



土木、建筑、环境学科平台课程系列教材

华中科技大学精品课程教材

画法几何与土木工程制图

(第二版)

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>



土木、建筑、环境学科平台课程系列教材

华中科技大学精品课程教材

画法几何与土木工程制图

(第二版)

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

图书在版编目(CIP)数据

画法几何与土木工程制图(第二版)/王晓琴 庞行志 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2006年9月

ISBN 978-7-5609-3275-0

I. 画… II. ①王… ②庞… III. 画法几何-高等学校-教材; 土木工程制图-高等学校-教材 IV. TB23

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第115449号

画法几何与土木工程制图(第二版)

王晓琴 庞行志 主编

策划编辑:卢金锋

责任编辑:陈建安

责任校对:刘 竣

封面设计:秦 茹

责任监印:熊庆玉

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

印张:28.75 插页:2

字数:660 000

版次:2006年9月第2版

印次:2007年8月第4次印刷

定价:40.00元(含1 CD)

ISBN 978-7-5609-3275-0/TB·64

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

土木、建筑、环境学科平台课程系列教材

编 委 会

主任委员：冯向东

副主任委员：陈传尧 李保峰 陶 涛 金康宁 许晓东

范华汉 韦 敏

委 员：黄亚平 龙 元 范跃华 李 凡 陈朱蕾

钱 勤 李 黎 吴瑞麟 李惠强 黎秋萍

秘 书：张先进 徐正达

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，在 2004 年第一版的基础上，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，广泛收集使用本教材的师生的意见与建议后修订而成。

本书主要分为画法几何、制图基础、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。与本书配套的相应的习题集和教学辅导光盘也同步作了修订。

本书可作为普通高等学校、电视大学、函授大学等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。

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。因为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而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；但我更赞成用否定式的方法讲这句话：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以及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，本书就为在能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，而精心选择、梳理、配置、安排有关知识，编成由5大部分20章所组成的本书，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，而且还可以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

第二版前言

我们党和政府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》,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年被评为校级精品课程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,这些都是蕴含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

第1章 绪论	(1)
1.1 画法几何和工程制图概述	(1)
1.2 画法几何和土木工程制图的任务	(3)
1.3 本课程学习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)
本章思考题	(12)
第2章 点、直线、平面的投影	(13)
2.1 点的投影	(13)
2.2 直线的投影	(23)
2.3 平面的投影	(38)
本章思考题	(49)
第3章 直线与平面、平面与平面的相对位置	(51)
3.1 平行关系	(51)
3.2 相交关系	(55)
3.3 垂直关系	(63)
3.4 综合问题解题方法	(66)
本章思考题	(70)
第4章 投影变换	(72)
4.1 投影变换的目的和方法	(72)
4.2 换面法	(73)
4.3 以投影面垂直线为轴的旋转法简介	(84)
本章思考题	(88)
第5章 基本体及截交线	(89)
5.1 平面立体及其表面上的点和线	(90)
5.2 曲面立体及其表面上的点和线	(95)
5.3 平面及直线与平面立体相交	(101)
5.4 平面及直线与曲面立体相交	(109)
本章思考题	(117)
第6章 常用工程曲线与曲面	(118)
6.1 曲线概述	(118)
6.2 曲面概述	(122)
6.3 直线面	(122)
6.4 平螺旋面与螺旋楼梯	(128)
6.5 单叶回转双曲面	(130)



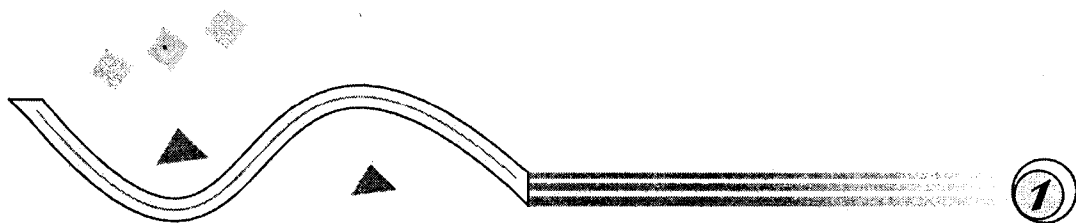
本章思考题	(132)
第7章 两立体相交	(133)
7.1 平面立体与平面立体相交	(134)
7.2 同坡屋面交线	(137)
7.3 平面立体与曲面立体相交	(139)
7.4 曲面立体与曲面立体相交	(141)
本章思考题	(149)
第8章 轴测投影	(151)
8.1 轴测投影的基本知识	(151)
8.2 轴测投影的分类	(153)
8.3 轴测图的画法	(154)
8.4 轴测投影的选择	(165)
本章思考题	(167)
第9章 透视投影	(168)
9.1 概述	(168)
9.2 点、直线和平面的透视	(170)
9.3 立体的透视	(175)
9.4 如何确定画面、视点和建筑物间的相对位置	(179)
本章思考题	(182)
第10章 标高投影	(183)
10.1 点和直线的标高投影	(183)
10.2 平面上的标高投影	(186)
10.3 曲线、曲面的标高投影	(190)
本章思考题	(192)
第11章 制图的基本知识	(193)
11.1 制图工具和使用方法	(193)
11.2 绘制工程图的有关规定	(198)
11.3 几何作图和绘图准备工作	(209)
本章思考题	(217)
第12章 组合体	(218)
12.1 组合体的构形分析	(218)
12.2 组合体视图的画法	(221)
12.3 组合体的尺寸标注	(223)
12.4 组合体视图的读图	(226)
12.5 组合体的构形设计	(230)
12.6 图样画法	(234)
本章思考题	(238)
第13章 剖视图与断面图	(239)
13.1 剖视图的基本概念	(239)
13.2 剖视图的种类	(241)

