

普通高等教育“十二五”规划教材

画法几何学

HUAFA JIHEXUE

周佳新 孙 军 主 编
邓学雄 主 审

HUAFA JIHEXUE



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

画法几何学

HUAFA JIHEXUE

周佳新	孙 军	主 编
王铮铮	姜英硕	王 娜 副主编
	邓学雄	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分十三章,重点讲解投影的基本知识、点线面的投影、立体的投影、轴测投影、组合形体、标高投影、立体表面展开等内容。通过实例,图文结合、循序渐进地介绍了画法几何学的基本知识、读图思路。可作为土木工程、道桥工程、城市地下空间工程、安全、力学、测绘、环境工程、暖通、给排水、建筑学、园林、规划、环境设计、工程管理、造价、土地、房地产、城市、物业、机械、交通、物流、电气、自动化、智能、通信、信息等专业本科、专科学生的教学用书,也可供相关工程技术人员参考。

与本书配套使用的《画法几何学习题及解答》(周佳新主编)由化学工业出版社同时出版。

教材和习题及解答均有配套的 PPT 版课件。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何学/周佳新,孙军主编. —北京:化学工业出版社,2015.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-22067-7

I. ①画… II. ①周…②孙… III. ①画法几何-高等学校-教材 IV. ①O185.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 239381 号

责任编辑:满悦芝 石磊

加工编辑:张绪瑞

责任校对:吴静

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张14 字数436千字 2015年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

前言

画法几何学是土木工程、道桥工程、城市地下空间工程、安全、力学、测绘、环境工程、暖通、给排水、建筑学、园林、规划、环境设计、工程管理、造价、土地、房地产、城市、物业、机械、交通、物流、电气、自动化、智能、通信、信息等工科专业必修的技术基础课程之一，是表现工程技术人员设计思想的理论基础。本书是在综合各专业的教学特点，依据教育部批准印发的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》，并根据当前画法几何学教学改革的发展，结合编者多年从事工程实践及画法几何学教学的经验编写而成的。

本书遵循认知规律，将工程实践与理论相融合，以新规范为指导，通过实例，图文结合、循序渐进地介绍了画法几何学的基本知识、读图的思路、方法和技巧，精选内容，强调实用性和可读性。教材的体系具有科学性、启发性和实用性。

本书共分十三章，在内容的编排顺序上进行了优化，主要讲解投影的基本知识、点线面的投影、立体的投影、轴测投影、组合形体、标高投影、立体表面展开等内容。着重培养学生空间几何问题的想象、空间几何问题的分析和空间几何问题的表达等能力，为后续课程打基础。

与本书配套使用的《画法几何学习题及解答》(周佳新主编)同时出版，可供选用。

教材和习题及解答均有配套的 PPT 版课件，需要者请与出版社或周佳新教授 (zhoujiixin@sohu.com) 联系。

本书由周佳新、孙军主编，王铮铮、姜英硕、王娜副主编。参与本书编写的有沈阳建筑大学的周佳新、孙军、王铮铮、姜英硕、马广韬、张喆、刘鹏、王志勇、沈丽萍、李鹏、张楠、马晓娟、牛彦，辽宁科技学院的方亦元、韦杰，沈阳城市建设学院的王娜、赵欣、李琪、陈璐、宋小艳、李丽，沈阳大学的潘苏蓉等。

本书承蒙华南理工大学邓学雄教授审阅，邓教授提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢！

由于水平所限，书中难免出现疏漏，敬请各位读者批评指正。

编者
2014 年 12 月

目 录

绪论

1

- 一、课程的性质和目的 1
- 二、课程的内容和研究对象 1
- 三、课程的任务和学习方法 2

第一章 投影的基本知识

4

- 第一节 投影的概念及分类 4
 - 一、基本概念 4
 - 二、投影法分类 5
- 第二节 投影的几何性质 5
- 第三节 工程上常用的几种投影方法 6
- 第四节 正投影图及其特性 8
 - 一、正投影图的形成 8
 - 二、正投影图的特性 9

