



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

土木、建筑、水利、交通运输类专业适用
第五版

朱育万 卢传贤 主编
孙天杰 丁宇明 朱建国 副主编

高等教育出版社

面向 21 世纪课程教材

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

Huafa Jihe ji Tumu Gongcheng Zhitu

土木、建筑、水利、交通运输类专业适用

第五版

朱育万 卢传贤 主编

孙天杰 丁宇明 朱建国 副主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是面向 21 世纪课程教材、普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书是在朱育万、卢传贤主编《画法几何及土木工程工程制图》(第四版)的基础上修订而成的。

本书除绪论外分为两篇:第一篇画法几何,第二篇土木工程制图。全书共 20 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,多面体,曲线和曲面,曲面体,立体表面展开,轴测投影,透视投影,标高投影,制图的基本知识与技能,组合体的三视图,工程形体的表达方法,绘图软件 AutoCAD 的基本用法和二维绘图,钢筋混凝土结构图和钢结构图,房屋建筑工程图,桥梁、涵洞、隧道工程图,水利工程图,AutoCAD 三维绘图。本书配有教学资源光盘一片,同时出版发行。

本书可作为普通高等学校工科本科土木、建筑、水利、交通运输类专业及相近专业制图类课程的教材,也可供其他类型学校有关专业选用。与本书配套的由朱育万、卢传贤主编的《画法几何及土木工程制图习题集》(第五版)也同时由高等教育出版社出版,可供选用。

图书在版编目(C I P)数据

画法几何及土木工程制图/朱育万,卢传贤主编
—5 版. —北京:高等教育出版社,2015.7
土木、建筑、水利、交通运输类专业适用
ISBN 978-7-04-042717-2

I. ①画… II. ①朱… ②卢… III. ①画法几何-高等学校-教材②土木工程-建筑制图-高等学校-教材
IV. ①TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 115739 号

策划编辑	肖银玲	责任编辑	肖银玲	特约编辑	肖克先	封面设计	张楠
版式设计	马敬茹	插图绘制	杜晓丹	责任校对	刘春萍	责任印制	张泽业

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京市大天乐投资管理有限公司		http://www.landracom.com.cn
开 本	787 mm×1092 mm 1/16	版 次	1996 年 9 月第 1 版
印 张	28.5		2015 年 7 月第 5 版
字 数	690 千字	印 次	2015 年 7 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	55.00 元
咨询电话	400-810-0598		

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 42717-00

第五版序

本书是面向 21 世纪课程教材和普通高等教育“九五”、“十五”、“十一五”国家级规划教材,适用于普通高等学校工科本科土木、建筑、水利、交通运输类专业及相近专业制图类课程的教学。

本书第一版是按《画法几何学》和《土木工程制图》于 1997 年由高等教育出版社分册出版的。

本书第二版于 2001 年出版,系合订修订版。合订修订后内容略有删减,但篇幅仍偏大,有 91 万字。

本书第三版进行了最重要、最具力度的革新,主要做了以下四个方面的工作:

1. 内容和体系做了较大篇幅的调整:包括精简了正投影中阴影、机械图、C 语言编程绘图、曲面的切平面、不可展曲面的近似展开、室内给排水工程图等,降低了平面图解问题的难度,删去了点线面综合性例题,删去了投影变换一章而将换面法作为辅助投影分散到点、直线、平面三章中;增加了用绘图软件绘制各种专业工程图的内容和三维图形的渲染技术。调整后篇幅降低到 68 万字。修订中贯彻了当时新的混凝土结构设计规范和制图标准。

2. 在高等教育出版社的引导及支持下,卓有成效地进行了数字化教学资源建设,使单一介质的纸质教材变成了图、文、声、像并茂的立体化教材。丰富的数字化教学资源通过配套光盘和课程网站向读者传递了生动活泼的教学信息。

3. 在出版社的帮助下从印刷版面上做了改进,除专业工程图外,全书的图、文实现了套红印刷,并增加了彩印插页。

4. 从成稿技术上实现了全部电子化,使得全书的所有文稿、图稿、习题、样例都用软件生成,尽量直接满足制版的需要,而使用的仅是普通配置的计算机系统,为教学资源建设的可持续发展打下了必要的基础。第三版于 2005 年出版。

本书第四版保持了第三版的内容框架、基本结构和编写风格,根据使用情况、技术进步、部分制图标准及图形软件版本的更新,经过修订和教学资源扩充后于 2010 年出版。

本书第五版是在遵守高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《土木工程本科指导性专业规范》中关于“专业技术相关基础知识领域的核心知识单元,知识点”基本要求的前提下,在保持原书第四版的内容框架、基本结构和编写风格的基础上,根据本书的使用情况、工程技术的发展及图形软件的版本更新,经过修订而成的。本次修订在下述方面做了修改和更新:

