



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

画法几何 及土木工程制图

土建、水利类专业适用
合订修订版

朱育万 主编

孙天杰 丁宇明 卢传贤 朱建国 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

画法几何 及土木工程制图

土建、水利类专业适用

合订修订版

朱育万 主编

孙天杰 丁宇明 卢传贤 朱建国 副主编

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

画法几何及土木工程制图/朱育万主编. —修订版.

—北京: 高等教育出版社, 2001.6

面向 21 世纪课程教材. 普通高等教育“九五”国家级重点教材

ISBN 7-04-009556-4

I. 画… II. 朱… III. ①画法几何—高等学校—教材
②建筑制图—高等学校—教材 IV. ①0185. 2②TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01009 号

责任编辑 肖银玲 封面设计 张楠 责任绘图 李维平
版式设计 马静如 责任校对 俞声佳 责任印制 宋克学

画法几何及土木工程制图 (土建、水利类专业适用)(合订修订版)

朱育万 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京地质印刷厂

开 本 850×1168 1/16

版 次 1996 年 9 月第 1 版

印 张 36.25

2001 年 6 月第 2 版

字 数 910 000

印 次 2001 年 6 月第 1 次印刷

定 价 37.90 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

内 容 提 要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和普通高等教育“九五”国家级重点教材。

本书是由 1997 年高等教育出版社出版的朱育万主编《画法几何学》和《土木工程制图》合订修订而成的。本合订本除绪论外分为三篇:第一篇画法几何,第二篇土木工程制图,第三篇计算机绘图基础。

本书删去了原《画法几何学》和《土木工程制图》中的平轴旋转法、正二等轴测投影的画法、用计算机解画法几何问题及木结构图等章节,适当减少了画法几何中有关点、直线和平面的图解问题,但加强了计算机绘图部分。

本书共 25 章,主要内容有:点,直线,平面,直线与平面、平面与平面的相对位置,投影变换,多面体,曲线和曲面,曲面体,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,制图基本知识与技能,组合体的三面图,工程形体的表达方法,钢筋混凝土结构图,钢结构图,房屋建筑图,桥梁、涵洞、隧道工程图,水利工程图,机械图,AutoCAD 的基本用法,AutoCAD 三维绘图,C 语言编程绘图等。

本书可作为高等学校工科本科土建、水利类专业的教材,也可供其他类型学校如职工大学、函授大学、电视大学等有关专业选用。与本书配套的朱育万主编《画法几何及土木工程制图习题集》(合订修订版)同时由高等教育出版社出版,可供选用。

前 言

本书是由1997年高等教育出版社出版的朱育万主编《画法几何学》和《土木工程制图》合订修改而成的。原书是根据1995年高等学校工科本科画法几何及工程制图课程教学指导委员会审订通过、经国家教委批准印发、适用于土建、水利类专业的《画法几何及土木建筑制图课程教学基本要求》并吸取近年来教学改革经验而编写的，由同济大学何铭新教授审阅，并经高等学校工科画法几何及工程制图课程教学指导委员会组织审稿会复审通过。本书为普通高等教育“九五”国家级重点教材和面向21世纪课程教材。

本合订本除绪论外分为三篇：第一篇画法几何，第二篇土木工程制图，第三篇计算机绘图基础。

本书删去了原《画法几何学》和《土木工程制图》中的平轴旋转法、正二等轴测投影的画法、用计算机解画法几何问题及木结构图等章节，并适当地减少了画法几何中有关点、直线和平面的图解问题。与此同时，本书的又一个明显特点，就是着重加强了计算机绘图部分。这部分的内容包括绘图软件AutoCAD的基本用法、AutoCAD三维绘图和C语言编程绘图。学习后，要求既能利用绘图软件绘制二维和三维图形，又能编写绘图程序画出图形，为今后学习计算机辅助设计打下良好的基础。

本书采用了最新颁布的有关制图的国家标准。

本书和与之配套出版的朱育万主编《画法几何及土木工程制图习题集》(合订修订版)一起可作为高等学校工科本科土建、水利类专业的教材，也可供其他类型学校如职工大学、函授大学、电视大学等有关专业选用。

参加本书编写工作的有：西南交通大学朱育万(绪论、第六、二十二章及第二十章的一部分)、卢传贤(第二十三、二十四、二十五章)、李睿谟(第五章)、萧燕玉(第二十章的一部分)、王广俊(第二十章的一部分)、武汉大学丁宇明(第七、八、九章及第二十一章的一部分)、傅玉仙(第二十一章的一部分)、天津大学孙天杰(第一、二、三、四、十七、十八章)、重庆大学朱建国(第十、十一、十二章)、徐建国(第十九章)、钱燕(第十五、十六章)。由朱育万任主编，孙天杰、丁宇明、卢传贤、朱建国任副主编。