第二章 点的投影

11

- 第一节 点的投影及投影规律 11
 - 一、点在两投影面体系中的投影 11
 - 二、点在三投影面体系中的投影 12
- 第二节 点的投影与直角坐标的关系 16
- 第三节 空间点的相对位置 17
- 第四节 重影点及可见性 17

第三章 直线的投影

19

- 第一节 直线的投影概述 19
- 第二节 直线对投影面的相对位置 19
 - 一、一般位置直线 19
 - 二、投影面平行线 20
 - 三、投影面垂直线 21
 - 四、投影面内直线 23
- 第三节 线段的实长及其对投影面的倾角 24
 - 一、直角三角形法的作图原理 24

二、直角三角形法的作图方法	24
第四节 直线上的点	26
一、直线上的点简介	26
二、直线的迹点	28
第五节 两直线的相对位置	29
一、两直线平行	30
二、两直线相交	30
三、两交叉直线	32
第六节 直角的投影	34
一、垂直相交两直线的投影	34
二、交叉垂直两直线的投影	36

第四章 平面的投影

39

第一节 平面的几何元素表示法	39
第二节 平面对投影面的相对位置	39
一、一般位置平面	39
二、投影面平行面	40
三、投影面垂直面	41
第三节 平面上的点和直线	43
一、平面上取点	43
二、平面内取直线	44
三、平面内的投影面平行线	44
第四节 平面的迹线	47
一、平面的迹线表示法	47
二、特殊位置平面迹线	48

第五章 直线与平面、平面与平面的相对位置

51

第一节 平行关系	51
一、直线与平面平行	51
二、平面与平面平行	52
第二节 相交关系	55
一、特殊情况相交	55
二、一般情况相交	59
第三节 垂直关系	60
一、直线与平面垂直	60
二、两平面垂直	63

第六章 投影变换

65

第一节 投影变换的实质和方法	65
第二节 换面法	67

一、基本原理	67
二、基本作图	69
三、应用举例	73
第三节 旋转法——绕投影面垂直线旋转	78

第七章 立体的投影

81

第一节 平面立体的投影及表面上的点和线	81
一、棱柱	81
二、棱锥	84
第二节 曲面立体的投影及表面上的点和线	88
一、曲面的形成和分类	88
二、圆柱体	89
三、圆锥体	91
四、圆球体	94
五、圆环体	97
第三节 非回转直纹曲面的投影	99
一、柱面	100
二、锥面	100
三、柱状面	101
四、锥状面	102
五、双曲抛物面	103
第四节 螺旋线和螺旋面的投影	104
一、圆柱螺旋线	104
二、圆锥螺旋线	106
三、螺旋面	106

第八章 平面与立体相交

109

第一节 平面与平面立体相交	109
一、截交线的性质	109
二、平面与平面立体相交	109
第二节 平面与曲面立体相交	115
一、圆柱的截交线	115
二、圆锥的截交线	118
三、圆球的截交线	121

第九章 立体与立体相交

124

第一节 两平面立体相交	124
一、相贯线及其性质	124
二、求两平面立体相贯线的步骤	125
第二节 平面立体与曲面立体相交	129

一、相贯线及其性质	129
二、求平面立体与曲面立体相贯线的步骤	130
第三节 两曲面立体相交	133
一、相贯线及其性质	133
二、求相贯线的方法及步骤	133
三、相贯线的变化	139
四、相贯线的特殊情况	139
第四节 穿孔体的投影	141

第十章 轴测投影 145

第一节 基本知识	145
一、轴测投影的形成	145
二、轴测轴、轴间角及轴向变形系数	146
三、轴测投影的投影特性	146
四、轴测投影的分类	146
第二节 正轴测投影	147
一、轴间角与轴向伸缩系数	147
二、平面体的正等测和正二测画法	148
三、圆的正等测和正二测	153
四、曲面立体的正等测画法	157
第三节 斜轴测投影	160
一、斜二测的轴间角和轴向变形系数	160
二、圆的斜二测	161
三、斜二测的画法	162
第四节 轴测投影图的选择	164