1. 根据修订当时新的绘图软件版本 AutoCAD 2012~AutoCAD 2014 对第十五、二十两章及有关专业工程图的相关章节全部进行了更新和改编,在不大量增加篇幅的前提下进一步充实了计算机图形技术的许多功能。

2. 为适应当前工程结构形式的变化和技术发展,对第十七、十八章进行了更新改写,并

部分调整了习题作业；局部更新、调整了其他一些章节的选材和插图。

3. 全面校正了原书的某些文字和插图中的错漏，修订中贯彻了部分已经修订的专业规范和制图标准。

4. 为方便读者使用，扩充、改编并重新制作了教学光盘，进一步丰富了数字化教学资源。

本书除绪论外分为两篇：第一篇画法几何，第二篇土木工程制图。在土木工程制图的基本部分之后，即相对集中地在第十五章讲述了计算机绘图软件的基本用法和二维绘图技术，并在后续章节中结合各种专业图介绍了绘图软件应用于专业工程图的成图技术，最后在第二十章集中讲解了三维绘图方法及渲染的初步技术。这种安排顺序是考虑了在土木工程专业中对计算机图形技术的应用情况做出的。但是，在使用本书时也可以根据教学实际把计算机绘图的教学全部放在专业图之后集中进行。

本书和与之配套的高等教育出版社出版的朱育万、卢传贤主编《画法几何及土木工程制图习题集》(第五版)一起可作为普通高等学校工科本科土木、建筑、水利、交通运输类专业及相近专业制图类课程的教材，此外也可供其他类型学校的有关专业选用。

参加本书编写和本次修订工作的有西南交通大学朱育万、李睿谟、卢传贤、萧燕玉、王广俊、李松、陈继兰，天津大学孙天杰，武汉大学丁宇明、张竞、傅玉仙，重庆大学朱建国、徐建国、钱燕、甘民。朱育万、卢传贤任主编，孙天杰、丁宇明、朱建国任副主编。西南交通大学刘聪敏、汪碧华参加了部分插图的绘制工作。

同济大学何铭新教授认真、全面地审读了全书，提出了许多宝贵的意见，在此深表感谢。

本书配有教学光盘《画法几何及土木工程制图(第五版)教学园地》，内容包括用于课堂教学、扩展知识、教学研究、辅导学习的各种数字化教学资源，是视、听兼备的立体化教材的必要组成部分。由于内容的扩充，本版采用 DVD 盘片制作。参加本教学光盘编制的有卢传贤、杨万里、王宁、赵莉香、汪碧华、卢欣、周慧莺、刘聪敏、韩太昌等，纸质教材的作者们也为光盘的制作提供了部分原始素材。

热忱欢迎读者对本书批评指正。

编者

2015年2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 and 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宇明，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。刘聪敏参加了描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	§ 0-4 工程上常用的几种图示法	4
§ 0-1 画法几何的任务和学习方法	1	§ 0-5 画法几何和工程制图发展概述	6
§ 0-2 土木工程制图的任务和学习方法	2	§ 0-6 本书的内容组织框架	9
§ 0-3 投影法的基本概念	3		
第一篇 画 法 几 何			
第一章 点	11	§ 5-5 两多面体表面相交	71
§ 1-1 点在两投影面体系中的投影	11	§ 5-6 同坡屋顶画法	74
§ 1-2 点在三投影面体系中的投影	14	第六章 曲线和曲面	76
§ 1-3 两点的相对位置和无轴投影图	16	§ 6-1 曲线	76
§ 1-4 点的辅助投影	18	§ 6-2 曲面概述	79
第二章 直线	22	§ 6-3 直纹面	81
§ 2-1 直线的投影	22	§ 6-4 曲线面	89
§ 2-2 直线上的点	23	第七章 曲面体	91
§ 2-3 直线的倾角和直线段的实长	25	§ 7-1 平面与曲面体表面相交	91
§ 2-4 各种位置直线的投影	27	§ 7-2 直线与曲面体表面相交	96
§ 2-5 两直线的相对位置	30	§ 7-3 多面体与曲面体表面相交	97
§ 2-6 一边平行于投影面的直角的 投影	33	§ 7-4 两曲面体表面相交	99
§ 2-7 直线的辅助投影	35	第八章 立体表面展开	107
第三章 平面	39	§ 8-1 多面体表面展开	107
§ 3-1 平面的投影表示法	39	§ 8-2 可展曲面的展开	109
§ 3-2 各种位置平面的投影	40	第九章 轴测投影	116
§ 3-3 平面上的直线和点	44	§ 9-1 基本知识	116
§ 3-4 平面的辅助投影	49	§ 9-2 斜轴测投影	118
第四章 直线与平面、平面与平面的 相对位置	52	§ 9-3 正等轴测投影	121
§ 4-1 直线与平面、平面与平面平行	52	§ 9-4 平行于坐标面的圆的轴测投影	122
§ 4-2 直线与平面、平面与平面相交	54	§ 9-5 轴测投影的画法	123
§ 4-3 直线与平面、平面与平面垂直	58	§ 9-6 轴测投影的选择	127
第五章 多面体	62	第十章 透视投影	131
§ 5-1 棱柱和棱锥	62	§ 10-1 基本概念	131
§ 5-2 多面体表面上的点	65	§ 10-2 直线的透视	132
§ 5-3 平面与多面体表面相交	66	§ 10-3 透视图的分类及视点、画面和 物体相对位置的选择	136
§ 5-4 直线与多面体表面相交	69	§ 10-4 作建筑透视的基本方法	140
		§ 10-5 透视图中的分割	145

