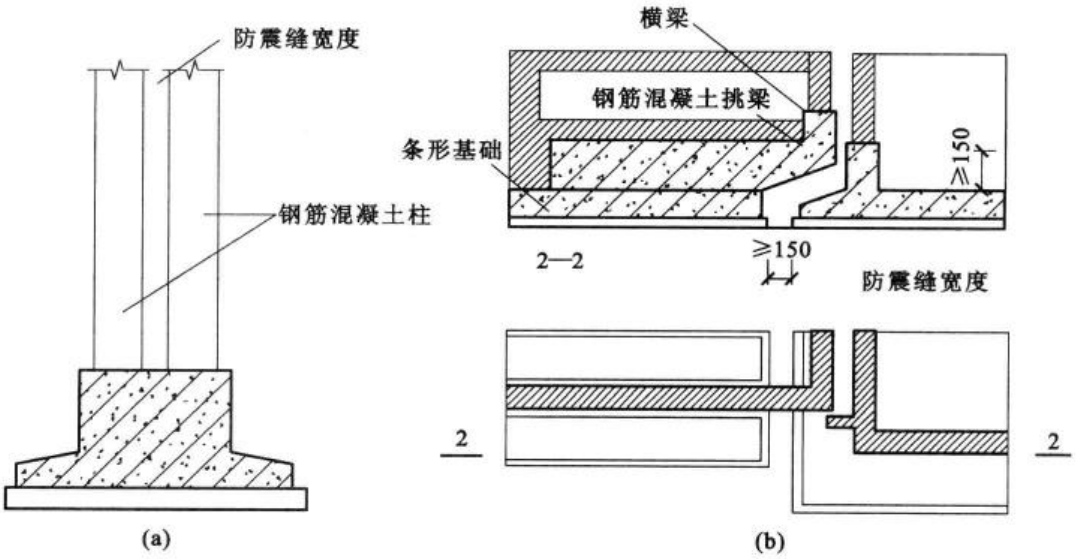


图 12.13　基础防震缝构造

(a) 双柱式防震缝;(b) 兼具沉缝作用的防震缝构造

防震缝在墙身、楼层以及屋顶等各部分的构造,基本上和沉降缝各部分的构造相同(图12.14)。缝处理时,因缝宽较宽,应注意盖缝板的牢固性以及适应变形的能力;另外要注意不应将防震缝做成错口、企口等形式,以致失去防震缝的作用。

另外,在严寒地区和寒冷地区,防震缝的设置应考虑保温要求,见图12.15。

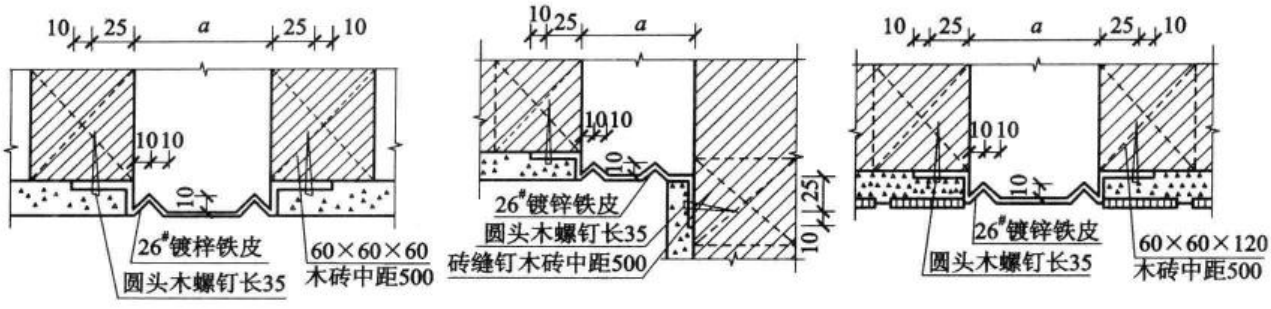


图 12.14　外墙防震缝构造

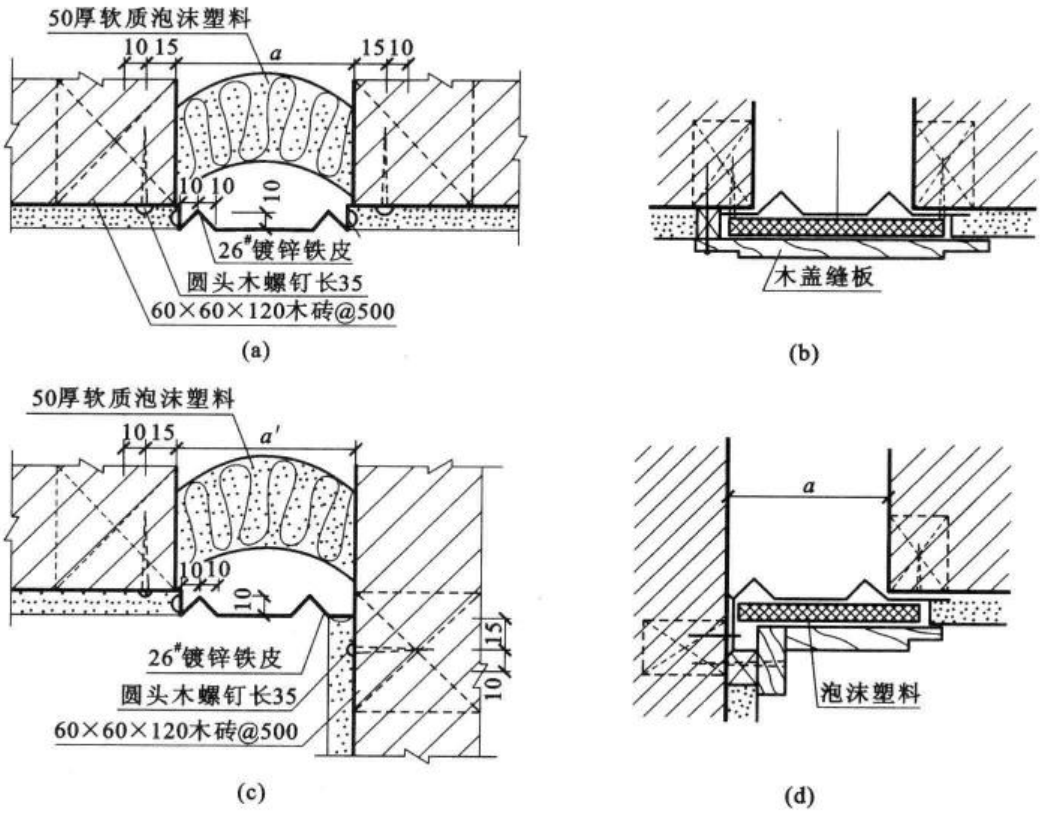


图 12.15　墙体防震缝保温构造示例

(a) 外墙平缝构造；(b) 内墙平缝构造；(c) 外墙阴角处构造；(d) 内墙阴角处构造

12.4.3　变形缝比较

表 12.3 是三种不同的变形缝的设置情况比较。在抗震设防的地区，无论需要设置哪种变形缝，其宽度都应该按照防震缝的宽度来设置。这是为了避免在震灾发生时，由于缝宽不够而造成建筑物缝两边相邻的部分相互碰撞，造成破坏。

12.4.4　变形缝构造要求

变形缝的材料及构造应根据其部位和需要分别采用防水、防火、保温、防虫害等安全防护措施，并使其在产生位移或变形时不受阻、不被破坏。

高层建筑及防火要求较高的建筑物，在室内变形缝四周的基层应采用不燃烧体，表面装饰层也应采用不燃或难燃烧材料。

在变形缝内不应敷设电缆、可燃气体管道和易燃、可燃液体管道。如必须穿过变形缝时，应在穿过处加设不燃烧材料套管，并应采用不燃烧材料将套管两端空隙填塞紧密。

复习思考题

1. 什么叫变形缝？为什么要设变形缝？
2. 什么叫伸缩缝？伸缩缝的缝宽如何确定？什么情况下设置伸缩缝？其构造做法如何？
3. 什么叫沉降缝？沉降缝的缝宽如何确定？什么情况下设置沉降缝？其构造做法如何？
4. 什么叫防震缝？防震缝的缝宽如何确定？什么情况下设置防震缝？其构造做法如何？
5. 三种变形缝之间能否替代？如何替代？

13

工业建筑概述

本章提要

本章主要讲述了工业建筑的特点、分类与设计要求；单层工业厂房的结构类型与构件组成；厂房的起重运输设备。重点掌握单层工业厂房的结构类型及构造组成。

13.1 工业建筑的特点、分类与设计要求

工业建筑是指从事各类工业生产及直接为生产服务的房屋，是工业建设必不可少的物质基础。从事工业生产的房屋主要包括生产厂房、辅助生产用房以及为生产提供动力的房屋，这些房屋一般称为“厂房”或“车间”。

工业厂房首先必须满足生产要求，能够布置和保护生产设备，同时必须创造良好的生产环境和劳动保护条件，以保证产品质量，保护工人的身体健康，提高劳动效率。

随着科学技术及生产力的发展，工业建筑的类型越来越多，生产工艺对工业建筑提出的要求也更加复杂，因此，工业建筑的设计也应体现适用、安全、经济、美观的建筑方针。

13.1.1 工业建筑的特点

工业建筑和民用建筑都具有建筑的共性，在设计原则、建筑技术、建筑材料等方面与民用建筑相比，有许多相同之处。但工业建筑是直接为工业生产服务的，由于生产工艺的复杂性、生产环境要求的多样性等，它在建筑平面空间布局、建筑构造、建筑结构及施工等方面也有较多差别。工业建筑特点归纳如下：

(1) 满足生产工艺要求

厂房的设计首先以生产工艺设计为基础，满足工业生产功能要求，同时能适应由于生产设备更新或改变生产工艺流程而带来的变化，并为工人创造良好的生产环境。各类工业都具有不同的生产工艺和特征，对工业厂房建筑也有不同的要求，厂房设计也随之而异。

(2) 内部有较大的通敞空间

由于厂房内生产设备多而且尺寸较大，例如一般都有笨重的机器设备、起重运输设备(吊车)等，有加工大型产品的设备，还要能行驶各类交通运输工具。因此，要求厂房的内

部具有较大的面积和通敞的空间。同时，厂房结构要能够承受较大的静、动荷载及振动或撞击力等作用。

(3) 采用大型的承重骨架结构

由于上述原因，厂房屋盖和楼板荷载较大，多数厂房采用由大型的承重构件组成的钢筋混凝土骨架结构或钢结构。

(4) 建筑构造复杂

由于厂房的面积、体积较大，有时采用多跨组合，工艺联系密切，不同的生产类型对厂房提出不同的功能要求。因此在采光通风和防水排水等建筑构造上都比较复杂，技术要求比较高。

13.1.2 工业建筑分类

工业生产类型繁多，工业生产规模较大，而生产工艺又较完整的工业厂房可归纳为以下几种类型：

(1) 按用途分

① 主要生产厂房：是指进行产品的备料、加工、装配等主要工艺流程的厂房。以机械制造工厂为例，包括铸造车间、锻造车间、冲压车间、铆焊车间、电镀车间、热处理车间、机械加工车间和机械装配车间等。

② 辅助生产厂房：是指为主要生产服务的厂房，如机械制造厂的机械修理车间、电机修理车间、工具车间等。

③ 动力用厂房：是为全厂提供能源的厂房，如发电站、变电所、锅炉房、煤气站、乙炔站、氧化站和压缩空气站等。

④ 仓储建筑：是储存原材料、半成品与成品的房屋(一般称仓库)。如机械厂包括金属料库、炉料库、砂料库、木材库、燃料库、油料库、易燃易爆材料库、辅助材料库、半成品库及成品库等。

⑤ 运输用建筑：是管理、储存及检修交通运输工具用的房屋，包括机车库、汽车库、电瓶车库、起重车库、消防车库和站场用房等。

⑥ 其他建筑：如水泵房、污水处理建筑等。

(2) 按层数分

① 单层厂房：多用于冶金、重型及中型机械工业等，见图 13.1。

② 多层厂房：多用于食品、电子、精密仪器工业等，见图 13.2。

③ 混合层数的厂房：如某些化学工业、热电站的主厂房等。图 13.3(a)为热电厂的主厂房，汽轮发电机设在单层跨内，其他为多层。图 13.3(b)为一化工车间，高大的生产设备位于中间的单层跨内，两个边跨则为多层。

(3) 按生产状况分

① 冷加工车间：生产操作是在正常温、湿度条件下进行的，如机械加工、机械装配、工具和机修等车间。

② 热加工车间：生产中散发大量余热，有时伴随产生烟雾、灰尘和有害气体，有时在红热状态下加工，如铸造、热锻、冶炼、热轧、锅炉房等，应考虑通风及散热问题。

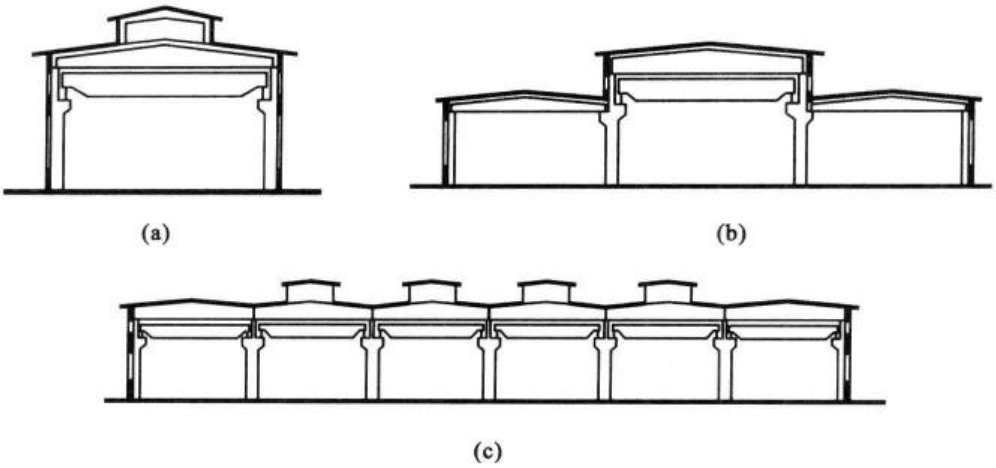


图 13.1　单层厂房

(a) 单跨;(b) 三跨;(c) 多跨

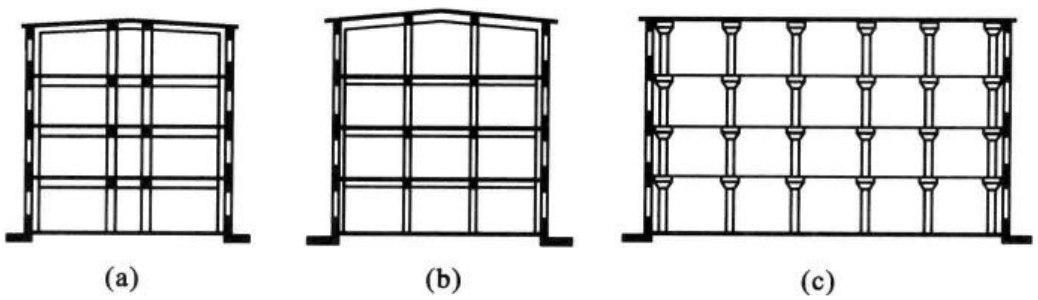


图 13.2　多层厂房

(a) 内廊式;(b) 统间式;(c) 大宽度式

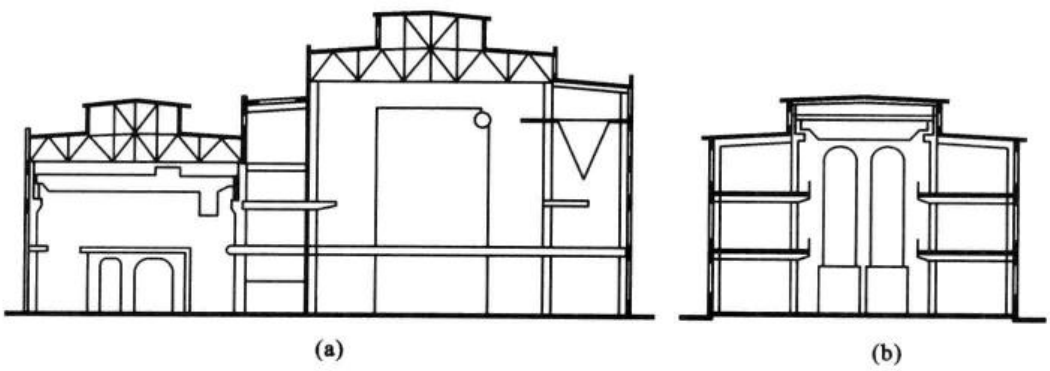


图 13.3　混合层数厂房

③ 恒温恒湿车间:为保证产品质量,厂房内要求稳定的温、湿度条件,如精密机械、纺织、酿造等车间。

④ 洁净车间:为保证产品质量,防止大气中灰尘及细菌污染,要求厂房内保持高度洁净,如集成电路车间、精密仪器加工及装配车间、医药工业中的粉针剂车间等。

⑤ 其他特种状况的车间:有爆炸可能性、有大量腐蚀性物质、有放射性物质、防微振、高度隔声、防电磁波干扰车间等。

生产状况是确定厂房平、剖面、立面以及围护结构形式的主要因素之一,设计时应予以考虑。

13.1.3 工业建筑设计要求

工业建筑设计是根据我国的建筑方针和政策，按照“坚固适用、技术先进、经济合理”的设计原则，在满足工艺要求的前提下，处理好厂房的平面、立面、剖面，选择合适的建筑材料，确定合理的承重结构、围护结构和构造做法。工业建筑的设计要求如下：

(1) 符合生产工艺的要求

生产工艺是工业建筑设计的主要依据，生产工艺对建筑提出的要求就是该建筑使用功能上的要求。为满足生产工艺的各种要求，便于设备的安装、操作和维修，要正确选择厂房的平面、立面、剖面形式及跨度、高度和柱距，确定合理的承重结构、围护结构与细部构造。

(2) 满足有关的技术要求

首先，工业建筑的坚固性及耐久性应符合建筑的使用年限要求。由于厂房的静荷载和动荷载比较大，建筑设计应为结构设计的经济合理性创造条件，使结构设计更利于满足坚固和耐久的要求。其次，厂房要能够经受自然条件、外力、温湿度变化和化学侵蚀等各种不利因素的影响，应具有较大的通用性和适当的扩展条件。同时，工业建筑设计应严格遵循《厂房建筑模数协调标准》，合理选择建筑参数(高度、跨度、柱距等)；尽量选用标准构件，提高建筑工业化水平。

(3) 满足建筑经济的要求

在不影响卫生、防火及室内环境要求的条件下，将若干个车间(不一定是单跨车间)合并成联合厂房，这对现代化连续生产极为有利。因为联合厂房占地较少，外墙面积相应减小，缩短了管网线路，使用灵活，能满足工艺更新的要求。

建筑的层数是影响建筑经济性的重要因素。因此，应根据工艺要求、技术条件等，确定采用单层或多层厂房。

在满足生产要求的前提下，缩小建筑体积，充分利用建筑空间。合理减少结构面积，提高使用面积。

在不影响厂房的坚固、耐久、生产操作、使用要求和施工速度的前提下，应尽量降低材料的消耗，从而减轻构件的自重和降低建筑造价。

设计方案应采用先进的、配套的结构体系及工业化施工方法，但是必须结合当地的材料供应情况、施工机具的规格和类型以及施工人员的技能来选择施工方案。

(4) 满足卫生及安全要求

应有与厂房所需采光等级相适应的采光条件，以保证厂房内部工作面上的照度；应有与室内生产状况及气候条件相适应的通风措施。

排除生产余热、废气，提供正常的卫生、工作环境。

对散发出的有害气体、有害辐射、严重噪声等应采取净化、隔离、消声、隔声等措施。

美化室内外环境、注意厂房内部的水平绿化、垂直绿化及色彩处理。

13.2 厂房内部的起重运输设备

在生产过程中，为装卸、搬运各种原材料和产品以及生产、设备检修等，厂房内需安装和运行各种类型的起重运输设备。在地面上可采用电瓶车、汽车及火车等运输工具，在自动生产线上可采用悬挂式运输吊索或输送带等；在厂房上部空间可安装各种类型的起重吊车。

起重吊车是目前厂房中应用最为广泛的一种起重运输设备。厂房剖面高度的确定和结构计算等，都和使用吊车的规格、起重量等有着密切关系。常见的吊车有单轨悬挂式吊车、梁式吊车和桥式吊车等。

13.2.1 单轨悬挂式吊车

单轨悬挂式吊车由电动葫芦和工字钢轨两部分组成。单轨悬挂式吊车通常是在屋架（屋面梁）下弦悬挂工字钢轨，轨上设有可水平移动的滑轮组（即电动葫芦），利用滑轮组升降起重的一种吊车。电动单轨悬挂吊车如图 13.4 所示，其起重量一般为 1～2 t，有手动和电动两种类型。由于轨架悬挂在屋架下弦，因此对屋盖结构的刚度要求比较高。

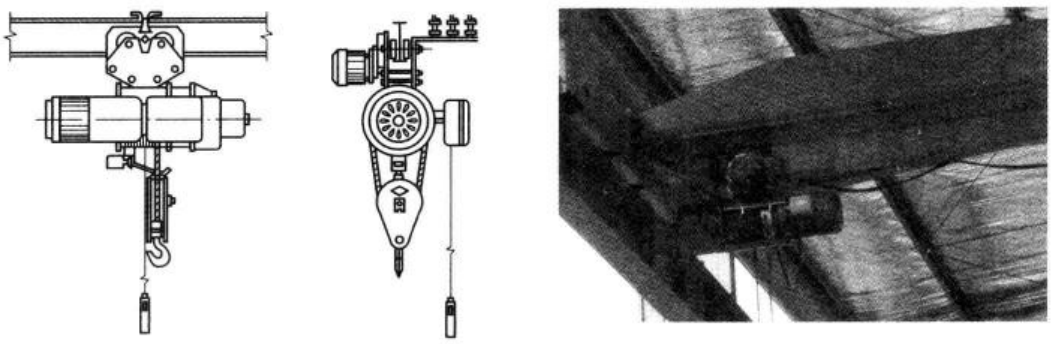


图 13.4 电动单轨悬挂式吊车

13.2.2 梁式吊车

梁式吊车有悬挂式和支承式两种类型。悬挂式如图 13.5(a)所示，是在屋架（或屋面梁）下弦悬挂梁式钢轨，钢轨布置成两行直线，在两行轨道梁上设有沿纵向滑行的单梁，在单梁上设有可横向移动的滑轮组（即电动葫芦）。支承式吊车如图 13.5(b)所示，是在排架柱上设置牛腿，牛腿上设置吊车梁，吊车梁上安装钢轨，钢轨上设有可滑行的单梁。在滑行的单梁上设置可滑行的滑轮组，在单梁与滑轮组行走范围内均可起重。梁式吊车起重量一般不超过 5 t。确定厂房高度时，应考虑该吊车净空高度的影响。

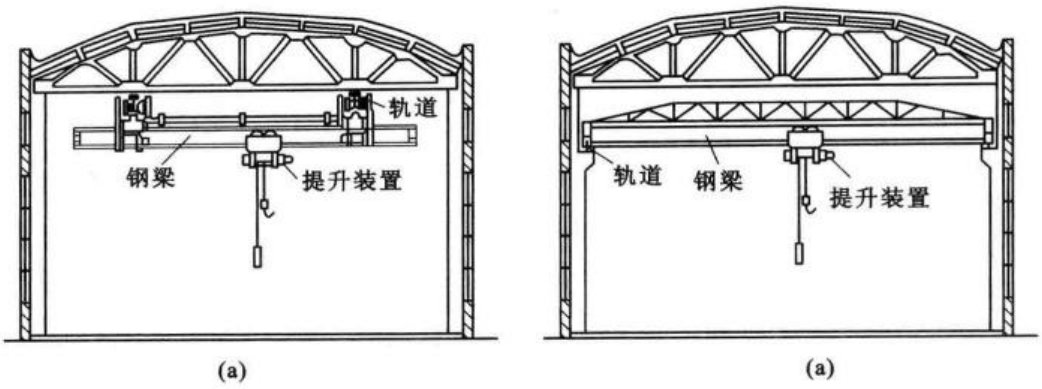


图 13.5　梁式吊车

(a) 悬挂式梁式吊车；(b) 支承式梁式吊车

13.2.3　桥式吊车

桥式吊车(起重机)由桥架和起重小车组成，通常是在厂房排架柱上设置牛腿，牛腿上搁置吊车梁，吊车梁上安装钢轨，钢轨上设置能沿着厂房纵向滑移的双榀钢桥架(或板梁)，桥架上设置起重小车，小车沿桥架横向移动，并有供起重的滑轮组。桥式吊车如图 13.6 所示。在桥架与小车行走范围内均可起重，起重量为 5～400 t。在桥架一端设有吊车司机室。

根据吊车工作班时间内的工作时间，桥式吊车的工作制分轻级、中级、重级三种。轻级工作制，工作时间为 15%～25%；中级工作制，工作时间为 25%～40%；重级工作制，工作时间大于 40%。

设有桥式吊车时，应注意厂房跨度和吊车跨度的关系，使厂房的宽度和高度满足吊车运行的需要，并应在柱间适当位置设置通向吊车司机室的钢梯及平台。当吊车为重级工作制或其他需要时，应沿吊车梁侧设置安全走道板，以保证检修和人员行走的安全。

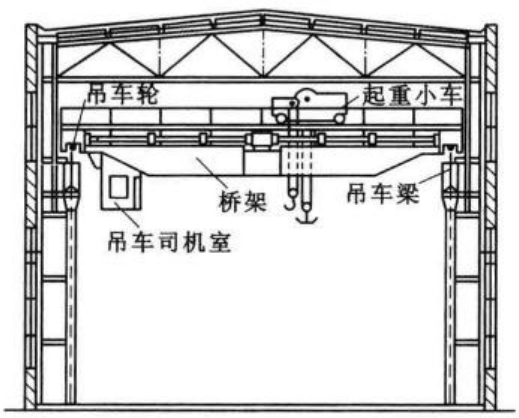


图 13.6　桥式吊车

复习思考题

1. 什么是工业建筑？工业建筑的特点是什么？
2. 工业建筑如何分类？
3. 厂房内起重运输设备有哪三类？各适用于什么情况？

14

单层工业厂房建筑设计

本章提要

本章主要讲述了单层厂房的平面设计、柱网的选择、单层厂房的剖面设计以及定位轴线的标志。主要应掌握单层厂房的平面设计、剖面设计及定位轴线的标志。

14.1 厂房的结构类型与构件组成

14.1.1 单层工业建筑的结构类型

在厂房建筑中，支承各种荷载作用的构件所组成的承重骨架，通常称为结构。单层工业厂房的结构类型按其承重结构的材料来分，有砖混结构、钢筋混凝土结构和钢结构等类型；按其主要承重结构的形式分有排架结构、刚架结构及其他结构形式。

(1) 砖混结构

主要指由砖墙(砖柱)、屋面大梁或屋架等构件组成的结构形式(图 14.1)。由于其结构的各方面性能都较差，只能适用于跨度、高度较小，无吊车或吊车荷载较小，以及地震烈度较低的单层厂房。

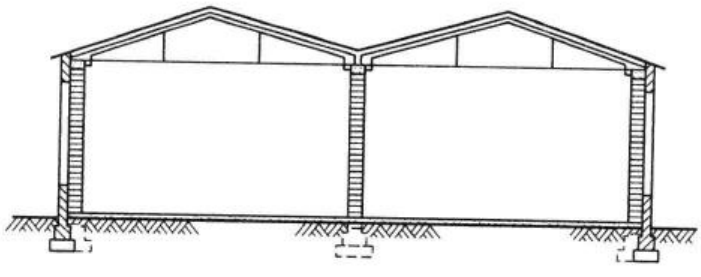


图 14.1 单层砖混结构厂房

(2) 排架结构

排架结构是我国目前单层厂房中应用较多的一种基本结构形式，有钢筋混凝土排架(现浇或预制装配施工)和钢排架两种类型。它由柱基础、柱子、屋面大梁或屋架等横向排

架构件和屋面板、连系梁、支撑等纵向连系构件组成。横向排架起承重作用，纵向连系构件起纵向支撑、保证结构的空间刚度和稳定性作用。排架结构主要适用于跨度、高度、吊车荷载较大及地震烈度较高的单层厂房建筑。图 14.2 为装配式钢筋混凝土排架结构厂房示意图。

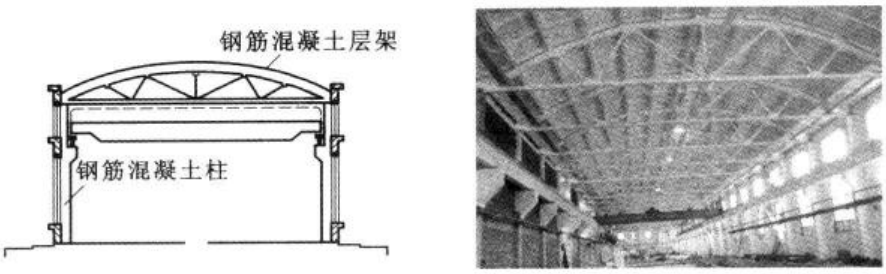


图 14.2　装配式钢筋混凝土排架结构厂房

(3) 刚架结构

刚架结构的主要特点是屋架与柱子合并为同一构件，其连接处为整体刚接。单层厂房中的刚架结构主要是门式刚架，门式刚架依其顶部节点的连接情况有两铰钢架和三铰钢架两种形式(图 14.3)。门式钢架构件类型少、制作简便，比较经济，室内空间宽敞、整洁。在高度不超过 10 m、跨度不超过 18 m 的纺织、印染等厂房中应用较普遍。

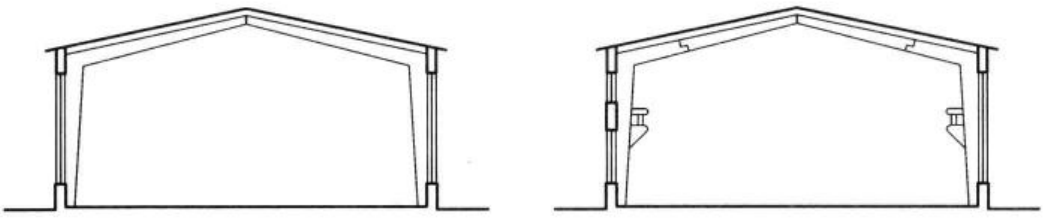


图 14.3　门式钢架厂房

(4) 其他结构形式

近年来，随着我国型材的推广，特别是压型彩色钢板等的推广运用，我国单层厂房中越来越多地采用钢结构或轻钢屋盖结构等(图 14.4)。这类结构均属空间结构，其共同特点是受力合理，能充分地发挥材料的力学性能，空间刚度大，抗震性能较强。在实际工程中，钢筋混凝土结构、钢结构等可以组合应用，也可以采用网架、V 形折板、马鞍板和壳体等屋盖结构，如图 14.5 所示。

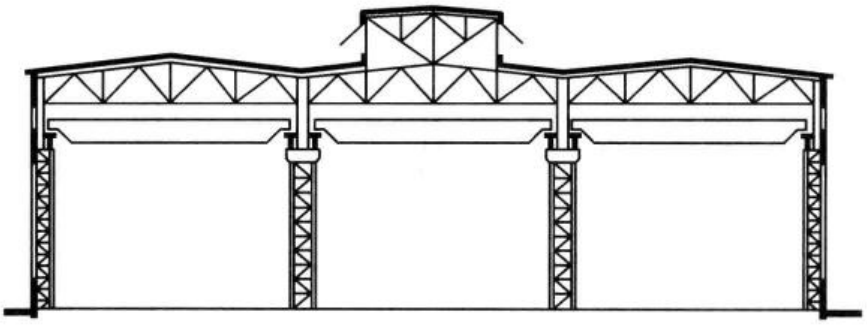


图 14.4　钢结构厂房

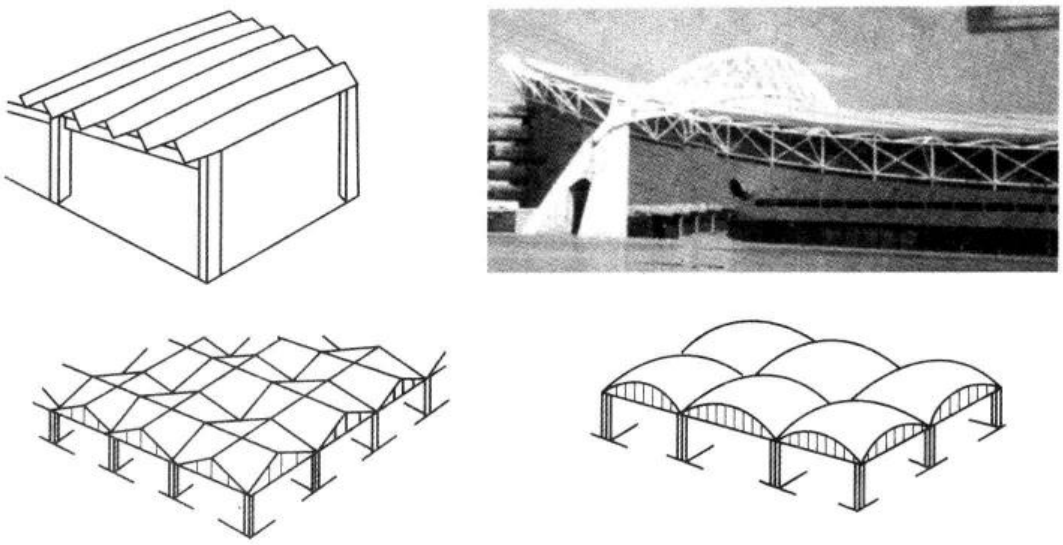


图 14.5　其他结构形式

14.1.2　单层工业建筑构件组成

单层工业建筑的结构支承方式可分为承重墙支承与骨架支承两类。只有当工业建筑的跨度、高度、吊车荷载较小时才用承重墙支承结构，而当工业建筑的跨度、高度和吊车荷载较大时，则多采用骨架承重结构。

骨架结构是由柱子、屋架或屋面大梁等承重构件组成。在骨架结构中，内外墙一般不承重，只起到围护或分隔作用。其中以排架最为常见，因为梁柱间为铰接，可以适应较大的吊车荷载。

以装配式钢筋混凝土横向排架结构为例，图 14.6 为单层厂房结构的构件组成。厂房承重结构是由横向排架和纵向连系构件以及支撑所组成。横向排架包括屋架（或屋面梁）、柱子和柱基础。它承受屋盖、天窗、外墙及吊车等荷载。纵向连系构件包括吊车架、基础梁、连系梁（或圈梁）、大型屋面板等，这些纵向构件与各榀横向排架相连，形成了厂房的整体骨架结构系统，保证了横向排架的稳定性；并将作用在山墙上的风力和吊车纵向制动力传给柱子。此外，为了保证厂房的整体性和稳定性，还必须设置支撑系统（包括屋盖支撑和柱间支撑）。

（1）屋盖结构

单层工业厂房的屋盖起围护与承重作用。它包括围护构件（如屋面板、檩条、瓦等）和承重构件（如屋架、屋面梁、天窗架、托架）两部分。

屋面板——直接承受板上的各类荷载（包括屋面板自重、屋面覆盖材料、雪、积灰及施工检修等荷载），并将荷载传给屋架。

天窗架——承受天窗屋面上的所有荷载并把它传给屋架或屋面梁。

屋架（屋面梁）——是屋盖结构中的主要承重构件。屋面板上方的荷载、天窗荷载等都由屋架（屋面梁）承担。屋架（屋面梁）一般搁置在柱子上。根据钢筋混凝土单层工业厂房结构设计规定，屋架下弦标高超过 20 m 的高大厂房，需要时应在围护结构中设抗风桁架，有檩的屋盖体系设有檩条，架设于屋架之上，当排架柱距大于或等于 12 m 的厂房，采

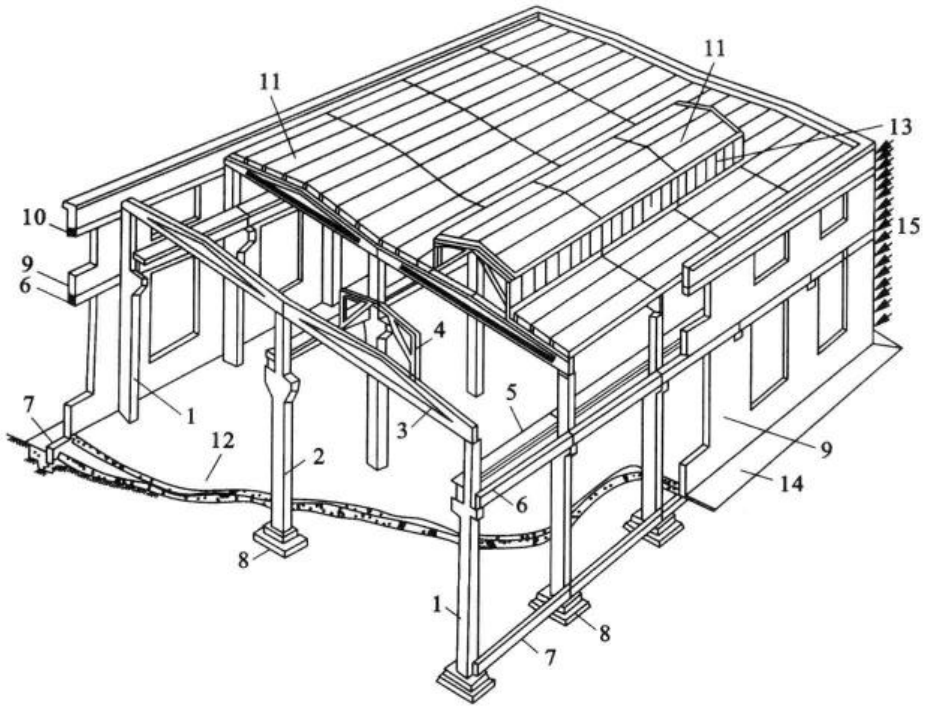


图 14.6　装配式钢筋混凝土排架及主要构件

1—边列柱；2—中列柱；3—屋面大梁；4—天窗架；5—吊车梁；6—连系梁；7—基础梁；8—基础；9—外墙；10—圈梁；11—屋面板；12—地面；13—天窗扇；14—散水；15—风荷载

用 6 m 的大型屋面板或跨度小于 12 m 的檩条时，应设托架或托梁以支承柱距之间的屋架。见图 14.7。

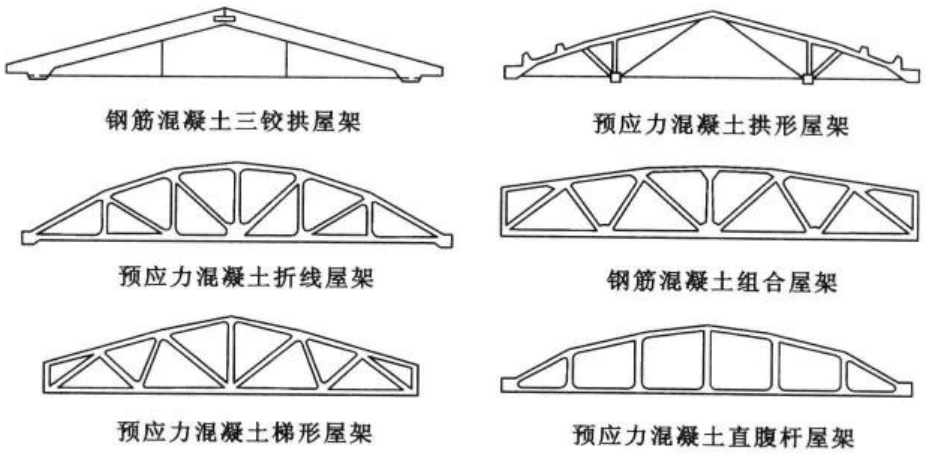


图 14.7　各种形式的屋架

(2) 柱

排架柱——厂房中的主要竖向承重构件，它承受屋盖、吊车梁、支撑、连系梁和外墙传来的荷载，并把这些荷载传给基础。同时，柱子也要承担由山墙传来的风荷载。通常有矩形柱、工字形柱、双肢柱等形式，如图 14.8 所示。

抗风柱——设在自承重山墙内侧。由于单层厂房山墙高度和长度都比较大，承受较大的风荷载作用，因此，应在单层排架结构的山墙处设置抗风柱来承受风荷载作用，增加山墙的刚度和稳定性。抗风柱的布置原则有两点：一是在柱的选型上一般与排架柱同型；

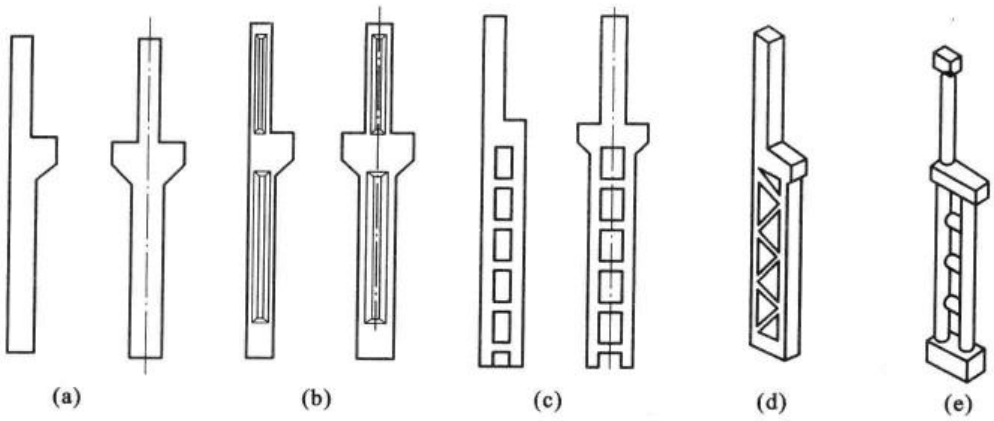


图 14.8　几种常见预制钢筋混凝土柱

(a) 矩形柱;(b) 工字形柱;(c)、(d) 双肢柱;(e) 管柱

二是沿山墙每隔 6 m 左右设置。抗风柱高度应达到屋架上弦高度,以方便柱与山墙及屋架间的连接。图 14.9 为单层排架结构厂房抗风柱设置实例。

图 14.9　山墙抗风柱

(3) 吊车梁

当厂房根据生产工艺要求需布置吊车作为内部起重的运输设备时,沿厂房纵向布置吊车梁,以便安装吊车运行轨道。吊车梁主要有预应力钢筋混凝土吊车梁及钢吊车梁两种形式,一般搁置在排架的牛腿上。吊车梁的作用是承受吊车自重、吊车的起重量以及吊车启动、制动时产生的冲击力,并将这些荷载传给柱子。

(4) 基础

单层厂房的基础,多采用独立式基础。如钢筋混凝土排架结构,其柱下基础通常采用预制或现浇杯口基础,当变形缝两侧有双柱时,采用双杯口基础。基础的作用,主要是承担柱子上的荷载,以及部分墙体荷载,并把这些荷载传给地基。

(5) 外墙围护系统

外墙——厂房的大部分荷载由排架结构承担，因此，外墙是自承重构件，主要起防风、防雨、保温、隔热、遮阳、防火等作用。

窗与门——起采光、通风和交通运输作用。

连系梁(墙梁)——厂房纵向柱列的水平连系构件。单层厂房排架结构中的连系梁主要有两方面作用，一是作为水平构件起水平连系及支撑作用，以增加结构的空间整体刚度；二是当墙体较高时(>15 m)，连系梁需承受墙体重量，以减少基础梁的荷载。

基础梁——承受上部墙体重量，并把它传给基础。

圈梁——在高度较大或振动较大的单层厂房中应布置圈梁，以加强墙与柱间的连接，保证砖墙的稳定性，并增加厂房结构的整体刚度。连系梁若水平交圈可视同为圈梁。

(6) 支撑系统

排架结构单层厂房的支撑包括柱间支撑系统和屋盖支撑系统两大部分。其作用是加强厂房结构的空间刚度，保证结构构件在安装和使用阶段的稳定和安全。柱间支撑宜用交叉形式(图 14.10)。屋盖支撑由屋架间的垂直支撑、屋架下弦平面内的纵向水平支撑等组成。支撑虽非厂房中的主要构件，却是连系主要结构件以构成整体的重要组成部分，在设计和施工中应予以足够的重视，其布置方法和要求须符合有关设计规范的规定。

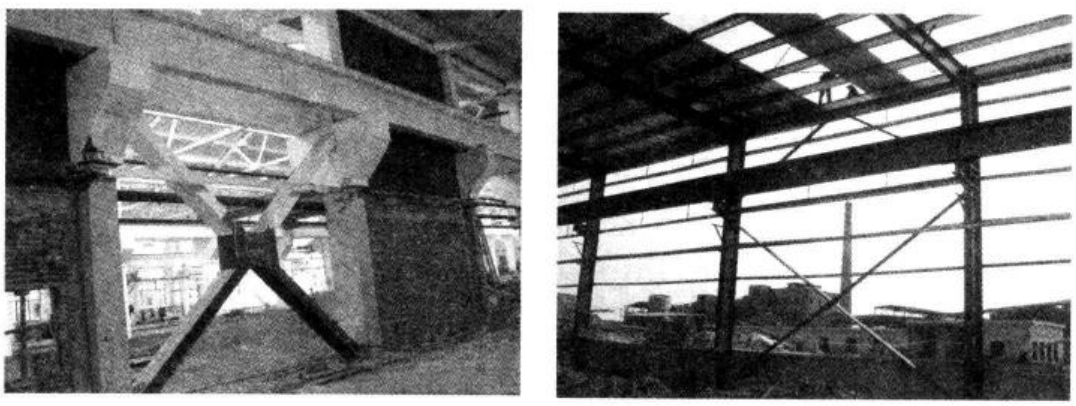


图 14.10　柱间支撑

14.2　平面设计及柱网尺寸的选择

无论对单层厂房还是多层厂房，承重结构柱在平面上排列时所形成的网格都称为柱网。确定建筑物主要构件位置及标志尺寸的基准线称定位轴线，平行于厂房长度方向的定位轴线称为纵向定位轴线，垂直于厂房长度方向的定位轴线称为横向定位轴线。纵向定位轴线间距称为跨度，横向定位轴线间距称为柱距。柱网示意图如图 14.11 所示。

柱网的选择实际上就是选择工业建筑的跨度和柱距。确定柱网尺寸的原则是：

(1) 满足生产工艺

跨度和柱距尺寸要满足生产工艺的要求，如设备的大小和布置方式，材料和加工件的运输，生产操作和维修所要求的空间等，如图 14.12 所示。

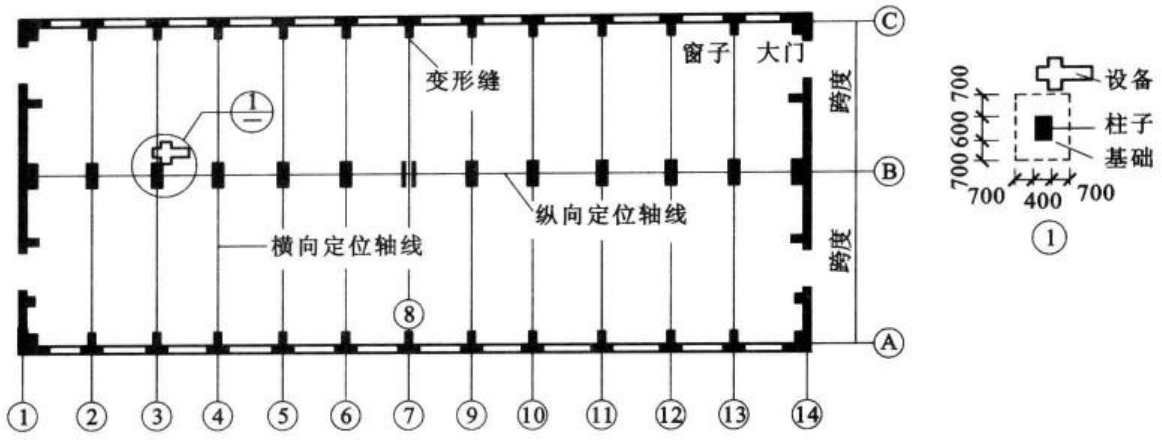


图 14.11　柱网示意图

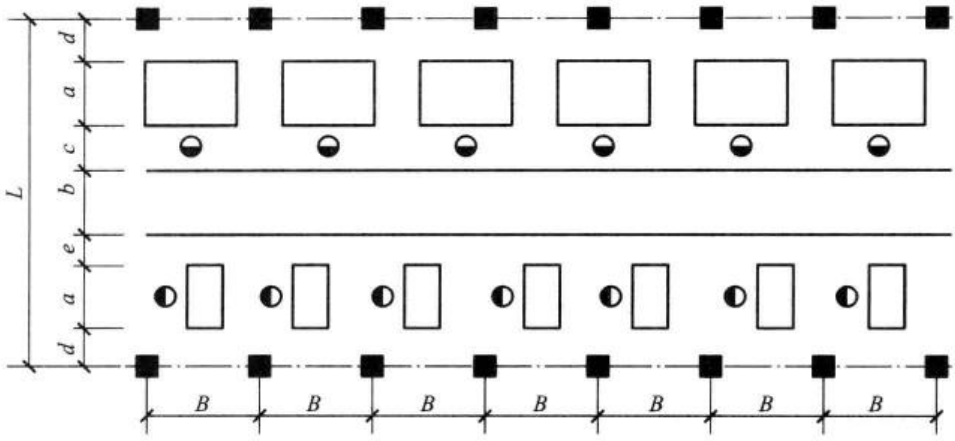


图 14.12　跨度尺寸与工业布置关系

L—跨度；B—柱距；a—设备宽度；b—行车通道宽度；c—操作宽度；d—设备与轴线间距；e—安全距离

(2) 平面和结构经济合理

跨度和柱距的选择应使平面的利用和结构方案达到经济合理。如有的厂房由于工艺的要求扩大部分跨间距，常将个别大型设备跨越布置，采用抽柱方案，上部采用托架梁承托屋架(图 14.13)。有的柱距满足不了生产工艺需要，可能形成大小柱距不同的现象，使设计和施工都比较复杂，因此应根据实际情况分析比较其经济合理性，调整柱距，达到柱距统一。

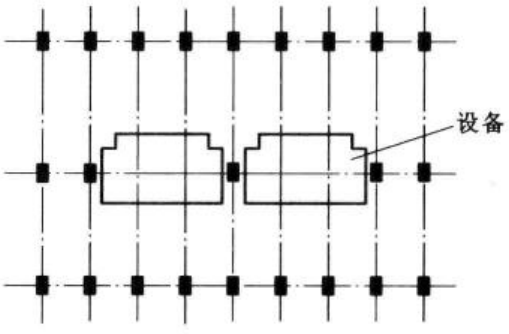


图 14.13　越跨布置设备示意图

另外，一些设备布置可以灵活的厂房，总宽度不变，适当加大厂房的跨度，可节约生产面积，比较经济合理。此外还要考虑技术条件、施工能力，以达到较好的综合效益。

(3) 符合《厂房建筑模数协调标准》

满足《厂房建筑模数协调标准》(GBJ 6—1986)的要求。该标准规定厂房的跨度在 18 m和 18 m 以下时应采用扩大模数 30 M 数列，分别为 6 m、9 m、12 m、15 m、18 m；在 18 m 以上时应采用 60 M 数列，分别为 18 m、24 m、30 m、36 m。柱距采用 60 M 数列，即 6 m 和 12 m。根据这些尺寸可按《工业建筑全国通用构件标准图集》选用不同材料的与跨度、

柱距相统一的配套构件，如屋架、吊车梁、基础梁、屋面板、墙板等。

(4) 扩大柱网

随着生产的发展，新产品的开发，新的科学技术和装备不断采用，生产工艺不断更新，要求厂房具有较大的通用性和灵活性，扩大柱网在一定程度上可以满足这种要求，也可更有效地利用生产面积。在图 14.11 中，当柱的断面尺寸为 600 mm×400 mm 时，机床与柱的最小距离应为 700 mm，因此，柱与周围最小距离所占的面积达 3.6 m^2。如减少柱子，则可排列更多的设备，减少设备基础与柱子基础的冲突，节约厂房面积(图 14.14)。同时，因减少了构件数量，对减少工程量、加快施工速度、提高综合经济效益大为有利。

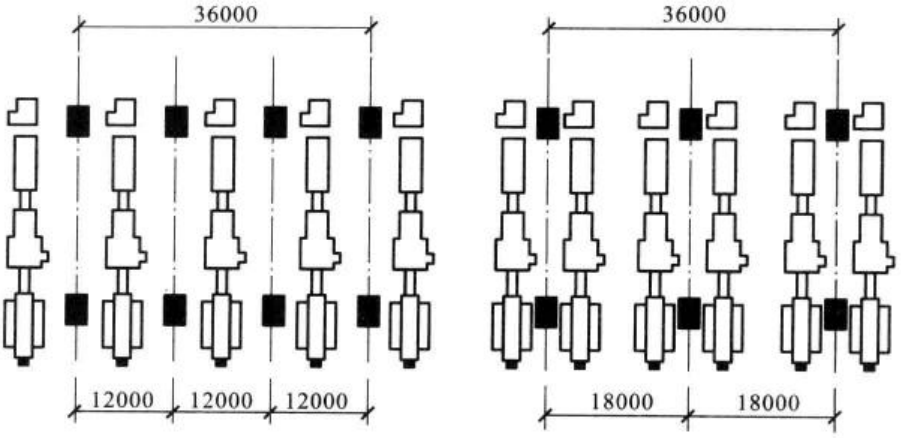


图 14.14 不同柱距的设备布置

近年来，国内外扩大柱网的应用是日益增加，常用的柱网有 12 m×12 m、15 m×12 m、18 m×12 m、24 m×12 m、18 m×18 m 和 24 m×24 m。