第十一章 组合形体与构型设计 167

第一节 组合形体的组成与分析	167
一、组合体的三视图	167
二、组合体的形体分析	168
第二节 组合形体视图的读图	173
一、读图时构思物体空间形状的方法	173
二、读图的基本方法	175
三、读图步骤的小节	181
第三节 组合形体的构型设计	183
一、构型设计的基本要求	183
二、构型的基本方法	184

第十二章 标高投影 187

第一节 点、直线和平面的标高投影	187
------------------------	-----

一、点的标高投影	187
二、直线的标高投影	187
三、平面的标高投影	189
第二节 曲面的标高投影	193
一、圆锥曲面	193
二、同坡曲面	193
三、地形图	194

第十三章 立体表面展开

198

第一节 多面体的表面展开	198
一、棱锥表面的展开	199
二、棱柱的表面展开	200
三、应用举例	201
第二节 可展曲面的表面展开	203
一、锥面的展开	204
二、柱面的展开	204
三、应用举例	205
第三节 不可展曲面的近似展开	207
一、球面的近似展开	207
二、圆环面的近似展开	208
三、正螺旋面的近似展开	209
四、应用举例	210
第四节 展开中的工艺处理	213
一、薄板制件的板厚处理	213
二、薄板制件的接口处理	214

参考文献

216

绪 论

一、课程的性质和目的

画法几何学是几何学的一个分支,研究用投影法图示和图解空间几何问题的理论和方法,是工科类专业必修的技术基础课。通过本课程的学习,使学生具有图示和图解空间几何问题的能力,为后续课程打基础。

在近代工业革命的发展进程中,随着生产的社会化,1795年,法国著名学者加斯帕·蒙日(G. Monge, 1746—1818)(见图0-1),系统地提出了以投影几何为主线的画法几何学,使工程图的表达与绘制得以高度的规范化、唯一化,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“语言”。蒙日于1795年1月起在巴黎高等专科学校讲授画法几何学,初期是保密的。1798年保密令解除,公开出版画法几何学。从此,画法几何学传遍世界。1920年清华大学的萨本栋教授(物理科学家,留美学习电工,厦门大学校长,教画法几何)译美国安东尼·阿什利的“Descriptive Geometry”,此书由商务印书馆出版,蔡元培作序(清末进士,留学德国、法国,曾任教育总长,中央研究院院长,北大校长)。后来我国工程图学学者、华中理工大学赵学田教授简捷通俗地总结了三视图的投影规律为“长对正、高平齐、宽相等”,从而使得画法几何和工程制图知识易学、易懂。



图0-1 蒙日像

二、课程的内容和研究对象

图样被喻为“工程界的语言”,它是工程技术人员表达技术思想的重要工具,是工程技术部门交流技术经验的重要资料。图是有别于文字、声音的另一种人类思想活动的交流工具。所谓的“图”通常是指绘制在画纸、图纸上的二维平面图形、图案、图样等。我们是生活在三维的空间里,要用二维的平面图形去表达三维的立体(空间)。如何用二维图形准确地表达三维的形体,以及如何准确地理解二维图形所表达的三维形体,就是画法几何学要研究的主要问题。

画法几何学主要包括:投影的基本知识、点线面的投影及相互关系、立体的投影、轴测投影、组合体等几个方面。其内容主要研究投影的原理,是制图的理论基础。着重培养学生空间几何问题的想象、空间几何问题的分析、空间几何问题的表达等能力。

