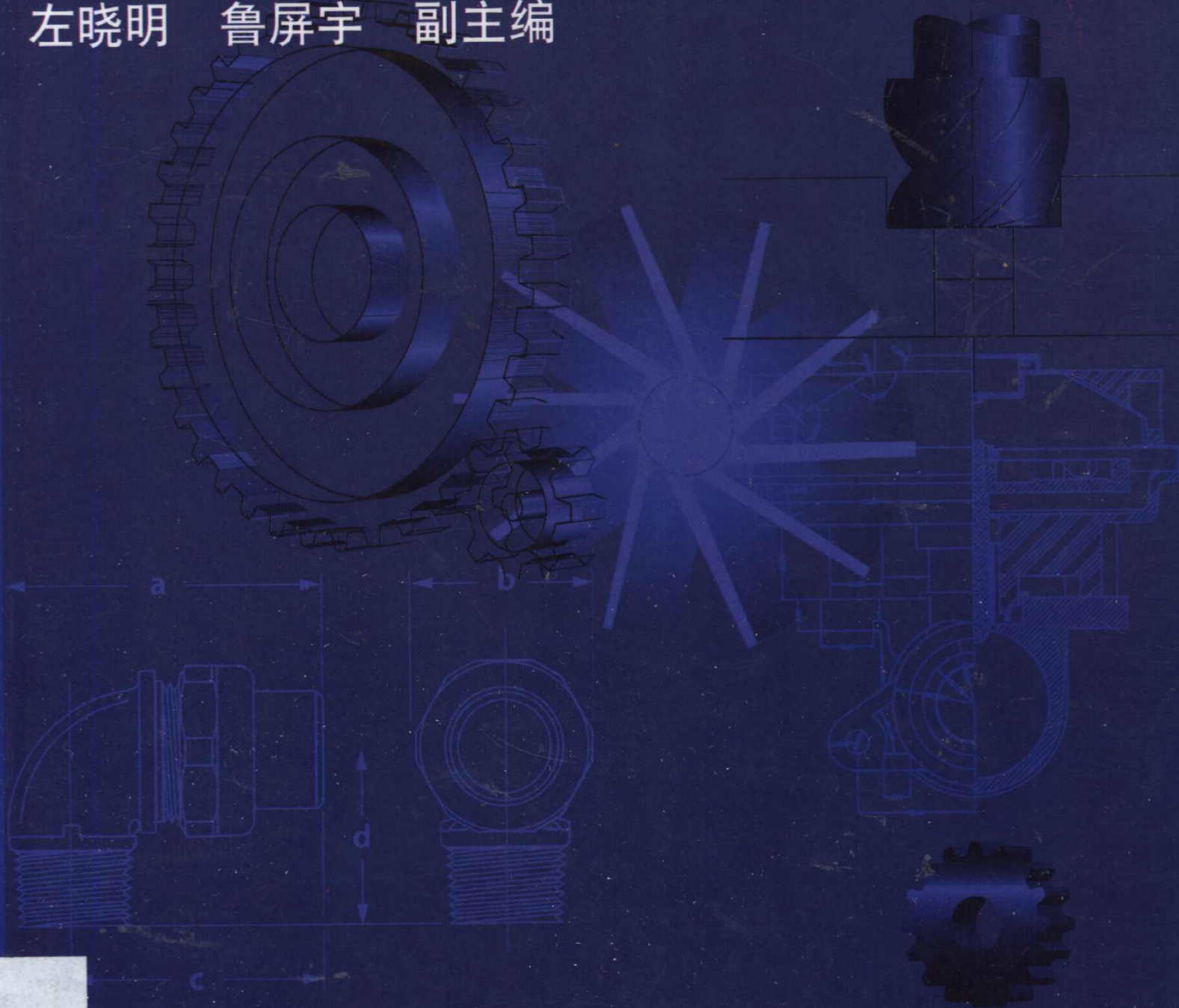


普通高等教育机电类规划教材

工程图学

王宗荣 主编
左晓明 鲁屏宇 副主编



机械工业出版社
China Machine Press

普通高等教育机电类规划教材

工 程 图 学

主 编	王宗荣	
副主编	左晓明	鲁屏宇
参 编	姜楠	惠学芹
	叶霞	毛洁民
主 审	秦松涛	徐文宽



机械工业出版社

本书是为适应江苏一般地方工科院校机械设计制造及自动化专业教学改革特点,立足于培养面向 21 世纪的高级工程技术应用型人才而编写的。全书共分三部分:投影理论,计算机绘图原理及应用,工程制图。以 CAD 为主线,将工程制图、计算机绘图内容进行重新整合编排,立足掌握现代制造技术的思想和方法,将徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图三者并重,体现高级工程应用型人才培养的特点,重视素质教育,突出应用能力和创新能力的培养,同时注意跟踪高科技发展,精炼和革新传统内容,拓宽计算机绘图基础知识,力求突出其科学性、先进性和适用性。

本书配有《工程图学习题集》,由机械工业出版社同时出版。另配有《计算机绘图上机指导》、《交互式 CAI 课件》先后出版。

本书可供大学本科机械设计制造及自动化专业或近机类专业学生使用,也可供高职高专、电大、职大、函授大学、夜大相近专业学生使用,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程图学/王宗荣主编. —北京:机械工业出版社,
2001.8

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-09205-8

I. 工… II. 王… III. 工程制图:计算机制图-
高等学校-教材 IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 051740 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:高文龙 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新
郑 丹

封面设计:姚 毅 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·13.625 印张·532 千字

0 001—5 000 册

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
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677—2527

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘书：周骥平

委员：（排名不分先后）

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

序