热忱欢迎读者对本书批评指正。

编 者

2000年5月

原《画法几何学》序

这本《画法几何学》是根据 1995 年高等学校工科本科画法几何及工程制图课程教学指导委员会审订通过，经国家教委批准印发，适用于土建、水利类专业的《画法几何及土木建筑制图课程教学基本要求》中的画法几何部分编写的。本书与高等教育出版社出版的朱育万主编的《画法几何习题集》配套使用。

画法几何学是研究空间形体的图示法和空间几何问题的图解法的科学。它在教学内容、教学方法和一些具体要求上均与工程制图有所差别。前者着重讲授基本理论和基本方法，从而培养和发展学生对三维形状与相关位置的空间逻辑思维能力和形象思维能力；后者则主要讲授绘图和读图方法，使学生能按一定的标准规格，通过一系列的作业获得有关的知识和技能。为此，我们分别编写了《画法几何学》和《土木工程制图》，在教学中二者可以分别设课，也可以穿插进行或平行开课。

本书在内容上除教学基本要求中规定者外，编写了教学基本要求中提到的选学内容，如立体表面的展开、正投影中的阴影、透视投影和标高投影等。此外，为了适应各校的不同要求，适当增加了教学基本要求中规定内容之外的内容，如点在第一分角以外各分角中的投影、有关迹线平面的问题、投影变换中的平轴旋转法、曲面的切平面、立体相贯中的同心球面法、轴测投影中的正二测投影画法等。这些内容可以根据需要选用，也可以用来对不同程度的学生进行因材施教。为了适应计算机辅助教学的需要，编写了“用计算机解画法几何问题”一章，简要地介绍了用计算机解题的方法和步骤，可作为教学中的参考。

本书致力于阐明画法几何的基本内容和内在规律。内容按由浅入深，由简及繁，循序渐进的原则编写。为便于自学，文字力求通顺，说理力求明白，图表力求清晰。对重要的基本作图，采用分步图的形式；对基本概念的阐述和较复杂的投影图，均绘有直观图。在每章末，还附有复习思考题，帮助学生课后复习时掌握该章的基本内容和基本方法。

本书由何铭新教授审阅，并经高等学校工科画法几何及工程制图课程教学指导委员会组织审稿会复审通过。本书可作为高等学校工科本科土建、水利类各专业的教材，也可供其他类型的学校，如职工大学、函授大学、电视大学等有关专业选用。

本书由朱育万主编，参加本书编写的有：西南交通大学朱育万、李睿谟，天津大学孙天杰，武汉水利电力大学丁字明，重庆建筑大学朱建国，刘聪敏同志参加了描图工作。

热忱欢迎读者对本书批评指正。

编 者

1996 年 9 月

原《土木工程制图》序

当前,高等学校正在合理调整系科和专业设置,拓宽专业面,优化课程结构,改革课程内容与体系等,在这种情况下我们编写了这本《土木工程制图》教材。它适用于普通高等工业学校土建、水利类各专业,也可供其他类型的学校,如职工大学、函授大学、电视大学等有关专业参考。

本书是根据1995年国家教委批准印发的《画法几何及土木建筑制图课程教学基本要求》中的制图基础、土建图和计算机绘图基础等部分编写的。同时出版的《土木工程制图习题集》可与之配套使用。

在这本教材中,前四章为绪论和制图基础部分,五、六两章为结构图,第十一章为计算机绘图基础,这些内容对于各类专业都是通用的。七、八、九等三章则分别为房屋建筑图、桥梁涵洞隧道工程图和水利工程图,可分别适用于各相应的专业。第十章为机械图,属选学内容,可根据专业需要选用。

有关土木建筑、水利类的制图标准,对于不同专业有不同的标准、规范,其中图纸幅面和格式、比例、字体、投影法有国家统一的技术制图标准。而对于不同专业的专业图,则有的有国家标准,有的有部颁标准,例如,房屋建筑图、建筑结构图、给水排水图和机械图可遵循有关的国家标准,水利水电工程图有有关的部颁标准。但有的专业图样的画法尚无相应的国标或部标。在这种情况下,为了符合当前的实际情况,我们采用了习惯上的通用画法。

工程图样是设计文件的重要组成部分,也是指导施工和制造的主要依据。因此绘制工程图样时,一定要做到图形正确,表达清晰,图面整洁,能确切地表明建筑物或结构物的形状、大小和技术要求。如有错误,则不但会给施工或制造带来困难,而且还会造成财产的损失。因此,在学习过程中一定要严肃认真,耐心细致,具有刻苦钻研、一丝不苟的学习态度和工作作风。

本书在编写中力求把基本内容与生产实践和教学实践结合起来。书中所采用的大量插图,特别是专业图,大多来自生产实际,其结构和复杂程度均以满足教学要求为主。

本书在文字叙述上力求通顺易懂,简练严谨,说理清楚,便于自学;图文紧密配合,便于理解。

本书由同济大学何铭新教授审阅,并经课程教学指导委员会组织审稿会复审通过。

参加本书编写的有西南交通大学朱育万、卢传贤、萧燕玉、王广俊,武汉水利电力大学丁宇明、傅玉仙,天津大学孙天杰,重庆建筑大学徐建国、钱燕。由朱育万任主编。刘聪敏参加了绘图工作并承担了插图的修改工作。

