



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
HUST土木、建筑、环境学科平台课程系列教材
华中科技大学精品教材

画法几何与土木工程制图

(第三版)

主 编 王晓琴 庞行志
主 审 吴昌林



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
HUST土木、建筑、环境学科平台课程系列教材
华中科技大学精品教材

画法几何与土木工程制图

(第三版)

主 编 王晓琴 庞行志
主 审 吴昌林

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 提 要

本书是华中科技大学“提高本科生科学素质的研究与实践”教学改革研究成果之一,是在2006年第二版的基础上,依据教育部“高等学校工程图学课程教学基本要求”及2006年国务院颁布的《全民科学素质行动计划纲要》的精神,广泛吸收使用本教材的师生的意见与建议后修订而成的。本书主要分为画法几何、制图基础、土木建筑类专业图、机械类专业图等部分,共21章。主要内容有:绪论,点、直线、平面的投影,直线与平面、平面与平面的相对位置,投影变换,基本体及截交线,常用工程曲线与曲面,两立体相交,轴测投影,透视投影,标高投影,制图的基本知识,组合体,剖视图与断面图,建筑施工图,结构施工图,给水排水工程图,道路工程图,桥、隧、涵工程图,标准件与常用件,零件图,装配图。与本书配套的习题集和教学辅导光盘也同步作了相应修订。

本书可作为普通高等学校及各类成人教育学院土木建筑类各专业的工程图学课程的教材,也可供工程技术人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何与土木工程制图(第三版)/王晓琴 庞行志 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2008年9月

ISBN 978-7-5609-4899-7

I. 画… II. ①王… ②庞… III. ①画法几何-高等学校-教材 ②建筑制图-高等学校-教材 IV. TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 146552 号

画法几何与土木工程制图(第三版)

王晓琴 庞行志 主编

策划编辑:卢金锋

责任编辑:徐正达

责任校对:刘 竣

封面设计:柳思思 秦 茹

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

版次:2008年9月第3版

ISBN 978-7-5609-4899-7/TU·416

印张:29 插页:2

印次:2008年9月第5次印刷

字数:708 000

定价:98.00 元

(含教材、习题集、光盘)

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

序

很高兴读到了王晓琴等老师编写的《画法几何与土木工程制图》这本书。工程图学课程是工科专业基础课程之一，基础不牢，地动山摇；而本书正是基于工程图学课程教学的基本要求，针对土木建筑类专业来编写的，是写得颇具特色的教材。

本书前言中，为了突出本书的特色，引用了物理学家劳厄的话：“重要的不是获得知识，而是发展思维能力。”劳厄还讲过一句精彩的话：“当所学过的知识都忘记了后，剩下的就是素质。”能力定位思维能力是素质外在表现之一。劳厄的话都包含了一点：知识是能力的基础，是素质的基础。其实，知识是文化的载体，是思维、方法、精神等的基础；离开了知识，就谈不上文化，就谈不上文化所包含的思维、方法、精神等。我赞成培根的讲法：知识就是力量；但我更赞成反过来讲这句话：没有知识，就没有力量。如果不学习知识，不获得知识，就谈不上通过知识而发展思维能力，就谈不上忘记所学过的知识而获得由这些知识通过实践而内化所形成的素质。

正因为如此，作者瞄准发展综合能力特别是思维能力，提高科学素质这一目标，精心选择、梳理、配置、安排有关知识，编成由5大部分21章所组成的本书，以及与本书相配套的习题集、教学辅导光盘。作者努力考虑到工程制图课程的特殊作用，不仅具有培养与发展空间想象能力与空间构思能力的作用，而且还具有由此进一步培养与发展学生的多种思维方法能力的作用；同时，作者还努力关注到实践这一环节将知识内化而形成素质上的关键作用。因此，我认为本书所把握的主线是富有见解深度的，一是培养思维能力，一是培养实践技能。

值得高兴的还有，本书是“提高本科生科学素质的研究与实践”教学改革成果之一。衷心希望这一改革能继续深入，本书能不断完善，特色能更加突出。实践无止境，改革无止境，进步发展也无止境。

热烈祝贺本书出版。谨以为序。

中国科学院院士
华中科技大学教授
教育部高等学校文化素质教育委员会主任

杨叔子

2004年6月于喻园

第三版前言

在我国,“注重培养一线的创新人才”已被正式列入了党的十七大报告。然而,若与西方发达国家的大学生相比,则可以明显感到,我们的学生在综合素质方面整体上还有差距,主要表现为解决实际问题的能力以及创新能力不足。产生这个差距的原因是多方面的,而“被动实践”是其中的重要原因之一。华中科技大学校长李培根院士指出:“在我们越来越强调培养学生创新能力的今天;被动实践不能不说是中国高等教育存在的严重问题之一。创新能力的培养迫切呼唤主动实践。”因此,在课程教学中教师如何创造条件,引导学生主动实践、调动学生主动学习的潜能,是创新人才、创新能力培养的关键环节。

