

新世纪高校机械工程规划教材



工程图学及计算机绘图

主 编 罗良武 王嫦娟



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新世纪高校机械工程规划教材

工程图学及计算机绘图

主 编 罗良武 王嫦娟
副主编 田希杰 顾英妮
参 编 赵 勤 安 琥 时圣勇 宋卫卫
崔卫华 孟 颖 杨 波 魏军英
主 审 范波涛



机械工业出版社

800974

本教材适用于 40~96 学时教学计划,除土建类以外各类专业均可选用。凡是带有 * 号的内容适用于机械类专业选用,带有 * * 号者可供不单独设《计算机绘图》课的院校选用。

本教材是在对工程图学的本质及教育功能再认识的基础上,着眼于新时期对人才的要求,以加强对学生综合素质及创新能力的培养为出发点,结合编者多年来教学改革成果编写而成的。并全部采用了最新国家标准。

教程配有习题集和 CAI 课件,内容包括制图基本知识、投影理论、投影制图及构形设计、表达方法、标准件、零件图、装配图、计算机绘图、焊接图及展开图等。课件与教材、习题集紧密配合,可用于投影教学、网络教学、学生自学及课后复习、解题指导可随时对学生进行作业辅导。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程图学及计算机绘图/罗良武,王嫦娟主编. —北京:机械工业出版社,2003.2

新世纪高校机械工程规划教材

ISBN 7-111-11344-6

I. 工… II. ①罗…②王… III. ①工程制图-高等学校-教材②计算机制图-高等学校-教材 IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 100347 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:高文龙 王世刚 责任编辑:高文龙

版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:姚 毅 责任印制:付方敏

三河市宏达印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5 · 9.75 印张·376 千字

0 001—5 000 册

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821,88379646

封面无防伪标均为盗版

新世纪高校机械工程规划教材 编审委员会

顾问：艾兴（院士）

领导小组：

张 慧	高振东	梁景凯	高文龙
赵永瑞	赵玉刚		

委员：

张 慧	张进生	宋世军	沈敏德
赵永瑞	程居山	赵玉刚	齐明侠
高振东	王守城	姜培刚	梅 宁
昃向博	梁景凯	方世杰	高文龙
王世刚	尚书旗	姜军生	刘镇昌

前 言

本教材是根据 2001 年 11 月在山东大学召开的“新世纪机电工程规划教材”启动会议的“四新一高”精神而编写的。在科技迅猛发展的今天,知识的更新越来越快,伴随着知识经济和信息时代的到来,社会对人才培养的要求也正在发生着巨大的变化。“基础扎实、知识面宽、能力强、素质高”已成为 21 世纪对人才的基本要求。“图学技术”作为一门工科、应用理科及管理学科各专业都开设的工程基础课,应如何发挥本课程的特色,为实现我国高素质人才培养战略作贡献呢?这就促使我们对“工程图学”课程的本质及特征进行了深入探讨,并对当前的教师状况、学生状况及教学设备状况进行分析、研究。本套教材正是着眼于新时期对人才的要求,以加强对学生综合素质及创新能力的培养为出发点,结合编者多年来教学改革成果编写而成的。它综合考虑了当前的教师和学生状况,使教学内容、教学方法与教学手段相协调,力求在不增加教师和学生负担的前提下,充分利用有限的教学资源,最大限度地调动学生的学习主动性和积极性,从而使工程图学技术教育从以“知识、技能”为主的教育,向以“知识、技能、方法、能力、素质”综合培养的教育转化。

本套教材秉承了我国“图学教育”的经验及特色,并充分运用了现代教育理论和方法论的研究成果,将“图学知识”与“制图技术”紧密结合,使学生在學習“工程图学”知识、进行工程制图基本训练的同时,得到科学思维方法的培养及空间思维能力、创新能力的开发和提高。