热忱欢迎读者对本书批评指正。

编 者

1997年1月

目 录

绪论	1	§ 5-2 换面法	62
§ 1 画法几何的任务和学习方法	1	§ 5-3 垂轴旋转法	69
§ 2 土木工程制图的任务和学习方法	2	第六章 多面体	75
§ 3 投影法的基本概念	3	§ 6-1 棱柱和棱锥	75
§ 4 工程上常用的几种图示法	4	§ 6-2 多面体表面上的点	78
§ 5 画法几何和工程制图发展概述	6	§ 6-3 平面与多面体表面相交	79
第一篇 画 法 几 何		§ 6-4 直线与多面体表面相交	82
第一章 点	11	§ 6-5 两多面体表面相交	84
§ 1-1 点在两投影面体系中的投影	11	§ 6-6 同坡屋顶画法	87
§ 1-2 点在三投影面体系中的投影	15	第七章 曲线和曲面	89
§ 1-3 两点的相对位置和无轴投影图	19	§ 7-1 曲线	89
第二章 直线	22	§ 7-2 曲面概述	92
§ 2-1 直线的投影	22	§ 7-3 直纹面	94
§ 2-2 直线上的点	22	§ 7-4 曲线面	102
§ 2-3 直线的倾角和直线段的实长	24	§ 7-5 曲面的切平面	104
§ 2-4 各种位置直线的投影	26	第八章 曲面体	107
§ 2-5 两直线的相对位置	29	§ 8-1 平面与曲面体表面相交	107
§ 2-6 一边平行于投影面的直角的 投影	32	§ 8-2 直线与曲面体表面相交	113
第三章 平面	36	§ 8-3 多面体与曲面体表面相交	116
§ 3-1 平面的投影表示法	36	§ 8-4 两曲面体表面相交	118
§ 3-2 各种位置平面的投影	38	第九章 立体表面展开	127
§ 3-3 平面上的直线和点	42	§ 9-1 多面体表面展开	127
第四章 直线与平面、平面与平面的相对 位置	48	§ 9-2 可展曲面的展开	129
§ 4-1 直线与平面、平面与平面平行	48	§ 9-3 不可展曲面的近似展开	135
§ 4-2 直线与平面、平面与平面相交	50	第十章 轴测投影	139
§ 4-3 直线与平面、平面与平面垂直	54	§ 10-1 基本知识	139
§ 4-4 点、直线、平面的综合例题	57	§ 10-2 斜轴测投影	141
第五章 投影变换	61	§ 10-3 正轴测投影	144
§ 5-1 概述	61	§ 10-4 平行于坐标面的圆的轴测 投影	145
		§ 10-5 轴测投影的画法	147
		§ 10-6 轴测投影的选择	151

第十一章 正投影中的阴影	155	第十六章 工程形体的表达方法	252
§ 11-1 关于阴影的基本知识	155	§ 16-1 投影法和视图配置	252
§ 11-2 点和直线的影	157	§ 16-2 剖视图	254
§ 11-3 平面图形的阴影	160	§ 16-3 断面图	259
§ 11-4 基本几何体的阴影	161	§ 16-4 简化画法	261
§ 11-5 建筑形体的阴影	166	§ 16-5 第三角画法	263
第十二章 透视投影	173	第十七章 钢筋混凝土结构图	264
§ 12-1 基本概念	173	§ 17-1 钢筋混凝土结构的基本知识	264
§ 12-2 直线的透视	174	§ 17-2 钢筋混凝土结构的图示方法	265
§ 12-3 透视图的分类及视点、画面和 物体相对位置的选择	178	§ 17-3 钢筋混凝土结构构件图的 阅读	275
§ 12-4 作建筑透视的基本方法	182	第十八章 钢结构图	278
§ 12-5 透视图中的分割	189	§ 18-1 型钢和螺栓、孔、电焊铆钉	278
§ 12-6 圆及曲面体的透视	191	§ 18-2 焊缝代号及标注	281
第十三章 标高投影	194	§ 18-3 钢构件图的尺寸标注	288
§ 13-1 点和直线的标高投影	194	第十九章 房屋建筑图	291
§ 13-2 平面的标高投影	197	§ 19-1 概述	291
§ 13-3 曲面的标高投影	201	§ 19-2 房屋建筑的基本图样	293
§ 13-4 地形面的标高投影	204	§ 19-3 房屋建筑基本图样的画法	300
第二篇 土木工程制图		§ 19-4 建筑施工图	302
第十四章 制图基本知识与技能	209	§ 19-5 结构施工图	321
§ 14-1 常用绘图工具仪器及使用 方法	209	§ 19-6 室内给排水施工图	328
§ 14-2 制图标准	214	第二十章 桥梁、涵洞、隧道工程图	338
§ 14-3 字体	215	§ 20-1 桥墩图	338
§ 14-4 图纸幅面和标题栏	219	§ 20-2 桥台图	343
§ 14-5 图线	220	§ 20-3 钢梁结构图	349
§ 14-6 比例	223	§ 20-4 涵洞图	355
§ 14-7 尺寸标注的一般规则	224	§ 20-5 隧道洞门图	360
§ 14-8 绘图步骤和方法	228	第二十一章 水利工程图	366
§ 14-9 几何作图	230	§ 21-1 概述	366
§ 14-10 平面图形分析	232	§ 21-2 水工图中的表达方法	366
§ 14-11 徒手作图	236	§ 21-3 水工图的阅读	374
第十五章 组合体的三面图	239	第二十二章 机械图	381
§ 15-1 组合体三面图的画法	239	§ 22-1 概述	381
§ 15-2 标注尺寸的基本方法	245	§ 22-2 零件图	384
§ 15-3 阅读组合体的三面图	247	§ 22-3 标准件和常用件及其画法	394
		§ 22-4 装配图	401

