



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程图学教程

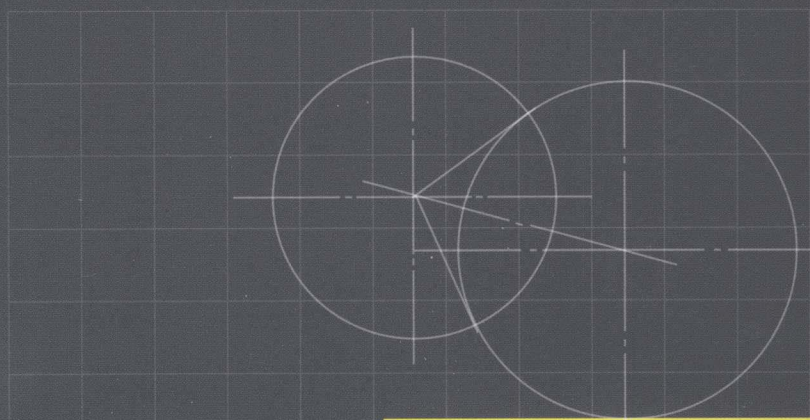
主 编 刘衍聪

副主编 牛文杰

关丽杰

闫成新

贾宏禹



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程图学教程

Gongcheng Tuxue Jiaocheng

主 编 刘衍聪

副主编 牛文杰 关丽杰 闫成新 贾宏禹



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2010 年制订的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》及最新发布的《机械制图》、《技术制图》等相关国家标准,结合近年来计算机制图技术的发展、生产实际的需要,总结多年的教学改革成果及经验编写而成的。本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书除绪论、附录外共十四章,包括画法几何、绘图基础、工程图样三部分内容,其中:画法几何部分以点、线、面、体的投影理论为基础,培养空间思维能力,重点叙述了空间与平面间的绘图和读图的基本原理和方法;绘图基础部分包含工程图样国家标准规定以及不同结构形体的各种表达方法与技巧;工程图样部分除机械零部件图样的绘制与阅读内容外,还增添了具有石油、石化行业特色的专业图样内容。书中将计算机辅助工程图样绘制、计算机三维实体造型、形体构形设计知识与其他章节内容进行了有机衔接。

与本书配套的刘衍聪主编《工程图学教程习题集》同时由高等教育出版社出版。

本书可作为高等学校工科本科,特别是石油、石化类高等院校画法几何与工程制图课程的教材,也适用于远程教育、高等职业教育、成人高等教育的相应专业使用,并可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程图学教程 / 刘衍聪主编. —北京: 高等教育出版社, 2011. 6

ISBN 978 - 7 - 04 - 030120 - 5

I. ①工… II. ①刘… III. ①工程制图-高等学校-教材
IV. ①TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 062563 号

策划编辑 肖银玲
版式设计 王莹

责任编辑 肖银玲
责任校对 陈旭颖

封面设计 赵阳
责任印制 刘思涵

责任绘图 尹莉

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 100120
印刷 山东省高唐印刷有限责任公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 25.75
字数 630 千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 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>
版次 2011 年 6 月第 1 版
印次 2011 年 11 月第 2 次印刷
定价 37.40 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 30120-00

前 言

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2010 年制订的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》及最新发布的《机械制图》、《技术制图》等相关国家标准,结合近年来计算机制图技术的发展、生产实际的需要,总结多年的教学改革成果及经验编写而成的。本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书体系着力体现加强基础、注重实践、培养能力的理念,编写中力求做到:拓宽投影理论基础,增强形体分析手段,突出图物转换规律,结合专业图样特点,加强计算机制图的实践。教材内容叙述上追求言简意赅,形式上图文并茂,注重理论阐述的归纳与总结,突出空间分析、形体分析、投影规律、作图方法、表达特点、工程应用等,以加深对教材内容的理解和对空间构思与表达能力的提高。

全书除绪论、附录外共十四章,包括画法几何、绘图基础、工程图样三部分内容,其中:画法几何部分以点、线、面、体的投影理论为基础,培养空间思维能力,重点论述了空间与平面间的绘图和读图的基本原理和方法;绘图基础部分包含工程图样国家标准规定以及不同结构形体的各种表达方法与技巧;工程图样部分除机械零部件图样的绘制与阅读内容外,还增添了具有石油、石化行业特色的专业图样内容。书中也包括了计算机辅助工程图样绘制、计算机三维实体造型、形体构形设计知识。

本书可作为高等学校工科本科,特别是石油、石化类高等院校画法几何与工程制图课程的教材,也适用于远程教育、高等职业教育、成人高等教育的相应专业使用,并可供工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有中国石油大学(华东)刘衍聪、牛文杰、闫成新、袁宝民(绪论、第八至十二章、第十四章及附录),东北石油大学关丽杰、杨蕊(第四至七章、第十三章),长江大学贾宏禹、杜镰(第一至三章)。本书由刘衍聪任主编,牛文杰、关丽杰、闫成新、贾宏禹任副主编。

北京理工大学董国耀教授认真审阅了本书,并提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误及不当之处,敬请批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