教材体系和内容的编排力求简明扼要,并紧紧围绕以“学”为中心、以“素质提高”为目的的指导思想,力图为处理好下列关系提供切实可行的方法和途径。

1. 知识学习、能力培养与素质提高的关系;
2. 仪器图、草图训练与计算机绘图的关系;
3. 基础知识与工程应用的关系;
4. 理论知识与工程实践的关系;
5. 多媒体教学与传统教学、辅导答疑的关系;
6. 课内教学与课外复习、练习的关系。

本套教材是在广泛征求任课教师的教学经验和学生学习体会的基础上编写的。又在反复征询教师、学生及本学科专家、教授意见和建议的基础上统筹修改而成。

参加本教材编写的有：主编：罗良武（济南大学）、王嫦娟（山东科技大学）；副主编：田希杰、顾英妮；参编：赵勤、安琥、孟颖、杨波、时圣勇、崔卫华、宋卫卫、魏军英。

编写分工如下：罗良武：绪论、第十二章、第十三章、第十四章（一、二、五、六、七节）；王嫦娟：第八章（一、二、三节）、第十章；田希杰：第三章、第十一章、附录；顾英妮：第二章及其他章节中的 AutoCAD 内容；赵勤：第一章、第十五章；时圣勇：第四章；崔卫华：第五章；安琥：第六章；宋卫卫：第七章；孟颖：第九章；魏军英：第八章（第四、五节）；杨波：第十四章（第三、四节）；全书由罗良武统稿。

李莉老师、刘鲁宁老师对本教材的编写做了一些选材筹划和部分绘图工作，并提出了一些合理化建议，在此表示感谢。

本教材由山东工程图学学会图学秘书长、山东大学工程图学研究所范波涛教授任主审，他对本教材提出了若干建设性的修改意见，在此表示衷心的感谢。

山东大学机械学院苑国强副教授对本教材提出了宝贵的修改意见，在此表示诚挚的感谢。

向热心支持和帮助编写本教材的领导、同事和朋友表示诚挚的感谢。

本书参考了部分同类教材、习题集等文献（见书后的“参考文献”），在此谨向文献的作者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，教材和课件中的缺点、谬误之处，恳请广大同仁及读者不吝赐教，在此谨先表谢意。

让所有的图学教育的教师都能轻松地教；

让所有的学生都能愉快地学；

让所学到的知识都能转化为解决实际问题的能力；

让所有使用本教材的学生都能在潜移默化中得到工程素质和创新能力的提高！

编 者

2002 年 9 月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 制图基本知识	5
第一节 制图国家标准的基本规定	5
第二节 绘图的方法和步骤	15
第二章 计算机绘图	18
第一节 AutoCAD2002 绘图基础	18
第二节 基本图形的绘制	24
第三节 基本编辑方法	28
第四节 绘图步骤	30
第三章 投影基础知识	31
第一节 投影概念及其分类	31
第二节 正投影的基本性质	33
第三节 三面投影的形成及其规律	36
第四章 点、直线、平面的投影	39
第一节 点	39
第二节 直线	41
第三节 平面	49
第四节 直线与平面、平面与平面的相对位置	54
第五章 投影变换	59
第一节 投影变换的目的和种类	59
第二节 换面法	60
第三节 旋转法	69
第六章 常用曲线与曲面	72
第一节 曲线与曲面概述	72
第二节 曲线的投影及画法	74
第三节 常用回转面的投影	76
第四节 螺旋面的投影及画法	78
第七章 立体的投影	80
第一节 基本体的视图	80
第二节 立体表面上点和线的投影	82
第三节 平面切割体的视图	87

