



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程制图

第二版

中国矿业大学制图教材编写组 编

李爱军 陈国平 主 编

宋 彦 姚新港 副主编



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 制 图

Gongcheng Zhitu

第 二 版

中国矿业大学制图教材编写组 编

李爱军 陈国平 主 编



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

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会最新制定的“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”,在第一版的基础上修订而成的。

本书主要内容包括正投影法基础、制图的基本知识与技能、立体的投影、组合体、机件常用表达方法、零件图、装配图。本书注意加强学生的徒手绘草图(包括轴测图草图)和计算机绘图训练,并将轴测图的绘图方法、标准件常用件的画法贯穿相关章节。

为满足多媒体教学的需要,书后附有光盘《工程制图 CAI 课件》(第二版)。与本书配套的陈国平、李爱军主编《工程制图习题集》也同步修订出版。

本书可供高等院校工科非机类各专业使用,亦可供其他类型院校相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/李爱军,陈国平主编;中国矿业大学制图教材编写组编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2010.7

ISBN 978-7-04-029774-4

I. ①工… II. ①李… ②陈… ③中… 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(2010)第 098545 号

策划编辑 肖银玲 责任编辑 杜惠萍 封面设计 于涛
责任绘图 尹莉 版式设计 马敬茹 责任校对 王超
责任印制 尤静

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

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 20.25
字 数 490 000

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.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004 年 7 月第 1 版
2010 年 7 月第 2 版
印 次 2010 年 7 月第 1 次印刷
定 价 32.70 元(含光盘)

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 29774-00

第二版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会最新制定的“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”，在第一版的基础上修订而成的。

本书基本保持了第一版的编写特点，同时根据教学需要对教材的内容体系进行了增减和改进，在内容的广度上有所拓宽。本书特点主要体现在以下几个方面：

1. 工程物体的表达是本书阐述的核心问题。本书以画法几何作为物体二维工程图样表达的理论基础，计算机绘图软件 AutoCAD 作为物体二维工程图样表达的工具，计算机三维设计软件 SolidWorks 作为三维实体工程模型展示平台。

2. 在内容结构上首先遵循“从体出发”的教学思想。从基本体、简单立体的投影入手，介绍投影的基本知识，随后进行形体边界元素（立体上的点、线、面）的投影分析，为表达复杂工程物体打好基础。

3. 将轴测图作为工程物体直观图表达的一种方法，并贯穿全书。简单物体以徒手绘制为主，复杂物体使用 SolidWorks 软件制作。

4. 机械零部件的表达采用理论联系实际的教学方法，遵循实际零部件的测绘内容及步骤，系统介绍视图表达方法、尺寸注法、极限与配合、表面结构、零件工艺、装配工艺等机械设计的基本知识，同时注重贯彻机械制图国家最新标准。

为满足多媒体教学的需要，书后附的光盘《工程制图 CAI 课件》（第二版）中包括了主要内容与学习指导、实验与训练指导和习题解析与答案三部分。与本书配套的，由陈国平、李爱军主编的《工程制图习题集》也同时修订出版。

本书由李爱军、陈国平担任主编，参加修订工作的有李爱军（绪论、第一章、第五章）、宋彦（第二章部分内容）、孙海波（第二、六、七章部分内容）、曾维鑫（第三章部分内容）、刘初升（第三章部分内容）、江晓红（第四章）、陈国平（第六章部分内容、附录）、姚新港（第七章部分内容）等。

重庆大学丁一教授对本书进行了详细的审阅并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

本书从编写到出版得到了中国矿业大学校、系各级领导和全体制图教师的大力支持、帮助和关心，在此特向他们表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了部分教材、著作和习题集等文献，在此谨向文献的作者致谢。

限于我们的水平和教学改革实践的局限，本书的体系和内容不当之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

联系方式：liaijuncumt@163.com

编 者

2010 年 1 月

第一版前言

近年来,由于计算机技术的飞速发展,未来社会对人才素质以及对高等学校学生智力开发要求的提高,都对图学教育提出了更高更新的要求,使得工程制图课程的教学思想、教育理念发生了很大变化。工程图学在保持了基础性、图形性、工程性三个特点的基础上,其教学目的已从专业教育向培养能力和素质的基础教育转变;从技能培养向创造能力培养转变;从单纯二维设计表达向加强三维设计表达转变。因此,大学阶段的图学教育,主要是指图示理论及方法的应用,其主要任务是培养形象思维能力、图示能力、构形能力和创造能力。

本教材在满足新时期工程图学内涵及其教育功能的基础上,针对社会的人才需求,全面引入计算机三维参数化造型与绘图的理念和方法,将计算机三维参数化特征造型与工程图学有机地融合在一起,使学生在掌握基本理论和基础知识的同时,加强实践能力、空间思维能力和创新能力的培养。本书将课程的重点放在“用构形方法培养形象思维能力和创造能力”上,在介绍表达方法的同时,将计算机绘图与参数化特征造型贯穿于教材始终。

本教材的主要特色在于:

1. 将计算机作为绘图的重要工具加以介绍。基于 AutoCAD 软件,介绍计算机技术给工程制图带来的方便、快捷和精确。借助三维设计软件基于特征的参数化造型等特点让学生开阔视野,建立空间思维的概念。由于从三维建模入手,直接进入三维空间构形,充分加强了空间思维训练。这不仅符合培养目标要求,而且可激发学生的学习兴趣 and 积极性,从而走出从二维到三维的传统图学体系。

2. 加强徒手草图和绘制简单立体的轴测图的训练。通过平面图形分析与构型和加强组合体的构形训练激发学生的创造性思维。

3. 加强轴测图训练,将轴测图内容贯穿到相关各章内容之中。

4. 在形体特征中引入国标规定的各种表达方法,并简介了利用计算机三维设计软件方便、快捷、准确地生成各种视图的方法,开拓了学生的视野,培养了空间想象能力,激发学习兴趣,并且有助于对知识的理解,从而加深对机件常用表达方法的印象。

5. 零件图和装配图均采用最新的国家标准,将标准件、常用件和一般零件集中介绍,采用计算机对零件进行实体造型和装配演示,直观、明了地表达零件及其装配的工艺和连接关系等。

本书由李爱军、陈国平担任主编,参加编写工作的有李爱军(绪论、第一章、第五章)、宋彦(第二章部分内容)、孙海波(第二、六、七章部分内容)、曾维鑫(第三章)、江晓红(第四章)、陈国平(第六章部分内容、附录)、姚新港(第七章部分内容)等。

清华大学刘朝儒教授、中国矿业大学庄宗元教授都对本教材进行了详细的审阅并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

本教材从编写到出版得到了中国矿业大学校、系各级领导和全体制图教师的大力支持、帮助和关心,在此特向他们表示衷心的感谢。

本教材在编写过程中参考了部分教材、著作和习题集等文献，在此谨向文献的作者致谢。

限于编者水平，教材中错误在所难免，敬请广大同仁及读者惠于指正、不吝赐教，在此谨先表谢意。

编 者

2004 年 1 月

目 录

绪论	1	§ 5-2 剖视图	176
第一章 正投影法基础	3	§ 5-3 断面图	189
§ 1-1 投影法及其分类	3	§ 5-4 局部放大图	192
§ 1-2 正投影法的主要特性	5	§ 5-5 简化表示法	194
§ 1-3 三视图的形成及其投影规律	6	§ 5-6 机件的各种表达方法综合应用 示例	197
§ 1-4 正等轴测图的画法	10	§ 5-7 计算机创建视图、剖视图的方法 简介	200
§ 1-5 点、直线、平面的正投影特性	13		
第二章 制图的基本知识与技能	36	第六章 零件图	204
§ 2-1 国家标准的基本规定	36	§ 6-1 零件图的作用及内容	204
§ 2-2 手工绘图工具的使用	46	§ 6-2 常见的零件结构	205
§ 2-3 几何作图	48	§ 6-3 零件图的视图选择及尺寸注法	215
§ 2-4 平面图形的尺寸注法和线段分析	53	§ 6-4 零件图上的技术要求	227
§ 2-5 手工绘图的方法和步骤	56	§ 6-5 看零件图的方法步骤	240
§ 2-6 计算机绘图软件的使用简介	58	§ 6-6 机械零件三维计算机特征建模 实例	243
第三章 立体的投影	89	§ 6-7 机械零件二维工程图的自动生成	247
§ 3-1 立体的三维实体造型概述	89	第七章 装配图	252
§ 3-2 平面立体	91	§ 7-1 装配图的内容	254
§ 3-3 回转体	99	§ 7-2 装配图的表达方法	254
第四章 组合体	127	§ 7-3 装配图的尺寸标注	257
§ 4-1 组合体的组合方式和形体分析法	127	§ 7-4 装配图中的零件序号、明细栏	258
§ 4-2 画组合体三视图的方法和步骤	130	§ 7-5 标准件和常用件	260
§ 4-3 用 AutoCAD 绘制组合体三视图	135	§ 7-6 装配结构的合理性	277
§ 4-4 组合体轴测图的画法	135	§ 7-7 装配图画法	279
§ 4-5 用 AutoCAD 绘制组合体轴测图	139	§ 7-8 读装配图及由装配图拆画零件图	284
§ 4-6 组合体的看图方法	140	§ 7-9 计算机三维装配模型的生成简介	288
§ 4-7 组合体的尺寸注法	152	附录	292
§ 4-8 组合体的构型设计	160	一、螺纹	292
§ 4-9 计算机三维组合体造型简介	165	二、极限与配合	296
第五章 机件常用表达方法	169	三、常用的标准件	305
§ 5-1 视图	170		

绪 论

1. 工程制图课程的地位、目标与作用

18 世纪, 法国科学家蒙日创立了画法几何学, 他研究空间几何元素(点、线、面)及其相对位置在平面上的表示方法, 研究在平面上用几何作图的方法来解决空间几何问题。以画法几何为理论基础的工程图学, 在工程与科学技术领域里提供了可靠的理论工具和解决问题的有效手段。

