



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 机械制图

(第五版)

同济大学、上海交通大学等院校  
《机械制图》编写组编

何铭新 钱可强 主编



高等教育出版社

TH126  
2280

普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 机械制图

(第五版)

同济大学、上海交通大学等院校《机械制图》编写组 编

何铭新 钱可强 主编



高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书是在1997年第四版的基础上,参照适用于高等工业学校机械类,非机械类,电子、技术经济、应用理科等类专业本课程的教学基本要求,以及各方面的意见修订而成的。

本书包括绪论;投影法和点、直线、平面的投影,立体的投影,计算机绘图与Auto CAD基础,制图的基本知识和基本技能,组合体的视图及尺寸注法,轴测图,机件常用的基本表示法,标准件和常用件,零件图,装配图,立体表面的展开,房屋建筑图简介等12章;附录。绪论和每章末都有复习思考题。

本书由教育部高等学校工程图学教学指导委员会组织审稿,并推荐出版。可作为高等工业学校各专业本课程的教材,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。与本书配套的《机械制图习题集》也作了相应的修订,由高等教育出版社同时出版,供选用。此外,为满足多媒体教学的需要,还研制了与本书和习题集配套的电子教案和习题解题指导多媒体课件,需选用的院校亦可向高等教育出版社订购。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械制图 / 何铭新, 钱可强主编. —5版. —北京:

高等教育出版社, 2004. 1 (2006重印)

ISBN 7-04-013050-5

I. 机... II. ①何... ②钱... III. 机械制图...  
—高等学校—教材 IV. TH126

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第105944号

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16  
印 张 22.75  
字 数 560 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1979年4月第1版  
2004年1月第5版  
印 次 2006年4月第5次印刷  
定 价 30.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 13050-00

## 第五版前言

本书是在1997年第四版的基础上,参照适用于高等工业学校机械类,非机械类,电子、技术经济、应用理科等类各专业的本课程的教学基本要求以及各方面的意见修订而成的。本书从1978年初版以来,许多院校采用作为教材,印数已高达三百多万册,第二版于1988年获全国第一届国家级的高等学校优秀教材奖,第四版是普通高等教育“九五”国家教委级重点教材,第五版为普通高等教育“十五”国家级规划教材,并被列入高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材建设计划”。

这一版除继续保持第四版的一些特点外,根据当前各院校本课程学时数有所压缩,除了计算机绘图部分外,教学要求稍有降低,对传统的教学内容也有所压缩,以及有关的部分国家标准最近已修订,当前科学技术持续发展等因素,对第四版作了修订,调整的主要内容和第五版的特点是:

(1) 画法几何部分作了较多删减,难度也有所降低,删去了一般位置的直线与平面以及两平面的相对位置,仍保证作为制图理论基础的基本内容,并保留部分选学内容,以备按需选用。

(2) 制图基础部分是本课程的重点,修订时基本上保持组合体的视图及尺寸标注、机件常用的基本表示法的篇幅,仍重视对物体形状的空间构思和读图分析,这是发展学生三维形状与相关位置的空间逻辑思维能力和形象思维能力的—个关键阶段,但轴测图中删去了要求过高的绘制轴测剖视图。为了精简教材篇幅,便于学生查阅,将尺规绘图和几何作图的部分内容,以附页的形式由教材移入习题集。

(3) 为了适应计算机绘图和计算机辅助设计迅速发展的需要,计算机绘图基础部分有所加强。将第四版放在教材必学内容最后的“计算机绘图基础”作为第三章计算机绘图与 Auto CAD 基础提前到制图部分一开始就学习,并在后面的有关各章中逐步应用和加深。这样,在第三章以后的有关各章的教学中,可由教师按需指定学生哪些作业用计算机绘图完成,以加强计算机绘图的操作实践。同时,为了使学生能用—种典型的绘图软件绘图,适当加强了用 Auto CAD 绘图的内容,删去了第四版中的用高级语言编程绘图。

(4) 机械图部分基本上保持第四版的体系和内容,仍以培养读图能力为重点。凡与新修订或新颁布的国家标准有关的内容,全部采用新的国家标准。为了适应当前的教学现状和确保重点,内容也稍有紧缩,删去了锥齿轮和蜗轮、蜗杆的画法,零、部件的测绘,但不降低第四版中机件的复杂程度。

(5) 选学内容保留第四版中的两章——立体表面的展开和房屋建筑图,都放在最后,内容分别有不同程度的删减,如不可展曲面的近似展开、结构施工图等。在教学中需要参考这些内容时,可查阅本书第四版。按删减后的要求,将房屋建筑图这一章的章名,改为房屋建筑图简介。删去了第四版中的选学内容焊接图。

(6) 为了便于教学中取舍和调整,除了计算机绘图基础部分提前到制图阶段开始介绍,然后再在后面的有关各章中逐步加深外,教材的顺序调整得与本课程教学基本要求的顺序大致相同。

由于有些院校仍将计算机绘图部分集中到本课程最后阶段学习,还有一些院校因计算机绘图已单独设课,不在本课程中学习,所以在第三章后的有关各章中,将计算机绘图的内容都集中成章的最后一节,这样,既可按教材的顺序教学,也可全部集中到本课程最后阶段教学,还可按需取舍,甚至在本课程中全部删去不学。

