

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制图

◎ 张绍群 王泽河 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机 械 制 图

主 编 张绍群 王泽河
副主编 刘冬梅 孟俊焕
参 编 苏文海 桑永英 姚俊红 史振萍
主 审 董国耀



机械工业出版社

本书根据教育部工程图学教学指导委员会2010年5月制订的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”，以科学、先进、系统和实用为主导思想，充分吸收同类教材的优秀之处，在编写老师总结多年教学、实践经验的基础上编写而成。本书采用最新国家标准，适当渗透“创新”思想，适合于“应用型”人才的培养。全书主要内容有：绪论，投影的基本知识，点、直线和平面的投影，立体及其表面上点和线的投影，机械制图的基本知识和技能，组合体，轴测图，机件的图样画法，常用的标准件、齿轮与弹簧，零件图，装配图，表面展开图，焊接图等。为方便教师授课，本书配有课件和习题集《机械制图实践教程》（含电子答案）。

本书及与之配套的《机械制图实践教程》可作为高等院校机械类、近机械类各专业制图课程的教材，也可作为高职高专等院校相应专业的教学用书，还可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

机械制图/张绍群，王泽河主编. —北京：机械工业出版社，2013.8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-42762-9

I. ①机… II. ①张… ②王… III. ①机械制图-高等学校-教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第158419号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：刘小慧 责任编辑：刘小慧 章承林 舒恬
版式设计：霍永明 责任校对：张玉琴
封面设计：张静 责任印制：李洋
北京华正印刷有限公司印刷
2013年9月第1版第1次印刷
184mm×260mm·18.25印张·448千字
标准书号：ISBN 978-7-111-42762-9
定价：33.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

机械制图是高等院校工科各专业的一门重要的技术基础课。其理论严谨，实践性较强，与工程实践有密切的联系。在生产实践中机械图样充当着工程与产品信息的载体，是机械工程师表达、交流技术思想的语言。最近 20 年，我国高等教育不断发展，改革和调整教育理念，使教育更加合理是当前高等教育的核心问题；因材施教，增强工程和创新意识，培养具有工程素质的各类人才，得到普遍认同。因此，高校的课程体系、教学内容与手段都有较大的改变。本书是根据普通高等教育“十二五”规划，依照国家教育部工程图学教学指导委员会制订的“普通高等院校工程图学课程基本要求”，以科学、先进、系统和实用为主导思想，充分吸收同类教材的优秀之处而编写的。本书编写特点如下：

1. 基础理论严谨全面

本书以点、线、面的投影为基础理论，在此基础上适当扩展了直角定理、换面法等内容，全面、系统、准确地讲述基本投影理论，并给不同专业的学习者留有知识选择的空间。本书注重基本内容的精选、优化与整合，力求使学生熟练掌握基本知识、基本理论和基本技能；立足于培养学生空间形体的形象思维能力和工程意识；内容条理清晰，结构合理，使学习者易于提高绘制和阅读机械图样的基本能力。

2. 内容实用、简明

本书结合“应用型”人才培养的特点，注重实用性，内容力求简明。本书以加注释的分解图来说明作图和读图过程，既直观又清晰，起到了比文字叙述更好的效果，有利于学生自学；书中的例子、例图多数来自于生产实践；采用的表达方法简洁、实用，在设计、生产中普遍使用。

3. 有利于三维绘图的学习和生产实践

本书为机械类和近机械类的“机械制图”课程教材，尽量安排了较全面的内容，以供不同专业的学生选用。书中轴测图和构型设计的内容可作为后续学习三维绘图的预备知识，零件测绘的内容则让学生更多地接触生产实践。

4. 采用最新的国家标准

本书除绪论、附录外，共 12 章，并有《机械制图实践教程》与之配套。

本书由张绍群、王泽河担任主编，刘冬梅、孟俊焕担任副主编，参加编写的有苏文海、桑永英、姚俊红和史振萍。各章节的编写分工为：东北林业大学张绍群编写绪论、第 1、2 章；东北农业大学刘冬梅编写第 3、6 章；山东德州学院姚俊红编写第 4、8 章及附录 A、B；东北农业大学苏文海编写第 5 章；河北农业大学桑永英编写第 7 章；河北农业大学王泽河编写第 9 章及附录 D、E、F；山东德州学院史振萍编写第 10 章；山东德州学院孟俊焕编写第 11、12 章及附录 C。张绍群负责全书的统稿。