§ 10-6 圆及曲面体的透视	148	§ 11-2 平面的标高投影	154
第十一章 标高投影	151	§ 11-3 曲面的标高投影	158
§ 11-1 点和直线的标高投影	151	§ 11-4 地形面的标高投影	161

第二篇 土木工程制图

第十二章 制图的基本知识与技能	167	§ 15-15 图形输出	284
§ 12-1 概述	167	第十六章 钢筋混凝土结构图和	
§ 12-2 制图标准	167	钢结构图	287
§ 12-3 字体	168	§ 16-1 钢筋混凝土结构的基本知识	287
§ 12-4 图纸幅面和标题栏	171	§ 16-2 钢筋混凝土结构的图示方法	288
§ 12-5 图线	172	§ 16-3 钢筋混凝土结构构件图的	
§ 12-6 比例	174	阅读	296
§ 12-7 尺寸标注的一般规则	175	§ 16-4 钢筋混凝土结构图的改革及	
§ 12-8 平面图形分析	181	平法概念	298
§ 12-9 徒手作图	185	§ 16-5 钢结构图	302
第十三章 组合体的三面图	188	§ 16-6 用 AutoCAD 绘制钢筋混凝土	
§ 13-1 组合体三面图的画法	188	构件图	310
§ 13-2 标注尺寸的基本方法	193	第十七章 房屋建筑工程图	314
§ 13-3 阅读组合体的三面图	196	§ 17-1 概述	314
第十四章 工程形体的表达方法	202	§ 17-2 房屋建筑的基本图样	317
§ 14-1 投影法和视图配置	202	§ 17-3 房屋建筑基本图样的画法	324
§ 14-2 剖视图	204	§ 17-4 建筑施工图	325
§ 14-3 断面图	210	§ 17-5 结构施工图	347
§ 14-4 简化画法	212	§ 17-6 用 AutoCAD 绘制房屋建筑图	357
§ 14-5 第三角画法	213	第十八章 桥梁、涵洞、隧道工程图	361
第十五章 绘图软件 AutoCAD 的基本		§ 18-1 桥墩图	361
用法和二维绘图	215	§ 18-2 桥台图	366
§ 15-1 AutoCAD 用户界面	215	§ 18-3 钢梁结构图	373
§ 15-2 绘图基础	220	§ 18-4 涵洞图	379
§ 15-3 常用绘图命令	226	§ 18-5 隧道洞门图	384
§ 15-4 对图形的显示控制	233	§ 18-6 用 AutoCAD 绘制桥涵工程图	389
§ 15-5 图层、线型、线宽、颜色	234	第十九章 水利工程图	393
§ 15-6 图形编辑	239	§ 19-1 概述	393
§ 15-7 使用多线	250	§ 19-2 水工图中的表达方法	393
§ 15-8 辅助绘图工具	253	§ 19-3 水工图的阅读	400
§ 15-9 成图方法参考	260	§ 19-4 用 AutoCAD 绘制水工图	403
§ 15-10 块的使用	264	第二十章 AutoCAD 三维绘图	407
§ 15-11 图案填充	267	§ 20-1 概念	407
§ 15-12 注写文字	270	§ 20-2 三维坐标和三维图形显示	409
§ 15-13 尺寸标注	272	§ 20-3 标高和厚度	412
§ 15-14 建立自己的样板文件	282	§ 20-4 三维空间的线和面	413