画法几何学要解决的问题包括图示法和图解法两部分。



图示法主要研究用投影法将空间几何元素（点、线、面）的相对位置及几何形体的形状表示在图纸平面上，同时必须可以根据平面上的图形完整无误地推断出空间表达对象的原形。即要在二维平面图形与空间三维形体之间建立起一一对应的关系。在工程施工和生产中常需要将实物绘制成图样，并根据图样组织生产和施工，这是工程图学要解决的基本任务。因而图示法必然成为工程图学的理论基础。

图解法主要研究在平面上用作图方法解决空间几何问题。确定空间几何元素的相对位置，如确定点、线、面的从属关系，求交点、交线的位置等，所有这些称为解决定位问题；而求几何元素间的距离、角度、实形等则属于解决度量问题。图解法具有直观、简便的优点，对于一般工程问题可以达到一定精度要求，对于有高精度要求的问题，可用图解与计算相结合的方法解决，综合两种方法的优点可使形象思维与抽象思维在认识中达到统一。

三、课程的任务和学习方法

1. 课程的任务

- (1) 学习投影法的基本理论，为绘制和应用各种工程图样打下理论基础。
- (2) 图示法：研究在平面上表达空间几何形体的方法。
- (3) 图解法：研究在平面上解答空间几何问题的方法。
- (4) 培养空间想象力和分析能力。
- (5) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

2. 课程的学习方法

- (1) 联系的观点：画法几何、平面几何、立体几何同属几何学范畴，应联系起来学习。
- (2) 投影的观点：运用投影的方法，掌握投影的规律。
- (3) 想象的观点：会画图（将空间几何关系用投影的方法绘制到平面上）；会看图（绘制完成的平面图形应想象出空间立体的形状）。
- (4) 实践的观点：理论联系实际，独立完成一定的作业、练习。

总之，本课程的学习有一个鲜明的特点，就是用作图来培养空间逻辑思维和想象能力。即在学习的过程中，始终必须将平面上的投影与想象的空间几何元素结合起来。这种平面投影分析与空间形体想象的结合，是二维思维与三维思维间的转换。而这种转换能力的培养，只能逐步做到。首先，听课是学习课程内容的重要手段。课程中各章节的概念和难点，通过教师在课堂上形象地讲授，容易理解和接受。其次，必须认真地解题，及时完成一定数量的练习题，这样就有了一个量的积累。作图的过程是实现空间思维分析的过程，也是培养空间逻辑思维和想象能力的过程。只有通过解题、作图，才能检验是否真正地掌握了课堂上所学的内容。要密切联系与本课程有关的初等几何知识，着重训练二维与三维的图示和图解的相互转换。第三，由于本课程独特的投影描述，常表现为重叠的点、线，因而做题时的空间逻辑思维过程，无法一目了然地表现出来，时间久了很难回忆起，容易忘记。建议解题时，用文字将步骤记录下来，对照复习，这样才能温故知新，熟练掌握所学的内容。

计算机应用技术的日臻成熟，也极大地促进了画法几何学的发展，计算机图形学的兴起开创了图学应用和发展的新纪元。以计算机图形学为基础的计算机辅助设计（CAD）技术，推动了几乎所有领域的设计革命。设计者可以在计算机所提供的虚拟空间中进行构思设计，设计的“形”与生产的“物”之间，是以计算机的“数”进行交换的，亦即以计算机中的数据取代了图纸中的图样，这种三维的设计理念对传统的二维设计方法带来了强烈的冲击，也



是今后工程应用发展的方向。

值得一提的有两点：一是计算机的广泛应用，并不意味着可以取代人的作用；二是CAD/CAPP/CAM一体化，实现无纸生产，并不等于无图生产，而且对图提出了更高的要求。计算机的广泛应用，CAD/CAPP/CAM一体化，技术人员可以用更多的时间进行创造性的设计工作，而创造性的设计离不开运用图形工具进行表达、构思和交流。所以，随着CAD和无纸生产的发展，图形的作用不仅不会削弱，反而显得更加重要。因此，作为从事工程的技术人员，掌握画法几何学的知识是必不可少的。