第三篇 计算机绘图基础

第二十三章 AutoCAD 的基本用法..... 407

- § 23-1 用户界面 407
- § 23-2 绘图基础 412
- § 23-3 常用绘图命令 419
- § 23-4 图形的显示控制 427
- § 23-5 图层、图线、颜色 430
- § 23-6 图形编辑 436
- § 23-7 复合直线 446
- § 23-8 辅助绘图工具 449
- § 23-9 成图方法参考 456
- § 23-10 块和外部引用 461
- § 23-11 剖面填充 464
- § 23-12 注写文字 468
- § 23-13 尺寸标注 471
- § 23-14 建立自己的样板文件 483
- § 23-15 命令组文件 484
- § 23-16 图形输出 485
- § 23-17 综合运用举例 487

第二十四章 AutoCAD 三维绘图..... 491

§ 24-1 概述 491

§ 24-2 使用等轴平面绘制正等轴测图 491

§ 24-3 三维坐标和三维观察 492

§ 24-4 高度、厚度和二维半绘图 496

§ 24-5 建立三维表面模型 497

§ 24-6 实体造型 502

§ 24-7 三维空间中的编辑 508

§ 24-8 模型空间和图纸空间 509

第二十五章 C 语言编程绘图 516

§ 25-1 概述 516

§ 25-2 屏幕控制 517

§ 25-3 屏幕绘图 519

§ 25-4 曲线的绘制 528

§ 25-5 简单图形动画 530

§ 25-6 三级坐标系统 536

§ 25-7 二维几何变换 539

§ 25-8 使用图形参数编程 543

§ 25-9 图形的存储与调用 547

§ 25-10 矢量汉字和符号 564

绪 论

§1 画法几何的任务和学习方法

一、画法几何的任务

画法几何是几何学的一个分支。

在工程和科学技术方面，经常要在平面上表示空间的形体。例如，我们需要在纸上画出房屋或建筑物的图样，以便根据这些图样施工建造。但是平面是二维的，而空间形体都是三维的。为了使三维的形体能在二维的平面上得到正确的反映，就必须规定和采用一些方法。这些方法就是画法几何所要研究的。

工程实践中不仅要在平面上表示空间形体，而且还需要应用这些表达在平面上的图形来解决空间的几何问题。例如，我们往往需要根据由测量结果而绘制的地形图来设计道路或运河的线路，决定什么地方需要开挖和填筑，以及计算土方等。这些根据形体在平面上的图形来图解空间几何问题，也是画法几何所要研究的。

因此，画法几何的任务是：

1. 研究在二维平面上表达三维空间形体的方法，即图示法；
2. 研究在平面上利用图形来解决空间几何问题的方法，即图解法。

此外，由于画法几何所研究的是空间形体与它在平面上的图形之间的关系，因而在培养和发展学生对三维形状和相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力方面起着极其重要的作用。

在这里，图形是直接用来研究空间形体的几何形状和解决空间几何问题的工具，因此，对画在平面上的图形有一系列的要求。主要有：

1. 图形应当有可逆性，也就是说，根据图形能够准确地恢复所画形体的形状和大小；
2. 图形在满足其功能的前提下应具有一定的直观性，以便根据图形能比较容易地想象出所画形体的形状和大小；
3. 绘制图形应较为简便；
4. 图形以及由之进行的作图应足够准确。

上述对图形的要求，有时可能有矛盾，这就应根据图形所要满足的条件来确定采用哪种图示方法。

二、学习方法

1. 画法几何是按点、线、面、体，由浅入深、由简及繁、由易到难的顺序编排的，前后联系十分紧密。学习时，必须对前面的基本内容真正理解，基本作图方法熟练掌握后，才能往下作

进一步的学习。

2. 由于画法几何研究的是图示法和图解法, 涉及的是空间形体与平面图形之间的对应关系, 所以, 学习时必须经常注意空间几何关系的分析以及空间几何元素与平面图形的联系。对于每一个概念、每一个原理、每一条规律和每一种方法都要弄清它们的空间意义和空间关系, 以便掌握这些基本内容并善于运用它们。