14.3 厂房的剖面形式

14.3.1 厂房高度的确定

单层厂房的高度是指厂房地面至柱顶(或下撑式屋架下弦底面)的高度，如图14.15所示。在剖面设计中，通常将室内地面的相对标高定为±0.000，柱顶标高、吊车轨顶标高均是相对于室内地面标高而言的。

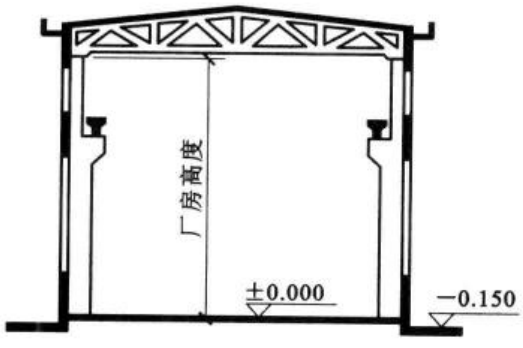


图 14.15 厂房高度

厂房高度的确定，应满足生产和运输设备的布置、安装、操作和检修所需的净高，以及满足采光和通风所需的高度。

14.3.1.1 厂房内部高度的确定

(1) 无吊车设备厂房高度的确定

在无吊车设备的厂房中，柱顶标高通常是按厂房内最高的生产设备及其安装、检修所需的净高两部分之和来确定的，同时也要考虑生产上对采光、通风和隔热的要求。柱顶标高一般

不宜低于4 m，且符合扩大模数 3 M 的要求。

(2) 有吊车设备厂房高度的确定

在有吊车设备的厂房中，不同的吊车类型、布置层数，对厂房的高度的影响也各异。如采用悬挂式吊车与采用桥式和梁式吊车对厂房高度的要求就有所不同。若同一跨间需要布置上下两层吊车时，厂房的高度也应相应增加。有吊车厂房应首先确定吊车轨道的轨顶标高、牛腿面标高，再确定柱顶标高。

① 轨顶标高的确定

轨顶标高(H_1)是由生产工艺人员根据生产工艺提出的，用公式表示为

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

式中 h_1——生产设备、室内分隔墙或检修时所需的最大高度；

h_2——吊车与越过设备(或分隔墙)之间的安全距离(一般为 400～500 mm)；

h_3——被吊物件的最大高度；

h_4——吊索最小高度；

h_5——吊钩至轨顶面的最小距离(可根据产品目录查出)。

② 柱顶标高的确定

对于一般常用的桥式和梁式吊车来说，柱顶标高(±0.000 至柱顶或下撑式屋架下弦的高度)由轨顶标高(±0.000 至轨顶的高度 H_1)、轨顶到柱顶的距离(H_2)两部分组成，单层厂房高度的确定如图 14.16 所示。用公式表示为

$$H = H_1 + H_2 = H_1 + h_6 + h_7$$

式中 H_1——轨顶标高；

H_2——轨顶至架下弦底部高度；

h_6——轨上尺寸，即轨顶至吊车小车顶部的高度；

h_7——吊车小车顶部至屋架下弦底部的安全距离。

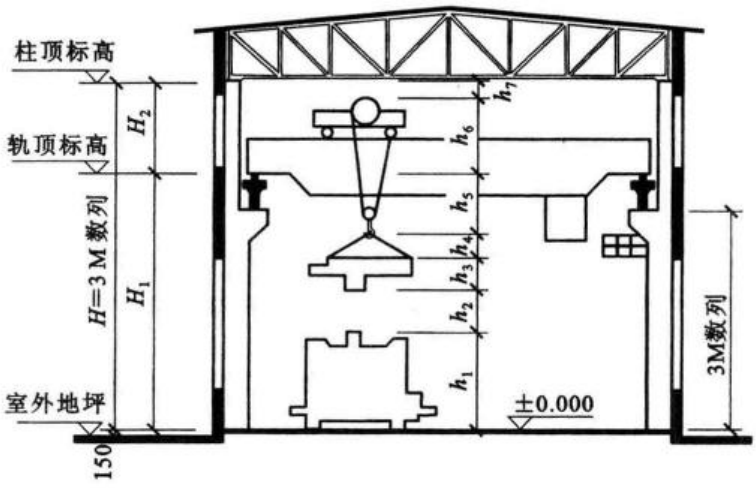


图 14.16 单层厂房高度

吊车小车顶部至屋架下弦底部的安全距离依不同吊车起重量和跨度而定，按国家《通用桥式起重机 限界尺寸》分别规定为 300 mm、400 mm、500 mm；轨上尺寸亦与吊车起重量和跨度有关，应按该标准规定的尺寸及产品样本确定。

③ 牛腿顶面标高的确定

按照工艺要求确定轨顶标高后，牛腿顶面标高等于轨顶标高减去吊车梁高度和轨道高度，然后按照 3 M 数列调整至牛腿顶面的标高符合 3 M 数列。当牛腿顶面的高度大于 7.2 m 时，按 6 M 数列考虑，这时，轨顶标高可能不为整数，但应大于工艺设计人员提出的轨顶标高要求。

根据上述各部分尺寸得出的厂房高度，还必须符合《厂房建筑模数协调标准》的有关规定，即厂房地面至柱顶的高度应为扩大模数 3 M 数列。

14.3.1.2　室内外地坪标高的确定

厂房室内地坪的绝对标高是在总平面设计时确定的。室内地坪的相对标高为 ±0.000。一般单层厂房室内外需设置一定的高差，以防雨水侵入室内。同时，为了运输车辆出入方便，室内外相差不宜太大，一般取 150 mm，且用坡道连接，坡道坡度为 10%，坡道长度为 1500 mm。

当厂房内地坪有两个以上不同的地坪面时，定主要工段地坪面的标高为 ±0.000（图 14.17、图 14.18）。

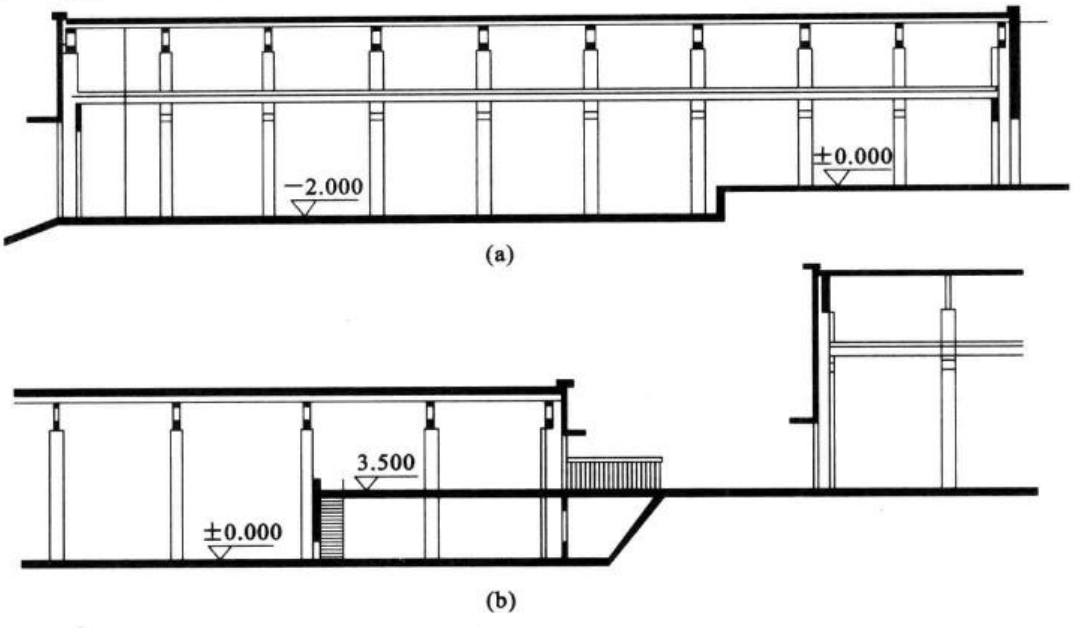


图 14.17　厂房垂直于等高线布置

（a）铸工车间纵剖面图；（b）木模车间纵剖面图

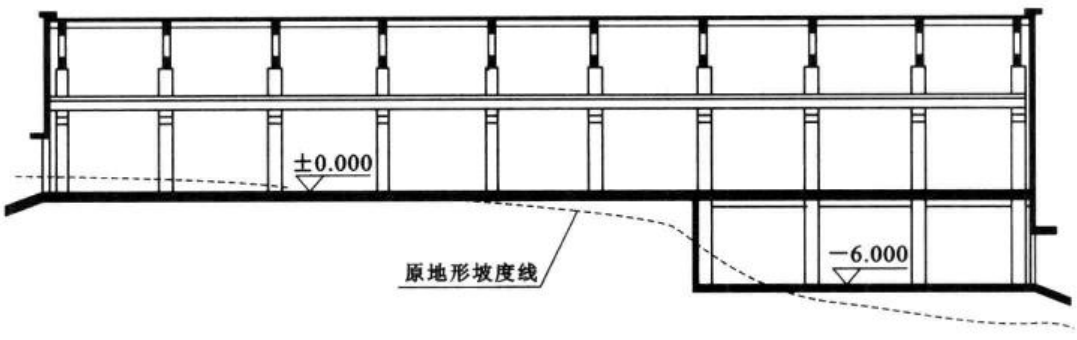


图 14.18　利用地形较低一端设置半地下室

14.3.1.3　厂房内部空间的利用

厂房建筑高度对造价有直接影响，因此在确定厂房建筑高度时，应注意有效地利用和节约空间，对降低建筑造价有重要意义。图 14.19(a) 所示是铸铁车间砂处理工段纵剖面图，混砂设备高度为 10.8 m，在不影响吊车运行的前提下，把高大的设备布置在两榀屋架之间，利用屋顶空间起到缩短柱子长度的作用；图 14.19(b) 所示为变压器修理车间工段剖面图，如把需要修理的变压器放在低于室内地坪的地坑内，也可起到缩短柱子长度的作用，避免了提高整个建筑的高度，减少空间浪费。

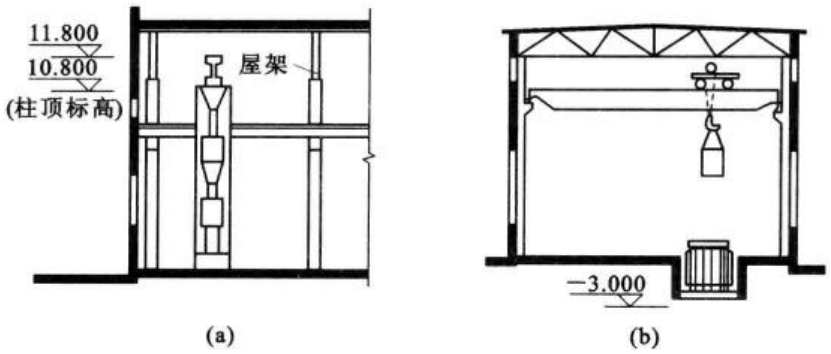


图 14.19　厂房内部空间的应用

(a) 利用两屋架间的空间布置设备；(b) 利用降低地坪降低建筑高度

14.3.2　天然采光设计

白天，室内利用天然光线进行照明的叫做天然采光。由于天然光线质量好且节能，因此，单层厂房大多采用天然采光；当天然采光不能满足要求时，才辅以人工照明。

厂房采光的效果直接关系到生产效率、产品质量及工人的劳动卫生条件，是衡量厂房建筑质量标准的一个重要因素。因此，必须根据生产性质对采光的不同要求，进行采光设计，合理确定窗的大小，选择窗的形式，进行窗的布置，使室内获得良好的采光条件。

14.3.2.1　天然采光的基本要求

(1) 满足采光系数最低值的要求

室内工作面上应有一定的光线，光线的强弱是用照度来衡量的。照度表示单位面积上所接受的光通量的多少，其单位用勒克斯(lx)表示。在采光设计中，天然采光标准以采光系数为指标。采光系数是室内某一点直接或间接接受天空漫射光所形成的照度与同一时间不受遮挡的该天空半球在室外水平面上产生的天空漫射光照度之比。不管室外照度如何变化，室内某一点的采光系数是不变的。采光系数用 C 表示。

我国颁发的《建筑采光设计标准》(GB/T 50033—2001)中要求采光设计的光源以全阴天天空的扩散光作为标准，并根据我国光气候特征和视觉试验，将我国工业生产的视觉工作分为 5 级，提出了各级视觉工作要求的室内天然光照度最低值，规定了各级采光系数最低值。在采光设计中，为满足车间内部有良好的视觉工作条件，生产车间工作面上的采光系数最低值不应低于表 14.1、表 14.2 中规定的数据。

表 14.1　作业场所工作面上的采光系数标准值

采光等级	视觉作业分类		侧面采光		顶部采光	
	作业精确度	识别对象的最小尺寸 d(mm)	室内天然光照度(lx)	采光系数 C(%)	室内天然光照度(lx)	采光系数 C(%)
Ⅰ	特别精细	$d \leqslant 0.15$	250	5	350	7
Ⅱ	很精细	$0.15 < d \leqslant 0.3$	150	3	250	5
Ⅲ	精细	$0.3 < d \leqslant 1.0$	100	2	150	3
Ⅳ	一般	$1.0 < d \leqslant 5.0$	50	1	100	2
Ⅴ	粗糙	$d > 5.0$	25	0.5	50	1

注：① 表中所列采光系数标准值适用于我国Ⅲ类光气候区。采光系数值是根据室外临界照度为 5000lx 制定的。

② 亮度对比小的Ⅰ、Ⅱ级视觉作业，其采光等级可提高一级采用。

表 14.2　作业场所工作面上的采光等级标准

采光等级	生产车间和工作场所名称
Ⅰ	精密机械和精密机电成品检验车间，精密仪表加工和装配车间，光学仪器精加工和装配车间，手表及照相机装配车间，工艺美术工厂绘画车间，毛纺厂造毛车间
Ⅱ	精密机械印工和装配车间，仪表检修车间，电子仪器装配车间，无线电元件制造车间，印刷厂排字及印刷车间，纺织厂精纺、织造和检验车间，制药厂制剂车间
Ⅲ	机械加工和装配车间，机修车间，电修车间，木工车间，面粉厂制粉车间，造纸厂造纸车间，印刷厂装订车间，冶金工厂冷轧、热轧车间，拉丝车间，发电厂锅炉房
Ⅳ	焊接车间，钣金车间，冲压剪切车间，铸工车间，锻工车间，热处理车间，电镀车间，油漆车间，配电所，变电所，工具库
Ⅴ	压缩机房，风机房，锅炉房，泵房，电石库，乙炔瓶库，氧气瓶库，汽车库，大、中件储存库，造纸厂原料处理车间，化工原料准备车间，配料间，原料间

(2) 满足采光均匀度的要求

采光均匀度指工作面上采光系数最低值与平均值之比。为了保证视觉舒适，要求室内照度均匀，可以根据车间的采光等级及采光口的位置来确定。

(3) 避免在工作区产生眩光

视野内出现比周围环境突出明亮刺眼的光叫眩光。它使人的眼睛感到不舒适或无法适应，影响视力，因此，应避免在工作区产生眩光。

14.3.2.2　采光方式

根据采光口所在的位置不同，单层厂房的天然采光有侧面采光、顶部采光(即天窗采光)及侧面和顶部相结合的混合采光三种方式，如图 14.20 所示。

(1) 侧面采光

将采光窗布置在外墙上的为侧面采光，见图 14.20(a)。侧面采光分单侧采光和双侧采光两种。根据侧窗在外墙上位置高低的不同，又分为高侧窗和低侧窗。一般中等照度要求的厂房，侧窗采光对水平工作面的有效进深为工作面至窗上缘高度的 2 倍。在可能的情况下，可采用双侧采光，这样有利于提高采光的均匀度。当采用侧面采光不能满足厂

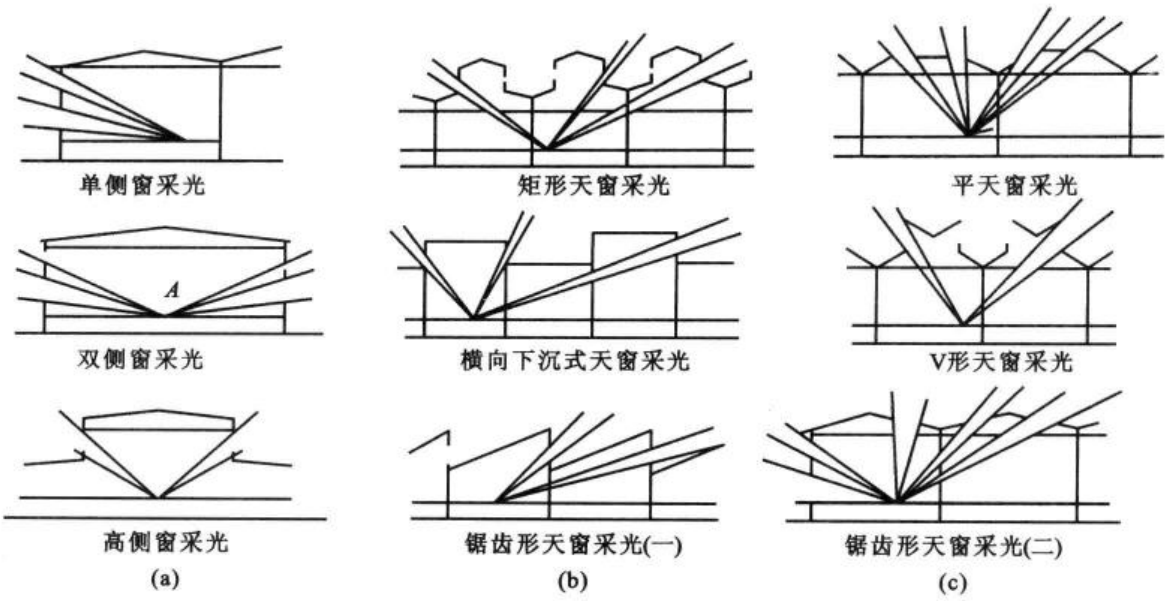


图 14.20　单层厂房的天然采光

(a) 侧面采光;(b) 顶部采光;(c) 混合采光

房的采光要求时,可采用混合采光方式或辅以人工照明来满足生产使用的要求。

由于侧面采光的方向性强,故布置侧窗时要避免可能产生的遮挡。如在设有吊车梁的厂房中,吊车梁处则没有必要开设侧窗(图 14.21)。因此,厂房侧窗一般是分上、下两段布置,形成高低侧窗。这有利于提高远窗点的照度,同时也有利于提高厂房天然采光的均匀度。侧窗窗台宜高于吊车梁面约 600 mm(图 14.22)。低侧窗窗台高度一般为工作面的高度,同时为便于开关,通常取 1000 mm 左右,根据使用要求,可提高或降低。在设计多跨厂房时,应尽量利用厂房高低处开设高侧窗解决厂房的采光问题(图 14.23)。

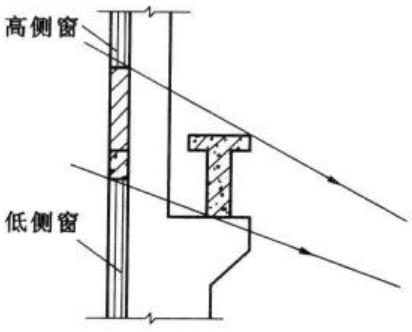


图 14.21　吊车梁遮挡光线与高低侧窗的位置关系

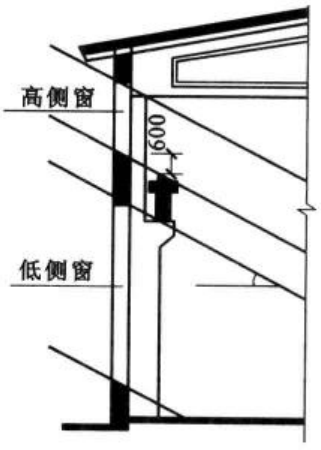


图 14.22　高低侧窗示意图

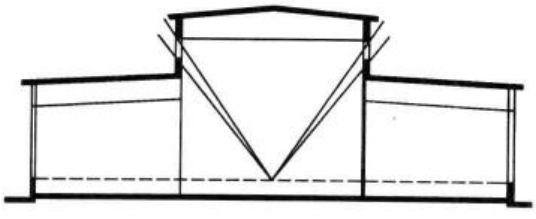


图 14.23　利用高低差处设置高侧窗的厂房剖面

(2) 顶部采光

当厂房为连续多跨，中间跨无法通过侧窗进行采光，或侧墙上由于某种原因不开设采光窗时，则在屋顶上开设采光天窗，采用顶部采光的方式解决厂房的天然采光问题，见图 14.20(b)。由于顶部采光是通过天窗实现的，所以它照度均匀、采光率高，但构造复杂、造价高。

(3) 混合采光

由于侧窗采光的有效进深是有限的，当厂房深度超过侧窗采光的有效进深，则在屋顶上开设天窗加以补充，采用混合采光的方式解决天然采光问题，见图 14.20(c)。混合采光同时利用侧面采光和顶部采光，所以一般适用于仅用单一的侧面采光或顶部采光不能满足照度要求的厂房。

14.3.2.3 采光天窗的形式

采光天窗有多种形式，常见的有矩形天窗、梯形天窗、三角形天窗、M 形天窗、锯齿形天窗及横向天窗、平天窗等，见图 14.24。

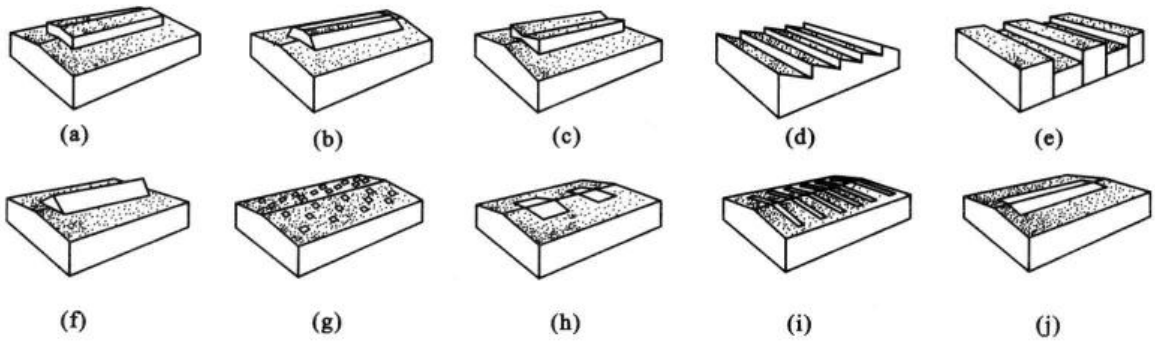


图 14.24 采光天窗的形式

(a) 矩形天窗；(b) 梯形天窗；(c) M 形天窗；(d) 锯齿形天窗；(e) 横向下沉式天窗；(f) 三角形天窗；(g) 平天窗(点状布置)；(h) 平天窗(块状布置)；(i) 平天窗(带状横向布置)；(j) 平天窗(带状纵向布置)

(1) 矩形天窗(图 14.25)

矩形天窗是沿跨间纵向升起局部屋面，在高低屋面的垂直面上开设采光窗而形成的，具有中等照度，是我国比较广泛采用的一种采光天窗。矩形天窗的窗面垂直，积灰少且易于防水。同时，窗扇可开启，能兼起通风作用。但矩形天窗的构件类型多，结构复杂，抗震性能较差。为了获得良好的采光效果，矩形天窗的宽度 b 宜等于厂房跨度 L 的 1/3～1/2，天窗的高宽比 h/b 宜为0.3左右，不宜大于 0.45。

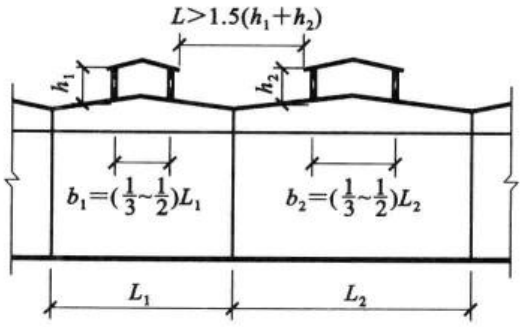


图 14.25 矩形天窗

(2) M 形天窗(图 14.26)

M 形天窗是将矩形天窗的屋盖由两侧向内倾斜而形成的。由于屋盖的倾斜，其内表面可增强光线的反射作用，同时，倾斜的屋盖可以引导气流。所以，M 形天窗较矩形天窗的采光、通风都更有利。但构造较矩形天窗复杂，天窗屋面需设置内排水，或形成纵向长天沟外排水。

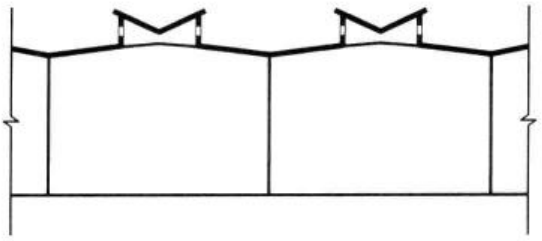


图 14.26　M 形天窗

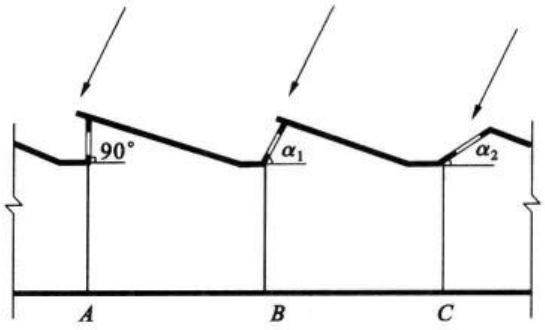


图 14.27　不同窗扇角度的锯齿形天窗

(3) 锯齿形天窗(图 14.27)

由于某些工厂生产工艺的特殊要求，如纺织厂、印染厂等，为了使纱不易断头，厂房内要保持一定的温湿度，要求室内光线稳定、均匀，无直射光进入室内，以免增加空调设备负荷。如将厂房屋盖做成锯齿形，窗设于垂直面上(有时也做成稍倾斜面)并朝向北方。这种形式，厂房工作面不仅能得到天窗透入的光线，而且还由于屋顶内表面的反射增加了反射光，因此，采光效率较矩形天窗高。窗扇可开启，能兼起通风作用，窗口一般朝北或接近北向，无直射阳光进入室内，或射进的阳光很少，在炎热地区对防止室内过热也有好处。

(4) 横向下沉式天窗(图 14.28)

当厂房采光要求较高和受建设地段条件的限制不得不将厂房纵轴南北向布置时，为避免西晒和夏季室内过热，可采用横向天窗。横向下沉式天窗是将相邻柱距的整跨屋面板上下交替布置在屋架的上下弦上，利用屋面板位置的高差(即屋架上下弦的高差)作采光口而形成的。它有布置灵活、造价较矩形天窗低等优点，因此，这种天窗在实际中也常被采用。其缺点是窗扇形式受屋架限制，不标准、构造复杂，厂房纵向刚度较差。

(5) 平天窗(图 14.29)

平天窗就是在屋盖上直接设置水平或接近水平的采光口而形成的，它可以成点、成块

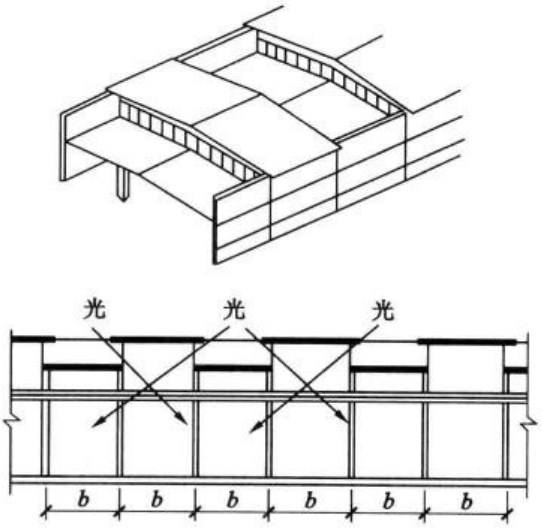


图 14.28　横向下沉式天窗纵剖面及局部轴测投影图

b—柱距

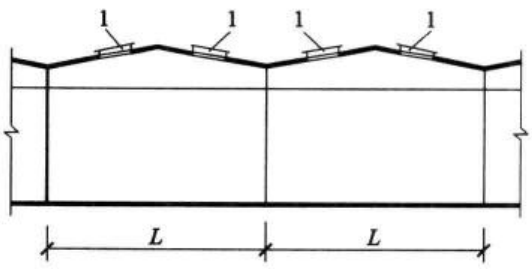


图 14.29　平天窗布置示意图

L—跨度；1—平天窗

或成带状布置。平天窗的采光效率高，为矩形天窗的2～2.5倍，并具有布置灵活、构造简单、施工方便、造价低等优点，在冷加工车间的设计中应用较广泛。其缺点是对于太阳光直射车间易产生眩光，采暖地区玻璃易结露造成水滴下落，玻璃表面易积尘或积雪，玻璃破碎落下伤人以及平天窗一般不起通风作用等。

14.3.2.4　采光天窗的布置

采光天窗的布置需结合天窗形式、屋盖结构和构造、厂房朝向、生产要求等因素综合考虑。概括起来有纵向布置(天窗带平行于屋脊)、横向布置(天窗带垂直于屋脊)、点状或块状布置等几种形式(图14.24)。

纵向布置主要适用于朝向为南北向的厂房，多采用矩形、M形、梯形、锯齿形等天窗，也可采用平天窗做成采光带沿厂房屋脊纵向布置。为了屋面检修及消防人员在屋面上活动方便，在靠山墙及横向变形缝两侧柱间一般不设天窗。当天窗太长时，可将天窗分段布置，分段处柱间不设天窗。

横向布置主要适用于朝向为东西向的厂房，多采用横向下沉式天窗，平天窗也可做成横向布置。

点状或块状布置一般采用平天窗，根据使用要求，在屋面上灵活地布置采光口，采光均匀性好。

选择采光天窗形式及布置方式应结合结构形式。如采用屋架(或屋面梁)上铺板的屋盖可采用矩形、梯形、M形、平天窗等多种形式的天窗，而采用折板、马鞍形壳板的屋盖则可利用屋面板上下布置形成的高差设置横向天窗(图14.30)，采用壳体结构的厂房可利用壳体边缘凸起的弧形部分设置天窗(图14.31)。

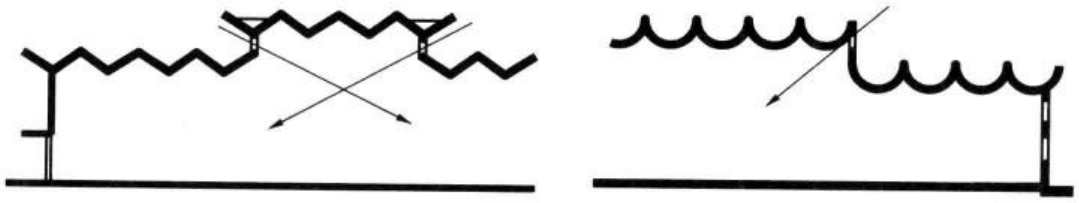


图14.30　结合屋盖结构形式设置天窗

(a) 折板屋盖采光天窗布置；(b) 马鞍形壳板屋盖采光天窗布置

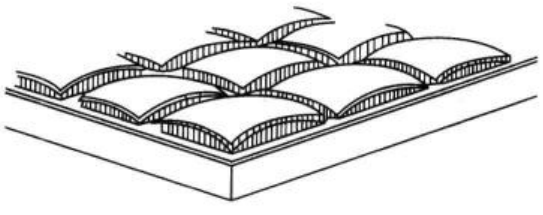


图14.31　壳体屋盖采光天窗的布置

14.3.2.5　采光面积的确定

采光窗口面积的确定，通常根据厂房的采光、通风、立面处理等综合要求，先大致确定窗口面积。然后根据厂房的采光要求进行校验，验证其是否符合采光标准值。采光计算的方法很多，《工业企业采光设计标准》中介绍的图表计算方法是我国目前最为简便的方法。在初步设计阶段可采用窗地面积比(即窗洞面积与地板面积的比值)是否符合要求的方法进行估算或验算(表14.3)。

表 14.3　窗地面积比

采光等级	采光系数最低值(%)	单侧窗	双侧窗	矩形天窗	锯齿形天窗	平天窗
Ⅰ	5	1 / 2.5	1 / 2	1 / 3.5	1 / 3	1 / 5
Ⅱ	3	1 / 2.5	1 / 2.5	1 / 3.5	1 / 3.5	1 / 5
Ⅲ	2	1 / 3.5	1 / 3.5	1 / 4	1 / 5	1 / 8
Ⅳ	1	1 / 6	1 / 5	1 / 8	1 / 10	1 / 15
Ⅴ	0.5	1/ 10	1/ 7	1/ 15	1/ 15	1/ 25

14.3.3　自然通风设计

厂房在生产过程中会散发出大量的余热、烟尘、有害气体、有侵蚀性的液体以及生产噪音等，这就要求厂房内应有良好的通风设施和解决采光要求。

14.3.3.1　自然通风的基本原理

单层厂房自然通风是利用空气的热压和风压作用进行的。

(1) 热压通风

在生产过程中，厂房内的工业炉、机械加工生产的热加工件等热源排出大量热量，使厂房内部的温度升高，室内的空气体积膨胀，密度减小而上升。室外冷空气温度相对较低，密度较大，便由外围护结构下部的门窗洞口进入室内，加速了室内热空气的流动。当厂房上部和下部门窗敞开时，室内的空气会形成良好的通风循环，将室内空气从上部窗口排出，这种利用室内外冷热空气产生的压力差进行通风的方式，称为热压通风，如图14.32所示。

(2) 风压通风

当室外风吹向建筑物时，遇到建筑物受阻，空气压力发生变化。建筑物迎风面的空气压力超过大气压力，形成正压区(+)；建筑物背风面的空气压力小于大气压力，形成负压区(—)，如图 14.33 所示。如在正压区设进风口，在负压区设排风口，风从进风口进入室内，将室内的热空气或有害气体从排风口排至室外，达到通风换气的目的，这种利用风产生的空气压力差进行通风的方式称为风压通风。

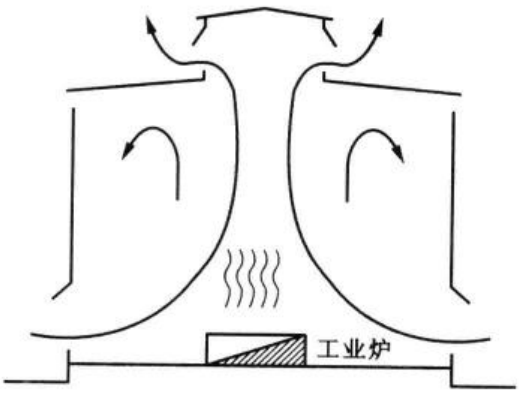


图 14.32　热压通风示意图

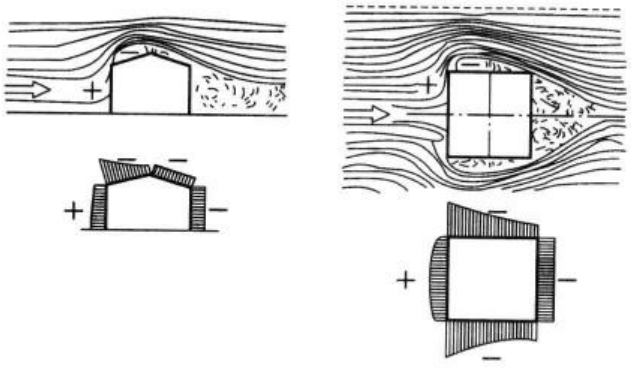


图 14.33　风绕建筑物流动状况及风压分布

在剖面设计中，应根据自然通风的热压原理和风压原理，正确布置进风口和排风口的位置。尽管各个风向的频率不等，但是，风可以从任何方向吹来。所以，建筑设计应考虑各个风向都有进风口和排风口，合理组织气流，达到通风换气的目的。为了增大厂房内部的通风量，应着重考虑主导风向的影响，特别是夏季主导风向的影响。

14.3.3.2　冷加工车间的自然通风

夏季冷加工车间的热源主要是来自人体的散热、设备散热和围护结构向室内的散热。由于冷加工车间室内外温差较小，在剖面设计中，主要是合理布置侧向进出风口位置，选择让风有效地进入排风口的形式与构造，合理组织气流路径，形成穿堂风。实践证明，限制厂房宽度并使其长轴垂直夏季主导风向、在侧墙上开窗、在纵横贯通的通道端部设大门、室内少设和不设隔墙等措施对组织穿堂风都是有利的。但穿堂风一般只适用于厂房通道和厂房不宽的情况。当厂房较宽时，可辅助设置排风扇或在未设天窗的厂房屋面设置通风屋脊。

14.3.3.3　热加工车间的自然通风

热加工车间除有大量热量外，还可能有灰尘，甚至存在有害气体。因此，热加工车间更要充分利用热压和合理地设置进排风口，有效地组织自然通风。

对热车间，可利用热压通风和风压通风共同工作，选择好进风口和排风口，组织厂房通风。一般情况下，进风口与出风口的高差越大，排风效果越好。

热车间主要利用低侧窗进风，利用高侧窗或天窗排风，进风口高度的确定，要结合厂房所在地的气候特点。在炎热地区的厂房，可尽量减小低侧窗的窗台高度，提高排风效果，如图 14.34(a)所示。在冬季寒冷地区，可设上下两排低侧窗，冬季关闭下排窗，开启上排窗，避免冷风直吹室内人体；夏季开启下排窗，关闭上排窗，增大进风口与出风口的高差，如图 14.34(b)所示。

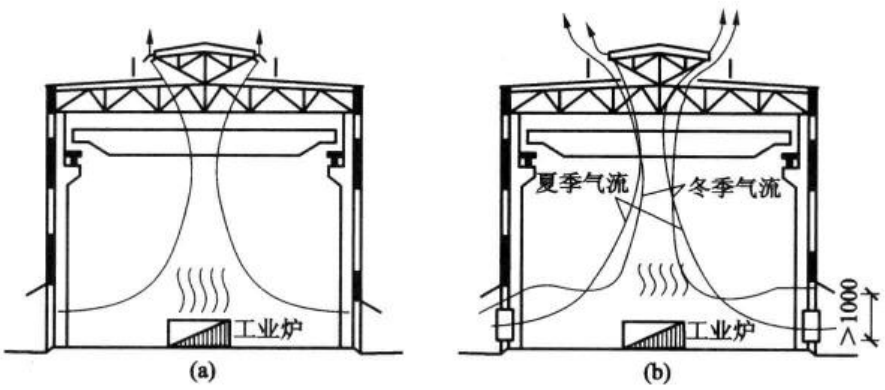


图 14.34　热车间进、排风口的设置

(a) 炎热地区热车间进、排风；(b) 冬季寒冷地区热车间进、排风

为了提高热加工车间的通风能力和便于窗扇启闭，低侧窗宜采用平开窗或立旋窗，尤其以立旋窗为最佳。因为它的开启角度可随风向来调节，能得到最大的通风量，如图 14.35所示。排风口的位置应尽可能高一些，一般设在柱顶处，如图 14.36(a)所示。当设有天窗时，天窗位置一般在屋脊处，如图 14.36(b)所示。另外，天窗宜设在散发热量较大的设备上方，这样，可缩短通风距离，较快地排除热空气，如图 14.36(c)所示。外墙中

间部分的侧窗，一般不按进、排风口设计，以免影响下部进风口的进气量和气流速度，但应按采光窗设计。为了开关方便，中侧窗常采用固定窗或中悬窗，很少采用上悬窗。

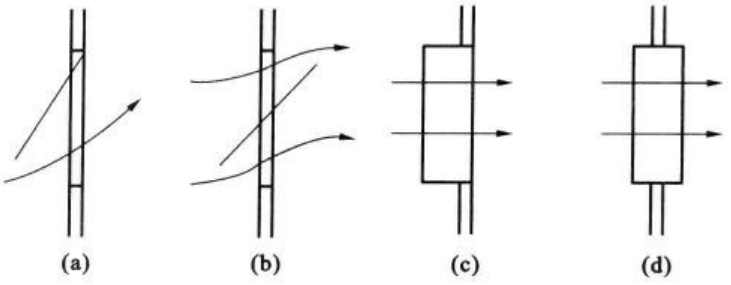


图 14.35　单层厂房常用侧窗开启方式

(a) 上悬；(b) 中悬；(c) 平开；(d) 立旋

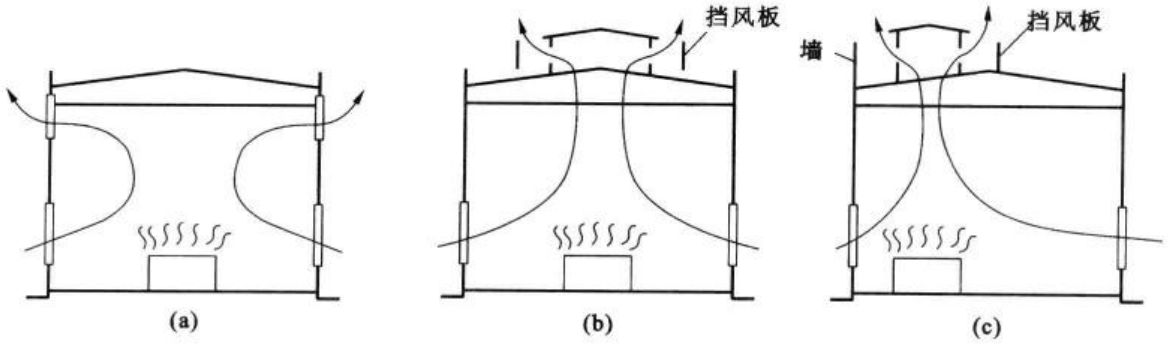


图 14.36　排风口布置

(a) 设高侧窗；(b) 设通风天窗；(c) 热源上方设天窗

14.3.3.4　通风天窗的形式与设置

无论是多跨还是单跨热车间，仅靠高低侧窗通风往往不能满足车间的生产要求，一般都在屋顶上设置天窗。以通风为主的天窗称为通风天窗。通风天窗的类型主要有矩形通风天窗和下沉式通风天窗两种。

热车间的自然通风是在风压和热压的共同作用下进行的。其空气流动出现三种状态：

当风压小于热压时，不仅背风面排风口可以排气，迎风面排风口也能排气，但迎风面受风压的影响，排风口排气量减少，见图 14.37(a)。

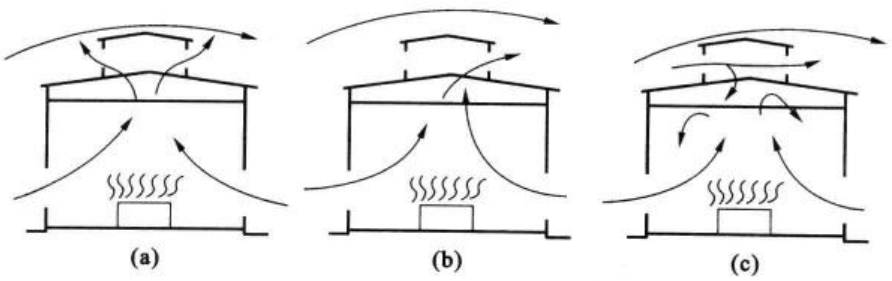


图 14.37　风压和热压共同作用下的三种气流状况示意图

(a) 风压小于热压；(b) 风压等于热压；(c) 风压大于热压

当风压等于热压时，迎风面排风口不能排气，但背风面排风口照样能排气，见图14.37(b)。

当风压大于热压时，迎风面的排风口不但不能排气，反而出现倒灌的现象，阻碍室内空气的热压排风，见图 14.37(c)。为了避免这种现象，一般是在天窗侧面设置挡风板，当风吹到挡风板上时产生气流飞跃，在天窗口与挡风板之间形成负压区，保证天窗在任何风向的情况下都能稳定排风。

(1) 矩形通风天窗

将一般矩形天窗两侧加设挡风板，即为矩形通风天窗，也称为避风天窗。在无风时，车间内部靠热压通风；有风时，风速越大则负压区绝对值也越大，排风量也增大。挡风板至矩形天窗的距离以等于排风口高度的 1.1～1.5 倍为宜。

当平行等高跨两矩形天窗排风口的水平距离 L 小于或等于天窗高度 h 的 5 倍时，可不设挡风板，因为该区域的风压始终为负压，如图 14.38 所示。

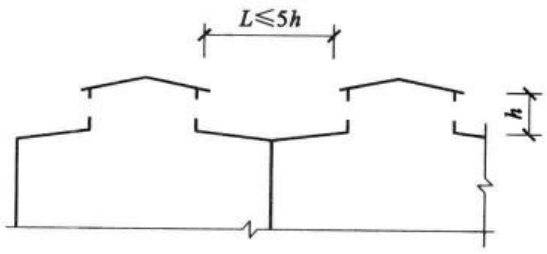


图 14.38　平行等高跨两天窗之间不设挡风板的条件

(2) 下沉式通风天窗

利用屋架上下弦的高差，将一部分屋面板铺在屋架上弦上，另一部分屋面板铺在屋架下弦上。屋架上弦与下弦之间的空间构成在任何风向下均处于负压区的排风口，这样的天窗称为下沉式通风天窗。

下沉式通风天窗有三种形式：

① 井式通风天窗

每隔一个或几个柱距将部分屋面板搁置在屋架下弦上，形成一个个的井式天窗(图 14.39)，处于屋顶中部的称为中井式天窗，设在屋顶边部的称为边井式天窗。它具有可按热源灵活布置、排风路径短捷、排风效率高、避风性能好等特点。

② 纵向下沉式通风天窗

将部分屋面板沿厂房纵向搁置在屋架下弦上形成的天窗称为纵向下沉式通风天窗(图 14.40)。根据下沉的部位不同，又分为两侧下沉、凹形下沉(中间下沉)、双凹形下沉三种形式，其中以两侧下沉式的通风性能较好，排水也较简单，使用比其他两种普遍。

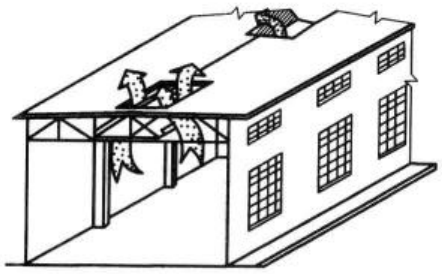


图 14.39　井式通风天窗

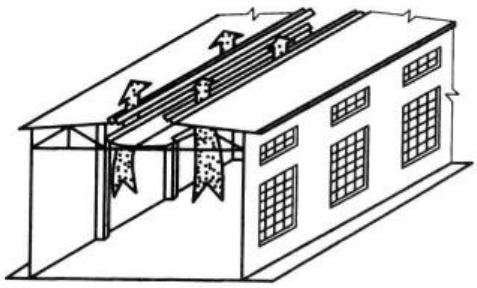


图 14.40　纵向下沉式通风天窗

③ 横向下沉式通风天窗

沿厂房横向将一个柱距内的屋面板全部搁置在屋架下弦上所形成的天窗称为横向下沉式通风天窗。这种天窗采光均匀，排气路线短，适用于对采光、通风都有要求的热车间。在东西朝向的车间中，采用横向下沉式天窗可减少直射阳光对厂房的影响。

14.3.3.5　开敞式厂房

开敞式厂房是不设外墙或设少量外墙不设窗，用挡雨板代替窗来采光和通风的厂房，如图 14.41 所示。

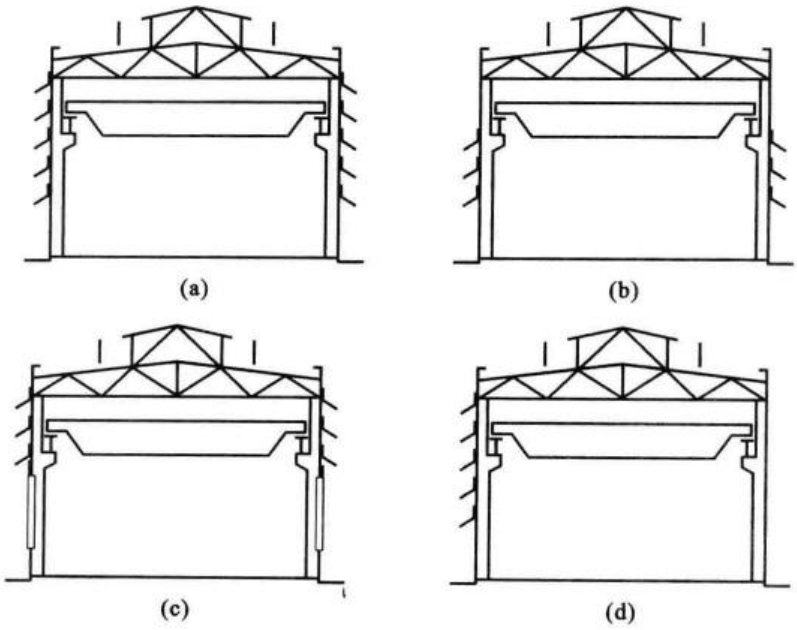


图 14.41　开敞式厂房剖面图

(a) 全开敞；(b) 下开敞；(c) 上开敞；(d) 部分开敞

开敞式厂房具有进、排气口的气流阻力系数小，通风量大；室内外空气交换迅速，散热快，通风降温显著；构造简单，造价比较低等特点，故在我国南方炎热地区的某些高温车间（如炼钢、轧钢、锻工等车间）及加工精度要求不很高的某些冷加工车间（如铆焊车间），有不少应用实例。开敞式厂房的自然通风效果虽好，但也有它的缺点，如防寒、防雨、防风沙能力差；风速很大时，室内烟尘弥漫，通风不稳定等。按照开敞式厂房的开敞部位，可分为下面四种形式：

① 全开敞式厂房，开敞面积大，通风、排热、排烟快。

② 下开敞式厂房，排风量大，排烟稳定，可避免风倒灌，但冬季冷空气直接吹至人身。

③ 上开敞式厂房，冬季冷风不会直接吹至人体，但风大时，会出现倒灌现象。

④ 部分开敞式厂房，有一定的通风和排烟效果。

在设计开敞式厂房时，应根据厂房的生产特点、设备布置、当地风速、夏季主导风向、设计挡雨角等因素来确定采用哪种形式。挡雨板的出挑长度和垂直间距，应根据设计挡雨角度值来确定。挡雨板的尺寸根据所采用的建筑材料及构造方案来确定。图 14.42 中设计挡雨角 β 是根据生产要求、雨滴大小及风速来确定的。防溅板高度一般为 200 mm。

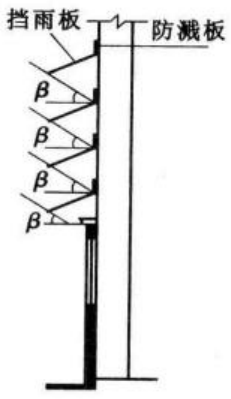


图 14.42　挡雨板间距与设计挡雨角 β 的关系

14.4 单层厂房的定位轴线标志

单层工业厂房定位轴线是确定工业建筑主要承重构件的平面位置及其标志尺寸的基准线，同时也是工业建筑施工放线和设备安装定位的依据。确定工业建筑定位轴线必须执行《厂房建筑模数协调标准》(GBJ 6—86)有关规定。