§ 20-5 三维实体造型	417	§ 20-8 在正投影图上作剖视	433
§ 20-6 三维空间中的编辑	426	§ 20-9 渲染技术初步	435
§ 20-7 模型空间和图纸空间	429		

绪 论

§ 0-1 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。

在工程和科学技术中,经常要在平面上表示空间的形体。例如,人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,人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,才能往下进行进一步的学习。

(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等绘图仪器和工具在纸上进行作图。此外, 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记住了这些作图方法。

(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, 要通过哪些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, 并力求准确。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。

§ 0-2 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施工或制造。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。表述工程对象最有效而适用的办法, 莫过于使用图样来表达。所以, 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, 在高等工科院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,并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,具体要画什么图则由操作人员通过交互过程完成,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,应学会最新版本的绘图软件的基本使用方法,并进行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,包括组合体的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。特别要注重掌握形体分析法,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,所以利用绘图软件进行图形的绘制,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。

§ 0-3 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 0-1),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 0-1 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 0-2), 这时所有的投射线彼此平行。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**。

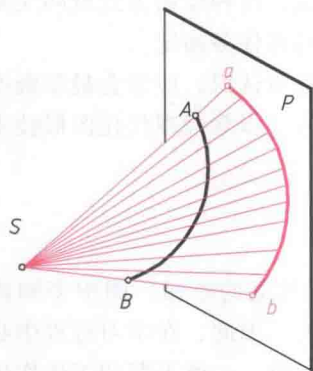
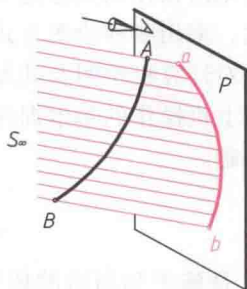
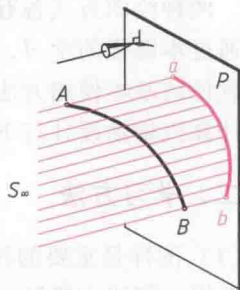


图 0-1 中心投影法



(a) 斜投影法



(b) 正投影法

图 0-2 平行投影法

在平行投影的情况下, 如果投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 0-2a); 如交成直角, 则称为**正投影法**(图 0-2b)。由此而得出的投影分别称为**斜投影**和**正投影**。

三、单个投影不可逆

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。

例如, 在图 0-3 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 。但是由点在投影面上的一个投影, 却不能反过来确定该点的空间位置, 因为只要是位于投射线 Sa 上的任意点, 如 A_1 , 它的投影也是 a 。

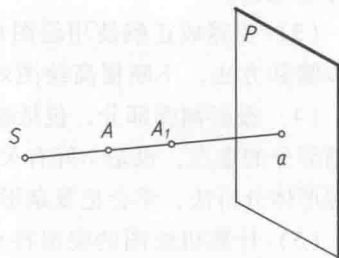


图 0-3 点的一个投影不能确定其空间位置

§ 0-4 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 0-4a 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 0-4b 则是把三个投影面展开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。本书第一章至第八章讨论的就是这种图示法。

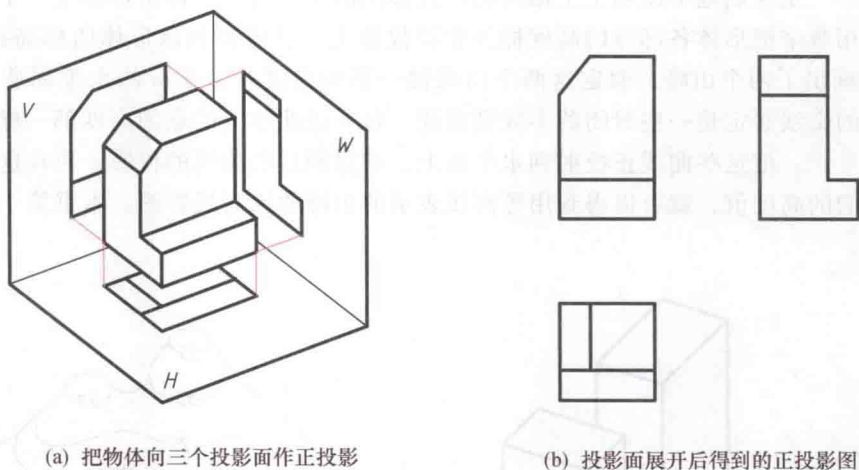


图 0-4 多面正投影法

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 0-5 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。本书第九章将讨论这种图示法。

