

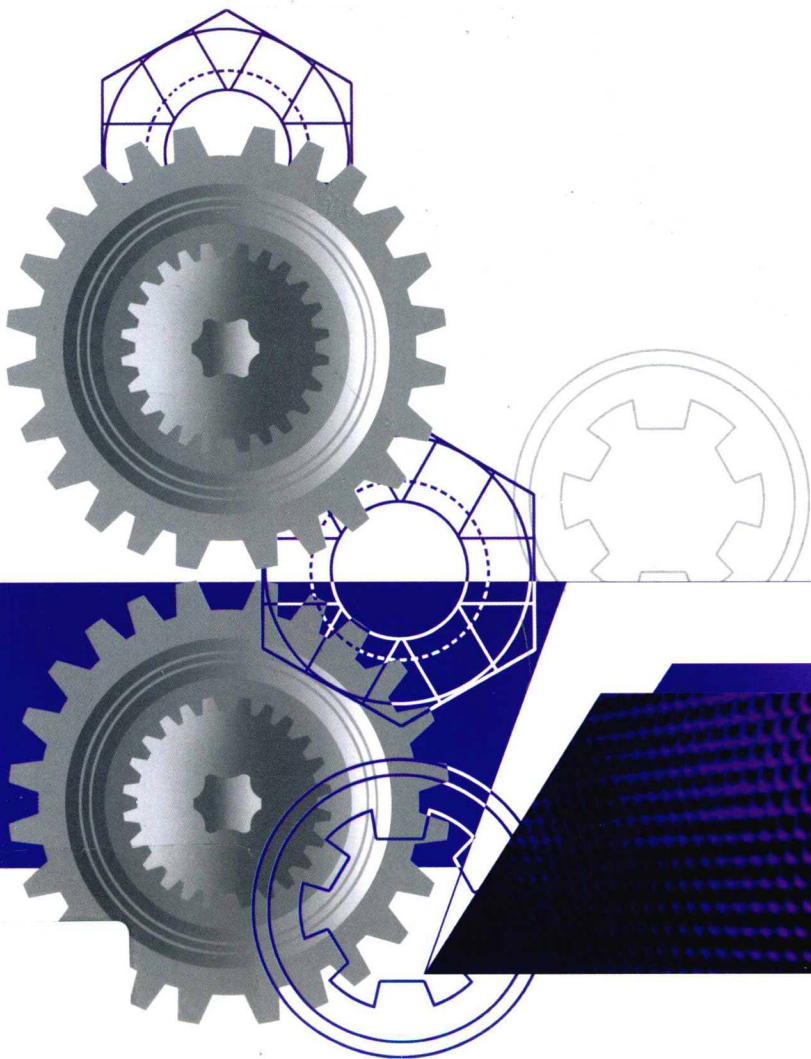


普通高等教育“十二五”规划教材
PUTONG GAODENGJIAOYU SHIERWU GUIHUAJIAOCAI

工程制图

◎主 编:杨放琼 云 忠 ◎副主编:徐绍军 欧阳立新 许良琼

GONGCHENGZHITU



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENGJIAOYU SHIERWU GUIHUAJIAOCAI

工程制图

◎主 编:杨放琼 云 忠 ◎副主编:徐绍军 欧阳立新 许良琼

GONGCHENGZHITU

常州大学图书馆
藏书章



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/杨放琼,云忠主编. —长沙:中南大学出版社,2012.8
ISBN 978-7-5487-0605-2

I. 工... II. ①杨...②云... III. 工程制图 - 高等学校 - 教材
IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 185482 号

工程制图

主编 杨放琼 云 忠

责任编辑 谭 平

责任印制 周 颖

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙市宏发印刷有限公司

开 本 787 × 1092 1/16 印张 26.25 字数 649 千字

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2013 年 1 月第 2 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-0605-2

定 价 52.00 元

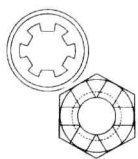
图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

本书是在 2007 年出版的普通高等教育“十一五”国家级规划教材的基础上,根据教育部制订的高等学校工科本科“画法几何及机械制图课程教学基本要求”和最新颁布的有关国家标准,为适应 21 世纪机械设计与制造业的发展变化而编写的。

全书共分十二章,主要内容包括:绪论,制图的基本知识与技能,点、直线、平面的投影,立体及其表面交线的投影,组合体,机件的表达方法,标准件与常用件,零件图与装配图,其他图样简介,计算机二维绘图及三维造型。