本书承蒙北京理工大学董国耀教授审阅，他对全书的编写提出了宝贵的意见和建议；在编写过程中还参考了一些同行所编写的教材、书籍和文献等，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第1章 投影的基本知识	5
1.1 投影的基本概念	5
1.2 工程中常用的投影图	7
第2章 点、直线和平面的投影	10
2.1 点的投影	10
2.2 直线的投影	15
2.3 平面的投影	24
2.4 直线与平面及两平面之间的相对位置	31
2.5 换面法及其应用	40
第3章 立体及其表面上点和线的投影	49
3.1 基本体及其表面上点的投影	49
3.2 立体表面的交线	58
第4章 机械制图的基本知识和技能	73
4.1 国家标准有关制图的规定	73
4.2 尺规绘图及其工具、仪器的使用方法和徒手绘图	82
4.3 常用的几何作图原理和方法	87
4.4 平面图形的分析与尺寸标注	92
第5章 组合体	95
5.1 画组合体的视图	95
5.2 组合体的尺寸标注	102
5.3 读组合体视图	106
5.4 组合体构型设计	111
第6章 轴测图	115
6.1 轴测图的基本知识	115
6.2 正等轴测图	116
6.3 斜二轴测图	122
6.4 轴测图的徒手绘制	126
6.5 轴测剖视图的画法	127
第7章 机件的图样画法	130
7.1 视图	130
7.2 剖视图	133
7.3 断面图	142
7.4 局部放大图	144
7.5 简化画法	145
7.6 机件的图样画法综合应用举例	148
7.7 第三角画法简介	149
第8章 常用的标准件、齿轮与弹簧	151
8.1 标准件和常用件	151
8.2 螺纹	151
8.3 螺纹紧固件及其联接的画法	158
8.4 齿轮	164
8.5 键与销	170
8.6 滚动轴承	173
8.7 弹簧	176
第9章 零件图	180
9.1 零件图的作用和内容	180
9.2 零件图的视图选择	181
9.3 零件图的尺寸标注	186
9.4 零件图的技术要求	189
9.5 零件的常见工艺结构简介	202
9.6 读零件图	205
9.7 零件测绘	209
第10章 装配图	214
10.1 装配图的作用和内容及其与零件图的关系	214
10.2 装配图的绘制方法	216
10.3 装配图的尺寸标注和技术要求	220
10.4 装配图的零件序号和明细栏	221
10.5 装配结构的合理性	222
10.6 装配图画法	225
10.7 读装配图和由装配图拆画零件图	229
第11章 表面展开图	233
11.1 平面立体的表面展开	233
11.2 可展曲面的表面展开	235
11.3 不可展曲面的近似展开	236
第12章 焊接图	240
12.1 焊缝的形式及画法	240
12.2 焊接方法及代号	241
12.3 焊接的标注	241

12.4 焊接图例	245	附录 D 常用金属材料与热处理	276
附录	247	附录 E 零件的倒角与倒圆	280
附录 A 螺纹	247	附录 F 砂轮越程槽	281
附录 B 常用标准件	250	参考文献	284
附录 C 轴、孔的极限偏差及 常用配合	265		

绪 论

1. 本课程的重要意义

在人类社会和科学技术的发展历程中，人们用语言或文字来表达自己的思想，但是使用语言或文字来精确表达物体的形状和大小是很困难的。此时，图或图样发挥了语言文字所不能替代的巨大作用，因此，图样是人类文化知识的重要载体，是信息传播的重要工具。在工程技术中为了正确地表示机器、设备及建筑物的形状、大小、规格和材料等内容，通常将物体按一定的投影方法和技术规定表达在图样上，这称之为工程图样。

在工程设计中，工程图样作为构型、设计与制造中工程与产品信息定义、表达和传递的主要媒介，在机械、土木、建筑、水利等领域的技术工作和管理工作中有着广泛的应用，例如：设计者通过图样来表达设计对象；制造者通过图样来了解设计要求，并依据图样来制造、装配和安装机器、设备等；产品的使用者也通过图样来了解机器的结构和使用性能。在科学研究中，图形可直观表达实验数据和反映科学规律，对于人们把握事物的内在联系，掌握问题的变化趋势，具有重要的意义；在表达、交流信息和形象思维的过程中，图形因具有形象性、直观性和简洁性，成为人们认识规律、探索未知的重要工具。因此，在各种技术交流活动中，图样是不可缺少的，图样被工程技术人员称为工程技术交流的无声语言。

不同的设计、生产部门对图样有不同的要求，机械制造业中所使用的图样称为机械图样。“机械制图”就是研究机械图样的绘制和阅读的一门课程。在生产实践中，由研发部门所设计的产品都是依据“机械图样”由生产部门制造出来的，如果没有掌握机械制图的知识，就无法迅速、正确地制造产品。这就从一个侧面反映了机械图样在工业生产中有着极其重要的地位和作用。作为一个工程技术人员，如果不懂得画图、看图，就无法从事技术工作。

作为理工科院校的大学生，“机械制图”课程与之后要学的设计课、设备课、专业课程的课程设计、毕业设计等都有着密切的联系，学好“机械制图”这门课程能为今后学好专业技术课程打下良好的基础。

2. 本课程的性质、任务和内容

本课程理论严谨、实践性强、与工程实践有密切联系，是一门对培养学生掌握科学思维方法，增强工程和创新意识有重要作用的技术基础课；它研究的是绘制和阅读工程图样的原理和方法，同时，也培养学生的形象思维能力；是普通高等院校本、专科理工类专业重要的专业基础课程。