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想、新观念、不断创新、善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、加大教学方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的应用性的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 31 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

（1）科学定位。本套教材主要用于应用性本科人才的培养。

（2）强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。就是要体现一般工科院校的特点、特色,符合一般工科院校的实际教学要求,不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想,不为教而教,要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力,为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然,本套教材尽管主观上想以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前,但由于是一种新的探索以及其它可能尚未认识到的因素,难免有这样那样的缺点甚至错误,敬请广大教师和学生以及其它读者不吝赐教,以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合,在此一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业机电类规划教材编审委员会

主任 邱坤荣

2001 年元月于南京

前 言

本书是在吸取了近几年来,特别是工科类“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”实施以来所取得的一系列改革成果的基础上,根据我国高等学校工科画法几何与工程制图课程教学指导委员会制订的“画法几何及工程制图、计算机绘图课程教学基本要求”中规定的课程地位、性质和任务、课程内容与要求,结合江苏省一般地方工科院校机械设计制造及自动化专业教学改革特点,立足培养面向 21 世纪的高级工程应用型人才,面向现代制造技术,以 CAD 为主线,精选内容编写而成的。

本教材具有如下特色:

1) 体现高级应用型人才培养的特点,重视素质教育,突出应用能力和创新能力的培养。

2) 内容实用,重点突出,做到“突出看、画、读结合,学用一致”。

3) 强调徒手绘图的基本功训练,注意正确处理徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图三者之间的关系。

4) 以 CAD 为主线,对传统的“组合体”部分进行了大胆的创新,对“曲线曲面”部分增加了计算机的处理,对“立体图”部分增加了透视图基本知识。

5) 注意把握高科技发展的脉搏,精炼和革新传统内容,拓宽计算机绘图知识,力求突出其科学性、系统性、先进性及适用性。

本书采用最新国家标准,注意理论联系实际,内容由浅入深,阐述深入浅出,知识结构严谨,图文并茂。本书是机械设计制造及自动化专业及相近专业,开设“画法几何及机械制图”、“计算机绘图”课程的理想教材。本书配有《工程图学习题集》、《计算机绘图上机指导》以及《交互式 CAI 课件》,力求及时消化、巩固课堂所学内容,开发学生智力,注意自学能力培养及全面素质的提高,努力培养学生创新的能力。