(7) 在绪论和各章末仍保留复习思考题,在复习时可帮助学生掌握所讲述的基本内容和重点、难点,因而在绪论和各章首尾,不增编内容提要和小结。

(8) 从利于教学出发,仍保持插图按需红黑套色。

由于当前各院校在本课程教学改革中学时数有幅度不一的删减,所以1995年颁发的本课程上述三类专业的分类也渐趋模糊,教学内容与要求都有不同程度的变动,且这三类专业本课程的教学基本要求发布至今已将近10年,为时过长,各院校已多次修改自订的教学大纲,所以使用本书的各院校可参照本课程的上述三类教学基本要求,按各院校自订的教学大纲作适当增删。

与本书配套的《机械制图习题集》也作了相应修订,与本书同时出版第五版,可供选用。为了适应本课程当前教学手段改革的需要,配合本书与配套习题集,由高等教育出版社同时供应帮助教师讲课和兼作电子挂图的CAI课件(光盘),其中还包括本课程按多、中、少三类学时的教学总体安排的参考建议。

本书由教育部高等学校工程图学教学指导委员会委托浙江大学谭建荣教授和清华大学刘朝儒教授审阅,并于2003年8月经工程图学教学指导委员会复审通过,同意作为高等学校教材出版。谭建荣教授和刘朝儒教授提出了许多宝贵意见,工程图学教学指导委员会的各位委员和参与复审会议的同志们也提了一些宝贵意见,在此表示衷心感谢。本书除作为高等工业学校各专业的教材外,还可供学时数相近的其他专业,以及职工大学、函授大学、电视大学和其他类型的学校有关专业选用。

本书由何铭新、钱可强主编。参加本版修订与配套课件研制工作的有:同济大学何铭新、钱可强、司徒妙年、李怀健;上海交通大学卞榭;西安交通大学郑镁、张四聪、罗爱玲、许睦旬、杨美蓉、秦英莲;中国地质大学王巍、李理、蔡建平、周琴等。李怀健、司徒妙年还绘制了全书的插图。李名纪同志是本书第二、三版的主编之一,曾多次从美国寄来有关的参考资料;本书前四版的审稿人朱育万教授、柯纯教授、周广仁教授,以及参加本书第四版编写工作的关震荣、李耀群、陈文耀、洪钟德、汪珍、张松山、傅乃寅等同志,都很关心本版的修订。大连理工大学崔长德同志在本次修订中,给了我们很大的帮助。在此对上述各位同志也表示衷心感谢。

虽然我们尽力将本书修订成为一本适应于大多数院校、份量适当、利于教学的教材,并尽量完善系列配套,但限于我们的水平,书中难免还存在缺点和错误,请使用本书的师生和有关同志批评指正。

编者

2003年8月

# 目 录

绪论 .....	1	第五章 组合体的视图与尺寸注法 .....	148
复习思考题 .....	3	§ 5-1 三视图的形成及其特性 .....	148
第一章 投影法和点、直线、平面的投影 .....	4	§ 5-2 画组合体的视图 .....	149
§ 1-1 投影法 .....	4	§ 5-3 读组合体的视图 .....	155
§ 1-2 多面正投影和点的投影 .....	5	§ 5-4 组合体的尺寸标注 .....	162
§ 1-3 直线的投影 .....	9	§ 5-5 用 AutoCAD 标注尺寸 .....	167
§ 1-4 平面的投影 .....	22	复习思考题 .....	174
§ 1-5 直线与平面以及两平面之间 的相对位置 .....	32	第六章 轴测图 .....	175
复习思考题 .....	41	§ 6-1 轴测图的基本知识 .....	175
第二章 立体的投影 .....	42	§ 6-2 正等轴测图 .....	177
§ 2-1 立体及其表面上的点与线 .....	42	§ 6-3 斜二轴测图 .....	183
§ 2-2 平面与平面立体表面相交 .....	52	复习思考题 .....	186
§ 2-3 平面与回转体表面相交 .....	57	第七章 机件常用的基本表示法 .....	187
§ 2-4 两回转体表面相交 .....	72	§ 7-1 视图 .....	187
复习思考题 .....	86	§ 7-2 剖视图 .....	191
第三章 计算机绘图与 AutoCAD 基础 .....	88	§ 7-3 断面图 .....	202
§ 3-1 微型计算机绘图系统及工作 原理 .....	88	§ 7-4 局部放大图、简化画法和其他 规定画法 .....	204
§ 3-2 AutoCAD 的基本概念和基本 操作 .....	90	§ 7-5 第三角画法简介 .....	207
§ 3-3 AutoCAD 的基本绘图命令、图形编 辑命令和显示控制命令 .....	97	§ 7-6 用 AutoCAD 画剖面线 .....	210
§ 3-4 AutoCAD 的辅助绘图工具和 图层操作 .....	114	复习思考题 .....	211
复习思考题 .....	121	第八章 标准件和常用件 .....	213
第四章 制图的基本知识和基本技能 .....	122	§ 8-1 螺纹和螺纹紧固件 .....	214
§ 4-1 制图基本规定和三种绘图方法 .....	122	§ 8-2 齿轮以及圆柱齿轮的规定 画法 .....	228
§ 4-2 尺规绘图及其工具、仪器的 使用 .....	138	§ 8-3 键、销和滚动轴承 .....	233
§ 4-3 徒手绘图及其画法 .....	142	§ 8-4 弹簧 .....	238
§ 4-4 平面图形的尺寸注法和圆弧连接的 线段分析 .....	143	§ 8-5 用 AutoCAD 建立标准件图库 简介 .....	242
§ 4-5 用 AutoCAD 绘制基本幅面、图框 和标题栏 .....	145	复习思考题 .....	247
复习思考题 .....	146	第九章 零件图 .....	248
		§ 9-1 零件图与装配图的关系以及 零件图的内容 .....	248
		§ 9-2 零件图的视图选择 .....	249
		§ 9-3 零件的尺寸标注 .....	254
		§ 9-4 表面粗糙度、镀涂和热处理	