本课程的主要任务为：

- 1) 培养使用投影原理用二维平面图形表达三维空间形状的能力。
- 2) 培养对空间形体的形象思维能力。
- 3) 培养创造性构型设计能力。
- 4) 培养使用绘图仪器和徒手画图的基本能力。
- 5) 培养使用绘图软件进行二维绘图及三维造型的能力。

- 6) 培养绘制和阅读专业工程图样的基本能力。
- 7) 培养工程意识、标准化意识和严谨认真的工作态度。

本课程的内容分为工程图学基础和专业绘图两大部分。其中,本书的第1~7章属于工程图学基础部分,第8~12章属于专业绘图部分。

3. 本课程的学习方法

学好本课程一般应做到:

- 1) 熟练掌握基本概念和基本原理,并理解透彻,做到融会贯通。
- 2) 在掌握基本概念和基本原理的基础上,不断进行绘图、读图实践。学习时多想、多画、多看,不断地由物画图,由图想物(从空间到平面,再从平面到空间,熟悉空间问题与其在平面上表示方法之间的对应关系),逐步提高对三维空间形状及其相关位置的空间逻辑思维能力和形象思维能力。
- 3) 做习题或大作业时,应按照正确方法和步骤作图,养成正确使用绘图工具和仪器的习惯,通过作业培养绘图和读图能力。
- 4) 加强树立标准化意识,并严格遵守国家标准的相关规定。

4. 我国工程图学的发展概况

在我国,工程图学有着悠久的历史,制图源于绘画,两者都是生产力发展到一定阶段的产物。在工程制图尚未形成一门专门的学科之前,在表现方法上无疑采用了绘画的技法和形式。制图从远古粗略的绘画到形成技术体系,历经了漫长的历史岁月。它是社会生产力发展到一定阶段,人们为了满足设计制造器具、机械、建筑等方面的需要而产生的。综观我国工程图学的发展大致分为三个阶段:

1) 古代积累了许多经验,留下了丰富的图学遗产。大约在六七千年以前的母系氏族社会,西安半坡遗址出土的陶盆表面上就绘有各种简单的几何线条组成的图形和装饰图案,反映了二维空间的构图形式。这些图形和装饰图案采用了最能显示对象特征的主要形象画法,如主视、俯视、侧视等手法,绘制出不同视向所得到的物体图形。

3000多年前的春秋时代,我国劳动人民就创造了“规、矩、绳、墨、悬、水”等绘图工具。我国古代早期的机械制图,随着简单运输机械的生产,在夏商时代就已经萌芽了。《礼记·王制》说:“用器不中度,不粥于市,兵车不中度,不粥于市。……”由此可见,春秋战国以前不仅有了各种器具、兵车的交易市场,而且对上市的用器和车辆也规定了一定的标准。这就为机械和机械制图的发展起到了促进作用。

在2000多年前的数学名著《周髀算经》中,就讲述用边长为3、4、5的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。在其卷上之三曾记载了“七衡图、青图”的情况,书中写到:“凡为此图,以丈为尺,以尺为寸,以寸为分。”这是我国制图使用作图比例的最早文字记载,是当时测量和数学发展的结果,并为后人用于工程制图之中。

宋代是我国古代工程图学发展的全盛时期,建筑制图以李诫的《营造法式》(公元1100年成书,公元1103年刊行)为代表,机械制图以曾公亮(公元998—1078年)的《武经总要》为代表。《营造法式》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、工料等阐述详尽,有很高的水平。英国科学史家李约瑟(Joseph Needham, 1900—1995)对宋代《营造法式》中所取得的图学成就予以了较高的评价。他指出:“为什

么1103年的《营造法式》是历史的一个里程碑呢？书中所出现的完美的构造图样颇见重要，实在已经和我们今日所称的“施工图”相去不远”。从《营造法式》所取得的图学技术水平来看，宋代的图学家们已经正确地应用图示法表现出建筑工程的形状、大小、规格和材料等内容，并按一定的比例和投影方法表达在图样上。各种技术要求一应俱全，使工程图样完全脱离了绘画和直观示意图的形式，明确地反映了制图的规范化和标准化情况。明代宋应星所著《天工开物》中的大量图例正确运用了轴测图表示工程结构，清代程大位所著《算法统筹》中有丈量步车的装配图和零件图，从而使工程图学形成一门独立的，具有学术体系和理论基础的学科。