参加本教材编写的有:王宗荣(绪论,第六、七、八、九章,附录 A、B),左晓明(第十、十三章),鲁屏宇(第十二、十四章),姜楠(第二、三章,附录 C),惠学芹(第四、五章),叶霞(第十一章),毛洁民(第一章)。本书由王宗荣任主编,左晓明、鲁屏宇任副主编,全书由王宗荣统稿并定稿。本书由南京林业大学秦松涛教授、盐城工学院徐文宽副教授主审。主审对书稿进行了仔细的审阅,提出了许多宝贵意见,特别是徐文宽副教授从编写大纲的审定直到最后定稿自始至终关心本书的编写。汪俊修副教授审阅了全书,并提出了许多好的建议,在此表

示衷心的感谢。此外，本书的编写工作还得到了朱洪海高工、葛友华博士的帮助和指导，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中内容、体系、结构不当甚至错误在所难免，敬请各位专家、学者不吝赐教，欢迎读者批评指正。

编 者

2001 年 3 月

目 录

序	
前言	
绪论	1
第一篇 投影理论	
第一章 点、直线的投影	5
第一节 平行投影及其特性	5
第二节 点的投影	8
第三节 直线的投影	15
第二章 平面的投影	22
第一节 投影图中平面的表示法	22
第二节 各种位置平面的投影	23
第三节 平面上的点、直线和圆	27
第三章 直线与直线、直线与平面、平面与平面的相对位置	32
第一节 平行问题	32
第二节 相交问题	36
第三节 垂直问题	42
第四节 综合问题图解	47
第四章 投影变换	52
第一节 换面法	53
第二节 旋转法	60
第五章 基本体的投影及表面交线	64
第一节 基本形体的投影	64
第二节 截交线	74
第三节 相贯线	84
第六章 集合体的构形与三视图	98
第一节 集合体的构形原理	98
第二节 集合体的三视图	102
第三节 集合体的投影分析与读图	109
第七章 轴测投影与透视投影	116
第一节 轴测图的基本知识	116
第二节 常用轴测投影图	117

第三节	透视投影图简介	127
第二篇	计算机绘图基本原理及应用	
第八章	计算机绘图的基本原理	135
第一节	计算机绘图系统的组成	135
第二节	Turbo C 屏幕绘图基础	138
第三节	二维图形的计算机生成	147
第四节	几何变换	158
第九章	曲线与曲面	169
第一节	曲线、曲面的投影	169
第二节	曲线、曲面的计算机处理	177
第十章	AutoCAD 绘图软件的应用	192
第一节	概述	192
第二节	AutoCAD 的基本操作及术语	193
第三节	AutoCAD 绘图操作流程与实例	202
第三篇	工程制图	
第十一章	制图基本知识	217
第一节	技术制图标准简介	217
第二节	尺寸注法	225
第三节	绘图工具简介	229
第四节	徒手图的绘制	233
第五节	平面图形的画法及尺寸标注	236
第六节	立体的尺寸标注	243
第十二章	机件的表达方法	247
第一节	视图	247
第二节	剖视图	252
第三节	断面图	264
第四节	其它表达方法	266
第五节	综合应用举例	272
第六节	第三角投影法简介	277
第十三章	零件图	280
第一节	零件图的绘制	280
第二节	零件的构形分析及表达	281
第三节	标准件与常用件	289
第四节	零件的表达及尺寸标注	313
第五节	零件图的技术要求	324
第六节	读零件图	339

第十四章 装配图	343
第一节 装配图的内容	345
第二节 装配图的视图选择及表达方法	345
第三节 装配图的尺寸标注和技术要求	348
第四节 装配图中序号和明细栏的编写	349
第五节 装配结构工艺性和常见装配结构简介	351
第六节 部件测绘和装配图画法	355
第七节 读装配图和由装配图拆画零件图	367
附录 A 技术制图通用术语的中、英文对照	376
附录 B 常用标准及技术资料	380
附录 C Turbo C 语言及图形功能	413
参考文献	426