要培养学生的创新能力,提高他们的综合素质、主动实践的意识 and 能力,应该从影响学生的综合素质提高的制约瓶颈——思维能力入手。在本书第一版的编写中就努力体现两条主线:培养科学素质中的思维能力和实践技能。希望使用本书的师生明确本课程的教学目标:不仅学会能用平面图形描述空间形体——培养和提高实践技能,还能同步接受系统式智力训练,提高思维素质——改善思维习惯和掌握多种科学的思维方法以提高思维能力。要突破综合素质的制约瓶颈,还需教与学双方的共同努力。

本书第三版在保持原教材的基本体系和特点的基础上,作了一些相关调整和修订。

本书第三版由华中科技大学王晓琴、庞行志担任主编,竺宏丹、骆莉担任副主编,吴昌林教授担任主审。编写分工为:王晓琴修订第1、2、11、14、15章,王晓琴、潘宗良修订第17、18章,庞行志修订第3、12章,竺宏丹修订第4、10章,宋玲修订第5、7章,宋玲、庞少林修订第6章,程敏修订第8、16章,贾康生修订第9章,贾康生、王晓琴修订第13章,鄢来祥修订第19、20、21章,骆莉、唐培修订附录,唐培、莫毅华绘制了第14、15、16、17、18章的部分插图,雷育祥副总工程师、王俊松高级工程师参加了第14、15、16章的修订工作。在本书的编写与修订全过程中得到了华中科技大学廖湘娟副教授、魏迎军副教授、湖北经济学院王蕾副教授的大力支持和协助。

与本书配套的教学辅导光盘和习题集也同步作了修订。教学辅导光盘由宋玲、鄢来祥主编,习题集由贾康生、程敏主编。

为弥补教学时数的不足及为读者提供另一种学习方式,本课程组编写了与本书配套的教学辅导书《画法几何与工程制图学习辅导及习题解析》,已由华中科技大学出版社出版发行。该辅导书可让读者按自己的思维速度体会解题思路 and 技巧,达到善于联想、触类旁通、激活思维潜能的作用,使所学知识在综合运用中适度升华。

在本书前几版的使用过程中,得到了各级领导、专家们的支持和好评,相继在2005年、2006年、2007年、2008年分别被评为华中科技大学精品教材、华中科技大学优秀教材一等奖、中南地区大学版协优秀教材一等奖、华中科技大学教学成果二等奖,入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在此向相关领导、专家以及关注本书的读者表示诚挚的谢意。

书中难免存在缺点和错误,恳请读者提出宝贵意见。

编者

2008年7月

第二版前言

我们党和国家高度重视提高全民科学素质,2006年3月20日国务院颁布了《全民科学素质行动计划纲要(2006—2010—2020)》,描述了实施全民科学素质行动计划蓝图。全面提高公民科学素质,对于发展创新文化、提高国家竞争力、建设创新型国家、实现经济社会全面协调可持续发展、构建社会主义和谐社会,具有极其重要的意义。因此全面提高公民科学素质,正成为建设创新型国家越来越紧迫的任务,也成为我国教育和科技工作者的神圣“天职”。其中实施未成年人科学素质行动计划,以及加强高等教育,对于全民科学素质的提升尤为重要。

随着教学改革的深入和发展,根据使用本教材的师生的意见,本书对第一版教材的内容在保持原教材的基本体系和特点的基础上,作了一些调整和修订,主要表现在以下几方面。

1. 按《纲要》中的精神与要求,将科学素质内涵的定义作了相关的修正,并从工程图学的智力价值角度,分析了本课程对培养学习者综合素质的独特作用。同时对各章中出现的相关思维方法作了更详尽的解析。

2. 跟踪最新国家标准,更新了相关内容。

3. 为满足学习者自学的需要,充实了第9章透视图、第13章剖面图与断面图的内容。

4. 为满足土木、建筑、环境等专业学习者对于机械图学习的进一步要求,对第19章机械图的内容作了较大的扩充,由一章内容改写成三章:标准件与常用件、零件图、装配图,并增加了附录。

