



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

画法几何及 土木工程制图

齐明超 梅素琴 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TU204
184

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

画法几何及土木工程制图

齐明超 梅素琴 主编



机械工业出版社

本书是教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材，分为画法几何、土木工程制图、计算机绘图三部分，共29章。主要内容有：投影的基本知识，点，直线，平面，直线与平面、平面与平面的相对位置，投影变换，曲线与曲面，立体，立体与立体相贯，立体表面展开，轴测投影，正投影中的阴影，透视投影，标高投影，制图基本知识，组合体的三面图，工程形体的表达方法，钢筋混凝土结构图，钢、木结构图，房屋建筑图，给水排水工程图，暖通空调工程图，道路工程图，桥涵工程图，水利工程图，机械图，计算机绘图基础，AutoCAD基本知识，AutoCAD绘图实例等。

本书可作为高等院校土木、水利类专业的教材，也可供其他类型的学校，如函授大学、电视大学、成人高校等有关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何及土木工程制图/齐明超，梅素琴主编. —北京：机械工业出版社，2008.10

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-111-25378-5

I. 画… II. ①齐…②梅… III. ①画法几何②土木工程-建筑制图
IV. TU204

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第162113号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑：黄丽梅 责任编辑：黄丽梅 版式设计：霍永明

责任校对：张晓蓉 封面设计：姚毅 责任印制：杨曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2009年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·32印张·794千字

0001—4000册

标准书号：ISBN 978-7-111-25378-5

定价：60.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书及其配套使用的《画法几何及土木工程制图习题集》，是根据高等工业学校《画法几何及土木建筑制图课程教学基本要求》编写的，适用于普通高等工业院校土木、路桥、水利类专业土木工程制图的教学，也可供其他类型的学校，如函授大学、电视大学等有关专业参考选用。

本书分为画法几何、土木工程制图、计算机绘图三部分。

画法几何部分主要讲述投影的基本理论和基本方法，培养学生的空间想象能力和空间思维能力；土木工程制图部分采用最新颁布的有关制图的国家标准和行业标准，介绍了制图的基本知识和形体的表达方法，以及房屋建筑图、给水排水工程图、暖通空调工程图、道路工程图、桥涵工程图、水利工程图等的图示特点及绘制方法和步骤；计算机绘图部分主要介绍了通用的绘图软件 AutoCAD 的基本知识，并给出了一个使用该软件绘制土木工程图样实例的方法和步骤。

本书在内容上兼顾了大土木类各专业的基本要求，为适应现代绘图的需要，着重加强了计算机绘图部分。本书在文字叙述方面，力求文理通顺，深入浅出，循序渐进，突出重点。对于重要的例图，给出了分步图，便于理解和阅读。对于重要的概念和较复杂的投影图，给出了直观图，以帮助进行空间想象。

本书由齐明超、梅素琴主编。参加编写的有：齐明超（绪论、第1、5、6、7、8、9、12、17、18、19、20、27、28、29章），梅素琴（第2、3、4、10、11、13、14、16、23、24、25、26章），吴庆（第15、20章），汪红梅（第21、22章）。

本书由柳炳康教授主审。在编写过程中得到了机械工业出版社及合肥工业大学土建学院和工程图学教研室的大力支持及帮助，谨此深表感谢。

由于编者水平所限，书中难免有缺点和错误，恳请读者予以批评指正。

编 者

目 录

前言		
绪论	1	
0.1 学习土木工程制图的任务和方法	1	
0.2 土木工程制图发展概述	2	
第1章 投影的基本知识	5	
1.1 投影及其特性	5	
1.2 土木工程中常用的几种投影法	6	
1.3 平行投影的特性	7	
1.4 投影图的形成及特性	8	
第2章 点	11	
2.1 点的两面投影	11	
2.2 点的三面投影	13	
2.3 两点的相对位置及重影点	15	
思考题	17	
第3章 直线	18	
3.1 直线的投影	18	
3.2 各种位置的直线	18	
3.3 一般位置直线的实长及倾角	21	
3.4 直线上的点	23	
3.5 两直线的相对位置	25	
3.6 直角投影定理	28	
思考题	30	
第4章 平面	31	
4.1 平面的表示法	31	
4.2 各种位置平面的投影	32	
4.3 平面上的点和直线	35	
思考题	41	
第5章 直线与平面、平面与平面的 相对位置	42	
5.1 直线与平面、平面与平面平行	42	
5.2 直线与平面、平面与平面相交	44	
5.3 直线与平面、平面与平面垂直	49	
5.4 点、直线、平面的综合题	51	
第6章 投影变换	56	
6.1 概述	56	
6.2 换面法	57	
6.3 旋转法	65	
第7章 曲线与曲面	69	
7.1 曲线	69	
7.2 曲面概述	72	
7.3 回转面	73	
7.4 非回转直纹曲面	75	
7.5 平螺旋面	78	
第8章 立体	81	
8.1 平面立体的投影	81	
8.2 平面立体表面上的点	82	
8.3 平面立体的截交线	83	
8.4 曲面立体表面上的点	85	
8.5 曲面立体的截交线	87	
8.6 贯穿点	91	
第9章 立体与立体相贯	94	
9.1 两平面立体相贯	94	
9.2 同坡屋面	96	
9.3 平面立体与曲面立体相贯	97	
9.4 两曲面立体相贯	98	
第10章 立体表面展开	104	
10.1 概述	104	
10.2 平面立体的表面展开	104	
10.3 曲面立体的表面展开	107	
思考题	112	
第11章 轴测投影	113	
11.1 概述	113	
11.2 正轴测投影	114	
11.3 正轴测图的画法	119	
11.4 斜轴测投影	123	
11.5 轴测投影的选择	125	
思考题	126	
第12章 正投影中的阴影	127	
12.1 阴影的基本知识	127	
12.2 点和直线的影	128	
12.3 平面图形的阴影	130	
12.4 基本形体的阴影	132	
12.5 建筑形体的阴影	132	