工程图样是表达和交流技术思想的重要工具, 是工程界的语言。现代工业生产中, 所有机械设备的设计、制造都离不开工程图样, 使用和维护这些设备同样也需要阅读图样来了解其结构和性能。工程图样是工程技术部门指导工业生产的一项重要技术文件。因此, 正确地阅读和绘制工程图样是每一位工程技术人员必须具备的工程素质, 也是工科院校大学生必须掌握的技术技能, 这种技能的培养为专业课的学习、课程设计、毕业设计以及今后的工作打下必要的基础, 同时也是培养学生创造性思维能力的重要途径。

随着计算机技术的发展, CAD/CAM 技术得到了广泛的应用, 新的生产模式——构思三维产品→计算机三维造型→数控加工, 给工程制图课程提出了更新更高的要求。工程图学教育必须以培养适应经济发展需要、具有时代气息的人才为目标。将计算机作为工程制图的主要工具, 充分利用计算机技术及其成果, 特别是将计算机绘图手段与参数化实体造型技术引入工程图学教育, 已成为工程图学教育发展与改革的主要方向。

无论是传统图学还是现代图学, 用构型方法培养受教育者的形象思维能力和创造能力都显示了图学课程的重要地位。现代图学借助计算机的三维设计表达能力和模拟仿真技术, 对空间形体进行广泛的构思和彼此联想, 较从前更具新颖性、独特性和创造性, 对于培养创造性空间想象能力、思维能力和图形表达能力起到了非常好的启发作用。

2. 本课程的主要内容与要求

本课程是一门研究阅读和绘制工程图样和图解空间几何问题的技术基础课, 既有系统的理论, 又有较强的实践性。其主要内容包括画法几何、制图基础、机械图样三大部分。画法几何主要研究正投影法原理以及图示空间形体和图解空间几何问题的理论和方法, 是阅读和绘制工程图样的理论基础, 也是培养学生空间想象能力和空间解决问题能力的主要思想方法。制图基础部分训练学生用仪器、徒手以及计算机绘图的操作技能, 培养阅读和绘制投影图的基本能力, 这一部分是本课程的重点。机械图样部分主要介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》的有关规定, 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。

在学习方法上要注意以下几方面问题:

(1) 必须坚持理论联系实际的学风。要认真学习投影原理, 通过一系列的作图实践, 掌握投影的基本概念及其应用方法。多看、多画、多想, 反复进行由物到图和由图到物的思维和作图实践, 这是学好工程制图课程的关键。

(2) 必须按照正确的方法和步骤作图,养成正确使用绘图工具(包括计算机)的习惯。认真掌握制图的基本知识,遵守国家标准《技术制图》、《机械制图》的有关规定,学会查阅和使用有关标准和手册。

(3) 图样在生产建设中起着非常重要的作用,绘图或读图的差错都会给生产带来很大损失,所以在学习过程中必须养成认真负责、严谨细致的作风,这是工程技术人员最基本的素质。

3. 本课程的任务

本课程的主要任务如下:

- (1) 学习正投影法的基本原理及其应用,培养图解简单空间几何问题的能力;
- (2) 培养对三维空间物体的形状表达及相对位置关系的分析能力,从而培养空间逻辑思维能力 and 形象思维能力;
- (3) 培养阅读工程图样的基本能力;
- (4) 培养计算机绘图和三维几何体造型的基本能力;
- (5) 培养徒手绘制简单图样和使用仪器绘图的基本能力;
- (6) 在教学过程中有意识地培养学生的自学能力、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。

第一章 正投影法基础

§ 1-1 投影法及其分类

在日常生活中,人们可以看到物体在太阳光或灯光照射下,在地面或墙壁上产生物体的影子,影子可以完全或部分反映物体的形状。这就是一种投影现象。投影法就是根据这一现象,经过科学的抽象,将物体表示在平面上的方法。我们把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,投射线通过物体,向选定的面(称为投影面)投射,在投影面上得到图形的方法被称为投影法。用投影法所得到的图形称为投影。投影法是绘制工程图样的基础。如图 1-1 所示,设过空间一点 A ,作与投射方向 K 平行的投射线与投影面 H 相交,交点 a 为空间点 A 在该投影面上的投影。

注意:当投射方向和投影面确定后,点 A 在投影面上的投影是唯一的。相反,由点 A 的一个投影 a 却不能唯一确定点 A 在空间的位置。

投影法可以分为两类:中心投影法和平行投影法。

一、中心投影法

所有投射线从同一投射中心出发的投影方法,称为中心投影法。按中心投影法作出的投影称为中心投影。如图 1-2 所示,设点 S 为投射中心,四边形 $ABCD$ 在投影面 H 上的中心投影为四边形 $abcd$ 。用中心投影法得到的物体投影的大小与物体相对投影面的位置有关。在投射中心与投影面不变的情况下,当四边形 $ABCD$ 靠近或远离投影面时,它的投影四边形 $abcd$ 就会变小或变大,一般不能反映四边形 $ABCD$ 的实际大小,且作图较繁。这种投影法主要用于绘制建筑物的透视图。