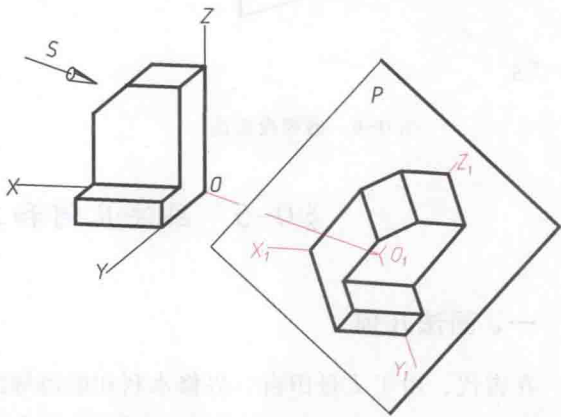


图 0-5 轴测投影法

三、透视投影法

透视投影法属中心投影法。图 0-6 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 0-7 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**。把这些曲线正投射到水平面上,就得到这些曲线的投影,再在这样的投影上分别注出它们的高度值,就可以得到用等高线表示的山峰的标高投影图。本书第十一章将讨论这种图示法。

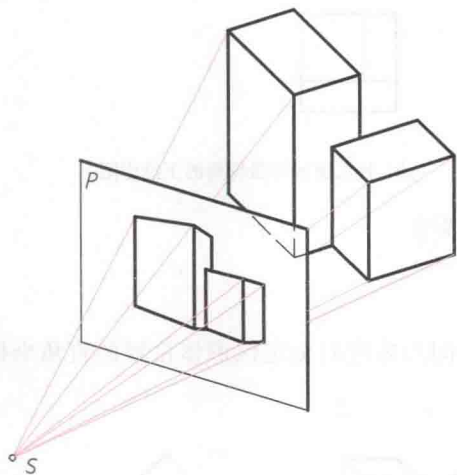


图 0-6 透视投影法

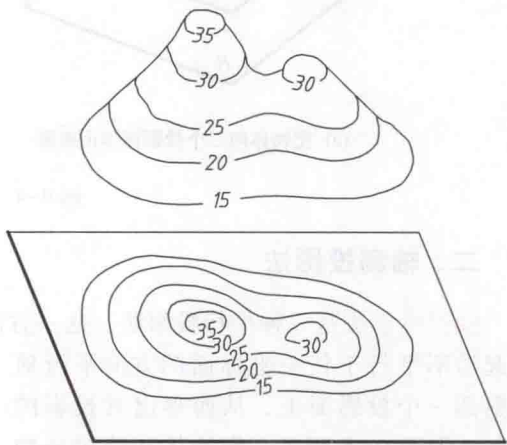


图 0-7 标高投影法

§ 0-5 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,必先勘测地形、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,这是世界上最古老的恒星表。东汉张衡(78—139)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,该书著成于公元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36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0-8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0-9所示的斗拱图,以便绘制和按图制作。

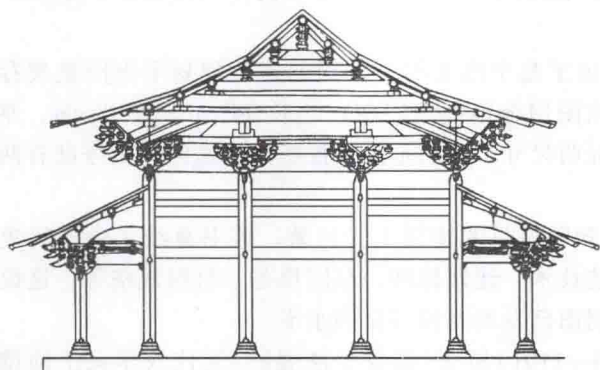


图 0-8 殿堂举折图(载《营造法式》)

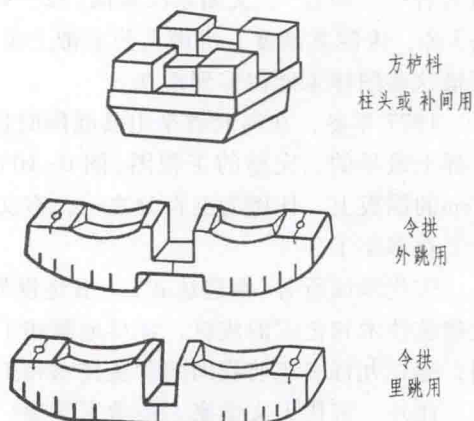


图 0-9 斗拱(载《营造法式》)

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《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1795年才由法国的著名科学家加斯帕·蒙日(Gaspard Monge, 1746—1818)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。