本书可作为高等学校机类、近机类或非机类各专业的教学用书及该课程双语教学的参考教材,也可供有关工程技术人员参考。与本书配套的《工程制图习题集》也作了相应的修订,由中南大学出版社同时出版,供选用。



普通高等教育机械工程学科“十二五”规划教材编委会

主任

(以姓氏笔画为序)

王艾伦 刘舜尧 李孟仁 尚建忠 唐进元

委员

(以姓氏笔画为序)

丁敬平 万贤杞 王剑彬 王菊槐 王湘江 尹喜云
龙春光 叶久新 母福生 朱石沙 伍利群 刘吉兆
刘先兰 刘忠伟 刘金华 安伟科 杨舜洲 李必文
李 岚 李 岳 李新华 何国旗 何哲明 何竞飞
汪大鹏 张敬坚 陈召国 陈志刚 林国湘 罗烈雷
周里群 周知进 赵又红 胡成武 胡仲勋 胡争光
胡忠举 胡泽豪 钟丽萍 贺尚红 聂松辉 莫亚武
夏宏玉 夏卿坤 夏毅敏 高为国 高英武 郭克希
龚曙光 彭如恕 彭佑多 蒋寿生 曾周亮 谭援强
谭晶莹 潘存云

总序 FOREWORD.

机械工程学科作为联结自然科学与工程行为的桥梁,是支撑物质社会的重要基础,在国家经济发展与科学技术发展布局中占有重要的地位。21 世纪的机械工程学科面临诸多重大挑战,其突破将催生社会重大经济变革。当前机械工程学科进入了一个全新的发展阶段,总的发展趋势是:以提升人类生活品质为目标,发展新概念产品、高效高功能制造技术、功能极端化装备设计制造理论与技术、制造过程智能化和精准化理论与技术、人造系统与自然界和谐发展的可持续制造技术等。这对担负机械工程人才培养任务的高等学校提出了新挑战:高校必须突破传统思维束缚,培养能适应国家高速发展需求的具有机械学科新知识结构和创新能力的高素质人才。

为了顺应机械工程学科高等教育发展的新形势,湖南省机械工程学会、湖南省机械原理教学研究会、湖南省机械设计教学研究会、湖南省工程图学教学研究会、湖南省金工教学研究会与中南大学出版社一起积极组织了高等学校机械类专业系列教材的建设规划工作,成立了规划教材编委会。编委会由各高等学校机电学院院长及具有较高理论水平和教学经验的教授、学者和专家组成。编委会组织国内近 20 所高等学校长期在教学、教改第一线工作的骨干教师召开了多次教材建设研讨会和提纲讨论会,充分交流教学成果、教改经验、教材建设经验,把教学研究成果与教材建设结合起来,并对教材编写的指导思想、特色、内容等进行了充分的论证,统一认识,明确思路。在此基础上,经编委会推荐和遴选,近百名具有丰富教学实践经验的教师参加了这套教材的编写工作。历经两年多的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,是他们集体智慧的结晶,也是他们教学教改成果的总结,体现了编写者对教育部“质量工程”精神的深刻领悟和对本学科教育规律的把握。

这套教材包括了高等学校机械类专业的基础课和部分专业基础课教材。整体看来,这套教材具有以下特色:

(1)根据教育部高等学校教学指导委员会相关课程的教学基本要求编写。遵循“重基础、宽口径、强能力、强应用”的原则，注重科学性、系统性、实践性。

(2)注重创新。本套教材不但反映了机械学科新知识、新技术、新方法的发展趋势和研究成果，还反映了其他相关学科在与机械学科的融合与渗透中产生的新前沿，体现了学科交叉对本学科的促进；教材与工程实践联系密切，应用实例丰富，体现了机械学科应用领域在不断扩大。

(3)注重质量。本套教材编写组对教材内容进行了严格的审定与把关，教材力求概念准确、叙述精练、案例典型、深入浅出、用词规范，采用最新国家标准及技术规范，确保了教材的高质量与权威性。

(4)教材体系立体化。为了方便教师教学与学生学习，本套教材还提供了电子课件、教学指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源支持服务平台。

教材要出精品，而精品不是一蹴而就的，我将这套书推荐给大家，请广大读者对它提出意见与建议，以利进一步提高。也希望教材编委会及出版社能做到与时俱进，根据高等教育改革发展形势、机械工程学科发展趋势和使用中的新体验，不断对教材进行修改、创新、完善，精益求精，使之更好地适应高等教育人才培养的需要。

衷心祝愿这套教材能在我国机械工程学科高等教育中充分发挥它的作用，也期待着这套教材能哺育新一代学子茁壮成长。

中国工程院院士 钟 掘

2012年7月

前言 PREFACE.

