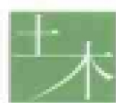




普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材

PuTong GaoDeng JiChuan



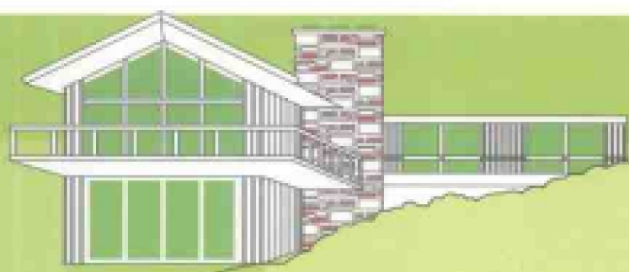
Tumu
Gongcheng

Zhuanye “Shiyiwu” Guihua Jiaocai

画法几何与土木工程制图

HUAFÄ JIHE YU TUMU GONGCHENG ZHITU

●主编 赵文兰 张会平



郑州大学出版社

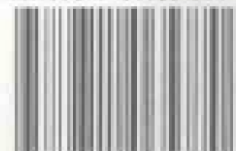
选题策划 崔青峰
责任编辑 袁翠红 刘 开
责任校对 高军晓
版式设计 吴 昕
封面设计 张 庆



普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材



ISBN 978-7-81106-577-0



9 787811 065770 >

定价：45.00元

Putong Gaodeng Jiaoyu

普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材

内容简介

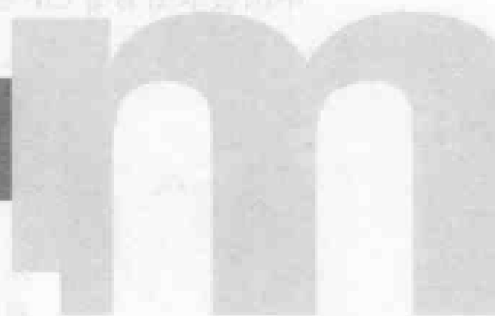
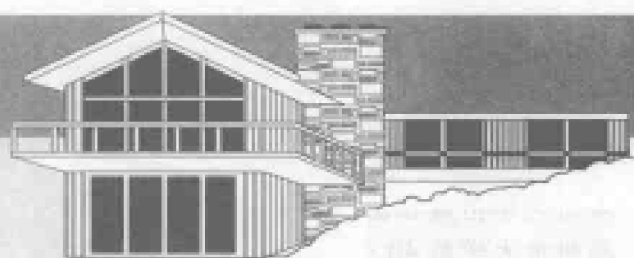
本书是“十一五”全国土木工程专业规划教材之一，是根据教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录》和《普通高等学校本科专业设置与人才培养指导性意见》的要求，在广泛调研的基础上，参考国内外同类教材编写而成的。本书可作为高等院校土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

Tumu Gongcheng

Zhuanye “Shiyiwu” Guihua Jiaocai

画法几何与土木工程制图

●主编 赵文兰 张会平



郑州大学出版社

内 容 简 介

本书是普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材之一。全书主要包括上、中、下三篇内容:上篇画法几何是土木工程制图的理论基础;中篇土木工程制图要求学生学会正确使用绘图工具和仪器的方法;下篇计算机绘图基础要求学生掌握最新版本的绘图软件 AutoCAD 2008 中二维图形的绘制方法和技巧。

本书可供普通高等学校土木工程、交通工程、水利工程、工程管理等专业的学生使用,也可供职工大学、函授大学、电视大学和其他类型学校有关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何与土木工程制图/赵文兰,张会平主编. —郑州:郑州大学出版社,2009.9

普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 81106 - 577 - 0

I. 画… II. ①赵…②张… III. ①画法几何 - 高等学校 - 教材②建筑制图 - 高等学校 - 教材 IV. TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 155176 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南省公安厅文印中心印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:28

字数:666 千字

版次:2009 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2009 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 81106 - 577 - 0 定价:45.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

编写指导委员会

The compilation directive committee

名誉主任 王光远 余翔 兰文法 陈 主

主任 高丹盈 曹 寅 孙 主 编

委 员 (以姓氏笔画为序) 委 员

余翔 申金山 司马玉州 刘立新 关 罡

兰文法 李 晓 峰 李继周 张 伟 张 玲

张本昀 张国强 陈 淮 郑永红

赵顺波 段印德 祝彦知 姚庆钊

原 方 钱文军 曾宪桃 鲍 鹏

秘 书 崔青峰

本书作者 Authors

会员委员会成员

主 编 赵文兰 张会平 王 琳 王 琳
副主编 赵艳霞 冯 波 王 琳 王 琳
编 委 (以姓氏笔画为序) 王 琳 王 琳

王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳
王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳
王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳

王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳

王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳

王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳 王 琳

序

Preface

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教学研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

王发之

2006年7月

前言

Preface

本书是普通高等教育土木工程专业“十一五”规划教材,是按照普通高等院校土木工程、交通工程、水利工程、工程管理等专业本课程教学的基本要求和参阅国内同类优秀教材的基础上编写的。

本书主要包括上、中、下三篇内容。上篇画法几何是土木工程制图的基础,通过学习投影法,掌握表达空间几何形体(点、线、面、体)和图解空间几何问题的基本理论和方法。中篇土木工程制图要求学生学会正确使用绘图工具和仪器的方法,贯彻国家标准中有关土木建筑制图的基本规定,掌握工程形体投影图的画法、读法和尺寸注法,培养学生用工具、仪器和徒手绘图的能力。通过土木建筑专业图的学习,应熟悉有关专业的一些基本知识,了解土木建筑专业图(如房屋、给水排水、道路、桥梁、涵洞、隧道等图样)的内容和图示特点,遵守有关专业制图标准的规定,初步掌握绘制和阅读专业图样的方法。下篇计算机绘图基础要求学生掌握最新版本的绘图软件 AutoCAD 2008 中二维图形的绘制方法和技巧。本书依据《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2001),《总图制图标准》(GB/T 50103—2001),《建筑制图标准》(GB/T 50104—2001),《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2001),《给水排水制图标准》(GB/T 50106—2001)和《暖通空调制图标准》(GB/T 50114—2001)等标准进行编写。教材内容紧密结合土木工程实际,涵盖面广,有利于拓宽学生的视野,便于教师结合专业需要进行取舍。

本书很多插图特别是专业图,大都来自实际工程施工图,其结构和复杂程度均符合教学要求,便于学生在学习过程中理论联系实际,提高学习效果。

本书由赵文兰、张会平任主编,赵艳霞、冯波任副主编,各章编写人员分工为:绪论由赵文兰编写,第1章、第2章、第3章、第4章、第11章由张会平编写,第5章、第6章、第7章由吕大为编写,第8章、第12章由赵艳霞、何大治编写,第9章、第14章由周秋寒编写,第10章、第19章由张修雨编写,第13章由赵文兰、王嘉慧、张修雨编写,第15章、

第16章由郭呈周编写,第17章、第18章由赵文兰、赵湘育编写,第20章、第21章、第22章、第23章、第24章由冯波编写。为满足教学的需要,本书可与赵文兰、张会平主编的《画法几何与土木工程制图习题集》配套使用。

本书在编写过程中,参考了近年来出版的工程制图有关教材及标准,参考文献列于书末,在此向这些资料的作者们表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,在编写过程中难免出现错误,热忱欢迎广大教师和读者批评指正。

编者

2009年3月

目录

CONTENTS

▶▶▶ 1

上篇 画法几何

第0章 绪论.....	3
0.1 本课程的研究对象和内容	3

6.2 换面法	62
第7章 曲线与曲面	72
7.1 曲线	72
7.2 曲面	74
7.3 回转曲面	75
7.4 非回转直纹曲面	84
7.5 平螺旋面	85
第8章 立体	89
8.1 平面立体的投影	89
8.2 平面与立体相交	92
8.3 两立体相交	103
第9章 轴测投影	111
9.1 轴测投影图的基本知识	111
9.2 正轴测投影	113
9.3 斜轴测投影	115
9.4 圆的轴测图	119
9.5 轴测图的选择	122
第10章 标高投影	124
10.1 概述	124
10.2 点和直线及平面的标高投影	125
10.3 曲面和地形面的标高投影	133
10.4 标高投影的应用实例	137
中篇 土木工程制图	
第11章 制图基本知识和技能	145
11.1 常用绘图工具仪器及使用方法	145
11.2 制图基本规定	150
11.3 几何作图	162
11.4 平面图形的分析与画法	168
11.5 制图的步骤与方法	169

11.6 徒手画图	170
第12章 组合体	172
12.1 组合体的组合形式及形体分析法	172
12.2 组合体三面图的画法	175
12.3 组合体的尺寸标注	178
12.4 组合体三面图的阅读	182
12.5 组合体的构型设计	188
第13章 工程形体的表达方法	193
13.1 工程形体的投影视图	193
13.2 剖面图	197
13.3 断面图	206
13.4 常用的简化画法	208
13.5 第三角画法简介	209
第14章 建筑施工图	212
14.1 概述	212
14.2 首页图	218
14.3 总平面图	219
14.4 平面图	222
14.5 立面图	229
14.6 剖面图	233
14.7 建筑详图	236
14.8 工业厂房建筑施工图	243
第15章 结构施工图	246
15.1 概述	246
15.2 结构设计说明	247
15.3 基础图	247
15.4 楼层、屋顶结构平面图	251
15.5 钢筋混凝土构件详图	253
15.6 混凝土结构平面表示法	259
15.7 钢结构图	269

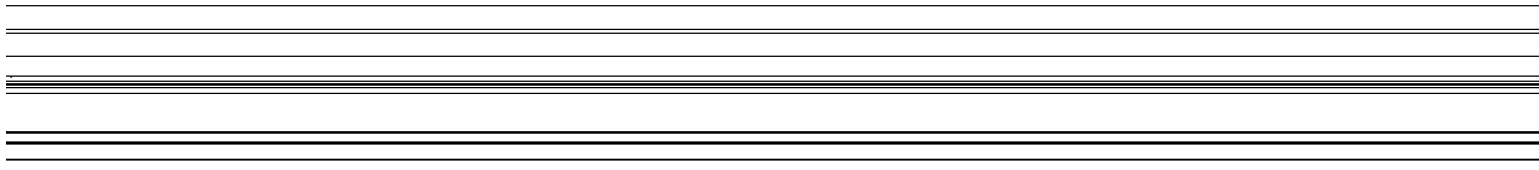
第 16 章 给水排水施工图	276
16.1 概述	276
16.2 室内给水排水施工图	277
16.3 室外给水排水施工图	285
16.4 管网配件及其安装详图	286
第 17 章 道路工程图	288
17.1 概述	288
17.2 公路路线工程图	290
17.3 城市道路路线工程图	305
17.4 路面工程图	310
17.5 公路排水系统及防护工程图	315
第 18 章 桥隧和涵洞工程图	317
18.1 概述	317
18.2 钢筋混凝土梁桥工程图	319
18.3 钢筋混凝土斜拉桥工程图	332
18.4 桥梁图读图和画图步骤	334
18.5 隧道工程图	338
18.6 涵洞工程图	341
第 19 章 水利工程图	346
19.1 水利工程概述	346
19.2 水工图的表达方法	350
19.3 水工图的尺寸标注	356
19.4 水工图的阅读	360

下篇 计算机绘图基础

第 20 章 AutoCAD 绘图的基本知识	367
20.1 AutoCAD 软件概貌	367
20.2 绘图的工作环境	371
20.3 图形文件管理	379
20.4 图层管理	381

20.5 常用的绘图操作.....	386
第21章 基本绘图命令及操作	389
21.1 基本绘图命令.....	389
21.2 区域填充操作.....	396
21.3 图块操作.....	398
第22章 基本编辑命令及操作	402
22.1 基本编辑命令.....	402
22.2 编辑对象特性工具栏.....	411
第23章 文本标注和尺寸标注	413
23.1 文本标注.....	413
23.2 尺寸标注.....	417
第24章 图形输出	427
24.1 概述.....	427
24.2 打印出图.....	427
24.3 综合运用举例.....	430
参考文献.....	434

上篇 画法几何



第0章 绪论

0.1 本课程的研究对象和内容

0.1.1 本课程研究的对象

“画法几何与土木工程制图”就是研究用投影的理论将房屋、道路、桥梁、仪器、设备等绘制成工程图样和图解空间几何问题的学科。即研究绘制和阅读工程图的原理和方法,培养学生的形象思维能力,既有系统理论又有较强实践性,是工科学生必修的一门技术基础课。

许多年来,人们习惯用图表达思想,表现生活,主要是因为它具有直观性和形象化的特点。图样与语言文字一样都是人类表达、交流思想的工具。在生产建设和科学研究过程中,对于已有的和想象中的空间物体,如地面、建筑物、机器和设备等的形状、大小、位置及其他有关资料,很难用语言和文字表达清楚,因而需要在平面(如图纸)上用图形形象地表达出来。这种在平面上表达空间工程物体的图形称为工程图。

0.1.2 本课程的内容和目的

本课程包括画法几何(上篇)、制图基础、土木工程专业图(中篇)和计算机绘图基础(下篇)四部分,具体内容与要求如下。

(1) 画法几何是土木工程制图的理论基础,通过学习投影法,掌握表达空间几何形体(点、线、面、体)和图解空间几何问题的基本理论和方法。

(2) 制图基础要求学生学会正确使用绘图工具和仪器的方法,贯彻国家标准中有关土木建筑制图的基本规定,掌握工程形体投影图的画法、读法和尺寸注法,培养用工具、仪器和徒手绘图的能力。

(3) 通过土木工程专业图的学习,应知悉有关专业的一些基本知识,了解土木工程专业图(如房屋、道路、桥梁、涵洞、隧道等图样)的内容和图示特点,遵守有关专业制图标准的规定,初步掌握绘制和阅读专业图样的方法。

(4) 计算机绘图是适应现代化建设的新技术,也是本课程发展的一个重要方向,学习计算机绘图基础后,应了解它的发展和在国民经济建设中的作用,了解计算机绘图系统的组成和工作原理,掌握二维图形变换的方法,学会应用一种绘图软件来绘制二维图形,学会简单平面图形绘图程序的编制和图形输出,为学生较好地掌握现代化绘图技术和学习计算机辅助设计打下必要的基础。计算机绘图基础的教学内容,可全部在本课程内贯彻,



也可以由“土木工程 CAD”或其他课程承担该部分教学内容和上机任务,但不论由本课程单独贯彻,或由本课程与其他课程共同贯彻,必须全部掌握计算机绘图基础的教学内容。

本课程只能为学生的绘图和读图打下一定的基础,要达到合格的工科学生所必须具备的有关要求,还有待于在后续课程、生产实习、课程设计和毕业设计中继续培养和提高。

0.2 本课程的主要任务和学习方法

0.2.1 画法几何的任务和学习方法

0.2.1.1 画法几何的任务

画法几何是几何学的一个分支。在工程和科学技术方面,经常要在平面上表示空间的形体。例如,我们需要在纸上画出房屋或建筑物的图样,以便根据这些图样施工建造。但是平面是二维的,而空间形体都是三维的。为了使三维的形体能在二维的平面上得到正确的反映,就必须规定和采用一些方法。这些方法就是画法几何所要研究的。

工程实践中不仅要在平面上表示空间形体,而且还需要应用这些表达在平面上的图形来解决空间的几何问题。例如,我们往往需要根据由测量结果而绘制的地形图来设计道路或运河的线路,决定什么地方需要开挖和填筑,以及计算土方等。这些根据形体在平面上的图形来图解空间几何问题,也是画法几何所要研究的。

因此,画法几何的任务是:①研究在二维平面上表达三维空间形体的方法,即图示法;②研究在平面上利用图形来解决空间几何问题的方法,即图解法。

此外,由于画法几何所研究的是空间形体与它在平面上的图形之间的关系,因而在培养和发展学生对三维形状和相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力方面起着极其重要的作用。

在这里,图形是直接用来研究空间形体的几何形状和解决空间几何问题的工具,因此,对画在平面上的图形有一系列的要求。主要要求如下。

(1)图形应当有可逆性,也就是说,根据图形能够准确地恢复所画形体的形状和大小;

(2)图形在满足其功能的前提下应具有一定的直观性,以便根据图形能比较容易地想象出所画形体的形状和大小;

(3)绘制图形应较为简便;

(4)图形以及由之进行的作图应足够准确。

上述对图形的要求,有时可能有矛盾,这就应根据图形所要满足的条件来确定采用哪种图示方法。

0.2.1.2 画法几何的学习方法

(1)画法几何是按点、线、面、体,由浅入深、由简及繁、由易到难的顺序编排的,前后联系十分紧密。学习时,必须对前面的基本内容真正理解,基本作图方法熟练掌握后,才能往下作进一步的学习。

(2)由于画法几何研究的是图示法和图解法,涉及的是空间形体与平面图形之间的



对应关系,所以,学习时必须经常注意空间几何关系的分析以及空间几何元素与平面图形的联系。对于每一个概念、每一个原理、每一条规律和每一种方法都要弄清它们的空间意义和空间关系,以便掌握这些基本内容并善于运用它们。

(3)复习时不能单纯阅读课文,必须同时用直尺和圆规在纸上进行作图。还可以借助于铁丝、硬纸板等物品做一些简单的模型,帮助理解书上所讲解的内容和习题。书上的例题在通过自己的作图并获得正确的结果后,才能验证是否真正理解和易于记住这些作图方法。

(4)解题时,首先要弄清哪些是已知条件,哪些是需要求作的。然后利用已学过的内容进行空间分析,研究怎样从已知条件获得所要求作的结果,要通过怎样的几个步骤才能达到最后的结果。初学时可以把这些步骤记录下来。最后利用基本作图方法按照所确定的解题步骤一步步地进行作图,作图时要力求准确。完成后还应作一次全面的检查,看作图过程中有没有错误。

0.2.2 土木工程制图的任务和学习方法

0.2.2.1 土木工程制图的任务

一切现代化的工程,不论是建造工厂、住宅、公路、铁路、水坝、水闸,或是制造车床、汽车、轮船、机车、飞机等,都不可能没有图样而进行建筑或制造。因为,即使是对工程对象的最为详尽的语言说明或文字描述,也不可能使人充分领会而得出关于该工程对象的完整而明确的概念。最有效而适用的办法,莫过于用图样来表达。因此,图样是施工或制造的依据,是工程上必不可少的重要技术文件。

图样是按照国家或部门有关标准的统一规定而绘制的,是“工程界的技术语言”。它是工程技术人员用来表达设计构思,进行技术交流的重要工具。

由于图样在工程技术上的重要作用,所以工程技术人员必须具备绘制和阅读工程图样的能力。因此,在高等工科院校学习的未来的工程技术人员必须经过严格的训练以获得这种能力,而学习土木工程制图将为绘制和阅读有关专业的工程图样打下坚实的基础。

因此土木工程制图的任务主要如下。

(1)培养绘制和阅读土木工程图样的基本能力。具体地说,就是要会正确使用绘图仪器和工具,掌握熟练的绘图技巧。

(2)熟悉并能适当地运用各种表达物体形状和大小的方法。

(3)学会凭观察估计物体各部分的比例而徒手绘制草图的基本技能。

(4)熟悉有关的制图标准及各种规定画法和简化画法的内容及其应用。

(5)掌握有关专业工程图样的主要内容及其特点。

(6)培养利用计算机绘制图形的基本能力。

在学习过程中,还应注意丰富和发展三维形状与相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力。

0.2.2.2 土木工程制图的学习方法

(1)图样是重要的技术文件,是施工和制造的依据,不能有丝毫的差错。图中多画或缺少一条线,写错或遗漏一个尺寸数字,都会给生产带来严重的损失。因此,在学习过程



中,必须具备高度的责任心,养成实事求是的科学态度和严肃认真、耐心细致、一丝不苟的工作作风。

(2)绘图和读图能力的培养,主要是通过一系列的绘图实践,包括编写程序和上机操作来实现的。因此,应认真对待并及时完成每一次的练习或作业,逐步掌握绘图和读图方法,熟悉有关的制图标准规格。

(3)要养成正确使用绘图仪器和工具的习惯,严格遵守国家标准和规定,遵循正确的作图步骤和方法,不断提高绘图效率。

(4)投影制图部分,包括组合体三面图和工程形体的表达方法两章的内容,是土木工程制图部分的重点,也是学好有关专业图的重要基础,因此必须达到熟练掌握的程度。特别要注意掌握形体分析法,学会把复杂形体分解为简单形体组合的思维方法,从而提高绘图和读图能力。

(5)计算机绘图的突出特点是实践性强,所以不论是利用绘图软件还是编写程序进行图形的绘制,都必须用足够的时间和精力上机操作,这样才有可能真正掌握这一技术。

0.3 我国工程制图的发展概况

0.3.1 画法几何与土木工程制图的发展史

画法几何与土木工程制图和其他学科一样,是从人们的生产实践中产生和发展起来的,从我国和世界各国的历史可知,几何学是由配合农业生产和地籍管理的土地丈量、天文、航海等方面的需要而产生的,并随着工农业生产各方面的需要逐步得到充实和发展。工程图样起源于图画。在古代,当人们学会了制作简单工具和营造各种建筑物时,就已经使用画图来表达意图了。在一段很长的时期中,都是按照写真方法画图的,而随着生产的发展,对生产工具和建筑物的复杂程度与技术要求愈来愈高,直观的写生图已不能表达工程形体了,迫切需要总结出一套正确绘制工程图样的规律和方法,这些规律和方法在许多工匠、技师、建筑师和学者们的生产实践活动中逐步积累和发展起来。18世纪末叶,法国的工程师和数学家加斯帕·蒙日(Caspar Monge,公元1746~1818年)全面总结了前人的经验,用几何学的原理系统地总结了将空间几何形体正确绘制在平面图纸上的规律和方法,以在互相垂直的两个投影面上的正投影为基础,著写了《画法几何学》。从这时起,画法几何学便成为几何学的一个分支和一门独立的学科,奠定了包括土木工程制图在内的工程制图的理论基础,使工程制图在生产中获得广泛的应用。随着生产和工程建设的不断发展,工程制图的应用范围也愈来愈宽广,反过来进一步推动了理论图学、应用图学和制图技术的进一步发展;与此同时,工程图样也愈来愈需要有统一的标准,于是各国纷纷制订了工业生产领域里各有关专业的制图标准,并随着生产建设的发展逐步修订,为了协调各国各自制订的制图标准和逐步导向统一,国际上还制订了国际标准ISO,供各国制订和修订制图标准时参考。



0.3.2 我国历史上在土木工程制图方面的成就

中国是世界文明古国之一,在工程制图方面也积累了很多经验,留下了丰富的历史遗产。从四千多年前殷商时代留下的陶器、骨板和铜器上的花纹就可看出,我们的祖先在当时就已有简单的绘图能力,掌握了画几何图形的技能。早在三千多年前的春秋时代,在技术著作《周礼考工记》中已述及了使用规矩、绳墨、悬垂等绘图和施工的工具。在两千多年前的数学名著《周髀算经》中,就已讲述用边长为3,4,5定直角三角形的绘图方法,以及固定直角三角形的弦,直角顶点的轨迹便是圆的绘图原理,汉代刘歆(约公元前30年)求出了近似圆周率为3.1416。在我国历代遗留下来的许多著作中也有很多工程图样,如宋代李诫的《营造法式》(公元1100年成书,公元1103年刊行),共36卷,其中建造房屋的图样达6卷之多,对建筑制图的规格、营造技术、工料估算等阐述详尽,有很高的水平;具有各种器械图样的著作也相当多,如宋代苏颂的《新仪象法要》、元代王桢的《农书》、明代宋应星的《天工开物》和徐光启的《农政全书》、清代程大位的《算法统筹》等。

虽然我国历代在工程制图技术领域里曾有过很多成就,但由于长期处于封建制度下,工农业生产发展迟缓,制图技术的发展也受到阻碍。中华人民共和国成立后,随着工农业生产的发展,使工程制图科学技术领域里的理论图学、应用图学、计算机图学、制图技术、制图标准、图学教育等各个方面,都得到了相应的发展。尤其是在制图标准方面,结束了旧中国遗留下来的混乱局面,于1956年由原第一机械工业部发布了第一个部颁标准《机械制图》,1959年由国家科学技术委员会发布了第一个国家标准《机械制图》,随后,又颁布了国家标准《建筑制图》,使全国主要的工程制图标准得到了统一。为了进一步适应工农业生产和科学技术的发展,分别于1970、1974、1984、2001年修订了国家标准《建筑制图》和《机械制图》等。同样,在房屋建筑制图的各个方面的国家标准也陆续制定和修订,在其他的工程技术领域里,有些部门也逐步制定了有关制图方面的标准。这些制图标准仍将随着工农业生产和科学技术的发展而不断修订或制定,而且还按照需要与可能制定各个部门的技术图样共同适用的统一的国家标准《技术制图》。

当前值得我们特别重视的是:由于电子技术的飞速发展,数控技术扩展到各个领域,从本世纪中叶第一台数控绘图机诞生以来,工程制图就进入了以手工操作向半自动化和自动化猛进的变革时期。随着计算机绘图(CG)和计算机辅助设计(CAD)的发展,计算机辅助技术既能用计算机进行最优选择和计算,又能将计算结果绘出图样。虽然我国在这方面起步比世界上的发达国家稍迟,然而从改革开放以来,计算机绘图和计算机辅助设计发展得相当迅速,正在迎头赶上,必将在工程界实现制图技术的自动化,以适应现代化建设的需要。

我们回顾在工程制图领域中古代的光辉业绩,以及新中国建立以来的成就,面对现状,瞻望未来,一定能激励自己努力学习,掌握绘制、阅读土木工程图样的基本原理和方法,并逐步实现制图技术自动化。

第 1 章 投影基本知识

1.1 投影的基本概念及分类

1.1.1 投影的形成

在平面上用图形表达空间形体,首先要解决的问题是采用什么方法把空间形体转化为平面图形。

(1) 影子 日常生活中,我们对影子并不陌生,在光线照射下,物体在地面或墙面上投下影子,而且随着光线照射角度或距离的改变,影子的位置和大小也会随着改变,并且这种影子内部灰黑一片,只能反映物体外形的轮廓,如图 1.1(a)所示。

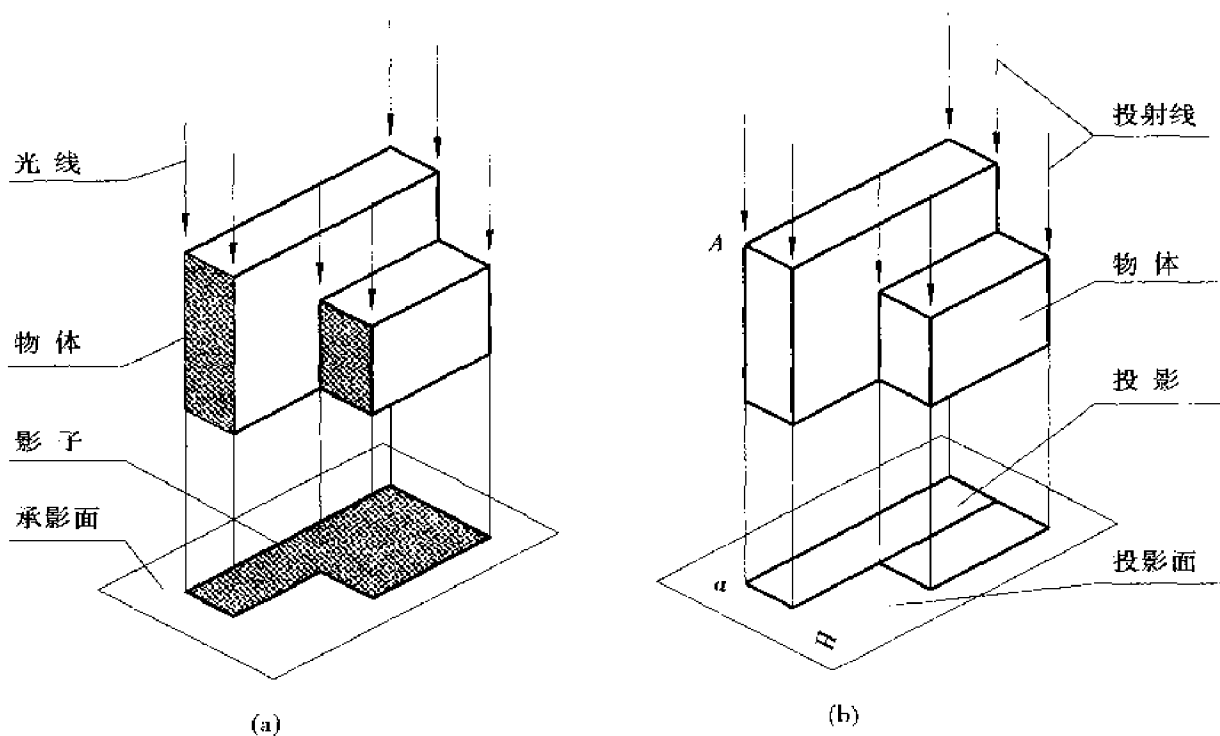


图 1.1 影子和投影

(a) 影子; (b) 投影



(2) 投影 如果我们把物体的影子经过如下科学的抽象:假设光线能够穿透形体,而将形体上的各顶点和所有轮廓线都在平面上投落它们的影,这些点和线的影将组成一个能够反映出形体各部分形状的图形,这个图形通常称为形体的投影,如图 1.1(b) 所示。

通过分析,物体进行投影的条件是:投射线、物体、投影面,如图 1.2 所示。

投影法:对物体进行投影,在投影面上产生图像的方法称为投影法。

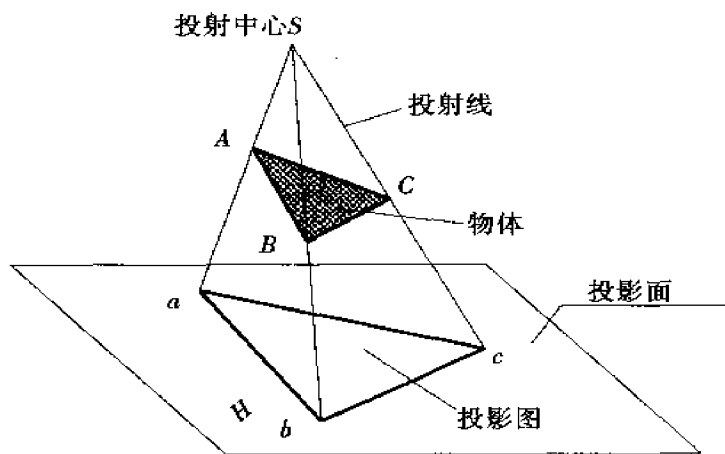


图 1.2 投影的形成

1.1.2 投影的分类

根据投射中心与投影面距离远近的不同,投影分为中心投影和平行投影,如图 1.3 所示。

(1) 中心投影 投射中心 S 在有限的距离内,发出放射状的投射线,用这些投射线作出的投影,称为中心投影。这种方法称为中心投影法,如图 1.3(a) 所示。

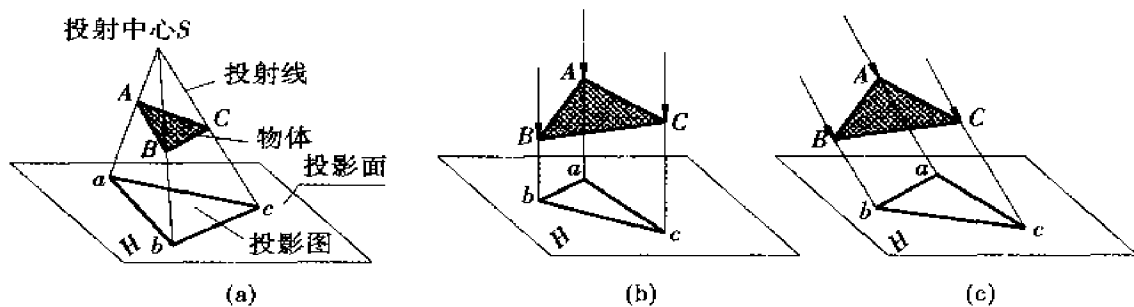


图 1.3 投影的分类

(a) 中心投影; (b) 正投影; (c) 斜投影

(2) 平行投影 当投射中心距离投影面为无限远时,投射线将依一定的投射方向平行地投射下来,用平行投射线作出的投影称为平行投影。这种方法称为平行投影法,如图



1.3 所示。

平行投影又可分为正投影和斜投影。当投射线垂直于投影面时,称为正投影,如图 1.3(b) 所示;当投射线倾斜于投影面时,称为斜投影,图如 1.3(c) 所示。

1.1.3 工程上常用的四种投影图

在实际工作中,由于表达目的和对象的不同,常用不同的投影法来表达不同的投影图,工程上常用到四种投影图,如图 1.4 所示。

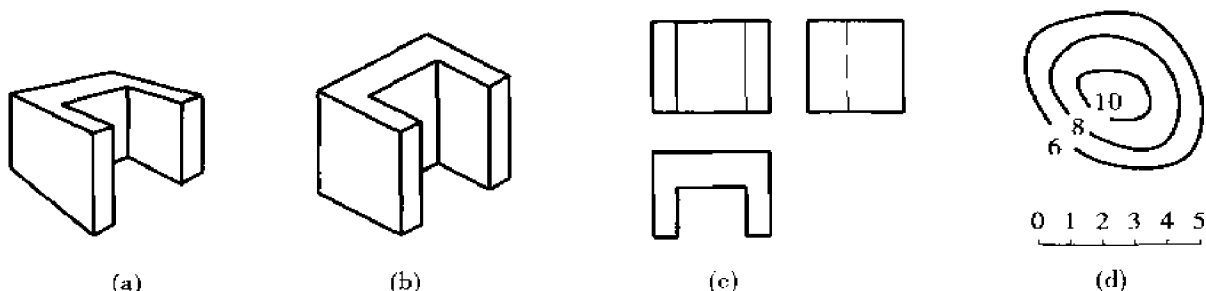


图 1.4 工程上常用的四种投影图
(a) 透视图; (b) 轴测图; (c) 正投影图; (d) 标高投影图

(1) 透视投影图 用中心投影法绘制的形体的单面投影图,称为透视图,也可称效果图。这种图有较强的立体感和真实感,常在建筑初步设计阶段绘制,用于方案比较,选取最佳方案。但这种图作图较繁,不能反映物体的真实形状和大小。

(2) 轴测投影图 用平行投影法绘制的形体的单面投影图,称为轴测图。这种图也有立体感,有的并能反映物体上某些方向的真实形状和大小,且作图简便。但这种图不能反映整个物体的真实形状。

(3) 正投影图 用正投影法在两个或两个以上相互垂直的投影面上绘制的形体的多面投影图,称为正投影图。正投影图度量性好,在工程上应用最广,且作图简便,但缺乏立体感。

(4) 标高投影图 用正投影法绘制的形体的标有高度的单面投影图,称为标高投影图。这种图主要用于表示地形、道路和建筑物。作图时,用间隔相等的水平面截割地形面,其交线即为等高线,将不同高程的等高线投影在水平的投影面上,并标注出各等高线的高程,即为标高投影图。地形图及地面上建造的土工形体的标高投影,可表示出该土工形体的位置、形状和大小,坡面间的交线以及坡面与地面的交线,从而为施工中计算土方量、确定施工界限,提供了依据。

1.2 平行投影的基本性质

(1) 度量性 直线平行于投影面时,其平行投影反映直线的实长;平面平行于投影面时,其平行投影反映平面的实际形状,如图 1.5 所示。

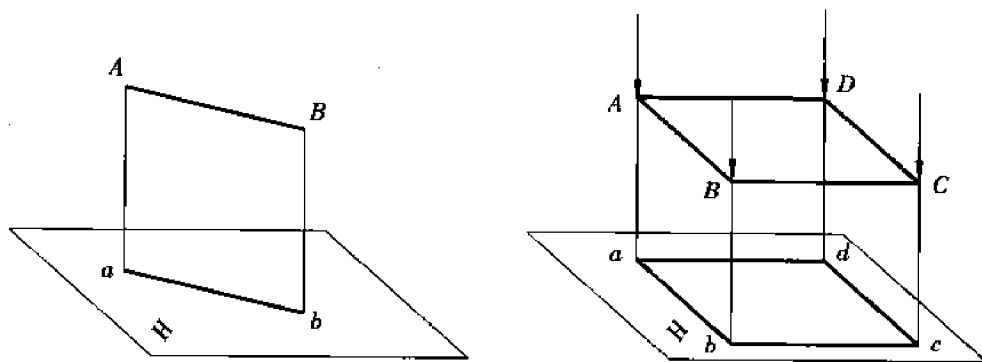


图 1.5 平行投影的度量性

(2) 积聚性 直线与投射射线平行时,其平行投影积聚为一点;平面与投射射线平行时,其平行投影积聚为一条直线,如图 1.6 所示。

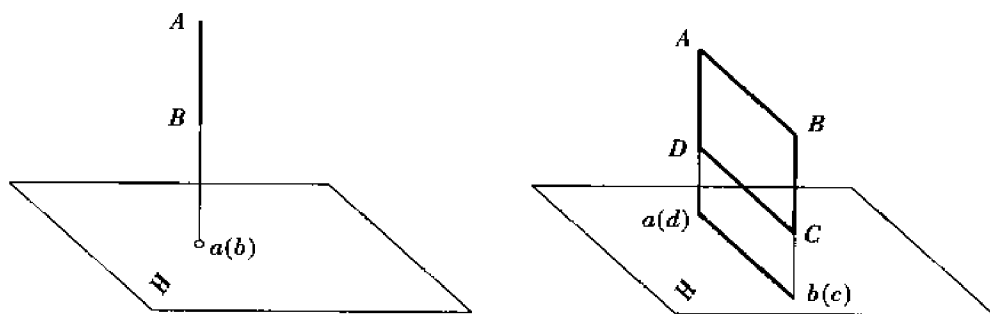


图 1.6 平行投影的积聚性

(3) 类似性 当直线与投影面倾斜时,其平行投影是变短的直线;当平面与投影面倾斜时,其平行投影是面积缩小的类似形,如图 1.7 所示。

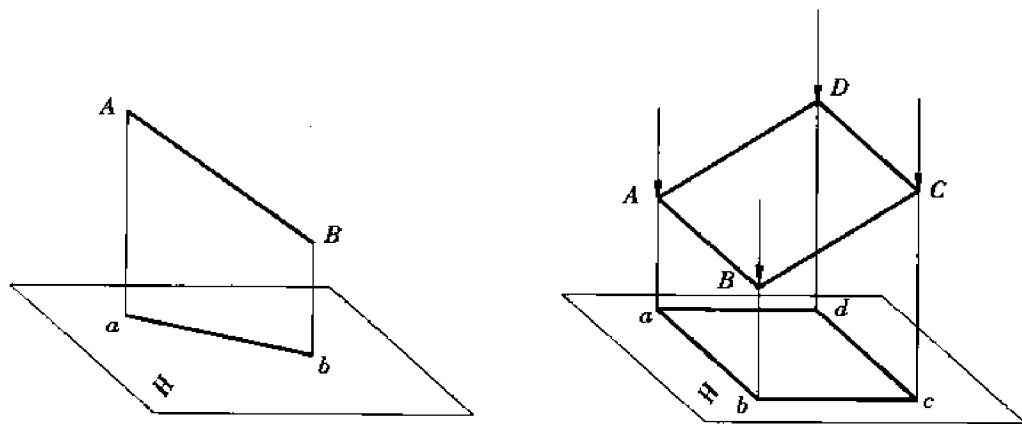


图 1.7 平行投影的类似性



(4) 定比性 直线上两线段的长度比等于它们平行投影的长度比, 即 $AC:CB=ac:cb$, 如图 1.8 所示; 两平行直线段的长度比等于它们平行投影的长度比, 即 $AB:CD=ab:cd$, 如图 1.9 所示。

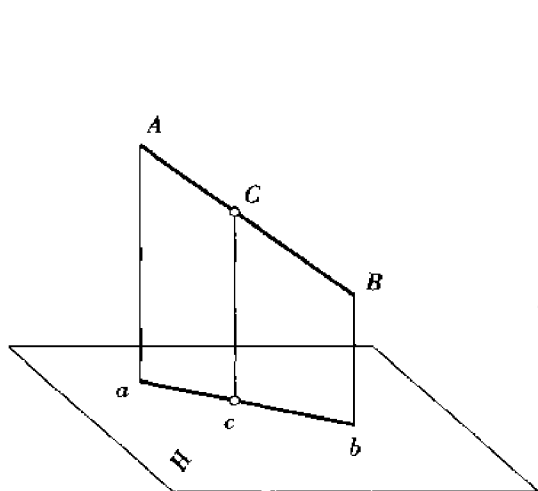


图 1.8 平行投影的定比性

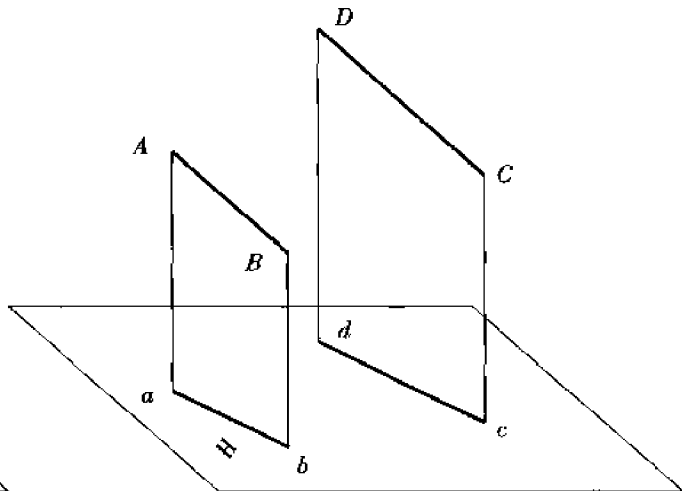


图 1.9 平行投影的平行性

(5) 平行性 若两直线平行, 则两直线的平行投影也平行, 如图 1.9 所示。

由于正投影具有反映实长和实形, 且作图简便的优点, 因此, 正投影图是工程制图中的主要图样, 在以后的叙述中如不特别说明, 所述投影均指正投影。

1.3 三面正投影图的形成及其规律

如图 1.10 所示, 两个不同的形体, 它们在同一投影面上的投影完全相同, 这说明仅有形体的一个投影图, 一般不能确定形体的空间形状和大小。因此, 在工程上常用多个投影图来表达形体的形状和大小, 基本的表达方法是用三面正投影图。

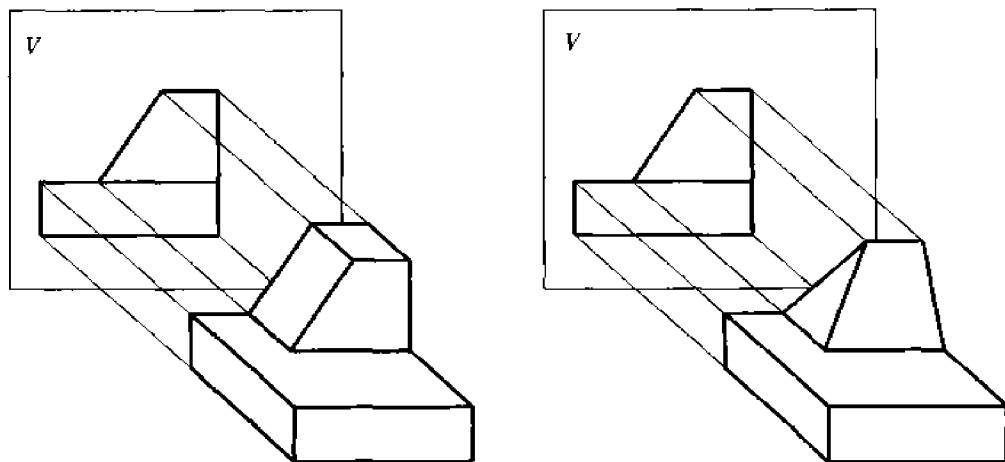


图 1.10 物体的一个投影不能完全表达空间物体的形状和大小



1.3.1 三面正投影图的形成

(1) 三投影面体系的建立 按照国家标准规定设置的三个相互垂直的投影面,称为三投影面体系,如图 1.11 所示。

在三个投影面中,直立在观察者正对面位置的投影面称为正立投影面,简称正面,用字母 V 标记;水平位置的投影面称为水平投影面,简称水平面,用字母 H 标记;右侧的投影面称为侧立投影面,简称侧面,用字母 W 标记。

三个投影面的交线 OX 、 OY 、 OZ 称为投影轴,分别简称为 X 、 Y 、 Z 轴。三轴互相垂直相交于一点 O ,称为原点。以原点 O 为基准,可以沿 X 轴方向度量形体的长度尺寸和确定左右位置;沿 Y 轴方向度量形体的宽度尺寸和确定前后位置;沿 Z 轴方向度量形体的高度尺寸和确定上下或高低位置。

(2) 分面进行投影 如图 1.12 所示,把形体正放在三面投影体系中,正放就是把形体上的主要表面或对称面置于平行投影面的位置。形体的位置一经放定,其长、宽、高及上下、左右、前后方位即确定,然后将形体的各几何要素分别向三投影面进行投影,即得形体的三面投影图。

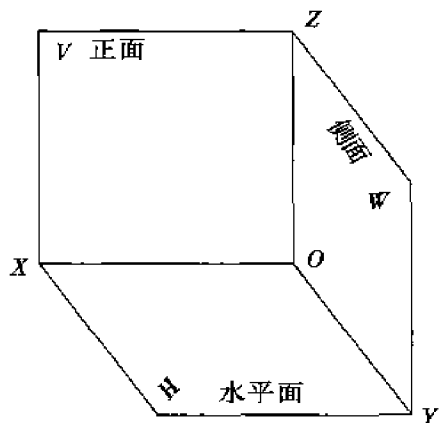
投射方向从上到下在 H 面上得到的形体的正投影图称为水平投影图(简称 H 投影);

投射方向从前到后在 V 面上得到的形体的正投影图称为正面投影图(简称 V 投影);

投射方向从左到右在 W 面上得到的形体的正投影图称为侧面投影图(简称 W 投影);

(3) 三面正投影图的展开 三个投影图分别位于三个投影面上,如图 1.12(a) 所示,画图非常不便。实际绘图时,这三个投影图要画在一张图纸上(即同一个平面上)。为此要将投影面展开,如图 1.12(b) 所示;展开时保持 V 面不动,将 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° ,将 W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° ,这样,三个投影面便位于同一绘图平面上,如图 1.12(c) 所示。这时, Y 轴分为两条,位于 H 面上的记为 Y_H ,位于 W 面的记为 Y_W 。通常绘制形体的三面正投影图时,因形体与投影面的距离并不影响形体在这个投影面上的形状,故不需要画出投影面的边框,也可不画出投影轴。

正面投影(V 投影)、水平投影(H 投影)和侧面投影(W 投影),组成的投影图,称为三面正投影图,如图 1.12(d) 所示。



1.11 三投影面体系

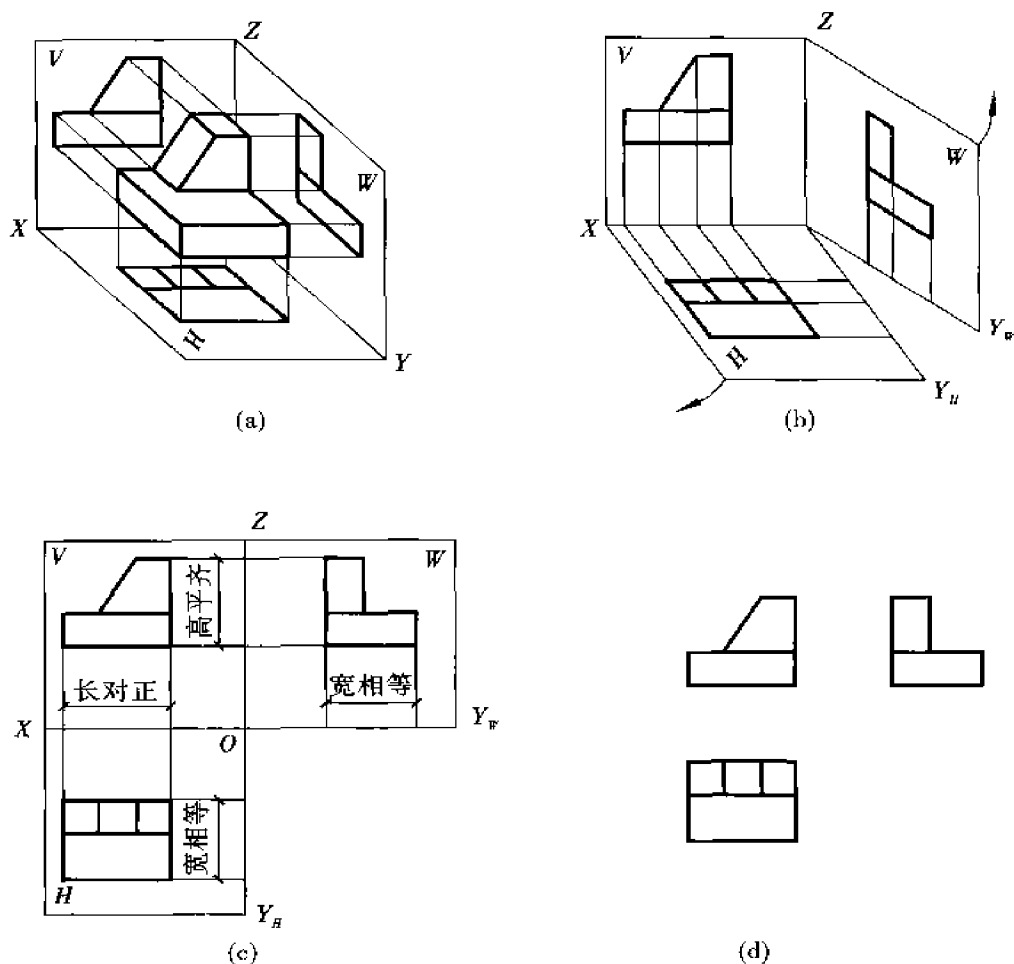


图 1.12 三面正投影图

(a) 分面进行投影; (b) 投影图的展开;
(c) 展开后的三投影位置; (d) 三面正投影图

1.3.2 三面正投影图的投影规律

(1) 三面正投影图与空间形体的关系 由三面正投影图的形成可知, 每个投影图都表示形体一个方向的形状、两个方向的尺寸和四个方位, 如图 1.13 所示。

H 面投影反映从形体上方向下看的形状和长度、宽度方向的尺寸以及左右、前后方向的位置。

V 面投影反映从形体前方向后看的形状和长度、高度方向的尺寸以及左右、上下方向的位置。

W 面投影反映从形体左方向右看的形状和宽度、高度方向的尺寸以及前后、上下方向的位置。

(2) 三面正投影图的投影规律 三面正投影图表达的是同一形体, 而且是形体在同



一位置分别向三个投影面所作的投影,所以三面正投影图间每对相邻投影图同一方向的尺寸相等,由图 1.12(c)可知:

H 面投影和 V 面投影中的相应投影长度相等,并且对正;

V 面投影和 W 面投影中的相应投影高度相等,并且平齐;

H 面投影和 W 面投影中的相应投影宽度相等。

“长对正、高平齐、宽相等”是形体的三面投影图之间最基本的投影关系,也是画图和读图的基础。无论是形体的总体轮廓还是某个局部都必须符合这样的投影关系。

应当指出:形体的宽度在 H 面投影中为竖直方向,在 W 面投影中为水平方向,因此根据“宽相等”作图时,要注意宽度尺寸量取的起点和方向。

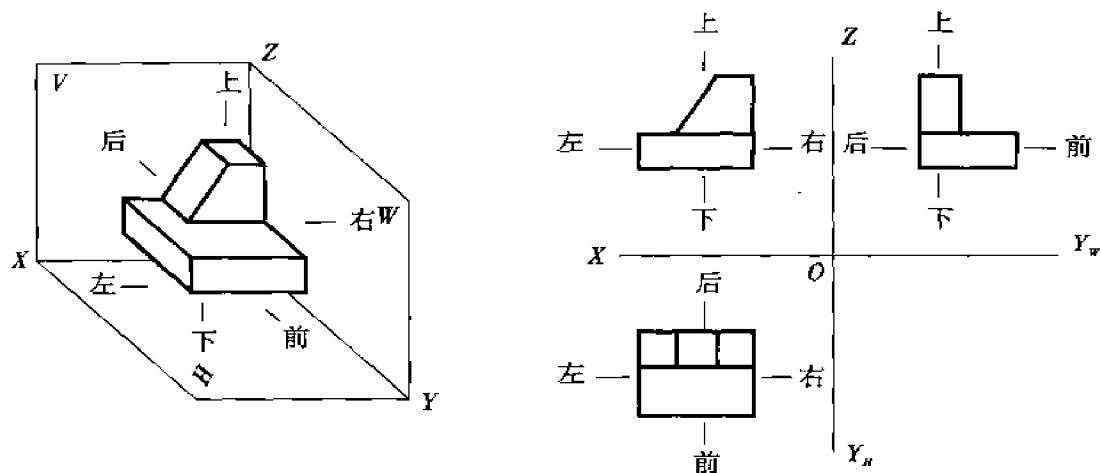


图 1.13 三面正投影图与空间形体的关系

1.3.3 三面正投影图的作图步骤

1.3.3.1 作图步骤

(1)根据三投影图的复杂程度,可先选定比例和图幅,确定各投影图在图纸上的位置,画出定位线或基准线。

(2)根据形体的特征,用 2H 或 3H 铅笔画底稿线,画图时可先画一个投影面上的投影,而后根据“长对正、高平齐、宽相等”画另外两个投影,也可同时画出三个投影面上的投影。

(3)检查,加深,擦去多余的线条。

1.3.3.2 按模型或轴测图画三面投影图

例如:画出图 1.14(a)所示形体的三面正投影图。

(1)分析物体的形状,该形体是由长方体被挖去一个长方体形成的。以最能表达物体形状特征的方向作为 V 投影方向,如图中箭头所示。

(2)用细线画出长方体的投影轮廓线,如图 1.14(b)。

(3)用细线画被挖去的长方体的投影轮廓线,如图 1.14(c)。



(4) 检查,加深,完成全图,如图 1.14(d)。

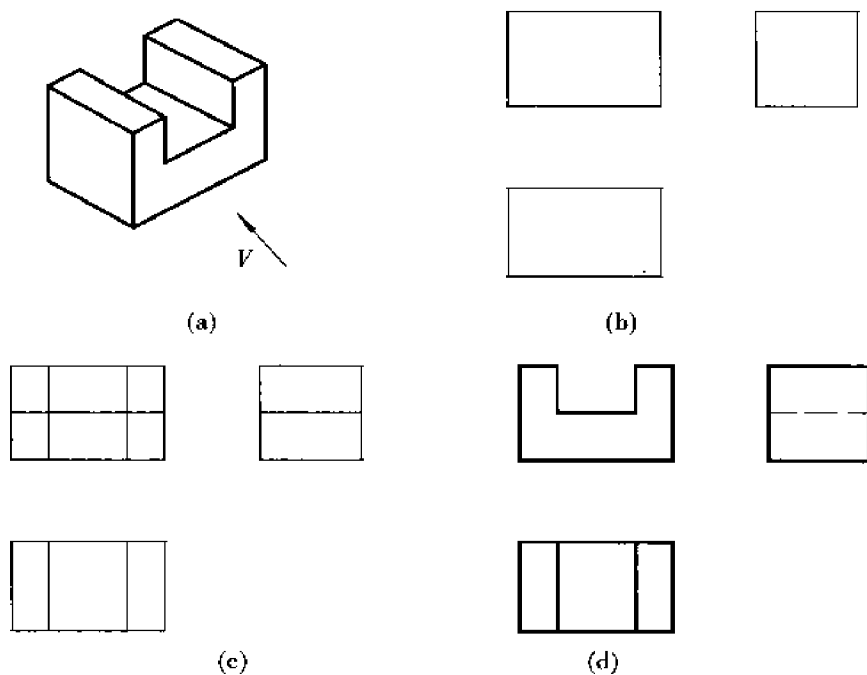


图 1.14 形体的三面正投影图作图步骤

(a) 立体图; (b) 画出长方体的投影轮廓线;
(c) 画被切去的长方体的投影轮廓线; (d) 检查,加深



第2章 点的投影

2.1 点在两面投影体系中的投影

如图 2.1 所示,设在互相垂直的 H 面和 V 面作投射射线 Aa 和 Aa' ,交点 a 和 a' 就是 A 点在 H 面和 V 面的投影,分别称为 A 点的水平投影和正面投影,也称为 H 面投影和 V 面投影。点用小圆圈表示。

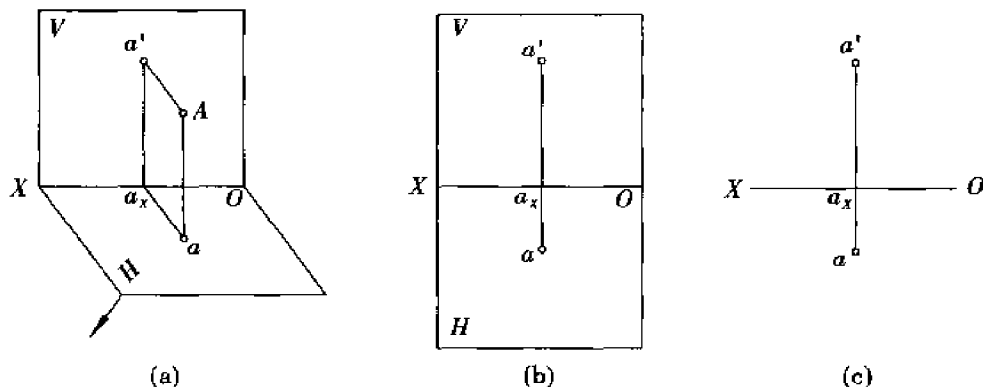


图 2.1 点在两面投影体系中的投影图

(a) 空间状况; (b) 展开图; (c) 投影图

由图 2.1(a) 可知,因投射射线 Aa 垂直于 H 面, Aa' 垂直于 V 面,故平面 Aaa_xa' 垂直于 H 面和 V 面,且 H 面和 V 面互相垂直,因而这三个平面互相垂直,故交线 $aa_x \perp OX$, $a'a_x \perp OX$ 和 $aa_x \perp a'a_x$;同时说明 Aaa_xa' 是一个矩形,并且能确定点在空间的位置,由此得出结论,由点的两个投影能确定点在空间的位置。

点的两面投影是分别位于两个投影面上的,但实际上应在一个平面上表示出空间两个投影面上的投影,为此,应把 H 面和 V 面展成一个平面,如图 2.1(a) 所示,让 V 面不动,把 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° ,使得与 V 面重合,如图 2.1(b) 所示, a 和 a' 之间的连线称为投影连系线,简称连系线,用细实线表示。因为投影面的边框线与确定点的位置无关,故在投影图上只画出投影轴和点的两个投影即可,如图 2.1(c) 所示。

综上所述,点的两面投影规律如下。

(1) 点的水平投影和正面投影之间的连系线垂直于 OX 轴。如图 2.1(c) 所示的 $a'a \perp OX$ 。

(2) 点的水平投影到 OX 轴的距离等于空间点 A 到 V 面的距离。如图 2.1(a) 中

的 $aa_x = Aa'$ 。

(3) 点的正面投影到 OX 轴的距离等于空间点 A 到 H 面的距离。如图 2.1(a) 中的 $a'a_x = Aa$ 。

为叙述简洁起见, 在以后的叙述中如不作特殊说明, 所述投影均指正投影。

2.2 点在三面投影体系中的投影

虽然, 由点的两面投影能确定点在空间的位置, 但在某些情况下, 如已知点 A 到 H 面和 V 面的距离, 则不能确定点 A 在空间的位置, 所以, 需要设立三个投影面。

如图 2.2(a) 所示, 点 A 位于三投影面体系的空间内, 过 A 分别向三个投影面作投射线, 可得到三投影 a, a', a'' , a'' 称为 A 点的侧面投影, 也称为 W 面投影。为了使三个投影面上的投影成为在一个平面上的投影图, 如图 2.2(a), 让 V 面保持不动, H 面绕 OX 轴向下旋转 90° , W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° 与 V 面重合, 结果如图 2.2(b) 所示。

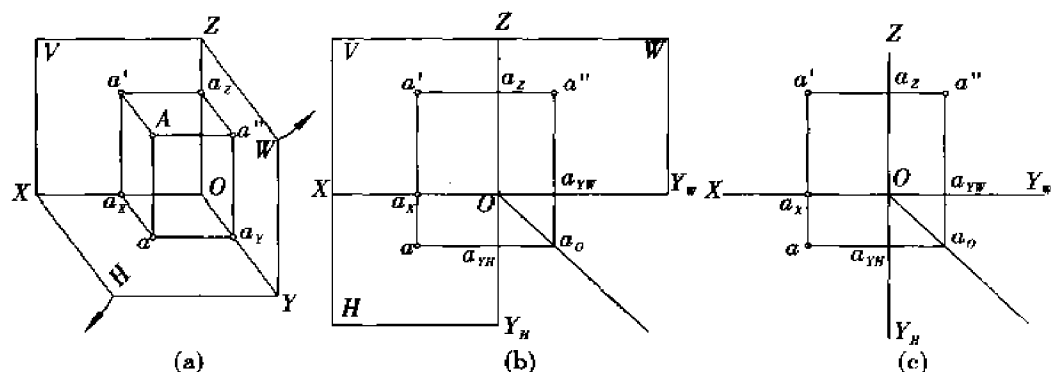


图 2.2 点在三面投影体系中的投影图

(a) 空间状况; (b) 展开图; (c) 投影图

去掉投影面边框, 即得点的三面投影图, 如图 2.2(b) 所示。在三投影图上, 过 a 点的水平线与过 a'' 的竖直线刚好交于通过原点 O 的一条 45° 斜线上, H 面投影与 W 面投影总是满足这样的关系。

今后如无特殊要求, $a_x, a_y, a_{yH}, a_{yW}, a_z, a_o$ 可以省去, 投影轴也可以省去。

根据以上分析及点的两面投影规律, 可以得出点的三面投影规律:

(1) 投影之间连系线垂直于投影轴。如图 2.2(c) 中的 $aa' \perp OX, a'a'' \perp OZ$ 。

(2) 点的 H 面投影 a 到 OX 的距离等于点的 W 面投影 a'' 到 OZ 轴的距离。即 $aa_x = a''a_z$ 。

上述投影特性即“长对正、高平齐、宽相等”的根据所在, 根据上述投影规律, 在三面投影体系中, 由一点的任意两个投影均可确定点在空间的位置, 同时由点的任意两个投影可以求出第三个投影。

【例 2.1】 已知点的两面投影, 求第三投影, 如图 2.3(a) 所示。

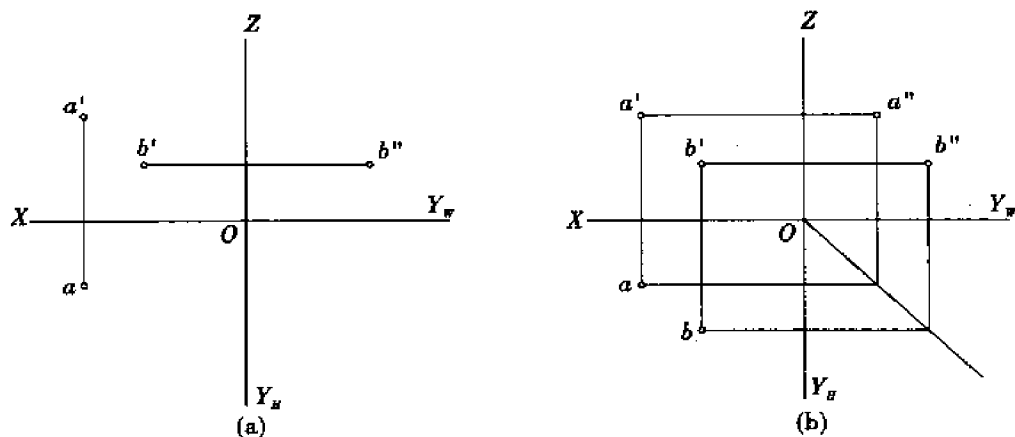


图 2.3 求点的第三投影
(a) 已知; (b) 作图

解 ①过 a' 向 OZ 轴作水平线并延长, 过 a 作水平线与 45° 分角线相交, 从交点处向上作铅垂线, 该铅垂线与过 a' 所作水平线相交, 交点即为 a'' , 如图 2.3(b) 所示;

②过 b' 向下作铅垂线, 过 b'' 向下作铅垂线与 45° 分角线相交, 从交点处再向左作水平线, 该水平线与过 b' 所作铅垂线相交, 交点即为 b , 如图 2.3(b) 所示。

2.3 特殊位置的点

图 2.2 中的 A 点, 没有位于任何投影面和投影轴及原点 O 上, 实际上, 一点可以位于投影面、投影轴或原点 O 上。不论点位于空间体系中的任何位置, 点的投影都符合点的三投影规律。

【例 2.2】 已知 A 、 B 、 C 、 D 分别位于投影面和投影轴上, 求作各点的三面投影图, 如图 2.4(a) 所示。

解 ①由图 2.4(a) 可知, 点 A 位于 H 面上, 其水平投影 a 与 A 点重合, 其正面投影 a' 和侧面投影 a'' 分别位于 OX 轴和 OY 轴上, 作图结果如图 2.5(b) 所示;

② B 点位于 V 面上, 其正面投影 b' 与 B 点重合, 水平投影 b 和侧面投影 b'' 分别位于 OX 轴和 OZ 轴上, 作图结果如图 2.4(b) 所示;

③ C 点位于 W 面上, 其侧面投影与 C 点重合, 其正面投影 c' 和水平投影 c 分别位于 OZ 轴和 OY 轴上, 作图结果如图 2.4(b) 所示;

④ D 点位于 OX 轴上, 其正面投影 d' 和水平投影 d 与 D 点重合, 位于 OX 轴上, 侧面投影 d'' 位于原点 O 上。

注意: A 点的侧面投影 a'' 应在 OYW 轴上, C 点的水平投影应在 OYH 轴上。

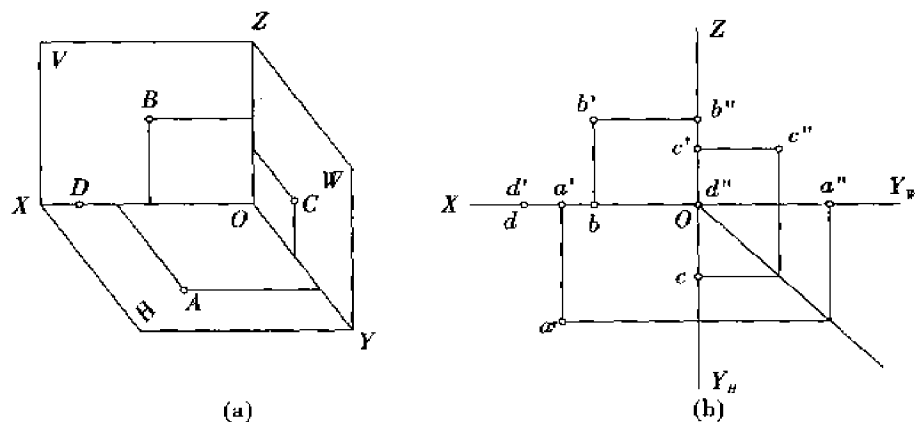


图 2.4 特殊位置点
(a) 已知; (b) 作图

2.4 点的坐标

点的空间位置可用坐标来确定,如 A 点的坐标可表示为 $A(X, Y, Z)$, 以毫米(mm)为单位,其中 X 表示点 A 到 W 面的距离,即 $X = Aa''$; Y 表示点 A 到 V 面的距离,即 $Y = Aa'$; Z 表示点 A 到 H 面的距离,即 $Z = Aa$ 。如图 2.5 所示。

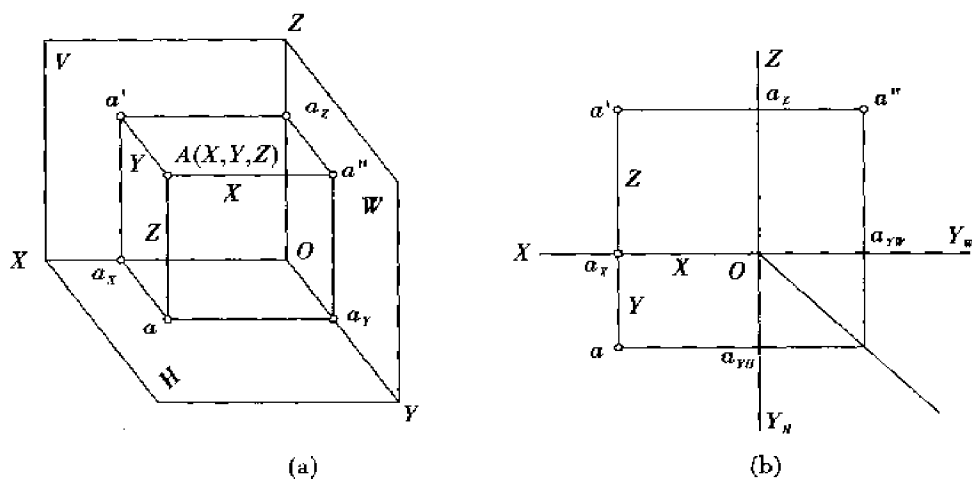


图 2.5 点的坐标
(a) 立体图; (b) 投影图

一点的三投影与点的坐标关系为:

- (1) 一点的 H 投影可反映该点的 X, Y 坐标;
- (2) 一点的 V 投影可反映该点的 X, Z 坐标;
- (3) 一点的 W 投影可反映该点的 Y, Z 坐标;



已知点的三个坐标,可作出该点的三面投影,已知点的三面投影,可以量出该点的三个坐标,如图 2.5 所示。

【例 2.3】 已知点 $A(18, 15, 20)$, 作点 A 的三面投影图和立体图, 如图 2.6 所示。

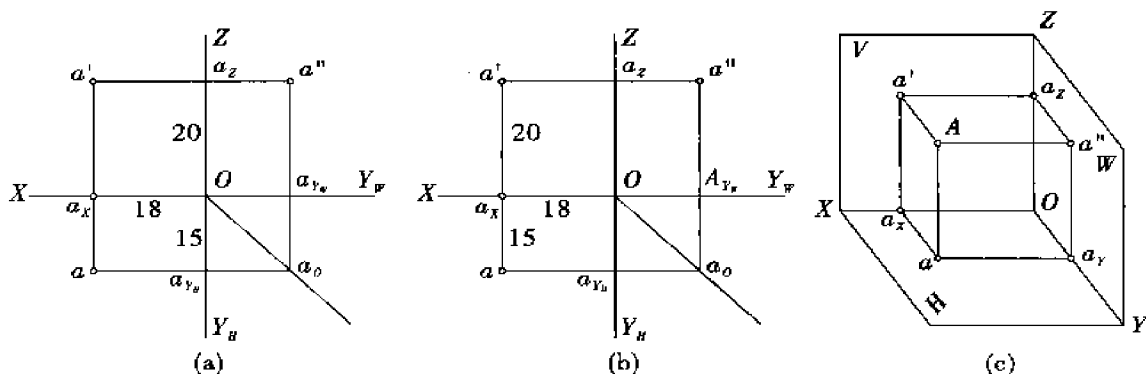


图 2.6 根据点的坐标求作点的投影图和立体图

解 作三面投影图方法一, 如图 2.6(a) 所示。

①画出投影轴, 在投影轴 OX 、 OY_H 、 OY_W 、 OZ 上, 分别从原点 O 截取 18, 15, 20, 得点 a_x 、 a_{y_H} 和 a_{y_W} 、 a_z 。

②过 a_x 、 a_{y_H} 和 a_{y_W} 、 a_z 等点, 分别作投影轴 OX 、 OY_H 、 OY_W 、 OZ 的垂线, 分别相交得到点 A 的三面投影 a 、 a' 、 a'' 。

作三面投影图方法二, 如图 2.6(b) 所示。

①在 OX 轴上, 从 O 点截取 18, 得 a_x 点, 过该点作 OX 轴的垂线, 在该垂线上, 从 a_x 点向下截取 15, 得到 a , 向上截取 20, 得到 a' 。

②过 O 点作 45° 方向斜线, 从 a 作水平线交 45° 斜线于点 a_0 , 过 a_0 向上作竖直线与过 a' 向右作的水平线相交, 其交点即为 a'' 。

作立体图, 如图 2.6(c) 所示。

①画出三投影面体系。

②在 OX 、 OY 、 OZ 轴上, 从 O 点分别截取 18, 15, 20, 得点 a_x 、 a_y 、 a_z 。

③从点 a_x 、 a_y 、 a_z 在 H 、 V 、 W 面内分别作轴的平行线, 三线交于一点 A , 即为 A 点的立体图(该立体图即本书中第 8 章轴测图, 这里不再详述)。

2.5 空间两点的相对位置

2.5.1 相对位置的判断

空间每个点具有前后、左右、上下六个方位, 由点的三个坐标可知空间点到三个投影面之间的距离, 因此, 分析空间两点的相对位置, 只需分析它们的坐标值即可。

X 坐标值大的点在左, 小的在右;



Y 坐标值大的点在前,小的在后;

Z 坐标值大的点在上,小的在下。

另外空间两点的相对位置可在它们的三面投影中反映,两点的 H 面投影能反映两点的前后、左右关系;两点的 V 面投影能反映两点的上下、左右关系;两点的 W 面投影能反映两点的前后、上下关系。

【例 2.4】 已知 A 、 B 的三面投影,判断两点的相对位置,如图 2.7(a) 所示。

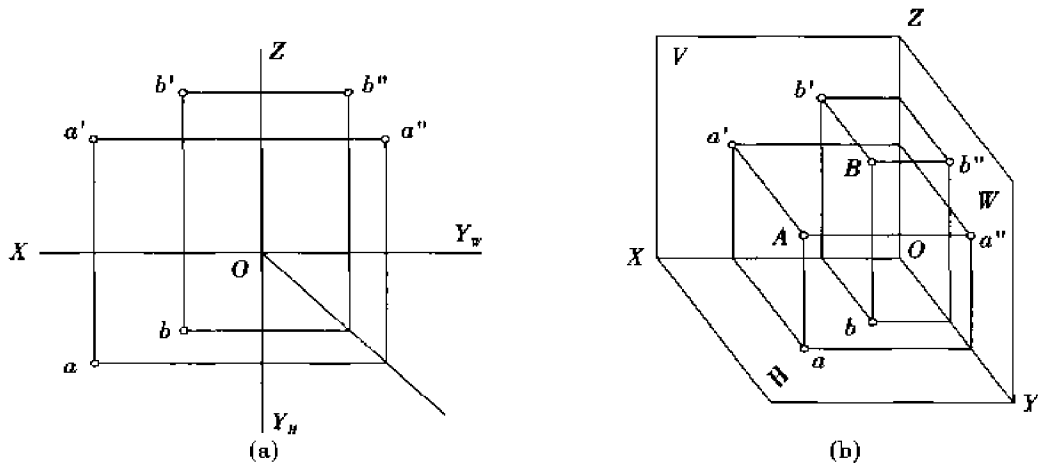


图 2.7 两点的相对位置

(a) 已知; (b) 作图

- 解 ①由 H 面投影可判断出 A 在 B 的左前方;
 ②由 V 面投影可判断出 A 在 B 的左下方;
 ③由 W 面投影可判断出 A 在 B 的前下方;
 ④由三投影中任两投影即可得出 A 在 B 的左、前、下方。

2.5.2 重影点

两点位于某一投影面的同一条投射线上,则它们在这一个投影面上的投影互相重合,重合的投影称为重影点。重影点的三个坐标值中必有两个相同,另一个不同。

一个投影面上重影点反映空间点的可见性,必须根据该两点在另外的投影面上的相对位置来判定。重影点可见点的投影写在前面,不可见点的投影写在后面,最好加上圆括号。

如图 2.8(a) 所示, A 、 B 两点的水平投影重合为一点, A 、 B 两点称为 H 面的重影点, A 点在上, B 点在下, A 可见, B 不可见,标注为 $a(b)$ 。

如图 2.8(b) 所示, C 、 D 两点的正面投影重合为一点, C 、 D 两点称为 V 面的重影点, C 点在前, D 点在后, C 可见, D 不可见,标注为 $c'(d')$ 。

如图 2.8(c) 所示, E 、 F 两点的侧面投影重合为一点, E 、 F 两点称为 W 面的重影点, E 点在左, F 点在右, E 可见, F 不可见,标注为 $e''(f'')$ 。

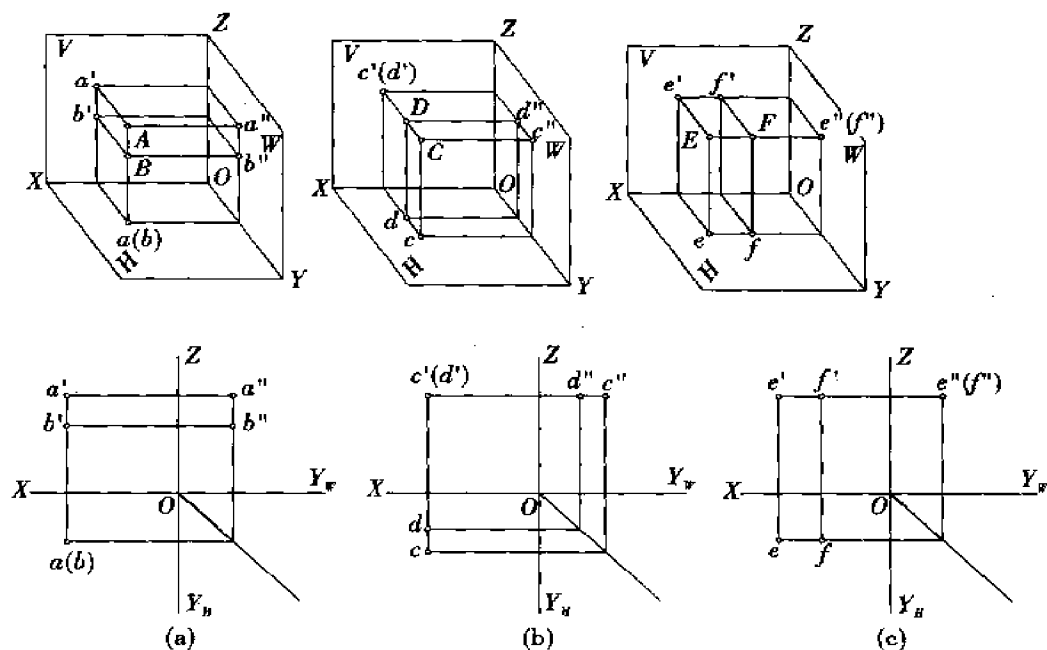


图 2.8 重影点

(a) H 面重影点; (b) V 面重影点; (c) W 面重影点

【例 2.5】 已知形体的立体图及投影图, 试在投影图上标记形体上的重影点的投影, 如图 2.9 所示。

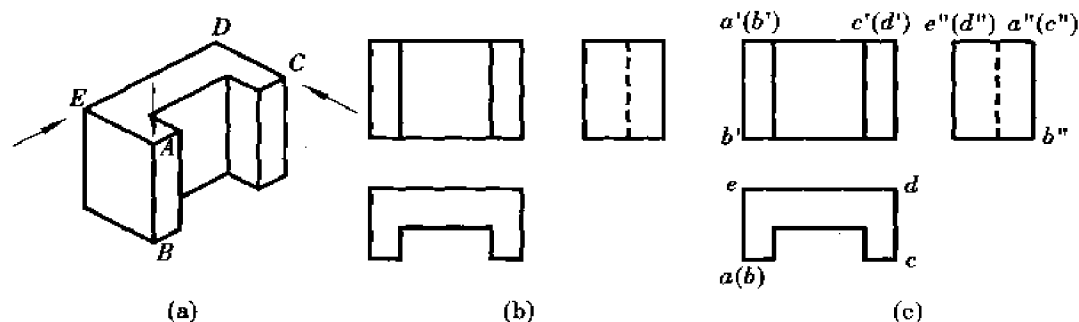


图 2.9 重影点

解 ①因 AB 两点位于同一条垂直于 H 面的侧棱上, 它们的 H 面投影重影, A 点在上为可见, B 点在下为不可见。它们的重合投影标记为 $a(b)$ 。

②因 CD 两点位于同一条垂直于 V 面的侧棱上, 它们的 V 面投影重影, C 点在前为可见, D 点在后为不可见。它们的重合投影标记为 $c'(d')$ 。

③因 ED 两点分别位于同一条垂直于 W 面的侧棱上, 它们的 W 面投影重影, E 点在左为可见, D 点在右为不可见。它们的重合投影标记为 $e''(d'')$ 。

第 3 章 直线的投影

3.1 各种位置直线的投影

一条直线可由直线上的任意两点来决定,所以画出直线上任意两点的投影,连接其同面投影(同一个投影面上的投影)即得到直线的投影,如图 3.1 所示。

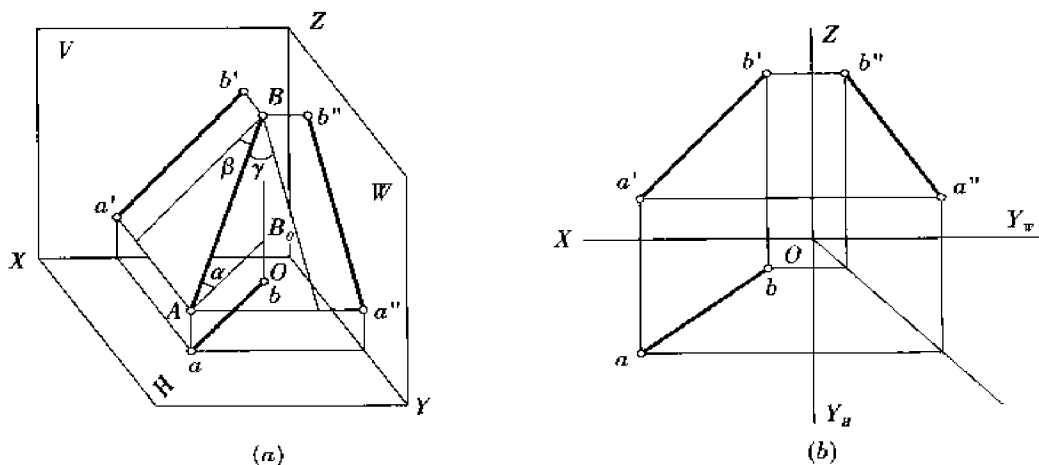


图 3.1 直线的投影
(a) 立体图; (b) 投影图

按空间直线与投影面的相对位置不同,各种位置直线的投影可分为投影面的平行线、投影面的垂直线和一般位置直线,前两种称为特殊位置直线。

直线与各投影面的倾角分别表示为:与 H 面倾角为 α 、与 V 面倾角为 β 、与 W 面倾角为 γ 。

3.1.1 投影面的平行线

(1) 投影面平行线是指在空间与一个投影面平行同时与另外两个投影面倾斜的直线。

(2) 投影面平行线分为水平线、正平线、侧平线。

水平线与 H 面平行同时与 V 面、 W 面倾斜。

正平线与 V 面平行同时与 H 面、 W 面倾斜。

侧平线与 W 面平行同时与 H 面、 V 面倾斜。



(3) 投影面平行线的投影特点为:在它所平行的投影面上的投影反映其实长并且反映与另外两个投影面的倾角。如图 3.2 所示。

投影面平行线在形体投影图和立体图中的位置如图 3.3 所示。

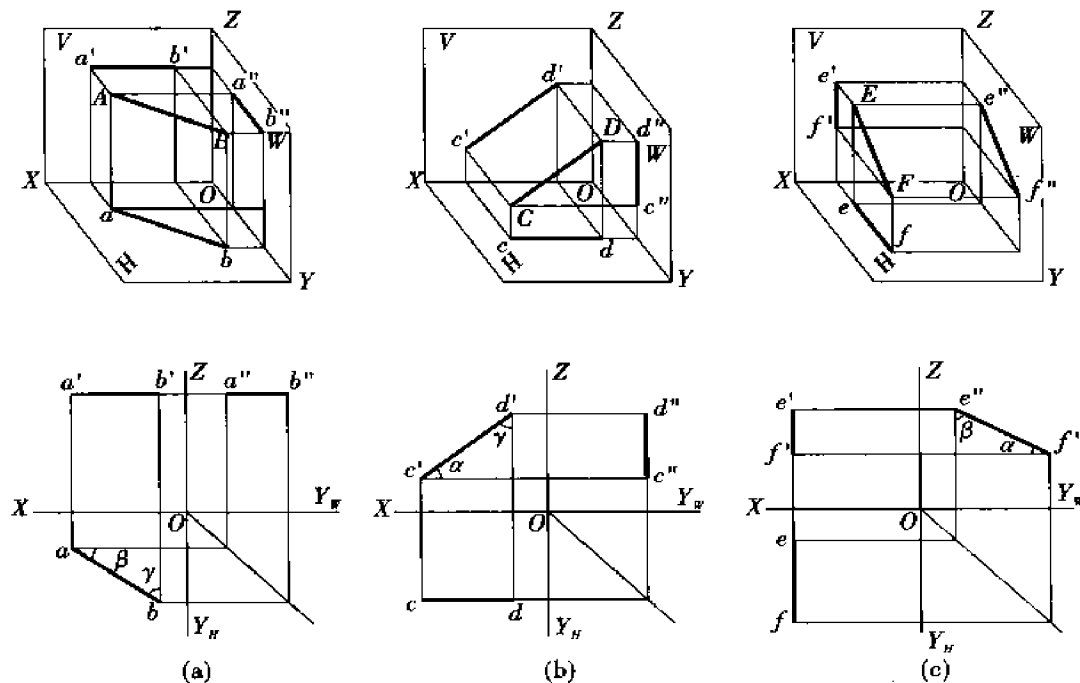


图 3.2 投影面的平行线

(a) 水平线; (b) 正平线; (c) 侧平线

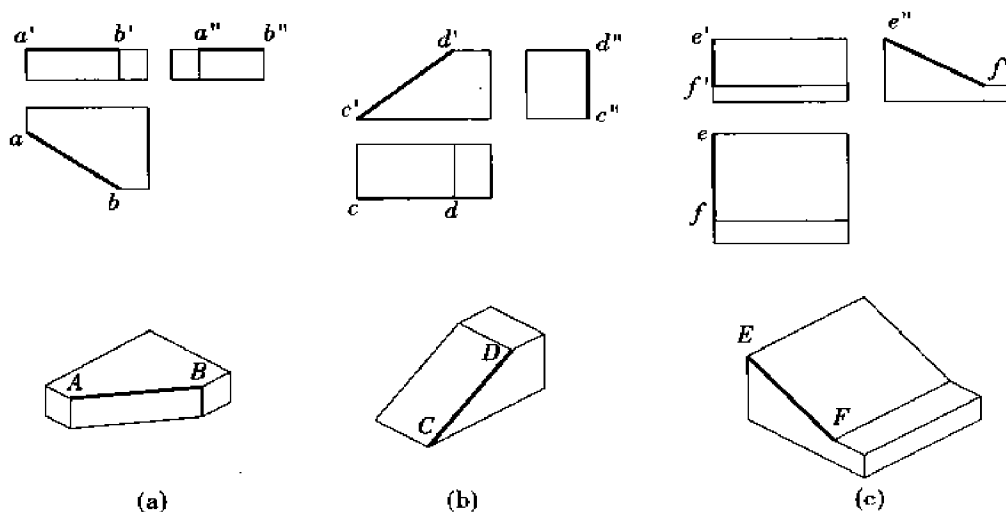


图 3.3 投影面平行线在形体投影图和立体图中的位置

(a) 水平线; (b) 正平线; (c) 侧平线



3.1.2 投影面的垂直线

(1) 投影面垂直线是指在空间与一个投影面垂直同时与另外两个投影面平行的直线。

(2) 投影面垂直线分为铅垂线、正垂线、侧垂线。

铅垂线与 H 面垂直同时与 V 面、 W 面平行。

正垂线与 V 面垂直同时与 H 面、 W 面平行。

侧垂线与 W 面垂直同时与 H 面、 V 面平行。

(3) 投影面垂直线的投影特点为: 在它所垂直的投影面上的投影积聚为一点, 另外两个投影垂直于相应的投影轴。如图 3.4 所示。

投影面垂直线在形体投影图和立体图中的位置如图 3.5 所示。

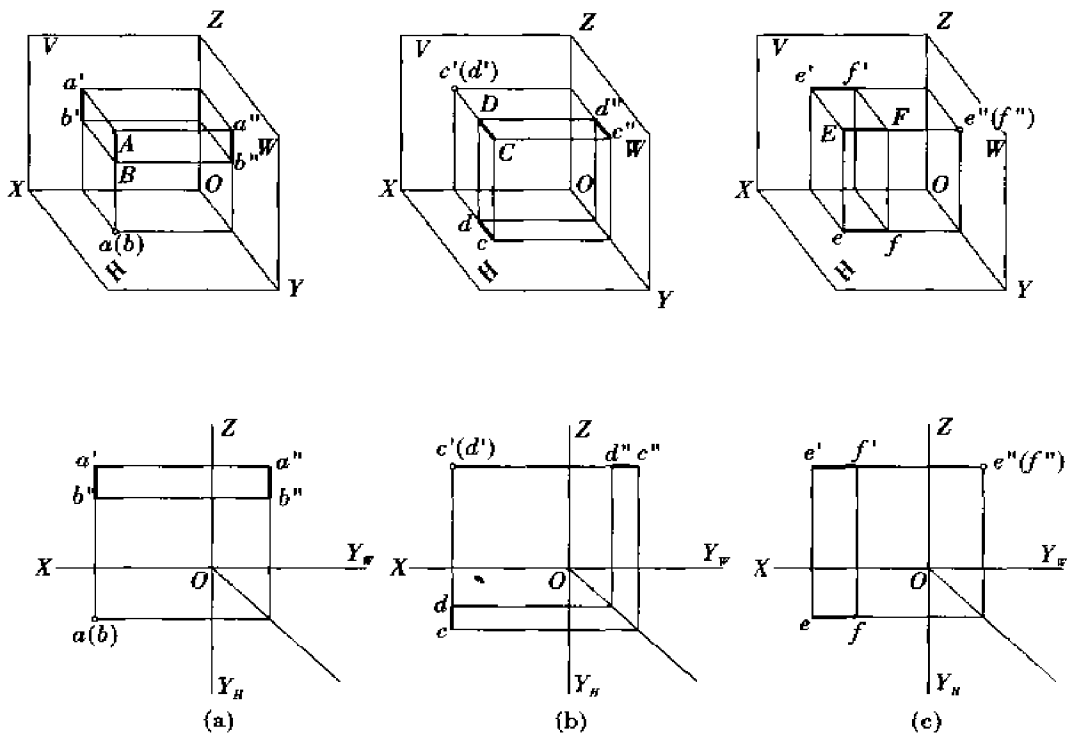


图 3.4 投影面的垂直线

(a) 铅垂线; (b) 正垂线; (c) 侧垂线

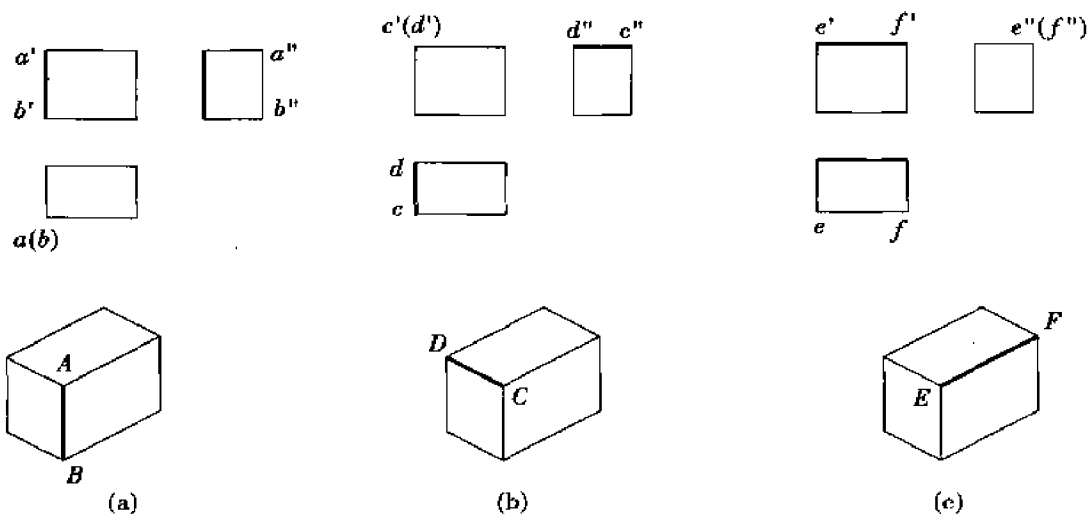


图 3.5 投影面垂直线在形体投影图和立体图中的位置

(a) 水平线; (b) 正平线; (c) 侧平线

3.1.3 一般位置直线

(1) 一般位置直线在空间与三个投影面都倾斜, 它的三面投影都是直线, 并且与各投影轴都倾斜, 都不反映直线的实长及与各投影面的倾角的大小, 如图 3.6 所示。

(2) 因为一般位置直线与各投影面之间存在夹角, 才使得一般位置直线的投影不能反映其实长, 但是, 一般位置直线的任意两个同面投影可以确定它在空间的位置, 所以可以利用它的任意两个同面投影来求出一般位置直线的实长和倾角, 这种方法称为直角三角形法。

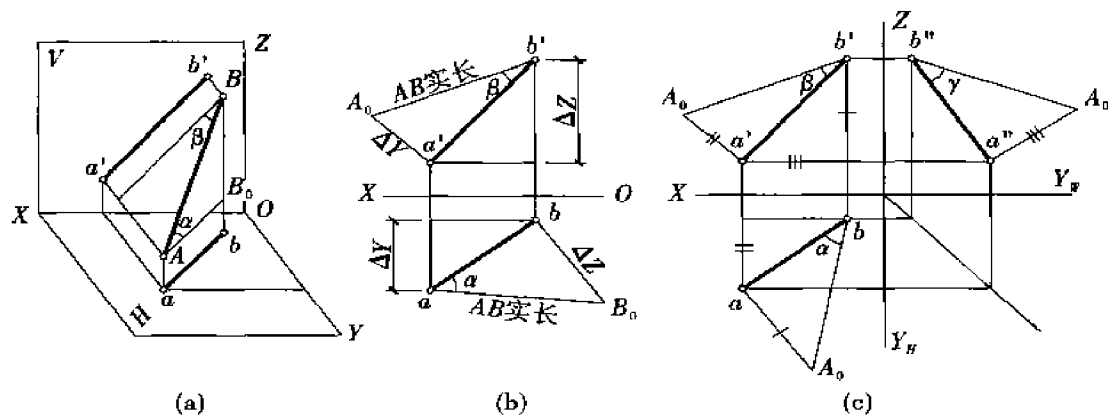


图 3.6 直角三角形法求直线段的实长及倾角

(a) 立体图; (b) 投影图; (c) 用直角三角形法求 α 、 β 、 γ

求直线段对 H 面的倾角 α 及实长, 如图 3.6(a) 所示, 一般位置直线 AB 的投影 ab 、



$a'b'$ 的长度均小于实长,且不反映与任意倾角的大小。过 A 作 ab 的平行线交 Bb 于 B_0 ,得直角三角形 ABB_0 ,该直角三角形的一条直角边 $AB_0 = ab$,即 H 面投影长度;另一直角边 $BB_0 = |Bb - B_0b| = |ZB - ZA| = \Delta Z$,即该直线两端点的 Z 坐标差。由于两直角边在投影图上都为已知,因此可以在投影图上画出这样的直角三角形,求出倾角 α 及 AB 实长。同理,按照同样的方法可以求出直线段对 V 面的倾角 β 及实长。

对 W 面的倾角 γ 及实长,读者自行分析。

直角三角形可以画在投影图的任何位置,但为了方便,可以直接利用直线的投影作出。如图 3.6(c)。

直角三角形法的四要素为投影长、坐标差、实长和倾角。综合以上分析得出以下结论:

- 1) 在 α 所存在的直角三角形中, α 所相邻的一条直角边为 H 面投影长,所对应的直角边为 Z 坐标差 ΔZ ;
- 2) 在 β 所存在的直角三角形中, β 所相邻的一条直角边为 V 面投影长,所对应的直角边为 Y 坐标差 ΔY ;
- 3) 在 γ 所存在的直角三角形中, γ 所相邻的一条直角边为 W 面投影长,所对应的直角边为 X 坐标差 ΔX 。

【例 3.1】 已知直线 AB 的投影 $a, a'b'$, $AB = 30$, 点 B 在点 A 之前, 求 b, β 。如图 3.7(a) 所示。

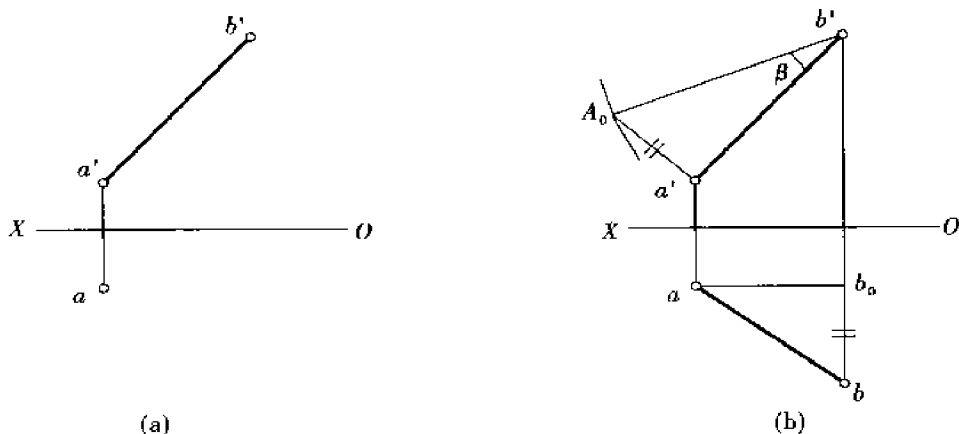


图 3.7 求直线的 H 面投影和 β 角

(a) 已知图样; (b) 作图步骤

解 ①过 a' 作 $a'b'$ 的垂线,再以 b' 为圆心,以 30 为半径作圆弧与所作垂线相交于点 A_0 ,连接 A_0b' ,得直角三角形 $A_0a'b'$, A_0a' 的长度即为 A, B 两点的 Y 坐标差。

②过 a 作水平线与过 b' 所作的 X 轴垂线交于点 b_0 ,在该垂线上自 b_0 向下截取 $b_0b = A_0a'$ 得 b ,连接 ab 。



3.2 直线上点

由平行投影的特性可知,直线上点的投影规律如下。

(1)从属性 若点在直线上,则点的投影必在直线的同名投影上,且符合点的投影规律。如图3.8所示, C 在直线 AB 上,则 c 在 ab 上, c' 在 $a'b'$ 上, c'' 在 $a''b''$ 上。反之,如果点 C 的各投影在直线的各同名投影上,且符合点的投影规律,则点 C 必在直线上。

(2)定比性 直线上两线段长度之比等于它们的同名投影长度之比。若点 C 在直线 AB 上,则 $AC:CB = ac:cb = a'c':c'b' = a''c'':c''b''$ 。

直线上点的投影规律可作为求直线上点的投影,或判断点是否在直线上的依据。

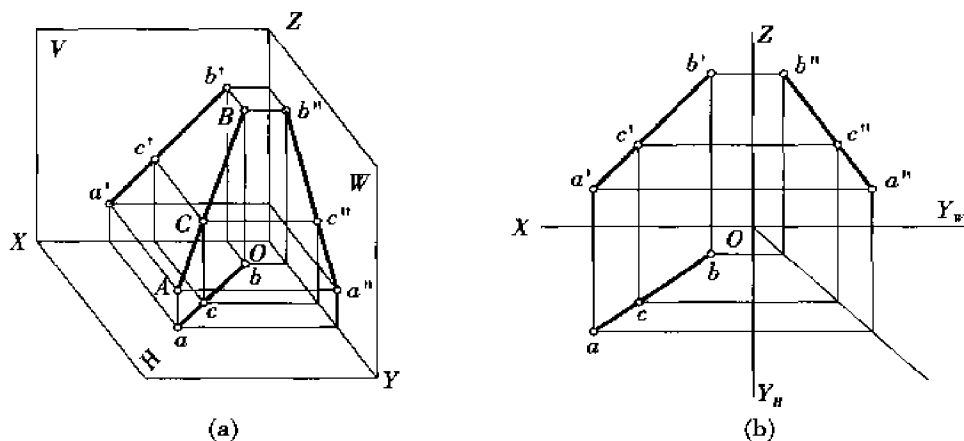


图3.8 直线上的点

(a)立体图;(b)投影图

【例3.2】 已知直线 AB 的投影 ab 、 $a'b'$,点 C 在直线 AB 上,且 $AC:CB=2:3$,求 C 点的投影 c 、 c' ,如图3.9(a)所示。

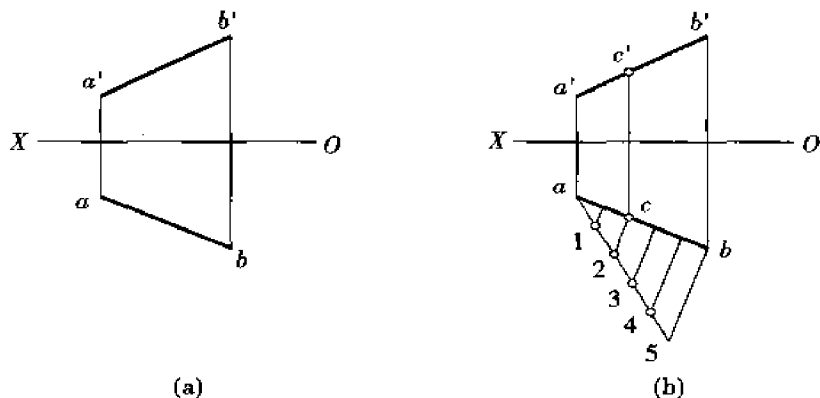


图3.9 求直线上点的投影

(a)已知;(b)作图



解 ①过 a 、 b 、 a' 、 b' 四个点中的任意一个作一条斜线,此题过 a 作,把该斜线等分为 5 等份。

②连接 b_5 ,过第 2 等分点作 b_5 的平行线,得点 c ,过 c 向上作连系线交 $a'b'$ 于点 c' 。

【例 3.3】判断点 K 是否在侧平线 AB 上,如图 3.10(a)所示。

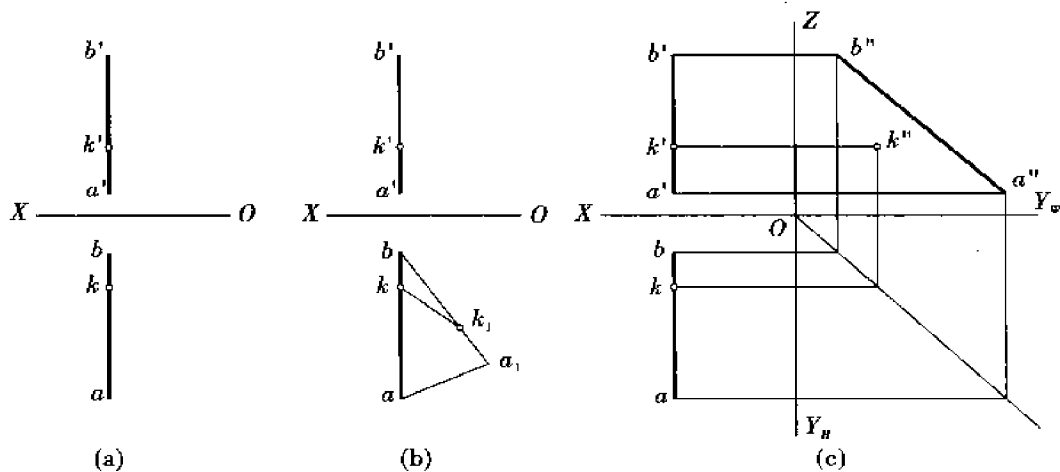


图 3.10 判断点是否在直线上

(a)已知;(b)方法一;(c)方法二

解 此题可用定比性判断点是否在直线上;另外也可作出 W 投影后来判断。

方法一,如图 3.10(b)所示。

①在 ab 上过 b 作一斜线,取 $bk_1 = b'k'$, $k_1a_1 = k'a'$ 。

②连接 aa_1 和 kk_1 ,发现 aa_1 和 kk_1 不平行,得出点 K 不在直线 AB 上。

方法二,如图 3.10(c)所示。

求出 $a''b''$ 和 k'' ,发现 k'' 不在 $a''b''$ 上,得出点 K 不在直线 AB 上。

3.3 两直线间的相对位置关系

空间两直线的相对位置关系有:平行、相交和交叉三种情况。其中两平行直线和两相交直线都在同一平面上,称为共面直线。两交叉直线不在同一平面上,称为异面直线。

3.3.1 平行两直线

(1)如图 3.11 所示,由平行投影的特性可知,平行两直线的投影规律如下。

1)若两直线平行,则它们的同面投影必互相平行。

如图 3.11 中, $AB \parallel CD$, 则 $ab \parallel cd$ 、 $a'b' \parallel c'd'$ 、 $a''b'' \parallel c''d''$ 。

2)若两直线平行,则它们的同面投影长度之比与它们实长之比相等,且指向相同。

如图 3.11 中, $AB:CD = ab:cd = a'b':c'd' = a''b'':c''d''$; AB 与 CD 指向相同,则 ab 与 cd 、 $a'b'$ 与 $c'd'$ 、 $a''b''$ 与 $c''d''$ 指向亦各相同。

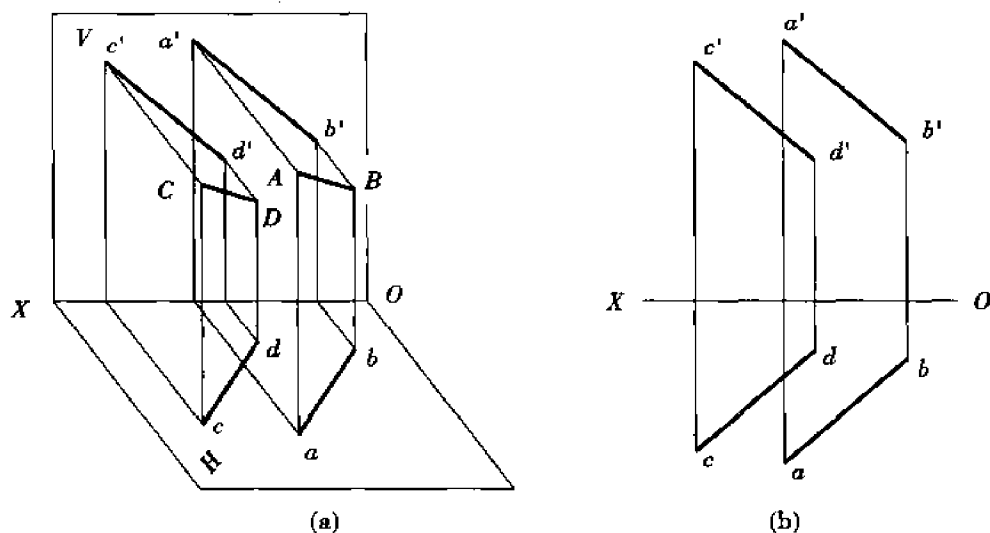


图 3.11 平行两直线

(a) 立体图; (b) 投影图

(2) 判断方法

- 1) 若两直线的三组同面投影都平行, 则两直线在空间平行;
- 2) 两一般位置直线, 任意两组同面投影平行, 则可判断两直线在空间平行;
- 3) 两直线同时平行于某一投影面, 则需通过两直线在该投影面上的投影来判断; 或者通过定比性和指向来判断。

【例 3.4】 判断两侧平线 AB 与 CD 是否平行, 如图 3.12(a) 所示。

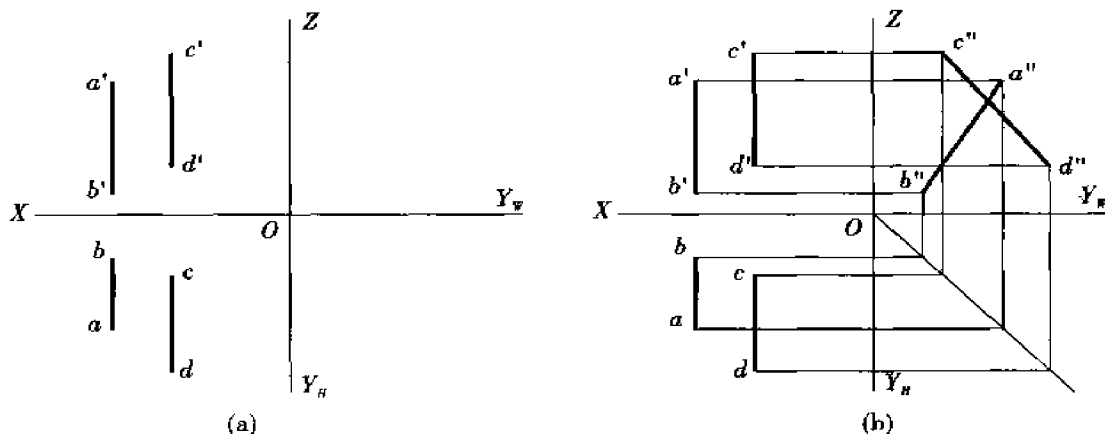


图 3.12 判断两直线是否平行

(a) 已知; (b) 作图

解 作出两直线的 W 投影, 发现 $a''b''$ 、 $c''d''$ 相交, 因此说明 AB 与 CD 在空间不平行, 即为交叉直线。也可通过定比性和指向来判断出不平行, 读者自行分析。



3.3.2 相交两直线

(1) 如图 3.13 所示,相交两直线的投影规律如下。

若两直线相交,则它们的同面投影必相交,且交点的投影必符合点的投影规律。如图 3.13 中, AB 与 CD 交于 K 点,则 ab 与 cd 交于 k 、 $a'b'$ 与 $c'd'$ 交于 k' ,同理 $a''b''$ 与 $c''d''$ 也应交于 k'' ,并且 k 与 k' 位于同一竖直线上, k' 与 k'' 位于同一水平线上。

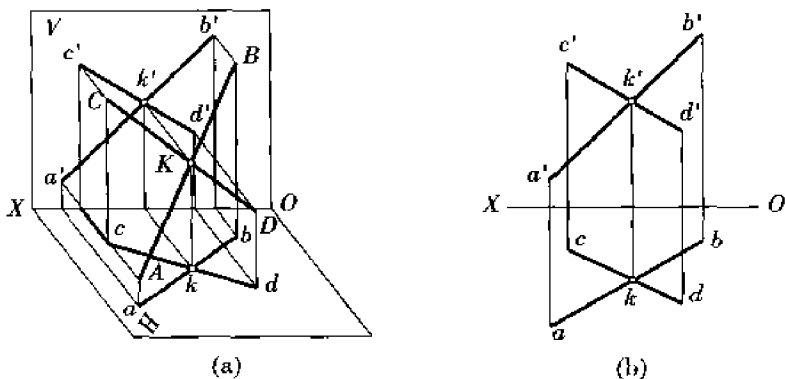


图 3.13 相交两直线

(a) 立体图; (b) 投影图

(2) 判断方法

1) 若两直线的三组同面投影都相交,且交点符合点的投影规律,则两直线在空间相交;

2) 两一般位置直线,任意两组同面投影相交,且交点符合点的投影规律,则可判断两直线在空间相交;

3) 两直线中其中之一平行于某一投影面,则需作出两直线在该投影面上的投影来判断,或者通过定比性来判断。

【例 3.5】 判断两直线 AB 与 CD 是否相交,如图 3.14(a) 所示。

解 方法一,如图 3.14(b) 所示。

① 过 b 任作斜线,在该斜线上取 $bk_1 = b'k'$, $k_1a_1 = k'a'_1$ 。

② 连接 kk_1 和 a_1a ,发现 kk_1 和 a_1a 不平行,说明 AB 与 CD 不相交,为交叉直线。

方法二,如图 3.14(c) 所示:

作出 W 投影,发现投影交点 k' 、 k'' 不符合点的投影规律,所以 AB 与 CD 不相交,为交叉直线。

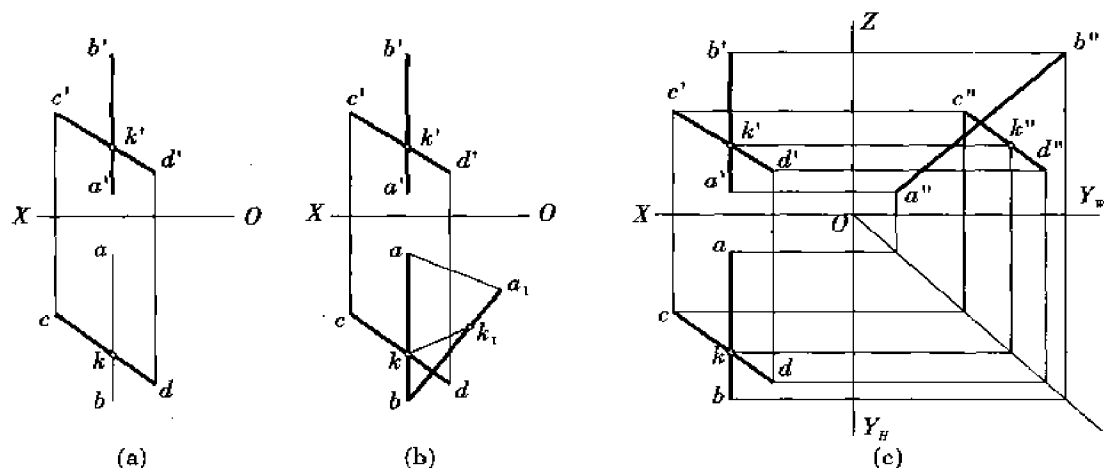


图 3.14 判断两直线是否相交

(a) 已知; (b) 方法一; (c) 方法二

3.3.3 交叉两直线

如图 3.15 所示,交叉两直线既不平行又不相交。其投影既不符合平行两直线的投影特性,也不符合相交两直线的投影特性。

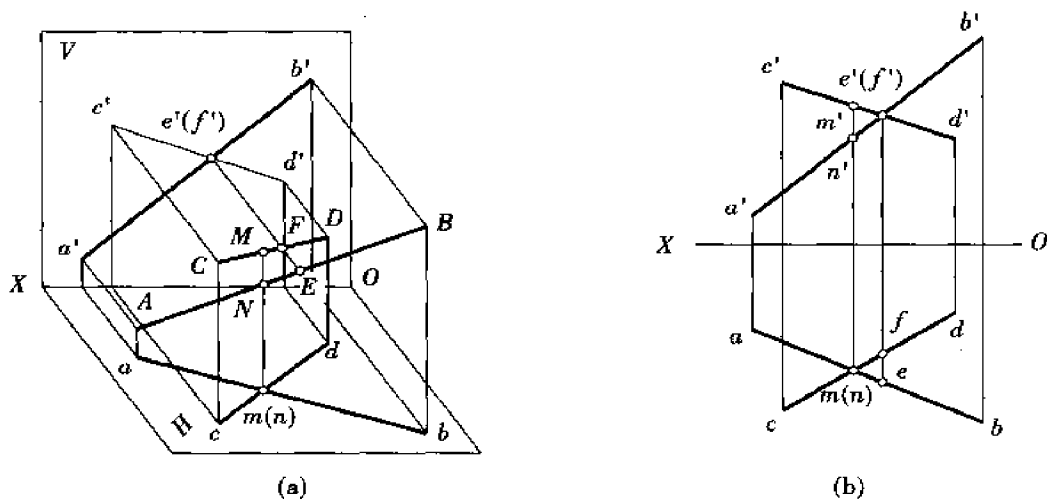


图 3.15 交叉两直线

(a) 立体图; (b) 投影图

在交叉两直线的投影图中,同面投影有可能会出交点,但该交点并非是空间两直线真正的交点,而是重影点。重影点的可见性需根据其他投影来判断。如图 3.15(b) 所示,过 H 面重影点 $m(n)$ 向上作连系线交 $c'd'$ 于点 m' ,交 $a'b'$ 于点 n' , m' 点在上, n' 点在下,说明当从上向下看时, CD 遮挡住 AB 了;过 V 面重影点 $e'(f')$ 向下作连系线交 ab 于点 e ,交

cd 于点 f , e 点在前, f 点在后, 说明当从前向后看时, AB 遮挡住 CD 了。

图 3.16(a) 和图 3.16(b) 均是交叉两直线的投影图。读者可自行分析其可见性。

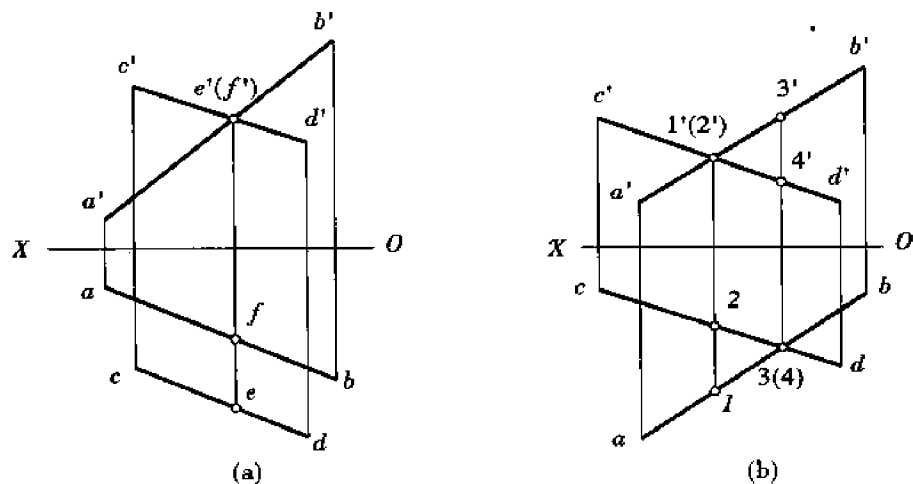


图 3.16 交叉两直线的投影图

(a) 判断 V 面重影点; (b) 判断 V 、 H 面重影点

3.3.4 垂直两直线

(1) 两垂直相交直线之一平行于某投影面, 另一边不平行也不垂直于该投影面时, 则在该投影面上的投影是直角。如图 3.17 所示, $AB \perp BC$, $AB \parallel H$ 面, 又因 $AB \perp Bb$, 所以 AB 垂直于平面 $BbcC$, 因而 AB 垂直于该面内的任何直线, 即 $AB \perp bc$, 又因 $AB \parallel ab$, 所以, $ab \perp bc$ 。

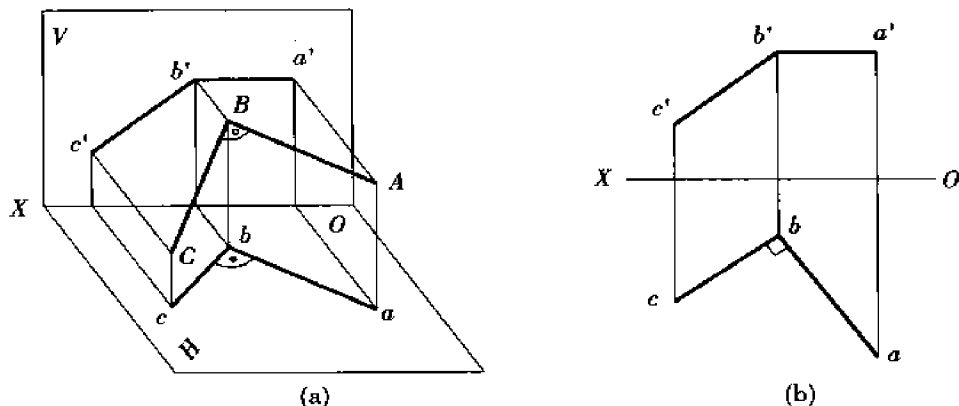


图 3.17 两垂直相交直线其中之一平行于某投影面

(a) 立体图; (b) 投影图

反之, 相交两直线之一是某投影面平行线, 且两直线在该投影面上的同名投影互相垂直, 则在空间两直线互相垂直。



(2) 当空间交叉两直线之一平行于某投影面, 另一直线不平行也不垂直于该投影面时, 则这两直线在该投影面上的投影也垂直。如图 3.18 所示, AB 与 ED 交叉垂直, $ED \parallel BC$, 则 ed 与 bc 重合, 由图 3.17 中已证明出 $ab \perp bc$, 则 $ab \perp ed$ 。

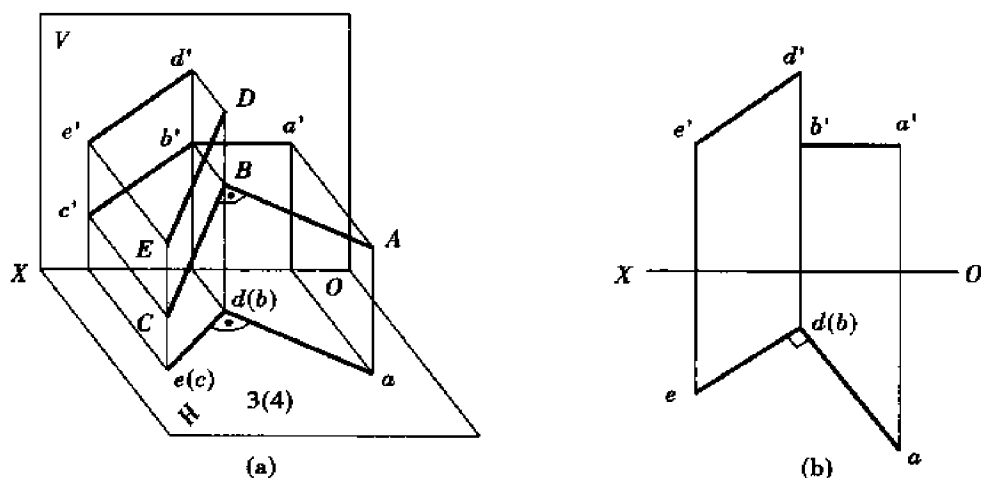


图 3.18 交叉垂直两直线之一平行于某投影面
(a) 立体图; (b) 投影图

反之, 交叉两直线之一是某投影面平行线, 且两直线在该投影面上的同名投影互相垂直, 则在空间两直线互相交叉垂直。

【例 3.6】求点 C 到水平线 AB 的距离, 如图 3.19(a) 所示。

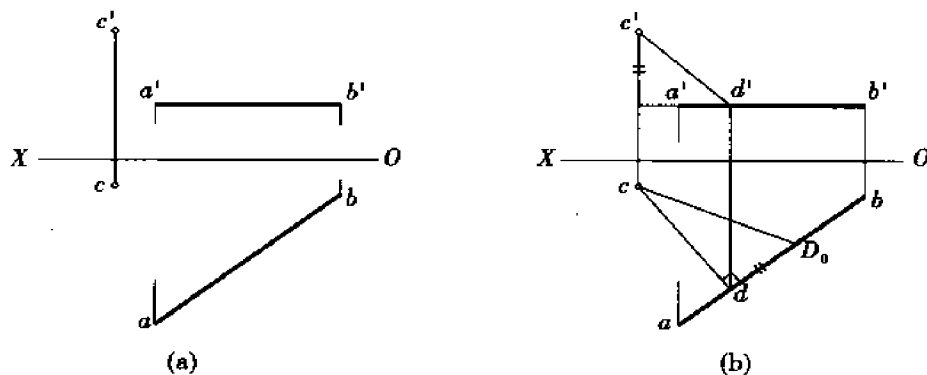


图 3.19 求点到水平线的距离
(a) 已知; (b) 作图

【解】①因 $AB \parallel H$ 面, 所以可过 c 向 ab 作垂线, 得垂足 d , 过 d 向上作连系线, 交 $a'b'$ 于点 d' , 连接 $c'd'$ 。如图 3.19(b) 所示。

②利用直角三角形法求 CD 的实长, 过 d 在 ab 上截取 dd_0 等于 CD 两点的 Z 坐标差, 连接 cd_0 , 则 cd_0 即为点 C 到 AB 的距离。

【例 3.7】已知 AB 为水平线, 补全矩形 $ABCD$ 的两面投影, 如图 3.20 所示。

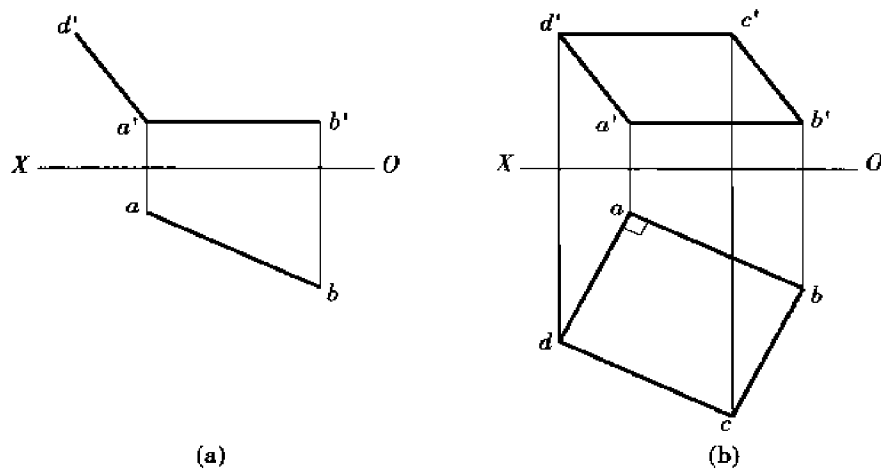


图 3.20 求矩形的两面投影
(a) 已知; (b) 作图

解 ①因四边形 $ABCD$ 是矩形, 故 $AB \perp AD$, 又因 AB 为水平线, 利用垂直两直线关系作出 $ad \perp ab$;

②利用矩形对边平行关系完成矩形两面投影。

第 4 章 平面的投影

4.1 平面的表示方法

由初等几何可知:平面是广阔无边的,而平面图形是有限范围的,平面的表示方法有以下几种。

- (1) 不在同一直线上的三个点,如图 4.1(a)所示;
- (2) 一直线和直线外一点,如图 4.1(b)所示;
- (3) 两相交直线,如图 4.1(c)所示;
- (4) 两平行直线,如图 4.1(d)所示;
- (5) 平面图形,如图 4.1(e)所示。

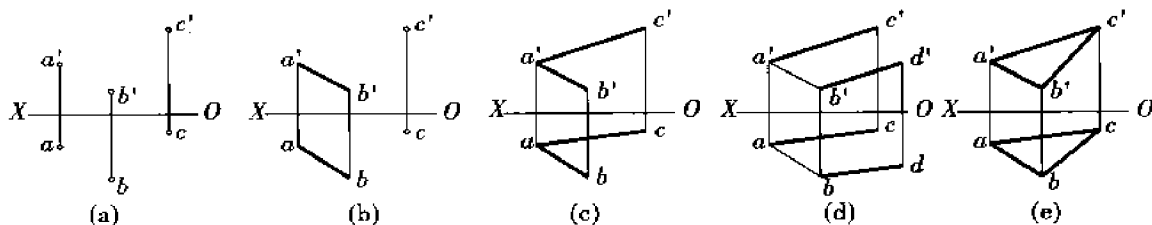


图 4.1 平面的表示法

4.2 各种位置平面的投影

按空间平面与投影面的相对位置不同,可分为投影面的平行面、投影面的垂直面和一般位置平面,如图 4.2 所示。前两种称为特殊位置平面。

平面与各投影面的倾角仍然分别表示为:与 H 面倾角为 α 、与 V 面倾角为 β 、与 W 面倾角为 γ 。

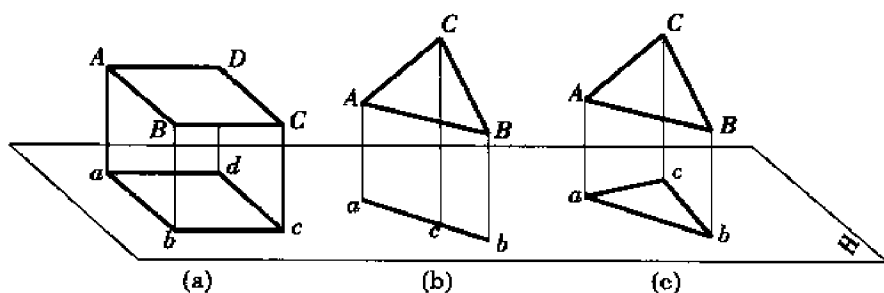


图 4.2 各种位置平面的投影

(a) 投影面的平行面; (b) 投影面的垂直面; (c) 一般位置平面

4.2.1 投影面的平行面

(1) 投影面平行面是指在空间与一个投影面平行同时与另外两个投影面垂直的平面。

(2) 投影面平行面分为水平面、正平面、侧平面。

水平面与 H 面平行同时与 V 面、 W 面垂直。

正平面与 V 面平行同时与 H 面、 W 面垂直。

侧平面与 W 面平行同时与 H 面、 V 面垂直。

(3) 投影面平行面的投影特点为: 在它所平行的投影面上的投影反映其实形, 另外两个投影积聚成直线并平行于相应的投影轴。如图 4.3 所示。

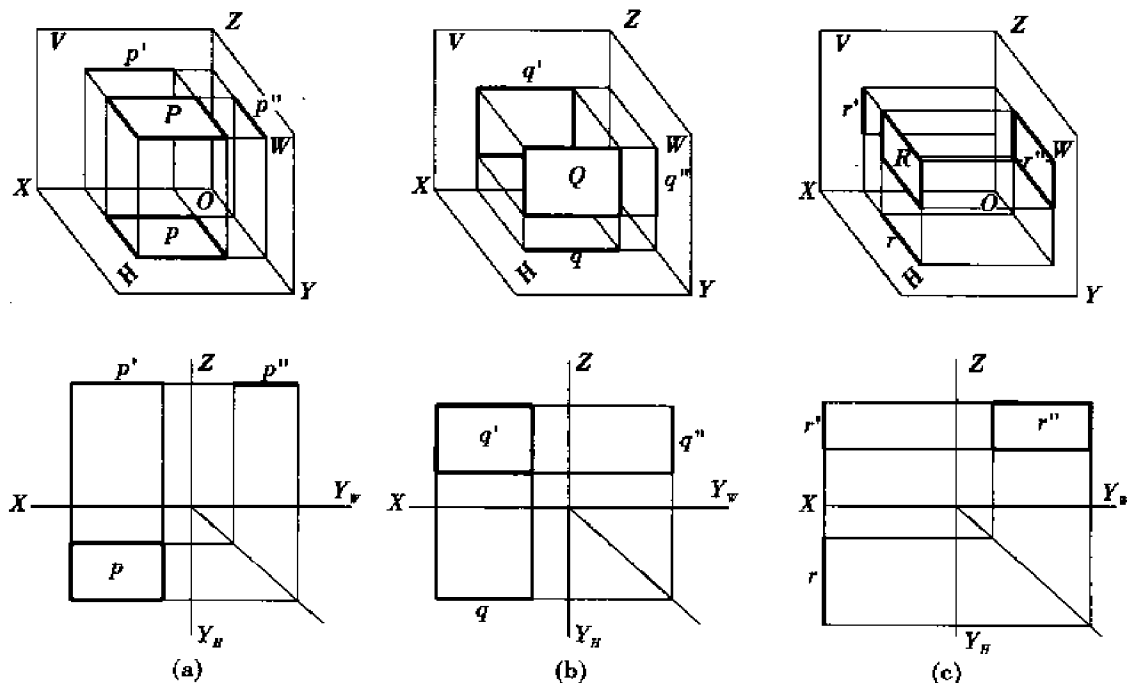


图 4.3 投影面的平行面

(a) 水平面; (b) 正平面; (c) 侧平面



投影面平行面在形体投影图和立体图中的位置如图 4.4 所示。

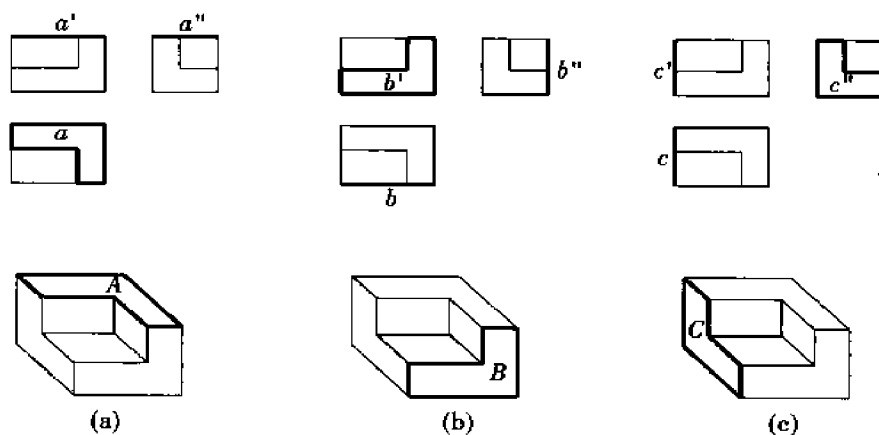


图 4.4 投影面平行面在形体投影图和立体图中的位置

(a) 水平面; (b) 正平面; (c) 侧平面

4.2.2 投影面的垂直面

(1) 投影面垂直面是指在空间与一个投影面垂直同时与另外两个投影面倾斜的平面。

(2) 投影面垂直面分为铅垂面、正垂面、侧垂面。

铅垂面与 H 面垂直同时与 V 面、 W 面倾斜。

正垂面与 V 面垂直同时与 H 面、 W 面倾斜。

侧垂面与 W 面垂直同时与 H 面、 V 面倾斜。

(3) 投影面垂直面的投影特点为: 在它所垂直的投影面上的投影积聚为直线且反映平面与另外两个投影面的倾角。如图 4.5 所示。

投影面垂直面在形体投影图和立体图中的位置如图 4.6 所示。

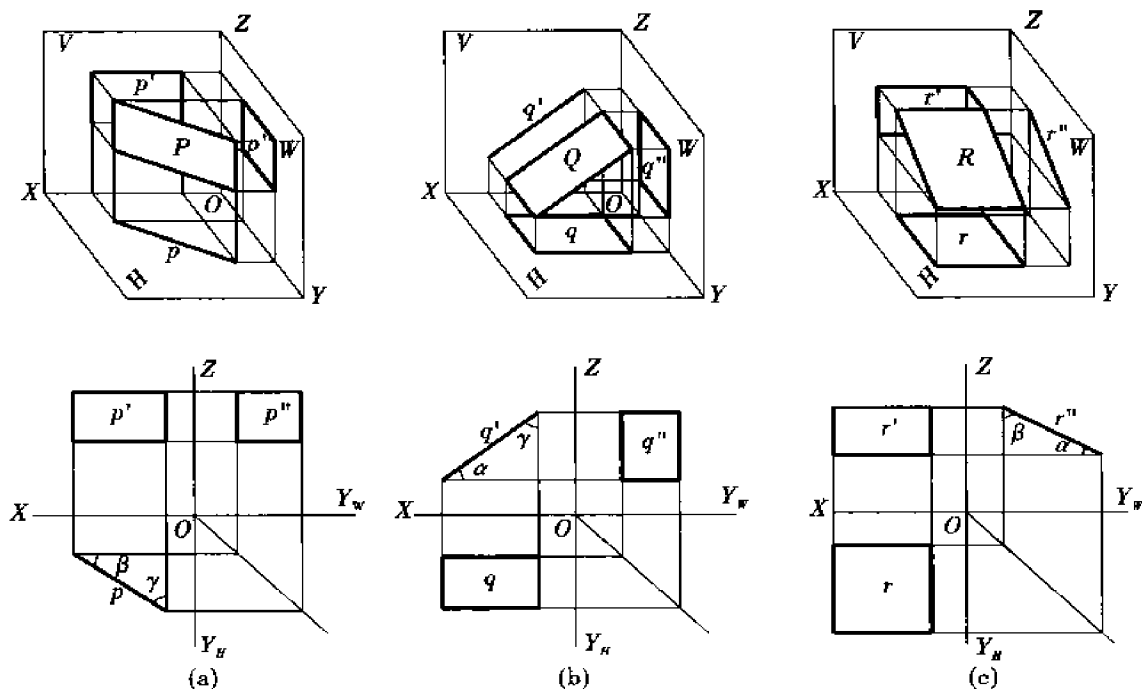


图 4.5 投影面的垂直面
(a) 铅垂面; (b) 正垂面; (c) 侧垂面

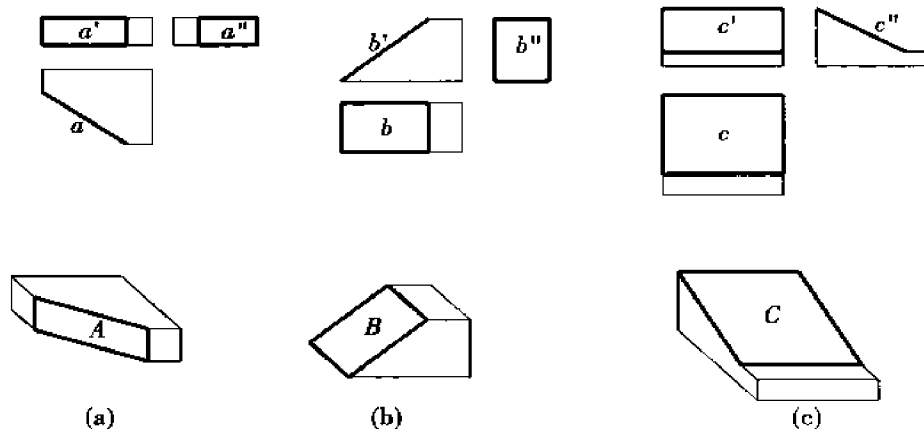


图 4.6 投影面垂直面在形体投影图和立体图中的位置
(a) 铅垂面; (b) 正垂面; (c) 侧垂面

4.2.3 一般位置平面

一般位置平面在空间与三个投影面都倾斜, 它的三面投影都没有积聚性, 也不反映平面的实形及与各投影面的倾角的大小。如图 4.7 所示。

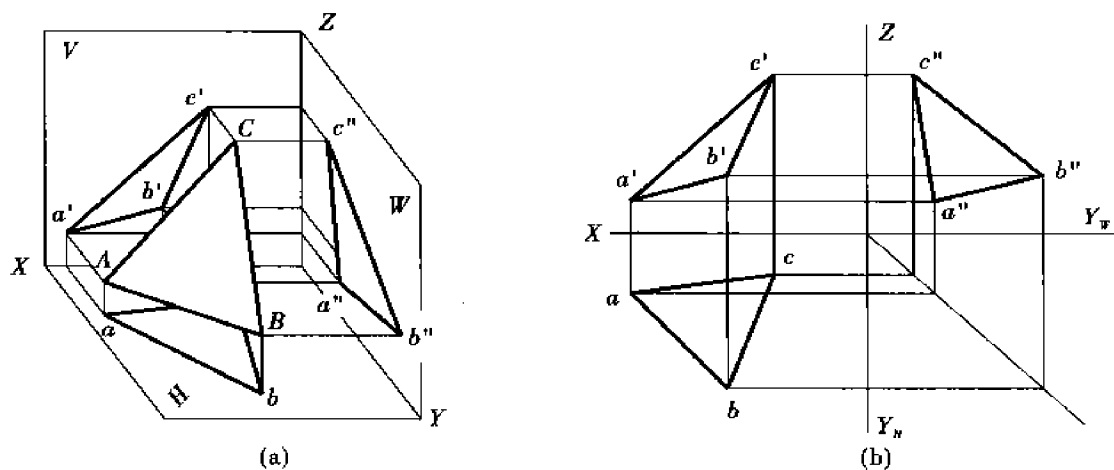


图 4.7 一般位置平面

(a) 立体图; (b) 投影图

4.3 平面上的点和直线

(1) 平面上的点 一个点如果在一个平面上, 它一定在这个平面的一根直线上。如图 4.8 中的 E 点, 由于它在平面 SBC 的一根直线 DC 上, 所以它必然在平面 SBC 上。

(2) 平面上的直线 一直线如果通过平面上两个点或者通过平面上一个点且平行于平面上的一条直线, 则该直线在该平面上。如图 4.8 中的直线 DC 通过平面 SBC 上的点 D 、 C , 则 DC 在平面 SBC 上; 直线 DF 通过平面上点 D 且平行于平面上的一条直线 BC , 则 DF 在平面 SBC 上。

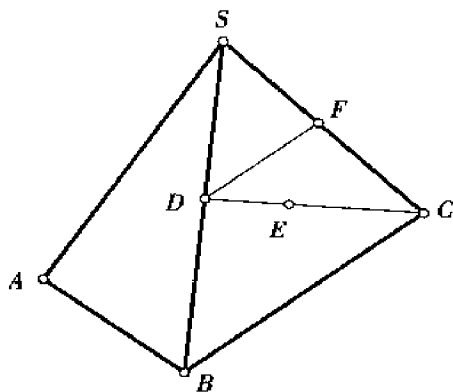


图 4.8 平面上点和直线



【例 4.1】 已知平面 ABC 内一点 K 的 H 投影 k , 试求 K 点的 V 投影 k' , 如图 4.9 所示。

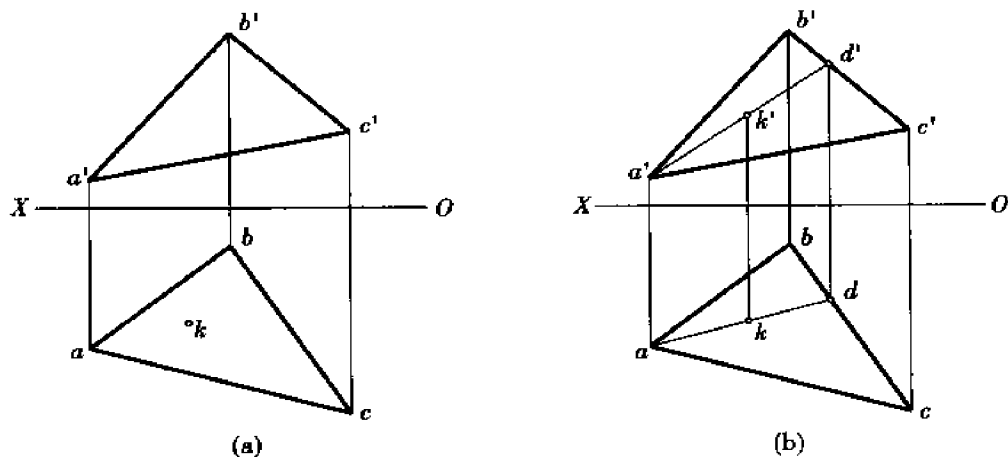


图 4.9 求作平面上点 K 的投影
(a) 已知; (b) 作图

解 ①在 H 面内, 连接 ak 并延长交 bc 于点 d , 过 d 向上作连系线交 $b'c'$ 于点 d' 。

②过 k 向上作连系线交 $a'd'$ 于 k' 。

此题也可用作平行线的方法求解, 读者自行解决。

【例 4.2】 判断点 K 是否在平面 ABC 上, 如图 4.10 所示。

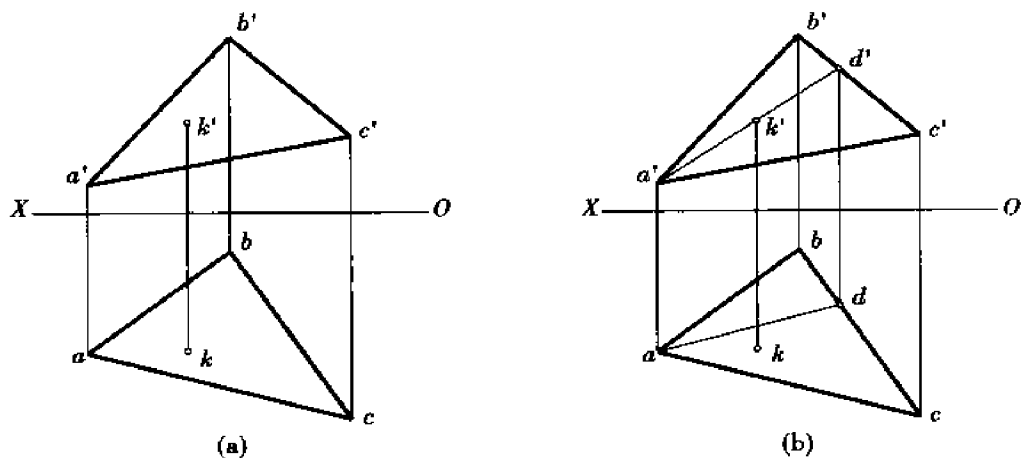
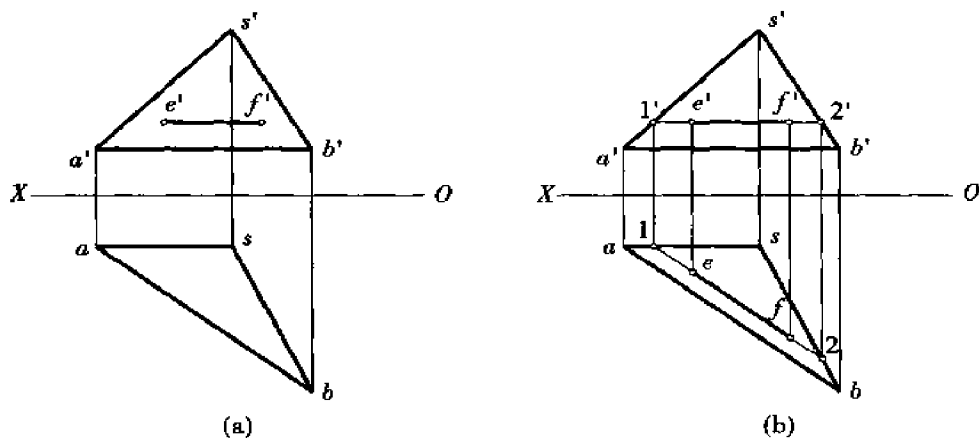


图 4.10 判断点 K 是否在平面上
(a) 已知; (b) 作图

解 ①过 k' 作辅助线 $a'd'$, 过 d' 往下作连系线交 bc 于点 d , 连接 ad ;

②发现点 K 不在 ad 上, 说明点 K 不在平面 ABC 上。

【例 4.3】 已知平面 SAB 内一直线段 EF 的 V 投影 $e'f'$, 试求其 H 投影, 如图 4.11。

图 4.11 求直线段 EF 的 H 投影

(a) 已知; (b) 作图

解 ①延长 $e'f'$ 分别与 $s'b'$ 、 $s'c'$ 交于 $1'2'$;

②过 $1'2'$ 分别往 H 面作连系线交 sb 、 sc 与 1 、 2 两点;

③连接 12 , 过 $e'f'$ 分别往 H 面作连系线交 12 于 e 、 f 两点;

④加深 ef 即得直线段 EF 的 H 面投影 ef 。

(3) 平面上的投影面平行线 平面上的投影面平行线有三种:

平面上平行于 H 面的直线称为平面上的水平线;

平面上平行于 V 面的直线称为平面上的正平线;

平面上平行于 W 面的直线称为平面上的侧平线。

常用的是平面上的水平线和平面上的正平线。平面上的投影面平行线既符合直线在平面上的几何条件,又具有投影面平行线的投影特点,因此它的投影特性具有二重性。

如图 4.12 所示,要在平面上作水平线,需先作水平线的 V 投影,然后再作水平线的 H 投影;要在平面上作正平线,需先作正平线的 H 投影,然后作正平线的 V 投影。

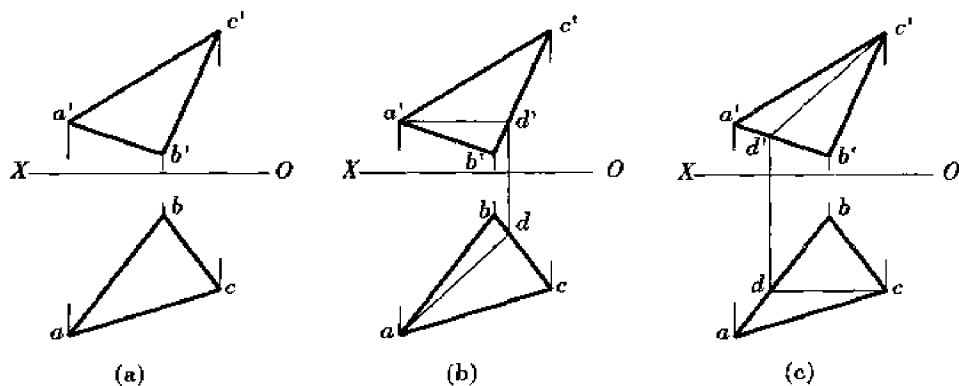


图 4.12 在平面上作水平线和正平线

(a) 已知; (b) 在平面上作水平线; (c) 在平面上作正平线



【例 4.4】 过平面 ABC 上点 C 作水平线,如图 4.13 所示。

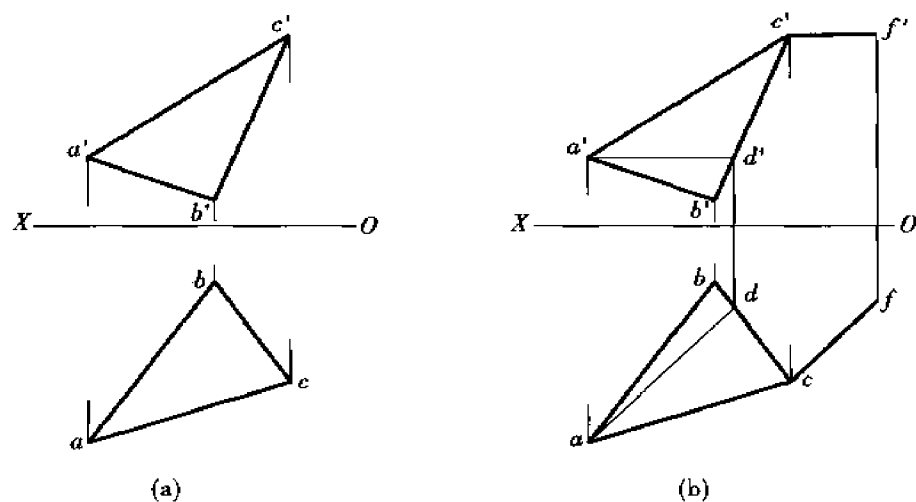


图 4.13 过 C 点在平面 ABC 上作一条水平线
(a)已知;(b)作图

解 ①在平面 ABC 内任作一条水平线 AD ,即 $ad, a'd'$;

②过 c' 作水平线 $c'f'$,过 c 作 $cf \parallel ad$ 。

(4)平面上的最大斜度线 平面上对投影面倾角最大的直线,称为平面的最大斜度线,它必垂直于平面内相应的投影面平行线。

平面内垂直于水平线的直线称为对 H 面的最大斜度线;

平面内垂直于正平线的直线称为对 V 面的最大斜度线;

平面内垂直于侧平线的直线称为对 W 面的最大斜度线;

如图 4.14 所示, L 是平面 P 内的水平线, AB 在平面 P 内, $AB \perp L$, AB 即是平面 P 内对 H 面的最大斜度线, AB 对 H 面的倾角 α 最大,平面 P 对 H 面的倾角可用最大斜度线 AB 对 H 面的倾角 α 来反映,即求面与投影面的倾角实际上是通过一定的过程转化成求直线与投影面的倾角。

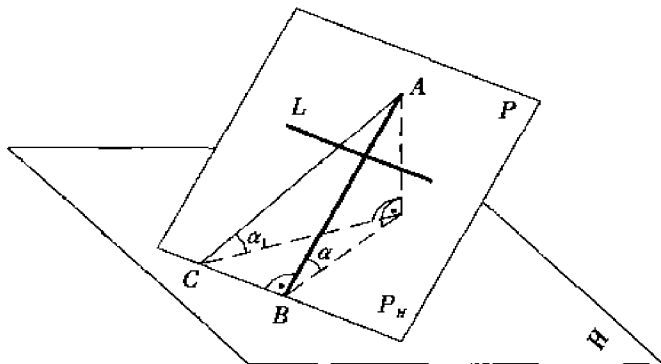


图 4.14 平面对 H 面的最大斜度线



【例 4.5】 求三角形 ABC 对 H 面和 V 面的倾角 α 和 β , 如图 4.15(a) 所示。

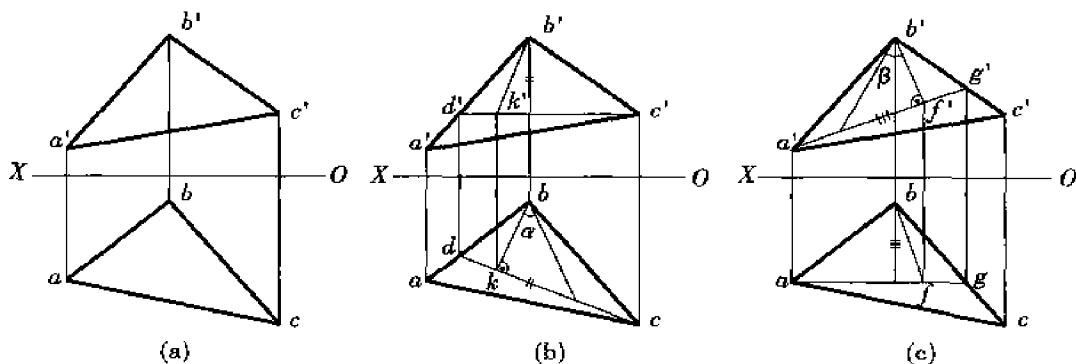


图 4.15 求三角形 ABC 对 H 面和 V 面的倾角 α 和 β
(a) 已知; (b) 求作 α ; (c) 求作 β

解 第一步求作 α :

①过 C' 在平面 ABC 内作水平线 $c'd'$, 过 d' 往 H 面作连系线交 ab 于点 d , 连接 cd ;

②过 b 作 $bk \perp cd$, 交 cd 于 k , 过 k 往 V 面作连系线交 $c'd'$ 于 k' , BK 即为平面 ABC 对 H 面的最大斜度线;

③利用直角三角形法求出 BK 对 H 面的倾角 α , α 即为平面 ABC 对 H 面的倾角。如图 4.15(b) 所示。

第二步求作 β :

①过 a 在平面 ABC 内作正平线 ag , 过 g 往 V 面作连系线交 $b'c'$ 于点 g' , 连接 $a'g'$;

②过 b' 作 $b'f' \perp a'g'$, 交 $a'g'$ 于 f' , 过 f' 往 H 面作连系线交 ag 于 f , BF 即为平面 ABC 对 V 面的最大斜度线;

③利用直角三角形法求出 BF 对 V 面的倾角 β , β 即为平面 ABC 对 V 面的倾角。如图 4.15(c) 所示。

第 5 章 直线与平面及两平面间的相对位置

直线与平面、平面与平面的相对位置可能是平行或者相交;相交时,还有垂直的特殊情况。本章着重讨论以下问题:

- (1) 直线与平面、平面与平面之间的平行问题。
- (2) 直线与平面、平面与平面相交,求其交点或交线的问题。
- (3) 直线与平面、平面与平面之间的垂直问题。

5.1 直线与平面、平面与平面平行

5.1.1 直线与平面平行

根据初等几何可知,如果平面外的一直线和这个平面上的任一直线平行,则此直线平行于该平面,反之亦然。如图 5.1 所示,直线 EF 平行于平面 ABC 内的一条直线 BC ,则直线 EF 平行于平面 ABC 。反之,若在一平面内能找到一直线与平面外的已知直线平行,则此平面与该直线平行。如图所示,由于在 ABC 平面内能找到 AD 直线与直线 MN 平行,所以平面 ABC 与直线 MN 平行。根据此性质可解决空间直线与平面相互平行的问题。

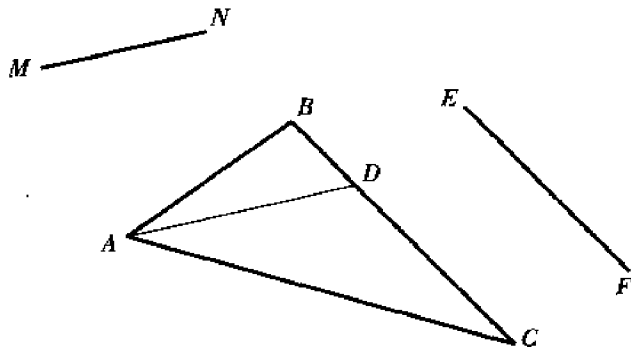


图 5.1 直线与平面平行

5.1.1.1 直线与特殊位置平面平行

直线与特殊位置平面平行时,在平面所垂直的投影面上,直线的投影与平面有积聚性的投影平行,或者,直线和平面在该投影面上都有积聚性。如图 5.2 所示,因为 $AB \parallel CDEF$ 、 $CDEF \perp H$ 面,因此 $ab \parallel cdef$ 。由于 $MN \perp H$ 面,所以 mn 和 $cdef$ 都有积聚性。

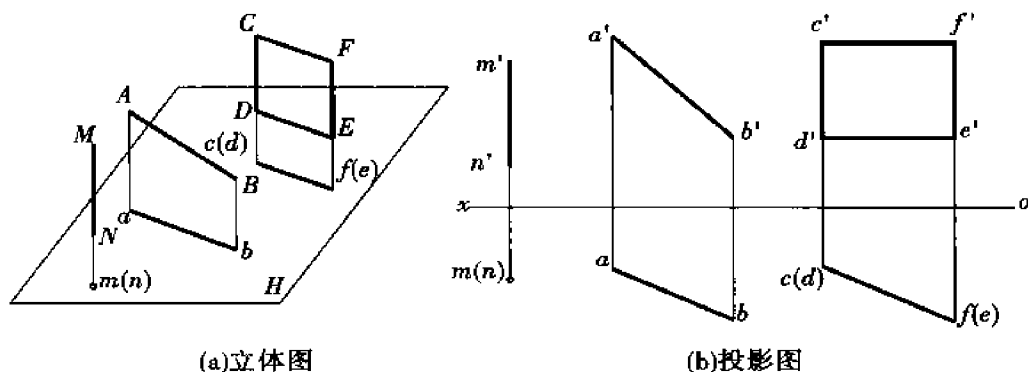


图 5.2 直线与特殊位置平面平行

若一直线与投影面垂直面平行,则该垂直面的积聚投影必与直线的同名投影平行。

如图 5.3 所示,直线 MN 的水平投影 mn 平行于铅垂面 $\triangle ABC$ 的水平投影 $\triangle abc$ 。在这种情况下,总可以在铅垂面的正面投影 $\triangle a'b'c'$ 内作出一条直线与直线 $m'n'$ 平行,所以直线 MN 与 $\triangle ABC$ 在空间是相互平行的。

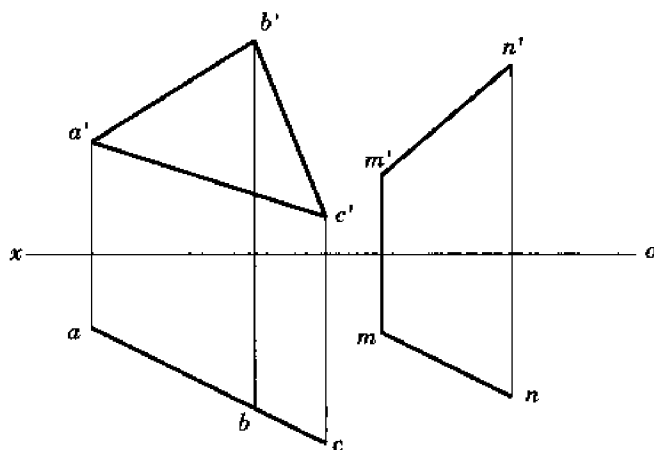


图 5.3 直线与投影面垂直面平行

5.1.1.2 直线与一般位置平面平行

【例 5.1】如图 5.4(a) 所示,过点 K 作一正平线平行于已知平面 $\triangle ABC$ 。

解 过点 K 可作无数条平行于平面的直线,但其中只有一条正平线。可先在 $\triangle ABC$ 上任作一正平线,如 AJ 直线,并使所求直线与它平行即可。因此作 $km \parallel aj$ 、 $k'm' \parallel a'j'$,则 km 、 $k'm'$ 即为所求。作图结果如图 5.4(b) 所示。

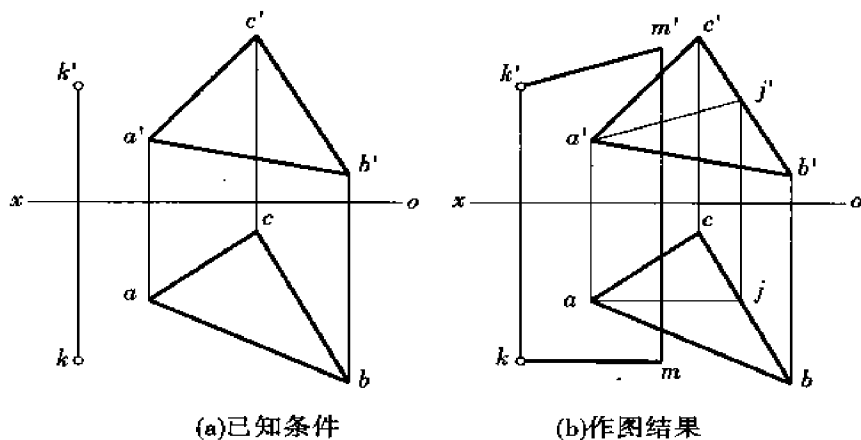


图 5.4 过点 K 作 $KM \parallel \triangle ABC$

【例 5.2】如图 5.5(a)所示,试判断直线 MN 是否平行于平面 $\triangle ABC$ 。

解 要判断直线 MN 是否平行于 $\triangle ABC$ 平面,关键是在 $\triangle ABC$ 平面内能否作出平行于 MN 的直线,若能作出,则可判断直线 MN 平行于 $\triangle ABC$ 平面;反之,则不平行。

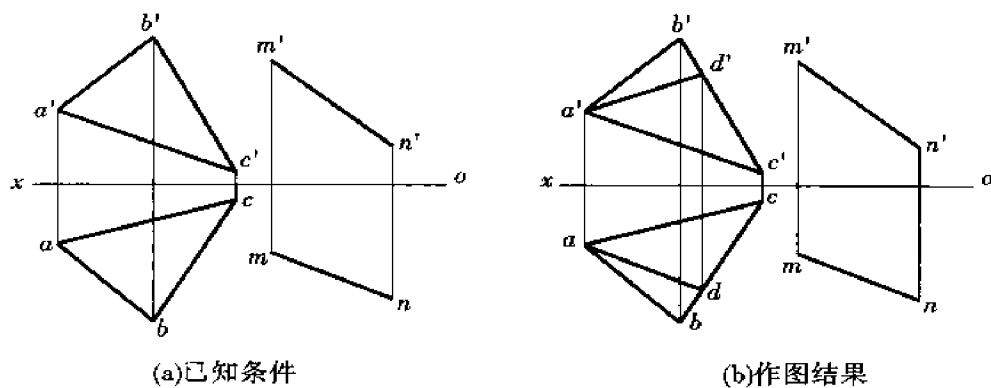


图 5.5 判断直线与平面是否平行

5.1.2 平面与平面平行

由初等几何可知,若一平面上的两相交直线与另一平面上的两相交直线对应平行,则此两平面互相平行。反之亦然,如图 5.6 所示。

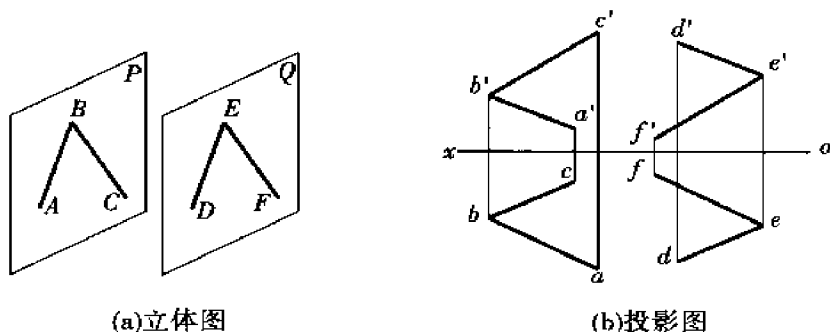


图 5.6 两平面平行

5.1.2.1 两特殊位置平面平行

两特殊位置平面平行时,在平面所垂直的投影面上,两平面的积聚性投影互相平行。如图 5.7 所示, $ABH \parallel CDEF$, $a(h)b \parallel c(d)f(e)$ 。

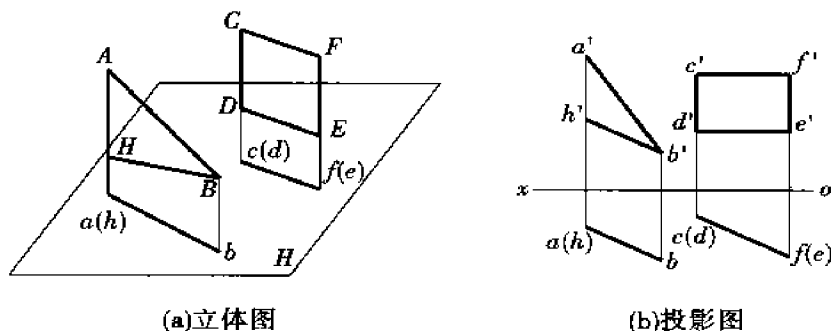


图 5.7 两特殊位置平面平行

5.1.2.2 两一般位置平面平行

【例 5.3】如图 5.8 所示,过点 K 作平面平行于 AB 、 CD 平行线决定的平面。

解 只要过点 K 作一对相交直线,使其对应平行于平面 $ABCD$ 上的一对相交直线,那么,所作的这对交线就是所求平面。其作图过程如图 5.8 所示:

- (1) 在平面 $ABCD$ 上取直线 MN (MN 不与 AB 或 CD 平行);
- (2) 作 $ef \parallel cd$ 、 $gh \parallel mn$ 、 $e'f' \parallel c'd'$ 、 $g'h' \parallel m'n'$ 。
- (3) EF 、 GH 即为所求。

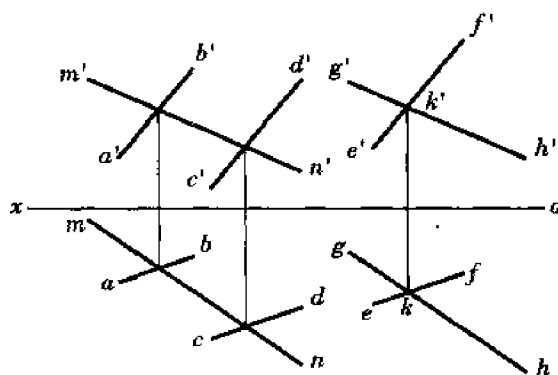


图 5.8 过一点作平面平行于已知平面

【例 5.4】 如图 5.9 所示,试判断两已知平面是否平行。

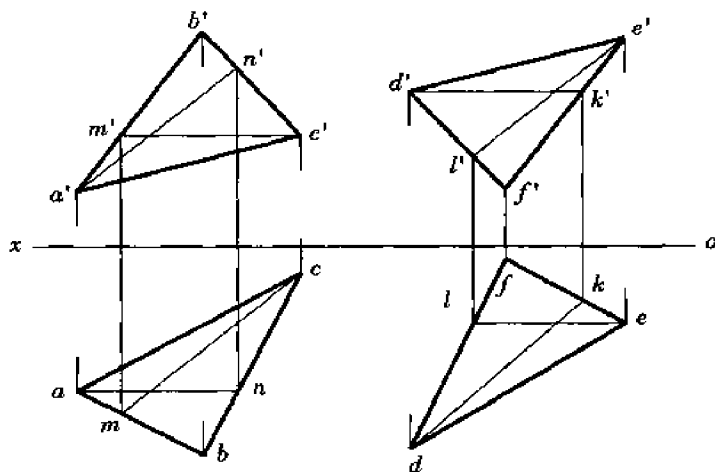


图 5.9 判断两已知平面是否平行

解 如图 5.9 所示,在平面 ABC 上作正平线 AN 和水平线 CM ,在平面 DEF 上作正平线 FL 和水平线 DK 。由于 $AN \parallel FL$ 、 $CM \parallel DK$,因此断定:平面 $ABC \parallel$ 平面 DEF 。

5.2 直线与平面、平面与平面相交

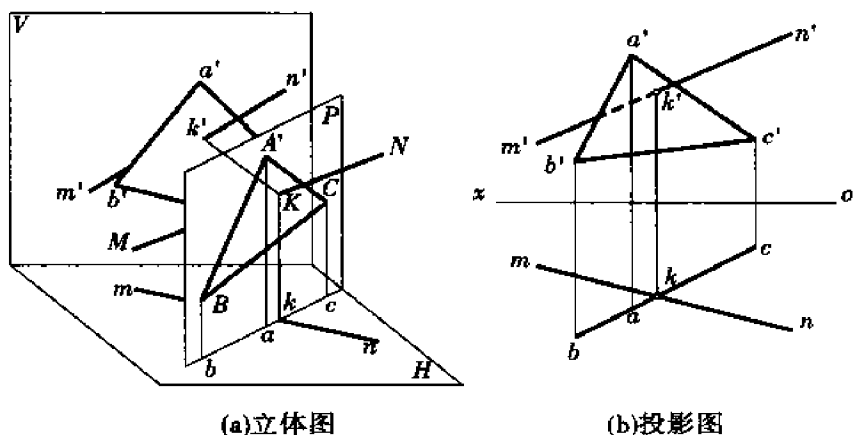
直线与平面相交,其交点是直线与平面的共有点;平面与平面相交,其交线是两平面的共有线,交线上的点是两平面的公共点。

5.2.1 一般位置直线与投影面垂直面相交

如图 5.10 所示,直线 MN 与铅垂面 ABC 相交。铅垂面 ABC 的水平投影 abc 积聚为一直线,因为交点 K 是直线与平面的公共点,所以在 H 面上,可从 abc 与 mn 的交点直接得



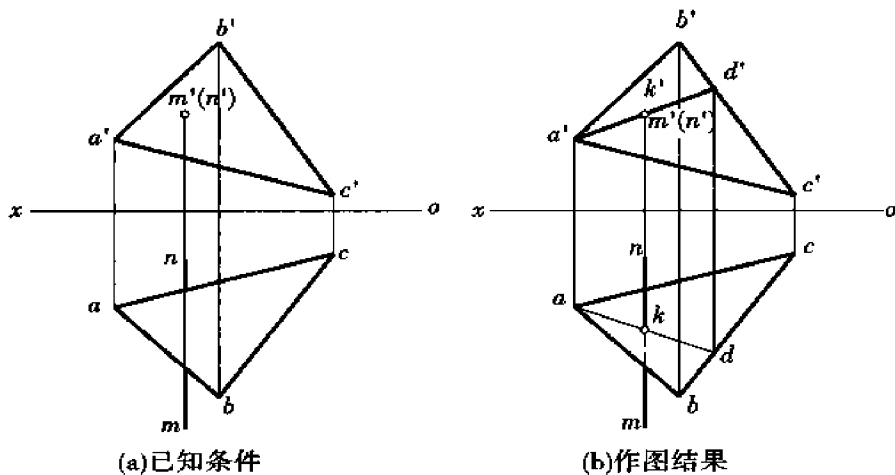
到 k , 再由 k 求出 k' , 如图 5.10(b) 所示。最后, 对照直线 MN 与铅垂面 ABC 的两面投影可知: 以 k 为界, kn 在铅垂面的前方, 因此判定线段 $k'n'$ 是可见的; km 在铅垂面的后方, 所以线段 $k'm'$ 是不可见的。交点 k 是可见与不可见的分界点。

图 5.10 直线 MN 与平面 ABC 的交点

由此可知: 直线与投影面垂直面相交, 平面有积聚性的投影与直线的同面投影的交点, 就是其交点的一个投影, 从而可求出交点的其他投影; 并可以在投影图中直接判别直线各段的可见性。

5.2.2 投影面垂直线与一般位置平面相交

如图 5.11 所示, 正垂线 MN 与平面 ABC 相交, 因为 MN 的 V 面投影有积聚性, 所以交点 K 的 V 面投影 k' 必在 $m'n'$ 上。点 K 又属于平面 ABC , 利用平面上取点的方法可求得点 K 的 H 面投影 k 。作图过程如图 5.11(b) 所示。对照正垂线 MN 与平面 ABC 的两面投影可知: $a'b'$ 位于 $m'n'$ 的上方, 因此判定线段 km 是不可见的, 而 kn 是可见的。

图 5.11 直线 MN 与平面 ABC 的交点



由此可知:特殊位置直线与平面的交点,其一个投影就积聚在该直线有积聚性的同面投影上,其他投影可按平面上取点的方法作出;并可在投影图中直接判别直线投影的可见性。

5.2.3 两投影面垂直面相交

当相交的两平面同时垂直于某投影面时,其交线也必垂直于同一投影面。如图 5.12(a)所示,平面 P 和平面 Q 同时垂直于投影面 H 。故平面 P 的 H 面积聚投影和平面 Q 的 H 面积聚投影的交点即为交线 L 的积聚投影。而交线 L 的 V 面投影应垂直于 OX 轴。这种情况下的可见性判别只需用“方位”来辨别即可。其结果如图 5.12(b)所示。

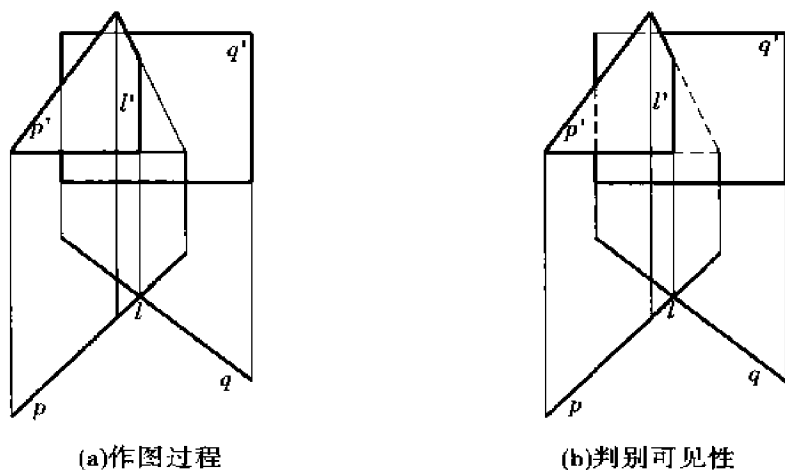


图 5.12 两投影面垂直面

5.2.4 投影面垂直面与一般位置平面相交

求两平面的交线问题可以看做是求两个共有点的的问题。将求出的两个共有点连接起来,就是两平面的交线。如图 5.13(a)所示。属于交线的两点 K 、 L ,分别是平面 ABC 上 AC 、 BC 两直线与平面 DEF 的交点。因为平面 DEF 是铅垂面,前面曾研究过直线与投影面垂直面的交点问题,因此,可分别作出 AC 、 BC 与平面 DEF 的交点 K 、 L , KL 就是所求的两平面的交线。

其作图过程如图 5.12(b)所示。对照两平面的两面投影可知:以 kl 为分界线, $klba$ 在 def 的前方,所以 $k'l'b'a'$ 是可见的,而 $k'l'c'$ 一侧被遮挡的部分为不可见。

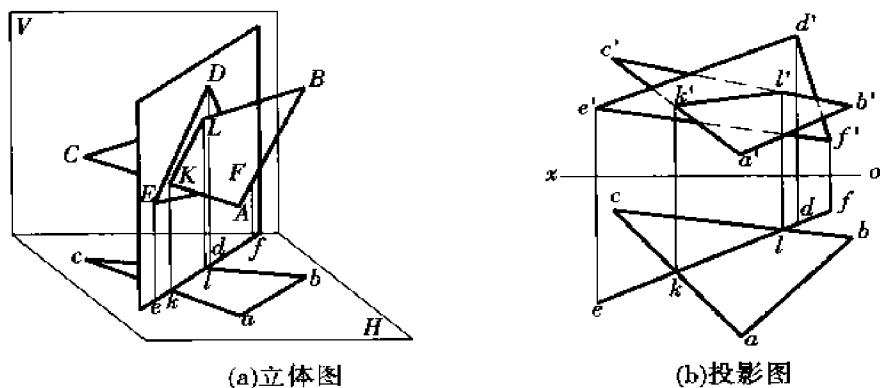


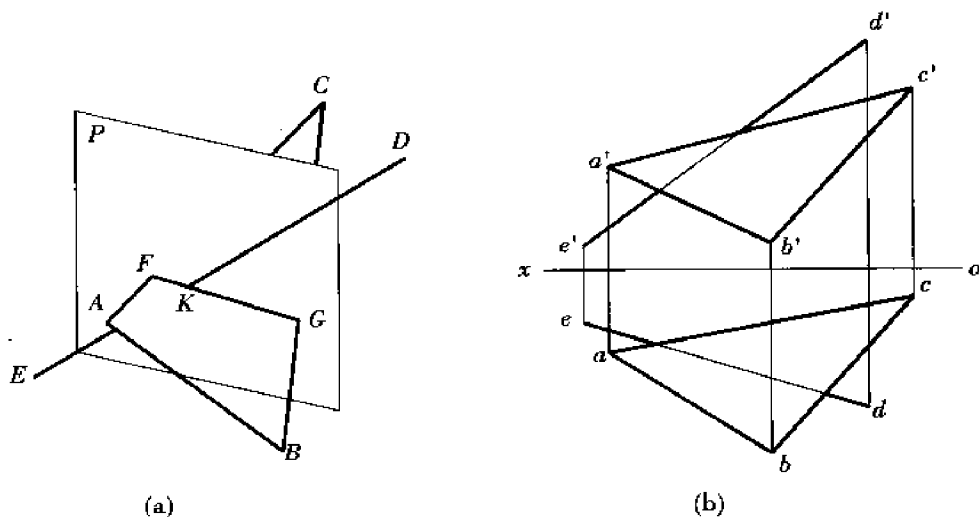
图 5.13 投影面垂直面与一般位置平面的交线

5.2.5 一般位置直线与一般位置平面相交

如图 5.14(a)、(b)所示,一般位置直线 DE 与一般位置平面 ABC 相交。由于二者的投影均无积聚性,因此,需借助于辅助平面求得直线与平面的交点。

其方法是:过直线 DE 作一辅助平面 P ,与 ABC 的交线为 FG 。因为 FG 与 DE 同属于 P 平面,所以 FG 与 DE 可以相交于点 K 。点 K 即为 DE 和 ABC 的交点。值得注意的是,辅助平面只有是投影面的垂直面,方可直接作出辅助平面与一般位置平面的交线。图 5.14(c)为求直线与平面交点的作图过程。其作图步骤如下。

- (1) 过已知直线 DE 作铅垂面 P ,用 P_H 表示。
- (2) 作出已知平面 ABC 与辅助平面 P 的交线 FG 。
- (3) 已知直线 DE 与交线 FG 的交点 K ,即为所求。



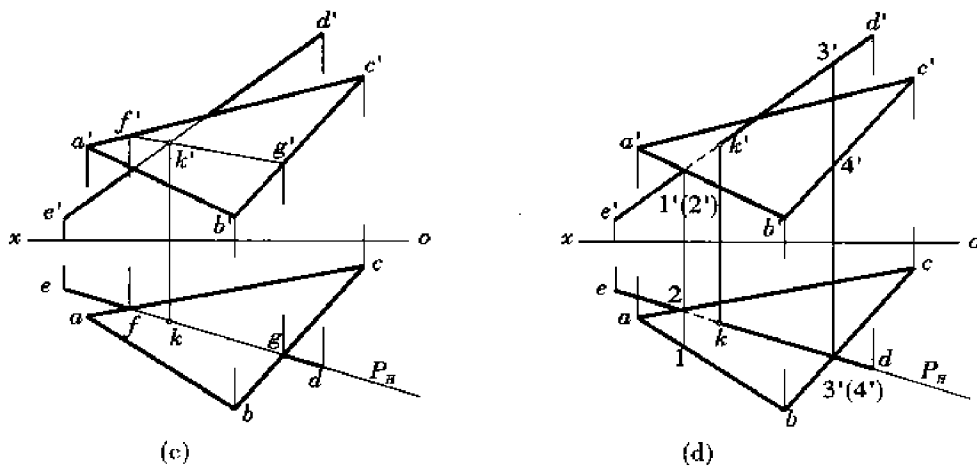


图 5.14 求一般位置直线与一般位置平面的交点

然后,可利用直线与平面上任一直线的重影点来判别可见性。如图 5.14(d)所示,取 AB 、 DE 直线对 V 面的重影点 I、II,并定义点 I 在 AB 上,点 II 在 DE 上。由于 I 在 II 之前,说明 AB 在 DE 之前,因此判定 $k'2'$ 是不可见的;以 k' 为界, $k'd'$ 为可见。再取 BC 、 DE 两直线对 H 面的重影点 III、IV,并定义点 III 在 DE 上,点 IV 在 BC 上,由于 $3'$ 在 $4'$ 之上,说明 DE 在 BC 之上,因此判定 $k3$ 为可见;以 k 为界, ke 为不可见。

5.2.6 两一般位置平面相交

求两个一般位置平面的交线,可用求一般位置直线与一般位置平面交点的方法,求得两平面上的两个共有点,该两点决定的直线即为所求交线,此方法可称为“线面交点法”。其具体作图步骤如下:

(1) 按求一般位置直线与一般位置平面交点的三个步骤,作出一个平面上任一直线与另一平面的交点。

(2) 用上述同样的方法再作出一个交点。

(3) 将这两个交点连成所求的交线。

然后,可利用两个平面上的任意两条直线上的重影点,来判断两平面的同面投影重合部分的可见性。

【例 5.5】 如图 5.15(a)所示,试求 $\triangle ABC$ 与 $\triangle DEF$ 两平面的交线 MN 。

解 作图过程如图 5.15(b)所示:

(1) 过直线 AC 作一正垂平面 P_v , P_v 与 $\triangle DEF$ 的交线为 HL , HL 与 AC 的交点 M 为所求交线上的一点;

(2) 过直线 EF 作正垂面 Q_v , Q_v 与 $\triangle ABC$ 的交线为 JK , JK 与 EF 的交点 N 为所求交线上的另一点;

(3) 连接两交点 M 、 N , MN 为所求交线。

此过程中,也可以选择过不同于 AC 、 EF 的其他已知直线,作投影面的垂直面为辅助



平面,进而求出两个线面交点,连接交点即成交线。有时,由于选择直线的不同,可能会出现线面交点在两平面的同面投影的重合部分以外的情况,这时,仍然可以连接交点即成线,但仅取两平面的同面投影的重合部分以内部分为交线。

两平面及其交线投影的可见性判别,如图 5.15(c) 所示。

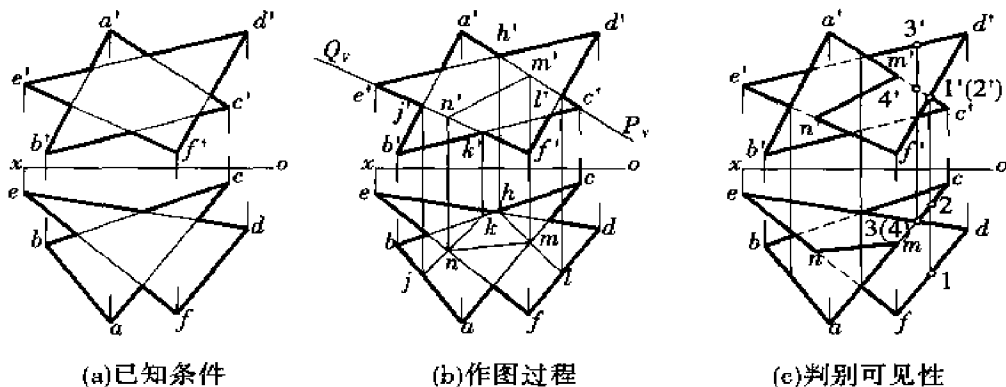


图 5.15 求两一般位置平面的交线并判别可见性

此过程中,两平面的同面投影的重合部分一定是多边形,各段边线是原有两个平面的部分边线,求出的面面交线的两个端点就落在此多边形上;

当此多边形为偶数边时,面面交线的两个端点都落在此多边形的边上,多边形的偶数个顶点加此两端点,仍为偶数个点,把封闭的多边形分割为偶数段,每段可见和不可见间隔出现;

当此多边形为奇数边时,面面交线的两个端点一个落在此多边形边上,另一个落在多边形的顶点上,这时,多边形的奇数个顶点加落在此多边形边上的一端点,仍为偶数个点,把封闭的多边形分割为偶数段,每段可见和不可见间隔出现;

特别注意,上述规则要求原有平面的顶点不可没入两平面的同面投影的重合部分,如果原有平面的某个顶点没入两平面的同面投影的重合部分,则在计算同面投影的重合部分多边形的顶点数时,该点不计算,即该点两侧线的可见性一致。

按照上述规则,判别两平面交线投影的可见性时,首先,交线和交线的两个端点一定可见;然后,在两平面的同面投影的重合部分多边形上任选一个和交点相邻的点,判别此点的可见性,若可见,则两点间线段可见,若不可见,则两点间线段不可见,余下多边形上的线段可见、不可见间隔出现。不可见线段,绘制成虚线。

另外,两一般位置平面相交求交线,还可以使用“辅助平面法”。如图 5.16 所示,用一个辅助平面 H_1 截已知一般位置平面 P 和 Q ,分别截得交线 l_1 和 l_2 ,它们的交点 M ,就是两平面 P 和 Q 的一个共有点。同样再用一个平面 H_2 截 P 和 Q ,可得另一个共有点 N , MN 即为所求交线。为方便作图,辅助平面可选用投影面的平行面或投影面的垂直面。

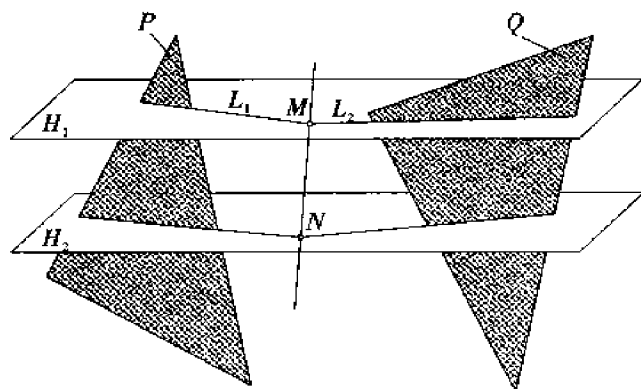


图 5.16 两一般位置平面的交线(辅助平面法)

【例 5.6】 如图 5.17 所示,试求 $\triangle ABC$ 与 $\triangle DEF$ 两平面的交线。

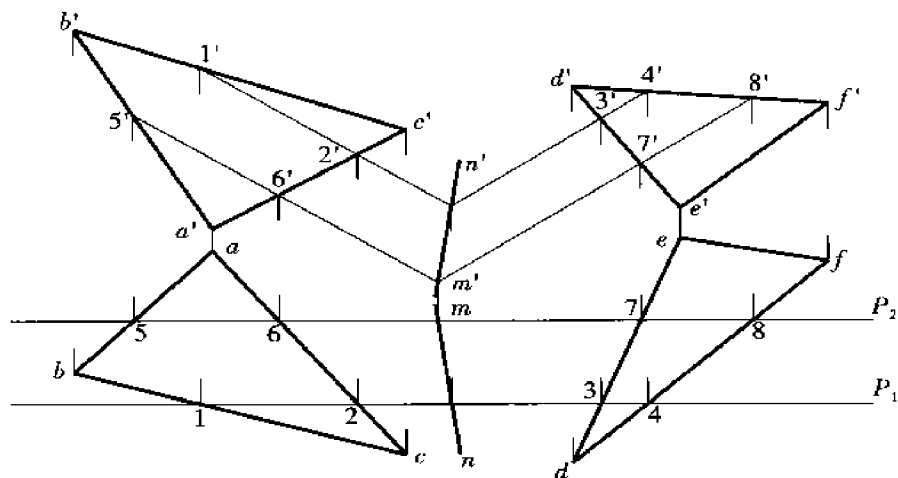


图 5.17 求两一般位置平面的交线(辅助平面法)

解 作图过程如图 5.17 所示。

(1) 作一正平面 P_1 , 截 $\triangle ABC$ 和 $\triangle DEF$ 于直线 I - II 和 III - IV, 它们相交于点 $M(m, m')$ 。

(2) 再作一正平面 P_2 , 得到另一交点 $N(n, n')$ 。

(3) 连接 mn 和 $m'n'$, 即为所求交线 MN 的投影。

此种方法多用于两平面投影无重合区域的情况, 可不判别可见性。



5.3 直线与平面、平面与平面垂直

5.3.1 直线与平面垂直

5.3.1.1 直线与特殊位置平面垂直

当直线与特殊位置平面垂直时,直线一定平行于该平面所垂直的投影面,而且直线的投影垂直于该平面有积聚性的同面投影。从图 5.18 可以看出:与铅垂面 $CDEF$ 垂直的直线 AB 为水平线,并且 $ab \perp c(d)f(e)$, $a'b' \parallel OX$ 轴。

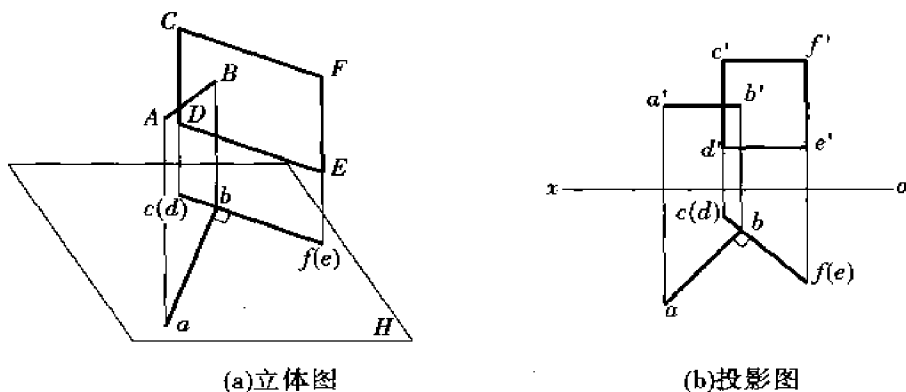


图 5.18 直线与铅垂面垂直

【例 5.7】如图 5.19 所示,已知点 K 和平面 ABC 的投影,试由 K 向 ABC 作垂线,垂足为 S ,求垂线 KS 的两面投影,并求点 K 到平面 ABC 的距离。

解 因为 ABC 为一铅垂面,所以过 K 向该平面所引的垂线必为一条水平线。如图 5.19 所示:过 k 作 $ks \perp abc$;过 k' 作 $k's' \parallel OX$ 轴;距离 $KS = ks$ 。

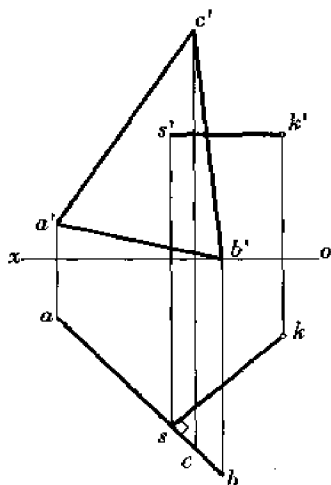


图 5.19 求点 K 到平面 ABC 的距离



5.3.1.2 直线与一般位置平面垂直

直线与平面相互垂直的几何条件是:该直线垂直于平面上的任意两条相交直线,而不论其是否过这两条直线的交点。

图 5.20 为直线与平面垂直的示意图, KB 和 K_1M 同为平面 P 的垂线,直线 KB 与平面 P 上的两条相交直线 AB 、 BC 是相交垂直;而直线 K_1M 与 AB 、 BC 则是交叉垂直。

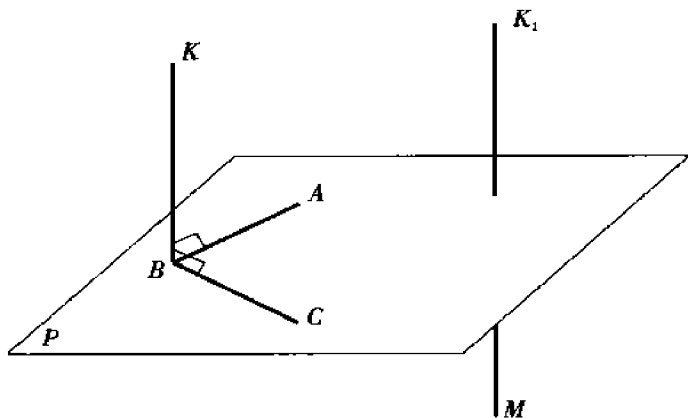


图 5.20 直线与平面垂直的示意图

依据上述几何条件,如果直线与平面垂直,则直线必定垂直于平面上的水平线、正平线和侧平线。在此,应用两直线垂直的直角定理,便可得到直线与一般位置平面垂直的投影特征:直线的正面投影,垂直于平面上的正平线的正面投影;直线的水平投影,垂直于平面上的水平线的水平投影;直线的侧面投影,垂直于平面上的侧平线的侧面投影。在解决直线与一般位置平面垂直、两一般位置平面相互垂直问题时,经常会用到这一投影特征。

如图 5.21 所示,欲过点 K 作直线 $KM \perp$ 平面 ABC ,可在平面上取一条正平线和一条水平线,并使 KM 的正面投影垂直于正平线的正面投影、 KM 的水平投影垂直于水平线的水平投影。即在 $\triangle ABC$ 上取正平线 BD 和水平线 CE ,过 k' 作 $k'm' \perp b'd'$,过 k 作 $km \perp ce$ 。则 $KM \perp \triangle ABC$ 。

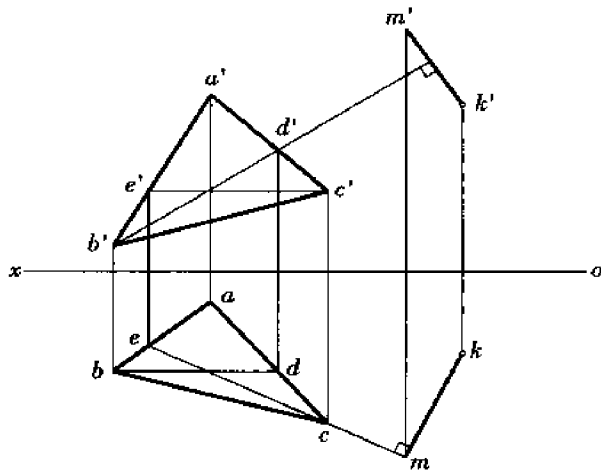


图 5.21 过点 K 作直线 $KM \perp$ 平面 ABC



【例 5.8】如图 5.22(a)所示,过点 K 作平面垂直于已知直线 MN 。

解 分别过点 K 作正平线 KB 和水平线 KA 与直线 MN 垂直,所得的平面 AKB 即为所求平面。具体作图步骤如下:

(1) 过 k' 作 $k'b' \perp m'n'$, 过 k 作 $kb \parallel OX$ 轴。

(2) 过 k 作 $ka \perp mn$, 过 k' 作 $k'a' \parallel OX$ 轴。

由此,由相交直线 KA 和 KB 构成的平面 AKB ,即为所求,如图 5.22(b)所示。

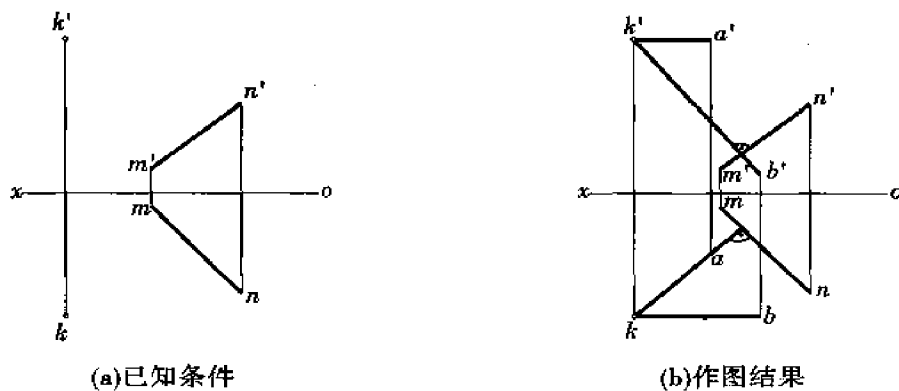


图 5.22 过 K 作平面垂直于已知直线

【例 5.9】 如图 5.23 所示,判别已知直线 KL 与平面 $\triangle ABC$ 是否垂直。

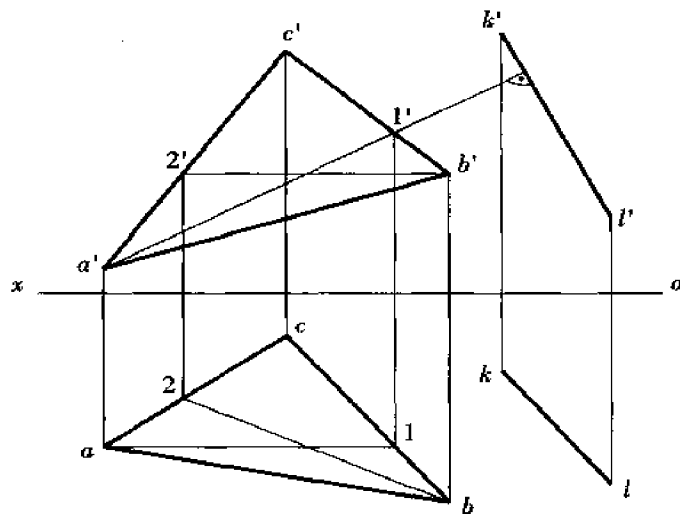


图 5.23 判断 KL 与 $\triangle ABC$ 是否垂直

解 问题在于能否在平面 $\triangle ABC$ 上取到一对相交直线与已知直线 KL 垂直。为此,可在平面 $\triangle ABC$ 上取正平线 $A1$ 和水平线 $B2$,如图 5.23 所示。因 kl 不垂直于 $B2$,说明 KL 不垂直于 $B2$,所以判定 KL 与 $\triangle ABC$ 不垂直。

注意,解决此类线面垂直的判别问题时,因为若线面垂直,则直线垂直于平面上所有



直线,包括水平线和正平线,所以只要作出任意一个不垂直的情况,即可判定线面不垂直。

5.3.2 平面与平面垂直

5.3.2.1 两特殊位置平面垂直

两个相互垂直的特殊位置平面,在它们共同垂直的投影面上的积聚性投影必相互垂直。如图 5.24 所示,两个相互垂直的正垂面,其交线 MN 为正垂线。

5.3.2.2 两一般位置平面垂直

两平面相互垂直的几何条件是:一个平面上有一条直线垂直于另一平面。如图 5.25 所示,直线 AB 垂直于平面 P ,包含 AB 所作的 T 、 Q 、 R (可以作无数个)平面均与平面 P 垂直。

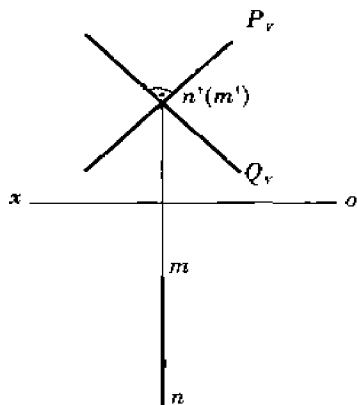


图 5.24 两正垂面相互垂直

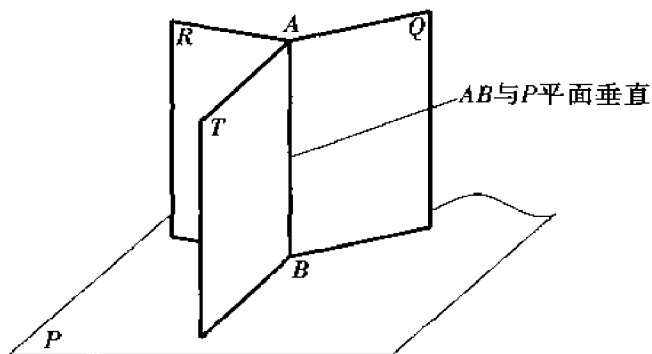
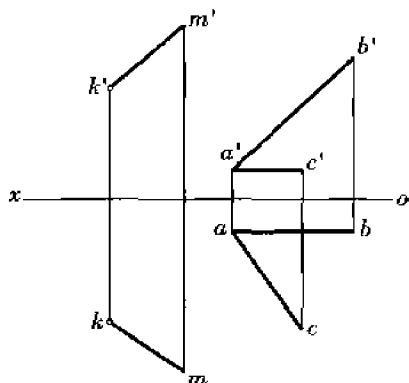


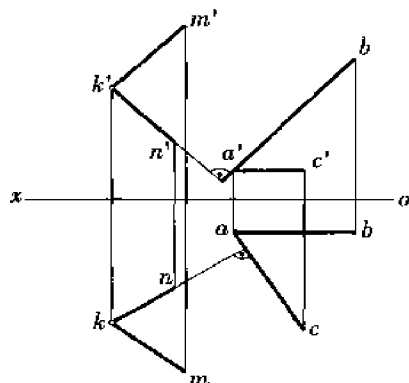
图 5.25 两平面垂直示意图

【例 5.10】如图 5.26(a)所示。过直线 KM 作一平面与已知平面 $\triangle ABC$ 垂直。

解 设法过直线 KM 上一点,作平面 $\triangle ABC$ 的垂线,该垂线与 KM 所确定的平面必与平面 $\triangle ABC$ 垂直。具体作图过程如图 5.26(b)所示,因 AB 是正平线、 AC 是水平线,所以, $k'n' \perp a'b'$ 、 $kn \perp ac$,则 MKN 即为所求。



(a)已知条件



(b)作图结果

图 5.26 过 KM 作平面与平面 $\triangle ABC$ 垂直

第 6 章 投影变换

6.1 概述

通过前面章节内容的学习,我们已经了解了有关空间几何元素的定位和度量等问题的解题方法。但我们发现,当几何元素处于一般位置时,解题往往比较繁琐,当几何元素处于特殊位置时,解题过程则比较简单。现举例说明:如图 6.1 和 6.2,求点 A 到直线 BC 的距离,其中图 6.1 直线 BC 为一般位置直线,图 6.2 直线 BC 为铅垂线,分别求解如下。

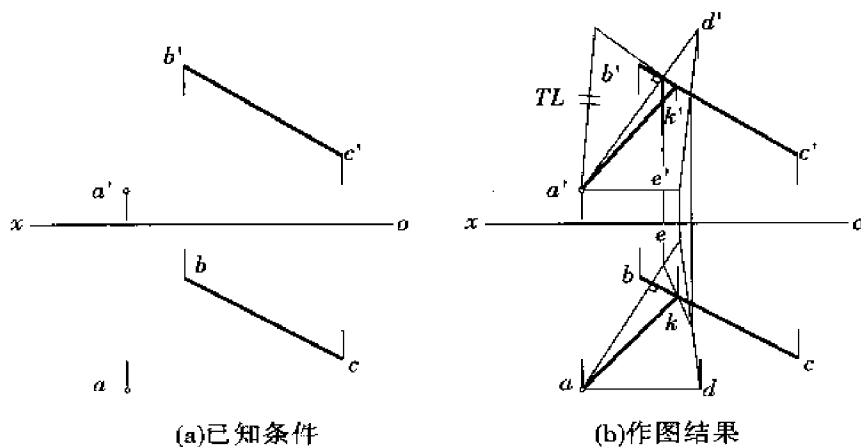


图 6.1 求点到直线的距离

【例 6.1】 求点 A 到直线 BC 的距离。

解 如图 6.1(b) 所示,作图过程如下:

- (1) 过点 A 作直线 BC 的垂面 $\triangle ADE$;
- (2) 求垂面 $\triangle ADE$ 与直线 BC 的交点(即垂足) K ;
- (3) 连接 AK ,即为 A 到 BC 的垂线;
- (4) 再利用直角三角形法求出 AK 的实长。

【例 6.2】 求点 A 到直线 BC 的距离。

解 如图 6.2(b) 所示,作图过程如下:

- (1) 连接 ab ,即为 A 到直线 BC 的垂线的水平投影 ad ;
- (2) 过 a' 作 OX 的平行线交 $b'c'$ 于 d' ;
- (3) ad 即为 A 到直线 BC 距离的实长。

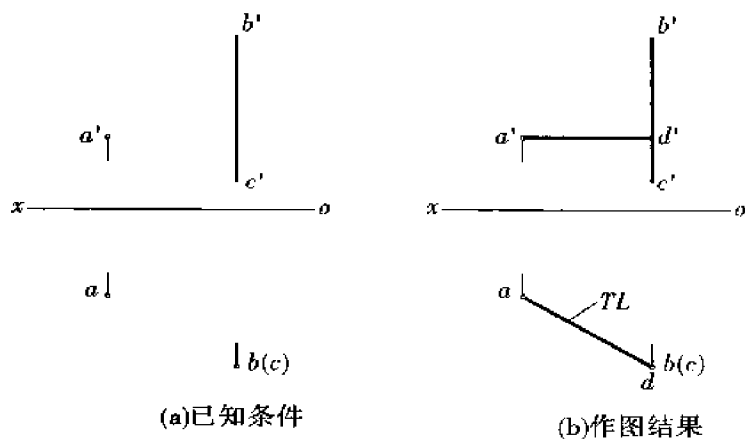


图 6.2 求点到直线的距离

通过上面两个实例,当 BC 直线为一般位置直线时,求 A 到 BC 的距离,需要作一般位置直线的垂直面,需要求一般位置直线与一般位置平面的交点,还要求一般位置直线的实长,作图过程非常烦琐。而当 BC 直线为铅垂线时,作图过程则简单得多。为了简化作图过程,能否把这些几何元素由一般位置变成特殊位置呢? 这就是投影变换。

常用的投影变换有换面法和旋转法。

空间几何元素保持不动,用新的投影面代替旧的投影面,使几何元素对新的投影面处于有利于解题的位置,这种方法称为换面法。

投影面保持不动,使空间几何元素绕某一轴旋转到有利于解题的位置,然后找出其旋转后的新投影,这种方法称为旋转法。

本章主要介绍换面法。

6.2 换面法

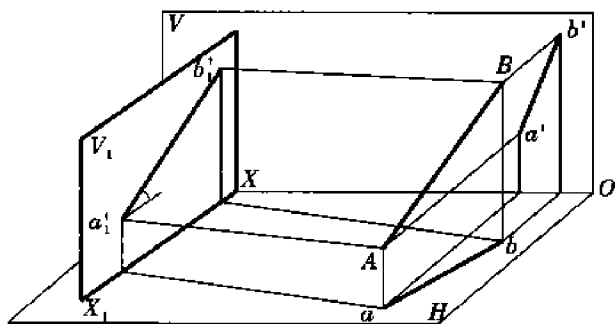
利用换面法,把处于一般位置的几何元素变换成新投影体系中的特殊位置,使解题过程简化,这就是换面法的目的。

6.2.1 换面法的基本概念

如图 6.3 所示,直线 AB 在原两面投影体系 H/V 中为一般位置直线,它的两个投影都不反映实长。为了使新投影反映实长,可取一个平面 V_1 代替 V 投影面,使其与 AB 平行,构成新的直角投影体系 H/V_1 。这样直线 AB 在新投影体系中为 V_1 面的平行线,所以在 V_1 面的投影 $a'_1b'_1$ 就反映实长,且 $a'_1b'_1$ 与新投影轴的夹角就反映直线 AB 对 H 面的夹角。

特别强调,新投影体系中新投影面与不变投影面必须是直角两面体系,这样才能利用正投影原理作出新的投影图。因此新投影面的选择必须符合以下两个基本条件。

- (1) 必须使空间几何元素在新投影体系中处于有利于解题的位置。
- (2) 新投影面必须垂直于不变的投影面,构成新的直角两面体系。

图 6.3 V_1 面替代 V 面

6.2.2 点的变换

如图 6.4 所示,在原有的 H 、 V 两面投影体系中,空间 A 点的投影为 a 和 a' 。现新设一投影面 V_1 ,使其与 H 垂直,构成新的两面投影体系。

根据正投影作图原理,可以作出 A 在 V_1 面的投影 a'_1 , V_1 面与 H 面的交线为新的投影轴 X_1 ,将 V_1 面绕 X_1 投影轴旋转到与 H 面重合的位置,再根据正投影中点的投影规律,作出 A 在新投影体系中的投影图。

从图中可以看出, A 到 H 面的距离始终不变, $a'a_x = a'_1a_{x1}$, 即旧投影到旧投影轴的距离 = 新投影到新投影轴的距离 = 空间点到不变投影面的距离。

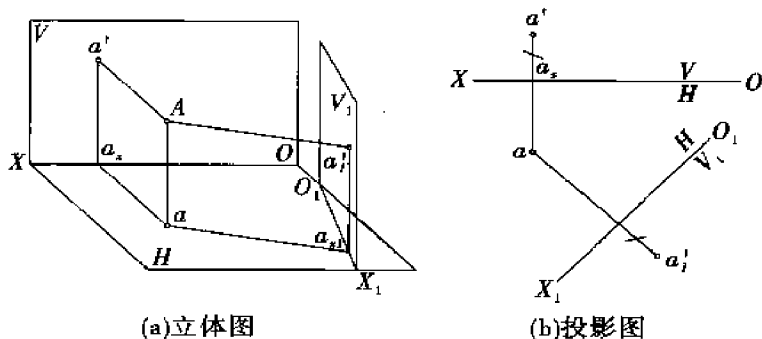


图 6.4 点的变换

据此可总结出点的投影变换规律与作图步骤:

(1) 取新投影轴 X_1 。

(2) 作投影连线垂直于投影轴,这是正投影法的作图原理。

$aa' \perp OX$, 在 H 、 V 体系中,点的旧投影与不变投影的连线 \perp 旧投影轴。

$aa'_1 \perp OX_1$, 在 H 、 V_1 体系中,点的新投影与不变投影的连线 \perp 新投影轴。

(3) 量距。即根据新投影到新投影轴的距离 = 旧投影到旧投影轴的距离,找出新的投影。如图 6.4 中的 a'_1 。



在解题过程中,有时换一次面还不能达到目的,需要连续变换两次或多次投影面。如图 6.5 所示为点的两次变换,第一次更换 V 面,用 V_1 面代替 V 面,使 $V_1 \perp H$,组成 V_1/H 体系;第二次更换 H 面,用 H_2 面代替 H 面,使 $H_2 \perp V_1$,组成 V_1/H_2 体系。

第二次更换投影面时求点的新投影的方法,其原理与更换第一次投影面相同。在第一次变换投影面时, V 为旧投影面, H 为不变投影面, V_1 为新投影面, OX 为旧投影轴, O_1X_1 为新投影轴。在第二次变换投影面时, H 为旧投影面, V_1 为不变投影面, H_2 为新投影面, O_1X_1 为旧投影轴, O_2X_2 为新投影轴。

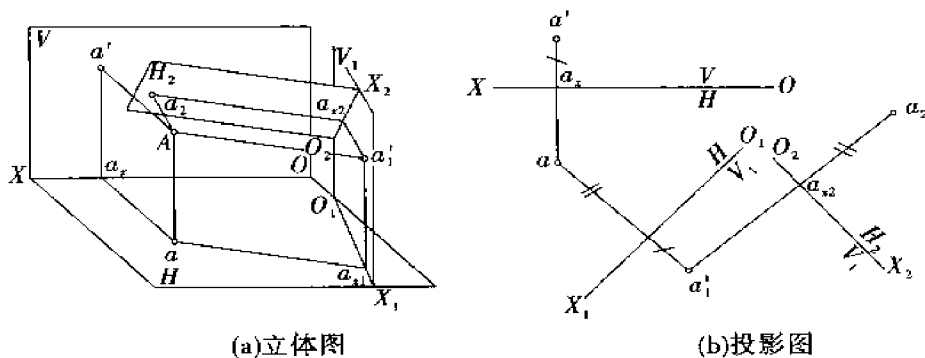


图 6.5 点两次换面

必须指出,在多次更换投影面时,新投影面的选择除必须符合前述的两个条件外,还必须交替地变换投影面。即 V/H 体系— V_1/H 体系— V_1/H_2 体系— V_3/H_2 体系,或 V/H 体系— V/H_1 体系— V_2/H_1 体系— V_2/H_3 体系等。

6.2.3 直线的变换

直线的变换有三种,即把一般位置直线变换成新投影面的平行线;把投影面平行线变换成新投影面的垂直线;把一般位置直线变换成新投影面的垂直线。

6.2.3.1 把一般位置直线变换成新投影面的平行线

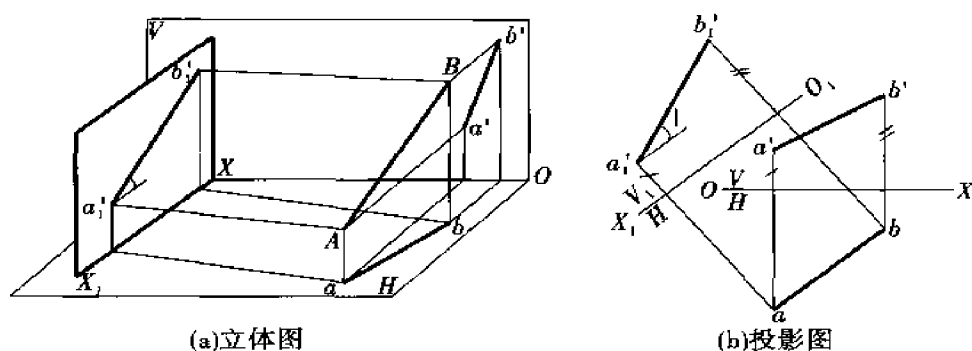
如图 6.6 所示,把一般位置直线 AB 变换成新投影体系中 V_1 面的平行线,必须满足两个条件:

第一, $V_1 \perp H$ 面,即新投影必须是直角投影体系, V_1 面是 H 的垂直面。

第二, $AB // V_1$ 面。根据所学的知识,如果一条直线与铅垂面平行,那么直线在 H 面的投影必与铅垂面在 H 面的积聚性投影平行,即 $ab // X_1$ 轴。

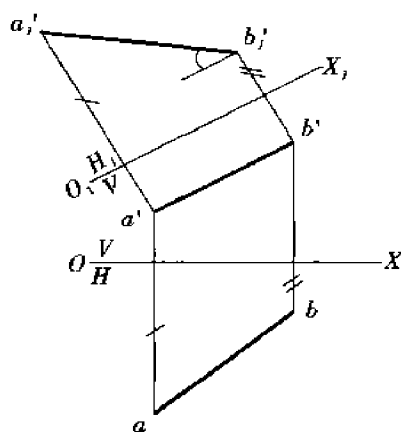
由此得出把一般位置直线变换成新投影面平行线的关键是:新投影轴 $//$ 不变的投影。

直线的变换,只要变换直线上两点 A 、 B ,所以只要求出 $a'b'$,就求出了直线的新投影 $a'b'$ 。

图 6.6 把一般位置直线变换成 V_1 面平行线

从图 6.6(a) 中可看出, $a'_1b'_1$ 就是直线 AB 的实长, 且 $a'_1b'_1$ 与 X_1 轴夹角就是 AB 与 H 面夹角 α 。

同理, 将一般位置直线变换成新投影体系中 H_1 面的平行线, 就可以求出直线的 β 角和实长, 如图 6.7 所示。

图 6.7 一般位置直线变换成 H_1 面的平行线

6.2.3.2 把投影面平行线变换成新投影面的垂直线

把投影面平行线变换成新投影面的垂直线, 如图 6.8 所示, AB 是水平线, $AB \parallel H$ 面, 如果 $AB \perp V_1$ 面, 那么 $ab \perp V_1$ 面, $ab \perp X_1$ 轴。由此得出把投影面平行线变换成新投影面的垂直线的关键是: 新投影轴 \perp 不变投影。

图 6.8(b) 是把水平线 AB 变换成 V_1 面的垂直线的作图过程。

同理, 若把正平线变换成 H_1 面的垂直线, X_1 轴 $\perp a'b'$ 。如图 6.9 所示。

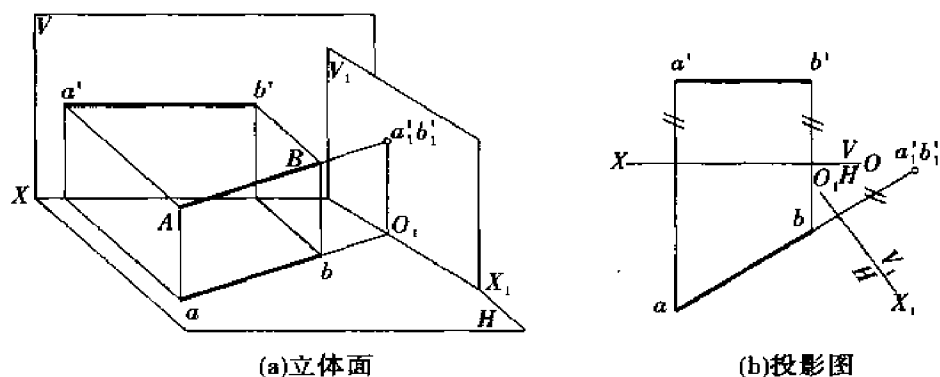


图 6.8 把水平线变换成 V_1 面垂直线

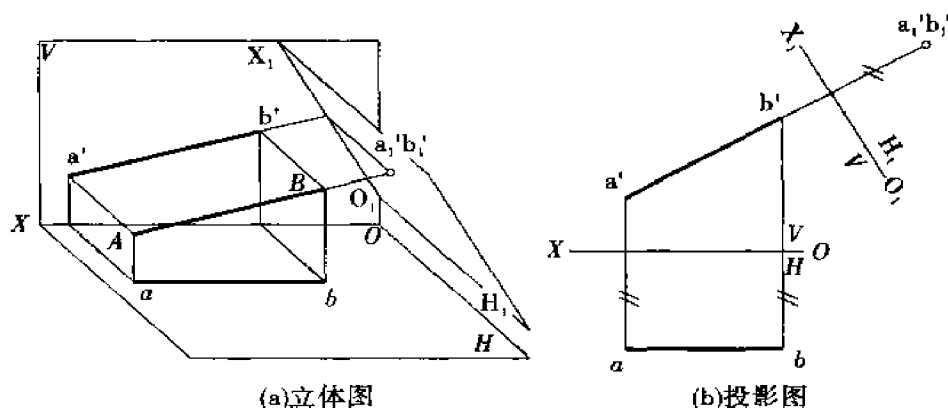


图 6.9 把正平线变换成 V_1 面垂直线

6.2.3.3 把一般位置直线变换成新投影面的垂直线

把一般位置直线变换成新投影的垂直线,一次换面是不能完成的。因为如果通过一次换面,使新投影面与一般位置直线垂直,那么这个新投影面不可能与不变的投影面垂直,即不能构成直角投影体系。因此,把一般位置直线变换成新投影面的垂直线,必须经过两次换面,先将一般位置直线变换成投影面平行线,然后再将投影面平行线变换成新投影面的垂直线。

如图 6.10 所示, AB 直线为一般位置直线,通过一次换面,将 AB 直线变换成 V_1 面的平行线,再用 H_2 面代替 H 面,将 AB 变换成 H_2 面的垂直线。

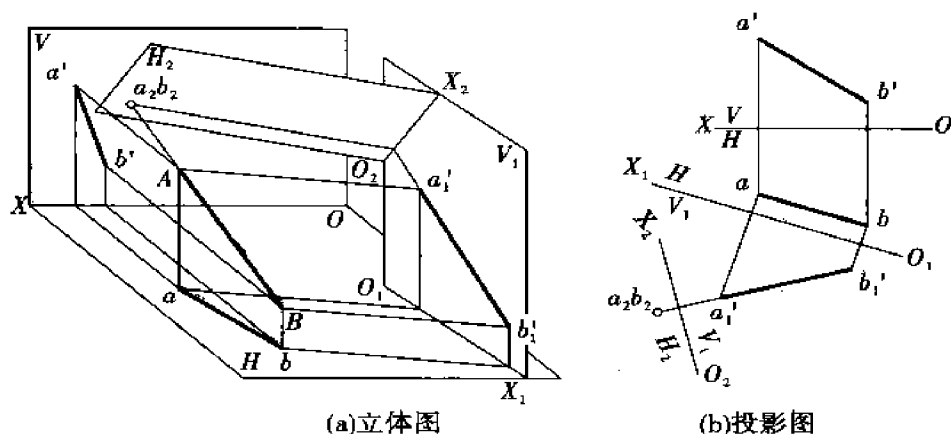


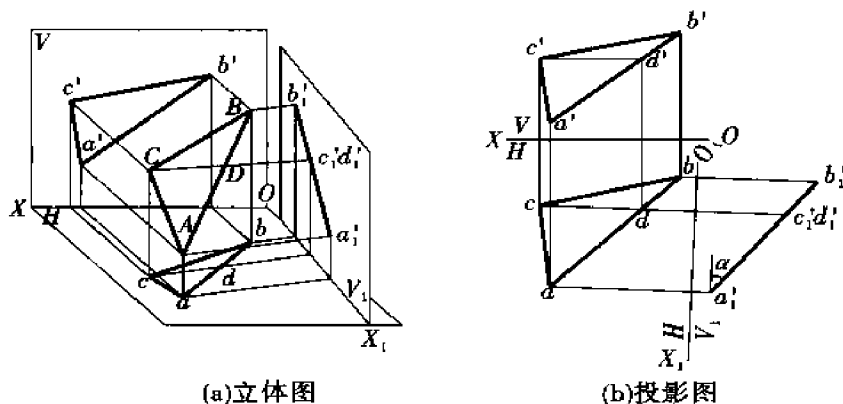
图 6.10 一般位置直线变换成投影面垂直线

6.2.4 平面的变换

平面的变换有三种,即把一般位置平面变换成新投影面的垂直面,把投影面垂直面变换成新投影面的平行面,把一般位置平面变换成投影面的平行面。

6.2.4.1 把一般位置平面变换成新投影面垂直面

如图 6.11 所示, $\triangle ABC$ 是一般位置平面,现用 V_1 面代替 V 面,使 $\triangle ABC$ 变成 V_1 面的垂直面。即 V_1 面 $\perp \triangle ABC$, 又 V_1 面 $\perp H$ 面,根据所学的内容,我们知道只要 V_1 面 $\perp \triangle ABC$ 中的水平线就可满足上述两个条件。

图 6.11 把一般位置平面变换成 V_1 面垂直面

因此,把一般位置平面变换成新投影面的垂直面,其实就是把 $\triangle ABC$ 中的投影面平行线变换成新投影面的垂直线。由此可得出将一般位置平面变换成新投影面的垂直面的关键点:新投影轴 \perp 平面内投影面平行线的不变投影。

图 6.11(b) 是将一般位置平面 $\triangle ABC$ 变换成 V_1 面的垂直面的作图过程。先作出



$\triangle ABC$ 中的任一条水平线 CD , 再将 CD 变换成 V_1 面的垂直线。为此新投影轴 $X_1 \perp cd$, 根据换面法的作图原理, 作出 $\triangle ABC$ 在 V_1 面的投影。该投影应积聚成一条直线 $a'_1 b'_1 c'_1$, 它与 x_1 轴的夹角即为 $\triangle ABC$ 与 H 面的夹角 α 。

同理, 若要求 $\triangle ABC$ 的 β 角, 则只需把 $\triangle ABC$ 变换成 H_1 面的垂直面。为此, 新投影轴必须垂直于 $\triangle ABC$ 中的正平线。

6.2.4.2 把投影面垂直面变换成新投影面的平行面

如图 6.12 所示, $\triangle ABC$ 是铅垂面, 要把 $\triangle ABC$ 变换成 V_1 面的平行面, 即 V_1 面 $\parallel \triangle ABC$, 且 V_1 面 $\perp H$ 面。我们知道, 两个铅垂面平行, 它们在 H 面的积聚性投影必平行, X_1 轴 $\parallel abc$ 。所以把投影面垂直面变换成新投影面的平行面的关键要点是: 新投影轴 \parallel 不变投影 (积聚投影)。

6.2.4.3 把一般位置平面变换成投影面平行面

把一般位置平面变换成投影面平行面, 一次换面是不能完成的。因为平行于一般位置平面的投影面, 不可能与其他投影面垂直而构成直角投影体系。必须经过两次换面, 先把一般位置平面变换成投影面垂直面, 再把投影面垂直面变换成投影面平行面。

如图 6.13 所示, $\triangle ABC$ 是一般位置平面, 第一次用 V_1 面代替 V 面, 将 $\triangle ABC$ 变换成 V_1 面的垂直面, 第二次用 H_2 面代替 H 面, 将 $\triangle ABC$ 变换成 H_2 面的平行面。 $\triangle a_2 b_2 c_2$ 就是 $\triangle ABC$ 的实形。

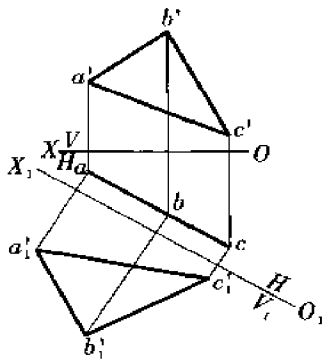


图 6.12 铅垂面变换成 V_1 面平行面

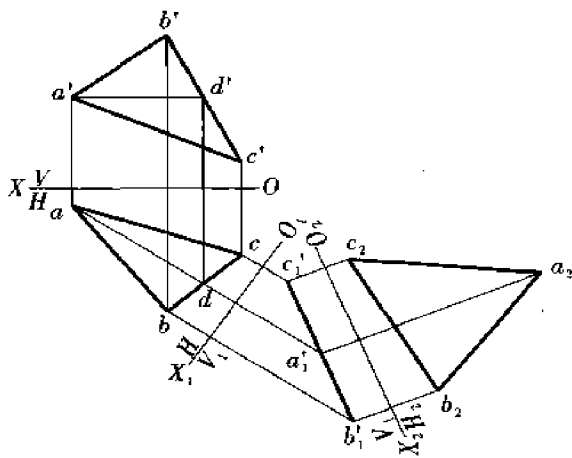


图 6.13 把一般位置平面变换成 H_2 面平行面

对于一般位置平面, 可通过一次换面求出它对投影面的倾角, 两次换面求出它的实形。

综上所述, 把一般位置直线或一般位置平面变换成特殊位置直线或平面, 新投影面位置的选择是作图的关键。而新投影面位置的选择在作图过程中表现为新投影轴的选择。所以, 选择新投影轴在换面法作图步骤中是最关键的一步。