3. 复习时不能单纯阅读课文, 必须同时用直尺和圆规在纸上进行作图。还可以借助于铁丝、硬纸板等物品做一些简单的模型, 帮助理解书上所讲解的内容和习题。书上的例题在通过自己的作图并获得正确的结果后, 才能验证是否真正理解和易于记住这些作图方法。

4. 解题时, 首先要弄清哪些是已知条件, 哪些是需要求作的。然后利用已学过的内容进行空间分析, 研究怎样从已知条件获得所要求作的结果, 要通过怎样的几个步骤才能达到最后的结果。初学时可以把这些步骤记录下来。最后利用基本作图方法按照所确定的解题步骤一步步地进行作图, 作图时要力求准确。完成后还应作一次全面的检查, 看作图过程中有没有错误, 作图是否精确等。

§2 土木工程制图的任务和学习方法

一、土木工程制图的任务

一切现代化的工程, 不论是建造工厂、住宅、公路、铁路、水坝、水闸, 或是制造车床、汽车、轮船、机车、飞机等, 都不可能没有图样而进行建筑或制造。因为, 即使是对工程对象的最为详尽的语言说明或文字描述, 也不可能使人充分领会而得出关于该工程对象的完整而明确的概念。最有效而适用的办法, 莫过于用图样来表达。因此, 图样是施工或制造的依据, 是工程上必不可少的重要技术文件。

图样是按照国家或部门有关标准的统一规定而绘制的, 是“工程界的技术语言”。它是工程技术人员用来表达设计构思, 进行技术交流的重要工具。

由于图样在工程技术上的重要作用, 所以工程技术人员必须具备绘制和阅读工程图样的能力。因此, 在高等工业学校学习的未来的工程技术人员必须经过严格的训练以获得这种能力, 而学习土木工程制图将为绘制和阅读有关专业的工程图样打下坚实的基础。

因此土木工程制图的任务主要在于:

培养绘制和阅读土木工程图样的基本能力。

具体地说, 就是要在下列几个方面进行训练:

1. 正确使用绘图仪器和工具, 掌握熟练的绘图技巧;
2. 熟悉并能适当地运用各种表达物体形状和大小的方法;
3. 学会凭观察估计物体各部分的比例而徒手绘制草图的基本技能;
4. 熟悉有关的制图标准及各种规定画法和简化画法的内容及其应用;
5. 掌握有关专业工程图样的主要内容及其特点;
6. 培养利用计算机绘制图形的基本能力。

在学习过程中, 还应注意丰富和发展三维形状与相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力。

计算机绘图是适应现代化建设的新技术,是一种新的图形技术,是计算机辅助设计(CAD)的基础手段,也是本学科发展的一个重要方向。在计算机技术高度发展的今天,图形技术也发生了突破性的变革,使用计算机生成和输出图形已经成为一项成熟的实用技术,它在工业及工程设计中得到了广泛的应用。掌握计算机图形技术已成为工程技术人员必须具备的一项基本技能。

实现计算机绘图离不开绘图程序。直接依靠程序的运行而自动完成的绘图叫程序式绘图,这是不能进行人工中途干预的自动绘图过程;如果绘图程序的运行只是产生了一种作图环境,提供了作图工具,具体要画什么图则是由操作人员通过交互过程完成的,这种绘图方式就叫交互式绘图。两种绘图方式各有各的用途,采用哪种绘图方式绘图要视具体任务而定。

通过本课程的学习应使学生对计算机绘图及其发展的意义有所认识,应学会通用绘图软件 AutoCAD 2000 的基本使用方法,并应进行编写程序和上机操作的基本训练,为今后进一步掌握现代化图形技术和学习计算机辅助设计打下必要的基础。

二、学习方法

1. 图样是重要的技术文件,是施工和制造的依据,不能有丝毫的差错。图中多画或缺少一条线,写错或遗漏一个尺寸数字,都会给生产带来严重的损失。因此,在学习过程中,必须具备高度的责任心,养成实事求是的科学态度和严肃认真、耐心细致、一丝不苟的工作作风。

2. 绘图和读图能力的培养,主要是通过一系列的绘图实践,包括编写程序和上机操作来实现的。因此,应认真对待并及时完成每一次的练习或作业,逐步掌握绘图和读图方法,熟悉有关的制图标准规格。

3. 要养成正确使用绘图仪器和工具的习惯,严格遵守国家标准和规定,遵循正确的作图步骤和方法,不断提高绘图效率。

4. 投影制图部分,包括组合体三面图和工程形体的表达方法两章的内容,是土木工程制图部分的重点,也是学好有关专业图的重要基础,因此必须达到熟练掌握的程度。特别要注意掌握形体分析法,学会把复杂形体分解为简单形体组合的思维方法,从而提高绘图和读图能力。