科学技术的飞速发展，制造业信息化使得传统的设计制造方法发生了颠覆性的变革，随之而来的是工程图样的概念、作用乃至表达方式都发生了深刻的变化。作为工科学技术基础课的工程图学，也面临着新的挑战与契机。为了适应 21 世纪机械设计与制造业的发展变化，我们编写了该教材。

本书是在 2007 年出版的普通高等教育“十一五”国家级规划教材的基础上，根据教育部制订的高等学校工科本科“画法几何及机械制图课程教学基本要求”和最新颁布的有关国家标准，参考国内外同类教材改编而成，是编者近几年来教学改革成果与经验的结晶。

本版除保持了原版本的“内容新、重基础、强调创新、系统性强”等特点外，在内容和编排上作了较大的调整与修改：

1. 围绕产品设计过程组织教材，将离散的知识有机结合起来，注重培养学生的工程综合应用能力。如在机械图部分，将齿轮油泵这一机械产品实例贯穿于零件图、装配图等章节，使学生在模拟设计过程中学习与之相关的工程表达知识，提高综合运用能力。

2. 引入现代三维 CAD 成型理论和方法，将形体分析与特征分析统一起来，使传统内容与现代内容相一致。如在基本立体和组合体部分，将组合体二维读图与三维建模相结合，既降低了学习难度，又提升了学生的空间形象思维能力。强化了构形设计的内容，使学生能够掌握现代产品创意构思，结构设计的基本方法及过程。在构形设计中还需同时考虑产品功能、加工、经济、美观等多种因素，有利于提高学生的学习兴趣、创新思维、综合分析和解决问题能力的培养，进行工程师入门教育。

3. 将国内外广泛应用的 AutoCAD 二维绘图、Pro/E 三维软件引入教材, 计算机绘图软件升级为最新的 2010 版本。相关的国家标准也更新为最新标准。

4. 绪论部分增加了工程制图发展史以及今后发展方向的介绍, 使学生对该课程有一个全面系统的了解, 有利于学生开阔眼界、拓展思维。

5. 在教材编排上, 将零件图一章提到标准件的前面, 计算机二维绘图以及三维造型放到最后, 保持教材的连贯性、系统性, 便于教学。

本书可作为高等学校机类、近机类或非机类各专业的教学用书及该课程双语教学的参考教材, 也可供有关工程技术人员参考。与本书配套的《工程制图习题集》也作了相应的修订, 供广大读者选用。

参加本书编写工作的有: 杨放琼(第 1 章、第 8 章、第 10 章、主要词汇中英文对照), 陈斌(第 2 章、第 3 章), 许良琼(第 4 章), 袁望姣(第 5 章), 徐绍军(第 6 章), 赵先琼(第 7 章), 云忠(第 9 章), 汤晓燕(第 11 章), 欧阳立新(第 12 章), 最后由杨放琼统一定稿。由杨放琼、云忠担任主编。

本书在编写和出版过程中, 得到了中南大学出版社和中南大学机电工程学院机械设计系全体老师的大力支持, 在写作过程中, 还得到了朱泗芳教授和彭海波教授的鼎力支持, 在此一一致谢!

由于作者水平有限, 书中缺点、错误在所难免, 敬请广大读者及图学界同仁批评指正。

编者

2012 年 7 月

CONTENTS. 目录

第1章 绪论	(1)
1.1 本课程的性质、历史沿革与发展方向	(1)
1.2 投影的基本知识	(3)
1.3 三视图的形成及投影规律	(6)
第2章 制图的基本知识与技能	(10)
2.1 国家标准《技术制图》与《机械制图》的有关规定	(10)
2.2 尺规制图工具及其使用	(23)
2.3 几何作图	(25)
2.4 徒手绘图	(31)
第3章 点、直线、平面的投影	(35)
3.1 点的投影	(35)
3.2 直线的投影	(38)
3.3 平面的投影	(44)
第4章 立体及其表面交线的投影	(50)
4.1 立体的投影	(50)
4.2 平面截切立体——截交线的投影	(61)
4.3 立体与立体相交——相贯线的投影	(74)
第5章 组合体	(82)
5.1 组合体的组成分析	(82)
5.2 组合体视图的画图方法	(85)
5.3 组合体的尺寸标注	(89)
5.4 组合体的读图方法	(95)
5.5 组合体的轴测图表达	(100)
5.6 组合体的构型设计	(109)