6.2.5 换面法解题举例

换面法的目的是使处于一般位置的几何要素通过变换投影面, 在新的投影面中处于



特殊位置,使作图过程简单,有利于解决问题。下面举几个实例来讲解用换面法解决几何问题。

【例 6.3】 过 A 点作直线与 BC 垂直相交,并求 A 点到直线 BC 的距离。

解 如图 6.14 所示, BC 为一般位置直线。如果将 BC 变换成投影面垂直线,那么它的垂线就是该投影面的平行线。

作图步骤如如图 6.14(b) 所示:

(1) 一次换面,把 BC 直线变换成投影面平行线。图 6.14(b) 把 BC 直线变换成 V_1 面的平行线, A 点也相应地变换为 a'_1 。根据直角投影定理,作 $a'_1d'_1 \perp b'_1c'_1$ 。

(2) 二次换面,把 BC 直线变换成投影面垂直线。图 6.14(b) 把 BC 直线变换成 H_2 面垂直线, A 点也相应地变换为 a_2 。

(3) 连接 a_2d_2 (d_2 为垂足), AD 是 H_2 面的平行线,所以 a_2d_2 就是 AD 的实长。

(4) 坐标返回。根据 D 点在 BC 上,作投影连线与投影轴垂直,求出 d, d' 。

(5) 连接 $ad, a'd'$ 。

比较图 6.1, 同样是求 A 点到 BC 直线的距离,但是用换面法要简单得多。

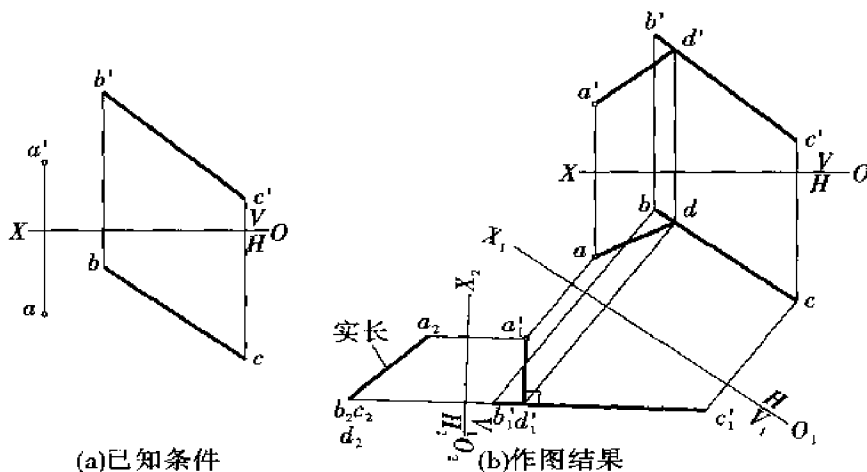


图 6.14 求点 A 到直线 BC 的距离

【例 6.4】 求 K 点到 $\triangle ABC$ 的距离。

解 如图 6.15 所示,求 K 点到 $\triangle ABC$ 的距离,如果 $\triangle ABC$ 是投影面垂直面,那么它的垂线就是该投影面的平行线,反映实长。因此,只要换一次面,把 $\triangle ABC$ 变换成新投影面的垂直面,就可以求出 K 点到 $\triangle ABC$ 的距离。

作图步骤,如图 6.15(b) 所示:

(1) 一次换面,将 $\triangle ABC$ 变换成 V_1 面的垂直面。 k' 也相应变换成 k'_1 。

(2) 作 $k'_1l'_1 \perp a'_1b'_1c'_1$,垂足为 l'_1 , $k'_1l'_1$ 即为垂线实长。

(3) 坐标返回。因为 KL 是 V_1 面的平行线,根据投影面平行线的投影特性,作出 $kl // X_1$ 轴。

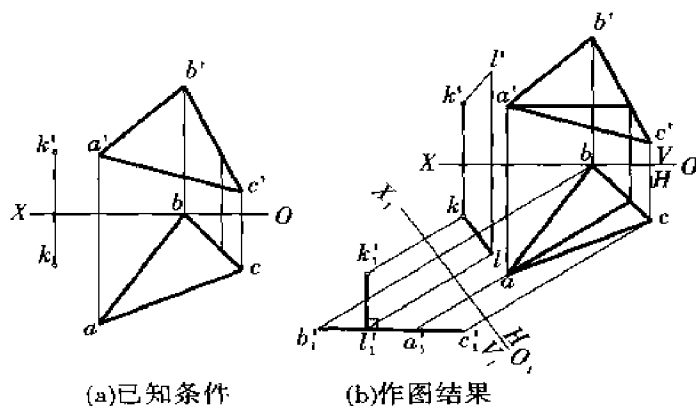


图 6.15 求点 K 到 $\triangle ABC$ 的距离

再根据 $l'_1 \perp X_1$ 轴, 找到 L 的 H 面投影 l 。

(4) 根据 $l'_1 \perp X_1$ 轴, 并量距 (旧投影到旧投影轴的距离 = 新投影到新投影轴的距离), 求出 l' 。

本题的关键是坐标的返回, 即如何从 l'_1 返回到 l' 。

【例 6.5】在直线 AB 上找点 K , 使其距点 C 为 20。

解 空间分析。

直线 AB 与 C 点可以构成一个平面。将平面 ABC 通过两次换面后变换成投影面平行面, 反映实形, 在此投影上就可以根据已知条件找到 K 点。然后返回到 H 面和 V 面求出 k 和 k' 。

作图步骤, 如图 6.16(b) 所示:

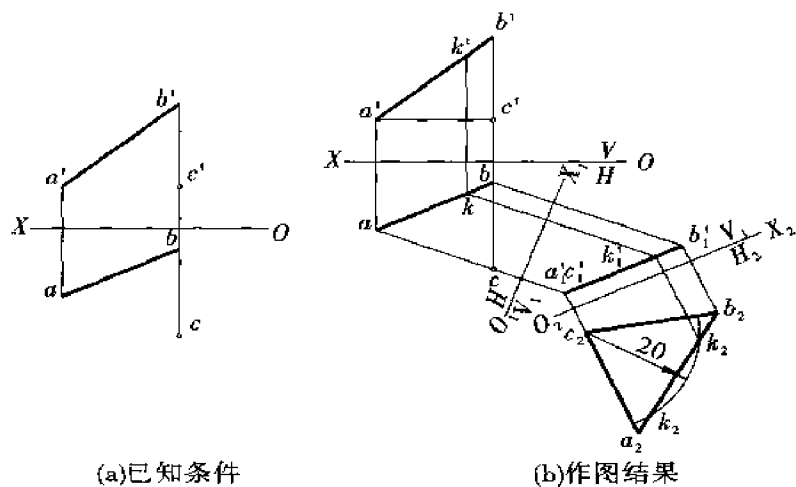


图 6.16 在直线 AB 上按要求找出 K 点

(1) 将 ABC 平面通过两次换面, 变换成投影面平行面。



(2) $\triangle a_2 b_2 c_2$ 反映实形,以 c_2 为圆心,20 为半径画弧,交 $a_2 b_2$ 于点 k_2 。

(3) 坐标返回。 K 点在 AB 上,由此求出 k'_1 。

(4) 由 k'_1 作出 k' 、 k 。

本题有两解,图中只作出--解。

第 7 章 曲线与曲面

7.1 曲线

在建筑实践中,会遇到各种各样由曲面或曲面与平面围成的曲面体。如图 7.1 是一展览厅,其屋面为半圆拱,内侧有正交高低拱的交线——空间曲线。本章主要研究建筑上各种常用曲线和曲面的形成、投影特点及它们的图示方法。

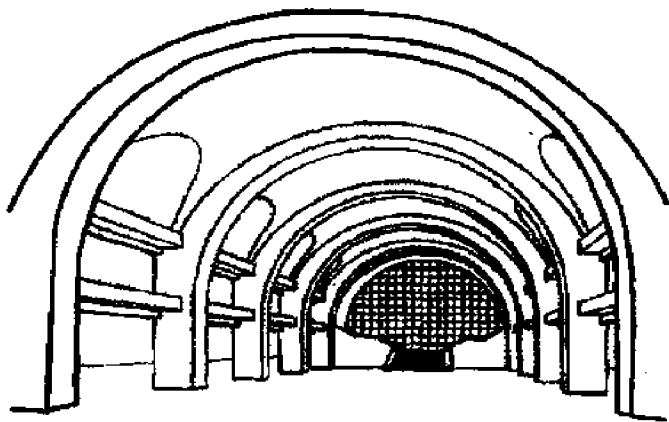


图 7.1 展览厅

7.1.1 曲线的形成及分类

曲线可以看做由以下两种方式形成。

(1) 不断改变方向的点的连续运动的轨迹,如图 7.2(a)所示。

(2) 曲面与曲面或曲面与平面相交的交线,如图 7.2(b)所示。

根据点的运动有无规律,曲线可以分为规则曲线和不规则曲线。规则曲线一般可以列出其代数方程,如圆、渐开线、螺旋线等。

曲线又可分为平面曲线和空间曲线。凡曲线上所有点都在同一平面上的,称为平面曲线,如圆、椭圆、双曲线、抛物线等。凡曲线上四个连续的点不在同一平面上的,称为空间曲线,如圆柱螺旋线等。

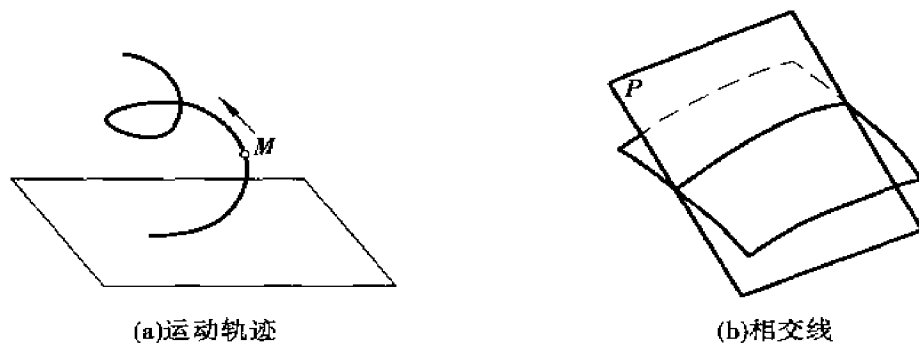


图 7.2 曲线的形成

7.1.2 曲线的投影

在画法几何中通常是根据曲线的投影来研究曲线的性质的。因为曲线可看做是点的运动轨迹,所以画出曲线上一系列点的投影,并连成光滑曲线,就可以得到该曲线的投影。为了较准确地画出曲线的投影,一般应画出曲线上一些特殊点的投影,以便控制曲线的形状。

曲线的投影一般仍为曲线,如图 7.3(a)所示。当平面曲线所在的平面平行于某投影面时,它在该投影面上的投影反映实形;当平面曲线所在的平面垂直于某投影面时,它在该投影面上的投影积聚成一直线,如图 7.3(b)所示。

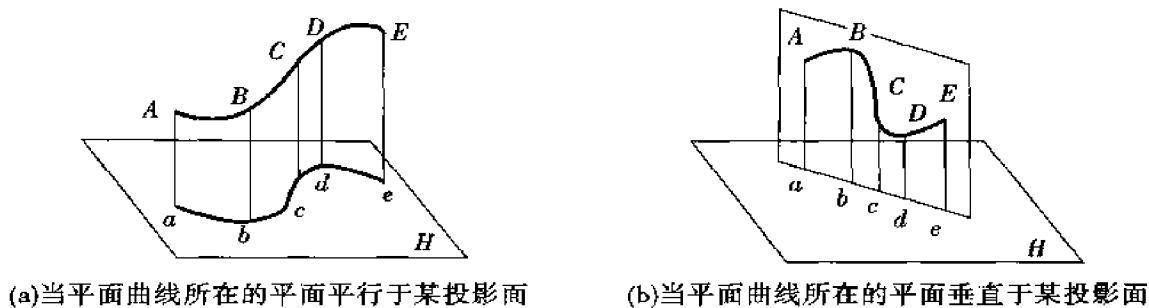


图 7.3 曲线的投影特征

7.1.3 圆的投影

圆是工程中最常用的平面曲线。根据圆与投影面的相对位置,圆的投影有三种情况:
当圆所在平面平行于投影面时,在该投影面上的投影反映圆的实形;
当圆所在平面垂直于投影面时,它的投影为一直线段,长度等于圆的直径;
当圆所在平面倾斜于投影面时,它的投影为一椭圆。

如图 7.4 所示,直径为 $2R$ 的圆所在的平面 P 是一侧垂面,对 H 面的倾角为 α 。该圆的 W 面投影为一直线,长度等于圆的直径,圆的 H 面投影为椭圆。椭圆的长轴为 $ab =$



$AB = 2R$, 椭圆的短轴为 $cd = 2R\cos\alpha$, 且 $ab \perp cd$ 。

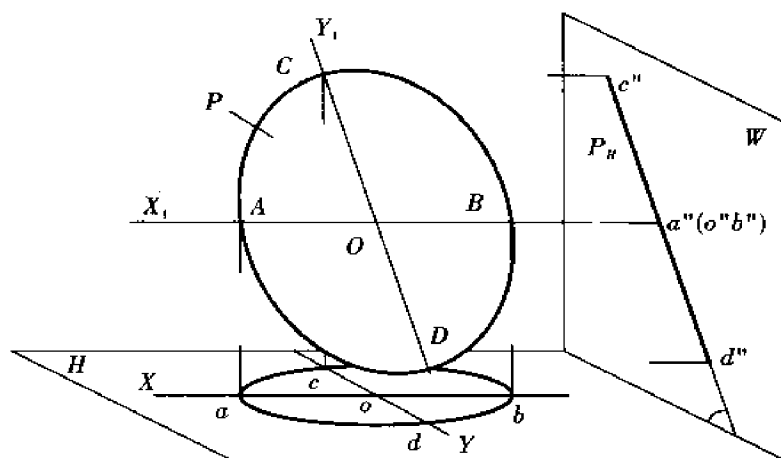


图 7.4 圆的投影

7.2 曲面

由于曲面的形状千变万化, 本节仅就曲面的形成及分类进行分析, 掌握各种常用曲面的性质和特点。这不但有利于准确画出它们的投影图, 更重要的是有利于对各种带有曲面的建筑物和构件进行设计和施工。

7.2.1 曲面的形成

曲面是由直线或曲线在一定约束条件下运动而形成的。这条运动的直线或曲线, 称为曲面的母线。母线运动时所受的约束, 称为运动的约束条件。母线运动到曲面上的任一位置, 称为曲面的素线。约束母线运动的点, 称为导点; 约束母线运动的直线或曲线, 称为导线; 约束母线运动状态的平面称为导平面。如图 7.5 所示的曲面是由直母线 AB 沿曲导线 L_1 运动并始终平行于直导线 L_2 而形成的。

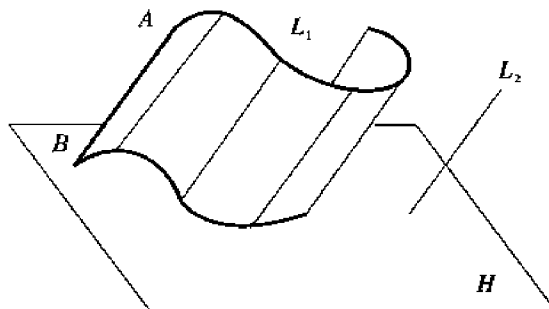


图 7.5 曲面的形成



7.2.2 曲面的分类

因研究问题的角度和目的不同,在工程实践中则存在着几种不同的曲面分类方法。

7.2.2.1 按母线的运动方式分类

(1) 回转曲面 曲面由母线绕一轴线旋转而形成。

(2) 非回转曲面 曲面由母线根据其他约束条件运动而形成。

7.2.2.2 按母线的形状分类

(1) 直纹曲面 由直母线运动而形成的曲面。

(2) 非直纹曲面(双向曲面) 只能向曲母线运动而形成的曲面。

7.2.2.3 按曲面能否展开成平面分类

(1) 可展曲面 能展开成一个平面的曲面。

(2) 不可展曲面 不能展开成平面的曲面。

在工程实践中,应用广泛的是回转面,以及非回转面中的直纹曲面。

7.3 回转曲面

由母线绕一轴线旋转而形成的曲面,称为回转面。如图 7.6 所示。曲母线 M 绕轴线 O 旋转时,母线上每一点(如点 A)的运动轨迹都是一个圆,称为曲面的纬圆(如纬圆 N)。纬圆所在的平面垂直于回转面的轴线。当曲母线光滑连续时,曲面上最大的纬圆称为赤道圆,而最小的纬圆称为喉圆。

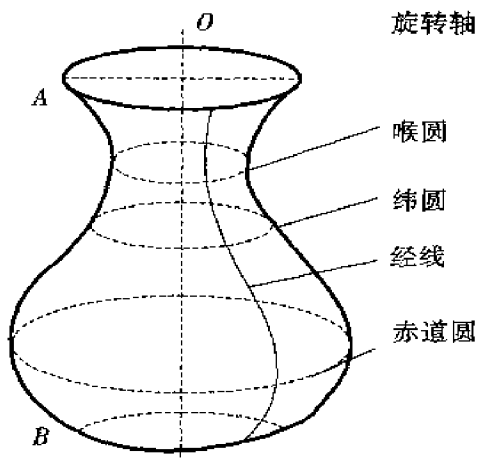


图 7.6 回转面

下面介绍工程上常见的几种回转面。

7.3.1 圆柱面

圆柱面是由直母线绕着与母线平行的轴线旋转而形成的,它的每条素线都与轴线平



行且等距,相邻两素线平行,如图 7.7 所示。

圆柱面的水平投影积聚为一个圆,此圆反映顶圆、底圆的实形,圆心即为回转轴线的水平投影。圆柱面的正面和侧面投影均为全等的矩形,此矩形的高等于圆柱面的高,宽等于圆柱面顶面圆的直径。

正面投影的左、右轮廓线,是圆柱面上最左、最右两条素线 AA_0 、 CC_0 的投影,这两条素线的侧面投影与轴线重合。它们把圆柱面分成前后两部分,前半部分可见,后半部分不可见。

侧面投影中的轮廓线则是圆柱面上最前、最后两条素线 BB_0 、 DD_0 的投影,这两条素线的正面投影与轴线重合,它们把圆柱面分成左、右两部分,左半部分可见,右半部分不可见。

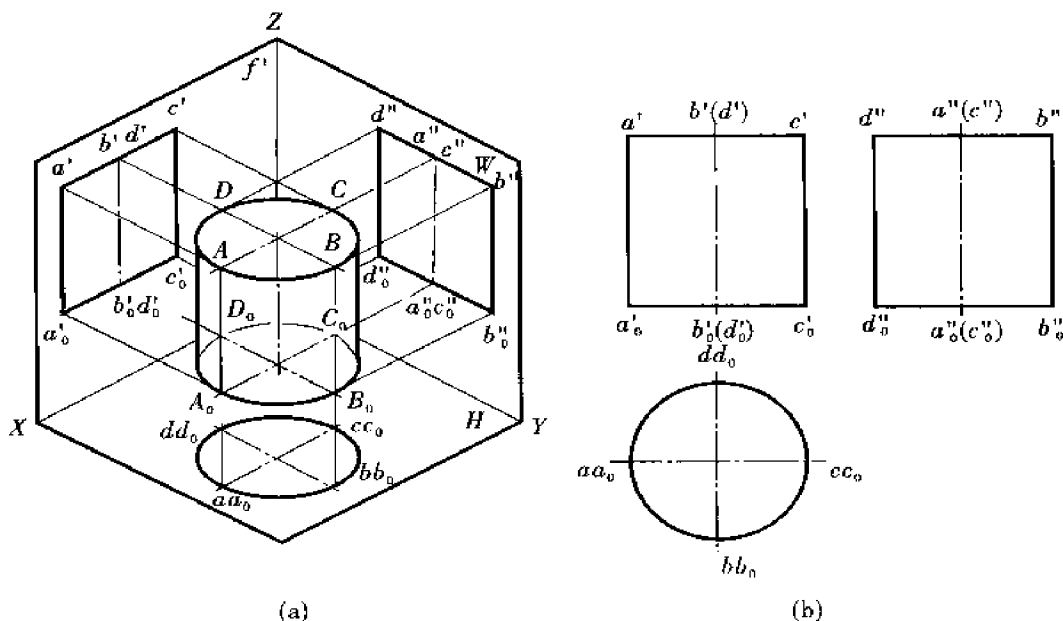


图 7.7 圆柱面

在曲面上定点,同平面上定点一样,需要先作出曲面上通过该点的一条辅助线。对于回转面,最方便的是作出素线或纬圆。

【例 7.1】 已知圆柱面上点 A 的 V 投影 a' ,如图 7.8(a)所示,求它的其余两投影。

解

(1) 作出过点 A 的素线 BC 的三面投影 $b(c)$ 、 bc 和 $(b'')(c'')$,所求 (a) 和 (a'') 分别在素线的同面投影上,如图 7.8(b)。

(2) 由于圆柱面的 H 投影有积聚性,面上定点亦可以不作出素线的投影,直接确定投影 (a) 的位置,进而求出 (a'') ,如图 7.8(c)。

(3) 如已知点的投影落在轮廓线或轮廓线的其他投影上,如图 7.8(d)中的 b'' ,可根据该轮廓素线的其他投影,直接确定该点的投影 (b) 和 b' 。

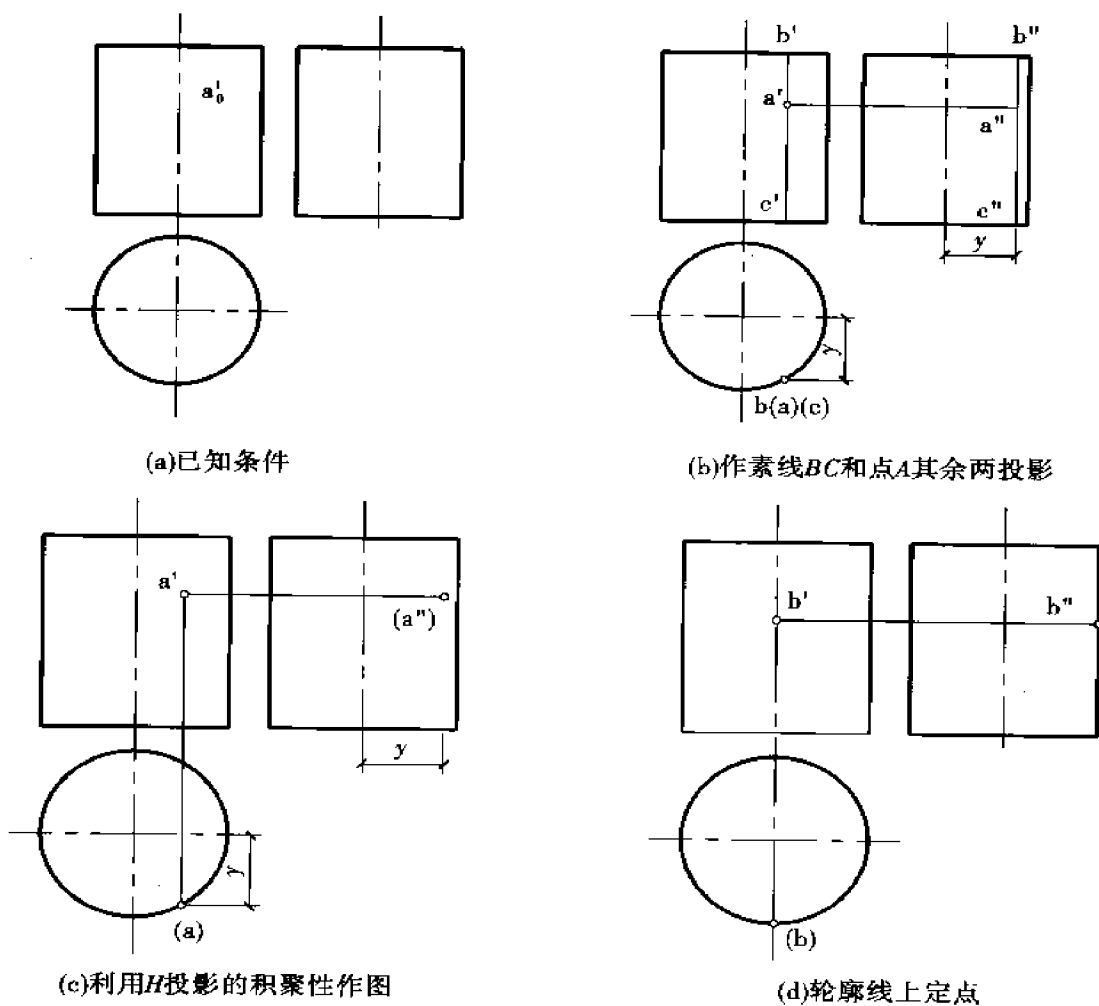


图 7.8 柱面上定点

现代建筑大量采用圆柱形结构,图 7.9 广东珠海体育馆,其主体结构是圆柱体。

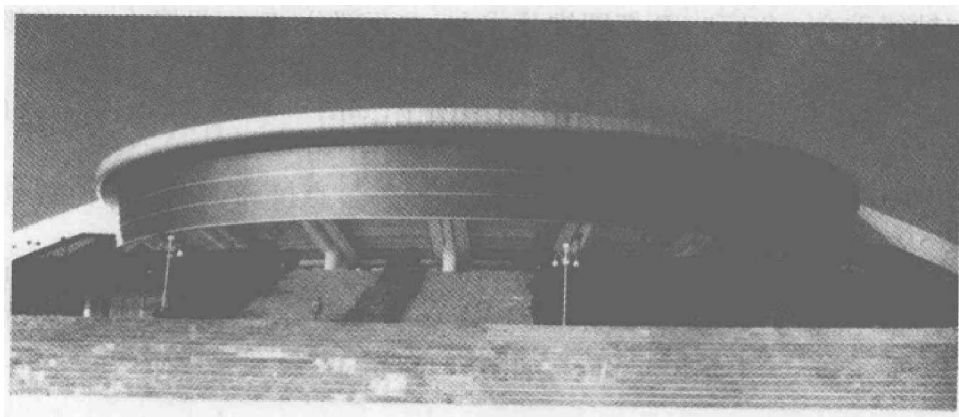


图 7.9 广东珠海体育馆



7.3.2 圆锥面

圆锥面是一直母线 SA 绕与其相交的轴线 SO 旋转而形成的。母线与轴线的交点为锥顶, 母线 SA 在锥面的任一位置称为素线, 相邻两素线是相交直线, 如图 7.10 所示。

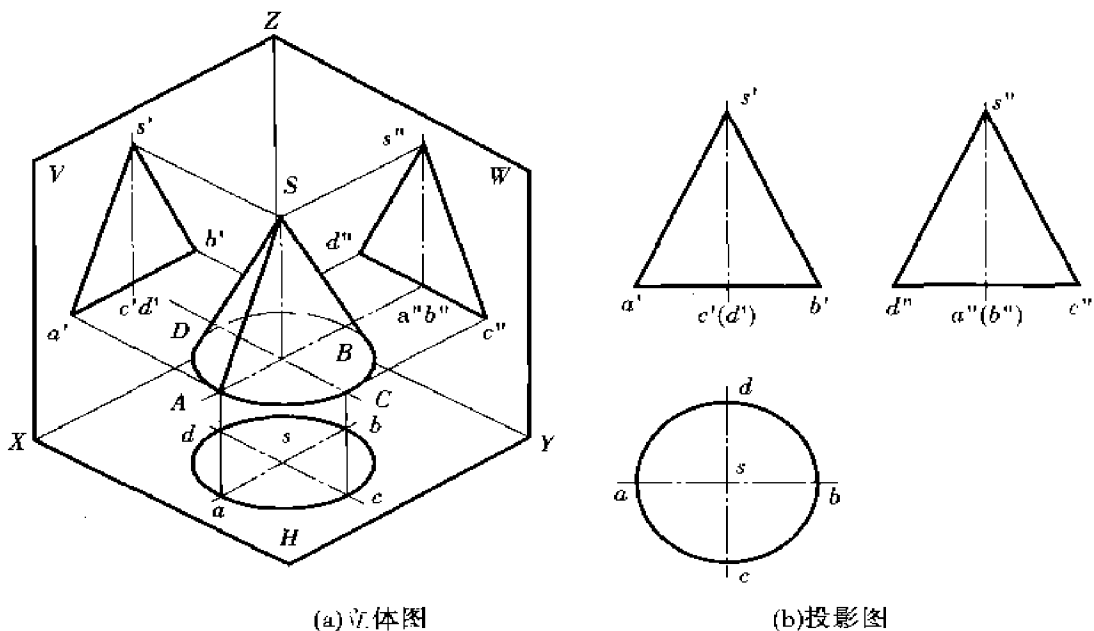


图 7.10 圆锥面

圆锥面的 H 投影是一个圆。 V 面投影是等腰三角形, 该三角形的底边是圆锥面底圆的积聚投影, 长度等于直径, 两腰是圆锥面上最左、最右两条素线 SA 、 SB 的 V 面投影, 即圆锥面的正面转向轮廓线, 其侧面投影与轴线重合。 SA 和 SB 把圆锥分成前、后两部分, 前半部分可见, 后半部分不可见。

W 面投影是等腰三角形, 该三角形的底边是圆锥面底圆的积聚投影, 长度等于直径, 两腰是圆锥面上最前、最后两条素线 SC 、 SD 的 W 面投影, 即圆锥面的侧面转向轮廓线, 其正面投影与轴线重合。 SC 和 SD 把圆锥分成左、右两部分, W 面投影中, 左半部分可见, 右半部分不可见。

【例 7.2】 已知圆锥面上的点 A 的 V 投影(a'), 如图 7.11(a) 所示, 求点 A 的其余两投影。

解 由于圆锥的 H 投影没有积聚性, 不能根据(a')直接确定点 a 的位置, 可作出过点 A 的素线 SD 作为辅助线, 以确定点 A 的其余投影。作图步骤如下:

(1) 作过点 A 的辅助素线 SD 的 V 投影和 H 、 W 投影。给出的(a')是不可见点, 可知 SD 应在圆锥的左后部分。 V 投影 $s'(d')$ 应画成虚线。其余两投影 sd 和 $s''d''$ 为可见。

(2) 分别在 sd 和 $s''d''$ 上定出 a 和 a'' , 如图 7.11(b)。

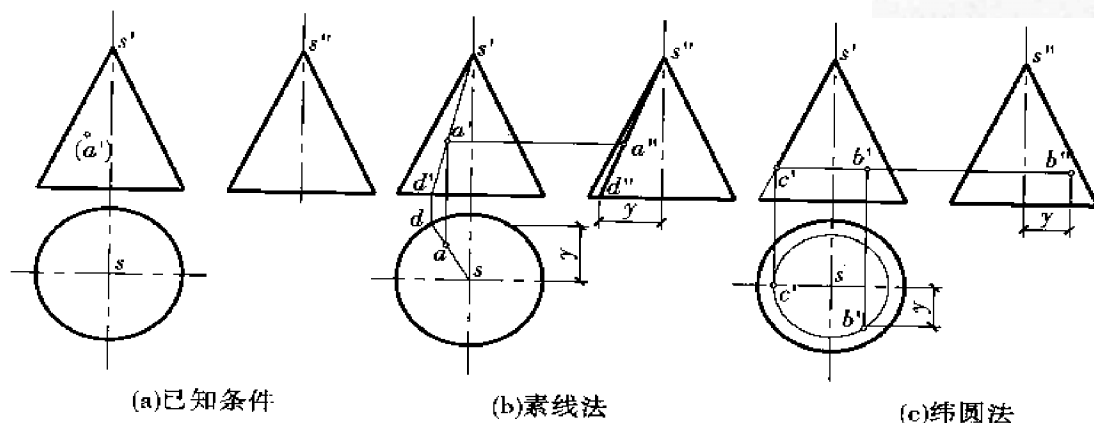


图 7.11 锥面上定点——素线法和纬圆法

上述以素线作为辅助线进行面上定点的方法,称为“素线法”。回转面上定点的另一种常用方法是纬圆法,它以纬圆为辅助线来确定点的投影位置。

如图 7.11(c),已知圆锥面上一点 B 的 H 投影 b ,需求它的 V 和 W 投影,可画出过点 B 的纬圆。它的 H 投影是以 s 为圆心, sb 为半径的圆周。利用纬圆与轮廓素线的交点 c ,作出纬圆的 V 和 W 投影,然后求得 b' 和 (b'') 。从 H 投影 b 可知,点 B 位于圆锥面的右前部分,所以 b' 可见, (b'') 不可见。

由于圆锥面上的素线均为直线,素线法和纬圆法都适用。

圆锥面在工程上应用广泛,图 7.12(a)是常用的一种水塔,是由几个圆锥(台)和圆柱组合而成的。一些建筑的屋面也做成圆锥形,图 7.12(b)是一个由八个正圆锥面组成的屋面。

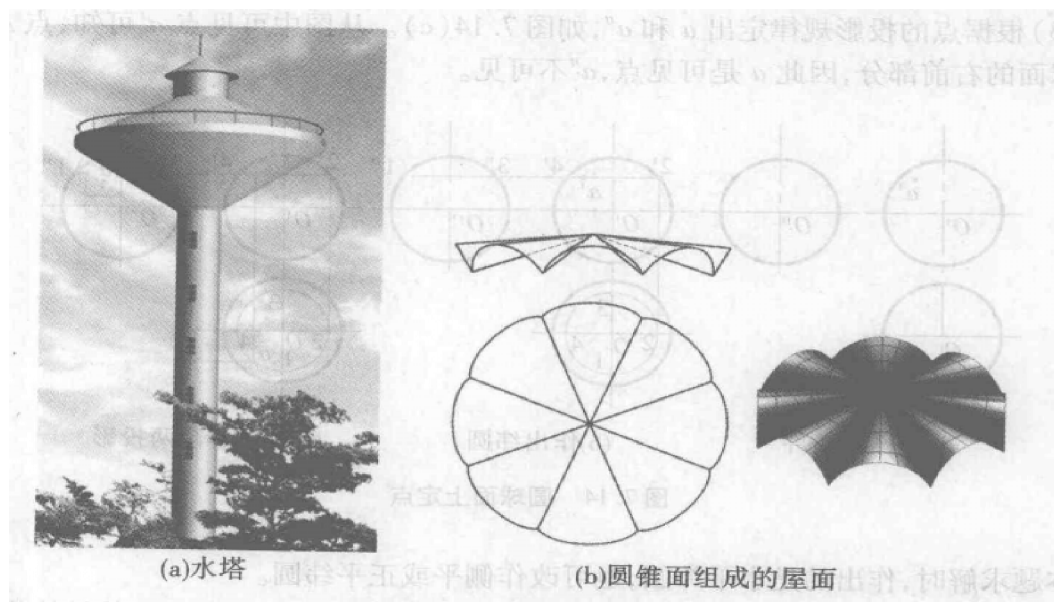


图 7.12 锥面的应用

7.3.3 圆球面

圆球面是由圆母线绕它本身的一根直径旋转而形成的。无论从哪个方向进行正投影,它的投影轮廓都是一个大小相同的圆,其直径等于球的直径,如图 7.13 所示。

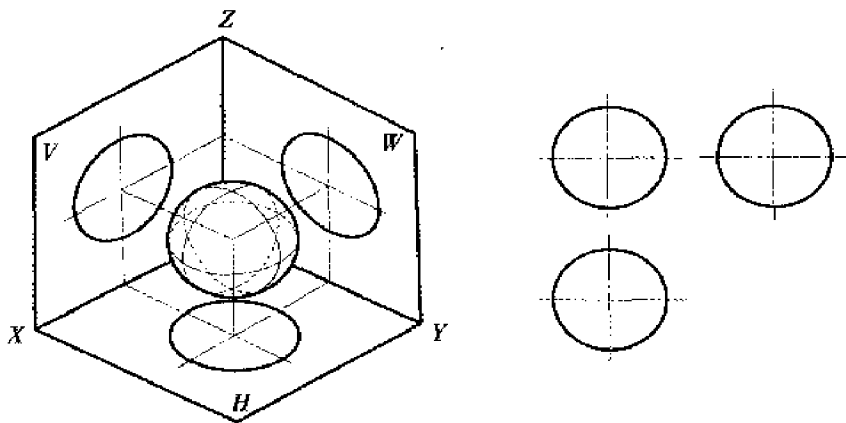


图 7.13 圆球面的三面投影

在球面上定点,由于素线为曲线,只能使用纬圆法。

【例 7.3】 已知圆球面上点 A 的 V 投影 a' ,如图 7.14(a)所示,求点 A 的其余投影。

解 (1)先作过点 A 的水平纬圆的 V 投影。

(2)根据该纬圆的 V 投影相对于球心 O 的高度及其与轮廓线的交点 $2'$ 、 $4'$,作出纬圆的 W 投影和 H 投影,如图 7.14(b)。纬圆的 W 投影的直径等于 $1''3''$ 。

(3)根据点的投影规律定出 a 和 a'' ,如图 7.14(c)。从图中可见点 a' 可知,点 A 位于上半球面的右前部分,因此 a 是可见点, a'' 不可见。

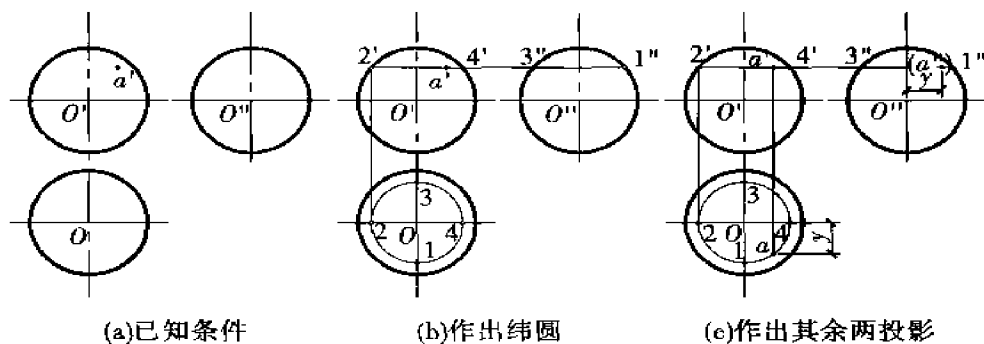


图 7.14 圆球面上定点

本题求解时,作出的是水平纬圆,也可改作侧平或正平纬圆。

球形结构在工程中的应用较为常见,如图 7.15 著名的太空大厦,其主体结构为球面。



建筑物的屋面也有采用半球或球冠的形式,如图 7.16 所示。

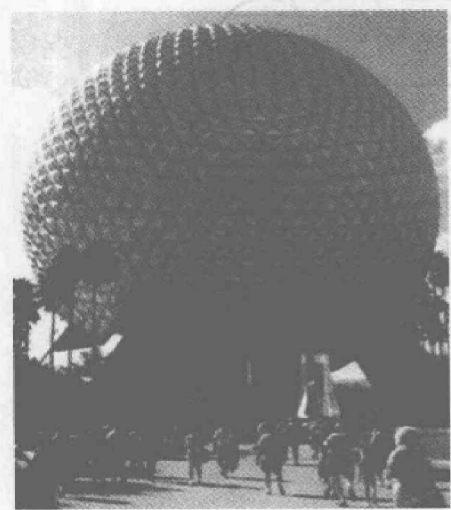


图 7.15 太空大厦

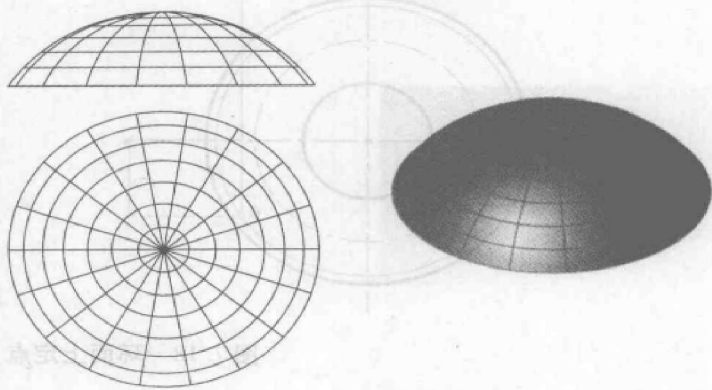


图 7.16 球冠网架

7.3.4 圆环面

以圆为母线,绕与它共面的圆外直线旋转而形成的曲面,称为圆环面。如图 7.17 所示,圆环面的轴线垂直于 H 面,它的 H 投影是两个同心圆,分别是环面的赤道圆和喉圆,环面的 V 投影和 W 投影,都是由这两个圆和与它们上下相切的两段水平轮廓线组成。 V 投影的两个圆分别是环面最左素线圆和最右素线圆的 V 投影, W 投影的两个圆分别是环面最前素线圆和最后素线圆的 W 投影,它们都反映素线圆的实形,都有半个圆因被环面遮挡而画成虚线。

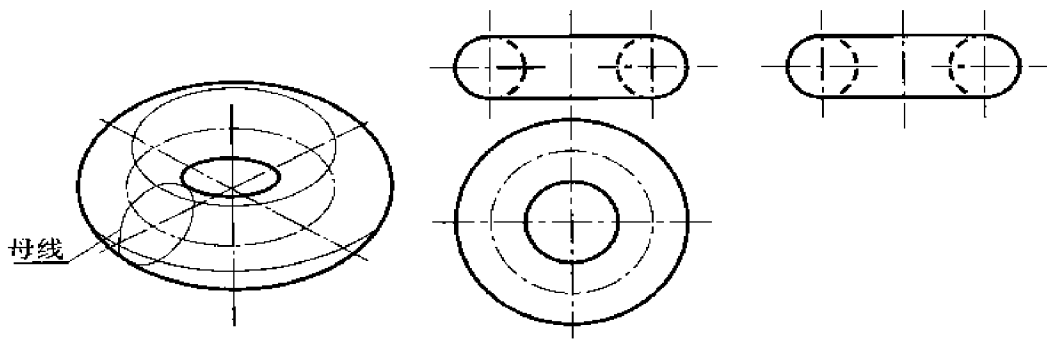


图 7.17 圆环面的三面投影

当轴线垂直于一投影面时,在环面上定点,可采用纬圆法,如图 7.18 所示。

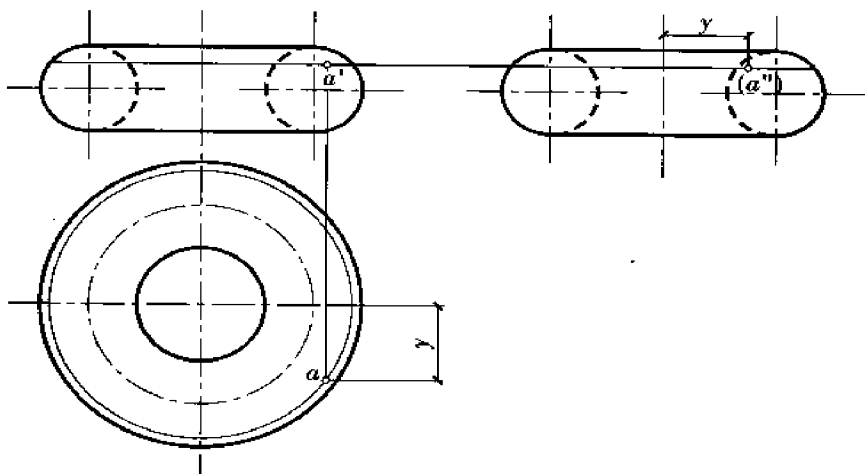
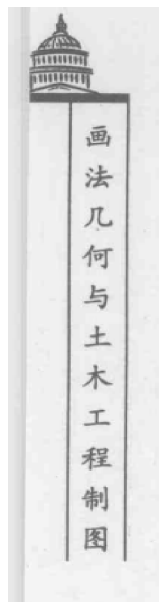


图 7.18 环面上定点

图 7.19 为某候车站台的预应力双曲板雨棚,这是圆环面在建筑中的应用实例。

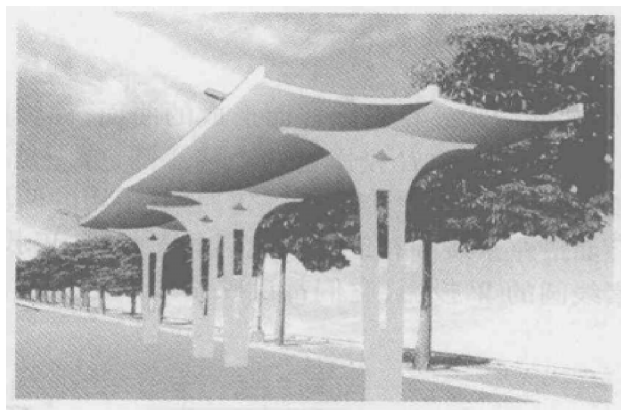


图 7.19 候车站台

7.3.5 单叶双曲回转面

单叶双曲回转面是由直母线绕与它交叉的轴线旋转而形成的,如图 7.20 所示, MN 与 OO 为交叉两直线, MN 绕 OO 旋转,保持两直线夹角不变,直线 MN 上端点 M 、 N 的轨迹是顶圆和底圆。

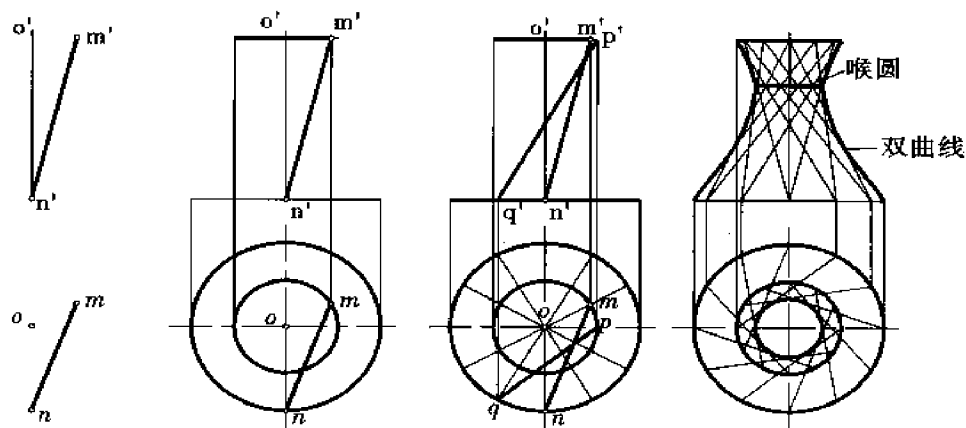
只要给出直母线 MN 和轴线 O ,即可作出曲面的投影,作图步骤如图 7.20 所示。

- (1) 给出直母线 MN 和轴线 O 的两面投影 mn 、 $m'n'$ 和 o 、 o' 。轴线 O 垂直于 H 面。
- (2) 以轴线的 H 投影 o 为圆心,分别以 om 、 on 为半径作圆,即为所求的两纬圆的 H 投影。它们的 V 投影分别是过 m' 和 n' 的水平线段,长度等于纬圆的直径。
- (3) 把两纬圆分别从点 M 和 N 开始等分圆周,如 12 等分。 MN 旋转 30° (即圆周的十二分之一)后,就是素线 PQ 。根据它的 H 投影 pq 作出 V 投影 $p'q'$ 。



(4) 顺次作出每旋转 30° 后, 各素线的 H 投影和 V 投影。

(5) 作出单叶双曲回转面的 V 投影轮廓线。引光滑曲线与各素线的 V 投影相切, 这是一对双曲线。整个曲面也可以看做是由这对双曲线绕它的虚对称轴旋转形成, 该双曲线便成为单叶双曲回转面的母线。曲面各素线的 H 投影的公切圆, 即喉圆的 H 投影。



(a) 已知母线和轴线; (b) 作出母线端点的纬圆; (c) 作出一条素线; (d) 作出整个曲面

图 7.20 单叶双曲回转面的画法

图 7.21 所示为某电视塔, 图 7.22 所示为某发电厂冷凝塔, 均是单叶双曲回转面。



图 7.21 电视塔

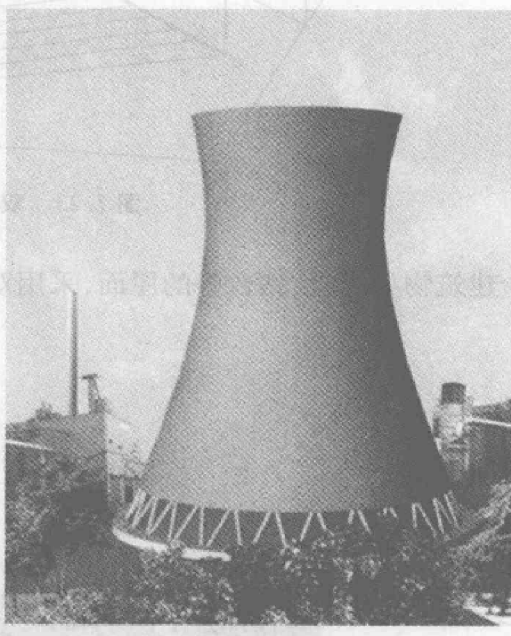


图 7.22 发电厂冷凝塔



7.4 非回转直纹曲面

在工程实践中,应用较广的非回转面是由直母线运动而形成的直纹曲面。直纹曲面可分为:

(1)可展直纹曲面 曲面上相邻两素线是相交或平行的共面直线,曲面可以展开。常见的有锥面和柱面。

(2)不可展直纹曲面 曲面上相邻两素线是交叉直线,这种曲面只能近似的展开。常见的有双曲抛物面、锥状面和柱状面。

双曲抛物面是常见的非回转直纹曲面。

双曲抛物面是由直母线沿着两交叉直导线移动,并始终平行于一个导平面而形成的。如图 7.23 所示,直母线 AC ,交叉直导线 AB 和 CD ,所有素线都平行于铅垂的导平面 P 。双曲抛物面相邻的两条素线是交叉直线。

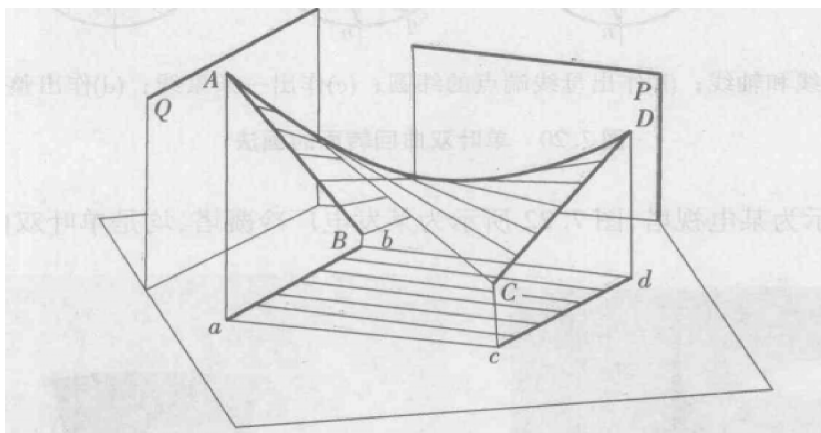


图 7.23 双曲抛物面

不少建筑物如礼堂、站台等的屋面,采用双曲抛物面的形式,如图 7.24 所示广州星海音乐厅。

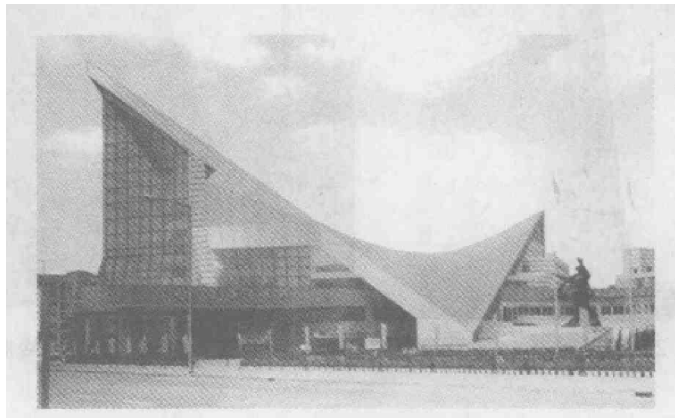


图 7.24 广州星海音乐厅



7.5 平螺旋面

平螺旋面是锥状面的一种,其导线为圆柱螺旋线及轴线。直母线与轴线正交时,称正螺旋面;直母线与轴斜交时,称斜螺旋面。当直母线运动时,一端沿着曲导线,另一端沿着直导线移动,且始终平行于与轴线垂直的一个导平面 P ,如图7.25所示。

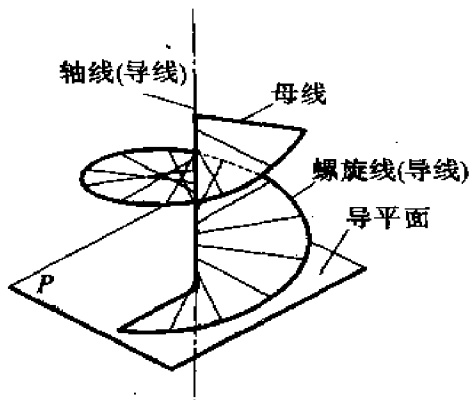


图 7.25 平螺旋面

画平螺旋面的投影图时,先画出曲导线圆柱螺旋线及其轴线,并把圆柱螺旋线分成若干等分。当轴线垂直于 H 面时,可从圆柱螺旋线的 H 投影(圆周)上各分点,引直线与轴线的 H 面积聚投影相连,就是螺旋面相应素线的 H 投影。素线的 V 投影就是过圆柱螺旋线的 V 投影上各分点引到轴线 V 投影的水平线。所得螺旋面投影图如图7.26(a)所示。如果螺旋面被一个同轴的小圆柱面所截,它的投影图如图7.26(b)所示。小圆柱与螺旋面的交线,是一条与螺旋曲导线有相等导程的螺旋线。

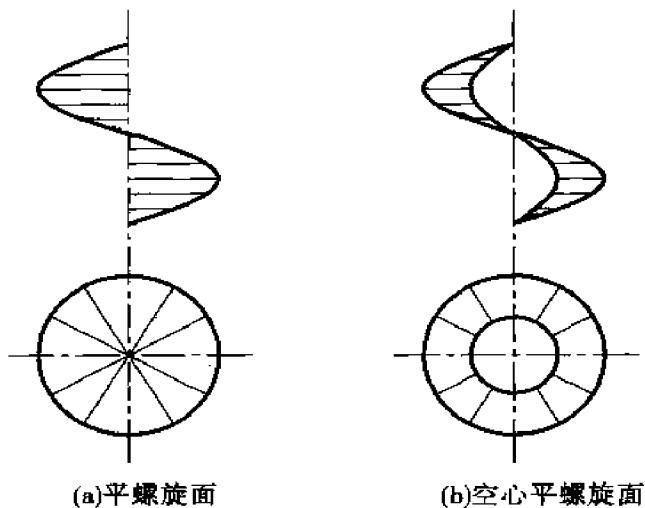


图 7.26 平螺旋面的投影



平螺旋面在建筑工程中的应用随处可见,如图 7.27 所示某宾馆的螺旋楼梯和图 7.28 所示广州岭南艺术纪念馆的螺旋楼梯。

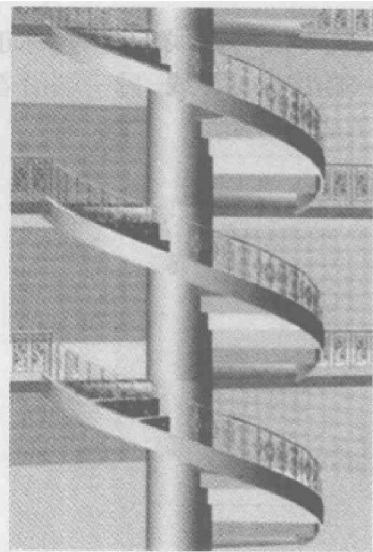


图 7.27 某宾馆的螺旋楼梯

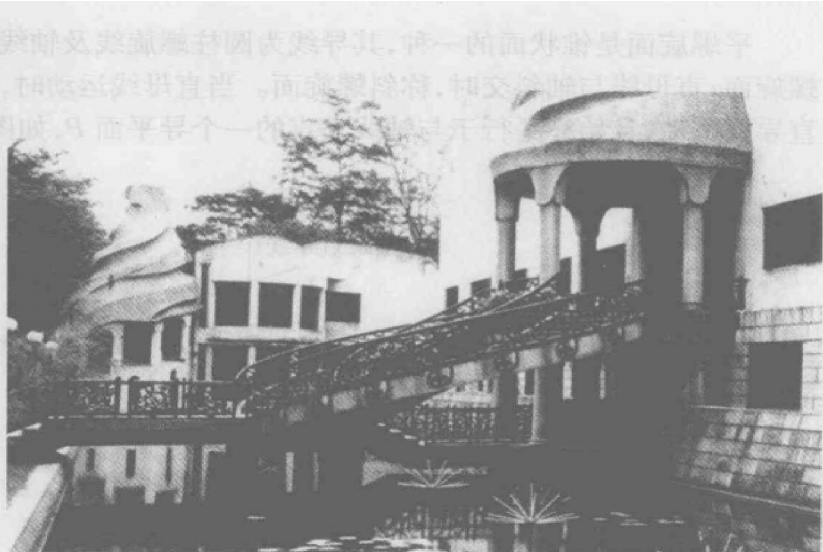


图 7.28 广州岭南艺术纪念馆

螺旋梯投影图的画法,如图 7.29 所示,步骤如下:

(1) 确定螺旋面的导程及其所在圆柱面的直径。为简化作图,假设沿螺旋楼梯走一圈有十二级,一圈高度就是该螺旋面的导程。螺旋楼梯内外侧到轴线的距离,分别是内外圆柱的半径。

(2) 根据内、外圆柱的半径、导程及其梯级数,画出螺旋面的两面投影(图 7.29(a))。

把螺旋面的 H 投影分为十二等分,每一等分就是螺旋楼梯上的一个踏面的 H 投影。螺旋楼梯踢面的 H 投影,分别积聚在两踏面间的分界线上,如图中 $(1_1)2_12_2(1_2)$ 和 $(3_1)4_14_2(3_2)$ 。因此,在画螺旋楼梯的两投影时,只要按照一个导程的步级数目等分螺旋面的 H 投影,就完成了螺旋楼梯的 H 投影。

(3) 画每一级的 V 投影(图 7.29(b))。第一级踢面 $1_12_12_21_2$ 的 H 投影积聚成水平线段 $(1_1)2_12_2(1_2)$,踢面的底线 1_11_2 是螺旋面的一条素线,求出它的 V 投影 $1'_11'_2$ 后,过两端点分别画一条竖直线,截取一步级的高度,得点 $2'_1$ 和 $2'_2$ 。矩形 $1'_12'_12'_21'_2$ 就是第一步级踢面的 V 投影,它反映踢面的实形。

第一步级踏面的 H 投影 $2_12_23_23_1$,是螺旋面 H 投影的第一等分。第一步级踏面的 V 投影积聚成水平线段 $2'_12'_23'_23'_1$,其中 $(3'_1)3'_2$ 是第二步级踢面的底线(螺旋面的另一条素线)的 V 投影。

(4) 画第二步级的 V 投影(图 7.29(c))。过点 $3'_1$ 和 $3'_2$ 分别画一竖直线,截取一步级的高度,得点 $4'_1$ 和 $4'_2$ 。矩形 $3'_13'_24'_24'_1$ 就是第二步级踢面的 V 投影。

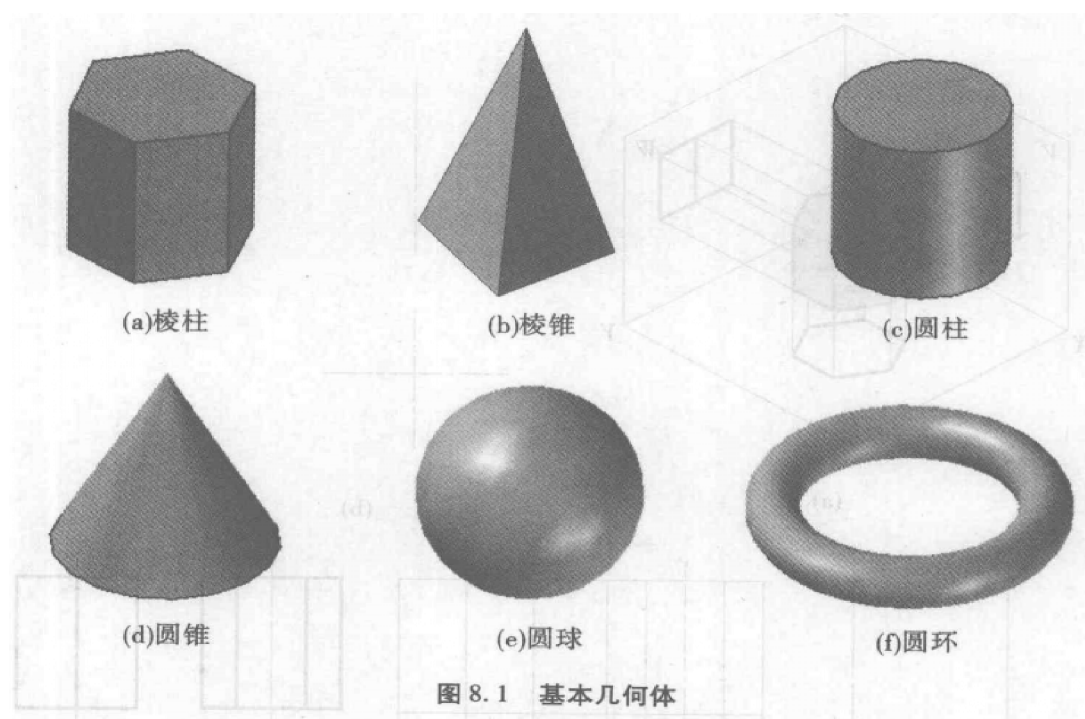
第二步级踏面的 V 投影积聚成水平线段 $4'_14'_25'_2(5'_1)$,它与踏面的 H 投影 $4_14_25_25_1$ 相对应,其中 $(5'_1)5'_2$ 是第三步级踢面的底线的 V 投影。



求出板底螺旋面相应各点的 V 投影。比如第七步级踢面底面的两端点是 M_1 和 M_2 。从它们的 V 投影 m'_1 和 m'_2 向下截取梯板沿竖直方向上的厚度,得 n'_1 和 n'_2 即所求梯板底面上的与 M_1 、 M_2 相对应的两点 N_1 、 N_2 的 V 投影。同法求出其他各点,用圆滑曲线连接,即为梯板底面的 V 投影。完成后的螺旋楼梯两面投影,如图 7.29(d) 所示。

第 8 章 立 体

工程形体无论其形状如何复杂,一般都可看做是由基本几何体(棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、圆球、圆环等)组合而成。因此,要熟练绘制和阅读复杂的工程图样,必须熟练掌握基本几何体的投影规律及绘图步骤。图 8.1 所示为六种类型的基本几何体。



8.1 平面立体的投影

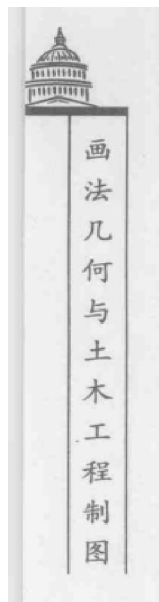
表面全部由平面围成的立体称为平面立体。平面立体又分为棱柱和棱锥两大类。

8.1.1 棱柱

棱柱的棱线相互平行,底面是多边形。常见的棱柱有三棱柱、四棱柱、五棱柱和六棱柱。下面以图 8.2(a)所示的六棱柱为例分析其投影特性及作图方法。

8.1.1.1 投影分析

如图 8.2(a)所示为正六棱柱,其形体的上下底面为水平面并反应实形;前后棱面为正平面并反应实形;四个侧棱面为铅垂面,在 H 面上的投影积聚为直线;六条棱线为铅垂



线,其在 V 、 W 面上分别反映实长,在 H 面上积聚为一点;上下底面的边线为水平线或侧垂线。

8.1.1.2 作图步骤

- (1) 先画出中心线、对称线及底面定位线,如图 8.2(b) 所示。
- (2) 画出反映正六棱柱主要形状特征的投影,即水平投影的正六边形,如图 8.2(c) 所示。
- (3) 根据“长对正”的投影关系及正六边形的高度画出正六棱柱的正面投影;根据“高平齐、宽相等”的投影关系画出正六棱柱的侧面投影,如图 8.2(d) 所示。
- (4) 加深轮廓线,完成作图,如图 8.2(e) 所示。

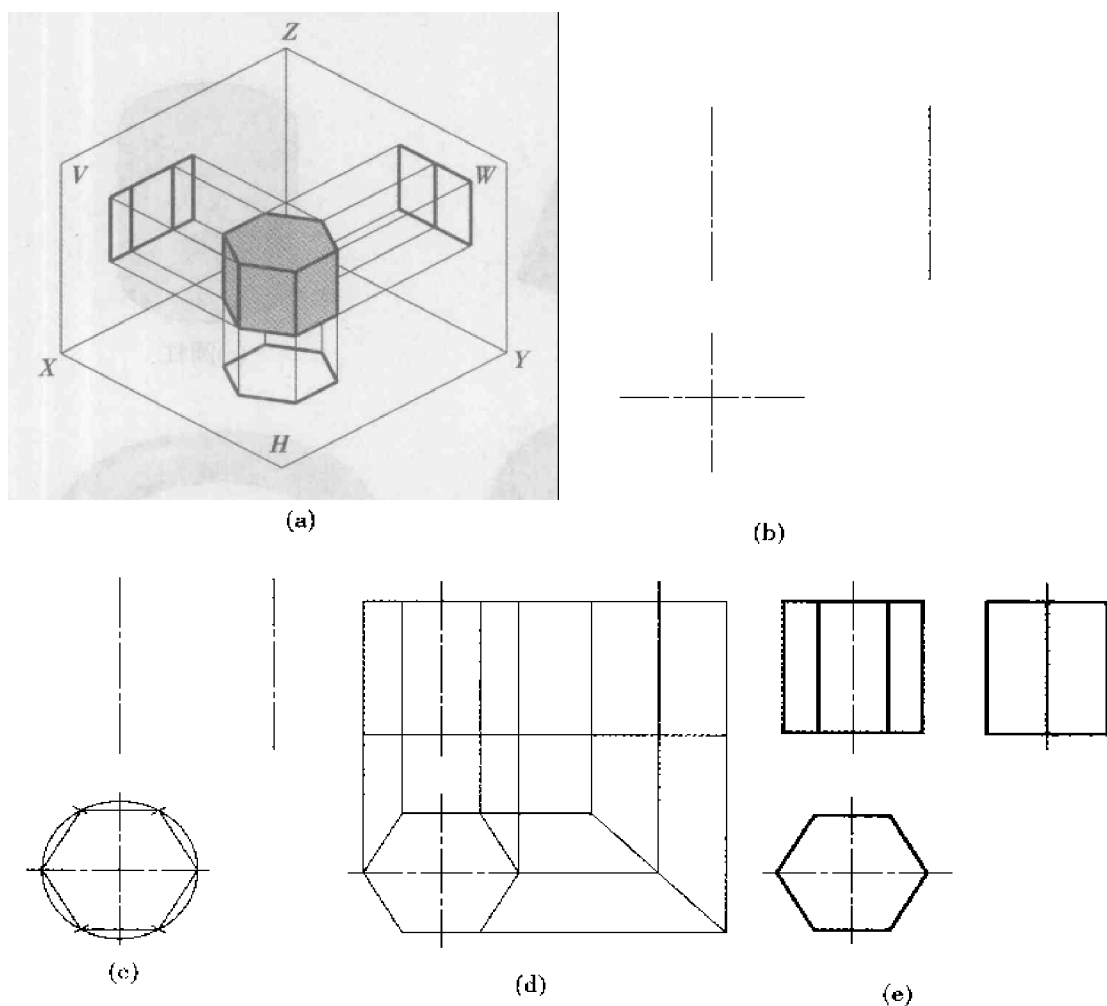


图 8.2 六棱柱三面投影的作图步骤

8.1.1.3 棱柱体表面上点的投影

在棱柱体表面取点与在平面上取点的方法相同。

已知:点 A 的正面投影 a' ,求其水平及侧面投影 a 、 a'' 。



分析:由于 a' 为可见,由此判断点 A 在棱面ⅠⅡⅢⅣ上,其水平投影积聚为直线,点 A 的水平投影 a 必在此积聚线上,由点的投影规律可求出点 A 的侧面投影 a'' 。

作图:依据“长对正”关系,由 a' 向水平投影引线交棱面ⅠⅡⅢⅣ的水平投影于 a 点,投影点 a 即 A 点的水平投影;

依据“高平齐、宽相等”关系,在棱面ⅠⅡⅢⅣ的侧面投影处得到一个交点 a'' ,投影点 a'' 即 A 点的侧面投影,且是可见的,如图8.3所示。

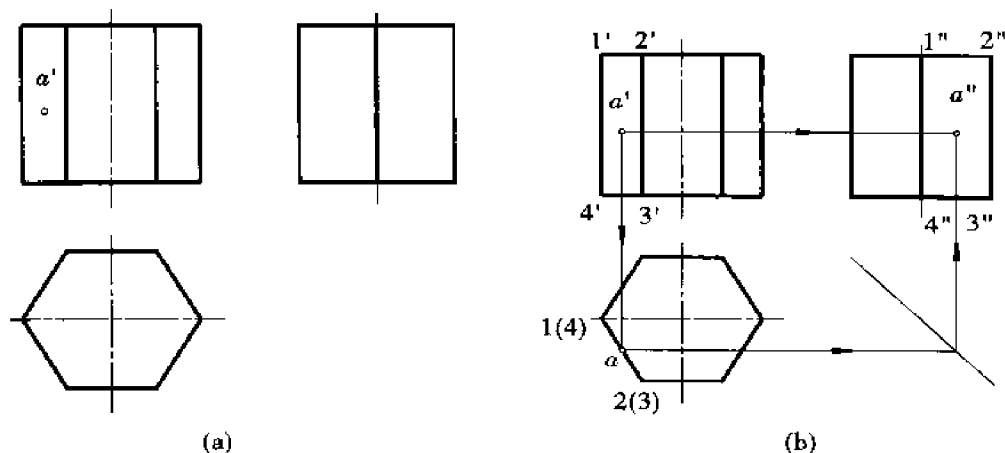


图 8.3 六棱柱表面取点

8.1.2 棱锥

棱锥的棱线交于锥顶,底面是多边形。常见的棱锥有三棱锥、四棱锥、五棱锥。下面以图8.4(a)所示的三棱锥为例分析其投影特性及作图方法。

8.1.2.1 投影分析

如图8.4(a)所示为正三棱锥,正三棱锥的底面为水平面,水平投影反映实形;后棱面为侧平面,侧面投影积聚为一条直线,另两面投影均为类似形;左右两个侧棱面为一般面,三个投影均为类似形;底面的三条边线为水平线,两条后侧棱线为一般位置直线,前面一条棱线为侧平线。顶点的水平投影落在底面三角形高的 $1/3$ 处。

8.1.2.2 作图步骤

- (1)先画出反映底面三角形实形的水平投影和具有积聚性的正面及侧面投影。
- (2)根据三棱锥的高度作出锥顶的各个投影,连接锥顶和底面三角形各点的同面投影,得到三条棱线的投影。
- (3)加深轮廓线,完成作图,如图8.4(b)所示。

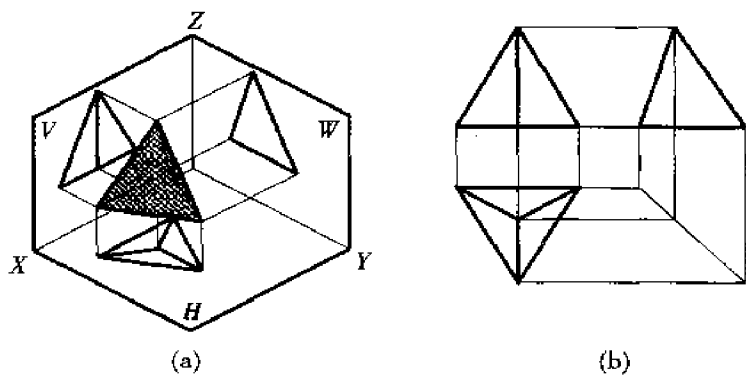


图 8.4 三棱锥的三面投影

8.1.2.3 棱锥体表面上点的投影

已知:点 K 的正面投影 k' , 求其水平投影 k 及侧面投影 k'' 。

分析:由于 k' 为可见, 由此判断点 K 在棱面 SAB 上, 其水平投影和侧面投影均可见。

作图:

方法一 在侧棱面 SAB 的正面投影上连接 $s'k'$ 并延长和 $a'b'$ 相交于点 e' , 找出 SE 的水平投影 se , 根据点的投影规律求出 k 及 k'' , 如图 8.5(a) 所示。

方法二 过点 k' 作辅助线 $m'n' \parallel a'b'$, 求出 MN 的水平投影 mn , 根据点的投影规律求出 k 及 k'' , 如图 8.5(b) 所示。

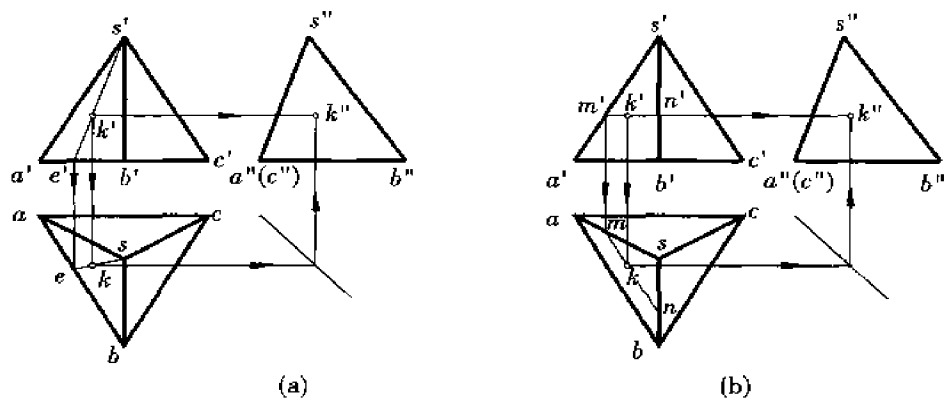


图 8.5 三棱锥表面取点

8.2 平面与立体相交

平面与立体表面的交线称为截交线, 该平面称为截平面, 由截交线围成的平面图形称为截断面, 如图 8.14 所示。

研究平面与立体相交的目的, 就是求出立体表面截交线的投影。截交线的形状与立



体的形状及平面与立体的相对位置有关。下面研究平面截切平面立体和曲面立体两种类型。

8.2.1 平面与平面立体相交

平面立体(棱柱、棱锥)由平面所围成,平面与平面立体相交产生的截交线是一个封闭的平面多边形,如图 8.6 中截交线为三角形。

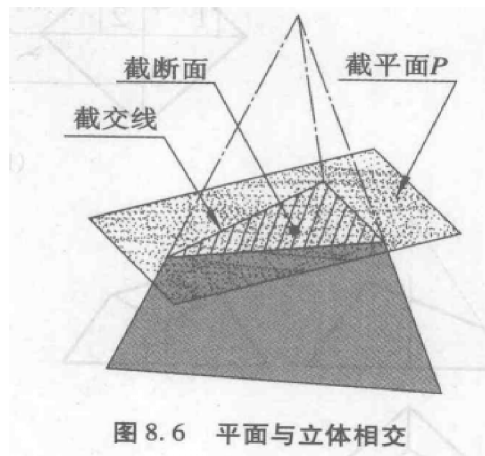


图 8.6 平面与立体相交

求截交线的方法一般是:求出截平面和所经过平面立体棱线的交点,依次连接即为所求截交线。

【例 8.1】 完成如图 8.7(a)所示的正四棱锥被平面 P 截切后的投影。

分析:截平面 P 与正四棱锥的四条棱线都相交,故截交线为四边形。由于截平面为正垂面,故其正面投影为已知,积聚为一条直线,正垂面的水平及侧面投影应为类似形。

作图步骤:

- (1)用作图线补全水平投影及侧面投影,如图 8.7(b)所示;
- (2)在正面投影中标出截平面和棱线的交点 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$;
- (3)根据点的投影规律,点 I、II 分别属于左、右两条棱线,可直接求出其水平投影 1 、 2 及侧面投影 $1''$ 、 $2''$;
- (4)由于 III、IV 两点分别属于前、后两条棱线,均为侧平线,所以先求出它们的侧面投影 $3''$ 、 $4''$,再根据点的投影规律求出其水平投影 3 、 4 ;
- (5)依次连接各点的同面投影,并判断可见性。补画轮廓线,并判断轮廓线的可见性,完成正四棱锥被截切后的三面投影,如图 8.7(c)所示。

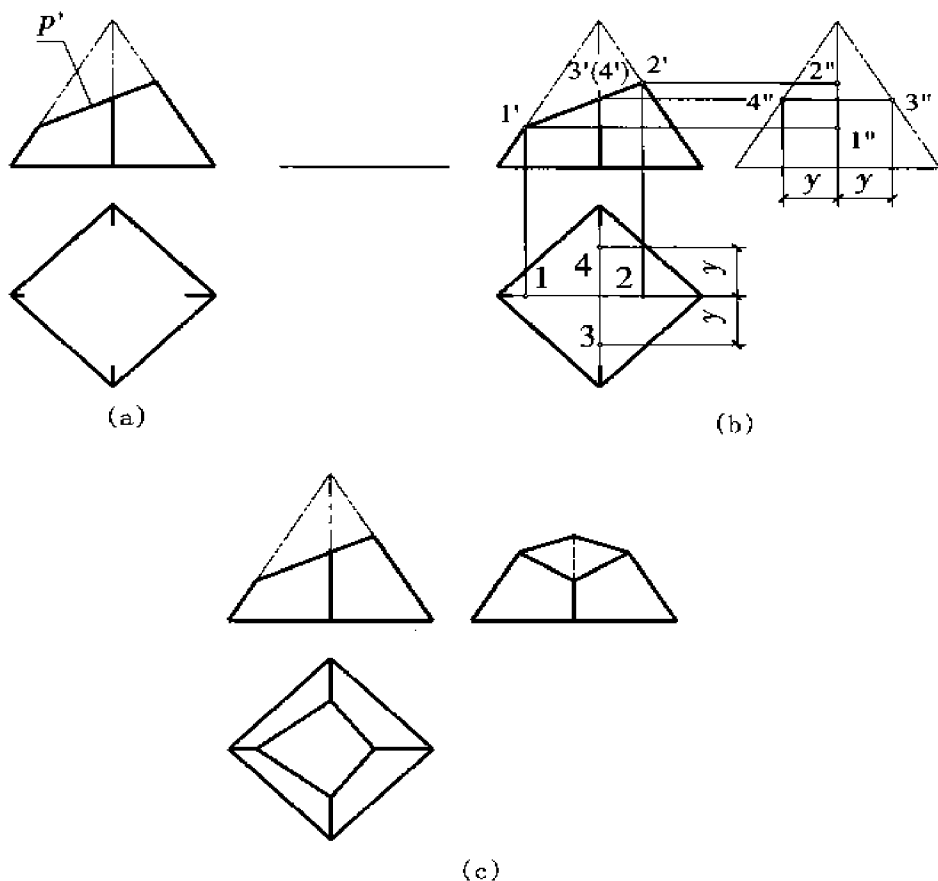


图 8.7 平面与立体相交作图步骤

【例 8.2】完成如图 8.8(a)、(b)所示的正四棱锥被平面 P 、 Q 截切后的投影。

分析:四棱锥被两平面切割,其中平面 P 为正垂面,平面 Q 为水平面。两平面正面投影都具有积聚性,积聚为直线。平面 P 的水平及侧面投影应为类似形,平面 Q 的水平投影反映实形,侧面投影积聚为一直线。

作图步骤:

(1)用作图线补全水平投影及侧面投影,如图 8.8(c)所示;

(2)在正面投影中标出截平面和棱线的交点 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $6'$ 、 $7'$ 、 $8'$ 以及两截平面交线的端点 $4'$ 、 $5'$;

(3)求平面 Q 截切立体所得截交线的水平和侧面投影:点 I 在左侧棱线上,可直接求出其水平和侧面投影 1 、 $1''$,由于平面 Q 平行于底面,过 I 作底面轮廓线的平行线,交前、后棱线于 2 、 3 ,过 2 、 3 作底面轮廓线的平行线交 $4'$ 、 $5'$ 向水平投影的引线于 4 、 5 ,根据点的投影规律分别求出 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 、 $5''$ 。

(4)求平面 P 截切立体所得截交线的水平和侧面投影:点 VI 在左侧棱线上,可直接求出其水平和侧面投影 6 、 $6''$,由于 VII、VIII 两点分别属于前、后两条棱线,均为侧平线,所以先



求出它们的侧面投影 $7''$ 、 $8''$ ，再根据点的投影规律求出其水平投影 7 、 8 。

(5) 依次连接平面 P 及平面 Q 截交线同面投影的各顶点，并判断可见性。补画轮廓线，并判断轮廓线的可见性。完成正四棱锥被截切后的三面投影，如图 8.8(d) 所示。

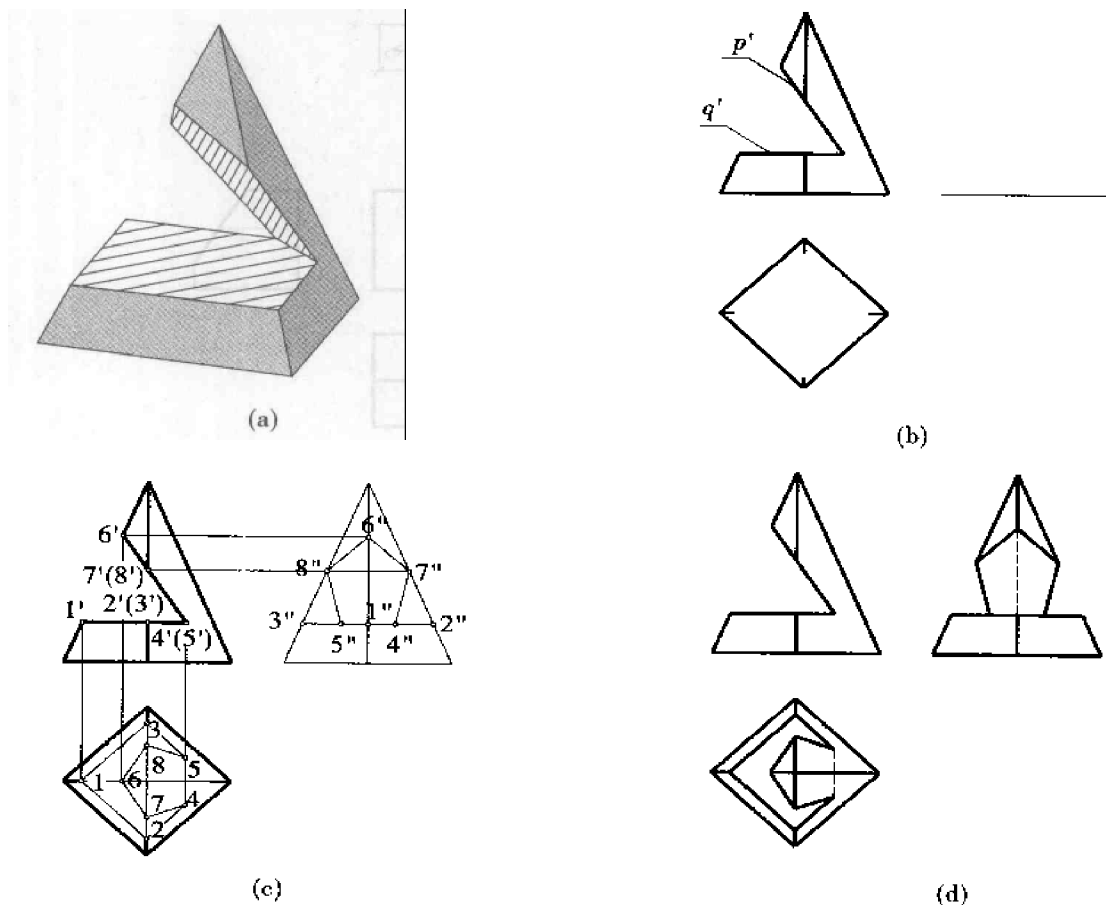


图 8.8 四棱锥被截切

【例 8.3】 完成如图 8.9(a) 所示的四棱柱被截切后的投影。

分析：四棱柱被四个平面切割，其中平面 P 为侧垂面，切去前上角；平面 Q 为水平面， S 、 T 为侧平面，平面 Q 、 S 、 T 共同切去一个槽。

作图步骤：

(1) 先画出四棱柱的三个投影；画出被侧垂面 P 截切立体后其侧面投影积聚为直线，根据点的投影规律画出正面及水平投影的截交线，如图 8.9(b) 所示。

(2) 平面 Q 、 S 、 T 截切立体后的正面投影都积聚为直线，故先画出正面投影，根据点的投影规律依次画出侧面及水平投影的截交线，如图 8.9(c) 所示。

(3) 检查无误后，加深图线，如图 8.9(d) 所示。

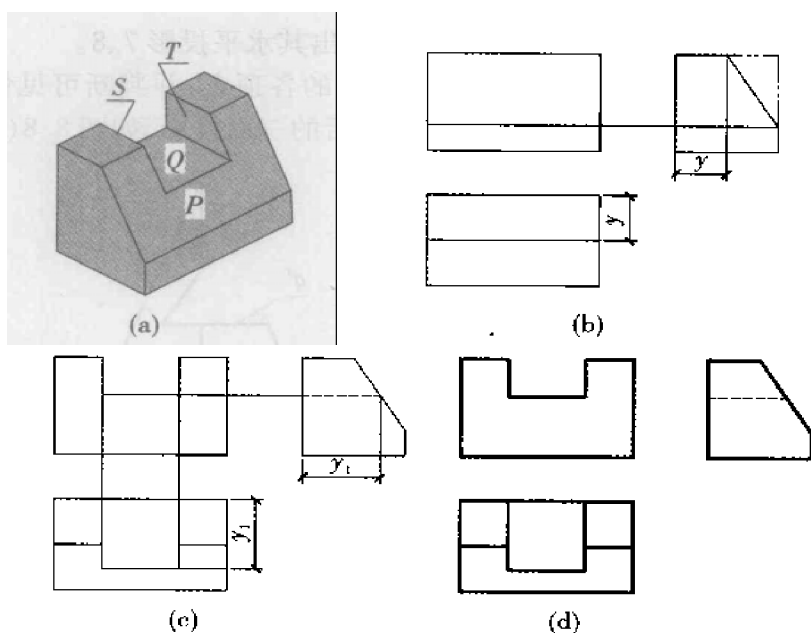


图 8.9 四棱柱被截切

8.2.2 平面与曲面立体相交

平面与回转体相交时,其截交线一般为封闭的平面曲线,或者是平面曲线与直线组成的封闭平面图形。

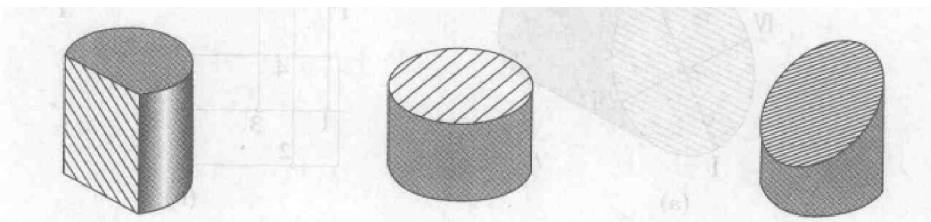
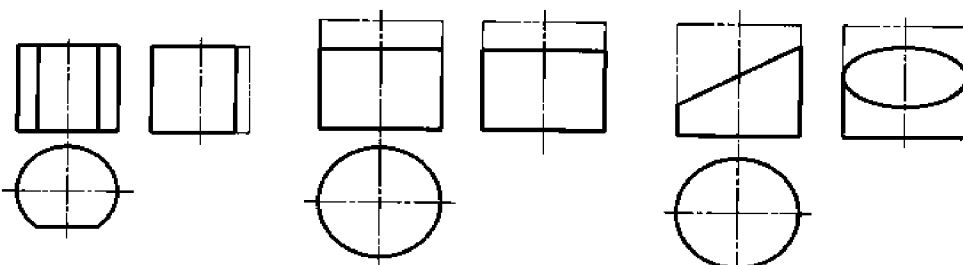
作图的基本方法是:求出回转体表面上若干条素线与截平面的交点,依次顺序光滑连接而成。作图时,通常先求出截交线上的特殊点,再按照需要求出一些一般点,最后顺序连接各点。特殊点是指截交线上的最高点与最低点、最左点与最右点、最前点与最后点以及截交线投影可见部分与不可见部分的分界点等,这些点通常在回转体的转向轮廓线上。最后要判断投影的可见性。

8.2.2.1 平面与圆柱相交

平面截切圆柱时,根据截平面相对于回转轴线位置的不同,截交线有三种形状,即圆、椭圆和矩形,如表 8.1 所示。



表 8.1 圆柱的截交线

截平面位置	和轴线平行	和轴线垂直	和轴线相交
截交线	矩形	圆	椭圆
三维实体			
投影			

【例 8.4】圆柱体被正垂面 P 截切,求截切后的三面投影,如图 8.18(a)所示。

分析:由表 8.1 可知,正垂面截切圆柱后,截交线为椭圆。其正面投影为直线,水平投影为圆,侧面投影为椭圆。

作图:

(1) 画出圆柱的第三面投影,如图 8.10(b)所示。

(2) 求特殊点。如图 8.10(a),截交线椭圆的长短轴端点 I、II、III、IV 分别在圆柱的转向轮廓线上。分别求出 I、II、III、IV 点的三面投影,如图 8.10(b)所示。

(3) 一般点。在正面投影上标出一般点 $5'$ 、 $6'$ 、 $7'$ 、 $8'$,向水平面作投影,求出其水平投影 5 、 6 、 7 、 8 ,根据点的投影规律,求出侧面投影 $5''$ 、 $6''$ 、 $7''$ 、 $8''$,如图 8.10(c)所示。

(4) 判断可见性,顺序光滑连接。在侧面投影上顺序光滑连接 $1''$ 、 $5''$ 、 $2''$ 、 $6''$ 、 $3''$ 、 $7''$ 、 $4''$ 、 $8''$ 点。圆柱的轮廓线在 $2''$ 、 $4''$ 处与椭圆相切。

(5) 整理轮廓,擦除多余的轮廓线,加深后得到如图 8.10(d)所示的图形。

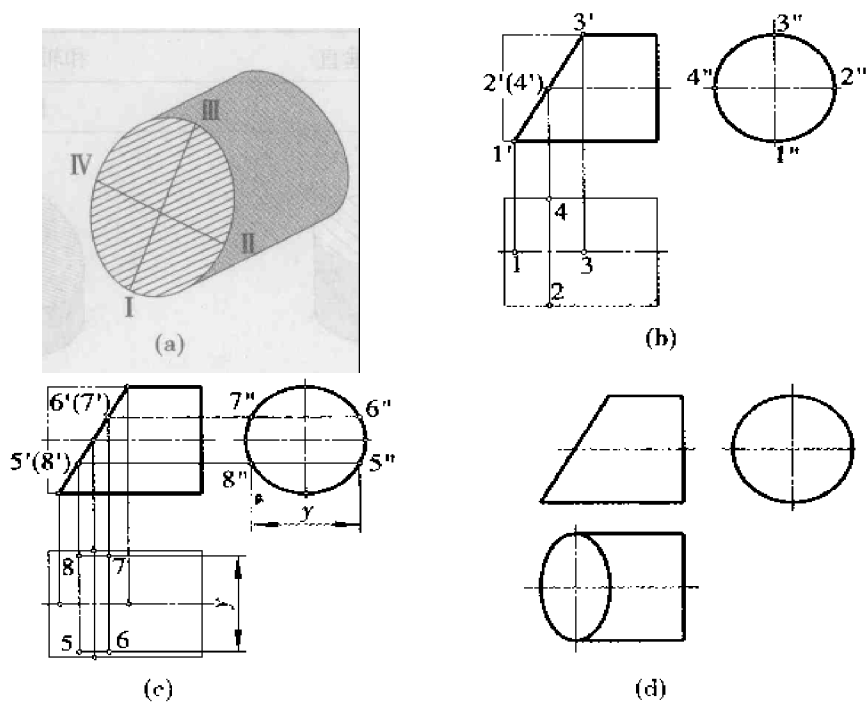


图 8.10 圆柱被正垂面截切

说明:当截平面 P 和轴线成 45° 角时,截交线的水平投影为圆,如图 8.11 所示。

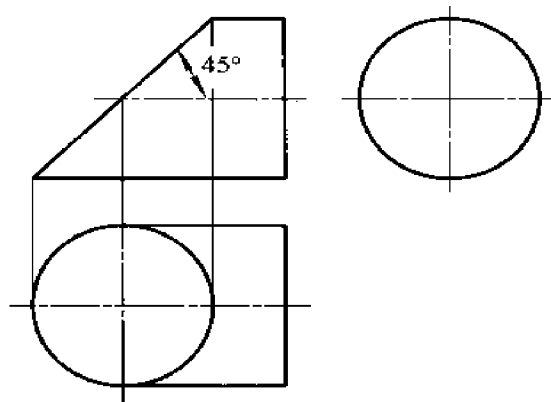


图 8.11 截平面和圆柱轴线夹角为 45°

【例 8.5】 圆柱左侧被切去上、下两块,右侧在对称处挖出一个槽,求圆柱的三面投影,如图 8.12(a)所示。

分析:由于圆柱左侧被切去上、下两块的四个截平面为水平面及侧平面,因此其交线为直线或圆弧;右侧被对称挖出一个槽的三个截平面为正平面及侧平面,因此其交线也为直线或圆弧。



作图:

(1) 用细线画出圆柱被截切前的三个投影。

(2) 对于圆柱左侧, 水平截平面截圆柱面的交线为直线段, 侧平截平面截圆柱得一圆弧段, 水平截平面与侧平截平面的交线为正垂线。该部分主要是求出水平截平面和圆柱的两条交线 I II 和 III IV 的三面投影。由正面投影 $1'2'$ 、 $3'4'$ 向侧面投影可得到 $1''2''$ 、 $3''4''$, 根据点的投影规律, 求出水平投影 12、34。圆弧段的水平投影成直线段, 侧面投影则和圆周重合, 如图 8.12(b) 所示。

(3) 对于圆柱右侧, 正平截平面截圆柱面的交线为直线段, 侧平截平面截圆柱得两段圆弧, 正平截平面与侧平截平面的交线为铅垂线。该部分主要是求出正平截平面和圆柱的两条交线 V VI 和 VII VIII 的三面投影。由水平投影 56、78 向侧面投影可得到 $5''6''$ 、 $7''8''$, 根据点的投影规律, 求出正面投影 $5'6'$ 、 $7'8'$ 。圆弧段的正面投影成直线段, 侧面投影则和圆周重合。该槽将上、下转向轮廓线切去, 因此, 正面投影中不画上、下转向轮廓线。如图 8.12(c) 所示。

(4) 判断可见性。右侧的槽被左方、前方遮挡, 因此正面和侧面的线为不可见。加深后得到如图 8.12(d) 所示的图形。

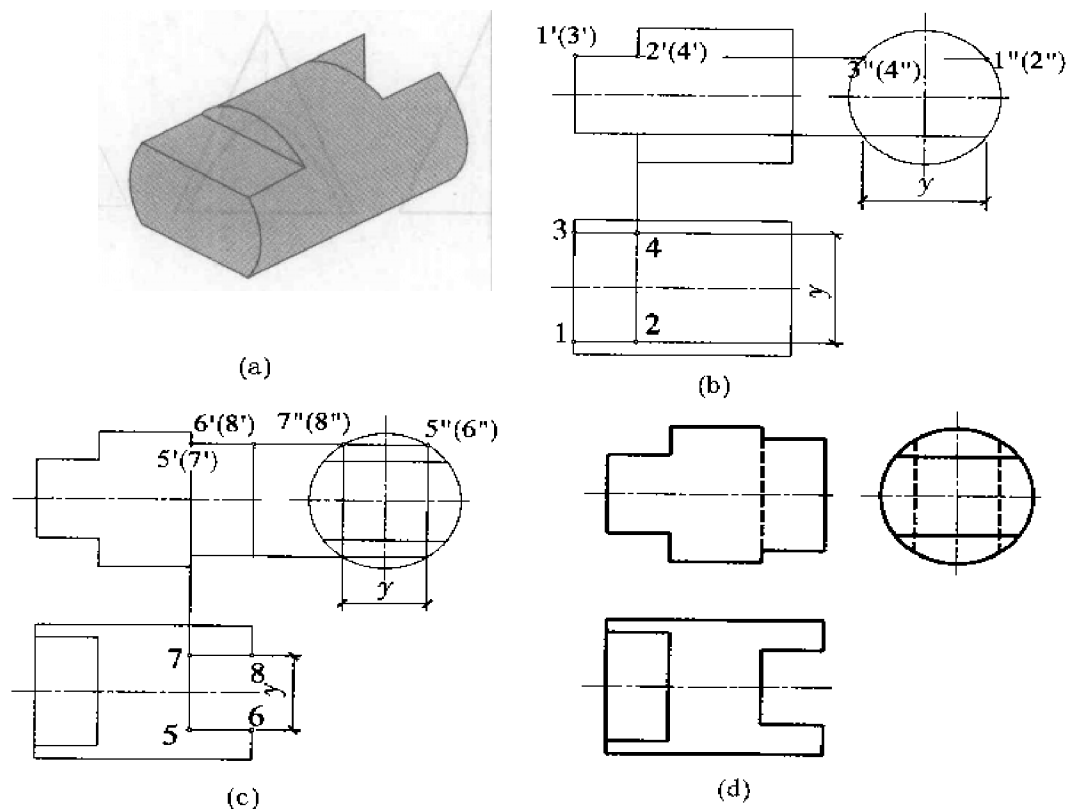
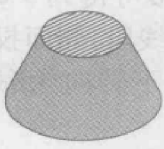
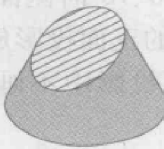
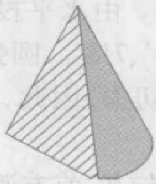
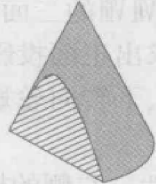
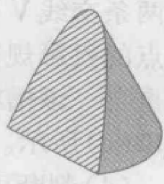
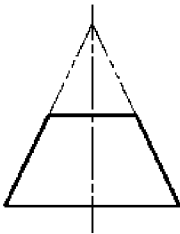
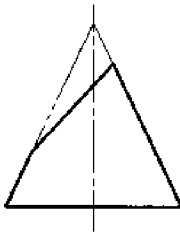
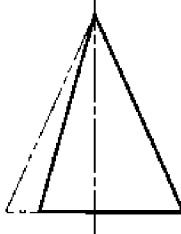
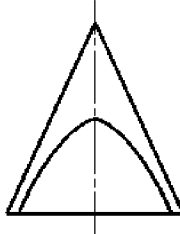
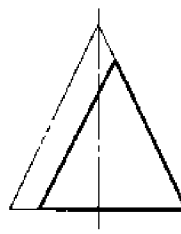
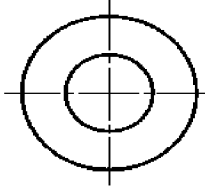
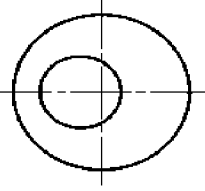
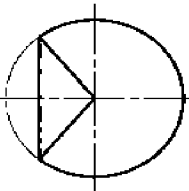
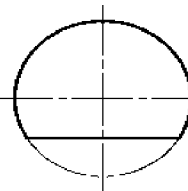
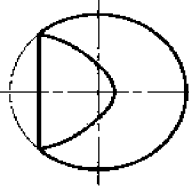


图 8.12 圆柱被多个面切割

8.2.2.2 平面与圆锥相交

平面与圆锥相交,因截平面与圆锥轴线的相对位置不同,其截交线有五种情况,分别为:圆、等腰三角形、椭圆、抛物线加直线段和双曲线加直线段,如表 8.2 所示。

表 8.2 圆锥的截交线

截平面位置	垂直于圆锥轴线	与圆锥所有素线相交	通过锥顶	平行于圆锥的两条素线	平行于圆锥任一条素线
截交线	圆	椭圆	等腰三角形	双曲线加直线段	抛物线加直线段
三维实体					
投影					
					

圆锥截交线上点的投影求法:素线法和纬圆法,即圆锥截交线上的任一点必定在通过该点的一条素线和一个纬圆上。

圆锥截交线的作图步骤与圆柱截交线的作图步骤相同,下面以例题说明。

【例 8.6】正圆锥被一正垂面截切,求截交线的投影,如图 8.13(a)所示。

分析:由于截平面倾斜于圆锥的轴线,所以其截交线为一个椭圆。椭圆的长轴是截平面与圆锥前后对称面的交线,其端点在圆锥最左、最右的素线上。

作图:

(1)用细线补出圆锥的侧面投影。

(2)求特殊点。在正面投影上求出椭圆的长轴端点的投影 $1'$ 、 $3'$,根据点的投影规律



求出1、3和1'、3';在1'、3'的中点取2'、4'为椭圆短轴两端点的正面投影,利用纬圆法求出2、4和2''、4'';5'、6'点为截平面和转向轮廓线的交点,可由正面投影直接求出其侧面投影5''、6'',根据点的投影规律求出5、6,如图8.13(b)所示。

(3)求一般点。在正面投影上取一般点7'、8',利用素线法,求出其水平和侧面投影7、8和7''、8'',如图8.13(c)所示。

(4)判断可见性,依次顺序连接各点的同面投影。

(5)整理轮廓线,擦去多余的轮廓线,加深后结果如图8.13(d)所示。

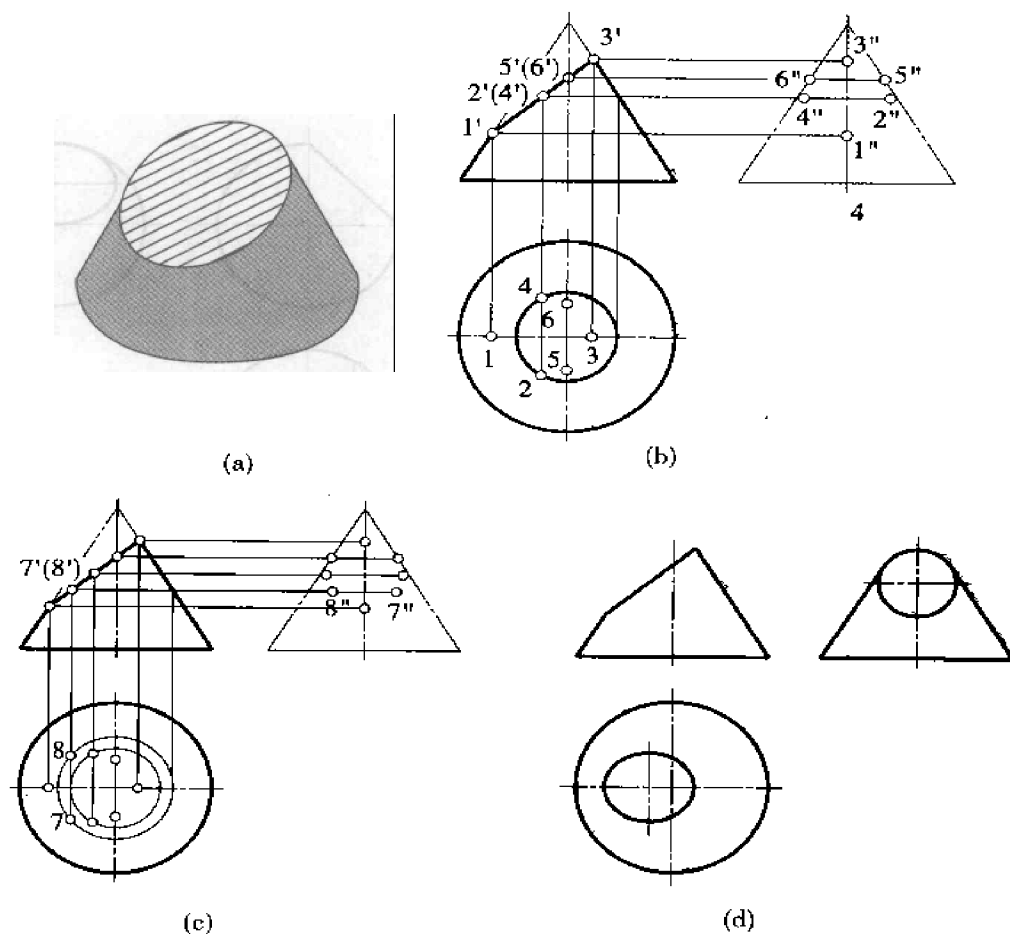


图 8.13 圆锥被截切

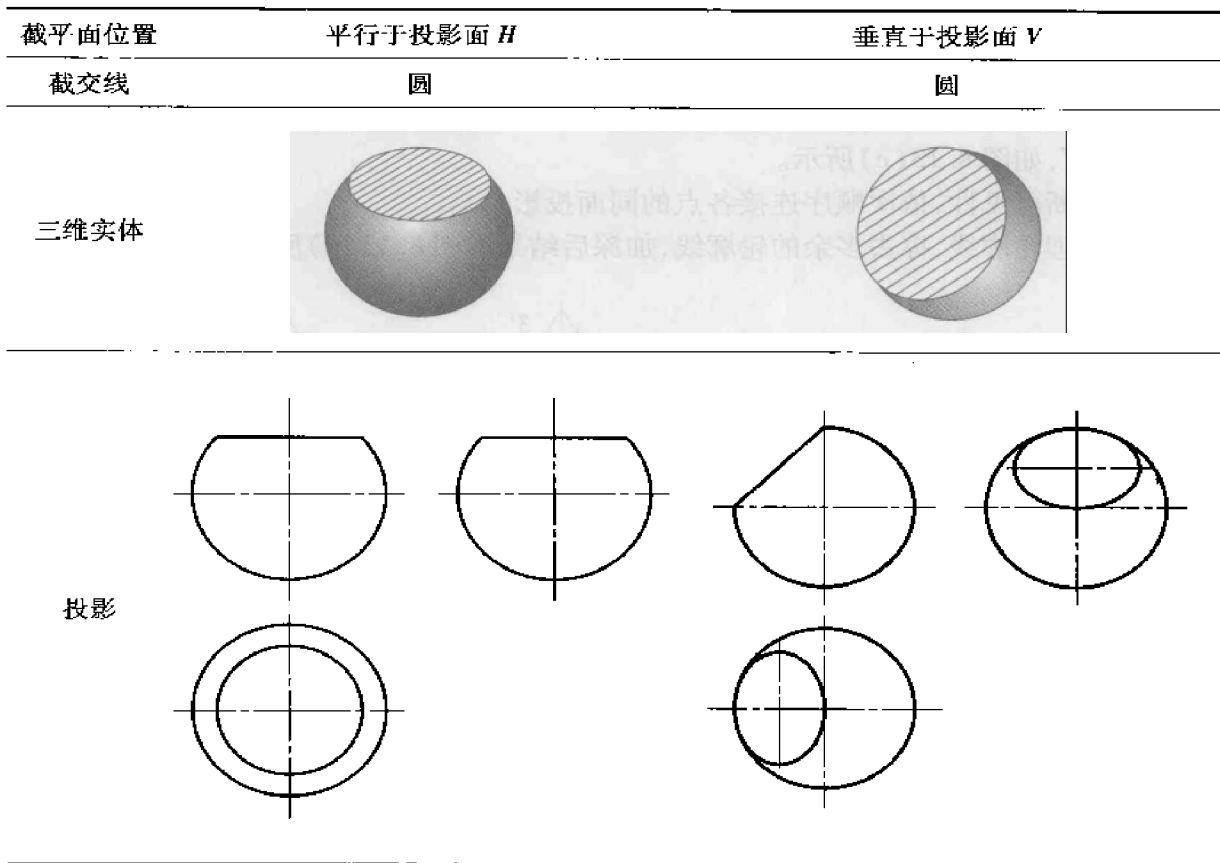
说明:当截平面和轴线成 45° 角时,相贯线的投影为圆。

8.2.2.3 平面与圆球相交

平面截切球时,截交线的空间形状都为圆,如表8.3所示。



图 8.3 圆球截交线



当截平面平行于投影面时,截交线在该投影面上反映实形(圆),其余两个投影积聚成直线段。线段的长度等于截交线圆的直径。

当截平面垂直于一个投影面而倾斜于其他投影面时,其截交线在该投影面上的投影积聚为一条直线段,而其他两个投影面上的投影为椭圆。

【例 8.7】 如图 8.14(a)所示为半球被截切,试补全其三面投影。

分析:如图为半圆球被左右对称两个侧平面以及前后对称的正平面所截。侧平截平面的正面和水平投影积聚成直线段,侧面投影则反映实形;正平截平面的侧面和水平投影积聚成直线段,正面投影则反映实形。

解

(1) 绘制半圆球的三面投影。

(2) 在水平投影上画出距离为 y 的前后对称的两截平面投影(积聚为直线),根据两截平面的距离画出其积聚的侧面投影,正面投影反映截交线的实形(半圆),如图 8.14(b)所示。

(3) 在水平投影上画出左右对称的两截平面投影(积聚为直线),将截面向正面投影,其投影也积聚为直线,侧面投影反映截交线的实形(半圆),如图 8.14(c)所示。

(4) 检查无误后,加深轮廓线,如图 8.14(d)所示。

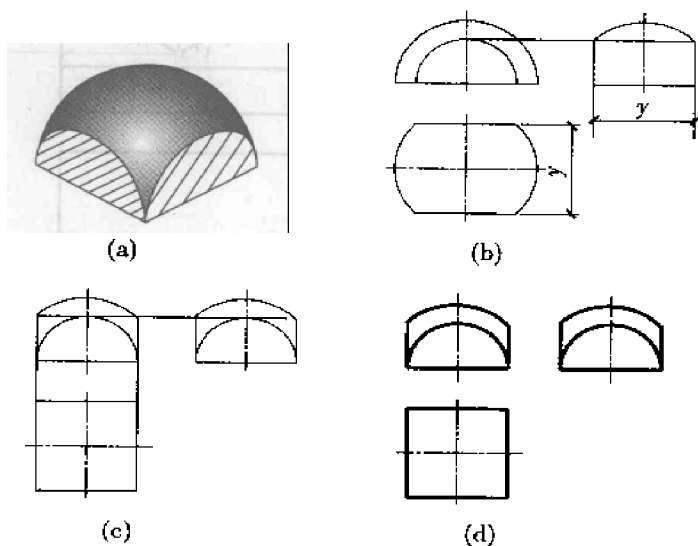


图 8.14 圆球被截切

8.3 两立体相交

两立体相交称为相贯,相贯时得到的表面交线称为相贯线。通常根据相贯立体的不同分为两平面立体相贯、平面立体和曲面立体相贯以及两曲面立体相贯,下面就立体的三种相贯情形进行讨论。

8.3.1 两平面体相交

两平面立体相交产生的交线一般是空间折线。由于平面立体由平面围成,因此,求两平面立体的交线可转化为求平面和平面的交线。

【例 8.8】 求作如图 8.15(a) 所示屋面与烟囱的交线。

分析: 房屋与烟囱相交可看做是五棱柱与正四棱柱相交,其相贯线为一组封闭的空间折线。可求出烟囱棱线和屋面的相贯点,依次连接即为相贯线。

作图:

(1) 求相贯点。四棱柱四条棱线均与屋面相交,共有四个交点。屋面为侧垂面,其侧面投影积聚为直线,因此,四个交点的侧面投影 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 在屋面的积聚投影上;四棱柱的四个棱面为铅垂面,其水平投影积聚为正四边形,正四边形的四个交点即为相贯点 1 、 2 、 3 、 4 ;根据点的投影规律,求出相贯点的正面投影 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。