5. 计算机绘图的突出特点是实践性强,所以不论是利用绘图软件还是编写程序进行图形的绘制,都必须用足够的时间和精力上机操作,这样才有可能真正掌握这一技术。

§3 投影法的基本概念

由空间的三维形体转变为平面上的二维图形是通过投影法实现的。因此,画法几何的基础是投影法。通常把投影法分为两类,即中心投影法和平行投影法。

一、中心投影法

如果要把空间的一段曲线 AB 画到平面 P 上(图 1),则可在平面 P 外选择一个任意点 S ,并由点 S 向曲线上足够数量的点引直线。把这些直线与平面 P 的交点顺次连接起来,就得到曲线 AB 在平面 P 上的图形 ab 。

在上述例子中,平面 P 称为投影面,点 S 称为投射中心。由投射中心 S 发出的经曲线 AB 上任一点的直线称为投射射线。图形 ab 则称为曲线 AB 在平面 P 上的中心投影。

这种由投射中心把形体投射到投影面上而得出其投影的方法称为中心投影法。

二、平行投影法

如果把图 1 中的点 S 沿某一不平行于平面 P 的方向移开到离平面 P 为无穷远的地方(图 2), 这时所有的投射射线彼此平行。在这种情况下把形体投射到投影面上而得出其投影的方法就称为平行投影法。用这一方法所得的投影称为平行投影。

在平行投影的情况下, 如果投射射线与投影面交成一个不等于 90° 的斜角, 那么这种平行投影法称为斜投影法(图 2a); 如交成直角, 则称为正投影法(图 2b)。由此而得出的投影则分别称为斜投影和正投影。

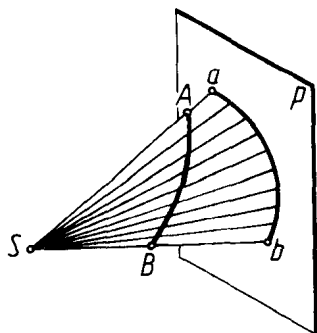
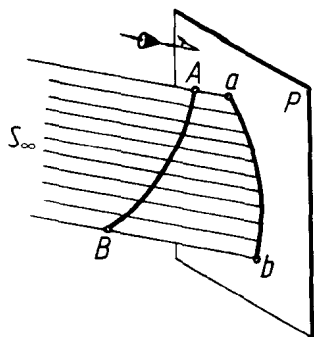


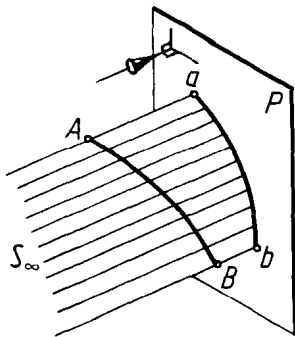
图 1 中心投影法

三、投影的可逆性

如果已知投影面和投射中心(或投射方向), 则空间任一形体在投影面上将具有一个唯一而肯定的投影。



(a) 斜投影法



(b) 正投影法

图 2 平行投影法

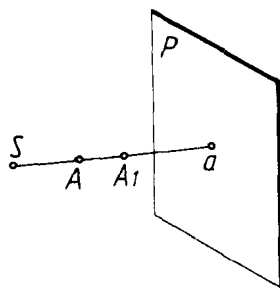


图 3 点的一个投影不能确定其空间位置

例如, 在图 3 中, 当投影面 P 和投射中心 S 为已知时, 空间不与点 S 重合的任意点 A 有其唯一而肯定的投影 a 。但是点在投影面上的一个投影, 却不能确定该点的空间位置。只要位于投射射线 Sa 上的任意点, 如 A_1 , 它的投影也是 a 。

由此可以断言, 只有形体的一个投影是不能确定该形体的。

但是在工程和科技实践中所需要的图示法, 在多数情况下需要具有可逆性。因此在画法几何中根据需要在投影法的基础上作适当的规定, 以满足可逆性的要求。

§ 4 工程上常用的几种图示法

为了绘制房屋、桥梁、堤坝、机器和其他各种结构物的图样以及解决工程实践中的有关问题, 常根据所绘对象的特点和对图形的要求而采用不同的图示法。常用的图示法有下列四种: 多

面正投影法，轴测投影法，透视投影法和标高投影法。

一、多面正投影法

多面正投影法是指作出空间形体在两个互相垂直的或两个以上其中相邻两个互相垂直的投影面上的正投影，然后把这些投影面连同其上的正投影按一定的方法展开到同一平面上，从而得出投影图的方法。图 4a 就是把一个物体分别向三个互相垂直的投影面 H 、 V 、 W 作正投影的情形，图 4b 则是把三个投影面展在同一平面上而得出的该物体的多面正投影图。按这一方法绘图较为简便且便于度量，所以在工程上应用最广。这种图示法的缺点是所绘的图形直观性较差。本书第一章至第九章以及第十一章讨论的就是这种图示法。