厂房的定位轴线分为横向和纵向两种：与横向排架平面平行的称为横向定位轴线；与横向排架平面垂直的称为纵向定位轴线，如图 14.43 所示。

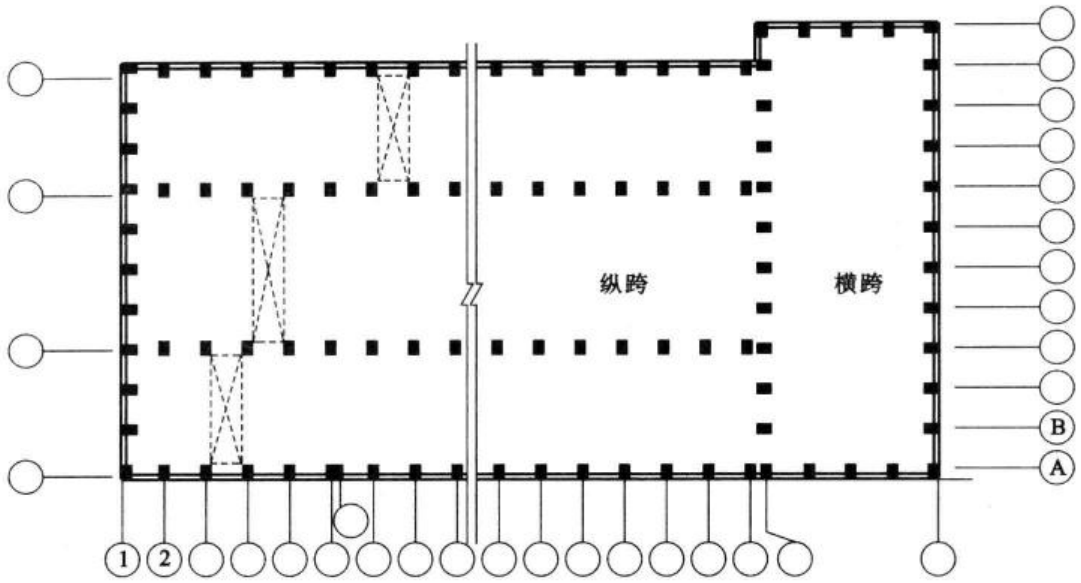


图 14.43 单层工业厂房定位轴线示意图

14.4.1 横向定位轴线

横向定位轴线标定了纵向构件的标志端部，如吊车梁、连系梁、基础梁、屋面板、墙板、纵向支撑等。确定横向定位轴线应主要考虑工艺的可行性、结构的合理性和构造的简单可行性。

14.4.1.1 柱与横向定位轴线的关系

除两顶端的边柱外，中间柱的截面中心线与横向定位轴线重合，而且屋架中心线也与横向定位轴线重合(图 14.44)。纵向的结构构件如屋面板、吊车梁、连系梁的标志长度皆以横向定位轴线为界。

14.4.1.2 山墙与横向定位轴线的关系

单层工业厂房的山墙按受力情况分为非承重山墙和承重山墙，两种情况的横向定位轴线是不同的。

(1) 非承重山墙

当山墙为非承重山墙时，山墙内缘与横向定位轴线重合，端部柱截面中心线应自横向定位轴线向内移 600 mm(图 14.45)。端柱之所以内移 600 mm，这是由于山墙内侧设有

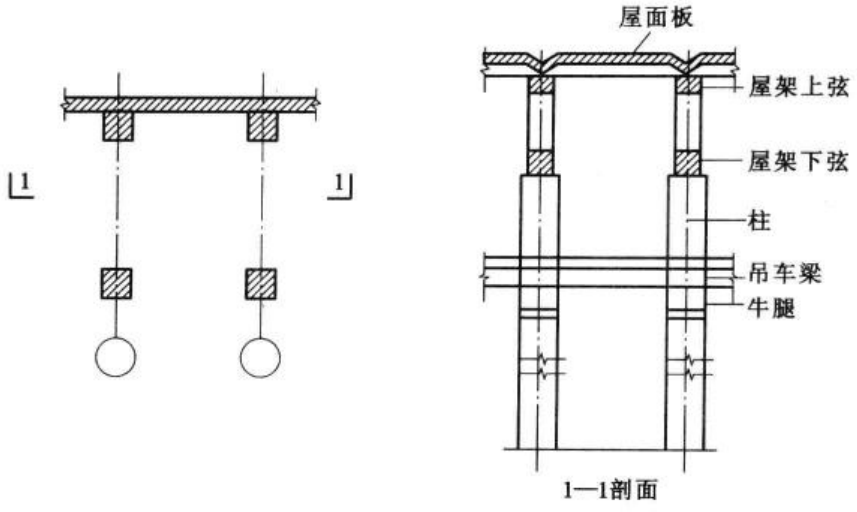


图 14.44　中柱与横向定位轴线的关系

抗风柱，抗风柱上柱需与屋架上弦连接以满足构造的需要。而且可以使其与横向变形缝处定位轴线划分相一致，有利于结构构件的协调统一。

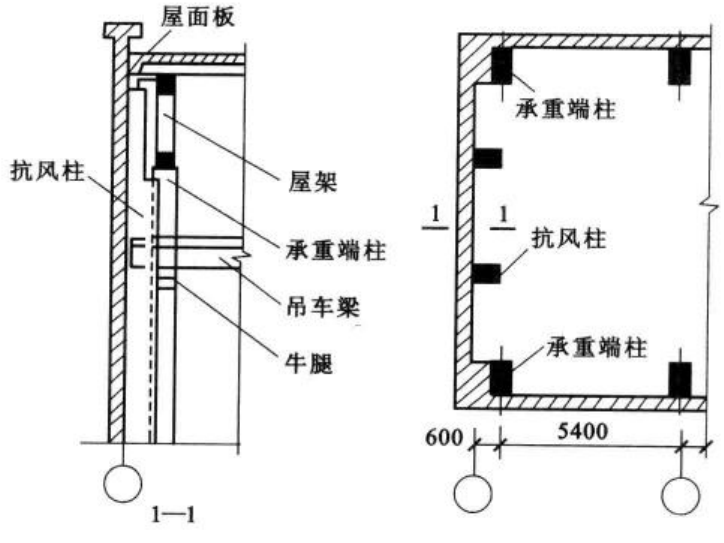


图 14.45　非承重山墙处柱子(端柱)与横向定位轴线的关系

(2) 承重山墙

当山墙为承重山墙时，承重山墙内缘与横向定位轴线的距离应按砌体块材的半块或半块的倍数、或者取墙体厚度的一半(如图 14.46 所示)，以保证构件在墙体上有足够的结构支承长度。

14.4.1.3　横向伸缩缝、防震缝部位柱与横向定位轴线的关系

横向伸缩缝处一般采用双柱处理，为保证缝宽的要求，此处应设两条定位轴线，缝两侧柱截面中心均应自定位轴线向两侧内移 600 mm，见图 14.47。两条定位轴线之间的距离称作插入距，用 a_i 来表示。在这里，插入距 a_i 等于变形缝宽 a_e。

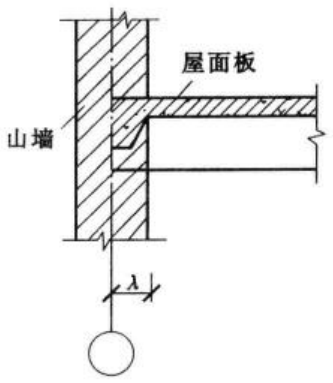


图 14.46　承重山墙与横向定位轴线

λ—墙厚的一半或墙材块体的半块长、半块长的倍数

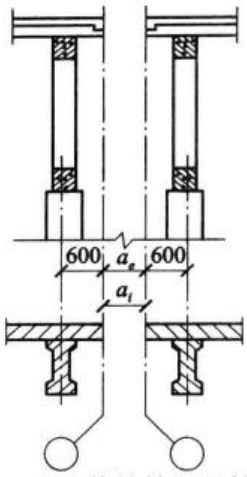


图 14.47　伸缩缝处双柱处理

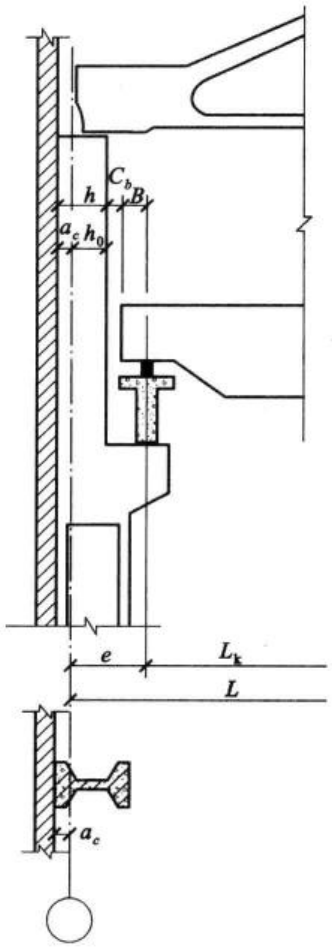


图 14.48　吊车与纵向边柱定位轴线的关系

h—上柱宽度，一般为 400、500 mm；

h_0—定位轴线至上柱内缘的距离；

C_b—上柱内缘至吊车桥架端部的缝隙宽度(安全间隙)；

B—桥架端头长度，其值随吊车起重量大小而异

14.4.2　纵向定位轴线

纵向定位轴线标定横向构件屋架或屋面大梁标志尺寸的端部位置，也是大型屋面板边缘的位置。

工业厂房纵向定位轴线的确定原则是结构合理、构件规格少、构造简单，在有吊车的情况下，还应保证吊车运行及检修的安全需要。

14.4.2.1　外墙、边柱与纵向定位轴线的关系

在有吊车的工业建筑中，《厂房建筑模数协调标准》(GBJ 6—86)对吊车规格与工业建筑跨度的关系为：

$$L_k = L - 2e$$

式中　L_k——吊车跨度，即吊车两轨道中心线之间的距离，m；

L——工业建筑跨度，m；

e——吊车轨道中心线至纵向定位轴线的距离(mm)，一般取 750 mm，当吊车起重量大于 50 t 或者为重级工作制需设安全走道板时，取1000 mm，见图14.48。

由图 14.48 可知：

$$e = h_0 + C_b + B$$

式中　h——上柱截面宽度(mm)，根据工业建筑高度、跨度、柱距及吊车起重量确定；

B——吊车桥架端部构造长度(mm),即吊车轨道中心线至吊车端部外缘的距离;

C_b——吊车端部外缘至上柱内缘的安全净空尺寸(mm),当吊车起重量 $Q\leqslant 50$ t 时,$C_b\geqslant 80$ mm;$Q\geqslant 75$ t 时,$C_b\geqslant 100$ mm。C_b 值主要考虑吊车和柱子的安装误差以及吊车运行中的安全间隙。

由于吊车起重量、工业厂房柱距、跨度不同,是否有安全走道板等条件,边柱外缘纵向定位轴线的关系有两种情况:

(1) 封闭式结合

在无吊车或只有悬挂式吊车,以及柱距为 6 m,桥式吊车起重量 $Q\leqslant 20$ t/5 t 条件下的工业厂房建筑中,一般采用封闭结合式定位轴线(图 14.49),即边柱外缘与纵向定位线相重合。

此时相应的参数为:$B\leqslant 260$ mm,$C_b\geqslant 80$ mm,$h\leqslant 400$ mm,$e=750$ mm,则 $e-(h+B)\geqslant 90$ mm,满足 $C_b\geqslant 80$ mm 的要求。

在封闭式结合中,屋面板全部采用标准板,不需设补充构件,具有构造简单、施工方便等优点。

(2) 非封闭式结合

在柱距为 6 m、吊车起重量 $Q\geqslant 30$ t/5 t 的工业厂房中,边柱外缘与纵向定位轴线之间有一定的距离,如图 14.50 所示。

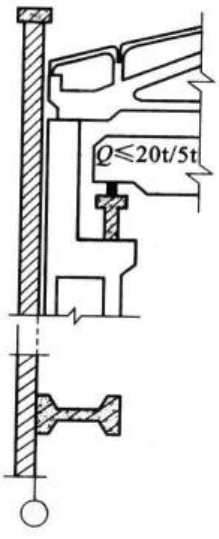


图 14.49 外墙、边柱与纵向定位轴线的关系(封闭式结合)

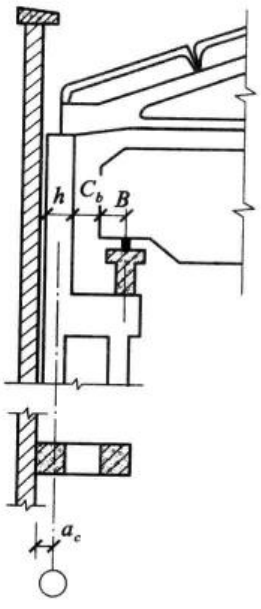


图 14.50 外墙、边柱与纵向定位轴线的关系(非封闭式结合)

当 $Q\geqslant 30$ t/5 t 时,$B=300$ mm,$C_b=80$ mm;吊车较重或柱距较大,故 $h=400$ mm;如不设安全走道板 $e=750$ mm。则 $C_b=e-(h+B)=50$ mm,不能满足上述 $C_b\geqslant 80$ mm 的要求。

由于 B 和 h 值均较 $Q\leqslant 20$ t/5 t 时大,如继续采用封闭式结合,已不能满足吊车运行所需安全间隙要求。解决问题的办法是将边柱外缘自定位轴线向外移动一定距离,这个距离称为连系尺寸,用 a_c 表示。为了减少构件类型,a_c 值需取 300 mm 或 300 mm 的倍

数。当外墙为砌体时，可为 50 mm 或 50 mm 的倍数。

在非封闭结合时，按常规布置屋面板只能铺至定位轴线处，与外墙内缘出现了非封闭的构造间隙，需要非标准的补充构件板。非封闭式结合构造复杂，施工较为麻烦。

14.4.2.2　中柱与纵向定位轴线的关系

在多跨工业厂房建筑中，中柱有等高跨和不等高跨（习惯称高低跨）两种情况。

（1）等高跨中柱与纵向定位轴线的关系

当工业厂房为等高跨时，中柱通常采用单柱，其柱截面中心与纵向定位轴线相重合，如不能重合时，应采用两条定位轴线，两定位轴线的几何中心线应与柱截面中心重合（图14.51），此时上柱截面一般取 600 mm，以满足屋架或屋面大梁的支承长度，且上柱不带牛腿，构造简单。

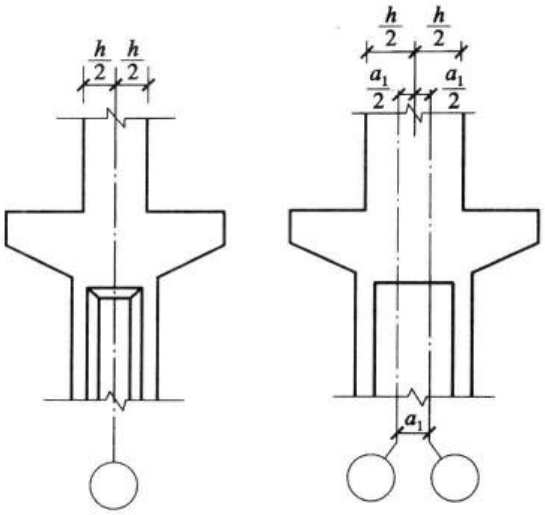


图 14.51　等高跨中柱与纵向定位轴线的关系

h—上柱截面宽度

（2）高低跨中柱与纵向定位轴线的关系

① 设一条定位轴线　当高低跨处采用单柱时，如果高跨吊车起重量为 $Q \leqslant 20$ t/5 t，则高跨上柱外缘和封墙内缘与纵向定位轴线相重合[图 14.52(a)]。

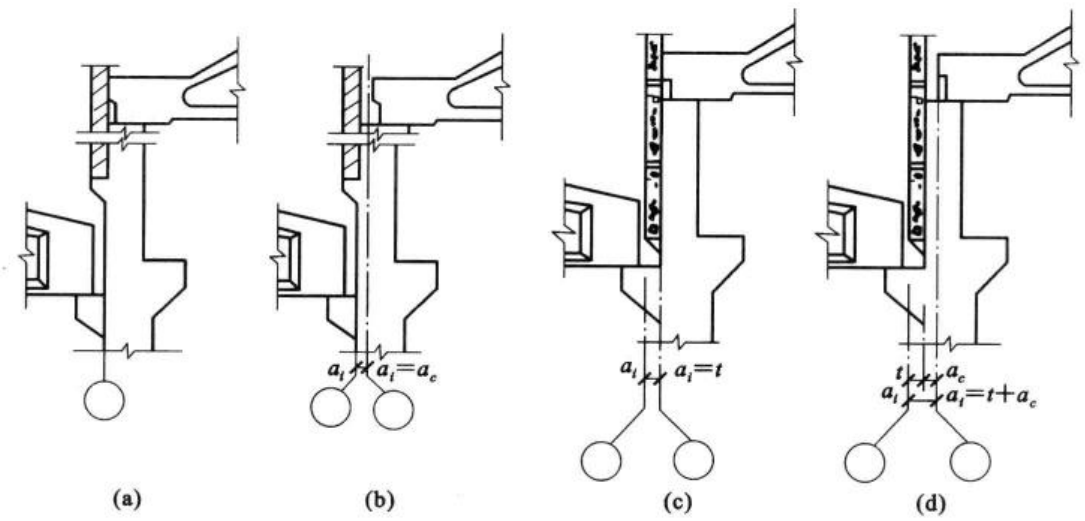


图 14.52　高低跨中柱与纵向定位轴线的关系

(a) 单轴线；(b) 双轴线；(c) 双轴线；(d) 双轴线

a_i—插入距；a_c—连系尺寸；t—封墙厚度

② 设两条定位轴线　当高跨吊车起重量较大，如 $Q \geqslant 30$ t/5 t，其上柱外缘与纵向定位轴线不能重合时，应采用两条定位轴线。高跨定位轴线与上柱外缘之间设连系尺寸 a_c，低跨定位轴线与高跨定位轴线之间的插入距离为插入距 a_i，为简化屋面构造，其定位轴线应自上柱外缘、封墙内缘通过，即插入距 a_i 等于连系尺寸 a_c[图 14.52(b)]。此时同一柱子的两条定位轴线分属高低跨。如封墙采用墙板结构时，可按图 14.52(c)、(d)处理。

(3) 纵向伸缩缝、防震缝处柱与纵向定位轴线的关系

当工业厂房宽度较大时，沿宽度方向须设置纵向伸缩缝，以解决横向变形的问题。等高工业厂房需设置纵向伸缩缝时，可采用单柱并设两条定位轴线。伸缩缝一侧的屋架或屋面梁搁置在活动支座上（图14.53）。此时，$a_i=a_e$。

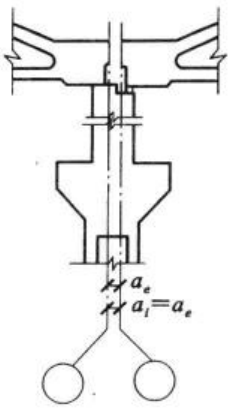


图 14.53 等高跨中柱单柱（有纵向伸缩缝）与纵向定位轴线的关系

不等高工业厂房设置纵向伸缩缝时，一般设置在高低跨处。当采用单柱处理时，低跨的屋架或屋面梁可搁置在设有活动支座的牛腿上，高低跨处应采用两条纵向定位轴线，其间设插入距 a_i。此时插入距 a_i 在数值上与伸缩缝宽度 a_e、连系尺寸 a_c、封墙厚度 t 的关系如图 14.54 所示。

高低跨采用单柱处理，结构简单，吊装工程量少，但柱外形较复杂，制作不便，尤其是当两侧高差悬殊或吊车起重量差异较大时不宜采用，此时可结合伸缩缝或防震缝采用双柱结构方案。

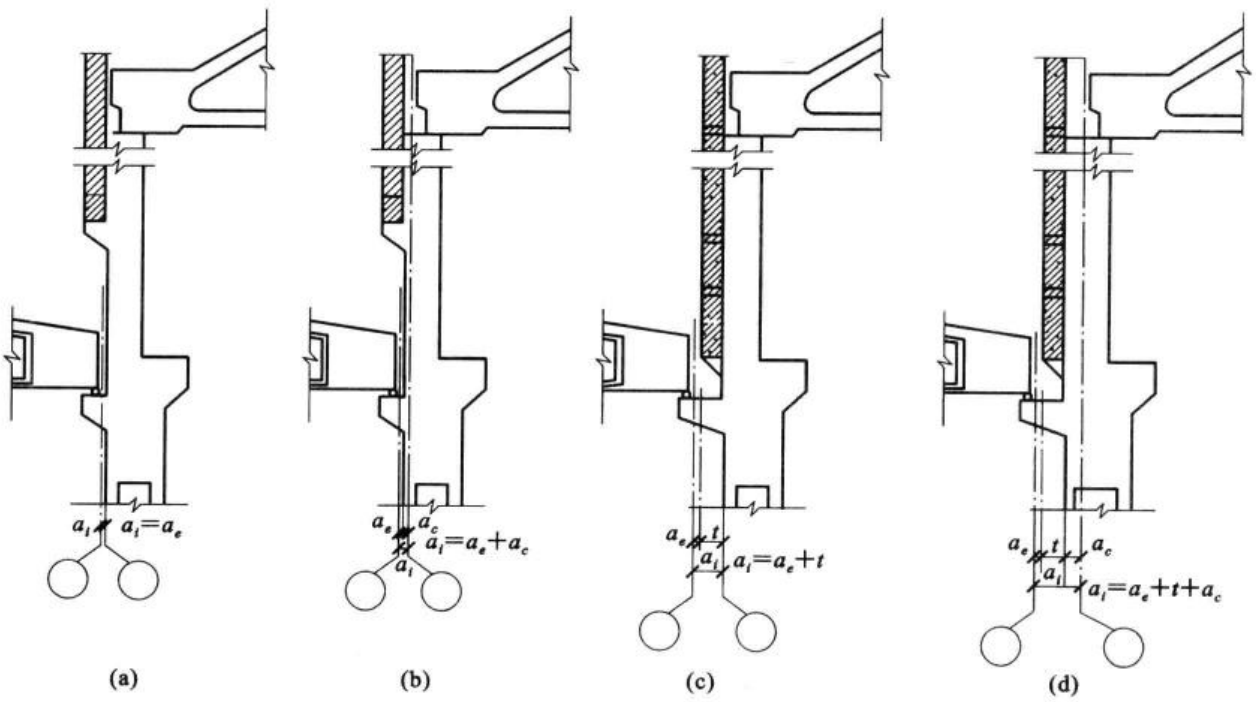


图 14.54 不等高跨单柱（有纵向伸缩缝）与纵向定位轴线的关系

(a) 未设连系尺寸；(b) 设连系尺寸；(c) (a)＋封墙厚度；(d) (b)＋封墙厚度

a_i—插入距；a_c—连系尺寸；t—封墙厚度；a_e—缝宽

当伸缩缝或防震缝处采用双柱时，应采用两条纵向定位轴线，并设插入距。柱与纵向定位轴线的关系可分别按各自的边柱处理（图14.55）。此时，高低跨两侧的结构实际是各自独立、自成系统，仅是互相靠拢，以便下部空间相通，有利于组织生产。

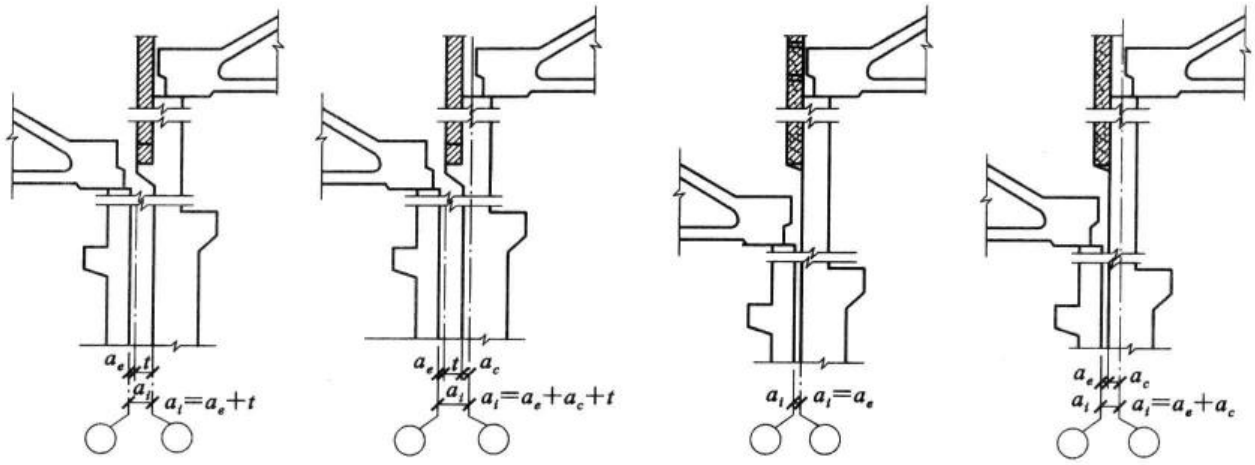


图 14.55　不等高工业厂房纵向伸缩缝处双柱与纵向定位轴线的关系

a_i—插入距；a_c—连系尺寸；t—封墙厚度；a_e—缝宽

14.4.3　纵横跨相交处的定位轴线

工业厂房纵横跨相交时，常在相交处设变形缝，使纵横跨各自独立。纵横跨应有各自的柱列和定位轴线，然后再将相交体都组合在一起。对于纵跨，相交处的处理相当于山墙处；对于横跨，相交处的处理相当于边柱和外墙处的处理。纵横跨相交处采用双柱单墙处理，相交处外墙不落地，成为悬墙，属于横跨。相交处两条定位轴线间插入距 $a_i=a_e+t$ 或 $a_i=a_e+t+a_c$（图 14.56）。当封墙为砌体时，a_e 值为变形缝的宽度；封墙为墙板时，a_e 值取变形缝的宽度和吊装墙板所需净空尺寸的较大者。有纵横相交跨的工业厂房建筑，其定位轴线编号常是以跨数较多部分为准进行统一编排。

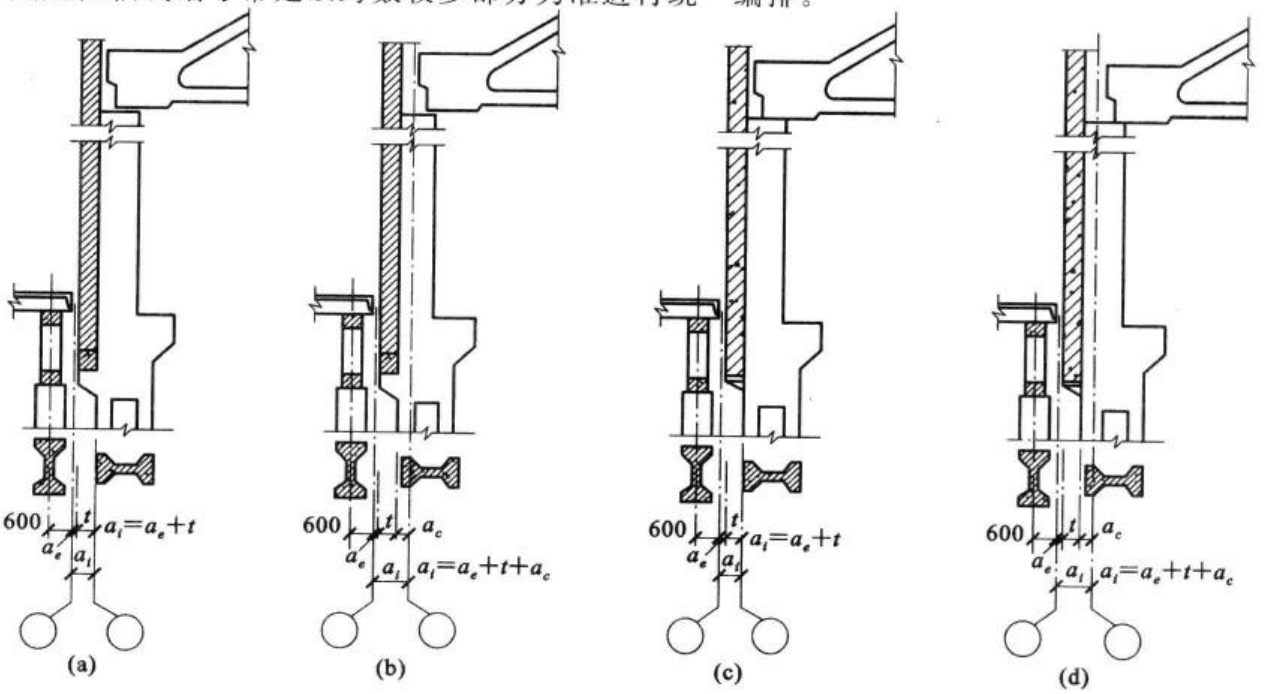


图 14.56　纵横跨相交处柱与定位轴线的关系

(a) 未加连系尺寸；(b) 加连系尺寸；(c) 封墙为墙板；(d) 封墙为墙板

a_i—插入距；a_c—连系尺寸；t—封墙厚度；a_e—缝宽

以上所述定位轴线的标定，主要适用于装配式钢筋混凝土结构或混合结构的单层工业厂房建筑，对于钢结构工业建筑，可参照《厂房建筑模数协调标准》(GBJ 6—86)执行。

复习思考题

1. 单层工业厂房的钢筋混凝土排架结构的组成是怎样的？
2. 厂房的平面设计与什么因素有关？
3. 在剖面设计中应考虑哪些问题？
4. 如何进行厂房的天然采光和自然通风设计？
5. 钢筋混凝土单层厂房的定位轴线是如何标定的？

15

单层工业厂房构造

本章提要

主要讲述了单层工业建筑外墙及厂房大门、地面构造；单层工业建筑天窗构造；单层厂房屋面构造。应重点掌握单层厂房的外围护构件的构造，即外墙、门窗、屋面、天窗构造。

15.1 外墙构造

单层厂房的外墙按其材料类别可分为砖墙、砌块墙、板材墙等；按其承重形式则可分为承重墙、自承重墙和框架墙等。当单层工业建筑跨度及高度不大，没有或只有较小的起重运输设备时，可采用承重砌体墙直接承担屋盖与起重运输设备等荷载（图 15.1）。当单层工业建筑跨度及高度较大、起重运输设备较重时，通常由钢筋混凝土（或钢）排架柱来承担屋盖与起重运输设备等荷载，而外墙仅起围护作用。这种围护墙又分为自承重的砌体墙、大型板材墙以及挂板墙（图 15.2）。

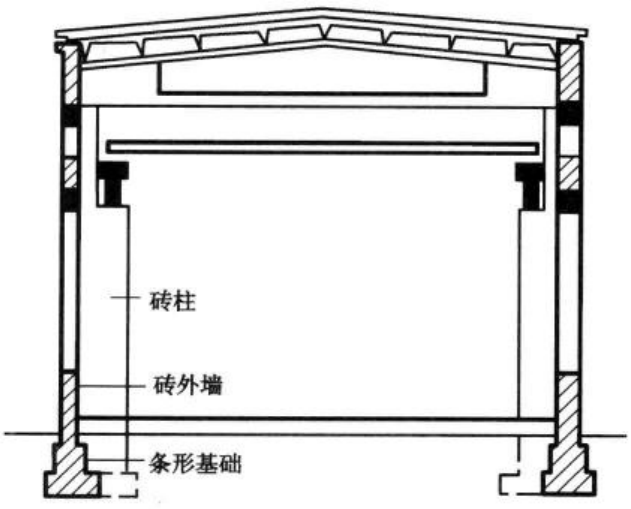


图 15.1 承重砖墙单层厂房

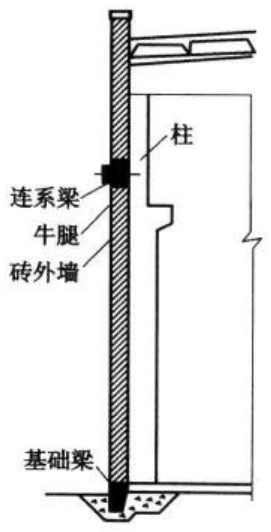


图 15.2 自承重砖墙单层厂房

15.1.1 承重砌体墙

承重砌体墙的高度一般不宜超过 11 m。为了增加其刚度、稳定性和承载能力，通常每隔 4～6 m 间距应设置壁柱。

承重的砌体墙经济实用，但整体性差，抗震能力弱，这使它的使用范围受到很大的限制。根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的规定，它只适用于以下范围：

① 单跨和等高多跨且无桥式吊车的车间、仓库等。

② 6～8 度设防时，跨度不大于 15 m 且柱顶标高不大于 6.6 m。

③ 9 度设防时，跨度不大于 12 m 且柱顶标高不大于 4.5 m。

15.1.2 自承重的砌体墙

自承重砌体墙是单层厂房常用的外墙形式之一，适用于跨度、高度、风荷载和振动荷载较大的大中型厂房，可以由砖或其他砌块砌筑。

(1) 自承重墙的下部构造

厂房基础一般较深，自承重砌体墙采用带形基础不够经济，并会由于和排架柱基础沉降不一致而导致墙面开裂。所以自承重砌体墙通常直接支承在基础梁上，基础梁支承在杯形基础的杯口上，这样可以避免墙、柱、基础交接的复杂构造，同时能加快施工进度，方便构件的定型化和统一化。

根据基础埋深不同，基础梁有不同的搁置方式(图 15.3)。不论哪种形式，基础梁顶面的标高通常低于室内地面 50 mm，并高于室外地面 100 mm，车间室内外高差为 150 mm，可以防止雨水倒流，也便于设置坡道，并保护基础梁。

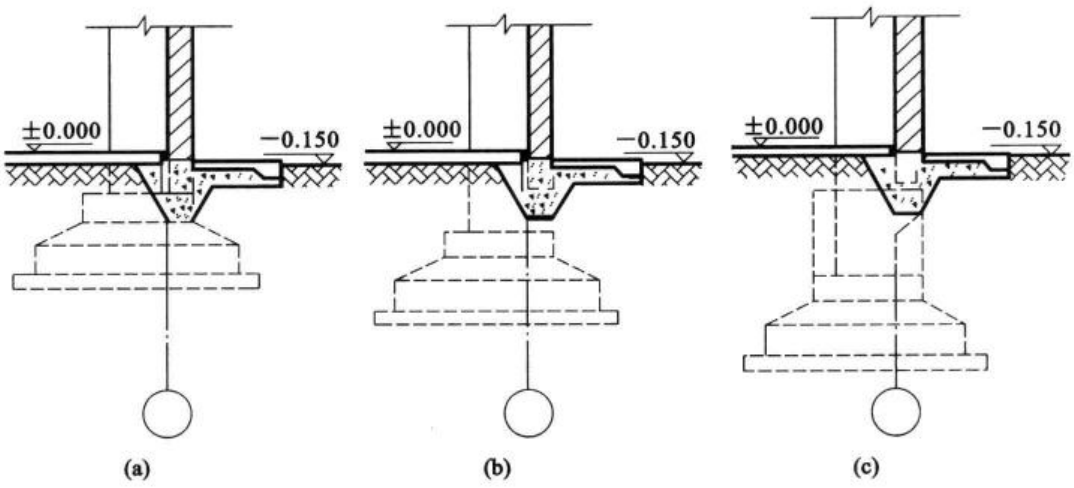


图 15.3 自承重砌体墙下部构造

(a) 基础梁设置在杯口上；(b) 基础梁设置在垫块上；(c) 基础梁设置在小牛腿(或高杯基础的杯口)上

(2) 墙和柱的相对位置

排架柱和外墙的相对位置通常有四种构造方案，如图 15.4(a)、(b)、(c)、(d)所示，其中图 15.4(a)所示的方案构造简单、施工方便、热工性能好，便于厂房构配件的定型化和统一化，采用最多；图 15.4(b)所示的方案把排架柱局部嵌入墙内，比前者略节约土地，可

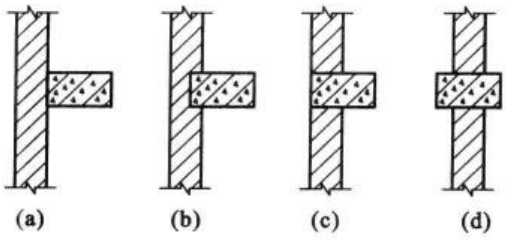


图 15.4　厂房外墙与柱的相对位置

在一定程度上加强柱列的刚度，但基础梁等构配件复杂，施工麻烦；图 15.4(c)所示方案和图 15.4(d)所示的方案基本相同，虽可加强排架柱的刚度，但结构外露易受气温变化的影响，基础梁等构配件复杂，施工不便。

(3) 墙和柱的连接构造

为使自承重墙与排架柱保持一定的整体性与稳定性，必须加强墙与柱的连接，其中最常见的做法是采用钢筋拉结(图 15.5)。这种连接方式属于柔性连接，它既保证了墙体不离开柱子，同时又使自承重墙的重量不传给柱子，从而维持墙与柱子的相对整体关系。

(4) 女儿墙的连接构造

女儿墙是墙体上部的外伸段，其厚度一般不小于 240 mm，其高度应满足安全和抗震的要求。

在非地震区，宜设置高度 1 m 左右的女儿墙或护栏。在地震区或受振动影响较大的厂房，女儿墙高度不应超过 500 mm，并设钢筋混凝土压顶。女儿墙连接构造见图 15.6。

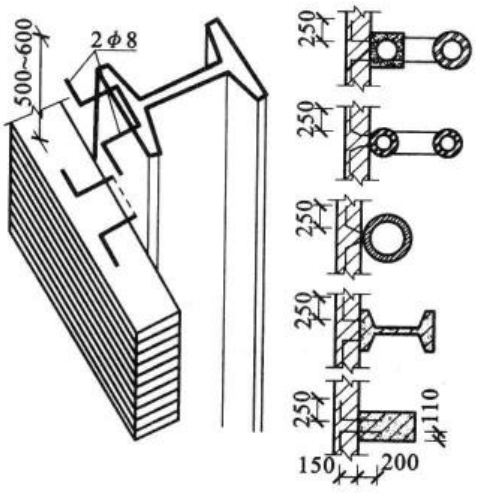


图 15.5　墙与柱的连接

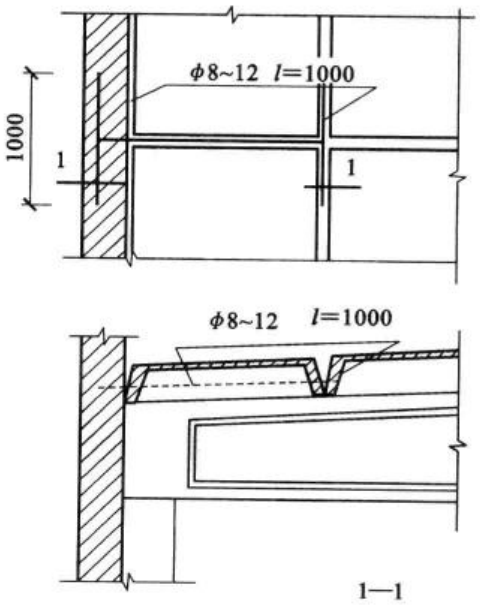


图 15.6　女儿墙与屋面的连接

(5) 抗风柱的连接构造

厂房山墙比纵墙高，且墙面长度随跨度的增加而增加，故山墙承受的水平风荷载也较纵墙大。一般应设置钢筋混凝土抗风柱来保证自承重山墙的刚度和稳定性。抗风柱的间距以 6 m 为宜，个别可采用 4.5 m 和 7.5 m 柱距。抗风柱的下端插入基础杯口，其上端通过一个特制的弹簧钢板与屋架相连接，使二者之间只传递水平力而不传递垂直力，如图15.7所示。

(6) 连系梁构造

单层厂房在高度范围内，没有楼板层相连，一般靠设置连系梁与厂房的排架柱子连系，以增强厂房的纵向刚度，此外，还通过它向柱列传递水平风荷载，并承担上部墙体的荷载。连系梁多采用预制装配式和装配整体式的构造方式，跨度一般为 4～6 m，支承在排

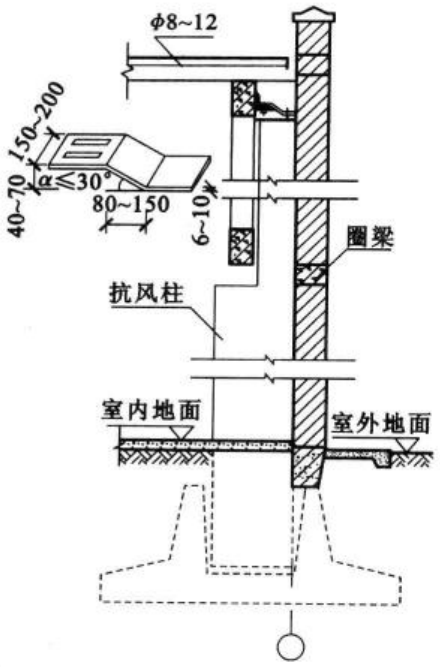


图 15.7　山墙与抗风柱的连接

架柱外伸的牛腿上，并通过螺栓或焊接与柱子连接，如图 15.8 所示。若梁的位置与门窗过梁一致，并在同一水平面上能交圈封闭时，可兼做过梁和圈梁。

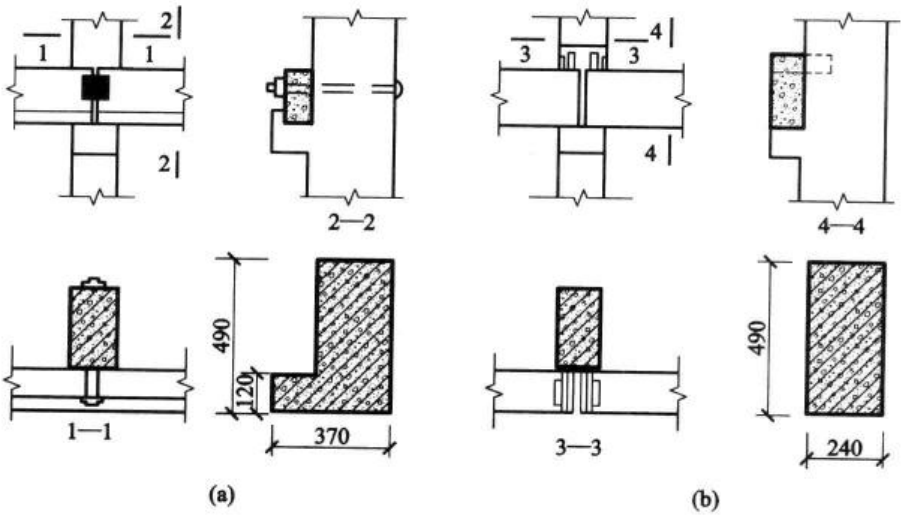


图 15.8　连系梁的构造

(a) 螺栓连接；(b) 焊接连接

15.1.3　大型板材墙

采用大型板材墙可成倍地提高工程效率，加快建设速度，同时它还具有良好的抗震性能。因此大型板材墙是我国工业建筑应优先采用的外墙类型之一。

15.1.3.1　墙板的类型

墙板的类型很多，按其受力状况分有承重墙板和非承重墙板；按其保温性能分有保温墙板和非保温墙板；按所用材料分有单一材料墙板和复合材料墙板；按其规格分有基本板、异形板和各种辅助构件；按其在墙面的位置分有一般板、檐下板和山尖板等。

15.1.3.2　墙板的布置

大型板材墙板布置有横向布置、竖向布置和混合布置三种方案。在实际工程中，横向布置应用较多，混合布置次之，竖向布置用得较少。排列板材时要尽量减少板材的类型(图 15.9)。

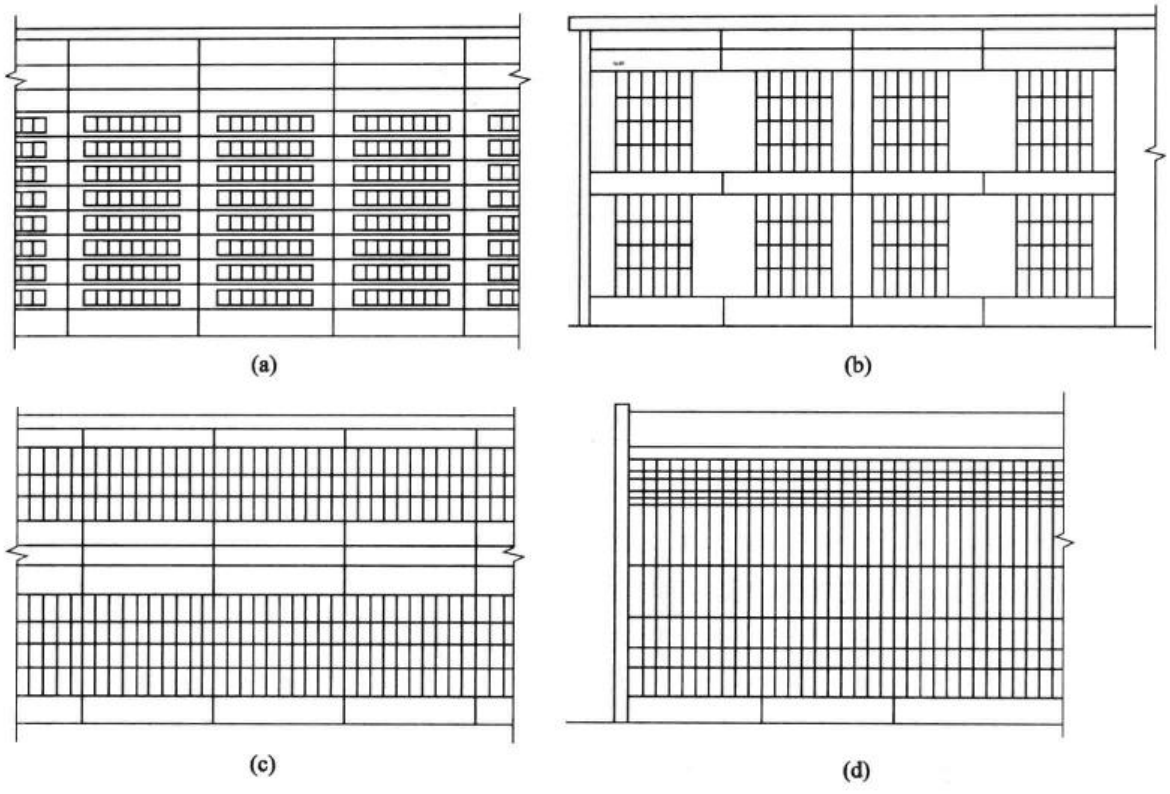


图 15.9　墙板布置示例

(a) 横向布置(有带窗板)；(b) 横向布置(通长带形窗)；(c) 混合布置；(d) 竖向布置

横向布置时板型少，以柱距为板长，板柱相连，板缝处理较方便。山墙墙板布置与侧墙同，山尖部位可布置成台阶形、人字形、折线形(图 15.10)等。台阶形用墙板少，但连接用钢较多，人字形则相反，折线形介于两者之间。

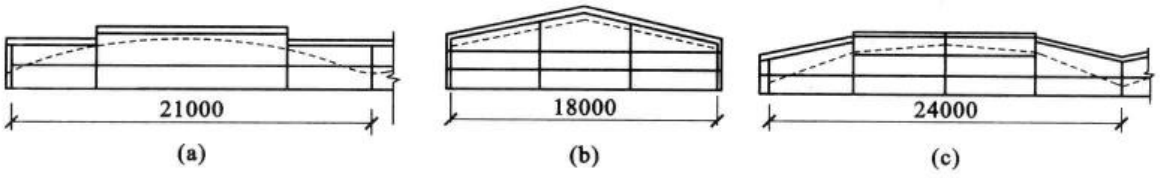


图 15.10　山墙山尖处的墙板布置

(a) 台阶形；(b) 人字形；(c) 折线形

15.1.3.3　墙板的规格

单层厂房基本板的长度应符合我国《厂房建筑模数协调标准》的规定，并考虑山墙抗风柱柱距，一般墙板的长和高采用 300 mm 为扩大模数，有 4500 mm、6000 mm、7500 mm、12000 mm 等规格。根据生产工艺的需要，也可采用 9000 mm 的规格。如 6 m 柱距一般选用 1200 mm 或 900 mm 高，12 m 柱距选用 1800 mm 或 1500 mm 高。基本板高度应符合 3M 倍数，规定为 800 mm、1500 mm、1200 mm 和 900 mm 四种。基本板厚度应符合 1/5 M 倍数，并按结构计算确定。

15.1.3.4　墙板连接

(1) 板柱连接

板柱连接应安全可靠，便于制作、安装和检修。一般分柔性连接和刚性连接两类。

柔性连接的特点是：墙板在垂直方向一般由钢支托支承，钢支托每 3～4 块板一个，水平方向由挂钩等拉连。因此，墙板与厂房骨架以及板与板之间在一定范围内可相对独立位移，能较好地适应振动引起的变形。设计烈度高于 7 度的地震区宜用此法连接墙板。图 15.11(a)所示为螺栓挂钩柔性连接，其优点是安装时一般无焊接作业，维修换件也较容易，但用钢量较多，暴露的零件较多，在腐蚀性环境中必须严加防护。图 15.11(b)所示为角钢挂钩柔性连接，其优点是用钢量较少，暴露的金属面较少，安装时上下板间有少许焊接作业，但对土建施工的精度要求较高。角钢挂钩连接施工方便快捷，但相对独立位移较差。

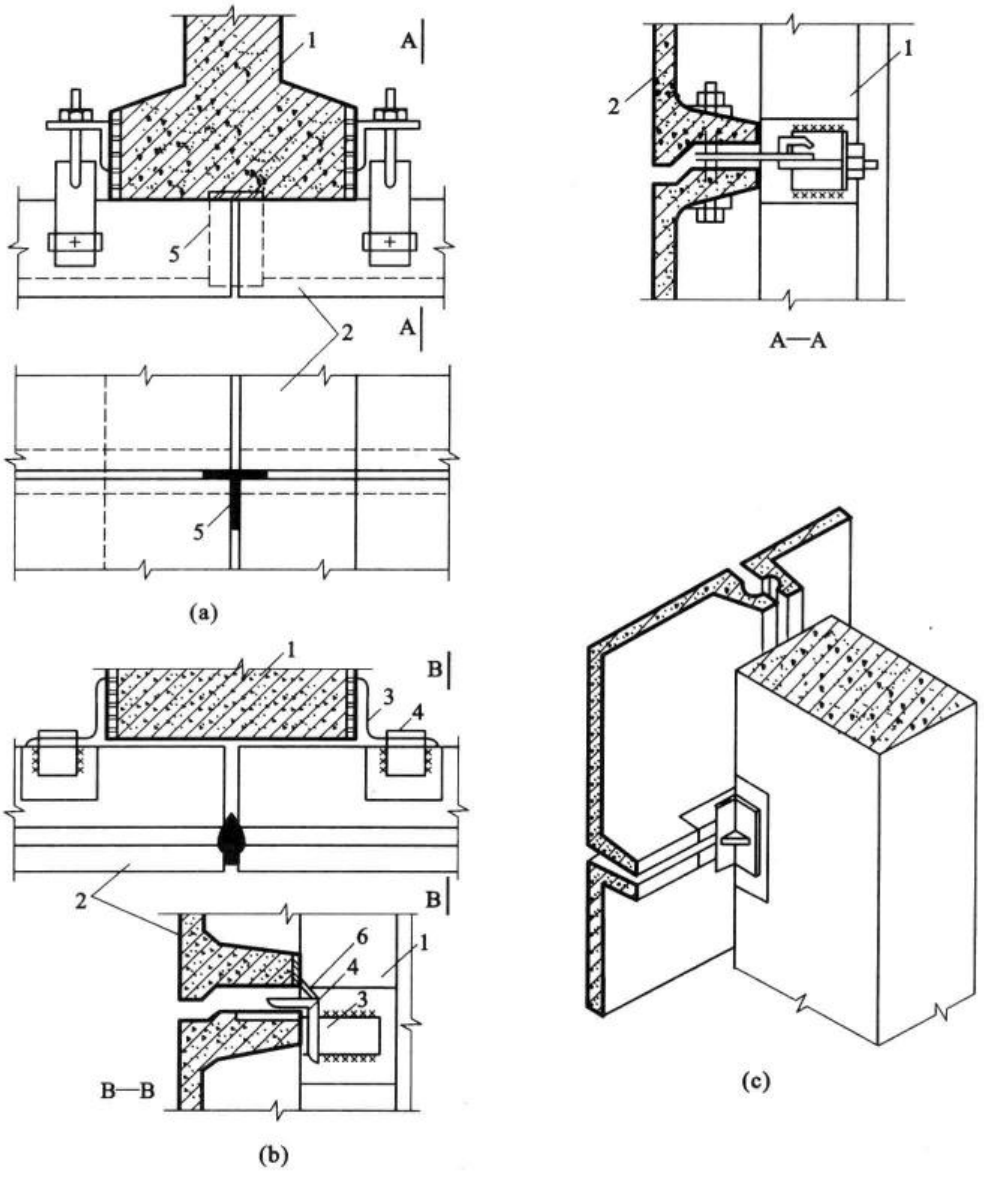


图 15.11　墙板与柱连接

(a) 螺栓挂钩柔性连接和钢支托；(b) 角钢挂钩柔性连接；(c) 刚性连接

1—柱；2—墙板；3—柱侧预焊角钢；4—墙板上预焊角钢；5—钢支托；6—上下板连接筋(焊接)

刚性连接是将每块板材与柱子用型钢焊接在一起，无需另设钢支托。其突出的优点是连接件钢材少，构造简单，厂房纵向刚度大，施工迅速，如图 15.11(c)所示。但由于失去了能相对位移的条件，对不均匀沉降和振动较敏感，主要用在地基条件较好、振动影响小和地震烈度小于 7 度的地区。

(2) 板缝处理

为了使墙板能起到防风雨、保温、隔热的作用，除了板材本身要满足这些要求外，还必须做好板缝的处理。对板缝的处理首先要求是防水，并应考虑制作及安装方便，对保温墙板尚应注意满足保温要求。板缝防水构造(图 15.12)与民用建筑类似，有材料防水和构造防水两种方式。