的符号、代号及其标注 .....	259	<b>* 第十一章 立体表面的展开 .....</b>	<b>306</b>
§ 9-5 极限与配合以及形位公差简介 ...	265	§ 11-1 平面立体的表面展开 .....	306
§ 9-6 零件结构的工艺性简介 .....	275	§ 11-2 可展曲面的展开 .....	308
§ 9-7 读零件图 .....	278	复习思考题 .....	313
§ 9-8 用 AutoCAD 绘制零件图 .....	283	<b>* 第十二章 房屋建筑图简介 .....</b>	<b>314</b>
复习思考题 .....	286	§ 12-1 房屋建筑图概述 .....	314
<b>第十章 装配图 .....</b>	<b>288</b>	§ 12-2 读厂房建筑图 .....	320
§ 10-1 装配图的内容和视图表达		复习思考题 .....	323
方法 .....	288	<b>附录 .....</b>	<b>325</b>
§ 10-2 装配图的尺寸标注及零件序号、		一、螺纹 .....	325
明细栏 .....	290	二、常用的标准件 .....	328
§ 10-3 装配结构的合理性简介 .....	292	三、常用的机械加工一般规范和	
§ 10-4 由零件图画装配图 .....	293	零件结构要素 .....	343
§ 10-5 读装配图及由装配图拆画		四、极限与配合 .....	346
零件图 .....	296	五、常用材料以及常用的热处理、	
§ 10-6 用 AutoCAD 由零件图拼绘		表面处理名词解释 .....	349
装配图 .....	304	<b>参考书目 .....</b>	<b>355</b>
复习思考题 .....	305		

# 绪 论

## 一、本课程的性质和任务

工程图样按规定的方法表达出机器或建筑物的形状、大小、材料和技术要求,是表达和交流技术思想的重要工具,是工程技术部门的一种重要技术文件,在现代工业中,设计、制造、安装各种机械、电机、电器、仪表以及采矿、冶金、化工等各方面的设备,都离不开工程图样,在使用这些机器、设备和仪表时,也常常要通过阅读工程图样来了解它们的结构和性能。因此,每个工程技术人员都必须能够绘制和阅读工程图样。

本课程研究绘制和阅读工程图样的原理和方法,培养学生的形象思维能力,是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课。本课程包括画法几何、制图基础、机械图等部分。画法几何部分学习用正投影法图示空间几何形体和图解简单空间几何问题的基本原理和方法。制图基础部分学习国家标准《机械制图》和《技术制图》的基本规定,训练用工具和仪器的尺规绘图、徒手绘图、计算机绘图的操作技能,培养绘制和阅读投影图的基本能力,学习标注尺寸的基本方法,这一部分是本课程的重点。尤其应该强调的是:由于计算机的广泛应用,促进了计算机图形学(Computer Graphics,简称CG)的发展,以计算机绘图为基础的计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称CAD)技术推动了各个领域的设计革命,CAD技术的发展和水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化的一个重要标志,所以在本课程中应学会用一种典型的绘图软件绘制机械图样,使学生具有计算机绘图的初步能力。机械图部分培养绘制和阅读常见机器或部件的零件图和装配图的基本能力,并以培养读图能力为重点。

本课程的主要任务是:

- (1) 学习正投影法的基本原理及其应用。
- (2) 培养绘制和阅读机械图样的基本能力。
- (3) 培养图解简单空间几何问题的能力。
- (4) 培养对三维形状与相关位置的空间逻辑思维能力和形象思维能力。
- (5) 培养计算机绘图的初步能力。

此外,在教学过程中还必须有意识地培养自学能力、分析问题和解决问题的能力,以及认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风,加强标准化意识,从而起到提高学生各方面的素质和培养学生创新能力的作用。

## 二、本课程的学习方法

坚持理论联系实际学风。要认真学习投影原理,在理解基本概念的基础上,由浅入深地通过一系列的绘图和读图实践,不断地由物画图,由图想物,分析和想象空间形体与图纸上图形之间的对应关系,逐步提高对三维形状与相关位置的逻辑思维能力和形象思维能力,掌握正投影的基本作图方法及其应用。



做习题和作业时,应在掌握有关基本概念的基础上,按照正确的方法和步骤作图,养成正确使用绘图工具和仪器的习惯,学会计算机绘图的操作过程,熟悉制图的基本规定和基本知识,遵守有关国家标准的规定,会查阅和使用有关的手册和国家标准,通过习题和作业培养绘图和读图能力。制图作业应该做到:投影正确,视图选择与配置恰当,图线分明,尺寸齐全,字体工整,图面整洁。

由于图样在生产建设中起着很重要的作用,绘图和读图的差错都会带来损失,所以在做习题和作业时,应培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

本课程只能为学生的绘图和读图能力打下初步基础,在后继课程、生产实习、课程设计和毕业设计中,还要继续培养和提高。

### 三、我国工程制图的发展概况

我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。在二千多年前的数学名著《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》,在其他工程领域里也都分别制订了有关制图方面的国家标准或部颁标准,还按需制订了各类技术图样共同适用的国家标准《技术制图》,同时在设计和制图中还会用到一些其他的相关标准。这些标准每隔几年或稍长一些的时间,都要随着科学技术和工农业生产的发展而不断修订或增颁。我国执行改革开放的政策后,尤其是21世纪以来,科学技术与工农业生产迅速发展,标准的修订和增颁频繁,因而我们应该怀着强烈的21世纪的时代感,认真学习,勇于创新,树立标准化意识,在当前学习阶段和今后的工作中,关注、了解和严格遵守执行现行的国家标准《机械制图》、《技术制图》与其他的相关标准。