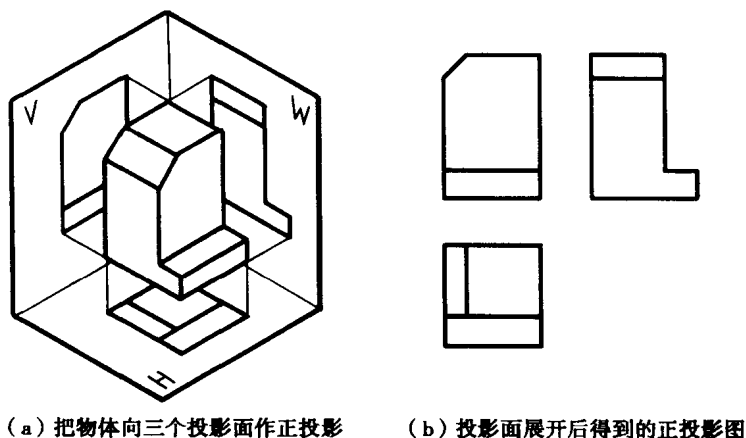


图 4 多面正投影法

二、轴测投影法

轴测投影法是一种平行投影法。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面的方向平行地投射到一个投影面上，从而得出其投影的方法。如图 5 所示，把物体和确定该物体位置的直角坐标系 $OXYZ$ 按投射方向 S 平行地投射到一个称为轴测投影面的平面 P 上，由此得出该物体和坐标轴的轴测投影。用这种方法绘制的图形，直观性较强，而且在一定条件下也可以直接量度。因此在很多情况下作为多面正投影图的补充。这种方法的缺点是手工绘制较为费事，所得图形不很自然。本书第十章将讨论这种图示法。

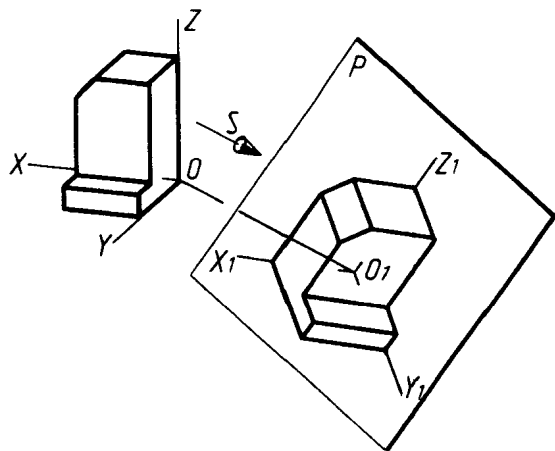


图 5 轴测投影法

三、透视投影法

透视投影法属中心投影法。图 6 是由视点 S 把建筑物按中心投影法投射到画面 P 上从而得出该建筑物透视投影的情形。用这种方法绘制的图形与人

们日常观看物体时所得的形象基本一致,所以富有立体感和真实感。在土木建筑设计中,常用来表示土木建筑工程的外貌或内部陈设,以便研究其造型和空间处理。这一方法的缺点是手工绘制较为繁复,而且根据图形一般不能直接量度。本书第十二章将讨论这种图示法。

四、标高投影法

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。作出形体在一个水平面上的正投影,并用数字把形体各部分的高度标注在该投影上,就可得到该形体的标高投影。例如,在图7中画出了两个山峰,假定这两个山峰被一系列高度差为5 m的水平面所截割,则由截割所形成的交线必定是一些封闭的不规则曲线。每一条曲线上的点的高度都一样,所以这些曲线称为等高线。把这些曲线正投影到水平面上,就得到了这些曲线的投影。再在投影图上分别标注它们的高度值,就可以得到用等高线表示的山峰的标高投影图。本书第十三章将专门讨论这种图示法。

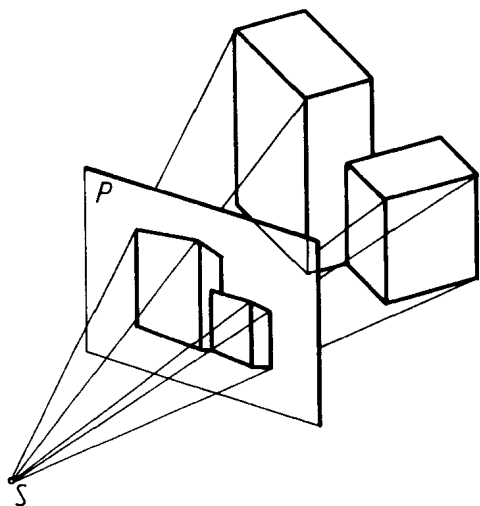


图6 透视投影法

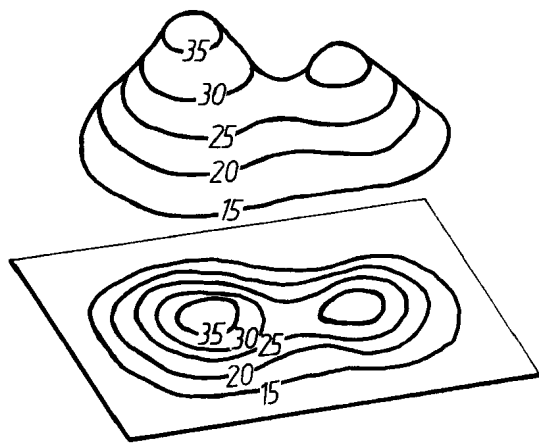


图7 标高投影法

§5 画法几何和工程制图发展概述

一、画法几何

在古代,由于丈量田亩、兴修水利和航海等的需要,产生了量度几何。在绘画、雕刻、防御工事、水利工程和房屋等方面都需要精确和富有表达性的表达方法。但应用文字和语言都不可能十分完整和清晰地描述所要表达的对象,因而提出了许多有关必须在平面上表示空间物体的新的几何问题。由于人们的长期努力,逐渐地规定出一些解决问题的方法。根据这些方法可以在一定条件下和一定程度上满足所提出的要求。