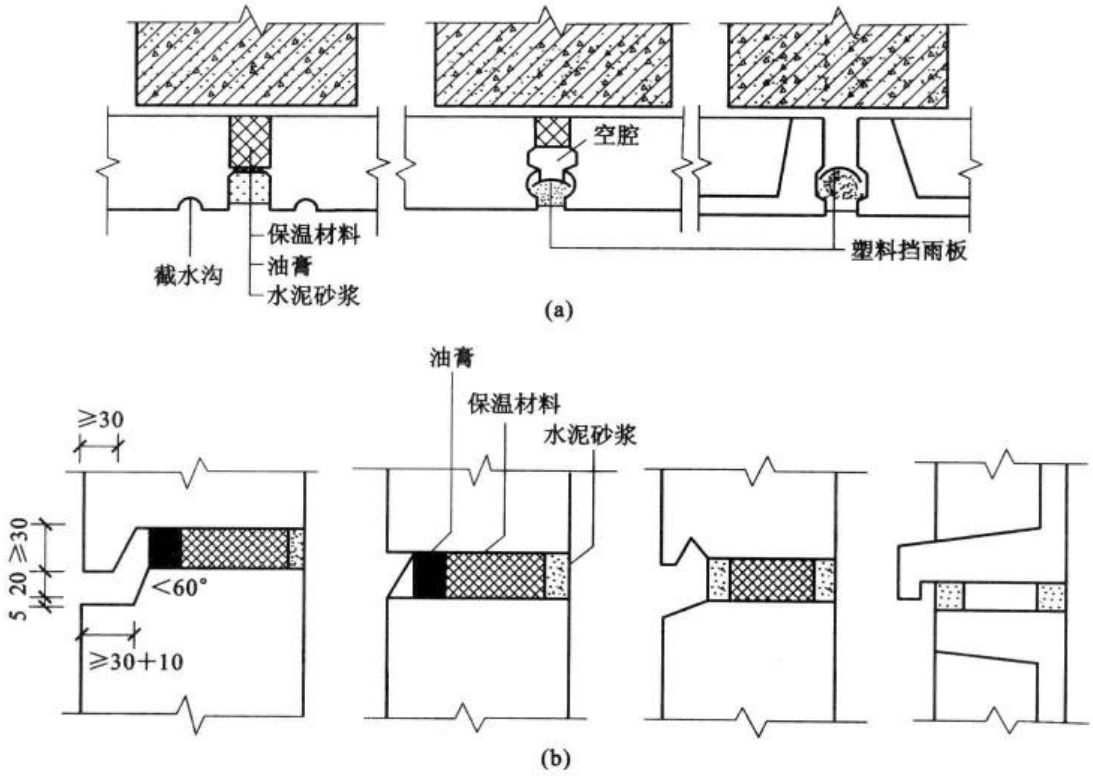


图 15.12　墙板缝隙防水构造示意图

(a) 垂直缝；(b) 水平缝

15.1.4　轻质板材墙

轻质板材墙是指用轻质的石棉水泥波瓦、镀锌铁皮波形瓦、塑料或玻璃钢瓦、压型钢(铝)板等轻质材料做成的墙。这种墙一般起围护作用，墙板除传递水平风荷载外，不承受其他荷载，墙身自重也由厂房骨架来承担。目前常用的这些轻质板材墙，它们的连接构造基本相同，现以石棉水泥波瓦墙为例简要叙述如下。

石棉水泥波瓦墙具有自重轻、造价低、施工简便的优点，但属于脆性材料，容易受到破坏。多用于南方中小型热加工车间、防爆车间和仓库，对于高温高湿和有强烈振动的车间不宜采用。

石棉水泥波瓦通常是通过连接件悬挂在厂房骨架水平连系梁上(图 15.13)，连系梁采用钢筋混凝土和钢材制作。其垂直距离应与瓦长相适应，瓦缝上下搭接不小于

100 mm，左右搭接为一个瓦垅，搭缝应与主导风向相顺。为避免碰撞损坏，墙角、门洞和勒脚等部位可采用砌筑墙或钢筋混凝土墙板。

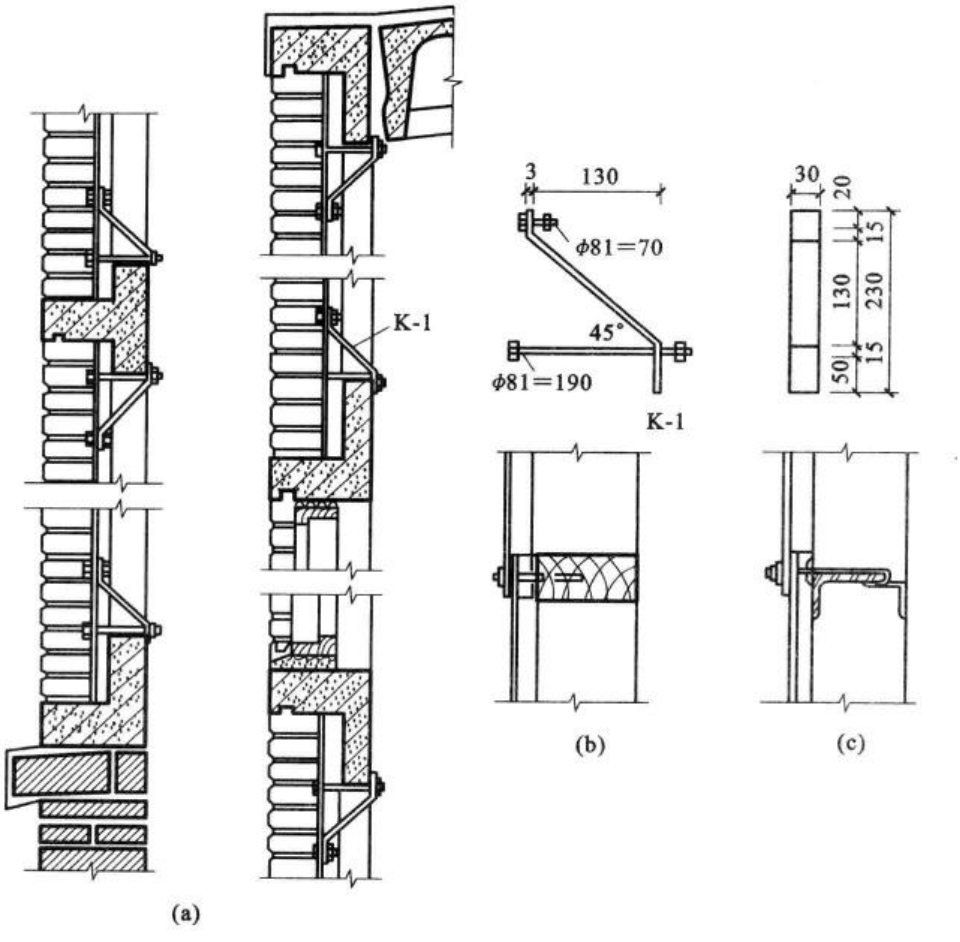


图 15.13　石棉水泥波瓦墙板连接构造

(a) 连系梁上的连接件；(b) 混凝土连系梁上的连接件；(c) 钢结构连系梁上的连接件

15.1.5　开敞式外墙

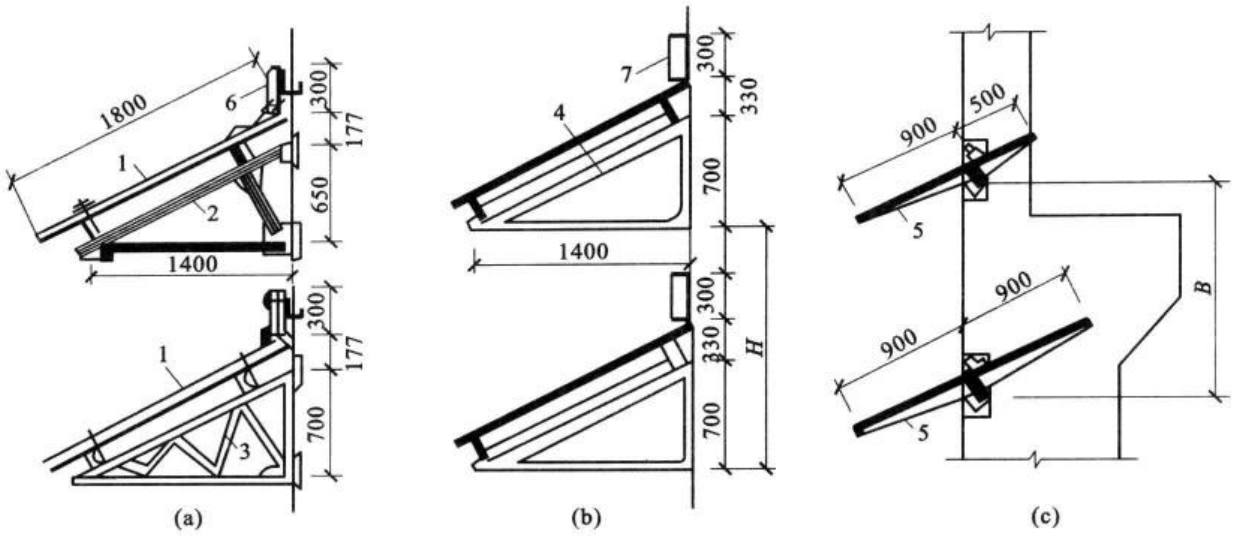
开敞式外墙是在厂房柱子上安装一系列挡雨板形成的围护结构，这种结构能迅速排出烟尘和热量，有利于通风、换气、避雨等。开敞式外墙适用于炎热地区的热工车间及某些化工车间。该外墙的主要特点是既能通风又能防雨，故其外墙构造主要就是挡雨板的构造，常用的有：

(1) 石棉水泥波瓦挡雨板

其特点是轻，图 15.14(a)即为其构造示例。该例中基本构件有：型钢支架(或钢筋支架)、型钢檩条、中波石棉水泥波瓦挡雨板及防溅板。挡雨板垂直间距视车间挡雨要求与飘雨角而定。

(2) 钢筋混凝土挡雨板图[15.14(b)、(c)]

图 15.14(b)所示的挡雨板基本构件有三种，即支架、挡雨板、防溅板。图 15.14(c)所示的挡雨板构件最少，但风大雨多时飘雨多。室外气温高、风沙大的干热带地区不应采用开敞式外墙。



(a) (b) (c)

图 15.14　挡雨板构造示例

1—石棉水泥波瓦；2—型钢支架；3—圆钢筋轻型支架；4—轻型混凝土挡雨板及支架；5—无支架钢筋混凝土挡雨板；6—石棉水泥波瓦防溅板；7—钢筋混凝土防溅板

15.2　大门、侧窗和地面构造

15.2.1　大门构造

15.2.1.1　厂房大门的尺寸与类型

工业厂房大门主要是供人、货流通行之用。因此门的尺寸应根据所需运输工具类型、规格、运输货物的外形并考虑通行方便等因素来确定。一般门的宽度应比满装货物时的车辆宽 600～1000 mm，高度应高出 400～600 mm。常用厂房大门的规格尺寸见表 15.1。

表 15.1　常用厂房大门规格尺寸

洞口宽(mm) / 运输工具	2100	2100	3000	3300	3600	3900	4200 4500	洞口高(mm)
3 t 矿车								2100
电瓶车								2400
轻质卡车								2700
中型卡车								3000
重型卡车								3900
汽车起重机								4200
火车								5100 5400

一般大门的材料有木、钢木、普通型钢和空腹薄壁钢等几种。门宽 1.8 m 以内时可采用木制大门。当门洞尺寸较大时，为了防止门扇变形常采用钢木大门或钢板门。高大的门洞需采用各种钢门或空腹薄壁钢门。大门的开启方式有平开、推拉、折叠、升降、上翻、卷帘等(图 15.15)。厂房大门可用人力、机械和电力方式开关。

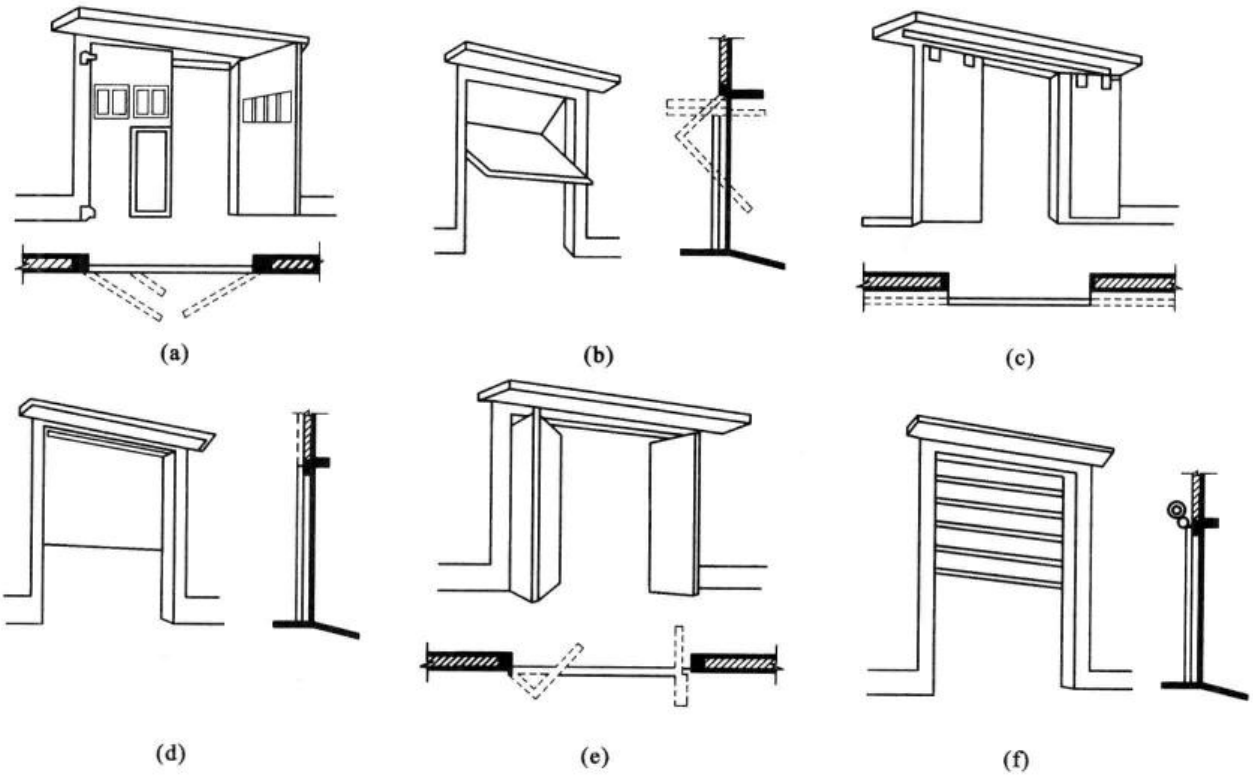


图 15.15　大门开启方式

(a) 平开门；(b) 上翻门；(c) 推拉门；(d) 升降门；(e) 折叠门；(f) 卷帘门

平开门构造简单，开启灵活，当门扇尺寸较大时，容易下垂变形。

上翻门门扇边侧装有滑轮，开启时门扇滑轮沿门框导轨向上翻起到门顶过梁下边。这种门开启时不占空间，常用于机动车的车库大门。

推拉门门扇的上边或下边装有滑轮，门扇通过滑轮沿导轨左右推拉开启。门扇受力合理、不易变形，一般设在墙体外侧。推拉门的封闭性较差，不宜用于密封要求高的车间。

升降门开启时整个门扇沿边侧导轨向上平移升起，不占使用空间。门洞上部须给门扇留出足够的空间。升降门有手动开启方式和电动开启方式两种。

折叠门由几个窄门扇通过门扇边侧的铰链组合而成，开启时利用门扇上下滑轮沿导轨左右移动并使门扇折叠。这种门占用空间少、开启方便，适用于较大的门洞。

卷帘门的门扇由多片冲压成型的金属页片连接而成，安装在门洞上部，转轴转动，将门扇卷起开启门扇。这种门有手动开启方式和电动开启方式两种，有较好的防火、防盗性能。卷帘门适用于门洞宽不超过 7000 mm 的门，门洞高度不受限制。

15.2.1.2　门的构造形式

(1) 平开门构造

平开门是由门扇、铰链及门框组成。门洞尺寸一般不宜大于 3.6 m×3.6 m，门扇可

由木、钢或钢木组合而成。门框有钢筋混凝土和砌体两种(图 15.16)。当门洞宽度大于 3 m时,设钢筋混凝土门框。洞口较小时可采用砌体砌筑门框,墙内砌入有预埋铁件的混凝土块。一般每个门扇设两个铰链。图 15.17 所示为常用钢木平开大门构造示例。

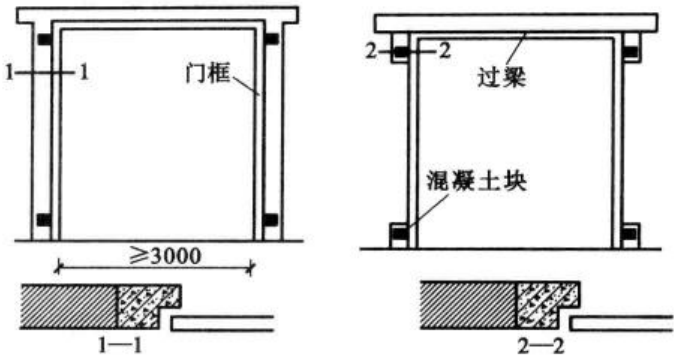


图 15.16　厂房大门门框

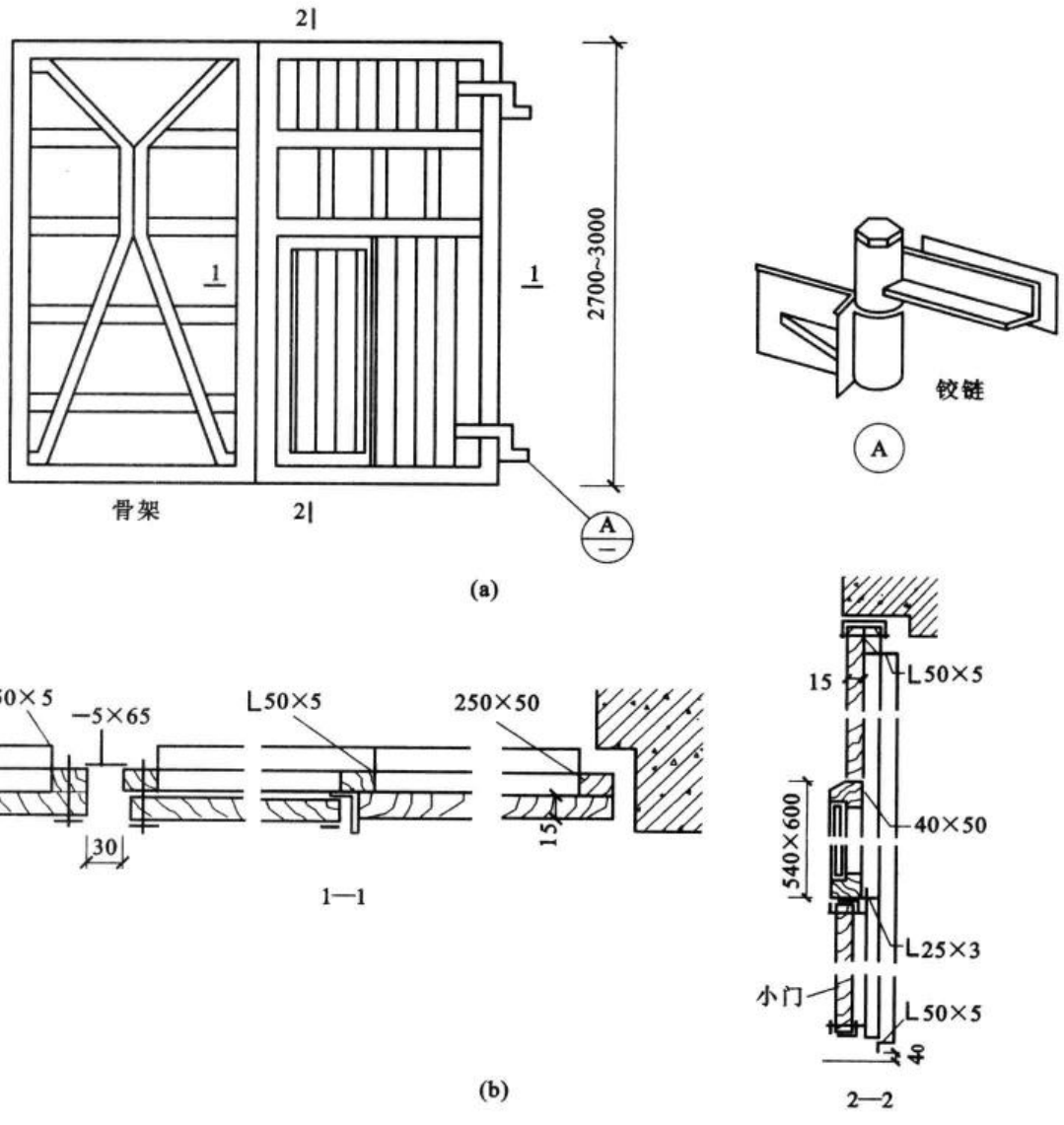


图 15.17　钢木平开门构造示例

(2) 推拉门

推拉门由门扇、门轨、地槽、滑轮及门框组成。门扇可采用钢木门、钢板、门、空腹薄壁钢门等。推拉门的支承方式分为上挂式和下滑式两种。当门扇高度小于 4 m 时，用上挂式；当门扇高度大于 4 m 时，多用下滑式，在门洞上下均设导轨，下面的导轨承受门扇的重量。推拉门位于墙外时，需设雨篷。图 15.18 为上悬式钢木推拉门示例。

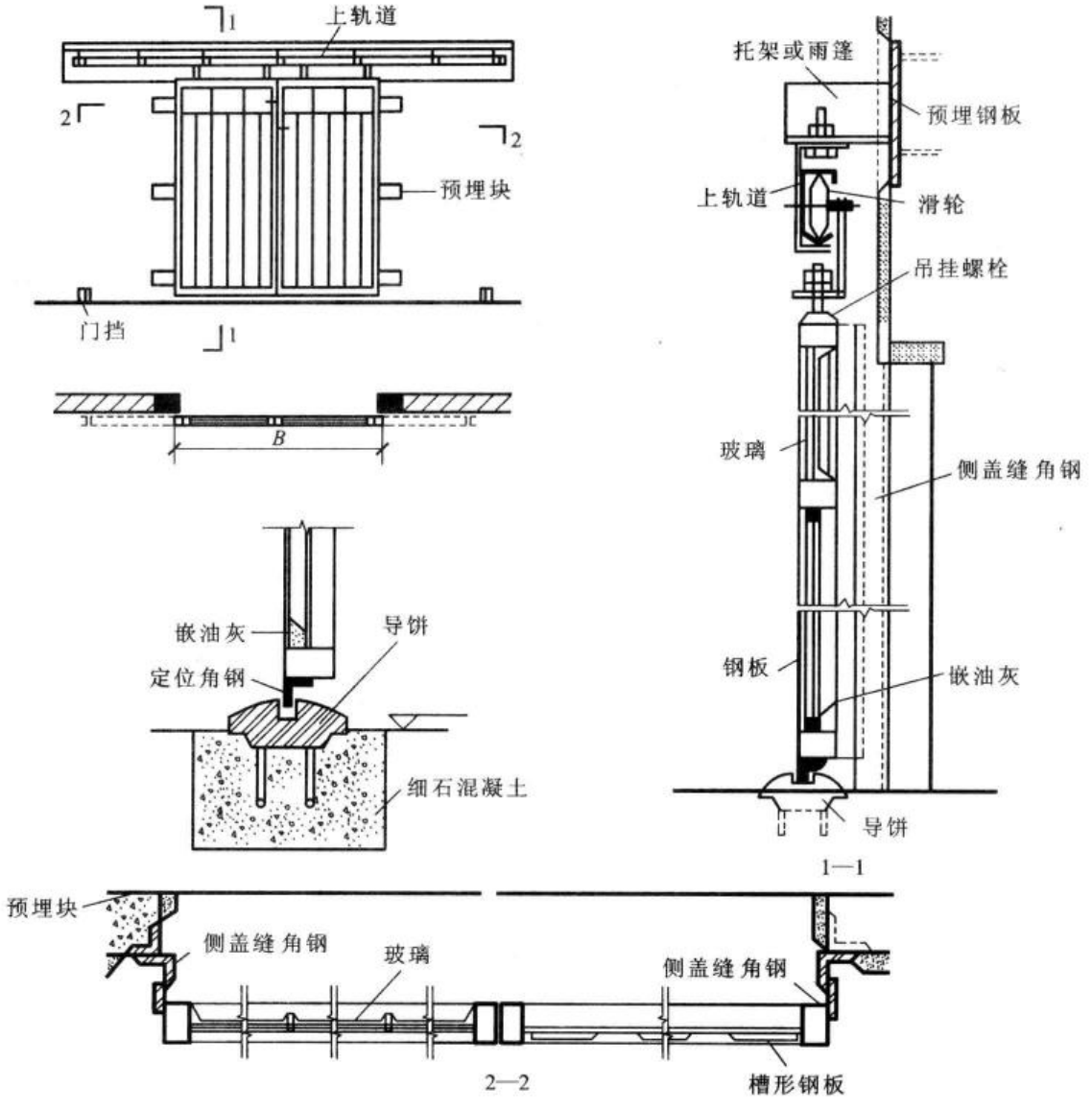


图 15.18　上悬式推拉门构造

(3) 卷帘门

卷帘门主要由帘板、导轨及传动装置组成，帘板由铝合金页板组成。工业建筑中的帘板常采用页板式，页板可用镀锌钢板或合金铝板轧制而成，页板之间用铆钉连接。页板的下部采用钢板和角钢增强刚度，并便于安设门锁。页板的上部与卷筒连接，开启时，页板沿着门洞两侧的导轨上升并卷在卷筒上。门洞的上部安设传动装置，传动装置分手动和电动两种。大型卷帘门必要时可在卷帘门扇上设置供单人通行的小门扇。卷帘门构造如图 15.19。

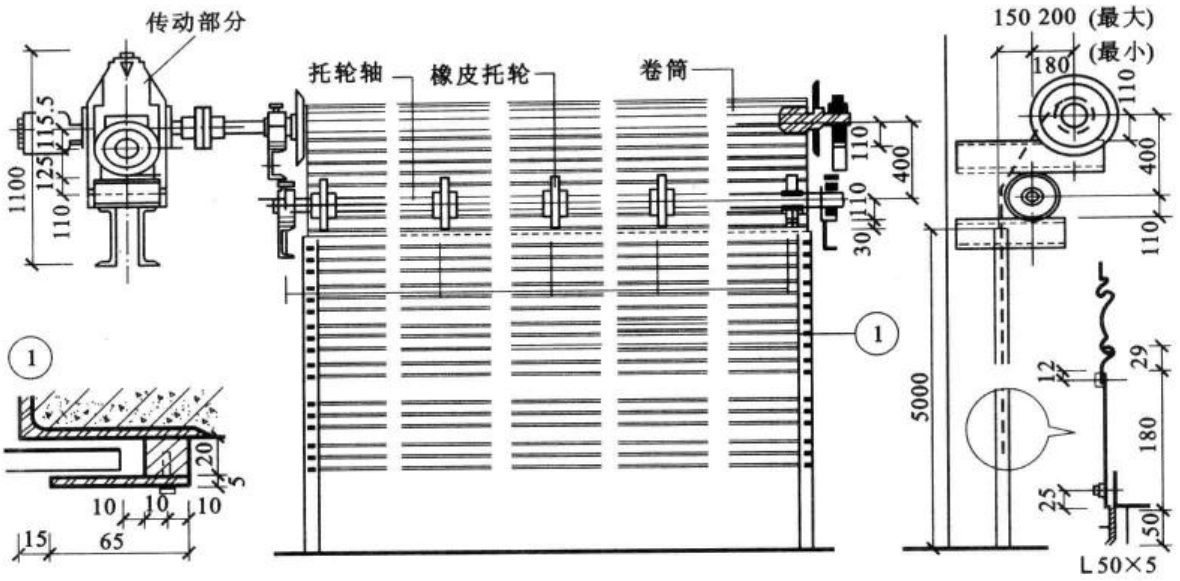


图 15.19　电动式卷帘门构造

（4）防火门

防火门用于加工易燃品的车间或仓库。根据耐火等级的选用要求，门扇可以采用钢板、木板外贴石棉板再包以镀铁皮、木板外直接包镀锌铁皮等构造措施。目前常见防火门采用形式如图 15.20、图 15.21 所示。其中自重下滑防火门，是将门上导轨做成 5%～8% 的坡度，火灾发生时，易熔合金片熔断后，重锤落地，门扇依靠自重下滑关闭。

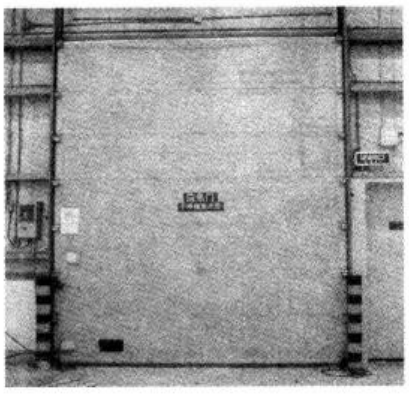


图 15.20　自动控制联动系统启闭防火卷帘门

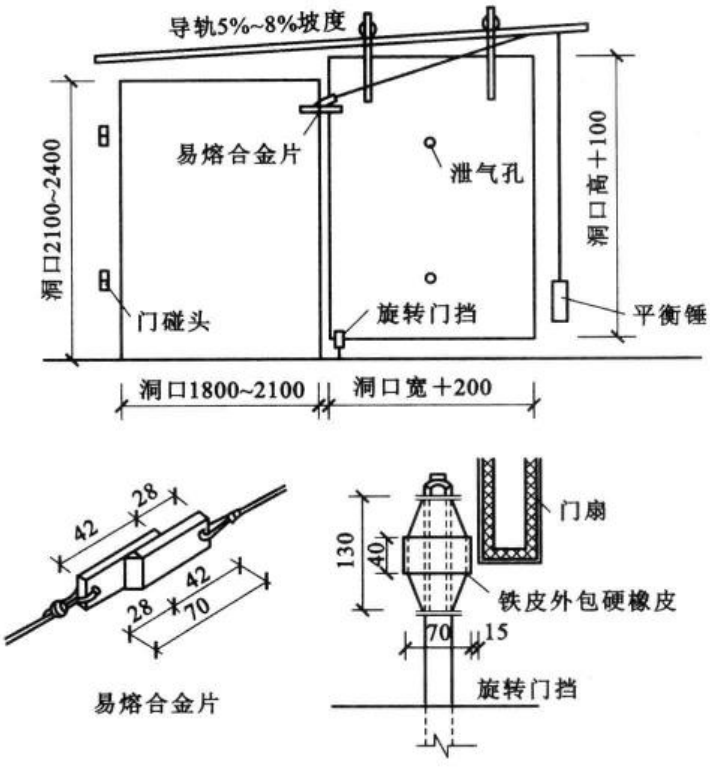


图 15.21　自重下滑防火门构造

(5) 保温门、隔声门

一般保温门和隔声门的门扇常采用多层复合板材，在两层面板间填充保温材料或吸声材料。门缝密闭处理和门框的裁口形式对保温、隔声和防尘有很大影响。通常采用的措施是在门缝内粘贴填缝材料，如橡胶管、海绵橡胶条、泡沫塑料条等。还应注意裁口形式，斜面裁口比较容易关闭紧密，可避免由于门扇胀缩而引起的缝隙不密合。一般保温门和隔声门的节点构造如图 15.22 所示。

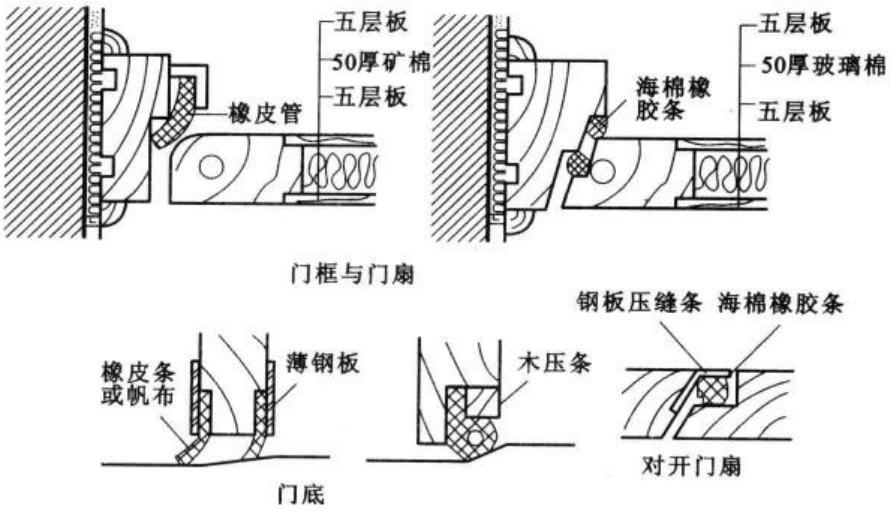


图 15.22 保温门、隔声门门缝处理

15.2.2 侧窗构造

侧窗一般采用钢侧窗，具有坚固耐久、关闭紧密的特点，且防火性能较好，透光率大，造价较铝合金窗经济，故得到广泛运用。

侧窗面积一般较大，多采用组合窗。基本窗竖向组合时，采用横档与排架柱或墙体相连，基本窗再与横档相连；横向组合时，采用竖梃与连系梁或墙体相连，基本窗与竖梃和墙体相连。横档与竖梃的截面尺寸与组合窗的大小有关。组合窗的宽度一般不大于 6 m（一个柱距），高度不大于 4.8 m。

考虑到厂房内部采光、通风和开启的方便，在组合窗上方一般设固定窗、中部设中悬窗、下部设平开窗或立转窗。

15.2.3 地面构造

厂房地面与民用建筑地面构造基本相同，一般由面层、垫层和地基组成。但厂房的地面往往面积大、荷载重，还要满足各种生产使用要求。因此，合理地选择厂房地面材料及构造，不仅对生产，而且对投资都有较大的影响。

15.2.3.1 *面层选择*

面层是直接承受各种物理和化学作用的表面层，它与车间的工艺生产特点有直接关系，应根据生产特征、使用要求和影响地面的各种因素来选择地面。面层的选用可参见表 15.2。

表 15.2　地面面层选用

生产特征及对垫层使用要求	适宜的面层	生产特征举例
机动车行驶、受坚硬物体磨损	混凝土、铁屑水泥、粗石	车行通道、仓库、钢绳车间等
坚硬物体对地面产生冲击（10 kg 以内）	混凝土、块石、缸砖	机械加工车间、金属结构车间等
坚硬物体对地面有较大冲击（50 kg 以上）	矿渣、碎石、素土	铸造、锻压、冲压、废钢处理等
受高温作用地段（500 ℃以上）	矿渣、凸缘铸铁板、素土	铸造车间的熔化浇铸工段、轧钢车间加热和轧机工段、玻璃熔制工段
有水和其他中性液体作用地段	混凝土、水磨石、陶板	选矿车间、造纸车间
有防爆要求	菱苦土、木砖沥青砂浆	精苯车间、氢气车间、火药仓库等
有酸性介质作用	耐酸陶板、聚氯乙烯塑料	硫酸车间的净化、硝酸车间的吸收浓缩
有碱性介质作用	耐碱沥青混凝土、陶板	纯碱车间、液氨车间、碱熔炉工段
不导电地面	石油沥青混凝土、聚氯乙烯塑料	电解车间
要求高度清洁	水磨石、陶板马赛克、拼花木地板、聚氯乙烯塑料、地漆布	光学精密器械、仪器仪表、钟表、电信器材装配

15.2.3.2　细部构造

(1) 缩缝

为减少温度变化产生不规则裂缝引起地面的破坏，混凝土垫层应设接缝，接缝按其作用可分为伸缩缝和缩缝两种，厂房内的混凝土垫层受温度变化影响不大，故不设伸缩缝，只做缩缝。

缩缝分为纵向和横向两种。一般厂房内混凝土垫层按 3～6 m 间距设置纵向缩缝，按6～12 m间距设置横向缩缝，设置防冻胀层的地面纵横向缩缝间距不宜大于 3 m。缝的构造形式有平头缝、企口缝、假缝（图 15.23），一般多为平头缝。企口缝适合于垫层厚度大于 150 mm 的情况，假缝只能用于横向缩缝。

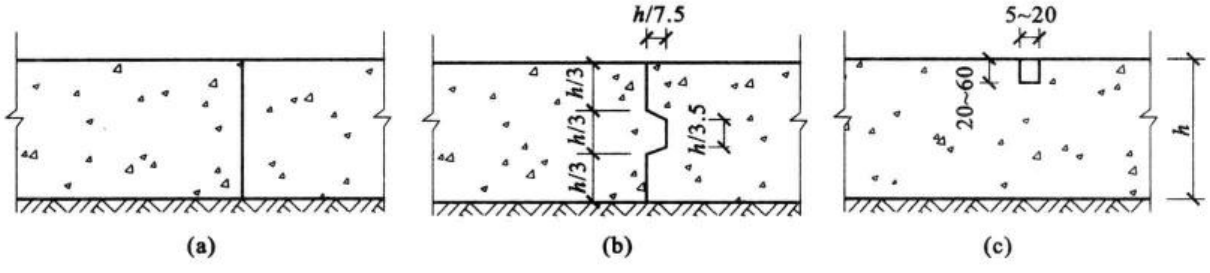


图 15.23　混凝土垫层缩缝构造示意图

(a) 平头缝；(b) 企口缝；(c) 假缝

(2) 变形缝

地面变形缝的位置应与建筑物的变形缝一致。同时在地面荷载差异较大和受局部冲击荷载的部分亦应设变形缝。变形缝应贯穿地面各构造层次，并用嵌缝材料填充(图15.24)。

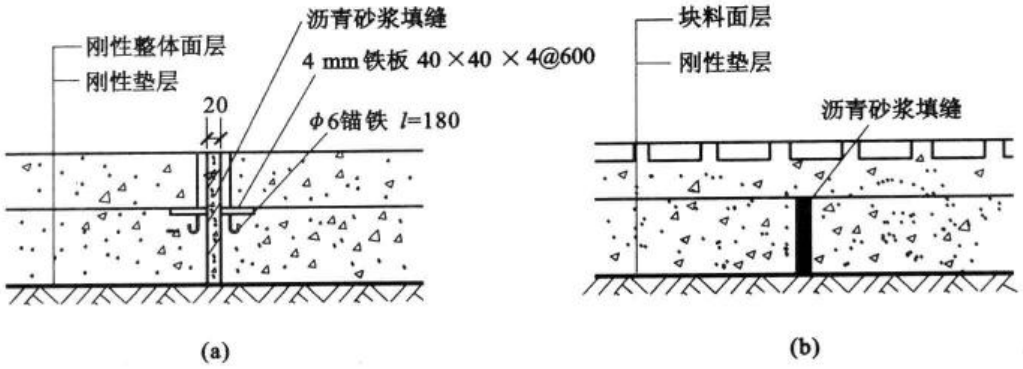


图 15.24 地面变形缝构造示意图

(a) 刚性整体面层；(b) 块料面层

(3) 交界缝

两种不同材料的地面，由于强度不同，接缝处易遭受破坏，此时应根据不同情况采取措施。当防腐地面与非防腐地面交接时，应在交接处设置挡水，以防止腐蚀性液体泛流[图 15.25(a)]。厂房内铺有铁轨时，为使铁轨不影响其他车辆和行人的通行，轨顶应与地面相平，铁轨附近宜铺设块材地面，其宽度应大于枕木的长度，以便维修和安装[图15.25(b)]。

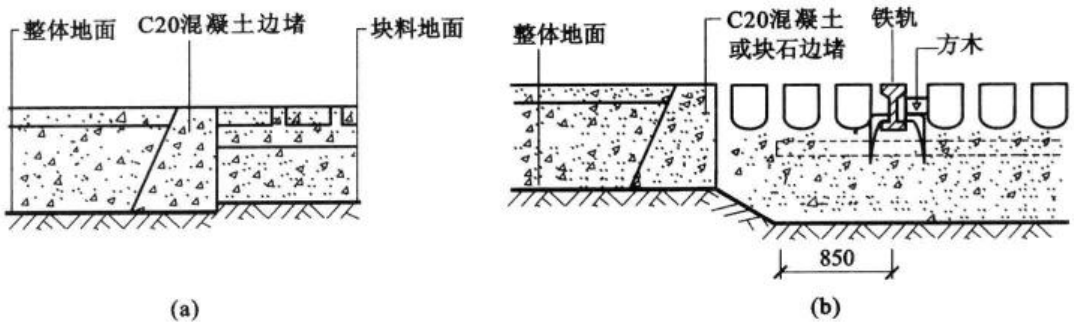


图 15.25 地面交接缝构造示意图

(a) 不同地面接缝；(b) 地面与铁路路轨接缝

15.2.3.3 垫层的设置与选择

垫层是承受并传递地面荷载至地基的构造层次，可分为刚性和柔性两类。刚性垫层(混凝土、沥青混凝土、钢筋混凝土)整体性好、不透水、强度大，适用于荷载大且要求变形小的地面；柔性垫层(砂、碎石、矿渣、三合土等)在荷载作用下产生一定的塑性变形，造价较低，适用于承受冲击和强振动作用的地面。

垫层的厚度主要由作用在地面上的荷载确定，地基的承载能力对它也有一定的影响，对于较大荷载需经计算确定。地面垫层的最小厚度应满足表 15.3 的规定。混凝土垫层需考虑温度变化使垫层内产生附加应力的影响，防止混凝土收缩变形引起地面产生不规则裂缝。

表 15.3　垫层最小厚度

垫层名称	材料强度等级或配合比	厚度(mm)
混凝土	≥C10	80
三合土	1∶3∶6(熟化石灰∶砂∶碎砖)	100
灰土	3∶7 或 2∶8(熟化石灰∶粘性土)	100
碎石、沥青碎石、矿渣		80
砂、煤渣		60

15.2.3.4　地基

地面应铺设在均匀密实的地基上。当地基土层不够密实时，应用夯实、掺骨料、铺设灰土层等措施加强。地面垫层下的填土应选用砂土、粉土、粘性土及其他有效填料，不得使用过湿土、淤泥、腐殖土、冻土、膨胀土及有机物含量大于 8%的土。

15.3　天窗构造

15.3.1　矩形天窗

矩形天窗主要由天窗架、天窗扇、天窗屋面板、天窗侧板及天窗端壁等构件组成，如图 15.26所示。矩形天窗具有中等的照度、光线均匀、防雨较好等特点，其窗扇可开启以兼通风，故在冷加工车间广泛应用。缺点是构件类型多、自重大、造价高。

为了获得良好的采光效率，矩形天窗的宽度 b 宜等于厂房跨度 L 的 1/3～1/2，天窗高宽比 h/b 为 0.3 左右，相邻两天窗的轴线间距 L_0 不宜大于工作面至天窗下缘高度 H 的 4 倍(图 15.27)。

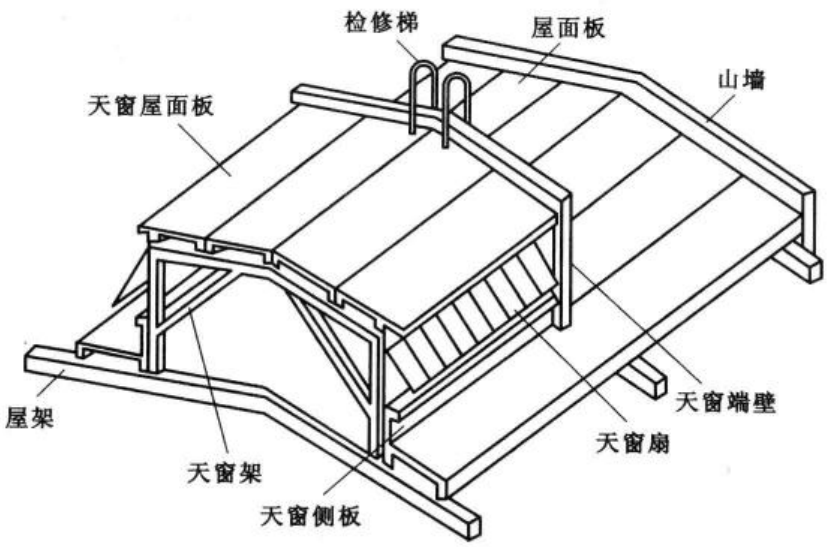


图 15.26　矩形天窗组成

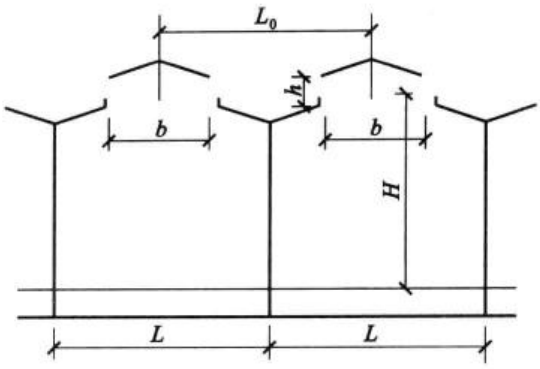


图 15.27　矩形天窗的几何尺寸

15.3.1.1　天窗架

天窗架是天窗的承重构件，支承在屋架上弦上，常用钢筋混凝土或型钢制作。钢筋混凝土天窗架与钢筋混凝土屋架配合使用，一般为门形或 W 形，也可做成双 Y 形，如图 15.28(a)所示。天窗架的宽度应根据采光、通风要求、屋面板的尺寸以及天窗架必须支承在屋架节点上等因素确定。标准天窗架宽度采用 3 M 倍数，即 6 m、9 m、12 m 等。目前我国工业厂房建筑构配件标准图中常用的门形和 W 形钢筋混凝土天窗架的尺寸见表 15.4。

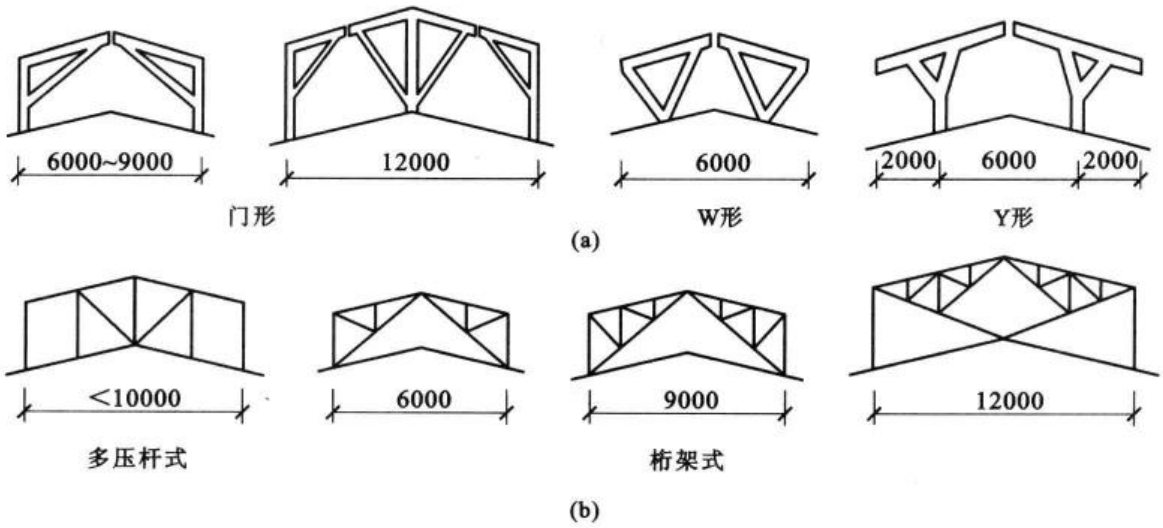


图 15.28　天窗架形式示例

(a) 钢筋混凝土天窗架；(b) 钢天窗架

表 15.4　常用钢筋混凝土天窗架尺寸

天窗架形式	Ⅱ　形							W 形	
天窗架跨度(标志尺寸)	6000				9000			6000	
天窗扇高度	1200	1500	2×900	2×1200	2×900	2×1200	2×1500	1200	1500
天窗架高度	2070	2370	2670	3270	2670	3270	3870	1950	2250

钢天窗架重量轻，制作及吊装方便，除用于钢屋架外，也可用于钢筋混凝土屋架。钢天窗架常用的形式有桁架式和多压杆式两种，见图 15.28(b)。

15.3.1.2　天窗扇

天窗扇的主要作用是采光、通风和挡雨。常用木材、钢材及塑料制作，其中钢天窗扇应用最广。它的开启方式有两种，即上悬式和中悬式。前者防雨性能较好，但开启角度不能大于45°，故通风较差；后者开启角度可达60°～80°，故通风流畅，但防雨性能欠佳。

(1) 上悬式钢天窗扇

上悬式钢天窗扇的高度有三种：900 mm、1200 mm、1500 mm(标志尺寸)。根据需要，可组合成表15.4所列出的各种高度。上悬钢天窗扇可采用通长布置和分段布置两种。

通长天窗扇[图15.29(a)]，它由两个端部固定窗扇和若干个中间开启窗扇连接而成，图示系由3个6 m柱距组合而成，也可由4个、5个、6个等柱距组合成，其组合长度应根据矩形天窗的长度和选用天窗扇开关器的启动能力来确定。

分段天窗扇[图15.29(b)]，它是在每个柱距内分别设置天窗扇，其特点是开启及关闭灵活，但窗扇用钢量较多。

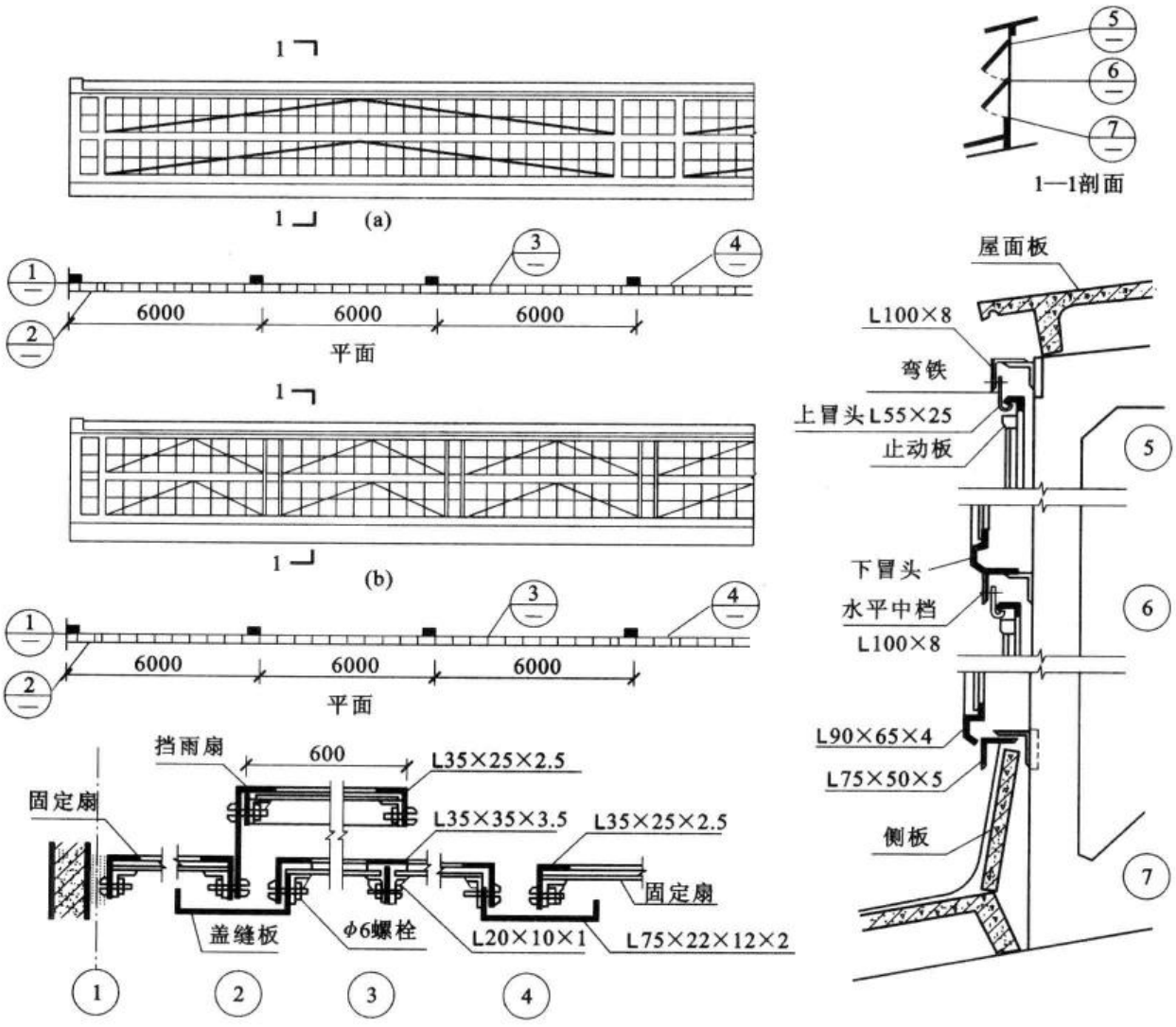


图15.29　上悬钢天窗扇

(a) 通长天窗扇立面；(b) 分段天扇立面

(2) 中悬式钢天窗扇

中悬钢天窗扇因受天窗架的阻挡只能分段设置，一个柱距内仅设一樘窗扇。我国定型产品的中悬钢天窗扇高度有 900 mm、1200 mm 和 1500 mm 三种，可按需要组合。窗扇的上冒头、下冒头及边梃均为角钢，窗芯为 T 形钢，窗扇转轴固定在两侧的竖框上。