应该重视和学会计算机绘图(CG),因为CG与计算机辅助设计(CAD)联系密切,CG为CAD的发展提供了条件和基础,CAD又促进了CG的发展,从上世纪末以来,我国各设计部门已基本实现以手工绘图为主转到以计算机绘图为主的重大变革。应该提及的是:用计算机绘制机械图样,仍需人来指挥和操纵,因而对初学机械制图的读者而言,必须认真学习,掌握本课程所述的画

法几何、制图基础(包括 CG 的操作在内)和机械图的内容,才能切实地指挥和操纵计算机绘制所需的图样。

如读者对工程制图的发展历史与作用、计算机绘图技术的应用等内容感兴趣,还可参阅参考书目[1]、[2]的绪论中的有关部分。

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,面向现代化,面向世界,面向未来,掌握绘制、阅读机械图样的原理和方法,实现制图技术自动化。

### 复习思考题

1. 为什么工科学生都要学习这门技术基础课?
2. 本课程主要包括哪三部分内容?
3. 本课程的主要任务是什么?
4. 学习本课程时,在学习方法上应注意什么问题?
5. 在工程制图技术领域里,我国过去的历史和现状怎样?当前的发展趋向怎样?为什么在学习绘制和阅读工程图样的基础上,必须学习计算机绘图?

# 第一章 投影法和点、直线、平面的投影

## § 1-1 投 影 法

### 一、投影法的基本知识

在图 1-1 中,设平面  $P$  以及不在该平面上的一点  $S$ ,需作出点  $A$  在平面  $P$  上的图形。将  $S$ 、 $A$  连成直线,作出  $SA$  与平面  $P$  的交点  $a$ ,即为点  $A$  的图形。平面  $P$  称为**投影面**,点  $S$  称为**投射中心**,直线  $SA$  称为**投射线**,点  $a$  称为点  $A$  的**投影**或**投影图**,这种产生图形的方法称为**投影法**。由此可见:投射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法,称为**投影法**。所有投射线的起源点,称为**投射中心**。发自投射中心且通过被表示物体上各点的直线,称为**投射线**。在投影法中得到投影的面,称为**投影面**。根据投影法所得到的图形,称为**投影**或**投影图**。有关投影法的术语和内容可查阅 GB/T 16948—1997《技术产品文件 词汇 投影法》和 GB/T 14692—1993《技术制图 投影法》<sup>①</sup>。

投影法分为两类:**中心投影法**和**平行投影法**。

### 二、中心投影法

如图 1-1 所示,投射中心位于有限远处,投射线汇交于一点的投影法,称为**中心投影法**,所得的投影称为**透视投影**、**透视图**或**透视**。

中心投影法通常用来绘制建筑物或产品的富有逼真感的立体图。

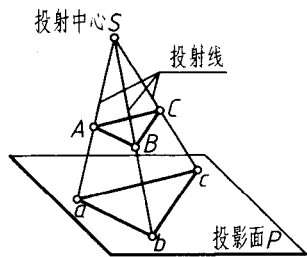


图 1-1 中心投影法

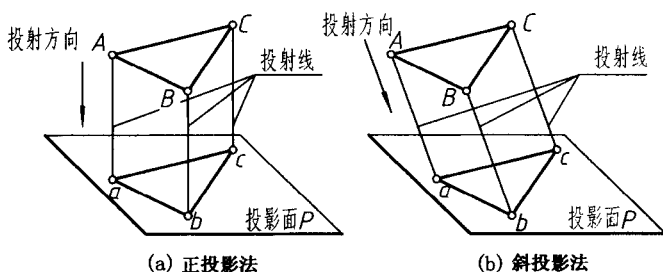


图 1-2 平行投影法

<sup>①</sup> GB/T 是推荐性的国家标准的代号,GB 表示国家标准,T 表示推荐,分别是“国标”和“推”的汉语拼音的第一个字母。16948、14692 分别是标准的编号;1997、1993 分别是批准这两个标准的年号,各个标准的年号在本书中一律用四位数字表示,鉴于部分标准是在我国标准清理整顿前出版的,年号只有后两位,也未加“/”,请读者查阅时注意对照。

### 三、平行投影法

如图 1-2 所示,若投射中心位于无限远处,投射线  $Aa$ 、 $Bb$ 、 $Cc$  按给定的投射方向互相平行,分别与投影面  $P$  交出点  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的投影  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ,直线  $ab$ 、 $bc$ 、 $ca$  分别是直线  $AB$ 、 $BC$ 、 $CA$  的投影, $\triangle abc$  是  $\triangle ABC$  的投影,这种投射线都相互平行的投影法,称为平行投影法,所得的投影称为平行投影。

平行投影法又分为正投影法和斜投影法。如图 1-2a 所示,正投影法是投射线与投影面相垂直的平行投影法,所得的投影称为正投影或正投影图;如图 1-2b 所示,斜投影法是投射线与投影面相倾斜的平行投影法,所得的投影称为斜投影或斜投影图。