绪论	1	第六章 轴测投影	111
思考题	5	第一节 轴测投影的基本知识	111
第一章 几何元素的投影	6	第二节 正等测	113
第一节 投影基本知识	6	第三节 斜二测	121
第二节 点的投影	7	第四节 轴测剖视图的画法	123
第三节 直线的投影	12	第五节 轴测图的比较与选择	124
第四节 直线上的点	16	第六节 轴测草图的画法	126
第五节 两直线的相对位置	18	思考题	128
第六节 平面的投影	23	第七章 绘图基本知识	129
第七节 平面上的点和直线	26	第一节 制图的基本规定	129
思考题	29	第二节 绘图仪器和工具的使用	140
第二章 点、直线、平面的相对位置	30	第三节 几何作图	144
第一节 平行问题	30	第四节 平面图形分析及 绘图步骤	150
第二节 相交问题	32	第五节 绘图方法及步骤	153
第三节 垂直问题	38	思考题	156
第四节 综合题分析	40	第八章 组合体的视图	157
思考题	45	第一节 三视图的形成及其特性	157
第三章 投影变换	46	第二节 组合体的组合方式	158
第一节 投影变换概述	46	第三节 三视图的画法	162
第二节 变换投影面法	47	第四节 读组合体的视图	166
第三节 旋转法	57	第五节 组合体的尺寸标注	174
思考题	64	第六节 组合体的构形设计	179
第四章 曲线与曲面	65	思考题	182
第一节 曲线的形成与投影	65	第九章 机件的表达方法	184
第二节 曲面的形成与表达方法	69	第一节 视图	184
思考题	75	第二节 剖视图	188
第五章 立体及其表面交线的投影	76	第三节 断面图	196
第一节 立体的投影	76	第四节 简化画法及其他 规定画法	198
第二节 平面与立体相交	82	第五节 综合表达举例	203
第三节 平面体与平面体相交	92	第六节 第三角画法简介	205
第四节 平面体与曲面体相交	93	思考题	206
第五节 曲面体与曲面体相交	96		
思考题	110		

第十章 零件图	207	第四节 装配图中零部件的序号	300
第一节 零件的分类	207	第五节 装配工艺结构	301
第二节 零件图的作用与内容	208	第六节 部件测绘和装配图画法	304
第三节 零件构形设计与表达		第七节 读装配图与拆画零件图	310
方案的选择	211	思考题	313
第四节 零件图的尺寸标注	221	第十三章 专业图样	314
第五节 零件图上的技术要求	230	第一节 焊缝构件图	314
第六节 零件测绘方法	251	第二节 钣金展开图	318
第七节 看零件图的方法	255	第三节 管路布置图	325
思考题	257	第四节 化工设备图	329
第十一章 标准件与常用件	259	思考题	335
第一节 螺纹及其规定画法和标注	259	第十四章 计算机绘图与实体造型	336
第二节 螺纹紧固件及其连接画法	266	第一节 二维绘图软件	
第三节 键、销及其连接画法	272	——AutoCAD	336
第四节 齿轮、蜗杆、蜗轮	276	第二节 实体造型技术	355
第五节 滚动轴承	291	思考题	377
第六节 弹簧	292	附录	379
思考题	294	附录 1 螺纹	379
第十二章 装配图	295	附录 2 常用的标准件	382
第一节 装配图的内容	295	附录 3 极限与配合	391
第二节 装配图的表达方法	296	附录 4 金属材料与热处理	395
第三节 装配图上的尺寸标注和		附录 5 零件结构要素与加工规范	399
技术要求	299	参考文献	403

绪 论

本章介绍工程设计概念及工程图学在设计过程中的应用知识。

一、现代工程图学的研究内容

现代工程图学主要研究工程图的图示理论和方法、工程信息的可视化等问题,它将满足从概念设计到详细设计的各个阶段不同应用层次、不同应用系统以及不同应用环境的需要。爱因斯坦说过:想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力能够拥抱整个世界……从而推动进步,或产生进化。所有的工程设计问题,都涉及组织分析、问题求解、设计思想的交流和设计技巧。它要求工程设计人员在科学理论和工业生产方面具有一定的基础,能够运用科学原理,将原材料和能源转化成所需的产品和设备,其最神圣的职责是创造性地将这些科学原理应用到新产品或新系统上。

工程图样是工程界的技术语言。设计者用图样表达设计对象,制造者依据图样了解设计要求并制造产品,技术人员应用图样进行科学技术交流。所以说,图样是设计的成果、制造的依据、交流的工具。工程图学既是研究求解图形问题的一门总体学科,也是培养空间形象思维能力和空间分析能力的学科。

工程图学课程主要包括三部分内容:画法几何、工程制图与计算机绘图。

画法几何研究空间几何问题的图解与图示方法。它是工程图的理论基础,也是培养图解空间几何问题能力的基础。

工程制图是指具体工程设计问题解法的图形描述,是制造(施工)、检验(验收)的依据,且具有法律效力。它将机器、设备或建筑物的形状、大小、规格和材料等内容,按一定的投影方法和技术规定表达在图纸上,是表达设计思想及进行技术交流的重要技术文件,被喻为工程界的技术语言。

随着计算机技术的不断发展,绘图方式也发生了革命性的变化,计算机绘图不但绘图速度快、精度高,而且可以实现图形计算机编辑操作,可以在计算机上生成三维立体真实感图形,这便是计算机图形学所研究的内容。

二、机械工程学科相关的工程技术领域

现代工程技术领域包括航空航天工程、农业工程、土木建筑工程、运输工程、电气信息工程、石油工程等,几乎所有的工程领域都与机械工程相关。

航空航天工程包括基础研究与设计技术内容。基础研究是通过研究已知的航空航天原理来发现新的概念和基本原理。设计技术则是将这些新的概念和基本原理转化成实际应用成果,以提高航空航天技术发展水平。航空科学与技术要求机械工程师不仅要研制飞机控制系统和环境系统,而且要研制飞机的发动机等机械设备。