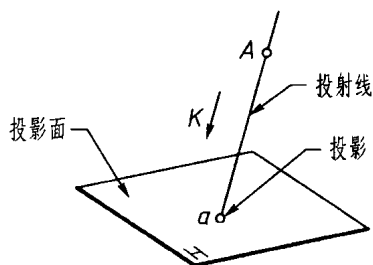


图 1-1 投影法的定义

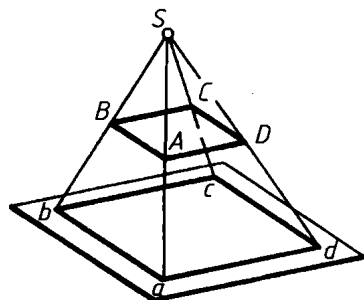


图 1-2 中心投影法

二、平行投影法

如果将中心投影法的投射中心 S 移至无穷远,则所有投射线可视为相互平行,这种投影法

称为平行投影法。投射线的方向称为投射方向。如图 1-3 所示, 设 K 为投射方向, 四边形 $ABCD$ 在投影面 H 上的平行投影为四边形 $abcd$ 。在平行投影法中, 当平行移动物体时, 其投影的形状和大小都不会改变。平行投影法主要用于绘制工程图样。平行投影法按投射方向与投影面是否垂直, 可分为正投影法(图 1-3a)和斜投影法(图 1-3b)。

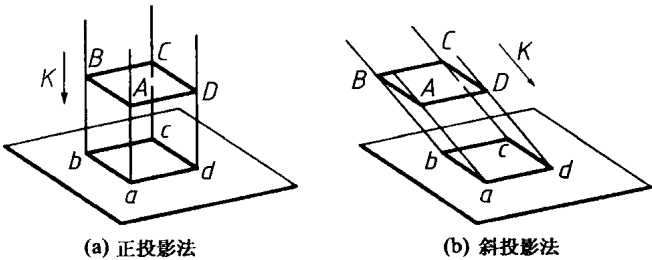


图 1-3 平行投影法

三、工程上常用的投影方法

工程上常用的投影方法可按照投射线的类型(平行或汇交)、投影面与投射线的相对位置(垂直或倾斜)及物体的主要轮廓与投影面的相对位置(平行、垂直或倾斜)设定, 其分类情况如图 1-4 所示。绘制工程图样时应按照国家标准《技术制图》的规定, 采用多面正投影的第一角画法(将物体置于第一分角内, 并使其处于观察者与投影面之间而得到正投影的方法, 如图 1-5 所示)为主, 轴测投影及透视投影为辅。因此, 本课程主要介绍多面正投影的第一角画法及轴测投影。

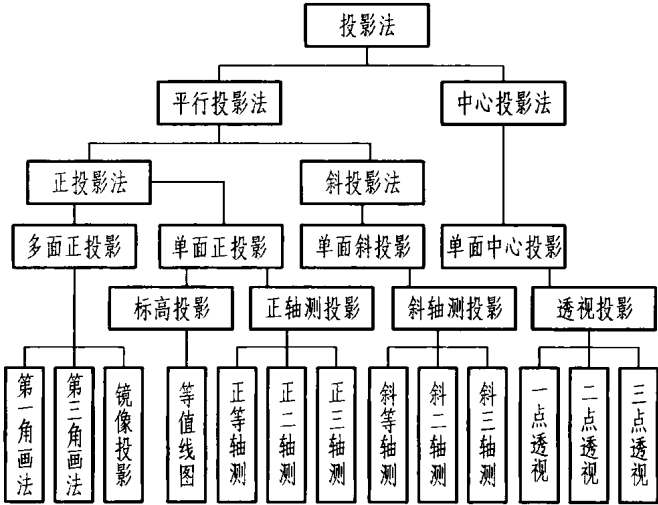


图 1-4 投影法的分类

各种投影法既有共同的性质, 又有各自的特点。图 1-6 将同一物体按几种不同的投影法绘制成相应的投影图, 以便读者对照。图中的多面正投影图的最大优点是能表达物体的真实形状和大小且作图简单, 因此在工程上应用最广泛。正等轴测图和斜二轴测图直观性强、容易看懂, 但手工作图较繁, 工程信息表达较难, 因此在工程上常用作辅助图样。随着计算机绘图技