工程图样主要用正投影,本书今后就将“正投影”简称“投影”。

## § 1-2 多面正投影和点的投影

### 一、多面正投影

如图 1-3 所示,由空间点  $A$  作垂直于投影面  $P$  的投射线,与平面  $P$  交得唯一的投影  $a$ 。反之,若已知点  $A$  的投影  $a$ ,由于在从点  $a$  所作的平面  $P$  的垂线上的各点(如  $A$ 、 $A_0$  等)的投影都位于  $a$ ,如果不补充其他条件,就不能唯一确定点  $A$  的空间位置。并且,在本书第五、七章中还将说明:根据物体的一个投影,不补充其他条件,也不能确定这个物体的形状。因此,常将几何形体放置在两个或更多的投影面之间,向这些投影面作投影,形成多面正投影。GB/T 16948—1997 规定:物体在互相垂直的两个或多个投影面上得到正投影之后,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,并相互之间形成对应关系,这样的图形称为多面正投影或多面正投影图。

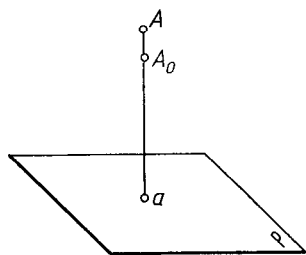


图 1-3 由点的一个投影不能确定点的空间位置

### 二、点在两投影面体系第一分角中的投影

如图 1-4 所示,设立互相垂直的正立投影面(简称正面或  $V$  面)和水平投影面(简称水平面或  $H$  面),组成两投影面体系。 $V$  面与  $H$  面相交于投影轴  $OX$ (投影面的交线),将空间划分为四个分角:第一分角,第二分角,第三分角和第四分角。本书只着重讲述在第一分角中的几何形体的投影。

如图 1-5a 所示,由第一分角中的点  $A$  作垂直于  $V$  面、 $H$  面的投射线  $Aa'$ 、 $Aa$ ,分别与  $V$  面、 $H$  面交得点  $A$  的正面( $V$  面)投影  $a'$  和水平( $H$  面)投影  $a$ <sup>①</sup>。

① 本书用大写拼音字母作为空间点的符号,分别用小写拼音字母加一撇和小写拼音字母作为该点的正面投影和水平投影的符号。

由于平面  $Aa'a$  分别与  $V$  面、 $H$  面相垂直,所以这三个互相垂直的平面必定交于一点  $a_x$ ,且三条交线互相垂直,即  $a_x a' \perp a_x a \perp OX$ 。又因四边形  $Aa a_x a'$  是矩形,所以  $a_x a' = aA$ ,  $a_x a = a'A$ 。亦即:点  $A$  的  $V$  面投影  $a'$  与投影轴  $OX$  的距离,等于点  $A$  与  $H$  面的距离;点  $A$  的  $H$  面投影  $a$  与投影轴  $OX$  的距离,等于点  $A$  与  $V$  面的距离。

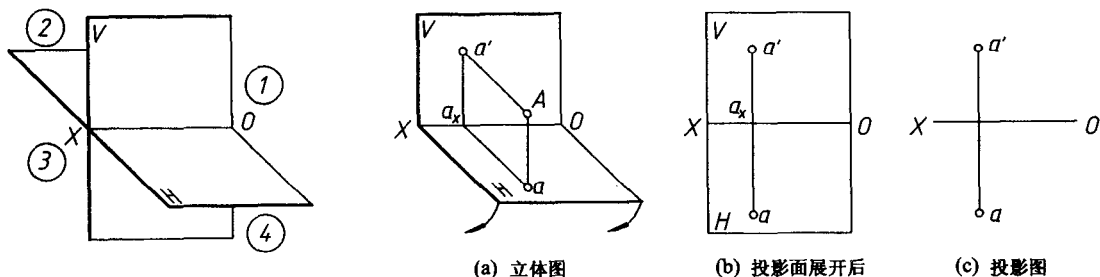


图 1-4 四个分角的划分

图 1-5 点在  $V$ 、 $H$  两面体系中的投影

使  $V$  面不动,将  $H$  面绕  $OX$  轴向下旋转  $90^\circ$ ,与  $V$  面展开成同一个平面,如图 1-5b 所示。因为在同一平面上,过  $OX$  轴上的点  $a$ ,只能作  $OX$  轴的一条垂线,所以点  $a'$ 、 $a_x$ 、 $a$  共线,即  $a'a \perp OX$ 。点在互相垂直的投影面上的投影,在投影面展成同一平面后的连线,称为**投影连线**。

如图 1-5c 所示,在实际画图时,不必画出投影面的边框和点  $a_x$ ,即为点  $A$  的投影图。

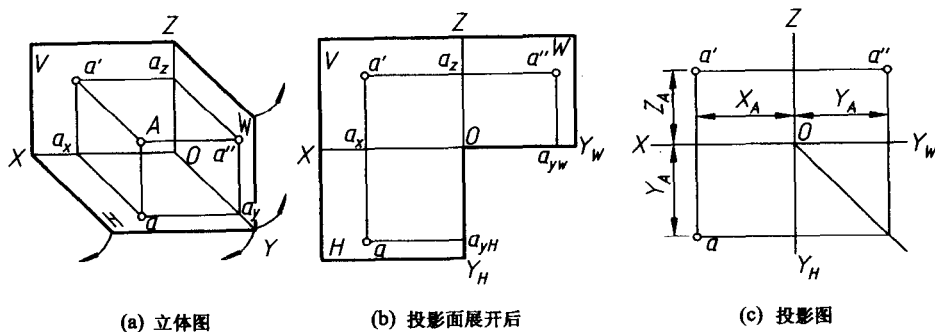
由此就可概括出点的两面投影特性:

- (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  $a_x a' = aA$ ,  $a_x a = a'A$ 。

已知一点的两面投影,就能惟一地确定该点的位置。可以想象:若将图 1-5c 中的  $OX$  轴之上的  $V$  面保持正立位置,将  $OX$  轴以下的  $H$  面绕  $OX$  轴向前转折  $90^\circ$ ,恢复到水平位置,再分别由  $a'$ 、 $a$  作垂直于  $V$  面、 $H$  面的投射射线,就惟一地交出点  $A$  在空间的位置。

### 三、点在三投影面体系第一分角中的投影

虽然由点的两面投影已能确定该点的位置,但有时为了更清晰地图示某些几何形体,再设立一个与  $V$  面、 $H$  面都垂直的**侧立投影面**(简称**侧面**或 **$W$  面**),如图 1-6a 所示,三个投影面之间的交线,即三条投影轴  $OX$ 、 $OY$ 、 $OZ$ ,必定互相垂直,形成三投影面体系,用三面投影表达几何形体。

图 1-6 点在  $V$ 、 $H$ 、 $W$  三面体系中的投影

### (一) 点的投影与坐标

如图 1-6a 所示,由点  $A$  分别作垂直于  $V$  面、 $H$  面、 $W$  面的投射射线,交得点  $A$  的正面投影  $a'$ 、水平投影  $a$ 、侧面( $W$  面)投影  $a''$ ①。与在两面体系中相同,每两条投射射线分别确定一个平面,与三个投影面分别相交,构成一个长方体  $Aaa_x a' a_z a'' a_y O$ 。

沿  $OY$  轴分开  $H$  面和  $W$  面, $V$  面保持正立位置, $H$  面向下转, $W$  面向右转,使三个投影面展成同一个平面,如图 1-6b 所示。这时, $OY$  轴成为  $H$  面上的  $OY_H$  和  $W$  面上的  $OY_W$ ,点  $a_y$  成为  $H$  面上的  $a_{y_H}$  和  $W$  面上的  $a_{y_W}$ 。仍与两面体系相同, $a'a \perp OX$ ;同理, $a'a'' \perp OZ$ ;由于  $H$  面和  $W$  面在沿  $OY$  轴分开后,分别绕  $OX$  轴和  $OZ$  轴转到与  $V$  面成为同一个平面,便有下列关系: $a_{y_H} a \perp OY_H$ , $a_{y_W} a'' \perp OY_W$ , $Oa_{y_H} = Oa_{y_W}$ 。

实际的投影图如图 1-6c 所示,为了作图方便,可作过点  $O$  的  $45^\circ$  辅助线, $a_{y_H} a$ 、 $a_{y_W} a''$  的延长线必与这条辅助线交会于一点。

若将三投影面体系看作直角坐标系,则投影轴、投影面、点  $O$  分别是坐标轴、坐标面、原点。由于图 1-6a 中的长方体  $Aaa_x a' a_z a'' a_y O$  的每组平行边分别相等,所以点  $A(x_A, y_A, z_A)$  的投影与坐标有下述关系:

$x$  坐标  $x_A(Oa_x) = a_z a' = a_{y_H} a =$  点  $A$  与  $W$  面的距离  $a''A$ ;

$y$  坐标  $y_A(Oa_{y_H} = Oa_{y_W}) = a_x a = a_z a'' =$  点  $A$  与  $V$  面的距离  $a'A$ ;

$z$  坐标  $z_A(Oa_z) = a_x a' = a_{y_W} a'' =$  点  $A$  与  $H$  面的距离  $aA$ 。

由此概括出点的三面投影特性:

(1) 点的投影连线垂直于投影轴。除了  $a'a \perp OX$  和  $a'a'' \perp OZ$  之外,应该注意到:点的  $H$  面投影与  $W$  面投影的连线分为两段,在  $H$  面上的一段垂直于  $H$  面上的  $OY_H$  轴,在  $W$  面上的一段垂直于  $W$  面上的  $OY_W$  轴,两者交会于过点  $O$  的  $45^\circ$  辅助线上。

(2) 点的投影到投影轴的距离,等于点的坐标,也就是该点与对应的相邻投影面的距离。

由此可知:只要已知一点的两面投影,就可确定它的坐标,也可确定它的第三个投影;通常用  $V$ 、 $H$  两投影面体系,需要时可扩展成  $V$ 、 $H$ 、 $W$  三投影面体系;可以想象,也可用  $V$ 、 $W$  两投影面体系,需要时同样可以扩展成  $V$ 、 $H$ 、 $W$  三投影面体系。

### (二) 投影面和投影轴上的点

图 1-7 是  $V$  面上的点  $B$ 、 $H$  面上的点  $C$ 、 $OX$  轴上的点  $D$  的立体图和投影图。从图中可以看出投影面和投影轴上的点的坐标和投影具有下述特性:

(1) 投影面上的点有一个坐标为零;在该投影面上的投影与该点重合,在相邻投影面上的投影分别在相应的投影轴上。值得注意的是: $H$  面上的点  $C$  的  $W$  面投影  $c''$  在  $OY$  轴上,在投影图中必须画在  $W$  面的  $OY_W$  轴上,而不能画在  $H$  面的  $OY_H$  轴上。

(2) 投影轴上的点有两个坐标为零;在包含这条轴的两个投影面上的投影都与该点重合,在另一投影面上的投影则与点  $O$  重合。

### (三) 两点的相对位置

如图 1-8 所示,两个点的投影沿左右、前后、上下三个方向所反映的坐标差,即这两个点对投影面  $W$ 、 $V$ 、 $H$  的距离差,能确定两点的相对位置;反之,若已知两点的相对位置以及其中的一个