第 6 章 机件的表达方法	(117)
6.1 视图	(117)
6.2 剖视图	(122)
6.3 断面图	(132)
6.4 其他表达方法	(134)
6.5 表达方法综合举例	(139)
6.6 剖视图的轴测表达	(142)
6.7 第三角画法简介	(142)
第 7 章 零件图	(145)
7.1 零件和零件图概述	(145)
7.2 零件表达方案的选择	(147)
7.3 零件图的尺寸标注	(157)
7.4 零件图的技术要求	(165)
7.5 零件结构的工艺性简介	(183)
7.6 读零件图	(188)
7.7 零件测绘	(192)
第 8 章 标准件与常用件	(197)
8.1 螺纹及其螺纹紧固件	(197)
8.2 键、销连接	(211)
8.3 滚动轴承	(214)
8.4 弹 簧	(217)
8.5 齿 轮	(220)
第 9 章 装配图	(227)
9.1 装配图的作用和内容	(227)
9.2 装配图的表达方法	(227)
9.3 装配图的尺寸标注和技术要求	(233)
9.4 装配图中的零件序号和明细栏	(235)
9.5 装配结构的合理性简介	(237)
9.6 部件测绘与装配图的画法	(244)
9.7 读装配图和由装配图拆画零件图	(251)
第 10 章 其他图样简介	(259)
10.1 展开图	(259)
10.2 焊接图	(267)
10.3 房屋建筑图	(273)

第 11 章 计算机二维绘图	(289)
11.1 AutoCAD 基础知识	(289)
11.2 辅助绘图工具	(296)
11.3 用 AutoCAD 绘制简单二维图形	(299)
11.4 阴影图案填充	(302)
11.5 文字标注	(303)
11.6 图形的编辑	(306)
11.7 尺寸标注	(316)
11.8 图块与属性	(323)
11.9 零件图绘制举例	(327)
第 12 章 计算机三维实体造型	(334)
12.1 概 述	(334)
12.2 三维坐标和三维界面	(334)
12.3 创建三维实体	(336)
12.4 修改三维实体	(342)
12.5 用户坐标系	(348)
12.6 观察三维图形	(351)
12.7 组合实体的造型	(357)
12.8 由三维造型图生成二维工程图	(370)
12.9 其他 CAD 软件简介	(375)
附 录	(377)
附录 1 标准结构	(377)
附录 2 标准件	(383)
附录 3 极限与配合	(393)
附录 4 常用金属材料	(400)
主要词汇中英文对照	(402)
参考文献	(406)

第1章 绪 论

1.1 本课程的性质、历史沿革与发展方向

1.1.1 课程的性质与定位

工程制图是一门以投影理论为方法,以几何学及形数结合等知识为前提,研究解决空间几何问题以及绘制、阅读工程图样的理论与方法的课程。在现代工业生产中,无论是各种机器、设备、仪器仪表的设计制造,还是各项建筑工程、水利工程、电器工程等的设计施工,都离不开工程图样。在使用这些机器、设备和仪器时,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,工程图样是工程信息的有效载体以及工程技术人员表达和交流思想的重要工具,被喻为工程技术界的“语言”。

工程制图是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课,也是高等院校培养高级工程技术人才的必修课。学习本课程的主要任务是:

- (1) 培养用投影理论图示、图解空间几何问题的初步能力;
- (2) 培养绘制和阅读工程图样的基本能力,学习查阅相关标准的基本方法;
- (3) 培养初步的构型能力和创新能力;
- (4) 培养使用 CAD 软件绘制工程图样的能力;
- (5) 培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

另外,从培养创新型人才的角度看,当前很多的院校将工程制图系列课程列为非机械专业学生的素质教育课程。这是因为工程制图是一门把形象思维能力作为专项进行训练的課程,而形象思维能力对于学生创新设计能力的培养是不可或缺的。因此,图学素质是塑造创新意识和创新设计表达能力的重要基础平台。