第 13 章 透视投影	136	20.4 结构施工图	266
13.1 概述	136	第 21 章 给水排水工程图	277
13.2 直线、平面的透视	138	21.1 概述	277
13.3 透视图作图	140	21.2 一般规定	277
13.4 视点、视高和画面位置的选择	145	21.3 室内给水排水工程图	282
13.5 圆的透视	147	21.4 室外管网平面布置图	291
思考题	148	21.5 水泵房设备图	294
第 14 章 标高投影	150	21.6 图样画法	296
14.1 概述	150	第 22 章 暖通空调工程图	301
14.2 直线和平面的标高投影	150	22.1 概述	301
14.3 曲面的标高投影	156	22.2 暖通空调制图的一般规定	301
14.4 工程建筑物与地形面的交线	159	22.3 室内采暖施工图	307
思考题	164	22.4 通风空调施工图	313
第 15 章 制图基本知识	165	第 23 章 道路工程图	318
15.1 常用制图工具及仪器用法	165	23.1 路线平面图	318
15.2 图纸幅面、线型、字体、尺寸 标注	168	23.2 路线纵断面图	321
15.3 几何作图	178	23.3 路线横断面图	323
15.4 平面图形的画法	181	23.4 城市道路路线工程图	325
15.5 徒手作图	182	23.5 道路立体交叉	326
第 16 章 组合体的三面图	185	第 24 章 桥涵工程图	331
16.1 组合体三面图的画法 (画图)	185	24.1 桥梁工程图	331
16.2 组合体三面图的阅读 (读图)	192	24.2 桥梁图的读图和画图步骤	341
16.3 组合体的尺寸标注	198	24.3 涵洞工程图	342
思考题	202	第 25 章 水利工程图	347
第 17 章 工程形体的表达方法	203	25.1 概述	347
17.1 视图	203	25.2 水工图的表达方法与特点	349
17.2 剖面图	205	25.3 水工建筑物中的常见曲面	355
17.3 断面图	210	25.4 水工图的尺寸标注	361
17.4 简化画法	212	25.5 水工图的阅读	363
17.5 第三角画法	213	第 26 章 机械图	372
第 18 章 钢筋混凝土结构图	215	26.1 概述	372
18.1 钢筋混凝土结构的基本知识	215	26.2 零件图	372
18.2 钢筋混凝土结构图的图示方法	217	26.3 标准件和常用件的画法	381
18.3 钢筋混凝土构件详图	222	26.4 装配图	387
第 19 章 钢、木结构图	225	第 27 章 计算机绘图基础	391
19.1 钢结构图	225	27.1 概述	391
19.2 木结构图	231	27.2 计算机绘图系统	392
第 20 章 房屋建筑图	233	27.3 AutoCAD 简介	395
20.1 概述	233	第 28 章 AutoCAD 基本知识	398
20.2 施工图中常用的符号及标注方法	235	28.1 AutoCAD 的基本概念	398
20.3 建筑施工图	238	28.2 AutoCAD 的工作过程	403
		28.3 命令的输入设备及输入方法	408

28.4	绘图环境设置	409
28.5	常用绘图命令	411
28.6	精确绘图	417
28.7	图形编辑	421
28.8	图层和对对象特性设置	430
28.9	块的操作	433
28.10	显示控制和对象查询	436
28.11	注写文字	438
28.12	尺寸标注	441
28.13	图案填充	447
28.14	布局的设置	450
28.15	图形输出	453
28.16	三维绘图	455