农业工程所研究的是农用设备与机械,包括汽油和柴油发动的装置(如泵、灌溉机械和拖拉

机)及各种农田作业、农副产品加工和饲养禽畜用供暖系统的机械。

土木建筑工程是一门最古老的工程学科,它几乎与人们所有的日常生活密切相关,人们居住和工作的大楼、赖以生活的给排水系统都是土木工程的研究内容。这些工程的建设离不开机械设备,这些设备习惯上称为建筑机械设备,均需机械工程师设计制造。

与电气信息工程相关的设备是电能利用与分配设备以及电子设备,如计算机、电子仪器仪表及自动控制设备等。这些设备的设计、制造大都与机械工程密切相关。

核能和平利用工程分为两大类:辐射防护工程和核反应堆。辐射是能量以波的形式通过物质或空间进行传播,而核反应堆用核燃料以常规方式带动涡轮发电机发电。核能和平利用工程要求机械工程师研制和处理放射性物质的保护设备和材料。在核反应堆的建造中机械工程师起着重要的作用。

石油与天然气的开采是石油工程的主要课题。油气开采要求机械工程师设计出高效的钻井与采油设备,石油与天然气储运还要研究各种石油产品的输送和分离技术。石油炼制与化学工程涉及的化工设备分为通用机械设备和专用化工设备。其中通用设备属于机械工程范畴。地下开采矿石也要求机械工程师研究设计新型的矿山机械,以提高生产率,降低劳动强度。

运输工具包括载重汽车、公共汽车、小汽车、机车、船舶以及飞机等,这些运输工具都是由机械工程师设计和制造出来的。

三、工程设计的分类及设计过程

1. 工程设计的分类

大多数设计问题可以分成系统设计和产品设计两大类。

系统设计讨论将现有的产品和部件组合成能够产生预期结果的独特系统的格局问题。如图 0-1 所示的住宅系统是一个复杂的系统。系统设计首先应进行工程分析,它涉及法律法规、经济学、档案管理、人际因素、社会问题、科学原理以及政治因素等(图 0-2)。

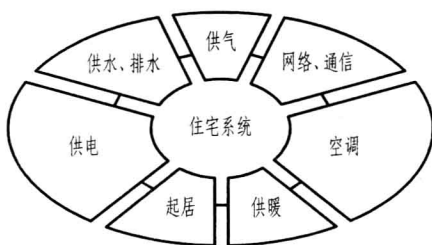


图 0-1 系统设计问题

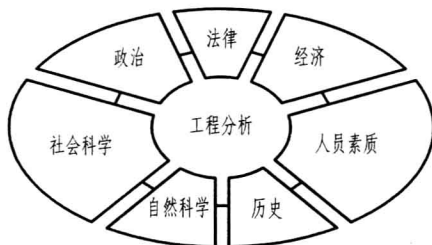


图 0-2 系统设计的工程分析

产品设计研究的是与产品生产相关的内容,如器械、工具或玩具的设计、制造、测试和销售。产品设计与市场需求、生产成本、性能要求、销售量以及利润预测等有关(图 0-3)。

2. 工程设计过程

工程设计过程分以下六个步骤:① 问题的认识;② 初步设计方案的提出;③ 问题的细化;④ 工程分析;⑤ 方案决策;⑥ 工程设计的实现(图 0-4)。设计师按上述步骤顺序进行,但在设计过程中,这些步骤可能需要反复进行,直到比较圆满地解决某一工程设计问题为止。

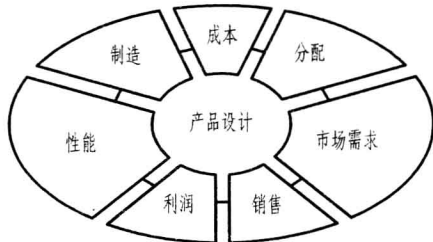


图 0-3 产品设计问题

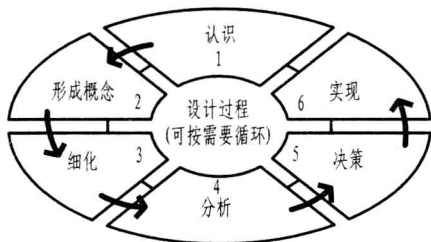


图 0-4 工程设计分析过程

工程设计首先要求工程设计人员对工程问题进行初步的认识,即进行大量的调查研究,收集各种类型的数据,包括现场数据、意见调查、历史记载、个人的观察材料、经验资料以及物理测量的数据和特征(图 0-5)。

工程设计的第二步要求尽量多地提出解决问题的方案(图 0-6),绘制出许多初步设计方案的概略草图,并加以保存。设计方案及其说明一般标记在草图上。

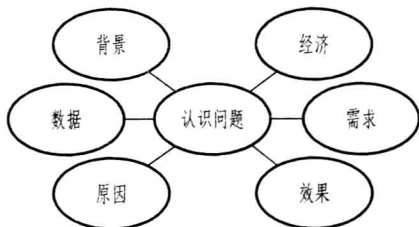


图 0-5 工程设计认识过程

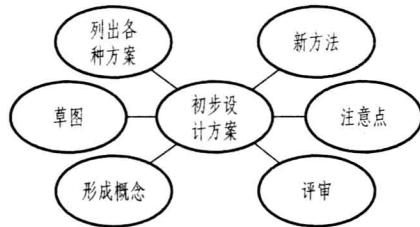


图 0-6 设计草案确定

工程设计的第三步需要选出几个较好的初步设计方案并进行细化,以评价不同方案各自真正的优点所在。将各个方案的草图画成比例图,以便于进行空间分析、评价。

设计过程中运用工程与科学原理最多的步骤是工程分析,即评价最佳的设计方案,比较各个方案在成本、强度、性能和市场前景等方面的优、缺点。图形分析法是检查设计方案的一种手段,一般难以用数学方法表示的数据可以用图形法进行分析。缩小的模型亦可以用作分析工具,帮助建立运动部件和外观的关系,以评价其他一些设计方面的特性。