5. 本教材删除第一版中第20章AutoCAD绘图基础,进一步的学习可参考华中科技大学宋玲等编写的教材《计算机绘图》。

本书由华中科技大学王晓琴、庞行志主编,宋玲、贾康生副主编,吴昌林教授主审。编写与修订分工为:王晓琴编写与修订第1、2、11、14、15章;王晓琴、潘宗良编写与修订第17、18章;庞行志编写与修订第3、12章;竺宏丹编写与修订第4、10章;宋玲编写与修订第5、7章;宋玲、庞少林编写与修订第6章;贾康生编写与修订第9、13章;程敏编写与修订第8、16章;鄢来祥编写第19、20、21章;骆莉编写附录;莫毅华绘制了第14、15、16、17、18章的部分插图,雷育祥副总工程师、王俊松高级工程师参加了第14、15、16章的编写与修订工作。在本书的编写过程中得到了廖湘娟副教授、魏迎军副教授的大力支持和协助。

与本书配套的教学辅导光盘部分和习题集部分也同步作了修订。教学辅导光盘部分由宋玲、庞行志主编,习题集部分由庞行志、贾康生主编。

本书在第一版出版使用过程中,得到了华中科技大学教务处和机械学院各级领导、专家们的支持和好评,相继在2005年、2006年被评为校级精品教材和优秀教材一等奖,在此表示诚挚的谢意。

限于水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请使用本书的读者提出宝贵的意见。

编者

2006年7月

第一版前言

在人才和公民的科学素质竞争的时代,各高校都在积极推进教育改革,把提高教育质量、培养高素质综合人才作为求生存、谋发展的目标。在综合素质的构成中,最基本、最重要的将是科学素质。对接受过高等教育的人来说,科学素质主要表现为思维能力、实践技能、科学计算等方面的能力。在这些综合能力中,思维能力是科学素质的核心部分,它能极大地影响其他能力的提高和发展。早在 20 世纪初,著名的科学家劳厄就指出:“重要的不是获得知识,而是发展思维能力。”

在大学教育中培养思维能力的课程很多,就不同学科来讲,它们各自都有自己的研究方法和思维方式,这些都是蕴涵在教材内容中的重要智力因素,具有知识和知识以外的智力价值。工程制图课程则是非常独特的一门基础课,它不但有众所周知的培养和发展学生的空间想象能力和空间构思能力的特点,还有培养或形成学习者的多种思维方法的特点,而这些思维方法的运用对优化思维品质、改善学生的思维素质有意想不到的效果。本书在继承本课程传统精华的基础上,全程把握了两条主线:培养科学素质中的思维能力和实践技能。

根据当前学生定式思维惯性大的特点,本书采用了由浅入深、由简及繁、由易到难的编排顺序,以遵循学习者的认知规律。同时为帮助教与学,还制作了教学辅导光盘与之配套。

本书主要介绍了土木工程制图的一般理论和绘图方法,紧密结合专业,注重从投影理论到制图实践的应用,遵循最新规范,并注意全书的系统性,力求反映近年来土木工程专业的发展水平。

本书由华中科技大学王晓琴、庞行志主编,宋玲、贾康生副主编,吴昌林教授主审、廖湘娟副教授副主审。编写分工为:王晓琴编写第 1、2、11、14、15 章;王晓琴、潘宗良合写第 17、18 章;庞行志编写第 3、12 章;竺宏丹编写第 4、10 章;宋玲编写第 5、7 章;庞少林、宋玲合写第 6 章;贾康生编写第 9、13 章;程敏编写第 8、16 章;鄢来祥编写第 19、20 章;莫毅华绘制了第 14、15、16、17、18 章的部分插图,雷育祥副总工程师参加了第 14、15、16 章的编写工作。

与本书配套的教学辅导光盘部分由宋玲、庞行志主编(详细分工见光盘前言),与本书配套的习题集部分由庞行志、贾康生主编(详细分工见习题集前言)。

本书在编写过程中,得到了华中科技大学教务处和华中科技大学机械学院的支持,在此表示深切的谢意。限于水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点和错误,恳请使用本书的教师、同学及广大读者批评指正。