美国排名前十的大学的四所在有关工科的系列课程中开设了单独的工程图学课程,其他学校工科系列课程的机械基础或制造工程系列课程中,也包含有工程图学内容。美国密歇根大学提出培养工科类学生三种能力:把想法变为图形的能力;把图形变为模型的能力;把模型变为产品的能力。三种能力的培养均与工程图学课程密切相关。

1.1.2 课程历史沿革与发展方向

1. 历史沿革

自从劳动开创人类文明史以来,图形与语言、文字一样,是人类认识自然、表达和交流思想的基本工具。远古时代,人类从制造简单工具和营造建筑物,就开始使用图形来表达意图。三千多年前,我国劳动人民就创造了“规、矩、绳、墨、悬、水”等绘图工具。“没有规矩,不成方圆”,反映了中国古代对尺规作图已有深刻的理解和认识。

18 世纪欧洲的工业革命促使一些科学技术的迅速发展,对图样的度量性能要求越来越高,改变图样的表达方式势在必行。法国著名科学家蒙日(Gaspard Monge, 1746—1818)总结前人经验,根据平面图形表示空间图形的规律,应用投影法创建了《画法几何学》(1789 年出版),奠定了图形理论基础,将工程图的表达与绘制规范化。虽然现代画法几何的理论并不都是蒙日的首创,我国和世界上很多科学家在蒙日之前就有了画法几何方面许多内容的应用和实践,但是,是蒙日的《画法几何学》把数学和图学紧密地联系到了一起,使人们能够用准确的方式表达出物体的形状,这不仅在科学上有着重大的意义,同时也奠定了工程图学的理论基础,促进了工程图学技术的飞速发展。20 世纪 50 年代,中国著名学者赵学良教授将三视图的投影规律简明而通俗地总结为“长对正、高平齐、宽相等”,从而使制图易学易懂。近 20 年来,工程图学的内容日渐扩展,除“图示”的理论、技术和标准日益完善外,“图解”、“图算”、“图表”的内容也不断增加。

随着计算机技术的发展,出现了二维 CAD 软件,作为计算机辅助绘图的工具,被工程界广泛使用。这种技术上的进步,在一定程度上提高了设计效率。为适应这一发展趋势,在工程图学教学中将计算机辅助绘图引入到教学之中,满足了社会需求。但二维 CAD 软件有它的局限性,只是把原来绘图板上的手工画图工作转变为借助计算机去完成。“甩图板”并未脱离传统的设计理念和方法,因此基于二维 CAD 的工程图学教学改革只是二维工程制图+计算机辅助绘图的简单叠加而已。

制造业信息化使得传统的设计制造方法发生了颠覆性的变革,以 CAX(CAD/CAM/CAPP/CAE/…)技术为代表的制造业信息化技术不但促进了生产力水平的提高,也带来了设计方式的变革。以 CAD 为例,三维 CAD 设计制造技术的出现,不仅使直接进行三维设计成为可能,更是从真正意义上实现了以产品几何模型为核心的 CAD/CAPP/CAM 一体化设计。近年来以三维参数化实体设计为标志的现代设计、制造技术已被广泛应用。CAD 三维设计软件如 3DstudioMAX、Pro/Engineer、Solidworks、UG、Inventor 等已广泛用于工程设计与制造中,随之而来的是工程图样的概念、作用乃至表达方式都发生了深刻的变化。传统的二维工程图样已不再是表达设计结果的唯一载体或手段,并且越来越不能满足现代制造业数字化、信息化发展的要求。

另一方面,随着知识更新的加快,原本是研究生课程的 CAX 课程群正逐步向本科生课程转移,并融入到机械系列课程的各环节。工程制图课程作为该课程群的最基本单元,必须顺应这一潮流的变化。反过来,工程信息化,产品设计数字化等先进制造技术也为工程图学的发展提供了新的契机,提出了新的挑战。在新的时期下该课程所要解决的主要问题是:

(1) 如何正确处理传统的投影理论与现代工程图学的关系,将画法几何、工程制图、计算机绘图三部分内容融会贯通;

(2) 如何把握三维造型与二维表达之间的关系,二维与三维在工程图学中各自所占的比重,将测绘动手类实验与计算机建模、三维造型结合起来,使学生较为完整地掌握工程设计方法;