2) 新中国成立以后制图技术重新得到了快速发展。由于我国长期处于封建制度统治下，工农业生产发展迟缓，近代又经历了鸦片战争、抗日战争等，使我国制图技术的发展也受到阻碍。1911—1963年是我国现代工程图学形成的初期阶段。工程制图是以一门技术基础课的形式而存在的，主要包括投影几何和工程制图两部分。20世纪20—30年代，至新中国成立前，工程制图教学应用的教材主要采用英、德、美等国原版教材，也有少量的翻译本。由于工业基础薄弱，制图规则未能统一，图样的绘制上，第一角画法和第三角画法并用，工程制图尚无全国统一的标准。新中国成立以后，党和政府及时把工作中心调整到经济建设上来，开创了社会主义建设的新局面。在这期间，我国的各行各业得到了较快发展。《机械制图》教科书建立在投影理论的基础上，很大程度上是依附于国家机械制图标准。我国于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》，共21项；1959年由原国家科委发布了第一套《机械制图》国家标准，共20项，从而结束了我国没有统一的工程制图标准的局面。之后，在1970年、1974年，我国又分别对《机械制图》标准做了修订，但上述标准均属前苏联ГОСТ标准体系。进入20世纪80年代，为适应改革开放的需要，1983—1984年，由原国家标准局批准发布了跟踪国际标准（ISO）的17项《机械制图》国家标准，并于1985年开始实施，这套标准当时达到国际先进水平。到2012年底为止，1985年实施的17项制图标准中已有14项被先后修订，并发布一些新制定的机械制图标准。1980年，中国工程图学学会在湖北省武汉市成立。随着图学工作的不断推进，北京、天津、上海、江苏、广东等省市也相继成立了工程制图学会。从此，图学工作者有了自己的学术团体和学术交流阵地，开始了我国工程图学的新时代。学科发展成多个分支，有理论与应用、计算机图学、制图技术、制图标准化、图学教育等，并日益繁荣。

3) 电子技术时代，使制图技术产生革命性的飞跃。随着科学技术的突飞猛进，制图理论与技术等得到很大的发展。工程图学学会的分支机构进一步设有：理论与应用图学、计算机图学、计算机辅助设计、计算机模拟与辅助几何设计、计算机艺术与工业设计、产品信息建模、工程与制造集成、分形几何图形学、制图技术与装备、标准化等专业委员会。尤其是随着电子技术的迅速发展，人们把数控技术应用于制图领域，在20世纪中叶产生了第一台绘图机；CG、CAD/CAM大量引入工程图学领域，计算机绘图在工业生产的各个领域已经得到了广泛的应用；制图技术产生了革命性的飞跃。人们从此由原来的手工绘图开始逐步走向半自动化乃至实现了制图技术自动化。现在的一些企业、设计院中已基本很少见到过去使用的图板，取而代之的是一台台计算机、打印机、绘图机等。人们在进行产品设计时，也将越来越多地使用三维图形。在得到直观形象的同时，还可将计算机内部自动生成的数据文件传输给数控机床，从而加工出合格的零件。由此可见，随着各种先进的绘图软件的推出，工程

制图技术必将在我国现代化建设中发挥出越来越重要的作用。

当前,我国工程图学正逐渐形成以图学理论、计算机图形学、工程设计制图三者为主干的新型学科,并向交叉学科的方向发展。在科学技术全球化的时代,不同文化的对流、融汇和碰撞加快,我国工程图学正以全新的姿态,把握学科的前沿,融入世界图学的主流之中。

第 1 章 投影的基本知识

1.1 投影的基本概念

1.1.1 投影法的概念

人们在日常生活中知道物体在某一光源的照射下，会在某一个面上产生影子，例如：图 1-1 所示为手影、皮影戏中的影像，这种现象就是投影。在长期的社会实践中，人们从这种现象中得到启发，经过科学的抽象和归纳总结，找出了影子、物体及光源间的几何关系，从而获得投影方法。如图 1-2 所示，在空间有一平面 H (通常用一平行四边形表示)，在 H 之外有一点 (光源) S ， S 和平面 H 之间有一空间点 A ，连接 SA 并延长，与平面 H 交于点 a ，点 a 称为空间点 A 在平面 H 上的投影。

其中， SA 称为投射射线；平面 H 称为投影面；点 S 称为投射中心。

上述这样通过物体向选定的面投射，并在该面上得到图形的方法，称为投影法。由图 1-2 不难看出，投影有如下特点：当投射射线方向和投影面确定以后，点在该投影面上的投影是唯一的；反之，已知空间点的一个投影，并不能确定空间点的位置。如图 1-3 所示，已知投影 a ，可由其投射射线上的点 A 、 A_1 、 A_2 、 \dots 、 A_n 的投影产生。