第四节 切割回转体的视图	88
第五节 两立体相交的表面交线	96
第八章 组合体	106
第一节 形体分析法和组合体的组合形式	106
第二节 组合体视图的画法	107
第三节 组合体的尺寸标注	110
第四节 组合体视图的阅读	115
第五节 组合体的构形设计	120
* 第六节 AutoCAD2002 标注尺寸和文本	125
第九章 轴测投影	131
第一节 轴测投影基本知识	131
第二节 正等轴测图	133
第三节 斜二轴测图	137
第四节 轴测投影的选择	138
第五节 轴测剖视图的画法	139
第六节 轴测草图的画法	141
第十章 机件的表达方法	143
第一节 视图	143
第二节 剖视图	146
第三节 断面图	159
第四节 其他画法	161
* 第五节 AutoCAD2002 图案填充	167
第十一章 标准件	171
第一节 螺纹及螺纹紧固件	171
第二节 键联接与销联接	186
第三节 滚动轴承	189
* 第四节 AutoCAD2002 图块操作	194
第十二章 常用件	197
第一节 齿轮	197
第二节 弹簧	203
第十三章 零件图	206
第一节 零件图的作用与内容	206
第二节 零件的视图选择	207
* 第三节 零件上常见的工艺结构	211
第四节 零件图的尺寸标注	214
第五节 零件的表面粗糙度	218
第六节 极限与配合及形位公差简介	222
* 第七节 零件图的阅读	228

** 第八节 AutoCAD2002 标注技术要求	230
第十四章 装配图	233
第一节 装配图的作用及其与零件图的关系	233
第二节 装配图的内容及其表达方法	234
第三节 装配图中的尺寸标注和技术要求	240
第四节 装配图中的零、部件序号及明细表	241
* 第五节 装配结构的合理性	243
第六节 装配图的画法	247
第七节 装配图的阅读	250
** 第八节 AutoCAD2002 绘制装配图	255
** 第九节 AutoCAD2002 布局图面和输出图形	257
* 第十五章 焊接图与展开图	259
第一节 焊接图	259
第二节 展开图	266
附录	275
附录 A 极限与配合	275
附录 B 螺纹	279
附录 C 标准件	282
附录 D 常用材料	296
附录 E 常用零件结构要素	300
参考文献	301

绪 论

一、工程图学的特征

图形是在纸或其他表面上表示物体的几何状态,包括形状、大小和位置等。而研究空间物体的几何状态的相互关系的科学就是几何学。

人类社会最先使用的交流媒介是语言和图形。人类社会的进一步发展才产生了文字,而文字的最原始形态也是图形。图是人类社会进行交流的三大媒介之一,即语言、文字和图。这三大媒介各有特色,又相互联系,从而构成了人类交流的基本形态。在科技如此发达的今天,这种最原始的形态的作用不但没有减弱,反而不断增强了。原因在于图具有形象性、整体性和直观性,还具有审美性、抽象性等特性,它既可以是客观事物的形象记录,又可以是人们头脑中想象形象的表现,既可记录过去,又可反映未来。这些特性决定了图在人类社会发展中的不可替代性。随着计算机科学的发展,进一步打通了图与数之间的关联,使图与数之间可以转化,从而揭示出了图的更深层特性。

工程是一切与生产、制造、建设、设备相关的重大的工作门类的总称。机械工程、建筑工程、电气工程、采矿工程、水利工程、航天工程、生物工程等皆是。每个工程门类都有其自身的专业体系、专业规范和专业知识。

一切工程也有其共性,工程的核心概念是设计和规划,而设计和规划的表达形式都离不开工程图样。工程的基本特性主要体现为实用性和实效性,它以理论基础为指导,落实到具体工程问题的解决上。由于工程问题的多样性及复杂性,工程图样的共性主要体现在形体的构成和表达上、工程图通用规范的运用和工程问题的分析上。

对理工科学生而言,科学素质是立业之本,而构成科学素质的重要基础便是数学、几何学、物理学、化学等基础学科。基础学科与工程应用相结合,便形成了培养人才工程素质的重要内容。几何学与工程应用及工程规范相结合便形成了工程图学。工程图学并不是仅为某个特定专业提供基础,而是作为“工程教育”的一部分,为一切涉及工程领域的人才提供空间思维和形象思维表达的理论及方法。

工程图学课程的本质就是以几何学为基础,以投影理论为方法,研究几何形体的构成、表达及工程图样的绘制和阅读的工程基础课。其特征主要体现为:

1. 基础性

工程图学是一切工程和与之相关人才培养的工程基础课,并为后续的工程专

业课的学习提供基础。

2. 学科交叉性

工程图学是几何学、投影理论、工程基础知识、工程基本规范及现代绘图技术相结合的产物。

3. 工程性

工程图学的研究和图样表达,须随时与工程规范、工程设计相结合。

4. 实用性

工程图学具有广泛的实际应用性,是理论与实践相结合的学科。

5. 通用性

工程图样作为工程界的通用语言,具有跨地域、跨行业性,无论古今中外,尽管语言、文字不同,但工程图的表达方法都是相通的。

6. 方法性

工程图学中处处蕴含着工程思维和形象思维的方法,可有效地培养学生的空间想象能力、分析能力、综合能力等。

二、工程图学教育的任务

为了满足新时期对人才培养的需要,工程图学教育任务如下:

1. 培养学生的工程素质

主要包括工程概念的形成、工程思想方法的建立、工程人员读图能力、绘图能力及工作作风的培养和训练。

2. 培养学生空间思维能力和空间想象能力

本课程的一个显著特点是以投影理论为基础,研究几何形体的构成及表达,其核心就是空间要素的平面化表现和平面要素的空间转化。通过这两种互相转化的训练,将学生固有的三维物态思维习惯提升到形象思维和抽象思维相融合的层次,从而使学生得到“见形思物”和“见物想形”的空间思维能力和空间想象能力的培养。

3. 培养学生图形表达能力

现代高级工程人才,不仅需要具有口头语言表达能力和书面表达能力,还需要具有图形表达能力。工程图样是工程界的通用技术语言,所有的创造发明、技术革新、设备改造,都需要用图样将设计构思表达出来。因此,图形表达能力也是工程人才必备的基本能力。

4. 培养学生的分析能力、综合能力、开拓和创新意识

在绘图与读图的训练中,应随时注意将分析方法与综合方法相结合,使学生学会从整体到局部,复杂问题简单化处理的分析方法和由部分到整体的综合方法,由多个视图分析整体形状及结构的方法,以提高学生的分析、综合能力。在对形体表达方案的多样性与唯一性、视图表达物体的正确性与确定性的分析训练

中,逐步打破学生的思维定势,从而培养学生的开拓、创新意识。

5. 为后续课程学习打基础

本课程仅作为人才培养的一门工程基础课,为后续相关课程的学习打下基础。如需深入到某一专业领域,则需补充相关的专业知识和专业规范,从而构成对专业图样的阅读和表达能力。只有使学生具备扎实的基础,才能让其需要在需要时进行知识对接,才能很快地进行知识及能力的扩展。这就要求本课程的教学必须重点突出。

6. 培养学生手工绘图及计算机绘图能力

绘制工程图样是工程设计的一个重要环节,熟练运用绘图工具及计算机,绘出符合国家标准和工程规范要求的工程图样,这是工程技术人员动手能力的体现。

7. 拓宽学生的知识面、使学生形成合理的知识结构

大学生是祖国的栋梁,他们中的一部分将走上管理及领导岗位。图形表达及分析的思维方法可直接应用于企业管理及工作方法之中,使管理程序化、工作条理化,从而提高管理水平及工作效率。

三、本课程的教学目的

1. 学会运用投影法工程形体进行观察和分析。
2. 学习工程形体的构成及表达方法。
3. 学习工程图样的基本规范及阅读方法。
4. 进行工程图样的绘制和阅读的基本训练。
5. 培养形象思维、空间思维能力和开拓、创新精神。
6. 培养严谨求实、认真负责的工程素养。