(3) 工程图学课程与机械工程训练基础等其他课程的有机衔接与整体优化,如何将虚拟设计、虚拟装配等概念引入工程图学,拓宽学生的视野和思路。

2. 发展方向

(1) 在图学理论研究方面,鉴于三维画法几何的局限性,要求人们向多维画法几何领域

进行探索。现在,四维画法几何已经有了比较完整的理论,使得三维空间无法解决的问题在四维中很容易就得到了解决,如金属学中四元合金系统的表示;流线型曲面的图解设计;数学中的多元重积分;复变函数及线性规划的图解;近代物理相对论的描述等等。在科学技术不断发展的今天,人们将向更高维数画法几何领域的研究方向探索,不断开拓图学研究的新领域。

(2)在图学应用技术方面,由于计算机技术和信息技术的迅猛发展,不仅使得图样的表现形式、存储形式发生了根本改变,而且使其作用发生了改变。图样不仅仅是产品的完整的数字化载体,而且还是产品在设计、优化、仿真、分析、NC编程等各个环节中工程技术人员的直接操作对象。为支持快速敏捷制造,几何知识的共享已成为制约现代制造技术中产品开发和制造的关键问题。科学技术的飞速发展,产品功能要求的日益增多,复杂性增加,寿命期缩短,更新换代速度加快。随着计算机图形学、人工智能、计算机网络等基础技术的发展和计算机集成制造、并行工程、协同设计等现代设计理论和方法的研究,使得CAD系统也由单纯二维绘图向三维智能设计、物性分析、动态仿真等方向发展;参数化设计向变量化和VGX(超变量化)方向发展。作为CAD技术核心的几何建模,由最初的线框模型、表面模型发展到实体模型,特征模型经历了由几何信息模型、拓扑信息模型直至产品的发展过程,实现了设计、制造、测试一体化。

(3)图学理论与计算机技术的结合,将大大拓展工程图学的研究范围,促进该学科与其他学科的交叉发展,画法几何、轴测投影、透视原理、拓扑变换、四维空间等实用技术在其他行业中也必将得到广泛的应用和实践。

1.2 投影的基本知识

在工程实际中,常常要用到各种图样,如机械制造中,要用到机械图;建筑工程中;要用到建筑图;在宣传广告中,要用到透视图;等等。这些图样都是按照某种投影方法绘制而成的。

1.2.1 投影法

1. 投影原理

众所周知,当灯光或日光照射物体时,在地面或墙面会出现物体的影子。投影法就是人们根据这一现象抽象总结出来的。

图1-1中,将光源 S 视为一点,称为投射中心,自 S 点且通过物体上任意一点的连线称为投射射线,如图中的 SA 、 SB 、 SC 。平面 H 称为投影面。延长 SA 、 SB 、 SC 与 H 面相交,交点 a 、 b 、 c 称为 A 、 B 、 C 点在 H 面上的投影。 $\triangle abc$ 就是 $\triangle ABC$ 在 H 面上的投影。这种将空间物体向选定的面投射,并在该面上形成投影的方法称为投影法。选定的平面称为投影面。