编 者

2004 年 6 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 画法几何和工程制图概述	(1)
1.2 画法几何和工程制图的任务	(3)
1.3 本课程与科学素质培养的关系	(3)
1.4 本课程的学习方法	(6)
1.5 投影法的基本概念	(8)
1.6 工程上常用的图示法	(10)
思考题	(11)
2 点、直线、平面的投影	(12)
2.1 点的投影	(12)
2.2 直线的投影	(22)
2.3 平面的投影	(37)
思考题	(48)
3 直线与平面、平面与平面的相对位置	(49)
3.1 平行关系	(49)
3.2 相交关系	(53)
3.3 垂直关系	(61)
3.4 综合问题解题方法	(64)
思考题	(68)
4 投影变换	(70)
4.1 投影变换的目的和方法	(70)
4.2 换面法	(71)
4.3 以投影面垂直线为轴的旋转法简介	(82)
思考题	(86)
5 基本体及截交线	(87)
5.1 平面立体及其表面上的点和线	(88)
5.2 曲面立体及其表面上的点和线	(93)
5.3 平面及直线与平面立体相交	(100)
5.4 平面及直线与曲面立体相交	(107)
思考题	(115)
6 常用工程曲线与曲面	(116)
6.1 曲线概述	(116)
6.2 曲面概述	(120)
6.3 直线面	(120)
6.4 平螺旋面与螺旋楼梯	(126)
6.5 单叶回转双曲面	(128)



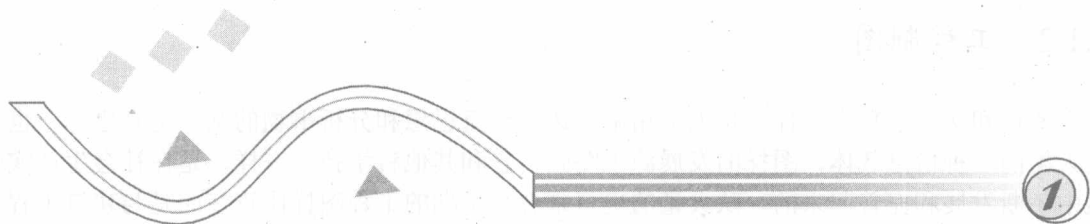
思考题	(130)
7 两立体相交	(131)
7.1 平面立体与平面立体相交	(132)
7.2 同坡屋面交线	(135)
7.3 平面立体与曲面立体相交	(137)
7.4 曲面立体与曲面立体相交	(139)
思考题	(147)
8 轴测投影	(149)
8.1 轴测投影的基本知识	(149)
8.2 轴测投影的分类	(151)
8.3 轴测图的画法	(152)
8.4 轴测投影的选择	(163)
思考题	(165)
9 透视投影	(166)
9.1 概述	(166)
9.2 点、直线和平面的透视	(168)
9.3 立体的透视	(173)
9.4 画面、视点和建筑物间相对位置的确定	(177)
思考题	(180)
10 标高投影	(181)
10.1 点和直线的标高投影	(181)
10.2 平面上的标高投影	(184)
10.3 曲线、曲面的标高投影	(188)
思考题	(190)
11 制图的基本知识	(191)
11.1 制图工具和使用方法	(191)
11.2 绘制工程图的有关规定	(196)
11.3 几何作图和绘图准备工作	(207)
思考题	(215)
12 组合体	(216)
12.1 组合体的构形分析	(216)
12.2 组合体视图的画法	(219)
12.3 组合体的尺寸标注	(221)
12.4 组合体视图的读图	(224)
12.5 组合体的构形设计	(228)
12.6 图样画法	(233)
思考题	(236)
13 剖视图与断面图	(238)
13.1 剖视图的基本概念	(238)
13.2 剖视图的种类	(242)

13.3	断面图	(248)
13.4	其他表达方法	(251)
13.5	剖视图的绘制与阅读	(255)
	思考题	(258)
14	建筑施工图	(259)
14.1	概述	(259)
14.2	总平面图	(264)
14.3	建筑平面图	(267)
14.4	建筑立面图	(278)
14.5	建筑剖面图	(285)
14.6	建筑详图	(290)
	思考题	(298)
15	结构施工图	(299)
15.1	概述	(299)
15.2	钢筋混凝土构件简介	(302)
15.3	基础图	(305)
15.4	楼层结构平面图	(308)
15.5	钢筋混凝土构件详图	(310)
15.6	钢结构图	(315)
	思考题	(318)
16	给水排水工程图	(319)
16.1	概述	(319)
16.2	室内给水排水工程图	(323)
16.3	室外给水排水工程图	(332)
16.4	水处理厂工程图	(340)
	思考题	(344)
17	道路工程图	(345)
17.1	道路路线平面图	(345)
17.2	道路路线纵断面图	(349)
17.3	道路路基横断面图	(352)
17.4	城市道路横断面图	(353)
17.5	立体交叉工程图	(354)
	思考题	(358)
18	桥、隧、涵工程图	(359)
18.1	桥梁工程图	(359)
18.2	隧道工程图	(369)
18.3	涵洞工程图	(371)
	思考题	(373)
19	标准件与常用件	(374)
19.1	螺纹和螺纹紧固件	(374)