① 本书用与空间点符号相应的小写拼音字母加两撇,作为该点的侧面投影的符号。

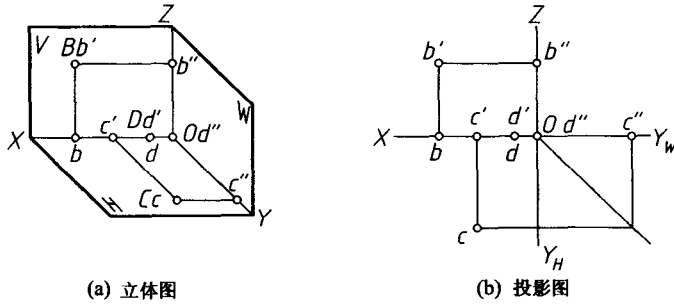


图 1-7 投影面和投影轴上的点

点的投影,也能作出另一点的投影。

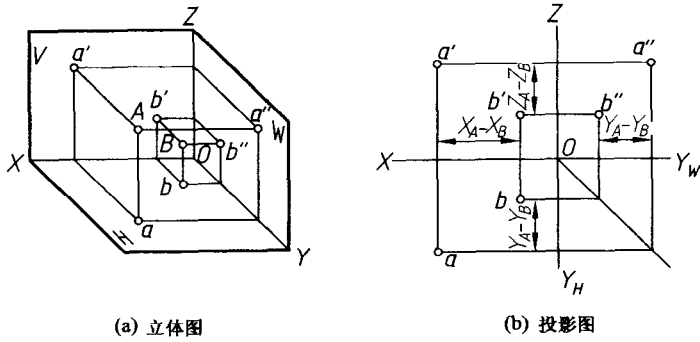


图 1-8 两点的相对位置

由于投影图是  $H$  面绕  $OX$  轴向下旋转、 $W$  面绕  $OZ$  轴向右旋转而形成的,所以必须注意:对水平投影而言,由  $OX$  轴向下是表示向前;对侧面投影而言,由  $OZ$  轴向右也表示向前。

(四) 重影点

若两点的某一同面投影(几何元素在同一投影面上的投影称为同面投影)重合,这两点称为对这个投影面或这个投影的重影点。

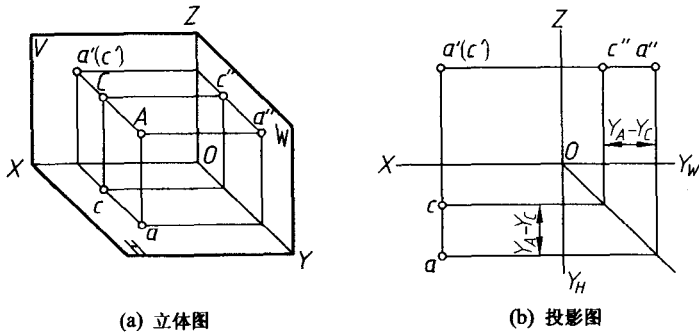


图 1-9 重影点

从图 1-9 可知:点  $C$  在点  $A$  之后  $y_A - y_C$  处,两点无左右距离差( $x_A - x_C = 0$ ),无上下距离差( $z_A - z_C = 0$ ),于是点  $C$  在点  $A$  的正后方,这两点的正面投影互相重合,点  $A$  和点  $C$  称为对正面投影的重影点。同理,若一点在另一点的正下方或正上方,是对水平投影的重影点;若一点在另一

点的正右方或正左方,则是对侧面投影的重影点。

正投影是将几何形体置于观察者和投影面之间,假想以垂直于投影面的平行视线(投射线)进行投影所得出的。因此,对正面投影、水平投影、侧面投影的重影点的互相重合的投影的可见性,分别应该是前遮后、上遮下、左遮右。例如在图 1-9 中,应该是较前的点  $A$  的投影  $a'$  可见,而较后的点  $C$  的投影  $c'$  被遮而不可见。在重影点的投影重合处,可以不表明可见性;若需表明,则可在不可见投影的符号上加括号,如图 1-9b 中的  $(c')$ 。

## § 1-3 直线的投影

### 一、直线及直线上点的投影特性

如图 1-10 所示,直线  $AB$ <sup>①</sup> 不垂直于  $V$  面,则过  $AB$  上各点的投射线形成的平面与  $V$  面的交线,就是  $AB$  的正面投影  $a'b'$ ; 直线  $DE$  垂直于  $V$  面,则过  $DE$  上各点的投射线,都与  $DE$  位于同一直线上,它与  $V$  面的交点,就是直线  $DE$  的正面投影  $d'e'$ ,称  $d'e'$  积聚成一点,或称直线  $DE$  的正面投影有积聚性<sup>②</sup>。由此可见:不垂直于投影面的直线的投影,仍为直线;垂直于投影面的直线的投影,积聚成一点。