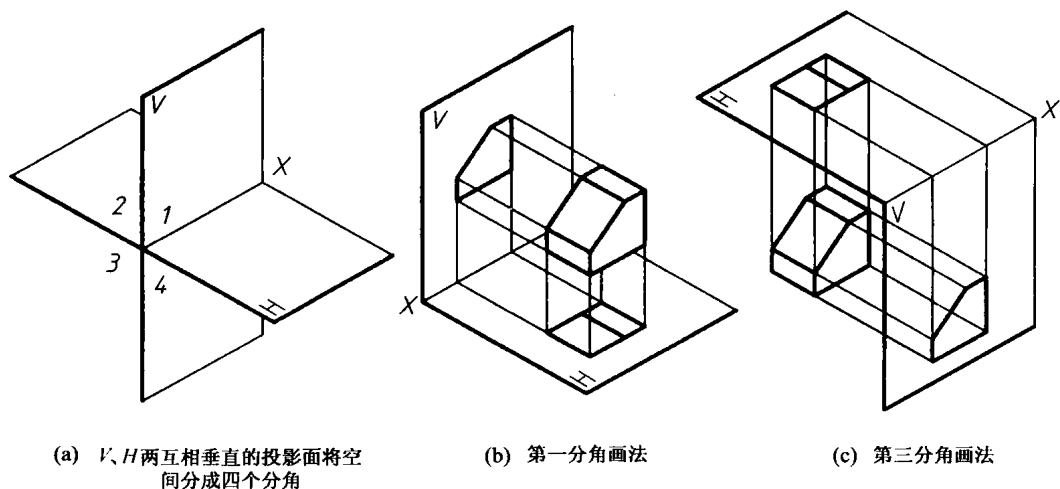


图 1-5 第一角画法与第三角画法示意图

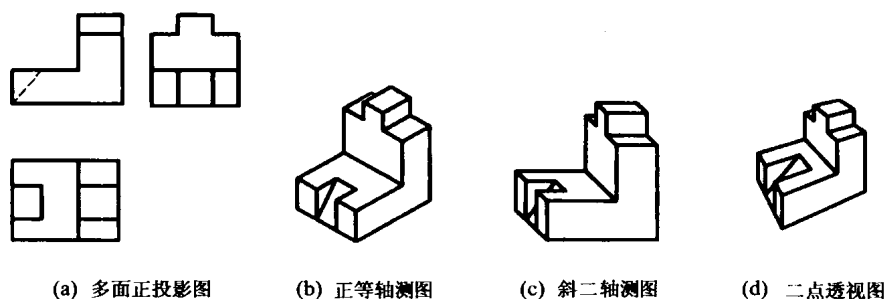


图 1-6 几种不同投影的比较

术的应用，轴测图在工程上逐步得到了较多的应用。透视图由于不能反映物体的真实尺寸，故在机械生产加工图样中不采用。但由于透视图富有立体感、形象逼真，因此在房屋、桥梁等建筑物表现图及工业产品的外观图中应用最多。

正投影法能在投影面上较“真实”地表达空间物体的大小和形状，且作图简便，度量性好，在工程中得到广泛采用。机械图样就是采用正投影法绘制的。本课程主要学习这种投影方法。

用正投影法画出的空间几何元素(点、线、面)和物体的投影称为正投影，简称投影。另外，在画法几何中规定：凡空间点或几何元素用大写字母表示，其投影用小写字母表示。

§ 1-2 正投影法的主要特性

一、直线和平面投影的类似性

物体上倾斜于投影面的平面图形的投影为缩小的类似形，倾斜于投影面的直线段为缩短了

面 V ，其投影 p' 为缩小的类似形。这种投影性质称为投影的类似性。

应当注意，类似形不是相似形，但图形最基本的特征不变。如多边形的投影仍为顶点数相同的多边形，且物体上相互平行的线段，其投影仍互相平行。

二、直线和平面投影的真实性

直线平行于投影面，则直线在该投影面上的投影反映其实长。平面平行于投影面，则平面在该投影面上的投影反映其实形。如图 1-8 所示，直线段 AB 平行于投影面 V ，则投影 $a'b'$ 反映直线段 AB 的实长；平面 R 平行于投影面 V ，则投影 r' 反映平面 R 的实形。直线和平面的这种投影性质称为投影的真实性。

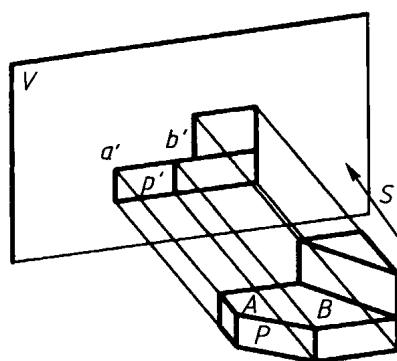


图 1-7 直线和平面投影的类似性

三、直线和平面投影的积聚性

直线垂直于投影面，则直线在该投影面上的投影积聚为一点。平面垂直于投影面，则平面在该投影面上的投影积聚为一条直线。如图 1-9 所示，直线段 AB 垂直于投影面 V ，则投影积聚为一点 $a'(b')$ ；平面 Q 垂直于投影面 V ，则投影积聚为一直线段 q' 。直线和平面的这种投影性质称为投影的积聚性。

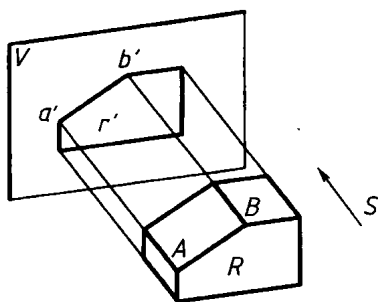


图 1-8 直线和平面投影的真实性

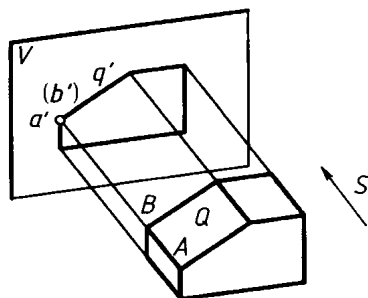


图 1-9 直线和平面投影的积聚

四、直线投影的平行性和等比性

物体上相互平行的线段，投影相互平行，平行两线段的长度之比等于其投影的长度之比。

§ 1-3 三视图的形成及其投影规律

一、三视图的形成

在图 1-10 中，甲、乙两物体形状不同，但在水平面上的投影是相同的，这说明仅用一个投影不能准确地表达物体的形状。因为在同一投射线上的所有点，在同一投影面上的投影完全重合，如图 1-11 所示。因此，点的一个投影不能唯一确定点的空间位置。