第 29 章	AutoCAD 绘图实例	471
29.1	用 AutoCAD 绘制建筑平面图的 步骤	471
29.2	建筑平面图中常用构配件及符号的 画法	471
29.3	设置绘图环境	475
29.4	绘制图形	478
29.5	尺寸标注	491
29.6	绘制其他符号及注写文字	500
29.7	加图框和标题栏	501
29.8	打印输出	503
参考文献		505

绪 论

0.1 学习土木工程制图的任务和方法

土木工程制图课程的主要内容分为三部分：画法几何、土木工程制图和计算机绘图。

1. 学习土木工程制图的任务

在土木工程中，无论是建造房屋，或是建造公路、桥梁、水坝等，都要根据设计完善的图样，才能进行施工。这是因为建筑物的形状、大小、结构、构造、设备、装饰等很难用人类传统的语言或文字清晰地描述，但图样却可以借助于一系列的视图，将建筑物的艺术造型、外貌形状、内部布置、结构构造、各种设备、地理环境以及其他施工要求等，准确而详尽地表达出来，作为施工的依据。所以，图样是工程中不可缺少的重要技术文件。所有从事工程技术的人员必须首先掌握制图技能。否则，不会识图，就无法理解别人的设计意图；不会画图，就无法表达自己的构思。因此，按照国家或部门有关标准的统一规定而绘制的图样被称为工程界的技术语言。

画法几何主要是研究用二维平面图形表达三维空间形体（即**图示**）和在二维平面图形上通过作图求解三维空间几何问题（即**图解**）的科学。空间形体千差万别、各种各样，不便于研究其共性，通常把形体抽象成点、线、面、体来研究。画法几何是制图的理论基础，比较抽象，系统性和理论性较强。如果把图样称为工程界的共同语言，画法几何则是描述这种语言的语法。

土木工程制图主要是培养学生绘制和阅读土木工程图样的能力。掌握有关专业的土木工程图样的内容和特点，包括专业制图中有关国家标准规定的图示特点和表达方法。制图是投影理论的运用，实践性较强。

计算机绘图是制图与计算机相结合而发展起来的一种新的图形技术。计算机绘图是计算机辅助设计（CAD）的基础，也是本学科发展的一个重要方向。随着计算机的普及，计算机绘图已逐渐成为工程技术人员必须掌握的重要工具。

本课程的主要任务是：

- 1) 学习各种投影法（主要是正投影法）的基本理论及其应用。
- 2) 熟悉国家制图标准和有关规定。
- 3) 培养绘制和阅读土木工程图样的基本能力。
- 4) 培养空间想象能力和图解空间几何问题的能力。
- 5) 培养利用计算机绘图的基本能力。
- 6) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

本课程的基本要求是：

- 1) 掌握各种投影法的基本理论和作图方法，以及具备图解空间几何问题的能力。
- 2) 正确使用绘图工具和仪器，熟悉国家制图标准和有关规定。能正确绘制和阅读一般

土木工程图样。

3) 对计算机绘图及其应用有所认识, 掌握绘图软件 AutoCAD 的基本使用方法, 可以利用计算机绘制一般的土木工程图。

2. 学习土木工程制图的方法

本课程实践性较强, 必须加强实践性教学环节, 保证认真地完成一定数量的作业和习题, 将学习投影理论、制图标准的有关规定、初步的专业知识、基本的绘图技能、计算机绘图的基本方法, 与培养空间想象能力、绘图和读图能力紧密地结合起来。一定要做到多看、多想、多练。

1) 投影法: 深刻领会投影原理, 熟练掌握投影方法。

2) 关联法: 投影作图和初等几何知识相关联; 图示与图解相关联, 图示是图解的基础, 正确的图解方能更好地图示。

3) 空间思维法: 借助于手边的笔、尺子、课本等进行空间分析, 反复进行从二维平面图形到三维空间形体以及从三维空间形体到二维平面图形的思维。

4) 土木工程图样是施工的依据, 往往由于图样上一条线的疏忽或是一个数字的差错, 造成严重的损失。因此, 在学习过程中, 必须具备高度的责任心, 严格遵守国家标准和规定, 培养认真负责、耐心细致、一丝不苟的工作作风。

5) 绘图和读图能力的培养主要通过一系列的绘图实践和上机操作来实现。

0.2 土木工程制图发展概述

图形和语言、文字一样, 是人类用来表达、交流思想和分析事物的基本工具之一, 也是人类的一种信息载体。在认识世界的过程中, 至少有 80% ~ 90% 的外界信息是通过视觉来获得的。

人类生活在三维空间里, 在光媒介作用下通过视觉去观察外界形体, 逐渐形成了有关图形的概念。自远古时期, 人类出于表达和交流自身对外界形体直观感受的目的, 创造了以图画表达形体的方法, 出现了图形科学的萌芽。就其实质看, 图形是人类视觉对外界形体观察的有形记录, 它比文字更悠久、更形象、更直观和便于记忆。