第一章 投影的基本知识

画法几何学的基本方法是投影法，其基本思想是通过物体在平面上的投影来认识和表达物体的形状、位置及相互关系。我们生活在一个三维空间中，点、线、面是空间的几何元素，它们没有大小、宽窄、厚薄，由它们构成的空间形状叫做形体。将空间的三维形体转变为平面的二维图形是通过投影法来实现的。

第一节 投影的概念及分类

一、基本概念

在日常生活中，有一种常见的自然现象：当光线照在物体上时，地面或墙面上必然会产生影子，这就是投影的现象。这种影子只能反映物体的外形轮廓，不能反映内部情况。人们在这种自然现象的基础上，对影子的产生过程进行了科学的抽象，即把光线抽象为投射线，把物体抽象为形体，把地面抽象为投影面，于是就创造出投影的方法。当投射线投射到形体上时，就在投影面上得到了形体的投影，这个投影称为投影图，如图 1-1 所示。

投射线、投影面、形体（被投影对象）是产生投影的三要素。

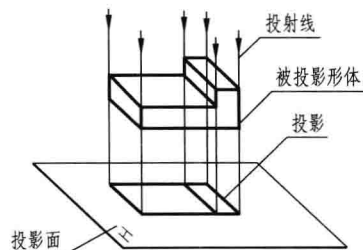


图 1-1 投影的形成

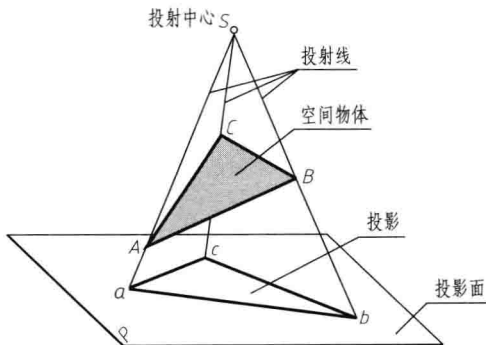


图 1-2 中心投影法

如图 1-2 所示，设定平面 P 为投影面，不属于投影面的定点 S （如光源）为投射中心，投射线均由投射中心发出。通过空间点 A 的投射线与投影面 P 相交于点 a ，则 a 称作空间点 A 在投影面 P 上的投影。同样， b 也是空间点 B 在投影面 P 上的投影， c 也是空间点 C 在投影面 P 上的投影。

这种按几何法则将空间物体表示在平面上的方法称为投影法。

二、投影法分类

1. 中心投影法

当所有投射射线都通过投射中心时,这种对形体进行投影的方法称为中心投影法,见图 1-2。用中心投影法所得到的投影称为中心投影。由于中心投影法的各投射射线对投影面的倾角不同,因而得到的投影与被投影对象在形状和大小上有着比较复杂的关系。

2. 平行投影法

若将投射中心移向无穷远处,则所有的投射射线变成互相平行,这种对形体进行投影的方法称为平行投影法,如图 1-3 所示。平行投影法又分为斜投影法和正投影法两种。

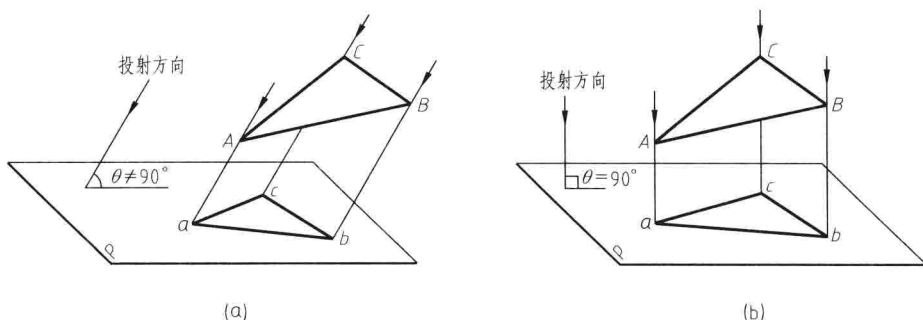


图 1-3 平行投影法

(1) 斜投影法 平行投影法中,当投射射线倾斜于投影面时,这种对形体进行投影的方法称为斜投影法,如图 1-3 (a) 所示。用斜投影法所得到的投影称为斜投影。由于投射射线的方向以及投射射线与投影面的倾角 θ 有无穷多种情况,故斜投影也可绘出无穷多种;但当投射射线的方向和 θ 一定时,其投影是唯一的。