(2) 判断可见性,连线。烟囱全部位于房屋的前方屋面,因此,烟囱的前半部分交线为可见,后半部分交线为不可见。如图 8.15(b) 所示。

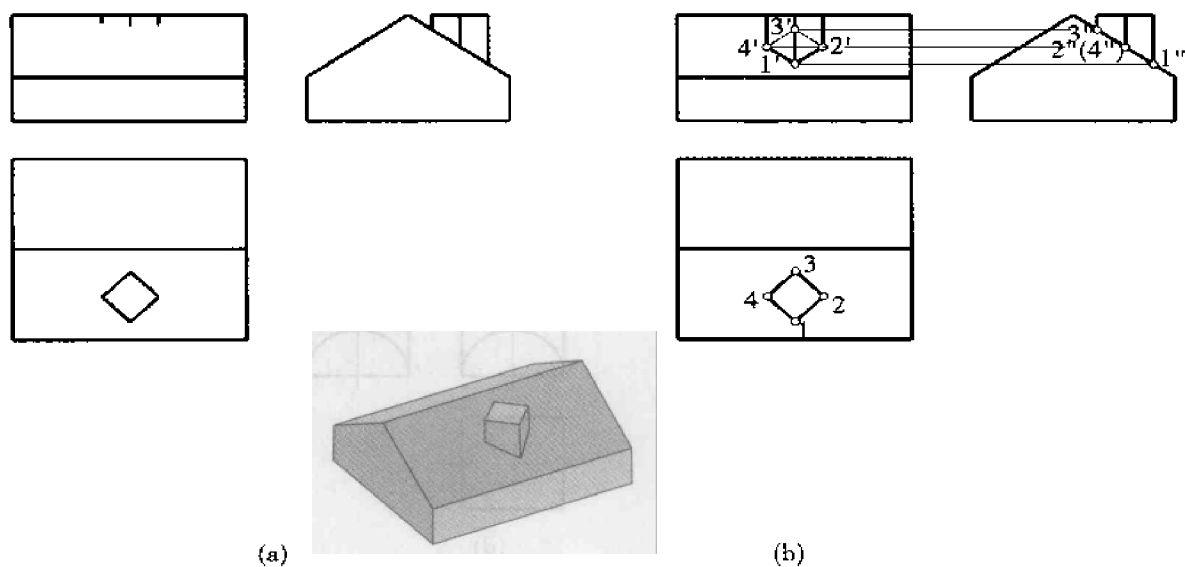


图 8.15 平面体和平面体相交

8.3.2 平面体与曲面体相交

平面体与曲面体之间的相贯线,一般是由若干平面曲线或平面曲线和直线所组成的封闭空间分段曲线。各段平面曲线或直线就是平面体的棱面与曲面体的交线,相邻平面曲线的交点是平面体棱线与曲面体的交点。因此,求平面体与曲面体的相贯线,可归结为求平面与曲面体的交线和求直线与曲面体的交点。

【例 8.9】 求作如图 8.16(a)所示圆锥形薄壳基础表面交线的投影。

分析:该基础实际上由四棱柱与圆锥相交而成,它们的中心线相互重合,故其表面交线是由四条双曲线组成的空间曲线。这四条双曲线的连接点也就是四棱柱的棱线与圆锥面的交点。

作图:

(1)求四棱柱四条棱线的相贯点。如图 8.16(b)所示,由于四棱柱棱面的水平投影具有积聚性,故 3、4、5 等为相贯点的水平投影。过投影点 3 作圆锥素线的水平投影 sa ,作出圆锥素线 SA 的正面及侧面投影 $s'a'$ 、 $s''a''$,棱线和 $s'a'$ 、 $s''a''$ 的交点 $3'$ 、 $3''$ 即是棱线在正面及侧面相贯点的投影;棱线上其他相贯点的投影的求法同 III 点。

(2)求四个双曲线的四个顶点。圆锥左、右和前、后四条外形素线与四棱柱相应棱面的交点即为所求的四个顶点。由前方双曲线顶点 I 的水平 and 侧面投影 1、 $1''$ 可求出正面投影 $1'$;同理可求出左方双曲线顶点 II 的三面投影,四个双曲线的前后、左右都对称,因此,另两个顶点的正面及侧面投影分别和 I、II 的投影重合。

(3)求一般点。为作图准确,可用素线法或纬圆法求出若干个一般点。

(4)按一定顺序圆滑连接相贯线各点投影,完成作图。

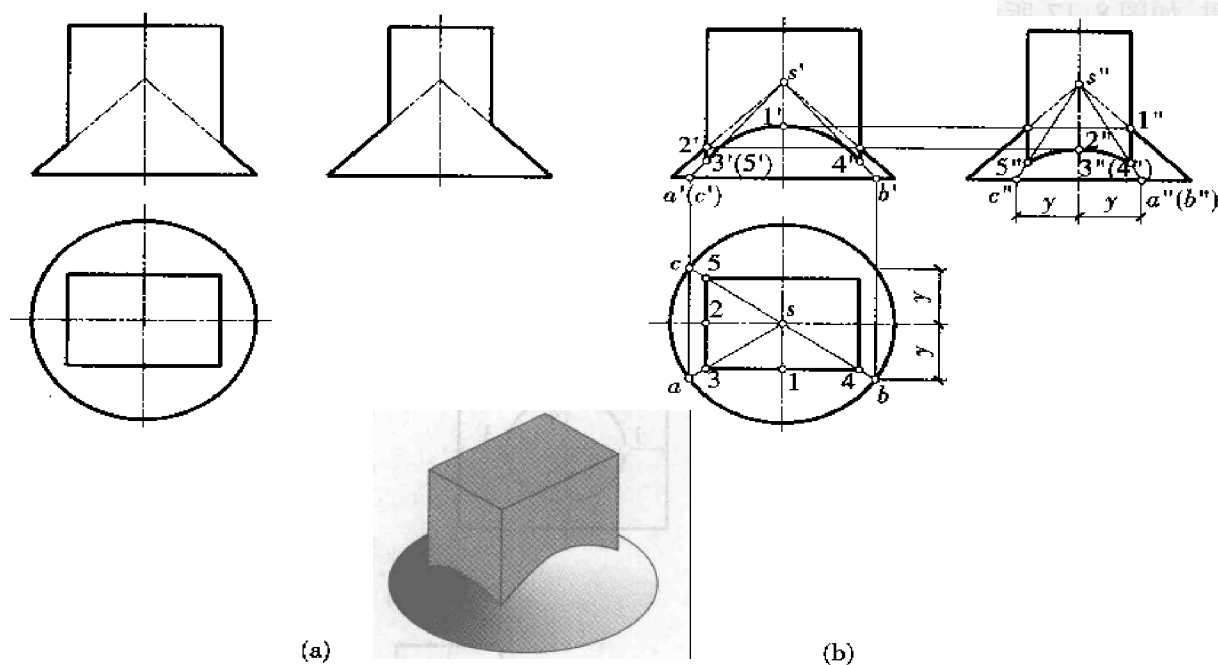


图 8.16 平面体和曲面体相交

8.3.3 曲面体与曲面体相交

两曲面立体的相贯线一般是封闭的空间曲线。求两曲面体的相贯线,一般要求出一系列的共有点,然后依次光滑连接,并判断可见性。求作共有点的方法有表面取点法和辅助平面法。

8.3.3.1 表面取点法求相贯线

当两圆柱相贯,且圆柱的轴线为投影面的垂直线时,可利用圆柱面有积聚性的投影确定相贯线的已知投影,再用回转体表面取点法求出一般点,完成相贯线的投影。

【例 8.10】 求如图 8.17(a)所示两正交圆柱的相贯线投影。

分析:直立圆柱的轴线为铅垂线,水平圆柱的轴线为侧垂线,因此直立圆柱的水平投影和水平圆柱的侧面投影都具有积聚性,所以相贯线的水平投影和侧面投影分别投影在相应的圆周上。由于两圆柱垂直正交,截交线的正面投影前后对称,投影显示为一段空间曲线。

作图:

(1) 求特殊点 点 I、II、III、IV 分别在立圆柱的转向轮廓线上,同时也分别是相贯线的最左、最前、最右和最后点,分别求出点 I、II、III、IV 的三个投影,如图 8.16(b)所示。

(2) 求一般点 在侧面投影上取两个相互垂直的一般点 $5''$ 、 $6''$,利用表面取点法,求出它们的水平及正面投影 5、6 及 $5'$ 、 $6'$,如图 8.17(c)所示。

(3) 依次光滑连接 $1'5'2'6'3'$ 即可得到相贯线的正面投影,如图 8.17(d)所示。

两圆柱相贯不仅有两实体圆柱相贯,还有实体圆柱与圆柱孔相贯、圆柱孔与圆柱孔相

贯,如图 8.17 所示。图 8.18(a)如同将图 8.17 中的直立圆柱用锤子从上向下打出来,其相贯线不变。图 8.18(b)是在圆柱上再加工出一个水平孔,水平孔和竖直孔又产生了相贯线。

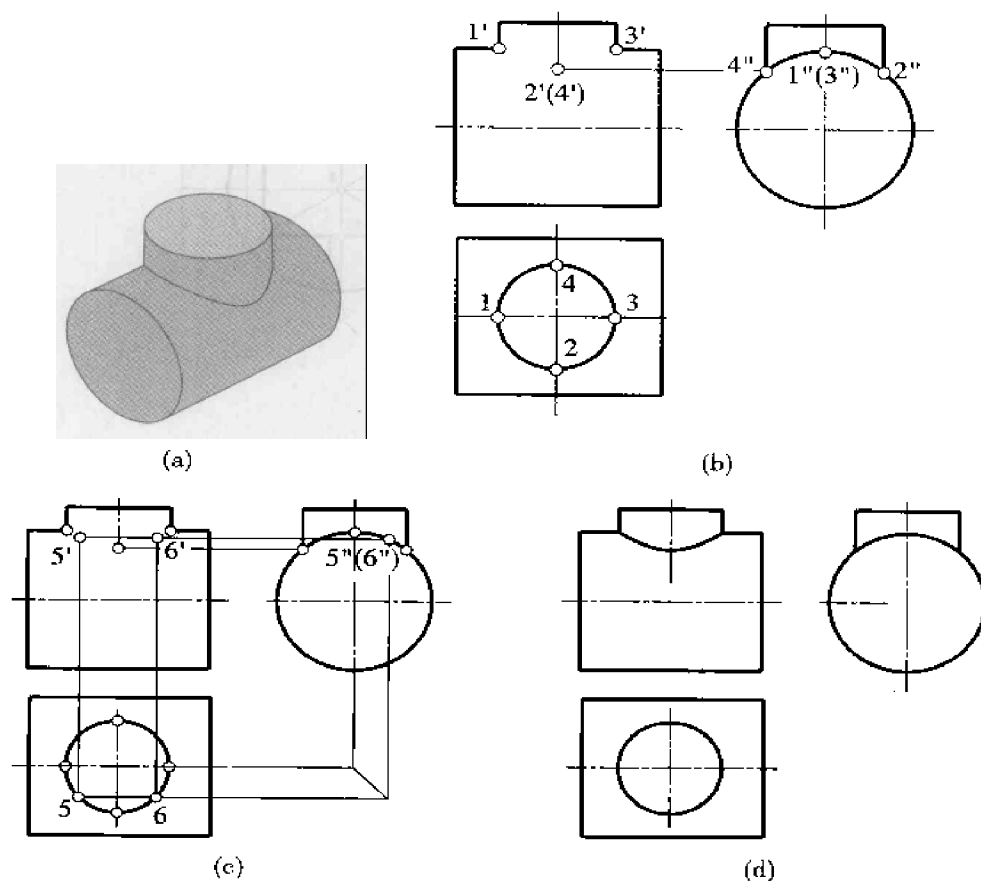


图 8.17 两圆柱相交

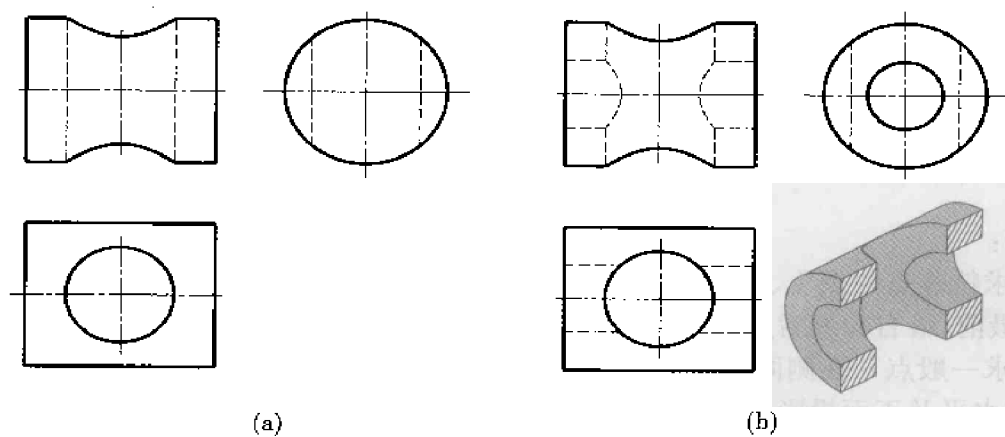


图 8.18 穿孔圆柱的相贯线



8.3.3.2 辅助平面法求相贯线

当相交两立体的投影无积聚性时,可采用辅助平面法,辅助平面法是利用三面共点的原理求相贯线上点的方法。选择辅助平面时,应使其与两曲面的交线为最简单(直线、圆)。

如图 8.19(a)所示,假想用水平辅助平面截切两回转体,辅助平面与圆柱的截交线是一个矩形,与圆锥的截交线是一个圆,求出截交线的交点 A ,这些交点是辅助截平面、圆柱面与圆锥面三个面的共有点,因此也是相贯线上的点;图 8.19(b)为假想用水平辅助平面截切圆柱和圆球体,截平面截圆柱及圆球表面截交线都是圆,求出截交线的交点 B 即为相贯线上的点。

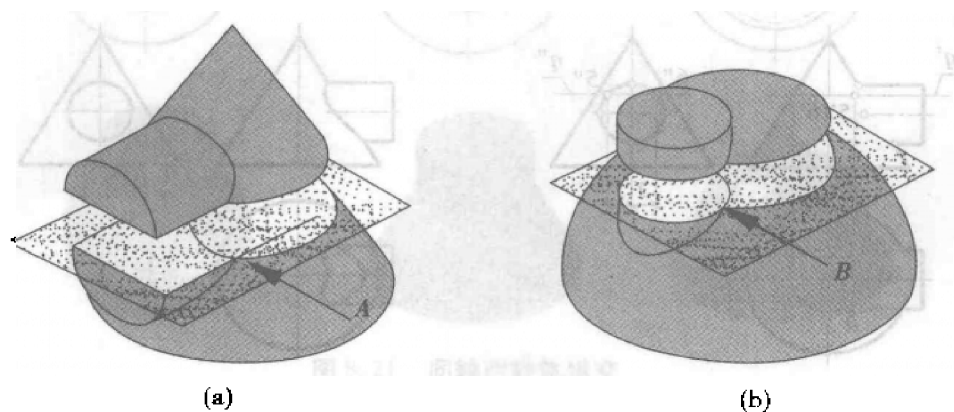


图 8.19 辅助平面法原理图

【例 8.11】 求如图 8.20(a)所示正交圆柱与圆锥相贯线的投影。

分析:由图 8.20(a)可知,圆柱全部(即所有素线)与圆锥相交,相贯线是一条闭合的、前后、左右对称的空间曲线。圆柱的侧面投影积聚为一个圆,相贯线的侧面投影也在这个圆周上。由相贯线的侧面投影求出相贯线最上、最下点的正面和水平投影。利用辅助平面法求出相贯线上点的其他投影。

作图:

(1)求特殊点。由分析可知,相贯线的最上、最下点 II、IV 的投影可直接求出;最前、最后点在圆柱的最前、最后素线上,过圆柱的最前、最后素线作水平辅助平面 P 交圆柱表面为平行两直线,交圆锥表面为圆,他们的交点 I、III 即为相贯线的最前、最后点,如图 8.20(b)所示。

(2)求一般点。根据辅助平面法,求出一一般点 V、VI 的各个投影,如图 8.20(c)所示。

(3)依次连接 I、V、II、VI、III、IV、I 各点的投影,补画轮廓线,并判断可见性,如图 8.20(d)所示。

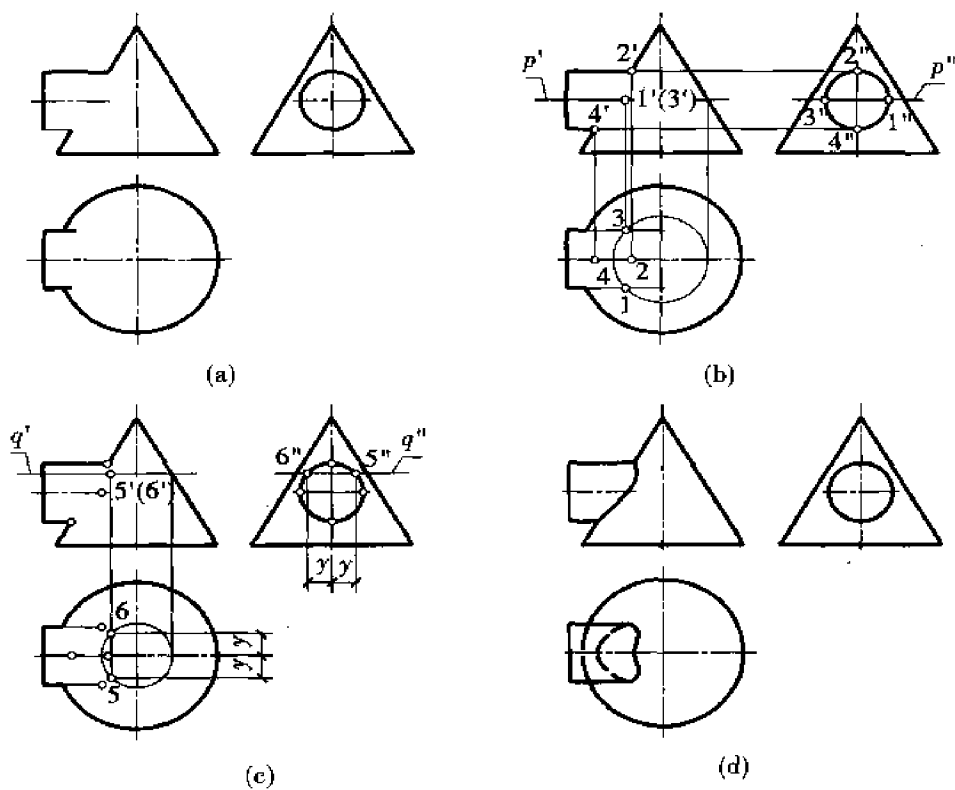


图 8.20 圆柱与圆锥相交

8.3.3.3 相贯线的特殊情况

(1) 同轴的两回转体表面相交, 相贯线为圆。两个同轴回转体相交时, 相贯线为垂直于轴线的圆, 在平行于轴线的投影面上的投影为直线, 如图 8.21 所示。

(2) 相贯线为椭圆。当轴线相交的两回转体公切于一个球面时, 相贯线为两个相交的椭圆, 在平行于轴线的投影面上的投影为直线, 如图 8.22 所示。

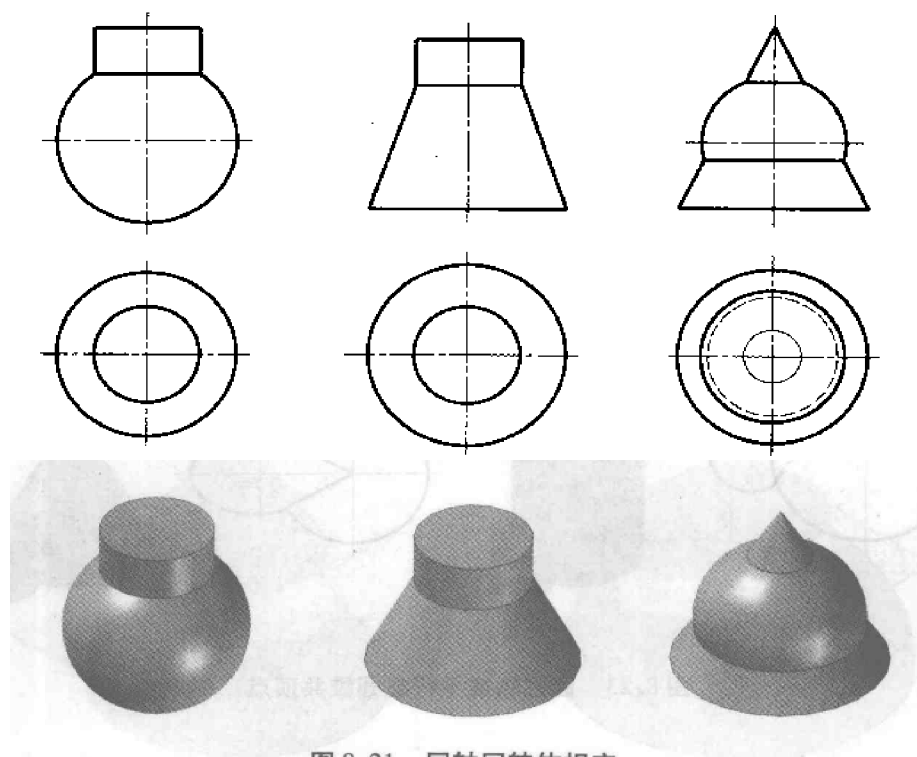


图 8.21 同轴回转体相交

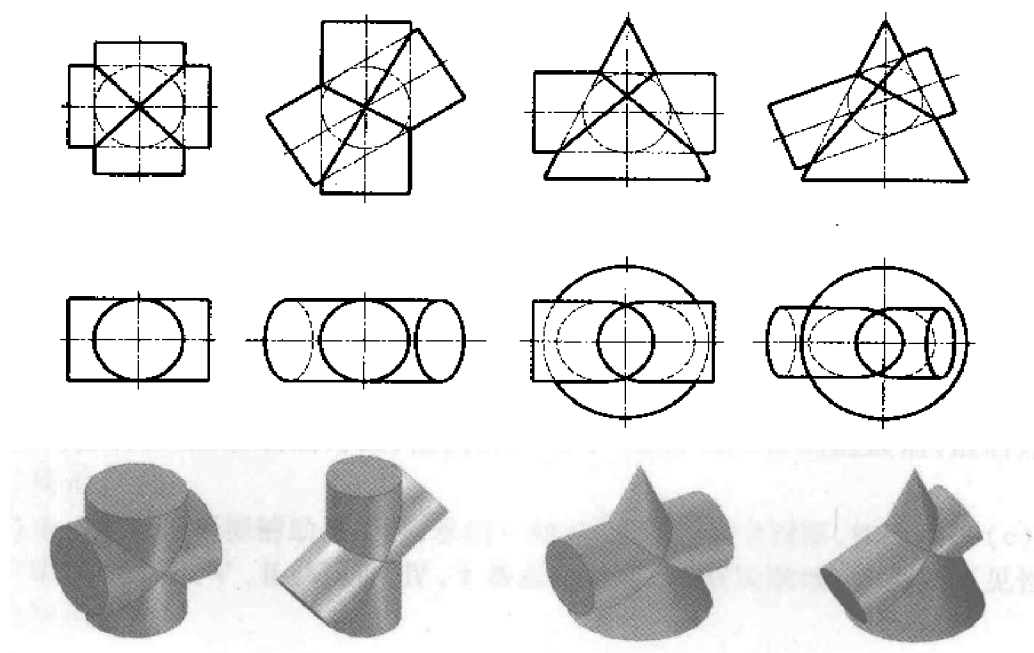


图 8.22 两回转体公切于球

(3)相贯线为直线。轴线平行的两圆柱相交,相贯线在柱面上的部分为直线。拥有



公共顶点的两个圆锥相交,相贯线为直线,其投影如图 8.23 所示。

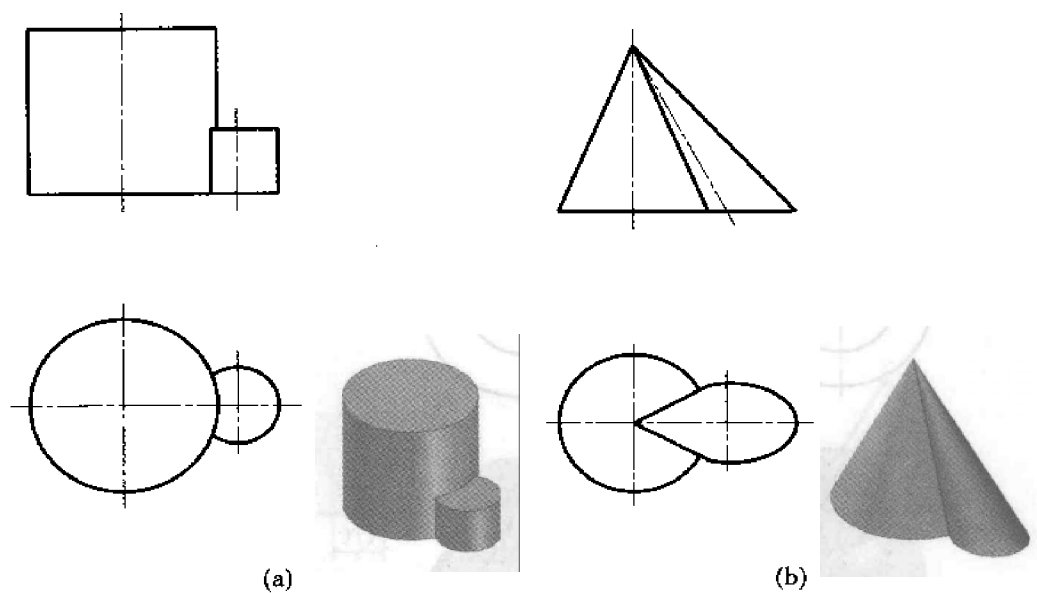


图 8.23 圆柱轴线平行或圆锥共顶点



第9章 轴测投影

9.1 轴测投影图的基本知识

前面我们所学的正投影图(图9.1(a)),能够完整、准确地表达物体的真实形状和大小,因而作为工程图样在工程技术界得到广泛应用。但正投影图也有其缺点,没有立体感,直观性也较差,没学过投影的人读图比较困难。而本章所介绍的轴测投影(图9.1(b))则能够将一个形体的长、宽、高三个向度同时反映在一个图上,具有立体感,比较直观,容易看懂。但这种轴测图也有其不足。在轴测投影中,一些矩形的轴测投影变成了平行四边形,而且每边的投影长度大多也不反映实长,不能把物体的真实形状和大小反映出来,因此,应用时有一定的局限性,所以,在实际应用中常作为辅助图样。如:在给排水和暖通专业中,轴测图常用以表达各种管道系统。在建筑专业中作为辅助性图样,用来帮助阅读正投影图。

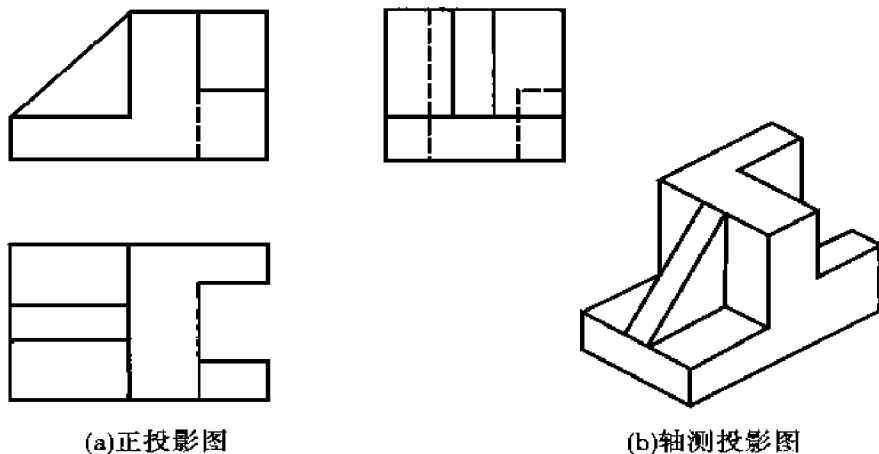


图9.1 正投影图和轴测投影图

9.1.1 轴测投影图的形成

将形体及确定该形体的三个向度的直角坐标系,用平行投影的方法,按一定的投影方向,投射在一个特意选定的投影面上,所得到的投影称为轴测投影。如图9.2用轴测投影法画成的图,简称为轴测图。

如图9.2所示, S 为轴测投影的投影方向,投影面 V 称为轴测投影面,空间形体的三



个坐标轴 OX 、 OY 、 OZ 在投影面 V 上的投影 O_1X_1 、 O_1Y_1 、 O_1Z_1 称为轴测轴,每两个轴测轴之间的夹角称为轴间角。

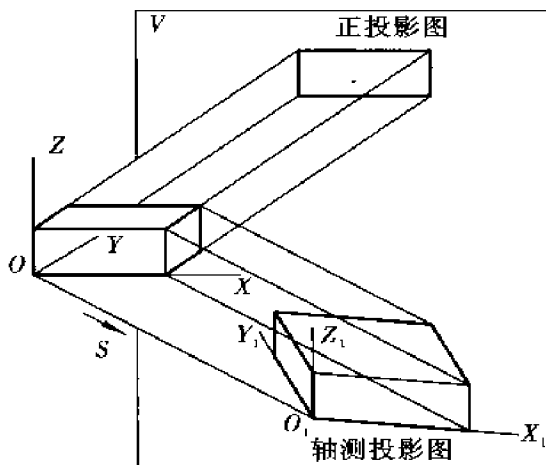


图 9.2 轴测图的形成

由于空间形体的三个(或一个)坐标轴与投影面 P 倾斜,其投影都比原来的长度短。它们的投影长度与原来投影长度的比值,称为轴向伸缩系数(简称伸缩系数)或轴向变形系数,分别用 p 、 q 、 r 表示。即

$$p = \frac{O_1X_1}{OX} \quad q = \frac{O_1Y_1}{OY} \quad r = \frac{O_1Z_1}{OZ}$$

9.1.2 轴测投影的基本规律

由于轴测投影是根据平行投影原理作出的,因此它具有如下特性。

- (1) 直线的轴测投影仍为直线。
- (2) 空间相互平行直线的轴测投影仍保持相互平行关系。所以形体上与轴平行的线段,其轴测投影也平行于轴测轴。
- (3) 只有与坐标轴平行的线段,才与坐标轴发生相同的变形,其长度可沿着相应的轴测方向,并按相应的轴向变形系数去测量——“轴测”。
- (4) 空间相互平行两线段的长度之比,等于它们平行投影的长度之比。因此,形体上平行于坐标轴的线段的轴测投影长度与线段实长之比,等于相应的轴向伸缩系数。

9.1.3 轴测投影法的分类

轴测投影可分为正轴测投影和斜轴测投影两大类。当投影方向垂直于轴测投影面时,所作的投影,称为正轴测投影;根据轴向伸缩系数的不同,正轴测投影又可以分为正等轴测投影、正二轴测投影和正三轴测投影等。当投影方向倾斜于轴测投影面时,所作的投影,称为斜轴测投影,可以分为正面斜轴测投影和水平斜轴测投影。下面就分别介绍这两种轴测投影。



9.2 正轴测投影

作正轴测投影时,空间形体的三个坐标轴与轴测投影面有一定的倾斜角度,投影方向垂直于投影面(如图9.3)。从理论上说,正轴测投影有无数种,但常用的有两种:正等测投影和正二测投影。

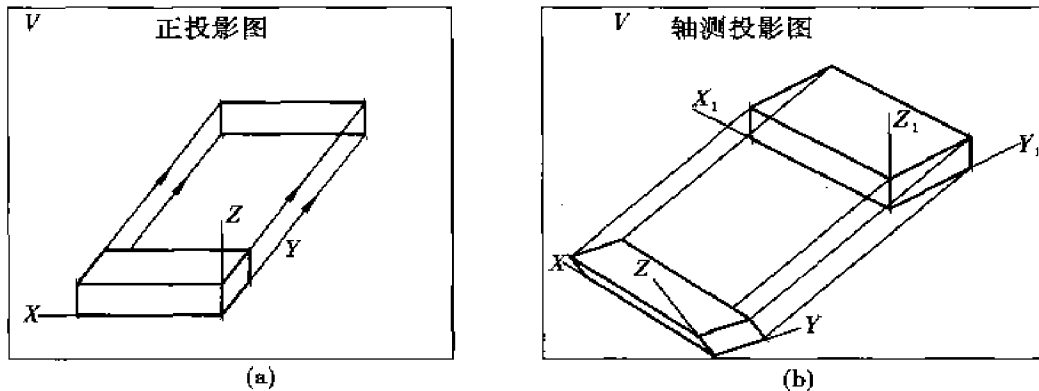


图 9.3 正轴测投影图

9.2.1 正等测图

当空间形体的三个坐标轴与轴测投影面的倾斜角度相同时,所形成的正轴测投影图称为正等测投影图,简称正等测图。

由于三个坐标轴与轴测投影面的倾斜角度相等,它们的轴向伸缩系数也相等,即 $p = q = r = 0.82$ 。为了作图简便,国标将轴向伸缩系数简化为 $p = q = r = 1$ 。可以直接按实际尺寸作图,这样画出来的轴测图比实际的轴测投影图要大些。正等测图的轴间角都是 120° 如图9.4所示。

正等测图的作图步骤如下。

(1) 对形体进行分析,确定坐标轴。

(2) 作轴测轴。由于轴间角均为 120° ,故 O_1X_1 轴与 O_1Y_1 轴均与水平方向呈 30° 夹角,可直接用三角板配合丁字尺作图。

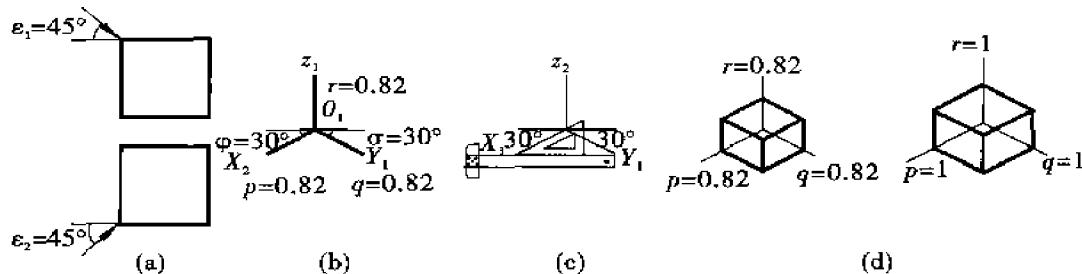


图 9.4 正等测投影



(3) 根据形体的特点,选择恰当的作图方法。轴测图常用的作图方法有坐标法、叠加法、装箱法和端面法等,绘图时应根据不同特点的形体选择合适的方法来绘制轴测图。

(4) 去掉作图线,加重成图轮廓线,完成全图。

【例 9.1】 已知一四坡屋面的三面正投影图(图 9.5(a)),求作它的正等测图。

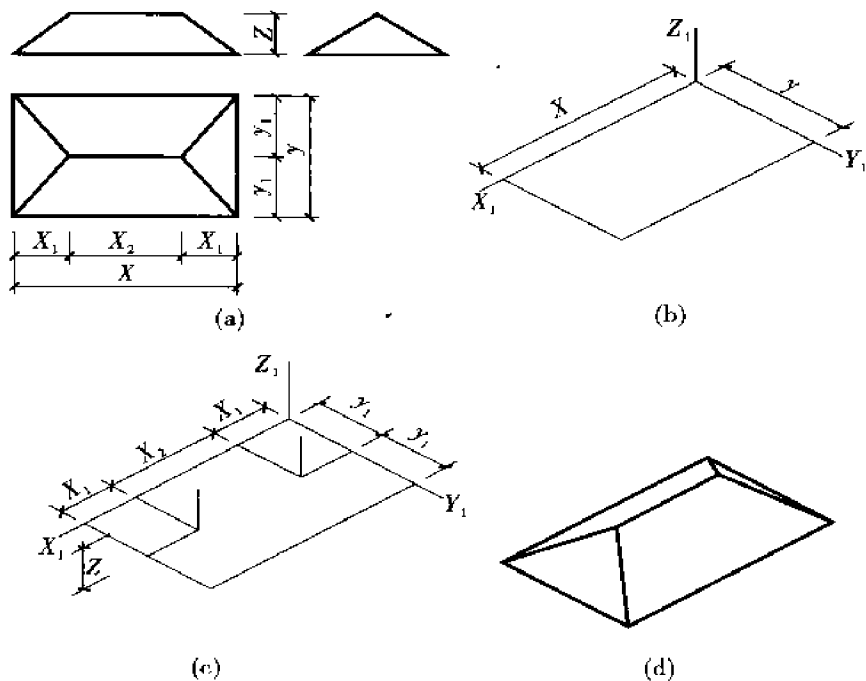


图 9.5 用坐标法作四坡屋面的正等测图

解 由三面正投影图可知,屋顶是由四个斜面所围成,屋顶的形状变化较复杂的部分反映在屋顶的上面,因此,应选择从上向下的观看角度。根据屋面的形体特点,可采用坐标法绘图。即根据物体上各个点的空间位置(或物体的三面投影图中的点的坐标)沿轴测轴或沿平行于轴测轴的直线上进行度量,作出它们在轴测图中的位置,然后进行连接,最后画出整个图形。其作图步骤如下。

- (1) 绘制轴测轴;
- (2) 在正投影图中量取 X, Y 方向的尺寸 X_1, X_2, Y_1, Y_2 , 并量取高度 Z 。
- (3) 连接各点,并加深图线,完成全图。

9.2.2 正二测图

当空间形体的三个坐标轴中有两个与轴测投影面的倾角相同时,所形成的正轴测图称为正二测图。

由于正二测投影有两个坐标轴与轴测投影面的倾角相同,故有两个轴测轴的伸缩系数相等,即 $p=r=0.94, q=0.47$, 简化为 $p=r=1$ 和 $q=0.5$ 。这样画出的正二测比实际的轴测投影稍大些。三个轴间角有两个相等。



其轴测轴的画法如图 9.6 所示,其 O_1Z_1 轴仍然画成铅垂线, O_1X_1 轴与水平线的夹角为 $7^\circ10'$, O_1Y_1 轴与水平线的夹角为 $41^\circ25'$,画轴测轴时可用近似方法作图,即分别采用 1:8 和 7:8 作直角三角形,再利用其斜边的方法求得,如图 9.6(c) 所示。

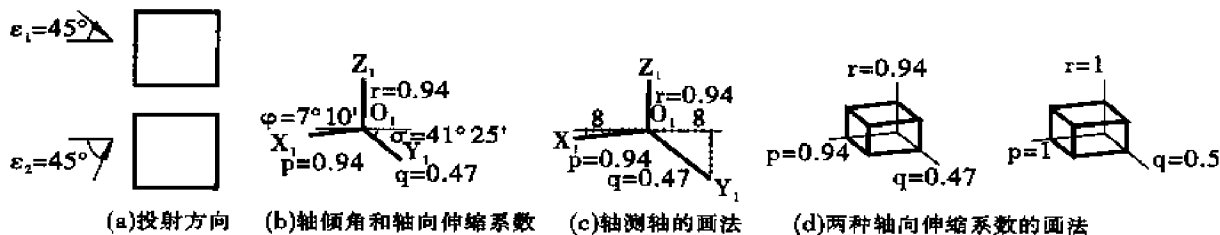


图 9.6 正二测图轴测轴画法

画正二测图时也要先进行形体分析,其作图方法与正等测图大致相同。

【例 9.2】 已知杯形基础的两面正投影图,如图 9.7(a) 所示,求作其正二测图。

解 杯形基础是由两个四棱柱和一个四棱台组合而成,它们底面的中心位于同一条轴线上。杯形基础的形状变化,从上往下看比较清楚,故选用俯视的方式表达。其作图方法可采用叠加法。自下而上逐个叠加。作图步骤见图 9.7。

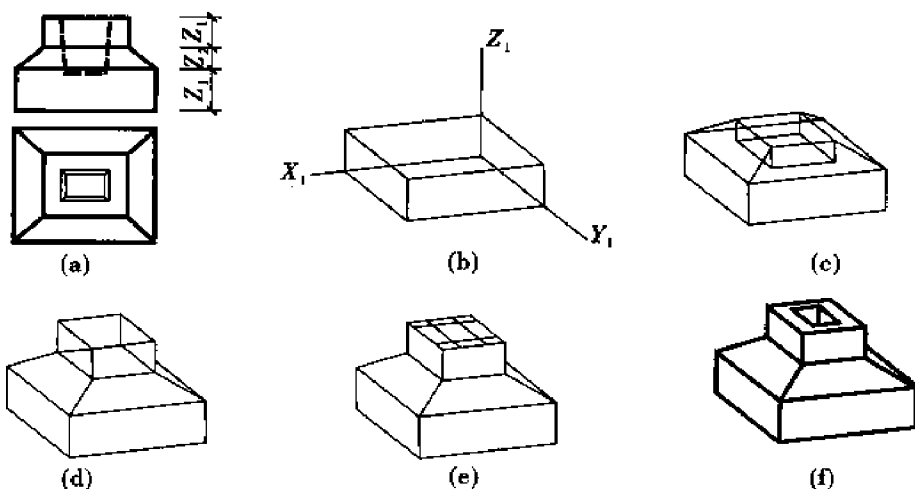


图 9.7 用叠加法作杯形基础的正二测图

9.3 斜轴测投影

当投射方向 S 倾斜于轴测投影面时所得的投影,称为斜轴测投影。作轴测投影时,空间形体的两个坐标轴(或一个面)与轴测投影面平行,投影方向倾斜于投影面。斜轴测投影也有许多种,国标推荐的有两种:正面斜轴测图和水平斜轴测图。

9.3.1 正面斜轴测图

当空间形体的正面(OX 轴和 OZ 轴)与正平面 V 平行或将 V 面平行面作为轴测投影面时,所得的斜轴测图称正面斜轴测图,如图9.8所示。

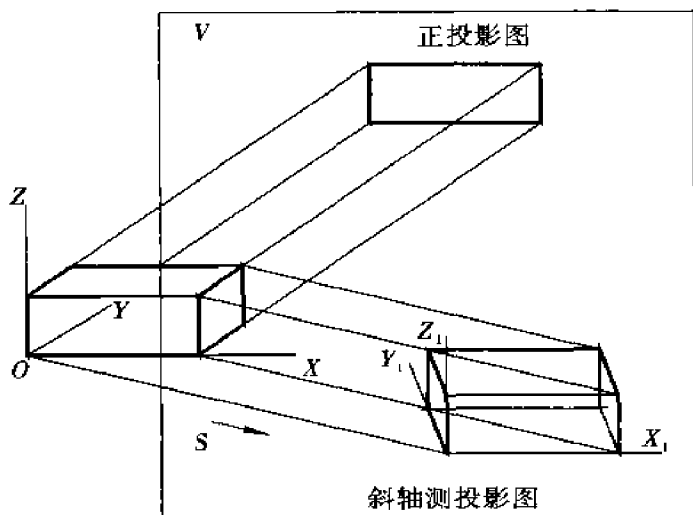


图 9.8 正面斜轴测图的形成

由于空间形体的坐标轴 OX 和 OZ 平行于轴测投影面(正平面),所以其投影不发生变形,即 $p=q=r=1$,其轴间角为 90° 。 OY 轴与投影面垂直,但因投影线倾斜于轴测投影面, OY 轴的投影是一条斜线,它与轴 O_1Y_1 的夹角一般取 45° 。轴向伸缩系数 q 常取 0.5 。轴间角 $X_1O_1Y_1$ 可取 45° (从右前上方观看,如图9.9所示),也可取 135° 。

(从左前下方观看,见图9.9),根据作图需要选择。

作正面斜轴测图时,由于形体的正面不发生变形,故常将形体轮廓比较复杂或有特征的那个面放在与正面平行的位置,作图就比较方便。

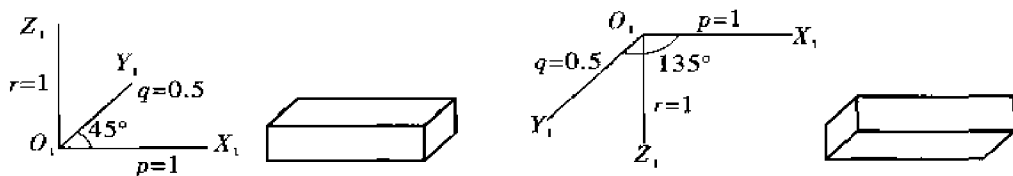


图 9.9 正面斜轴测图的画法

【例 9.3】 已知台阶的二面正投影图,如图9.10(a)所示,求作其正面斜轴测图。

解 由台阶的两面正投影图可知:台阶各部分的形状变化特征反映在台阶的前后两个墙面上,可采用端面法作图,即令端面平行于正面,可先画出端面,然后再画出整个形体。要想使画出的正面斜轴测图能反映台阶右侧各踏步的形状和特征,应选择从右前上方观看,其作图步骤如图9.10所示。

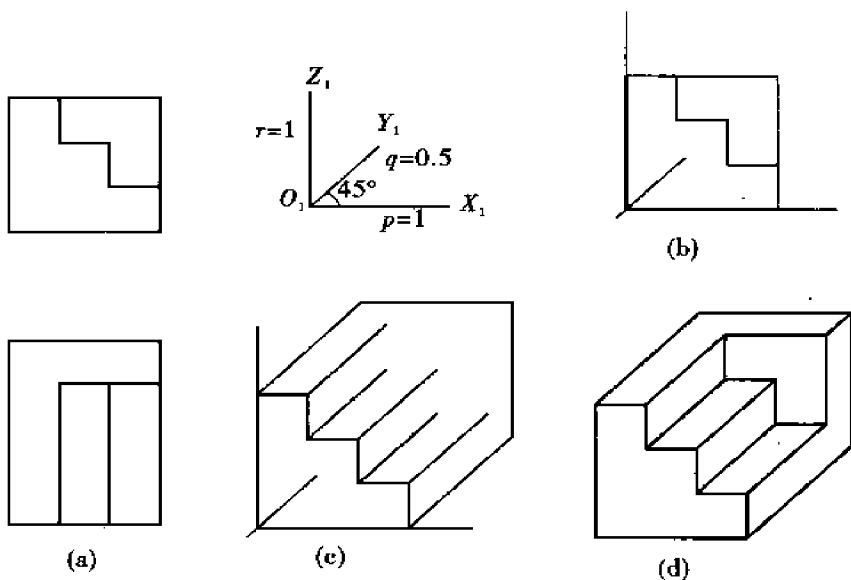


图 9.10 用端面法画台阶的正面斜轴测图

9.3.2 水平斜轴测图

当形体仍保持在正投影的位置时,用倾斜于 H 面的平行光线 S 向 H 面进行投射,此时得到的轴测图为水平斜轴测图。如图 9.11 所示。

由于空间形体的坐标轴 OX 和 OY 平行于轴测投影面(水平面),其投影不发生变形,即 $p=q=r=1$,其轴间角为 90° 。 OZ 轴与投影面垂直,但因投影线倾斜于投影面, OZ 轴的投影是一条斜线,如图 9.12(a),但习惯上仍将 O_1Z_1 画成铅垂线,而将 O_1X_1 和 O_1Y_1 轴偏转一个角度,如图 9.12(b)。伸缩系数应 <1 ,但简化为 $r=1$ 。

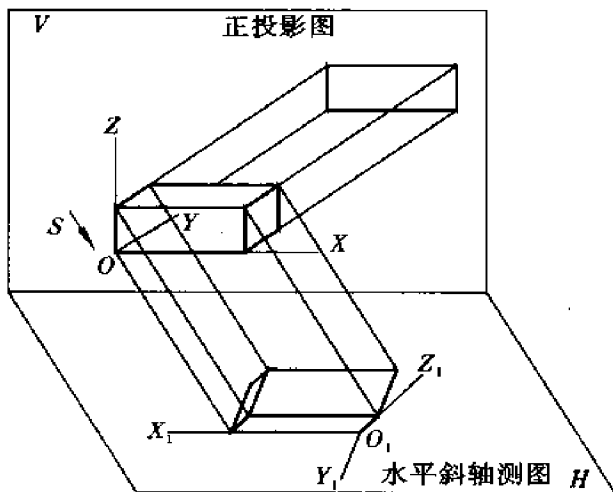


图 9.11 水平斜轴测图的形成

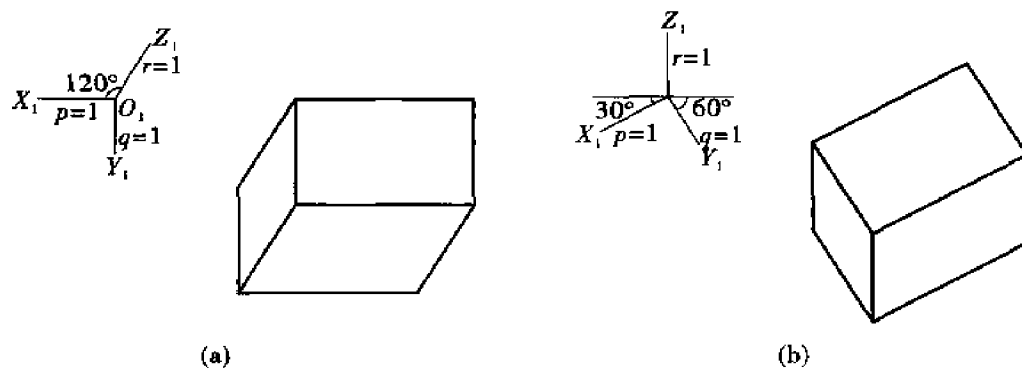


图 9.12 水平斜轴测图的轴测轴画法

由于水平轴测图能反映形体的水平面实形,故常用于建筑小区的规划图。

【例 9.4】 已知某小区的水平投影图如图 9.13(a) 所示,用水平斜轴测图画出其鸟瞰图。作图步骤见图 9.13 所示。

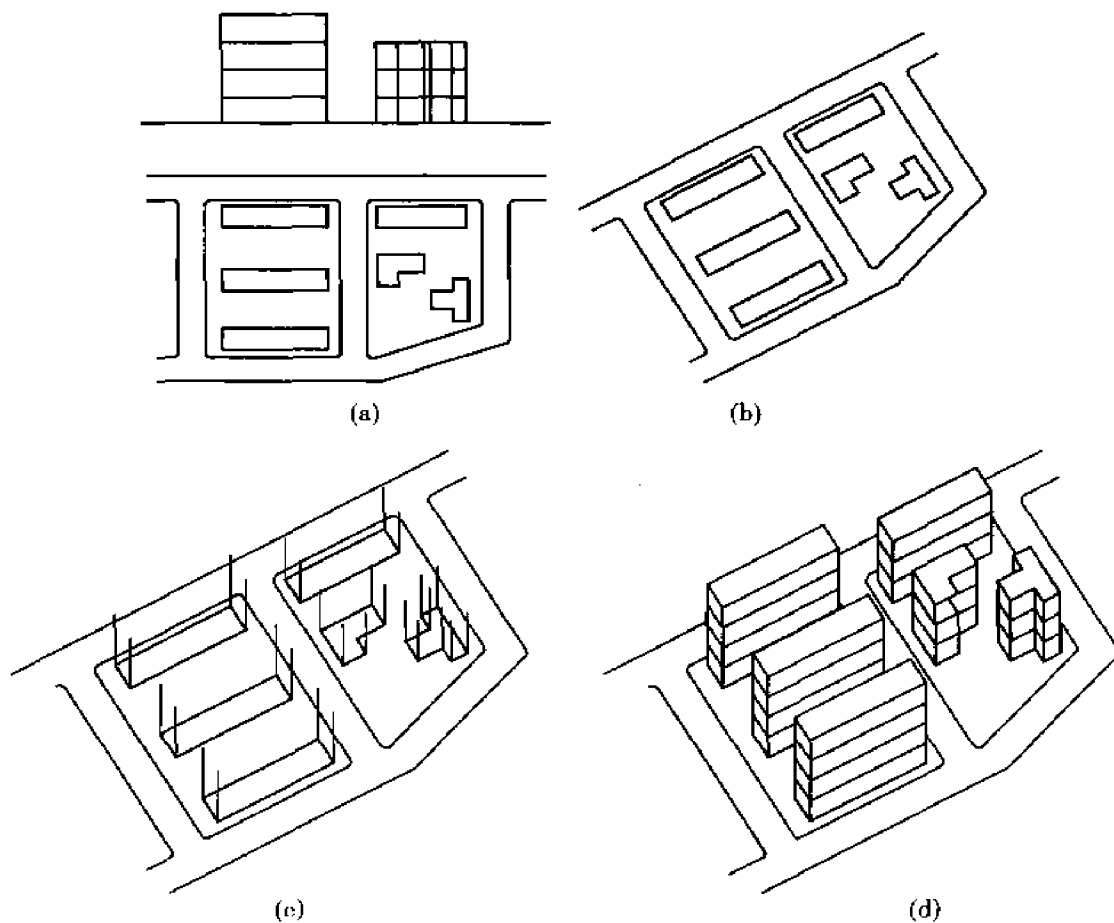


图 9.13 居住小区的鸟瞰图



9.4 圆的轴测图

在平行投影中,当圆所在的平面平行于投影面时,它的投影还是圆,而当圆所在的平面倾斜于投影面时,它的投影就变成椭圆(图 9.14)。圆的轴测图与其外切正四边形轴测图形状密切相关。在轴测投影中,除斜轴测投影有一个面不发生变形外,一般情况下,正四边形的轴测投影都成了平行四边形或菱形,平面上的圆也都成了椭圆。因此,作圆的轴测投影时,通常先作出圆的外切正四边形的轴测投影,当外切正四边形的轴测投影为平行四边形时,可用八点法画椭圆(图 9.15),当外切正四边形的轴测投影为菱形时,可用近似方法(四心法)画椭圆(图 9.16)。

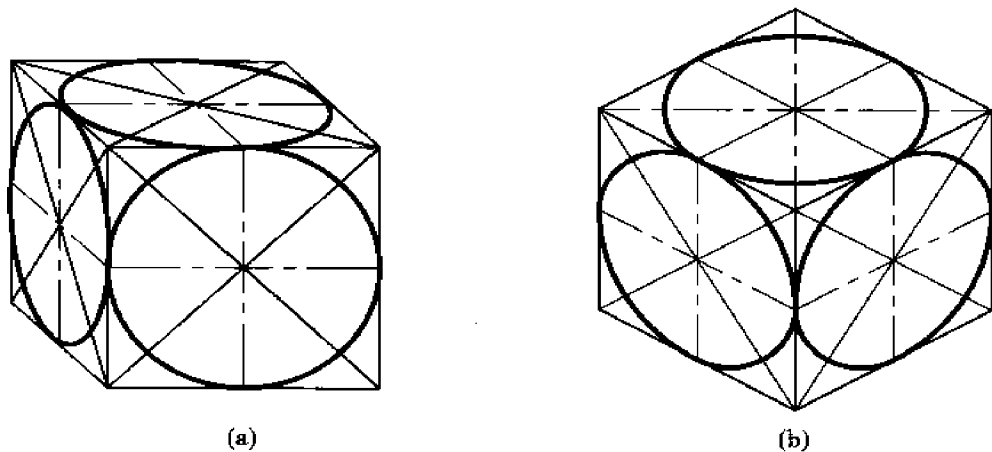


图 9.14 圆的正投影和正轴测投影

9.4.1 八点法作椭圆的方法

(1)根据轴测轴和轴向伸缩系数,先画出圆外切正四边形的轴测图,如图 9.15(b)。图中, a_1c_1 和 b_1d_1 为平面上圆的中心线的轴测投影,端点 a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 即为圆周上的四个点。

(2)以 b_1k_1 为斜边作一等腰直角三角形 $b_1k_1h_1$,以 b_1 为圆心, b_1h_1 长为半径作弧,与该边交于 f_1 、 t_1 两点。分别过 f_1 、 t_1 作 b_1d_1 的平行线与平行四边形的对角线交于四个点,即得圆与对角线的四个交点的轴测图 1、2、3、4,如图 9.15(c)。

(3)用曲线板圆滑连接 a_1 、1、 b_1 、2、 c_1 、3、 d_1 、4 八个点,即得椭圆,如图 9.15(d)。

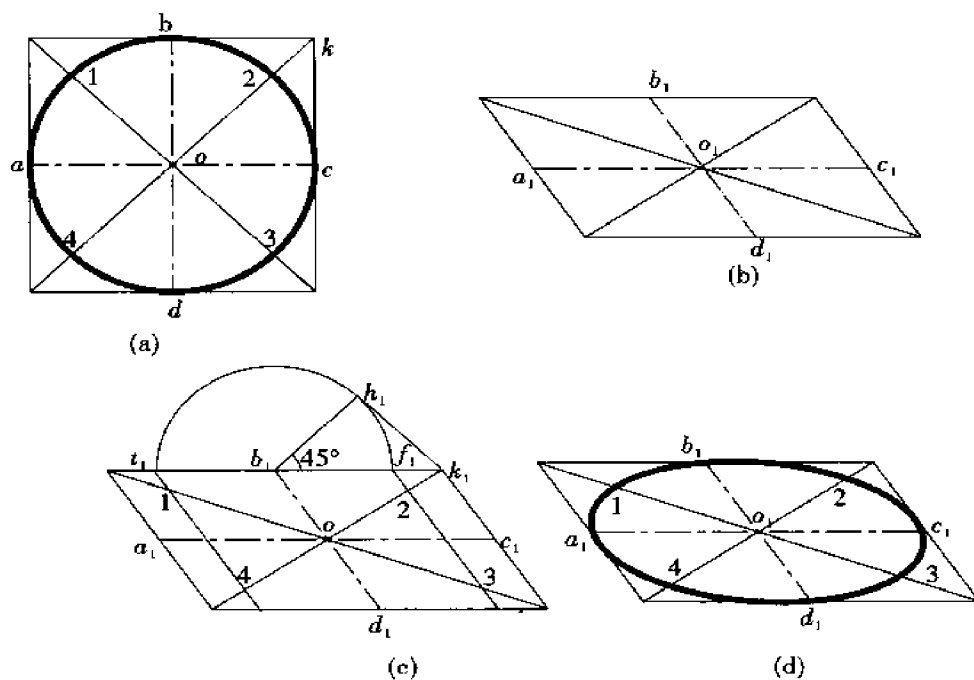


图 9.15 用八点法作椭圆

9.4.2 近似方法作圆的正等测图方法

(1) 画出圆的外切正四边形的正等测图——菱形, 并同时作出两个方向的直径 a_1c_1 及 b_1d_1 , 如图 9.16(b) 所示。

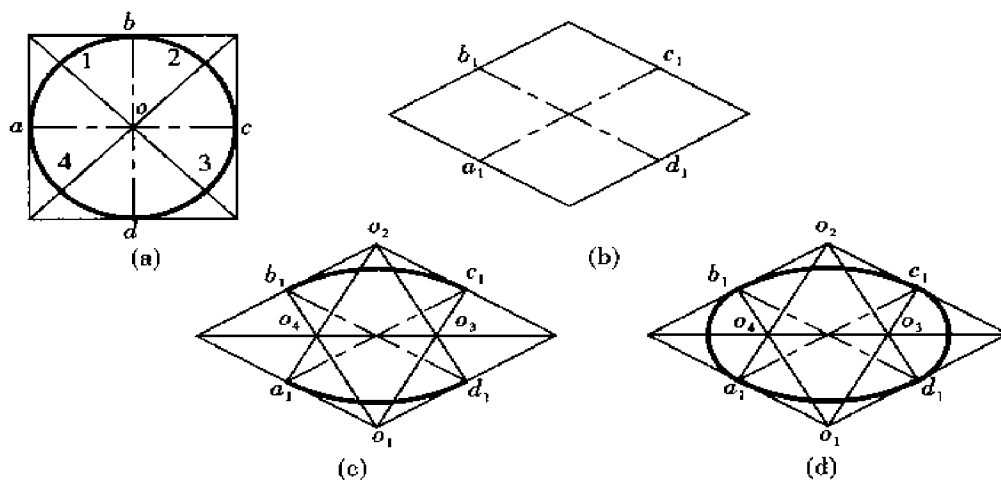


图 9.16 用近似方法作圆的正等测图

(2) 菱形二钝角的顶点为 o_1 和 o_2 , 连 o_1b_1 及 o_1c_1 , 分别交菱形的长对角线于 o_3 和 o_4 ,



得四个圆心 o_1 、 o_2 、 o_3 、 o_4 。

(3) 分别以 o_1 和 o_2 为圆心, 以 o_1b_1 为半径, 作上下两段弧线, 再以 o_3 和 o_4 为圆心, 以 o_3d_1 为半径, 作左右两段弧线, 即得椭圆。

【例 9.5】 已知切口圆柱的二面正投影图, 如图 9.17(a), 求作其正等测图。

解 画圆柱的正等测图, 可先用近似法作出顶面和底面的正等测图, 为两个椭圆, 再作上下两椭圆左右的两条切线。本例中圆柱上部带有切口, 为了作图清楚, 可将切口放于前台, 作图时可先作圆柱正轴测图, 然后再将切口部分画出, 连同底面一共要作出三个位置的圆, 作图步骤如图 9.17 所示。

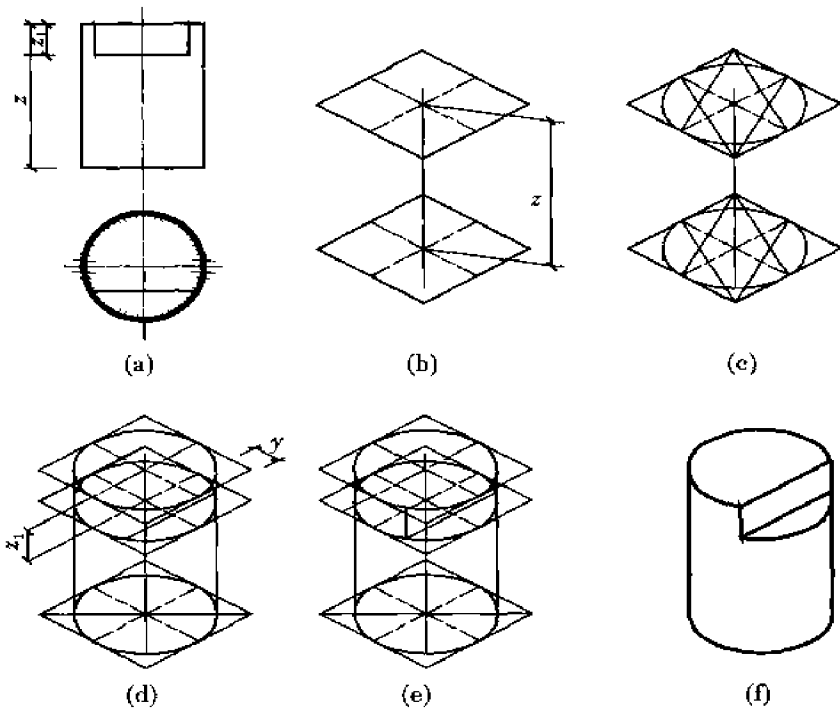


图 9.17 切口圆柱的正等测图画法

【例 9.6】 已知一拱门的二面正投影图, 如图 9.18(a), 求作其正面斜轴测图。

解 从图 9.18(a) 可看出, 形体为正平面, 可令其平行于轴测投影面, 作图时拱的投影仍为半圆弧, 比较方便。作图步骤见图 9.18 所示。

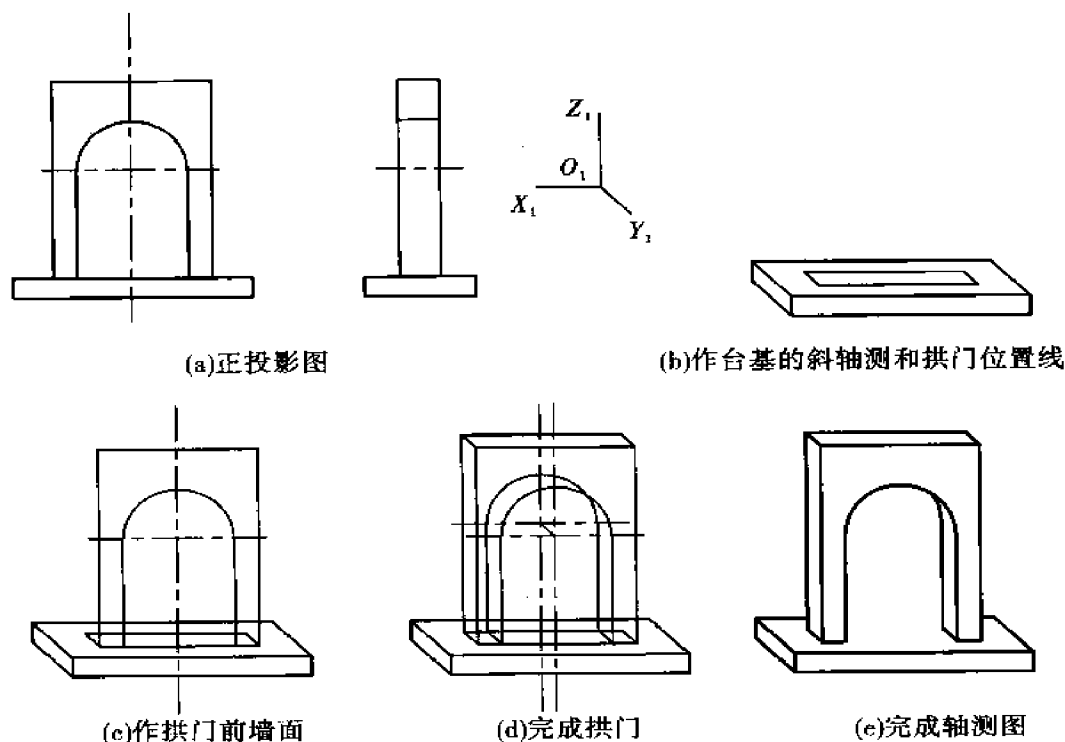


图 9.18 作拱门的正面斜轴测图

9.5 轴测图的选择

前面介绍了正等测、正二测、正面斜轴测和水平斜轴测四种轴测图。这四种轴测图各有如下特点。

从立体感来分析,一般正轴测投影较斜轴测投影立体感好些,特别是正二测比较符合人们观察物体所得的印象,因此采用正二测作图时立体感更强些。

从度量性来分析,正等测和水平斜轴测在三个轴测轴方向尺寸都能直接度量,而正二测和正面斜轴测只能在两个方向直接度量,而在另一个方向必须经过换算。

从作图的难易程度来分析,当形体有一个主要面上具有曲线或复杂的图线,而在其他平面上图形较简单时,采用斜轴测图作图最方便。而对三个方向平面均有圆或圆弧时,采用正等测较方便,而正二测的作图最繁。

在作某一形体的轴测投影图时,究竟采用哪一种轴测图好,应具体情况具体分析,一般应考虑以下几个要求:图形要完整,清晰,具有立体感、作图简便。

从图 9.19 中看出,正等测图不如正二测图表达清楚。从图 9.20 中看出,正面斜轴测不如正等测图富有立体感。

因此,为保证轴测图的效果,应注意以下几方面。

(1) 避免形体转角处的交线投影成为直线。如图 9.19(a)。



(2) 避免形体的隐蔽部分如孔洞被遮挡。如图 9.20(b)。

(3) 避免形体的某些侧面出现积聚成直线的现象。如图 9.21(a)。

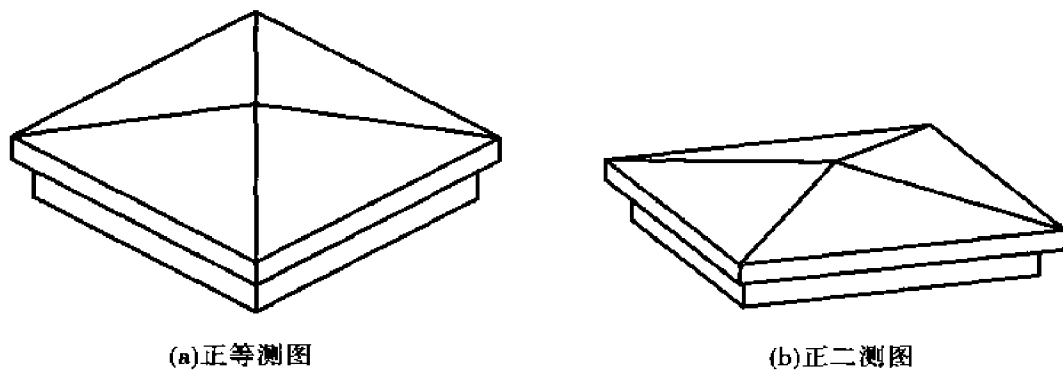


图 9.19 轴测图应避免转角交线投射成直线

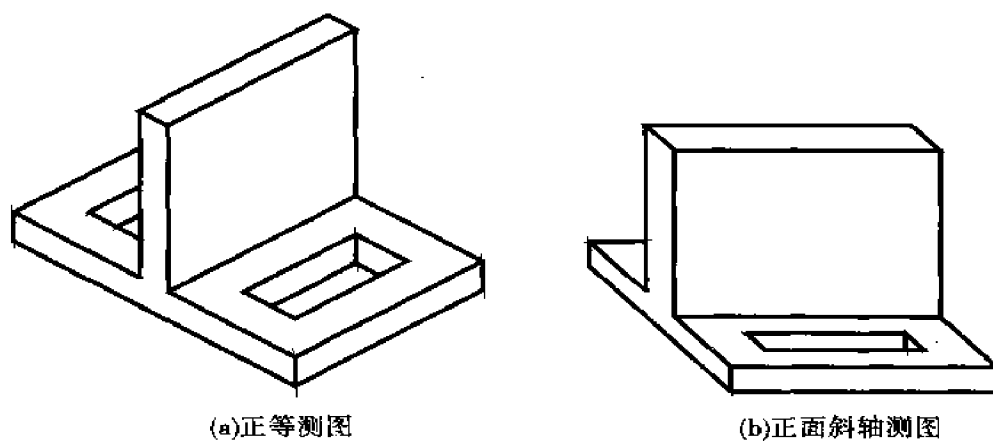


图 9.20 轴测图应避免形体被遮挡

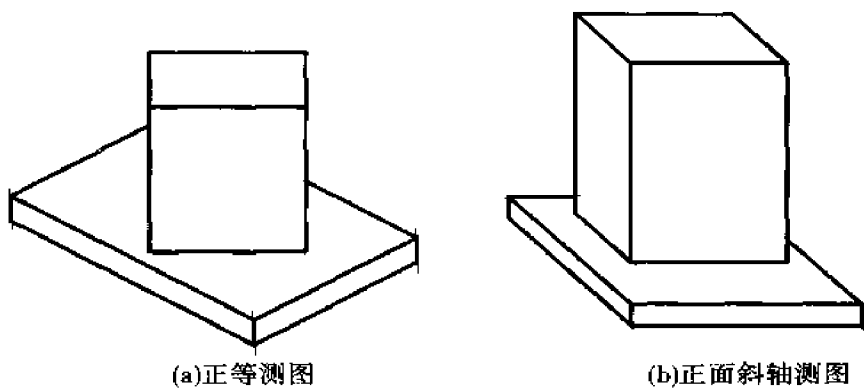


图 9.21 轴测图应避免形体的某些侧面积聚成直线



第 10 章 标高投影

10.1 概述

前面讨论了用两面或三面投影来表达点、线、面和立体,但对一些复杂曲面,这种多面正投影的方法就不很合适。例如,起伏不平的地面很难用它的三面投影来表达清楚。为此,常用一组平行、等距的水平面与地面截交,所得的每条截交线都为水平曲线,其上每一点距某一水平基准面 H 的高度相等,这些水平曲线称为等高线。一组标有高度数字的地形等高线的水平投影,能清楚地表达地面起伏变化的形状。

为表达图 10.1(a)所示的四棱台,若仅仅画出水平投影,则缺少棱台的高度,如果在水平投影中加注出它的上、下底面距某一基面的高度(如下底面为 0.00,上底面为 2.00),则四棱台的形状和大小就可以完全确定,如图 10.1(b)所示。这种用水平投影加注高程数字相结合表示空间形体的方法称为标高投影法,所得到的单面正投影图称为标高投影图。

标高投影图中的基准面一般为水平面,当水平面为海平面时,建筑物或地形等高线相对海平面的高度称为绝对标高或高程,其尺寸单位以米计,一般注到小数点后两位,并且不需注写“m”。标高投影图中还应画出绘图比例尺或给出绘图比例。标高投影为单面投影,但有时也要利用铅垂面上的投影来帮助解决某些问题。

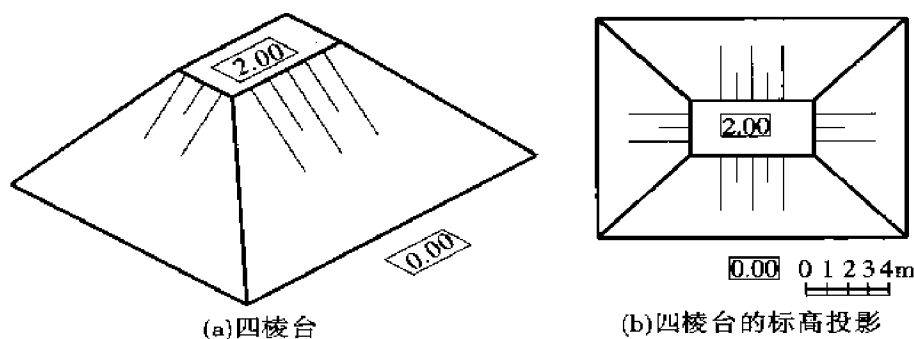


图 10.1 四棱台及其标高投影



10.2 点和直线及平面的标高投影

10.2.1 点

如图 10.2 所示,以水平投影面 H 为基准面,作出空间已知点 A 、 B 在 H 面上的正投影 a 、 b ,并在点 a 、 b 的右下角标注该点距 H 面的高度,所得的水平投影为点 A 、 B 的标高投影图。

在标高投影中,设水平基准面 H 的高程为 0,基准面以上的高程为正,基准面以下的高程为负。在图 10.2(a)中,点 A 的高程为 +4,记为 a_4 ;点 B 的高程为 -3,记为 b_{-3} 。在点的标高投影图中还应画出绘图比例尺,单位为米(m),如图 10.2(b)所示。

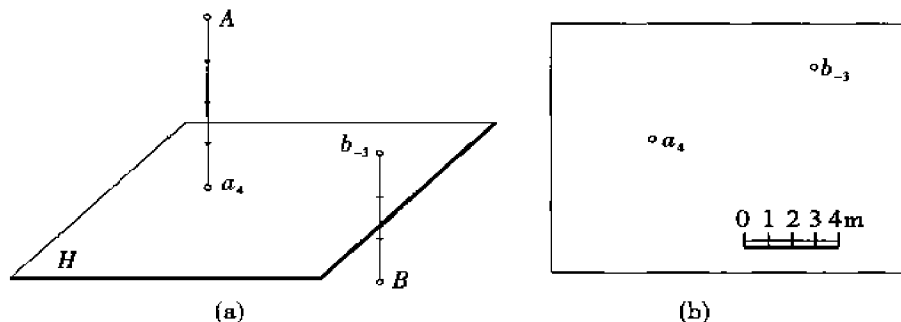


图 10.2 点的标高投影

10.2.2 直线

10.2.2.1 直线的坡度和平距

直线上任意两点的高差(H)与其水平距离(L)之比,称为该直线的坡度,记为 i 。在图 10.3(a),中设直线上点 A 和 B 的高差为 H ,其水平距离为 L ,直线对水平面的倾角为 α ,则直线的坡度为

$$i = \frac{H}{L} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 1:2$$

直线上任意两点 B 和 C 的高差为一个单位时的水平距离,称为该直线的平距,记为 l 。这时,该直线的坡度可表示为

$$i = \frac{1}{l} = 1:l, \text{或平距 } l = \frac{1}{i}$$

例如, $i = 1/2 = 1:2$ 时,其平距 $l = \frac{1}{i} = \frac{1}{1/2} = \frac{2}{1} = 2 \text{ m}$

从上式可知,坡度和平距互为倒数。坡度大,则平距小;坡度小,则平距大。直线坡度的大小是指直线对水平面倾角的大小。例如, $i = 1$ 的坡度大于 $i = 0.5$ 的坡度。

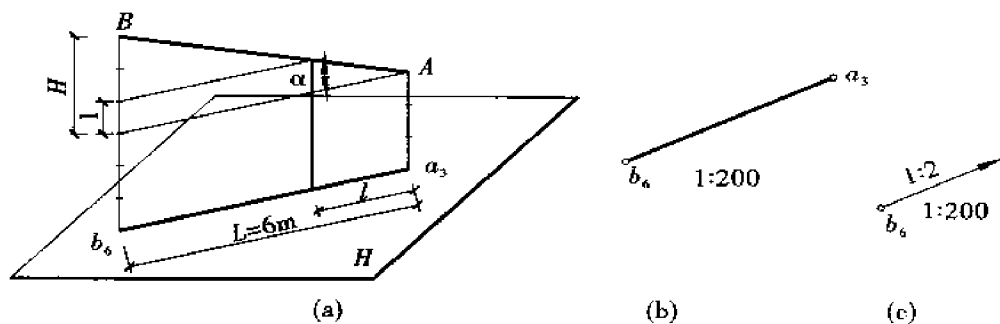


图 10.3 直线的标高投影

10.2.2.2 直线的标高投影表示法

通常用直线上两点的标高投影来表示该直线,例如在图 10.3(b)中,把直线上点 A 和 B 的标高投影 a_3 和 b_6 连成直线,即为直线 AB 的标高投影。

当已知直线上一点 B 和直线的方向时,也可以用点 B 的标高投影 b_6 和直线的坡度 $i = 1:2$ 来表示直线,并规定直线上表示坡度方向的箭头指向下坡,如图 10.3(c)所示。

10.2.2.3 直线上的点

直线上的点有两类问题需要求解,一是推算直线上已知位置点的高程;二是在已知直线上定出任意高程点的位置。

【例 10.1】 已知直线 AB 的标高投影 a_3b_7 和直线上点 C 到点 A 的水平距离 $L = 3\text{ m}$, 如图 10.4(a)所示;试求直线 AB 的坡度 i 、平距 l 和点 C 的高程。

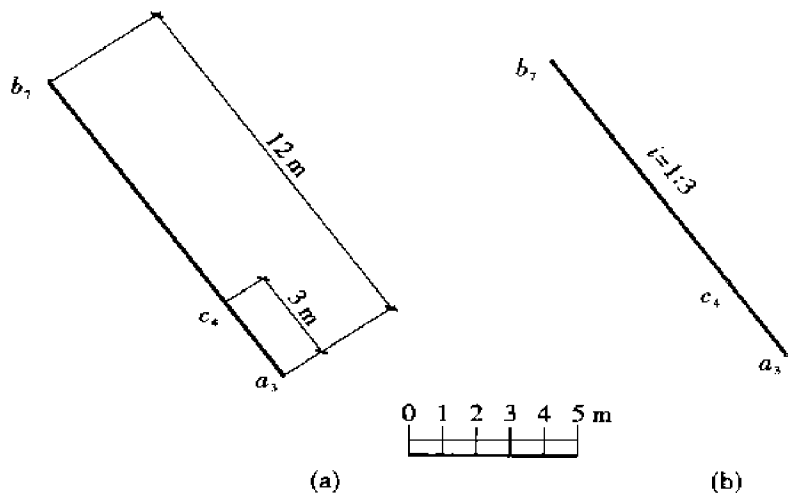


图 10.4 求作直线上一一点的高程

解 根据图 10.4 中所给出的绘图比例尺,在图中量得点 a_3 和 b_7 之间的距离为 12 m , 于是可求得直线的坡度。



$$i = \frac{H}{L} = \frac{7-3}{12} = \frac{1}{3}$$

由此可求得直线的平距

$$l = \frac{1}{i} = \frac{3}{1} = 3 \text{ m}$$

又因为点 C 到 A 的水平距离 $L_{AC} = 3 \text{ m}$, 所以点 C 和 A 的高差

$$H_{AC} = iL_{AC} = \frac{1}{3} \times 3 = 1 \text{ m}$$

由此可求得点 C 的高程

$$H_C = H_A + H_{AC} = 3 + 1 = 4 \text{ m}$$

记为 c_4 , 如图 10.4 所示。

【例 10.2】 已知直线 AB 的标高投影为 $a_{11.5} b_{6.2}$, 求作 AB 上各整数标高点(图 10.5)。

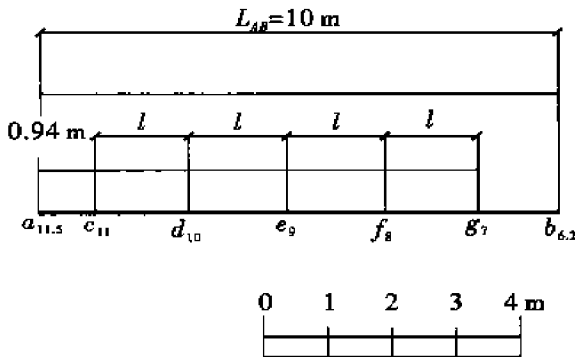


图 10.5 求作直线上的整数标高点

解 标高投影中直线上的整数标高点可利用计算法或图解法求得。

(1) 计算法 根据已给的作图比例尺在图 10.5 中量得 $L_{AB} = 10 \text{ m}$, 可计算出坡度

$$i = \frac{H_{AB}}{L_{AB}} = \frac{11.5 - 6.2}{10} = \frac{5.3}{10} = 0.53$$

由此可计算出平距

$$l = \frac{1}{i} = 1.88 \text{ m}$$

点 $a_{11.5}$ 到第一个整数标高点 c_{11} 的水平距离应为

$$L_{AC} = \frac{H_{AC}}{i} = \frac{11.5 - 11}{0.53} = 0.94 \text{ m}$$

用图 10.5 中的绘图比例尺在直线 $a_{11.5} b_{6.2}$ 上自点 $a_{11.5}$ 量取 $L_{AC} = 0.94 \text{ m}$, 便得点 c_{11} 。以后的各整数标高点 d_{10} 、 e_9 、 f_8 、 g_7 间的平距均为 $l = 1.88 \text{ m}$ 。

(2) 图解法 也可利用作比例线段的方法作出已知直线标高投影上各整数标高点。图 10.6(a) 为用一组等距的平行线进行图解; 图 10.6(b) 为用相似三角形方法进行图解, 图中过点 $b_{6.2}$ 所引的直线为任意方向。

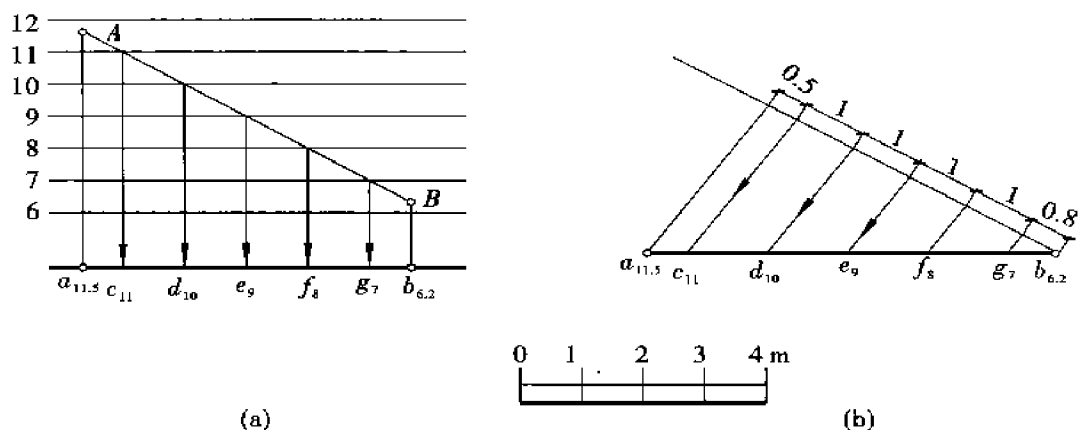


图 10.6 图解法求作直线上整数标高点

10.2.3 平面

10.2.3.1 平面上的等高线和坡度线

平面上的等高线就是平面上的水平线,也就是该平面与水平面的交线。平面上的各等高线互相平行,并且各等高线间的高差与水平距离成同一比例。当各等高线的高差相等时,它们的水平距离也相等,如图 10.7(a)所示。

平面上的坡度线就是该平面上对水平面的最大斜度线,它的坡度代表了该平面的坡度。平面上的坡度线与等高线互相垂直,它们的标高投影也互相垂直,如图 10.7(b)所示。

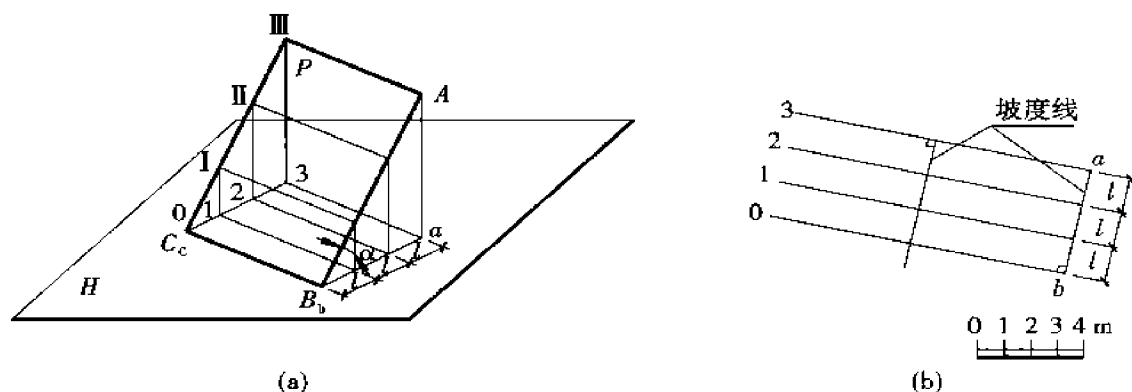


图 10.7 平面上的等高线和坡度线

10.2.3.2 平面的标高投影表示法

(1)用一组高差相等的等高线表示平面 图 10.8 表示用高差为 1、标高从 0 到 4 的一组等高线表示平面,从图可知,平面的倾斜方向和平面的坡度都是确定的。

(2)用坡度线表示平面 图 10.9 给出了三种方式:①用带有标高数字(刻度)的一条



直线表示平面,该条带刻度的直线也称为坡度比例尺,它既确定了平面的倾斜方向,也确定了平面的坡度;②用平面上一条等高线和平面的坡度表示平面;③用平面上一条等高线和一组间距相等、长短相间的示坡线表示平面。示坡线应从等高线画起,指向下坡。示坡线上应注明平面的坡度。

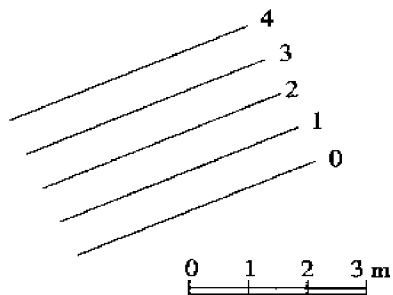


图 10.8 用一组等高线表示平面

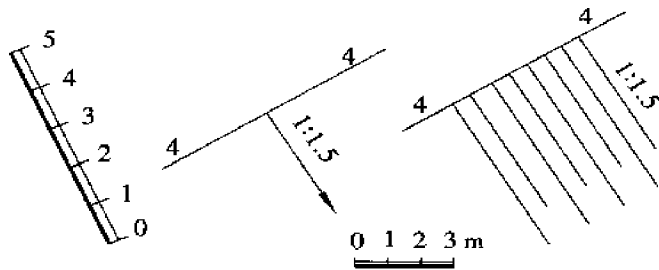


图 10.9 用坡度线表示平面

(3)用平面上一条倾斜直线和平面的坡度表示平面 在图 10.10 中画出了平面上一条倾斜直线的标高投影 ab 。因为平面上的坡度线不垂直于该平面上的倾斜直线,所以在平面的标高投影中坡度线不垂直于倾斜直线的标高投影 ab ,把它画成带箭头的弯折线,箭头仍指向下坡。

(4)用平面上三个带有标高数字的点表示平面 给出了平面上三个带有标高数字的点,假如用直线连接各点,则为三角形平面的标高投影。

(5)水平面标高的标注形式 在标高投影图中,水平面的标高,可用等腰直角三角形标注,如图 10.11(a)所示;也可用标高数字外画细实线矩形框标注,如图 10.11(b)所示。本章统一采用图 10.11(b)所示的标注形式。

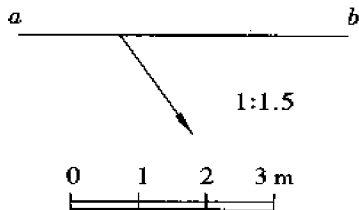


图 10.10 用倾斜线和坡度表示平面

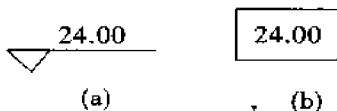


图 10.11 水平面标高的标注形式

10.2.3.3 作平面上的等高线

【例 10.3】已知平面用三个带有标高数字的点 $a_1, b_{8.3}, c_5$ 表示,如图 10.12(a)所示;试求作该平面上的整数标高的等高线和平面的坡度。

解 用直线连接 $a_1, b_{8.3}, c_5$ 三个点,成为一个三角形平面,如图 10.12(b)所示,将两端高差数字较大的一条边 $a_1 b_{8.3}$ 用图 10.6(b)的方法,求得直线 $a_1 b_{8.3}$ 上的整数标高点 2、3、...、8,并将其上的整数标高点 5 与点 c_5 相连,即作得平面上标高为 5 的等高线,由此可得到平面上其余各条整数标高的等高线。过点 $b_{8.3}$ 作直线垂直于等高线,该直线 $b_{8.3} d_4$



即为平面上的坡度线。根据已知的绘图比例尺量取直线 $b_{8.3}d_4$ 的长度 $L_{BD} = 4 \text{ m}$, 于是可得到平面的坡度

$$i_{\text{平面}} = \frac{H_{BD}}{L_{BD}} = \frac{8.3 - 4}{4} = 1.075$$

因为平距 $l = \frac{1}{i} = \frac{1}{1.075} = 0.93$, 所以平面的坡度也可写为 $i = 1:0.93$ 。

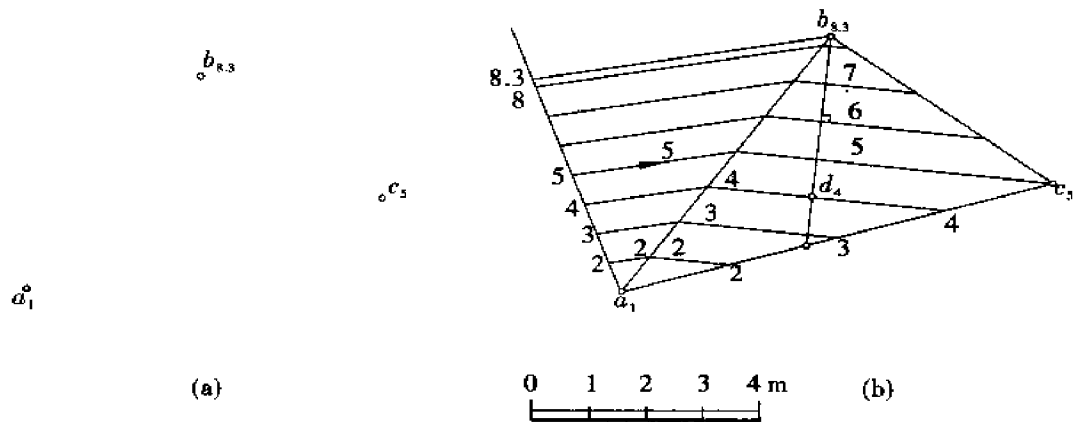


图 10.12 求作平面上整数标高的等高线

【例 10.4】 求作图 10.13(a)所示平面上高程为 0 m 的等高线。

解 由于已知直线 AB 不是平面上的等高线, 所以该平面坡度线的准确方向未知。但高程为 0 m 的等高线必通过点 b_0 , 且距点 a_4 的水平距离应为

$$L_{AB} = \frac{H_{AB}}{i} = \frac{4 - 0}{1/0.5} = 2 \text{ m}$$

在图 10.13(b)中以点 a_4 为圆心, 以 $L_{AB} = 2 \text{ m}$ 为半径画圆。再自点 b_0 引圆的切线, 切线可作两条, 根据画有箭头表示坡向的弯折示坡线, 确定其中的一条切线, 则切点 c_0 到点 a_4 的距离为 2 m。点 C 的标高为 0, 记为 c_0 。直线 b_0c_0 为所求。

此解题方法可以理解为, 以高程为 4 m 的点 A 为锥顶, 底圆半径为 2 m, 素线坡度为 $1:0.5$ 作一正圆锥面, 高程为 0 m 的等高线与底圆相切, 平面 ABC 与该圆锥面相切, 切线 AC 就是平面的坡度线, 如图 10.13(c) 所示。

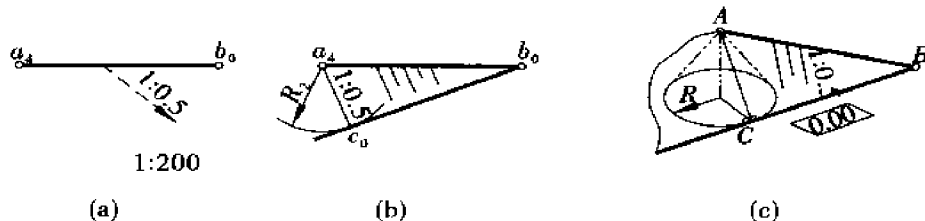


图 10.13 用倾斜线表示平面时等高线的作法



10.2.3.4 平面交线的标高投影

在标高投影中,两平面(或曲面)的交线,就是两平面(或曲面)上两对相同标高的等高线相交后所得交点的连线,如图 10.14 所示。

在工程中,相邻两坡面的交线称为坡面交线,坡面与地面的交线称为坡脚线(填方坡面)或开挖线(挖方坡面)。

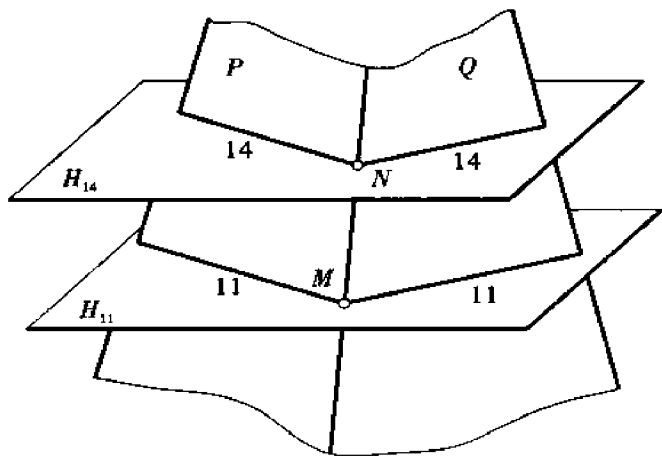


图 10.14 两平面交线的求法

【例 10.5】 在高程为 2 m 的地面上挖一基坑,坑底高程为 -2 m,坑底的大小、形状和各坡面的坡度如图 10.15(a)所示,求开挖线和坡面交线。

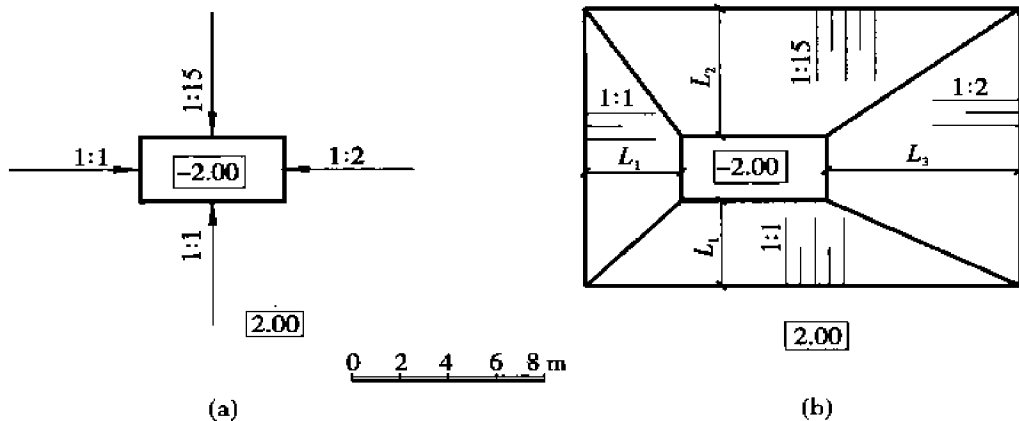


图 10.15 求作基坑开挖线和坡面交线

解 如图 10.15(b)所示。

(1) 求开挖线:地面高程为 2 m,因此开挖线就是各坡面上高程为 2 m 的等高线,它们分别与相应的坑底边线平行,其水平距离可根据各坡面的坡度计算得到,即



$$L_1 = \frac{H}{i_1} = \frac{4}{1/1} = 4 \text{ m}, L_2 = \frac{H}{i_2} = \frac{4}{1/1.5} = 6 \text{ m}, L_3 = \frac{H}{i_3} = \frac{4}{1/2} = 8 \text{ m}$$

(2) 求坡面交线: 分别连接相邻两坡面相同高程等高线的交点, 即得到四条坡面交线。

(3) 画出各坡面的示坡线: 用细实线画出部分示坡线, 它们与等高线垂直, 且从标高大的等高线画向标高小的等高线(指向下坡)。

从图 10.15(b) 可以看出, 当相邻两坡面的坡度相同时, 其坡面交线是两坡面上相同高程等高线夹角的角平分线。

【例 10.6】 如图 10.16(a) 所示, 在高程为 0 m 的地面上修建一平台, 平台顶面高程为 4 m, 有一斜坡道通向平台顶面, 平台坡面和斜坡道两侧的坡面坡度均为 1:1, 试画出其坡脚线和坡面交线。

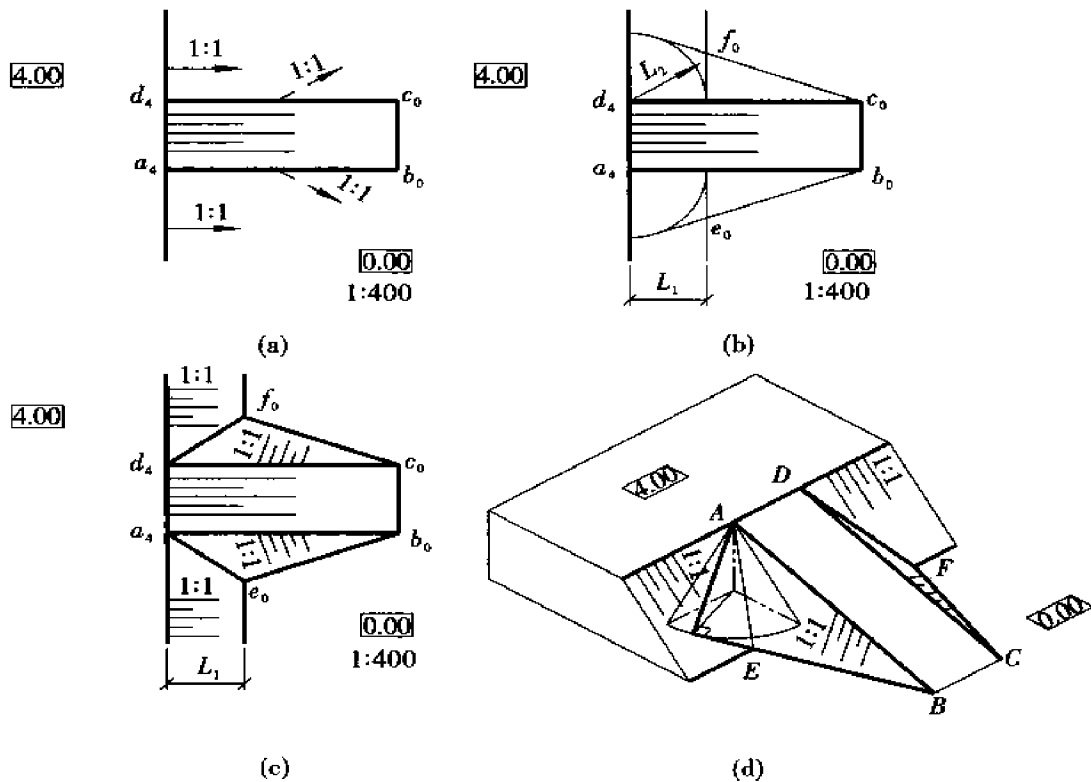


图 10.16 斜坡道的坡脚线和坡面交线

解

(1) 求坡脚线: 如图 10.16(b)、(d) 所示, 地面高程为 0 m, 因此各坡面的坡脚线就是各坡面上高程为 0 m 的等高线。平台坡面的坡脚线与平台顶面边线 a_4d_4 平行, 水平距离为:

$$L_1 = \frac{H}{i} = \frac{4-0}{1/1} = 4 \text{ m}$$



斜坡道两侧坡面的坡脚线求法与图 10.13 相同:分别以 a_4 、 d_4 为圆心, $L_1 = 4\text{ m}$ 为半径画圆弧,再自 b_0 、 c_0 分别作此二圆弧的切线,即为斜坡道两侧坡面的坡脚线,如图 10.16(d)所示。

(2)求坡面交线:如图 10.16(c)所示,连接 a_4e_0 和 d_4f_0 ,就是所求的坡面交线。

(3)画示坡线:斜坡道两侧坡面的示坡线,应分别垂直与坡面上的等高线 b_0e_0 和 c_0f_0 ,如图 10.16(c)所示。

10.3 曲面和地形面的标高投影

10.3.1 正圆锥面

如图 10.17 所示,当正圆锥面的轴线垂直于水平面时,其标高投影通常用一组注上高程数字的同心圆(圆锥面的等高线)表示。锥面坡度愈陡,等高线愈密;锥面坡度愈缓,等高线愈疏。显然,当圆锥正放(锥顶朝上)时,等高线的标高值愈大,则圆的直径愈小,如图 10.17 所示。当圆锥倒放时,等高线的标高值愈大,则圆的直径也愈大。

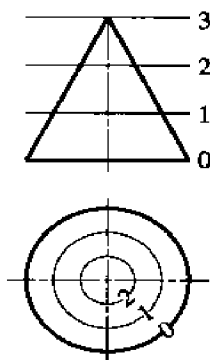


图 10.17 正圆锥面的标高投影

在渠道、道路等护坡工程中,常将转弯坡面做成圆锥面,以保证在转弯处坡面的坡度不变,如图 10.18 所示。

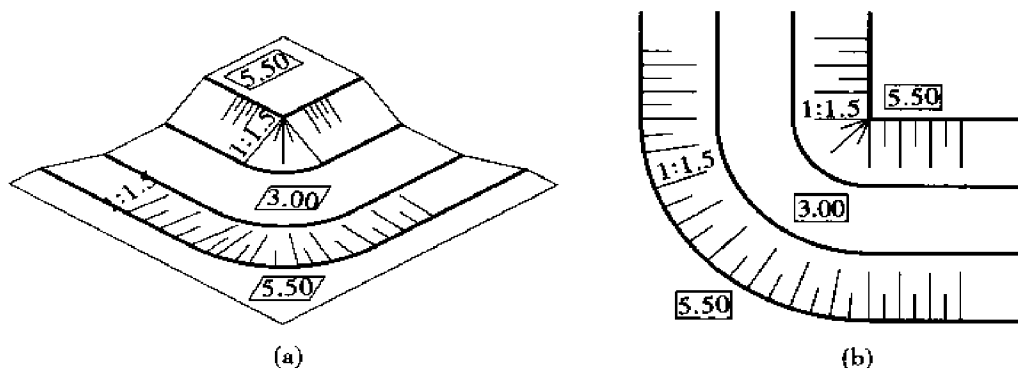


图 10.18 河渠的转弯边坡

【例 10.7】 在高程为 2 m 的地面上筑一高程为 6 m 的平台,平台顶面的形状及坡面坡度如图 10.19(a)所示,求坡脚线和坡面交线。

解 如图 10.19(b)、(c)所示。

(1)求坡脚线:地面高程为 2 m ,因此各坡面的坡脚线是各坡面上高程为 2 m 的等高线。平台左、右两边的边坡是平面坡面,其坡脚线是直线,并且与平台顶面边线平行,水平



距离为:

$$L = \frac{H}{i} = \frac{6-2}{1/1} = 4 \text{ m}$$

平台顶面中部边线为半圆,其边坡是圆锥面,所以坡脚线与平台顶半圆是同心圆,其半径为:

$$R = r + L = r + \frac{H}{i} = r + \frac{6-2}{1/0.6} = r + 2.4 \text{ m}$$

(2)求坡面交线:坡面交线是由平台左、右两边的边坡和中部圆锥面相交产生的,因两边平面边坡的坡度小于圆锥面的坡度,所以坡面交线是两段椭圆弧。 a_6 、 b_6 和 c_2 、 d_2 分别是两条坡面交线的端点。为了求作交线的中间点,在平台两边边坡面和中部圆锥面上,分别求出高程为5,4,3 m的等高线。两边平面坡面上的等高线为一组平行直线,它们的水平距离为1 m;圆锥面上的等高线为一组同心圆,其半径差为0.6 m。相邻面上相同高程等高线的交点就是所求交线上的点。用光滑曲线分别连接这些点,就可得到坡面交线。

(3)画出各坡面的示坡线:圆锥面上的各示坡线应通过圆心(锥顶)。

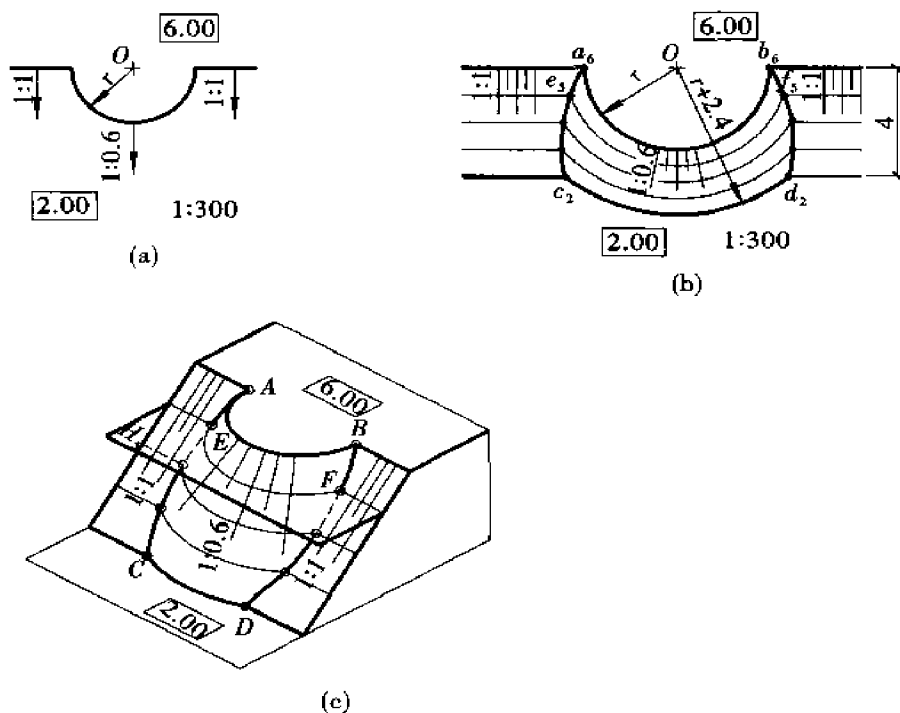


图 10.19 圆锥坡面的坡脚线和坡面交线

10.3.2 同坡曲面

当正圆锥的轴线始终垂直于水平面,锥顶角不变,锥顶沿着一空间曲导线 AB 运动所产生的包络面,称为同坡曲面,如图10.20所示。同坡曲面与圆锥面的切线是这两个表面上的共有坡度线,在土建工程中山区弯曲盘旋道路、弯曲的土堤斜道等的两侧的坡面,往



往为同坡曲面,如图 10.20(a)所示。

如图 10.20(b)所示,同坡曲面上的等高线与圆锥面上的同高程等高线一定相切,切点在同坡曲面与圆锥面的切线上。作同坡曲面上的等高线就是作圆锥面等高线的包络线。

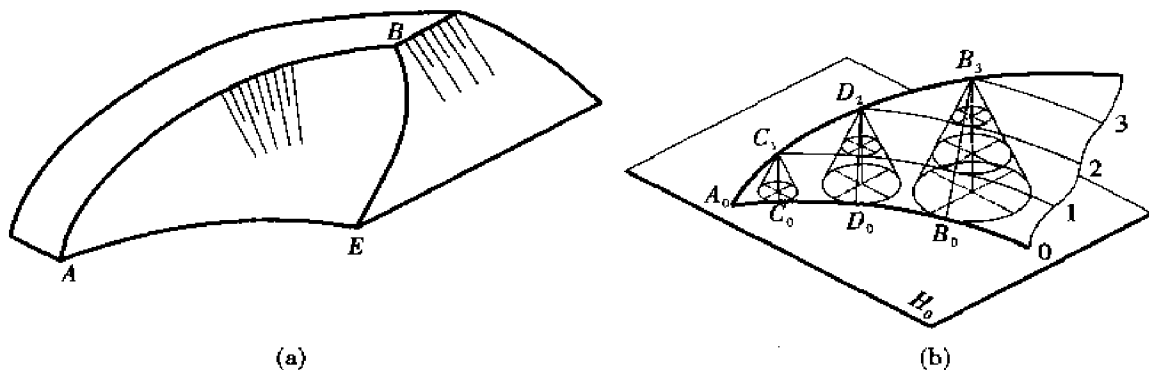


图 10.20 同坡曲面的形成及工程应用

【例 10.8】 如图 10.21(a)所示,在高程为 0 m 的地面上修建一段弯道,弯道路面两侧边线为空间曲线,其水平投影为两段同心圆弧,路面高程自 0 m 到 3 m,两侧坡面及端部坡面坡度均为 1:0.5,试求坡脚线及坡面交线。

解 如图 10.21(b)所示。

(1) 求坡脚线 弯道顶端边线是直线,坡面为平面,坡脚线 I II 与 b_3 边线平行,水平距离 $L = \frac{H}{i} = \frac{3-0}{1/0.5} = 1.5 \text{ m}$ 。

弯道两侧边线是空间曲线,其两侧坡面是同坡曲面。在同坡曲面上,当等高线之间的高差为 1 m 时,平距 $l = \frac{1}{i} = \frac{1}{1/0.5} = 0.5 \text{ m}$ 。分别以 c_1 、 d_2 、 b_3 为圆心, l 、 $2l$ 、 $3l$ 为半径作圆弧,自 a_0 作曲线与这些圆弧相切,即得到弯道内侧同坡曲面的坡脚线。

为了延长同坡曲面的坡脚线,使其与端部坡脚线 I II 相交,可顺延路面边线到 e_4 ,使 $b_3e_4 = b_3d_2$,再以 e_4 为圆心, $4l$ 为半径画圆弧,然后延长同坡曲面的坡脚线与该圆弧相切,便得到两坡脚线的交点 II。同样方法可求得弯道外侧的坡脚线。

(2) 求坡面交线 弯道顶部边坡与两侧同坡曲面相交,交线是两段平面曲线。分别求出弯道顶部坡面和两侧同坡曲面上高程为 1 m、2 m 的等高线,把相同高程等高线的交点连成光滑曲线,就可作出坡面交线。

(3) 画出各坡面上的示坡线。

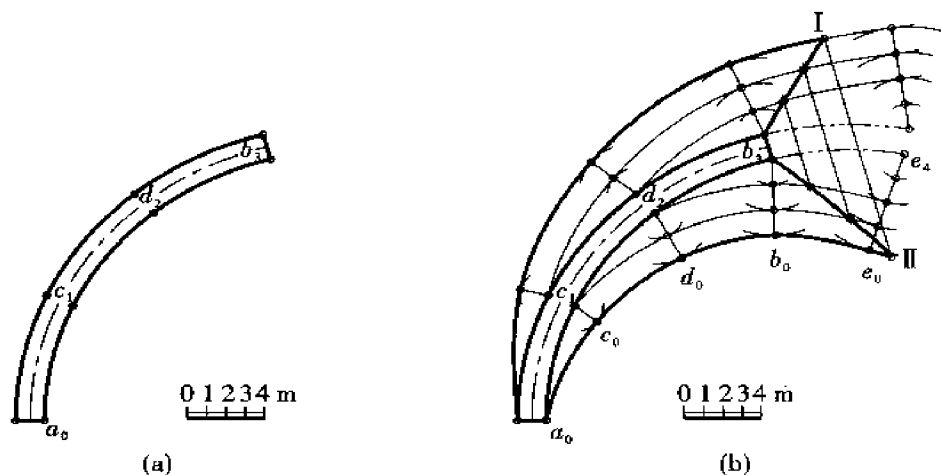


图 10.21 作同坡曲面的坡脚线和坡面交线

10.3.3 地形面

10.3.3.1 地形平面图

在前面讲述标高投影法概念中已介绍了用标高数字的地形等高线的水平投影表示复杂地形曲面,地形面的标高投影图称为地形平面图。通过阅读地形平面图可以较全面了解该区域地形起伏变化的情况。在图 10.22 的地形平面图中可了解左侧为山包,高程为 19,中部为山谷。从等高线 12、13 的形状可知,山谷中水流从图的上方流向下。在地形平面图中,相邻等高线间距小的地方表示该处地势较陡,反之则表示该处地势较缓,如图 10.22 表明该区域地形总体情况是左边地势较陡,右边地势较缓。地形平面图中应有绘图比例尺,或注明绘图所用的比例。