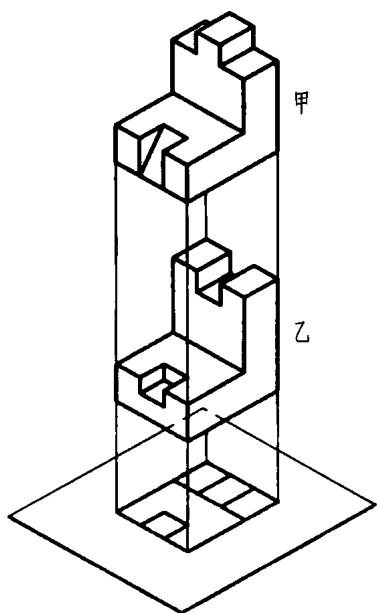


图 1-10 一个投影不能确定物体的形状

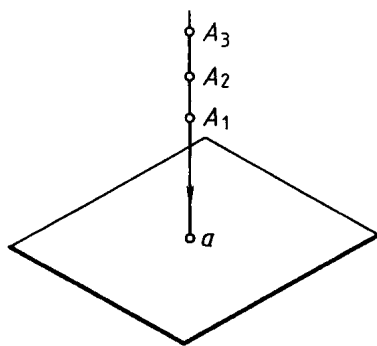


图 1-11 点的一个投影不能确定点的空间位置

为了准确地表达物体的形状，通常把物体放在由三个互相垂直的平面组成的三投影面体系中，如图 1-12 所示，按照国家标准《技术制图》的规定，采用第一角画法，分别从三个方向向三个投影面作正投影，从而得到物体的三面投影。

在三投影面体系中，三个投影面分别称为正面投影面（简称正面，用字母 V 表示）、水平投影面（用字母 H 表示）、侧面投影面（简称侧面，用字母 W 表示）。两投影面的交线称为投影轴， V 面与 H 面的交线为 X 轴，代表物体的长度方向； W 面与 H 面的交线为 Y 轴，代表物体的宽度方向； V 面与 W 面的交线为 Z 轴，代表物体的高度方向。三根投影轴轴线的交点称为原点，用字母 O 表示。

用正投影法绘制的物体的投影图称为视图。由前向后投射所得的视图称为主视图，由上向下投射所得的视图称为俯视图，由左向右投射所得的视图称为左视图，如图 1-12 所示。

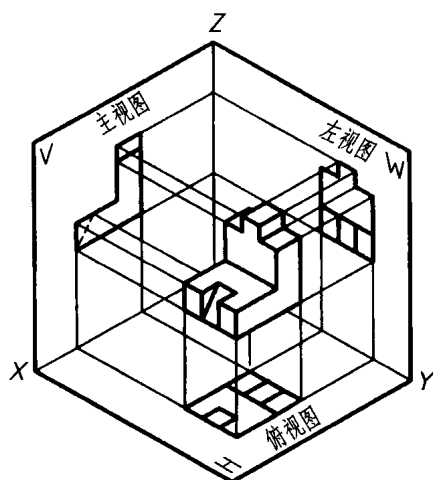


图 1-12 三投影面体系

为使三个视图能画在一张图纸上，国家标准规定： V 面保持不动， H 面绕 OX 轴向下旋转 90° ， W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° ，如图 1-13 所示。从而将三视图摊平在一个平面上，如图 1-14 所示。为了简化作图，投影轴和投影面的边线不画，各视图之间的间隔可根据需要调整，但必须保证三个视图之间的投影对应关系，如图 1-15 所示。通常将物体的主视图、俯视图、左视图合称为物体的三视图。