(2) 正投影法 平行投影法中,当投射射线垂直于投影面时,这种对形体进行投影的方法称为正投影法,如图 1-3 (b) 所示。用正投影法所得到的投影称为正投影。由于平行投影是中心投影的特殊情况,而正投影又是平行投影的特殊情况,因而它的规律性较强,所以工程上常把正投影作为工程图的绘图方法。

第二节 投影的几何性质

画法几何及投影法主要研究空间几何原形与其投影之间的对应关系,即研究它们之间内在联系的规律性。研究投影的基本性质,目的是找出空间几何元素本身与其在投影面上投影之间的内在联系,即研究在投影图上哪些空间几何关系保持不变,而哪些几何关系有了变化和怎样的变化,尤其是要掌握那些不变的关系,作为画图 and 看图的基本依据。以下的几种性质是在正投影的情况下讨论的,其实也适用于斜投影的情况。

(1) 显实性 当直线段或平面平行于投影面时,其投影反映实长或实形,如图 1-4 所示。

(2) 积聚性 当直线或平面垂直于投影面时,其投影积聚为一点或一直线,如图 1-5 所示。

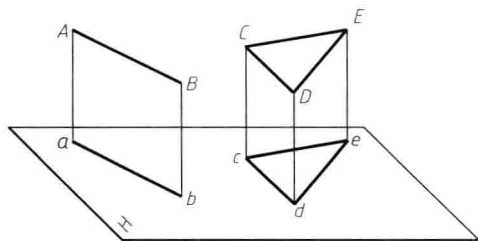


图 1-4 显实性

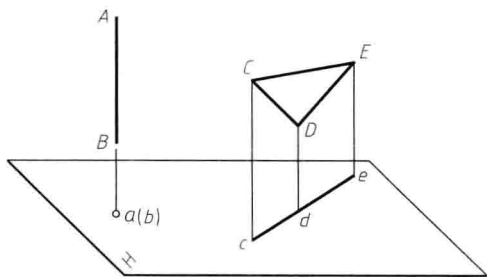


图 1-5 积聚性

(3) 类似性 当直线或平面不平行于投影面时, 其正投影小于其实长或实形, 如图 1-6 所示。但其斜投影则可能大于或等于或小于其实长或实形。

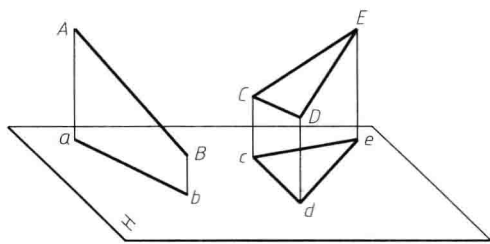


图 1-6 类似性

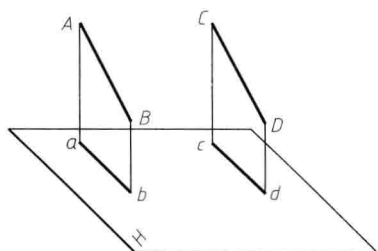


图 1-7 平行性

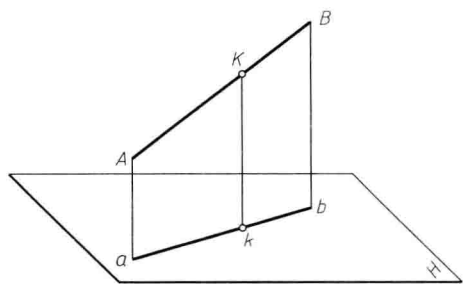


图 1-8 从属性、定比性

(4) 平行性 当空间两直线互相平行时, 它们的投影一定互相平行, 而且它们的投影长度之比等于空间长度之比, 如图 1-7 所示。

(5) 从属性 属于直线上的点, 其投影必从属于该直线的投影, 如图 1-8 所示。

(6) 定比性 点在直线上, 点分线段的比例等于该点的投影分线段的投影所成的比例, 如图 1-8 所示。