10.3.3.2 地形断面图

为了表达地形平面图中沿某一条线(直线或曲线)的地形起伏情况或为了图解的需要,可通过该线作剖切(剖切面为铅垂面),画出相应的地形断面图。例如沿大坝轴线的地形断面图,沿某段铁路或隧道中心线的地形断面图等。

作地形断面图的方法:在图 10.22 的地形平面图中画出剖切位置线 $A-A$,它与地形等高线交于点 a_{19} 、 b_{19} 、 \cdots 、 c_{15} 、 \cdots 、 d_{12} 、 e_{12} 、 \cdots 、 f_{15} ,这些点之间的距离反映了相邻等高线在剖切位置线上的疏、密情况。在地形平面图上方(或下方)作一高度方向的比例尺,该比例尺可以与地形平面图的比例尺相同,也可以不相同,在图 10.22 中采取相同的比例尺。过交点 a_{19} 、 b_{19} 、 \cdots 、 f_{15} 作竖直线,与高度比例尺上相应标高的水平线交于点 a' 、 b' 、 \cdots 、 f' ,徒手把这些点连成光滑曲线,画出部分材料图例(图中为天然土壤图例),并注写图名 $A-A$,即为地形断面图。作图时只要保持交点 a_{19} 、 b_{19} 、 \cdots 、 f_{15} 之间的水平距离不变,断面图可以画在图纸中任意合适的位置。

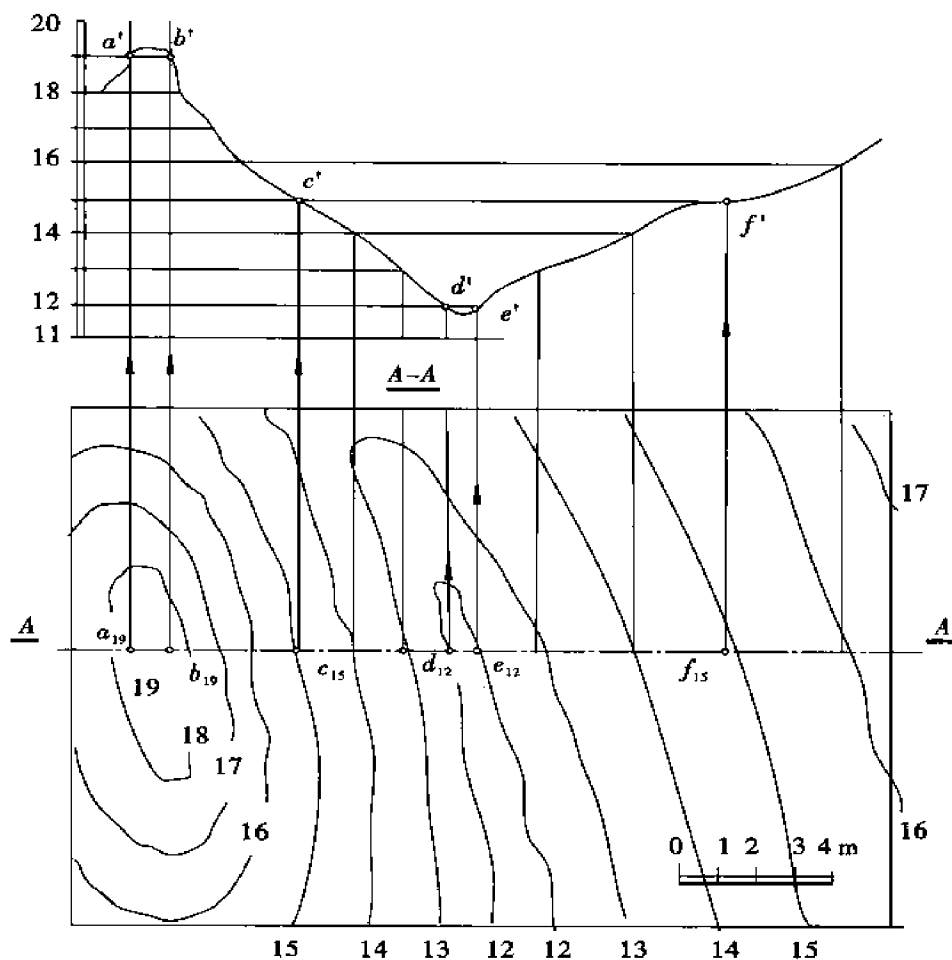


图 10.22 地形平面图和断面图

10.4 标高投影的应用实例

工程图样中常常需要求解土石方工程中的坡脚线(开挖线)和坡面交线,以便在图样中表达坡面的空间位置、坡面间的相互关系和坡面的范围,或在工程造价预算中对挖(填)土方量进行估算。

建筑物的坡面有平面,也有曲面,地面有水平地面或不规则地形面,因此坡脚线(开挖线)和坡面交线呈直线或规则、不规则曲线,求解的方法都是用水平面作辅助面,求相交两个面的相同高程等高线的交点,以直线或曲线连接。

10.4.1 分析方法

坡脚线(开挖线)都是由建筑物边坡与地面相交产生的,因此通常情况下,建筑物的一条边线就会产生一个边坡,也就会有一条坡脚线或开挖线(个别坡脚线或开挖线会被



其他边坡遮挡)。

一般情况下,建筑物边线为直线,坡面为平面;边线为圆弧,坡面为圆锥面;边线为空间曲线,坡面为同坡曲面。

10.4.2 作图的一般步骤

(1) 依据坡度,定出开挖或填方坡面上坡度线的若干高程点(若坡面与地形面相交,高程点的高程一般取与已知地形等高线相对应);

(2) 过所求高程点作等高线(等高线的类型由坡面性质确定);

(3) 找出相交两坡面(包括开挖坡面、填方坡面、地形面)上同高程等高线的交点;

(4) 依次连接各交点(连线的类型由相交两坡面的坡面性质确定);

(5) 画出坡面上的示坡线。

【例 10.9】如图 10.23 所示,在一斜坡地面上修建一高程为 27 m 的平台,斜坡地面用一组地形等高线表示。平台填筑坡面坡度均为 1:1,开挖坡面的坡度均为 1:0.5,求填挖坡面的边界线和坡面间的交线。

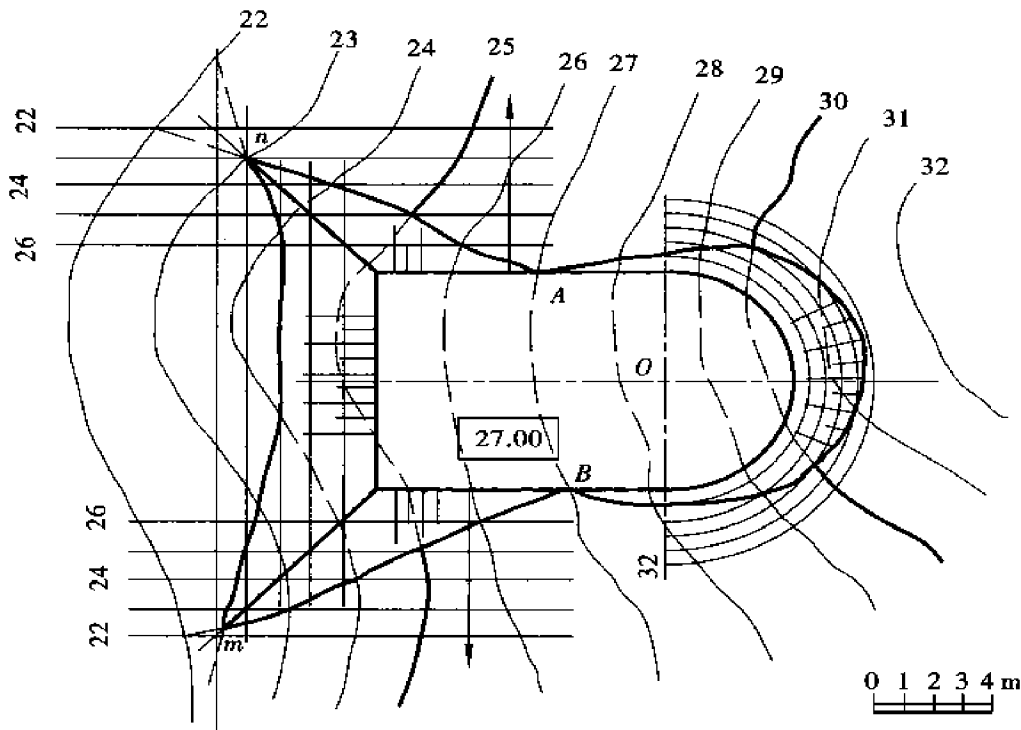


图 10.23 求作平台坡面与地面的交线

分析与作图:从地形等高线可以看出,地形自右向左倾斜,平台面的高程为 27 m,平台各侧面必有一部分为开挖坡,一部分为填方坡,开挖坡与填方坡的分界点为平台面的边界与地面的交点,即图中 a 、 b 两点。那么以 a 、 b 为分界点,左半部分有三个填方坡,坡度为 1:1;右半部分为挖方坡,坡度为 1:0.5。



作图时,首先求各边坡的平距,并作出高差为 1 的等高线,需要注意:右侧坡面为倒置半圆锥坡面,等高线是一组同心圆,圆心为 O 点。

再利用求相同高程等高线的交点的作图原理,求各边坡与地面的交线、相邻边坡间的交线,并连线。应注意:边坡与地面的交线与相邻边坡间的交线应“三面共点”,如图中的点 m 、 n 。

10.4.3 断面法作坡边线

在工程中断面法作坡边线应用较广泛,一是作图原理简单、直观;二是通过已作出的断面可确定断面的面积。根据相邻两断面的间距,还可计算出开挖或填筑的体积(即工程量)。下面,举例说明利用地形断面图求作坡边线的方法。

【例 10.10】 已知带有弯道的标高为 25.00 的水平道路,两侧开挖坡面的坡度为 1:1,填筑坡面的坡度为 1:1.5,路宽为 8 m,道路的标准断面如图 10.24 所示。试求作坡脚线和开挖线。

解 从图 10.24(a)可看出,地形等高线与道路边线接近于平行,若通过作两侧坡面的等高线来求开挖线,则较困难。在这种情形下,利用断面法作开挖线较为方便。作图步骤如下。

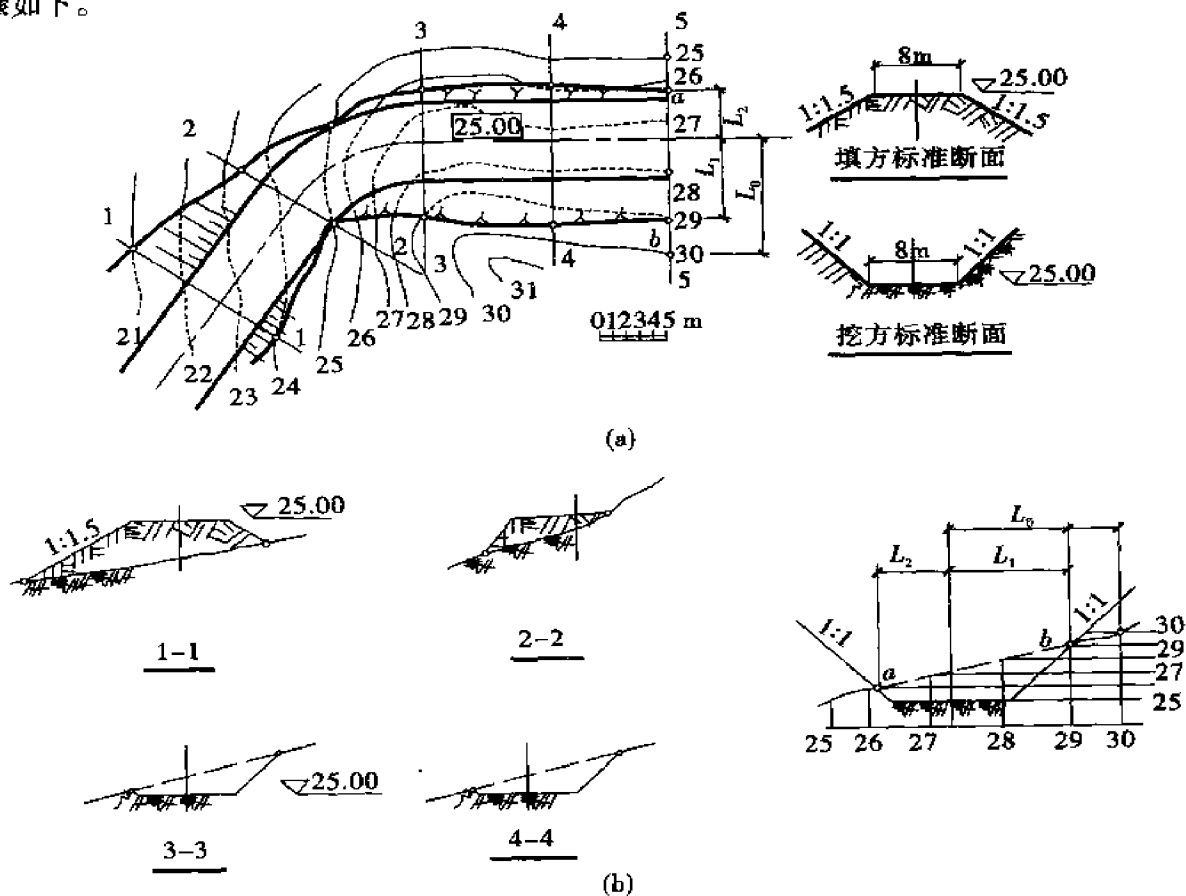


图 10.24 断面法求作坡边线



(1) 在已知的地形平面图中作了五个断面位置线, 它们的间距可以相等, 也可根据地形起伏变化情况不相等, 其中断面 2 和 3 的剖切位置线相交于弯道的圆心, 如图 10.24(a) 所示。

(2) 过每条断面位置线作相应的地形断面。以断面 5 为例, 剖切位置线与地形等高线交于点 25、26、…、30, 保持各点间距不变, 移到图纸右边且放成水平位置, 如图 10.24(b) 所示。过这些交点作竖直线, 与高度比例尺上相应标高的水平线相交, 用光滑曲线徒手连接, 即得地形断面图 5-5。请注意, 作地形断面图时应同时作出道路中心线的位置, 如图 10.24 中距离 L_0 所示。

(3) 作开挖(或填筑)断面。根据道路中心线, 道路宽度、坡面的坡度和路面标高 25.00, 可在地形断面图 5-5 中画出开挖的道路断面, 两侧 1:1 的斜线与地形断面交于点 a 和 b , 即为开挖线上的点, 如图 10.24(b) 所示。把点 a 到道路中心线的距离 L_2 量取到地形平面图中断面位置线 5-5 上(以道路中心线为尺寸基准), 得到点 a 。同理可得点 b 。

(4) 利用步骤(2)和(3)的方法可作得断面位置线 1、2、3、4 上的点, 徒手用线连接各点, 即得开挖线或坡脚线。

(5) 填挖分界点。不挖也不填筑的点称填挖分界点。在本例中道路路面标高为 25, 它与标高为 25 的地形等高线的交点, 即为填挖分界点, 如图 10.24(a) 所示。

10.4.4 坡面法作坡边线

从例 10.10 可看到, 断面法在工程中虽应用较广泛, 但作图较繁。若断面数量不多, 则所作得到坡边线也不很准确。为此, 这里介绍利用坡面上等高线求作坡边线的方法。

【例 10.11】 已知地形平面图和标高为 15.00 的水平道路, 开挖坡度为 $i_1 = 1:1$, 填筑坡度为 $i_2 = 1:2$, 试求作坡边线(图 10.25)。

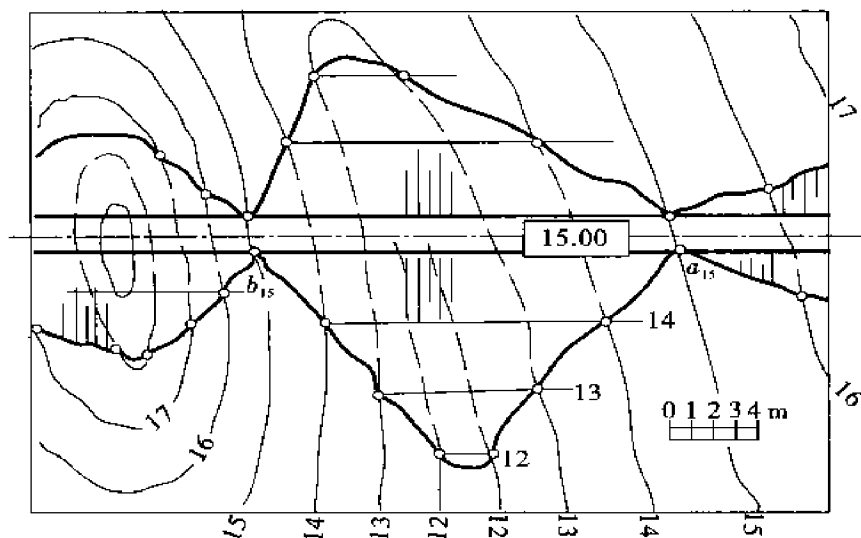


图 10.25 坡面法求作坡边线



解 从图 10.25 可看出,地形等高线与道路中心线斜交且接近于垂直。对于这种地形,不利于作地形断面图,却十分有利于用坡面法求作坡面与地面的交线(坡边线)。作图步骤如下:

(1)确定填挖分界点。因为路面标高为 15.00,路两侧边线为 15.00 的等高线,它们与相同标高的地形等高线的交点,即为填挖分界点,如图 10.25 中点 a_{15} 和 b_{15} 。由地形图可知,在 a_{15} 和 b_{15} 之间范围,地面低于路面,要填筑;点 a_{15} 的右边和点 b_{15} 的左边,地面均高于路面,需开挖。

(2)根据已知的地形等高线的高差(本例中高差为 1)和填筑坡度 i_2 ,计算出填筑坡面上相邻等高线的间距 $l_2 = \frac{H}{i_2} = \frac{1}{1/2} = 2 \text{ m}$ 。用绘图比例尺量取 l_2 ,便可作出填筑坡面上标高为 14、13、12 的等高线,它们与相同标高的地形等高线相交,用粗实线徒手连接这些交点,即为填筑坡面与地面的交线(坡脚线)。

(3)根据 i_1 计算出开挖坡面上相邻等高线的间距 $l_1 = \frac{H}{i_1} = \frac{1}{1/1} = 1 \text{ m}$,便可作出开挖坡面上的等高线 16、17、18,从而可作得开挖线。

(4)画出坡面上部分示坡线,如图 10.25 所示。

中篇 土木工程制图

第 11 章 制图基本知识和技能

11.1 常用绘图工具仪器及使用方法

绘制工程图,应掌握绘图工具和仪器的正确使用方法,因为它是提高绘图质量,加快绘图速度的前提。

11.1.1 图板

如图 11.1 所示,图板用来铺放和固定图纸,一般用胶合板做成,板面平整。图板的短边作为丁字尺上下移动的导边,因此要求平直。图板不可受潮或曝晒,以防板面变形,影响绘图质量。图板有几种规格,可根据需要选用。

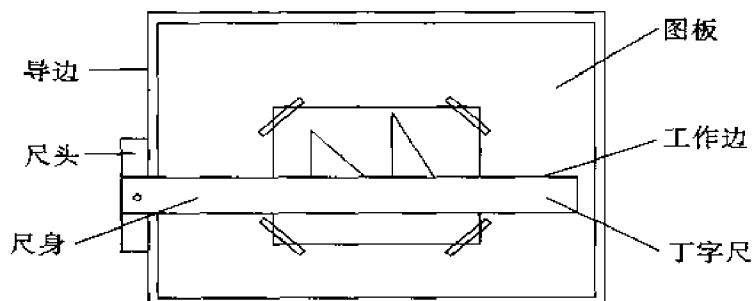


图 11.1 主要绘图工具

11.1.2 丁字尺

丁字尺用有机玻璃做成,尺头与尺身垂直,尺身的工作边必须保持光滑平直。且勿用工作边裁纸。丁字尺用完之后要挂起来,防止尺身变形。

如图 11.2 所示,丁字尺主要用来画水平线,画线时,左手握住尺头,使它紧靠图板的左边,右手扶住尺身,然后左手上下推丁字尺,在推的过程中,尺头一直紧靠图板左边,推到需画线的位置停下来,自左向右画水平线,画线时可缓缓旋转铅笔,也可用三角板与丁字尺配合画铅直平行线,如图 11.3 所示。注意不要用丁字尺画铅直线。

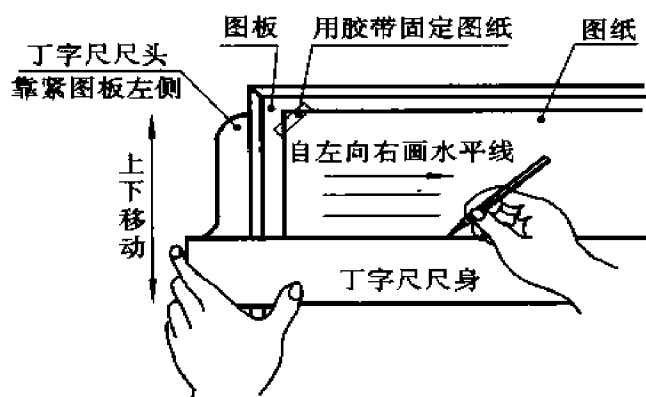


图 11.2 用丁字尺画水平平行线

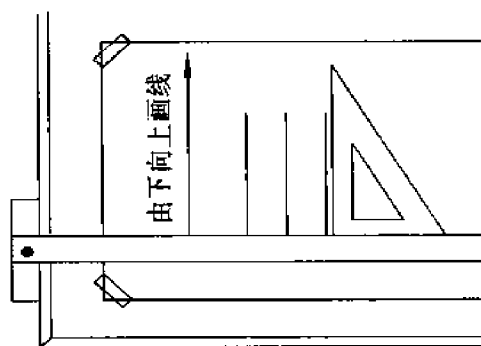


图 11.3 用三角板与丁字尺配合画铅直平行线

11.1.3 三角板

如图 11.4 所示,三角板用有机玻璃制成,一副三角板有两个,一个为 30° 、 60° 、 90° , 一个为 45° 、 45° 、 90° 。三角板主要用来画铅直线,也可与丁字尺配合使用画出一些常用的斜线,例如: 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 等方向的斜线。

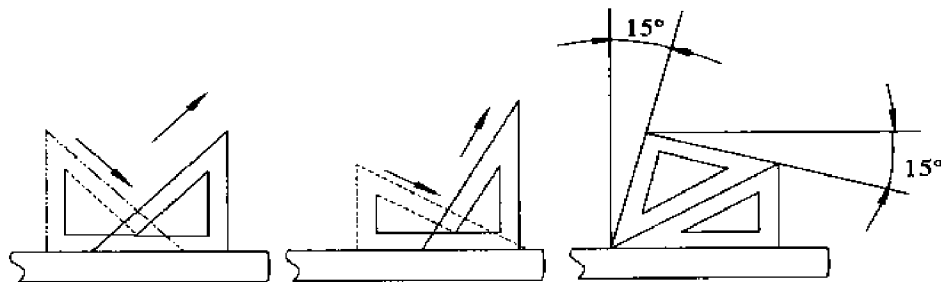


图 11.4 用三角板与丁字尺配合画斜线



11.1.4 比例尺

绘图时会用到不同的比例,这时可借助比例尺来截取线段的长度。如图 11.5(a)所示,比例尺上的数字以米为单位。常见的比例尺称为三棱比例尺,三个尺面共有六个常用的比例刻度 1:100、1:200、1:300、1:400、1:500、1:600。使用时先要在尺上找到所需的比例,不用计算,即可按需在其上量取相应的长度作图。若绘图比例与尺上的六种比例都不同,则选取尺上最方便的一种相近的比例折算量取。

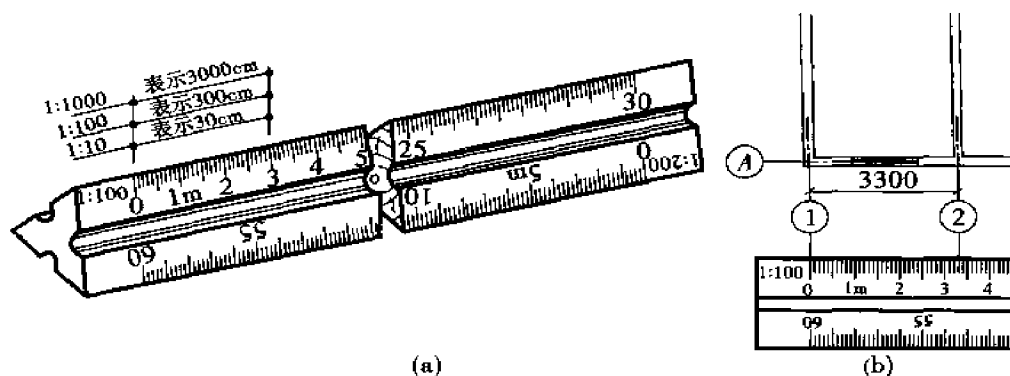


图 11.5 比例尺

注意不要把比例尺当直尺来画线,以免损坏尺面上的刻度。绘图时先选定比例。如图 11.5(b):要用 1:100 的比例在图纸上画出 3300 mm 长的线段,只需在比例尺的 1:100 面上,找到 3.3 m,那么尺面上从 0 到 3.3 m 的一段长度,就是在图纸上需要画的线段长度。

11.1.5 曲线板

如图 11.6 所示,有些曲线需用曲线板分段连接起来。使用时,首先要定出足够数量的点,然后徒手将各点轻轻地连成曲线,然后选用适当的曲线板,并找出这曲线板上与所画曲线吻合的一段,沿着曲线板边缘,将该段曲线画出。一般每描一段最少应有四个点与曲线板的曲线重合。为使描画出的曲线光滑,每描一段曲线时,应有一小段与前一段所描的曲线重叠。

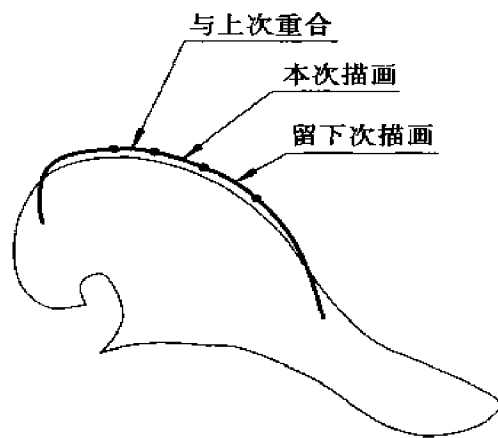


图 11.6 曲线板

11.1.6 绘图铅笔

如图 11.7 所示,绘图铅笔种类很多,专门用于绘图的铅笔是“中华绘图铅笔”,其型号以铅芯的软硬程度来分,H 表示硬,B 表示软;H 或 B 前面的数字越大表示越硬或越软;HB 表示软硬适中。绘图时常用 H 或 2H 的铅笔打



底稿,用 HB 铅笔写字,B 或 2B 铅笔加深。

削铅笔时要注意保留有标号的一端,以便于识别。铅笔尖应削成锥状,用于打底稿;也可削成四棱状,用于加深粗线。使用铅笔绘图时,用力要均匀,画长线时要边画边转动铅笔,使线条均匀。

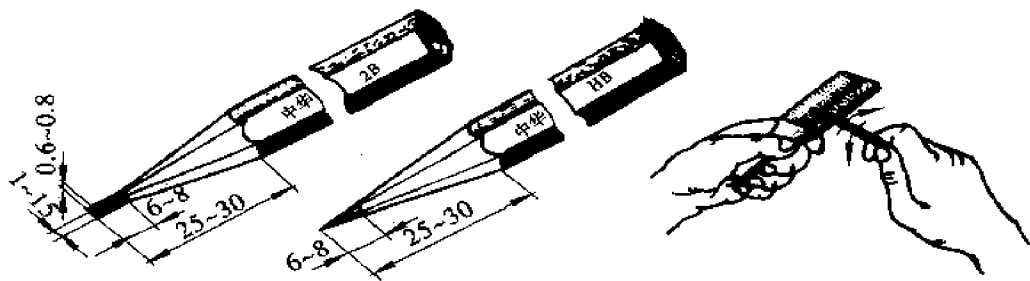


图 11.7 铅笔削法

11.1.7 分规

如图 11.8 所示,分规的形状像圆规,但两腿都为钢针。分规是用来等分线段或量取长度用的,用它量取长度是从直尺或比例尺上量取需要的长度,然后移置到图纸上各个相应的位置。用分规来等分线段,通常用来等分直线段或圆弧。为了准确地度量尺寸,分规的两针尖应平齐。

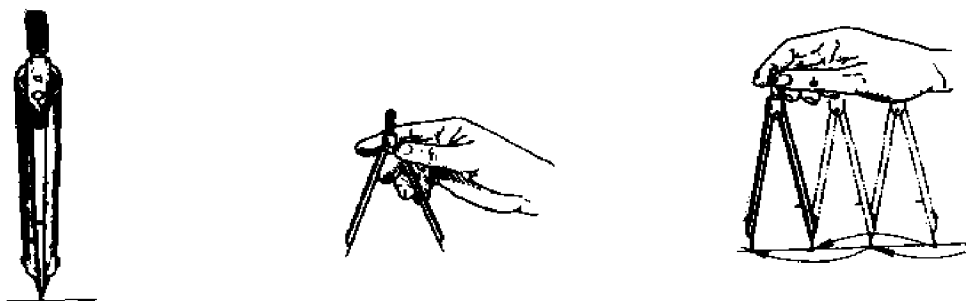


图 11.8 用分规等分线段

11.1.8 圆规

如图 11.9 所示,圆规是用来画圆和圆弧的仪器。在使用前应调整带针插脚,使针尖略长于铅芯。铅芯应磨削成 65° 的斜面,如图 11.9(a)所示。使用时,先将两脚分开至所需的半径尺寸,用左手食指把针尖放在圆心位置,如图 11.9(b)所示,将带针插脚轻轻插入圆心处,使带铅芯的插脚接触图纸,然后转动圆规手柄,沿顺时针方向画圆,转动时用力 and 速度要均匀,并使圆规向转动方向稍微倾斜,如图 11.9(c)所示。圆或圆弧应一次画



完,画大圆时,要在圆规插脚上接大延长杆,画时要使针尖与铅芯都垂直于纸面,左手按住针尖,右手转动带铅芯的插脚画图,如图 11.9(d)所示。

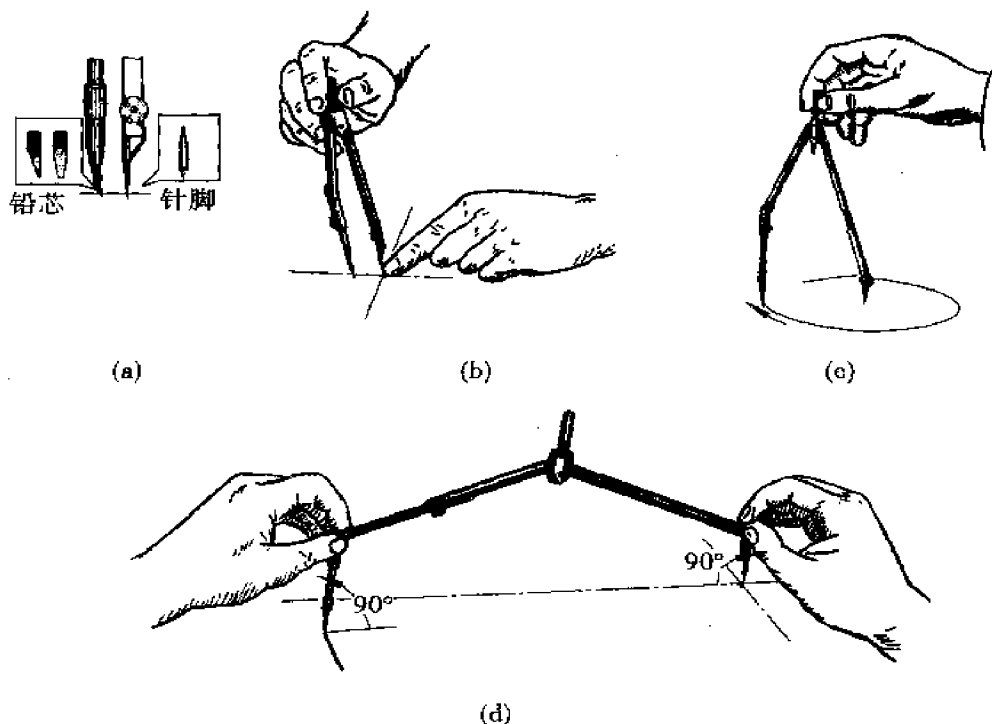


图 11.9 圆规及其用法

(a) 针尖稍长于铅芯; (b) 使用时方法; (c) 在一般情况下画圆的方法; (d) 画较大的圆或圆弧的方法

11.1.9 绘图墨水笔

如图 11.10 所示,绘图墨水笔是用来上墨线用的。它的针尖为一针管,所以又称为针管笔。它有不同的粗细规格,可以分别画出粗细不同的墨线,由于墨线笔针管较细,在使用过程中容易发生堵塞,当出现堵塞时,可轻轻甩动笔尖,听到响声,就表示通了。用完后,需刷干净存放在盒内。



图 11.10 绘图墨水笔

11.1.10 其他绘图用品

单(双)面刀片,绘图橡皮,绘图模板,擦图片,透明胶等也是绘图时常用的用品。



11.2 制图基本规定

图样是工程界的共同语言,是施工的依据。为了使工程图表达统一、清晰、满足设计、施工等的需要,又便于技术交流,对图幅大小、图样的画法、线型、线宽、字体、尺寸标注、图例等都有统一的规定。本章内容在《房屋建筑制图统一标准》GB/T 50001—2001、《总图制图标准》GB/T 50103—2001、《建筑制图标准》GB/T 50104—2001 等标准的基础上,进行编写。

11.2.1 图纸幅面

图纸幅面简称图幅,指图纸本身的大小规格。目的是便于装订和管理。图幅线用细实线画,在图幅线的内侧有图框线,图框线用粗实线画,图框线内部的区域才是绘图的有效区域。关于图幅的大小,图幅与图框线之间的关系,应符合表 11.1 的规定及图 11.11 的格式。

表 11.1 幅面及图框尺寸

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

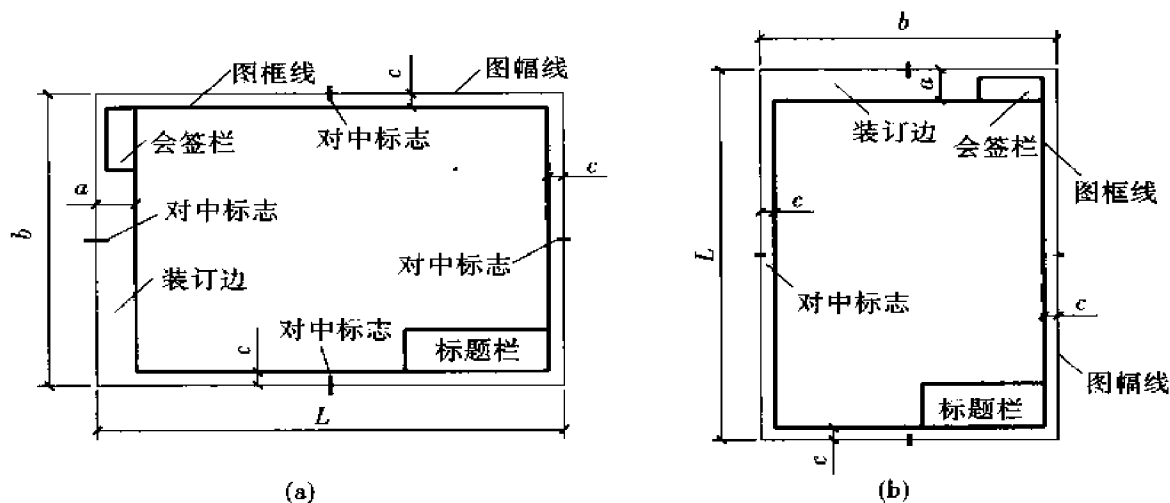


图 11.11 幅面

(a) A0 ~ A3 横式幅面; (b) A0 ~ A3 立式幅面



幅面的长边与短边的比例为 $L:b=\sqrt{2}$, A0 号图幅的面积为 1 mm^2 , 长边为 1189 mm , 短边为 841 mm 。A1 号幅面是 A0 号幅面的对开, A2 号幅面是 A1 号幅面的对开, 其他幅面依此类推(图 11.12)。初学者只需记住其中一两种幅面尺寸即可。需要缩微复制的图纸, 其一个边上应附有一段准确米制尺度, 四个边上均应附有对中标志, 米制尺度的总长应为 100 mm , 分格应为 10 mm 。对中标志应画在各边长的中点处, 线宽应为 0.35 mm , 伸入框内应为 5 mm 。

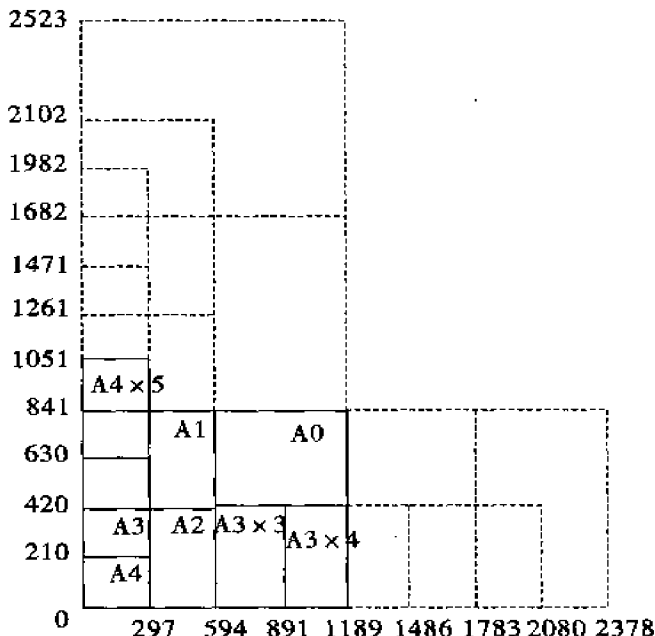


图 11.12 幅面尺寸

对中标志作用: 图样复制和缩微摄影时定位方便。

同一项工程的图纸, 一般不宜多于两种幅面。图纸以短边作为垂直边称为横式, 以短边作为水平边称为立式。一般 A0 ~ A3 图纸宜横式使用; 必要时, 也可立式使用。

绘图时, 图纸的短边一般不应加长, 长边可以加长, 但应符合表 11.2 的规定。

表 11.2 图纸长边加长尺寸

(单位: mm)

幅面尺寸	长边尺寸	长边加长后尺寸							
A0	1189	1486	1635	1783	1932	2080	2230	2378	
A1	841	1051	1261	1471	1682	1892	2102		
A2	594	743	891	1041	1189	1338	1486	1635	1783
A3	420	630	841	1051	1261	1471	1682	1892	

* 有特殊需要的图纸, 可采用 $b \times L$ 为 $841\text{ mm} \times 891\text{ mm}$ 与 $1189\text{ mm} \times 1261\text{ mm}$ 的幅面



11.2.2 图纸标题栏及会签栏

图纸标题栏(简称图标),用来填写工程名称、图名、图号以及设计人、制图人、审批人的签名和日期,如图 11.13 所示。它位于图纸的右下角,根据工程需要选择确定其尺寸、格式及分区。签字区应包含实名列和签名列。涉外工程的标题栏内,各项主要内容的中文下方应附有译文,设计单位的上方或左方,应附加“中华人民共和国”字样。学生制图作业建议采用图 11.14 所示的标题栏。

需要会签的图纸,在图纸的左侧上方图框线外有会签栏,会签栏是为各工种负责人签字用的表格,其尺寸为 $100\text{ mm} \times 20\text{ mm}$,其格式如图 11.15 所示。栏内应填写会签人员所代表的专业、姓名、日期(年、月、日);一个会签栏不够时,可另加一个,两个会签栏应并列;不需会签栏的图纸可不设会签栏。

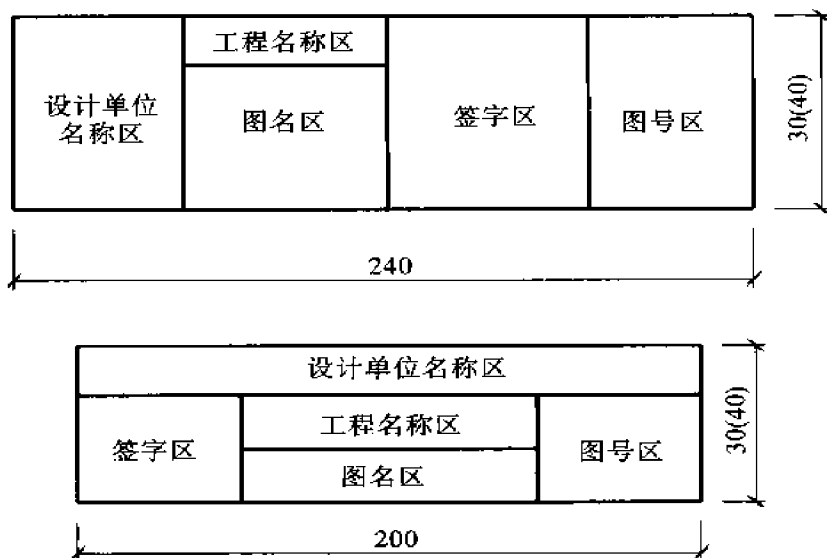


图 11.13 标题栏

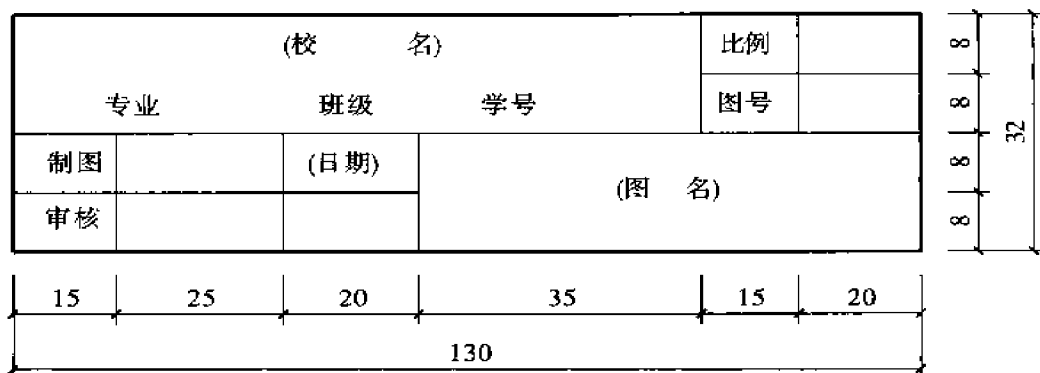


图 11.14 学生制图作业中的标题栏

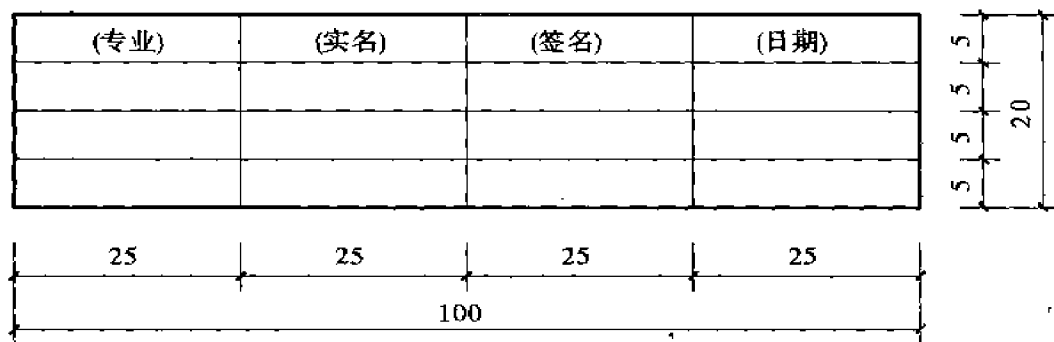


图 11.15 会签栏

11.2.3 图线

图纸上的线条统称为图线。图线有粗、中、细之分。为了表示出图中不同的内容,并且能够分清主次。表 11.3 列出了工程图样中常用的线型。

在确定线宽 b 时,应根据形体的复杂程度和比例的大小,确定基本线宽 b 。 b 值宜从下列线宽系列中选取:2.0、1.4、1.0、0.7、0.5、0.35 mm。每个图样,应根据复杂程度与比例大小,先选定基本线宽 b ,再选用表 11.4 中的线宽组。

表 11.3 线型

名称		线型	线宽	一般用途
实线	粗		b	主要可见轮廓线
	中		$0.5b$	可见轮廓线
	细		$0.25b$	可见轮廓线、图例线
虚线	粗		b	见各有关专业制图标准
	中		$0.5b$	不可见轮廓线
	细		$0.25b$	不可见轮廓线、图例线
单点长画线	粗		b	见各有关专业制图标准
	中		$0.5b$	见各有关专业制图标准
	细		$0.25b$	中心线、对称线等
双点长画线	粗		b	见各有关专业制图标准
	中		$0.5b$	见各有关专业制图标准
	细		$0.25b$	假想轮廓线、成型前原始轮廓线
折断线			$0.25b$	断开界线
波浪线			$0.25b$	断开界线



表 11.4 线宽组

线宽比	线宽组					
b	2.0	1.4	1.0	0.7	0.5	0.35
$0.5b$	1.0	0.7	0.5	0.35	0.25	
$0.25b$	0.5	0.35	0.25	0.18	—	

* 需要微缩的图纸,不宜采用 0.18 mm 及更细的线宽。

* 同一张图纸内,各不同线宽中的细线,可统一采用较细的线宽组的细线。

在画图线时,应注意下列几点:

(1) 同一张图纸内,相同比例的各图样,应选用相同的线宽组。

(2) 相互平行的图线,其间隙不宜小于其中的粗线宽度,且不宜小于 0.7 mm。

(3) 虚线、单点长画线或双点长画线的线段长度和间隔,宜各自相等。虚线线段长 3~6 mm,间隔为 0.5~1 mm。单点长画线或双点长画线的线段长度为 15~20 mm。

(4) 单点长画线或双点长画线的两端不应是点。点画线与点画线交接或点画线与其他图线交接时,应是线段交接。

(5) 虚线与虚线交接或虚线与其他图线交接时,应是线段交接。虚线为实线的延长线时,不得与实线连接。

(6) 图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆,不可避免时,应首先保证文字等的清晰。

(7) 绘制圆或圆弧的中心线时,圆心应为线段的交点,且中心线两端应超出圆弧 2~3 mm。当圆较小,画点画线有困难时,可用细实线来代替。

(8) 图纸的图框和标题栏线,可采用表 11.5 的线宽。

图线相交的画法可参见表 11.6 的举例形式。

表 11.5 图框线、标题栏线的宽度

幅面代号	图框线	标题栏外框线	标题栏分格线、会签栏线
A0、A1	1.4	0.7	0.35
A2 A3 A4	1.0	0.7	0.35



表 11.6 图线相交的画法

名称	举例	
	正确	错误
两点画 线相交		
实线与 虚线相交, 两虚线 相交		
虚线为 粗实线的 延长线		

11.2.4 字体

工程图样上会遇到各种字或符号,如:汉字、数字、字母等。为了保证图样的规范性和通用性,且使图面清晰美观。均应做到笔画清晰、字体端正、排列整齐、标点符号清楚正确。

11.2.4.1 汉字

(1) 汉字的简化书写,必须符合国务院公布的《汉字简化方案》和有关规定。长仿宋

体的字高与字宽之比为 3:2(图 11.16)。文字的字高,应从如下系列中选取:3.5、5、7、10、14、20 mm(表 11.7)所示。如需书写更大的字,其高度应按 $\sqrt{2}$ 的比值递增。

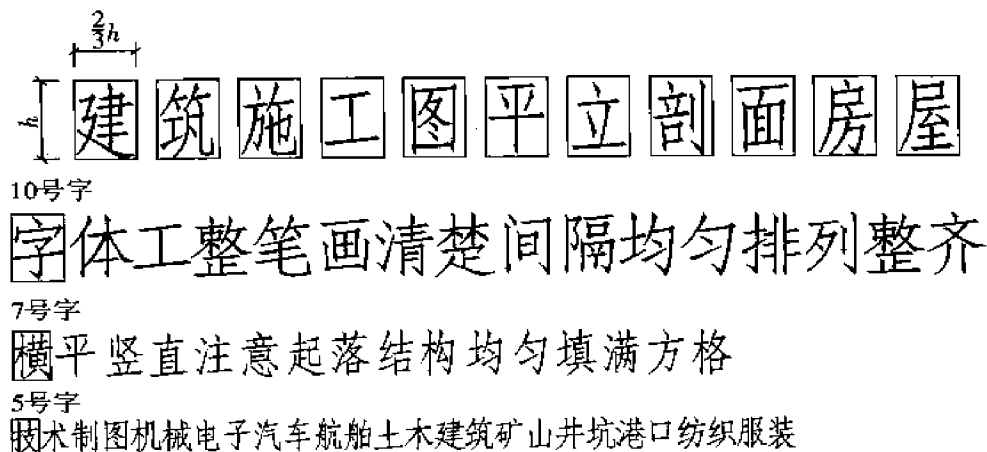


图 11.16 长仿宋字示例

表 11.7 长仿宋体字高宽关系

(单位:mm)

字高	20	14	10	7	5	3.5
字宽	14	10	7	5	3.5	2.5

(2) 仿宋字特点

1) 横平竖直:横画平直刚劲,稍向上倾;竖画一定要写成竖直状,写竖画时用力一定要均匀。

2) 起落分明:“起”指笔画的开始,“落”指笔画的结束,横、竖的起笔和收笔,撇的起笔,钩的转角,都要顿笔,形成小三角。但当竖画首端与横画首端相连时,横画首端不再筑锋,竖画改成曲头竖。

3) 排列均匀:笔画布局要均匀紧凑,但应注意字的结构,每一个字的偏旁部首在字格中所占的比例是写好仿宋字的关键。

4) 填满方格:上、下、左、右笔锋要尽量触及方格。但也有个别字例外,如:日、月、口等都要比字格略小,考虑缩格书写。

要想写好仿宋字,最有效的办法就是首先练习基本笔画的写法,尤其是顿笔,然后再打字格练习字体,且持之以恒,方熟能生巧,写出的字自然、流畅、挺拔、有力。

11.2.4.2 数字和字母

如图 11.17 所示,数字和字母在图样中所占的比例非常大,在工程图中,数字和字母有正体和斜体两种,如需写成斜体字,其斜度应是从字的底线逆时针向上倾斜 75° 。斜体字的高度与宽度应与相应的直体字相等。

拉丁字母、阿拉伯数字与罗马数字的字高,应不小于 2.5 mm。



分数、百分数和比例数的注写,应采用阿拉伯数字和数学符号,例如:二分之一、百分之五十和一比二十应分别写成 $1/2$ 、50% 和 1:20。

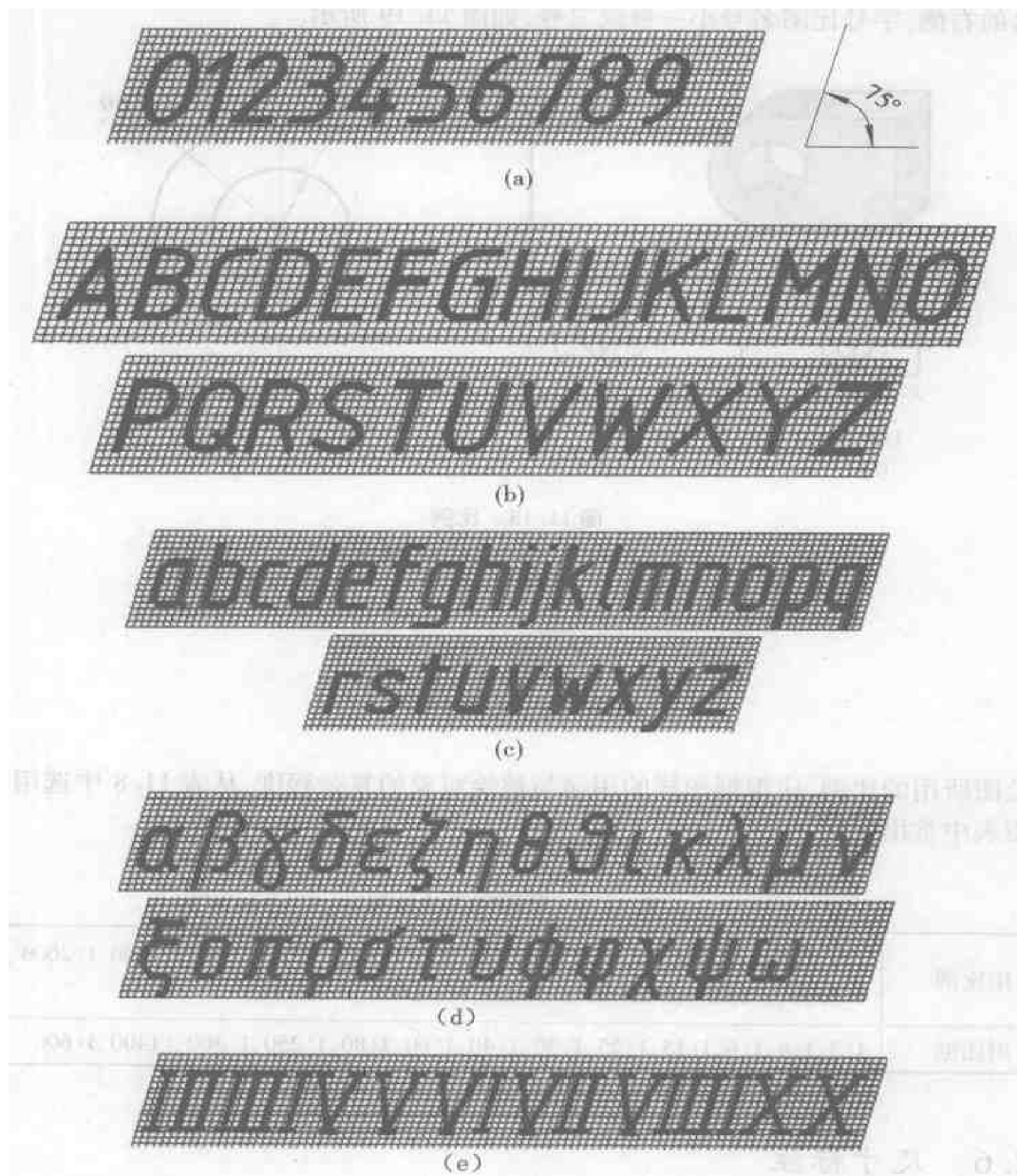


图 11.17 数字、拉丁字母、罗马数字、希腊字母示例

(a) 阿拉伯数字图; (b) 大写拉丁字母图; (c) 小写拉丁字母图; (d) 小写希腊字母图; (e) 罗马数字

11.2.5 比例

图样的比例是指图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。图样比例分原值比

例、放大比例、缩小比例三种,如图 11.18 所示。根据实物的大小与结构的不同,绘图时可根据情况放大或缩小。比例的大小,是指比值的大小,如 1:50 大于 1:100。比例宜注写在图名的右侧,字号比图名号小一号或二号,如图 11.19 所示。

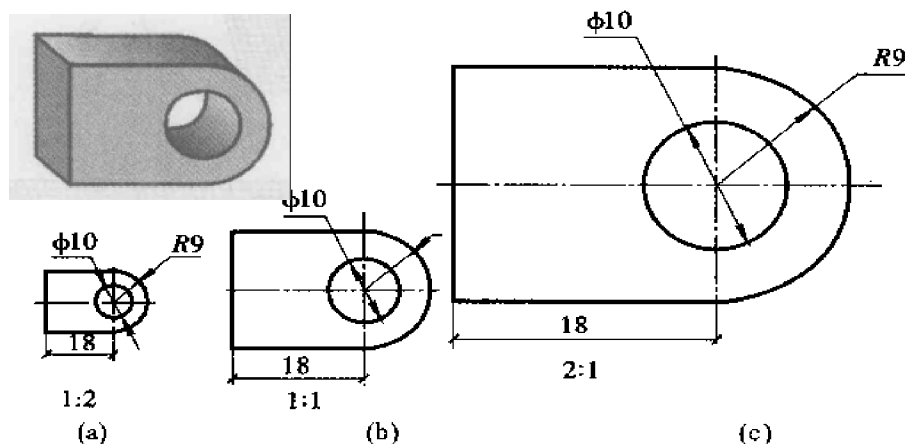


图 11.18 比例
(a) 缩小比例; (b) 原值比例; (c) 放大比例

平面图 1:100

图 11.19 比例的注写

绘图所用的比例,应根据图样的用途与被绘对象的复杂程度,从表 11.8 中选用,并优先选用表中常用比例。

表 11.8 绘图所用的比例

常用比例	1:1、1:2、1:5、1:10、1:20、1:50、1:100、1:150、1:200、1:500、1:1000、1:2000、1:5000、1:10000、1:20000、1:50000、1:100000、1:200000
可用比例	1:3、1:4、1:6、1:15、1:25、1:30、1:40、1:60、1:80、1:250、1:300、1:400、1:600

11.2.6 尺寸标注

工程图上除画出构造物的形状外,还必须准确、完整和清晰地标注出构造物的实际尺寸,作为施工的依据。

11.2.6.1 尺寸的组成

图样上的尺寸由尺寸界线、尺寸线、尺寸起止符号和尺寸数字四部分组成,如图 11.20 所示。

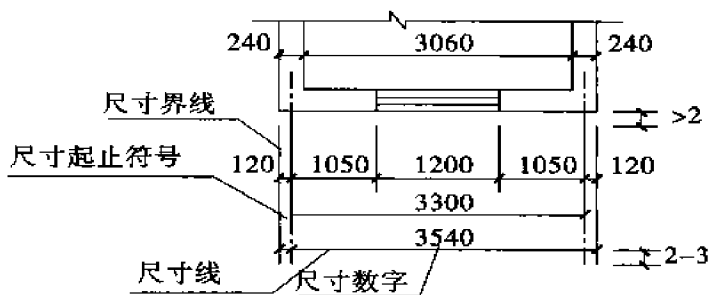


图 11.20 尺寸的组成

11.2.6.2 尺寸标注的一般原则

(1) 尺寸界线

1) 尺寸界线应用细实线绘制,一般应与被注长度垂直,其一端应离开图样轮廓线不小于 2 mm,另一端宜超出尺寸线 2~3 mm。图样轮廓线可用作尺寸界线。

2) 尺寸的尺寸界线应靠近所指部位,中间的分尺寸的尺寸界线可稍短,但其长度应相等。

(2) 尺寸线

1) 尺寸线应用细实线绘制,应与被注长度平行。图样本身的任何图线均不得用作尺寸线。

2) 互相平行的尺寸线,应从被注写的图样轮廓线由近及远整齐排列,较小尺寸应离轮廓线较近,较大尺寸应离轮廓线较远。

3) 平行排列的尺寸线的间距,宜为 7~10 mm。

4) 根据个人习惯,尺寸线允许略微超出尺寸界线。

(3) 尺寸起止符号

1) 尺寸线与尺寸界线相接处为尺寸的起止点。

2) 尺寸起止符号一般用中粗斜短线绘制,其倾斜方向应与尺寸界线成顺时针 45°角,长度宜为 2~3 mm。半径、直径、角度与弧长的尺寸起止符号,宜用箭头表示,如图 11.21 所示。

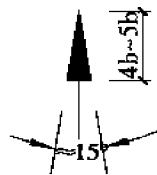


图 11.21 箭头尺寸起止符号

3) 在轴测图中标注尺寸时,其起止符号宜用箭头。

(4) 尺寸数字

1) 工程图样上标注的尺寸数字,是物体的实际尺寸,它与绘图所用的比例无关。因此,抄绘工程图时,不得从图上直接量取。应以所注尺寸数字为准。

2) 图样上的尺寸单位除标高及总平面图以 m(米)为单位外,其以 mm(毫米)为单位。

3) 尺寸数字的读数方向,应按图 11.22(a)。对于靠近竖直方向向左或向右 30°范围内的倾斜尺寸,应从左方读数的方向来注写尺寸数字。必要时,也可以如图 11.22(b)的形式来注写尺寸数字。

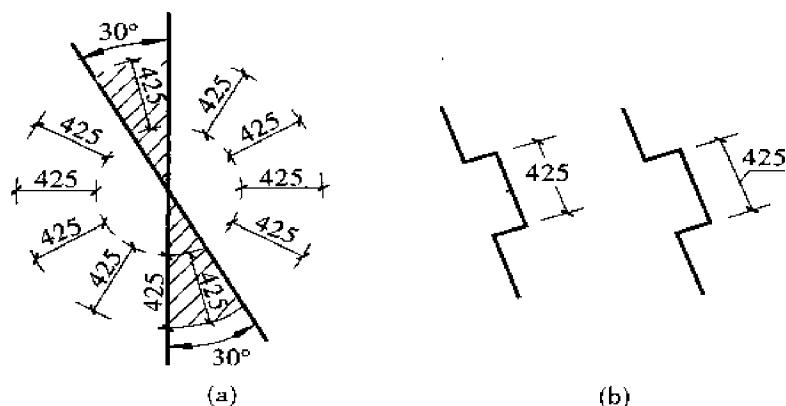
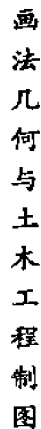


图 11.22 尺寸数字的注写方向

4) 尺寸数字一般应依据其方向注写在靠近尺寸线的上方中部。如没有足够的注写位置,最外边的尺寸数字可注写在尺寸界线的外侧,中间相邻的尺寸数字可错开注写,如图 11.23(a)所示。

5) 尺寸宜标注在图样轮廓线以外, 见图 11.23(b), 不宜与图线、文字及符号等相交, 无法避免时, 应将图线断开, 如图 11.23(c) 所示。

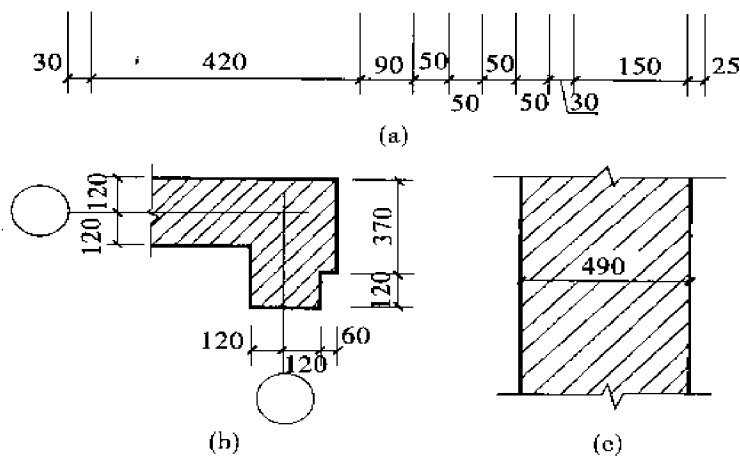


图 11.23 尺寸数字的注写

11.2.6.3 半径、直径、角度的尺寸注法

(1)半径:半径的尺寸线应一端从圆心开始,另一端画箭头指向圆弧。半径数字前应加注半径符号“R”。较小圆弧的半径标注方法可按图 11.24 所示。

(2) 直径:标注圆的直径尺寸时,直径数字前应加直径符号“ ϕ ”。在圆内标注的尺寸线应通过圆心,两端画箭头指至圆弧。较小圆的直径尺寸,可标注在圆外,如图 11.24 所示。

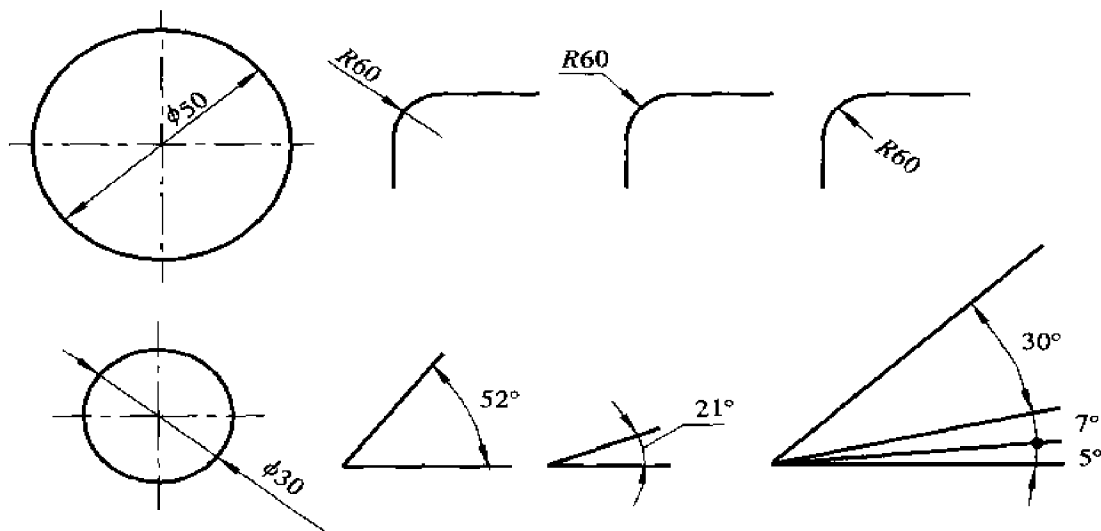


图 11.24 半径、直径、角度的尺寸注法

(3)角度的尺寸线应以圆弧表示。该圆弧的圆心应是该角的顶点,角的两条边为尺寸界线。起止符号应以箭头表示,如没有足够位置画箭头,可用圆点代替,角度数字应按水平方向注写,如图 11.24 所示。

(4)标注圆弧的弧长时,尺寸线应以与该圆弧同心的圆弧线表示,尺寸界线应垂直于该圆弧的弦,起止符号用箭头表示,弧长数字上方应加注圆弧符号“ \frown ”,如图 11.25(a)所示。

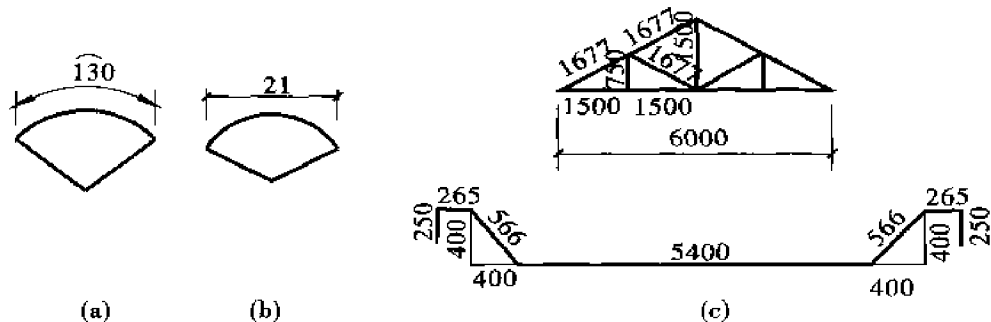


图 11.25 弧长、弦长、单线图标注方法

(a) 弧长;(b) 弦长;(c) 单线图标注方法

(5)标注圆弧的弦长时,尺寸线应以平行于该弦的直线表示,尺寸界线应垂直于该弦,起止符号用中粗斜短线表示,如图 11.25(b)所示。

(6)杆件或管线的长度,在单线图(桁架简图、钢筋简图、管线简图)上,可直接将尺寸沿杆件或管线的一侧注写,如图 11.25(c)所示。

(7)标注坡度时,应加注坡度符号“ \searrow ”,该符号为单面箭头,箭头应指向下坡方向。



坡度也可用直角三角形形式标注,如图 11.26 所示。

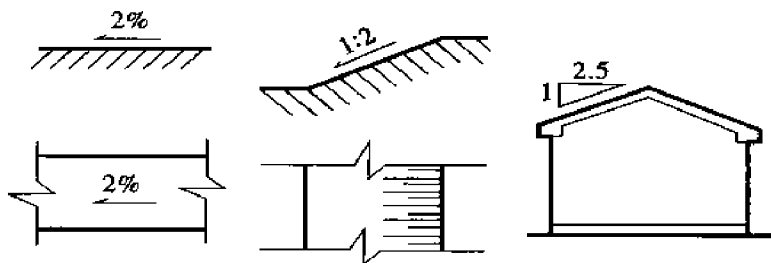


图 11.26 坡度注法

11.3 几何作图

任何工程图实际上都是由各种几何图形组合而成的,正确掌握几何图形的画法,能够提高制图的准确性和速度,保证制图质量。下面介绍几种常用的几何作图方法。

11.3.1 过已知点作一直线平行于已知直线

如图 11.27 所示:

- (1)使三角板 a 的一边靠贴 AB ,另一边靠上另一三角板 b ;
- (2)按住三角板 b 不动,推动三角板 a 至点 p ;
- (3)过 p 点画一直线即可。

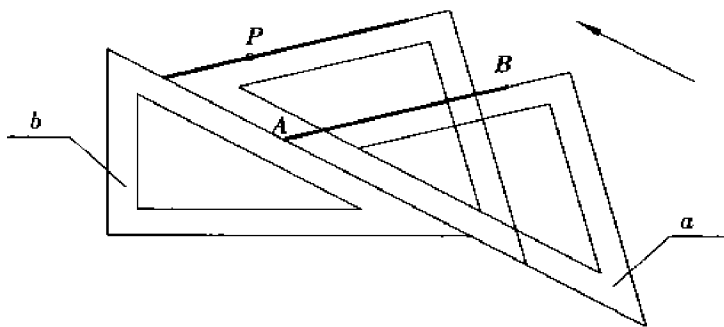


图 11.27 过已知点作一直线平行于已知直线

11.3.2 过已知点作一直线垂直于已知直线

如图 11.28 所示:

- (1)使三角板 a 的一直角边靠贴 AB ,其斜边靠上另一三角板 b ;
- (2)按住三角板 b 不动,推动三角板 a ;
- (3)过 p 点画一直线即可。

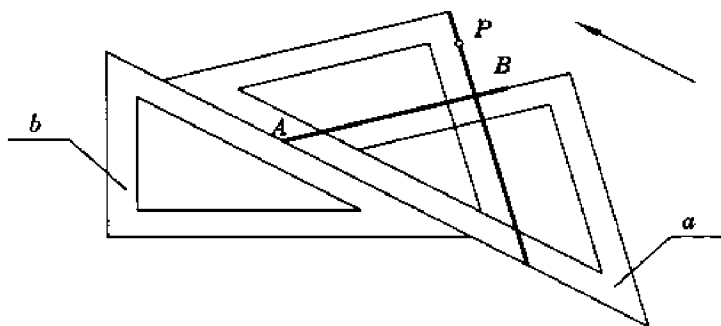


图 11.28 过已知点作一直线垂直于已知直线

11.3.3 分已知线段为任意等分

如图 11.29 所示。

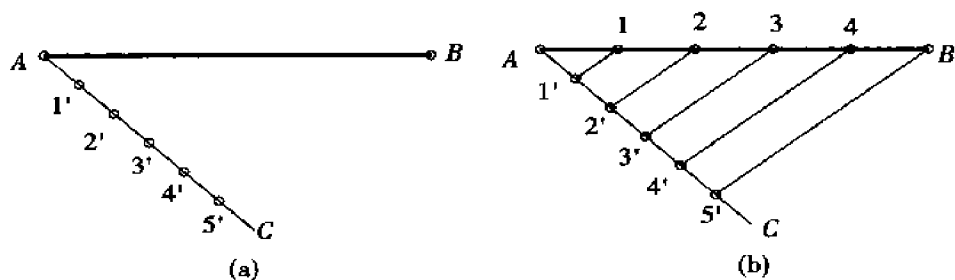


图 11.29 分线段为五等分

(a) 已知直线段 AB , 过点 A 作任意直线 AC , 用直尺在 AC 上从点 A 起截取任意长度的五等分, 得 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 、 $5'$ 点; (b) 连 $B5'$, 然后过其他点分别作直线平行于 $B5'$, 交 AB 于四个等分点, 即为所求

11.3.4 等分两平行线间的距离

如图 11.30 所示。

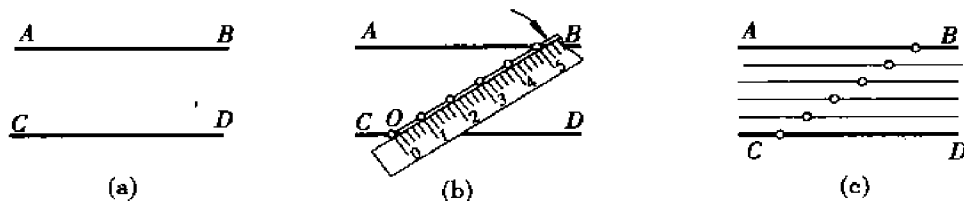


图 11.30 等分两平行线间的距离

(a) 已知平行线 AB 和 CD ; (b) 放直尺 0 点于 CD 上, 使刻度 5 落在 AB 上, 截得 1、2、3、4 各等分点; (c) 过各等分点作 AB (或 CD) 的平行线, 即为所求。



11.3.5 作正多边形

(1) 作已知圆的内接正五边形, 如图 11.31 所示。

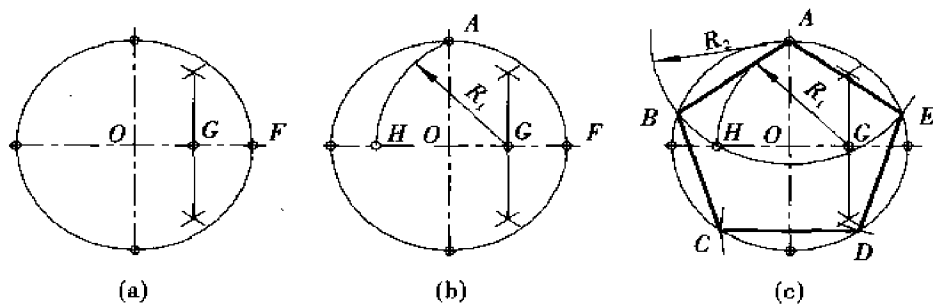


图 11.31 作已知圆的内接正五边形

(a) 二等分半径 OF 得点 G ; (b) 以点 C 为圆心, GA 为半径画圆弧交直径于点 H ; (c) 以 AH 为半径, 分圆周为五等分

(2) 作已知圆的内接正六边形, 如图 11.32 所示。

1) 用圆规作图, 如图 11.32(a) 所示。

2) 用丁字尺、三角板作图, 如图 11.32(b) 所示。

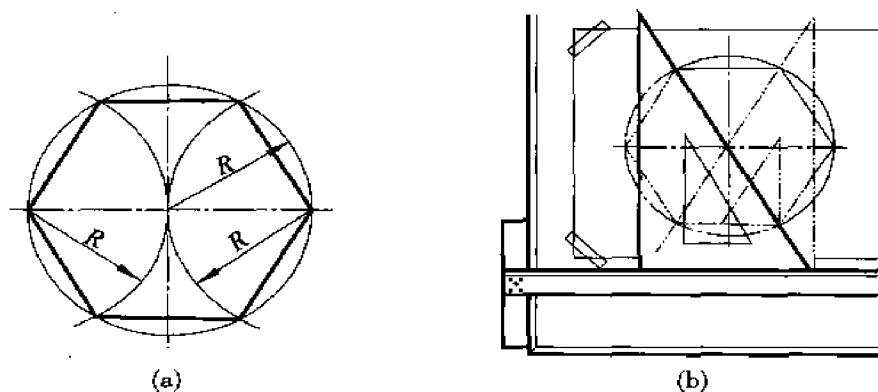


图 11.32 作已知圆的内接正六边形

(a) 用圆规六等分圆周; (b) 用丁字尺三角板六等分圆周

(3) 作任意边数的正多边形

以正七边形为例, 如图 11.33 所示。

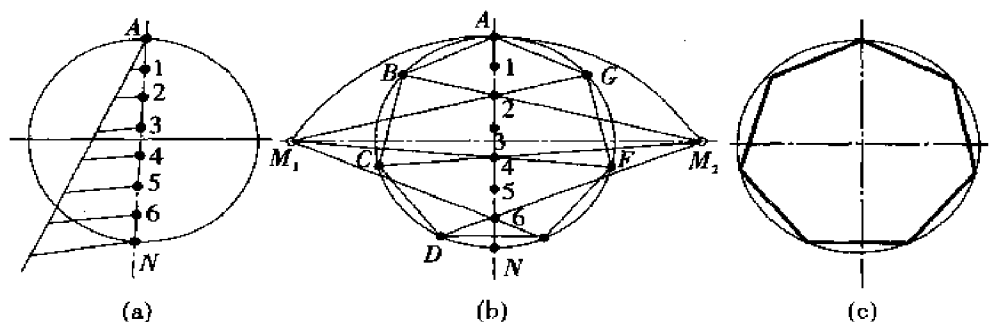


图 11.33 作正七边形

(a) 将直径 AN 七等分, 得等分点 1、2、3、4、5、6; (b) 以 N 为圆心, AN 为半径作弧, 交水平中心线于 M_1 、 M_2 点; 将 M_1 、 M_2 分别与等分点 2、4、6 相连, 延长后与圆周相交, 即得与点 A 相配的其他六个等分点 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 G , 依次连接各等分点; (c) 清理图面, 加深图线

11.3.6 圆弧连接

圆弧与直线以及不同圆弧之间连接的问题, 称为圆弧连接。作图时, 根据已知条件, 先求出连接圆弧的圆心和切点的位置。下面列举几种常见的圆弧连接。

- (1) 作圆弧与相交二直线连接, 如图 11.34 所示。
- (2) 直线和圆弧间的圆弧连接, 如图 11.35 所示。
- (3) 作圆弧与两已知圆弧内切连接, 如图 11.36 所示。
- (4) 作圆弧与两已知圆弧外切连接, 如图 11.37 所示。
- (5) 作圆弧与一已知圆弧外切与另一已知圆弧内切连接, 如图 11.38 所示。

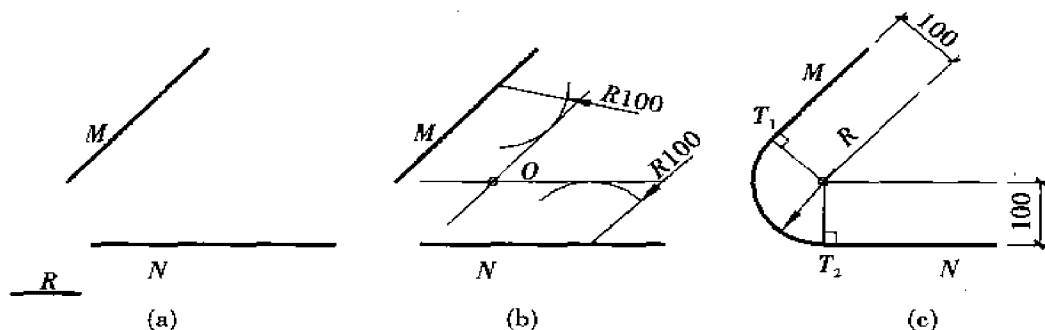


图 11.34 作圆弧与相交二直线连接

(a) 已知半径 R 和相交二直线 M 、 N ; (b) 分别作出与 M 、 N 平行且相距为 R 的二直线, 交点 O 即为所求圆弧的圆心; (c) 过点 O 分别作 M 和 N 的垂线, 垂足 T_1 和 T_2 即为所求的切点; 以 O 为圆心, R 为半径在切点 T_1 、 T_2 之间连接圆弧即为所求

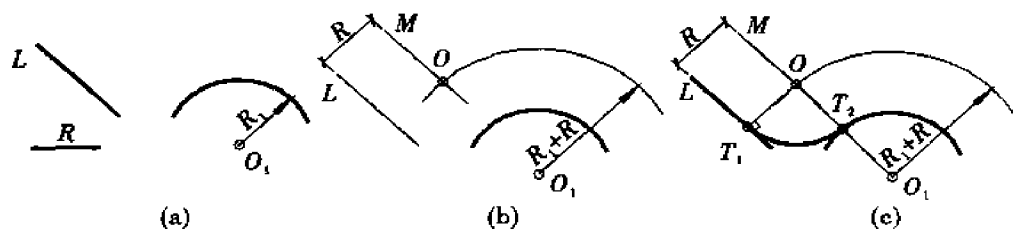


图 11.35 直线和圆弧间的圆弧连接

(a) 已知直线 L , 半径为 R_1 的圆弧和连接圆弧的半径 R ; (b) 作直线 M 平行于 L 且相距为 R ; 又以 O_1 为圆心, $R+R_1$ 为半径作圆弧, 交直线 M 于点 O ; (c) 连 OO_1 , 交已知圆弧于切点 T_2 , 又作 OT_1 垂直于 L , 得另一切点 T_1 ; 以 O 为圆心, R 为半径, 在切点 T_1 、 T_2 之间连接圆弧, 即为所求

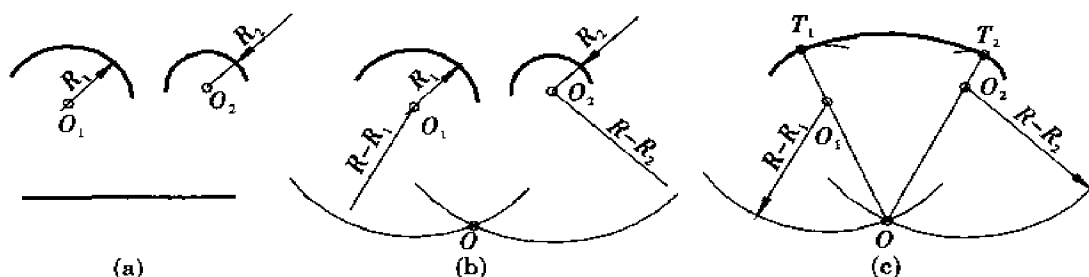


图 11.36 作圆弧与两已知圆弧内切连接

(a) 已知内切圆弧的半径 R 和半径为 R_1 、 R_2 的两已知圆弧; (b) 以 O_1 为圆心, $|R-R_1|$ 为半径画圆弧, 又以 O_2 为圆心, $|R-R_2|$ 为半径画圆弧, 两弧相交于点 O ; (c) 延长 OO_1 交圆弧 O_1 于切点 T_1 ; 延长 OO_2 交圆弧 O_2 于切点 T_2 ; 以 O 为圆心, R 为半径, 在切点 T_1 、 T_2 之间连接圆弧即可

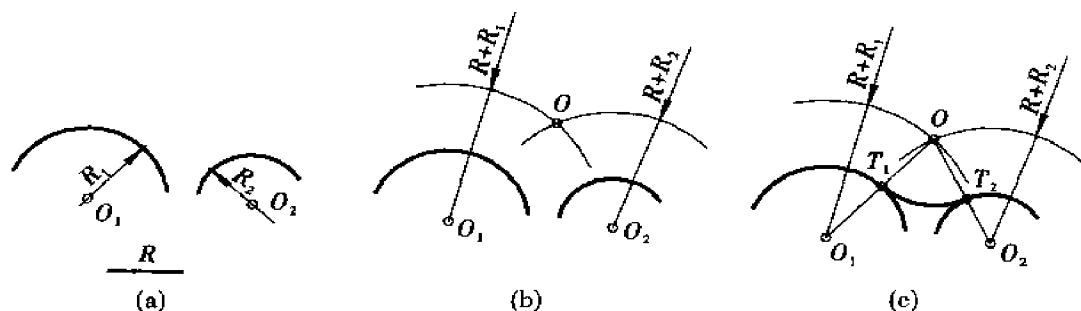


图 11.37 作圆弧与两已知圆弧外切连接

(a) 已知外切圆弧的半径 R 和半径为 R_1 、 R_2 的两已知圆弧; (b) 以 O_1 为圆心, $R+R_1$ 为半径作圆弧, 又以 O_2 为圆心, $R+R_2$ 为半径作圆弧, 两弧相交于点 O ; (c) 连 OO_1 , 交圆弧 O_1 于切点 T_1 ; 连 OO_2 , 交圆弧 O_2 于切点 T_2 , 以 O 为圆心, R 为半径, 连接 T_1 、 T_2 间的圆弧即可

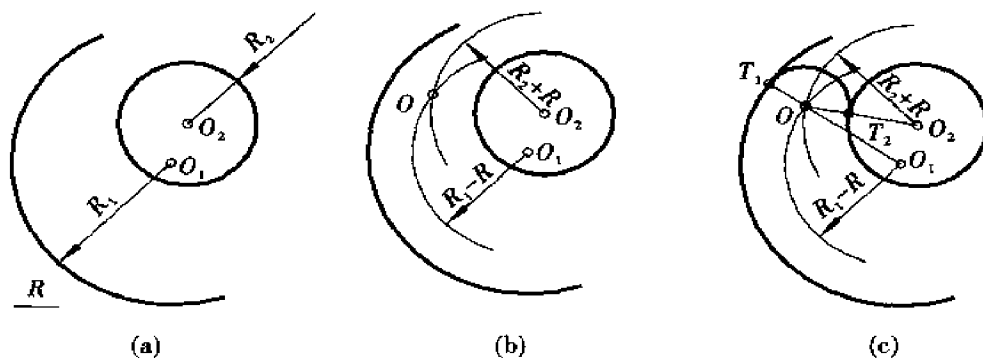


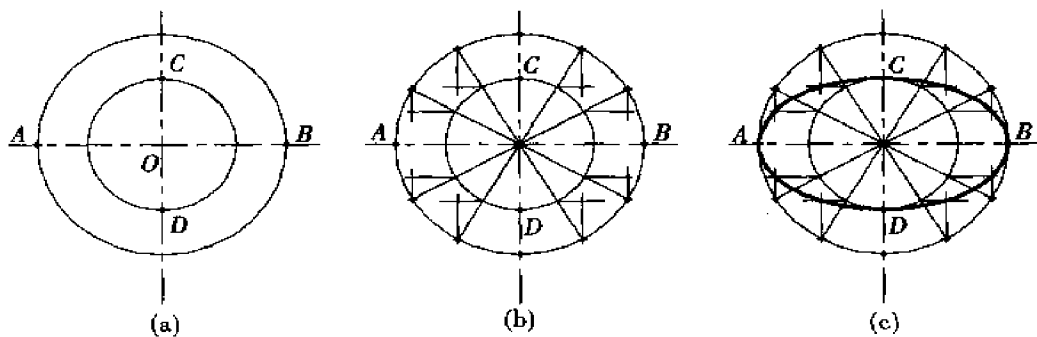
图 11.38 作圆弧与一已知圆弧外切与另一已知圆弧内切连接

(a) 已知连接圆弧的半径 R 和半径 R_1 、 R_2 的两已知圆弧; (b) 以 O_1 和 O_2 为圆心, 分别以 $|R_1 - R|$ 和 $R_2 + R$ 为半径, 作两圆弧交于 O 点, 即为连接圆弧圆心; (c) 连接 OO_1 并延长交圆弧 O_1 于切点 T_1 , 连接 OO_2 交圆弧 O_2 于切点 T_2 , 以 O 为圆心, R 为半径作圆弧 T_1T_2 , 即为所求

11.3.7 椭圆

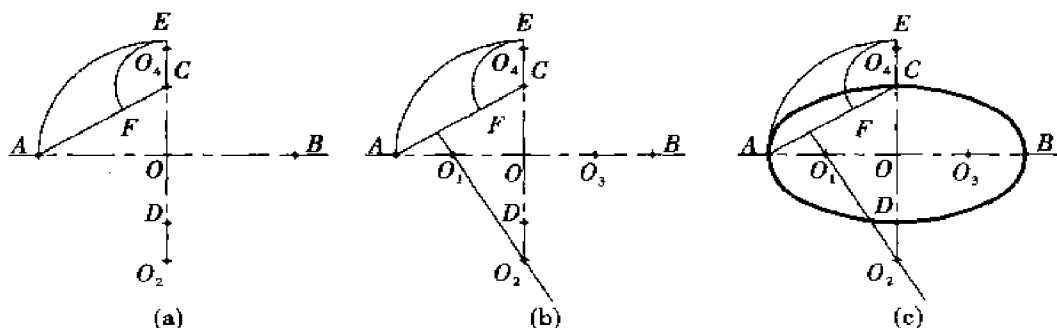
椭圆画法有多种, 这里仅介绍常用的同心圆法和四心法。

(1) 同心圆法画椭圆(比较准确), 如图 11.39 所示。

图 11.39 根据长轴 AB 、短轴 CD , 用同心圆法作椭圆

(a) 已知椭圆的长轴 AB 、短轴 CD , 分别以 AB 、 CD 的一半为半径画两个同心圆; (b) 把圆周等分为若干等份, 过圆心及各等分点作辐射线与同心圆相交, 过大圆交点作垂直线、过小圆交点作水平线, 其交点即为椭圆上点; (c) 用曲线板将各交点连接成椭圆

(2) 四心法画近似椭圆(近似作法), 如图 11.40 所示。

图 11.40 根据长短轴 AB 、 CD , 用四心法作椭圆

(a) 已知椭圆的长轴 AB 、短轴 CD , 以 O 为圆心, OA 为半径画弧 AE ; 以 C 为圆心, CE 为半径画弧 EF ; (b) 作 AF 的垂直平分线, 与 AB 交于 O_1 , 与 CD 交于 O_2 ; (c) 在 AB 上作 O_1 的对称点 O_3 , 在 CD 上作 O_2 的对称点 O_4 , 以 O_1 、 O_3 为圆心, O_1A 、 O_3B 为半径画小弧; 以 O_2 、 O_4 为圆心, O_2C 、 O_4D 为半径画大弧, 即得椭圆

11.4 平面图形的分析与画法

平面图形由若干线段所围成, 而线段的形状和大小是根据给定的尺寸确定的。构成平面图形的各种线段中, 有些线段的尺寸是已知的, 可以直接画出, 有些线段需根据已知条件用几何作图方法来作出。因此, 画图之前, 需对平面图形的尺寸和线段进行分析。

11.4.1 平面图形的尺寸分析

(1) 尺寸基准 尺寸基准是标注尺寸的起点。平面图形的长度方向和宽度方向都要确定一个尺寸基准, 通常以平面图形的对称线、底边、侧边、图中圆周或圆弧的中心线等。

(2) 定形尺寸 用来确定平面图形各组成部分形状和大小尺寸称为定形尺寸, 如图 11.41 中的 $\phi 5$ 、 $R10$ 、 $R15$ 、 $R12$ 等。

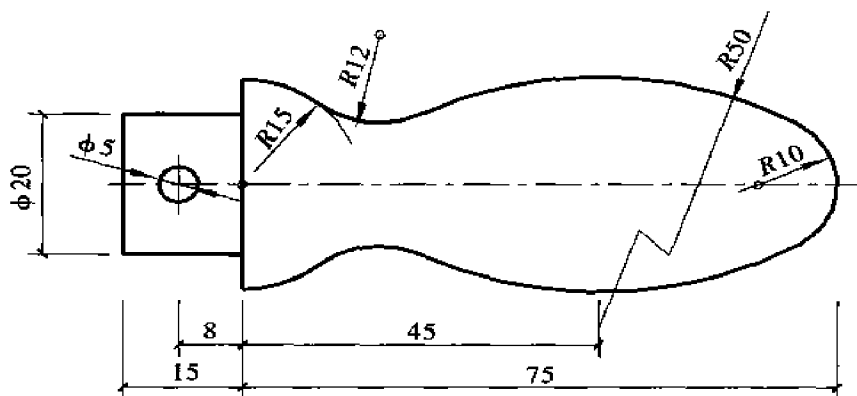


图 11.41 手柄平面图



(3)定位尺寸 用来确定平面图形各组成部分的相对位置的尺寸称为定位尺寸(图 11.41)中的 8、75、45 分别是确定 $\phi 5$ 、 $R10$ 、 $R50$ 的圆心位置的定位尺寸。

11.4.2 平面图形的线段分析

平面图形的圆弧连接处的线段,根据尺寸是否完整可分为三类。

(1)已知线段 根据给出的尺寸可以直接画出的线段称为已知线段。如图 11.41 中根据尺寸 $\phi 20$ 、 $\phi 5$ 、 $R10$ 、 $R15$ 画出的直线和圆弧。

(2)中间线段 有定形尺寸,无定位尺寸,需依靠另一端相切或相接的条件才能画出的线段称为中间线段。如图 11.41 中的 $R50$ 的圆弧。

(3)连接线段 有定形尺寸,缺少两个定位尺寸,需要依靠两端相切或相接的条件才能画出的线段称为连接线段。

绘图时,一般先画出已知线段,再画中间线段,最后画连接线段。

11.4.3 作平面图形的一般步骤

- (1)对平面图形进行分析。
- (2)选比例,定图幅。
- (3)画尺寸基准线。
- (4)顺次画已知线段,中间线段,连接线段。
- (5)标注定形、定位尺寸。
- (6)加深,整理完成全图。

11.5 制图的步骤与方法

在绘制工程图样时,除了正确使用绘图工具和仪器外,为了提高图面质量和绘图速度,还需掌握正确的绘图步骤和方法。

11.5.1 绘图前的准备工作

- (1)备好图板、丁字尺、三角板、图纸、铅笔、橡皮、刀片等工具。
- (2)图纸铺在图板上,注意铺放时需借助丁字尺的配合,尽量使图纸的长边与丁字尺的工作边保持大致平行。丁字尺头要紧靠图板的左侧,然后上下移动图纸,使图纸的长边与丁字尺的工作边吻合。
- (3)放图纸时,一般应靠左边来固定,使离图板左边约 5 cm,离下边 1~2 倍的丁字尺宽度。

11.5.2 画底稿线

- (1)底稿线用 H、2H 或 3H 铅笔绘制。
- (2)纸粘贴好后,先画图幅线、图框线、图纸标题栏。
- (3)排整张图纸中各个图所占的位置,并且预留各图标注尺寸,注写图名的位置,使



整张图安排得疏密均匀,节约图幅。

(4)布完图后,逐个绘制各图的轻细铅笔稿线。一般先画每个图的基准线、中心线或轴线,再画主要轮廓线。例如:画建筑平面图,第一步画各个墙或柱的定位轴线,形成轴网;第二步画墙或柱、门窗洞;第三步画构配件和细部。尺寸标注、剖切线、符号可等图形加深后再注写。

11.5.3 加深底稿(可用 B、2B 等铅笔)

加深底稿有两种:一种是铅笔,一种是墨线加深。无论用哪一种铅笔加深,其过程基本上都是一样的。

(1)检查底稿,确认无误后,可开始加深。

(2)加深的顺序

1)从上到下加深水平线,从左往右加深铅直线,然后加深其他方向的线。

2)先粗线,后中粗,再细线。

3)加深完后,标注尺寸,画尺寸线,尺寸界线,起止符号,注写数字,标注图名,加深图框,标题栏,填写标题栏中内容。

11.5.4 复核

整张图完成后,还要认真复核一遍,如发现错误,应修改。对于用铅笔加深的图样,需用橡皮来修改;对于用硫酸纸绘制的墨线图,则需用双面刀片来刮掉错误的地方,刮图时需在图纸下垫一三角板或直尺。用刀片刮时,注意刮的范围要比错的范围稍大一些,用力均匀。这样刮图不至于把图纸刮破。刮完图后,不能立即用墨线笔画图,需用橡皮先擦一下,使刮后的毛面变光,以免渗墨,才能再上墨线。

11.6 徒手画图

徒手画图是指不用绘图仪器和工具,而以目估的方法画出来的图样。徒手画出来的图一般称为草图,它是工程技术人员在技术交流过程中常常要用到的图样,也是学生在学习过程中需要掌握的一种方法。例如:在组合体一章中,已知形体两投影,补第三投影。学生可先徒手画出形体的轴测图,形成直观的感觉,而使问题简化,从而很快作出第三投影。徒手画图一般用 HB、或 B、2B 铅笔。

11.6.1 画直线

如图 11.42 所示:

(1)画水平线时,铅笔放平些,从起点画线,而眼则看其终点,掌握好方向,图线宜一次画成。对于较长的直线,可分段画出,自左而右画。

(2)画铅直线时,与画水平线方法相同,但持笔可稍高些,自上而下画。

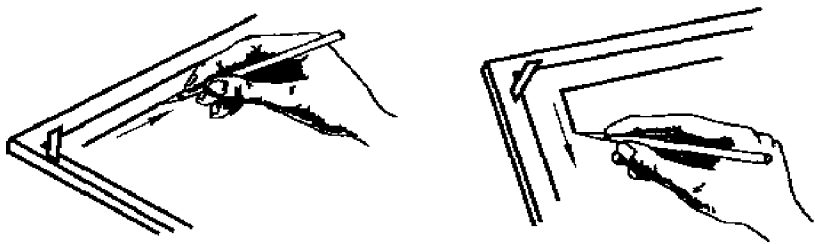
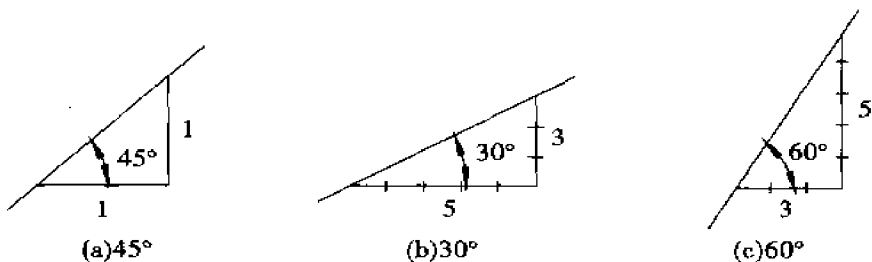


图 11.42 徒手作直线

(3) 画斜线时,画与水平线成 30° 、 45° 、 60° 等特殊角度的斜线,可按两直角边的近似关系,定出两端点后连接画出。如图 11.43 所示。

图 11.43 画与水平线成 45° 、 30° 、 60° 等特殊角度的斜线

11.6.2 画圆

如图 11.44 所示,画圆时,可过圆心作均匀分布的直线,在每根线上目测半径,然后顺连成圆。画较小的圆,可在中心线上按半径目测定出四点后连成。

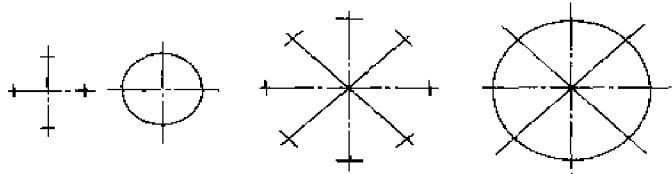


图 11.44 徒手画圆

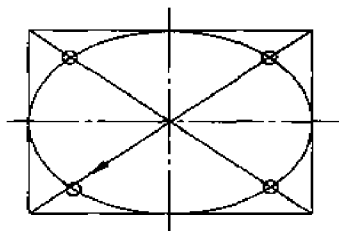


图 11.45 徒手画椭圆

11.6.3 画椭圆

如图 11.45 所示,已知长短轴画椭圆,作出椭圆的外切矩形,然后连对角线,在矩形各对角线的一半上目测十等分,并定出七等分的点,把这四个点与长短轴端点顺次连成椭圆。

第 12 章 组合体

从几何学的角度分析,任何一个工程形体都可以抽象地看做是由一些简单立体(棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、球和圆环等)经过叠加或切割的方式组合而成。由基本几何体通过叠加和切割两种方式组合而成的立体,称为组合体。

组合体是类似物体的几何模型。掌握组合体的构形分析十分重要,通过本章学习,能有效地培养空间想象能力和空间几何形体分析能力。

12.1 组合体的组合形式及形体分析法

12.1.1 组合体的组合形式

组合体的组合形式分为叠加和切割两种形式,但更多的则是这两个组合形式的结合。如图 12.1(a)所示的组合体是由两个简单立体叠加而成。图 12.1(b)所示的组合体是由四棱柱切去左上、右上两部分,上方中间部分挖去一个半圆柱孔而形成。图 12.1(c)所示的组合体则是既有叠加又有切割两种形式的结合。

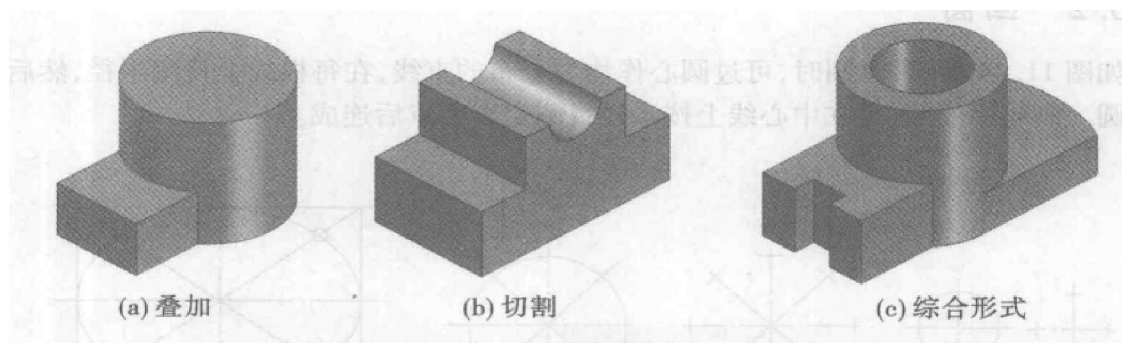


图 12.1 组合体的组合形式

12.1.2 相邻两形体的表面邻接关系

组合体各形体邻接表面间的相对位置可分为平齐、相交和相切三种。

12.1.2.1 平齐

相邻两个形体的表面平齐时,在两形体表面衔接处不画分界线,如图 12.2(a)所示;两表面不平齐时,在两形体表面衔接处画分界线,如图 12.2(b)所示。

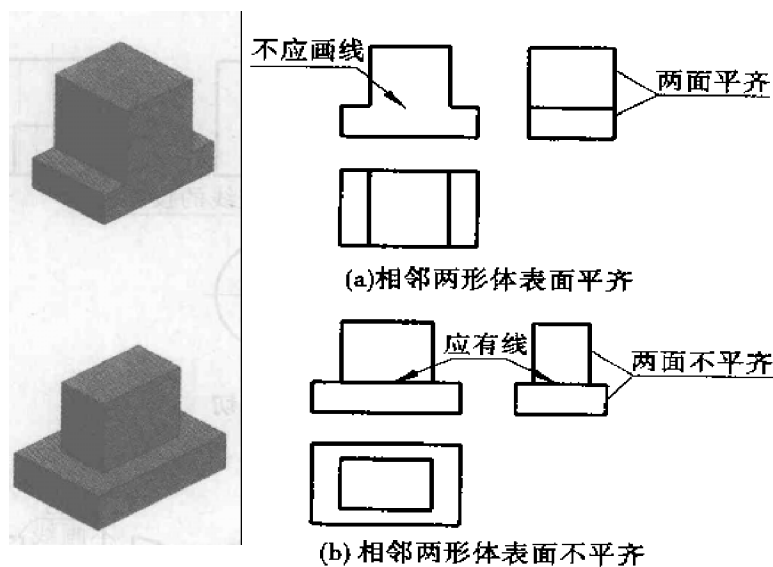


图 12.2 两形体表面平齐及不平齐

12.1.2.2 相交

相邻两个形体的表面相交时,在相交处应画出交线的投影,如图 12.3 所示。

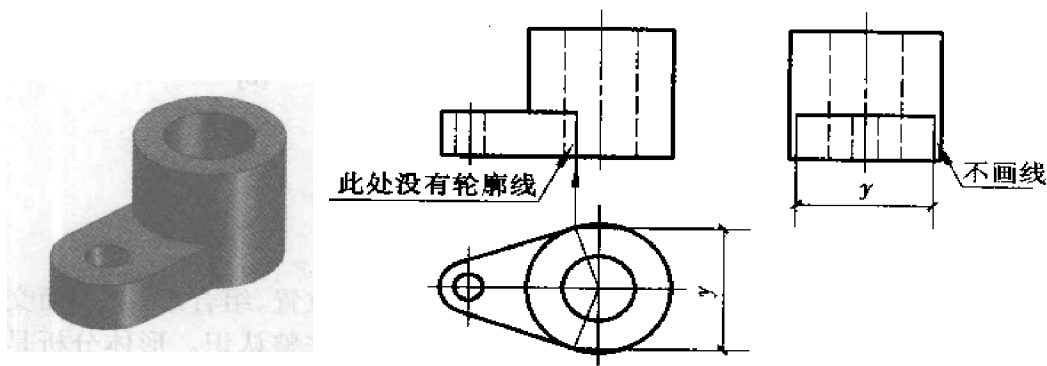


图 12.3 两形体表面相交

12.1.2.3 相切

相邻两个形体的表面相切时,由于它们的连接处是光滑过渡的,不存在轮廓线,所以在相切处不应画分界线,如图 12.4 所示。只有当两面的共切面垂直于投影面时,在该投影面上要画出切线的投影,如图 12.5 所示。其他情况切线的投影均不画出。

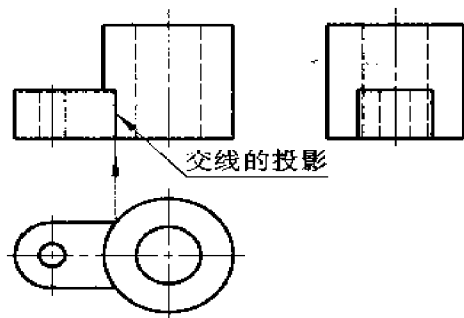
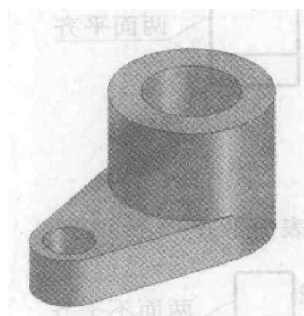


图 12.4 相邻两形体表面相切

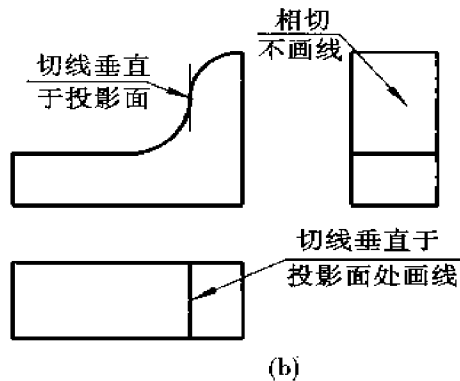
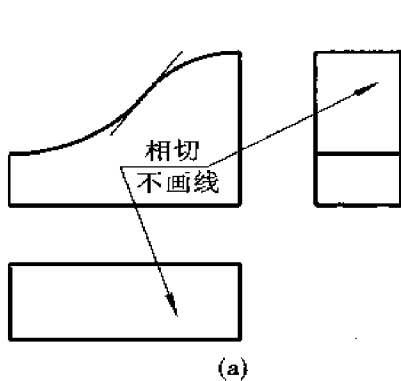


图 12.5 两形体表面相切

12.1.3 组合体的形体分析法

形体分析是指对构成形体的各个简单立体的形状、相对位置、组合形式、表面交线的空间形状和投影特征等进行的综合分析,从而建立对形体的完整认识。形体分析是画图和读图的基础。

分析图 12.6(a)可知:该形体可分为四个部分, L 形的底板 C 位于下方,被挖去半圆柱体的长方体 A 在上方中间偏后位置, A 两侧分别有三棱柱的形体 B 。 A 在中间, B 左右对称分布, A 、 B 、 C 的后表面均平齐,分解后如图 12.6(b)所示。

分析图 12.7(a)可知:设想该形体在切割前为长方体。首先在长方体的前方被正平面和侧垂面各切去一块,如图 12.7(b)所示;然后在前下方中间位置在切去一块,如图 12.7(c)所示;最后在后上方中间位置又切去一块,如图 12.7(d)所示。

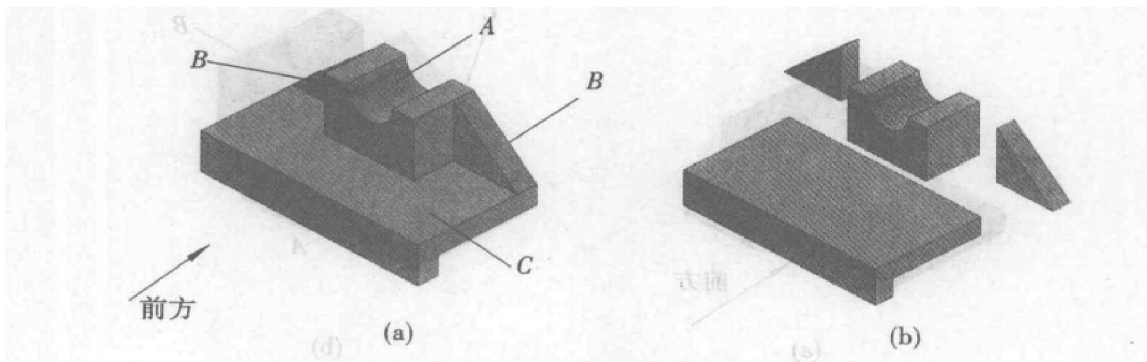


图 12.6 叠加形体

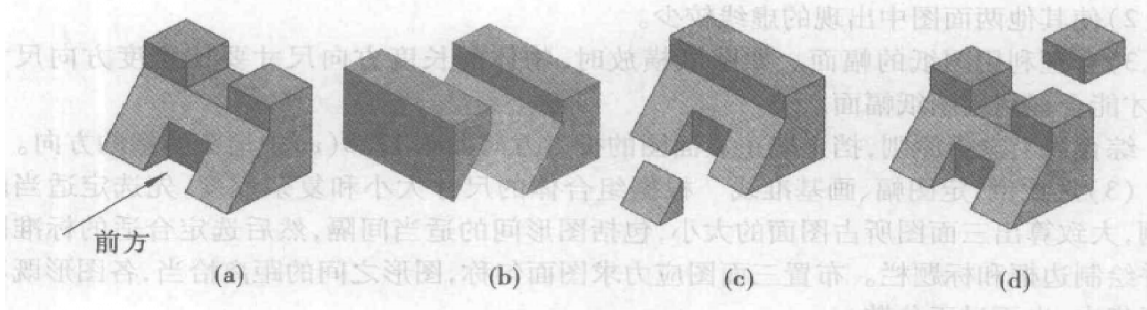


图 12.7 切割形体

12.2 组合体三面图的画法

在多面正投影表达物体时,常把物体在某个投影面上的正投影叫做视图。土建工程图中常将物体的正面投影称为正立面图,水平投影称为平面图,侧面投影称为左侧立面图(简称左立面图或侧面图)。三面投影图通常称为物体的三面图。

下面以图 12.8 组合体为例说明叠加式组合体三面图的画法步骤。

(1)形体分析 分析图 12.8(a)可知:该形体可分为三个部分,如图 12.8(b)所示。底板 A 是在四棱柱左下方切去一块后的形体,竖板 B 为四棱柱,肋板 C 是三棱柱;B 放在 A 偏右位置、前后对齐,C 放在 A 上方 B 左侧的中间位置。

(2)正立面图的选择 正立面图是最主要的图形,应先确定正立面图。选择正立面图的一般原则如下。

1)反应物体的形状特征。如房屋正面、主要出入口所在的面等。

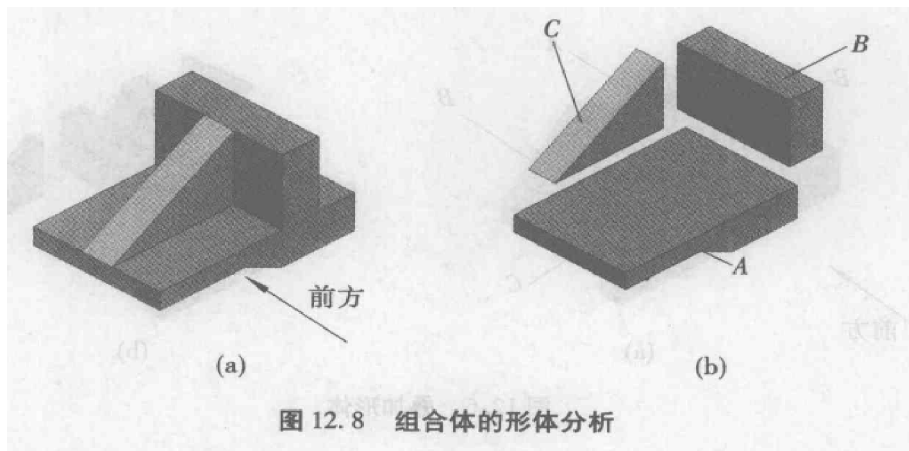


图 12.8 组合体的形体分析

2) 使其他两面图中出现的虚线较少。

3) 合理利用图纸的幅面。如图纸横放时,物体的长度方向尺寸要比宽度方向尺寸大,才能合理利用图纸幅面。

综合以上选择原则,挡土墙正立面图的投影方向如图 12.8(a) 中箭头所指的方向。

(3) 选比例、定图幅、画基准线 根据组合体的尺寸大小和复杂程度,先选定适当的比例,大致算出三面图所占图面的大小,包括图形间的适当间隔,然后选定合适的标准图幅并绘制边框和标题栏。布置三面图应力求图面匀称,图形之间的距离恰当,各图形既不过于集中,也不过于分散。