绪 论

一、工程图学的研究对象与发展

工程图学是研究工程图样的绘制、表达和阅读的一门应用学科。工程图学也和其它学科一样，是在长期社会生产劳动中不断总结而发展起来的，是伴随着机械制造业、建筑工程等学科的发展而发展的。18 世纪 60 年代，英国首先从纺织业开始了工业革命；80 年代，继纺织业之后，蒸汽机的发明和应用，使工业革命得到进一步的发展，迅速扩及化学、采掘、冶金及机械制造等部门，从而产生了作为产品信息载体的工程图。1795 年，法国的几何学家、工程师蒙日为了解决军事工事建筑中遇到的有关度量等工程实际问题，系统地提出了以投影几何为主的画法几何学，从而使画法几何学成为工程图的“语法”，工程图成为工程界的“世界语”，使工程图学真正成为一门科学。

在我国古代，由于水利工程、房屋施工、庙宇和宫殿建筑的需要，产生了以平面图形表达物体形状的方法。早在春秋战国时代（公元前 770—公元前 476 年）的技术著作《周礼考工记》中已有了关于“规、矩、绳、墨、悬、水”等绘图，测绘工具的记载。宋代建筑家李诫所著《营造法式》（公元 1103 年），其中不仅记载了我国传统使用的轴测图，而且还有许多采用正投影绘制的图样，其中的殿堂举折图和斗拱图（见图 0-1），已与近代的正投影图和轴测图相差无几。明末成书的《武备志》（公元 1640 年左右）中的九尾战车图，不仅有外形图，而且还有各个零件的零件图，这些均说明工程图学在我国发展和应用都早于欧洲，水平也较高，只是在近三、四百年，与其它学科一样，逐步落伍，特别在近代，由于受西方列强的侵略和欺凌，工程图学的发展也受到了影响。

解放后，切特维鲁新、弗罗洛夫等前苏联学者对我国工程图学发展产生了巨大的影响，他们的关于加强学生逻辑思维训练、培养拓宽空间想象能力等方法至今还在沿用，并起到了很好的作用。我国工程图学学者，华中科技大学赵学田教授简洁通俗地总结了三视图“长对正，宽相等，高平齐”的投影规律，从而使工程图学易学、易懂。

近二十年来，随着改革开放的不断深化、计算机的广泛应用，特别是以计算机图形学为基础的计算机辅助设计（Computer Aided Design，简称 CAD）技术几乎推动了所有工业领域的设计革命。CAD 技术的设计过程是：设计人员首先用键盘、数字化仪、光笔等输入装置，将设计的原始参数和方案输入到计算机中去，在显示器上可以看到由计算机按设计师的意图设计的产品图样，显示的图样可以是