上述规律, 均可用初等几何的知识得到证明。

第三节 工程上常用的几种投影方法

1. 多面正投影法

多面正投影法是采用正投影法将空间几何元素或形体分别投影到相互垂直的两个或两个以上的投影面上, 然后按一定规律将获得的投影排列在一起, 从而得出投影图的方法。用正投影法所绘制的投影图称为正投影图。

图 1-9 (a) 所示是把一个物体分别向三个相互垂直的投影面 H 、 V 、 W 作正投影的情形; 图 1-9 (b) 所示是将物体移走后, 将投影面连同物体的投影展开到一个平面上的方法; 如图 1-9 (c) 所示是去掉投影面边框后得到的三面投影图。

正投影图能反映物体的真实形状。绘制时度量方便, 所以是工程界最常用的一种投影



图。其缺点是直观性较差，看图时必须几个投影互相对照，才能想象出物体的形状，因而没有学习过制图的人不易读懂。

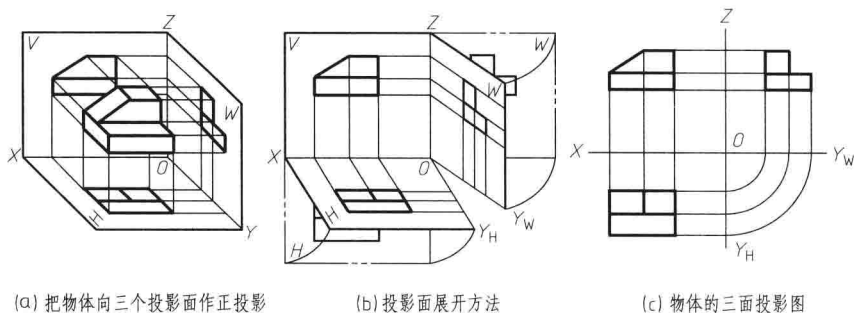


图 1-9 多面正投影法

2. 轴测投影法

轴测投影法是一种平行投影法，它是一种单面投影。这一方法是把空间形体连同确定该形体位置的直角坐标系一起沿不平行于任一坐标平面的方向平行地投射到某一投影面上，从而得出其投影图的方法。用此法所绘制的投影图称为轴测投影图，简称轴测图。

如图 1-10 (a) 所示，就是把一个物体连同所选定的直角坐标体系按投射方向 S 投射到一个称为轴测投影面的平面 P 上，这样，在平面 P 上就得到了一个具有立体感的轴测图；如图 1-10 (b) 所示就是去掉投影面边框后得到的轴测图。

轴测图虽然能同时反映物体三个方向的形状，但不能同时反映各表面的真实形状和大小，所以度量性较差，绘制不便。轴测图以其良好的直观性，经常用作图书、产品说明书中的插图或工程图样中的辅助图样。

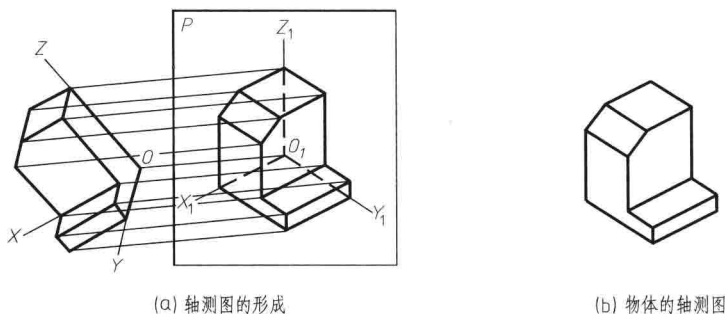


图 1-10 轴测投影法

3. 透视投影法

透视投影法属于中心投影法，而且也是一种单面投影。这一方法是由视点把物体按中心投影法投射到画面上，从而得出该物体投影图的方法。用此法所绘制的投影图称为透视投影图，简称透视图。