根据三面图的大小和位置画出基准线。

(4) 画底稿(用细实线画),如图 12.9 所示。

为了正确而又迅速地画出组合体的三面图,画图时应注意以下两点。

1) 一般先画主要形体,后画次要形体;先画大结构,后画小结构;先画可见部分,后画不可见部分。

2) 画各基本体时,先画反映形状特征的投影,然后画其他投影;三面图按投影规律联系起来同时画出。

(5) 对照检查,加深图线 当画好三面图的底稿后,必须对各基本体的形状和位置进行检查,并应注意各基本体表面间的接触情况和图线的变化,擦去多余线条。当确定无误后,再按标准图线的宽度加深三面投影图。

图 12.10 所示是切割式组合体。从图中可以看出,该组合体是由一个四棱柱被四次切割后形成的。在画这种类型的组合体的三面图时,一般是先画出切割前基本体的三面图,然后逐步画出被切部分的三面图。作图步骤如图 12.11 所示。

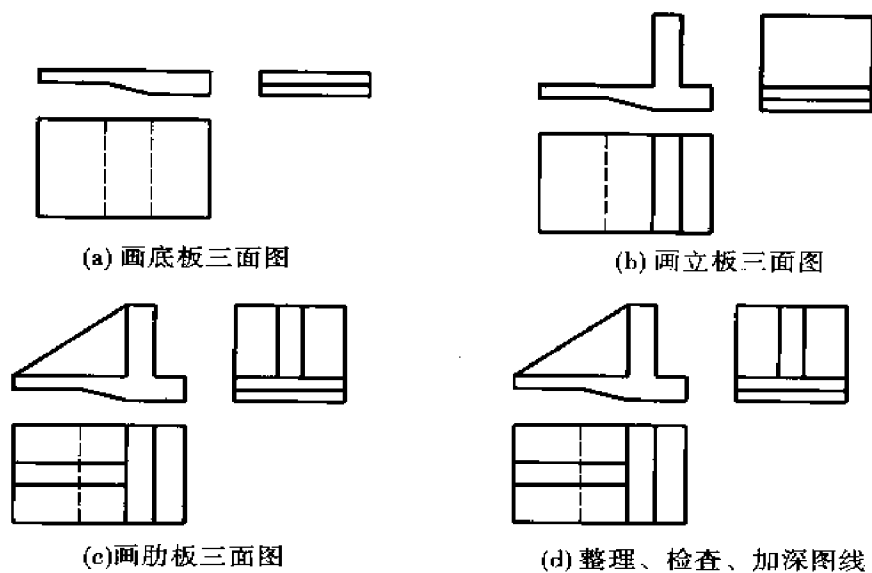
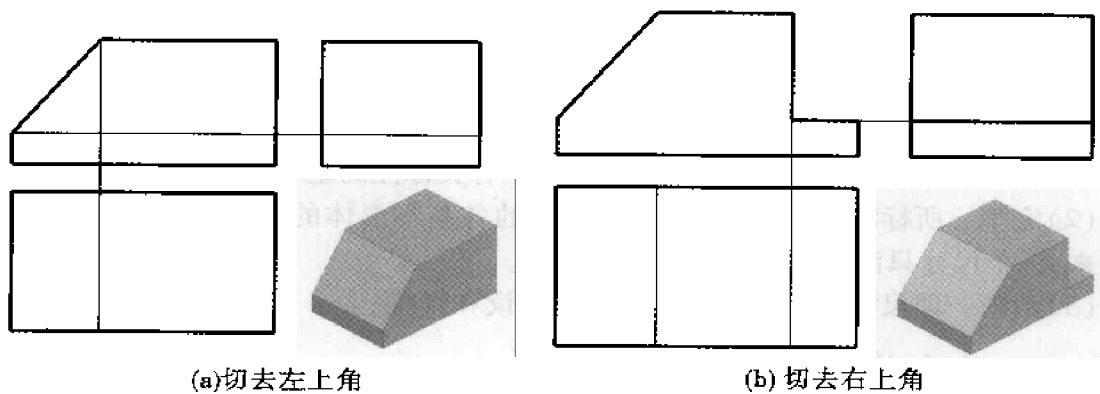
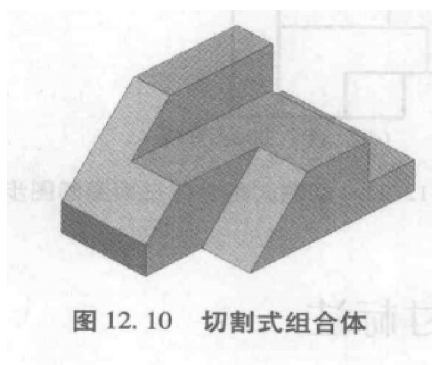


图 12.9 叠加式组合体三面图画图步骤



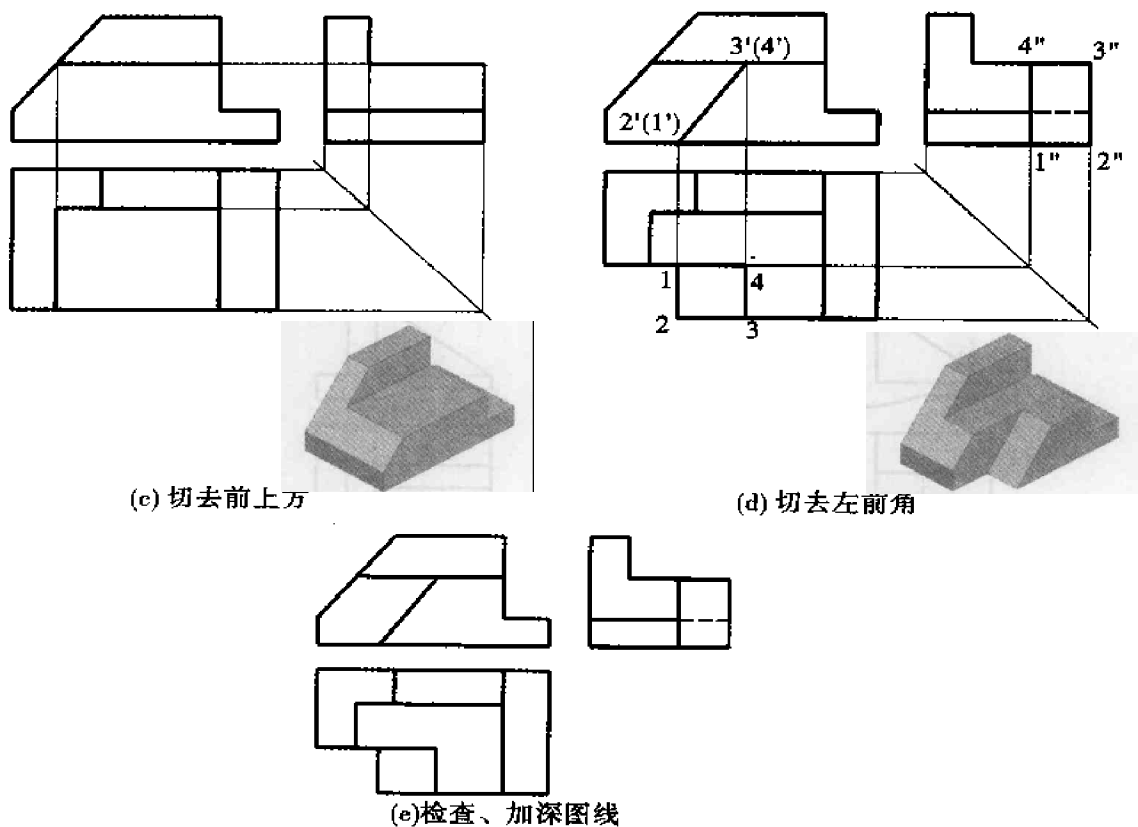


图 12.11 切割式组合体三面图画图步骤

12.3 组合体的尺寸标注

组合体三面图只能表达其形状,它的大小和相对位置还需由尺寸来确定。形体分析法是组合体尺寸标注的基本方法。

12.3.1 组合体尺寸标注的要求

- (1) 正确 所标注的尺寸应符合国家标准中有关标注的基本规定。
- (2) 完整 所标注的尺寸应能把组合体中的各基本形体的定形、定位及总体尺寸确定下来,一个尺寸只注一次,既不遗漏也不重复。
- (3) 清晰 即尺寸布置要排列整齐,便于阅读和查找。

12.3.2 基本体的尺寸注法

图 12.12 所示为常见的基本体尺寸的标注图例。基本体一般需要标注长、宽、高三个方向的尺寸。

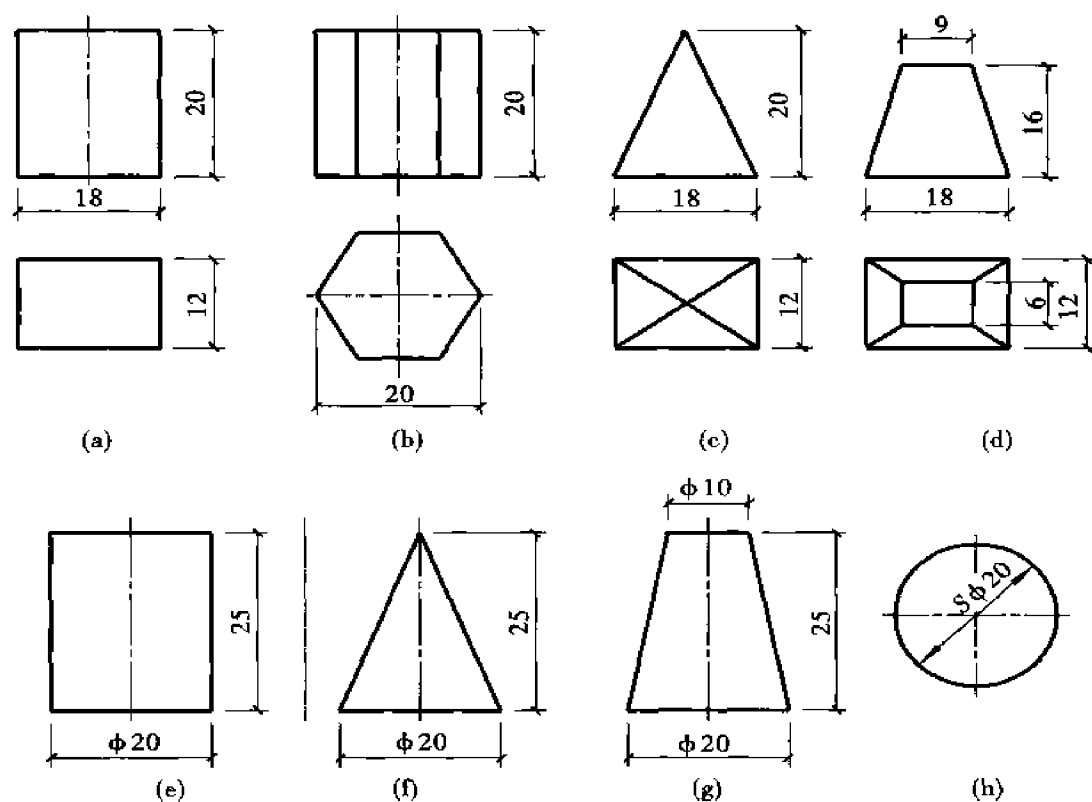


图 12.12 基本体的尺寸注法

切割体的尺寸标注,除了要标注基本形体尺寸外,还应标注确定截平面位置的尺寸。由于截平面与基本形体的相对位置确定后,截交线也唯一确定,所以截交线上不能标注尺寸。

图 12.13 所示为带切口体的尺寸注法。图中打“X”的是错误尺寸。同理,如果两个基本形体相交,也只需分别标出两者的定形尺寸和他们之间的定位尺寸,不能在相贯线上标注尺寸。

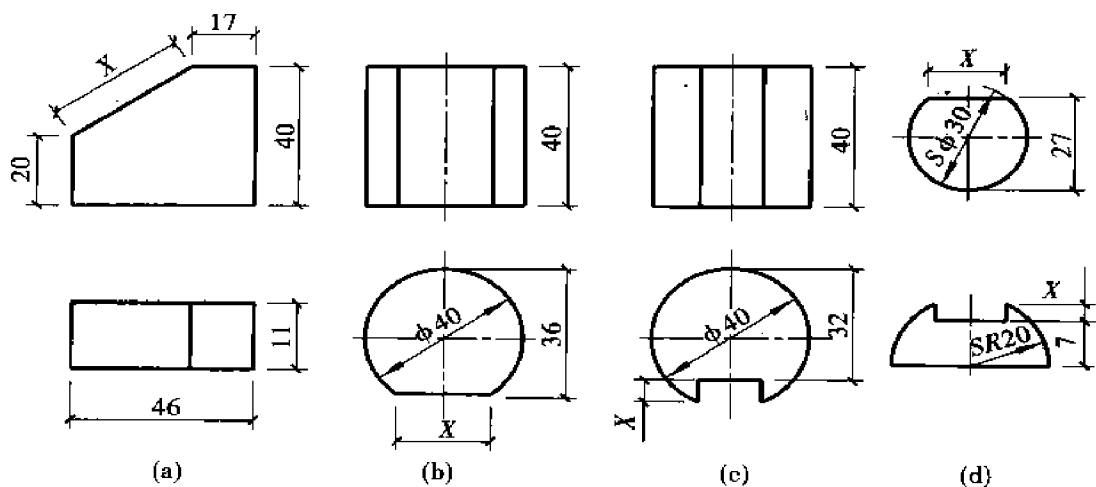


图 12.13 带切口体的尺寸注法

12.3.3 组合体的尺寸标注

下面以图 12.14 所示组合体为例来说明组合体的尺寸标注。

12.3.3.1 组合体尺寸的分类

在标注尺寸前,先对组合体进行形体分析,从图 12.14 可以看出,该组合体可分为上、下两个部分 I、II。因此对组合体应标注定形尺寸、定位尺寸、总体尺寸三种类型尺寸。

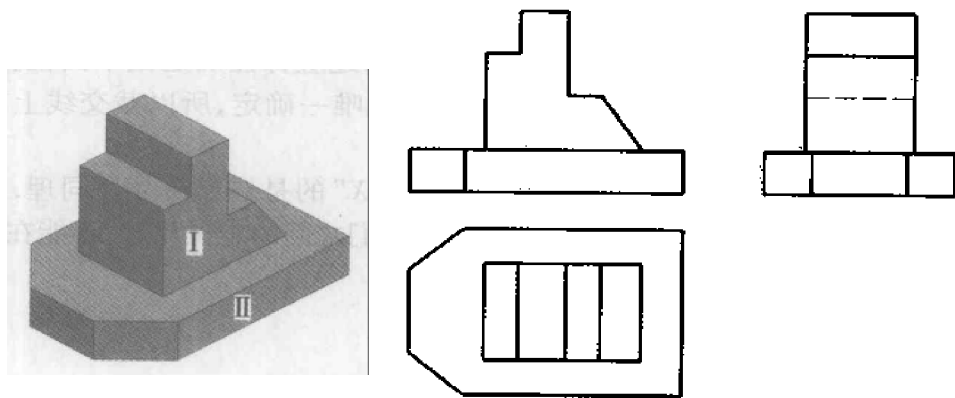


图 12.14 标注组合体尺寸

(1) 定形尺寸 确定组合体中各基本体形状和大小的尺寸。图 12.15(a)、(b) 分别为 I、II 两形体的定形尺寸。

(2) 定位尺寸 确定各基本体之间相对位置的尺寸。图 12.15(c) 中的尺寸 350 是定位尺寸。因为形体 I 相对于形体 II 的位置是:上下叠加、前后对称,只需给出他们的左右位置尺寸即可。



(3) 总体尺寸 确定组合体外形总长、总宽、总高的尺寸。图 12.15(d) 中的尺寸 2000、1400、1500 分别是组合体的总长、总宽、总高的尺寸。其中总长和总宽尺寸在形体 II 中已经标注,不必重复。

尺寸标注完整后,要检查全图,检查所标注的尺寸是否符合国家标准。不符合国家标准的尺寸需要调整。例如标注总高 1500 后,形体 I 中的高度 1150 应当省去。

12.3.3.2 标注组合体尺寸时应注意的几个问题

(1) 各基本体的尺寸要尽量集中标注在反映形体特征较明显的投影上。如图 12.15(d) 中 700、800、1600 等尺寸。

(2) 尺寸尽量标注在两个投影之间,在不影响图形清晰的情况下可以注在图形之内,如图 12.16 所示的 $R10$ 及 $2 \times \phi 10$ 。尺寸平行排列时,应使小尺寸在内,大尺寸在外,依次向外分布,间隔要均匀,避免尺寸线与尺寸界线相交。同一方向的尺寸在标注时,应排列整齐,如图 12.15(d) 所示。

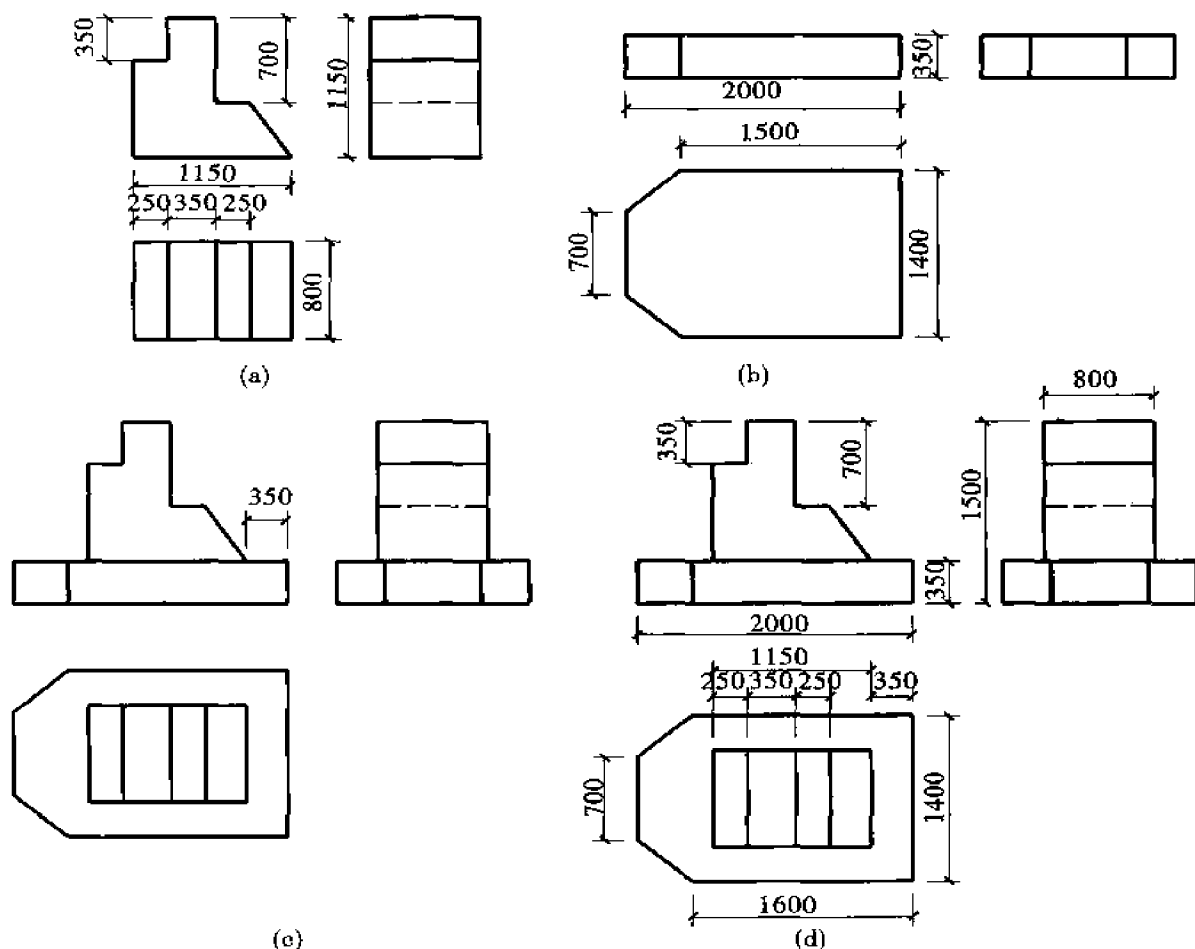


图 12.15 组合体尺寸标注步骤

(3) 尽量避免在虚线上标注尺寸。

(4) 对称结构的尺寸要以对称线为基准对称标注, 不能只标注一半, 如图 12.16 中 22、35, “X” 尺寸是错误的。

(5) 不管用什么比例绘图, 图形的尺寸数字都应按所画物体的实际大小注写。

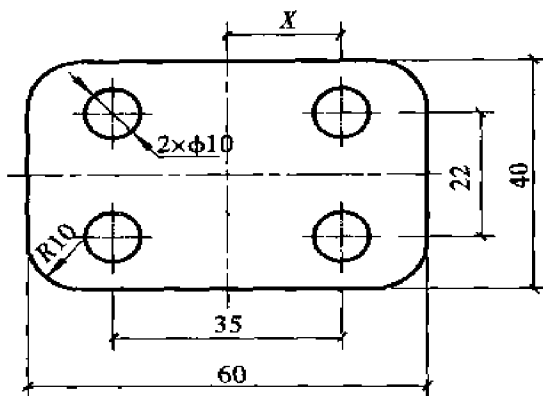


图 12.16 板的尺寸标注

12.4 组合体三面图的阅读

阅读组合体三面图, 就是根据已知的图形, 运用投影规律, 想象出物体的空间形状和结构。读图与画图是两个相反的图、物转换过程, 为了正确迅速地看懂三面图, 必须掌握读图的基本方法。

12.4.1 读图的基本要领

12.4.1.1 几个投影联系起来看

通常一个投影只能表示组合体一个方向的形状, 不能概括其全貌。如图 12.17(a) 所示三个组合体的平面图是一样的, 但它们的正立面图不相同, 所表达的物体形状也不相同。如图 12.17(b) 所示, 只看正立面图和平面图, 物体的形状并不能确定, 因为左侧立面图不同, 所表达的物体形状也不一样。因此, 看组合体三面图时应把几个投影联系起来才能准确地确定组合体的形状和结构。

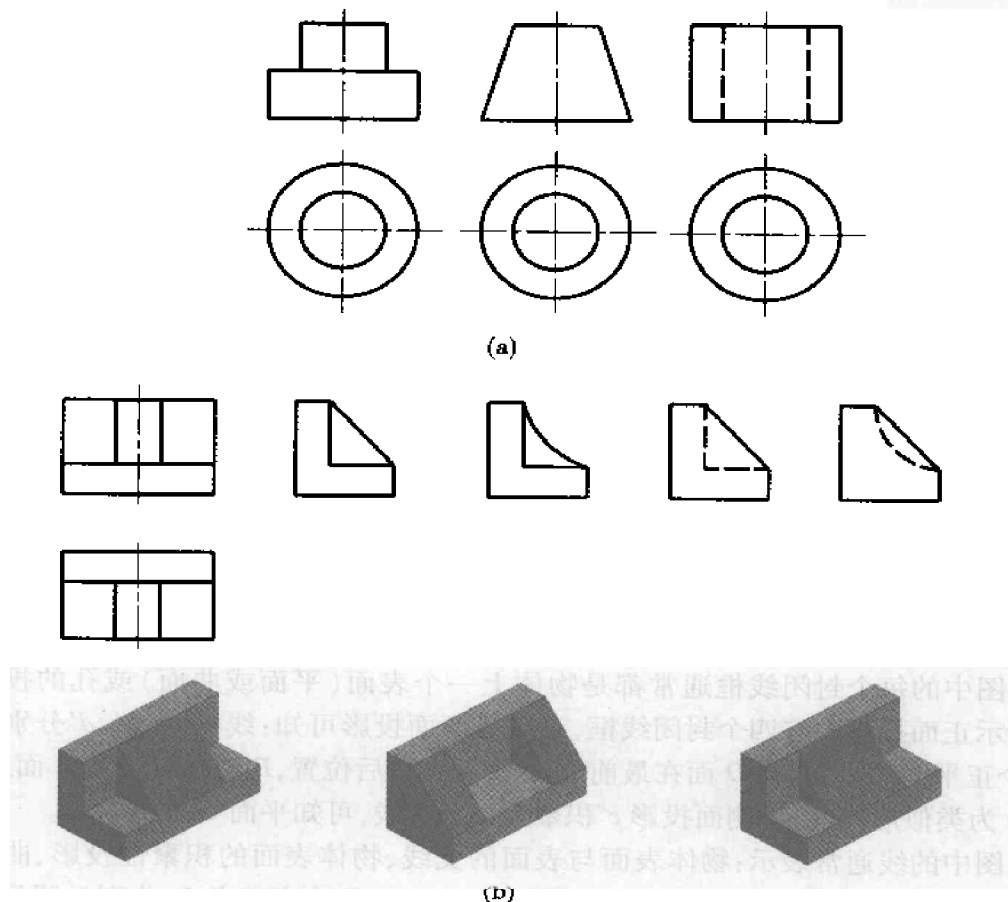


图 12.17 几个投影联系起来看图

12.4.1.2 分析投影抓特征

读图时,要先从反映组合体形状特征的投影着手,进而再利用投影规律和位置关系,构思组合体的空间形状。

如果我们只看如图 12.18 所示组合体三面图的正立面图和左侧立面图,除了该形体的厚度以外,其确切形状看不出来。如果将正立面图和平面图结合起来看,即使不要左侧立面图,也完全可以构思出它的形状,这是因为平面图更清楚地反映了该组合体的形状特征。

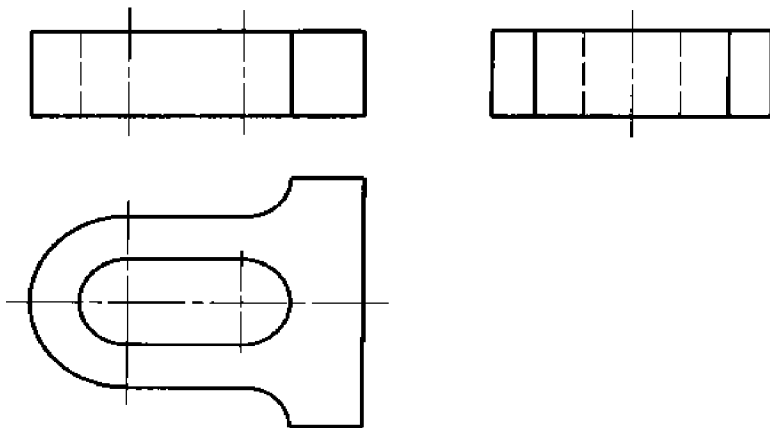


图 12.18 抓特征投影看图

12.4.1.3 弄清楚每个线框、每条线的含义

读组合体三面图时,首先应明确三面图中图线及线框的含义,现以图 12.19 所示组合体三面图为例说明。

(1)图中的每个封闭线框通常都是物体上一个表面(平面或曲面)或孔的投影。图 12.19 所示正面投影中有四个封闭线框,对照另两面投影可知:线框 a' 、 b' 、 d' 分别是组合体上三个正平面的投影,且 D 面在最前位置, A 面在较后位置, B 面在 D 面和 A 面之间;线框 c' 和 c 为类似形,又由于侧面投影 c'' 积聚为一条直线,可知平面 C 为侧垂面。

(2)图中的线通常表示:物体表面与表面的交线、物体表面的积聚性投影、曲面的转向轮廓线。图 12.19 所示正面投影中有线条 $1'$ 、水平投影中有线条 2 ,分别对照另两面投影可知:线 I 为圆柱面和平面相切组合面的投影,线 II 为两个面的交线。

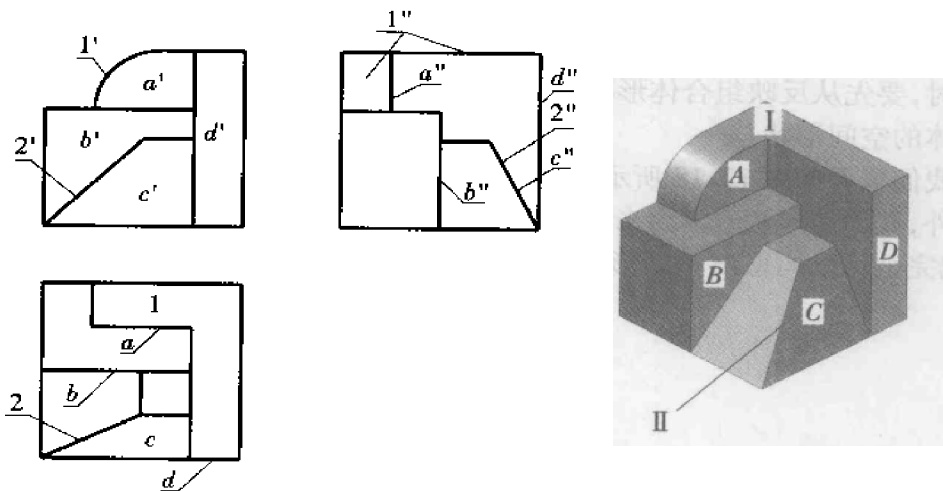


图 12.19 组合体的线框和图线含义



12.4.2 读图的基本方法

12.4.2.1 形体分析法

形体分析法是读图的基本方法。用形体分析法读图,就是从反映物体形状特征的投影入手,将线框划分成几个部分,然后根据投影规律,找到其他投影面的投影,从而想象出每个部分的形状,最后根据其相对位置、组成方式和表面连接关系,想象出整体形状。下面以图 12.20 为例,说明形体分析法读图步骤。

(1)分线框,找投影 如图 12.20(a)所示,先将三个投影联系起来看,根据投影关系找出表达构成组合体各部分形体的形状特征和相对位置比较明显的投影。水平投影被分成四个封闭线框,对照另两面投影可知中间两个线框为一个形体的投影,因此可将组合体分为 1、2、3 三个部分。

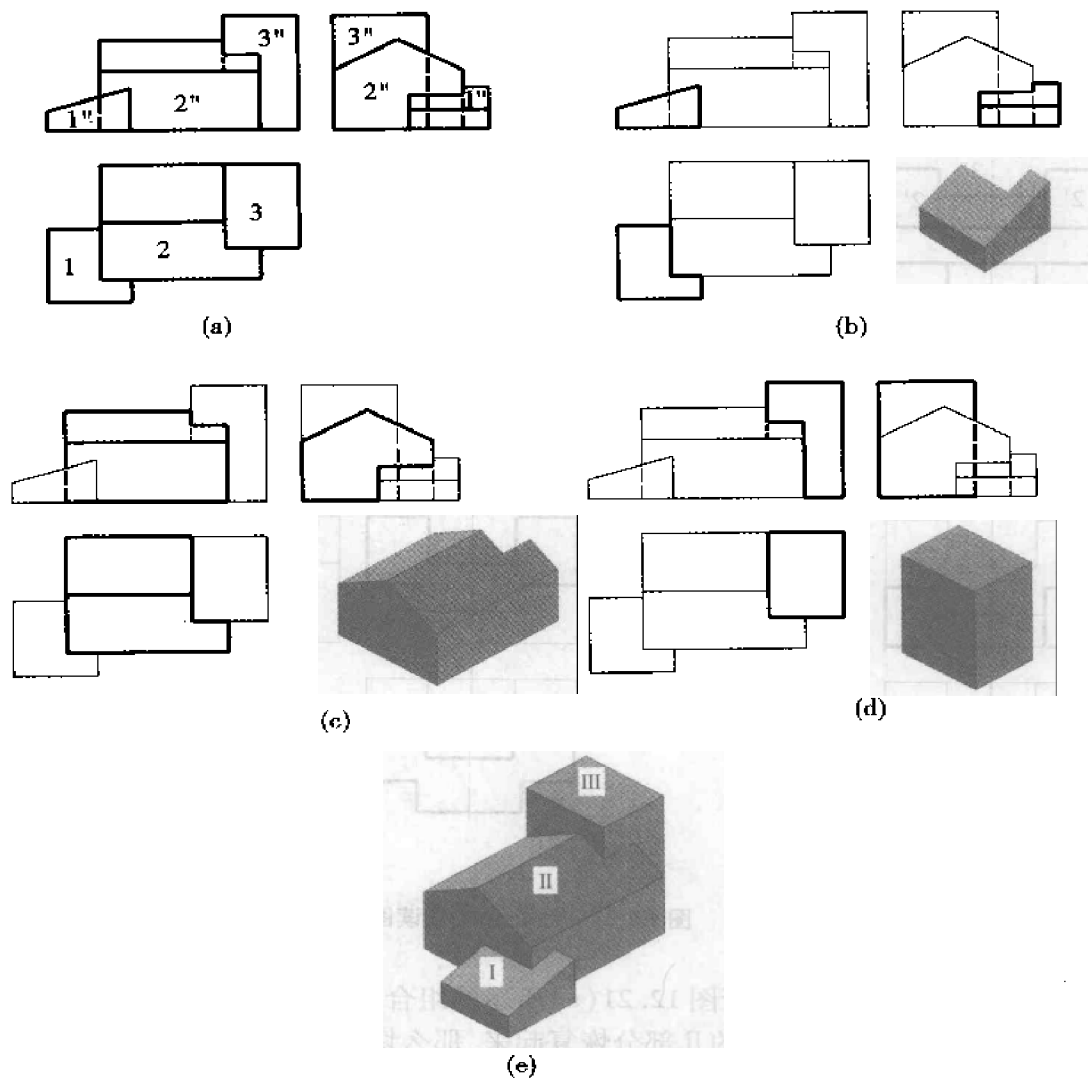
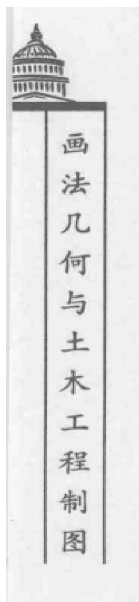


图 12.20 形体分析法读图



(2)按投影,想形状 根据水平投影中所分的线框,对照其他两投影,确定其空间形状。水平投影中的线框1对应正面投影和侧面投影的线框如图12.20(b)所示,其空间形状如图12.20(b)右下角所示的简单体;水平投影中的线框2对应正面投影和侧面投影的线框如图12.20(c)所示,其空间形状如图12.20(c)右下角所示的挖切简单体;水平投影中的线框3对应正面投影和侧面投影的线框如图12.20(d)所示,其空间形状如图12.20(d)右下角所示的简单体。

(3)综合起来想整体 分析组合体中简单体Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ之间的位置关系得出:简单体Ⅰ在Ⅱ的左前侧,Ⅱ的左前棱线紧贴Ⅰ被挖槽中的棱线;简单体Ⅲ在Ⅱ的右后侧,Ⅲ的左前棱线紧贴Ⅱ被挖槽中的棱线;Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的底面均平齐。由以上分析可知该组合体的空间形状如图12.20(e)所示。

12.4.2.2 线面分析法

对于一些比较复杂物体的局部,特别是有切割特征且截交线复杂的组合体,经常采用线面分析法进行读图。下面以图12.21切割型组合体为例,说明线面分析法读图步骤。

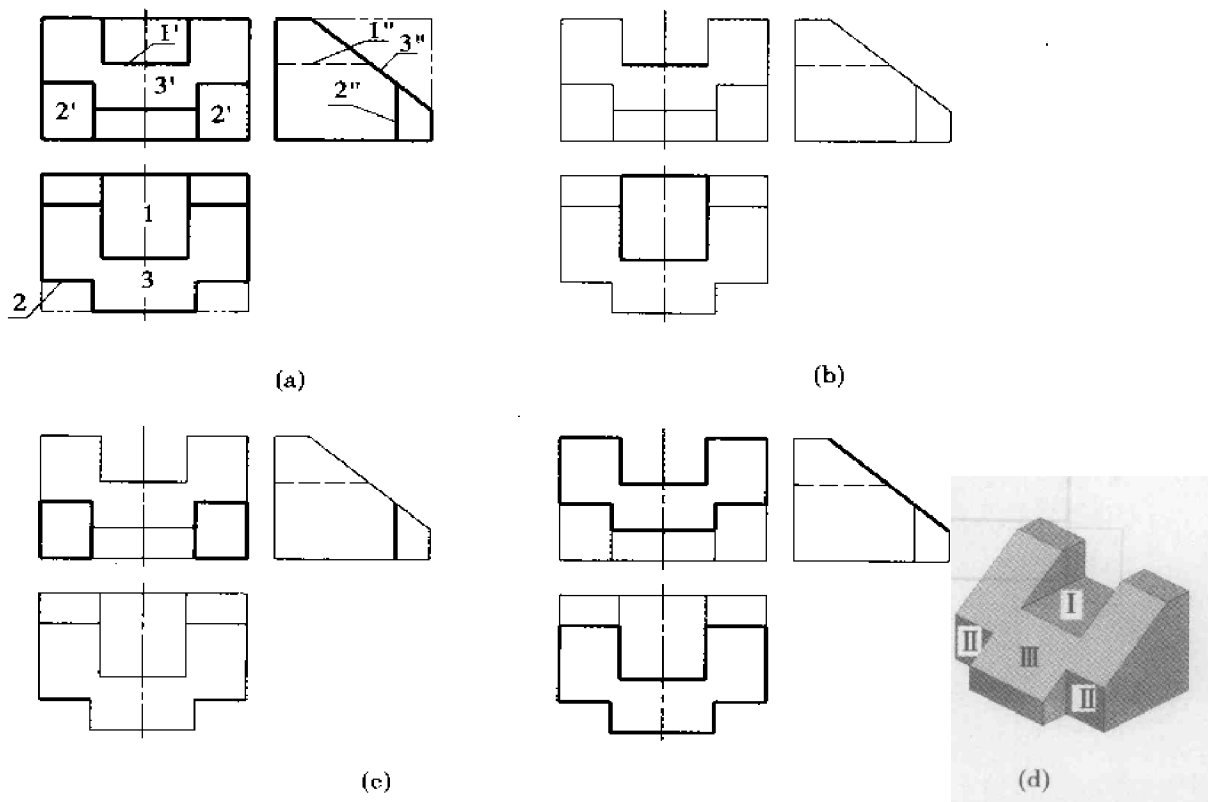


图 12.21 线面分析法读图

(1)分线框,对投影 分析图12.21(a)所示的组合体三面图可看出,三个投影的主要轮廓线均为直线,如果将切去的几部分恢复起来,那么切割前的形体为一四棱柱。

水平投影线框1在正面投影中对应的是一条线1',侧面投影中对应的是线1'',如图



12.21(b)所示;正面投影线框 $2'$ 在水平投影中对应的是一条线 2 ,侧面投影中对应的是一条线 $2''$,如图12.21(c)所示;水平投影中线框 3 在正面投影中对应的是线框 $3'$ (类似形),侧面投影中对应的是一条线 $3''$,如图12.21(d)所示。

(2)按投影,想线面 通过对照以上线框在三个投影面的投影关系,可判断出Ⅰ是水平面;Ⅱ是正平面;Ⅲ是侧垂面。

(3)综合起来想形体 将其他线框做同样分析,想象出这是一个在四棱柱上方中间位置,由前向后切去一个槽;在左前、右前位置由上到下各切去一块;在上方前侧位置斜切去一块,如图12.21(e)所示。

12.4.3 由已知两投影补画第三投影

由两个投影补画出形体的第三个投影是提高看图能力及空间想象能力的方法之一。作图时,应注意分析给出的已知条件,利用读组合体三面图的基本方法,根据投影规律想象出物体的空间形状。下面以图12.22组合体为例,介绍由两投影补画第三投影的作图步骤。

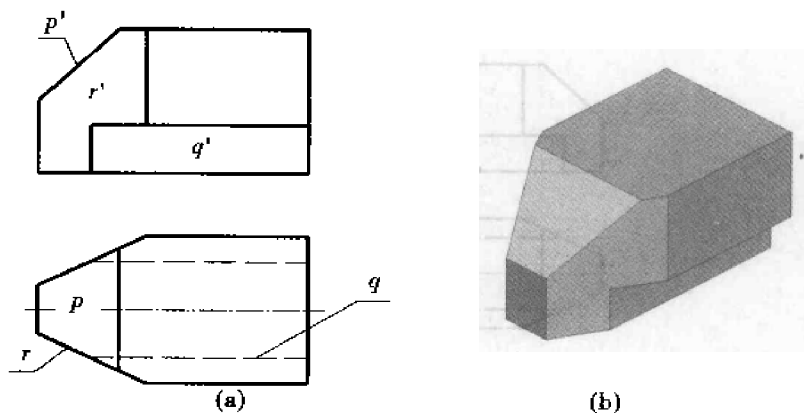


图 12.22 根据两投影补画第三投影

(1)从图12.22(a)可看出该图为切割体,应对其进行线面分析。

(2)水平投影上线框 p 在正面投影上没有相似线框,根据投影关系可以确定,线框 p 在正面投影上积聚成一条直线 p' ,所以平面 P 是一个正垂面;正面投影上线框 q' 在水平投影上没有相似线框,根据投影关系可以确定,线框 q' 在水平投影上积聚成一条直线 q ,所以平面 Q 是一个正平面;同理可以判断平面 R 为铅垂面。

(3)由以上分析可想象出物体的空间形状如图12.22(b)所示。从图中可以看出该组合体切割前为四棱柱。

(4)补画第三投影。

补画第三投影的步骤如图12.23所示。先画出基本体,如图12.23(a)所示。然后按照切割顺序依次切割,画出侧面投影,如图12.23(b)、(c)、(d)所示。整理加深后,如图12.23(e)所示。

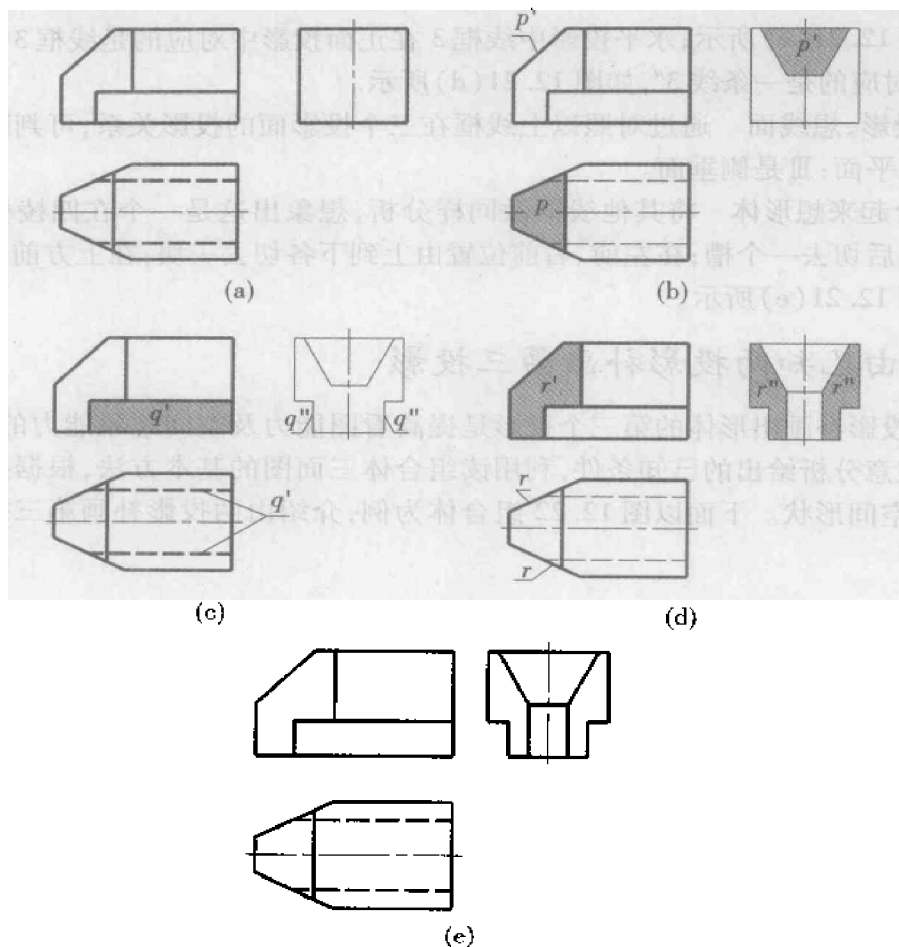


图 12.23 根据两投影补画第三投影画图步骤

12.5 组合体的构型设计

根据已知条件构思组合体的形状、大小并表达成图的过程称为组合体的构型设计。

组合体的构型设计是空间想象、形体构思和作图表达的综合。不仅对画图、读图能力的提高有很大的促进作用,也是提升空间想象能力和创新能力的重要手段,是奠定设计技能的基础。

12.5.1 构型基本原则

12.5.1.1 以基本体构型为主

采用平面体、回转体等基本形体构型,便于设计和标注尺寸。基本形体的投影特点及相互之间的组合关系是构型设计的基础,必须熟练掌握基本形体的投影规律,灵活应用基本形体的组合方法进行构型设计。



如图 12.24 所示的组合体,它的外形像一辆轿车,但都是由几个基本体通过一定的组合方式形成的。

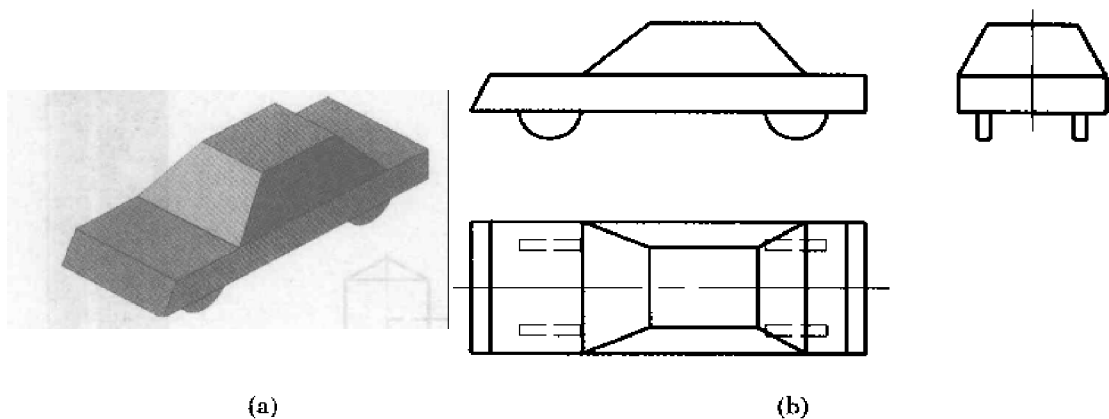


图 12.24 构型以基本体为主

12.5.1.2 具有创新性

构思组合体时,在满足已知的条件下,应充分发挥空间想象能力,设计出不同风格且结构新颖的形体。如图 12.25(a)为给定的水平投影,下面为按照给定的水平投影设计的组合形体:图 12.25(b)的构型比较单一,都是由平面立体构成;图 12.25(c)的构成既有平面又有曲面,呈现多样性;而图 12.25(d)的构型更具创新性,它是由圆柱体经过切割而成的。

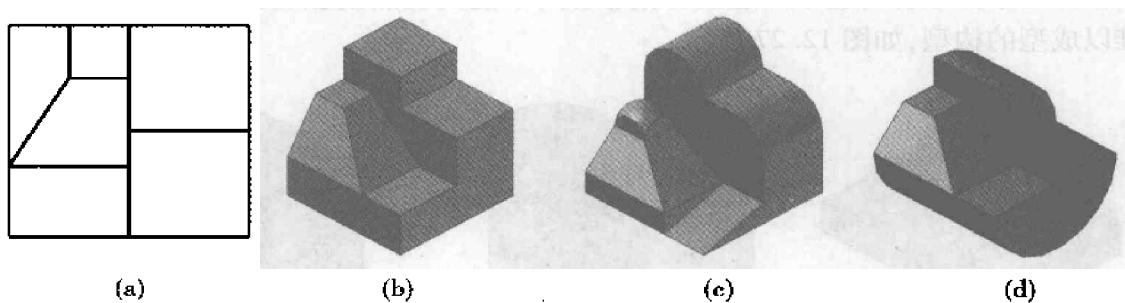
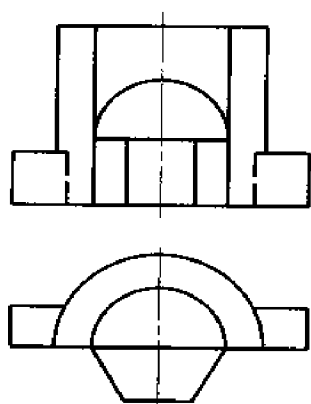


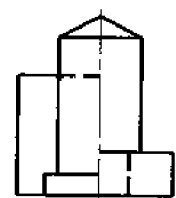
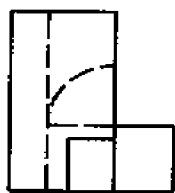
图 12.25 具有创新性构型

12.5.1.3 体现美感

构造形体要遵循一定的美学规律,设计出的形体才能给人以美感。任何物体只要具备和谐的比例关系(如黄金矩形、 $\sqrt{2}$ 矩形等),便初具视觉上的美感。对称形体具有平衡与稳定的效果,如图 12.26(a)所示;而对于非对称的形体,采用适当的形体分布,获得视觉上的平衡感与稳定感,如图 12.26(b)所示;图 12.26(c)所示的上海东方之珠电视塔,采用圆球、圆柱及圆锥等组合造型,富有美感,静中有动,有直冲云霄之感。



(a)



(b)



(c)

图 12.26 造型体现美感

12.5.1.4 构成实体

形体与形体组合时应牢固连接、构成实体,不能出现点接触、线接触等一些不合常规或难以成型的构型,如图 12.27 所示。

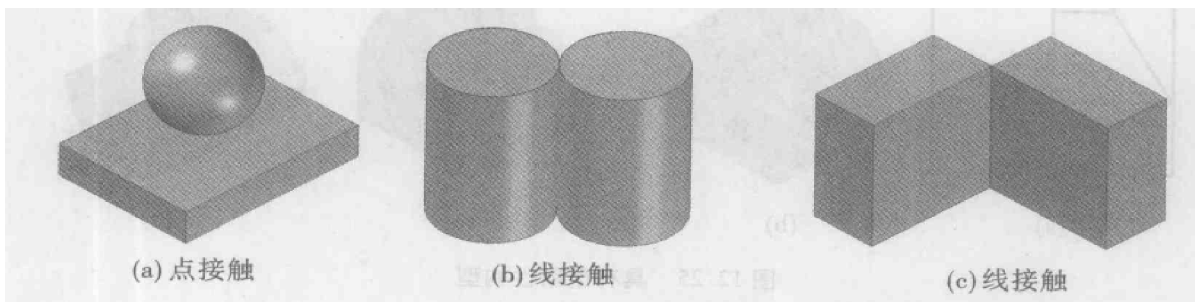


图 12.27 不合理构型

12.5.2 构型基本方法

12.5.2.1 叠加法

给定若干个基本形体,通过叠加而构成的不同的组合体。图 12.28(a)所示为两个四棱柱,通过不同的叠加方式后得出的几种不同的组合体;图 12.28(b)所示为两个棱柱、一



个半圆柱通过叠加、相交、相切等组合关系构成不同形状的组合体。

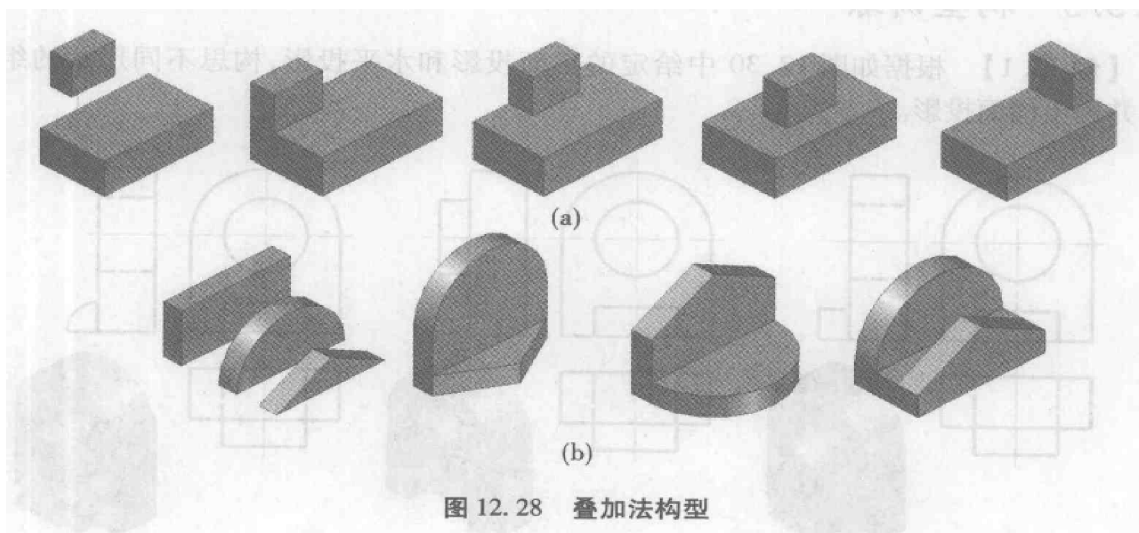


图 12.28 叠加法构型

12.5.2.2 切割法

由给定的基本形体通过平面切割、曲面切割(包括贯通)、曲直综合切割、凸向切割和凹向切割等方式构成新的形体,产生形态各异的立体造型。图 12.29(a)所示为平面体被切割;图 12.29(b)所示为曲面体被切割。

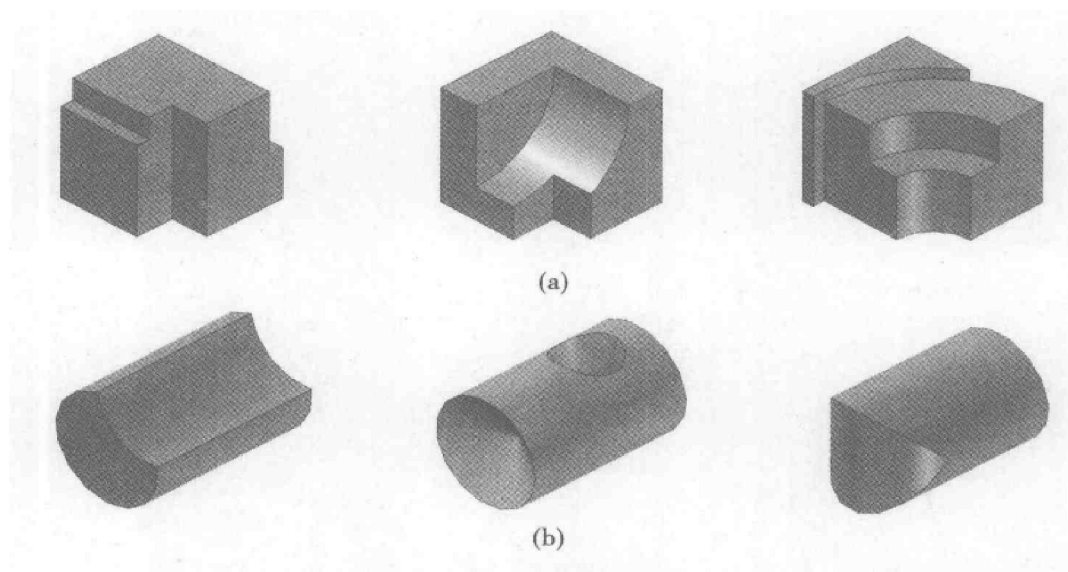


图 12.29 切割法构型

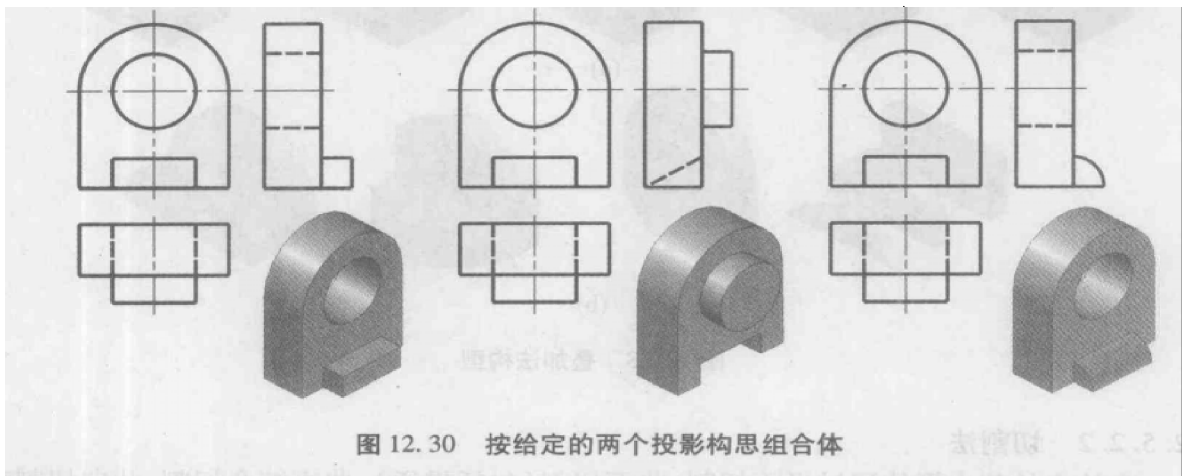
12.5.2.3 组合法

由给定的若干个基本形体,通过切割(包括穿孔)、叠加而构成的不同的组合体。类似于叠加法构型,只是在叠加前对基本体先进行切割。



12.5.3 构型训练

【例 12.1】 根据如图 12.30 中给定的正面投影和水平投影,构思不同形状的组合体,并画出侧面投影。



第 13 章 工程形体的表达方法

13.1 工程形体的投影视图

13.1.1 六个基本视图

如果工程形体的形状比较复杂时,我们可以在已有三个投影面的基础上再增加三个投影面,即在工程形体的上方、前方、左方投影的正投影图基础上再增加右方、后方、下方投影的正投影图,每个投影面与四个相邻的投影面都垂直。把这六个投影面围成的盒子用如图 13.1 所示的展开方法,展开在一个平面上,六面视图在原有的三面视图之外。又有:由右向左投影所得的右视图(右侧立面图),由后向前投影所得的后视图(背立面图),由下向上投影所得的仰视图(底面图)。

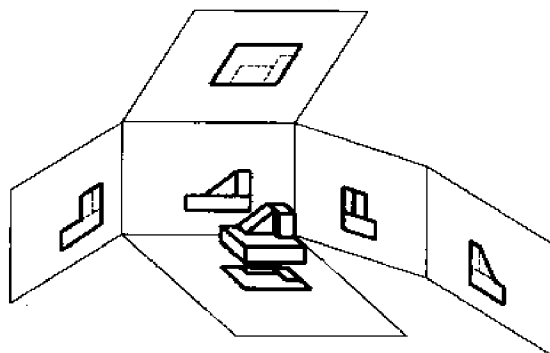


图 13.1 六个基本投影面的展开方法

展开后的投影图的配置如图 13.2 所示。这六个投影面和六个视图分别称为基本投影面和基本视图。三面投影和六面投影也可分别称为三面视图和六面视图。同三面视图一样,六面视图之间也保持着一定的投影联系和“长对正、宽相等、高平齐”的三等规律。有时考虑到几个视图布置在同一张图纸内时的幅面限制,视图常常不按图 13.2 布置。

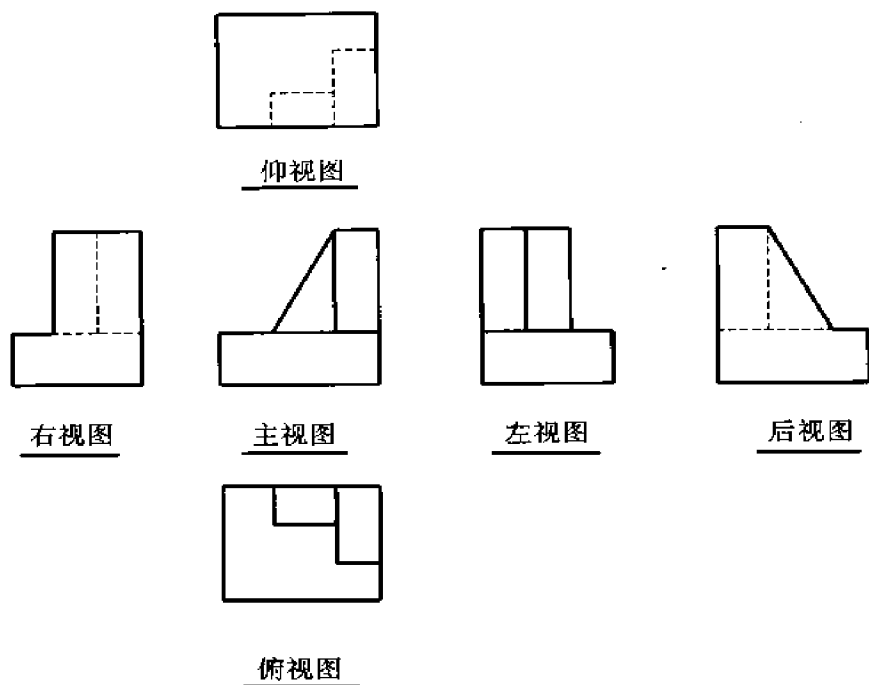


图 13.2 视图的配置

用基本视图表达工程形体时,正立面图应尽可能反映工程形体的主要特征,其他视图的选用,可在保证图样表达完整、清晰的前提下,使视图数量最少,以力求制图简便。例如图 13.3 用了四个立面图和一个屋顶平面图,就可以完整、清晰地表达一幢房屋的外形。在视图中,通常用粗实线画工程形体的可见轮廓;对于工程形体的不可见轮廓,若在其他视图中已经表达,则不必画出,但必要时也可用中虚线画出。

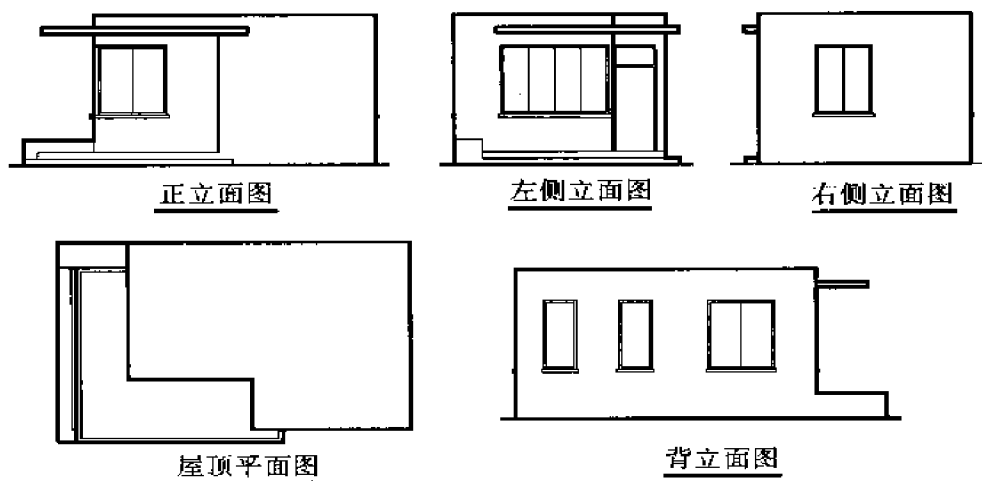


图 13.3 用基本视图表达一幢房屋的外形



在土木工程专业图中,工程形体的可见轮廓和必要画出的不可见轮廓,应按各专业的制图标准规定的线型和线宽绘制。在学习制图的基础阶段,一般用粗实线画可见轮廓,用中虚线画出不可见轮廓;但在画房屋时,也可按13.3所示,主要可见轮廓画粗实线,次要可见轮廓画细实线,更次要的可见轮廓画细实线,主要不可见轮廓画中虚线,次要不可见轮廓画细虚线。如果形体的内部形状比较复杂,则需要考虑增加用剖面图、断面图。

13.1.2 斜视图、向视图或局部视图

如图13.4所示,这个工程形体有五个立面,选用正立面图、平面图和右侧立面图表达,但这个工程形体其中一个立面不平行于基本投影面,正立面图和右侧立面图都不能反映出它的不平行于基本投影面的立面的真形。为了要得到反映该立面真形的图样,用画法几何中的换面法,设置一个平行于倾斜立面的铅垂面作为辅助投影面,然后将工程形体向它作正投影,即可得到反映倾斜立面真形的投影图。那么这种物体向不平行于任何基本投影面的平面投影所得的辅助视图,称为斜视图。斜视图的表达方式如图中所示,在视图上方标注出“X”(“X”为大写拉丁字母),在相应的视图附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母。

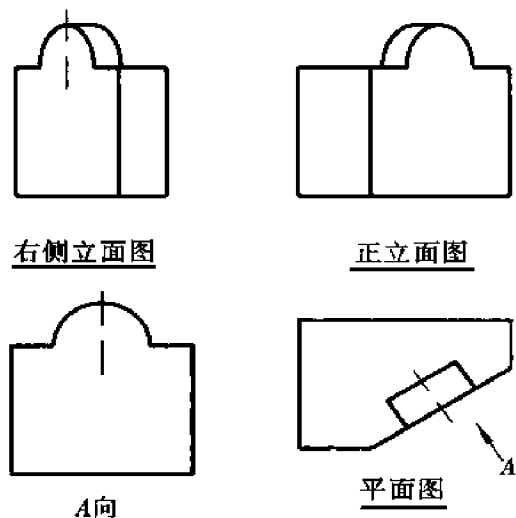


图13.4 斜视图

斜视图可以将整个工程形体的投影全部画出,也可以将工程形体平行于辅助投影面的表面真形画出后,向两侧扩展画出一小部分后就用波浪线或折断线断开;当斜视图所表示的反映真形的这个表面的外轮廓线封闭时,就可以只画出这个表面的投影,如图13.4中A向斜视图所示。斜视图的这种表达方式也可用于表达基本视图,以这种方式表达的基本视图,称为向视图或局部视图。

13.1.3 展开视图

工程形体如果是圆形、折线形、曲线形,可将这个形体与投影面不平行的立面,展开成



与投影面平行的一个平面,再用直接正投影法绘制,在图名后注写“展开”字样。图 13.5 为一幢平面图为长方形和环形组成的房屋,用一个屋顶平面图、三个立面图和一个斜视图表达了它的外形。正立面图和背立面图都是将环形立面展开成平行于基本投影面的平面后再进行正投影而画出的展开视图,所以在图名后加注了“展开”字样。

左侧立面图和 A 向斜视图,都由于按斜视图和向视图所表示的立面的外轮廓线封闭,允许不画与它相连的其他部分。

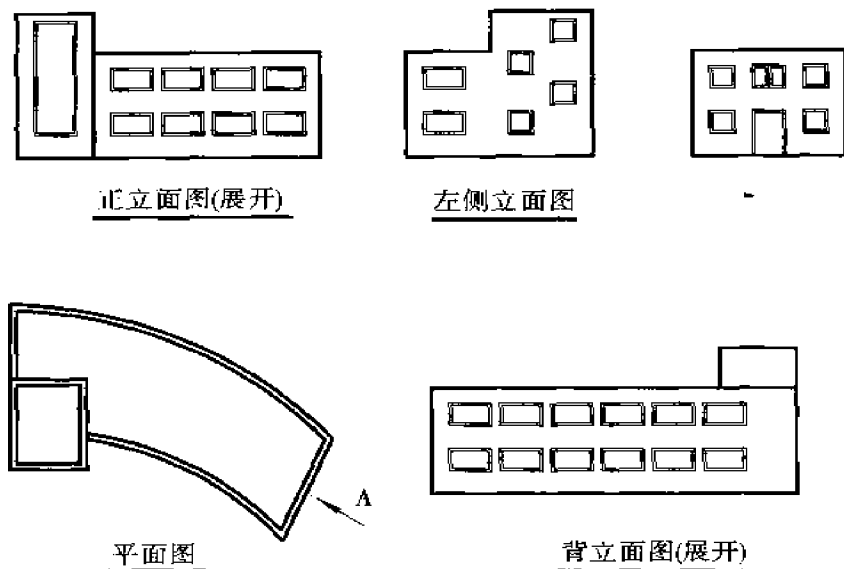


图 13.5 工程形体的展开视图示例

13.1.4 镜像视图

有时某些工程构造,当用第一角画法绘制不易表达时,可用镜像投影法绘制。但应在图名后注写“(镜像)”或画出镜像投影的识别符号(具体的符号可查阅 GB/T 50001—2001)。

如图 13.6(a)所示,采用镜像投影法画出了物体在镜面内的镜像图样,这样的视图称为镜像视图,实际上也是用正投影法画出的,读者可以想象出:它和用第一角画法得到的平面图或底面图是不完全一样的,图 13.6(b)是完整、清晰地表达这个工程形体所画出的两个立面图和一个镜像平面图。

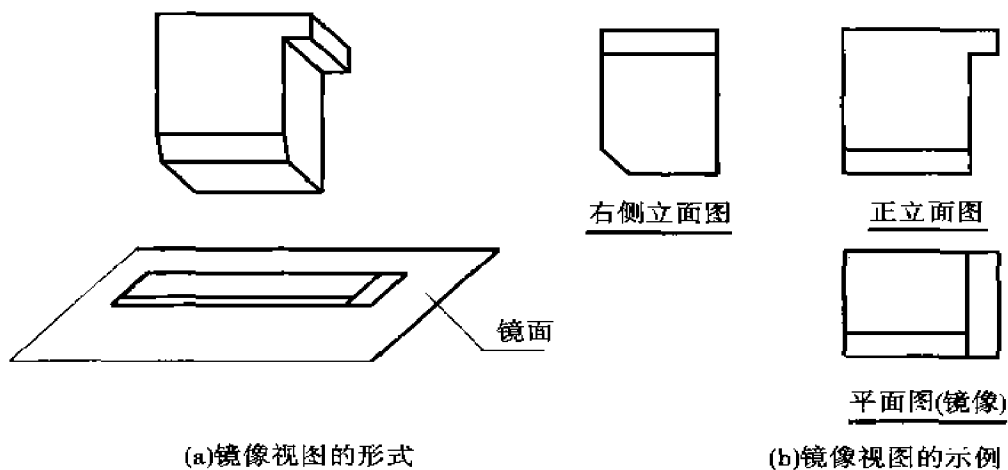


图 13.6 镜像投影法

13.2 剖面图

13.2.1 剖面图的基本概念

当一个工程形体的内部构造比较复杂时,如果在正投影图中以中虚线表示不可见部分,视图上不仅虚线多,而且虚线、实线相互交叉或重叠,使得图形混淆不清,增加读图的困难。为了更好地表达这样的工程形体,设想用剖切面切开它,让它的内部构造显现,然后再用直接正投影法画出它的投影,使不可见部分变成可见。这种用假想的剖切面剖开工程形体,移去处于观察者和剖切面之间的部分,对留下部分按正投影法投影所得的图样,称为剖面图。剖切面可以是一个,也可以是两个或两个以上;通常用平面剖切,称剖切平面,必要时,还可以用柱面(可称剖切柱面)剖开工程形体,剖切平面和剖切柱面统称剖切面。

13.2.2 剖切方法

如图 13.7 所示,剖面图应按下列方法剖切后绘制(图中所画的剖切面假设是透明的)。

(1)用一个剖切面剖切 如图 13.7(a)和图 13.7(b)所示,图 13.7(a)是用一个剖切面完全剖开工程形体,图 13.7(b)是用一个剖切面局部剖开工程形体。

(2)用两个或两个以上平行的剖切面剖切 如图 13.7(c)所示,用两个平行的剖切面剖开工程形体。

(3)用两个或两个以上相交的剖切面剖切 如图 13.7(d)所示,用两个相交的剖切面剖开工程形体。

(4)用两个或两个以上平行的剖切面分层剖切 如图 13.7(e)所示,用两个以上平行



的剖切面逐层剖开工程形体。

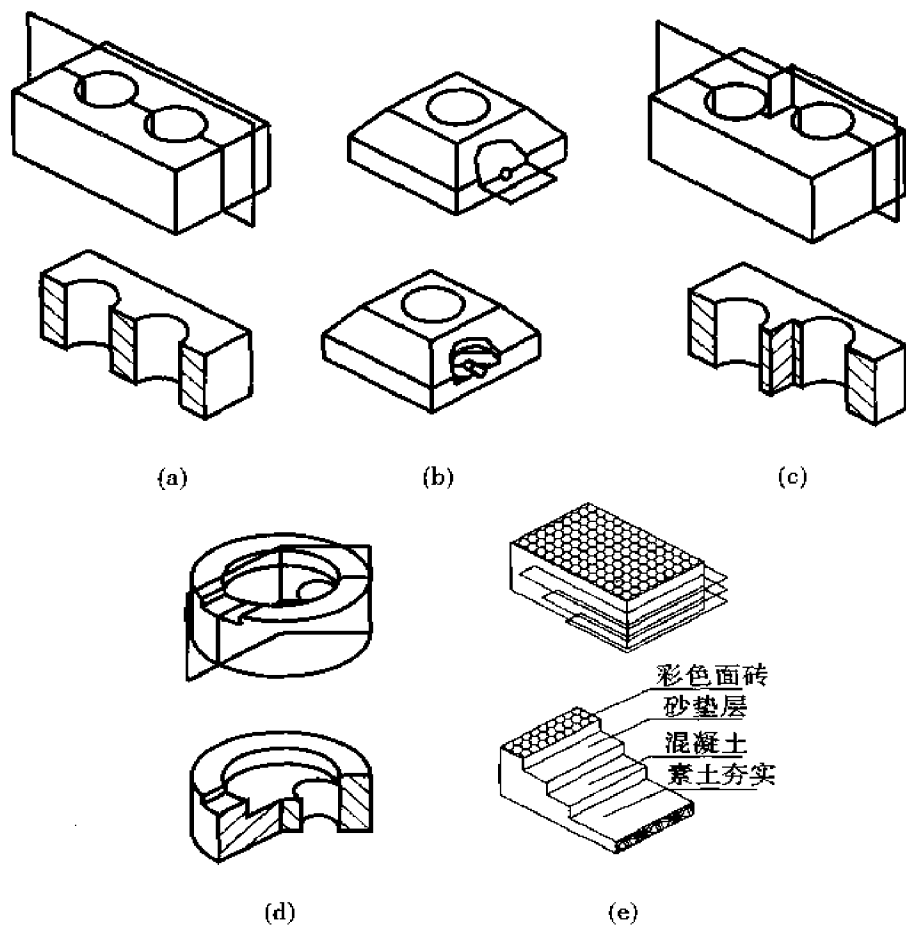


图 13.7 剖面图的剖切方法示例

- (a) 用一个剖切面完全剖开工程形体; (b) 用一个剖切面局部剖开工程形体;
(c) 用平行的剖切面剖开工程形体; (d) 用相交的剖切面剖开工程形体;
(e) 用平行的剖切面分层剖开工程形体

13.2.3 画剖面图示例

图 13.8(a) 画出了一个房屋模型的三面视图, 前墙面上有一个门窗连在一起的门窗洞, 左墙面上有一个窗洞, 屋顶、墙面和地面作为同一材料构成的整体。图 13.8(b) 是用正立面图, 编号为 1 的侧平面通过门洞剖切后, 向左投影所得的 1-1 剖面图, 以及用编号为 2 的水平面通过窗洞剖切后, 向下投影所得的 2-2 剖面图, 三者联合在一起, 组成表达这个房屋模型的图样。

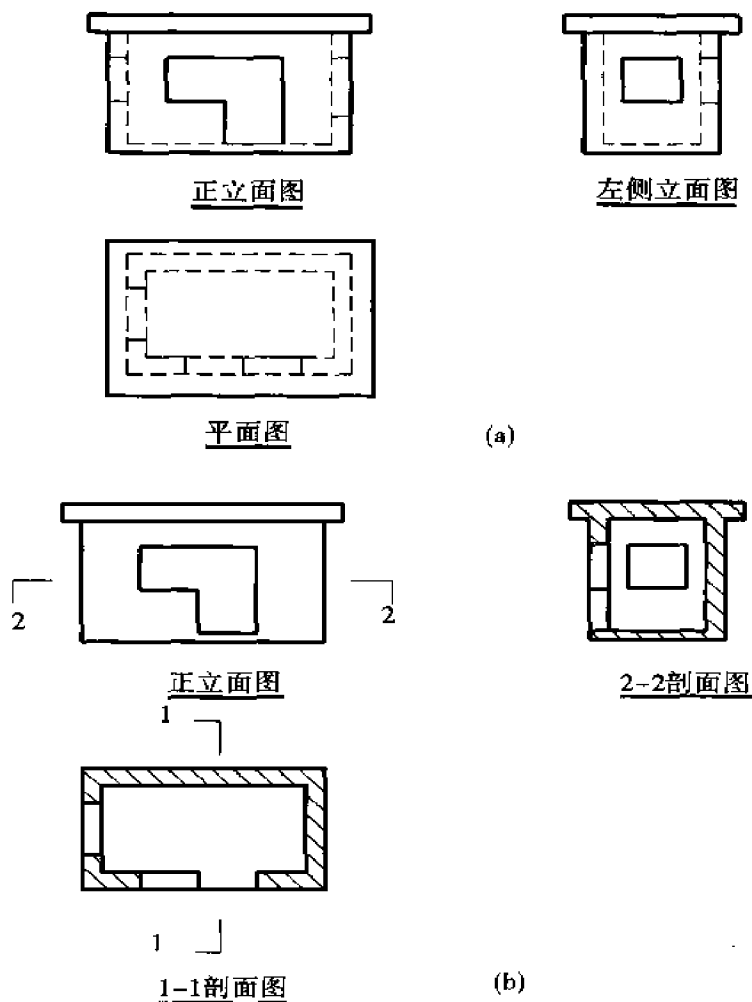


图 13.8 房屋模型的剖面示例

(a) 投影图; (b) 剖面图

在 2-2 剖面图和正立面图上分别画出了编号为 1 和 2 的剖切符号,表示剖切面的剖切位置和剖切后的投射方向;对比图 13.8(a)可以看出:用 2-2 剖面图代替了平面图,水平剖切面之上的墙和屋顶已被剖去,按向下的投射方向(也称剖视方向)画出了留下部分被剖切到的墙、窗洞下可见的墙和门洞下可见的地坪轮廓线,在被剖切到的墙的断面上画出断面的材料图例,若不需表明是哪一种材料时,则可如图中所示,画同方向、等间距的 45°细实线;用 1-1 剖面图代替了左侧立面图,侧平剖切面之右的屋顶、墙面和地面已被剖去,按向左剖视的方向画出了留下部分被剖切到的屋顶、墙面和地面,由于这个房屋模型被看做是同一材料构成的整体,因而屋顶、墙面和地面的断面间都没有分界线,并在断面上画出不需表明是哪一种材料的材料图例;还画出了前墙面上门窗洞下左侧可见的墙和左墙面上的可见窗洞的轮廓线;正立面图由于在 1-1 和 2-2 剖面图中已表明了所有不可见的投影虚线所表达的内容,这些虚线应全部省略不画。



13.2.4 画剖面图的有关规定

如图 13.9 所示,剖视的剖切符号由剖视的剖切位置线及剖视方向线组成,以粗实线绘制。剖切位置线的长度宜为 6 ~ 10 mm,剖视方向线应垂直于剖切位置线,长度 4 ~ 6 mm。绘图时,剖视剖切符号不宜与图面上的图线相接触,剖视剖切符号的编号,宜采用阿拉伯数字,按顺序由左至右,由下至上连续编排,并应注写在剖视方向线的端部。需要转折的剖切位置线,应在转角的外侧加注与该符号相同的编号。剖面图的图名一般是以剖视编号命名,例如 $X-X$ 剖面图或 $X-X$ 剖面,也可简称 $X-X$ 。除了后面所讲的局部剖面图、分层剖切剖面图以外,一般都应标绘出剖视的剖切符号、编号和剖面图的图名。建筑物或构筑物的剖面图的剖切符号,宜注在±0.000 标高的平面图上。

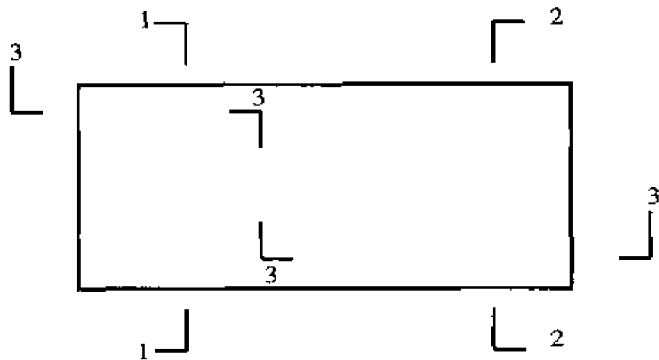


图 13.9 剖面符号示意图

13.2.5 几种常用的剖面图

画剖面图时,我们可以根据工程形体的不同形状、特征,选用下述几种不同的剖切方法,从而形成不同的剖面图。

13.2.5.1 全剖面图

如果用一个剖切面完全剖开工程形体,这样画出的剖面图,习惯上称为全剖面图。当一个工程形体的外形简单但内部复杂,或者外形复杂但另有视图表达时,我们常采用全剖面图,如图 13.9 所示的 1-1 和 2-2 剖面图。

【例 13.1】 如图 13.10 所示,已知某水工构筑物模型的平面图和正立面图,要求按平面图上标明的剖视剖切符号画出全剖面图。

解 首先按图 13.10 给出的水工构筑物模型的两个投影图,对这个水工构筑物模型进行形体分析。可以将它看做由三部分组成,最下面的是基础,中间向后延伸的是水管,水管安装在开孔的挡土墙上。根据平面图上剖切符号可知,假想的平行于侧面的剖切面,剖在该水工构筑物模型的左右对称面上,移去左半部,按视图的投影规律画出剩下右半部分的剖面图。剩下的右半部分剖面图包括基础、挡土墙和水管的断面,以及基础、挡土墙和水管右边的可见部分的投影。画出了剩下部分的全部投影后,在断面上画出这个水工构筑物模型的材料图例。由于题目没有说明该工程形体的建造材料,在此,仅以间隔均匀



的 45°细实线作为材料图例,并将这个水工构筑物模型看做由同一材料构筑成的整体。最后注上图名“1-1 剖面图”。

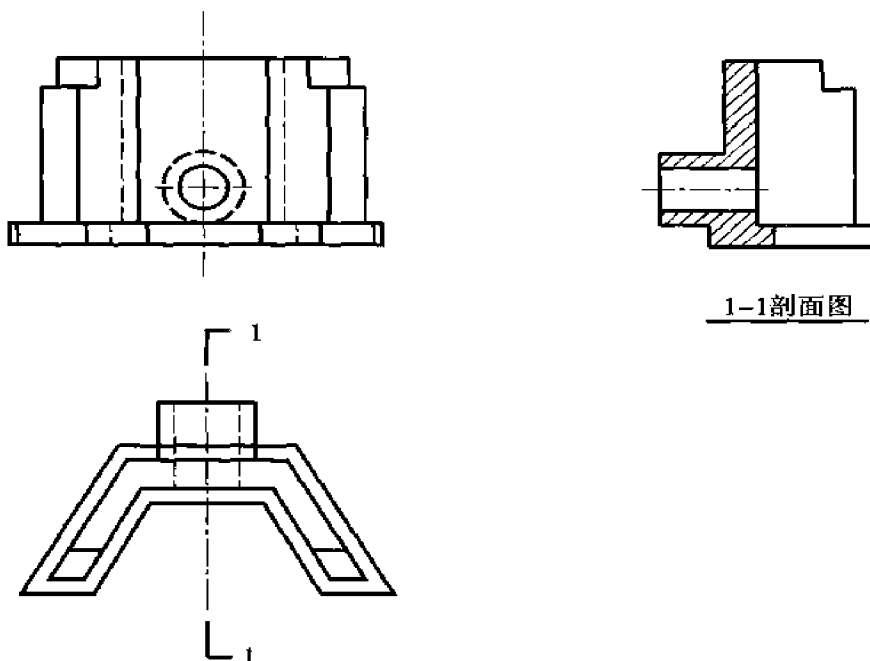


图 13.10 作水工构筑物模型的全部剖面图

13.2.5.2 半剖面图

如果对称的工程形体需画剖面图时,可以以对称线为界,一半画视图(外形图),一半画剖面图,这样的剖面图习惯上称为半剖面图。因此,对称的工程形体,常采用半剖面图,它同时表达出内形与外形,表示外形的那半个视图不必再用虚线表示内形,半个剖面图和半个外形视图的分界线是对称符号。

【例 13.2】 已知杯形基础三视图,如图 13.11 所示,杯形基础是钢筋混凝土浇筑成的一个整体,要求将正立面图和左侧立面图改画成半剖面图。

解 首先按形体分析读懂杯形基础的三视图,想出这个杯形基础是由侧垂的六棱柱底板,中间有楔形槽的长方体杯身,以及两侧各两块三角形肋板叠合而成,左右、前后都对称,从而想出它的整体形状。然后,如图 13.11(b)所示,以前后对称面作为编号为 1 的剖切面,在平面图上标绘出剖切符号及编号,将正立面图的右半改成剖面图,而将左半原来已画出的视图中的虚线都省略不画。最后,在正立面图的左右对称线两端画出对称符号,在图样的下方注出图名“1-1 剖面图”,于是就把正立面图改画成半剖面图。用同样的原理和方法,以左右对称面作为编号为 2 的剖切面,将左侧立面图的前半改成剖面图,后半原来已画出的视图中的虚线都省略不画,注出图名“2-2 剖面图”。显然,用平面图和 1-1、2-2 两个半剖面图比三视图更清晰地表达了这个杯形基础。

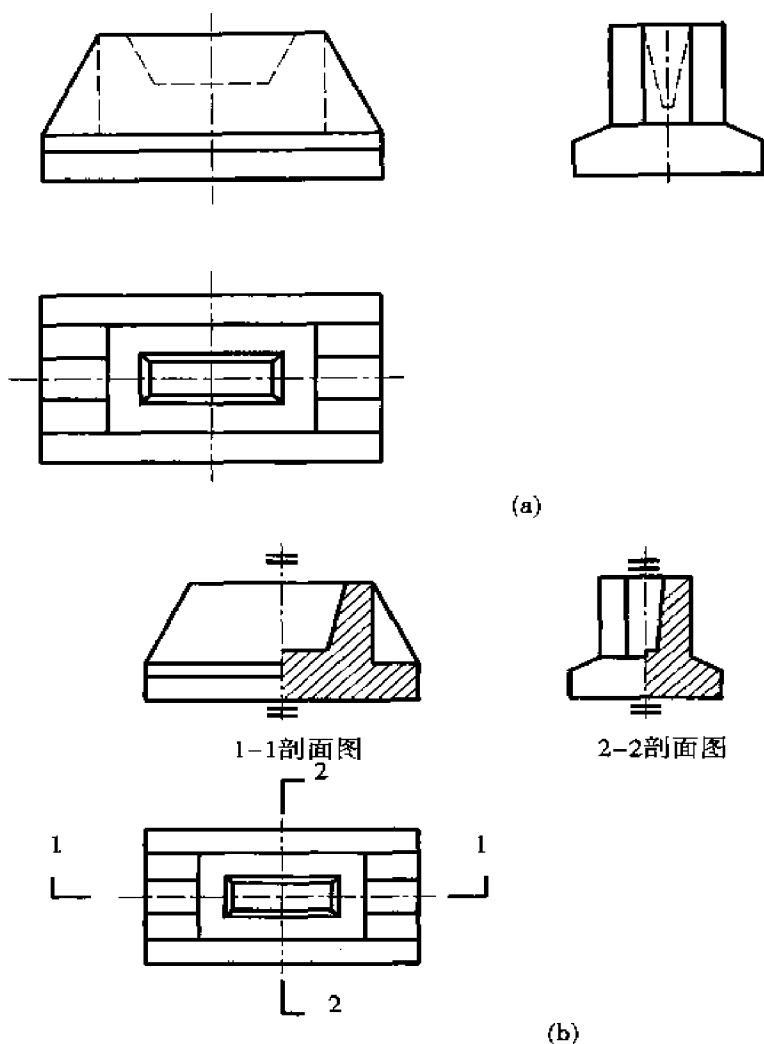


图 13.11 将杯形基础正立面图和左侧立面图改画成半剖面投影

13.2.5.3 局部剖面图

当工程形体只有局部的内部构造需要清晰表达时,可用剖切面局部剖开工程形体,所得的剖面图,称为局部剖面图。局部剖面图的外形视图部分和剖面图部分用细波浪线分界,波浪线表明剖切范围,不能超出图样的轮廓线,也不应和图样上的其他图线相重合。由于局部剖面图的剖切位置一般都比较明显,所以局部剖面图通常都不标绘剖切符号,也不另行标注剖面图的图名。

图 13.12 是用一个处于正立面图位置的局部剖面图、A 向视图和 1-1 剖面图表示的一个金属弯管管件的图样。从这个管件的图样可以看出它是轴线为平行于正立投影面的一段圆弧弯管;下端有一个水平的圆盘形凸缘,凸缘上有位置如 A 向视图所示的四个均布的小圆孔;上端有一个端面垂直于圆弧轴线的具有四个圆角的方盘形凸缘,凸缘四角有



位置如1-1剖面图所示的四个小圆孔,在方盘形凸缘前下方与弯管前壁的交接处有一个具有圆柱形孔的凸台。为了既要保存凸台端面的真形,又要显示弯管内孔和圆盘形凸缘上小圆孔的内部形状,采用以通过弯管轴线的正平面为剖切面的局部剖面图,以波浪线作为表示外形的视图部分和表示内形的剖面图部分的分界线,波浪线的两侧都省略不可见的投影虚线,仅按惯例画出了凸缘上不可见的小圆孔的轴线。图中这个局部剖面图的假想剖切面位置很明显,所以不必标注剖切符号和剖面图的图名。

13.2.5.4 斜剖面图

前述的全剖面图、半剖面图和局部剖面图都是用平行于某一基本投影面的剖切面剖开工程形体后得到的,而用不平行于任何基本投影面的剖切面剖开工程形体后得到的剖面图,称为斜剖面图。在图13.12中所示的这个管件是以通过凸台圆柱形孔的轴线的弯管横断面为界,右下方弯管的内外壁都是圆环面,而左上方弯管的内外壁分别是与右下方弯管的内外壁圆环面相切的圆柱面,以这个横断面作为编号1的剖切面剖开这个管件,剖去右下方弯管和凸缘,将留下的一小段直管和上面的凸缘向平行于剖切面的辅助投影面作正投影,就可作出1-1剖面图,也就是这个弯管管件的斜剖面图,它反映了这个弯管横断面、方盘形凸缘以及其上的四个小圆孔的真形,也反映了凸台的正平面端面与弯管的圆弧形轴线所在的正平面之间的真实距离。显然,用这样一个局部剖面图、一个斜剖面图和一个向视图就清晰、完整地表达了这个弯管管件的形状。

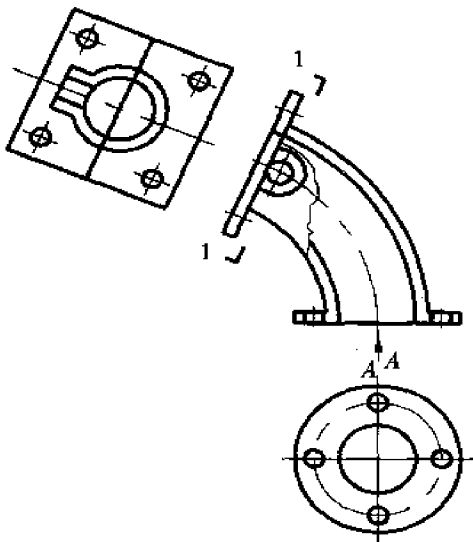


图13.12 局部剖面图和斜剖面图

13.2.5.5 阶梯剖面图

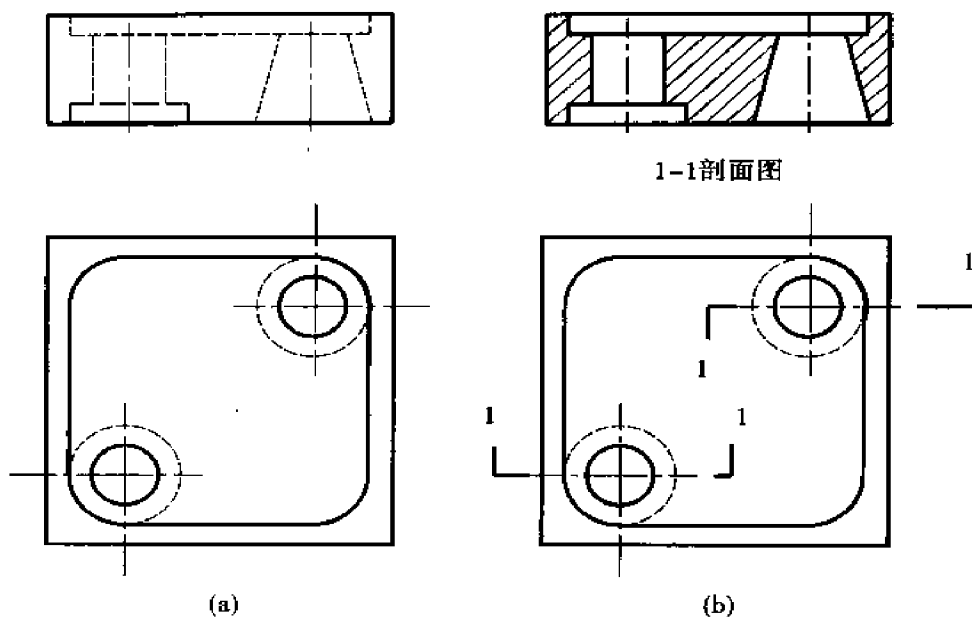
如果用两个或两个以上平行的剖切面剖切形体的方法称为阶梯剖,所得到的剖面图习惯上称为阶梯剖面图。当工程形体内部结构需要用两个或两个以上平行的剖切面剖开才能显示清楚时,采用阶梯剖。画阶梯剖面图时要注意,不应画出两个剖切平面的转折处的分界线。

【例13.3】如图13.13(a)所示,已知某构筑物模型的平面图和正立面图,要求按图13.13(b)中的平面图上标明的剖视剖切符号,将图13.13(a)中的正立面图改成阶梯剖面图。

解 由图13.13(a)所示的该构筑物模型的两视图想象出它的空间形状是:在一个正四棱柱顶部挖去薄薄的四周带圆角的方形的槽,再向下开了两个孔,一个是大小两节的圆柱阶梯孔,另一个是圆台孔。如果用一个平行于V面的假想剖切平面剖开这个构筑物模型画全剖面图,不可能同时显示清楚这两个孔。因此,在图13.13(b)所示的平面图上,画出了用两个平行的剖切面剖切构筑物模型的剖切符号,注出编号,剖切后,移去前半部,将图13.13(a)中的正立面图改成后半部分的阶梯剖面图。图中除了画出这个构筑物模型



的断面外,还画出剖切面后的可见部分的投影轮廓线。注意:在两个剖切平面截出的断面转折处不画分界线。由于不需要表明是哪种材料,断面上的材料图例画间隔均匀的 45° 细实线。最后,注上图名“1-1剖面图”。显然,用图 13.13(b)所示的平面图和阶梯剖面图 1-1 表达这个构筑物模型,比图 13.13(a)所示的两视图要清晰得多。



图例 13.13 将某构筑物模型的正立面图改成阶梯剖面图

(a) 某构筑物模型的两视图; (b) 改成阶梯剖面图后的图样

13.2.5.6 旋转剖面图

用两个相交的剖切平面(交线垂直于某一基本投影面)剖开工程形体的方法,习惯上称为旋转剖。采用旋转剖面剖面图时,以假想的两个相交的剖切平面剖开工程形体,移去假想剖切掉的部分,把留下的部分向选定的基本投影面作正投影,但对倾斜于选定的基本投影面的剖切平面剖开的结构及其有关部分,要旋转到与选定的基本投影面平行面后再进行投影。用旋转剖得到的剖面图,习惯上称为旋转剖面图,应在剖面图的图名后加注“展开”字样。画剖面图时应注意,不画两个剖切平面截出的断面的转折线。

图 13.14(a)用两视图虽然完整地表达了一个构筑物模型,它下面是一块圆形底板,上面叠合了一个左侧和右前方分别伸出一段矩形槽的空心圆柱,底板和空心圆柱叠合成一个整体,但表达得不够清晰。图 13.14(b)是按图 13.14(a)中的剖视剖切符号所示的,假想用相交于空心圆柱和圆底板的共同轴线的一个正平面和一个铅垂面剖开这个构筑物模型,剖切掉它的左前一部分。图 13.14(c)是按平面图中标绘的剖视剖切符号,将被正平面剖开的结构及其有关部分,连同被铅垂面剖开的结构及其有关部分旋转到与正立投影面平行面后,一起向正立投影面作正投影,由于不需要表明是哪种材料,断面上的材料图例画间隔均匀的 45° 细实线,于是就作出了这个构筑物模型的旋转剖面图。最后,在旋转剖面图的下方,注出剖面图的图名,同时加注“展开”字样。请注意:在两个剖切平面剖



出的两个断面间不画分界线。读者还可以看出:在图 13.14(c) 中,平面图和旋转剖面图都省略了不可见的投影虚线,仍然能明确地表达出这个构筑物模型的形状,与图 13.14(a) 相比较,显然,图 13.14(c) 表达得更清晰。

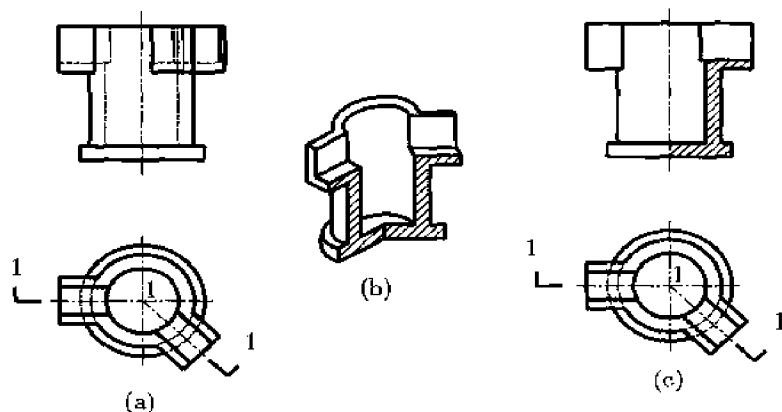


图 13.14 旋转剖面图

13.2.5.7 分层剖切剖面图

对建筑物的多层构造可用平行平面按构造层次逐层局部剖开,用这种分层剖切的方法所得到的剖面图,称为分层剖切的剖面图,常用来表达房屋的地面、墙面、屋面等处的构造。分层剖切的剖面图应按层次以波浪线将各层隔开,波浪线不应与任何图线重合。例如图 13.15 就是用分层剖切的剖面图表示某马路边上的人行道的多层构造的例图。

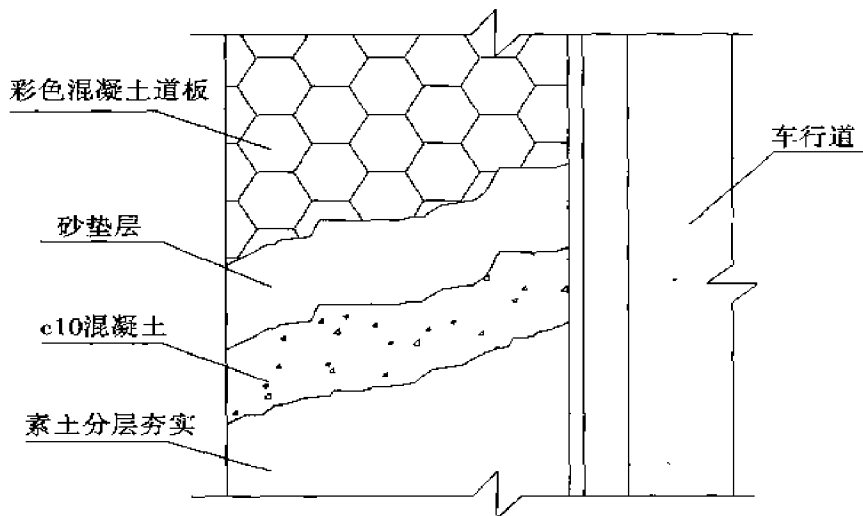


图 13.15 分层剖切剖面图



13.3 断面图

13.3.1 断面图的用途和定义,断面图与剖面图的区别

为了清晰地表达工程形体,用假想的剖切面剖开工程形体时,除了以剖面图表达外,有时需用断面图表达。

假想用剖切平面将工程形体的某处切断,仅画出断面的图形,称为断面图。断面图与剖面图的区别是:断面图只画出剖切面切到部分的图形;剖面图除了应画出断面图外,还应画出沿投影方向看到的部分。

图 13.16(a)是用正立面图和左侧立面图完整地表达材料为钢筋混凝土的吊车梁模型,但表达得不是最清晰,所用的材料也只能在图纸上另用文字说明。图 13.16(b)则按

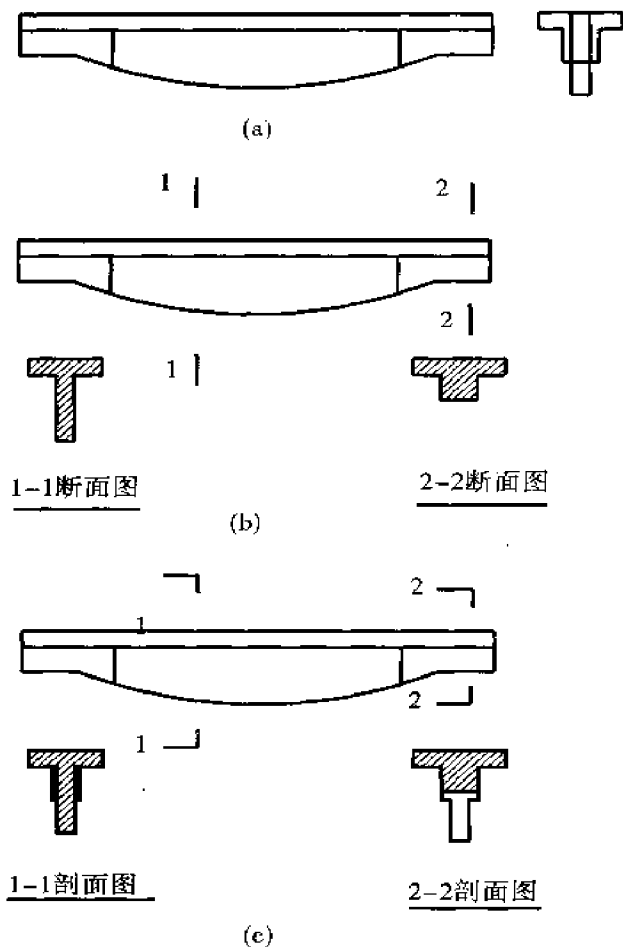


图 13.16 断面图以及断面图与剖面图的区别
(a)吊车梁模型的两视图;(b)用断面图表达;(c)用剖面图表达



正立面图上所画的断面剖切符号,画出剖到的图形,断面图上表明钢筋混凝土的材料图例,就画出了两个断面图。显然:用正立面图和这两个断面图也完整地表达了这根梁的模型,不仅显示了材料,而且表达得比图 13.16(a) 简明。图 13.16(c) 也是假想设置了与图 13.16(b) 同样的两个剖切平面,按正立面图上所画的剖视剖切符号,画出这两个剖面图,用正立面图和这两个剖面图也完整地表达了这根梁的模型,但表达得不及图 13.16(b) 简明。通过图 13.16(a) 三种表达方式的比较,可以看出:在有些场合下,用断面图可以表达得比较清晰。同时,通过图 13.16(b) 的对比,也可以清楚地看出断面图与剖面图的区别。

剖切方法和画断面图的有关规定与剖面图一样,应按下列方法剖切后绘制:用一个剖切面剖切;用两个或两个以上平行的剖切面剖切;用两个相交的剖切面剖切,此时应在图名后注明“展开”字样。通常都用一个平行于某一投影面的剖切平面剖开工程形体,将截得的图形向平行的投影面作正投影,从而获得断面图。断面剖切符号如图 13.16(b) 所示,应以粗实线(长度宜为 6~10 mm)表示剖切位置,断面剖切符号的编号宜采用阿拉伯数字按顺序连续编排,并应注写在剖切位置线的一侧;编号所在的一侧应为该断面的剖视方向。断面图通常以断面编号命名,例如 X-X 断面图或 X-X 断面,也可简称为 X-X。当工程形体有多个断面图时,断面图应按剖切顺序依次编排。在断面图上应画出材料图例,材料图例及其画法都与剖面图中的规定相同。

13.3.2 几种常见的断面图

根据断面图的配置位置,可将断面图分为移出断面、重合断面和断开断面三种。下面分别介绍。

(1) 移出断面图 画在物体投影图之外的断面图称移出断面图,如图 13.16(b) 所示,这样的断面图,习惯上称为移出断面图。工程图样中的断面图,大多是移出断面图。

(2) 断开断面图 绘制在杆件中断处的断面图称断开断面图,习惯上称为中断断面图。中断断面图不必标注断面剖切符号。如图 13.17 所示,用中断断面图表示一较长的槽钢杆件,在适当的地方中间断开,画出槽钢的断面形状。

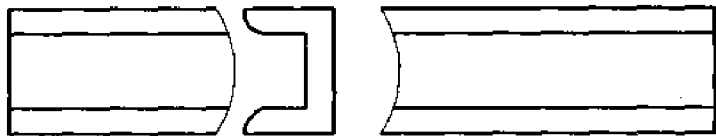


图 13.17 断开断面示意图

(3) 重合断面图 把断面图画在投影图之内,二者重合在一起,称重合断面图,这种断面图由于直接画在投影图之内,故比例与投影图一致,图中重合断面的轮廓线用(粗)实线表示。

图 13.18 为厂房屋面断面图,它是假想用一个平行于侧面的剖切平面将屋面切开,然后把断面图向左旋转与平面图重合而得,即把钢筋混凝土屋顶结构的梁板断面图直接画在屋顶的结构平面布置图上,它反映出屋面的坡度及梁、板的断面形状。由于图中画出的屋面板断面很薄、梁断面也很小,无法画清钢筋混凝土的材料图例,所以用涂黑表示。重



合断面图不必标注断面剖切符号。

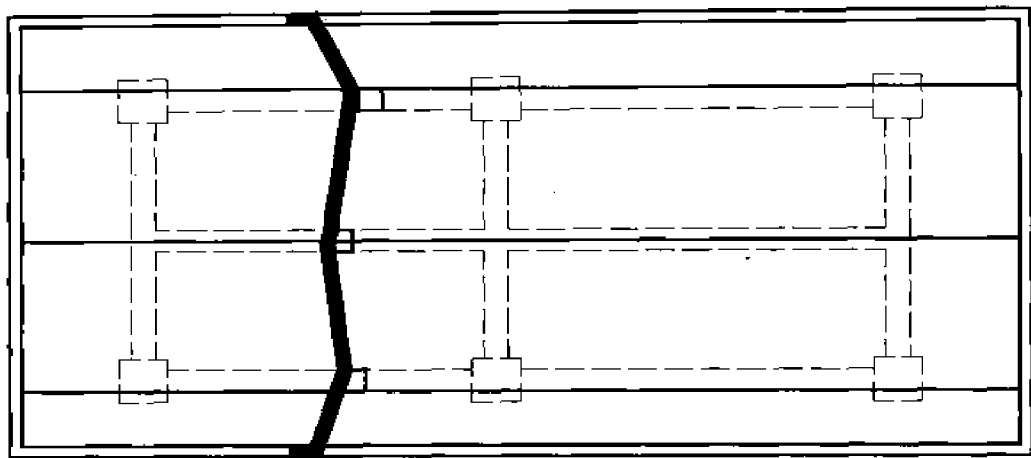


图 13.18 重合断面示意图

13.4 常用的简化画法

应用简化画法可提高工作效率,图 13.19 列出了《房屋建筑制图统一标准》规定的一些简化画法。

13.4.1 折断画法

当形体较长、较大又不需要全部画出时,可采用折断画法。即假想将不需要的部分折断,只画出需要部分的投影,在折断处画出折断线。对断面形状和材料不同的形体,折断线的画法也不同。如图 13.19(a)、(b)所示。

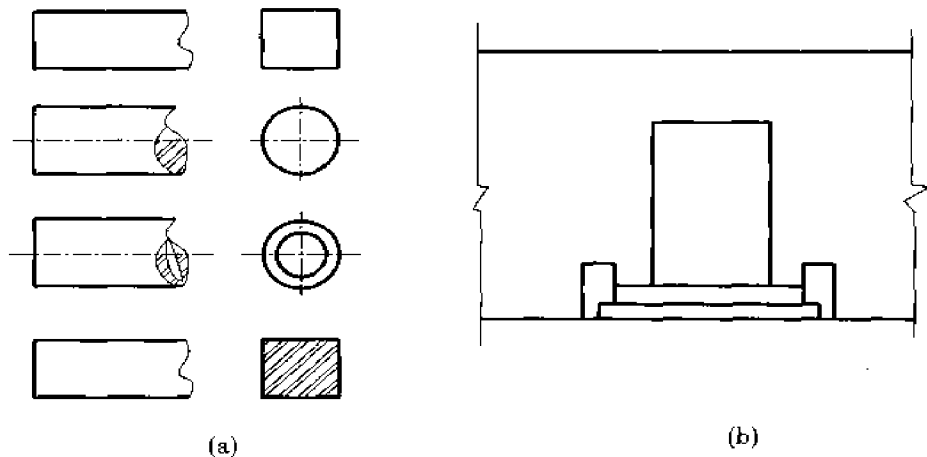


图 13.19 折断画法



13.4.2 省略画法

(1) 对称省略 当形体的某一视图有一条对称线时,允许只画图形的一半,如图13.20(a)所示,构配件的对称图形,可只画该图形的一半或四分之一,但要画出对称符号。

对称符号是两条平行的细实线,其长度为6~10 mm,平行线间距为2~3 mm,平行线在对称线两侧的长度相等,两端的对称符号到图形的距离相等。

当图形有两条对称线时,可以只画出1/4,但同时要在两条对称线的两端加上对称符号。

对于只有一条对称线的图形来说,图形也可以稍稍超出对称线以外,然后加上波浪线或折断线而省去对称符号。

(2) 相同要素的省略 如图13.20(b)所示,构配件内多个完全相同而连续排列的构造要素,可在两端或适当位置画出其完整形状,其余部分以中心线或中心线交点表示。如相同构造要素少于中心线交点,则其余部分应在相同构造要素位置的中心线交点处用小圆点表示。

13.4.3 断开画法

如图13.20(c)所示,较长的构件,如沿长度方向的形状相同或按一定规律变化,可断开省略绘制,断开处应以折断线表示。

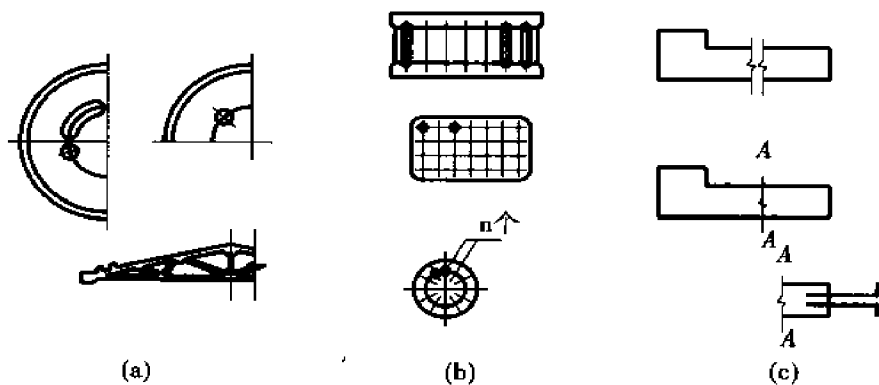


图 13.20 简化画法

13.5 第三角画法简介

前述的图样都是按正投影法用第一角画法画出的。随着我国实行改革开放的政策以来,国际的技术交往日益增多,常会用到一些国家(如美国等)采用的第三角画法画出的图样。本节对第三角画法作一些简介。



13.5.1 第三角画法

采用第三角画法时,物体放置于第三分角内,即投影面处于观察者与物体之间进行投影。基本投影面如图 13.21(a)所示,除了三个投影面 H 、 V 、 W 以外,分别在物体的下方、后方、左方设置平行于 H 、 V 、 W 的投影面,共六个基本投影面,从而得到六个基本视图。然后,按图 13.21(a)所示的方法展开投影面: V 面保持不动,与 V 面相邻的四个投影面分别绕与 V 面的交线旋转 90° ,旋转到 V 面的上方、右方、左方、下方,都与 V 面位于同一个平面上;在物体后面的投影面则先绕它与 W 面的交线旋转 90° ,旋转到 W 面的右方,与 W 面位于同一平面上,然后随着 W 面,与 W 面一起绕 W 面与 V 面的交线,旋转到 V 面的右侧,与 V 面位于同一个平面上。各视图的配置见图 13.21(b)。在同一张图纸内按图 13.21(b)配置视图时,一律不注视图名称。采用第三角画法时,必须在图样中画出如图 13.21(c)所示的识别符号。