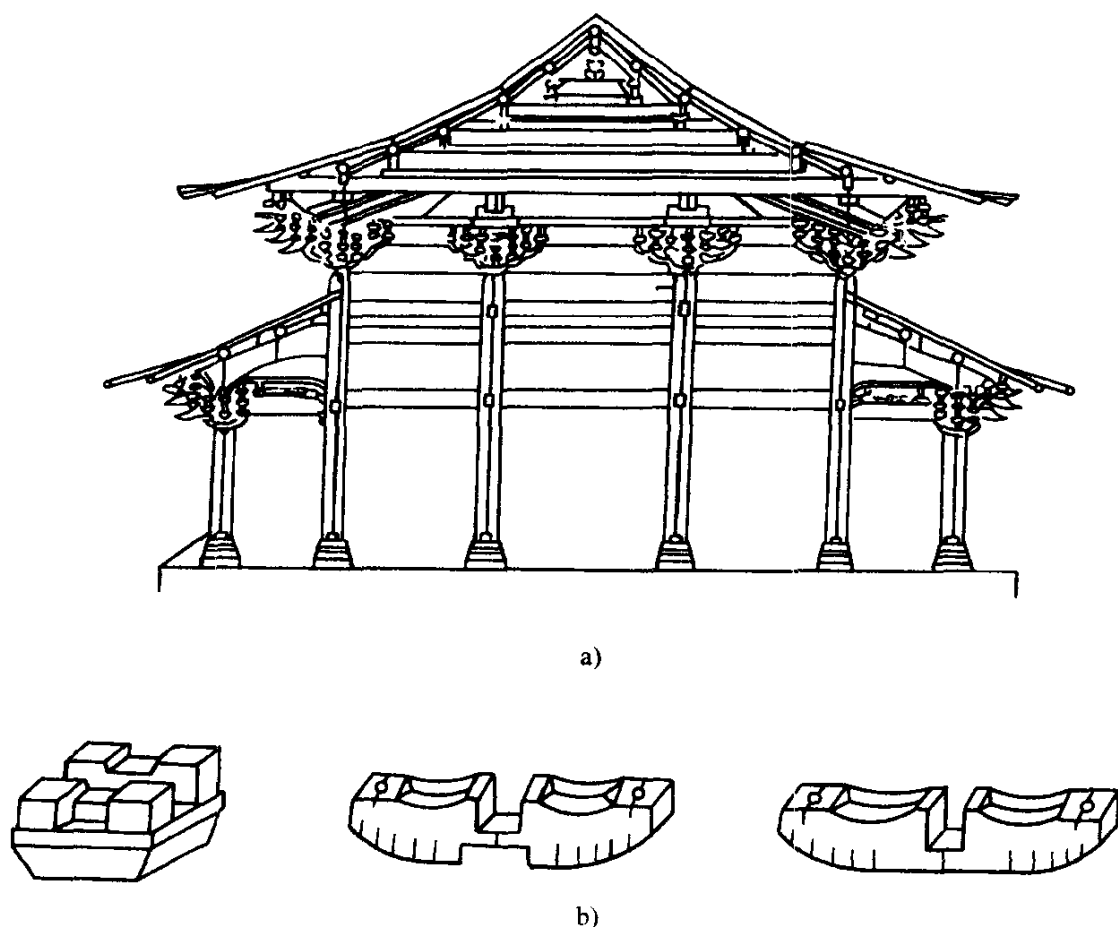


图 0-1 [宋] 李诫著《营造法式》插图

a) 殿堂举折图 b) 斗拱图

立体图或工程图样。图样可以按照设计者的需要进行放大、缩小、平移、旋转，以便从各个角度观察所设计的产品，并且进行修正，直到满意。最后由计算机控制绘图机自动地绘制出精度很高的零件图、部件图或装配图。CAD 技术从根本上改变了过去的手工绘图、凭图纸生产的管理模式。CAD 技术正在以前所有速度向数字化、标准化、网络化、集成化方向发展，工程图学因此也得到了快速的发展。

二、本课程的性质和任务

在工程技术中，准确地表达机器、设备及建筑物的形状大小和有关技术要求的图形称为工程图样。工程图样是进行技术交流的重要工具。设计者通过工程图样表达设计思想，制造者依据工程图样组织生产，使用者借助工程图样了解其结构和性能。在高等工科院校，本课程是一门既有系统理论，又有较强实践性的重要的技术基础课，其目的是培养学生绘制和阅读工程图样的能力、空间想象能力和空间构思能力。

本课程的主要任务是：

- 1) 学习正投影的基本理论，掌握空间几何元素和形体图示方法，培养空间想象能力、分析能力和空间构思能力。
- 2) 介绍国家标准中有关技术制图、机械制图的基本规定，研究绘制和阅读工

程图样的基本理论和方法，培养绘制和阅读机械零件图和装配图能力。

3) 学习计算机绘图的基本原理，了解简单的编程方法，初步掌握通用绘图软件 AutoCAD 绘制机械图样的方法。

4) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

此外，还应重视学生自学能力，分析问题、解决问题能力，创新能力及综合应用能力的培养。

三、本课程的学习方法

本课程包括投影理论、计算机绘图原理和应用、工程制图等内容，既有较强的理论性，又有较强的实践性，各部分又各有特点，学习方法不尽相同。

1) 学习投影理论部分时，应注意基本概念、基本规律的掌握，结合作业将投影分析、几何作图同空间想象、逻辑推理和分析判断结合起来。通过从空间到平面、从平面到空间的反复研究的过程，不断提高空间分析能力和构思能力。