19.2	螺纹紧固件的规定画法和标记	(379)
19.3	齿轮的几何要素与规定画法	(383)
19.4	键和销	(390)
19.5	滚动轴承	(391)
19.6	弹簧	(394)
	思考题	(397)
20	零件图	(398)
20.1	零件图的作用和内容	(398)
20.2	零件图的视图选择	(398)
20.3	零件图的尺寸标注	(404)
20.4	表面粗糙度及其标注	(405)
20.5	公差配合与形位公差	(409)
20.6	零件的工艺结构	(413)
20.7	读零件图	(417)
	思考题	(419)
21	装配图	(420)
21.1	装配图的作用和内容	(420)
21.2	装配图的表达方法	(421)
21.3	装配图的尺寸标注	(423)
21.4	装配图中的零件序号和明细栏	(423)
21.5	装配结构的合理性简介	(424)
21.6	由零件图画装配图	(425)
21.7	读装配图及由装配图拆画零件图	(427)
	思考题	(432)
	附录	(433)
	参考文献	(454)

绪 论



1.1 画法几何和工程制图概述

1.1.1 画法几何

画法几何是人类根据生产实践的需要而产生和发展的科学理论。但在其形成为一套完整的科学体系以前,画法几何的方法和规则早已根据实践的需要而应用于技术和艺术等各个领域之中。在古代,为满足丈量田亩、兴修水利和航海等的需要,产生了量度几何。根据我国古代文献的记载,古人从传说中的禹时代就已经开展了大规模的治水工程,以利于农业生产。在治水工程中,必先探测地形、水路,古人在不可能十分完整地了解、使用文字或语言和清晰地描述地形等空间对象的情况下,提出了许多有关在平面上表示空间物体的几何问题。人们经过长期努力,逐渐摸索出一些解决问题的方法,地形图的绘制技术因此而逐步发展起来。

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。其中完整无遗地保留至今的是宋代李诫(字明仲,1035—1110)于公元1100年著成的《营造法式》一书。这部著作完整地总结了2000多年间我国在建筑技术上的伟大成就。全书共36卷,其中6卷为图册,所列图样大都是正确地按正投影的规则绘制的,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。

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(1587—1661)所著的《天工开物》一书中就有大量插图,其中很多图样与现在的轴测投影相差不多,有的还适当地运用了阴影。

直到1795年,法国著名科学家加斯帕尔·蒙日(Gaspard Monge, 1746—1818)发表了著名的《画法几何》论著,所论述的画法是以前相互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。蒙日的著作对世界各国科学技术的发展产生了巨大的影响。而在以后的一两百年中,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,使之不断发展和完善。

“画法几何”这一中文名称是由我国著名物理学家萨本栋(1902—1949)和著名教育家蔡元培(1848—1940)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起着重要



的作用。为了适应科学技术的发展,必须把解析几何的数解法与画法几何的图解法有机地结合起来,使空间几何问题的解决得以从手工绘图转变为计算机绘图和图形显示,并实现对本课程的计算机辅助教学。这些发展和转变都对画法几何的教学及其应用产生了深远的影响。

1.1.2 工程制图

图形和文字、数字一样,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。图样的发展源于图画,它和其他科学技术一样,是在社会生产实践中不断发展和完善起来的。从大量的史料来看,早期的工程图样比较多的是与建筑工程联系在一起的,而后才反映到器械制造等其他方面。

我国早在 2 000 多年以前就已有了工程图样。一些历史记载可以证明这一点。例如,唐高祖李渊(566—635)命欧阳询(557—641)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……有敬君者……画台。”又如东汉班固(32—92)所撰《汉书》卷二十五“郊祀志”中有:“上欲治明堂奉高(今山东泰安)旁,未晓其制度,济南人公玉带上黄帝时明堂图……于是上令奉高作明堂汶上如带图。”可惜这些图样未能流传到现在。1977 年冬在河北省平山县战国时期中山王墓中出土的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。该图用金银线镶嵌在一块长 94 cm、宽 48 cm、厚 1 cm 的铜板上,比例为 1:500,有文字标明尺寸。该图是用正投影法制作的,距今已有 2 200 多年了。