15.3.1.3 天窗端壁

矩形天窗两端的承重围护构件称为天窗端壁(图 15.30)，通常采用预制钢筋混凝土端壁板或钢天窗架石棉水泥瓦端壁。前者用于钢筋混凝土屋架；后者多用于钢屋架。为了节省材料，钢筋混凝土天窗端壁常做成肋形板代替钢筋混凝土天窗架，支承天窗屋面板。端壁板及天窗架与屋架上弦的连接均通过预埋铁件焊接。寒冷地区的钢筋混凝土端壁板，当车间为冷加工车间或需要保温的车间时，应在其内表面加设保温层。

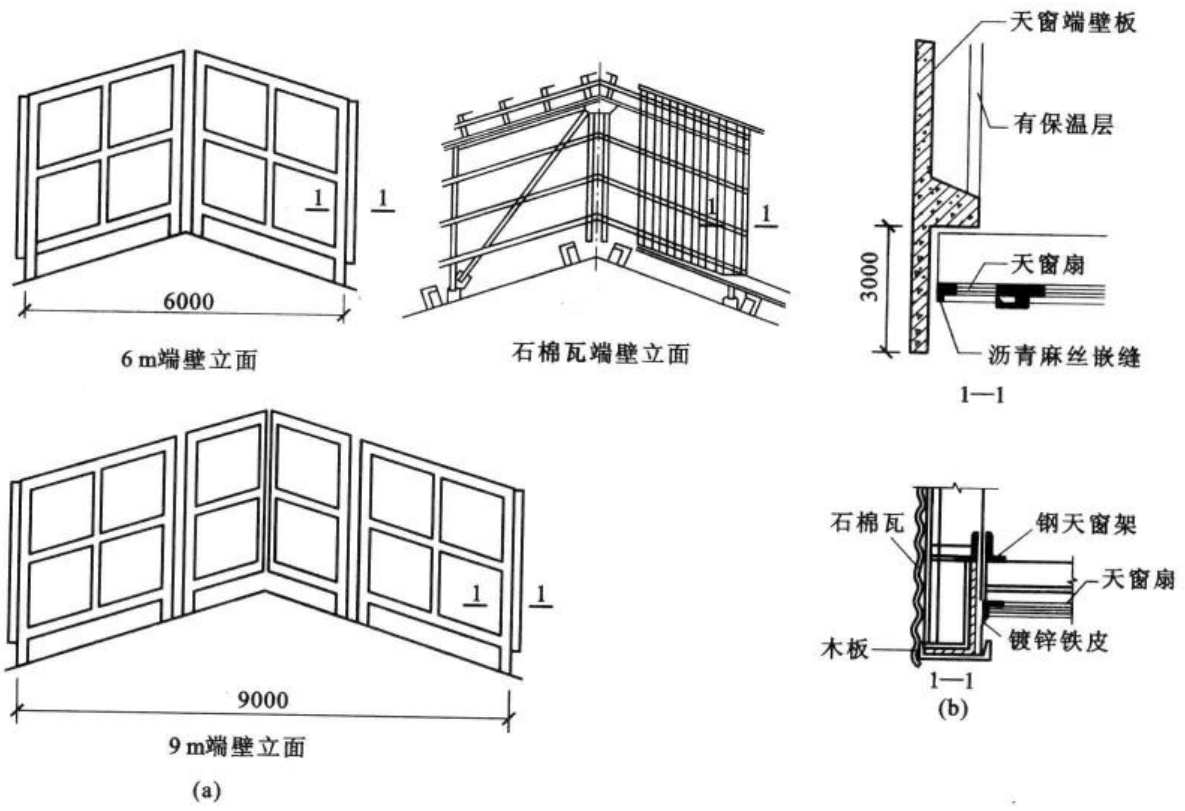


图 15.30 天窗端壁构造示意图

(a) 钢筋混凝土端壁；(b) 石棉水泥瓦端壁

15.3.1.4 天窗屋顶和檐口

天窗的屋顶构造一般与厂房屋顶构造相同。当采用钢筋混凝土天窗架、无檩体系大型屋面板时，其檐口构造有两类：一是带挑檐的屋面板。无组织排水的挑檐出挑长度一般为 500 mm[图 15.31(a)]。二是设檐沟板。有组织排水可采用带檐沟屋面板[图 15.31(b)]，或者在天窗架端部预埋铁件焊接钢牛腿来支承天沟[图 15.31(c)]。

15.3.1.5 天窗侧板

在天窗扇下部需设置天窗侧板，侧板的作用是防止雨水溅入车间及防止因屋面积雪挡住天窗扇。从屋面至侧板上缘的距离一般为 300 mm，积雪较深的地区，可采用

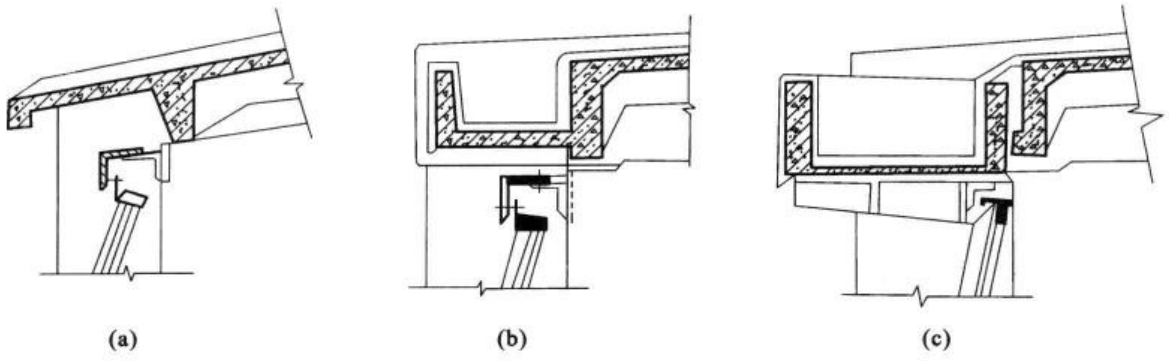


图 15.31　钢筋混凝土天窗檐口

(a) 挑檐板；(b) 带檐沟屋面板；(c) 牛腿支承屋面板

500 mm。侧板的形式应与屋面板构造相适应。当屋面为无檩体系，如当采用钢筋混凝土门字形天窗架、钢筋混凝土大型屋面板时，侧板可采用长度与天窗架间距相同的钢筋混凝土槽形侧板[图 15.32(a)]或采用钢筋混凝土小型侧板[图 15.32(b)]。当屋面为有檩体系时，侧板常采用石棉瓦、压型钢板等轻质材料，如图 15.33 所示。

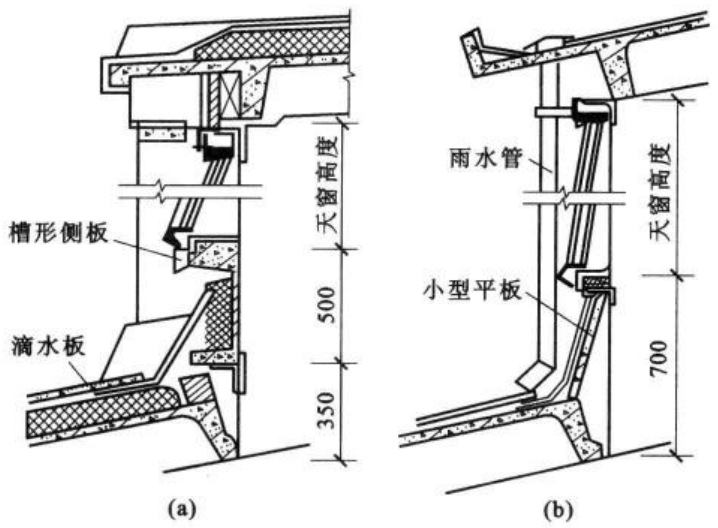


图 15.32　钢筋混凝土侧板

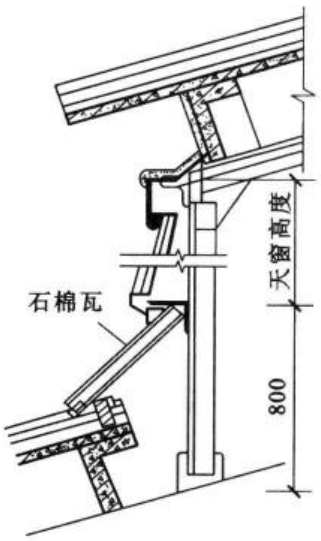


图 15.33　钢天窗架轻质侧板

15.3.2　平天窗

平天窗是在厂房屋面上直接开设采光孔洞，采光孔洞上安装平板玻璃或玻璃钢罩等透明材料形成的天窗。平天窗采光效率高，且布置灵活、构造简单、适应性强。在采光面积相同的情况下，平天窗的采光效率比矩形天窗高 2～3 倍，但它不利于通风，易受积尘污染，适用于一般冷加工车间。

平天窗的类型有采光罩、采光带、采光板三种。

① 采光罩是在屋面板的孔洞上设置锥形、弧形透光材料，图 15.34(a)所示为弧形采光罩。

② 采光带是在屋面的通长(横向或纵向)孔洞上设置平板透光材料，图 15.34(b)是纵向采光带和横向采光带的两种形式(平行于屋架者为横向采光带)。

③ 采光板是在屋面板的孔洞上设置平板透光材料，如图 15.34(c)所示。

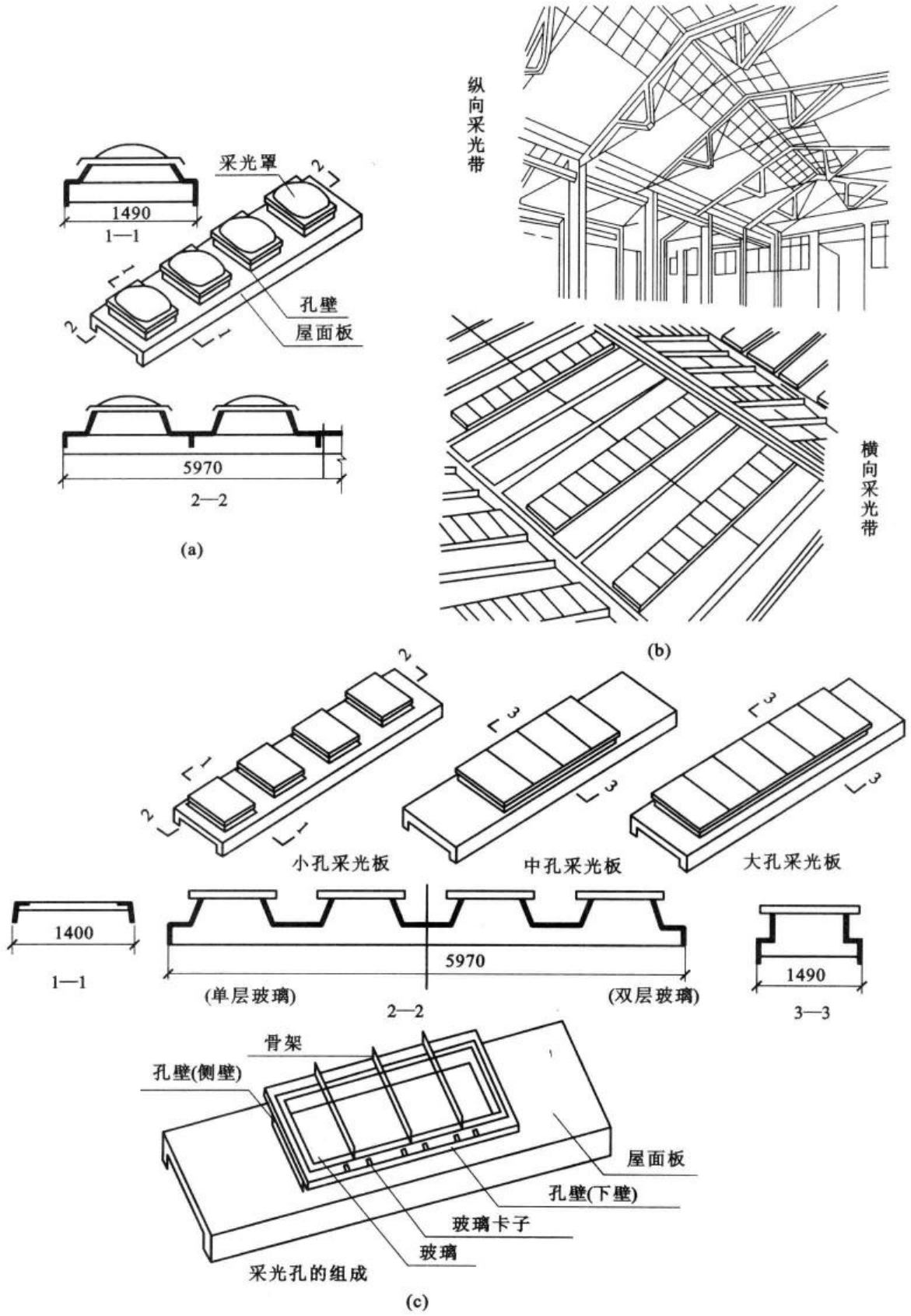


图 15.34　平天窗的各种形式

(a) 采光罩;(b) 采光带;(c) 采光板的形式和组成

平天窗类型虽然很多，但其构造要点是基本相同的，即井壁、横档，透光材料的选择及搭接、防眩光、安全保护、通风措施等都是相同的。图 15.35 所示为平天窗（采光板）的构造组成。

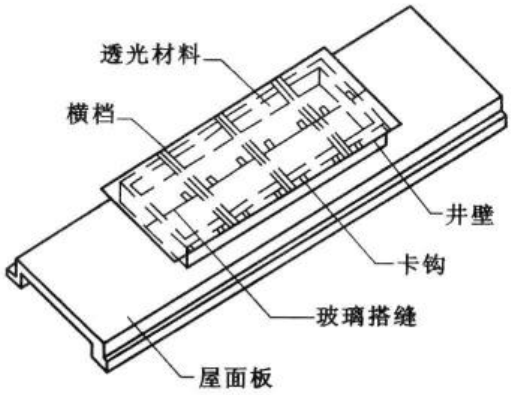


图 15.35　平天窗（采光板）构造组成

（1）井壁构造

平天窗采光口的边框称为井壁。它主要采用钢筋混凝土制作，一般做法是将井壁与屋面板浇成整体，也可以将两者预制后，再现场焊接。井壁高度一般为 150～250 mm，且应大于积雪深度。图 15.36(a)、(b)分别为整浇井壁和预制井壁的构造示例。

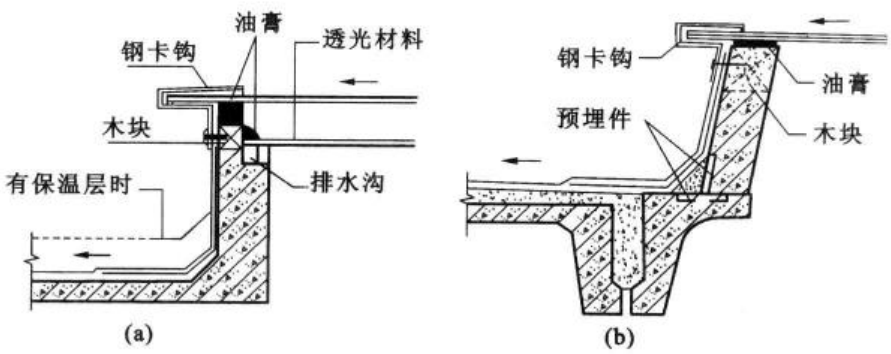


图 15.36　钢筋混凝土井壁构造

（a）整浇井壁（有保温要求）；（b）预制井壁（无保温要求）

（2）玻璃搭接构造

平天窗的透光材料主要采用玻璃。当采用两块或两块以上玻璃时，玻璃之间必须搭接。一般有卡钩不封口搭接、水泥砂浆封口搭接、塑料管封口搭接和油膏或油灰封口搭接四种方法。同时玻璃搭接需要满足防水要求，其搭接长度应不小于 100 mm（图 15.37）。

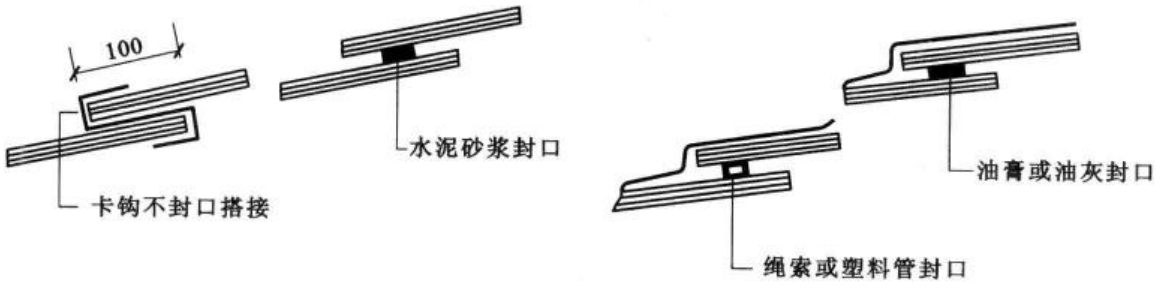


图 15.37　上下玻璃搭接构造

(3) 透光材料

透光材料可采用安全玻璃、有机玻璃和玻璃钢等。由于玻璃的透光率高，光线质量好，所以玻璃采用最多。从安全性能看，可考虑选择钢化玻璃、夹层玻璃、夹丝玻璃等。从热工性能方面来看，可考虑选择吸热玻璃、反射玻璃、中空玻璃等。如果采用非安全玻璃，应在其下设金属安全网；若采用普通平板玻璃，应避免直射阳光产生眩光及辐射热，可在平板玻璃下方设遮阳格片。

(4) 通风措施

平天窗的作用主要是采光，若需兼作自然通风时，有以下几种方式：采光板或采光罩的窗扇做成能开启和关闭的形式，如图 15.38(a)所示；采光罩带通风百叶，如图 15.38(b)所示；组合式通风采光罩，它是在两个采光罩之间设挡风板，两个采光罩之间的垂直口是开敞的，并设有挡雨板，既可通风，又可防雨，如图 15.38(c)所示；在我国南方炎热地区，可采用平天窗结合通风屋脊进行通风的方式，如图 15.38(d)所示。

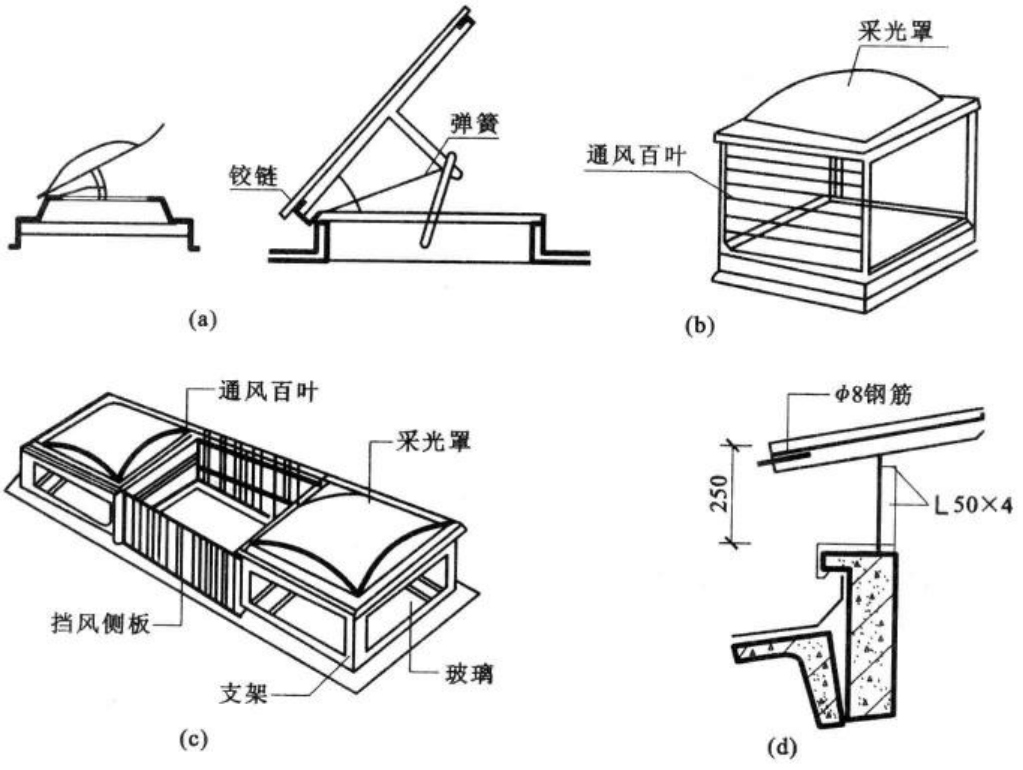


图 15.38　平天窗架的通风构造

15.3.3　矩形通风天窗

用做通风的矩形天窗，为使天窗能稳定地排风，应在天窗口外加设挡风板。除寒冷地区采暖的车间外，其窗口开敞，不装设窗扇，为了防止飘雨，须设置挡雨设施。

矩形通风天窗由矩形天窗及其两侧的挡风板所构成。

15.3.3.1　挡风板的形式及构造

挡风板由面板和支架两部分组成。

面板材料常采用石棉水泥瓦、玻璃钢瓦、压型钢板等轻质材料，支架的材料主要采用型钢及钢筋混凝土。挡风板按固定形式有立柱式挡风板和悬挑式挡风板(图 15.39)。

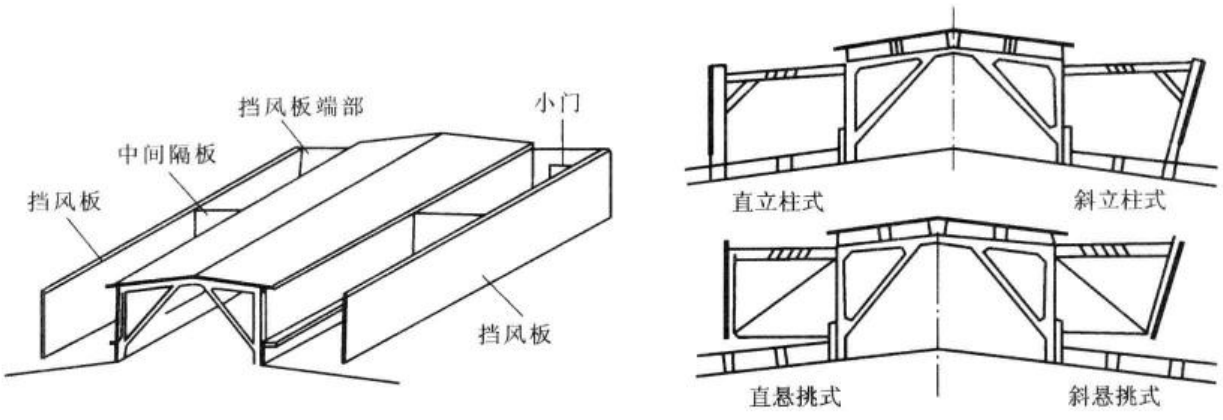


图 15.39　矩形通风天窗及挡风板形式

(1) 立柱式

当屋面为无檩体系时，采用立柱式[图 15.40(a)]。钢或钢筋混凝土立柱支承在屋面板纵肋处的柱墩上，并用于支撑与天窗架连接，以增加其稳定性，但立柱式挡风板与天窗架的距离受到屋面板布置的限制。当屋面为有檩体系时，立柱可支承在檩条上，但该构造处理复杂，很少采用。

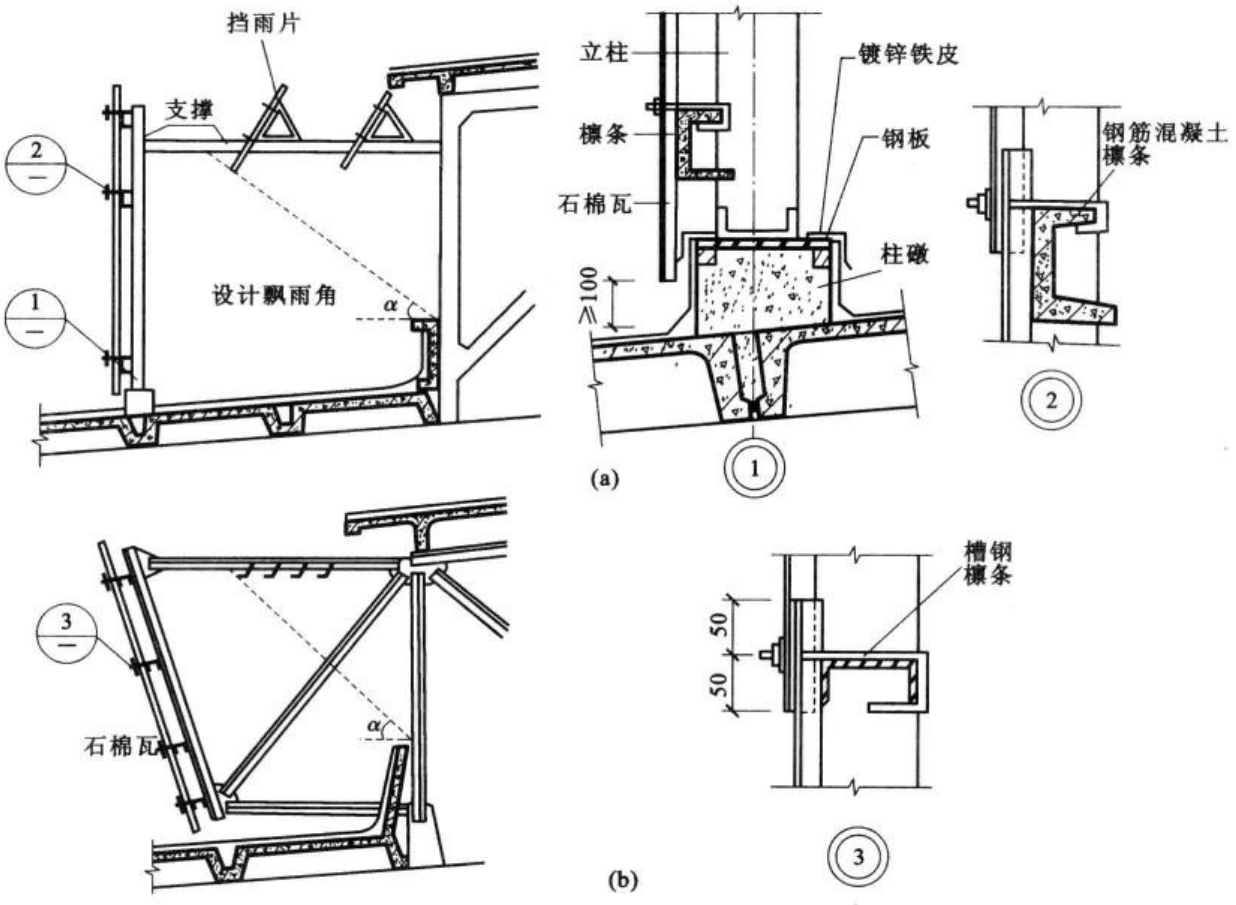


图 15.40　立柱式及悬挑式挡风板构造

(a) 立柱式；(b) 悬挑式

(2) 悬挑式

挡风板支架固定在天窗架上，屋面不承受挡风板的荷载，因此挡风板与天窗之间的距

离不受屋面板的限制，布置灵活。但悬挑式挡风板增加了天窗架的荷载，且对抗震不利[图 15.40(b)]。

以上两种方式支承的挡风板都可垂直或倾斜布置。

15.3.3.2 挡雨设施

(1) 挡雨方式及挡雨片的布置

天窗的挡雨方式可分为水平口、垂直口设挡雨片以及大挑檐挡雨三种，如图 15.41 所示。挡雨方式和挡雨角(指挡雨片或挑檐遮挡雨滴的角度，以 α 表示)不同，对天窗排风性能产生的影响也不同。在挡雨角相同的情况下，水平口设挡雨片及大挑檐式挡雨的天窗，其通风性能一般比垂直口设挡雨片的好。

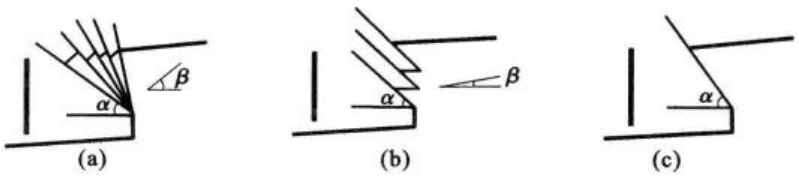


图 15.41 天窗挡雨方式示意图

(a) 水平口设挡雨片；(b) 垂直口设挡雨片；(c) 大挑檐挡雨

α—挡雨角；β—挡雨片与水平夹角

挡雨片的间距和数量，可用作图法求出。图 15.42 为水平口挡雨片的作图法。先定出挡雨片的宽度与水平夹角，画出高度范围 h，然后以天窗口下缘 A 点为作图基点，按图中的 1、2、3…各点作图，顺序求出挡雨片的间距，直至等于或略小于挡雨角为止，即可定出挡雨片应采用的数量。

挡雨角 α 的大小，应根据当地的飘雨角及生产工艺对防雨的要求确定。有挡风板的天窗，挡雨角可增加约 10°，一般按 35°～45°选用；风雨较大地区按 30°～35°选用；生产上对防雨要求较高的车间及台风暴雨地区，α 可酌情减小或使排风区完全处于遮挡区内。

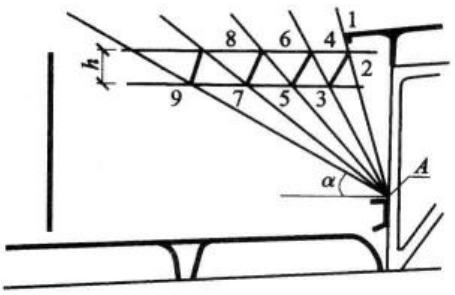


图 15.42 水平口挡雨片的作图法

(2) 挡雨片构造

挡雨片所采用的材料有石棉瓦、钢丝网水泥板、钢筋混凝土板、薄钢板、瓦楞铁等。当天窗有采光要求时，可改用铅丝玻璃、钢化玻璃、玻璃钢波形瓦等透光材料。其构造作法如图 15.43 所示。

15.3.4 下沉式天窗

下沉式天窗是在拟设置天窗的部位，把屋面板下移铺在屋架的下弦上，从而利用屋架上下弦之间的空间构成天窗。与矩形通风天窗相比，省去了天窗架和挡风板，降低了厂房的高度，减轻了屋盖、柱子和基础的荷载，因而用料较省，造价也相应降低，但增加了构造和施工的复杂程度。

根据其下沉部位的不同，可分为纵向下沉、横向下沉和井式下沉三种类型。其中井式天窗的构造最为复杂，最具有代表性，以下就主要以它为例介绍下沉式天窗的构造做法。

井式天窗是下沉式天窗的一种类型，是将屋面拟设天窗位置的屋面板下沉铺在屋架下弦上，形成一个个凹嵌在屋架空间内的井状天窗（图 15.44）。它具有布置灵活、排风路径短捷、通风性能好、采光均匀等特点，已在我国热加工车间中广泛采用，一些局部热源的冷加工车间也有应用。

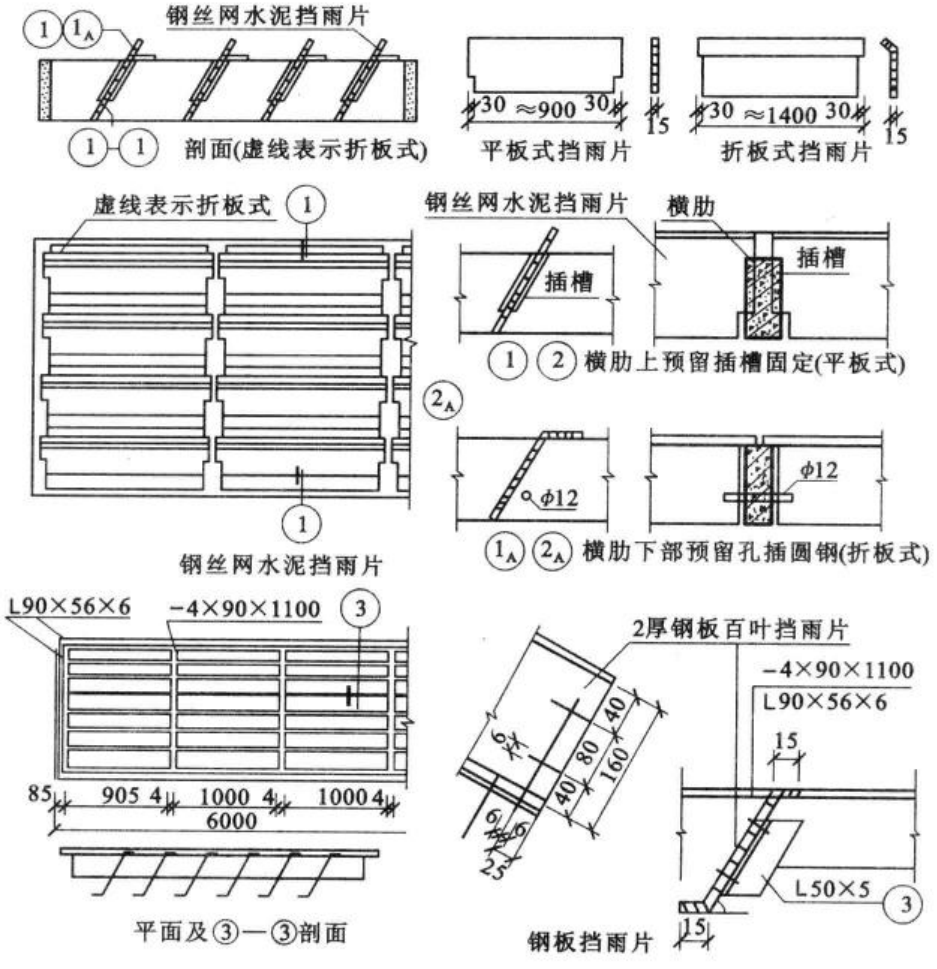


图 15.43　钢丝网水泥板及钢板挡雨片

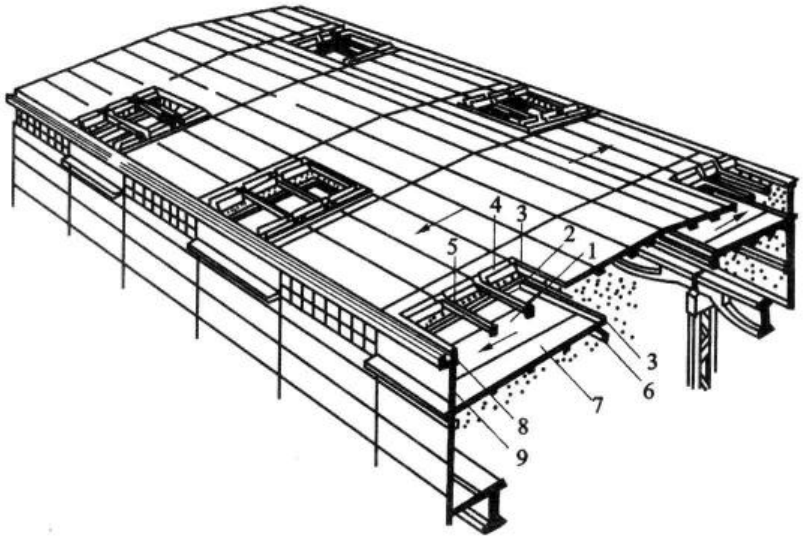


图 15.44　井式天窗示意图

1—水平口；2—垂直口；3—泛水口；4—挡雨片；5—空格板；6—檩条；7—井底板；8—天沟；9—挡风侧墙

(1) 布置形式

井式天窗的基本布置形式可分为一侧布置、两侧对称布置、两侧错开布置和跨中布置等几种，如图 15.45 所示。前三种可称为边井式天窗，后一种称为中井式天窗。由基本布置又可排列组合成各种连跨布置形式，如图 15.46 所示。

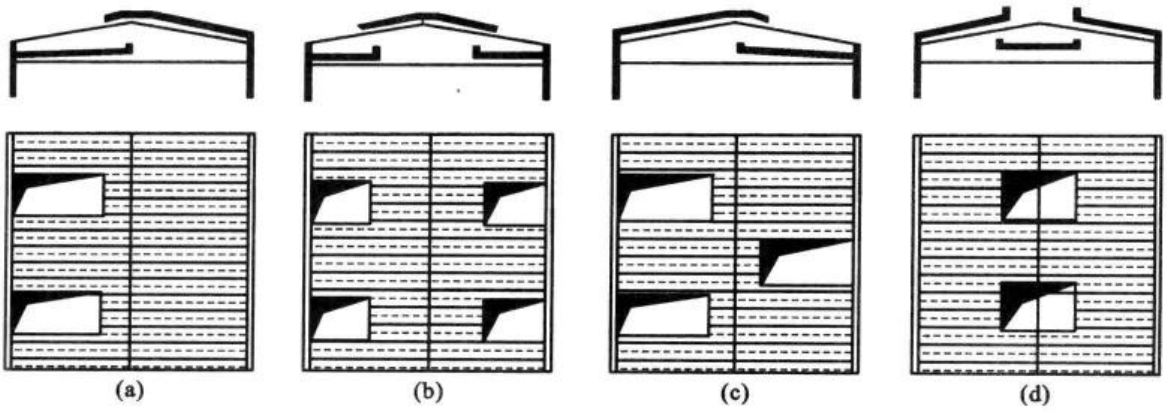


图 15.45　井式天窗基本布置形式

(a) 一侧布置；(b) 两侧对称布置；(c) 两侧错开布置；(d) 跨中布置

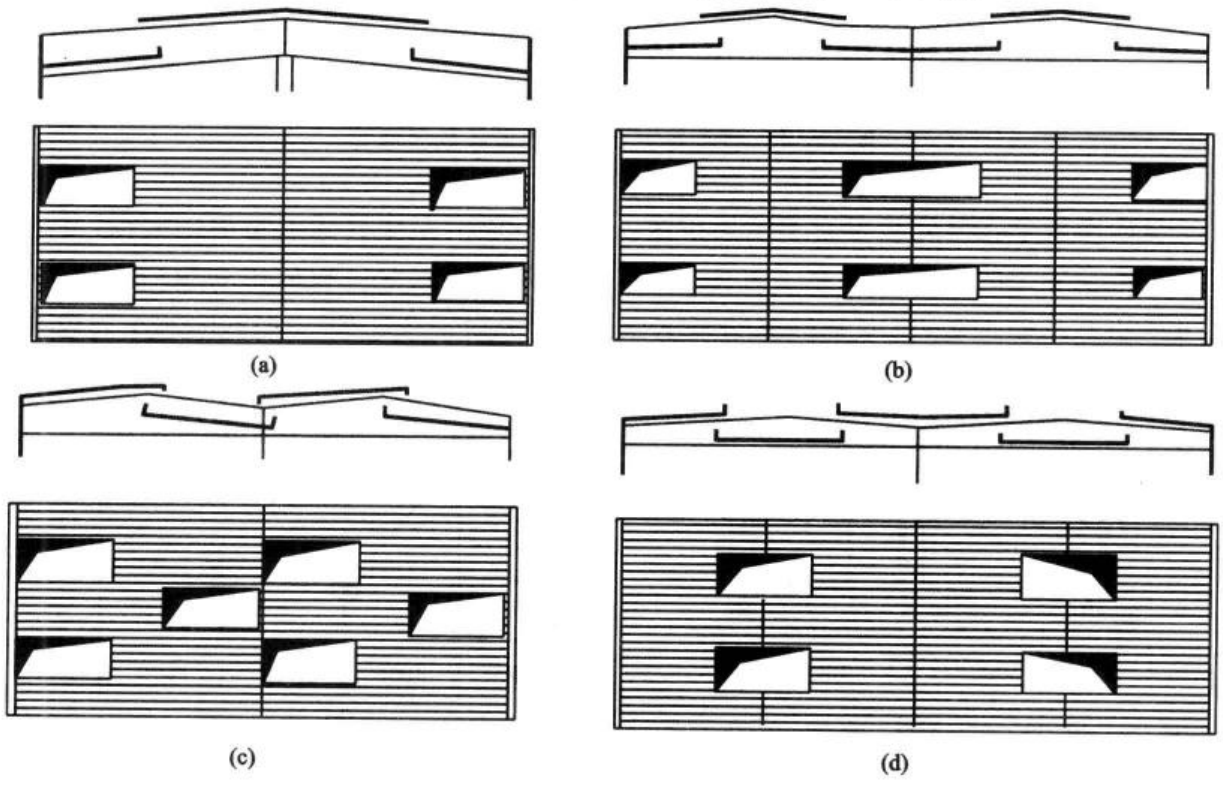


图 15.46　井式天窗组合布置示意图

(a) 一侧连跨布置；(b) 两侧对称连跨布置；(c) 两侧错开连跨布置；(d) 跨中连跨布置

(2) 井底板

井底板的布置有横向布置和纵向布置两种。

横向布置是指井底板平行于屋架布置。图 15.47(a)是边井式天窗横剖面图。它的井底板一端支承在天沟板上，另一端支承在檩条上，檩条搁在两榀屋架的下弦节点上；图 15.47(b)是中井式天窗横剖面图，它的井底板支承在两端的檩条上，檩条均支承在屋

架的下弦节点上。井式天窗垂直口高度受屋架结构高度的限制，为了增大垂直口的面积可采用下卧式檩条、槽形檩条或L形檩条(图15.48)，以降底板的标高，增大净空高度。

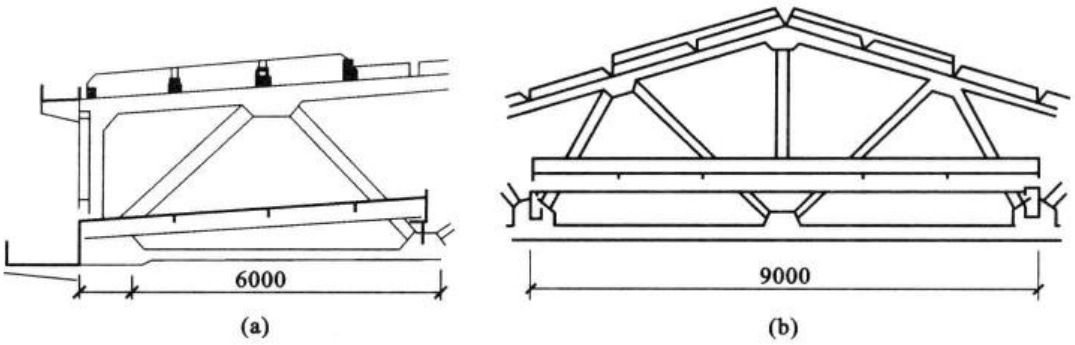


图15.47　井底板横向布置

(a) 边井式天窗横剖面图；(b) 中井式天窗横剖面图

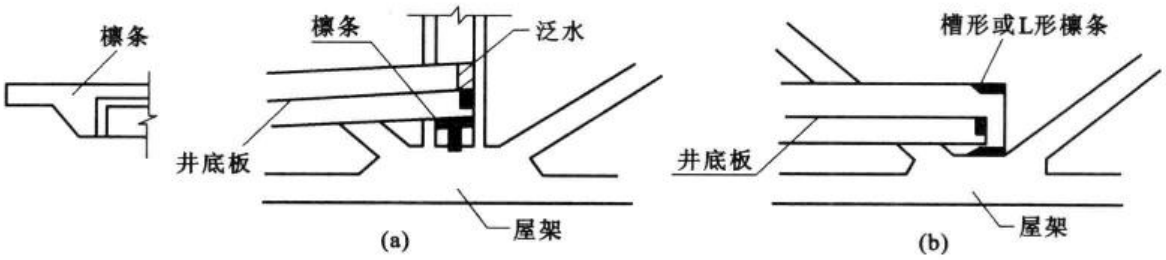


图15.48　提高垂直口净高的檩条断面形式

(a) 下卧式檩条；(b) 槽形或L形檩条

纵向布置是指井底板垂直于屋架布置。图15.49(a)是中井式天窗横剖面图，井底板两端支承在屋架的下弦上。为了方便搁置，井底板应做成卡口板或出肋板(图15.50)。也可采用F形断面板，由F板的纵肋支承在屋架下弦节点上。图15.49(b)所示为边井式天窗横剖面图。

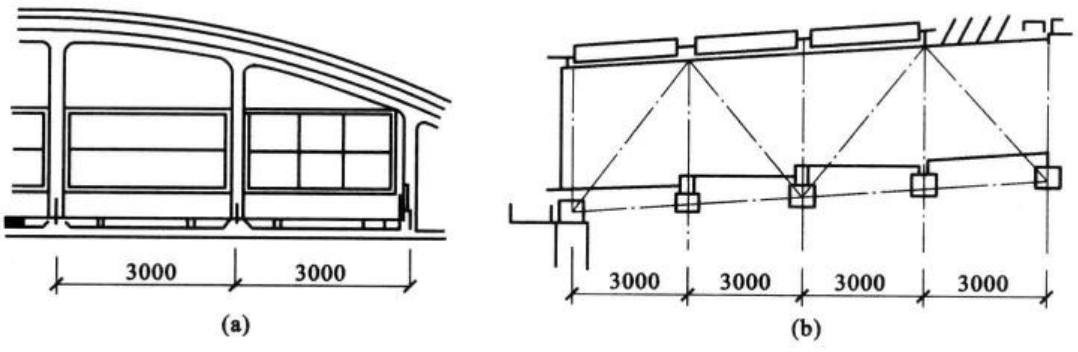


图15.49　井底板纵向布置

(a) 中井式天窗横剖面图；(b) 边井式天窗横剖面图

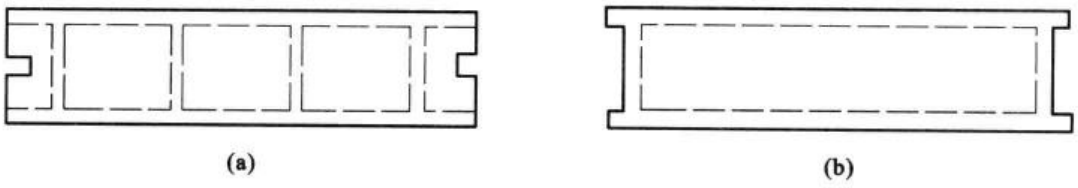


图15.50　井底板纵向布置的两种形式

(a) 卡口板；(b) 出肋板

(3) 井口板及挡雨设施

井式天窗主要起通风作用，不采暖的厂房井口不设窗扇而做成开敞式，但应做挡雨设施。井口板是开口上的铺板，它是挡雨设施的组成部分，其构造形式有以下三种：

井口做挑檐：井口做挑檐的一种方法，是沿厂房纵向由相邻屋面板加长挑出悬臂板，横向增高屋面板，形成井口的挑檐[图 15.51(a)]。这种方法构造简单，吊装方便，但屋面刚度较差。另一种方法是在井口设置檩条，在檩条上固定挑檐板[图 15.51(b)]。这种方法用料较省，但构件的类型较多。

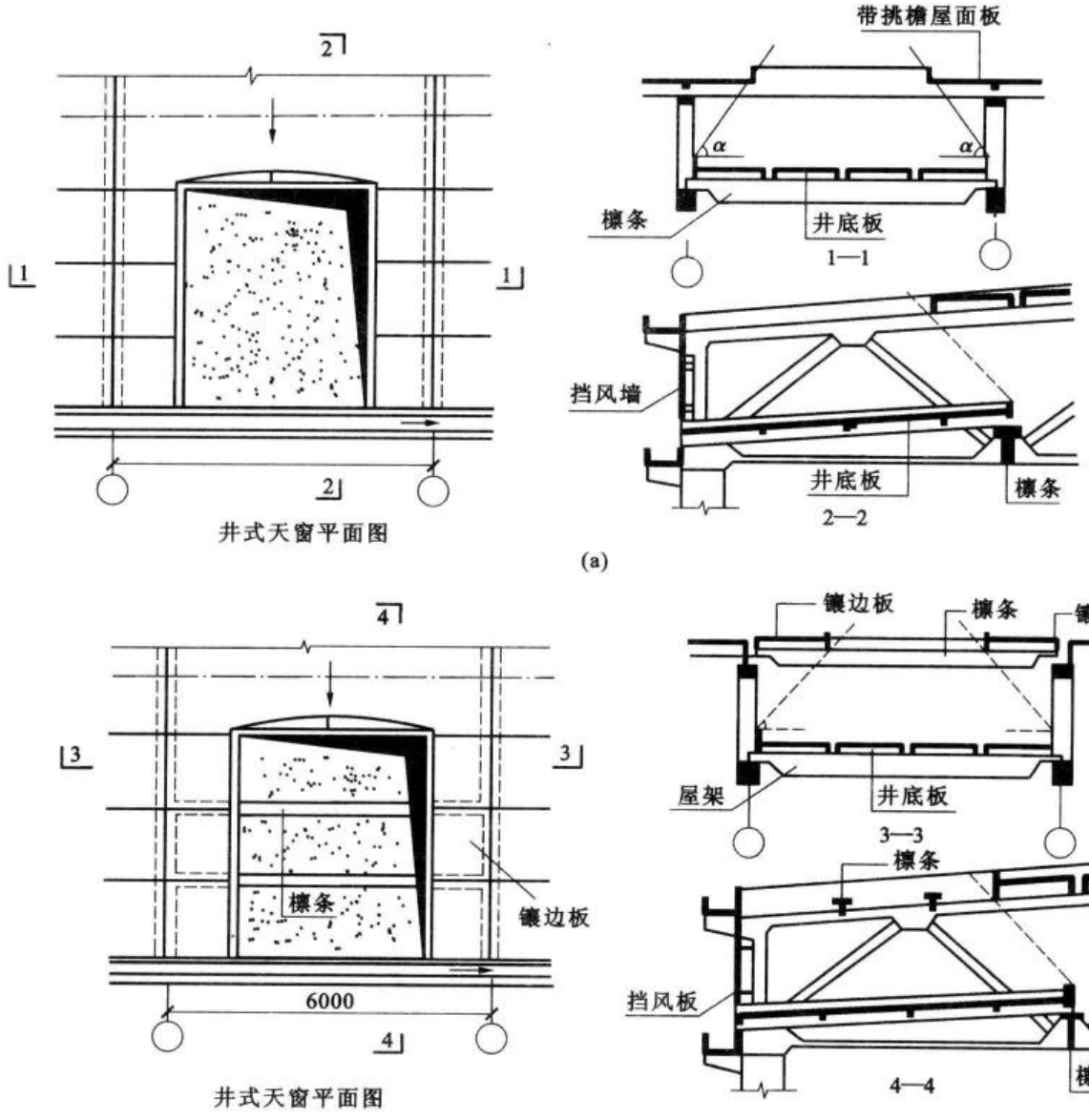


图 15.51 井口挑檐构造

(a) 带挑檐屋面板；(b) 增设镶边板

井口设挡雨片：当水平井口不大，为了获得较多的通风面积，可在井口设置空格板，板上装上挡雨片(图 15.52)。空格板是将大型屋面板的大部分板去掉，保留边肋和两端少

量的板，可将挡雨片固定在空格板的边肋上。常有的挡雨片有石棉瓦、钢丝网水泥瓦、钢板挡风片和玻璃钢挡雨片等。

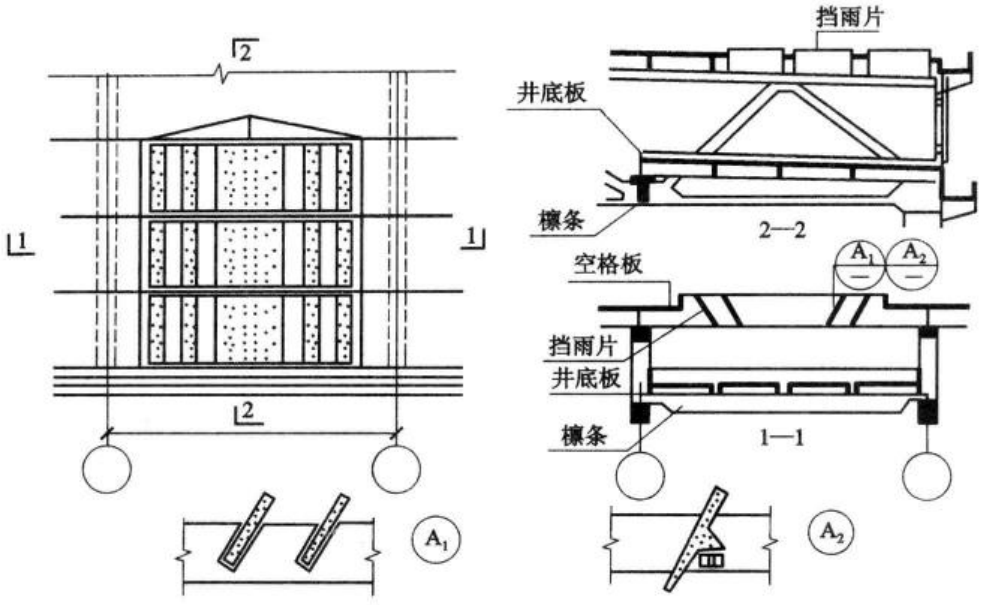


图 15.52　水平口设挡雨片

垂直口设挡雨片：垂直口高时，挡雨片的构造做法与单层厂房开敞式外墙挡雨板构造相似，一般设一层或二层挡雨板。常用的有钢支架支承石棉瓦或钢丝网水泥瓦的挡雨板(图 15.53)。