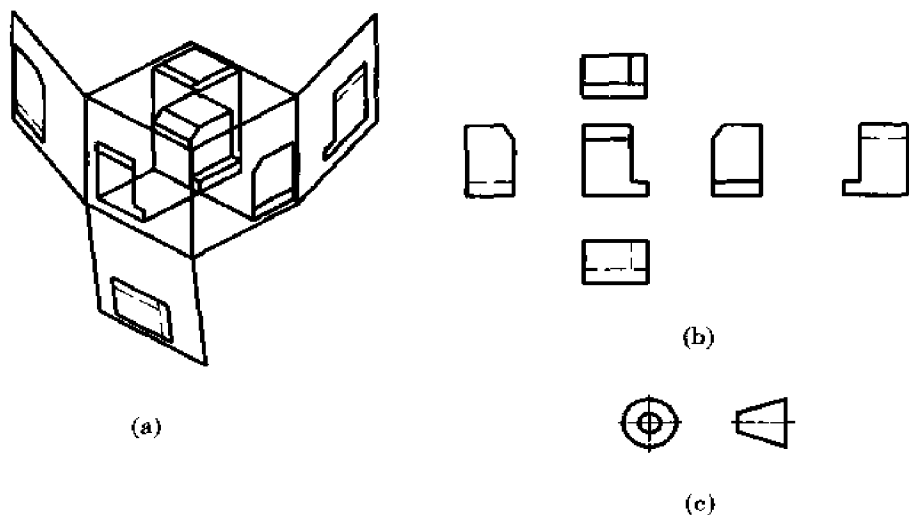


图 13.21 第三角画法

13.5.2 第三角画法与第一角画法的比较

从 13.5.1 第三角画法中的图 13.21(a)、(b) 与 13.1.1 投影法和图样布置中所述的第一角画法的图 13.1 图 13.2 的比较中可以看出:第三角画法与第一角画法画出的基本视图主要有下述的相同点和不同点。

13.5.2.1 第三角画法与第一角画法的相同点

(1) 都是用正投影法在相邻投影面互相垂直的六个基本投影面上所得到的多面正投影图。

(2) 展开投影面时,都是规定 V 面不动,将四个与 V 面相邻的投影面分别绕它们与 V 面的交线旋转;与 V 面展开成同一平面,在与 V 面相邻的四个投影面的展开过程中,与 V 面平行的投影面绕它与 W 面的交线旋转到 W 面的右侧。最后,六个投影面便展开成同一



个平面。

(3)按规定的六个基本投影面的展开方式展开后,配置的视图都保持“长对正,高平齐,宽相等”和前后对应的三等规律。

(4)用第三角画法和第一角画法画出的视图,除了视图中的虚实线按可见与否有所不同外,视图的形状都有下述的对称关系:左侧立面图与右侧立面图对称;平面图与底面图对称;正立面图与背立面图对称。

13.5.2.2 第三角画法与第一角画法的不同点

(1)第三角画法是將物体放于第三角内,即投影面处于观察者与物体之间进行投影;而第一角画法是將物体放于第一角内,即物体处于观察者与投影面之间进行投影。

(2)当按规定的六个基本投影面的展开方式展开后所配置的视图,在正立面图两侧,平面图与底面图、左侧立面图与右侧立面图的位置都分别相互对调,前后方向也分别相反。

(3)在第三角画法中,在投影面 W 面上的视图是右侧立面图,背立面图是随着右侧立面图展开,配置在右侧立面图的右方;而在第一角画法中,在投影面 W 上的视图是左侧立面图,背立面图是随着左侧立面图展开,配置在左侧立面图的右方。

由此可以看出,熟练掌握了第一角画法,就能触类旁通,第三角画法就不难掌握。

第 14 章 建筑施工图

建筑工程图是表达建筑物的造型、结构构造、尺寸大小和材料做法的图样。因此,建筑工程图是房屋建筑施工的重要依据,也是进行施工技术管理的重要文件。

14.1 概述

14.1.1 房屋的组成及其作用

房屋,又称建筑物,根据其用途大致可分为民用建筑(包括居住建筑、公共建筑)、工业建筑(厂房、仓库等建筑)和农业建筑(饲养牲畜厂、谷仓等建筑)。

人们虽早已对房屋司空见惯,但对其各组成部分的名称和作用却不一定全面了解。各种房屋,不论是民用建筑、工业建筑还是农业建筑,虽然它们的使用要求、空间组合、外形、规模等各不相同,但都是由许多构件、配件和装修构造组成的。这些构件、配件和装修构造,如图 14.1 所示,有些直接或间接地起着支承风、雪、人、物和房屋本身重量等荷载的作用,如屋面、楼面、梁、墙、基础等;有些起着防止风、沙、雨、雪和阳光的侵蚀或干扰作用,如屋面、雨篷和外墙等;有些起着沟通房屋内外或上下交通的作用,如门、走廊、楼梯、台阶等;有些起着通风、采光的作用,如门、窗等;有些起着排水的作用,如天沟、雨水管、散水、明沟等;有些起着保护墙身的作用,如勒脚、防潮层等。

14.1.2 施工图的产生、分类及编排顺序

14.1.2.1 施工图的产生

把拟建房屋的形状、大小以及各部分的结构、构造、装修、设备等内容,按照国标的规定,采用正投影的方法详细准确地绘出的图样,称为房屋建筑施工图。

建造房屋一般经过两个阶段,即设计阶段和施工阶段。设计阶段的程序一般如下。

(1)初步设计 在进行初步设计时,应根据工程任务的具体要求决定设计的基本方案,如建筑物的平面布局、水平与垂直交通的安排,建筑外形与内部空间处理的基本意图,建筑与周围环境的整体关系,结构形式的选择和某些重大技术问题的初步考虑,等等。这时应画出初步设计图,并附有文字说明及工程概算,经讨论审核后送有关部门审批。初步设计图一般包括总平面布置图、建筑平面图、立面图和剖面图。初步设计图的绘图原理与施工图相同,只是图样的深度和数量不同。因此,初步设计图纸不能作为施工的依据,仅供进一步研究和改进设计之用。

(2)技术设计 在已审定的设计方案的基础上作进一步的推敲和改进,研究建筑的



局部处理和确定具体的构造方法,配合各工种共同解决设计中的各种矛盾和具体的技术问题,并进行深入的技术、经济比较和各种必要的计算等。对于一般较为简单的工程来说,此阶段可以纳入初步设计阶段,称为扩大初步设计阶段。

(3)施工图设计 将已经批准的初步设计图,按照施工的要求并按建筑、结构、给排水、采暖通风和电气等工种,绘制出正式的施工图纸,并编制出正式的文件说明,作为施工的依据。

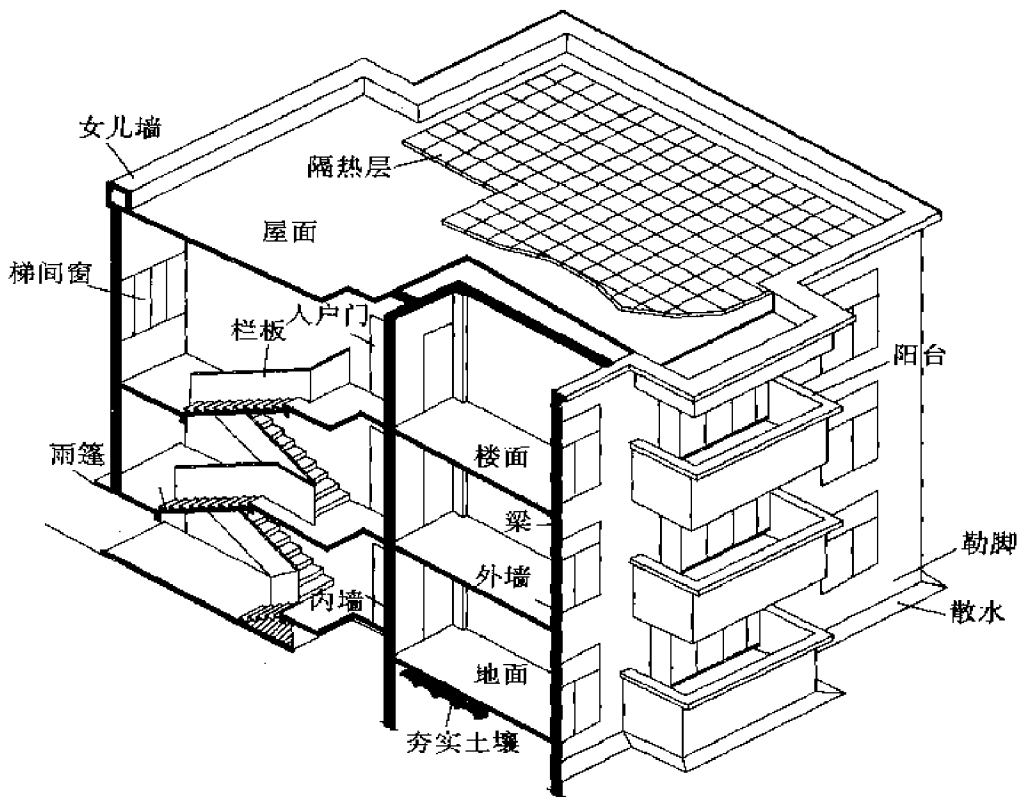


图 14.1 房屋的组成

14.1.2.2 施工图的分类

(1)建筑施工图(简称“建施”) 包括首页图、总平面图、平面图、立面图、剖面图和构造详图。

(2)结构施工图(简称“结施”) 包括基础平面图、结构布置平面图和构件详图。

(3)设备施工图(简称“设施”) 包括各种设备(给排水、暖通、电气)布置的平面图、系统图和详图。

(4)装修施工图 对于装修要求较高的建筑物应单独绘出装修图,主要包括平面布置、楼地面装修、天花平面、内外墙面以及一些节点装修等图样。

14.1.2.3 图纸的编排顺序

图纸的编排顺序有严格的规定。通常,一个工程项目施工图纸的编排顺序为:首页



(图纸目录、设计说明、统一技术措施)、总平面、建施、结施、设施等。各种图纸的编排一般是全局性图纸在前,局部说明的图纸在后,先施工的在前,后施工的在后,重要的在前,次要的在后。

14.1.3 施工图的有关规定

要看懂图纸,必须熟悉国家标准所制定的表示方法和规定。本节选择几项主要规定和常用表示方法,介绍给大家。

14.1.3.1 图线

房屋施工图的图线线型、宽度和一般用途仍需按照国标及其有关说明来选用。绘制时,首先应按照需要绘制图样的具体情况来选定粗实线的宽度 b ,其他线型的宽度随之确定。粗实线的宽度 b 一般与所绘图形的比例有关,建议以表 14.1 的要求,作为选择图线宽度时的参考。

表 14.1 图线宽度

图线名称	图的比例			
	1:1, 1:2, 1:5, 1:10	1:20, 1:50	1:100	1:200
粗线	b			
	1.2, 1.0	0.7	0.5	0.3
中实线	$0.5 b$			
细线	$0.35 b$			
特粗线	$1.5 b$			

14.1.3.2 定位轴线

施工图中的轴线是施工定位、放线的重要依据,凡是承重墙、柱子、大梁或屋架等重要承重构件的位置都应画上轴线并编上轴线号。对于非承重的隔墙以及其他次要承重构件等,一般不设轴线,但在特殊情况下,可在轴线之间增设附加轴线。轴线用细点划线表示,并予编号,轴线端部画细实线圆圈(直径 $8 \sim 10 \text{ mm}$),编号写在圈内。水平方向用阿拉伯数字从左向右依次编号,竖直方向用大写拉丁字母从下向上顺序编写,但其中 I、O、Z 三个字母因与阿拉伯数字的 1、0、2 容易混淆,故不可应用。轴线编号一般标注在图面的下方及左侧,如图 14.2 所示。

对附加轴线的编号是用分数表示的,其分母采用前一个轴线的编号,分子表示附加轴线的编号,用阿拉伯数字顺序编号,具体要求如图 14.3 所示。

14.1.3.3 标高

(1) 标高符号 标高符号的标志形式有两种,一种用来表示建筑物各部分的高度,另一种用于室外标高,均用细实线画出,如图 14.4 所示。

(2) 标高的注写 在标高符号中,其尖端表示所注标高的位置,在横线处注明标高值,其注写的方式如图 14.4 所示。对尖端向上注的标高符号一般用于立面图和剖面图,



如门窗顶部或板底。标高值以“m”为单位,在一般图中,其值取至小数点后三位,在总平面图中取至小数点后二位。标高的基准面标高为 ± 0.000 ,凡高于基准面的均为正标高,一般不写“+”号,而低于基准面的为负标高,标高前加“-”号。

总平面图中的室外标高用符号黑三角形▼,标高数字注写在黑三角形的右上方,也可注在黑三角形的右边或上方,如图14.4所示。

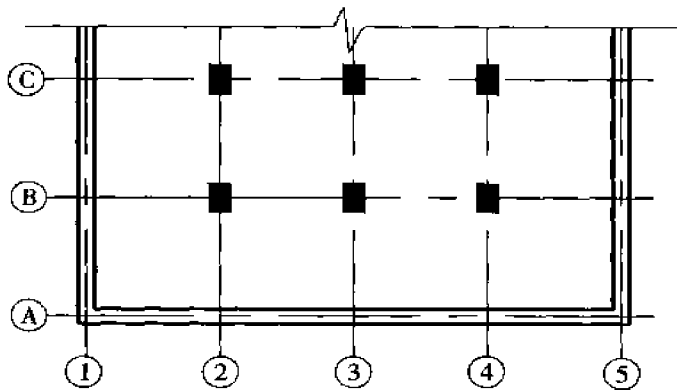


图 14.2 轴线的编号

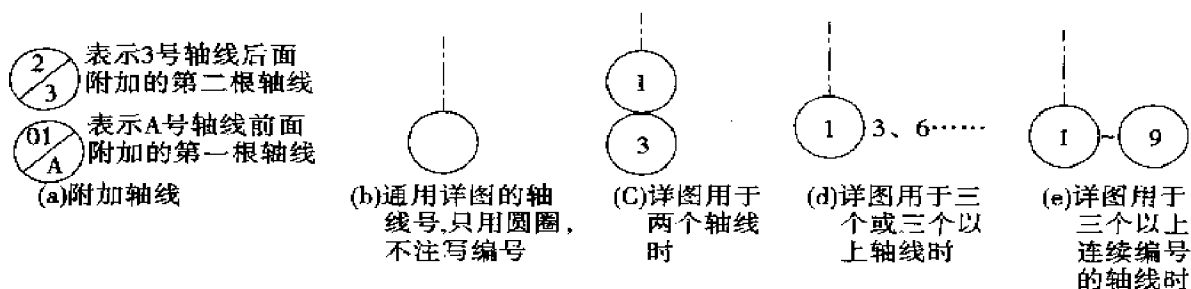


图 14.3 定位轴线的各种注法

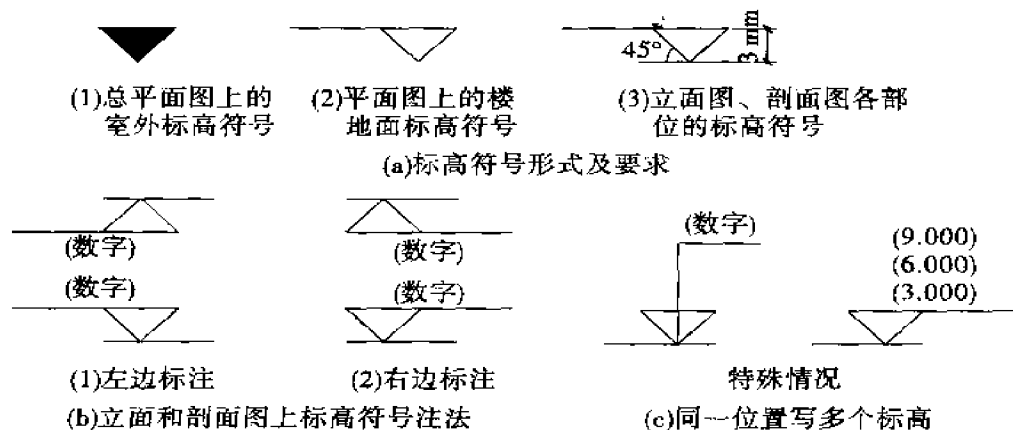


图 14.4 标高符号的形式



(3) 标高的分类

1) 按标高基准面的选定情况分

①相对标高 凡标高的基准面(即 ± 0.000 水平面)是根据工程需要而各自选定的,这类标高称为相对标高。在一般房屋中,大都是取底层室内主要地坪标高作为基准面。

②绝对标高 我国把青岛附近黄海的平均海平面定为绝对标高的零点,其他各地标高都以它作为基准。

2) 按标高所注的部位分

①建筑标高 它是标注在建筑物的装饰面层处的标高。

②结构标高 它是标注在建筑物结构部位(例如,标注在梁底、板底处)的标高。

14.1.3.4 索引标志与详图标志

由于平、立、剖面图的比例较小,某些局部表示不清楚,可另外画大样。大样可在本张图纸上画,也可画在另一张图纸上,为查找方便,采用了索引标志与详图标志。

(1)索引标志 索引标志是用一引出线指出需画详图的地方,在线的另一端画出一个圈,细线指向圆圈的圆心,圆圈直径为 10 mm,圈中有一水平线,分子表示详图的编号,分母表示该详图所在图纸的编号,见图 14.5(a)。当详图在本页图纸内时,分母为一横线。见图 14.5(b)。

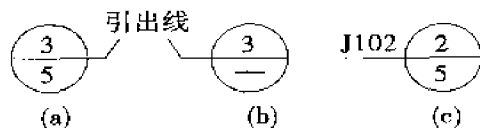


图 14.5 索引符号

当所索引的详图是局部剖面的详图时,在引出线的一端(即剖面所在处)加短粗线,引出线所在一侧为投影方向,见图 14.6(a)、图 14.6(b)。

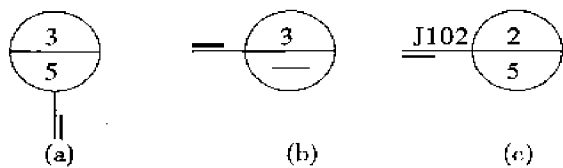


图 14.6 用于索引剖面详图的符号

当所索引的详图采用国家或地区标准图集时,在索引标志处应说明标准图集代号,见图 14.6(c)。

(2)详图标志 详图标志是注在详图处的标志,用单圆圈表示,线型画成粗实线,直径为 14 mm,标注在详图下方,见图 14.7。

1)当详图与被索引的图样不在同一张图纸内时,可用粗实线在符号内画一水平直径,在直径上部注明详图编号,在直径下部注明被索引图纸的图纸号,见图 14.7(a)。

2)当详图与被索引的图样在同一张图纸内时,应该在符号内用阿拉伯数字注明详图编号,见图 14.7(b)。



3)零件、钢筋等的编号可用阿拉伯数字按顺序编写,并用直径4~6 mm的细实线绘制,见图14.7(c)。

14.1.3.5 指北针

在总平面图和平面图中,应画有指北针,如图14.8所示,以指明建筑物的朝向。指北针的圆应用细实线绘制,圆的直径为24 mm,指针尾部的宽度以3 mm为宜。需用较大直径绘制指北针时,指针尾部宽度以为直径的八分之一为宜。

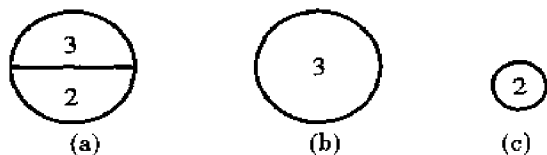


图14.7 详图符号

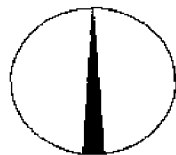


图14.8 指北针

14.1.3.6 常用建筑材料图例

由于房屋的构配件和材料种类较多,建筑工程中所用的建筑材料有很多种,为了在图(剖面图、断面图)上把它们清楚地表示出来,国标规定了各种建筑材料图例,表14.2是常用的几种建筑材料表示方法。

表14.2 常用建筑材料图例

名称	图例	备注
自然土壤		包括各种自然土壤
夯实土壤		
砂、灰土		靠近轮廓线绘较密的点
石材		
普通砖		包括实心砖、多孔砖、砌块等砌体。 断面较窄不易绘出图例线时,可涂红
混凝土		1. 本图例指承重的混凝土及钢筋混凝土 2. 包括各种强度等级、骨料、添加剂的混凝土
钢筋混凝土		3. 在剖面图上画出钢筋时,不画图例线 4. 断面图形小,不易画出图例线时,可涂黑



续表 14.2

名称	图例	备注
毛石		
木材		1. 上图为横断面,上左图为垫木、木砖或龙骨 2. 下图为纵断面
金属		1. 包括各种金属 2. 图形小时,可涂黑
防水材料		构造层次多或比例大时,采用上面图例
粉刷		本图例采用较稀疏的点

14.1.4 施工图的识图方法

- (1) 要了解房屋的组成及各部分的构造,只有这样才能看懂图纸。
- (2) 掌握正投影原理,熟悉施工图的规定画法以及常用的图例、符号、线型和比例。
- (3) 注意各类图的尺寸单位,例如总平面图中尺寸以米(m)为单位,而建筑平面图中的尺寸以毫米(mm)为单位。
- (4) 看图时必须由整体到局部,循序渐进,逐步深入。首先看目录和总说明,了解工程概况,然后按照图纸编排顺序的先后分类进行阅读。
- (5) 看图时要细心,要将图纸相互对照着看,注意图形上相互之间是否吻合,尺寸数字是否吻合,原图和详图是否吻合。除应能看懂图纸外,还应能校核出图纸中的错误。

14.2 首页图

首页图是指概括工程全貌总体问题的说明。它一般包括如下内容:

- (1) 本工程的设计总说明 如委托单位、工程名称,建筑面积、结构形式、层数、设计标高(即 ± 0.000 相当于绝对标高(X X.X X)、设计依据、施工要求及注意事项等。
 - (2) 图纸目录 应包括各类图纸中每张图纸的名称和编号。如本工程选用了哪些标准构件和配件,它们所在标准图集(册)的名称和编号。
 - (3) 一些表格 如门窗表、材料做法表等。
- 门窗表列出了所有门的编号、洞口尺寸、数量及其所在标准图集的编号及页数等。



材料做法表是指建筑物装修部位(墙面、地面、顶棚、踢脚板、墙群、勒脚、散水、台阶、坡道等)面层做法。这些做法是由不同材料组成。由于同一幢建筑物中各房间使用功能不同,其墙、地面的做法也不同,而统一列表可使各部分构造做法简单明了。

通常,总平面图也列入首页图之内。

14.3 总平面图

14.3.1 总平面图的用途

将拟建工程周围的建筑物、构筑物(包括新建、拟建、原有和将要拆除的)及其一定范围的地形情况,按国标规定的图例画出的水平投影图,即称为建筑总平面图。

建筑总平面图简称总平面图或总图。总平面图通过在画有等高线或加上坐标方格网的地形图上将原有的房屋和拟建的房屋的外轮廓等内容表示出来,主要表达这些房屋的平面形状、位置、朝向、相互关系以及与周围地形、地物、周围道路、绿化区域等的相互关系。总平面图是新建房屋施工定位、土方施工以及其他专业(如水、暖、电等)管线总平面图和施工总平面图布置的依据。

总平面图表示的范围较大,一般采用 1:500、1:1000、1:2000 的比例来绘制。图中标注的尺寸以米为单位,图中各种地物是用图例表示的,表 14.3 列出了部分图例,其他图例可查阅国标《总图制图标准》(GB/T 50103—2001)。

表 14.3 总平面图常用图例

名称	图例	备注
新建的建筑物		1. 建筑物外形用粗实线表示 2. 需要时,可用▲表示出入口,可在图形内右上角用点数或数字表示层数
原有的建筑物		用细实线表示
计划扩建的预留地或建筑物		用中粗虚线表示
拆除的建筑物		用细实线表示
铺砌场地		
围墙及大门		上图为实体性质的围墙,下图为通透性质的围墙,若仅表示围墙时不画大门
挡土墙		被挡土在“突出”的一侧



续表 14.3

名称	图例	备注
坐标		上图表示测量坐标 下图表示建筑坐标
填方区、挖方区、未整平区及零点线		“+”表示填方区、“-”表示挖方区,中间为未整平区,点划线为零点线
填挖边坡		1. 边坡较长时,可在一端或两端局部表示 2. 下边线为虚线时表示填方
新建的道路		“R9”表示道路转弯半径,“150.00”表示路面中心控制点标高,“0.6”表示纵向坡度,“101.00”表示变坡点距离
原有的道路		
计划扩建的道路		
花坛		
草坪		
常绿阔叶乔木		
常绿阔叶灌木		

14.3.2 总平面图的基本内容

总平面图上需要注明以下内容。

(1)表明新建筑区的总体布局 如拨地范围、各建筑物及构筑物的相对位置、道路和绿化的布置情况、土方填挖情况、地面坡度及雨水排水方向等。

(2)确定新建房屋的平面位置 一般根据原有房屋或道路来定位,并标绘出定位尺寸(以米为单位),看看是否有要拆除的建筑物。

(3)注明地坪的绝对标高 注明新建建筑物底层室内地坪和室外地坪的绝对标高。



- (4) 画指北针 指北针用于注明建筑物及构筑物的朝向。
- (5) 画风向频率图 风向频率图(又称风玫瑰图)用于表明该地区的常年主导风向。
- (6) 建筑物的层数 一般用小黑点的个数来表示建筑物的层数,标在房屋的右上角。
- 图 14.9 为某单位建设地区的总平面图。

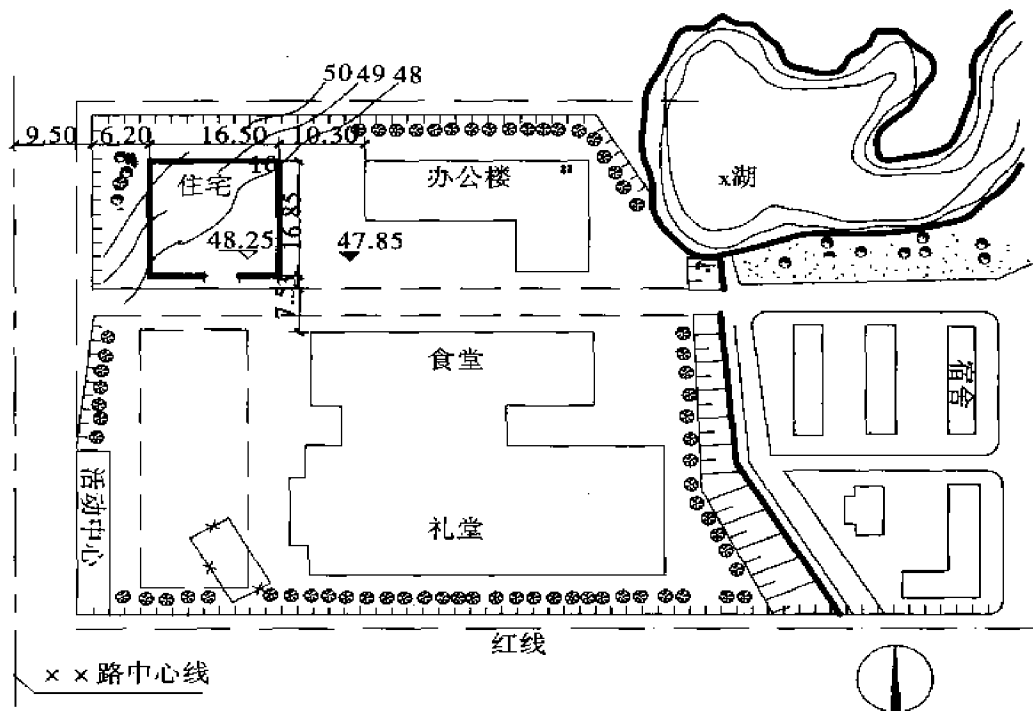


图 14.9 总平面图(比例:1:500)

(7) 坐标网 每栋建筑的位置都是固定的,在总平面图中应标注建筑物的位置。一般小型工程项目,新建筑物的位置可根据原有建筑和道路来定位。对于大中型的工程项目,常用坐标网或规划红线来确定它们的位置。

常用的坐标网有两种形式:一种是测量坐标网,即在地形图上绘制正方格形的测量坐标网。它与地形图的比例相同,竖轴为 X 的坐标,横轴为 Y 的坐标,并以 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 或 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ 为一方格,建筑物的平面位置按此控制。如果房屋的方向与 X 、 Y 轴平行,总平面图上房屋各角点的坐标值是很容易标定的,但如果房屋不是正南正北,用 X 、 Y 标定房屋位置就很不方便。为此,可在 XY 坐标网上重新建立一个和房屋方向一致的方格网,即建筑坐标网。建筑坐标网将建筑地区的某一点定为“0”(常称为原始点),水平方向的横轴称为 B 轴,垂直方向的竖轴称为 A 轴,同样按 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 或 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ 进行分格,建筑物按此方格网来确定其位置。如图 14.10 所示, AB 坐标方格网和 XY 坐标方格网之间的相对关系是可以计算出来的。

当房屋与方格网平时,在矩形平面上只要标明对角两点的坐标值就可以确定其位



置,否则,应注明建筑物的三点坐标。

(8)等高线 当地形不平,高低起伏时,可用等高线来表示地面高程变化情况。把图上地面标高相同的点连接起来所画成的线,就是等高线。在同一条等高线上的点,标高都相等。等高线的形成及表示方法见图 14.11,图中数字为 70 m 的曲线,表示这条曲线范围内的高程相同,都是 70 m。根据等高线可从平面图中看出地形的高低起伏。另外,从等高线的疏密还可看出地形变化的缓急。等高线间距离大说明地势平缓,反之则陡峭。相邻两等高线的高度差和水平距离之比就是该处的地面坡度。

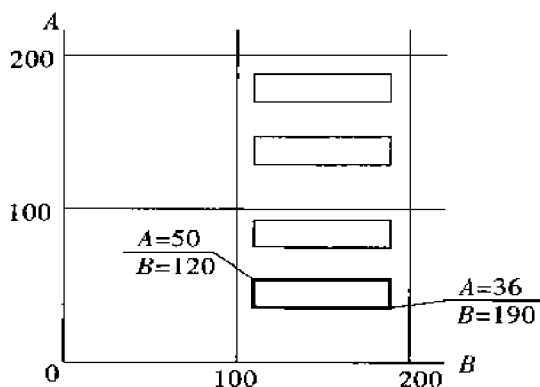


图 14.10 建筑坐标网示例

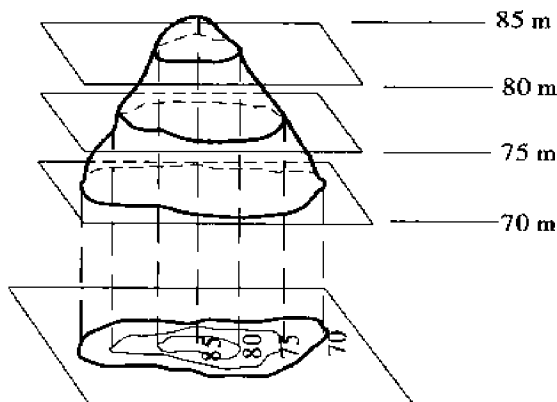


图 14.11 地形的等高线

14.3.3 总平面图的识读

下面以图 14.9 为例,简单说明阅读总平面图时应注意的几点要求。

(1)应先看总平面图的比例及有关的文字说明 如本图的比例为 1:500。

(2)明确拟建房屋的位置和朝向 房屋的位置可用坐标或定位尺寸确定。定位尺寸可根据原有建筑物或道路的中心线来确定。本例中为(10.00,5.00)等。该房屋的朝向由指北针可知为坐北朝南。

(3)了解拟建建筑物周围的环境 如图 14.9 中在基地的东北角有一座湖,东侧有护坡,西北角有一塔式建筑,四周设有围墙,拟建房屋右下角有一待拆的建筑,图中还给出道路红线等。

14.4 平面图

14.4.1 平面图的形成

建筑平面图是假想用一水平切割平面将建筑物沿门、窗洞以上的位置剖切后,移去上部,将下面的部分从上向下作正投影而得的水平剖视图。平面图以层数命名,分为底层平面图、二层平面图……顶层平面图等。如果中间各层房间布置相同,可用一个平面图表示,通常称它为标准层平面图。



14.4.2 平面图的用途

平面图用来反映房屋平面形状、大小和房间的布置,墙(柱)位置、厚度和材料,门、窗的类型和位置等,是施工过程中放线、砌筑墙体、安装门窗、作室内装修以及编制预算、备料等的重要依据。

14.4.3 平面图的基本内容

- (1)表示轴线编号、门窗位置及编号、墙柱位置、各房间的名称等。
- (2)应标注室内外的有关尺寸及室内外地面的标高。
- (3)应表示出电梯、楼梯的位置及楼梯上下方向及数量。
- (4)应表示出各种符号,如剖面图的剖切符号、索引详图符号、指北针等。
- (5)其他细部。如卫生洁具、散水、花池、台阶和坡道等。

14.4.4 平面图的识读

下面以图14.12、图14.13所示的某办公楼的平面图为例来说明平面图的内容及识读。

14.4.4.1 平面布置

从图14.12和图14.13中可以看出建筑物的平面形状、内部房间布置、入口、走廊、楼梯位置及房间名称或编号,如图中的办公室、门厅、楼梯等。

14.4.4.2 平面尺寸标注

在建筑平面图中,用轴线和尺寸线表示各部分的长、宽尺寸。一般外围尺寸线共三道:

- (1)最外一道标出总尺寸,见图中的50240、14840。可按中心线尺寸,也有标注外墙边尺寸的。
- (2)中间一道是轴线尺寸,表明“开间”或“进深”,如图中的4000、5700。
- (3)最里一道尺寸表示门窗、洞口、洞间墙、墙厚等详细尺寸,如图中的C-1为1800。

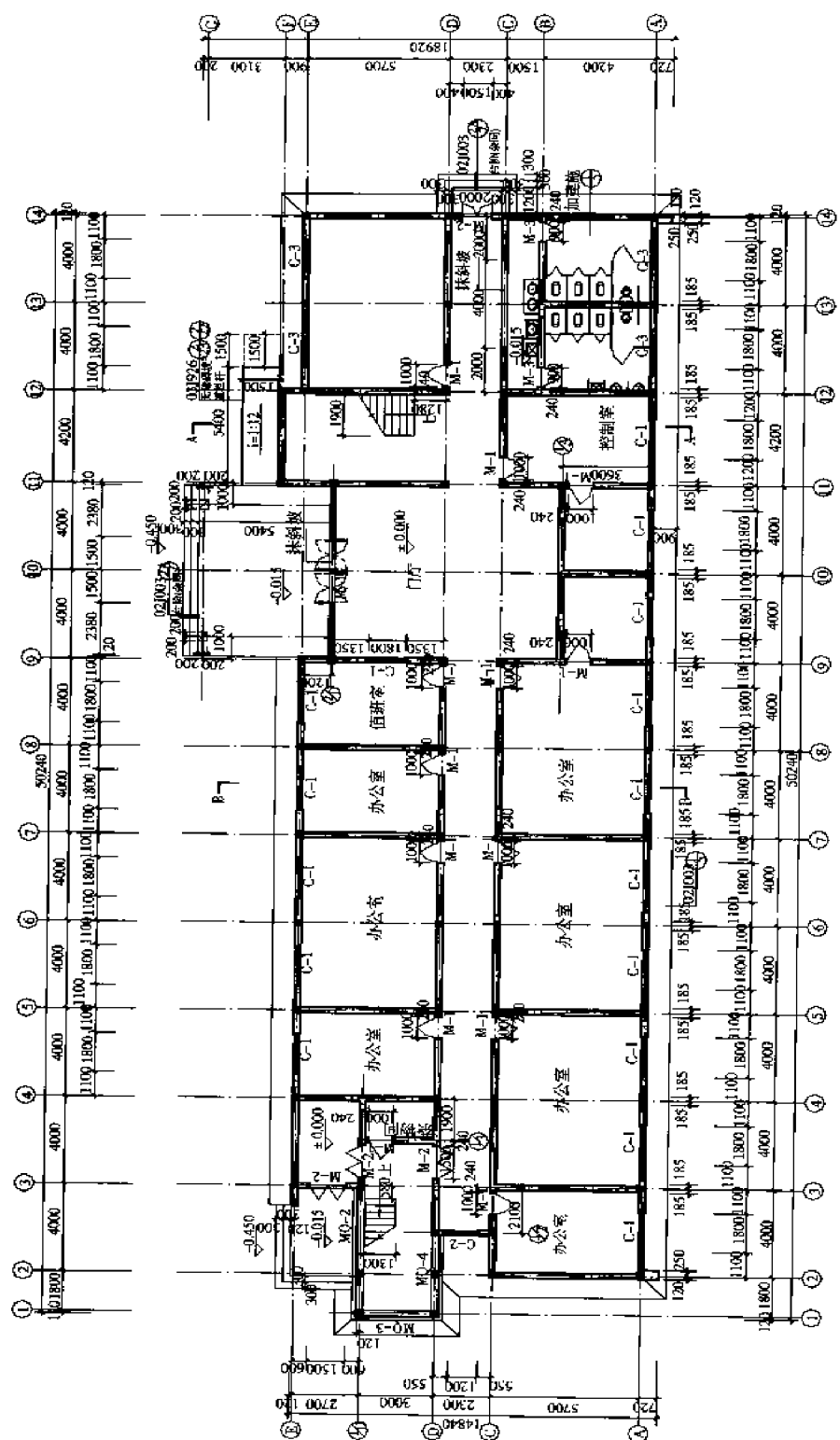
此外还应注出某些内部尺寸和细部尺寸,如内墙厚度,内墙上门窗洞尺寸及门窗洞与墙或柱的定位尺寸,台阶尺寸、底层楼梯的起步尺寸,等等。所有上述尺寸,均不包括粉刷层厚度。

14.4.4.3 线型

平面图的线型粗细要有明显区别,层次分明。凡是被水平面剖切到的墙、柱等截面轮廓线用粗实线表示(墙、柱轮廓线都不包括粉刷层厚度,粉刷层在1:100的平面图中不必画出),门窗轮廓以及门的开启线用中实线(或细实线)表示,其余用细实线表示。如果需要表示水平剖切面以上的构配件或设备,以及地面以下的设施,则用虚线表示。

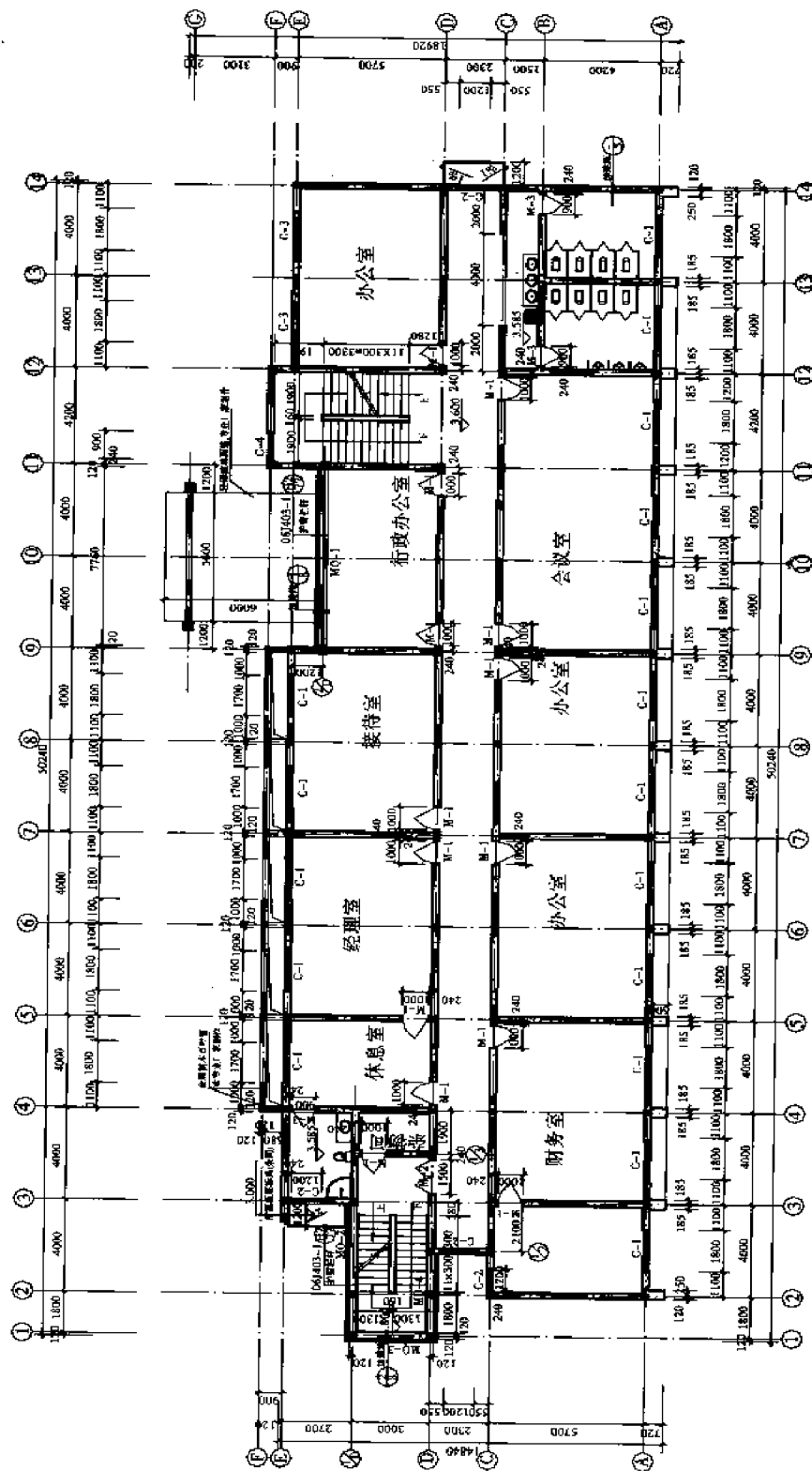
14.4.4.4 图例

由于平面图是采用较小的比例绘制的,所以门、窗、洞等在图上是用图例表示的,部分图例见表14.2,其余图例可参阅《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2001)。另外,各构件的材料不同,也应注明材料图例,见表14.2。



一层平面图 1:100

图14.12 底层平面图



二层平面图 1:100

图14.13 二层平面图



14.4.4.5 建筑物各组成部分的标高

在建筑平面图中,建筑物各组成部分,如地面、楼面、楼梯平台面、室外台阶顶面、外廊和阳台面处,由于它们的竖向高度不同,一般都分别注明标高。

建筑平面图中的标高,除特殊说明外,通常都采用相对标高,并将建筑物的底层室内地坪面的标高定为 ± 0.000 (当底层地坪面存在高低时,在设计中一般是取其面积最大处作为基准面)。

楼地面有坡度(泛水)时,坡度(泛水)常通过箭头并加注坡度尺寸表示。

14.4.4.6 门窗编号

门窗在建筑平面图中,只能反映出它们的位置、数量和宽度尺寸,而它们的高度尺寸,窗的开启形式和构造等情况是无法表达的。图中应注明门窗代号。门的代号用 M 表示,窗的代号用 C 表示,并加注编号以便区分,见图中的 C-2、M-2。

14.4.4.7 剖切符号

在底层平面图中还应标明剖面图的剖切位置,即在剖切处画上剖切符号,见图中的 A-A 剖面。

14.4.4.8 比例

平面图一般用 1:100 的比例绘制,如需要也可用 1:50 或 1:200 的比例。

14.4.5 屋顶平面图

14.4.5.1 形成

房屋屋顶的水平投影称为屋顶平面图。

14.4.5.2 内容与用途

屋顶平面图应表达如下内容:

(1)屋面的排水情况,如排水分区、屋面坡度、天沟板及其上下水口的位置等。

(2)屋面处的天窗、水箱、电梯机房,屋面的出入口,铁爬梯、烟囱,女儿墙及屋面变形缝等设施。

图 14.14 即为上述办公楼的屋顶平面图。

14.4.6 平面图的画法

平面图绘制应根据国标的规定,按要求绘制。具体可按下列步骤(图 14.15)进行:

- (1)定轴线网格,画墙身和柱子的轮廓线。
- (2)定门窗位置,画细部,如楼梯、台阶等。
- (3)检查无误后,擦去多余的作图线并加深图线。
- (4)注写尺寸、门窗编号、图名、比例及其他文字说明。

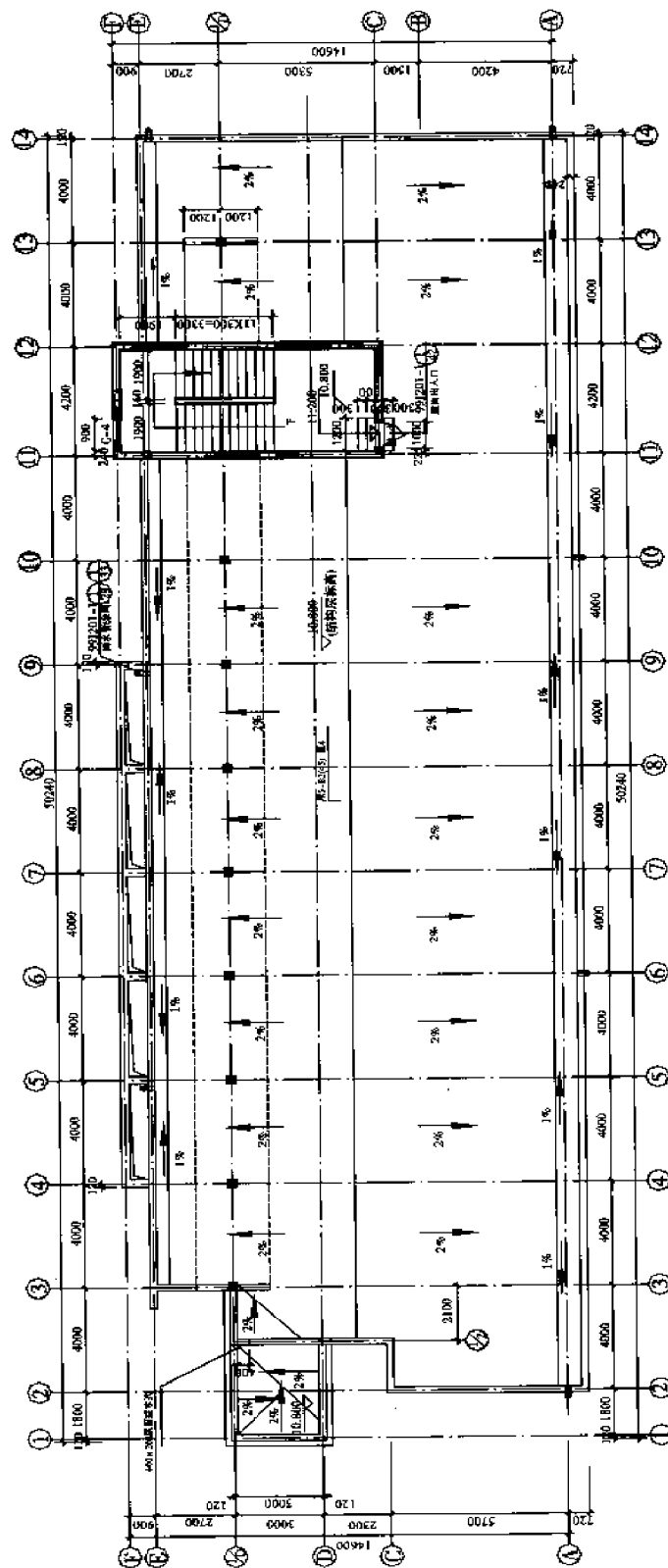
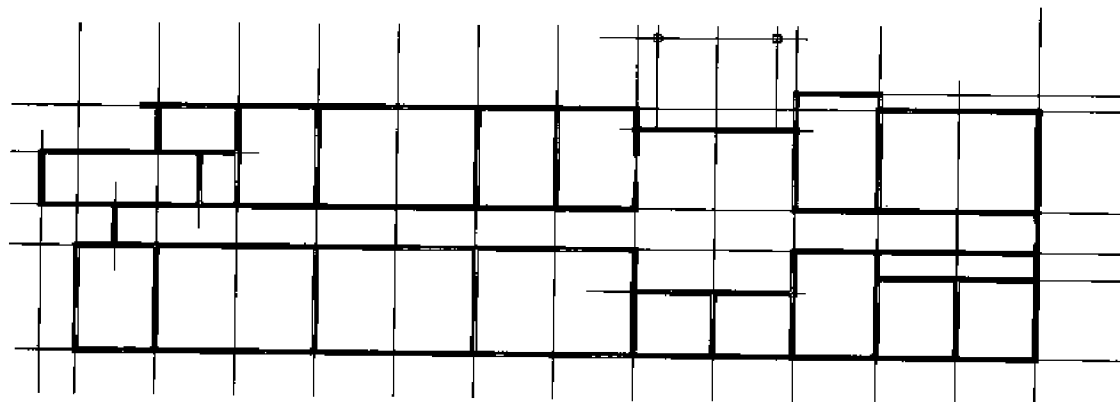
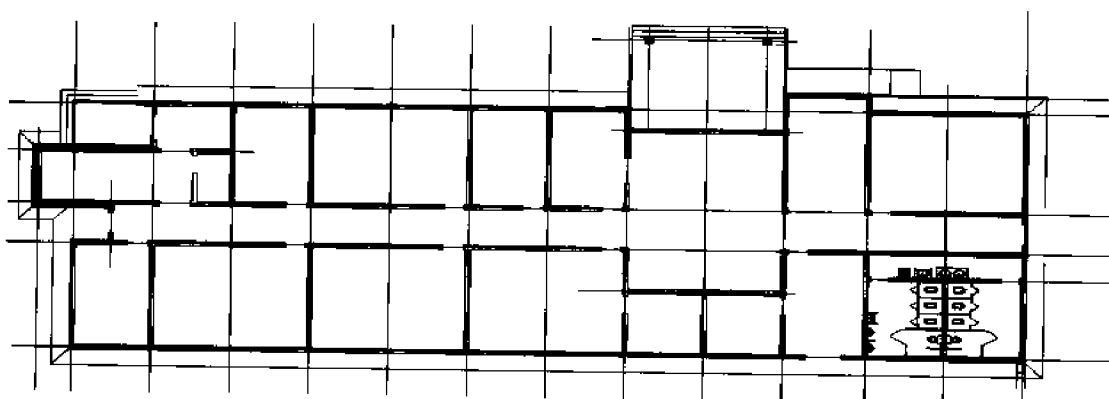


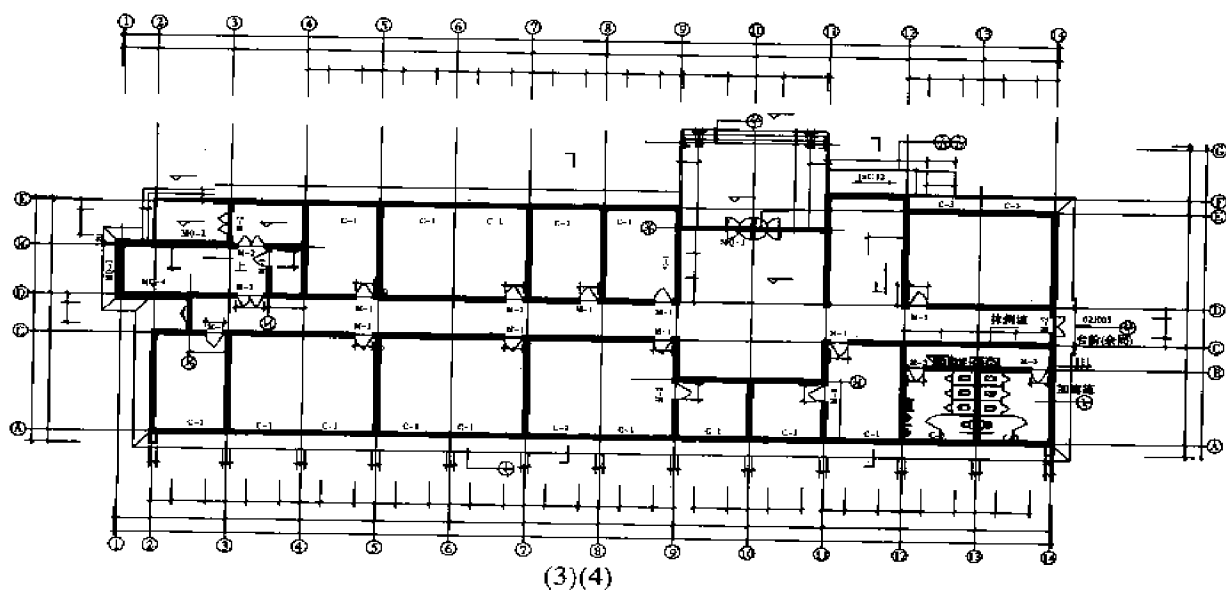
图14.14 屋顶平面图



(1)



(2)



(3)(4)

图 14.15 平面图的画法



14.5 立面图

14.5.1 立面图的形成

建筑物的美观与否,在很大程度上决定于立面造型的处理。建筑立面图简称立面图,主要是反映出建筑物外貌和立面装修的做法。立面图是利用正投影原理将建筑物前、后、左、右四面绘制成正投影图。按建筑物的朝向可将各投影图分别称为东、西、南、北立面图;也可将建筑物主要出入口或特征明显的面称为正立面图,其余则分别称为背立面图、左侧立面图、右侧立面图;还可根据建筑物的首尾轴线命名。图14.16~图14.18为某建筑物的立面图。

14.5.2 立面图的用途

立面图主要表示房屋外部形状、尺寸及墙面各部分的做法等,是室外装修的主要依据。

14.5.3 立面图的基本内容

(1)应表示出室外地坪线的位置,门窗、雨篷及阳台、台阶和花池等的形状和位置以及雨水管与墙面分格线等。

(2)应注出各主要部位的标高,如室内外地面、雨篷、门窗、屋顶等处的标高。

(3)应注出建筑物两端及转折处的轴线及编号。

(4)各部分的构造要求及做法可用文字加以说明。

14.5.4 立面图的识读

14.5.4.1 反映建筑物外形和墙上构筑物形状

如图所示,该立面图反映房屋外形以及门窗、台阶、雨篷、阳台、雨水管及勒脚等细部的形式和位置。

14.5.4.2 标注标高与竖向尺寸

在立面图上一般只注相对标高,不注竖向尺寸,但需要时也可标注尺寸,需标注标高的部位有:室内外地坪、出入口、勒脚、窗台、窗顶、檐口、女儿墙等。

14.5.4.3 外墙面装修

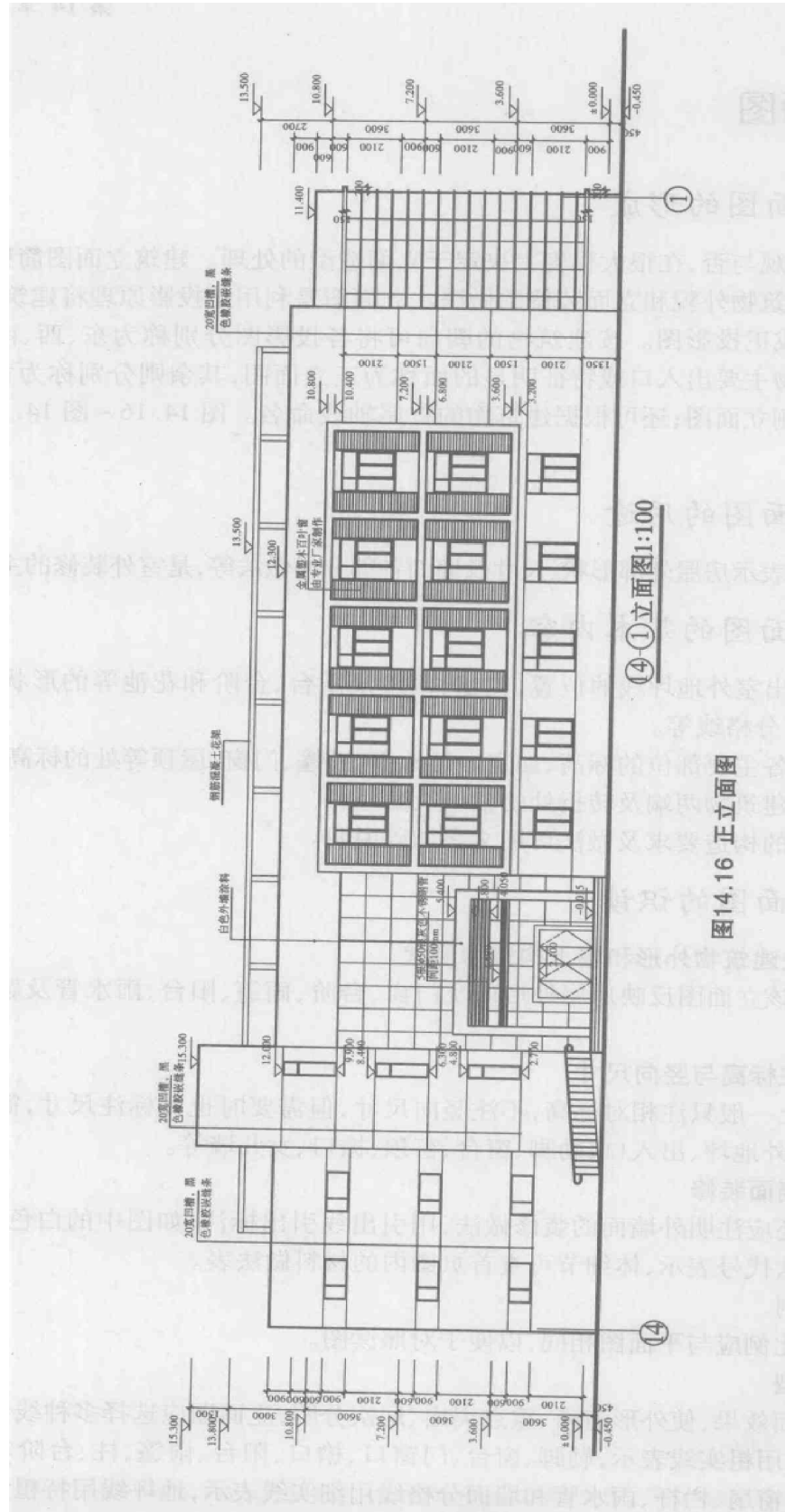
立面图上还应注明外墙面的装修做法,用引出线引出标注,如图中的白色外墙涂料。也可用材料做法代号表示,体细节可查首页图内的材料做法表。

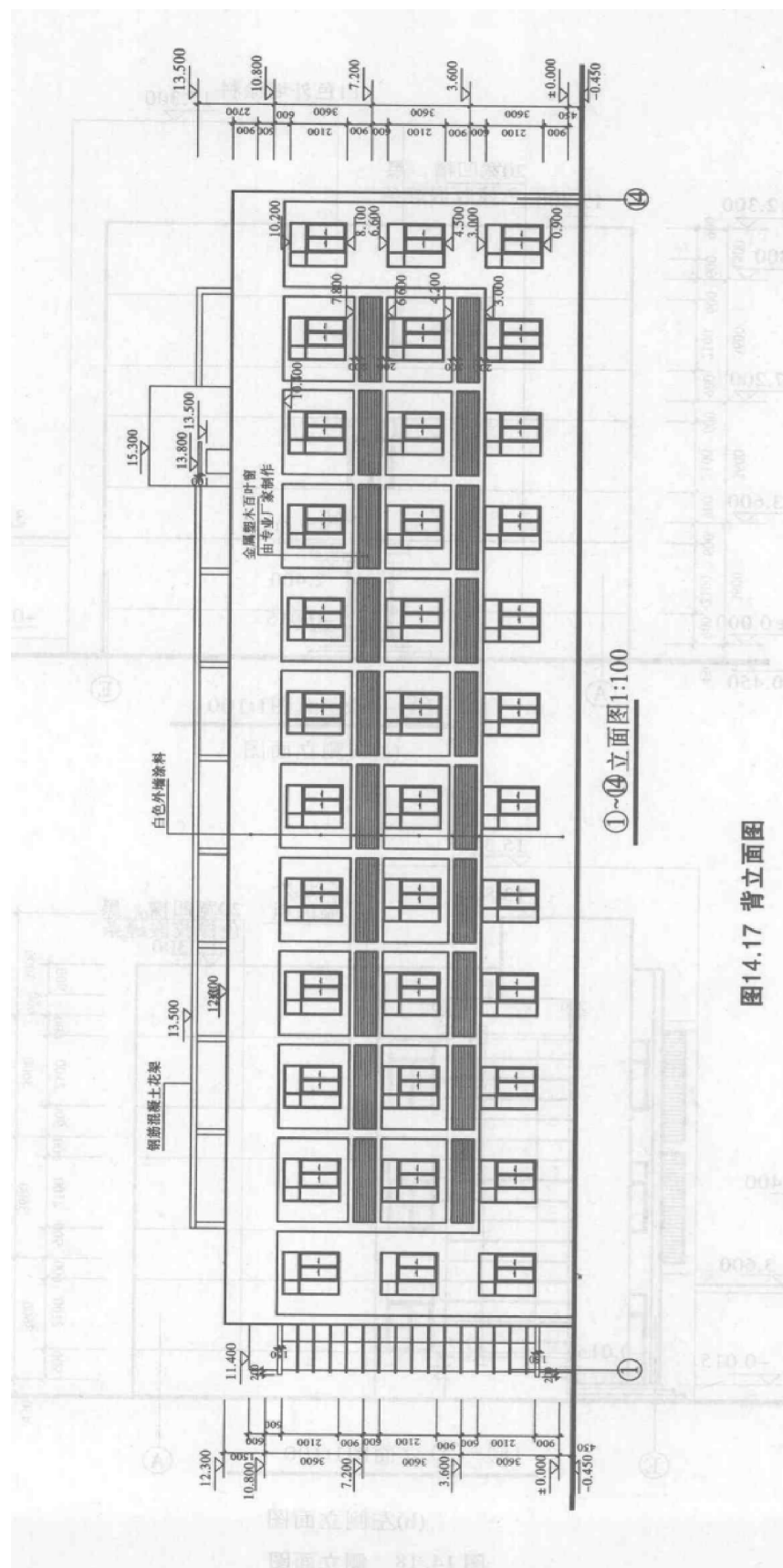
14.5.4.4 比例

立面图的比例应与平面图相同,以便于对照读图。

14.5.4.5 线型

为加强图面效果,使外形清晰、重点突出、层次分明,立面图应选择多种线型表示。习惯上,外轮廓线用粗实线表示,勒脚、窗台、门窗口、檐口、阳台、雨篷、柱、台阶等轮廓线用中实线表示,门窗扇、栏杆、雨水管和墙面分格线用细实线表示,地坪线用特粗实线表示。





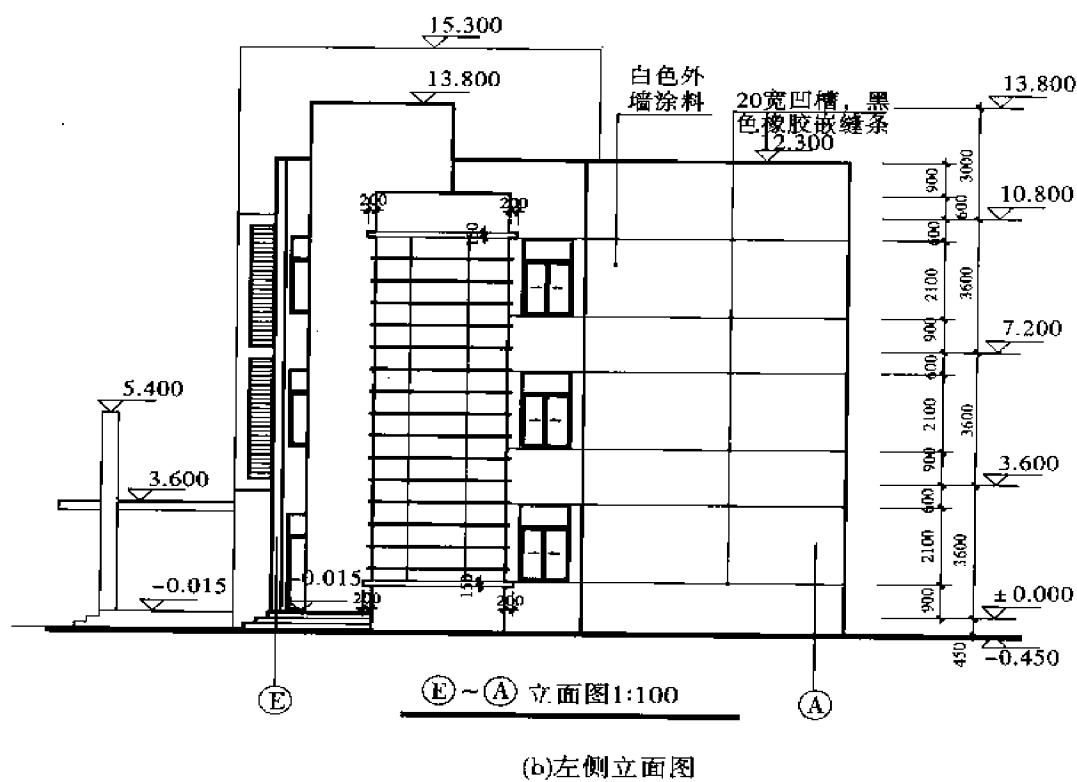
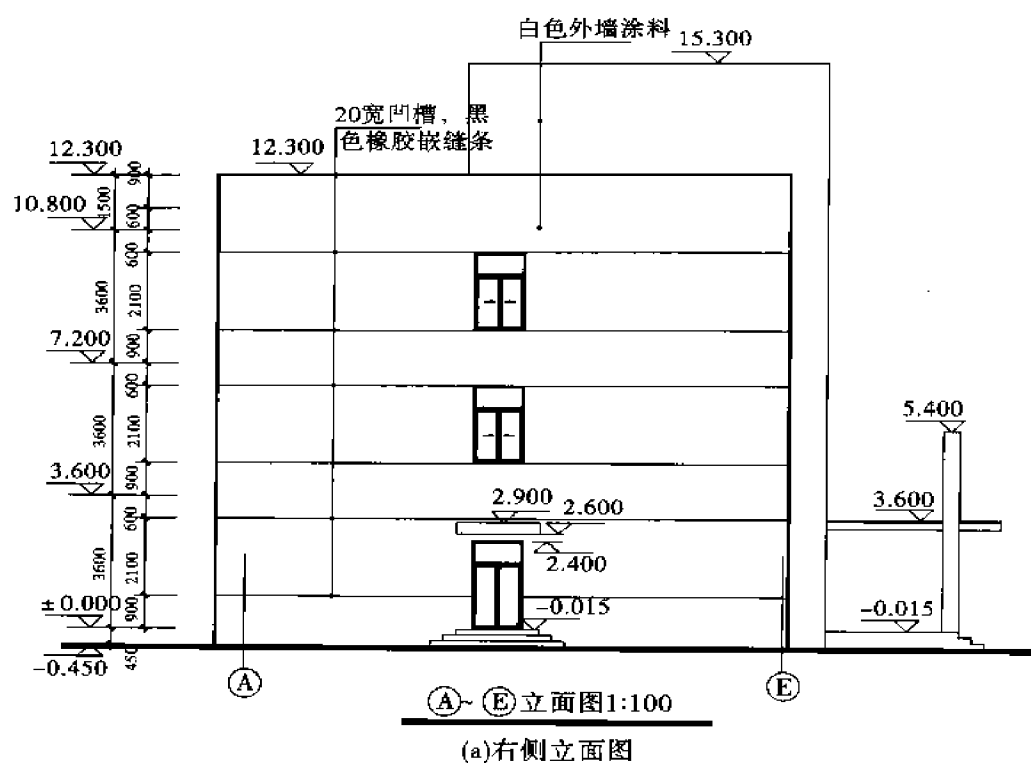


图 14.18 侧立面图



14.5.5 立面图的画法

立面图的画法如图 14.19 所示。

(1) 画轴线, 定室内外地坪线、屋面位置线。

(2) 画墙线, 定门窗位置及细部, 如窗台、雨篷等。

(3) 检查无误后, 按制图标准加深图线, 画出墙面分格线及门窗装饰线, 并标注标高、图名及必要的文字说明。

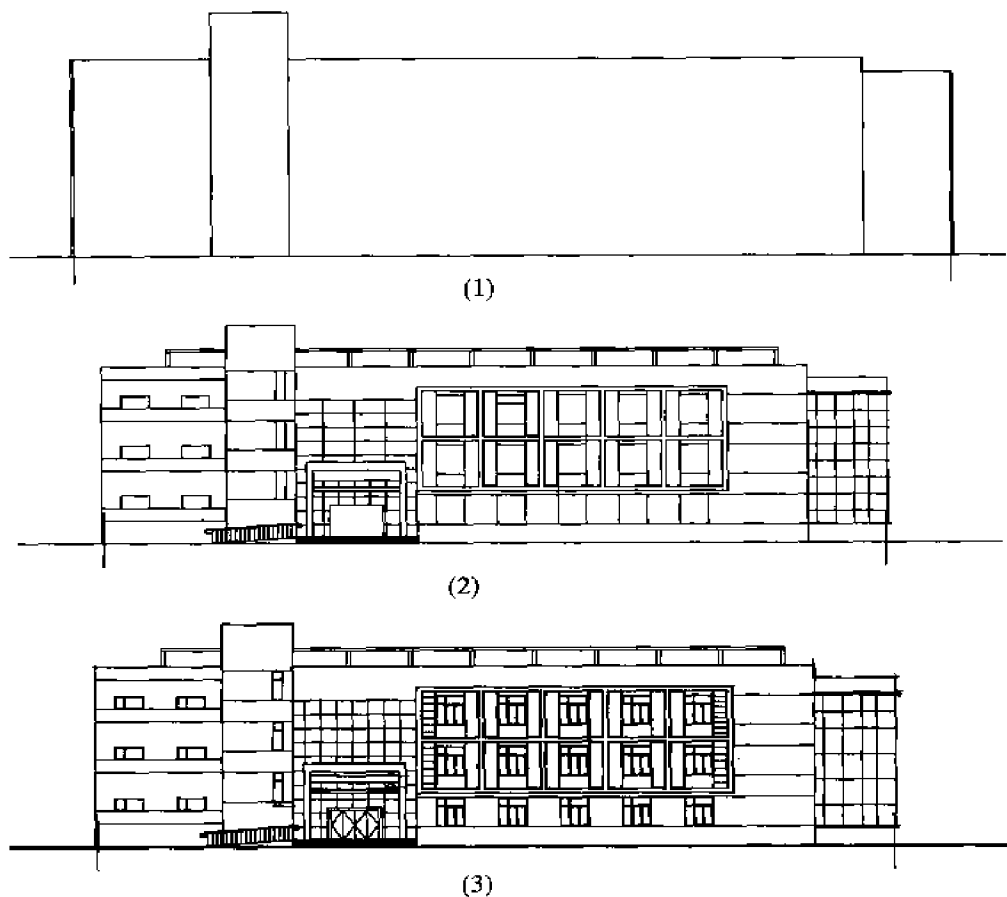


图 14.19 立面图的画法

14.6 剖面图

14.6.1 剖面图的形成

房屋的建筑剖面图是假想用—个垂直于外墙轴线的铅垂剖切面将房屋切开, 移去一部分, 将另一部分作正投影所得的建筑剖面图, 简称剖面图。



剖切平面一般取横向,即平行于侧面,必要时也可以取纵向,即平行于正面。其位置应选择在能表示门、窗高度和地面、楼层、屋盖构造做法或高低变化较多的地方。其数量可根据具体情况和施工实际需要来定。

剖面图只画室内外地面以上部分,以下部分由基础图画出,室内外地面以下的墙体用折断线将其折断。

剖面图的图名应与平面图上所注的剖切编号一致,如 $A-A$ 剖面图、 $B-B$ 剖面图等。

14.6.2 剖面图的用途

剖面图用来简要表明建筑物的结构形式,分层情况,各部位的联系、材料及其高度等,是与平面图、立面图相配合,不可缺少的图样之一。

14.6.3 剖面图的基本内容

- (1) 应表示出主要承重构件的定位轴线,如墙柱等。
- (2) 表示出剖到的房屋各部分的构造层次,如地面、楼面、屋顶、勒脚、散水、台阶等。
- (3) 标注出各主要部分的标高,如室内外标高、楼面、地面及各构筑物的顶标高等。
- (4) 需要绘制详图之处应有索引标志。

14.6.4 剖面图的识读

下面以图 14.20 为例来说明剖面图的内容及识读。

14.6.4.1 反映建筑物的内部构造及相互关系

剖面图中应反映房屋室内外地面以上的结构形式及相互关系,如各层梁、板、楼梯、屋面等的构造及其与墙(柱)的关系。

14.6.4.2 反映建筑物室内设备和装饰

剖面图还应反映建筑物的墙面、顶棚、楼地面的面层、楼梯以及装饰(如踢脚线、墙裙等)的材料和构造做法,一般加引出线用文字注明其标准图或代号,如楼 1、地 1 等,具体细节可查首页图内的材料做法表。

14.6.4.3 图例

当剖面图采用较大比例时,剖面图中被剖切到的构件或配件的截面还要按国标要求画上材料图例。

14.6.4.4 标注尺寸及标高

剖面图上要标注房屋高度方向的尺寸。通常在外墙处注三道尺寸:

- (1) 第一道尺寸是总高度,见图中的 15300。
- (2) 第二道尺寸是各层的层高,如图中的 3600。
- (3) 第三道尺寸是窗(或门)、窗下墙及窗上墙的高度。室内部分应注出门(或窗)的高度。

另外,重要部位还要标注标高,如室内外地面、屋顶、窗顶、窗台、雨篷板底面。

14.6.4.5 索引标志

在剖面图的关键部位,如檐口、窗台、过梁、雨篷、门台阶、散水、勒脚、墙身等处,不能

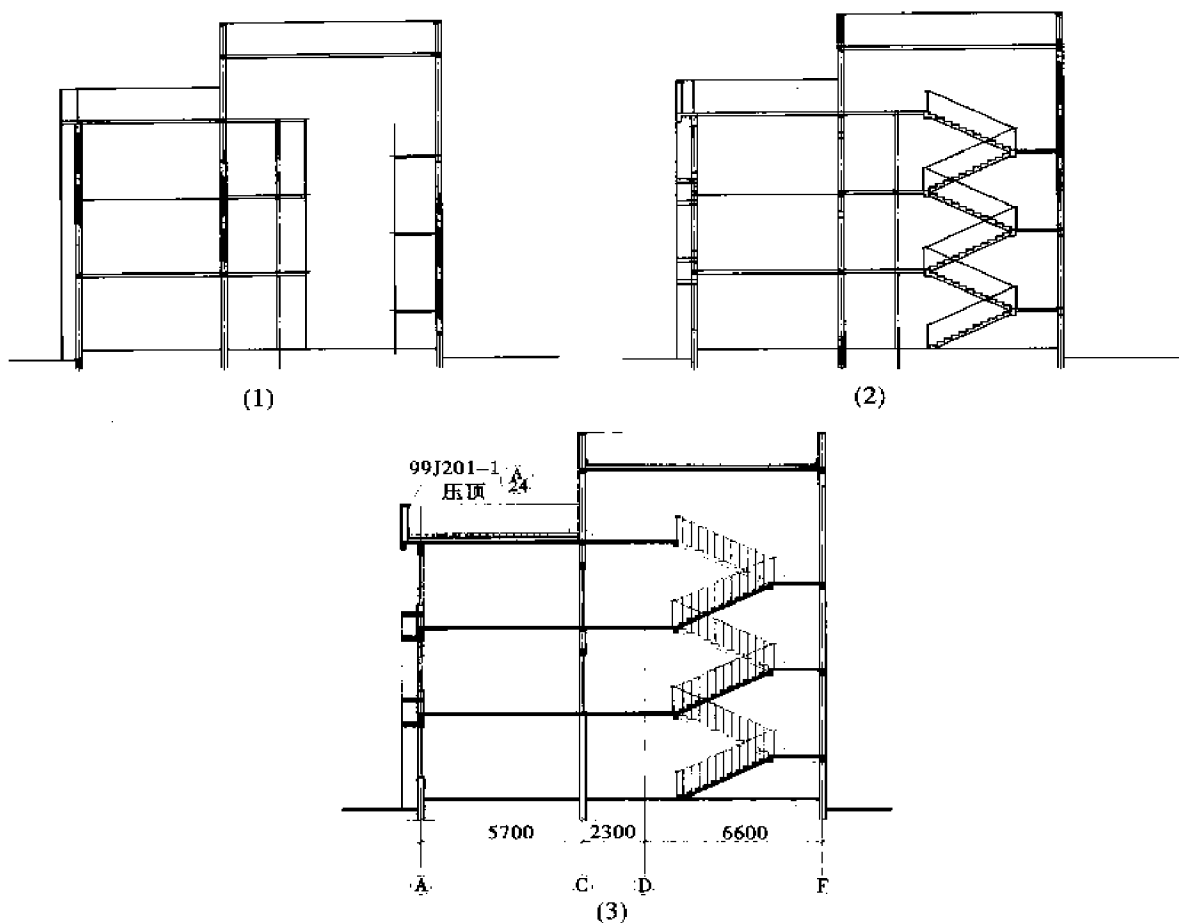


图 14.21 剖面图的画法

14.7 建筑详图

前面所介绍的平面图、立面图、剖面图都是房屋施工图的基本图样,又称小样图。由于这些图样的比例较小,一些细部表达不清楚,为满足施工要求,还要将这些细部或配件画出大样图,又称建筑详图。详图的比例比较大,一般为 $1:1$ 、 $1:2$ 、 $1:5$ 、 $1:10$ 、 $1:20$ 或 $1:50$,可将细部形状、大小、材料、做法等详细地表示出来。

14.7.1 详图分类

14.7.1.1 局部大样图

建筑物或构筑物的局部放大图称为局部大样图,如楼梯详图、卫生间平面详图(图14.22)等。

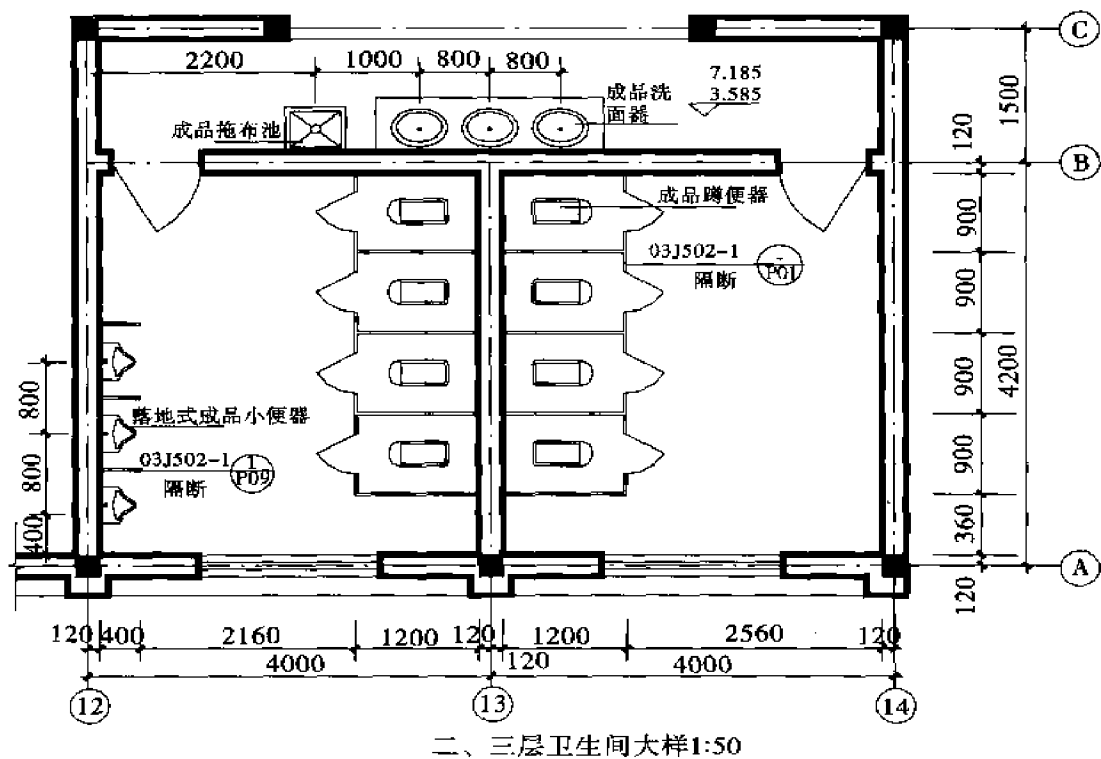


图 14.22 卫生间详图

14.7.1.2 构造详图

构造详图用于表明建筑物的某一局部构造、材料做法等,如檐口大样图、墙身大样图等。

14.7.1.3 构配件详图

构配件详图是用于表明构件本身构造的大样图,如门窗大样图等。

14.7.2 楼梯详图

楼梯是多层房屋的主要交通设施,一般由楼梯段(包括踏步板及斜梁)、平台(包括平台板和平台梁)和栏杆(或栏板)组成。楼梯详图一般包括楼梯平面图、剖面图及楼梯节点详图,分别编入建施和结施中。下面举例说明楼梯详图的内容及识读。

14.7.2.1 楼梯平面图

楼梯平面图是假想一水平剖面在本层的第-段楼梯的中间剖开,向下作正投影所得。一般用 1:50 的比例画出。

楼梯应每层都画平面图,但在多层建筑中,如果各层的楼梯完全相同,可用其中一层的平面图表示相同的各层。这一平面图也叫做标准层平面图。因此,通常只画底层、标准层和顶层楼梯平面图就可以了。

图 14.23 是一个楼梯的平面图。从图上可以看出:

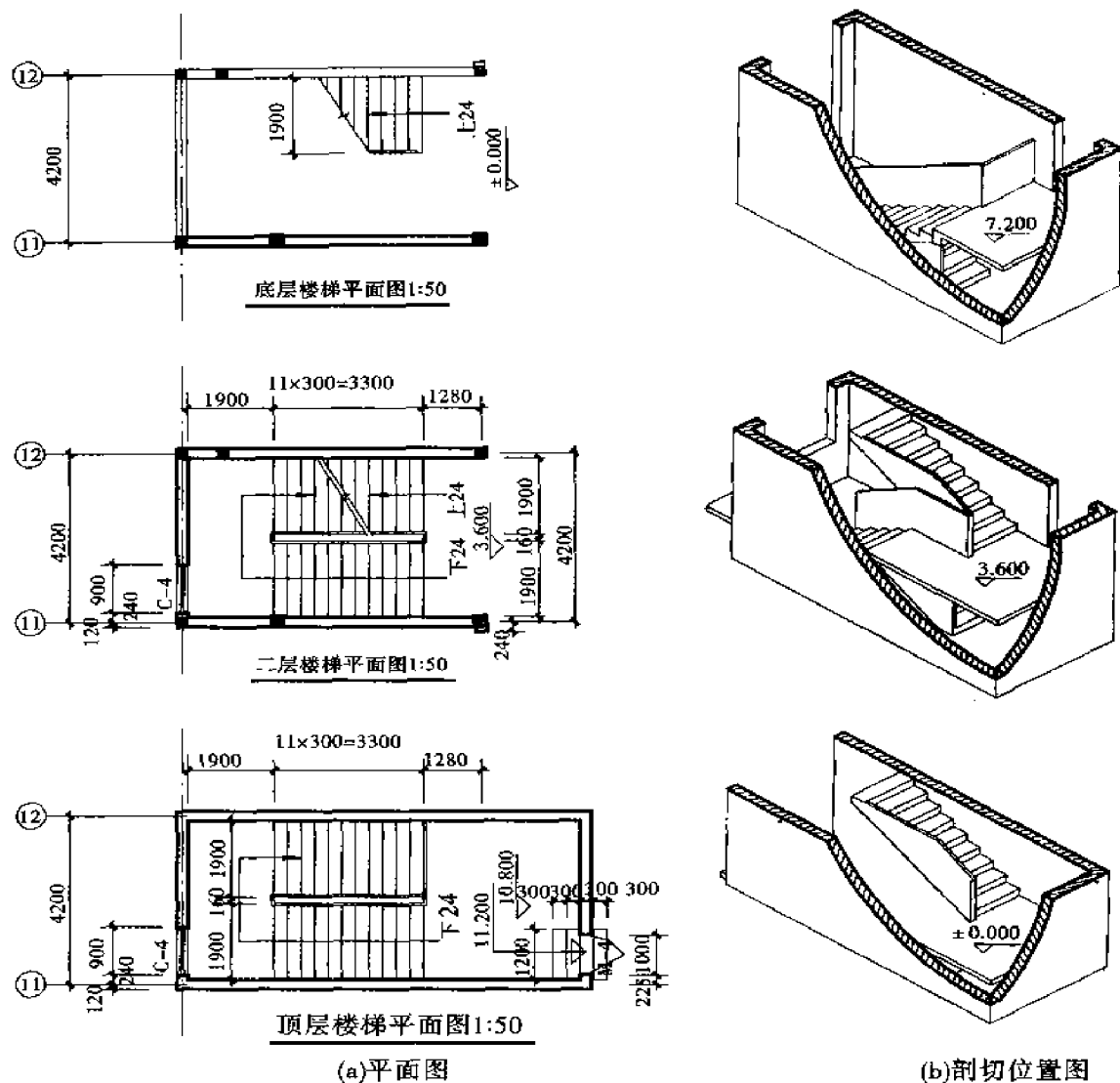


图 14.23 楼梯详图

- (1) 楼梯间的开间为 4200, 进深为 6480。从定位轴线的编号可看出该楼梯间的位置。
- (2) 在各层平面图中, 以本层楼(地)面为准, 用带尾线的箭头指明楼梯的上下方向。箭头表示上下方向, 箭尾注“上”或“下”字样, 并注明该层之间楼梯的踏步数。
- (3) 底层平面只有一个被剖切的楼梯及栏杆, 并注有“上”字的箭头, 折断线为 45° 斜线。
- (4) 顶层平面图由于剖切平面在栏杆之上, 故画出了两段完整的梯段和休息平台, 在梯口处只有一个注有“下”字的箭头。
- (5) 中间层平面图既画出被剖切的往上走的梯段(注有“上”字的箭头), 还画出该层往下走的不完整的梯段(注有“下”字的箭头), 楼梯平台及平台往下的梯段。这部分梯



段与被剖切的梯段投影重合,以 45° 折断线为分界。

(6)在各层平面图中所画的一些分格,表示楼梯上踏步的踏面。由于各梯段上最上的一个踏步的踏面是和楼面或平台面在一个平面内,所以,图中每一个梯段的踏面(格)数总比踏步数少一个。如顶层平面图中各画有 11 个格子,表明每个梯段各有 12 个踏步。

(7)图中除标明开间、进深的尺寸外,还详细标注了楼梯各部分的平面尺寸,包括:楼梯段板的长度和宽度尺寸(长为水平投影尺寸)、踏面宽度尺寸、楼梯平台宽度尺寸以及楼梯井的尺寸。

14.7.2.2 楼梯剖面图

楼梯剖面的剖切位置,一般选在楼梯段中间和楼梯门窗洞口间,以便投影后能画出完整的竖向构造。

楼梯剖面图主要表示各楼梯段、平台、栏杆等的构造情况以及它们的相互关系。

图 14.24 是楼梯的剖面图。从图中可以看出:

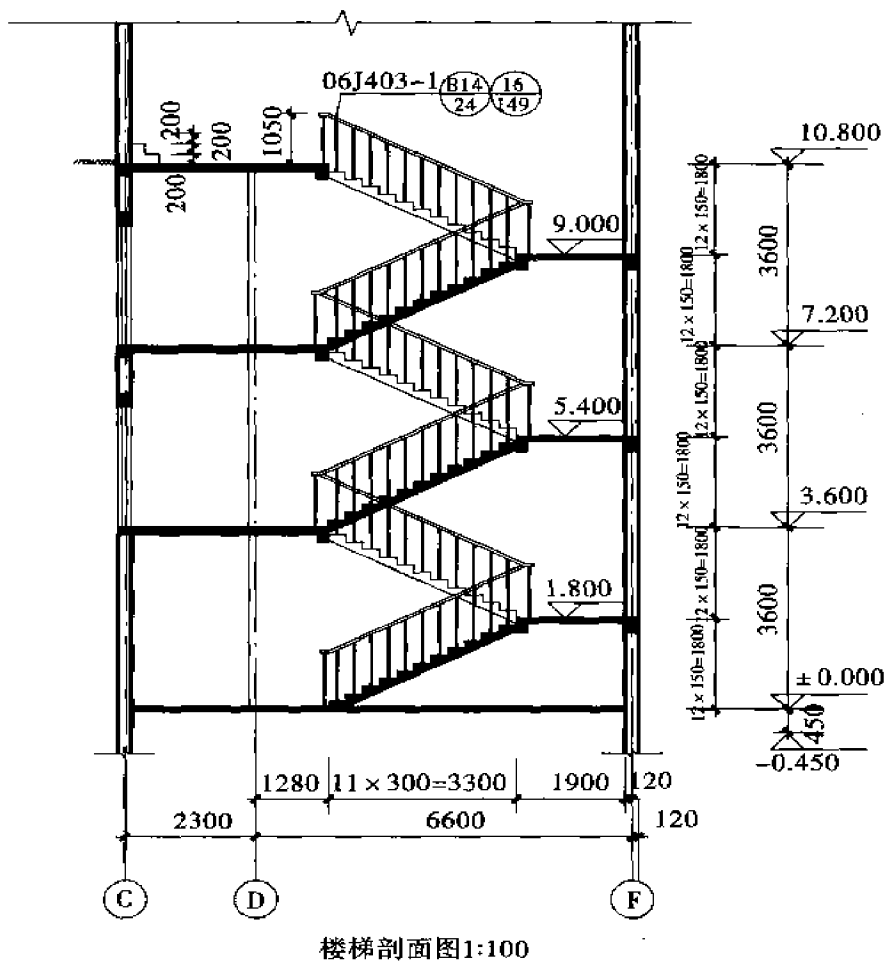


图 14.24 楼梯剖面图



- (1) 此楼梯间所在部位为三层,每层均为两跑楼梯,即两个梯段。
- (2) 剖面图中表明了楼梯每个梯段步级数。
- (3) 图中还注明了地面、平台面、楼面等的标高和梯段,栏杆的高度尺寸,以及门窗洞口的竖向尺寸。

14.7.2.3 节点详图

由于楼梯平面图、剖面图仅能表示楼梯基本结构形式和主要尺寸,对梯段板和栏杆扶手等各部分详细构造和它们之间的相互关系,只能用详图来表示。楼梯节点详图通常包括楼梯踏步和栏杆等的大样图,如图 14.25 所示。楼梯大样图基本都选自标准图集,可参见有关图集。

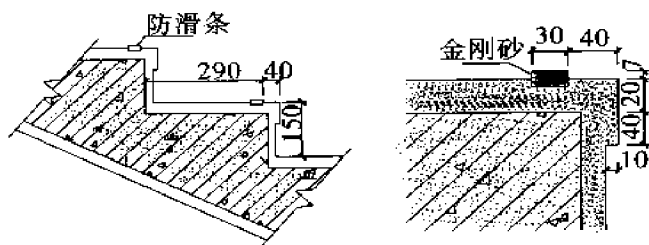


图 14.25 楼梯踏步详图

14.7.2.4 楼梯详图的画法

(1) 楼梯平面图的画法 楼梯平面图的画法如图 14.26 所示。

- 1) 根据楼梯间的开间、进深及层高确定平台深度(c)、梯段宽度(a)、踏步尺寸(b 、 h)、梯段水平投影长度(l)、梯井宽度(f),用平行线等分法画出梯段的水平投影。
- 2) 检查无误后,加深图线,并注写尺寸及必要的文字说明。

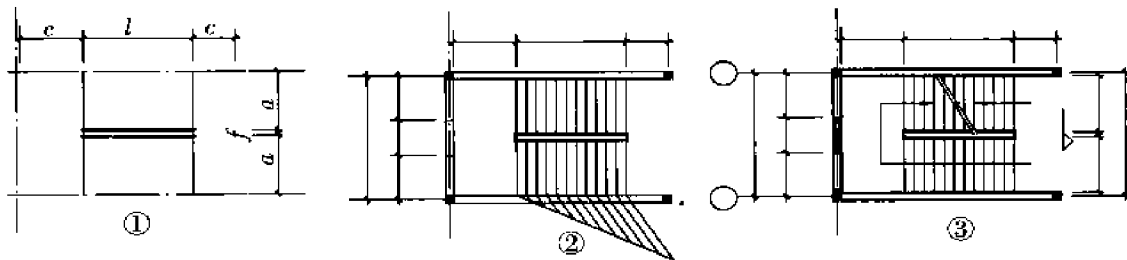


图 14.26 楼梯平面图的画法步骤

(2) 楼梯剖面图的画法 楼梯剖面图的画法如图 14.27 所示。

- 1) 画轴线,定楼地面位置、平台级楼梯段的位置。
- 2) 画出墙身、门窗位置线及踏步。
- 3) 画细部,如门窗、梁板、楼梯栏杆及材料图例。
- 4) 检查无误后,加深图线并注写尺寸及必要的文字说明。

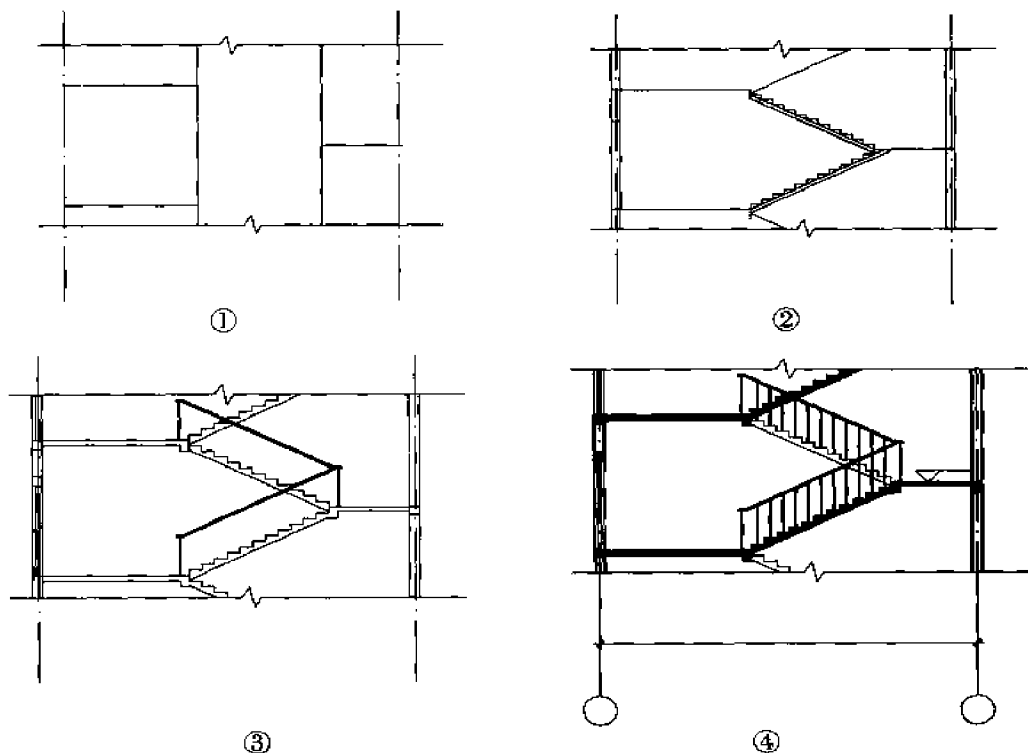


图 14.27 楼梯剖面图的画法步骤

14.7.3 外墙身详图

外墙身详图实际上是剖面图的局部放大图,主要表达屋顶、檐口、楼地面的构造及其与墙身等其他构件的关系,还表明女儿墙、屋顶、窗台、勒脚、明沟等的构造。图 14.28 所示的外墙身剖面是①轴线的有关部位的放大图。从图中可以看出:

- (1) 由檐口处可见,屋面板为现浇板,上有保温层及二毡三油防水层。
- (2) 在详图中,屋面、楼面和地面的做法采用标准图集和多层构造说明方法来表示。
- (3) 各层楼板等构件的位置及其与墙身的关系。
- (4) 从勒脚部分可知房屋外墙的防潮及排水做法。

(5) 散水(亦称防水坡)的作用是将墙脚附近的雨水排泄到离墙脚一定距离的室外地坪的自然土壤中去,以保护外墙的墙基免受雨水的侵蚀。散水节点剖视详图主要表达散水在外墙墙脚处的构造和做法。

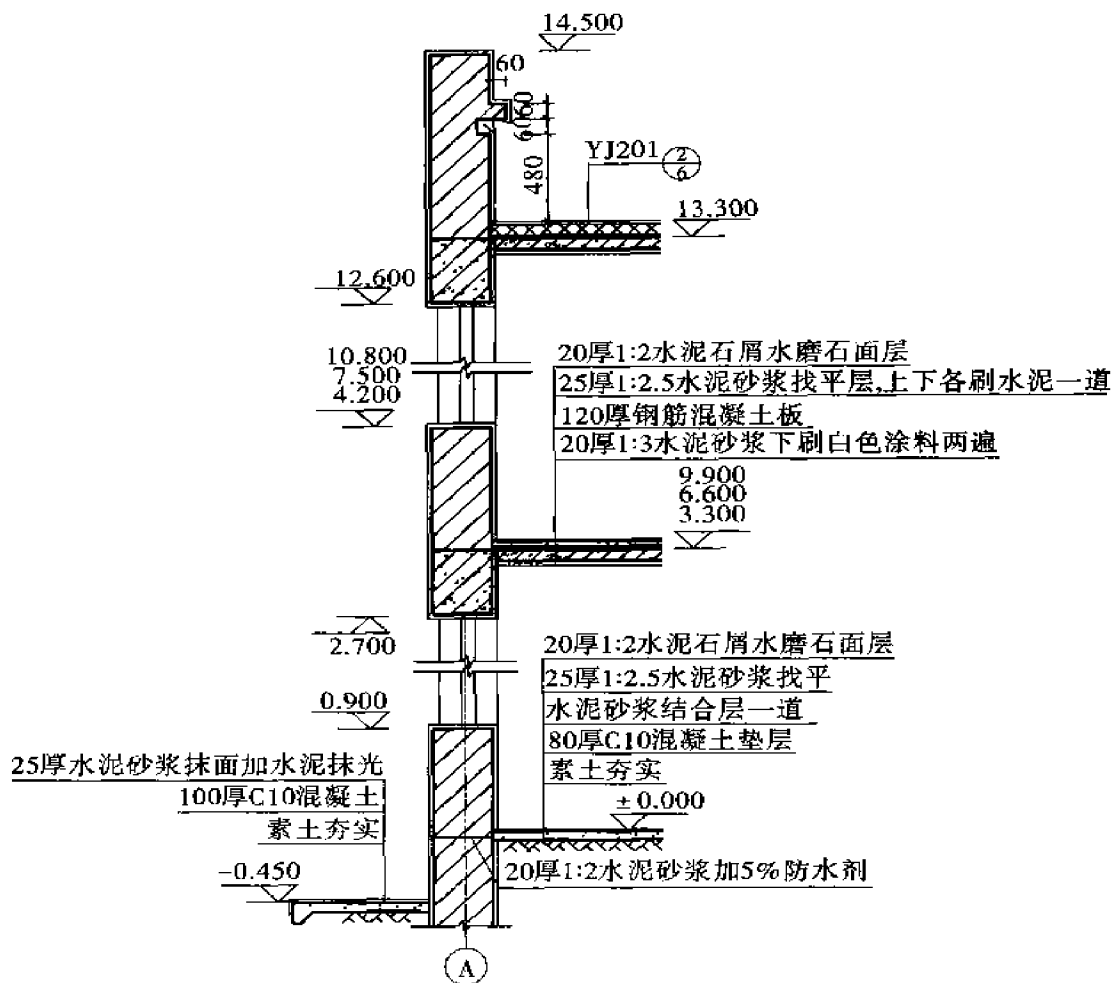


图 14.28 墙身剖面图

14.7.4 门窗详图

门窗详图由门窗立面图和节点详图组成。

14.7.4.1 门窗立面图

门窗立面图表明了门窗形式和开启方向,还要标注尺寸。尺寸线共三道,最外一道为洞口尺寸,第二道是窗框的外沿尺寸,第三道为窗扇尺寸。

14.7.4.2 节点详图

节点详图主要表示各组成件如门窗框和门窗扇的断面形状、尺寸、材料构造关系,还应表达门窗框与四周(如梁、窗台、墙身等)的构造关系。

设计中大多采用标准门窗,工厂生产也是如此,故门窗可不出详图,只要说明所选用标准门窗的型号即可。但采用非标准门窗时,就要出详图。钢门窗等可只出立面图,由厂家生产;木门窗则要出立面图和节点详图。图 14.29 为一铝合金窗详图。

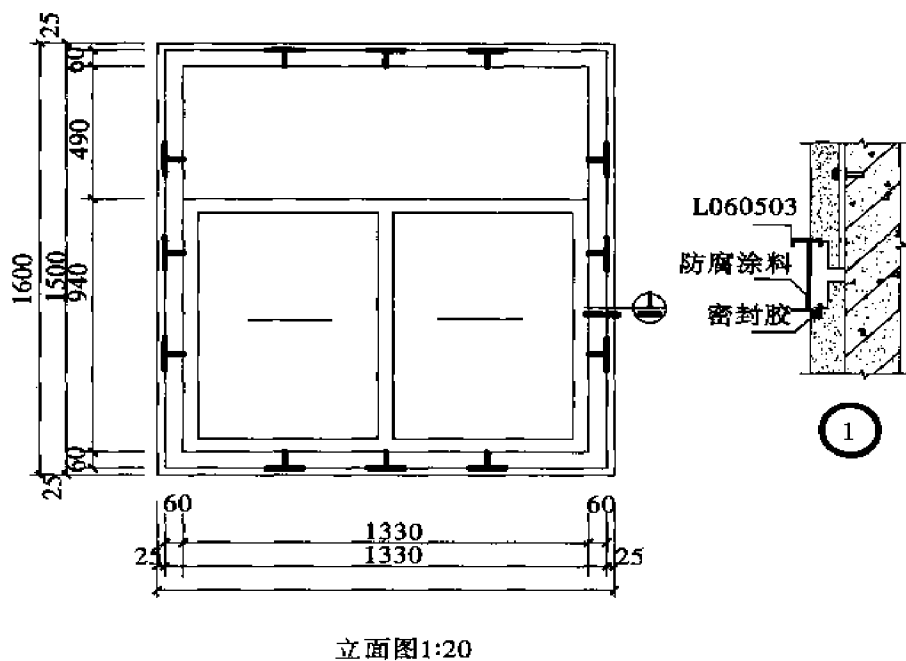


图 14.29 铝合金窗详图

14.8 工业厂房建筑施工图

14.8.1 工业建筑概述

工业建筑是指为各类工业生产服务的房屋,包括生产类、动力类、仓储类及辅助类等生产用房。工业建筑按层数可分为单层工业厂房和多层工业厂房。单层工业厂房一般用于机械制造业、冶金工业以及机修车间等。多层工业厂房一般用于食品工业、化学工业、电子工业等。

14.8.2 工业厂房建筑施工图的阅读

工业厂房建筑施工图的内容及阅读方法与民用房屋建筑施工图一样,只是工业建筑由于生产工艺的要求,对厂房有些不同的要求,因此,在工业厂房施工图中有些特殊的图例和符号。下面以图 14.30 所示的某单层工业厂房为例来说明该车间施工图的主要内容。

14.8.2.1 平面图

工业厂房的平面图主要反映厂房的柱距、跨度等内容。从图中可知:

- (1) 该车间的平面形式为矩形,柱距为 7.8 m。跨度为 7.5 m,共三跨。
- (2) 柱子采用工字形断面的钢筋混凝土柱。
- (3) 车间设有五个大门,编号为 M1,一个小门 M2;有窗 C1、C2 两种窗型。
- (4) 此外车间门口为方便运输还设有坡道,厂房四周设有散水。



14.8.2.2 立面图

工业厂房的立面图主要反映厂房的里面处理。从图中可知:

- (1) 立面墙体的划分,由于单层工业厂房较高,故采用双层条窗处理。
- (2) 墙体材料采用彩钢板,具体做法见说明。

14.8.2.3 剖面图

从图 14.30 可知:

- (1) 屋架的形式、屋面板的布置等。
- (2) 各位置处的标高,如柱顶、室内外地面、门窗等处。

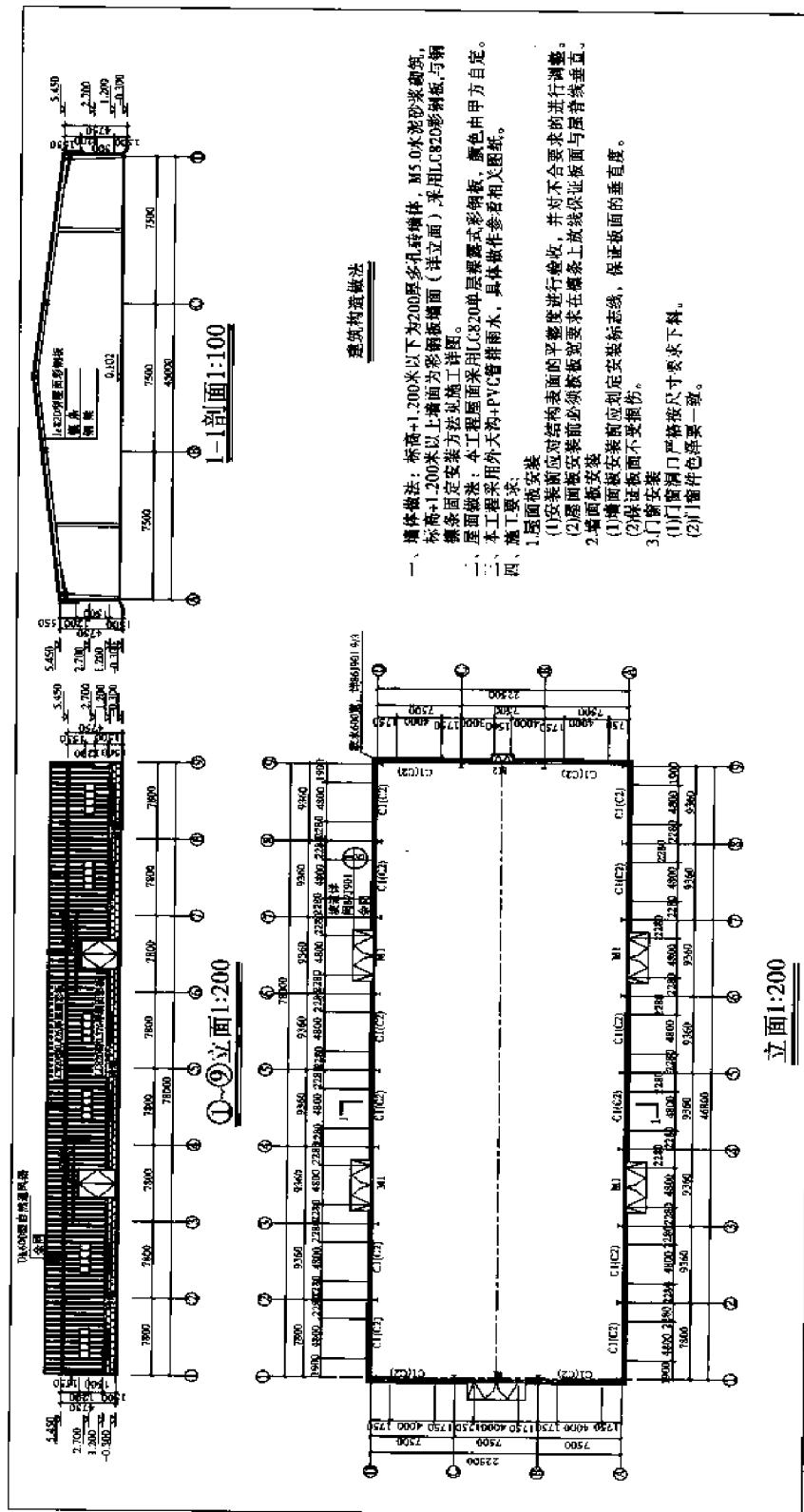


图14.30 单层工业厂房平面、立面、剖面图

第 15 章 结构施工图

15.1 概述

结构施工图是通过结构设计画出的图样,主要表明建筑承重结构的基础、墙、柱、梁板等构件的材料、形状、大小、结构造型及布置等情况。结构施工图是基础放线、基坑开挖、绑钢筋、支模板、浇灌混凝土、施工柱梁板、编制预算和安排施工进度的重要依据。

15.1.1 结构施工图的内容和用途

15.1.1.1 结构施工图的内容

结构施工图应包含以下内容:①结构设计说明;②结构平面图,包括基础平面图、楼层结构布置平面图、屋面结构平面图;③构件详图,包括梁、板、柱结构详图,屋架结构详图,以及其他详图。

15.1.1.2 结构施工图的用途

房屋结构施工图是表达房屋的各种构件形状、布置、大小、材料及内部构造的图样,作为施工放线、挖基坑、支模板、绑扎钢筋、浇筑混凝土、安装构件(梁、板、柱)等以及编制施工预算、施工组织、计划等的依据。

15.1.2 结构施工图中常用的构件代号

房屋结构的基本构件,如各种梁、柱、板等,种类繁多,布置复杂,为了在图中区分各种构件,并使图纸简明扼要,便于看懂图纸和施工、制作、查阅有关图纸,在标准图中把各类构件给予代号。代号是用该构件名称的汉语拼音第一个字母表示的。常用构件的代号如表 15.1 所示。

表 15.1 常用构件代号

序号	名称	代号	序号	名称	代号	序号	名称	代号
1	板	B	19	圈梁	QL	37	承台	CT
2	屋面板	WB	20	过梁	GL	38	设备基础	SJ
3	空心板	KB	21	连系梁	LL	39	桩	ZH
4	槽形板	CB	22	基础梁	JL	40	挡土墙	DQ
5	折板	ZB	23	楼梯梁	TL	41	地沟	DG



续表 15.1

序号	名称	代号	序号	名称	代号	序号	名称	代号
6	密肋板	MB	24	框架梁	KL	42	柱间支撑	ZC
7	楼梯板	TB	25	框支梁	KZL	43	垂直支撑	CC
8	盖板或沟盖板	GB	26	屋面框架梁	WKL	44	水平支撑	SC
9	挡雨板或檐口板	YB	27	檩条	LT	45	梯	T
10	吊车安全走道板	DB	28	屋架	WJ	46	雨篷	YP
11	墙板	QB	29	托架	TJ	47	阳台	YT
12	天沟板	TGB	30	天窗架	CJ	48	梁垫	LD
13	梁	L	31	框架	KJ	49	预埋件	M -
14	屋面梁	WL	32	刚架	GJ	50	天窗端壁	TD
15	吊车梁	DL	33	支架	ZJ	51	钢筋网	W
16	单轨吊车梁	DDL	34	柱	Z	52	钢筋骨架	G
17	轨道连接	DGL	35	框架柱	KZ	53	基础	J
18	车挡	CD	36	构造柱	GZ	54	暗柱	AZ

注:①预制钢筋混凝土构件、现浇钢筋混凝土构件、钢构件和木构件,一般可直接采用本附录中的构件代号。在绘图中,当需要区别上述构件的材料种类时,可在构件代号前加注材料代号,并在图纸中加以说明。