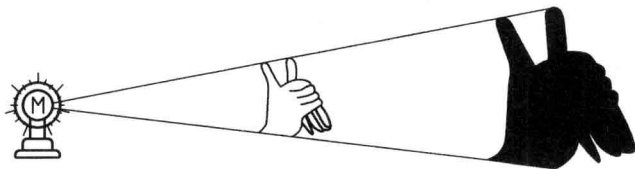


图 1-1 手影的投影原理

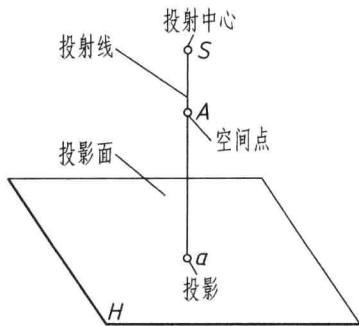


图 1-2 投影方法

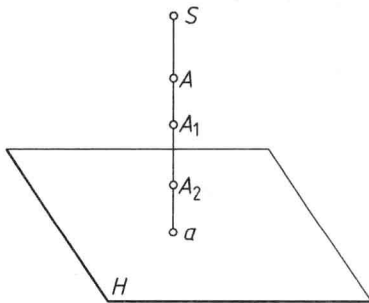


图 1-3 投影的特点

1.1.2 投影法的种类

投影法分为中心投影法和平行投影法两类。

1. 中心投影法

如图 1-4 所示, 投射中心 S 位于投影平面 H 有限远处, $\triangle ABC$ 位于 S 和平面 H 之间。连线 SA 、 SB 、 SC 分别与投影面 H 交于点 a 、 b 、 c , 则 a 、 b 、 c 分别是点 A 、 B 、 C 在投影面 H 上的投影。连接 ab 、 bc 、 ca , 则 ab 、 bc 、 ca 分别为线段 AB 、 BC 、 CA 的投影, $\triangle abc$ 就是 $\triangle ABC$ 的投影。这种投射中心位于有限远处, 投射射线汇交于一点的投影法, 称为中心投影法。用中心投影法所得的投影称为中心投影。中心投影立体感强, 通常用来绘制建筑物或富有逼真感的立体图, 也称为透视图。

2. 平行投影法

如果点光源 S 和平面 H 的距离为无限远时, 可以认为投射射线是相互平行的, 如图 1-5 所示, 投射射线 Aa 、 Bb 、 Cc 分别与投影面 H 交于点 a 、 b 、 c , $\triangle abc$ 是 $\triangle ABC$ 在投影面 H 上的投影。投射射线相互平行的投影法, 称为平行投影法。用平行投影法所得的投影称为平行投影。在平行投影法中, 其投射方向垂直于投影面 H 时, 称为正投影法 (图 1-5a)。用正投影法所得的投影称为正投影或正投影图, 简称投影。工程图样通常使用正投影, 所以今后在不特殊声明时本书所说的“投影”都是指“正投影”。而图 1-5b 所示的投影, 其投射方向倾斜于投影面 H , 这种平行投影法, 称为斜投影法。