李诫的《营造法式》一书是世界上刊印最早的建筑工程巨著。该书总结了我国宋代以前历史上建筑技术和艺术的成就,详尽地阐述了营造技术、建筑标准、制图规范、材料规格等。这说明,远在 900 多年前我国的营造技术和工程制图已发展到相当高的水平。

此外,宋代天文学家、药学家苏颂(1020—1101)所著的《新仪象法要》、元代农学家王桢(1284—1333)撰写的《农书》、明代科学家宋应星所著的《天工开物》等书上都有大量为制造仪器和工农业生产所需的器具和设备的插图。其中既有表明作用状况的组合图,又有拆开后分别画出的部件图和零件图。

法国科学家蒙日把三维关系用二维图形表现出来,这无疑是对历史的贡献。从传统的产品设计和生产过程来看,设计人员首先将大脑中构思的产品三维结构影像用二维视图绘成工程图,然后交付制造部门按图生产。以画法几何为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,它使工程图的表达与绘制高度规范化和唯一化,成为工程技术界同行进行技术交流时的通用“语言”之一。

工程制图即以简明、合理的表达方法来绘制工程图样。长期以来,工程图主要采用二维视图辅以剖视、截面等方法来表达工程对象的结构形状;而富有直观感的立体图(轴测图和透视图等),由于作图非常复杂和麻烦,而不得被传统的工程图所放弃。

随着图学理论和制图技术的发展,绘图工具从三角板、圆规、丁字尺发展到机械式绘图机。这些手工绘图工具虽然至今仍在使用,但把计算机技术及其成果引入工程图学后,图样管理实现了生产管理模式的现代化,计算机作为绘图工具来生成各种视图直至工程图样的工作效率,是人工难以与之相比的。在计算机绘图基础上发展起来的计算机辅助设计,得到了广泛的应用,已成为教学、科研、生产和管理等部门的一种十分有用的工具。因此,图样不但是“工程界的技术语言”,而且也是进行科学研究和解决工程技术问题的有力手段。

1.2 画法几何和工程制图的任务

1.2.1 画法几何的任务

画法几何是几何学的一个分支,是描述“工程界的技术语言”的理论和方法——语法,是培养思维能力的初级阶段。画法几何的主要任务是:

- (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;
- (3) 培养良好的思维习惯,提高思维品质。

由于形体在空间形态千变万化,并不便于直接研究其共性,为了使三维的形体能在二维的平面上得到正确的反映,通常把形体抽象成点、线、面、基本体来研究。画法几何所研究的就是用二维平面表现三维的空间形体、用平面上的投影来解决空间的几何问题的方法和一些规定。虽比较抽象,但系统性和理论性较强。

1.2.2 工程制图的任务

图样是按照国家或部门有关标准的统一规定而绘制的,是施工或制造的依据,是工程上必不可少的重要技术文件。工程技术人员用图样来表达设计构思,进行技术交流。图样是工程界进行技术交流的“语言”。

工程制图的任务主要在于:培养看图想象(提高思维能力)和绘图(工程图样)表达的基本能力。

要培养绘制工程图样的基本能力,应在下列几个方面进行具体训练:

- (1) 正确使用绘图仪器和工具,熟练掌握绘图技巧;
- (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——掌握计算机绘图和图形显示的方法和技术。

随着计算机技术的发展,人工绘制工程图样必将愈来愈多地被计算机绘图取代。但计算机绘图并不能完全取代人工绘图,特别是在进行基础训练时,人工绘图仍然是主要的制图手段。

1.3 本课程与科学素质培养的关系

1.3.1 科学素质与思维能力

在科学技术推动人类进入全球化的今天,我们生活的时代已经是一个国家间激烈竞争



的时代，这种国家竞争归根到底是国民素质的竞争，其中，科学素质是现代公民最重要的素质之一。作为公民现代素质的重要内容，科学素质的普遍提高已被提升到各国国家目标的层次，近几年来，我们国家和政府以空前的高度重视提高全民的科学素质。2006年3月20日，国务院印发的《全民科学素质行动计划纲要（2006—2010—2020年）》（以下简称《科学素质纲要》）中明确提出了我国在“十一五”期间的主要目标、任务与措施和到2020年的阶段性目标：到2010年，中国公民的科学素质要达到发达国家20世纪80年代末的水平，到2020年要达到世界主要发达国家21世纪初的水平。《科学素质纲要》的推出显示了21世纪中华民族的宏大视野和前瞻能力，而《科学素质纲要》目标的实现，也将使中国从一个以人文传承为主要特征的传统社会，转向建设创新型国家，进入中华民族前所未有的人文与科学交相辉映的新时代。