图形起源于实践, 由人类智慧所创造, 并在社会生产实践中不断完善和发展。

随着人类生产活动的不断发展, 绘制和应用图形的能力也不断提高, 许多能工巧匠、建筑家、艺术家和学者们, 针对人类生活和生产的需要, 创造了许许多多、形形色色的图样, 留下了大量珍贵的资料。

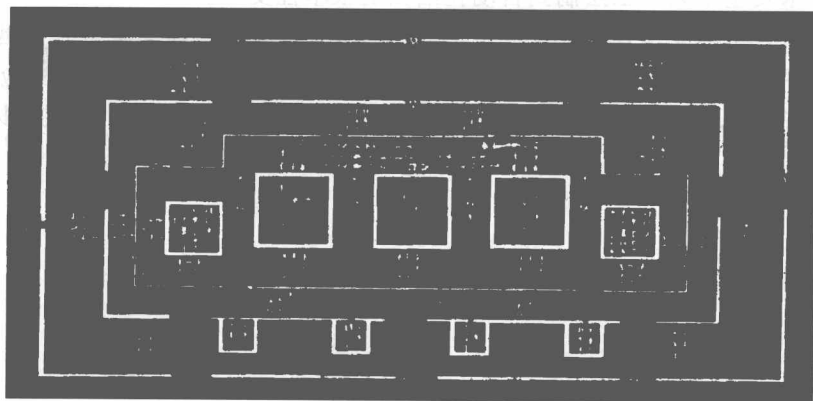
我国是世界上文明发展最早的国家之一, 在土木工程制图方面取得了很大的成就。例如: 唐高祖命欧阳询等所辑的《艺文类聚》卷三十二引说苑中云:“(战国时)齐王起九重之台, 募国中能画者, …画台”。又如人们熟知的阿房宫是秦始皇于渭南上林苑所建朝宫的前殿,《史记》称:“前殿阿房, 东西五百步, 南北五十丈, 上可以坐万人, 下可以建五丈旗, 周驰为阁道, 自殿下直抵南山。表南山之巅以为阙。为复道, 自阿房渡渭, 属之咸阳, 以像天极。”唐代杜牧《阿房宫赋》中有所谓:“覆压三百余里, 隔离天日”的描述。这样巨大的土木工程, 没有图样是不可能建造的。

1977 年冬, 在河北省平山县出土的战国时期中山王墓中一件铜制建筑规划平面图是现

存世界上最早的完整工程图，如图 0-1 所示。该图是用金银线镶嵌在一块长 94cm、宽 48cm、厚 1cm 的铜板上，表示国王、两位王后、两位夫人的坟墓和相应享堂的位置和尺寸，该图是用正投影的方法绘制的。从镶嵌的 439 个文字，可知建筑物的名称、大小，并可知该图的绘制比例为 1:500。经专家考证，这块铜板制成于公元前 4 世纪，距今已有两千多年了。



a)



b)

图 0-1 战国时期中山王墓中的建筑规划平面图

a) 铜版原形 b) 根据铜版原形整理出来的平面图

特别值得提出的是宋代李诫（字明仲）所著的《营造法式》（公元 1097 年奉旨编修，1100 年成书，1103 年刊行），这是世界上最早的一部建筑规范巨著，对营造技术、建筑标准、制图规范、材料规格等都有详细的论述。该书共有 36 卷，其中图样 6 卷，计图一千余幅。图样这一名称，从此确定下来并沿用至今。该书中的图样大多是按正投影法绘制的，如图 0-2a 所示的大殿构造是用剖面图表示的，也有用其他投影法绘制的，如图 0-2b 所示的斗拱是用斜轴测图表示的。

1795 年，法国著名科学家加斯帕·蒙日（Gaspard Monge，公元 1746—1818）发表了著名的《画法几何》论著，制图方法从此逐渐统一起来。在而后的两百余年中，许多学者和工程技术人员对工程制图的理论和方法做了大量的研究工作，使之不断地发展和完善。