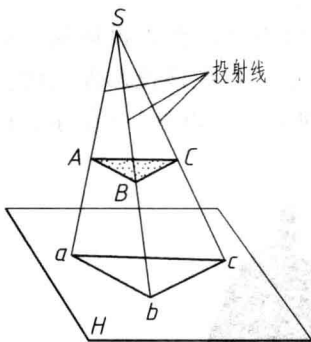


图 1-4 中心投影法

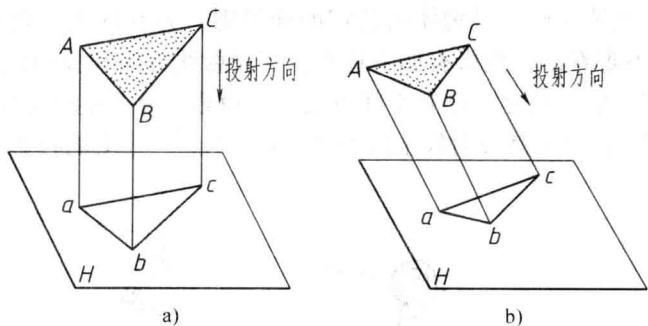


图 1-5 平行投影法

a) 正投影 b) 斜投影

1.1.3 正投影的基本性质

1. 实形性

当直线段或平面图形平行于投影面时, 其投影反映直线的实长或平面的实形, 如图 1-6 所示。

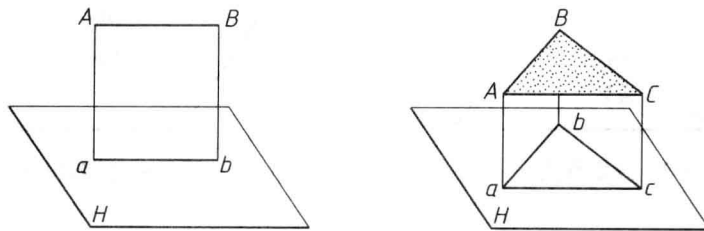


图 1-6 直线、平面图形平行于投影面时的投影

2. 积聚性

当直线或平面图形垂直于投影面时，直线的投影积聚成点，平面图形的投影积聚成直线，如图 1-7 所示。

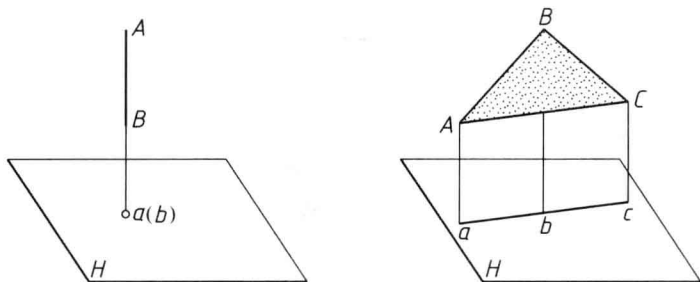


图 1-7 直线、平面图形垂直于投影面时的投影

3. 类似性

当直线或平面图形既不平行也不垂直于投影面时，直线的投影仍然是直线，平面图形的投影是原图形的类似形，但直线或平面图形的投影小于实长或实形，如图 1-8 所示。

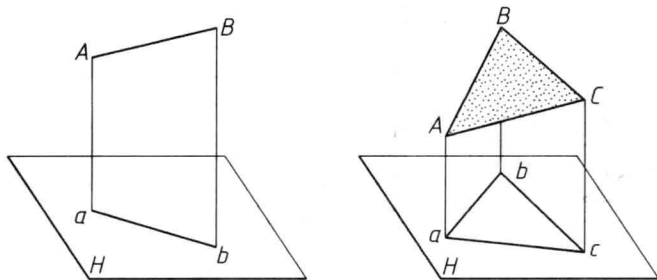


图 1-8 直线、平面图形倾斜于投影面时的投影

此外，正投影的性质还包括：平行性，即空间相互平行线段的投影仍然相互平行；定比性，即空间两平行线段的长度比在投影中保持不变；从属性，即几何元素的从属关系在投影中不会发生改变，如属于直线的点的投影必属于该直线的投影，属于平面的点和线的投影必属于该平面的投影等。

1.2 工程中常用的投影图

1.2.1 多面正投影图

前面讲过投影的特点：当投射方向 and 投射面确定以后，点在该投影面上的投影是唯一的，如图 1-2 所示。反之，若已知点 A 的投影 a ，则不能唯一确定点 A 的空间位置，如图 1-3 所示。其原因是只有一个投影面，一个投影面不能准确表达空间物体的形状，如图 1-9 所示。在实际绘图工作中，常将几何形体放置在相互垂直的两个或多个投影面间，向这些投影面作投影，形成多面正投影。如图 1-10 所示，把物体在相互垂直的两个或多个投影面上得到正投影后，将这些投影面旋转展开到同一图面上，使该物体的各正投影图有规则

地配置，并相互形成对应关系，这样的图形称为多面正投影或多面正投影图。多面正投影图有良好的度量性，作图简便，由这些投影能确定几何形体的空间位置和物体的形状，但直观性差。

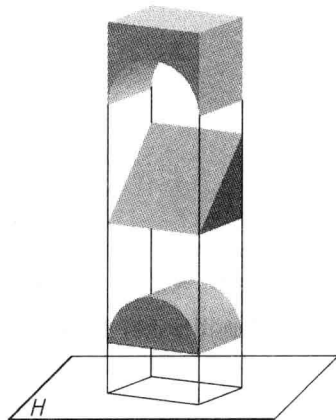


图 1-9 一个投影面不能准确表达空间物体的形状

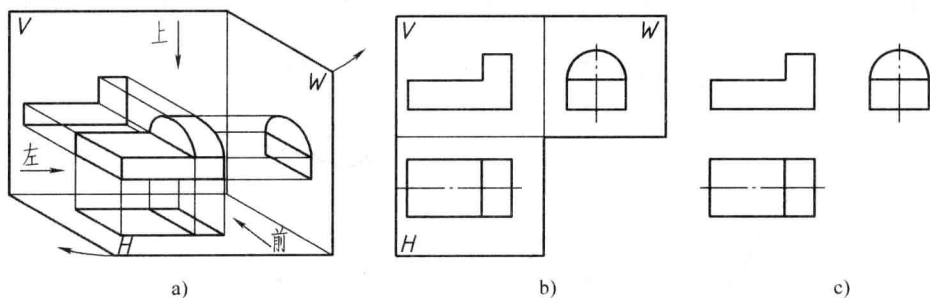


图 1-10 多面正投影投影图

a) 物体向三个投影面投射 b) 展开投影面 c) 三个投影按规律摆放

1.2.2 轴测图

轴测图是将物体连同其参考直角坐标系，沿不平行于任一坐标面的方向，用平行投影法将其投射在单一投影面上所得的具有立体感的图形，如图 1-11 所示，习惯上称之为立体图。这种图形有一定的立体感，容易读懂，它能反映长、宽、高的形状，但作图较麻烦。由于轴测图是在单一投影面上绘制具有立体感的图形，有时不易确切地表达物体各部分尺寸，所以在工程上只作辅助性的图样。