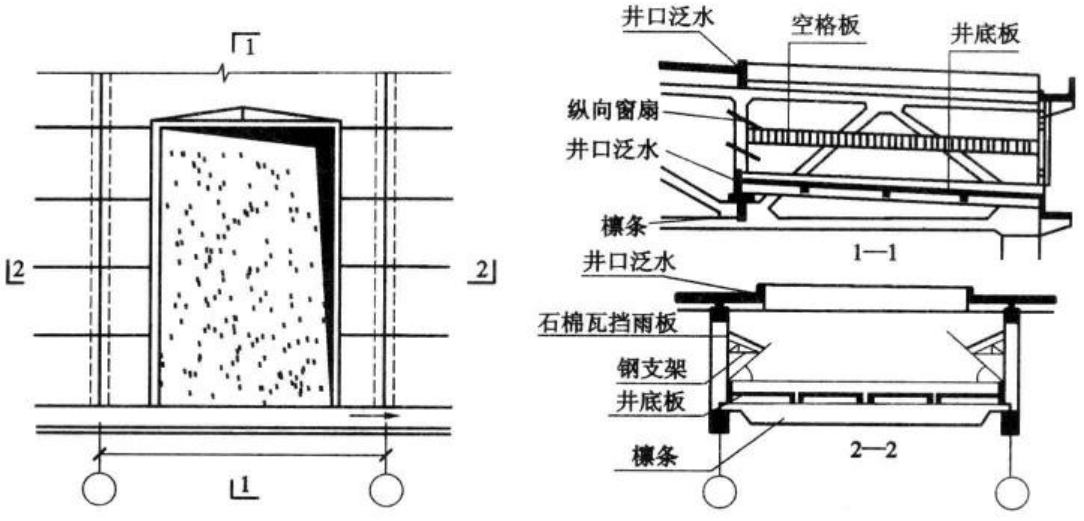


图 15.53　垂直口设挡雨片

(4) 窗扇设置

有采暖要求的厂房，需在井口处设窗扇，可在垂直口设窗扇或水平口设窗扇。在沿厂房长度的纵向垂直口上，可设置中悬或上悬窗扇，与厂房长度方向垂直的横向垂直口，由于受屋架腹杆的影响，只能设置上悬窗扇。

由于屋架坡度的影响，横向垂直口是倾斜的，窗扇设置较困难。故窗扇有两种做法，一种是将窗扇做成与屋架上弦平行的平行四边形窗扇；另一种矩形窗扇，可选用标准窗扇组合(图 15.54)。

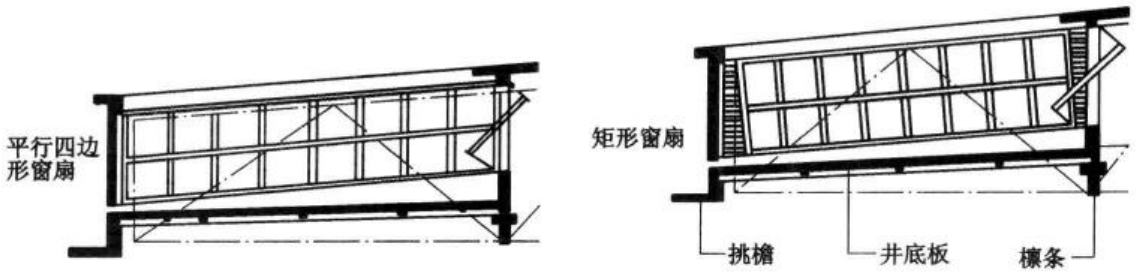


图 15.54　横向垂直口窗扇设置

水平口设置窗扇比较方便，但不如垂直口设窗扇密闭。

(5) 排水措施

井式天窗因屋架上下弦分别铺有屋面板，排水处理较复杂，排水方案的确定应考虑天窗位置、厂房高度、车间灰尘量的大小以及降雨量等因素。排水方式有边井外排水和连跨内排水两大类。

边井外排水有无组织外排水、单层天沟外排水、双层天沟外排水等排水方式，如图 15.55(a)、(b)、(c)、(d)所示。其中无组织外排水是上层屋面及下层井底板的雨水分别自由落水。单层天沟外排水有两种方式，一种是上层屋面设通长天沟做有组织排水，下层井底板做自由落水；另一种是上层屋面为自由落水，下层井底板外缘设置用于清尘和排水的通长天沟。双层天沟外排水是在上层屋面和下层井底板设置两层通长天沟的排水方式。

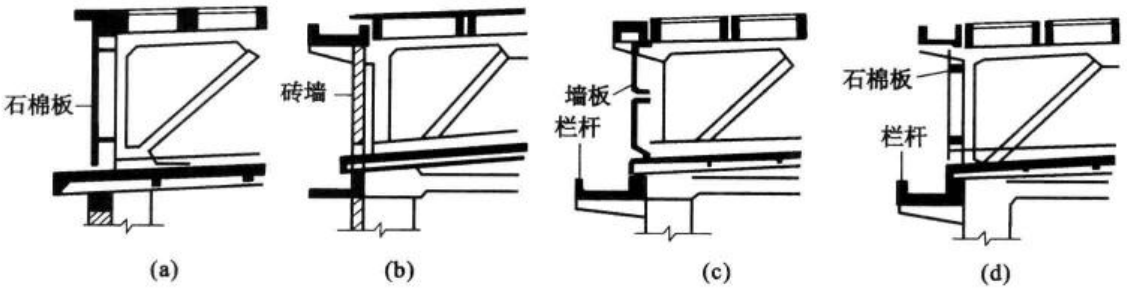


图 15.55　边井外排水示意图

(a)无组织排水；(b) 上层通长天沟；(c) 下层通长天沟；(d)双层天沟

边跨内排水，是当相邻两跨布置井式天窗时，出现内排水，按以下几种方式进行处理：① 上下层屋面设间断式天沟[图 15.56(a)]；② 上下层屋面均设通长天沟，或下层设通长天沟，上层为间断天沟[图 15.56(b)]；③ 屋面泛水：为防止上部屋面雨水流至井底板上，应在井口周围做 150～200 mm 高的泛水(图 15.57)，同时，为防止落在井底板上的雨水溅湿井内，井底板周边应做高度不小于 300 mm 的井底板泛水。

(6) 屋架选择

屋架形式影响井式天窗的布置和构造(表 15.5)。梯形屋架适用于跨边连跨布置井式天窗。拱形或折线形屋架因端部较低，只适用于跨中连跨布置井式天窗。屋架下弦要搁置井底檩条或井底板，宜采用双竖杆屋架、无竖杆屋架或全竖杆屋架。

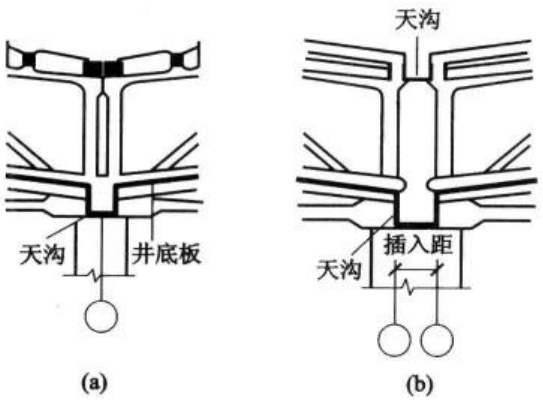


图 15.56　连跨内排水示意图

(a) 下层通长天沟；(b) 上、下层通长天沟

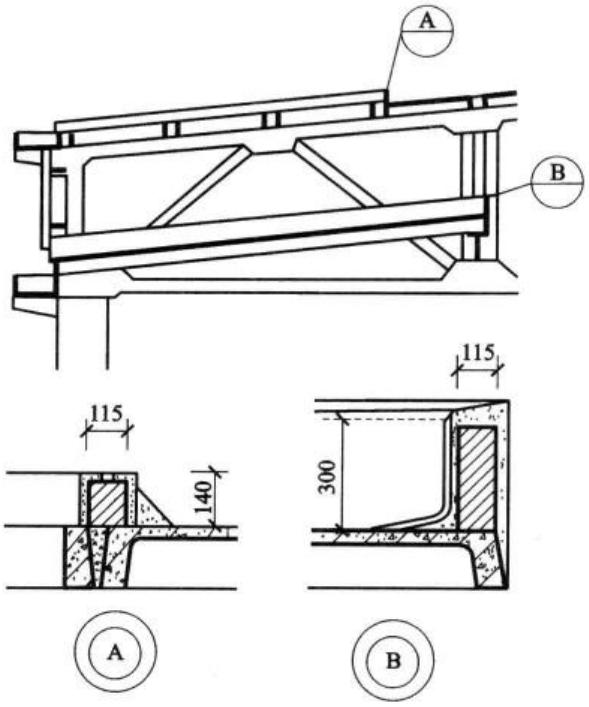


图 15.57　泛水构造

表 15.5　用于井式天窗的屋架形式

类型	双竖杆屋架	无竖杆屋架	全竖杆屋架
平行弦			
梯形			
拱形			
折线形			
三角形			

15.4　屋面构造

单层工业厂房屋面的基本构造与民用房屋基本相同，但也存在一定的差异。一是单层工业厂房屋面面积大、接缝多，且多跨厂房各跨间还会有高差，对排水不利；二是屋面上常设有各种天窗、天沟、檐沟、雨水管等，构造复杂；三是屋面受日晒、雨淋、冷热气候等自然条件和震动、高温、腐蚀、积灰等因素的影响，若屋面的排水、防水处理不当，便容易出现渗漏现象而影响生产和厂房的耐久性。因此，解决好屋面的排水和防水是厂房屋面构造的主要问题。

15.4.1 屋面基层类型及组成

屋面基层分有檩体系与无檩体系两种(图 15.58)。有檩体系是在屋架(或屋面梁)上弦搁置檩条,在檩条上铺小型屋面板(或瓦材)。无檩体系是在屋架(或屋面梁)上弦直接铺设大型屋面板。目前,在工程实践中无檩体系广为应用。屋面基层结构常用的大型屋面板及檩条如图 15.59 所示。

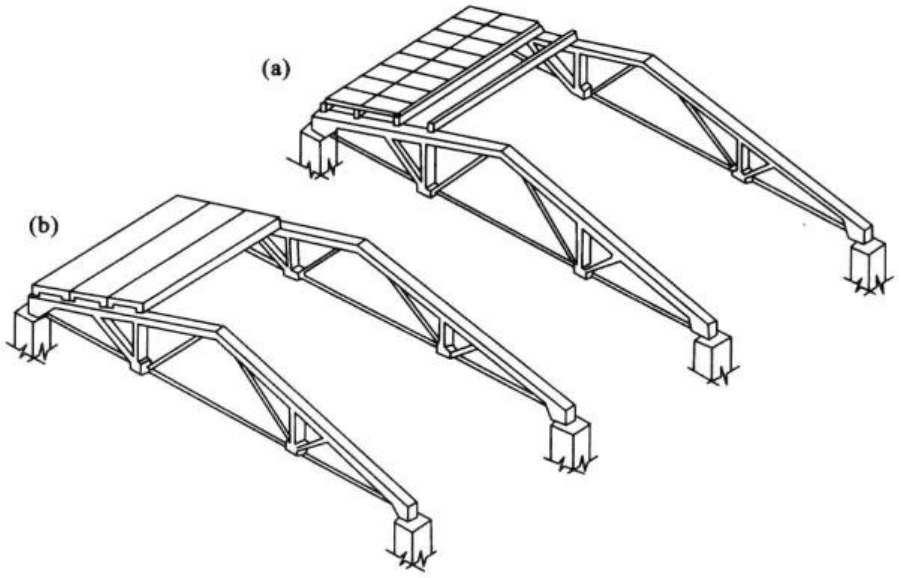


图 15.58 屋面基层结构类型

(a) 有檩体系;(b) 无檩体系

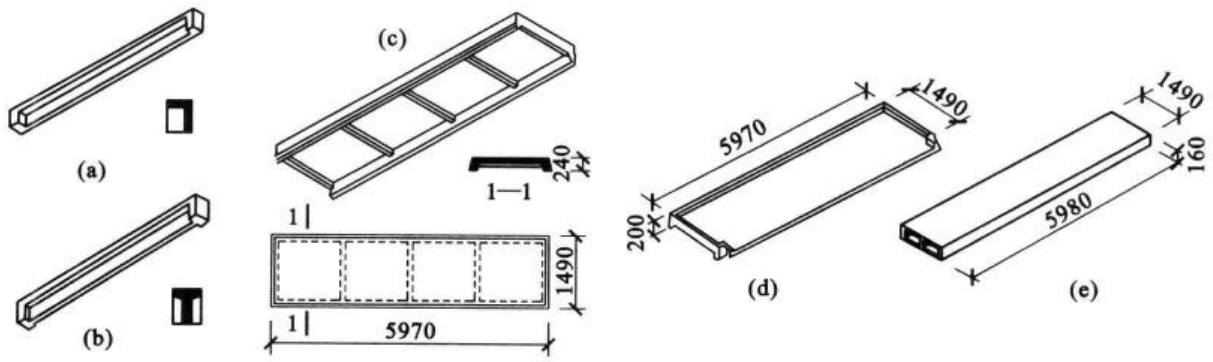


图 15.59 钢筋混凝土大型屋面板

(a) L 形檩条;(b) T 形檩条;(c) 肋形板;(d) F 形板;(e) 预应力空心屋面板

15.4.2 屋面排水方式与排水坡度

15.4.2.1 排水方式

屋面排水方式应结合厂房的剖面形式、生产工艺特点、地区气候状况、技术经济条件等因素来选择。屋面排水方式基本上可分为无组织排水和有组织排水两大类。

(1) 无组织排水

无组织排水也称自由落水(图 15.60),是使雨水顺屋坡流向屋檐,然后自由落到地面。无组织排水的特点是在屋面上不设天沟,厂房内部也不需设置雨水管及地下雨水管

网，构造简单、施工方便、造价经济。它适用于降雨量不大的地区，檐高较低的单跨或多跨厂房的边跨屋面，以及工艺上有特殊要求的厂房。

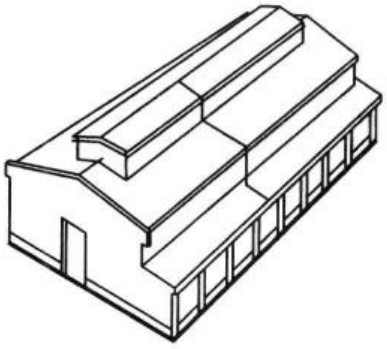


图 15.60　无组织排水示意图

无组织排水屋面的檐口须设挑檐。挑檐长度一般不宜小于 500 mm；辅助厂房或天窗的挑檐长度可减小到 300 mm。

(2) 有组织排水

有组织排水是通过屋面上的天沟、雨水斗、雨水管等有组织地将雨水疏导到散水坡、雨水明沟或雨水管网。根据排水组织及位置的不同，有组织排水通常可分为外排水、内排水和内落外排水等几种形式。

长天沟外排水：长天沟外排水是沿厂房屋面的长度做贯通的天沟，并利用天沟的纵向坡度将雨水引向端部山墙外部的雨水竖管排出(图 15.61)。这种方式构造简单，施工方便，造价较低，但受地区降雨量、汇水面积、纵向坡度等因素影响，天沟长度受到限制，全长一般以不超过 100 m 为宜。长天沟板端部应做溢流口，以防止在暴雨时因竖向雨水管来不及泄水而发生天沟漫水现象。

檐沟外排水：当厂房较高或降雨量较大，不宜做无组织排水时，可在厂房檐口处做檐沟外排水。即在檐口处设置檐沟板用来汇集雨水，并安装雨水斗连接雨水竖管，如图 15.62所示。檐沟外排水可弥补内落水的缺点，又可免去自由落水的局限性，具有构造简单、施工方便的优点，因此在我国南方地区采用较多。

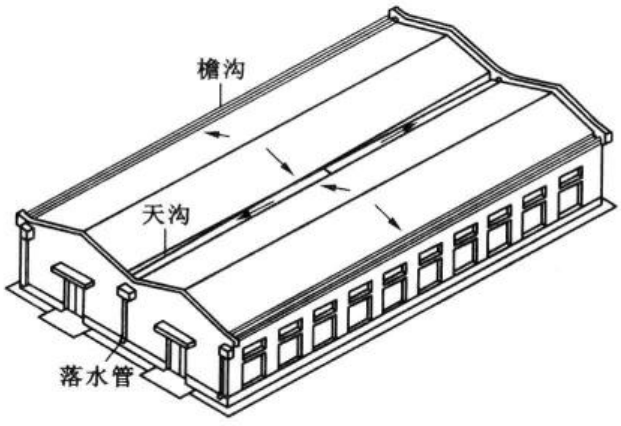


图 15.61　长天沟外排水

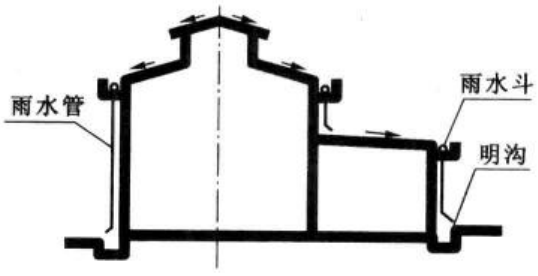


图 15.62　檐沟外排水示意图

内排水：如图 15.63 所示，将屋面汇集的雨水引向中间跨天沟和边墙天沟处，再经雨水斗引入厂房内的雨水竖管及地下雨水管网。内排水不受厂房高度限制，屋面排水组织灵活，适用于多跨厂房。在严寒多雪地区，采用内排水可防止因结冻胀裂引起屋檐和外部雨水管的破坏。

内落外排水：在多跨厂房内可用水平悬吊管将雨水斗连通到外墙的雨水竖管处，悬吊管穿过外墙，使雨水在墙外经竖管排入地下雨水管网或明沟内(图 15.64)。这种方式可避免在厂房内部敷设雨水地沟，对工艺设备布置较为有利。

15.4.2.2　排水坡度

屋面具有合适的坡度，才能使雨水顺利地排除。合理的排水坡度与屋面的防水材料、

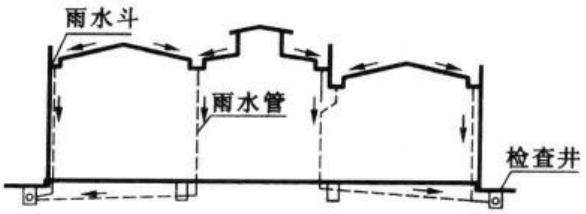


图 15.63　内排水排水示意图

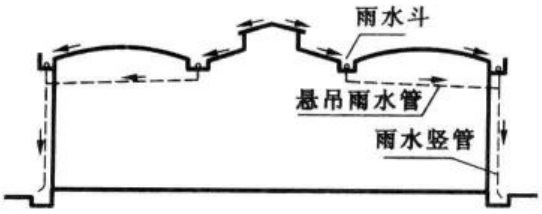


图 15.64　内落外排水示意图

屋盖构造、屋架形式、地区降雨量等都有密切关系。我国厂房现在常用的屋面防水方式有油毡卷材防水、构件自防水和刚性防水等数种。构件自防水屋面中又有嵌缝式和搭盖式两种形式。不同的防水方式对屋面坡度的要求也不同。

15.4.3　屋面防水

单层厂房屋面防水主要有卷材防水、构件自防水和各种波形瓦(板)屋面防水等类型。

15.4.3.1　卷材防水

卷材屋面在单层厂房中的做法与民用房屋类似,但屋面基层略有不同。单层厂房卷材屋面基层必须保证一定的刚度和不易变形的要求,才能保证防水质量。由于屋面荷载大、振动多、机械作用频繁,因此变形的可能性大,一旦基层刚度不足或变形过大,则卷材易被拉裂或从接缝处被拉开,难以保证防水质量。

下面仅以基层用 6 m×1.5 mⅡ型装配式预应力钢筋混凝土屋面板为例,说明单层厂房卷材屋面的构造特点:

(1) 接缝。大型屋面板的接缝,必须嵌填密实。实践证明,屋面板长边主肋交接缝,只需将缝嵌好,一般不另做其他处理;而屋面板短边端肋相接处,如不妥善处理,卷材有被拉裂的可能。一般是在接缝处找平层上,盖以宽约 300 mm 的干铺油毡条,为定位,可一面点粘(或条粘);但在檐口处 500 mm 以内则满铺玛瑞脂,以防风揭卷材。在干铺油毡条上,再按常规二毡三油或三毡四油铺贴。其做法如图 15.65 所示。

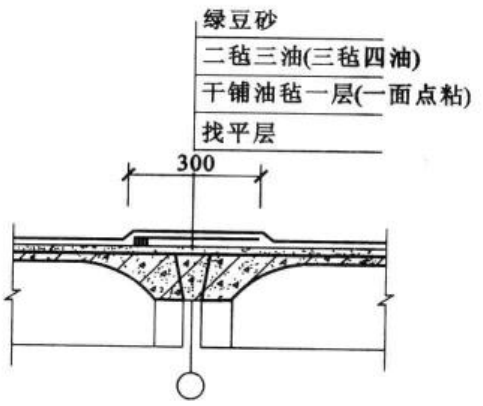


图 15.65　大型屋面板卷材屋面端肋接缝

(2) 檐沟、天沟。在少雨地区,屋顶檐沟及中间天沟,可直接在屋面板上用垫坡形成。图 15.66 为其示例,该例为寒冷地区保暖做法,

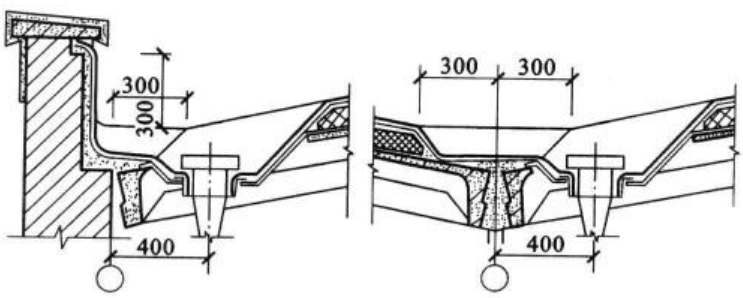


图 15.66　直接在屋面板上做天沟或檐沟

在檐沟及天沟处不做保温层，既便于利用室内传热融雪化冰，使排水畅通，又便于在屋面板上打洞和设置铁集水盘，并适当降低雨水斗位置，使排水畅通。图 15.67 为天沟或檐沟雨水斗的构造示例。在多雨地区，为增加沟的汇水量，宜设断面为槽形的天沟及檐沟，其做法可参考图 15.68、图 15.69。

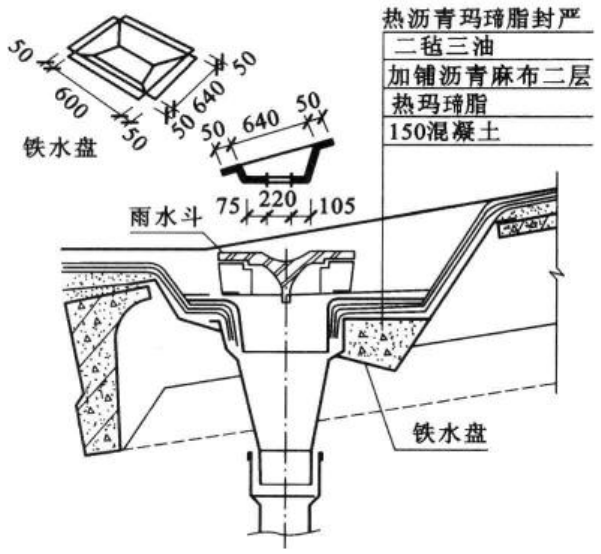


图 15.67　雨水斗组成及构造

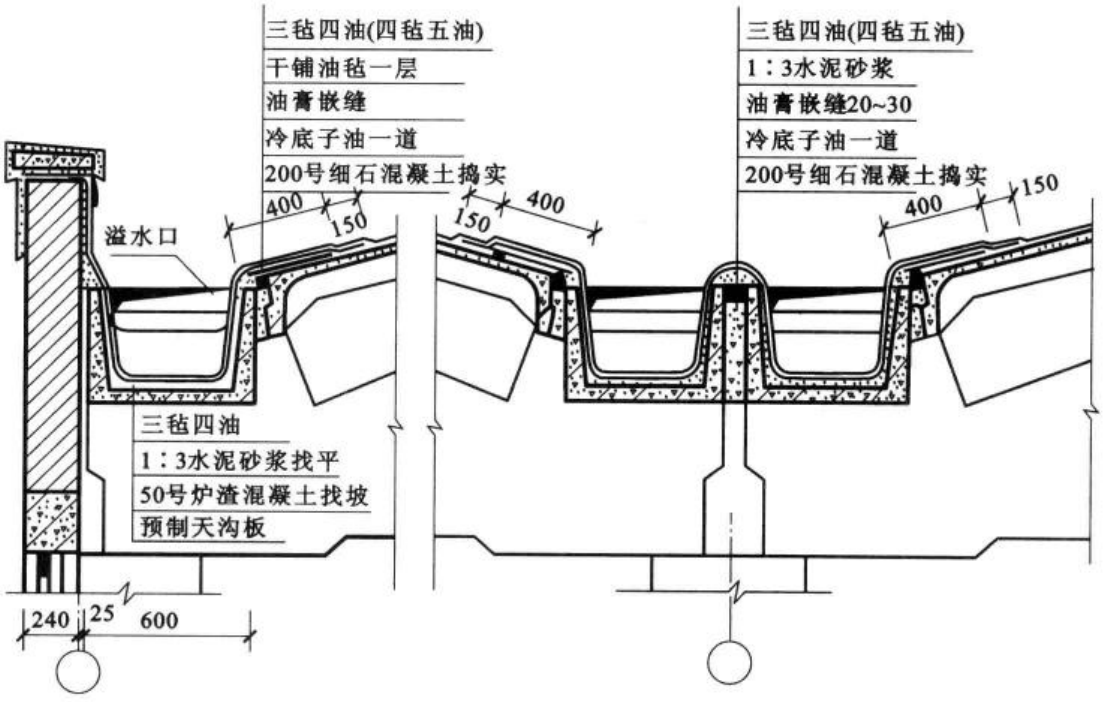


图 15.68　拱形屋架上设槽形天沟构造

平行等高跨中天沟用双沟式，是因为施工吊装方便。如用较宽单天沟，则只有等相邻两跨屋架安装后，才能吊天沟板。沟与屋面板的接缝处是防水的薄弱部位，应做加强防水处理，见图 15.69。为保证沟内不致有过多积水，可设溢水口，溢水口通常设在山墙上。等高跨中天沟处如有变形缝，可按图 15.70 所示的方式处理。

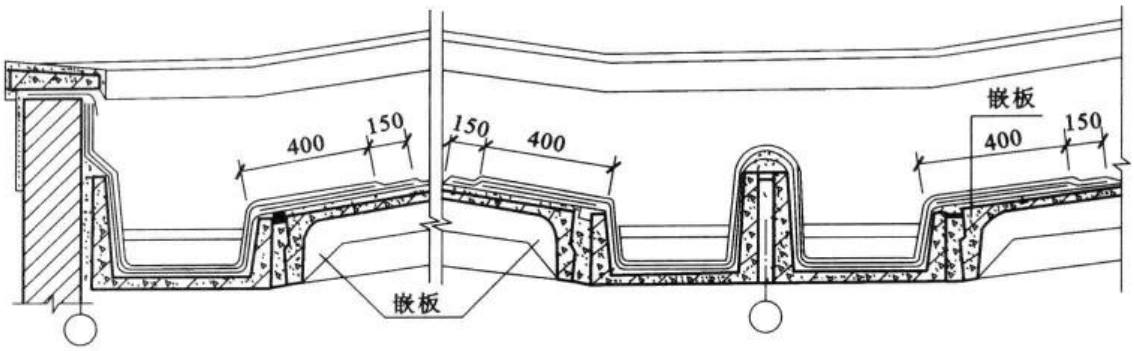


图 15.69　折线形屋架上或梯形屋架上槽形天沟构造

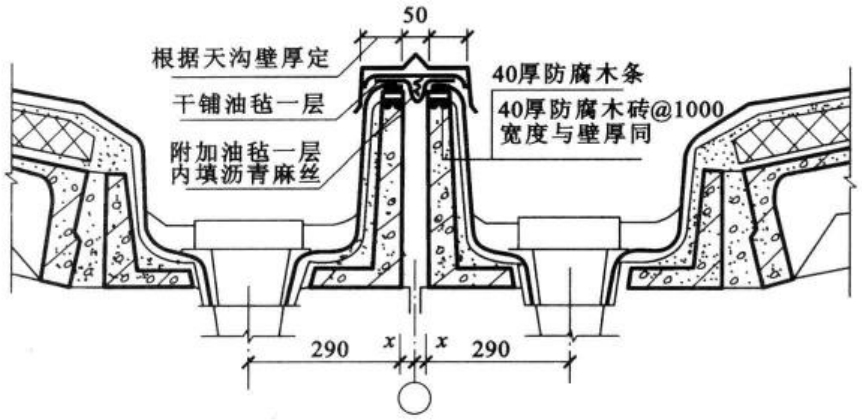


图 15.70　折线形或梯形屋架上中间天沟变形缝

檐沟亦可设置在屋架挑出的牛腿或挑梁上(图 15.71),此时檐沟可兼做挑檐,并能起到保护外墙的作用。雨水管直接沿外墙面引下,可减少室内地下管道。

(3) 高低跨处泛水。在厂房平行高低跨处如无变形缝时,若用墙梁承受侧墙墙体,墙梁下需设牛腿,牛腿有一定高度,因此,高跨墙梁与低跨屋面之间形成一段较大的空隙,这一段空隙泛水做法如图 15.72(a),在高低跨处,若必须将上部屋面的雨水用雨水管引至下部屋面,则应在下部屋面上设混凝土滴水板,如图 15.72(b),以免雨水直接冲刷屋面而降低耐久性。

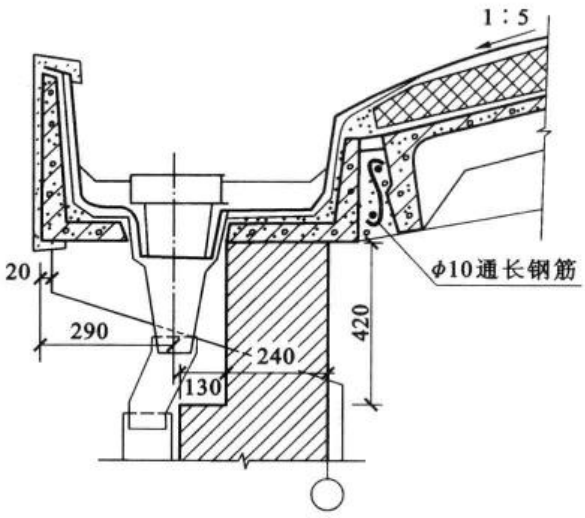


图 15.71　挑檐沟

15.4.3.2　构件自防水

构件自防水屋面,是利用屋面板本身的密实性和平整度(或者再加涂防水涂料)、大坡度,再配合油膏嵌缝及油毡贴缝或者靠板与板相搭接来盖缝等措施,以达到防水的目的。因此,不宜用于震动较大的厂房。这种防水施工程序简单,省材料,造价低,目前多用于我国南方地区。

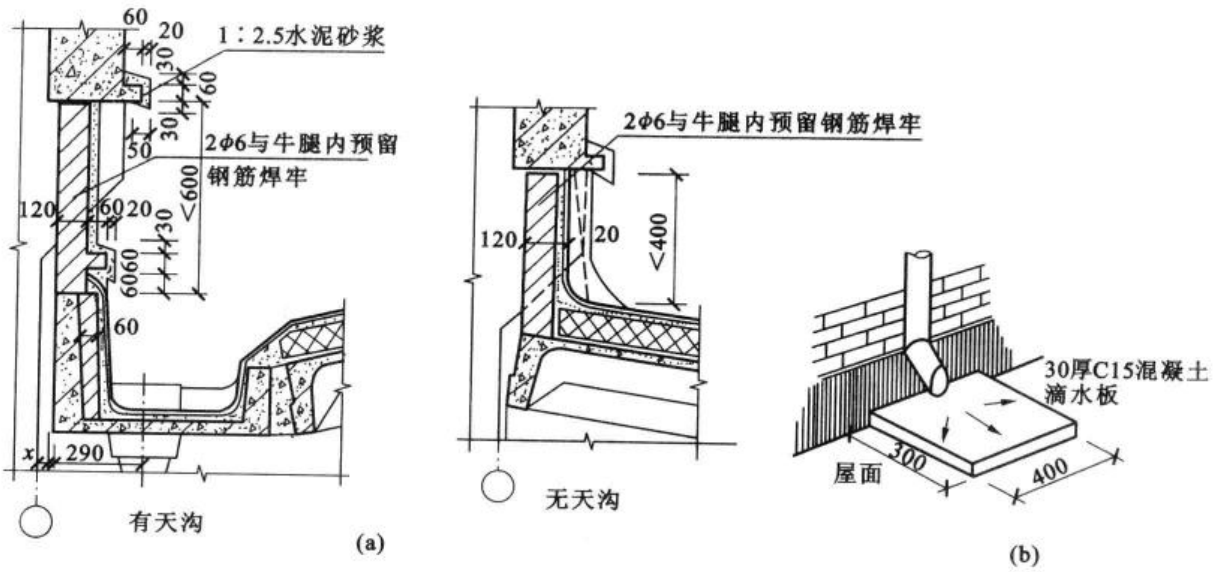


图 15.72　构件自防水的做法

(a) 高低跨处泛水；(b) 高低屋面处设滴水板

构件自防水屋面，按照板缝的构造方式可分为嵌缝(脊带)式和搭盖式两种基本类型。

(1) 嵌缝(脊带)式

采用油膏嵌缝的构件自防水屋面，是在改进油毡防水和刚性防水的基础上发展起来的。即将大型屋面板上部的找平层、防水层取消，直接在大型屋面板的板缝中嵌灌防水油膏，同时，依靠板面本身的平整度和密实性进行防水(必要时加防水涂料)，见图 15.73。为改进上述构造的板缝防水性能，在其上面再粘贴卷材防水层(一布二油或二毡三油)，就构成了脊带式防水。

为增强屋面的整体刚度，不论板的纵缝、横缝和脊缝均应灌以水泥砂浆或细石混凝土，其表面应低于板面 20～30 mm，以保证嵌灌油膏的深度。为增加油膏与混凝土的粘结力，在嵌灌油膏之前须将槽口清扫干净，并满涂冷底子油一遍。

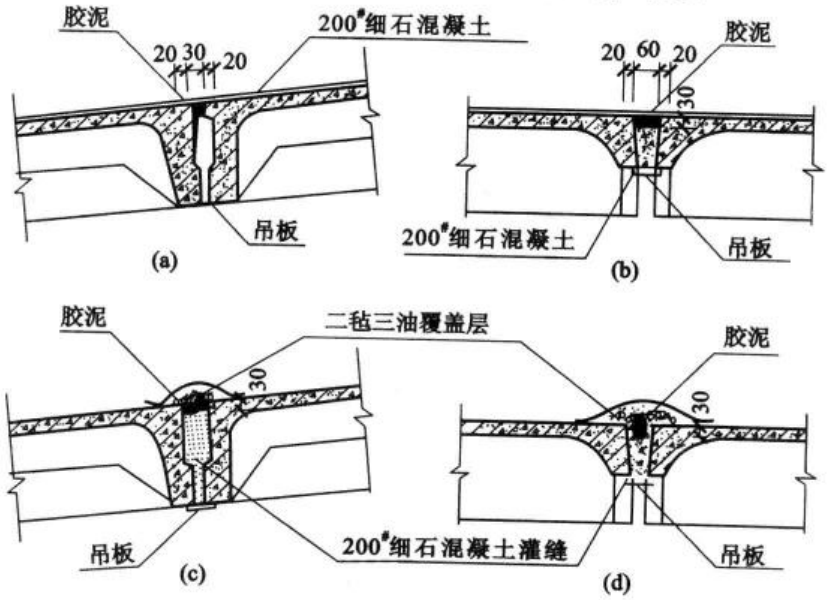


图 15.73　屋面纵横缝的嵌缝

(a) 纵缝(无覆盖层)；(b) 横缝(无覆盖层)；(c) 纵缝(有覆盖层)；(d) 横缝(有覆盖层)

(2) 搭盖式

搭盖式构件自防水的特点是利用屋面板的搭接构造解决板缝间的防水问题。它不需在屋面上铺设油毡。构件在加工厂制作，现场吊装后，屋面的防水工程即告完成。因而改善了施工条件，加快了施工进度。

搭盖式构件自防水按屋盖的结构体系来分，可分为无檩式和有檩式两种。前者构件仍属大型的屋面板，如F形屋面板等；后者为轻型构件，如钢筋混凝土槽瓦等。图15.74为F形屋面板示意图。

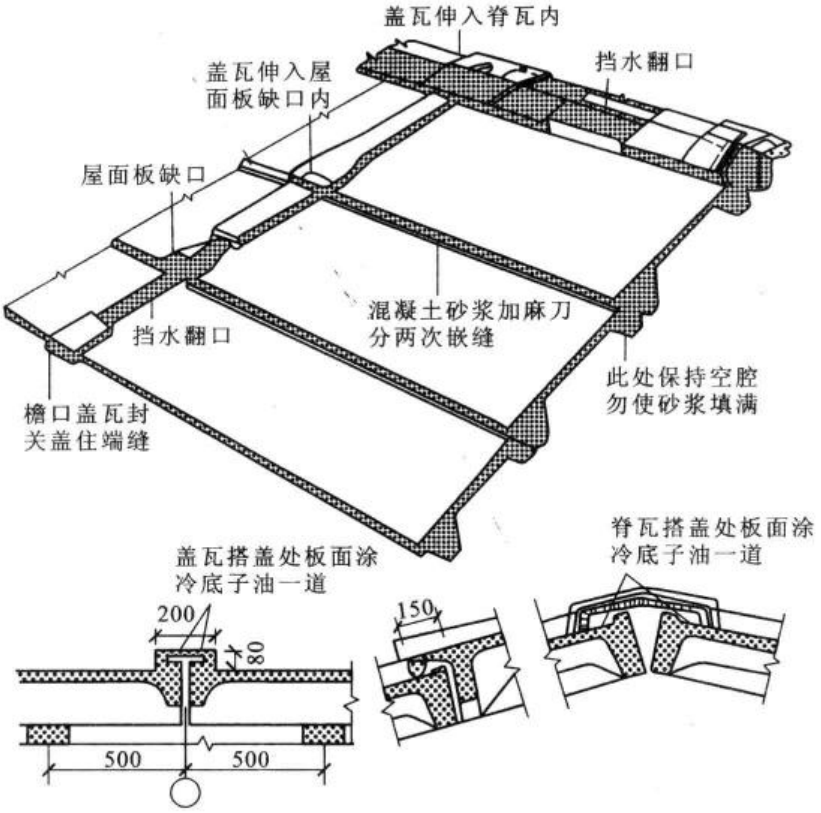


图15.74　F形屋面板示意图

15.4.3.3　瓦屋面

(1) 波形石棉水泥瓦

波形石棉水泥瓦属于轻型瓦材，在国内外被广泛应用于屋面及墙面。它具有自重轻，施工简便，耐水、耐火等优点；但缺点是易脆裂变形，不适于温湿突变，也不适于震动较大、积灰较多、防水要求较高以及屋面有大量管道和烟囱穿过的厂房。

波形石棉水泥瓦(以下简称石棉瓦)分大、中、小三种瓦形，屋脊用脊瓦。其构造要点如下：

① 石棉瓦铺设。石棉瓦应逆主导风向铺设，瓦缝力求搭接严密，搭接时石棉瓦纵横缝相交处会出现四块边角重叠的情况，应随铺瓦方向的不同，事先将斜对角的瓦片割角，如将上下两排石棉瓦长边搭缝错开，则可免去四角相碰的缺点，但边缘石棉瓦，仍有非标准尺寸出现，如图15.75所示。

② 石棉瓦的固定。如图15.76所示，石棉瓦与檩条通过钢筋钩或扁钢钩固定。钢筋钩上端带有螺栓，钩的形状可根据檩条形式而变化。带钩螺栓的垫圈宜用沥青卷材、塑

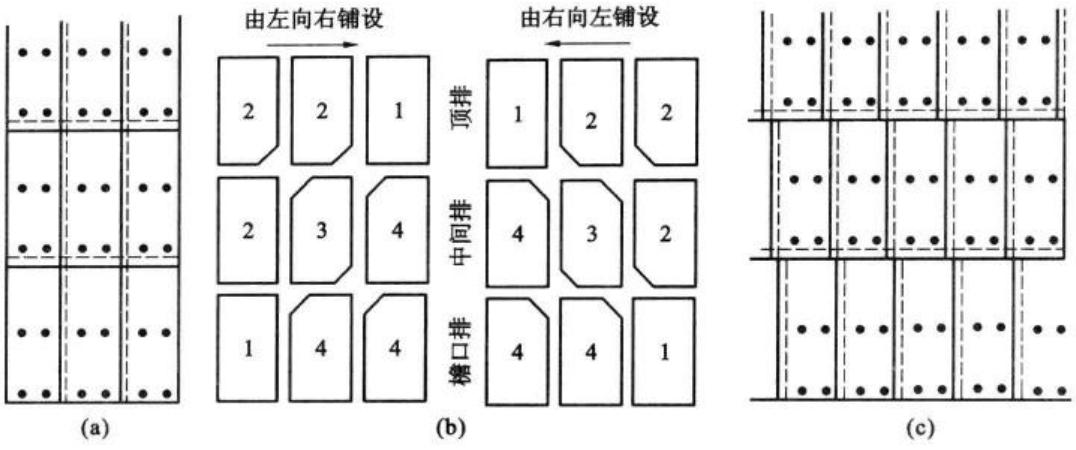


图 15.75　波形石棉水泥瓦屋面铺设

(a) 切角铺设法示意图;(b) 切角铺设法示意图;(c) 不切角错位排瓦铺设法示意图

料、毛毡、橡胶等弹性材料制作。带钩螺栓比扁钢钩连接牢固,宜用来固定檐口及屋脊处的瓦材,但不宜旋拧过紧,应保持石棉瓦与檩条之间略有弹性,使石棉瓦受风力、温度、应力影响时有伸缩余地。

与波形石棉水泥瓦同类型的屋面构件还有很多,如沥青玻璃纤维瓦、波形塑料瓦、波形玻璃钢瓦等,其构造原理基本相同。

(2) 压型钢板

压型钢板是用 0.6～1.6 mm 厚的镀锌钢板或冷轧钢板经辊压或冷弯成各种不同形状的多楞形板材。它的特点是质轻、耐久、美观、易于加工、安装简便,但耗用钢材多、造价高。

镀锌薄钢板有平板型,也有冷压成各种形状的,但以瓦楞板和压型折板为主(图 15.77)。钢板内外表面可加合成树脂涂料面层,这种面层具有耐热、耐腐蚀的保护作用。压成 V 形和 W 形的钢板屋面的特点是波峰高、自身刚度较大,因此檩距可以加大(亦可直接铺设在钢梁上,跨度可达 10 m)而节约钢材。V 形折板还可直接用特殊螺栓固定在檩条上,节点连接较为牢固。图 15.78 为 V 形钢折板屋面构造示例。

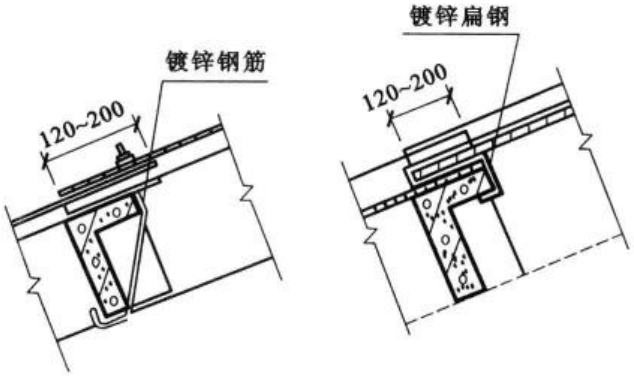


图 15.76　石棉瓦与檩条固定

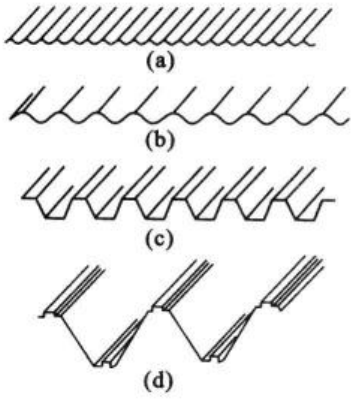


图 15.77　压型钢板板型

(a) 小波瓦楞钢板;(b) 大波瓦楞钢板;(c) V 形钢板;(d) W 形钢板

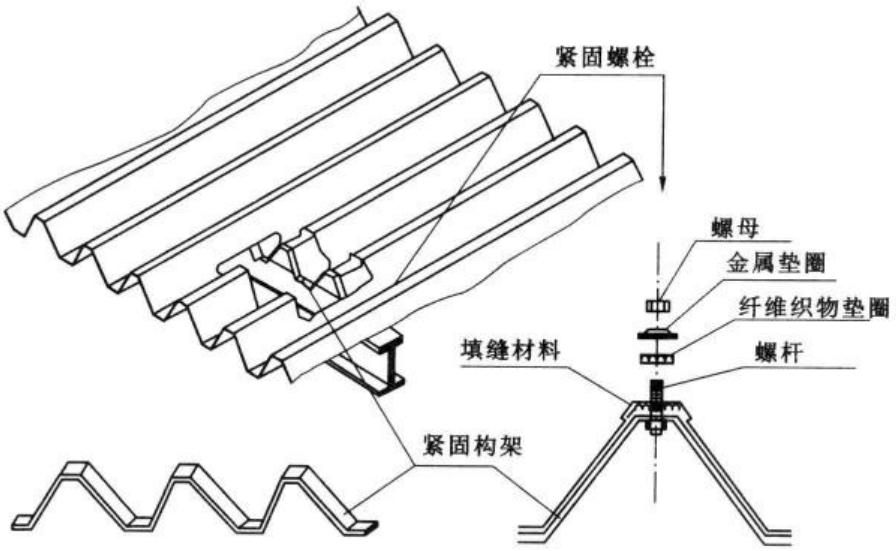


图 15.78　V 形钢折板屋面构造示例

15.4.4　屋面保温、隔热

厂房屋面保温、隔热与民用建筑屋面的做法类似，但应注意以下问题：

(1) 保温

保温一般只在采暖及空调厂房中考虑。保温层大多数设在屋面板上，其做法与民用建筑屋面相同。设在屋面板下的保温层构造如图 15.79 所示，主要用于构件自防水。夹心板材如图 15.80 所示，兼承重、保温、防水等功能，但裂缝、变形、冷桥问题尚需进一步解决。此外，厂房和民用建筑一样，也可以在屋面下设天棚，在天棚内设保温层，保温效果较好，但造价较高。

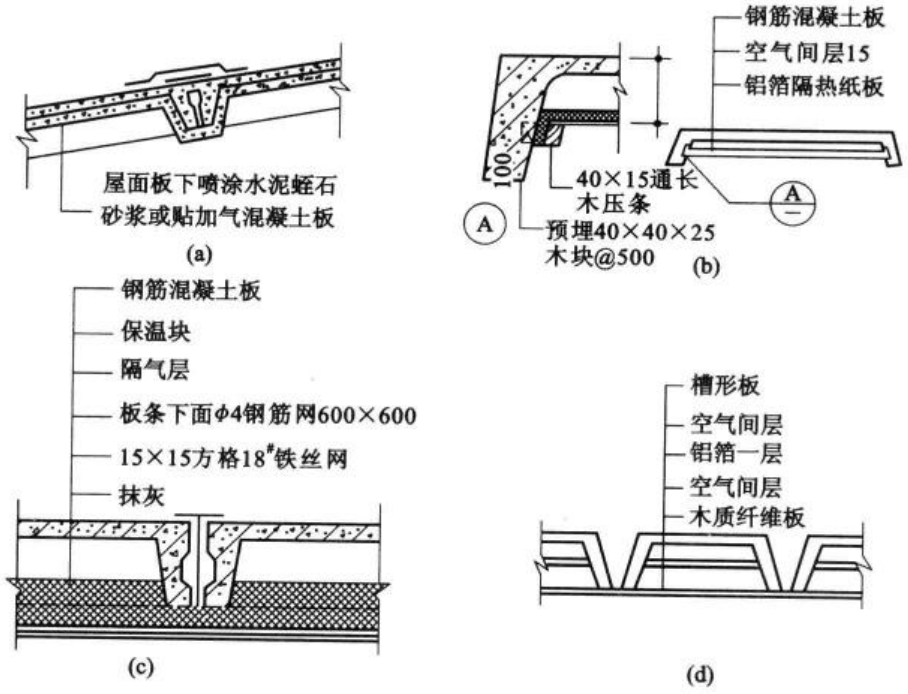


图 15.79　屋面板下设保温层构造

(a) 直接喷涂；(b) 钉铝箔隔热纸板；(c) 吊保温块板条抹灰；(d) 同(b)加钉木质纤维板

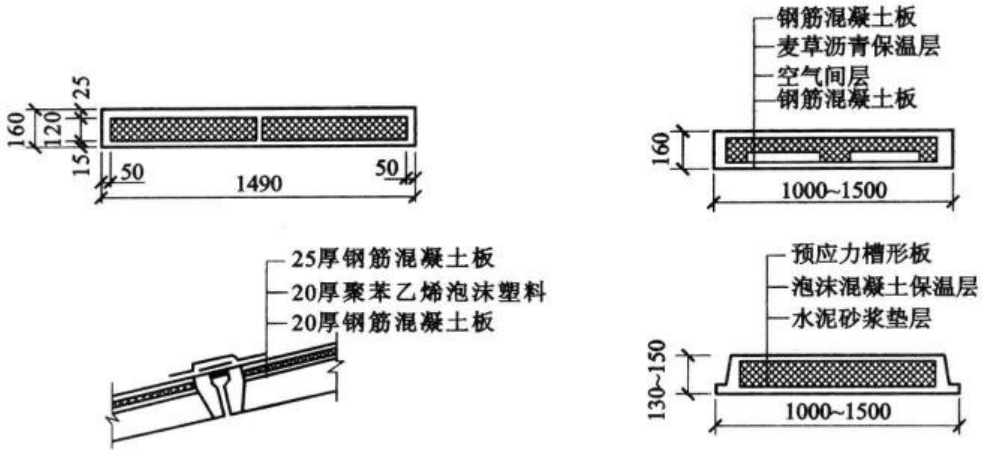


图 15.80　夹心保温板

（2）隔热

厂房屋面隔热，除有空调的厂房外，一般只是在炎热地区较低矮的厂房才做隔热处理。如厂房屋面高度大于 9 m，可不隔热，主要靠通风解决屋面散热问题；如厂房屋面高度小于或等于 9 m，但大于 6 m，且高度大于跨度的 1/2 时不需隔热；若高度小于或等于跨度的 1/2 时可隔热；如厂房屋面高度小于或等于 6 m，则需隔热。单层厂房屋面的隔热，可采用民用建筑的屋面隔热措施。

复习思考题

1. 单层厂房大门构造有什么要求？常用大门构造有哪些？
2. 厂房侧窗设计时应注意哪些问题？
3. 厂房地面构造应注意哪些问题？垫层、地面、接缝有什么具体要求？
4. 矩形天窗的构造组成如何？
5. 矩形通风天窗的构造组成如何？
6. 多跨屋面排水方式有哪些？如何选择排水方式？
7. 单层厂房屋面防水做法与民用建筑相比有哪些不同？
8. 单层厂房屋面保温、隔热方法与民用建筑相比有哪些不同？

16

单层钢结构厂房设计

本章提要

本章主要介绍了单层钢结构厂房的形式，结构设计的基本方法，框架设计的要点及屋盖设计的基本方法。

16.1 钢结构厂房结构的形式和布置

16.1.1 钢结构厂房结构的组成

厂房结构一般是由屋盖结构、柱、吊车梁、制动梁(或桁架)、各种支撑以及墙架等构件组成的空间体系(图 16.1)。这些构件按其作用可分为下面几类：

(1) 横向框架由柱和它所支承的屋架组成，是厂房的主要承重体系，承受结构的自重，风、雪荷载和吊车的竖向与横向荷载，并把这些荷载传递到基础。

(2) 屋盖结构是承担屋盖荷载的结构体系，包括横向框架的横梁、托架、中间屋架、天窗架、檩条等。

(3) 支撑体系包括屋盖部分的支撑和柱间支撑等，它一方面与柱、吊车梁等组成厂房的纵向框架，承担纵向水平荷载；另一方面又把主要承重体系由个别的平面结构连成空间的整体结构，从而保证了厂房结构所必需的刚度和稳定。