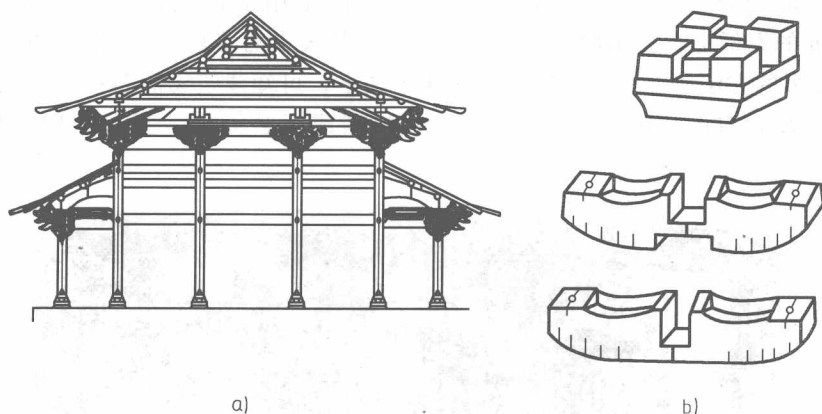


图 0-2 《营造法式》中的插图

a) 殿堂举折图 b) 斗拱

随着科学技术的进步和发展，制图工具和手段也正在不断变革。

自从 1946 年美国哈佛大学和 IBM 公司研制成功世界上第一台计算机 ENIAC 以来，人类生产的自动化水平进入了一个新的历史阶段。1958 年美国产生了世界第一台自动绘图机，从而使绘图技术发生了从手工绘制到自动化绘图的根本性变革。

随着计算机技术的飞速发展，硬件价格的不断下降，计算机绘图也得到了迅速发展和推广。计算机绘图以及在其基础上发展起来的计算机辅助设计（CAD），已广泛应用于土木工程、机械、电子、汽车、航空航天、化工等行业，为提高生产力和推动社会进步发挥了巨大作用。

第 1 章 投影的基本知识

1.1 投影及其特性

1. 投影的概念

如何才能把三维的空间形体在二维的平面图样上表达出来呢？大家都知道影子，物体在阳光下、灯光下都有各自的影子，投影就是将影子进行一系列的假设和抽象而得到的。首先假设，影子应该落在同一平面上（即可从三维的空间形体变换成二维的平面图形）；其次假设，光线可以穿透物体（即可以反映形体的内部线条）；最后对光线的方向也作了某种选择。经过这样一系列的假设和抽象，“影子”就变成了投影。

如图 1-1 所示，光源 S 称为**投射中心**，投影所在的平面 P 称为**投影面**，连接投射中心与形体上点的直线称为**投射线**，通过一点的投射线与投影面 P 的交点称为该点在投影面 P 上的**投影**。这种作出形体投影的方法，称为**投影法**。

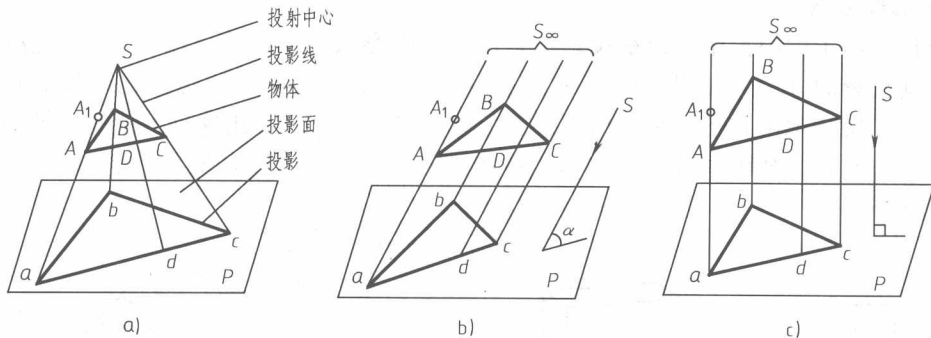


图 1-1 投影的概念

a) 中心投影 b) 斜投影 c) 正投影

投影法是画法几何的基础。通常把投影分为中心投影和平行投影两大类。

(1) 中心投影 如图 1-1a 所示，当投射中心 S 距离投影面 P 为有限远时，点 S 即为所有投射线在有限远距离内的交点。用这样一组交汇于一点的投射线所作出的空间形体的投影，称为**中心投影**。这种投影方法称为**中心投影法**。

(2) 平行投影 当投射中心 S 距离投影面为无限远 S_∞ 时，所有的投射线都互相平行。用这样一组相互平行的投射线所作出的空间形体的投影，称为**平行投影**。这种投影方法称为**平行投影法**。

根据投射线与投影面之间是否垂直，平行投影又可分为斜投影和正投影。

1) 斜投影：当投射线倾斜于投影面时所作出的平行投影，称为**斜投影**，如图 1-1b 所示。这种投影方法称为**斜投影法**。

2) 正投影：当投射线垂直于投影面时所作出的平行投影，称为**正投影**，如图 1-1c 所

示。这种投影方法称为正投影法。

2. 投影的特性

无论是中心投影还是平行投影，都具有如下特性：

- 1) 它们都具有投影的三要素：空间被投影物体、投射线和投影面。如图 1-1 所示。
- 2) 同素性：直线的投影仍为直线（把点看做长度为零的直线）。如图 1-1 所示，直线 AB 、 BC 和 CA 的投影分别为 ab 、 bc 和 ca 。
- 3) 从属性：直线上点的投影应从属于直线的投影。如图 1-1 所示， $D \in AC$ ， $d \in ac$ 。
- 4) 唯一性：当投影面和投射中心或投射方向确定之后，空间一点必有其唯一的一个投影与之对应。如图 1-1 所示， A 和 a 、 B 和 b 、 C 和 c 等。
- 5) 不确定性：空间一点只用其一面投影无法确定该点的空间位置。如图 1-1 所示，仅由投影 a 无法确定其空间点在 A 或 A_1 处，或在投射射线 Aa 上的任何位置。