13.3 断面图	(245)
13.4 剖视图的绘制	(247)
本章思考题	(249)
第14章 建筑施工图	(250)
14.1 概述	(250)
14.2 总平面图	(255)
14.3 建筑平面图	(258)
14.4 建筑立面图	(269)
14.5 建筑剖面图	(276)
14.6 建筑详图	(281)
本章思考题	(289)
第15章 结构施工图	(290)
15.1 概述	(290)
15.2 钢筋混凝土构件简介	(293)
15.3 基础图	(296)
15.4 楼层结构平面图	(299)
15.5 钢筋混凝土构件详图	(301)
15.6 钢结构图	(306)
本章思考题	(309)
第16章 给水排水工程图	(310)
16.1 概述	(310)
16.2 室内给水排水工程图	(315)
16.3 室外给水排水工程图	(322)
16.4 水处理厂工程图	(330)
本章思考题	(334)
第17章 道路工程图	(335)
17.1 道路路线平面图	(335)
17.2 道路路线纵断面图	(339)
17.3 道路路基横断面图	(342)
17.4 城市道路横断面图	(343)
17.5 立体交叉工程图	(344)
本章思考题	(348)
第18章 桥、隧、涵工程图	(349)
18.1 桥梁工程图	(349)
18.2 隧道工程图	(359)
18.3 涵洞工程图	(361)
本章思考题	(363)
第19章 标准件与常用件	(364)
19.1 螺纹和螺纹紧固件	(364)
19.2 螺纹紧固件的规定画法和标记	(369)



19.3	齿轮的几何要素与规定画法	(373)
19.4	键和销	(380)
19.5	滚动轴承	(381)
19.6	弹簧	(384)
	本章思考题	(387)
第 20 章	零件图	(388)
20.1	零件图的作用和内容	(388)
20.2	零件图的视图选择	(388)
20.3	零件图的尺寸标注	(394)
20.4	表面粗糙度及其标注	(396)
20.5	公差配合与形位公差	(399)
20.6	零件的工艺结构	(404)
20.7	读零件图	(408)
	本章思考题	(410)
第 21 章	装配图	(411)
21.1	装配图的作用和内容	(411)
21.2	装配图的表达方法	(412)
21.3	装配图的尺寸标注	(414)
21.4	装配图中的零件序号和明细栏	(414)
21.5	装配结构的合理性简介	(415)
21.6	由零件图画装配图	(416)
21.7	读装配图及由装配图拆画零件图	(418)
21.8	机械图与建筑图的区别	(421)
	本章思考题	(424)
	附录	(425)
	参考文献	(446)

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。但在其形成一套完整的科学体系以前,画法几何的各种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,古人在了解使用文字或语言不可能十分完整和清晰地描述地形等空间对象后,提出了许多有关在平面上表示空间物体的新的几何问题。人们经过长期努力,逐渐地摸索、规定出一些解决问题的方法,地形图的绘制技术因此逐步发展起来。

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、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·蒙日(Gaspard Monge, 1746—1818年)发表了著名的《画法几何》论著,所论述的画法是以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。蒙日的著作发表后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,使之得以不断发展和完善。

“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起着重要的作用。为了适应科学技术发展的需要,在画法几何方面,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

图样和文字、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和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 年)命欧阳询(557—641 年)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 年)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。

宋代李诫所著的《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 年)所著的《新仪象法要》、元代农学家王桢撰写的《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,同时还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、截面等方面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,而不得不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,也得到了广泛的应用,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 画法几何和土木工程制图的任务

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。画法几何所要研究的就是用二维平面表现三维的空间形体的方法和一些规定、用平面上的投影来解决空间的几何问题。虽比较抽象,但系统性和理论性较强。

1.2.2 土木工程制图的任务

图样是按照国家或部门有关标准的统一规定而绘制的、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”。

土木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。

工程图样培养绘制工程图样的基本能力,具体在下列几个方面进行训练:

- (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由计算机绘图取代。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 本课程学习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乃是国民素质之争，其中，科学素质是现代公民最重要的素质内容之一。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）》（后文简称《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。

《科学素质纲要》中提出，在“十一五”期间，把未成年人、农民、城镇劳动人口、领导干部和公务员作为公民科学素质建设的四类重点人群，以重点人群科学素质行动带动全民科学素质的整体提高。而未成年人人群将是重中之重，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。

根据国内外专家、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。

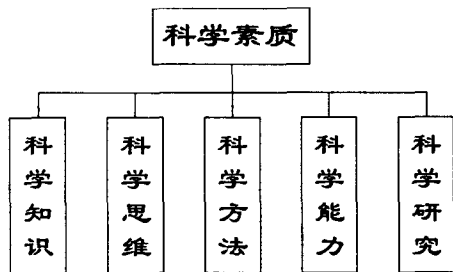


图 1-1 科学素质的构成要素

在科学素质的五个构成要素中，各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，大学生科学素质是其综合素质中一项重要的一种素质，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“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）等有关思维的观点。

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”过程中起重要作用,而收敛、逻辑思维在“小心求证”时起决定作用。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,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。但若在掌握专业知识、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的高低,可以根据该课程在培养学习者思维能力方面的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,它们各自都有自己的研究方法和思维方式,这些都是蕴含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身的一门基础课,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教学目标和特点,而这只是其显在的智力价值,潜在的智力价值却蕴含在工程图学中的基础性知识、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,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。^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,它所蕴含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,且篇幅不能展开解释,可参看思维科学的相关书籍和由华中科技大学编写出版的《工程制图与图学思维方法》一书中的介绍。