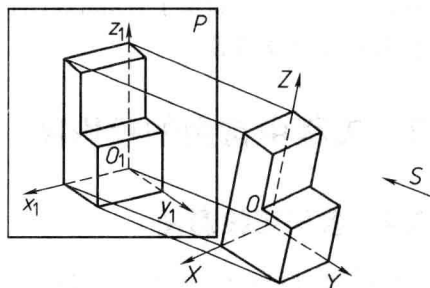


图 1-11 轴测图

1.2.3 透视图

透视图是根据中心投影法，将物体投射在单一投影面上所得的图形，如图 1-12 所示。这种图与用眼睛看见的一样，所以看起来很自然，尤其是表示庞大的物体时更为优越。但是

由于不能很明显地把真实形状和度量关系表示出来，且作图很复杂，所以目前多在建筑工程上作辅助性的图样使用。

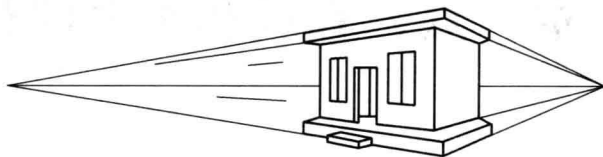


图 1-12 透视图

1.2.4 标高投影图

标高投影图是利用平行正投影法，在物体的水平面投影上加注某些特征面、线以及控制点的高程数值的单面投影，如图 1-13 所示。为了解决高度的度量问题，在投影图上画上一系列相等高度的线，称为等高线。在等高线上标出高度尺寸（标高），这种图在地图以及土建工程图中表示土木结构或地形。

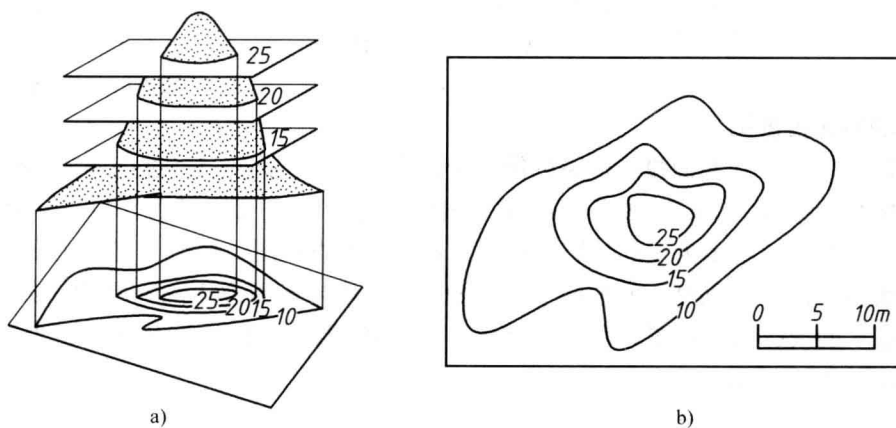


图 1-13 标高投影图

a) 标高投影 b) 地形图

第 2 章 点、直线和平面的投影

2.1 点的投影

2.1.1 点的两面投影

1. 两面投影体系的组成 (图 2-1)

(1) 两个相互垂直的投影面

1) 正立投影面 (正投影面) V : 处于正面直立的投影面。

2) 水平投影面 (水平面) H : 处于水平位置的投影面。

(2) 投影轴 OX 轴 V 面与 H 面的交线。

(3) 分角 在图 2-1 中, V 面和 H 面把空间分成四个部分, 依次用 I、II、III、IV 表示, 分别称它们为第一、二、三、四分角。

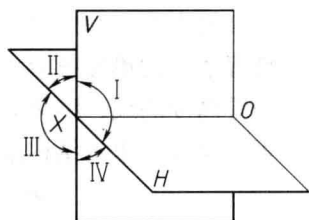


图 2-1 两面投影体系

2. 点的两面投影图

如图 2-2a 所示, 在两面投影体系的第一分角中, 有一空间点 A , 过点 A 分别作垂直于 V 面、 H 面的投射射线 Aa' 、 Aa , 分别与 V 、 H 面相交得点 A 的正面 (V 面) 投影 a' 和水平 (H 面) 投影 a 。图 2-2a 所示为点的投影立体图, 也可称为直观图。按照下列方法展开投影面:

使 V 面不动, 将 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° , 使其与 V 面位于同一平面, 如图 2-2b 所示, 即为点 A 的投影面展开图。实际画图时, 不必画出投影面的边框和点 a_x , 于是得到点 A 的投影图如图 2-2c 所示。