(4) 吊车梁和制动梁(或制动桁架)主要承受吊车竖向及水平荷载，并将这些荷载传到横向框架和纵向框架上。

(5) 墙架承受墙体的自重和风荷载。

此外，还有一些次要的构件如梯子、走道、门窗等。在某些厂房中，由于工艺操作上的要求，还设有工作平台。

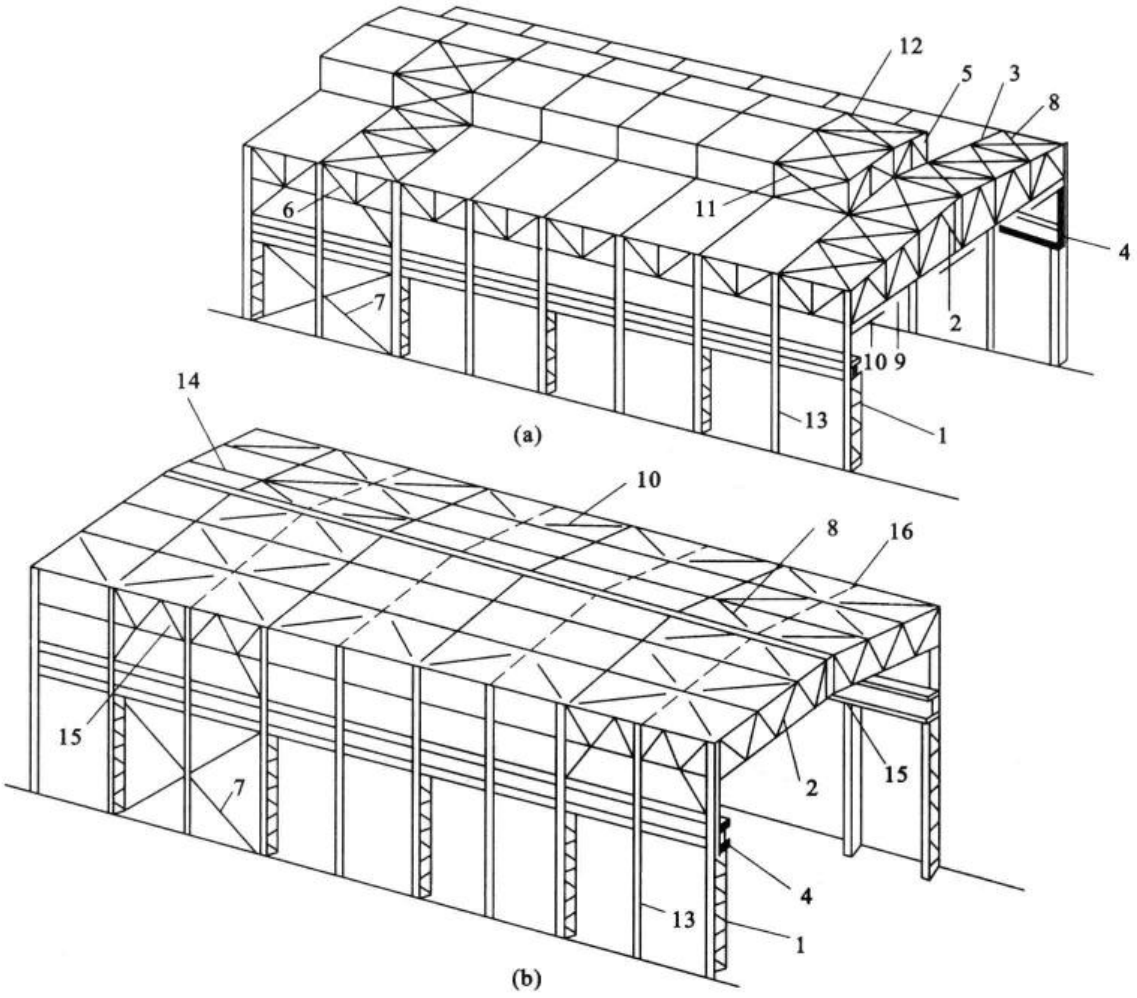


图 16.1　厂房结构的组成示例

(a) 无檩屋盖；(b) 有檩屋盖

1—框架柱；2—屋架(框架横梁)；3—中间屋架；4—吊车梁；5—天窗架；6—托架；7—柱间支撑；8—屋架上弦横向支撑；9—屋架下弦横向支撑；10—屋架纵向支撑；11—天窗架垂直支撑；12—天窗架横向支撑；13—墙架柱；14—檩条；15—屋架垂直支撑；16—檩条间撑杆

16.1.2　钢结构厂房的设计步骤

进行厂房设计时，首先要对厂房的建筑和结构进行合理的规划，使其满足工艺和使用要求，并考虑将来可能发生的生产流程变化和发展，然后根据工艺设计确定车间平面及高度方向的主要尺寸，同时布置柱网和温度伸缩缝，选择主要承重框架的形式，并确定框架的主要尺寸；布置屋盖结构、吊车道结构、支撑体系及墙架体系。

结构方案确定以后，即可按设计资料进行静力计算、构件及连接设计，最后绘制施工图，设计时应尽量采用构件及连接构造的标准图集。

16.1.3　柱网和温度伸缩缝的布置

16.1.3.1　柱网布置

进行柱网布置时，应注意以下几方面的问题：

① 满足生产工艺的要求　柱的位置应与地上、地下的生产设备和工艺流程相配合，还应考虑生产发展和工艺设备更新问题。

② 满足结构的要求　为了保证车间的正常使用，有利于吊车运行，使厂房具有必要的横向刚度，应尽可能将柱布置在同一横向轴线上（图 16.2），以便与屋架组成刚度较高的横向框架。

③ 符合经济合理的要求　柱的纵向间距同时也是纵向构件（吊车梁、托架等）的跨度，它的大小对结构重量影响很大，厂房的柱距增大，可使柱的数量减少，总重量随之减少，同时也可减少柱基础的工程量，但会使吊车梁及托架的重量增加。最适宜的柱距与柱上的荷载及柱高有密切关系。在实际设计中要结合工程的具体情况进行综合方案比较才能确定。

④ 符合柱距规定要求　近年来，随着压型钢板等轻型材料的采用，厂房的跨度和柱距都有逐渐增大的趋势。对结构构件进行统一化和标准化以降低制作和安装的工作量。对厂房横向，当厂房跨度 $L \leqslant 18$ m 时，其跨度应采用 3 m 的倍数；当厂房跨度 $L > 18$ m 时，其跨度应采用 6 m 的倍数。只有在生产工艺有特殊要求时，跨度才采用 21 m、27 m、33 m 等。对厂房纵向，以前基本柱距一般采用 6 m 或 12 m；现在采用压型钢板作屋面和墙面材料的厂房日益广泛，常以 18 m 甚至 24 m 作为基本柱距。多跨厂房的中列柱，常因工艺要求需要“拔柱”，其柱距为基本柱距的倍数，最大可达 48 m。

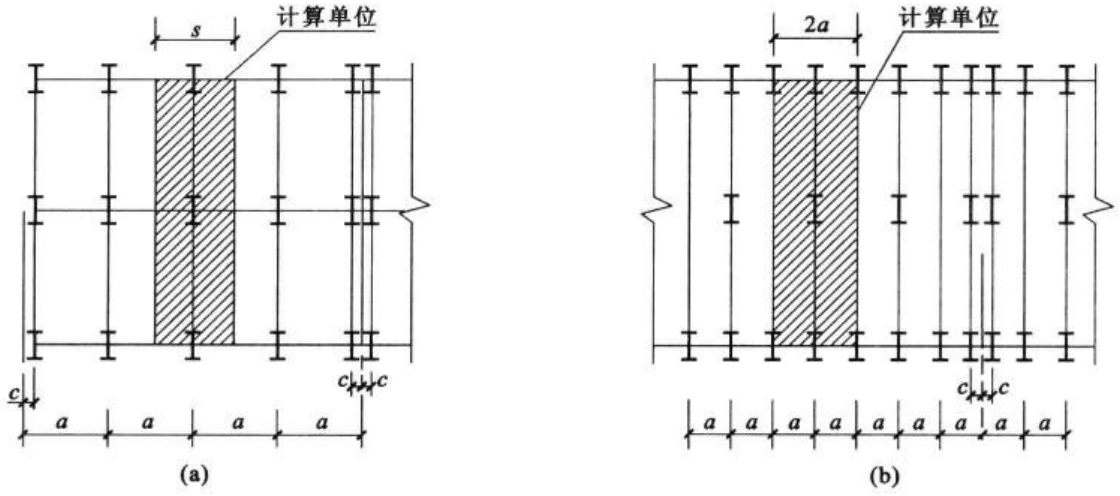


图 16.2　柱网布置和温度伸缩缝

（a）各列柱距相等；（b）中列柱有拔柱

16.1.3.2　温度伸缩缝

温度变化将引起结构变形，使厂房结构产生温度应力。故当厂房平面尺寸较大时，为避免产生过大的温度变形和温度应力，应在厂房的横向或纵向设置温度伸缩缝。

温度伸缩缝的布置决定于厂房的纵向和横向长度。纵向很长的厂房在温度变化时，纵向构件伸缩的幅度较大，引起整个结构变形，使构件内产生较大的温度应力，并可能导致墙体和屋面的破坏。为了避免这种不利后果的产生，常采用横向温度伸缩缝将厂房分成伸缩时互不影响的温度区段。按规范规定，当温度区段长度不超过表 16.1 的数值时，可不计算温度应力。

表 16.1　温度区段长度值

结构情况	温度区段长度(m)		
	纵向温度区段 (垂直于屋架或构架跨度方向)	横向温度区段(沿屋架或构架跨度方向)	
		柱顶为刚接	柱顶为铰接
采暖房屋和非采暖地区的房屋	220	120	150
热车间和采暖地区的非采暖房屋	180	100	125
露天结构	120	—	—

温度伸缩缝最普遍的做法是设置双柱。即在缝的两旁布置两个无任何纵向构件连系的横向框架，使温度伸缩缝的中线和定位轴线重合；在设备布置条件不允许时，可采用插入距的方式，将缝两旁的柱放在同一基础上，其轴线间距一般可采用 1 m，对于重型厂房由于柱的截面较大，可能要放大到 1.5 m 或 2 m，有时甚至到 3 m，方能满足温度伸缩缝的构造要求。为节约钢材也可采用单柱温度伸缩缝，即在纵向构件(如托架、吊车梁等)支座处设置滑动支座，以使这些构件有伸缩的余地。不过单柱伸缩缝使构造复杂，实际应用较少。

当厂房宽度较大时，也应该按规范规定布置纵向温度伸缩缝。

16.2　钢结构厂房的框架形式

厂房的主要承重结构通常采用框架体系，因为框架体系的横向刚度较大，且能形成矩形的内部空间，便于桥式吊车运行，能满足使用上的要求。

厂房横向框架的柱脚一般与基础刚接，而柱顶可分为铰接和刚接两类。柱顶铰接的框架对基础不均匀沉陷及温度影响敏感性小，框架节点构造容易处理，且因屋架端部不产生弯矩，下弦杆始终受拉，可免去一些下弦支撑的设置。但柱顶铰接时下柱的弯矩较大，厂房横向刚度差，因此一般用于多跨厂房或厂房高度不大而刚度容易满足的情况。当采用钢屋架、钢筋混凝土柱的混合结构时，也常采用铰接框架形式。

反之，在厂房较高，吊车的起重量大，对厂房刚度要求较高时，钢结构的单跨厂房框架常采用柱顶刚接方案。在选择框架类型时必须根据具体条件进行分析比较。

16.2.1　横向框架主要尺寸

框架的主要尺寸见图 16.3 所示。框架的跨度，一般取为上部柱中心线间的横向距离，可由下式定出：

$$L_0 = L_k + 2S \tag{16.1}$$

式中　L_k——桥式吊车的跨度；

S——由吊车梁轴线至上段柱轴线的距离(图 16.4)，应满足下式要求：

$$S = B + D + \frac{b_1}{2} \tag{16.2}$$

式中 B——吊车桥架悬伸长度，可由行车样本查得；

D——吊车外缘和柱内边缘之间的必要空隙；

b_1——上段柱宽度。

S 的取值：对于中型厂房一般采用 0.75 m 或 1 m，重型厂房则为 1.25 m 甚至达2.0 m。

D 的取值：当吊车起重量不大于 500 kN 时，不宜小于 80 mm；当吊车起重量大于或等于 750 kN 时，不宜小于 100 mm；当在吊车和柱之间需要设置安全走道时，则 D 不得小于 400 mm。

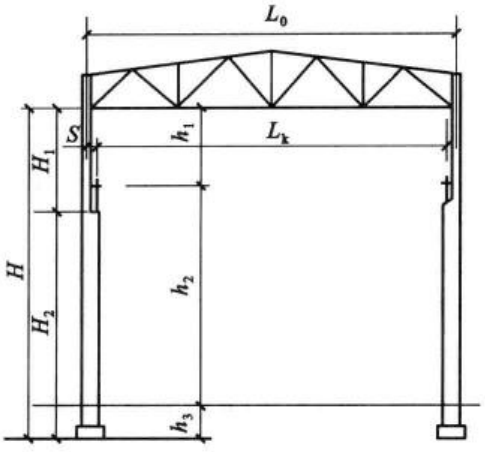


图 16.3 横向框架的主要尺寸

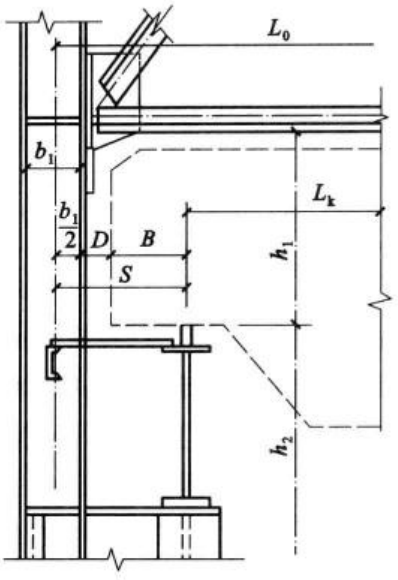


图 16.4 柱与吊车梁轴线间的净空

框架由柱脚底面到横梁下弦底部的距离：

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \tag{16.3}$$

式中 h_3——地面至柱脚底面的距离，中型车间约为 0.8～1.0 m，重型车间为 1.0～1.2 m；

h_2——地面至吊车轨顶的高度，由工艺要求决定；

h_1——吊车轨顶至屋架下弦底面的距离：

$$h_1 = A + 100 + (150 \sim 200) \quad (\text{mm}) \tag{16.4}$$

式(16.4)中 A 为吊车轨道顶面至起重小车顶面之间的距离；100 mm 是为制造、安装误差留出的空隙；(150～200) mm 则是考虑屋架的挠度和下弦水平支撑角钢的下伸等所留的空隙。

吊车梁的高度可按(1/5～1/12)L 选用，L 为吊车梁的跨度，吊车轨道高度可根据吊车起重量决定。框架横梁一般采用梯形或人字形屋架，其形式和尺寸参见 16.3 节。

16.2.2 横向框架的荷载

作用在横向框架上的荷载可分为永久荷载和可变荷载两种。

永久荷载有：屋盖系统、柱、吊车梁系统、墙架、墙板及设备管道等的自重。这些重量

可参考有关资料、表格、公式进行估计。

可变荷载有：风荷载、雪荷载、积灰荷载、屋面均布活荷载、吊车荷载、地震荷载等。这些荷载可由荷载规范和吊车规格查得。

对框架横向长度超过容许的温度缝区段长度而未设置伸缩缝时，则应考虑温度变化的影响；对厂房地基土质较差、变形较大或厂房中有较重的大面积地面荷载时，则应考虑基础不均沉陷对框架的影响。永久荷载的荷载分项系数为 $\gamma_G=1.2$（计算柱脚锚栓时取 $\gamma_G=1.0$），可变荷载的荷载分项系数 $\gamma_G=1.4$。雪荷载一般不与屋面均布活荷载同时考虑，积灰荷载与雪荷载或屋面均布活荷载两者中的较大者同时考虑。屋面荷载化为均布的线荷载作用于框架横梁上。当无墙架时，纵墙上的风力一般作为均布荷载作用在框架柱上；有墙架时，还应计入由墙架柱传给框架柱的集中风荷载。作用在框架横梁轴线以上的屋架及天窗上的风荷载按集中在框架横梁轴线上计算。吊车垂直轮压及横向水平力一般根据同一跨间、两台满载吊车并排运行的最不利情况考虑，对多跨厂房一般只考虑 4 台吊车作用。

16.2.3 框架柱的类型

框架柱按结构形式可分为等截面柱、阶形柱和分离式柱三大类。

等截面柱有实腹式和格构式两种[图 16.5(a)、图 16.5(b)]，通常采用实腹式。等截面柱将吊车梁支于牛腿上，构造简单，但吊车竖向荷载偏心大，只适用于吊车起重量 $Q<150$ kN，或无吊车且厂房高度较小的轻型厂房中。

阶形柱也可分为实腹式和格构式两种[图 16.5(c)、图 16.5(d)]。从经济角度考虑，阶形柱由于吊车梁或吊车桁架支承在柱截面变化的肩梁处，荷载偏心小，构造合理，其用钢量比等截面柱节省，因而在厂房中广泛应用。阶形柱还根据厂房内设单层吊车或双层吊车做成单阶柱或双阶柱。阶形柱的上段由于截面高度 h 不高（无人孔时 $h=400\sim600$ mm；有人孔时 $h=900\sim1000$ mm），并考虑柱与屋架、托架的连接等，一般采用工字形截面的实腹柱。下段柱，对于边列柱来说，由于吊车肢受的荷载较大，通常设计成不对称截面，中列柱两侧荷载相差不大时，可以采用对称截面。下段柱截面高度不超过 1 m 时，采用实腹式；截面高度超过 1 m 时，采用缀条柱[图 16.5(d)、图 16.5(e)]。

分离式柱[图 16.5(f)]由支承屋盖结构的屋盖肢和支承吊车梁或吊车桁架的吊车肢所组成，两柱肢之间用水平板相连接。吊车肢在框架平面内的稳定性就依靠连在屋盖肢上的水平连系板来解决。屋盖肢承受屋面荷载、风荷载及吊车水平荷载，按压弯构件设计。吊车肢仅承受吊车的竖向荷载，当吊车梁采用突缘支座时，按轴心受压构件设计；当采用平板支座时，仍按压弯构件设计。分离式柱构造简单，制作和安装比较方便，但用钢量比阶形柱多，且刚度较差，只宜用于吊车轨顶标高低于 10 m、且吊车起重量 $Q\geqslant750$ kN 的情况，或者相邻两跨吊车的轨顶标高相差悬殊，而低跨吊车的起重量 $Q\geqslant500$ kN 的情况。

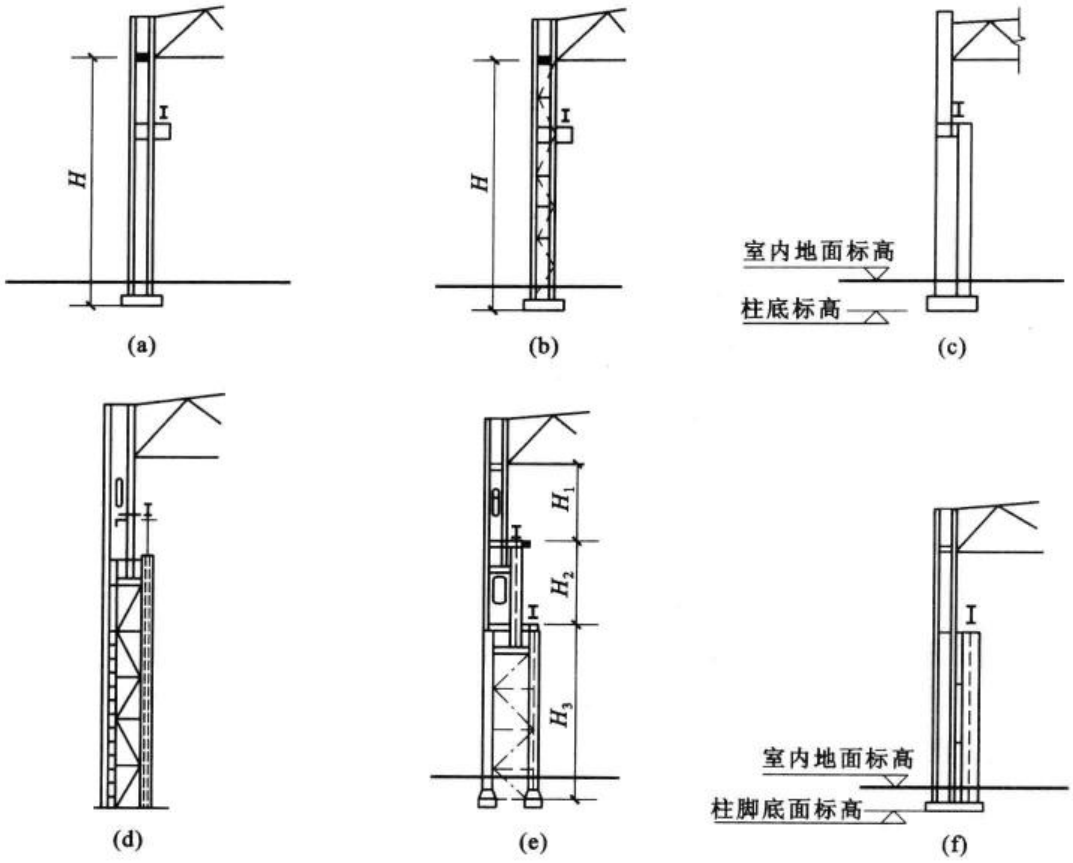


图 16.5　框架柱的形式

(a) 等截面实腹柱；(b) 等截面格构柱；(c) 阶形实腹柱；(d) 阶形格构柱；(e) 双阶柱；(f) 分离式柱

16.2.4　纵向框架的柱间支撑

16.2.4.1　柱间支撑的作用和布置

柱间支撑与厂房框架柱相连接，其作用为：

① 组成坚强的纵向构架，保证厂房的纵向刚度；

② 承受厂房端部山墙的风荷载、吊车纵向水平荷载及温度应力等，在地震区尚应承受厂房纵向的地震力，并传至基础。

③ 可作为框架柱在框架平面外的支点，减少柱在框架平面外的计算长度。

柱间支撑由两部分组成：在吊车梁以上的部分称为上层支撑，吊车梁以下部分称为下层支撑，下层柱间支撑与柱和吊车梁一起在纵向组成刚性很大的悬臂桁架。显然，将下层支撑布置在温度区段的端部，在温度变化的影响方面将是很不利的。因此，为了使纵向构件在温度发生变化时能较自由地伸缩，下层支撑应该设在温度区段中部。只有当吊车位置高而车间总长度又很短(如混铁炉车间)时，下层支撑设在两端不会产生很大的温度应力，而对厂房纵向刚度却能提高很多，这时放在两端才是合理的。

当温度区段小于 90 m 时，在它的中央设置一道下层支撑[图 16.6(a)]，如果温度区段长度超过 90 m，则在它的 1/3 点处各设一道支撑[图 16.6(b)]，以免传力路程太长。

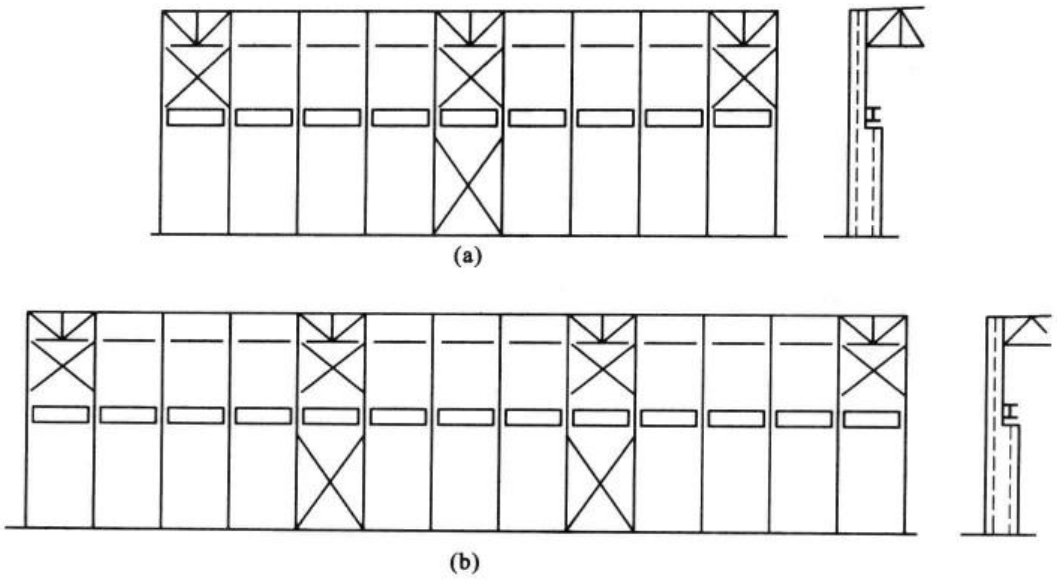


图 16.6　柱间支撑的布置

上层柱间支撑又分为两层，第一层在屋架端部高度范围内属于屋盖垂直支撑。显然，当屋架为三角形或虽为梯形但有托架时，并不存在此层支撑。第二层在屋架下弦至吊车梁上翼缘范围内。为了传递风力，上层支撑需要布置在温度区段端部，由于厂房柱在吊车梁以上部分的刚度小，不会产生过大的温度应力，从安装条件来看这样布置也是合适的。此外，在有下层支撑处也应设置上层支撑。上层柱间支撑宜在柱的两侧设置，只有在无人孔而柱截面高度不大的情况下才可沿柱中心设置一道。下层柱间支撑应在柱的两个肢的平面内成对设置，如图 16.6(b)侧视图的虚线所示；与外墙墙架有联系的边列柱可仅设在内侧，但重级工作制吊车的厂房外侧也同样要设置支撑。此外，吊车梁和辅助桁架作为撑杆是柱间支撑的组成部分，承担并传递厂房纵向水平力。

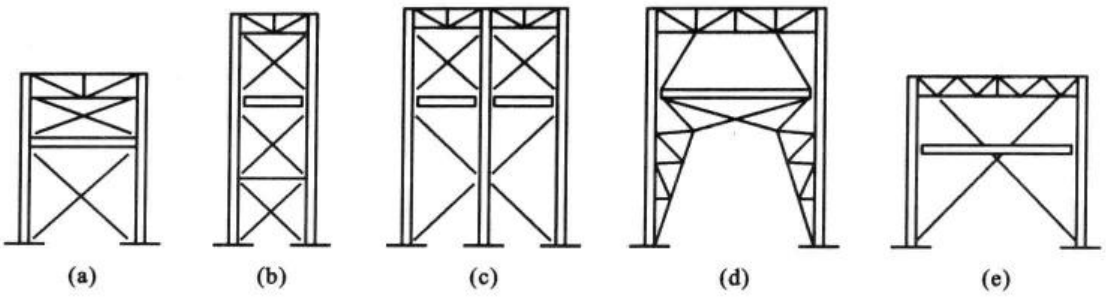
16.2.4.2　柱间支撑的形式

柱间支撑按结构形式可分为十字交叉式、八字式、门架式等(图 16.7)。十字交叉支撑的构造简单、传力直接、用料节省，使用最为普遍，其斜杆倾角宜为 45°左右。上层支撑在柱间距大时可改用斜撑杆；下层支撑高而不宽者可以用两个十字形，高而刚度要求严格者可以占用两个开间[图 16.7(c)]。当柱间距较大或十字撑妨碍生产空间时，可采用门架式支撑[图 16.7(d)]。图 16.7(e)的支撑形式，上层为 V 形，下层为人字形，它与吊车梁系统的连接应做成能传递纵向水平力而竖向可自由滑动的构造。

上层柱间支撑承受端墙传来的风力；下层柱间支撑除承受端墙传来的风力以外，还承受吊车的纵向水平荷载。在同一温度区段的同一柱列设有两道或两道以上的柱间支撑时，则全部纵向水平荷载(包括风力)由该柱列所有支撑共同承受。当在柱的两个肢的平面内成对设置时，在吊车肢的平面内设置的下层支撑，除承受吊车纵向水平荷载外，还承受与屋盖肢下层支撑按轴线距离分配传来的风力；靠墙的外肢平面内设置的下层支撑，只承受端墙传来的风力与吊车肢下层支撑按轴线距离分配受力。

柱间支撑的交叉杆和图 1.7(d)的门形下层支撑的主要杆件一般按柔性杆件(拉杆)设计，交叉杆趋向于受压的杆件不参与工作，其他的非交叉杆以及水平横杆按压杆设计。

某些重型车间，对下层柱间支撑的刚度要求较高，往往交叉杆的两杆均按压杆设计。



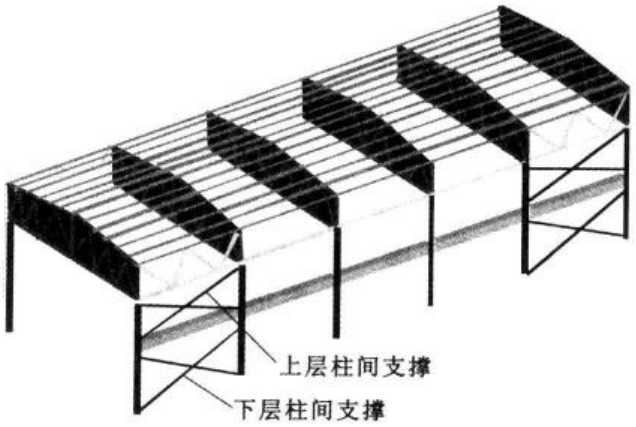


图 16.7　柱间支撑的形式

16.3　钢结构厂房屋盖结构

16.3.1　钢结构厂房屋盖结构的形式

16.3.1.1　屋盖结构体系

(1) 无檩屋盖

无檩屋盖一般用于预应力混凝土大型屋面板等重型屋面，将屋面板直接放在屋架或天窗架上。

采用无檩屋盖厂房，屋面刚度大，耐久性也高，但由于屋面板的自重大，从而使屋架和柱的荷载增加，且由于大型屋面板与屋架上弦杆的焊接常常得不到保证，只能有限地考虑它的空间作用，屋盖支撑不能取消。

(2) 有檩屋盖

有檩屋盖常用于轻型屋面材料的情况。如压型钢板，压型铝合金板，石棉瓦、瓦楞铁皮等。对石棉瓦和瓦楞铁皮屋面，屋架间距通常为 6 m；当柱距大于或等于 12 m 时，则用托架支承中间屋架。对于压型钢板和压型铝合金板屋面，屋架间距常大于或等于 12 m；当屋架间距为 12～18 m 时，宜将檩条直接支承于钢屋架上；当屋架间距大于 18 m 时，以纵横方向的次桁架(或梁)来支承檩条较为合适。

采用彩色压型钢板和压型铝板作屋面材料的有檩屋盖体系，制作方便，施工速度快。当压型钢板和压型铝板与檩条进行可靠连接后，形成一深梁，能有效地传递屋面纵横方向的水平力(包括风荷载及吊车制动力等)，能提高屋面的整体刚度。这一现象可称为应力蒙皮效应。随着我国《冷弯型钢受力蒙皮结构设计规范》的颁布，在墙面、屋面均采用压型钢板作围护材料的房屋设计中已逐步开始考虑应力蒙皮效应对屋面刚度的贡献。

16.3.1.2　屋架的形式

屋架外形常用的有三角形、梯形、平行弦和人字形等。

屋架选形是设计的第一步，桁架的外形首先取决于建筑物的用途，其次应考虑用料经济、施工方便、与其他构件的连接以及结构的刚度等问题。对屋架来说，其外形还取决于屋面材料要求的排水坡度。在制造简单的条件下，桁架外形应尽可能与其弯矩图接近，这样能使弦杆受力均匀，腹杆受力较小。腹杆的布置应使内力分布趋于合理，尽量使长杆受拉、短杆受压，腹杆的数目宜少，总长度要短，斜腹杆的倾角一般在 30°～60°之间，腹杆布置时应注意使荷载都作用在桁架的节点上(石棉瓦等轻屋面的屋架除外)，避免由于节间荷载而使弦杆承受局部弯矩，节点构造要求简单合理，便于制造。上述要求往往不易同时满足，因此需要根据具体情况，全面考虑、精心设计，从而得到较满意的结果。

三角形桁架适用于陡坡屋面($i>1/3$)的有檩屋盖体系，这种屋架通常与柱子只能铰接，房屋的整体横向刚度较低，对简支屋架来说，荷载作用下的弯矩图是抛物线分布，与三角形的外形相差悬殊，致使这种屋架弦杆受力不均，支座处内力较大，跨中内力较小，弦杆的截面不能充分发挥作用。支座处上、下弦杆交角过小内力又较大，使支座节点构造复杂。

三角形屋架的腹杆布置常用的有芬克式[图 16.8(a)、图 16.8(b)]和人字式[图 16.8(d)]。芬克式的腹杆虽然较多，但它的压杆短、拉杆长，受力相对合理，且可分为两个小桁架制作与运输，较为方便。人字式腹杆的节点较少，但受压腹杆较长，适用于跨度较小($L\leqslant 18$ m)的情况，但是，人字式屋架的抗震性能优于芬克式屋架，所以在强地震烈度地区，尽管跨度大于 18 m，常用人字式腹杆的屋架。单斜式腹杆的屋架[图 16.8(c)]，其腹杆和节点数目均较多，只适用于下弦需要设置天棚的屋架，一般情况较少采用。由于某些屋面材料要求檩条的间距很小，不可能将所有檩条都放置在节点上，从而使上弦产生局部弯矩，因此，三角形屋架在布置腹杆时，要同时处理好檩距和上弦节点之间的关系。

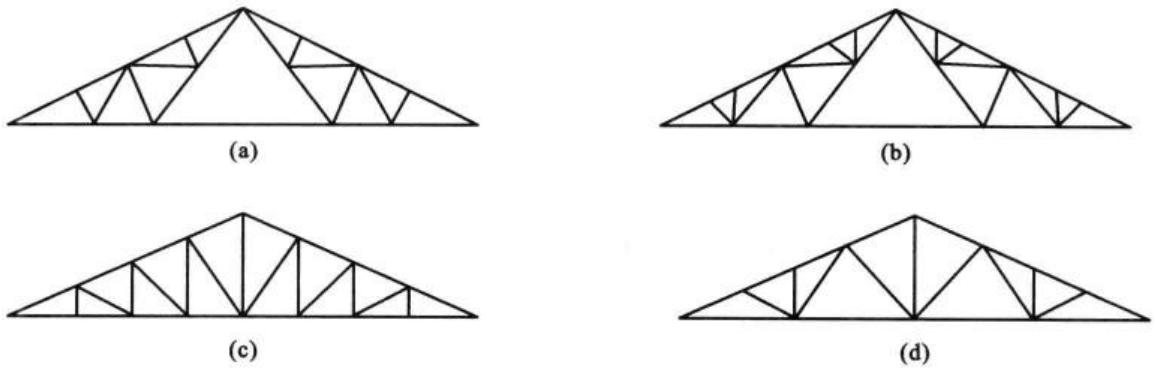


图 16.8　三角形屋架

尽管从内力分配观点看三角形屋架的外形存在着明显的不合理性，但是从建筑物的整个布局和用途出发，在屋面材料为石棉瓦、瓦楞铁皮以及短尺压型钢板等需要上弦坡度较陡的情况下，往往还是要用三角形屋架。三角形屋架的高度，当屋面坡度为(1/3～1/2)时，高度 $H=(1/6\sim1/4)L$。

梯形屋架适用于屋面坡度较为平缓的无檩屋盖体系，它与简支受弯构件的弯矩图形比较接近，弦杆受力较为均匀。梯形屋架与柱的连接可以做成铰接也可以做成刚接。刚性连接可提高建筑物的横向刚度。

梯形屋架的腹杆体系可采用单斜式、人字式和再分式(图 16.9)。人字式按支座斜杆与弦杆组成的支承点在下弦或在上弦分为下承式和上承式两种。一般情况下，与柱刚接的屋架宜采用下承式；与柱铰接时则采用下承式或上承式均可。由于下承式使排架柱计算高度减小又便于在下弦设置屋盖纵向水平支撑，故以往多采用之；上承式使屋架重心降低，支座斜腹杆受拉，且能给安装带来很大的方便，近年来逐渐推广使用。当桁架下弦要做天棚时，需设置吊杆[图 16.9(b)虚线所示]或者采用单斜式腹杆[图 16.9(a)]。当上弦节间长度为 3 m，而大型屋面板宽度为 1.5 m 时，常采用再分式腹杆[图 16.9(d)]将节间减小至 1.5 m，有时也采用 3 m 节间而使上弦承受局部弯矩，虽然构造较简单但耗钢量增多，一般很少采用。

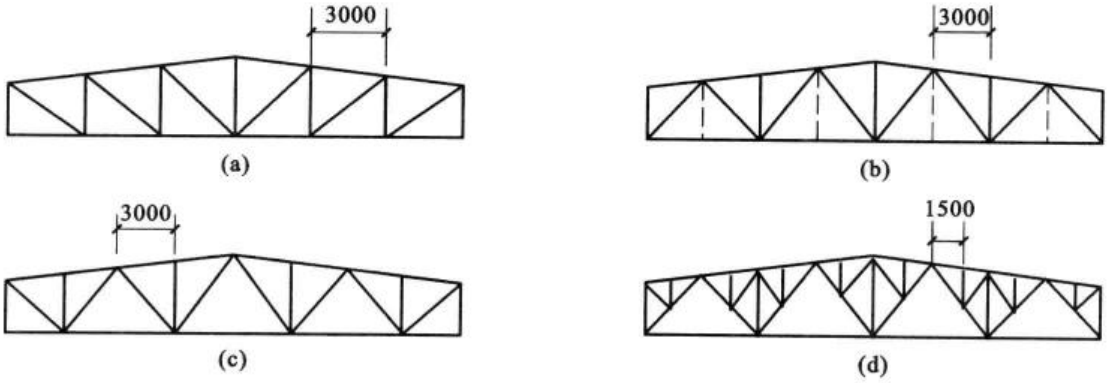


图 16.9　梯形屋架

人字形屋架的上、下弦可以是平行的，坡度为 1/20～1/10(图 16.10)，节点构造较为统一；也可以上、下弦具有不同坡度或者下弦有一部分水平段[图 16.10(c)、图 16.10(d)]，以改善屋架受力情况。人字形屋架有较好的空间观感，制作时可不再起拱，多用于较大跨度。人字形屋架一般宜采用上承式，这种形式不但安装方便而且可使折线拱的推力与上弦杆的弹性压缩互相抵消，在很大程度上减小了对柱的不利影响。人字形和梯形屋架的中部高度主要取决于经济要求，一般为$(1/10\sim1/8)L$，与柱刚接的梯形屋架，端部高度一般为$(1/16\sim1/12)L$，通常取为 2.0～2.5 m。与柱铰接的梯形屋架，其端部高度可按跨中经济高度和上弦坡度来决定。人字形屋架跨中高度一般为 2.0～2.5 m，跨度大于 36 m 时可取较大高度但不宜超过 3 m；端部高度一般为跨度的 1/18～1/12，人字形屋架可适应不同的屋面坡度，但与柱刚接时，屋架轴线坡度大于 1/7，就应视为折线横梁进行框架分析；与柱铰接时，即使采用了上承式也应考虑竖向荷载作用下折线拱的推力对柱的不利影响，设计时它要求在屋面板及檩条等安装完毕后再将屋架支座焊接固定。

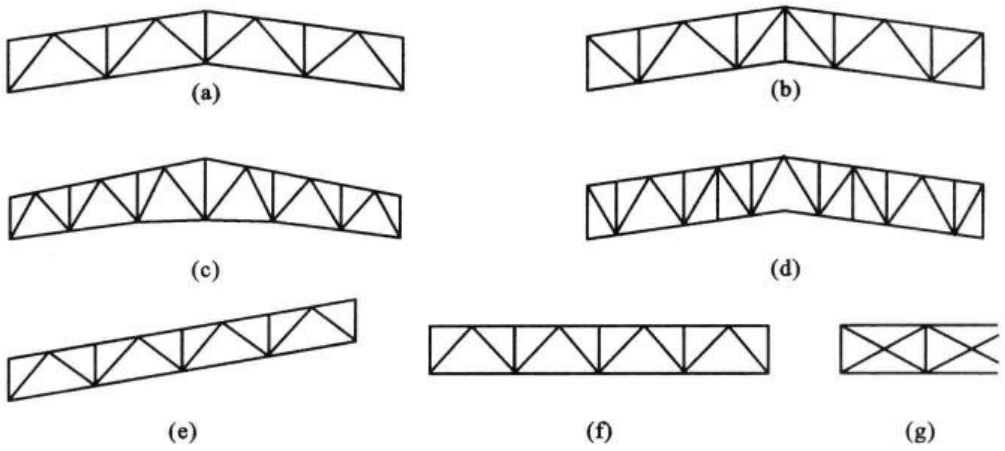


图 16.10　人字形屋架和平行弦桁架

平行弦桁架在构造方面有突出的优点，弦杆及腹杆分别等长，节点形式相同，能保证桁架的杆件重复率最大，且可使节点构造形式统一，便于制作过程工业化。

平行弦桁架还可用于单坡屋架、吊车制动桁架、栈桥和支撑构件等。腹杆布置通常采用人字式[图 16.10(e)、图 16.10(f)]，用作支撑桁架时腹杆常采用交叉式[图 16.10(g)]。

16.3.1.3　托架、天窗架形式

支承中间屋架的桁架称为托架，托架一般采用平行弦桁架，其腹杆采用带竖杆的人字形体系(图 16.11)。直接支承于钢筋混凝土柱上的托架常用下承式[图 16.11(b)]；支于钢柱上的托架常用上承式[图 16.11(a)]。托架高度应根据所支承的屋架端部高度、刚度要求、经济要求以及有利于节点构造的原则来决定。一般取跨度的 1/5～1/10，托架的节间长度一般为 2 m 或 3 m。

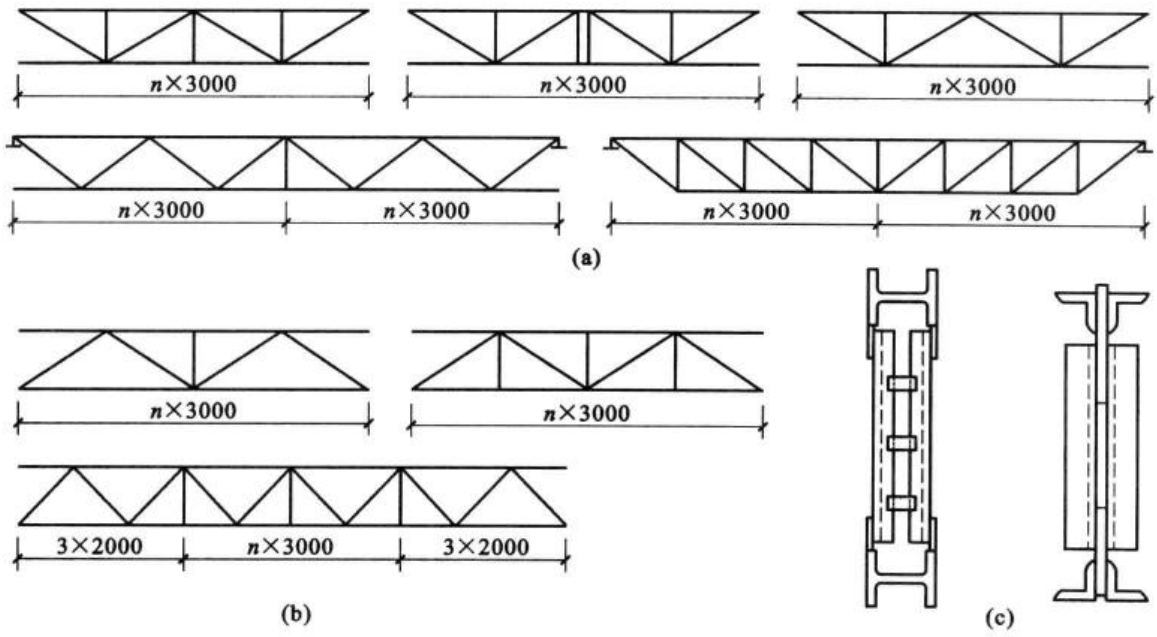


图 16.11　托架形式

(a) 上承式托架；(b) 下承式托架；(c) 单、双壁式桁架

当托架跨度大于 18 m 时，可做成双壁式[图 16.11(c)]，此时，上下弦杆采用平放的 H 型钢，以满足平面外刚度要求。托架与柱的连接通常做成铰接。为了使托架在使用中

不致过分扭转，且使屋盖具有较好的整体刚度，屋架与托架的连接应尽量采用铰支平接。

为了满足采光和通风的要求，厂房中常设置天窗。天窗的形式可分为纵向天窗、横向天窗和井式天窗等。一般采用纵向天窗[见图 16.1(a)]。

纵向天窗的天窗架形式一般有多竖杆式、三铰拱式和三支点式(图 16.12)。

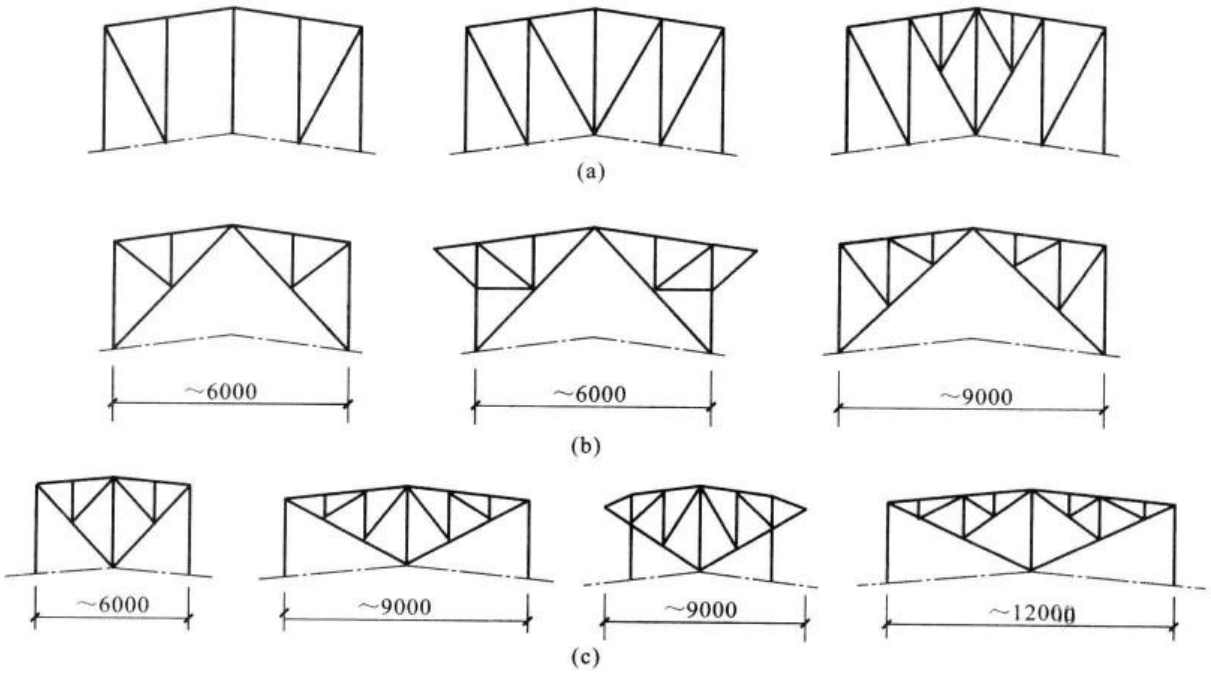


图 16.12　天窗架形式

(a) 多竖杆式；(b) 三铰拱式；(c) 三支点式

多竖杆式天窗架[图 16.12(a)]构造简单，传给屋架的荷载较为分散，安装时通常与屋架在现场拼装后再整体吊装，可用于天窗高度和宽度不太大的情况。

三铰拱式天窗架[图 16.12(b)]由两个三角形桁架组成，它与屋架的连接点最少，制造简单，通常用作支于混凝土屋架上的天窗架。由于顶铰的存在，安装时稳定性较差，当与屋架分别吊装时宜进行加固处理。

三支点式天窗架[图 16.12(c)]由支于屋脊节点和两侧柱的桁架做成。它与屋架连接的节点较少，常与屋架分别吊装，施工较方便。

天窗架的宽度和高度应根据工艺和建筑要求确定，一般宽度为厂房跨度的 1/3 左右，高度为其宽度的 1/5～1/2。

有时为了更好地组织通风，避免房屋外面气流的干扰，对纵向天窗还设置有挡风板。挡风板有竖直式[图 16.13(a)]和侧斜式[图 16.13(b)]和外包式[图 16.13(c)]三种，通常采用金属压型板和波形石棉瓦等轻质材料，其下端与屋盖顶面应留出至少 50 mm 的空隙。挡风板挂于挡风板支架的檩条上。挡风板支架有支承式和悬挂式。支承式的立柱下端直接支承于屋盖上，上端用横杆与天窗架相连。支承式挡风板支架的杆件少，省钢材，但立柱与屋盖连接处的防水处理复杂。悬挂式挡风板支架则由连接于天窗架侧柱的杆件体系组成。挡风板荷载全部传给天窗架侧柱。

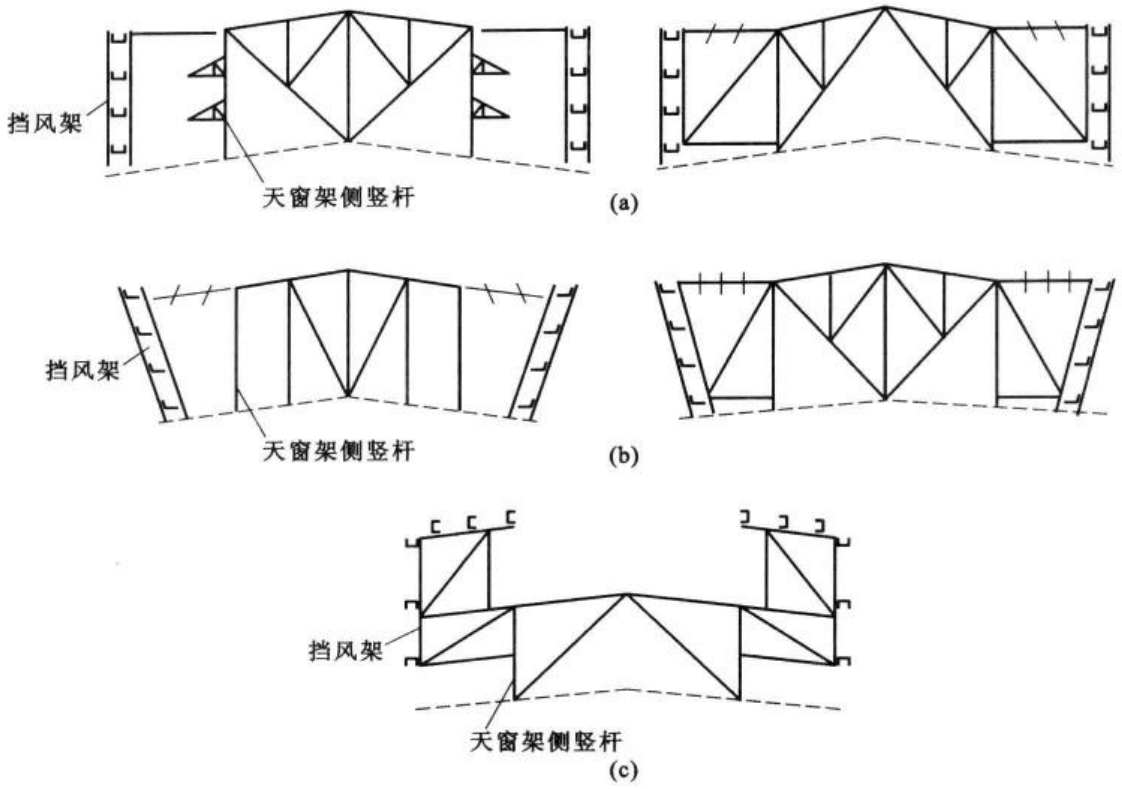


图 16.13　挡风架形式

(a) 竖直式;(b) 侧斜式;(c) 外包式

16.3.2　钢结构厂房屋盖支撑

屋架在其自身平面内为几何形状不可变体系并具有较大的刚度,能承受屋架平面内的各种荷载。但是,平面屋架本身在垂直于屋架平面的侧向(称为屋架平面外)刚度和稳定性很差,不能承受水平荷载。因此,为使屋架结构有足够的空间刚度和稳定性,必须在屋架间设置支撑系统(图 16.14)。