四、学习方法建议

1. 以“图”为中心,随时围绕“图”进行学习和练习。
2. 注意抽象概念的形象化,随时进行“物体”与“图形”的相互转化训练,以利于提高空间思维能力和空间想象能力。
3. 学与练相结合,必须保质保量地完成相应的习题,才能使所学知识得以巩固,本课程的练习,是教学中实践环节的重要体现,它是教学内容的重要组成部分。
4. 课前适当预习对学好本课程十分必要,它可提高听课效率。在听课时应积极主动地思考,听课后应及时进行练习,以加深对所学内容的理解,并巩固所学的内容。
5. 严格要求自己,随时注重培养严谨、认真、负责、细致等素养。
6. 随时运用所学的知识和方法,观察、分析所能见到的物体,并用于分析、解决实际问题,以实现理论知识向能力的转化。

7. 充分运用配套的多媒体辅助教材进行复习和练习及检查。

五、本教材配套的 CAI 课件内容介绍

1. 多媒体课件

开放式的多媒体课件包括本教材的电子挂图及模型动画，供教师进行多媒体教学时使用，也可供学生自学及课后复习时参考。教师可根据自己的教学习惯，随时方便地对课件进行修改、增删、重组，以达到最佳教学效果。该课件也适用于网络教学。

2. 电子习题集和解题指导（推迟一学期完成）

学生可在计算机上直接使用 AutoCAD 完成与教材配套的部分作业，习题集中适合于在计算机上进行作业的习题为开放式。与教材配套的习题集中全部习题的解答、解题步骤及主要立体的模型动画，选择题可直接在计算机上点选。此课件主要为学生课后作业提供适时的帮助、辅导，也可供教师进行课堂作业分析、讲解使用。

第一章 制图基本知识

绘制和阅读机械图样，必须熟悉并严格遵守技术制图与机械制图国家标准，正确使用绘图工具和仪器，掌握正确的绘图方法与步骤，具备画徒手草图的能力，还要树立耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

第一节 制图国家标准的基本规定

一、图纸幅面和格式（GB/T 14689—1993）

1. 图纸幅面尺寸

绘制图样时，应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。

表 1-1 基本幅面及图框尺寸 (单位 mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

必要时，也允许按规定选用加长的幅面，其加长幅面的尺寸，可由《技术制图》国家标准 GB/T 14689—1993 中根据需要查选。

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为不留装订边和留有装订边两种，分别如图 1-1 和图 1-2 所示，但同一产品的图样只能采用一种格式。要装订的图样，采用图 1-1 格式，一般采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装。

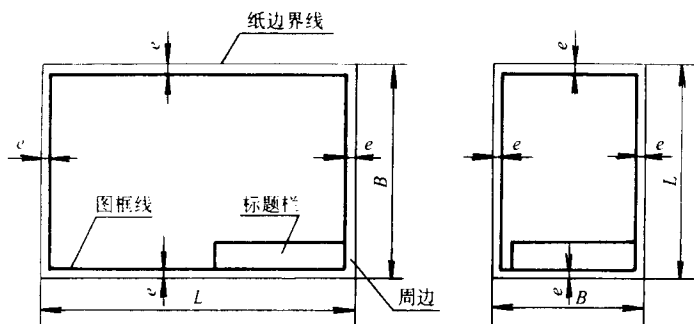


图 1-1 不留装订边的图框格式

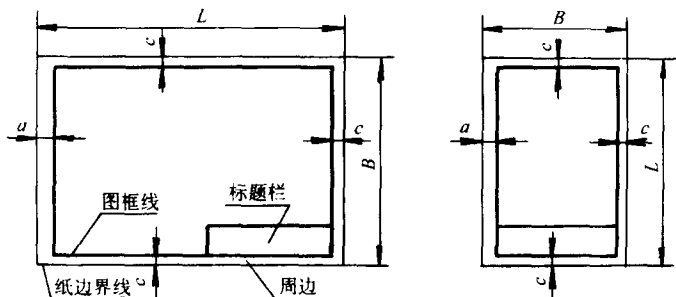


图 1-2 留有装订边的图框格式

3. 标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸 (GB 10609.1—1989) 如图 1-3 所示。零件图、装配图可采用图示标题栏的格式, 装配图还要按图示格式加画明细栏。标题栏位于图纸的右下角, 其外框为粗实线并且右边线和底边线与图框重合, 标题栏中的文字方向为看图方向。