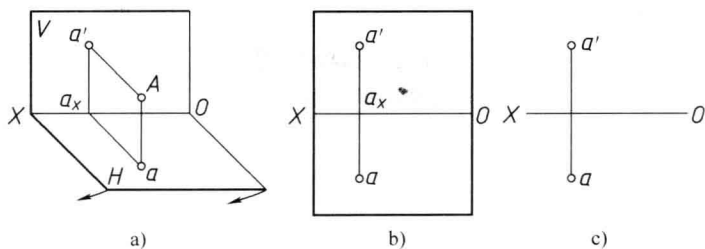


图 2-2 点的两面投影图

a) 立体图 b) 投影面展开图 c) 投影图

3. 点的两面投影特性

点 A 在互相垂直的两个投影面上的投影 a' 、 a 的连线 $a'a$ 称为投影连线。在图 2-2a 中, 由于 $Aa \perp H$ 面, $Aa' \perp V$ 面, 因而 Aa 和 Aa' 决定的平面同时垂直于 H 面和 V 面, 也必定垂直于 V 面、 H 面的交线 OX 。 a_x 就是 OX 与平面 Aaa_xa' 的交点。因为 $a'a_x$ 和 aa_x 都是过 a_x 而位于平面 Aaa_xa' 上的直线, 所以 $a'a_x \perp OX$, $aa_x \perp OX$ 。当投影面展开时, aa_x 在平面 Aaa_xa' 内旋转, 展开后 $a'a_x$ 和 aa_x 必垂直于 OX , 所以 $a'a \perp OX$ 。即: 点的投影连线垂直于投影轴。

又因为 Aaa_xa' 是矩形, 所以 $a_xa' = Aa$, $aa_x = Aa'$ 。即: 点的投影与投影轴的距离, 等于该点与相邻投影面的距离。

由此可见, 点的两面投影特性为:

- 1) 点的投影连线垂直于投影轴, 即 $a'a \perp OX$ 。
 - 2) 点的投影与投影轴的距离, 等于该点与相邻投影面的距离, 即 $a_xa' = aA$, $a_xa = a'A$ 。
- 在点的两面投影中, 点的投影与点的空间位置有一一对应的关系。

2.1.2 点的三面投影

1. 三面投影体系的组成

在绘图实践中, 用两投影面表示某些几何形体, 还不够清晰。例如: 对于上课用的讲台, 如用两面投影表达, 只能看清讲台的上面和前面的形状, 对于其侧面的形状不能表达清楚。为了反映物体的完整形状, 在两投影面体系的基础上, 再加上一个与 V 面、 H 面都垂直的侧立投影面, 于是就形成了一个三面投影体系, 如图 2-3 所示。

(1) 三个相互垂直的投影面 包括正立投影面 V ; 水平投影面 H ; 侧立投影面, 简称为侧面或 W 面。

(2) 三个相互垂直, 且交于一点的投影轴 每两个投影面相交产生的交线 OX 、 OY 、 OZ , 称为投影轴, 分别简称为 X 轴、 Y 轴、 Z 轴, 其交点“ O ”称为原点。

(3) 分角 由于平面是可以向四周无限延伸的, 所以三面投影体系实际应该是图 2-4 所示的, H 面、 V 面、 W 面把空间分为 I、II、…、VIII 共八个区域, 分别称为第一、二、…、八分角。GB/T 14692—2008《技术制图 投影法》规定, 我国采用第一角画法。所以不特殊说明时, 都是把物体放在第一分角内进行投影的。

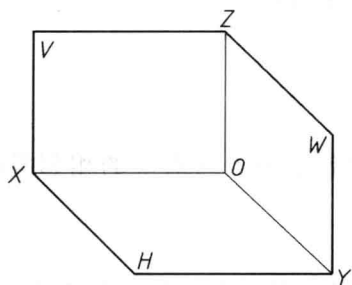


图 2-3 三面投影体系

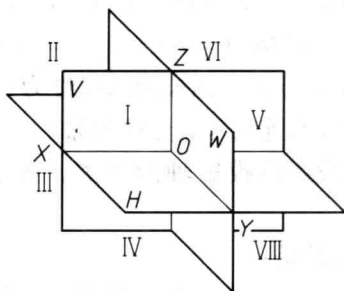


图 2-4 三面投影体系把空间分成八个分角

2. 点的三面投影及其特性

如图 2-5a 所示, 在三面投影体系中, 由空间点 A 分别作垂直于 V 面、 H 面、 W 面的投射射线, 分别与各投影面交得点 A 的正面投影 a' 、水平投影 a 和侧面投影 a'' 。关于空间点及其投影的标记规定为: 空间点用大写字母 A 、 B 、 C …表示, 水平投影用相应小写字母 a 、 b 、 c …表示, 正面投影用相应小写字母右上角加一撇 a' 、 b' 、 c' …表示, 侧面投影用相应小写字母右上角加两撇 a'' 、 b'' 、 c'' …表示。

三面投影体系展开方法为: 使 V 面保持正立位置, 沿 OY 轴分开 H 面和 W 面, 将 H 面向下转 90° , W 面向右转 90° , 使 H 面、 W 面旋转成与 V 面位于一个平面, 如图 2-5b 所示。与两面投影一样, 去掉投影面的边框和点 a_x 、 a_y 、 a_z , 就可得点的三面投影图, 如图 2-5c 所