1.2 土木工程中常用的几种投影法

在土木工程中，根据所描述的对象不同、目的不同，对图样的要求也不同，所采用的图示方法也随之不同。在土木工程中常用下列四种投影法：透视投影法、轴测投影法、多面正投影法和标高投影法。

1. 透视投影法

透视投影属于中心投影。透视投影法是用中心投影法将空间形体投射在单一投影面上，从而得到其投影的方法，如图 1-2a 所示。这种图示法的特点是立体感强，形象逼真；但是度量性差，无法从图中直接度量形体各部分的确切形状和大小。用这种方法绘制的图形基本接近于人们观察物体的视觉效果，因此，透视投影法在土木工程中常用来表示建筑物的外观或内部装修效果。

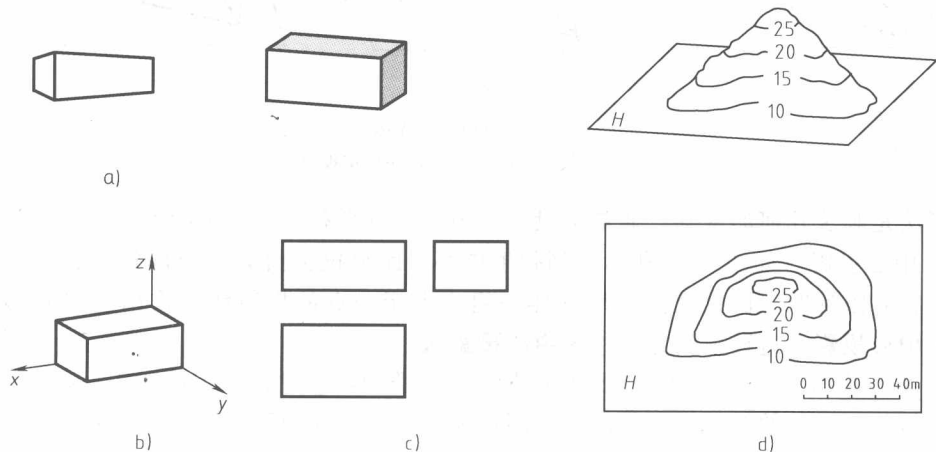


图 1-2 各种投影法在土木工程中应用

a) 透视图 b) 轴测图 c) 正投影图 d) 标高投影图

2. 轴测投影法

轴测投影是平行投影的一种。轴测投影法是把空间形体连同确定该形体位置的直角坐标

系,沿不平行于任一坐标系平面的方向,用平行投影法将其投影射在单一投影面上,从而得到其投影的方法,如图1-2b所示。这种图示方法的特点是立体感较强,度量性较差。在一定的条件下具有一定的度量性,但所表达的形体形状不全面,部分形状往往失真,且作图较复杂。因此轴测投影法在工程中常作为补充的辅助性投影法。轴测投影包括正轴测投影和斜轴测投影。

3. 多面正投影法

多面正投影法是指设立两个或两个以上互相垂直的投影面,作出空间形体在这些投影面上的正投影,然后按一定的方法将投影面展开,从而得到形体的多面正投影图的方法,如图1-2c所示。这种图示方法的特点是所绘图形的立体感差,需要经过一定的训练才能看懂;但度量性强,在一定的情况下,可以直接从图中度量出空间形体上各线段的真实大小。在工程中度量性要比立体感来得重要,因此,多面正投影法是工程中应用最广泛的一种投影法,也是本课程讲述的重要内容。

4. 标高投影法

标高投影法是指用正投影法将形体投影在一个水平面上,并在其投影上标出等高线,从而表达出该地段的地形的一种投影方法,如图1-2d所示。标高投影法是绘制地形图和土工结构投影图的主要方法。用标高投影法绘制的地形图主要用等高线表示,并应标注比例和各等高线的高程。

1.3 平行投影的特性

在土木工程制图中,最常用的投影法是平行投影法。平行投影具有如下的特性:

(1) **度量性(或实形性)** 当线段或平面图形平行于投影面时,其平行投影反映线段或平面图形的实长或实形。这种可以直接从平行投影上确定和度量线段的长度或平面图形的形状和大小的特性,称为**度量性(或实形性)**,如图1-3a、b所示。