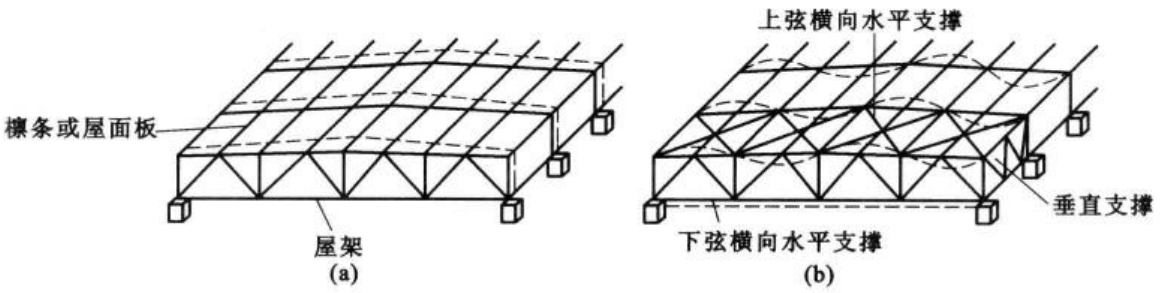


图 16.14　屋盖支撑作用示意图

由桁架组成的屋盖结构主要由桁架、檩条、托架、支撑、天窗等构件组成。屋盖支撑是屋盖结构的必要组成部分,其作用可归纳为:

(1) 支撑的作用

① 保证结构的空间整体作用

如图 16.14(a)所示仅由平面桁架和檩条及屋面材料组成的屋盖结构,是一个不稳定的体系,简支在柱顶上的所有屋架有可能向一侧倾倒。如果将某些屋架在适当部位用支

撑连系起来，成为稳定的空间体系[图 16.14(b)]，其余屋架再由檩条或其他构件连接在这个空间稳定体系上，就保证了整个屋盖结构的稳定，使之成为空间整体。

② 避免压杆侧向失稳，防止拉杆产生过大的振动

支撑可作为屋架弦杆的侧向支撑点[图 16.14(b)]，减小弦杆在屋架平面外的计算长度，保证受压弦杆的侧向稳定，并使受拉下弦不会在某些动力作用下(例如吊车运行时)产生过大的振动。

③ 承担和传递水平荷载(如风荷载、悬挂吊车水平荷载和地震荷载等)。

④ 保证结构安装时的稳定与方便

屋盖的安装工作一般是从房屋温度区段的一端开始的，首先用支撑将两相邻屋架连系起来组成一个基本空间稳定体，在此基础上即可顺序进行其他构件的安装。

(2) 支撑的布置

屋盖支撑系统可分为：横向水平支撑、纵向水平支撑、垂直支撑和系杆。

① 上弦横向水平支撑

在通常情况下，在屋架上弦和天窗架上弦均应设置横向水平支撑。横向水平支撑一般应设置在房屋两端或纵向温度区段两端(图 16.15，图 16.16)。有时在山墙承重，或设有纵向天窗但此天窗又未到温度区段尽端而退一个柱间断开时，为了与天窗支撑配合，可将屋架的横向水平支撑布置在第二个柱间，但在第一个柱间要设置刚性系杆以支持端屋架和传递端墙荷载(图 16.16)。两道横向水平支撑间的距离不宜大于 60 m，当温度区段长度较大时，尚应在中部增设支撑，以符合此要求。

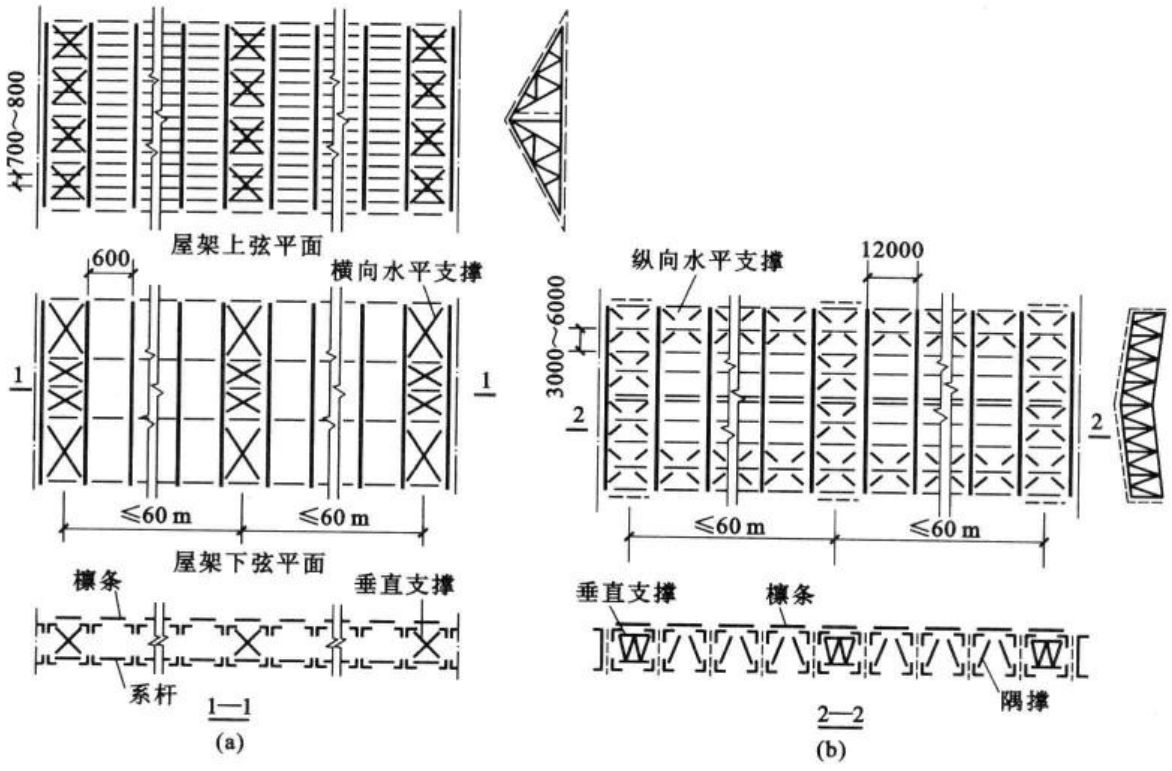


图 16.15　有檩屋盖的支撑布置

(a) 屋架间距为 6 m 时；(b) 屋架间距为 12 m 时

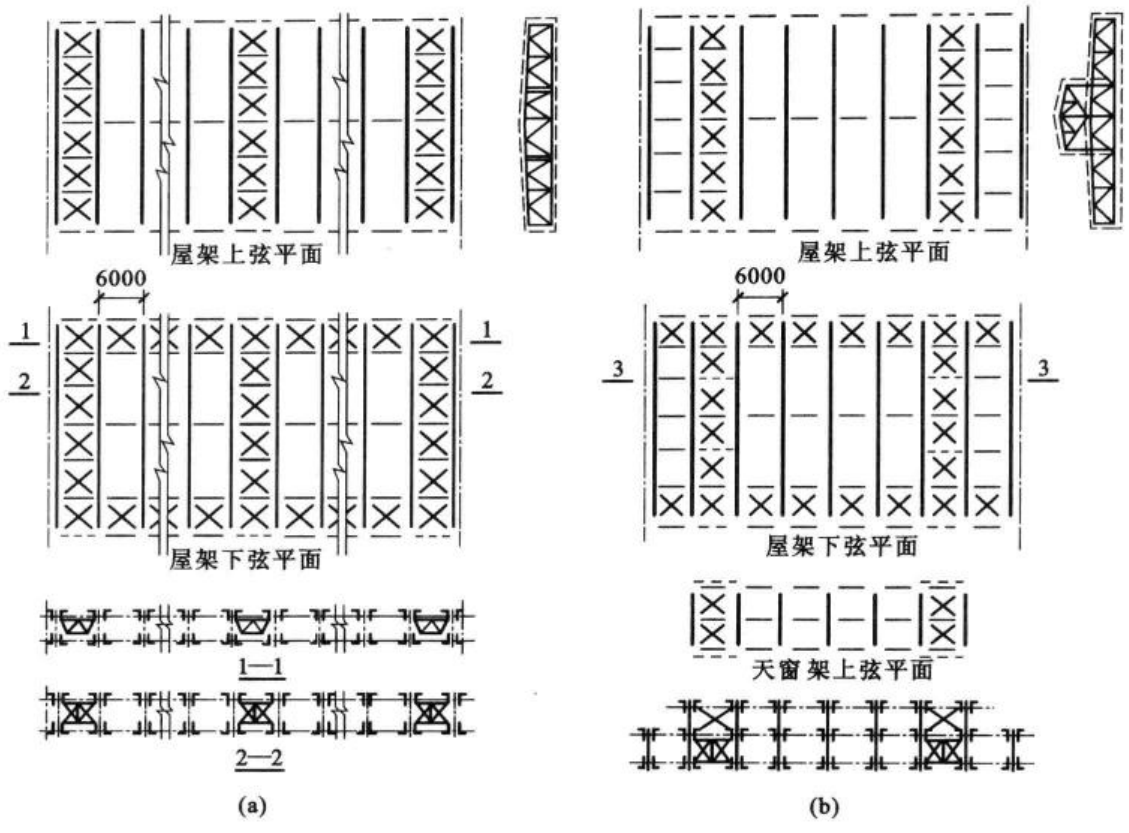


图 16.16　无檩屋盖的支撑布置

(a) 屋架间距为 6 m 无天窗架的屋盖支撑布置;(b) 天窗未到尽端的屋盖支撑布置

当采用大型屋面板的无檩屋盖时,如果大型屋面板与屋架的连接满足每块板有三点支承处进行焊接等构造要求时,可考虑大型屋面板起一定支撑作用。但由于施工条件的限制,很难保证焊接质量,一般只考虑大型屋面板起系杆作用。而在有檩屋盖中,上弦横向水平支撑的横杆可用檩条代替。

当屋架间距大于 12 m 时,上弦水平支撑还应予以加强,以保证屋盖的刚度。

② 下弦横向水平支撑

当屋架间距小于 12 m 时,尚应在屋架下弦设置横向水平支撑,但当屋架跨度比较小(L<18 m)又无吊车或其他振动设备时,可不设下弦横向水平支撑。

下弦横向水平支撑一般和上弦横向水平支撑布置在同一柱间以形成空间稳定体系的基本组成部分[图 16.15(a)、图 16.16]。

当屋架间距不低于 12 m 时,由于在屋架下弦设置支撑不便,可不必设置下弦横向水平支撑,但上弦支撑应适当加强,并应用隅撑或系杆对屋架下弦侧向加以支承[图 16.15(b)]。

屋架间距不低于 18 m 时,如果仍采用上述方案则檩条跨度过大,此时宜设置纵向次桁架,使主桁架(屋架)与次桁架组成纵横桁架体系,次桁架间再设置檩条或设置横梁及檩条,同时,次桁架还对屋架下弦平面外提供支承。

③ 纵向水平支撑

当房屋较高、跨度较大、空间刚度要求较高时,设有支承中间屋架的托架为保证托架的侧向稳定时,或设有重级或大吨位的中级工作制桥式吊车、壁行吊车或有锻锤等较大振动设

备时，均应在屋架端节间平面内设置纵向水平支撑。纵向水平支撑和横向水平支撑形成封闭体系将大大提高房屋的纵向刚度。单跨厂房一般沿两纵向柱列设置，多跨厂房（包括等高的多跨厂房和多跨厂房的等高部分）则要根据具体情况，沿全部或部分纵向柱列布置。

屋架间距小于 12 m 时，纵向水平支撑通常布置在屋架下弦平面，但三角形屋架及端斜杆为下降式且主要支座设在上弦处的梯形屋架和人字形屋架，也可以布置在上弦平面内。

屋架间距不小于 12 m 时，纵向水平支撑宜布置在屋架的上弦平面内[图 16.15(b)]。

④ 垂直支撑

无论有檩屋盖或无檩屋盖，通常均应设置垂直支撑。屋架的垂直支撑应与上、下弦横向水平支撑设置在同一柱间（图 16.15、图 16.16）。

对三角形屋架的垂直支撑，当屋架跨度不超过 18 m 时，可仅在跨度中央设置一道；当跨度超过 18 m 时，宜设置两道（在跨度 1/3 左右处各一道）。

对梯形屋架、人字形屋架或其他端部有一定高度的多边形屋架，必须在屋架端部设置垂直支撑，此外尚应按下列条件设置中部的垂直支撑：当屋架跨度不超过 30 m 时，可仅在屋架跨中布置一道垂直支撑；当跨度超过 30 m 时，则应在跨度 1/3 左右的竖杆平面内各设一道垂直支撑；当有天窗时，宜设置在天窗侧腿的下面（图 16.17）。若屋架端部有托架时，就用托架等代替，不另设端部垂直支撑。

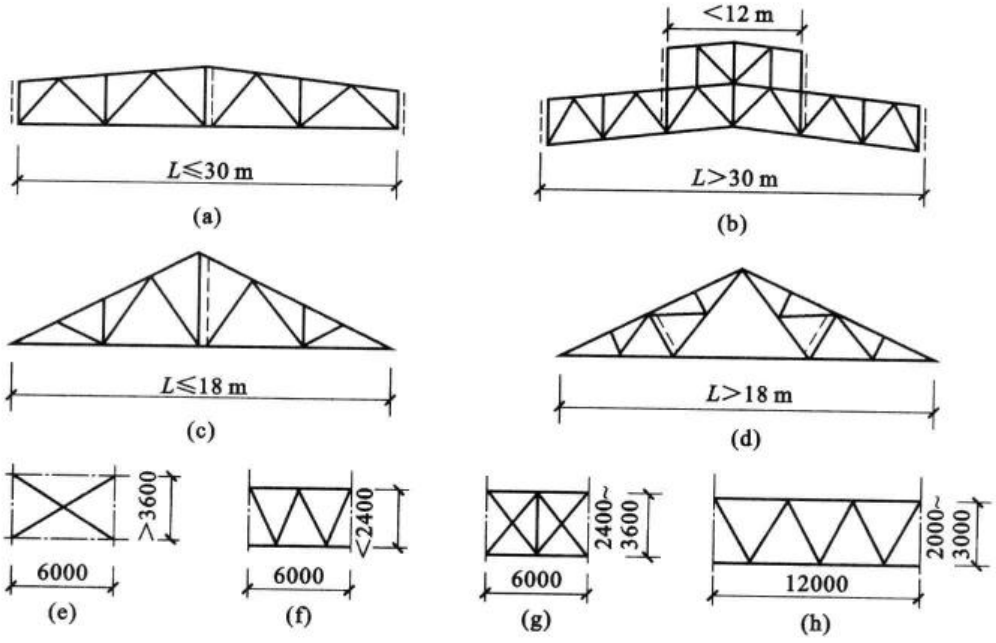


图 16.17　垂直支撑的布置和形式

与天窗架上弦横向支撑类似，天窗架垂直支撑也应设置在天窗架端部以及中部有屋架横向支撑的柱间[图 16.16(b)]，并应在天窗两侧柱平面内布置[图 16.17(b)]，对多竖杆和三支点式天窗架，当其宽度超过 12 m 时，尚应在中央竖杆平面内增设一道。

⑤ 系杆

为了支持未连支撑的平面屋架和天窗架，保证它们的稳定和传递水平力，应在横向支撑或垂直支撑节点处沿房屋通长设置系杆（图 16.15、图 16.16）。

在屋架上弦平面内，对无檩体系屋盖应在屋脊处和屋架端部处设置系杆；对有檩体系

只在有纵向天窗下的屋脊处设置系杆。

在屋架下弦平面内，当屋架间距为 6 m 时，在屋架端部处、下弦杆有弯折处、与柱刚接的屋架下弦端节间受压但未设纵向水平支撑的节点处、跨度不小于 18 m 的芬克式屋架的主斜杆与下弦相交的节点处等部位皆应设置系杆。当屋架间距不小于 12 m 时，支撑杆件截面将大大增加，多耗钢材，比较合理的做法是将水平支撑全部布置在上弦平面内并利用檩条作为支撑体系的压杆和系杆，而作为下弦侧向支承的系杆可用支于檩条的隅撑代替。

系杆分刚性系杆（既能受拉也能受压）和柔性系杆（只能受拉）两种。屋架主要支承节点处的系杆、屋架上弦脊节点处的系杆均宜用刚性系杆；当横向水平支撑设置在房屋温度区段端部第二个柱间时，第一个柱间的所有系杆[图 16.16(b)]均为刚性系杆；其他情况的系杆可用柔性系杆。

(3) 支撑的计算和构造

屋架的横向和纵向水平支撑都是平行弦桁架，屋架或托架的弦杆均可兼作支撑桁架的弦杆，斜腹杆一般采用十字交叉式（图 16.15、图 16.16），斜腹杆和弦杆的交角值在 30°～60°之间。通常横向水平支撑节点间的距离为屋架上弦节间距离的 2～4 倍，纵向水平支撑的宽度取屋架端节间的长度，一般为 6 m 左右。

屋架垂直支撑也是一个平行弦桁架[图 16.17(f)、图 16.17(g)、图 16.17(h)]，其上、下弦可兼作水平支撑的横杆。有的垂直支撑还兼作檩条，屋架间垂直支撑的腹杆体系应根据其高度与长度之比采用不同的形式，如交叉式、V 式或 W 式（图 16.17）。天窗架垂直支撑的形式也可按图 16.17 选用。

支撑中的交叉斜杆以及柔性系杆按拉杆设计，通常用单角钢做成；非交叉斜杆、弦杆、横杆以及刚性系杆按压杆设计，宜采用双角钢做成的 T 形截面或十字形截面，其中横杆和刚性系杆常用十字形截面使在两个方向具有等稳定性。屋盖支撑杆件的节点板厚度通常采用 6 mm，对重型厂房屋盖宜采用 8 mm。

屋盖支撑受力较小，截面尺寸一般由杆件容许长细比和构造要求决定，但对兼作支撑桁架弦杆、横杆或端竖杆的檩条或屋架竖杆等，其长细比应满足支撑压杆的要求，即$[\lambda]=200$；兼作柔性系杆的檩条，其长细比应满足支撑拉杆的要求，即$[\lambda]=400$（一般情况）或 350（有重级工作制的厂房）。对于承受端墙风力的屋架下弦横向水平支撑和刚性系杆，以及承受侧墙风力的屋架下弦纵向水平支撑，当支撑桁架跨度较大（≥24 m）或承受的风荷载较大（风压力的标准值>0.5 kN/m）时，或垂直支撑兼作檩条以及考虑厂房结构的空间工作而用纵向水平支撑作为柱的弹性支承时，支撑杆件除应满足长细比要求外，尚应按桁架体系计算内力，并据此内力按强度或稳定性选择截面并计算其连接。

具有交叉斜腹杆的支撑桁架，通常将斜腹杆视为柔性杆件，只能受拉，不能受压。因而每节间只有受拉的斜腹杆参与工作（图 16.18）。

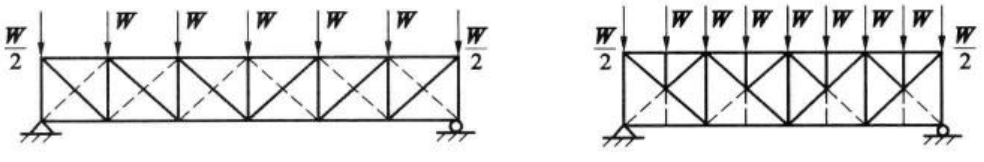


图 16.18　支撑桁架杆件的内力计算简图

支撑和系杆与屋架或天窗架的连接应使构造简单、安装方便，通常采用C级螺栓，每一杆件接头处的螺栓数不少于两个。螺栓直径一般为20 mm，与天窗架或轻型钢屋架连接的螺栓直径可采用16 mm。有重级工作制吊车或有较大振动设备的厂房中，屋架下弦支撑和系杆(无下弦支撑时为上弦支撑和隅撑)的连接，宜采用高强度螺栓，或除C级螺栓外另加安装焊缝，每条焊缝的焊脚尺寸不宜小于6 mm，长度不宜小于80 mm。

复习思考题

1. 单层钢结构厂房的柱网布置应满足哪些基本要求？
2. 横向框架结构厂房与纵向框架结构厂房的设计各有何要求？
3. 单层钢结构厂房的屋架有哪几种形式，各形式有何设计特点及要求？

附　录

附录表 1　多层民用建筑耐火等级、最多允许层数和防火分区的最大允许面积的规定

耐火等级	最多允许层数	防火分区最大允许建筑面积	备　注
一、二级	≤9 层的居住建筑 ≤24 m 的公共建筑 >24 m 的单层公共建筑	2500 m^2	1. 体育馆、剧院的观众厅、展览建筑的展厅可适当放宽； 2. 托儿所、幼儿园的儿童用房和儿童游乐厅等儿童活动场所不应超过 3 层，或设置在 4 层及 4 层以上楼层，或地下、半地下建筑(室)内
三级	5 层	1200 m^2	1. 托儿所、幼儿园的儿童用房和儿童游乐厅等儿童活动场所，老年人建筑和医院、疗养院的住院部分不应超过 2 层，或设置在 3 层及 3 层以上楼层，或地下、半地下建筑(室)内； 2. 商店、学校、电影院、剧院、礼堂、食堂、菜市场不应超过 2 层，或设置在 3 层及 3 层以上楼层
四级	2 层	600 m^2	学校、电影院、菜市场、托儿所、幼儿园、老年人建筑、医院等不应设置在 2 层
地下、半地下建筑(室)		500 m^2	—

注：摘自《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)第 5.1.7 条。

附录表 2　建筑构件的燃烧性能和耐火极限

构件类别	构件名称	结构厚度或截面最小尺寸(mm)	耐火极限(h)	燃烧性能
承重墙	普通粘土砖、硅酸盐砖、混凝土、钢筋混凝土实体墙	120	2.50	不燃烧体
		180	3.50	
		240	5.50	
		370	10.50	
非承重墙	加气混凝土砌块墙	75	2.50	不燃烧体
		100	3.75	
		200	8.00	
	碳化石灰圆孔条板隔墙	90	1.75	
	彩色钢板岩棉夹芯板	—	1.13	
	水泥刨花复合板隔墙，总厚 80 mm(内空 60 mm)	—	0.75	难燃烧体
	纸面纤维石膏板隔墙，总厚 75 mm(内空 55 mm)	—	0.60	
柱	钢筋混凝土柱	300×300	3.00	不燃烧体
		300×500	3.50	
		370×370	5.00	
	钢筋混凝土圆柱	直径 300	3.00	
		直径 300	4.00	
	普通粘土砖柱	370×370	5.00	
	无保护层的钢柱	—	0.25	
	有保护层的钢柱，涂刷 5.5 mm 的防火涂料	—	1.00	
楼板和屋顶承重构件	钢筋混凝土简支梁，保护层厚度：20 mm	—	1.75	不燃烧体
	25 mm	—	2.00	
	30 mm	—	2.30	
	非预应力钢筋混凝土圆孔板，保护层厚度：10 mm	—	0.90	
	20 mm	—	1.25	
	预应力钢筋混凝土圆孔板，保护层厚度：10 mm	—	0.40	
	20 mm	—	0.70	
	四边简支的钢筋混凝土楼板，保护层厚度：10 mm	70	1.40	
	15 mm	80	1.45	
	现浇钢筋混凝土整体式楼板，保护层厚度：10 mm	80	1.40	
	15 mm	80	1.45	
	10 mm	100	2.00	
	15 mm	100	2.00	
	无保护层的钢梁、钢屋架	—	0.25	
	钢丝网抹灰粉刷的钢梁，保护层厚度：10 mm	—	0.50	
	20 mm	—	1.00	
吊顶	木隔栅钢丝网吊顶，抹灰 15 mm 厚	—	0.25	难燃烧体
	木隔栅钉矿棉吸音板	—	0.15	
	钢隔栅钢丝网吊顶，抹灰 15 mm 厚	—	0.25	不燃烧体

注：摘自《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)附录。

附录表 3　部分地区建议建筑朝向表

地　　区	最佳朝向	适宜朝向	不宜朝向
北京地区	南偏东 30°以内 南偏西 30°以内	南偏东 45°范围内 南偏西 45°范围内	北偏西 30°～60°
上海地区	南至南偏东 15°	南偏东 30° 南偏西 15°	北、西北
石家庄地区	南偏东 15°	南至南偏东 30°	西
太原地区	南偏东 15°	南偏东至东	西北
呼和浩特地区	南至南偏东 南至南偏西	东南、西南	北、西北
哈尔滨地区	南偏东 15°～20°	南至南偏东 15° 南至南偏西 15°	西北、北
长春地区	南偏东 30° 南偏西 10°	南偏东 45° 南偏西 45°	北、东北、西北
沈阳地区	南、南偏东 20°	南偏东至东 南偏西至西	东北东至西北西
济南地区	南、南偏东 10°～15°	南偏东 30°	西偏北 5°～10°
南京地区	南偏东 15°	南偏东 25° 南偏西 10°	西、北
合肥地区	南偏东 5°～15°	南偏东 15° 南偏西 5°	西
杭州地区	南偏东 10°～15°	南、南偏东 30°	北、西
福州地区	南、南偏东 5°～10°	南偏东 20°以内	西
郑州地区	南偏东 15°	南偏东 25°	西北
武汉地区	南偏西 15°	南偏东 15°	西、西北
长沙地区	南偏东 9°左右	南	西、西北
广州地区	南偏东 15° 南偏西 5°	南偏东 22°30′ 南偏西 5°至西	无
南宁地区	南、南偏东 15°	南偏东 15°～25° 南偏西 5°	东、西
西安地区	南偏东 10°	南、南偏西	西、西北
银川地区	南至南偏东 23°	南偏东 34° 南偏西 20°	西、北
西宁地区	南至南偏西 30°	南偏东 30°至南偏西 30°	北、西北

附录表 4　全国主要城市不同日照标准的间距系数

城市名称	北纬	冬至日		大寒日				现行采用标准
		正午影长率	日照 1 h	正午影长率	日照 1 h	日照 2 h	日照 3 h	
漠河	53°00′	4.14	3.88	3.33	3.11	3.21	3.33	
齐齐哈尔	47°20′	2.86	2.68	2.43	2.27	2.32	2.43	1.8～2.0
哈尔滨	45°45′	2.63	2.46	2.25	2.10	2.15	2.24	1.5～1.8
长春	43°54′	2.39	2.24	2.07	1.93	1.97	2.06	1.7～1.8
乌鲁木齐	43°47′	2.38	2.22	2.06	1.92	1.96	2.04	
沈阳	41°46′	2.16	2.02	1.88	1.76	1.80	1.87	1.7
呼和浩特	40°49′	2.07	1.93	1.81	1.69	1.73	1.80	
北京	39°57′	1.99	1.86	1.75	1.63	1.67	1.74	1.6～1.7
喀什	39°32′	1.96	1.83	1.72	1.60	1.64	1.71	
天津	39°06′	1.92	1.80	1.69	1.58	1.61	1.68	1.2～1.5
银川	38°29′	1.87	1.75	1.65	1.54	1.58	1.64	1.7～1.8
石家庄	38°04′	1.84	1.72	1.62	1.51	1.55	1.61	1.5
太原	37°55′	1.83	1.71	1.61	1.50	1.54	1.60	1.5～1.7
济南	36°41′	1.74	1.62	1.54	1.44	1.47	1.53	1.3～1.5
西宁	36°35′	1.73	1.62	1.53	1.43	1.47	1.52	
青岛	36°04′	1.70	1.58	1.50	1.40	1.44	1.50	
兰州	36°03′	1.70	1.58	1.50	1.40	1.44	1.49	1.1～1.2；1.4
郑州	34°40′	1.61	1.50	1.43	1.33	1.36	1.42	
西安	34°18′	1.58	1.48	1.41	1.31	1.35	1.40	1.0～1.2
南京	32°04′	1.45	1.36	1.30	1.21	1.24	1.30	1.0；1.1～1.8
合肥	31°51′	1.44	1.35	1.29	1.20	1.23	1.29	1.2
上海	31°12′	1.41	1.32	1.26	1.17	1.21	1.26	0.9～1.1
成都	30°40′	1.38	1.29	1.23	1.15	1.18	1.24	1.1
武汉	30°38′	1.38	1.29	1.23	1.15	1.18	1.24	0.7～0.9；1.0～1.1
杭州	30°19′	1.36	1.27	1.22	1.14	1.17	1.22	0.9～1.0；1.1～1.2
拉萨	29°42′	1.33	1.25	1.19	1.11	1.15	1.20	
重庆	29°34′	1.33	1.24	1.19	1.11	1.14	1.19	0.8～1.1
南昌	28°40′	1.28	1.20	1.15	1.07	1.11	1.16	
长沙	28°12′	1.26	1.18	1.13	1.06	1.09	1.14	1.0～1.1
贵阳	26°35′	1.19	1.11	1.07	1.00	1.03	1.08	
福州	26°05′	1.17	1.10	1.05	0.98	1.01	1.07	
桂林	25°18′	1.14	1.07	1.02	0.96	0.99	1.04	0.7～0.8；1.0
昆明	25°02′	1.13	1.06	1.01	0.95	0.98	1.03	0.9～1.0
厦门	24°27′	1.11	1.03	0.99	0.93	0.96	1.01	
广州	23°08′	1.06	0.99	0.95	0.89	0.92	0.97	0.5～0.7
南宁	22°49′	1.04	0.98	0.94	0.88	0.91	0.96	1.0
湛江	21°02′	0.98	0.92	0.88	0.83	0.86	0.91	
海口	20°00′	0.95	0.89	0.85	0.80	0.83	0.88	

注：① 本表按沿纬向平行布置的六层条式住宅（楼高 18.18 m，首层窗台距室外地面 1.35 m）计算。

② 香港、澳门、台北地区资料暂缺。

附录表 5　建筑材料热工性能计算参数

材料名称	干密度 ρ_0 (kg/m³)	导热系数 λ [W/(m·K)]	蓄热系数 S(24 h) [W/(m²·K)]	比热容 C [kJ/(kg·K)]	蒸汽渗透系数 μ [g/(m·h·Pa)]
混凝土					
钢筋混凝土	2500	1.74	17.20	0.92	0.0000158
碎石、卵石混凝土	2300	1.51	15.36	0.92	0.0000173
	2100	1.28	13.57	0.92	0.0000173
膨胀矿渣珠混凝土	2000	0.77	10.49	0.96	
	1800	0.63	9.05	0.96	
自然煤矸石或炉渣混凝土	1700	1.00	11.68	1.05	0.0000548
	1500	0.76	9.54	1.05	0.00009
	1300	0.56	7.63	1.05	0.000105
粉煤灰陶粒混凝土	1700	0.95	11.40	1.05	0.0000188
	1500	0.70	9.16	1.05	0.0000975
	1300	0.57	7.78	1.05	0.000105
粘土陶粒混凝土	1600	0.84	10.36	1.05	0.0000315
	1400	0.70	8.93	1.05	0.000039
	1200	0.53	7.25	1.05	0.0000405
油页岩渣混凝土	1300	0.52	7.39	0.98	0.0000855
页岩陶粒混凝土	1500	0.77	9.65	1.05	0.0000315
	1300	0.63	8.16	1.05	0.000039
	1100	0.50	6.70	1.05	0.0000435
火山灰渣混凝土	1700	0.57	6.30	1.05	0.0000395
浮石混凝土	1500	0.67	9.09	1.05	0.0000150
	1300	0.53	7.54	1.05	0.0000188
	1100	0.42	6.13	1.05	0.0000353
加气混凝土、泡沫混凝土	700	0.22	3.59	1.05	0.0000998
	500	0.19	2.81	1.05	0.000111
砂浆和砌体					
水泥砂浆	1800	0.93	11.37	1.05	0.000021
石灰水泥砂浆	1700	0.87	10.75	1.05	0.0000975
石灰砂浆	1600	0.81	10.07	1.05	0.0000443
石灰石膏砂浆	1500	0.76	9.44	1.05	
保温砂浆	800	0.29	4.44	1.05	
重砂浆砌筑粘土砖砌体	1800	0.81	10.63	1.05	0.000105
轻砂浆砌筑粘土砖砌体	1700	0.76	9.96	1.05	0.00012
灰砂砖砌体	1900	1.10	12.72	1.05	0.000105
硅酸盐砖砌体	1800	0.87	11.11	1.05	0.000105
炉渣砖砌体	1700	0.81	10.43	1.05	0.000105
重砂浆砌筑 26、33 及 36 孔粘土空心砖砌体	1400	0.58	7.92	1.05	0.0000158

续附录表 5

材料名称	干密度 ρ_0 (kg/m³)	导热系数 λ [W/(m·K)]	蓄热系数 $S(24\ h)$ [W/(m²·K)]	比热容 C [kJ/(kg·K)]	蒸汽渗透系数 μ [g/(m·h·Pa)]
热绝缘材料					
矿棉、岩棉、玻璃棉板	80 以下	0.05	0.59	1.22	
	80～200	0.045	0.75	1.22	0.000488
矿棉、岩棉、玻璃棉毡	70 以下	0.05	0.58	1.34	
	70～200	0.045	0.77	1.34	0.000488
矿棉、岩棉、玻璃棉松	70 以下	0.05	0.46	0.84	
散料	70～120	0.045	0.51	0.84	0.000488
麻刀	150	0.07	1.34	2.10	
水泥膨胀珍珠岩	800	0.26	4.37	1.17	0.000042
	600	0.21	3.44	1.17	0.00009
	400	0.16	2.49	1.17	0.000191
沥青或乳化沥青膨胀珍珠岩	400	0.12	2.28	1.55	0.0000293
	300	0.093	1.77	1.55	0.0000675
水泥膨胀蛭石	350	0.14	1.99	1.05	
聚苯乙烯泡沫塑料	30	0.042	0.36	1.38	0.0000162
聚氨酯硬泡沫塑料	30	0.033	0.36	1.38	0.0000234
聚氨乙烯硬泡沫塑料	130	0.048	0.79	1.38	
钙塑	120	0.049	0.83	1.59	
泡沫玻璃	140	0.058	0.70	0.84	0.0000225
泡沫石膏	500	0.19	2.78	1.05	0.0000375
木材、建筑板材					
橡木、枫树(热流方向垂直木纹)	700	0.17	4.90	2.51	0.0000562
橡木、枫树(热流方向平行木纹)	700	0.35	6.93	2.51	0.0003
松木、云杉(热流方向垂直木纹)	500	0.14	3.85	2.51	0.0000345
松木、云杉(热流方向平行木纹)	500	0.29	5.55	2.51	0.000168
胶合板	600	0.17	4.57	2.51	0.0000225
软木板	300	0.093	1.95	1.89	0.0000225
	150	0.058	1.09	1.89	0.0000285
纤维板	1000	0.34	8.13	2.51	0.00012
	600	0.23	5.28	2.51	0.000113
石棉水泥板	1800	0.52	8.52	1.05	0.0000135
石棉水泥隔热板	500	0.16	2.58	1.05	0.00039
石膏板	1050	0.33	5.28	1.05	0.000079
水泥刨花板	1000	0.34	7.27	2.01	0.000024
	700	0.19	4.56	2.01	0.000105
稻草板	300	0.13	2.33	1.68	0.0003
木屑板	200	0.065	1.54	2.10	0.0000263

续附录表 5

材料名称	干密度 ρ_0 (kg/m³)	导热系数 λ [W/(m·K)]	蓄热系数 S(24 h) [W/(m²·K)]	比热容 C [kJ/(kg·K)]	蒸汽渗透系数 μ [g/(m·h·Pa)]
松散材料					
锅炉炉渣	1000	0.29	4.40	0.92	0.000193
粉煤灰	1000	0.23	3.93	0.92	
高炉炉渣	900	0.26	3.92	0.92	0.000203
浮石、凝灰岩	600	0.23	3.05	0.92	0.000263
膨胀蛭石	300	0.14	1.79	1.05	
	200	0.10	1.24	1.05	
硅藻土	200	0.076	1.00	0.92	
膨胀珍珠岩	120	0.07	0.84	1.17	
	80	0.058	0.63	1.17	
稻壳	120	0.06	1.02	2.01	
干草	100	0.047	0.83	2.01	
木屑	250	0.093	1.84	2.01	
其他材料					
夯实粘土	2000	1.16	12.99	1.01	
	1800	0.93	11.03	1.01	
加草粘土	1600	0.76	9.37	1.01	
	1400	0.58	7.69	1.01	
软质粘土	1200	0.47	6.36	1.01	
建筑用砂	1600	0.58	8.26	1.01	
花岗岩、玄武岩	2800	3.49	25.49	0.92	0.0000113
大理石	2800	2.91	23.27	0.92	0.0000113
砾石、石灰岩	2400	2.04	18.03	0.92	0.0000375
石灰石	2000	1.16	12.56	0.92	0.00006
沥青油毡、油毡纸	600	0.17	3.33	1.47	
地沥青混凝土	2100	1.05	16.39	1.68	0.0000075
石油沥青	1400	0.27	6.73	1.68	
	1050	0.17	4.71	1.68	0.0000075
平板玻璃	2500	0.76	10.69	0.84	
玻璃钢	1800	0.52	9.25	1.26	
硬质聚氯乙烯	1400	0.16	8.60	1.18	
紫铜	8500	407.0	324.0	0.42	
青铜	8000	64.0	118.0	0.38	
建筑钢材	7850	58.0	126.0	0.48	
铝	2700	203.0	191.0	0.92	
铸铁	7250	49.0	112.0	0.48	

注：实际计算时比热容 C 的单位应取 W·h/(kg·K)，故表中值应乘换算系数 0.2778。

附录表 6　各类防水卷材的特点及适用范围

类别	卷材名称	特　点	适应范围
沥青防水卷材	石油沥青纸胎油毡	低温柔软性差，防水层耐久年限较短，价格低廉	三毡四油、两毡三油叠层铺设的屋面工程
	玻璃布沥青油毡	拉伸强度高，胎体不易腐烂，材料柔性好，耐久性比纸胎油毡提高一倍以上	多由于纸胎油毡的增强附加层和突出部位的防水层
	玻纤毡沥青油毡	有良好的耐水性、耐腐蚀性和耐久性，柔性也优于纸胎沥青油毡	常用于屋面或地下防水工程
	黄麻胎沥青油毡	拉伸强度高，耐水性好，但胎体材料易腐烂	常用作屋面增强附加层
	铝箔胎沥青油毡	有很高的隔阻蒸汽渗透的能力，防水功能好，具有一定的拉伸强度	与带孔玻纤毡配合或单独使用，宜用于隔汽层
高聚物改性沥青防水卷材	SBS 改性沥青防水卷材	耐高、低温性能有明显提高，卷材的弹性和耐疲劳性明显改善	单层铺设的屋面防水工程或复合使用
	APP 改性沥青防水卷材	具有良好的强度、延伸性、耐热性、耐紫外线照射及耐老化性，耐低温性能稍低于 SBS 改性沥青防水卷材	单层铺设，适用于紫外线辐射强烈及炎热地区屋面使用
	PVC 改性沥青防水卷材	有良好的耐热及耐低温性能，最低开卷温度为－18 ℃	有利于在冬季负温度下施工
	再生胶改性沥青防水卷材	有一定的延伸性，且低温柔性较好，有一定的防腐蚀能力，价格低廉，属低档防水材料	变形较大或档次较低的屋面防水工程
	废橡胶粉改性沥青防水卷材	比普通石油沥青纸胎油毡的拉伸强度、低温柔软度明显改善	叠层使用于一般屋面防水工程，宜在寒冷地区使用
合成高分子防水卷材	三元乙丙橡胶防水卷材	防水性能优越，耐候性好，耐臭氧性、耐化学腐蚀性好，弹性和抗拉强度大，对基层变形开裂的适应性强，质量轻，使用温度范围广，寿命长，但价格高，黏结材料尚需配套完善	屋面防水技术要求较高，单层或复合使用，适用于防水层耐用年限要求长的屋面工程
	丁基橡胶防水卷材	有较好的耐候性、抗拉强度和延伸性，耐低温性稍低于三元乙丙橡胶防水卷材	单层或复合使用于要求较高的屋面防水工程
	氯化聚乙烯防水卷材	具有良好的耐候、耐臭氧、耐老化、耐油、耐化学腐蚀及抗撕裂的性能	单层或复合使用，宜用于紫外线强的炎热地区的屋面防水工程
	氯磺聚乙烯防水卷材	延伸率较大，弹性较好，对基层变形开裂的适应性强，耐高、低温性能好，耐腐蚀性能优良，有很好的难燃性	适合于有腐蚀介质影响及寒冷地区的屋面防水工程
	聚氯乙烯防水卷材	具有较高的拉伸强度和撕裂强度，延伸率较大，耐老化性能好，原材料丰富，价格便宜，容易黏结	单层或复合使用于外露或有保护层的屋面防水工程
	氯化聚乙烯-橡胶共混防水卷材(LYX-603)	不但具有氯化聚乙烯特有的高强度和优异的耐臭氧、耐老化性能，而且具有橡胶特有的高弹性、高延伸性以及良好的低温柔性	单层或复合使用，尤宜用于寒冷地区或变形较大的屋面防水工程
	三元乙丙橡胶-聚乙烯共混防水卷材	是热塑性弹性材料，有良好的耐臭氧、耐老化性能，使用寿命长，低温柔性好，可在负温条件下施工	单层或复合使用于外露防水屋面，宜用于寒冷地区屋面防水工程

附录表 7　各类防水涂料的特点及适用范围

类别	防水涂料名称	特　点	适应范围
沥青防水涂料	石灰乳化沥青防水涂料	属水性涂料，可在潮湿基层上施工，工地配制简单方便，价格低廉，有一定的防水防渗能力。但延伸率较低，低温下易变脆、开裂	属低档防水涂料，可用于防水等级为Ⅲ、Ⅳ级的屋面；防水层厚度 4～8 mm；施工方法为抹压法、冷施工
	石棉或膨润土乳化沥青防水涂料	乳液稳定性好，耐热性、防水性、抗裂性、耐久性较好，价格较低，可在潮湿基层上施工	
高聚物改性沥青防水涂料	水乳性氯丁橡胶沥青防水涂料	为阳离子型，成膜较快，强度高，耐候性好，无毒、不污染环境，抗裂性好，操作方便	可用于Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级的屋面防水工程，单独使用时厚度不小于 3 mm，复合使用时厚度不小于 1.5 mm
	溶剂型氯丁橡胶沥青防水涂料	有较好的耐高、低温性能，粘结性好，干燥成膜快，操作方便	
	水乳性再生橡胶沥青防水涂料	有一定的柔韧性及耐寒、耐热、耐老化性能，无毒无污染，操作简单、原料来源广泛，价格低廉	
	溶剂型再生橡胶沥青防水涂料	有良好的防水性、抗裂性，高温不流淌，低温不易脆裂，弹塑性良好，操作方便，干燥速度快	
	SBS 改性沥青防水涂料	有良好的防水性、耐湿热、耐低温、抗裂性及耐老化性，无毒无污染，是中档防水涂料	适用于寒冷地区的防水等级为Ⅱ、Ⅲ级屋面使用
合成高分子防水涂料	聚氨酯防水涂料	具有橡胶状弹性，延伸性好，拉伸强度和撕裂强度高，有优异的耐候、耐油、耐磨、不燃烧及一定的耐酸碱、阻燃性，与各种基层的粘结性优良，涂膜表面光滑，施工简单，使用温度区间为－30～80 ℃	宜用于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级的屋面防水工程，单独使用时厚度不小于 2 mm，复合使用时厚度不小于 1 mm
	聚氨酯煤焦油防水涂料	高弹性、高延伸、对基层开裂适应性强，具有耐候、耐油、耐磨、不燃烧及一定的耐碱性，与基层粘结性好，但与聚氨酯相比，反应速度不易调整，性能指数较易波动	可用于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级的屋面防水工程，单独使用时厚度不小于 3 mm，复合使用时厚度不小于 1.5 mm，但外露式防水屋面不宜采用
	丙烯酸防水涂料	涂膜有良好的粘结性、防水性、耐候性、柔韧性和弹性，无毒、不燃烧，以水为稀释剂，施工较方便，且可调制成多种颜色，但成本较高	宜涂覆于水乳性橡胶沥青防水层上，适用于有不同颜色要求的屋面上
	有机硅防水涂料	具有良好的渗透性、防水性、成膜性、弹性、粘结性和耐高温、低温性能，适应基层变形能力强，成膜速度快，可在潮湿基层上施工，无毒、无味、不燃烧，可配制成各种颜色，但价格较高	可用于Ⅰ、Ⅱ级的屋面防水工程

附录表 8　电梯主参数及规格尺寸

电梯类型	载重量(kg)	载客量(人)	速度(m/s)	轿厢尺寸(mm)			井道尺寸(mm)		机房尺寸(mm)				厅门尺寸(mm)、型式			备注
				宽 A	深 B	高 H	宽 C	深 D	面积 $S(m^2)$	宽 R	深 T	高 H	净宽 E	净高 F	型式	
乘客电梯	630	8	0.63 1.00 1.60 2.50	1100	1400	2200	1800	2100	* * 15	* * 2500	* * 3700	* * 2200	800	2000	中分	① 载重量 630 kg，速度 2.5 m/s，属非标准电梯； ② * 尺寸仅适用速度 2.5 m/s的电梯； ③ * * 尺寸不适用于非标准电梯
	800	10		1350	1400	2300	1900	2300	* 18、15	2500 * 2800	3700 * 4900	2200 * 2800	800	2000		
	1000	13		1600	1400	2300	2400	2300	20	3200	4900	2400 * 2800	1100	2100		
	1250	16		1950	1400	2300	2600	2300	22	3200	4900	2400 * 2800	1100	2100		
	1600	21		1950	1750	2300	2600	2600	25	3200	5500	2800	1100	2100		
住宅电梯	400	5	同上	1100	950	2200	旁开门 1600 中分门 1800	1600	7.5～10	2200	3200	* 2000	800	2000	中分旁开	① 载得量 400 kg，速度 2.5 m/s，属非标准电梯； ② * 速度 0.63、1.00 m/s 为 2000 kg，速度 1.60、2.50 分别为 2200、2600 kg
	630	8		1100	1400	2200		2100	10～14	2200 2800	3700	* 2200	800	2000		
	1000	10		1100	2100	2200		2600	12～16	2200 2800	4200	* 2600	800	2000		
病床电梯	1600	21	同上	1400	2400	2300	2400	3000	25	3200	5500	2800	1300	2100	* 旁开中分	* 载重量 2500 kg 的病床电梯还有中分门型式，门净宽为 1400 mm
	2000	26		1500	2700	2300	2400	3300	27	3200	5800	2800	1300	2100		
	2500	33		1800	2700	2300	2700	3300	29	3500	5800	2800	1300 * 1400	2100		
载货电梯	630	8	≤1.00	1100	1400	2200	2100	1900	12	2800	3500	2200	1100	2100		* 3000 kg、5000 kg 的电梯，虽未列入(GB 7025—1986)中，但这两种规格的电梯仍可继续采用
	1000	13		1300	1750	2200	2400	2300	14	3100	3800	2200	1300	2100		
	1600	21		1500	2250	2200	2700	2800	18	3400	4500	2400	1500	2100		
	2000	26		1500	2750	2200	2700	3200	20	3400	4900	2400	1500	2100		
	* 300 * 5000 kg															

注：① 摘自国家标准《电梯主参数及轿厢、井道、机房的型式与尺寸》(GB 7025—1986)，该标准是等效采用国际标准化组织"ISO"制定的国际标准。

② 机房尺寸 R 和 T 是最小尺寸，实际尺寸应确保机房面积≥S(机房面积中未含直流发电机组面积)。

③ 服务于病残人的轿厢尺寸≥1100 mm×1400 mm。

附录表 9　电梯井道底坑深度及顶层高度表

速度(m/s)	底坑深度 P 顶层高度 Q	乘客电梯载重量(kg)					住宅电梯载重量(kg)			病床电梯载重量(kg)			载货电梯载重量(kg)					
		630	800	1000	1250	1600	400	630	1000	1600	2000	2500	630	1000	1600	2000	*3000	*5000
0.63	P(mm)	1500	1500	1700	1900	1900	1400			1600	1600	1800	1500	1500	1700	1700	1400	1400
	Q(mm)	3800	3800	4200	4400	4400	3700			4400	4400	4600	4100	4100	4300	4300	4500	4500
1.00	P	1500	1500	1700	1900	1900	1500			1700	1700	1900	1500	1500	1700	1700	1400	1400
	Q	3800	3800	4200	4400	4400	3800			4400	4400	4600	4100	4100	4300	4300	4500	4500
1.60	P	1700	1700	1700	1900	1900	1700			1900	1900	2100						
	Q	4000	4000	4200	4400	4400	4000			4400	4400	4600						
2.50	P	**	2800	2800	2800	2800	**	2800	2800	2800	2800	3000						
	Q	**	5000	5200	5400	5400	**	5000	5000	5400	5400	5600						

*见上表"载货电梯"备注，其 P、Q 尺寸是根据前部颁标准《电梯及其井道、机房的形式基本参数与尺寸》(JB 1435—74)列出，供设计参考。

**属非标准电梯

参 考 文 献

[1] 建筑设计资料集编委会. 建筑设计资料集(1～10 集). 北京:中国建筑工业出版社,1994.

[2] 建设部. 民用建筑设计通则(GB 50352—2005). 北京:中国建筑工业出版社,2005.

[3] 建设部. 城市居住区规划设计规范(GB 50180—93). 北京:中国建筑工业出版社 ,1994.

[4] 公安部. 建筑设计防火规范(GB 50016—2006). 北京:中国计划出版社,2006.

[5] 公安部. 高层民用建筑设计防火规范(GB 50045—95). 北京:中国计划出版社,2005.

[6] 建设部. 住宅设计规范(GB 50096—2011). 北京:中国建筑工业出版社,2003.

[7] 建设部. 住宅建筑规范(GB 50368—2005). 北京:中国建筑工业出版社,2006.

[8] 山西省建设厅. 屋面工程技术规范(GB 50345—2004). 北京:中国建筑工业出版社,2004.

[9] 建设部工程质量安全监督与行业发展司、中国建筑标准设计研究所. 全国民用建筑工程设计技术措施——规划·建筑. 北京:中国计划出版社,2003.

[10] 中南地区建筑标准设计协助组. 中南建筑配件图集. 北京:中国建筑工业出版社,1999.

[11] 李必瑜. 房屋建筑学. 武汉:武汉理工大学出版社,2000.

[12] 同济大学、西安建筑科技大学、东南大学、重庆大学合编. 房屋建筑学. 北京:中国建筑工业出版社,2005.

[13] 赵研. 房屋建筑学. 北京:高等教育出版社,2002.

[14] 胡建琴,崔岩. 房屋建筑学. 北京:清华大学出版社,2007.

[15] 李必瑜,刘建荣. 建筑构造(上、下). 北京:中国建筑工业出版社,2005.

[16] 金虹. 建筑构造. 北京:清华大学出版社,2005.

[17] 杨维菊. 建筑构造设计(上、下册). 南京:东南大学出版社,2005.

[18] 彭一刚. 建筑空间组合论. 北京:中国建筑工业出版社,1983.

[19] 中国建筑学会. 建筑实录(1～4 集). 北京:中国建筑工业出版社,1993.

[20] 刘磊编. 场地设计. 北京:中国建材工业出版社,2002.

[21] 沈春林,等. 建筑防水材料. 北京:化学工业出版社, 2000.

Document generated by Anna’s Archive around 2023-2024 as part of the DuXiu collection (https://annas-blog.org/duxiu-exclusive.html).

Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):


```
{
  "before_pdg2pic_conversion": {
    "filename": "MTMzNjg3Nzguemlw",
    "filename_decoded": "13368778.zip",
    "filesize": 78283666,
    "md5": "e22da7b07aa2b20851798c884a48a912",
    "header_md5": "c3acf9efb6a3fdff54c145d53adaabc8",
    "sha1": "f2a4b21b5c4af51fabb632d040407bfd1331c751",
    "sha256": "404301cdf5bcfd774bb8c200c551276ea5f88d77a01d3e3b2c21f39d67533c00",
    "crc32": 2425616045,
    "zip_password": "",
    "uncompressed_size": 84342398,
    "pdg_dir_name": "\u00ed\u2562\u2556\u2510\u256c\u258c\u255c\u00bf\u2553\u25a0\u2564\u00ba\u00fa\u00bf\u2561\u250c2\u25
91\u00b5\u00fa\u2310\u00ed\u2556_13368778",
    "pdg_main_pages_found": 449,
    "pdg_main_pages_max": 449,
    "total_pages": 465,
    "total_pixels": 0
  },
  "after_pdg2pic_conversion": {
    "filename": "MTMzNjg3Nzguemlw",
    "filename_decoded": "13368778.zip",
    "filesize": 76909008,
    "md5": "604d0fa1dfce3854161630a02e8ce11f",
    "header_md5": "8280d1bb815768b8b5b66352135d6a21",
    "sha1": "6cbaa9440331224ac59a898bc21dbe612568d26e",
    "sha256": "b56c07713edeeee7062737e1214b224a557bb039999b8917200201c55c2195e2",
    "crc32": 2692362282,
    "zip_password": "",
    "uncompressed_size": 84281468,
    "pdg_dir_name": "",
    "pdg_main_pages_found": 449,
    "pdg_main_pages_max": 449,
    "total_pages": 465,
    "total_pixels": 750706840
  },
  "pdf_generation_missing_pages": false
}
```