工程设计过程最终需要选出一个设计方案作为解决设计问题的最优方案。通常,最终的设计方案是兼有若干设计方案中许多优点的折中方案。

最终的设计方案必须以可操作性的形式(例如工程图样和技术规范)来表示(图 0-7)。工程图样和技术规范通常用作产品制造的依据,无论该产品是小型的金属件,还是一座巨大的桥梁。加工人员必须拿到制造每个零件的工程图、详细说明书、精度要求等技术文件,以保证生产出合格的制品。工程图样必须足够明晰,为承包商对项目进行投标提供合法的合同基础。

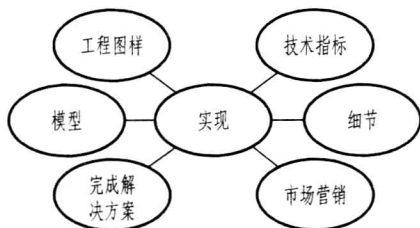


图 0-7 工程设计的实现

四、现代工程设计技术对工程图学的要求

制造技术的水平反映了一个国家的生产力水平,直接关系着传统产业的改造和科学技术的

进步。随着计算机辅助技术的飞速发展,生产企业进入了空前发展的新时期,全球的工程领域正在发生着一场翻天覆地的变化。现代工业产品必须具备功能好、外观美、价格低的特点,这样才能在激烈的市场竞争中具有取胜的优势。这就要求设计师必须能够适时、敏捷地综合分析有关信息,预见和判断社会对未来的需求及产品的发展趋势,并且具有高度的创造性思维能力、空间想象能力、形体设计和表达能力等素质。

作为技术基础课的工程图学,是人类生产实践活动经验及智慧的结晶,亦是促进社会发展的科学技术的重要组成部分,是在满足工程设计需要的条件下诞生和发展起来的。

20 世纪中叶,产品生产的特征是单件或小批量,设计模式一般为经验设计。当时解决工程设计问题的手段是图解图示法及经验方式,从设计方法学角度看,主要包括设计及绘图以及有关设计文档的撰写,在此阶段传统的画法几何及工程制图就能满足上述要求。

到了 20 世纪 80 年代后期,社会需求发生了很大变化,生产方式变为多品种、小批量形式,许多工业部门已逐步应用微型计算机等自动化设备和系统,人类已从工业社会进入信息时代,以大规模集成电路为核心的高科技产品占有十分重要的主导地位。同时,随着 PC 及工作站的普及使用,设计模式也从凭经验向着以计算机辅助设计(CAD)、柔性制造(FM)、计算机集成制造(CIM)为主要技术手段的生产自动化阶段发展,生产流程中的传统媒介——纸质工程图样,已逐步被以磁盘、光盘等信息存储介质作为载体的数字化图样所取代。显然,传统工程图学已明显处于不相适应的地位,工程实际不再是只要求产生单纯的图样,而是要求具备从市场预测、概念设计、详细设计、分析到制造、装配、检验等各生产过程所需要的基本信息。因此,必须以传统工程图学为主体,融合设计学及计算机图形学而形成具有强大生命力的现代工程图学。

现代工程图学是为适应工业进程、生产方式、社会需求、设计模式等而发展起来的一门技术基础课。从现代工程图学的理论基础来看,它由投影理论、几何理论和计算机理论构成,主要包括画法几何、多面正投影、轴测投影、透视和阴影、多维画法几何、解析几何、射影几何、分析几何、程序设计理论、工程数据结构、数据库等。

从现代工程图学的学科分支情况来看,它具有共同的学科理论基础,同时具有鲜明的专业特点,譬如机械制图就是工程图学的一个分支和研究绘制机械图样的学科,不但应用了工程图学的基本理论与技术,而且体现了机械设计与制造的专业特点。以此类推,建筑制图、化工制图等都是工程图学的学科分支。

五、本课程的学习要求和方法

作为工程技术人员,通过本课程的学习,应当熟练地掌握这一技术语言,具备绘制和阅读图样的能力,并达到以下要求:

- (1) 学习投影法的基本理论,为绘制和应用各种工程图打下良好的理论基础;
- (2) 培养绘制和阅读工程图样的基本能力;
- (3) 培养解决空间几何问题的图解能力,以及将科学技术问题抽象为几何问题的初步能力;
- (4) 培养和发展空间构思能力、分析能力和表达能力;
- (5) 通过典型软件的使用,基本掌握计算机绘图的基础知识和三维几何造型技能;
- (6) 培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

关于本课程的学习方法,应该坚持理论联系实际的学风。在认真学习投影理论,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,逐步提高空间想象能力和空间分析能力,掌握正投影的基本作图方法及应用。

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,熟悉制图的基本知识,遵守《技术制图》、《机械制图》等国家标准的有关规定,并学习查阅和使用有关手册和国家标准,通过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,尺寸完全,字体工整,图样整洁美观,符合《技术制图》、《机械制图》等国家标准。在工艺和结构方面,初步懂得生产的要求。

由于图样在生产中起着很重要的作用,绘图和读图的差错都会给生产带来损失,所以在做习题、作业时,必须培养认真负责的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培养打下初步基础,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与提高这种能力。

思 考 题

1. 工程制图研究的内容包括哪三部分? 各研究哪些内容?