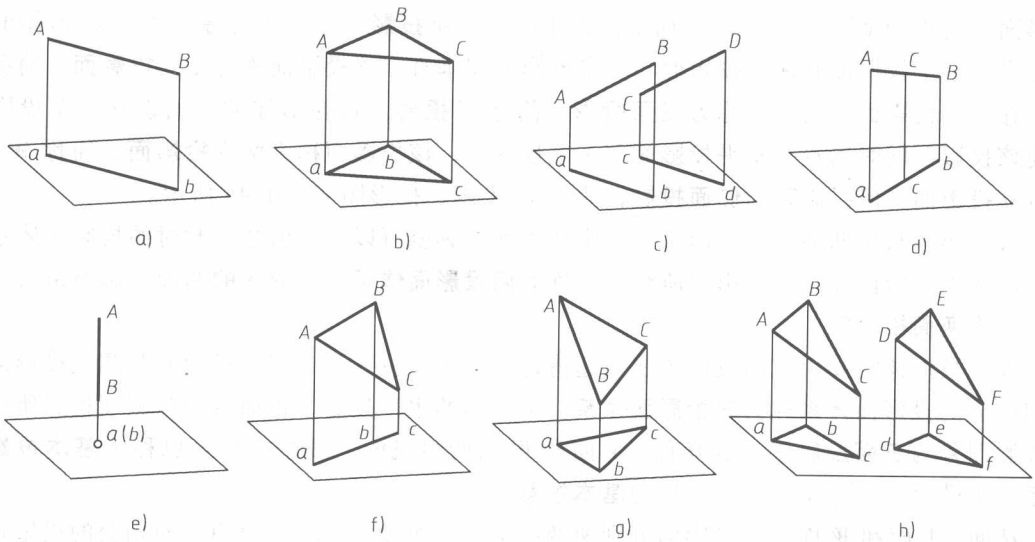


图 1-3 平行投影的特性

(2) 平行性 空间相互平行的两直线, 它们在同一投影面上的平行投影仍然保持平行, 这种特性称为平行性。例如当 $AB \parallel CD$ 时, $ab \parallel cd$, 如图 1-3c 所示。

(3) 定比性

1) 当两线段 AB 和 CD 相互平行时, 平行投影上两线段投影的长度之比等于两线段空间的真实长度之比, 即 $ab:cd = AB:CD$, 如图 1-3c 所示。

2) 当 A 、 B 、 C 三点共线时, 平行投影上两线段投影的长度之比等于两线段空间的真实长度之比, 即 $ab:bc = AB:BC$, 如图 1-3d 所示。

(4) 积聚性 当直线或平面图形平行于投射射线 (在正投影中即垂直于投影面) 时, 其平行投影积聚为一点或一直线, 这种特性称为积聚性, 其积聚为一点或一直线的投影称为积聚投影, 如图 1-3e、f 所示。

(5) 最大性 (仅适用于正投影) 在正投影中, 实形投影为最大投影, 即 $ab \leq AB$, 如图 1-3d、g 所示。

(6) 类似性 当平面图形倾斜于投射射线 (在正投影中即倾斜于投影面) 时, 其投影反映空间实形的类似形, 即 N 边形的投影仍为 N 边形, 如图 1-3g、h 所示。

(7) 不变性 当一直线或一平面图形, 经过平行地移动之后, 其投影的形状和大小不变, 如图 1-3c、h 所示。

1.4 投影图的形成及特性

1. 投影图的形成

根据投影的不确定性可知: 空间一点只用其一面投影无法确定该点的空间位置, 那么对于空间形体而言, 只用其一面投影则无法确定该形体的空间形状。因此, 要想确切地表达空间形体需用多面正投影图。

多面正投影体系的设立一般首先是在形体的正下方设立一个投影面, 该投影面称为水平投影面, 简称 H 面; 在水平投影面上的投影称为水平投影, 简称 H 投影。然后在形体的正后方设立一个投影面并使该投影面与水平投影面相垂直, 该投影面称为正立投影面, 简称 V 面; 在正立投影面上的投影称为正面投影, 简称 V 投影。再在形体的侧面设立一个投影面并使该投影面同时垂直于水平投影面和正立投影面, 该投影面称为侧立投影面, 简称 W 面; 在侧立投影面上的投影称为侧面投影, 简称 W 投影。投影图如图 1-4a 所示。

有些形体只用两面投影, 即水平投影和正面投影就可以表达清楚。此时的投影面体系也可只由水平投影面和正立投影面所组成, 称为两投影面体系。由形体的两面投影所组成的投影图称为两面投影图。

大多数形体需要用三面投影才能表达清楚。由水平投影面、正立投影面和侧立投影面所共同组成的投影面体系称为三投影面体系。由形体的水平投影、正面投影和侧面投影所组成的投影图称为三面投影图。由 H 面、 V 面和 W 面所组成的三投影面体系也称为基本投影面体系; H 投影、 V 投影和 W 投影称为基本投影。