大学生在我国的国民结构中属于高文化水平阶层，大学生科学素质水平标志着未来民族科学素质的水平，代表着整个民族的未来和希望。大学生自身科学素质的提高不但能增强他们自身的社会竞争力，在科技应用、科技创新中将发挥其重要作用，还能够引领社会全体成员科学素质的提高。因此，通过科学教育培养和提高在校学生的科学素质对实现《科学素质纲要》的奋斗目标，其意义的深远将不言而喻。

国内外专家、学者对科学素质内涵的研究认为，科学素质的培养是一个德育和智育相互兼顾、知识和能力协同培养、智力因素和非智力因素综合考虑的系统工程。科学素质主要指一个人具有科学观点认识和描述客观世界的能力，具有在科学方法的启示下进行科学思维的习惯，具有从公民角度处理与科技问题有关事物的能力。科学素质主要由图1-1所示的五大要素构成。



图 1-1 科学素质的构成要素

科学素质的五个构成要素之间的关系并不孤立，而是彼此相互作用和影响：科学知识是基础，科学思维是核心，科学方法是源泉，科学能力是动力，科学研究是成果。对接受高等教育的大学生来说，科学素质是其综合素质中一项重要的素质，它表现为大学生在高等教育阶段的学习和实践中所掌握的科学知识、技能和方法，以及在此基础上形成的科学能力、科学思维以及科学品质等方面，这些都是知识内化和升华的结果。而其综合效应又表现为认识和改造主客观世界的知识和能力等综合素质，其中突出反映在思维能力、实践技能、科学计算等方面能力的强弱。在这些综合能力中，科学素质的核心部分——科学思维能极大地影响其他能力的提高和发展。早在20世纪初，一些著名的科学家就提出有关思维的观点，如“重要的不是获得知识，而是发展思维能力”（劳厄），“想象力比知识更重要，因为知识是有限的，而想象力概括着世界的一切，推动着进步，并且是知识进化的源泉。严格地说，想象力是科学研究中的实在因素”（爱因斯坦）等。

思维是人类大脑进行的一种复杂的心理过程,它是借助感知、表象、符号、字词等中介,通过分析、综合、比较分类、抽象、概括及系统化和具体化等基本过程进行的。概念、判断和推理是思维的基本形式。思维使人们间接和概括地认识事物,反映事物的一般属性和事物间的规律性的联系。而思维能力(包括创造性思维)被解释为一个人运用各种符号或信息(驾驭知识、技能)进行思维,从而进行决策、解决问题、顺利完成思维任务的技能或可能性。进行决策和解决问题是思维的基本活动。

创造活动中的思维过程是非常复杂的过程,它表现为思维在不同的方式间不断变换的多次循环,而不同的思维方式在创造过程中的不同阶段起着不同的作用:如发散、直觉思维在“大胆假设”过程中起着重要作用,而收敛、逻辑思维在“小心求证”时起着决定作用。因此,思维能力既需要收敛、逻辑思维作为基础,也需要发散、直觉思维推动思维的深入和创新,不可忽视或偏重某一种思维方式。若忽视思维能力的培养和发展,那么科学素质的培养不但收效甚微,而且成为导致当前毕业生创新能力不够的直接且主要的原因之一。

思维能力方面的各种差异受多方面、复杂因素相互交错的影响。若在掌握专业知识、技能的过程中学会各种思维方法,对优化思维品质、培养和发展思维能力将有着重要的意义。

1.3.2 本课程的智力价值及与科学素质的关系

本课程在传授图学知识的同时,注重学生思维能力和实践技能的培养,这是一门对提高思维品质、发展思维能力、培养科学素质有直接关系且非常有效的课程,具有较高的智力价值^①。

一门课程所具有智力价值,可以根据该课程在培养学习者思维能力方面所起作用的大小来衡量。在大学教育中培养思维能力的课程很多,就不同学科来讲,它们各有自己的研究方法和思维方式,这些都是蕴涵在教材内容中的重要智力因素,具有知识及知识以外的智力价值。工程制图课程则是非常独特的集基础性知识与应用性知识、理论性知识与实践性知识于一体的一门基础课,众所周知,它具有培养和发展学生的空间想象能力和空间构思能力以及一名工程师应具备的绘制和阅读工程图样能力的特点,而这只是其显在的智力价值,潜在的智力价值却蕴涵在工程图学的基础性知识、理论性知识中,在这些枯燥、乏味、难学的图学知识中,具有培养或形成学生的多种思维方法的功能,而这些思维方法,如降维法、升维法、逆向思维法、连环思维法、收敛思维法、发散思维法、猜想法、倒逆式思维法、迁移思维法、想象法、立体交合思维法、假想构成法、原型联想法、图形思维法、联想法等的运用对优化思维品质、改善学生的思维素质有意想不到的效果^②。