2. 工程技术领域大概分哪些方面? 其与机械工程的关系体现在何处?

3. 一般工程设计问题涉及哪些方面?

4. 解决一般工程设计问题的步骤如何?

5. 请自己到儿童乐园选一种儿童游戏器械,如荡船、秋千、电马、童车等,说明其设计步骤,提出新的设计方案。试分析现有设计方案的优、缺点,并图示你的设计方案。

第一章 几何元素的投影

本章介绍投影的基本知识,重点介绍点、直线和平面的投影及特性,以及直线上的点、平面上的点与直线的投影及求作方法,并讨论两直线的相对位置关系。

第一节 投影基本知识

在图 1-1 中,设平面 P 以及不在该平面上的一点 S ,为了作出空间 $\triangle ABC$ 上点 A 在平面 P 上的图形,需连接 S 、 A 两点并作出直线 SA 与平面 P 的交点 a ,点 a 即为点 A 在平面 P 上的图形。平面 P 称为投影面,点 S 称为投射中心,直线 SA 称为投射射线,点 a 称为点 A 的投影或者投影图。国家标准 GB/T 16948—1997《技术产品文件 词汇 投影法术语》和 GB/T 14692—2008《技术制图 投影法》规定:投射射线通过物体,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。

投影法分为两类:中心投影法和平行投影法。

一、中心投影法

如图 1-1 所示,投射射线自投射中心 S 出发,将空间 $\triangle ABC$ 投射到投影面 P 上,所得 $\triangle abc$ 即为 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影。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,所得的投影称为透视投影或透视图,简称透视。

中心投影法主要用于绘制产品或建筑物的富有真实感的立体图。

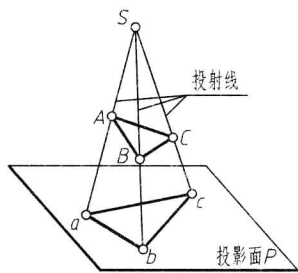


图 1-1 中心投影法

二、平行投影法

如图 1-2 所示,若将投射中心 S 移到离投影面无穷远处,投射射线 Aa 、 Bb 、 Cc 相互平行,分别与投影面 P 相交得到 A 、 B 、 C 的投影 a 、 b 、 c ,直线 ab 、 bc 、 ca 分别为直线 AB 、 BC 、 CA 的投影, $\triangle abc$ 是 $\triangle ABC$ 的投影,这种投射射线都相互平行的投影方法,称为平行投影法,所得到的投影称为平行投影。平行投影法中以投射射线是否垂直于投影面分为正投影法和斜投影法。投射射线与投影面相互垂直的平行投影法称为正投影法,所得投影称为正投影或正投影图,如图 1-2a 所示;投射射线与投影面相倾斜的平行投影法,称为斜投影法,所得投影称为斜投影或斜投影图,如图 1-2b 所示。

正投影法主要用于绘制工程图样,本书以后将“正投影”简称“投影”;斜投影法主要用于绘制有立体感的图形,如斜轴测图。

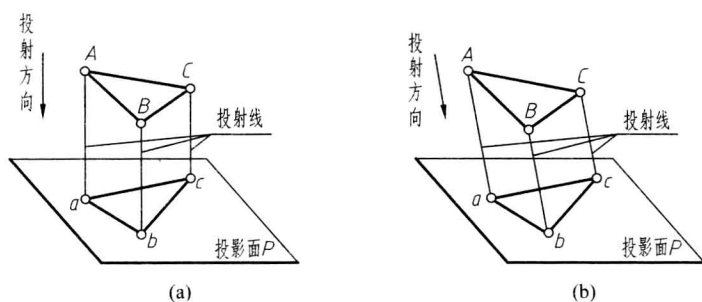


图 1-2 平行投影法

第二节 点的投影

一、多面正投影

空间一点在固定投影面上的投影是唯一确定的,但空间点在一个投影面上的投影不能确定点的空间位置。如图 1-3 所示,空间点 A 在投影面 P 上的投影唯一为 a ,若已知空间点 A 的投影 a ,由于投射线上各点(A 、 A_0 、 A_1 等)的投影都为 a 点,因此难以确定点 A 的空间位置。对于物体而言,仅知一个面的投影不能确定该物体的形状。因此,常借助两个或更多的投影面,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的得到正投影后,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,并相互之间形成对应关系,这样的图形称为多面正投影或者多面正投影图。

二、点在两投影面体系中的投影

如图 1-4 所示为空间两个互相垂直的投影面,处于正面直立位置的投影面称为正投影面,以 V 表示,简称正面或 V 面;处于水平位置的投影面称为水平投影面,以 H 表示,简称 H 面。 V 面和 H 面所组成的体系称为两投影面体系。 V 面和 H 面相交于投影轴 OX (简称 X 轴),两个投影面把空间分成四个分角。本书着重讲述在第一分角内的投影。