180																			
8		40		44		8		38		10		12		(20)					
明细栏 (在画装配图时才使用)										7		10		12					
										14		7		10		12			
序号		代号		名称		数量		材料		单件重量		总计重量		备注					
10		10		16		16		12		16									
标题栏										8 × 7 (=56)		(材料标记)		(单位名称)		(图样名称)		(图样代号)	
标记		处数		分区		更改文件号		签名		年、月、日		4 × 6.5 (=26)		12					
设计		(签名)		(年、月、日)		标准化		(签名)		(年、月、日)		阶段标记		重量					
审核												6.5		10					
工艺												共 张		第 张					
12		12		16		12		12		16		50							

图 1-3 标题栏及明细栏

二、比例 (GB/T 14690—1993)

比例是图样中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。绘图时, 应由表 1-2 规定的系列中选取适当的比例, 一般应优先选用 1:1 的比例。必要时, 也允许选取带括号的比

表 1-2 绘图的比例

原值比例	1:1
缩小比例	(1:1.5) 1:2 (1:2.5) (1:3) (1:4) 1:5 (1:6) 1:1×10 ⁿ (1:1.5×10 ⁿ)
	1:2×10 ⁿ (1:2.5×10 ⁿ) (1:3×10 ⁿ) (1:4×10 ⁿ) 1:5×10 ⁿ (1:6×10 ⁿ)
放大比例	2:1 (2.5:1) (4:1) 5:1 1×10 ⁿ :1 2×10 ⁿ :1 (2.5×10 ⁿ :1) (4×10 ⁿ :1) 5×10 ⁿ :1

注：n 为正整数。

比例一般应标注在比例一栏内，必要时，可标注在视图名称的下方或右侧。不论采用缩小或放大的比例画图，图样中必须标注机件的实际尺寸。

三、字体 (GB/T 14691—1993)

书写汉字、数字、字母必须做到：字体端正、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的号数，即字体的高度（用 h 表示）分为 8 种：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。单位为 mm。字体的宽度一般为 $h/\sqrt{2}$ ，各种字体的示例如下。

1. 汉字

汉字应写成长仿宋体，采用国家正式公布的简化字。长仿宋体的特点是横平竖直，注意起落，结构均匀，填满方格，如图 1-4 所示。图样中一般汉字的高度不应小于 3.5 号字。

10 号

字体端正 笔划清楚 间隔均匀 排列整齐

7 号

装配时作斜度深沉最大小球厚直网纹均布水平镀抛光研视图
向旋转前后表面展开两端中心孔锥销键

图 1-4 汉字字体示例

2. 数字和字母

数字和字母分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度为字高的 $1/14$ ，B 型字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。在同一张图样上，只允许采用一种形式的字体。数字和字母有两种：直体和斜体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准成 75° 。用作指数、分数、极限偏差等的数字及字母，一般采用小一号字体。数字及字母字体如图 1-5、图 1-6、图 1-7、图 1-8、图 1-9 所示。

A 型字体
(斜体)



B 型字体
(斜体)



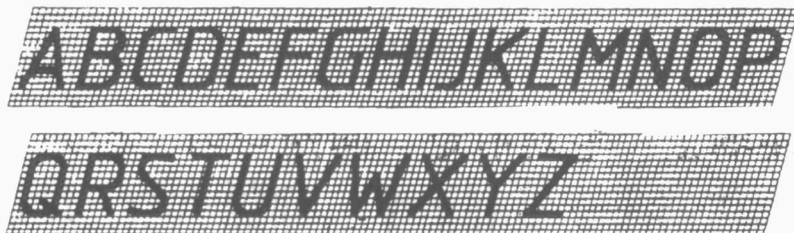
图 1-5 阿拉伯数字示例

A 型字体
(斜体)



图 1-6 罗马数字示例

B 型字体
(大写斜体)



B 型字体
(小写斜体)



图 1-7 拉丁字母示例

B 型字体
(小写斜体)



图 1-8 希腊字母示例