如图 1-11 (a) 所示是一个建筑物透视图的形成过程，而图 1-11 (b) 则是该建筑物的透视图。

用透视投影法绘制的图形与人们日常观看物体所得的形象基本一致，符合近大远小的视觉效果。工程中常用此法绘制外部和内部的表现图。但这种方法的手工绘图过程较繁杂，而且根据图形一般不能直接度量。



透视图按主向灭点可分为：一点透视（心点透视、平行透视）、两点透视（成角透视）和三点透视。

三点透视一般用于表现高大的建筑物或其他大型的产品设备。

透视投影广泛用于工艺美术及宣传广告图样。虽然它直观性强，但由于作图复杂且度量性差，故在工程上只用于土建工程及大型设备的辅助图样。若用计算机绘制透视图，可避免人工作图过程的复杂性。因此，在某些场合广泛地采用透视图，以取其直观性强的优点。

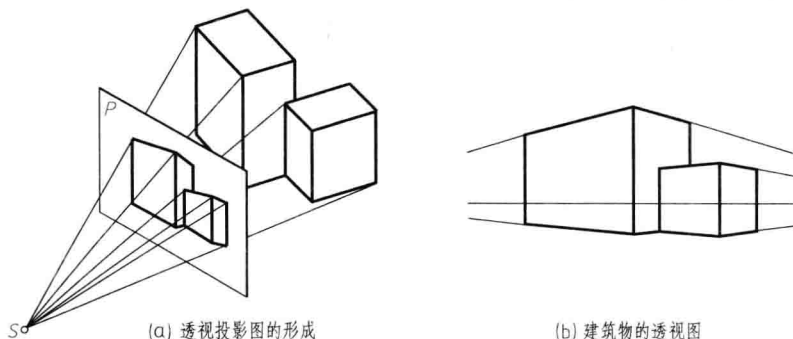


图 1-11 透视投影法

4. 标高投影法

标高投影法也是一种单面投影。这一方法是用一系列不同高度的水平截平面剖切形体，然后依次作出各截面的正投影，并用数字把形体各部分的高度标注在该投影上，该投影图称为标高投影图。

如图 1-12 所示，取高差为 10m 的一系列水平面与山峰相交，得到一系列等高线，并将这些曲线投影到水平面上，即为标高投影图。标高投影常用来表示不规则曲面，如船舶、飞行器、汽车曲面以及地形等。

对于某些复杂的工程曲面，往往是采用标高投影和正投影结合的方法来表达。标高投影法是绘制地形图和土工结构物的投影图的主要方法。

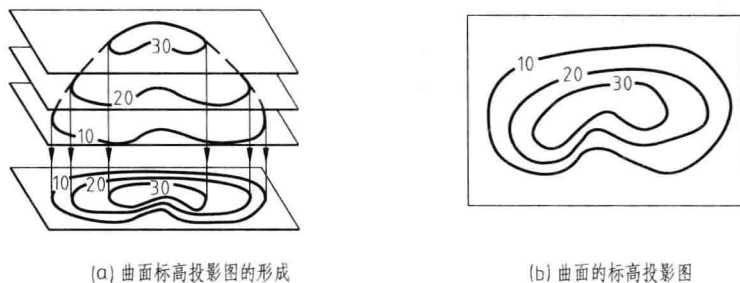


图 1-12 标高投影法

第四节 正投影图及其特性

一、正投影图的形成

用正投影法所绘制的投影图称为正投影图。