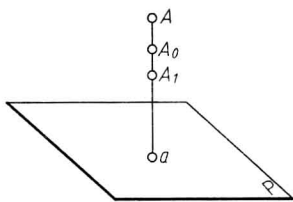


图 1-3 点的单面投影

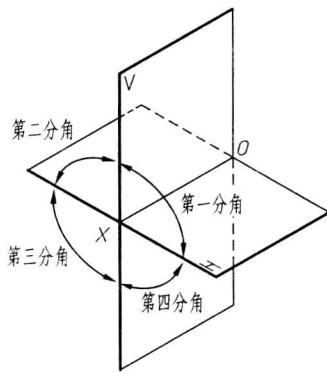


图 1-4 两投影面体系

(一) 点在两投影面体系第一分角中的投影

如图 1-5a 所示,由空间一点 A 作垂直于 H 面、 V 面的投射射线 Aa 、 Aa' ,分别与 H 面、 V 面相交得到点 A 的水平(H 面)投影 a 和正面(V 面)投影 a' 。将 H 面绕 X 轴向下旋转 90° ,使其与 V 面重合在同一平面位置上,就得到点的两面投影图,如图 1-5b 所示。因投影面可根据需要扩大,故一般不画出投影面的边框,如图 1-5c 所示。

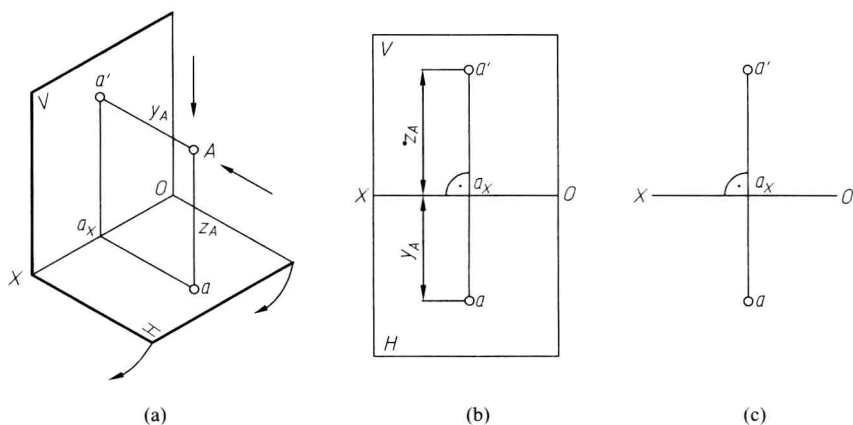


图 1-5 点在两投影面体系中第一分角的投影

反之,有了点的正面投影和水平投影,就可确定该点的空间位置。可以想象图中 X 轴上的 V 面保持直立位置,将 H 面绕 X 轴向前转 90° 呈水平位置,再分别从 a' 、 a 作 V 面、 H 面的垂线,相交即得空间点 A ,从而唯一地确定该点的空间位置。

(二) 两投影面体系中点的投影规律

由图 1-5 可知, Aaa_Xa' 是个矩形, $a'a_X$ 、 aa_X 都垂直 X 轴, H 面向下旋转后, a 、 a' 的连线 aa' 一定垂直于 X 轴。点在互相垂直的投影面上的投影,在投影面展开成同一平面后用细实线连接起来,这条连线,称为投影连线。

由此可得出点的两面投影规律:

- (1) 点的投影连线垂直于投影轴,即 $aa' \perp X$ 轴。
- (2) 点的水平投影到 X 轴的距离等于空间点到 V 面的距离,即 $aa_X = Aa' = y_A$ 。
- (3) 点的正面投影到 X 轴的距离等于空间点到 H 面的距离,即 $a'a_X = Aa = z_A$ 。

(三) 投影面和投影轴上点的投影

在特殊情况下,点也可能位于投影面上或投影轴上。点在哪个面上,它与这个投影面的距离就为零,并且与该投影面上的投影重合,而另一投影在投影轴上。如图 1-6 所示,点 M 在 H 面上,则 m 与 M 重合, m' 在 X 轴上,同理,点 K 也如此。点 N 在 V 面上,则 n' 与 N 重合, n 在 X 轴上,同理点 L 亦如此。当点在投影轴上时,它的两面投影均与空间点重合在投影轴上。如点 G 在 X 轴上,则 g 、 g' 与 G 均重合在 X 轴上。

三、点在三投影面体系第一分角中的投影

(一) 点的三面投影图

如图 1-7a 所示,如在两投影面体系上再加上一个与 V 面、 H 面均垂直的侧立投影面(简称

侧面或 W 面), 这样三个互相垂直的面就组成一个三投影面体系。三个投影面之间的交线 OX 、 OY 、 OZ 为三条投影轴, 简称 X 、 Y 、 Z 轴, 它们两两垂直。三个投影轴的交点 O 称为原点。