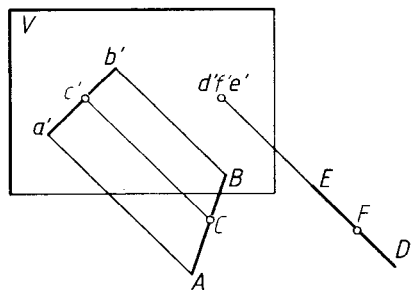


图 1-10 直线及其上的点

仍如图 1-10 所示,过直线  $AB$  上点  $C$  的投射线  $Cc'$ ,必位于平面  $ABb'a'$  上,故  $Cc'$  与  $V$  面的交点  $c'$ ,也必位于平面  $ABb'a'$  与  $V$  面的交线  $a'b'$  上;由于在平面  $ABb'a'$  上,  $Aa' // Cc' // Bb'$ ,所以  $AC:CB = a'c':c'b'$ 。又因过直线  $DE$  上点  $F$  的投射线  $Ff'$  也与  $DE$  位于同一直线上,则  $f'$  也积聚在  $d'e'$  上。

由此可见:直线上点的投影,必在直线的同面投影上;不垂直于投影面的直线段上的点,分割直线段之比,在投影图上仍保持不变。

**【例 1-1】** 如图 1-11a 的黑色图形所示,作出分线段  $AB$  为 3:2 的点  $C$  的两面投影  $c'$ 、 $c$ 。

**【解】** 解题过程如图 1-11b 中的红色图形所示。根据直线上点的投影特性,可先将线段  $AB$  的任一投影分为 3:2,从而得出分点  $C$  的一个投影,然后再作点  $C$  的另一投影。

具体的作图过程是:

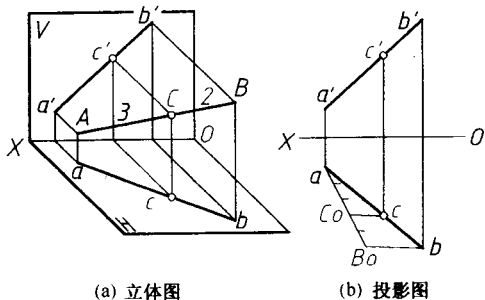


图 1-11 作分线段  $AB$  为 3:2 的分点  $C$

① 为了叙述简单起见,本书把直线段简称直线,在前面已这样简称。

② 直线的投影为点,面的投影为线,这种投影特性称为积聚性。也常说:直线的投影积聚成点;平面的投影积聚成直线;曲面的投影积聚成曲线。



- (1) 由  $a$  作任意直线,在其上量取 5 个单位长度,得  $B_0$ 。在  $aB_0$  上取  $C_0$ ,使  $aC_0:C_0B_0=3:2$ 。
- (2) 连  $B_0$  和  $b$ ,作  $C_0c//B_0b$ ,与  $ab$  交出  $c$ 。
- (3) 由  $c$  作投影连线,与  $a'b'$  交出  $c'$ 。

## 二、直线对投影面的各种相对位置

直线按对投影面的相对位置可分为下表所示的三类。后两类又可再各分三种,统称特殊位置直线。

直线	投影面平行线(只平行于一个投影面)	一般位置直线:对 $V, H, W$ 面都倾斜。
		正平线( $V$ 面平行线): $//V$ 面,对 $H, W$ 面都倾斜。
		水平线( $H$ 面平行线): $//H$ 面,对 $V, W$ 面都倾斜。
	侧平线( $W$ 面平行线): $//W$ 面,对 $V, H$ 面都倾斜。	
	投影面垂直线(垂直于一个投影面,平行于另外两个投影面)	正垂线( $V$ 面垂直线): $\perp V$ 面, $//H$ 面, $//W$ 面。
		铅垂线( $H$ 面垂直线): $\perp H$ 面, $//V$ 面, $//W$ 面。
侧垂线( $W$ 面垂直线): $\perp W$ 面, $//V$ 面, $//H$ 面。		

直线与它的水平投影、正面投影、侧面投影的夹角,分别称为该直线对投影面  $H, V, W$  的倾角  $\alpha, \beta, \gamma$ 。当直线平行于投影面时,倾角为  $0^\circ$ ;垂直于投影面时,倾角为  $90^\circ$ ;倾斜于投影面时,则倾角大于  $0^\circ$ ,小于  $90^\circ$ 。

### (一) 一般位置直线

如图 1-12 所示的一般位置直线  $AB$ ,对投影面  $V, H, W$  都倾斜,两端点分别沿前后、上下、左右方向对  $V, H, W$  面的距离差(即相应的坐标差)都不等于零,所以  $AB$  的三个投影都倾斜于投影轴。

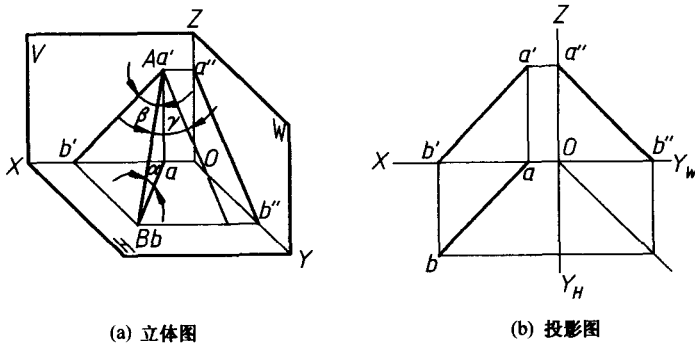


图 1-12 一般位置直线

从图 1-12a 中可看出: $ab = AB\cos\alpha < AB$ ,  $a'b' = AB\cos\beta < AB$ ,  $a''b'' = AB\cos\gamma < AB$ 。同时还可看出: $AB$  的投影与投影轴的夹角,不等于  $AB$  对投影面的倾角。

由此可得一般位置直线的投影特性:三个投影都倾斜于投影轴;投影长度小于直线的真长;投影与投影轴的夹角,不反映直线对投影面的倾角。