2) 学习计算机绘图原理部分时，应通过多上机练习，编程掌握计算机绘图的算法原理和绘图方法。

3) 学习 AutoCAD 软件使用时，应重点掌握软件的总体结构，注意提示栏内容，通过多上机多实践来掌握。

4) 学习工程制图时，通过听讲、自学、读图和绘图实践，学会运用形体分析法、线面分析法等构形分析的理论和方法，逐步提高读图能力；并且自觉遵守国家标准的有关技术制图、机械制图中的规定，正确熟练地绘制和阅读工程图样。

5) 要掌握读图方法，应在读图练习中注意“继承模仿，改造变换，联想创新”的运用，抓住典型例题，不断总结读图经验。

6) 绘图中，应注意绘图工具使用方法以及徒手绘图的方法和技巧，多摸索，培养徒手绘图、仪器绘图、计算机绘图的综合能力。

总之，只要发扬一丝不苟的精神，认真对待每一笔、每一画、每一个符号，一步一个脚印地学习，就一定能学好本课程。

第一篇 投影理论

第一章 点、直线的投影

第一节 平行投影及其特性

一、投影法

1. 投影的方法

物体在光线照射下，就会在地面或墙壁上产生影子，这种自然现象就是投影。人们根据这种自然现象，加以抽象研究，经过科学总结，形成了各种投影法，用来将具有长宽高三度尺寸的物体表达在只有两度尺寸的图纸上。

如图 1-1 所示，将光源用点 S 表示，称为投影中心；墙面用平面 P 表示，称为投影面；在光源 S 和平面 P 之间有一空间点 A ，连接 SA 并延长与 P 平面相交于 a 点，形成 SAa 投影线， a 即为空间点 A 在投影面 P 上的投影， Sa 称为投影方向。由于一条直线与平面只能相交于一点，因此，当投影方向和投影面确定以后，点在该投影面上的投影是唯一的。但是反之，已知一个点的投影并不能确定点的空间位置，如已知投影 b ，在 Sb 投影线上的各个点 B_1 、 B_2 、 B_3 、 $\cdots$ 等的投影都重影为 b 。

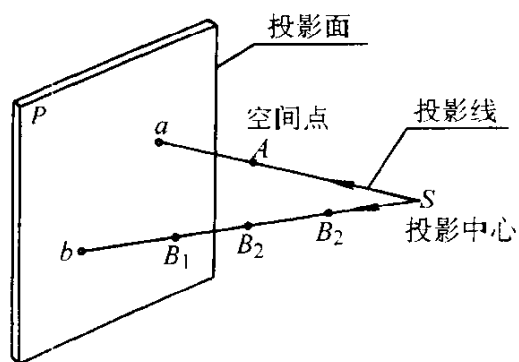


图 1-1 投影的方法

这种使物体在投影面上产生图像的方法，称为投影法。工程上常用各种投影法来绘制图样。

2. 投影法的分类

常用的投影法有两大类：中心投影法和平行投影法。

(1) 中心投影法 投影线都通过投影中心的投影方法称为中心投影法，如图 1-2 所示。

上述投影法中，如果改变物体与投影面的距离，其投影大小也会随之变化，因

此中心投影法不能真实地反映物体的形状和大小,即不能度量,故机械图样不采用这种投影法绘制。但它具有立体感强的特点,工程上常用这种方法绘制建筑物的透视图。

(2) 平行投影法 如将投影中心 S 移到无限远处,则所有的投影线均可视为互相平行,这种用互相平行的投影线在投影面上作出物体投影的方法称为平行投影法,如图 1-3 所示。

在平行投影法中,按投影线是否垂直于投影面又可分为两种:

1) 斜投影法——投影线倾斜于投影面,如图 1-3a 所示。

应用斜投影法绘制的图样立体感较强,但不易度量,且作图较复杂。

2) 正投影法——投影线垂直于投影面,如图 1-3b 所示。

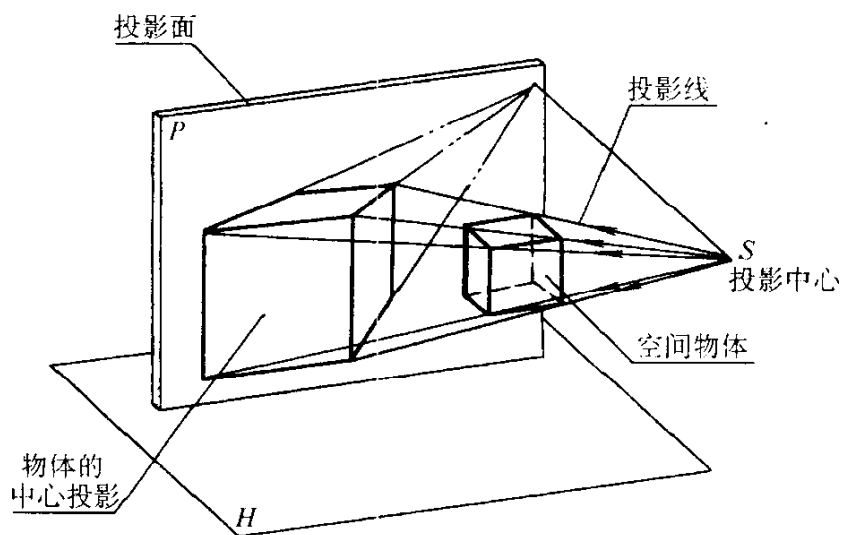


图 1-2 中心投影法

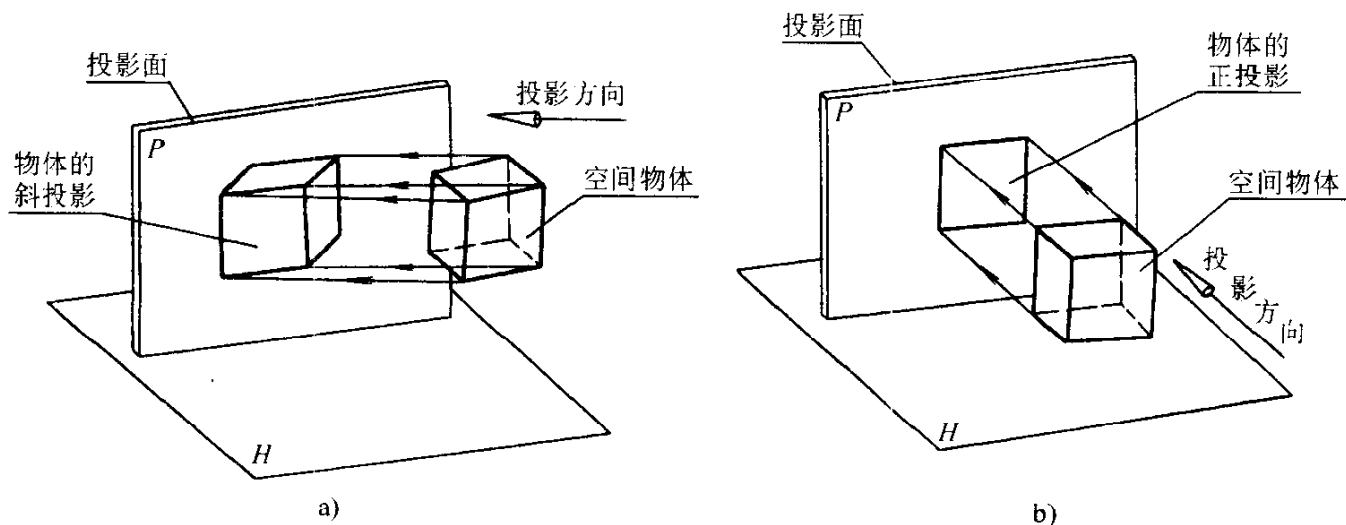


图 1-3 平行投影法

a) 斜投影法 b) 正投影法

应用正投影法能在投影面上准确地表达物体的结构形状,而且度量性较好,虽没有立体感,但制图较方便,因而在工程制图中得到广泛应用,机械图样主要是用正投影法绘制的。所以,正投影法是本课程学习的主要内容。

二、正投影的性质

正投影的基本性质是用正投影法进行作图的重要依据,现叙述如下:

1. 全等性

当直线或平面平行于投影面时,直线在该投影面上的投影反映直线的实长,平