画法几何正是由于人们生产实践的需要而产生和发展的科学理论。然而,在其形成为一个科学体系的很久以前,画法几何的各种方法和规则早已由于实践的需要而应用于技术和艺术的各个领域中了。

例如, 根据我国古代文献的记载, 从传说中的禹开始就进行了大规模的治水工程, 以便从事农业生产。在治水工程中, 必先探测地形、水路, 因此绘制地形图就发展起来。

与农业生产有直接影响的还有天文的观测和历法的制定。从古代沿用的历法和两千多年来的天文记载中, 可以知道早在战国中期就有天文学家甘德和石申精密记录了数百个恒星位置及其与北极星的距离, 这是世界上最古的恒星表。东汉张衡(公元 78—139 年)用自己设计的“浑天仪”测绘星图, 著有《灵宪》一书。此后历代的天文学家几乎都画过星图。由此可以断言, 我们的祖先在很早以前就能利用极坐标的方法来确定星位了。

营造技术在我国也是发展最早的科学之一。自周代以来, 就有很多关于建筑的记载。其中完整无遗、保留至今的是宋代李诫(字明仲)所著的《营造法式》一书, 该书著成于 1100 年。这部著作完整地总结了两千多年间我国在建筑技术上的伟大成就。全书共三十六卷, 其中六卷为图册。所列图样大都是正确地按正投影的规则绘制的, 图 8 所示就是其中的一幅。还有很多图样已完全脱离了艺术画的范畴, 而用轴测画法来表达, 如图 9 所示的斗拱图, 以便绘制和按图制作。

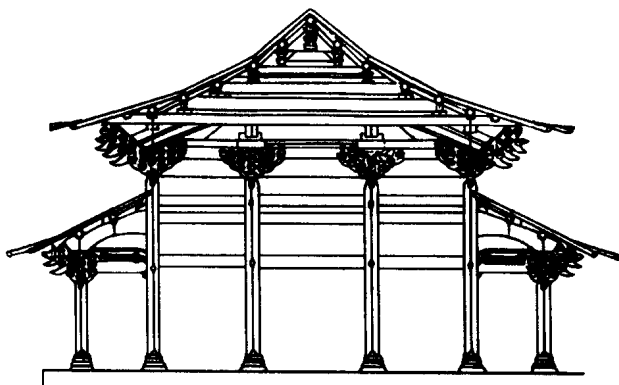


图 8 殿堂举折图(载《营造法式》)

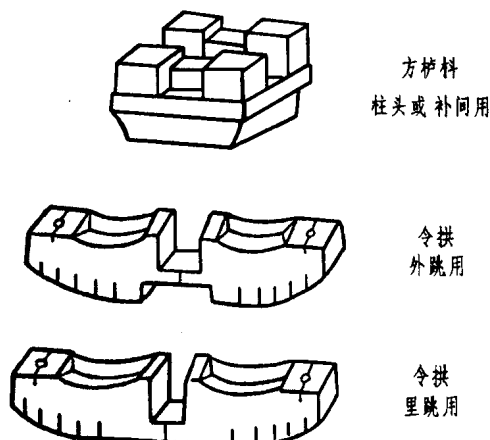


图 9 斗拱(载《营造法式》)

此外在其他技术书籍中也可看到很多图样。例如明代宋应星所著的《天工开物》一书中就有大量插图。其中很多图样几乎与现在的轴测投影相差不多, 有的还适当地运用了阴影。

画法几何的完整而系统的著述, 直到公元 1795 年才由法国的著名科学家加斯帕·蒙日(Gaspard Monge, 公元 1746—1818 年)所发表。蒙日所说明的画法是以互相垂直的两个平面作为投影面的正投影法。这个方法保证了物体在平面上的图像明显、正确, 且便于度量。蒙日著作发表后对世界各国科学技术的发展产生了巨大的影响。在以后的一个多世纪内画法几何得到了广泛的应用和发展。

画法几何这一中文名称是由我国著名物理学家萨本栋和著名教育家蔡元培大约在 1920 年翻译定名的。

在我国社会主义现代化建设中, 画法几何在国民经济建设和智力资源开发等方面都起着重要的作用。

最近 20 多年来, 随着计算机绘图系统在中国的研制、引进和开发, 计算机绘图和图形显示技术在实际应用中得到了迅速的发展。为了适应科学技术发展的需要, 在画法几何方面, 把解析