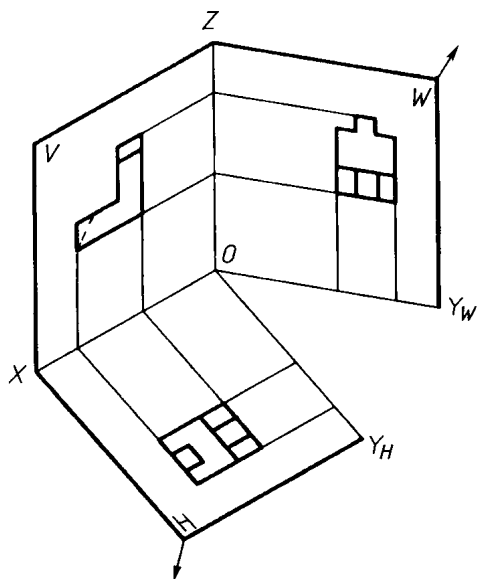


图 1-13 三个投影面的展开方法

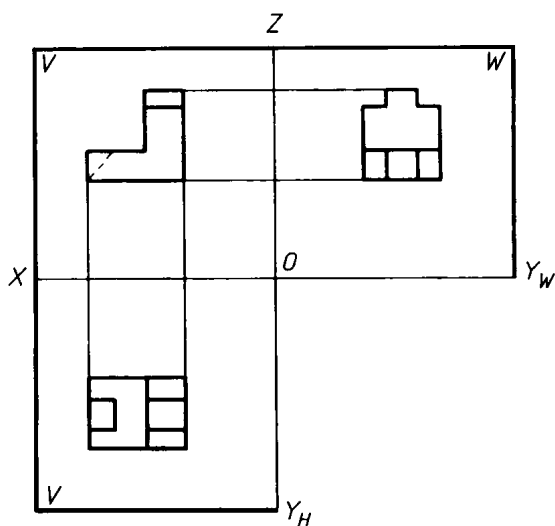


图 1-14 三投影画在一张图纸上

二、三视图的投影对应关系

1. 三视图的位置关系

根据三个投影面之间的相对位置和展开的规定，三视图的位置关系是：以主视图为基准，俯视图在主视图的正下方，左视图在主视图的正右方，如图 1-15 所示。

2. 三视图的三等关系

主、俯视图都反映物体的长度，主、左视图都反映物体的高度，俯、左视图都反映物体的宽度。展开后的三视图之间存在：主、俯视图“长对正”，主、左视图“高平齐”，俯、左视图“宽相等”的三等关系。“长对正、高平齐、宽相等”反映了三视图的投影对应关系，它不仅适合于整个物体的投影，也适合于物体上每个局部结构的投影，如图 1-15 所示。

3. 视图与物体的方位关系

方位关系是指当观察者面对 V 面观察时，物体的上、下、左、右、前、后六个方位在三视图中的对应关系。如图 1-16 所示，主视图反映物体的上、下和左、右方位关系，俯视图反映

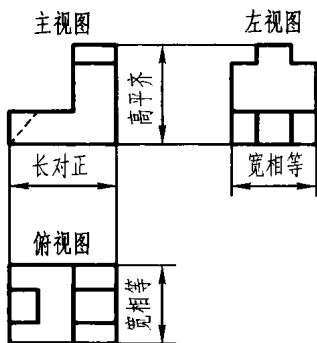


图 1-15 三视图的投影规律

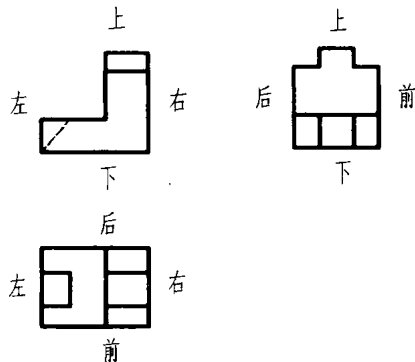


图 1-16 视图与物体的方位关系

物体的前、后和左、右方位关系，左视图反映物体的上、下和前、后方位关系。

三、物体三视图的画法及作图步骤

绘制物体三视图时，首先应分析物体的形状特征，假想物体放在三投影面体系中，使物体上尽可能多的平面、棱线平行或垂直于某一投影面，以便真实地反映物体及其各部分的长、宽、高尺寸和形状，同时也方便作图。应将最能反映物体形状特征的视图选作主视图。

绘制物体三视图时，应将物体上可见的轮廓线画成粗实线，不可见轮廓线画成细虚线，如果物体的前、后或左、右或上、下是对称的，一般应用细点画线绘制其图形的对称线。如果粗实线的线宽取 0.5 mm，则细虚线和细点画线均取 0.25 mm 的宽度(细虚线和细点画线的画法详见第二章)。下面举例说明物体三视图的画法及作图步骤。

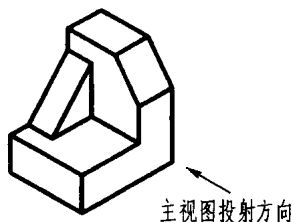


图 1-17 轴测图

例 1-1 画出图 1-17 所示物体的三视图。

分析 物体是由一块在右立板上面切去了一个角的弯板和一个三棱柱叠加而成。为能清楚地表达物体的形状和结构，尽可能避免使用细虚线，选用图 1-17 所示的方向为主视图的投射方向，结果三个视图中的图线均为可见轮廓线。

作图

- (1) 根据三等关系，画弯板的三面投影(图 1-18a)；
- (2) 根据三等关系，画三棱柱的三面投影(图 1-18b)；
- (3) 先从左视图入手，画切角的三面投影，注意三等关系(图 1-18c)；
- (4) 检查，整理图线，加深粗实线，完成全图(图 1-18d)。