物体、投射射线、投影面构成投影的三要素。

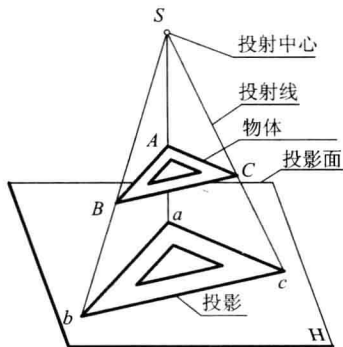


图1-1 中心投影法

2. 投影法的分类

投影法分为中心投影法和平行投影法两种。

1) 中心投影法

所有的投射光线都从投射中心 S 发出的投影法称为中心投影法,用这种方法得到的投影称为中心投影(图 1-1)。

2) 平行投影法

所有的投射光线都相互平行(投射中心移至无穷远时)的投影法称为平行投影法。按照投射光线与投影面是否垂直,平行投影法又分为斜投影法和正投影法两种。

(1) 斜投影法——投射光线倾斜于投影面[图 1-2(a)]。

(2) 正投影法——投射光线垂直于投影面[图 1-2(b)]。

由于采用正投影法在投影图上容易表达物体的形状与大小,度量性好,作图方便,故在工程上应用最广,大多数工程图都是采用正投影法绘制。正投影法是制图的主要理论基础。

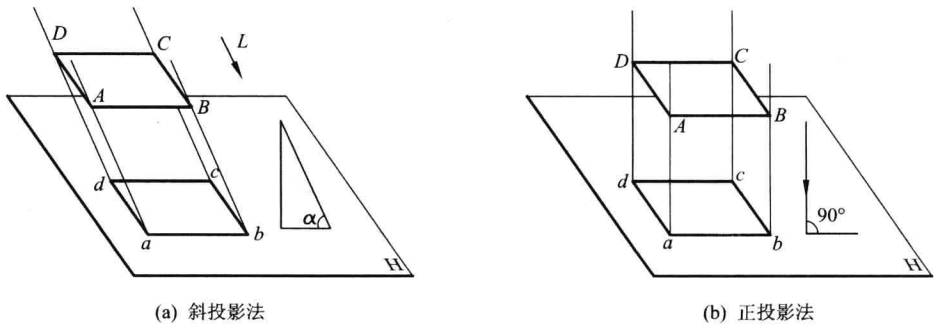


图 1-2 平行投影法

1.2.2 正投影的基本性质

1. 全等性

当直线或平面平行于投影面时,直线的投影反映真长,平面的投影反映真形,这种性质称为全等性,如图 1-3(a)所示。

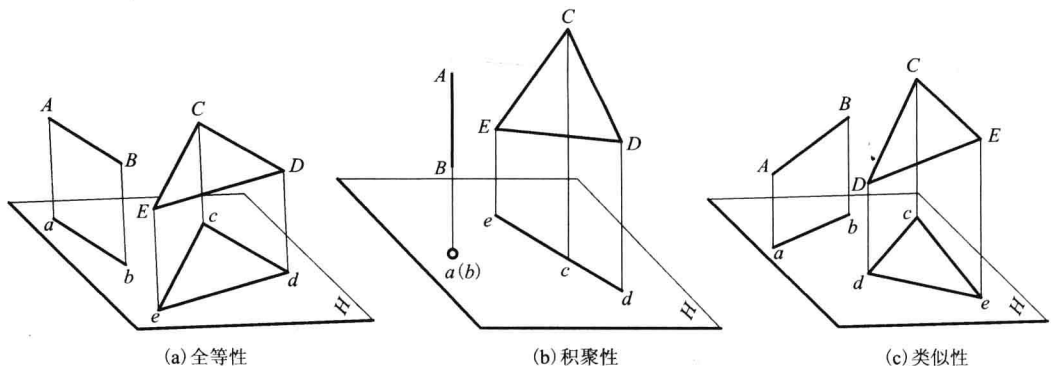


图 1-3 正投影的基本性质

2. 积聚性

当直线或平面垂直于投影面时,直线的投影积聚为一点,平面的投影积聚为一直线,这种性质称为积聚性,如图1-3(b)所示。


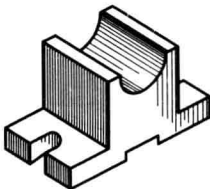
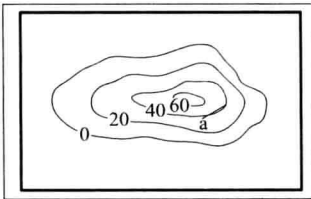
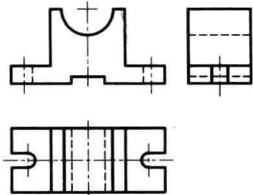
3. 类似性

当直线或平面倾斜于投影面时,直线的投影仍为直线但小于真长,平面的投影与空间平面图形类似但小于真形,这种性质称为类似性,如图1-3(c)所示。

1.2.3 工程上常用的投影图

工程上常用的投影图有四种:透视图、轴测图、标高图和多面正投影图(表1-1)。

表1-1 工程上常用的投影图

投影法	投影图名称	投影面数量	图 例	特点及应用
中心投影法	透视图	单面		直观性强、逼真。三个方向的平行线都汇交于一点,但作图复杂且度量性差
平行投影法	轴测图	单面		直观性强,度量性较差,没有透视图逼真,但作图比透视图简便
	标高图	单面		是表示不规则曲面及土木结构物投影图的主要方法,用正投影法加标注高程数值表达物体的形状
	多面正投影图	多面		能准确地表达物体的形状大小,度量性好,且作图简便,但直观性较差

1. 透视图

透视投影图(简称透视图、透视)是用中心投影法将物体投影在单一投影面上得到的图形,直观性和立体感很好,在工程上常作为“效果图”使用。