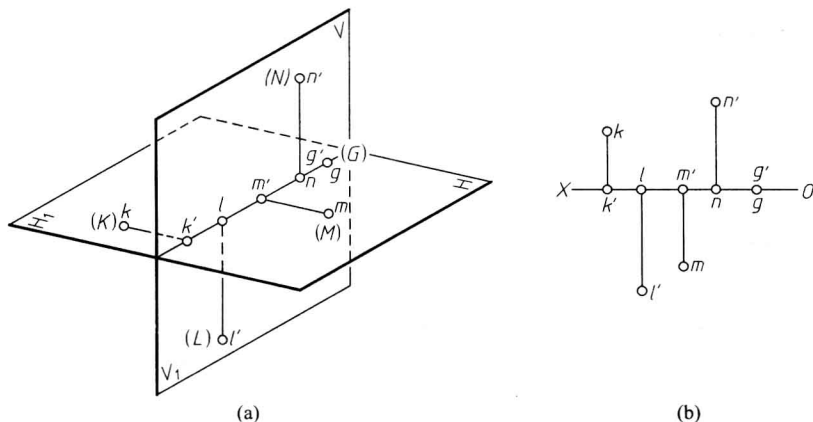


图 1-6 投影面和轴上点的投影

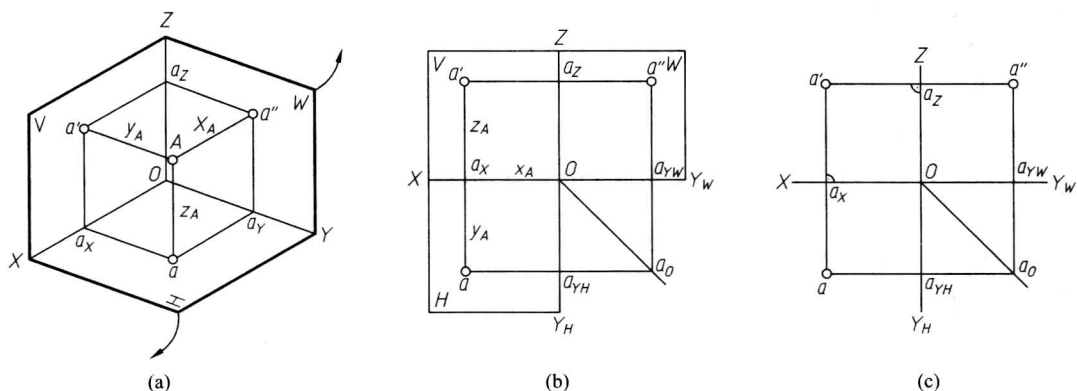


图 1-7 点在三投影面体系中的投影

设有一空间点 A , 分别向 H 、 V 、 W 面进行投射, 即可得到点 A 的 H 面投影 a 、 V 面投影 a' 和侧面投影 a'' 。将 H 、 W 面分别向下、向右旋转 90° , 使与 V 面重合, 即得点的三面投影图, 如图 1-7b 所示。其中 Y 轴随 H 面旋转时, 用 Y_H 表示; 随 W 面旋转时, 用 Y_W 表示。通常在投影图上只画出其投影轴而不画投影面的边界, 如图 1-7c 所示。

(二) 点的直角坐标与三面投影的关系

如把三投影面体系看做空间直角坐标系, 则 H 、 V 、 W 面即为坐标平面, X 、 Y 、 Z 轴即为坐标轴, O 点即为坐标原点。由图 1-7a 中长方体 $Aaa_X a' a_Z a'' a_Y O$ 的每组平行边分别相等, 可知点 A 的三个直角坐标 x_A 、 y_A 、 z_A 与其投影的关系如下:

$$\begin{aligned} x_A &= Oa_X = aa_Y = a'a_Z = \text{点 } A \text{ 到 } W \text{ 面的距离 } Aa''; \\ y_A &= Oa_Y = aa_X = a''a_Z = \text{点 } A \text{ 到 } V \text{ 面的距离 } Aa'; \\ z_A &= Oa_Z = a'a_X = a''a_Y = \text{点 } A \text{ 到 } H \text{ 面的距离 } Aa. \end{aligned}$$

由此可见: a 由 x_A, y_A 确定, a' 由 x_A, z_A 确定, a'' 由 y_A, z_A 确定。

所以,空间点 $A(x_A, y_A, z_A)$ 在三投影面体系中有唯一的一组投影 (a, a', a'') ;反之,已知点 A 的投影 (a, a', a'') ,即可确定点 A 的空间坐标值。

(三) 三投影面体系中点的投影规律

三投影面体系中点的投影规律如下:

(1) 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 X 轴。这两个投影都反映空间点的 x 坐标,即

$$aa' \perp X \text{ 轴}, \quad a'a_z = aa_{yH} = x_A$$

(2) 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 Z 轴。这两个投影都反映空间点的 z 坐标,即

$$a'a'' \perp Z \text{ 轴}, \quad a'a_x = a''a_{yW} = z_A$$

(3) 点的水平投影到 X 轴的距离等于侧面投影到 Z 轴的距离。这两个投影都反映空间点的 y 坐标,即

$$aa_x = a''a_z = y_A$$

根据点的三面投影规律,可由点的三个坐标值画出三面投影图,也可根据点的两个投影作出第三投影。

【例 1-1】 已知点 A 的坐标 $(20, 15, 10)$, 点 B 的坐标 $(30, 10, 0)$, 点 C 的坐标 $(15, 0, 0)$, 作出各点的三面投影图(图 1-8)。

分析:由于 $z_B = 0$, 点 B 在 H 面上;又由于 $y_C = 0, z_C = 0$, 点 C 在 X 轴上。

作图:作点 A 的投影。从点 O 向左在 X 轴 20 处作垂线 aa' , 然后在 aa' 上从 X 轴向下向上分别取 $y_A = 15$ 和 $z_A = 10$, 求出 a 和 a' , 由 a' 作 Z 轴的垂线, 然后从 Z 轴向右方取 15 即得 a'' 。