H 面、 V 面和 W 面三个投影面分别两两相交于三个投影轴, H 面和 V 面相交的投影轴称为 OX 轴, H 面和 W 面相交的投影轴称为 OY 轴, V 面和 W 面相交的投影轴称为 OZ 轴, 三

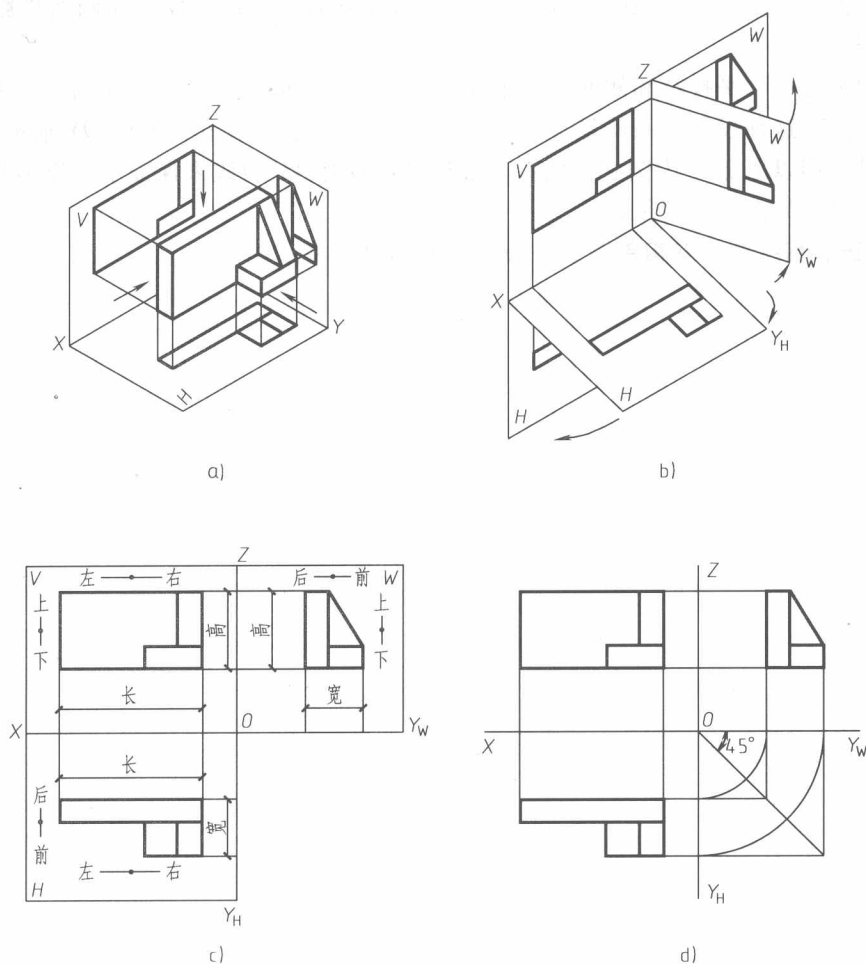


图 1-4 投影图的形成及特性

个投影轴的交点 O 称为原点。

投影面体系设立后，还需要将其展开放在同一平面上。**投影图的展开规定：**

V 面固定， H 面绕 OX 轴向下旋转 90° ， W 面绕 OZ 轴向后旋转 90° ，使 H 面、 W 面和 V 面最终放置在同一个平面上。这时 OY 轴被一分为二，一条随 H 面往下旋转，记为 OY_H ；一条随 W 面往后旋转，记为 OY_W ，如图 1-4b 所示。

2. 投影图的特性

如图 1-4 所示，形体的水平投影可以反映形体的长度和宽度，以及左、右和前、后的方位；形体的正面投影可以反映形体的长度和高度，以及左、右和上、下的方位；形体的侧面投影可以反映形体的宽度和高度，以及前、后和上、下的方位，如图 1-4c 所示。

形体的长度在水平投影和正面投影中都有所反映，形体的水平投影和正面投影左右是对齐的，这种投影关系就是常说的“长对正”。投影作图时，在水平投影和正面投影之间用竖直线保证长对正。

形体的高度在正面投影和侧面投影中都有所反映，形体的正面投影和侧面投影上下是对

齐的，这种投影关系就是常说的“高平齐”。投影作图时，在正面投影和侧面投影用水平线保证高平齐。

形体的宽度在水平投影和侧面投影中都有所反映，形体在水平投影和侧面投影中反映的宽度是相等的，这种投影关系就是常说的“宽相等”。因投影图在展开时 OY 轴被一分为二，投影作图时常用以原点 O 为圆心作圆弧，或从原点 O 作 45° 斜线来保证水平投影和侧面投影之间的宽相等，如图 1-4d 所示。

“长对正、高平齐、宽相等”是正投影的基本投影关系。