^① 知识的智力价值是指知识对智力的形成和发展所起的作用。知识虽不能直接转化为创造力,但可通过学习知识间接地转化为创造力,因此,知识能否转化为创造力取决于知识本身的智力价值的高低,更取决于人在获取知识的过程中智力参与的程度。不同的知识具有不同的智力价值,不同的知识对人的智力发展的促进作用也会不同。如基础性知识与应用性知识相比,基础性知识具有较高的智力价值。这是因为基础性知识抓住了事物的共性,具有广泛的迁移性。掌握了基础性知识,即可以简约繁,举一反三,由此及彼,触类旁通。理论性知识与实践性知识相比,理论性知识具有较高的智力价值。这是因为理论性知识反映事物的本质和客观规律。理论性知识一旦被掌握,它所蕴涵于客观的辩证法即转化为人们自己的辩证法,即人脑的思维规律。

^② 上述各种思维方法的注解及应用见本书第2、3、4、5、7、9、12章。本课程中所涉及的思维方法远远不止本书所列举的几种,因篇幅所限不能展开解释,可参看华中科技大学出版社出版的《工程制图与图学思维方法》等有关思维科学的书籍。



每一种方法都有其独特的作用与功效。如联想法是通过事物之间的关联、比较,来扩展人脑的思维活动,从而获得更多创造摄像的思维方法。一个人如果不学会联想,学一点就只知道一点,那他的知识不仅是零碎的、孤立的,而且是很有限的;如果善于运用联想,便会由一点扩展开去,使这点活化起来,举一反三,闻一知十,触类旁通,产生认识的飞跃,出现创造的灵感。例如:牛顿由苹果的下落联想到万有引力;法拉第从奥斯特“电生磁”逆向思维提出问题,联想到“磁能否生电”,最终发现了电磁感应现象,导致发电机的发明;阿基米德从“洗澡溢水”的现象中得出浸在液体中的物体所受到的浮力与被它排开的液体重量之间的关系;等等。又如,迁移思维法是将已学得的知识、技能或态度等,对学习新知识技能施加影响的方法。我们常说的“举一反三”、“触类旁通”、“由此以知彼”,都是在学习过程中运用迁移法的生动体现。由于在学习本课程的全过程中具有思维方式多元化、思维在不同方式间转换频繁化的特点,故可将工程制图课程比喻为“思维的体操”。若在本课程的学习中掌握科学思维方法,增强思维能力,不仅可充分挖掘自身潜能、有效地开发自身的智力资源,而且在走上社会后,不管从事什么工作,高思维品质所产生的效果将不可限量。

正因为在学习本课程时要求多元思维,而且思维在不同方式间转换频繁,学习者如不能同步跟上,将会觉得难度非常大,这就是本课程为公认难学课程的原因。反之,如能正确地将不同的思维方法运用到对图学理论的理解上,则会有化难为易的功效。

1.4 本课程的学习方法

本课程是一门培养一名科技人员将头脑中的思维变成工程图样和计算机图形应具备的基本能力的课程,具有理论与实践联系密切的特点。

本课程分成四部分:画法几何、制图基础、工程制图(土木工程图、机械工程图)和计算机绘图基础。

1.4.1 画法几何部分的学习方法

画法几何部分按点、线、面、基本体等内容由浅入深、由简及繁、由易到难的顺序编排,知识前后连贯、联系密切、逻辑严谨,主要通过课堂讲授和演示进行教学。

学习理论知识要注意:

(1) 掌握投影的基本理论,搞清逻辑关系,注意空间元素与投影之间的对应关系、投影与投影之间的对应关系、空间几何关系的分析和空间问题与平面图形的联系等;

(2) 在解决相关空间问题时,融合应用已积累的图学知识,实现知识迁移。

培养思维能力要注意:

(1) 克服定式思维的“惯性”和不愿挑战困难的“惰性”;

(2) 在了解由空间到平面、平面到平面的对应关系中,先建立空间思维模型,后体会通过不同事物之间的各种联系,完成思维迁移——联想的过程,逐步养成看一点想象与它有关系的其他方面的思维习惯,能灵活地改变思维方向以训练思维的灵活性;

(3) 良好思维品质的养成必须遵循人的认知规律,循序渐进,不能急于求成。