其他各点投影作图从略。

【例 1-2】 已知点 D 的两个投影 d', d'' , 求出其第三投影 d (图 1-9)。

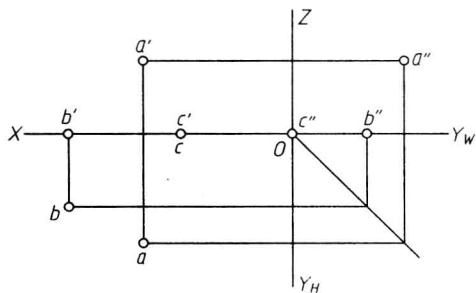


图 1-8 根据点的坐标作投影图

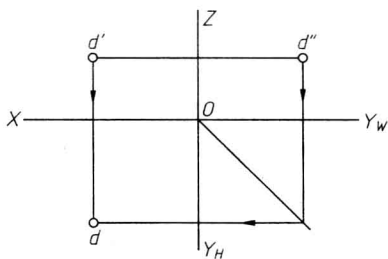


图 1-9 已知点的两投影求第三投影

分析:由于已知点 D 的正面投影 d' 和侧面投影 d'' , 则点的空间位置可以确定, 由此可以作出其水平投影。

作图:根据点的投影规律, 投影连线 $d'd \perp X$ 轴, 且水平投影 d 到 X 轴的距离等于侧面投影 d'' 到 Z 轴的距离, 即 y 坐标相等。先从原点 O 作 Y_H, Y_W 的分角线, 然后从 d'' 引 OY_W 的垂线与分角线相交, 再由交点作 OY_H 的垂线, 与由 d' 作出的 X 轴的垂线相交即得水平投影 d 。

四、两点的相对位置

(一) 两点相对位置的确定

空间点的位置可以用绝对坐标(即空间点对原点 O 的坐标)来确定,也可以用与另一点的相对坐标来确定。两点的相对位置即为两点的坐标差。如图 1-10 所示,已知空间点 $A(x_A, y_A, z_A)$ 和 $B(x_B, y_B, z_B)$,如分析点 B 相对于点 A 的位置,在 X 方向的相对坐标为 $(x_B - x_A)$,即两点对 W 面,也就是左右方向的距离(横标)差; Y 方向的相对坐标为 $(y_B - y_A)$,即两点对 V 面,也就是前后方向的距离(纵标)差; Z 方向的相对坐标为 $(z_B - z_A)$,即两点对 H 面也就是高度方向的距离(高标)差。

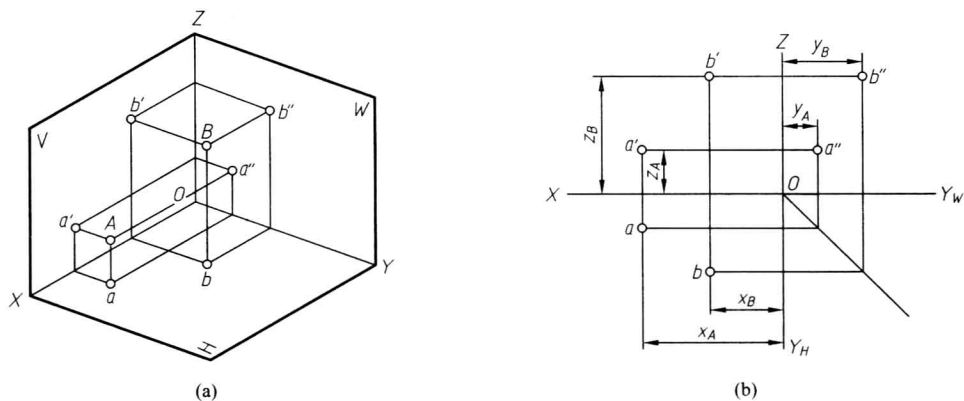


图 1-10 两点的相对位置的确定

由于 $x_A > x_B$, 则 $(x_B - x_A)$ 为负值, 即点 A 在左、点 B 在右。由于 $y_B > y_A$, 则 $(y_B - y_A)$ 为正值, 即点 B 在前、点 A 在后。由于 $z_B > z_A$, 则 $(z_B - z_A)$ 为正值, 即点 B 在上、点 A 在下。

(二) 重影点的投影

当两点的某两个坐标值相同时, 该两点位于垂直于某投影面同一条投射线上, 因而该两点在该投影面上的投影重合, 这两点称为对该投影面的重影点。如图 1-11 所示两点 C 、 D , 其中

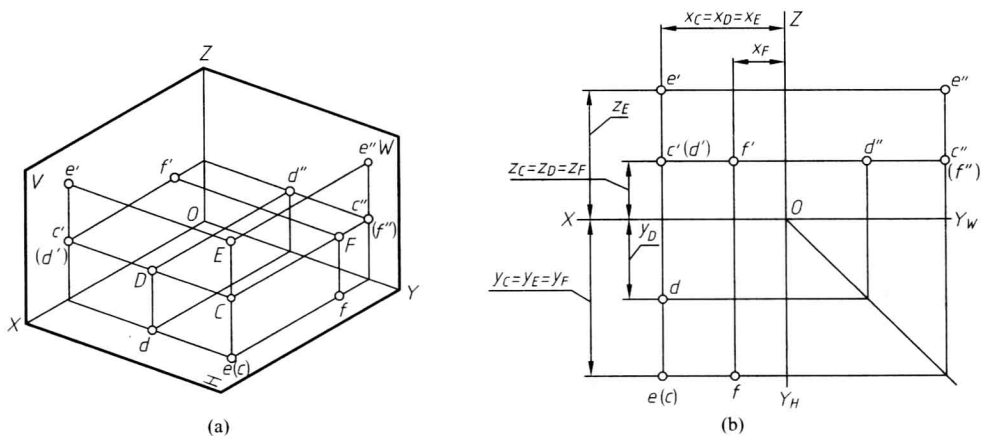


图 1-11 重影点的投影