②预应力钢筋混凝土构件的代号,应在构件代号前加注“Y-”,如 Y-DL 表示预应力钢筋混凝土吊车梁。

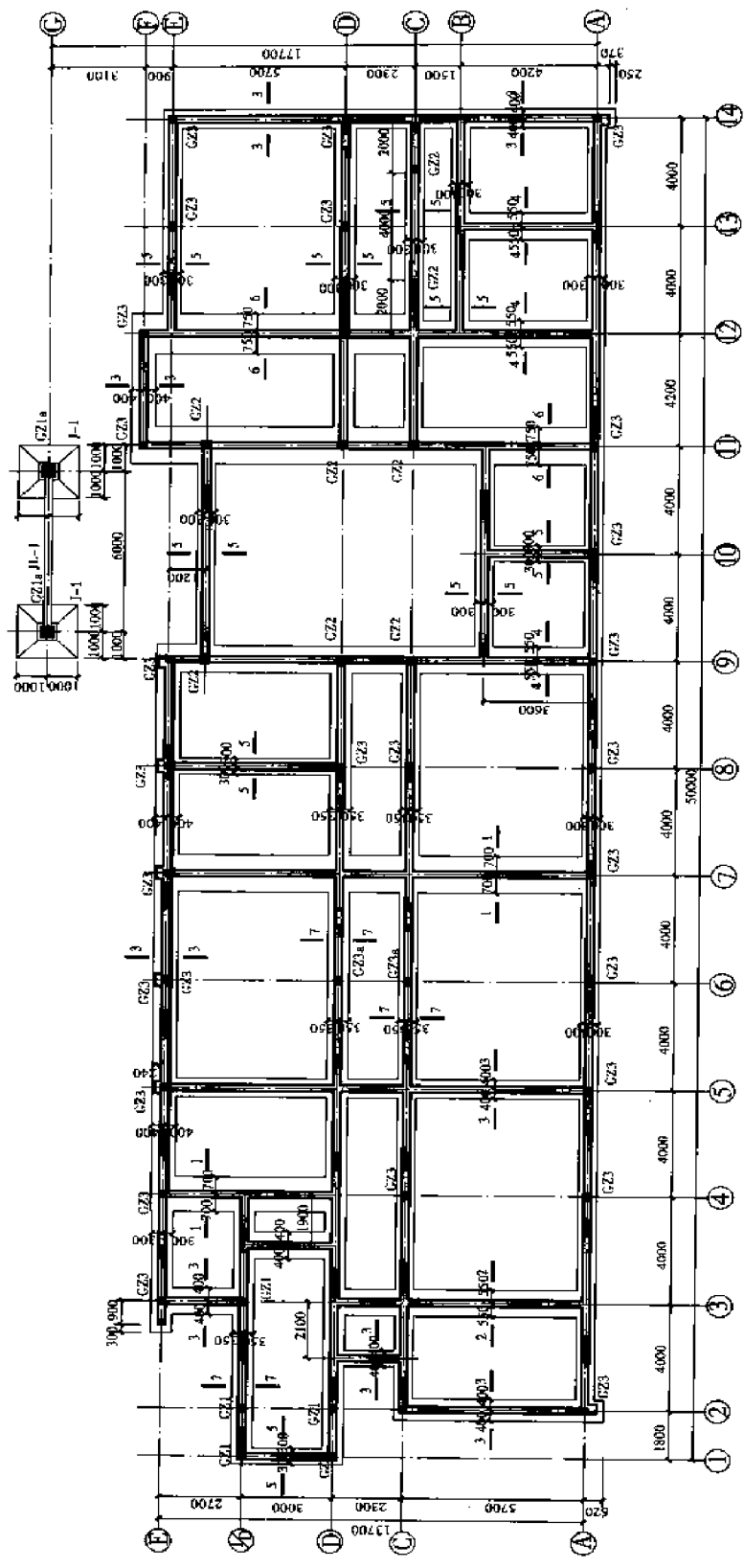
15.2 结构设计说明

结构设计说明主要以文字叙述为主,其内容是全局性的,主要包括如下内容:①工程概况、设计依据、图纸说明、建筑分类等级;②主要荷载(作用)取值;③所采用设计计算程序的程序名称、版本号、编制单位;④主要结构材料的强度等级及相关要求;⑤基础及地下室工程相关内容及要求;⑥钢筋混凝土工程相关内容及要求;⑦钢结构工程相关内容及要求;⑧砌体工程相关内容及要求;⑨检测(观测)要求;⑩施工需特别注意的问题。

15.3 基础图

基础图由基础平面图、详图和文字说明组成,它是相对标高 ± 0.000 以下的结构图,主要供基础放线、挖基坑、做垫层、砌基础墙及管沟墙用。

基础是在建筑物地面以下,将上部结构所承受的各种荷载传递到地基上的结构组成部分。基础的形式应根据上部结构情况、地基的岩土类别和性能以及施工条件等综合考虑确定。一般低层建筑常用的基础形式有墙下条形基础和柱下独立基础。图 15.1 所示的房屋主要是柱承重,柱下采用独立基础,两侧承重墙下采用条形基础。图 15.2 则是一个砖混结构房屋的墙下条形基础。



基础平面图 1:100

基础设计说明:

- 1.本工程基础以下换填1000厚三七灰土, 换填范围沿基础外围加宽500, 压实系数不小于0.95, 处理后地基承载力不小于150kPa。
- 2.基础垫层采用混凝土强度等级为C15, 基础混凝土强度等级为C30
- 3.未注明的构造柱均为GZ2, 所有柱底高均为-1.500, 顶高除GZ1a、GZ3a外均为10.650, GZ1a顶标高5.800, GZ3a顶标高7.050。

图15.1 基础平面图



15.3.1 基础平面图

15.3.1.1 基础平面图的形成

基础平面图是假想用—个水平剖切面沿室内地面处将房屋剖开,把上部房屋及下部地面及泥土全部拿去,将基础部分进行水平投影而得。为了使图形简洁明了,在图中—般只画出 ± 0.000 处被剖切到的墙、柱轮廓线(用粗实线表示,钢筋混凝土柱子全部涂黑)和投影所见的基础底部轮廓的边线(用细实线表示)以及基础梁等构件(用细实线画出),而对其他的细部如放大脚的轮廓线等均省略不画。

15.3.1.2 基础平面图的主要内容

如图15.1所示,基础平面图的主要内容如下。

- (1) 轴线 基础部分的轴线编号必须与建筑图相同。
- (2) 基础的平面位置 即基础墙、柱以及基础底面的形状、大小及其与轴线的关系,柱子还要标注编号,图中的细实线表示开挖基槽的边线,粗实线表示基础、墙,全部涂黑的小方块为柱子。
- (3) 基础梁的位置和代号 见图上的JL-1,其与轴线的相对位置用尺寸标注表示。
- (4) 剖切符号 剖切符号表明了基础各个断面的剖切位置,如1-1、2-2等。
- (5) 其他细部 如地下管沟、基础内预留孔和设备孔洞等。
- (6) 尺寸标注 轴线尺寸、基础大小尺寸及其定位尺寸。
- (7) 比例 —般用1:100的比例,也可用1:200和1:150的比例。

墙下条形基础平面图中,用粗实线画出墙的边线,用细线画出基础底边线。习惯上不画大放脚的水平投影。不同的断面用不同的编号表示。

15.3.2 基础详图

基础详图即为基础不同断面的基础断面图。它表示基础的类型、尺寸、做法和材料。在绘制基础详图时,要注意轴线与轴线、轴线与基础详图编号、基础墙与轴线的关系,以及大放脚尺寸、垫层尺寸、基础用料、基底标高、室外地面标高等。

图15.2为墙下条形基础的详图,从图中可知:基础垫层为C15素混凝土,基础的大放脚尺寸均已注明,在距室内地面 -0.060 m 处设有一道基础圈梁。另外还标注了基础基底标高。定位轴线圈内不写编号说明通用。

图15.3为柱下钢筋混凝土独立基础J-1的详图。为了同时表达基础的外形及内部配筋,基础详图平面图采用局部剖面,从图中可知:基础底面下铺设了100 mm厚素混凝土垫

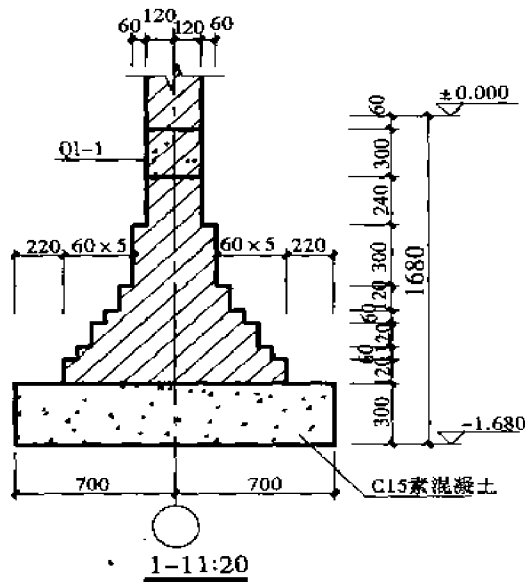


图15.2 墙下条形基础详图



层;基础底面为 $2000\text{ mm} \times 2000\text{ mm}$ 的正方形,双向配置钢筋,均为 $\phi 12@200$ (ϕ 为 HPB235 级钢筋符号,直径为 12 mm ,间距为 200 mm ,@ 为等间距符号);在基础内预留柱插筋,与上部柱子钢筋搭接;在钢筋搭接区内的箍筋间距加密为 $\phi 8@100$;在基础高度范围内至少应布置两道箍筋;尺寸标注基本与条形基础相同。

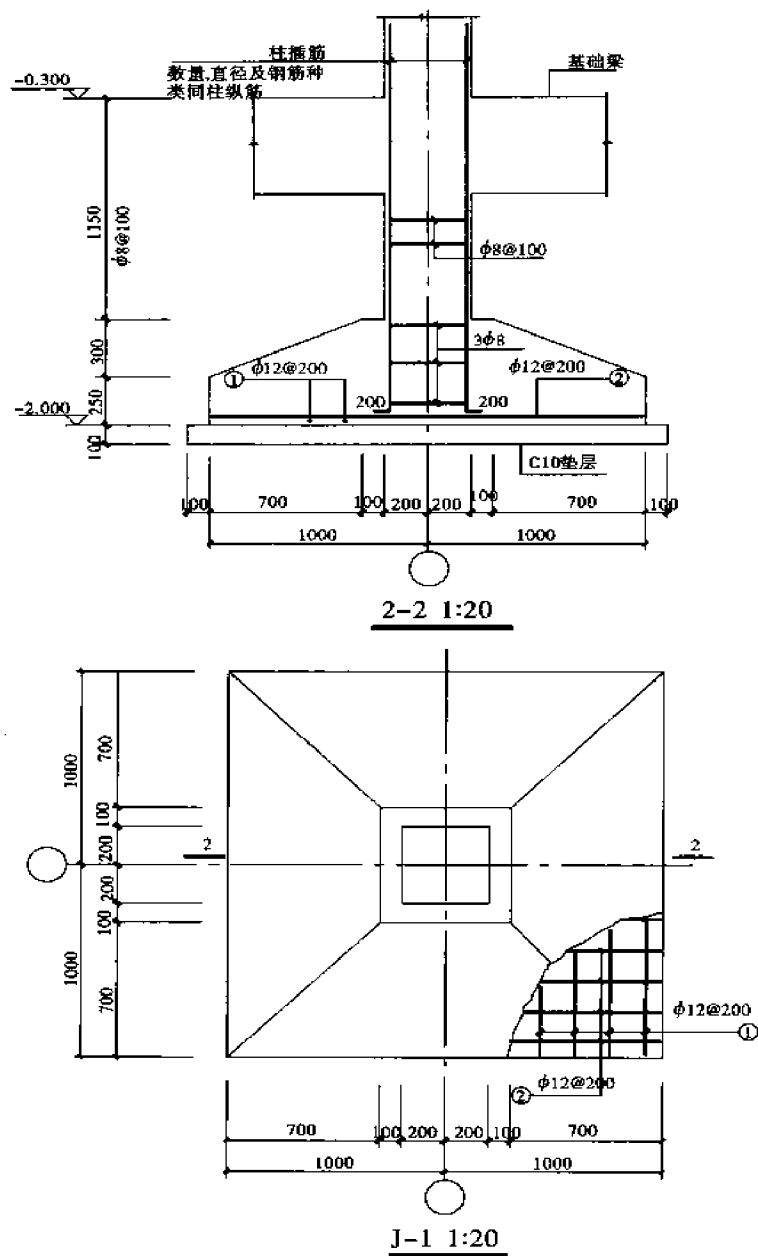


图 15.3 柱下钢筋混凝土独立基础详图



15.4 楼层、屋顶结构平面图

楼层结构平面图与屋顶结构平面图基本相同,主要表示建筑物楼层(或屋顶)结构的梁、板等结构构件的组合、布置以及构造等情况。楼层的板、梁类型很多,总的可分为预制和现浇两大类。但不论是那一类,其结构平面图都主要是以楼(屋)盖结构平面图为主,并辅以局部剖(截)面图和详图。

15.4.1 楼层、屋顶结构平面图的形成

楼层、屋顶结构平面图是在靠近所要表明的结构层的楼面或屋顶处向下水平剖切所得到的投影图。结构平面图除了能如实反映楼层、屋顶结构的平面布置情况外,还可反映该层下面的墙、柱、圈梁、墙上过梁等情况,它与有关详图配合便能全面表达设计意图。

在结构平面图中,墙体用中实线表示,被楼板等构件盖住的墙体、梁等用中虚线表示。

15.4.2 楼层、屋顶结构平面图的内容

图15.4是一个办公楼的二层结构平面布置图,下面以此为例介绍其主要内容。

(1)轴线 楼层屋顶结构平面图的轴线应与建筑平面图一致。

(2)柱及构造柱 图上的黑方块表示构造柱,并标明编号,如GZ1等。

(3)各预制构件的名称编号、布置以及现浇的部位 这是楼层结构布置平面图的主要内容。

1)在轴线④—⑤之间的开间⑦内注有9YKB426-3,这表明铺有9块600 mm宽的预应力空心板。

9YKB426-3的含意为:

9——表示预制板的块数;

YKB——预应力钢筋混凝土空心板的代号;

42——构件跨度为4.2 m;

6——构件宽度为600 mm;

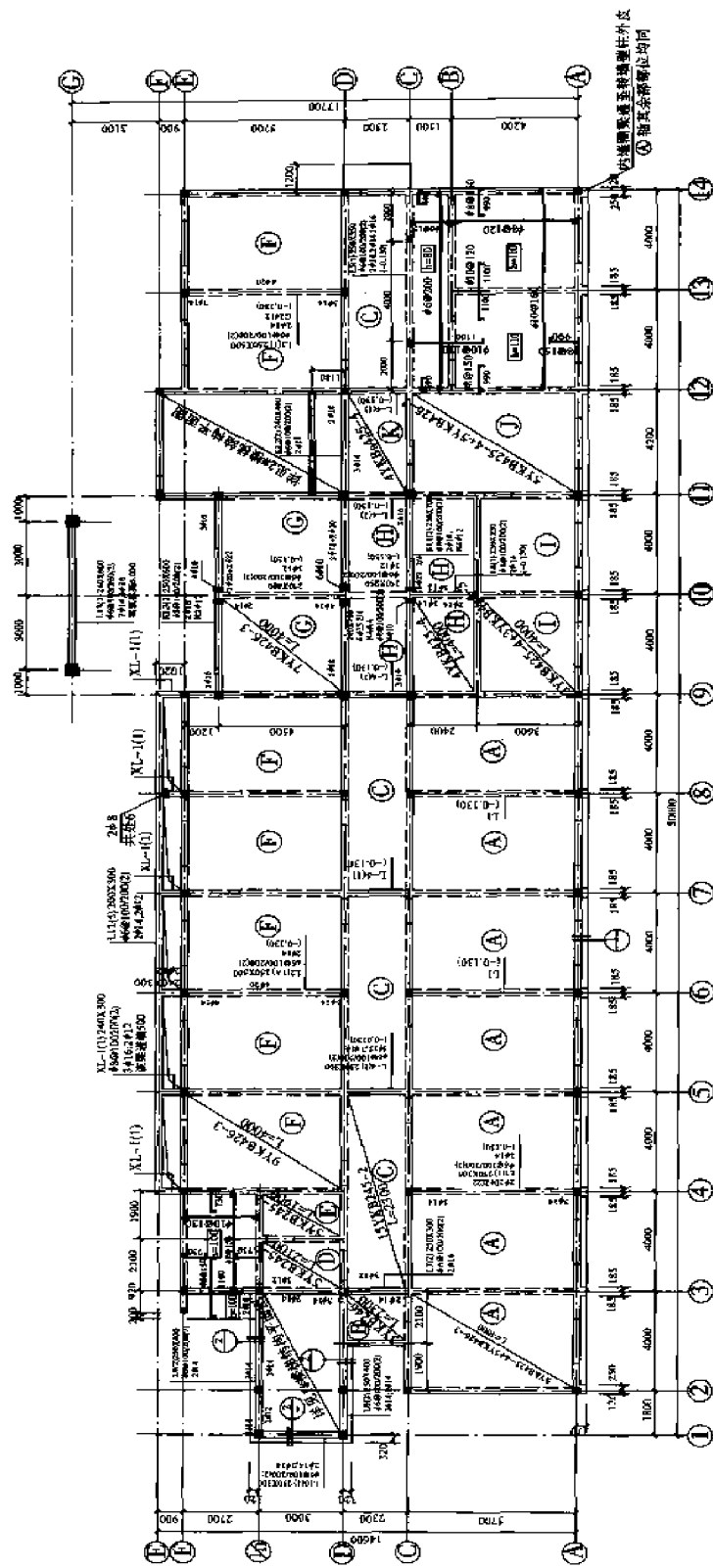
3——表示荷载等级为3级;

2)在⑫—⑭轴线之间的现浇板配筋不太复杂,直接在结构平面图上画出。如果配筋复杂,可另出详图。表示方法为:在结构平面图上标注B1,另外画B1的配筋图。

3)在其他开间内注有⑦的,表明均与④—⑤轴线开间的楼板布置相同。

(4)索引符号 图中应注明节点构造详图的索引符号。

(5)比例 一般为1:100,也可用1:50等。



二层结构平面图1:100

说明:

1. 现浇板厚除注明者外均为80 mm。
2. 本层板顶结构标高3.570, 卫生间板顶结构标高3.470。
3. 当梁上搁置预制板时, 梁顶标高均同内墙圈梁顶高, 未注明的梁顶标高均同板顶标高。
4. 本图未标注的钢筋均为 $\phi 8@200$ 。
5. 凡主次梁相交处, 主梁两侧(次梁支座处)均增设 $4\phi 8(2)$

图15.4 二层结构平面图



15.5 钢筋混凝土构件详图

结构平面图只表示出建筑物各承重构件的平面布置,至于它们的形状、大小、材料、构造和连接情况等,则需要单独画出各承重构件的构件详图来表达。

15.5.1 基本知识

混凝土是一种抗压性能较好的人造石材,而抗拉性能较差。一般构件在结构中有可能受弯、受剪,这就使局部材料受到拉力而产生断裂。图 15.5 为混凝土简支梁的受力情况。

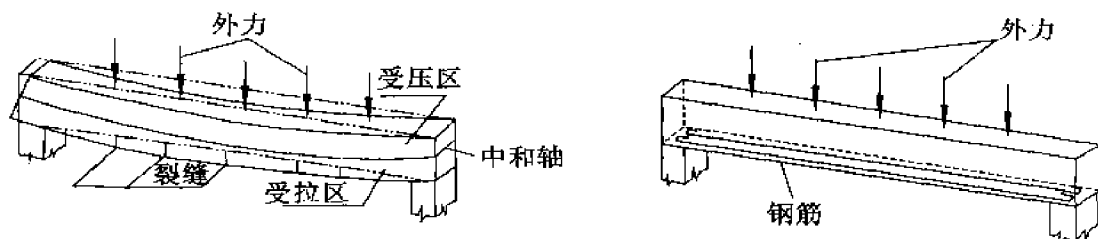


图 15.5 混凝土简支梁的受力情况

从图中可以看出:梁在弯矩的作用下上部受压,下部受拉,使得下部混凝土产生裂缝引起断裂,如果在梁的受拉区内配置抗拉强度高的钢筋,就会充分发挥材料的作用,大大提高梁的承载能力,这种配有钢筋的混凝土称为钢筋混凝土。

钢筋混凝土构件,按其生产过程分为预制构件和现浇构件两种。

15.5.1.1 钢筋的种类及作用

钢筋可按不同方法分类,国产的建筑用钢筋的种类见表 15.2。表中给出了钢筋符号和外形。

表 15.2 钢筋种类和符号

钢筋种类	外形	代号	钢筋种类	外形	代号
HPB235 (Q235)	光圆	ϕ	钢绞线		ϕ^s
HRB335 (20MnSi)	人字形纹	Φ	消除应力钢筋	光面	ϕ^p
HRB400	人字形纹	Φ	消除应力钢筋	螺旋肋	ϕ^{II}
RRB400	圆或螺纹	Φ^R	热处理钢筋		ϕ^{HT}

钢筋按其在构件中所起的作用,可分为以下几种(图 15.6)。

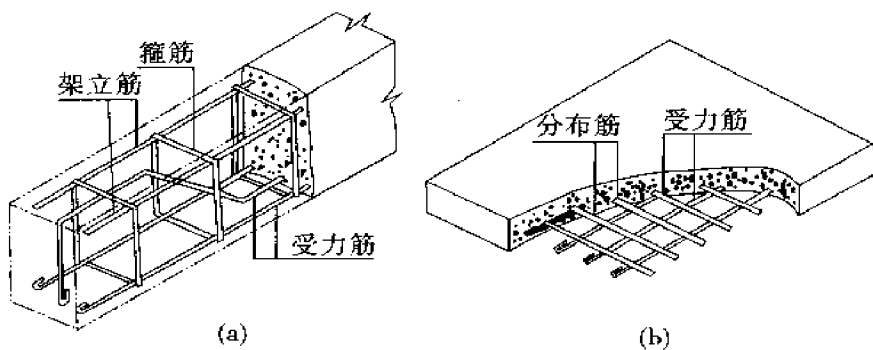


图 15.6 钢筋的种类

- (1) 受力筋 主要承受拉力和压力。
- (2) 箍筋 主要用来固定受力钢筋并承受斜拉应力。
- (3) 架立筋 用以固定梁内箍筋位置,构成构件内的钢筋骨架。
- (4) 分布筋 用于板内,主要使外力更均匀地分布到受力钢筋上,并固定钢筋的位置以及抵抗热胀冷缩所引起的温度变形。
- (5) 其他钢筋 因构件构造要求或施工安装需要而自己设置的构造筋,如腰筋、预埋锚固筋、吊环等。

15.5.1.2 钢筋的保护层

为了防止钢筋锈蚀,钢筋外面到混凝土表面要有一定的厚度,这一层混凝土叫做钢筋的保护层,其厚度可从有关规范中查出。

15.5.1.3 钢筋的弯钩

如果受力筋为光圆钢筋时,为了增加钢筋与混凝土的黏结力,避免钢筋在受拉时滑动,应将两端做成弯钩。钢筋端部的弯钩形式一般有两种:半圆形弯钩或直角形弯钩,如图 15.7 所示。

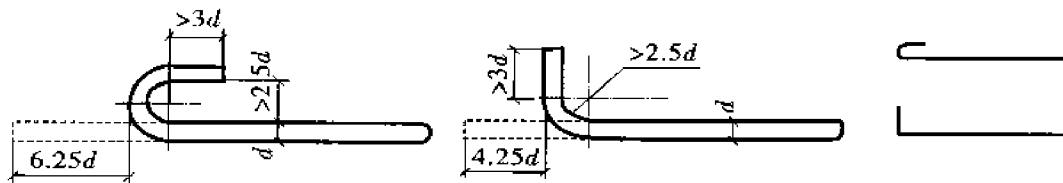


图 15.7 钢筋的弯钩

箍筋的弯钩形式一般也有两种,如图 15.8 所示。

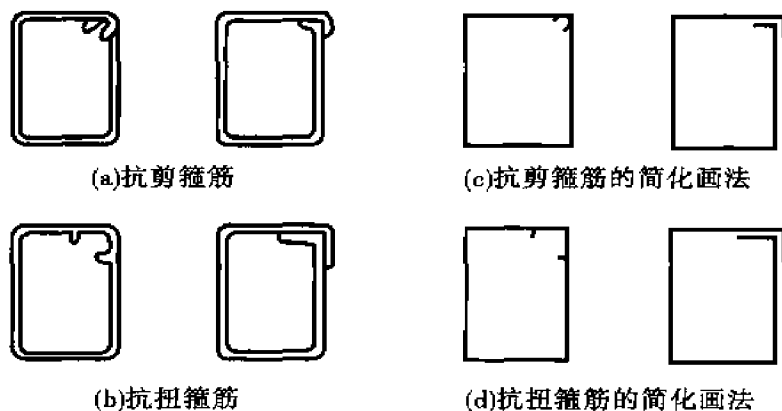


图 15.8 箍筋的弯钩

15.5.2 钢筋混凝土构件详图

钢筋混凝土构件详图以配筋图为主,当预制钢筋混凝土较复杂、预埋件较多时,还要出模板图和预埋件详图。为施工、预算方便,还宜列出钢筋表,另外还要有必要的说明。

构件详图也是利用正投影原理绘制的,但配筋图有所不同,是将混凝土看做一个透明体,用细实线画出其轮廓线,里面的钢筋用粗实线画出。当构件细长时,为了清楚地表达它们内部的钢筋布置情况,往往在长度和高度方向分别采用两种不同大小的比例来绘制图样。对构件中部断面和内部配筋完全一致的构件,用折断线断开,将长度方向缩短。

钢筋混凝土结构中都有梁、板、柱,下面我们分别举例介绍。

15.5.2.1 梁

图 15.9 是一个简支梁的配筋详图,该梁两端支承在墙体上,由于此梁外形简单,所以省略了模板图。

配筋详图由立面图和断面图组成,主要表示钢筋在构件中的布置情况,也就是钢筋在构件中的排列位置以及钢筋的形状、数量,是绑扎钢筋骨架的依据。

图中表示的内容和方法如下。

(1) 钢筋形状 立面图中用粗线表示钢筋的形状,梁中弯起筋的弯起角为 45° ,梁内纵筋都画出,但投影重合的只画一根表示。必要时将纵筋拉出分别画出其形状,并标注尺寸。箍筋只画几根示意。在断面图中纵筋只用小黑点表示。

(2) 断面剖切符号 在立面图中注明了断面的剖切位置,断面数量可根据需要来定。

(3) 钢筋编号及标注 钢筋的形状或钢筋种类不同,都应给予不同的编号,引出线一端指向钢筋,另一端画直径为 6 mm 的圆圈,圈内写编号,在引出线上标明每种纵筋的数量、直径及钢筋种类,或标注箍筋的直径、钢筋种类及间距。如 $\phi 6@200$ 表明:钢筋为 HPB235 级钢,直径为 6 mm,间距为 200 mm, @ 为等间距符号。

(4) 尺寸标注 在立面图上应注明梁的长度、纵筋弯起位置。断面图上应注明断面高度和宽度。

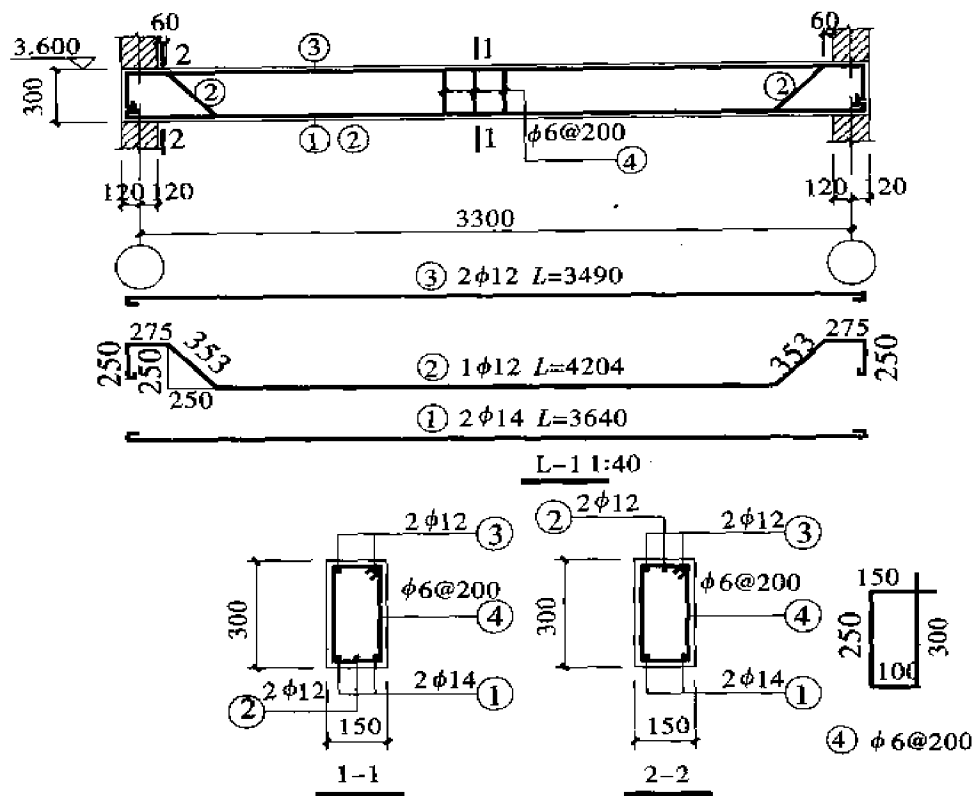






图 15.9 钢筋混凝土简支梁详图

(5) 钢筋表 在配筋图中一般列出钢筋表,其作用是供编制施工预算和备料用,也可作为理解配筋图的参考。表 15.3 为简支梁的钢筋表。表中一般应包括的项目有:构件名称及数量、钢筋编号、规格、简图、长度、件数、总长及总重量等。

表 15.3 钢筋表

构件名称	构件数	钢筋编号	钢筋规格	简图	长度/mm	件数	总长/m	总重/kg
L-1	1	①	$\phi 14$		3640	2	7.280	7.41
		②	$\phi 12$		4204	1	4.204	4.45
		③	$\phi 12$		3490	2	6.980	1.55
		④	$\phi 6$		800	18	11.700	2.60

15.5.2.2 板

图 15.10 是现浇板的配筋图。当结构平面图的比例较小,板的配筋又比较复杂时,板可单独画配筋图。与梁的配筋图不同的是,板的配筋是将板向下做水平投影,钢筋向前或向左翻转 90°再进行投影,以便能表示清楚其形状。从图上可以看出其基本内容及表示



方法如下。

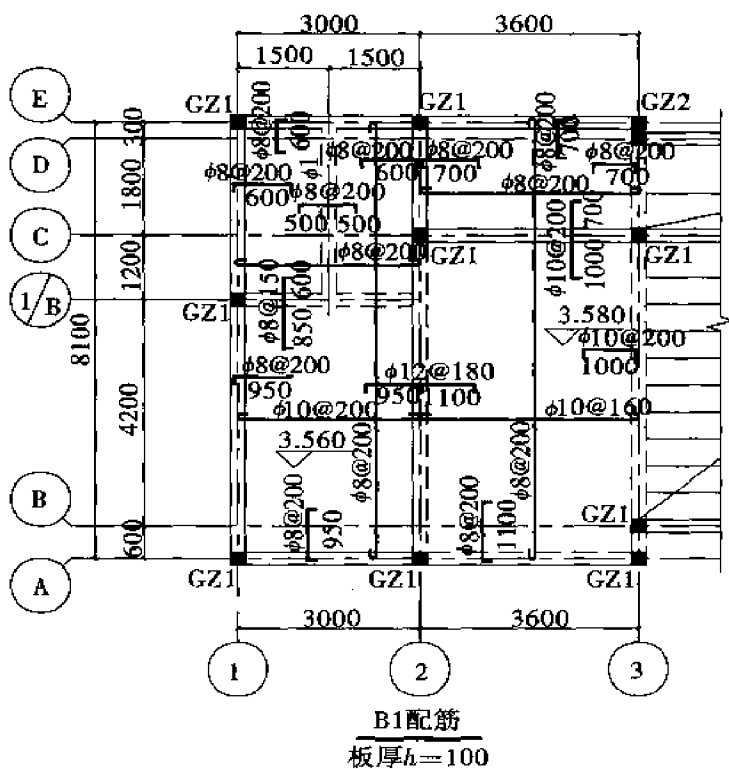





图 15.10 现浇板配筋图

(1) 钢筋形状 从图上看到钢筋的形状有两种不同的形式:一种为,是配置在板上部的受力负筋;一种为,是配置在板下部的受力正筋。在有些板中还有一种筋,即弯起受力筋,弯起角为 30°,一般与受力筋垂直配置的分布筋不画出,可用文字说明。

(2) 钢筋编号及标注 不同的钢筋应有不同的编号,直接在钢筋上画圆圈标注。另外,相同编号的钢筋应有一处注明钢筋的直径、间距及钢筋种类。

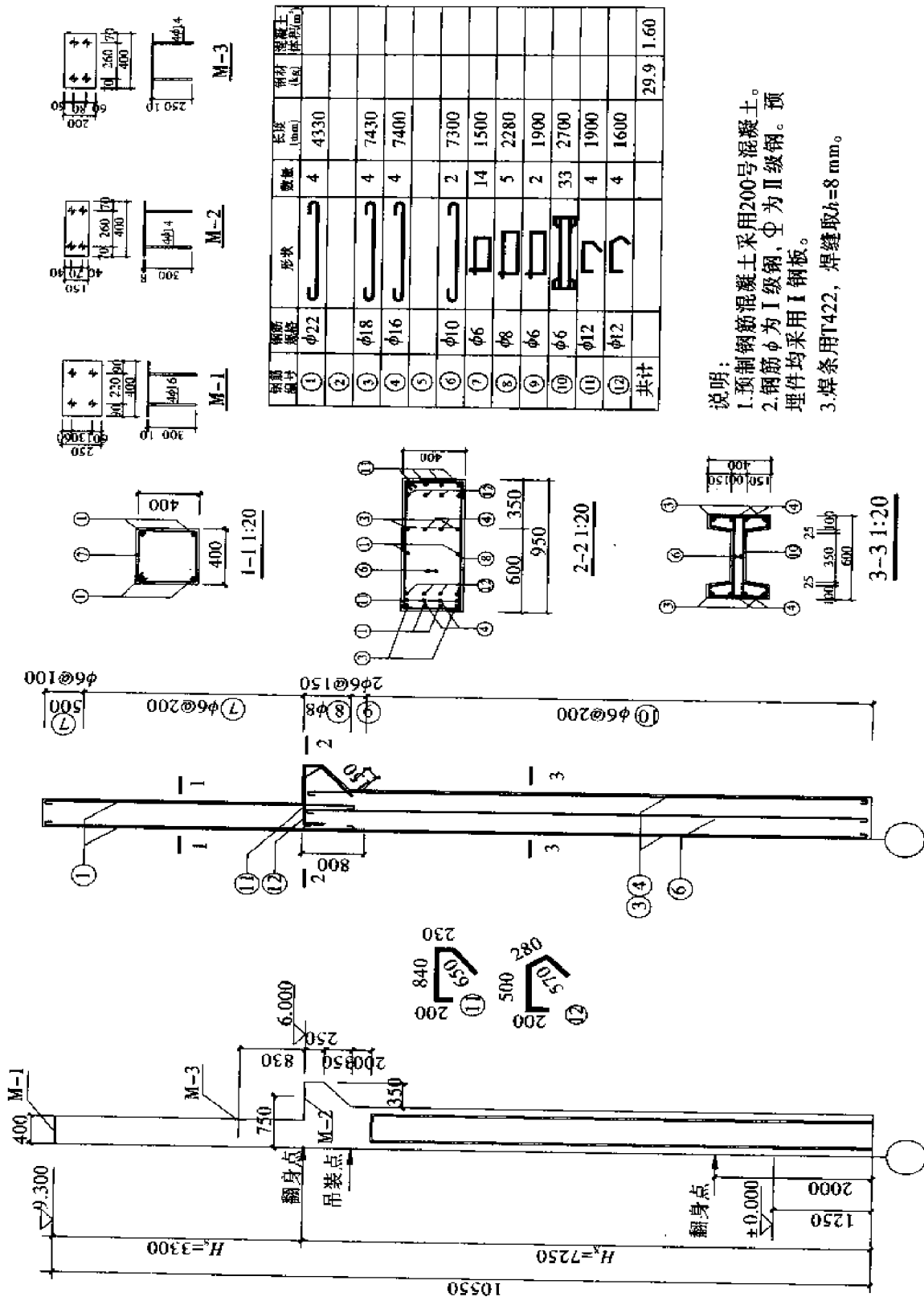
(3) 尺寸标注 钢筋应标注其长度、位置及弯起长度。

(4) 预留孔 板上如有预留孔,应注明其大小及位置,图中可将设备管道预留孔画在,但有时为了避免与设备施工图矛盾,也可在说明中说明“各工种所需预留洞孔详见设备施工图”。

15.5.2.3 柱

柱的表示方法与梁基本相同,但对于工业厂房的钢筋混凝土柱等复杂构件,除画配筋图外还应画出模板图及预埋件详图。图 15.11 是一个单层工业厂房单跨车间的 BZ9—1 预制混凝土边柱结构详图,下面以此为例说明其基本内容及表示方法。

(1) 模板图 主要表示柱的外形、尺寸、标高以及预埋件位置等,作为制作、安装模板和预埋件的依据。



BZ9-1配筋 1:40

BZ9-1模板 1:400

图15.11 预制混凝土边柱模板及配筋图



图 15.11 的最左侧是模板图,柱分上柱、牛腿和下柱三部分。上柱顶部放有预埋件 M-1,它是用来焊接屋架的。中部牛腿处放有预埋件 M-2、M-3,是用来焊接吊车梁的。与右边的截面图对照,可知上柱为方形实心柱,其截面为 $400\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ 。下柱是工字形柱,其截面尺寸为 $400\text{ mm} \times 600\text{ mm}$ 。牛腿的 2-2 截面处的尺寸为 $400\text{ mm} \times 950\text{ mm}$,牛腿顶面标高为 6 m,上柱顶面标高为 9.3 m,柱总高为 10550 mm。

(2) 配筋图 图 15.11 中间部分是配筋图,有一个立面图和三个断面图,其表示方法和尺寸标注与梁相同。从图中可看出钢筋型号共有 12 种,比较复杂,在看图时要立面与截面对照看。

(3) 预埋件详图 M-1、M-2 及 M-3 详图分别表示预埋钢板的形状尺寸,图中还表示了各预埋件的锚固钢筋的位置、数量、规格以及锚固长度。

15.6 混凝土结构平面表示法

15.6.1 概述

建筑工程施工图平面整体设计方法(简称“平法”),是对我国目前混凝土结构施工图的设计表示方法的重大变革。平法的表达形式,概括来讲,是把结构构件的尺寸和配筋等按照平面整体表示方法制图规则,整体直接地表达在各类构件的结构平面布置图上,再与标准构造详图相配合,即构成一套完整的结构施工图。它改变了传统的那种将构件从结构平面图中索引出来,再逐个绘制配筋详图的繁琐表示方法。

各类混凝土结构构件的平法制图规则及构造详图各不相同。目前,平法图集有:《03G101-1 现浇混凝土框架、剪力墙、框架-剪力墙、框支剪力墙结构》、《03G101-2 现浇混凝土板式楼梯》、《04G101-3 筏形基础》、《04G101-4 现浇混凝土楼面与屋面板》、《08G101-5 箱形基础和地下室结构》、《06G101-6 独立基础、条形基础、桩基承台》等。各图集集中的制图规则,既是设计人员完成平法施工图的依据,又是施工和质监人员实施平法施工图的依据。图集集中的构造详图,为目前国内常用的且较为成熟的构造做法,是施工人员与平法施工图配套使用的正式设计文件。

为了规范使用混凝土结构施工图平面整体设计方法,特制定如下平法制图规则。

(1) 按平法设计绘制的施工图,一般是由各类结构构件的平法施工图和标准构造详图两大部分构成,但对于复杂的工业与民用建筑,尚需增加模板、开洞和预埋件等平面图,只有在特殊情况下才需增加剖面配筋图。

(2) 平法设计绘制结构施工图时,必须根据具体工程设计,按照各类构件的平法制图规则,在按结构(标准)层绘制的平面布置图上直接表示各构件的尺寸、配筋和所选用的标准构造详图。出图时,宜按基础、柱、剪力墙、梁、板、楼梯及其他构件的顺序排列。

(3) 在平面布置图上表示各构件尺寸和配筋的方式,分平面注写方式、列表注写方式和截面注写方式三种。

(4) 按平法设计绘制结构施工图时,应将所有的构件进行编号,编号中应含有类型代号和序号等。其中,类型代号的主要作用是指明所选用的标准构造详图。在标准构造详



图上,也应按其所属构件类型注明代号,以明确该详图与平法施工图中相同构件的互补关系,使两者结合构成完整的结构设计图。

(5)按平法设计绘制结构施工图时,应当用表格或其他方式注明包括地下和地上各层的结构层楼(地)面标高、结构层高及相应的结构层号。其结构层楼面标高和结构层高在单项工程中必须统一,以保证基础、柱与墙、梁、板等用同一标准竖向定位。为施工方便,应将统一的结构层楼面标高和结构层高分别放在柱、墙、梁等各类构件的平法施工图中。

(6)为了确保施工人员准确无误地按平法施工图进行施工,在具体工程的结构设计总说明中必须写明以下与平法施工图密切相关的内容。

1)注明所选用平法标准图的图集号(如03G101-1),以免图集升版后在施工中用错版本。

2)写明混凝土结构的使用年限。

3)当有抗震设防要求时,应写明抗震设防烈度和结构抗震等级,以明确选用相应抗震等级的标准构造详图;当无抗震设防要求时,也应写明,以明确选用非抗震的标准构造详图。

4)写明柱、墙、梁各类构件在其所在部位所选用的混凝土强度等级和钢筋级别,以确定相应纵向受拉钢筋的最小锚固长度及最小搭接长度等。

5)当标准构造详图有多种可选择的构造做法时,一般应写明在何部位选用何种构造做法。当未写明时,则为设计人员自动授权施工人员可以任选一种构造做法进行施工。

6)写明柱(包括墙柱)纵筋、墙身分布筋、梁上部贯通筋等在具体工程中需接长时所采用的接头形式及有关要求。必要时,尚应注明对钢筋的性能要求。

7)对混凝土保护层厚度有特殊要求时,写明不同部位的柱、墙、梁构件所处的环境类别。

8)当具体工程需要对图集标准构造详图作某些变更时,应写明变更的具体内容。

9)当具体工程中有特殊要求时,应在施工图中另加说明。

(7)对受力钢筋的混凝土保护层厚度、钢筋搭接和锚固长度,除在结构施工图中另有注明外,均须按相应的图集标准构造详图中的有关规定执行。

下面以《03G101-1 现浇混凝土框架、剪力墙、框架-剪力墙、框支剪力墙结构》图集为例,介绍现浇混凝土柱、梁的平法制图规则。

15.6.2 柱平法施工图制图规则

柱平法施工图是在柱平面布置图上,采用列表注写方式或截面注写方式表达柱的定位和配筋图,施工人员根据平法施工图及相应的标准构造详图进行施工,故称之为柱平法施工图。

首先,按适当比例绘制柱平面布置图,分别按照柱的不同结构层,将全部柱(包括框架柱、框支柱、梁上柱和剪力墙上柱)绘制在该图上,并按规定注明各结构层的楼面标高、结构层高及相应的结构层号。然后,采用列表注写方式或截面注写方式表达柱的截面尺



寸及配筋。

15.6.2.1 列表注写方式

列表注写方式,系在柱平面布置图上,分别在同一编号的柱中选择一个(有时需要选择几个)截面标注几何参数代号,在柱表中注写柱号、柱段起止标高、几何尺寸(含柱截面对轴线的偏心情况)与配筋的具体数值,并配以各种柱截面形状及其箍筋类型图的方式,来表达柱平法施工图,如图15.12所示。列表注写内容规定如下。

(1)注写柱编号。柱编号由类型代号和序号组成,见表15.4。

表 15.4 柱编号

柱类型	代号	序号	柱类型	代号	序号
框架柱	KZ	XX	梁上柱	LZ	XX
框支柱	KZZ	XX	剪力墙上柱	QZ	XX

(2)注写各段柱的起止标高。自柱根部往上以变截面位置或截面未变但配筋改变处为界分段注写。框架柱和框支柱的根部标高系指基础顶面标高。梁上柱的根部标高系指梁顶面标高。剪力墙上柱的根部标高分两种:当柱纵筋锚固在墙顶部时,其根部标高为墙顶面标高;当柱与剪力墙重叠一层时,其根部标高为墙顶面往下一层的结构层楼面标高。

(3)对于矩形柱,注写柱截面尺寸 $b \times h$ 及与轴线关系的几何参数代号 b_1 、 b_2 和 h_1 、 h_2 的具体数值,须对应于各段柱分别注写。其中 $b = b_1 + b_2$, $h = h_1 + h_2$ 。当截面的某一边收缩变化至与轴线重合或偏到轴线的另一侧时, b_1 、 b_2 、 h_1 、 h_2 中的某项为零或为负值。对于圆柱,表中 $b \times h$ 一栏改用在圆柱直径数字前加 d 表示。为表达简单,圆柱截面与轴线的关系也用 b_1 、 b_2 和 h_1 、 h_2 表示,并使 $b = b_1 + b_2$ 和 $h = h_1 + h_2$ 。

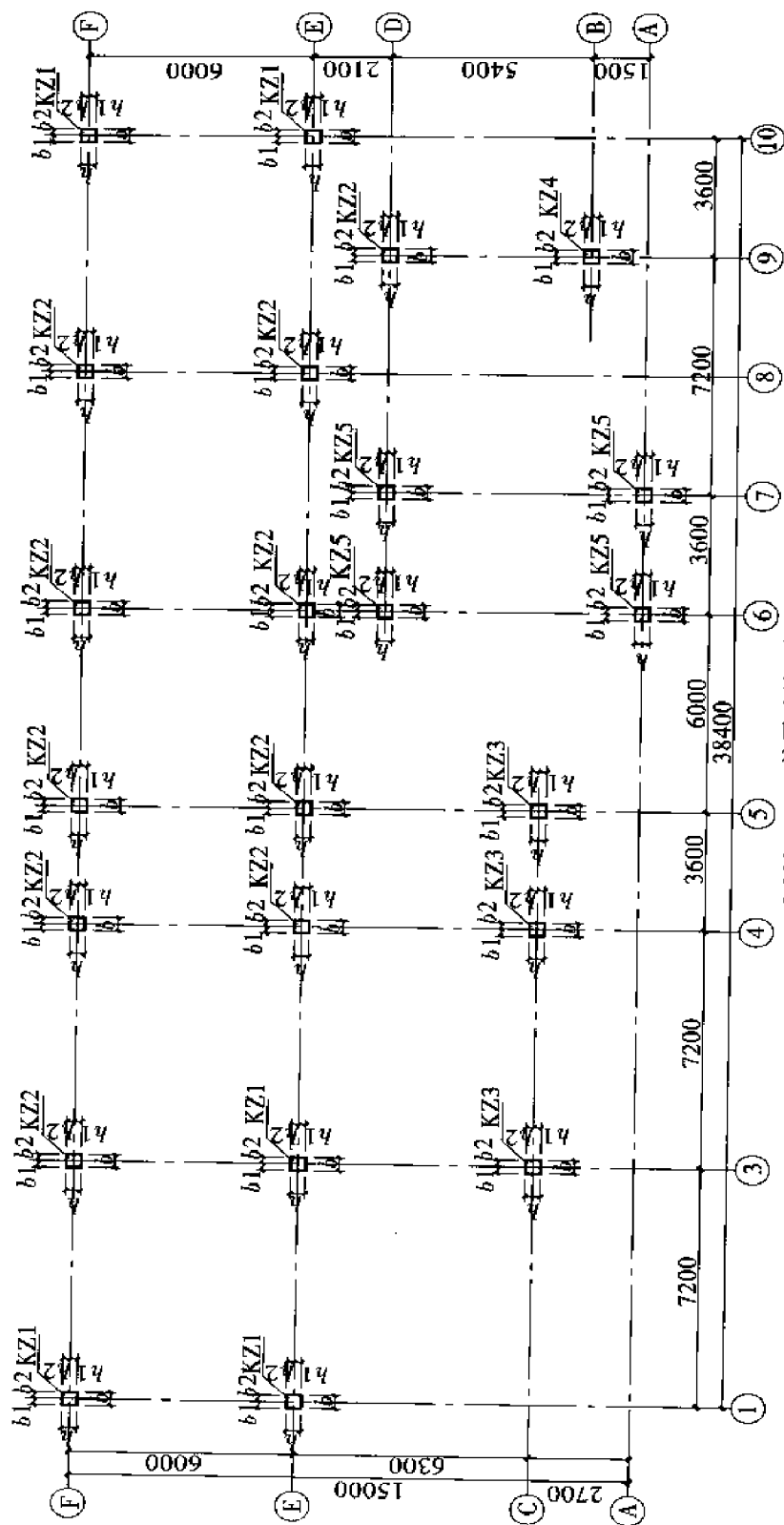
(4)注写柱纵筋。当柱纵筋直径相同,各边根数也相同(包括矩形柱和圆柱)时,将纵筋注写在“全部纵筋”一栏中;除此之外,柱纵筋分角筋、截面 b 边中部筋和 h 边中部筋三项分别注写(对于采用对称配筋的矩形截面柱,可仅注写一侧中部筋,对称边省略不注)。

(5)注写箍筋类型号及箍筋肢数,在箍筋类型栏内按03G101-1图集中第2.2.3条规定绘制的柱截面形状及其箍筋类型号注写。

(6)注写柱箍筋,包括钢筋级别、直径与间距。当为抗震设计时,用斜线“/”区分柱端箍筋加密区与柱身非加密区长度范围内箍筋的不同间距。施工人员根据标准构造详图的规定,在规定的几种长度值中取最大者作为加密区长度。当箍筋沿柱全高为一种间距时,则不使用“/”线。当圆柱采用螺旋箍筋时,需在箍筋前加“L”。当为非抗震设计时,在柱纵筋搭接长度范围内的箍筋加密,应由设计者另行注明。

15.6.2.2 截面注写方式

截面注写方式,系在分标准层绘制的柱平面布置图的柱截面上,分别在同一编号的柱中选择一个截面,以直接注写截面尺寸和配筋具体数值的方式来表达柱平法施工图,如图15.13所示。

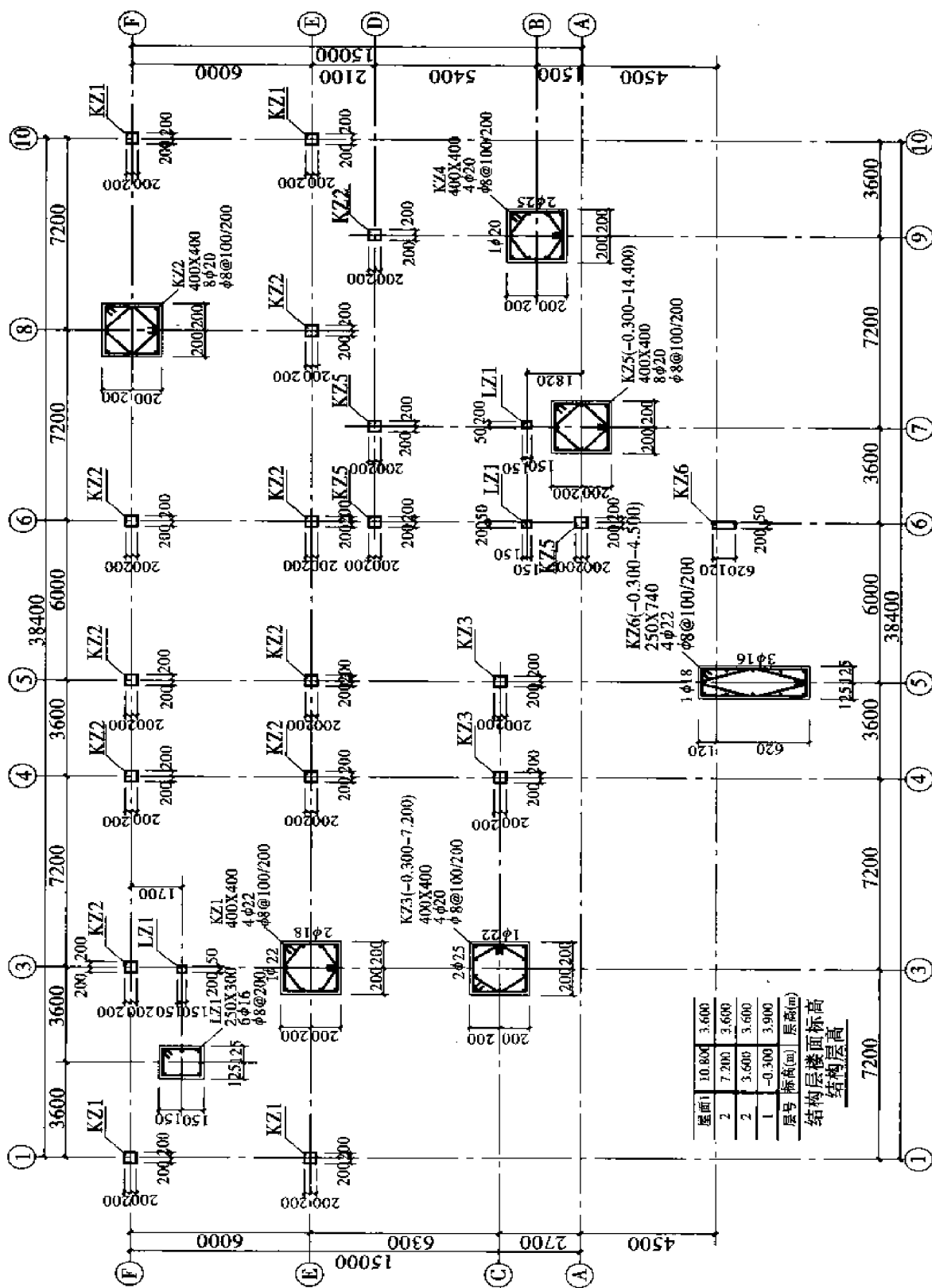


层号	标高(m)	层高(m)
2	10.800	3.600
2	7.200	3.600
2	3.600	3.600
1	-0.300	3.900
层号	标高(m)	层高(m)

结构层楼面标高
结构层高

柱号	截面尺寸(mm)	截面类型	截面类型	截面类型	截面类型	截面类型	截面类型	备注
KZ1	-0.300~10.800	400X400	200	200	200	200	4φ22	3
KZ2	-0.300~10.800	400X400	200	200	200	200	4φ22	3
KZ3	-0.300~7.200	400X400	200	200	200	200	4φ20	3
KZ4	-0.300~10.800	400X400	200	200	200	200	4φ20	3
KZ5	-0.300~14.400	400X400	200	200	200	200	4φ20	3

图15.12 柱平法施工图(列表注写方式)



-0.300~10.800柱平法施工图 1:100

图15.13 柱平法施工图(截面注写方式)



从相同编号的柱中选择一个截面,按另一种比例原位放大绘制柱截面配筋图,并在配筋图上注写柱编号、截面尺寸 $b \times h$ 、角筋或全部纵筋(当纵筋采用一种直径且能够图示清楚时)、箍筋的级别、直径以及加密区与非加密区的间距。同时,在柱截面配筋图上还应标注柱截面与轴线关系。在截面注写方式中,如柱的分段截面尺寸和配筋均相同,仅分段截面与轴线的关系不同时,可将其编为同一柱号,但此时应在未画配筋的柱截面上注写柱截面与轴线关系的具体尺寸。其他表示方法与列表方式相同。

15.6.3 梁平法施工图制图规则

梁平法施工图是在梁平面布置图上,采用平面注写方式或截面注写方式表达梁的配筋图,施工人员依据平法施工图及相应的标准构造详图进行施工,故称之为梁平法施工图。

首先,按适当比例绘制梁平面布置图,分别按照梁的不同结构层(标准层),将全部梁和与其相关联的柱、墙绘制在该图上,并按规定注明各结构层的顶面标高及相应的结构层号。对轴线未居中的梁,应标注其偏心定位尺寸(贴柱边的梁可不注)。然后,采用平面注写方式或截面注写方式表达梁的截面尺寸及配筋。

15.6.3.1 平面注写方式

平面注写方式,系在梁平面布置图上,分别在不同编号的梁中各选一根梁,在其上注写截面尺寸和配筋具体数值的方式来表达梁平法施工图。

平面注写包括集中标注和原位标注。集中标注表达梁的通用数值,原位标注表达梁的特殊数值,如图 15.14 所示。当集中标注的某项数值不适用于梁的某部位时,则将该项数值原位标注,施工时原位标注取值优先。

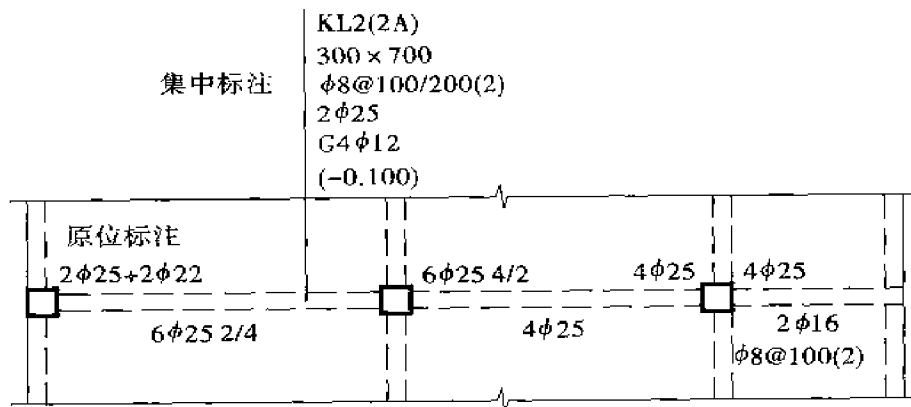


图 15.14 梁平面注写方式示例

(1) 梁集中标注的内容 有五项必注值及一项选注值(集中标注可以从梁的任意一跨引出),规定如下。

1) 梁编号 该项为必注值。梁编号由梁类型代号、序号、跨数及有无悬挑代号几项组成,见表 15.5。



2) 梁截面尺寸 该项为必注值。当为等截面梁时,用 $b \times h$ 表示;当为加腋梁时,用 $b \times h \text{ Y } c_1 \times c_2$ 表示,其中 c_1 为腋长, c_2 为腋高,如图 15.15 所示;当有悬挑梁且根部与端部的高度不同时,用斜线分隔根部与端部的高度值,即为 $b \times h_1/h_2$,如图 15.16 所示。

表 15.5 梁编号

梁类型	代号	序号	跨数及是否带有悬挑	备注
楼层框架梁	KL	× ×	(× ×)、(× × A) 或(× × B)	(× × A)为一端有悬挑,(× × B)为两端有悬挑,悬挑不计入跨数
屋面框架梁	WKL			
框支梁	KZL			
非框架梁	L			
井字梁	JZL			
悬挑梁	XL			

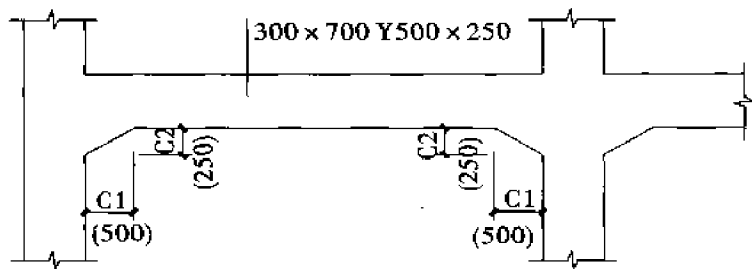


图 15.15 加腋梁截面尺寸注写示意

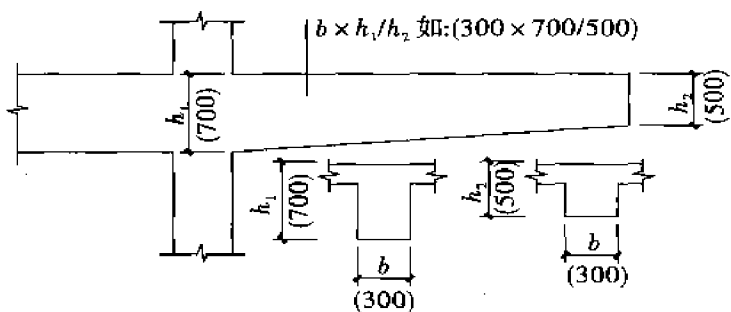


图 15.16 悬挑梁不等高截面尺寸注写示意

3) 梁箍筋 包括钢筋级别、直径、加密区与非加密区间距及肢数,该项为必注值。箍筋加密区与非加密区的不同间距及肢数需用斜线(/)分隔;当梁箍筋为同一种间距及肢数时,则不需用斜线;当加密区与非加密区的箍筋肢数相同时,则将肢数注写一次;箍筋肢数应写在括号内。加密区范围见相应抗震级别的标准构造详图。



如 $\phi 10@100/200(4)$, 表示箍筋为 HPB235 级钢筋, 直径为 10 mm, 加密区间距为 100 mm, 非加密区间距为 200 mm, 均为四肢箍。

再如 $\phi 8@100(4)/150(2)$, 表示箍筋为 HPB235 级钢筋, 直径为 8 mm, 加密区间距为 100 mm, 四肢箍; 非加密区间距为 150 mm, 两肢箍。

当抗震结构中的非框架梁、悬挑梁、井字梁及非抗震结构中的各类梁采用不同的箍筋间距及肢数时, 也用斜线(/) 将其分隔开来。注写时, 先注写梁支座端部的箍筋(包括箍筋的箍数、钢筋级别、直径、间距与肢数), 在斜线后注写梁跨中部分的箍筋间距及肢数。

如 $18\phi 12@150(4)/200(2)$, 表示箍筋为 HPB235 级钢筋, 直径为 12 mm, 梁的两端各有 18 个四肢箍, 间距为 150 mm, 梁跨中部分间距为 200 mm, 两肢箍。

4) 梁上部通长筋或架立筋根数 该项为必注值。所注根数应根据结构受力要求及箍筋肢数等构造要求而定。当同排纵筋中既有通长筋又有架立筋时, 应用加号(+) 将通长筋和架立筋相连。注写时须将角部纵筋写在加号的前面, 架立筋写在加号后面的括号内, 以表示不同直径及与通长筋的区别。当全部采用架立筋时, 则将其写入括号内。

如 $2\Phi 22$ 用于双肢箍; $2\Phi 22+(4\phi 12)$ 用于六肢箍, 其中 $2\Phi 22$ 为通长筋, $4\phi 22$ 为架立筋。

当梁的上部纵筋和下部纵筋均为通长筋, 且多数跨配筋相同时, 此项可加注下部纵筋的配筋值, 用分号(;) 将上部与下部纵筋的配筋值分隔开来。

如 $3\Phi 22; 3\Phi 20$ 表示梁的上部配置 $3\Phi 22$ 的通长筋, 梁的下部配置 $3\Phi 20$ 的通长筋。

5) 梁侧面纵向构造钢筋或受扭钢筋配置 此项为必注值。

当梁腹板高 ≥ 450 mm 时, 须配置纵向构造钢筋, 所注规格与根数应符合规范规定。此项注写值以大写字母 G 开头, 接着注写设置在梁两个侧面的总配筋值, 且对称配置。

如 $G4\phi 12$, 表示梁的两个侧面共配置 $4\phi 12$ 的纵向构造钢筋, 每侧各配置 $2\phi 12$ 。

当梁侧面需配置受扭纵向钢筋时, 此项注写值以大写字母 N 开头, 接着注写配置在梁两个侧面的总配筋值, 且对称配置。受扭纵向钢筋应满足梁侧面纵向构造钢筋的间距要求, 且不再重复配置纵向构造钢筋。

如 $N6\Phi 22$, 表示梁的两个侧面共配置 $6\Phi 22$ 的受扭纵向钢筋, 每侧各配置 $3\Phi 22$ 。

6) 梁顶面标高高差 该项为选注值。梁顶面标高高差, 系指相对于结构层楼面标高的高差值, 对于位于结构夹层的梁, 则指相对于结构夹层楼面标高的高差。有高差时, 须将其写入括号内, 无高差时不注。当某梁的顶面高于所在结构层的楼面标高时, 其标高高差为正值, 反之为负值。

(2) 梁原位标注的内容 规定如下。

1) 梁支座上部纵筋 该部位含通长筋在内的所有纵筋。

当上部纵筋多于一排时, 用斜线(/) 将各排纵筋自上而下分开。

如梁支座上部纵筋注写为 $6\Phi 25 4/2$, 则表示上一排纵筋为 $4\Phi 25$, 下一排纵筋为 $2\Phi 25$ 。

当同排纵筋有两种直径时, 用加号(+) 将两种直径的纵筋相连, 注写时将角部纵筋写在前面。



如梁支座上部有四根纵筋, $2\Phi 25$ 放在角部, $2\Phi 22$ 放在中部, 在梁支座上部应注写为 $2\Phi 25 + \Phi 22$ 。

当梁中间支座两边的上部纵筋不同时, 须在支座两边分别标注; 当梁中间支座两边的上部纵筋相同时, 可仅在支座的一边标注配筋值, 另一边省去不注, 见图 15.17。

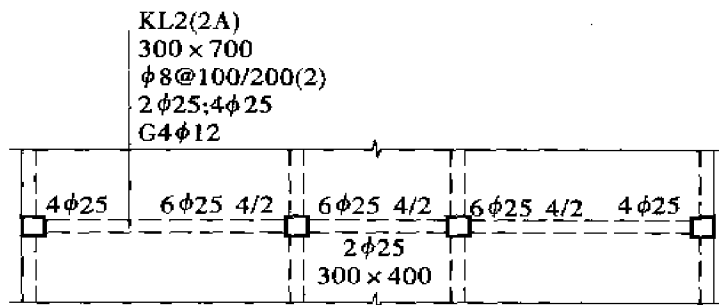


图 15.17 大小跨梁的注写方式

2) 梁下部纵筋 当下部纵筋多于--排时, 用斜线(/)将各排纵筋自上而下分开。

如梁下部纵筋注写为 $6\Phi 25$ 2/4, 则表示上一排纵筋为 $2\Phi 25$, 下一排纵筋为 $4\Phi 25$, 全部伸入支座。

当同排纵筋有两种直径时, 用加号(+)将两种直径的纵筋相连, 注写时角筋写在前面。

当梁下部纵筋不全部伸入支座时, 将梁支座下部纵筋减少的数量写在括号内。

如梁下部纵筋注写为 $6\Phi 25$ 2(-2)/4, 则表示上排纵筋为 $2\Phi 25$, 且不伸入支座; 下一排纵筋为 $4\Phi 25$, 全部伸入支座。

当梁的集中标注中已按规定分别注写了梁上部 and 下部均为通长的纵筋值时, 则不需在梁下部重复做原位标注。

3) 附加箍筋或吊筋 将其直接画在平面图中的主梁上, 用线引注总配筋值(附加箍筋的肢数注在括号内), 见图 15.18, 当多数附加箍筋或吊筋相同时, 可在梁平法施工图上统一注明, 少数与统一注明值不同时再原位引注。

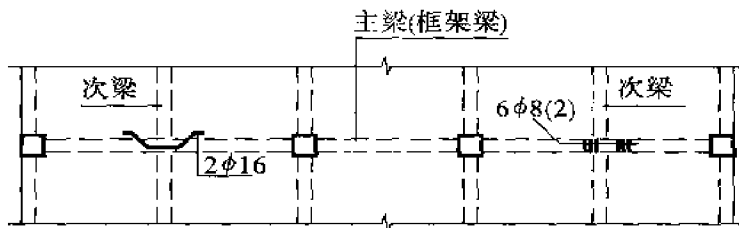


图 15.18 附加箍筋和吊筋的画法示例

施工时应注意: 附加箍筋或吊筋的几何尺寸应按照标准构造详图, 结合其所在位置的主梁和次梁的截面尺寸而定。

图 15.19 为采用平面注写方式表示的梁平法施工图。



15.6.3.2 截面注写方式

截面注写方式,系在分标准层绘制的梁平面布置图上,分别在不同编号的梁中各选择一根梁用剖面号引出配筋图,并在其上注写截面尺寸和配筋具体数值的方式来表达梁平法施工图。

截面注写方式与平面注写方式一样,要对所有梁编号,从相同编号的梁中选择一根梁,先将“单边截面号”画在该梁上,再将截面配筋详图画在本图或其他图上。当某梁的顶面标高与结构层的楼面标高不同时,应继其梁编号后注写梁顶面标高高差(注写规定与平面注写方式相同)。

在截面配筋详图上注写截面尺寸 $b \times h$ 、上部筋、下部筋、侧面筋和箍筋的具体数值时,其表达形式与平面注写方式相同。截面注写方式既可以单独使用,也可与平面注写方式结合使用。

15.7 钢结构图

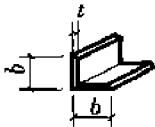

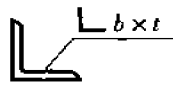
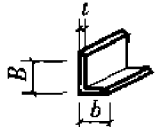

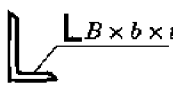


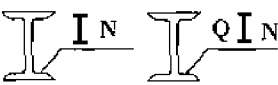
钢结构是用钢板、型钢、圆钢或薄壁型钢,通过焊接、铆接、螺栓连接等方式组合而成的结构。

钢材是一种高强塑性材料,因此钢结构是一种较好的承重结构,主要适用于大跨度房屋、重型工业厂房、高层建筑和高耸结构等。

15.7.1 常用型钢的类别及其标注方法

常用型钢的类别及其标注方法见表 15.6。

表 15.6 型钢表

名称	立体图	截面	标注方法	说明
等边角钢				b 为板宽 t 为肢厚
不等边角钢				B 为长肢宽 b 为短肢宽 t 为肢厚
T 字钢				轻型工字钢符号前加注“Q”, N 为工字钢的型号



续表 15.6

名称	立体图	截面	标注方法	说明
槽 钢				轻型槽钢符号前加注“Q”， N 为槽钢的型号
扁 钢				
钢 板				

15.7.2 钢结构的连接

钢结构常用的连接方式有三种：螺栓连接、铆接和焊接，见图 15.20。

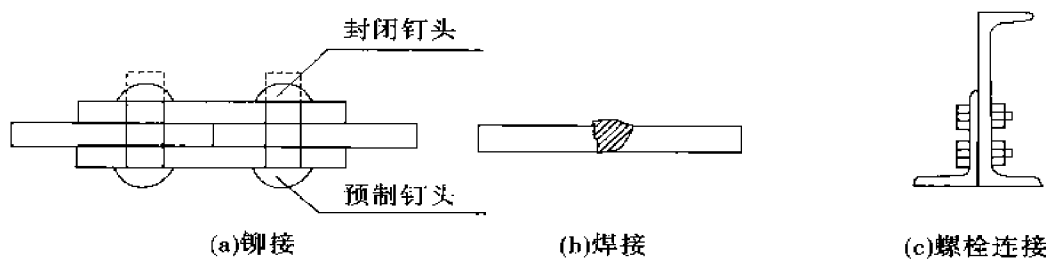


图 15.20 钢结构的连接方法

15.7.2.1 螺栓连接

螺栓连接在钢结构中应用较广，它是一种可拆卸的连接，是用螺栓、螺母、垫圈连接而成。先在被连接件上钻孔，然后穿进螺栓，套上垫圈，最后拧紧螺母，被连接件就被连接起来。根据螺栓的不同，螺栓连接可分为粗制螺栓连接、精制螺栓连接和高强螺栓连接，其图例见图 15.21。

在该图例中细“+”线表示螺栓（或孔及铆钉）的定位线，有关螺栓、孔、铆钉的直径等要求在设计图中具体注明。

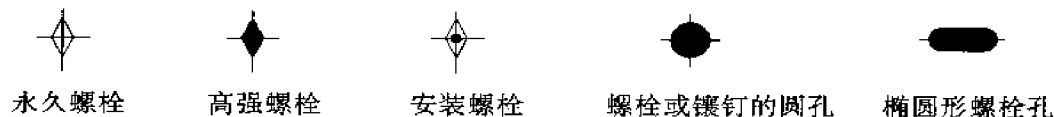


图 15.21 螺栓连接图例



15.7.2.2 铆接

铆接是一种不可拆卸的连接。它是将一端带有预制钉头的铆钉插入被连接构件的钉孔中,利用铆钉枪或压铆机将另一端压为封闭钉头而成。铆钉连接因既费钢又费工,现已很少采用。

15.7.2.3 焊接

焊接是钢结构中最主要的连接方式。它是在型钢的被连接部位加热,使其和焊条同时熔化,冷却后成为一体。这也是一种不可拆卸的连接。

(1) 焊接形式 由于设计时对连接有不同的要求,因此有三种不同的焊缝形式:对接、搭接、丁字连接,如图 15.22 所示。



图 15.22 焊接的连接形式

(2) 焊缝代号 在焊接钢结构图中应注明焊缝的位置、形式和尺寸,按国标规定,用焊缝代号来表示。焊缝代号主要由焊缝的基本符号、辅助符号和引出线等组成,如图 15.23 所示。焊缝的基本符号表示焊缝横断面的基本形式,辅助符号表示对焊缝的辅助要求,引出线指明焊缝具体位置。

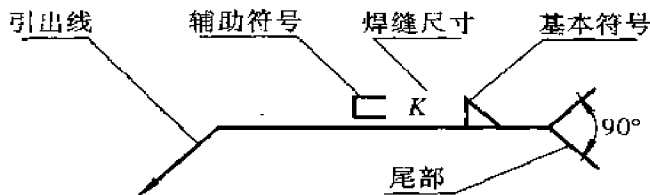


图 15.23 焊缝代号

国标对焊缝的基本符号及焊缝的辅助符号均作了具体规定,表 15.7 是其中一部分常用的。由表中可知,图 15.23 所示焊缝代号的内容为:基本符号表示焊缝为贴角焊缝,焊缝尺寸 K 表示焊缝的高度,辅助符号表示焊接为三面焊缝。

(3) 焊缝标注 钢结构的焊缝除应按焊接代号标注外,还应遵守以下规定标注。

1) 单面焊缝标注 一般有两种形式。当箭头指向在焊缝所在一面时,应将图形符号和尺寸标注在横线的上方,如图 15.24(a) 所示;当箭头指在焊缝所在的另一面时,应将图形符号和尺寸标注在横线的下方,如图 15.24(b) 所示。

2) 双面焊缝标注 应在引出槽线的上下方都标注符号和尺寸,上方表示箭头一面的符号和尺寸,下方表示另一面的符号和尺寸;当双面焊缝的各部尺寸相同时,其尺寸一般只注在引出横线的上面,如图 15.25 所示。



表 15.7 焊缝符号

基本符号			辅助符号			
焊缝名称	焊缝形式	符号	名称	形式		说明
I 型焊缝			平面符号		—	表示焊缝表面平齐
II 型焊缝		∨	三面焊缝符号			要求三面焊缝,符号的开口方向与实际焊缝开口方向基本一致
角焊缝		△	周围焊缝符号		○	表示环绕工件周围的焊缝
塞焊缝		┐	现场焊缝符号			表示在现场或工地上进行焊接
封底焊缝		⌒				

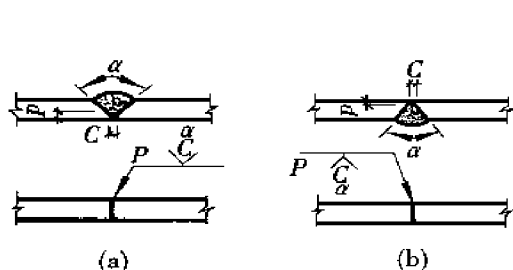


图 15.24 单面焊缝标注方法

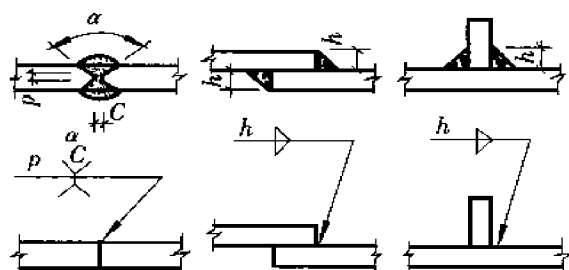


图 15.25 双面焊缝标注

3) 带坡口焊件的焊缝 当只有一个焊件带坡口时,箭头必须指向带坡口的焊件,如图 15.26(a) 所示;当两个焊件都带坡口,并为不对称时,箭头必须指向坡口较大的焊件,如图 15.26(b) 所示。

4) 三个和三个以上的焊件相焊接 不得采取双面焊缝的标注方法,应分别标注其尺寸和符号,如图 15.27 所示。

5) 其他 在同一图形上,当焊缝形式、剖面尺寸和辅助要求均相同时,可只选择一处标注代号,并加注“相同焊缝符号”,如 或 。

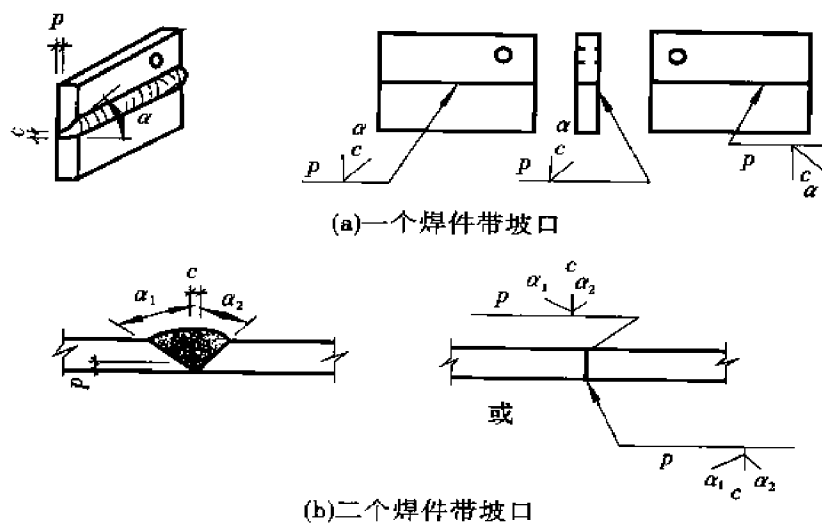


图 15.26 带坡口焊件的焊缝

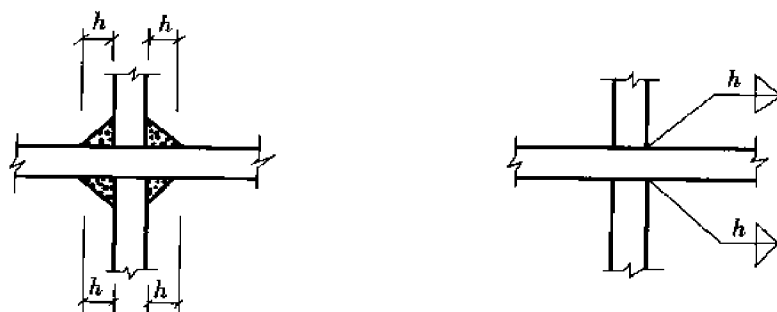


图 15.27 三个以上焊缝的标注方法

15.7.3 钢屋架结构详图

钢屋架结构详图是主要表示钢屋架的形式、大小、型钢的规格、杆件的组合和连接情况的图样。其主要内容包括屋架简图、屋架详图、零件图和材料表等。为介绍方便,首先将屋架各部分名称作一介绍(以一芬克式屋架为例),见图 15.28。

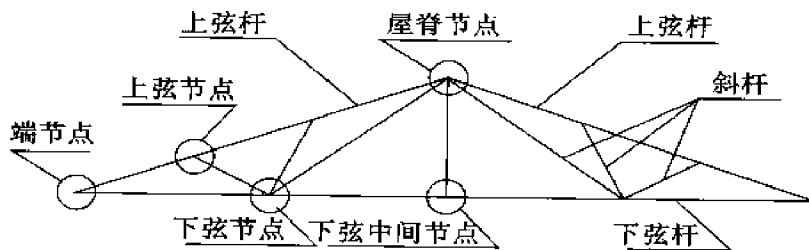


图 15.28 屋架各部名称



下面我们从标准设计图集中选择一个 9 m 跨度的芬克式钢屋架 GWJ9 - A、C 的详图来介绍钢屋架结构详图的图示内容及表示方法。GWJ9 - A、C 详图的代号含义为:

GWJ——钢屋架;

9——跨度 9 m;

A、C——屋架支撑设置形式代号,共分 A、B、C、D、E、F 6 种;

GWJ9 - A、C——分别代表两种支撑形式的屋架,见图 15.29。

15.7.3.1 屋架简图

屋架简图是用单线条画出的屋架图,主要表示屋架的形式及杆件内力。屋架左半边杆件上标注的数字是各杆件长度,右半边标注的是各杆件的内力系数。简图中还标注了屋架的高度和跨度以及屋架坡度(用直角三角形表示)。屋架简图一般用较小的比例如 1:100 或 1:200 画在图的左上角。

15.7.3.2 屋架详图

(1) 详图的组成 屋架详图用较大比例画出,包括:

1) 立面图 表示屋架形式以及各杆件和零件的位置、形状及其连接情况。由于屋架左右对称,所以只画出了半个略多一点,并在中心线上方画出对称符号。

2) 辅助投影图 即屋架上方正对着上弦屋架的图,主要表示上弦杆的实形及其杆上零件。

3) 平面图 在屋架立面图的下方,是拆去了屋架的上弦杆和腹杆后画出的水平投影图,主要表示屋架下弦杆件及其杆上零件。

4) 侧面图 是拆去了对称面以右的上弦杆、下弦杆及腹杆后画出的图,主要表示竖杆与上下弦杆的连接情况以及垫板位置。

5) 上弦塞焊示意图 主要表明上弦杆与节点板连接的详细尺寸。

6) 端节点详图 因为端节点较复杂,故放大比例画出,以便表示清楚。

(2) 各零件的作用 图中上下弦及腹杆间均有许多垫板,由于每个杆件都是由双角钢组成,为了保证其整体工作,在一定的距离内设一块垫板,见图上的⑮、⑯。上弦设置的角钢⑨是用来固定檩条的。上弦端节点处设有两个角钢⑧是固定屋架间的支撑用的。每个节点处都设有节点板,是为了各杆件的连接,其大小和形状根据杆端连接所需的焊缝长度而定。中间竖杆是由两个角钢组成十字形截面,即十,因此垫板也应两个方向间隔放置,其余各杆均为两个角钢 T 形组合,故垫板只是一个方向放置。

15.7.3.3 尺寸标注

一般节点板的尺寸均应在立面图中标注,还要标注节点处杆件距轴线交汇点的距离;屋架各节点间的距离、各杆件的形状及其他零件的定型尺寸均由材料表及零件图表示。

15.7.3.4 比例

由于钢结构的构件较细长,为了表达清楚,在画详图时,杆件的轴向和节点处用的是两个比例,轴向比例较小,而节点处比例较大,实际上是把杆件画粗了。

第 16 章 给水排水施工图

16.1 概述

一套完整的施工图,根据其专业内容的不同,一般分为建筑施工图、结构施工图和设备施工图三大部分。根据建筑物功能的要求,按照建筑设备工程的基本原则和相关标准规范进行设计,然后根据设计结果绘制成图样,以反映设备系统布置形式、材料选用、连接方式、细部构造及其他技术参数,并指导设备系统安装施工,这种图样称为设备施工图。设备施工图包括给水排水施工图、采暖通风施工图、电气施工图等。

给水排水工程包括给水工程和排水工程两方面。给水工程是指水源取水、水质净化、净水输送、配水使用等工程;排水工程是指污水排除、污水处理、污水排放等工程。给水排水工程都是由各种管道及其配件和水处理设备、构件组成。给水排水施工图包括室内给水排水施工图和室外给水排水施工图两部分。绘制给水排水施工图应遵守《给水排水制图标准》(GB/T 50106—2001)中的有关规定。

16.1.1 给水排水施工图的内容

(1)设计总说明 用文字的形式表达给水排水施工图中不易用图样表达的内容,如设计数据、引用的标准图集、使用的材料器件列表、施工要求以及其他技术参数等。

(2)给水排水平面图 表示给水排水系统的平面布置方式,其与建筑、结构的平面关系,以及平面上的连接形式等。平面图一般是在建筑平面图的基础上绘制的。

(3)给水排水系统图 表示给水排水系统的空间关系或者器件的连接关系。系统图与平面图相结合能很好地反映系统的全貌和工作原理。

(4)详图 表示给水排水系统中某一部位具体安装细节或安装要求的图样,通常采用已有的标准图集。

16.1.2 给水排水施工图的特点

(1)给水排水施工图和建筑施工图、结构施工图有着密切的联系。在设计过程中,必须注意与其他工种的紧密配合和协调一致,使建筑物的各项功能得到充分发挥。

(2)给水排水施工图一般采用规定的图例符号表示各种设备、器件、管网、线路等。这些图例符号一般不反映实物的原形,在制图、识图前应了解各种图例符号所代表的实物。

(3)给水排水施工图中用系统图等图样表示给水排水系统的全貌和工作原理。

(4)给水排水施工图中往往采用通用标准图集上的内容来表达某些构件的构造和



做法。

(5) 给水排水施工图中,许多安装、使用、维修等方面的技术不要求在图样中表达,只需在图样中说明参照某一标准执行即可。

16.2 室内给水排水施工图

室内给水排水施工图是表示建筑物内各卫生器具、设备、管道及其附件的类型和大小以及它们在建筑物内的位置及安装方式的图样,主要包括室内给水排水平面图、给水排水系统图、安装详图、图例及施工说明。

16.2.1 室内给水排水平面图

16.2.1.1 图示内容

室内给水排水平面图用于表示建筑物内给水排水管道及设备的平面布置。一般情况下,室内给水管道和室内排水管道平面图可合画在一起,也可以分开绘制。图 16.1 和图 16.2 是合画在一起的。

室内给水排水平面图主要包括以下内容。

- (1) 室内卫生设备的类型、数量以及平面位置。
- (2) 室内给水系统和排水系统中各个干管、立管、支管等的平面位置、走向、立管编号和管道的安装方式(明装或暗装)。
- (3) 管道器材设备如阀门、消火栓、地漏、清扫口等的平面位置。
- (4) 给水引水管、水表节点和污水排出管、检查井等的平面位置、走向以及与给水排水管网的连接。
- (5) 管道及设备安装、预留洞的位置、预埋件、管沟等方面对土建的要求。

16.2.1.2 图示说明

(1) 图例及文字说明 为了便于阅读图纸,施工图中应附上各种管道、管道附件及卫生设备等的图例,并对施工要求、有关材料等情况用文字加以说明。

(2) 比例 给水排水平面图的比例,可与房屋建筑平面图相同,一般为 1:100。根据需要也可用更大的比例如 1:50 等,或较小的比例如 1:200 等。

(3) 给水排水平面图的数量 给水排水平面图原则上应分层绘制。若楼层平面给水排水房间和卫生设备及管道布置完全相同时,可只画出一个平面图。底层给水排水平面图中的室内管道须与户外管道相连,所以必须单独绘制,如图 16.1 所示。

(4) 卫生器具平面图 常用的卫生器具如洗脸盆、大便器、淋浴器等是定型产品,不必详细画出其形体,可按表 16.1 的图例画出,施工时按《给水排水国家标准图集》来安装。所有的卫生器具图线都用细线(0.25b)绘制,也可用中粗线(0.5b),按比例画出其平面图形的轮廓,内轮廓则用细实线表示。

(5) 给水排水平面图 管道是平面布置图的主要内容,通常用各种线型来表示不同性质系统的管道。给水管、污水管、废水管、排水管、雨水管均用粗实线(b)表示,并在其上标有 J、W、F、P、Y 等。管道的立管用黑圆点(其直径约为 3b)表示。

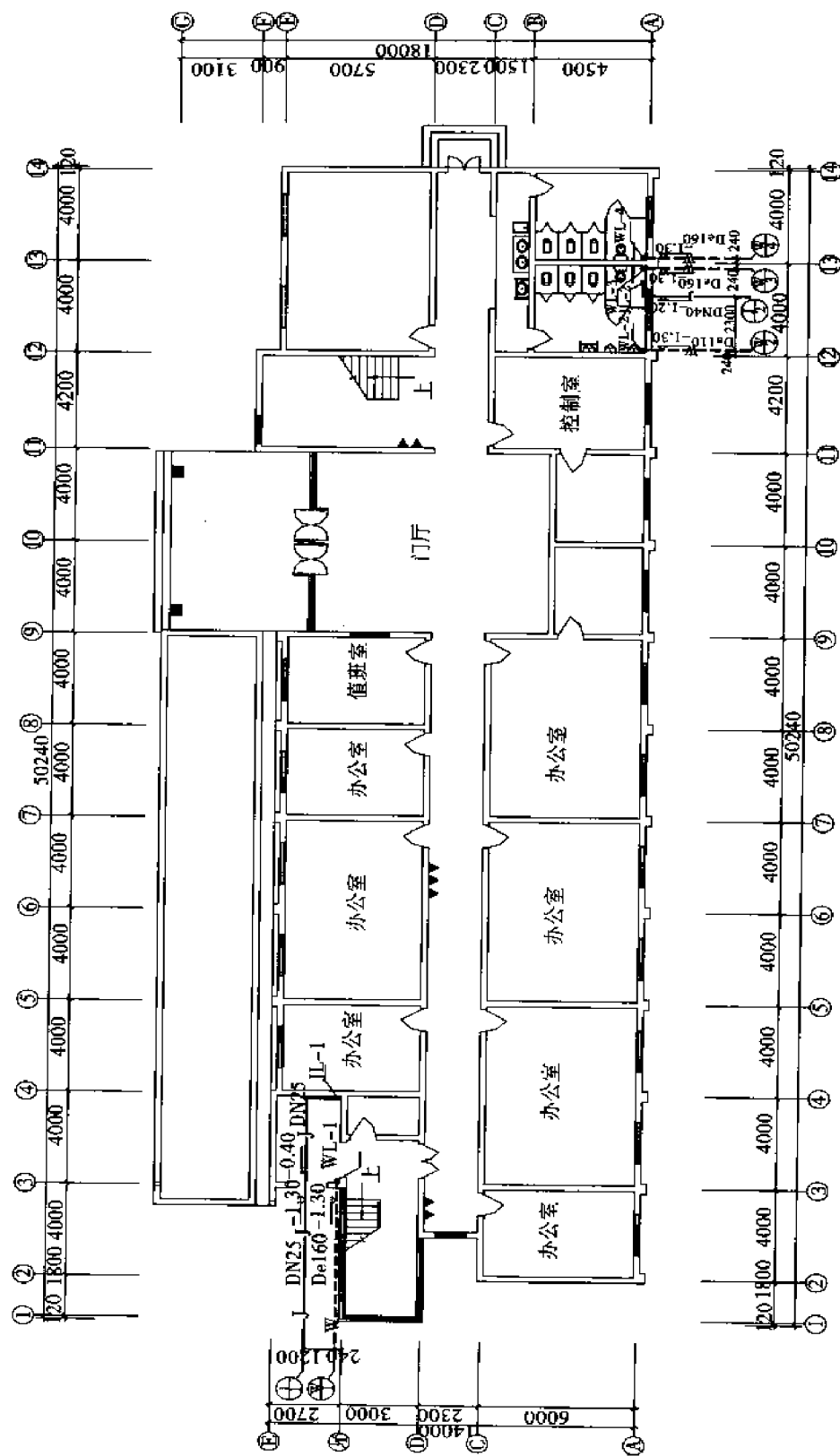


图16.1 一层给水排水平面图(比例:1:100)



表 16.1 给水排水施工图中的常用图例

名 称	图 例	说 明
给水管		
排水管		
雨水管		
检查井		
矩形化粪池		HC 为化粪池代号
立管		X 为管道类别代号
放水龙头		
淋浴器		
自动冲洗水箱		
水表井		
检查口		
清扫口		
通气帽		
存水弯		
圆形池漏		
截止阀		
闸阀		
污水池		最好按比例绘制
坐式大便器		最好按比例绘制
挂式小便器		最好按比例绘制
蹲式大便器		最好按比例绘制



续表 16.1

名 称	图 例	说 明
小便槽		最好按比例绘制
方沿浴盆		最好按比例绘制
洗脸盆		最好按比例绘制
雨水口		

各种管道在楼面(地面)之上或之下,均不考虑其可见性,仍按管道类别用规定的线型画出。当在同一平面布置有几根上下不同高度的管道时,可以画成平行排列,管道无论明装或暗装,平面图中的管线仅示意其安装位置,并不表示其具体平面定位尺寸。即使明装的管道也可画入墙线内,但要在施工说明中注明该管道系统是明装的。当给水管与排水管交叉时,应连续画出给水管,断开排水管。给水系统的引入管和污、废水管系统的排出管在底层给水排水平面图中画出。

(6)管道系统及立管的编号 室内给水排水管路系统的进出口数大于等于两个时,各种管路系统应分别予以编号。给水管可按每一室外引入管为一系统,污、废水管道以每一个承接排水管的检查井为一系统。系统索引符号如图 16.3 所示,用细线(0.25b)的单圆圈表示,圆圈直径以 12 mm 为宜;圆圈上部的文字代表管道系统的类别,以汉语拼音的第一个字母表示,如“J”代表给水系统,“W”代表污水系统,“F”代表废水系统,“P”代表排水系统;圆圈下部用阿拉伯数字顺序注写系统编号。图中有立管时,用指引线标上立管代号 XL,X 表示的是管道类别(如 J、W、F 或 P)代号;若一种系统的立管数在两个或两个以上时,应注出管道类别代号、立管代号及数字编号。如 JL-1 表示 1 号给水立管,JL-2 表示 2 号给水立管,如图 16.4 所示。

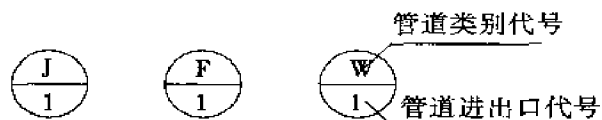


图 16.3 给排水进出口编号表示方法

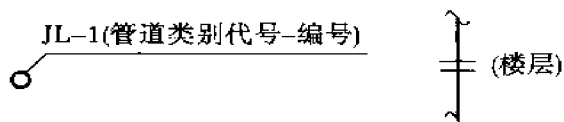


图 16.4 立管编号表示方法



(7) 尺寸和标高 室内给水排水平面图中只需标注轴线尺寸和各层楼(地)面标高。卫生器具和管道一般都是沿墙靠柱设置的,一般不标注定位尺寸。必要时,以墙面或柱面为基准标出。管道的长度以实测尺寸为依据,图中不标注管道长度。管道的管径、坡度和标高,一般在管道系统图中予以标注。

16.2.1.3 绘图步骤

- (1) 画出用水房间的平面图。
- (2) 画出卫生设备的平面布置。
- (3) 画出管道的平面布置。
- (4) 标注有关尺寸、标高、编号,注写有关的图例及文字说明等。

16.2.2 给水排水系统图

16.2.2.1 给水排水系统图的图示内容

室内给水排水施工图,除平面布置图外,还需要能反映管道空间布置情况的立体图,即管道轴测图,又称给水排水系统图。

给水排水系统图用于表示给水管道和排水管道系统之间的空间走向,各管段的管径、标高,排水管道的坡度,以及各种附件在管道上的位置。

16.2.2.2 图示说明

(1) 比例 一般采用与管道平面图相同的比例 1:100。局部管道按比例不易表示清楚时,该处可不按比例绘制。总之,视具体情况而定,以能表达清楚管路情况为基准。

(2) 轴测图 管道轴测图一般采用正面斜轴测图,即 OX 轴处于水平位置, OZ 轴垂直, OY 轴一般与水平线成 45° 的夹角。管道系统图的轴向要与管道平面图的轴向一致,即 OX 轴与管道平面图的水平方向一致, OZ 轴与管道平面图的水平方向垂直。

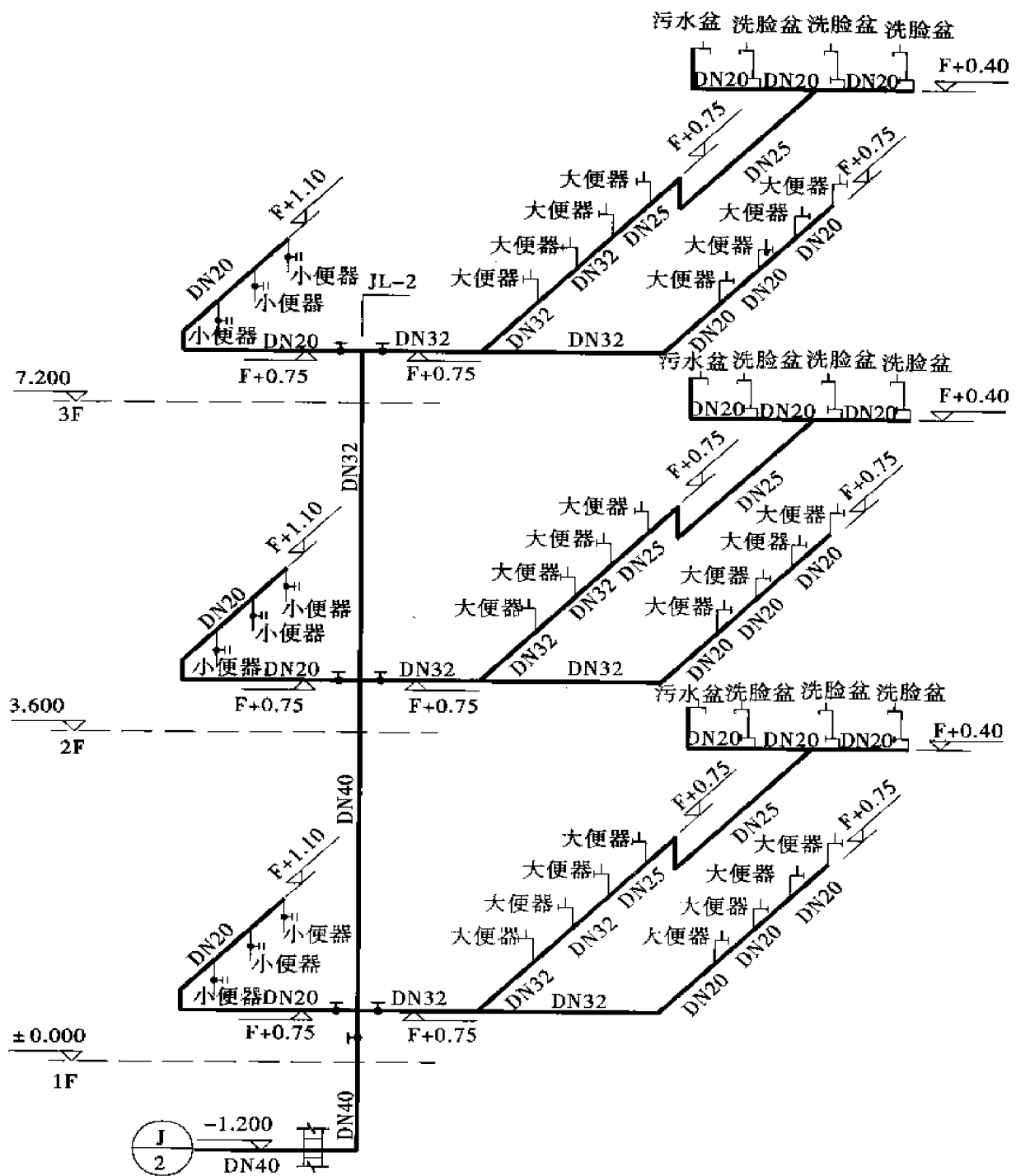
(3) 管道系统 不同的管道系统,按平面图上的编号分别绘制管道系统图。图 16.5、图 16.6 是根据图 16.1、图 16.2 所示的平面布置图画出的给水排水系统图。

管道的画法与管道平面图一样,用各种线型来表示各个系统。管道附件及附属构筑物也都用图例表示。当空间交叉的管道在图中相交时,应区分可见性,可见管道画成连续,不可见管道被遮挡的部分应断开。

(4) 管道的标注 管道系统中所有管段的直径、坡度和标高均应标注在管道系统图上。

管道直径可直接标注在该管段旁边或引出线上。管径尺寸应以毫米为单位。镀锌焊接钢管、不镀锌焊接钢管、铸铁管、聚丙烯管等应标注“公称直径”,在管径数字前加注代号“DN”,如 DN50 表示公称直径为 50 mm。混凝土管、钢筋混凝土管等管径以内径 d 表示,如 $d200$ 等。焊接钢管(直缝或螺旋缝电焊钢管)、无缝钢管等管径以外径 \times 壁厚表示(如 $D108 \times 4$ 等)。

排水横管的坡度可注在管段旁边或引出线上,在坡度数字前须加代号“ i ”,数字下边再以箭头表示坡向(指向下游),如 $i = \frac{0.05}{\rightarrow}$ 。当污、废水管的横管采用标准坡度时,在图中可省略不注,而在施工说明中写明即可。



给水系统图1:100

图 16.5 给水系统图

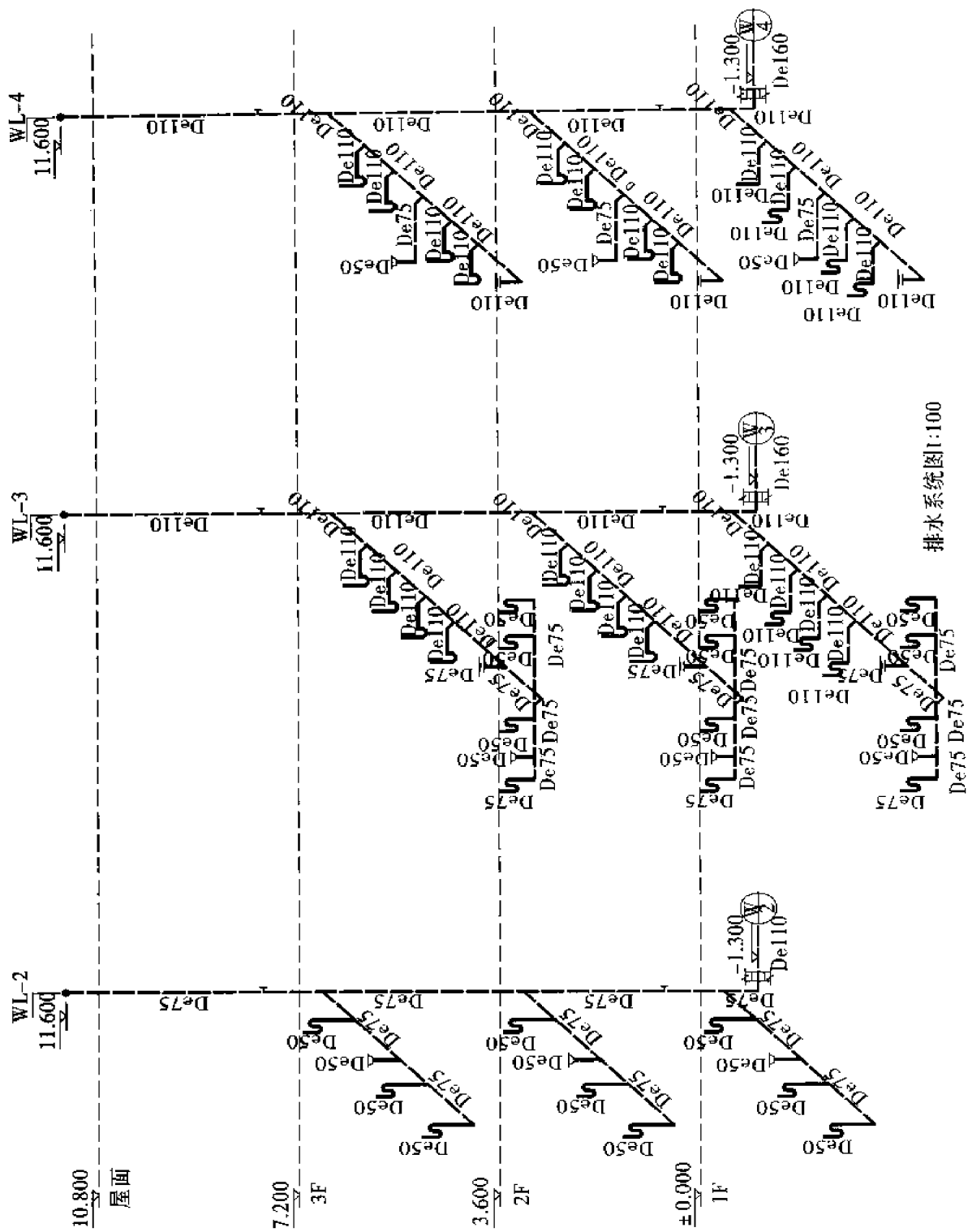


图16.6 排水系统图



管道系统图中标注的标高都是相对标高。在给水系统图中,标高以管中心为准,一般要求注出横管、阀门、放水龙头、水箱等各部位的标高。在污、废水系统图中,横管的标高以管底为准,一般只标注立管的管顶、检查口和排出管的起点标高。此外,管道系统图中还要标注室内(外)地面、各层楼面和屋面等的标高。

16.2.2.3 给水排水系统图的识读

识读给水排水系统图必须与给水平面图配合。在底层给水平面图中,可按系统索引符号找出相应的管道系统;在各楼层给水平面图中,可根据该系统的立管代号及位置找出相应的管道系统。

给水系统图一般从室外引入管开始识读,依次为:引入管—水平干管—立管—支管—卫生器具。如有水箱,则找出水箱的进水管,识读顺序为:水箱的进水管—水平干管—立管—支管—卫生器具。排水系统图则要按照卫生器具—连接管—横支管—立管—排出管—检查井的顺序进行识读。

16.2.2.4 绘图步骤

(1) 画出系统的立管,定出各层的楼(地)面线、屋面线。

(2) 画给水引入管和屋面水箱的管路,以及排水管系统中的污水排出管、窖井及立管上的检查口和通气帽等。

(3) 从立管上引出各横向的连接管段,并画出给水管道系统中的截止阀、放水龙头、连接支管、冲洗水箱等或排水管系中的承接支管、存水弯、地漏等。

(4) 画墙、梁等的位置。

(5) 注写各管段的公称直径、坡度、标高,注写有关的图例及文字说明等。

16.3 室外给水排水施工图

室外给水排水施工图主要表示建筑物室外给水排水管道的布置,与室内管道的引入管、排出管之间的连接,管道的敷设坡度、埋深和交接情况,以及检查井位置和深度等。室外给水排水施工图包括给水排水总平面图、管道纵剖面图、附属设备详图等。

16.3.1 室外给水排水总平面图

室外给水排水总平面图主要表明新建房屋周围的给水排水管网的平面布置图,一般包括:建筑总平面图的主要内容,地形及建筑物、道路等平面布置及标高情况,该区域内给水排水管道及设施的平面布置、规格、数量、标高、坡度、流向等。

16.3.1.1 室外给水排水总平面图的图示内容和特点

(1) 比例 室外给水排水总平面图主要以能表达清楚室外管道为基准,常用1:500~1:2000的比例,一般采用与建筑总平面图相同的比例。

(2) 建筑物及各种附属设施 各种建筑物、道路、围墙等均按建筑总平面图的图例绘制,用中粗线画出建筑物外轮廓,其余地貌、道路、围墙等用细线画出,绿化可不画。

(3) 管道 一般把各种管道合画在一张总平面图上。各种管道可用不同线型表示。各种管道和附属构筑物都按表16.1所列的图例绘制。附属构筑物都用细线(0.25b)



画出。

(4) 尺寸 各种管道的管径按管道系统图图示说明中的第(4)点所述方法标注,一般注在管道旁边,当地位有限时,可用引出线标出。

室外管道一般应标注绝对标高,当无绝对标高资料时,也可用相对标高标出。这些标高都标在引出线的上方,在引出线的下方标出各检查井的编号。如 Y-4 表示 4 号雨水井, W-1 表示 1 号污水井。检查井的编号顺序为从上游向下游,先干管后支管。

管道及附属构筑物的定位尺寸可以以附近房屋的外墙面为基准注出。复杂工程可以用标注建筑坐标来定位。

(5) 指北针或风玫瑰图 为了表示房间的朝向,在管道总平面图上应画出指北针或风玫瑰。

(6) 图例 在室外给水排水总平面图上,应列出该图所用的图例,以便于识读。

(7) 施工说明 施工说明一般有下列几项内容:标高、尺寸、管径的单位;与室内地面标高 ± 0.000 相当的绝对标高值;管道的设置方式(明装、暗装);各种管道的材料及防腐、防冻措施;卫生器具的规格,冲洗水箱的容积;检查井的尺寸;所套用的标准图的图号;安装质量的验收标准;其他施工要求等。

16.3.1.2 室外给水排水总平面图示例

图 16.7 是某厂区的室外给水排水总平面图。

16.3.2 管道纵剖面图

管道纵剖面图主要表明管道的埋置深度、坡度及管道的竖向空间关系等。

(1) 比例 管道的长度方向比其直径方向大得多,为了说明地面起伏情况,通常在纵剖面图中采用横竖两种不同的比例。

(2) 管道、检查井/地层的纵剖面图 在管道剖面图的下方用表格分项列出该干管的各项设计数据,如干管的直径、坡度、埋设深度,设计地面标高,自然地面标高,管底标高,检查井编号,检查井间距等。此外,还常在最下方画出管道平面示意图,以便与剖面图对应。

(3) 图线 在管道纵剖面图中,通常将管道画成粗实线,压力管(如给水管)以单粗实线表示,重力管(如排水管、雨水管)以双粗实线表示,检查井、地面和钻井等剖面画成中实线,其他分格线、标注线等则采用细实线。

(4) 其他 为了显示土层的构造情况,在纵剖面图上还应绘出有代表性的钻井位置和土层的构造剖面。

16.4 管网配件及其安装详图

室内给水排水平面图、给水排水系统图和室外给水排水总平面图等,只表示了管道的连接情况、走向和配件的位置。这些图样比例较小,配件的详细构造和安装等情况表达不清楚。为了便于施工,需用较大比例画出配件及其安装详图。

常用的配件如果采用的是标准图集上的图,不必另行绘制,只需在施工图中注明所套



用的详图编号即可。

详图一般采用较大的比例,以能表达清楚或按施工要求确定。详图必须画得详尽、具体、明确,尺寸注写充分,材料、规格清楚。

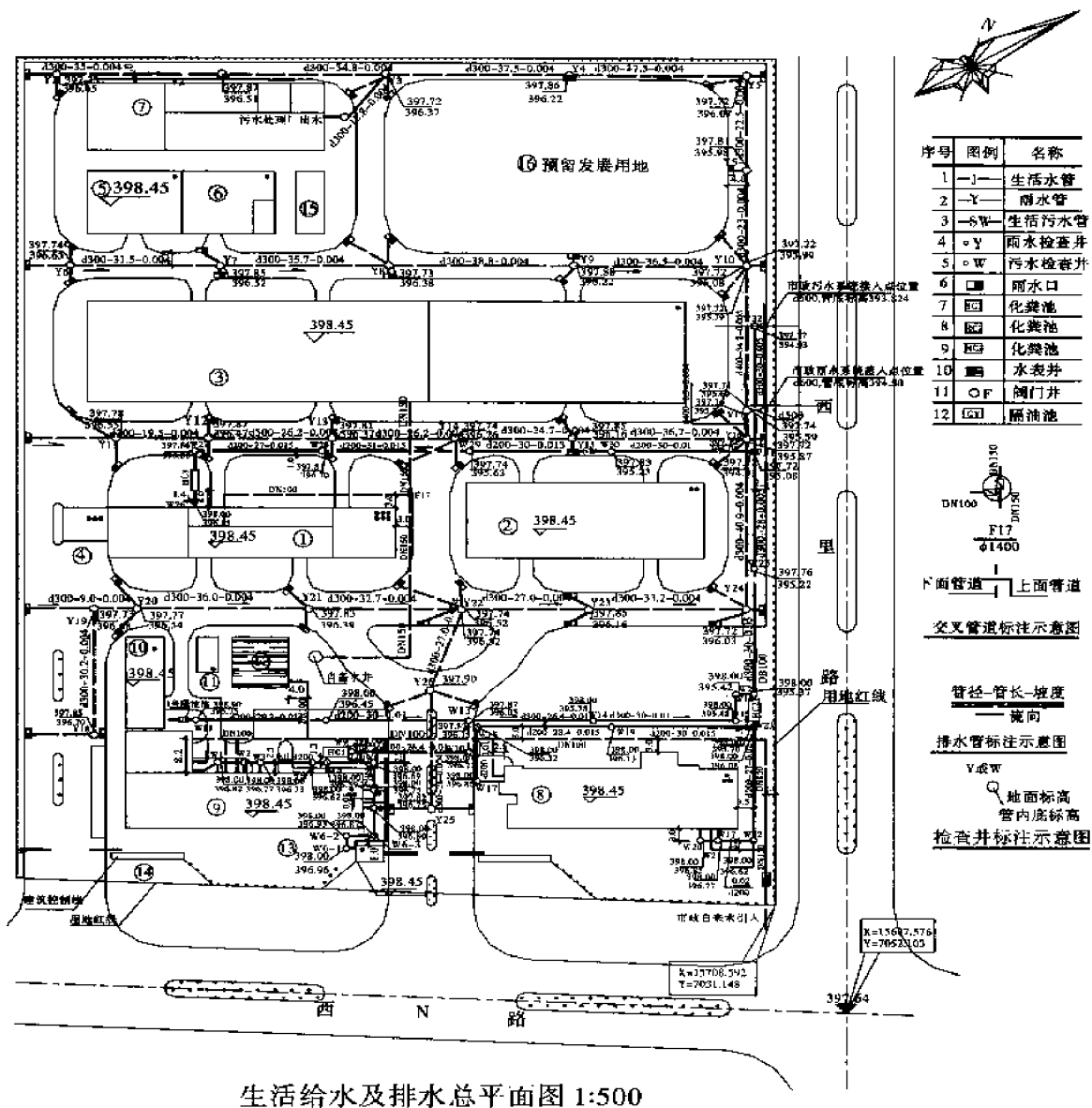


图 16.7 室外给水排水总平面图