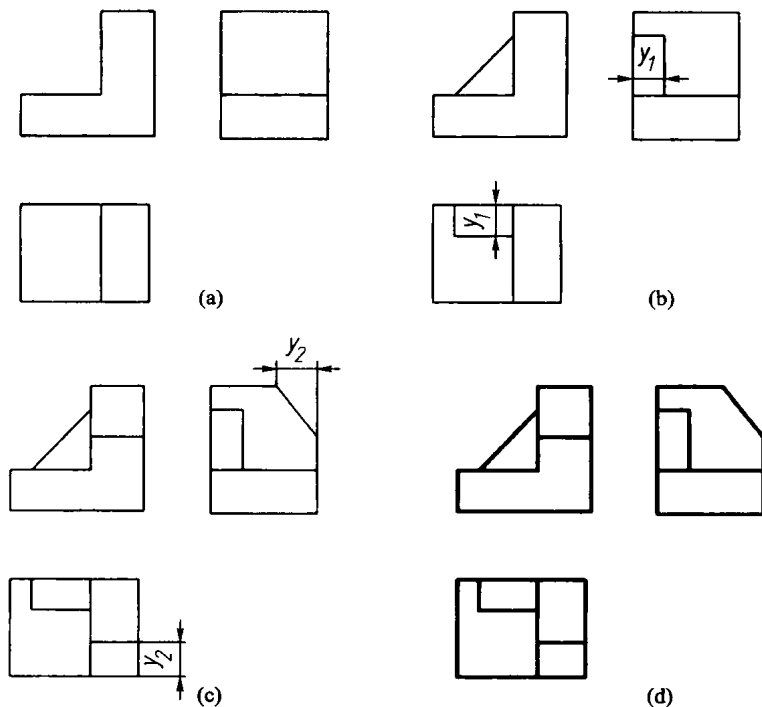


图 1-18 三视图的作图方法和步骤

§ 1-4 正等轴测图的画法

前面介绍的物体的三视图可以确切地反映物体各部分的形状和大小。三视图的特点是度量性好、作图简便，因此在工程上被广泛采用。但是三视图的直观性差，一个视图只能反映立体上两个方向的尺寸和形状，不能同时反映物体三个方向的尺寸和形状。为了想象物体的形状及各部分尺寸，只有将几个投影联系起来，才能了解物体三个方向的尺寸和整体结构形状，这样就给看图带来了一定的困难。为解决这一问题，工程上常将轴测图作为辅助图样。

轴测图是一种单面平行投影图。它虽然度量性不好、作图较复杂，但直观性好。学习轴测图，也可以帮助我们验明所想象的形体是否正确，这样对提高看图和绘图能力以及培养空间想象能力都有帮助。

一、轴测图的基本知识

1. 轴测投影的形成、术语和特性

如图 1-19 所示，取平面 P 作为投影面，选择一个既不平行于物体棱线又不平行物体棱面的投射方向 S ，将物体平行地投射到投影面 P 上，这时物体上各棱线和棱面在投影面上都无积聚性，所得投影能同时反映物体几个表面的情况，因而给人们以较强的立体感。如再将确定该物体空间位置的直角坐标系 $OXYZ$ 一并按 S 方向投射到 P 平面上，则各投影轴上的单位长度在 P 面上将对应一定的投影长度。利用这种沿投影轴方向的线段投影长度的变化率，可以度量物体上与投影轴平行的线段的长度，因此命名为轴测投影。简单地说，轴测投影就是将物体连同确定该物体的直角坐标系按平行投影法一起投射到一个投影面上的投影。用这种方法画出的投影图就称为轴测投影图，简称为轴测图。

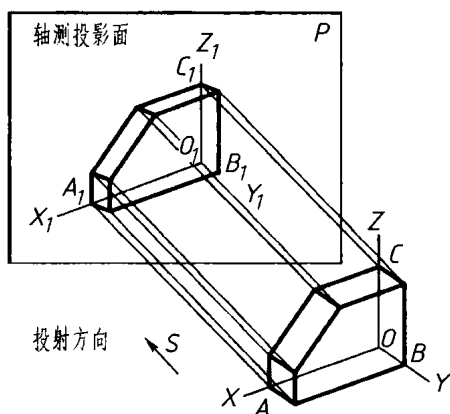


图 1-19 轴测图的形成

在轴测投影中，投影面 P 称为轴测投影面，坐标轴在轴测投影面上的投影称为轴测投影轴，简称为轴测轴。轴测轴之间的夹角称为轴间角，平行于投影轴的线段投影后伸缩的比率称为轴向伸缩系数，设 $O_1X_1/OX = p$ 、 $O_1Y_1/OY = q$ 、 $O_1Z_1/OZ = r$ ，则 p 、 q 、 r 分别为 X 、 Y 、 Z 轴向伸缩系数。

由于轴测图是用平行投影法得到的，因此必然有下列投影特性：

- (1) 物体上互相平行的线段，在轴测图上仍然互相平行。
- (2) 物体上平行线段或同一直线上的两段长度之比，在轴测图上保持不变。
- (3) 物体上平行于轴测投影面的直线和平面，在轴测图上反映实长和实形。

2. 轴测图的分类

轴间角和轴向伸缩系数是轴测图的两个基本参数。轴测图按投射方向与轴测投影面垂直或倾斜可分为正轴测图和斜轴测图，按轴向伸缩系数的不同，可分为等轴测图($p = q = r$)，二轴