



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

计算机图形学

(第三版)

常 明 纪俊文 主编



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



21 世纪高等学校机械设计
制造及其自动化专业系列教材

计算机图形学

(第三版)

常 明 纪俊文 主编

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学(第三版)/常明 纪俊文 主编. —武汉:华中科技大学出版社,
2009年8月
ISBN 978-7-5609-5498-1

I. 计… II. ①常… ②纪… III. 计算机图形学-高等学校-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 107162 号

计算机图形学(第三版)

常明 纪俊文 主编

策划编辑:刘锦 钟小珉

责任编辑:刘勤

责任校对:刘竣

封面设计:潘群

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:武汉众心图文激光照排中心

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:19.5

字数:403 000

版次:2009年8月第3版

印次:2009年8月第8次印刷

定价:32.80元

ISBN 978-7-5609-5498-1/TP·686

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,主要介绍了计算机图形学的基本概念、原理和算法,是作者根据长期从事计算机图形学教学、科研取得的成果,并参考国内外出版的相关教材编写而成的。全书分为两个部分:第一部分为二维图形学,分为7章,包括计算机图形学概述、VC++图形程序设计、基本图形生成算法、图形变换的矩阵方法、图形处理算法、图形交互技术初步及图形数据结构等内容;第二部分是三维图形学的基本内容,分为4章,包括 OpenGL 简介、三维几何造型初步、三维图形显示与消隐算法及真实感图形与可视化技术基础等内容。本书基本涵盖了计算机图形学的主要内容,每章还附有习题,便于教学和自学。

本书可作为普通高等院校本科生“计算机图形学”课程的教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编 审 委 员 会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济 李培根
 (科学院院士) (工程院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武炘	卢文祥	朱承高	师汉民	刘太林
李 斌	杜彦良	杨家军	吴昌林	吴 波
吴宗泽	何玉林	何岭松	陈康宁	陈心昭
陈 明	陈定方	张春林	张福润	张 策
张健民	冷增祥	范华汉	周祖德	洪迈生
殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	童秉枢	傅水根
廖效果	黎秋萍	戴 同		

秘书： 刘 锦 徐正达 万亚军

21 世纪高等学校

机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

发展是硬道理,而改革是关键。唐代大诗人刘禹锡写得多么好:“请君莫奏前朝曲,听唱新翻《杨柳枝》”。这是这位改革派的伟大心声。

1998 年教育部颁布了新的普通高等学校专业目录。这是一大改革。为满足各高校开办“机械设计制造及其自动化”宽口径新专业教学的需要,华中科技大学出版社在世纪之交,千年之替,顺应时代潮流,努力推出了“机械设计制造及其自动化”专业系列教材。这套系列教材是在众多院士支持与指导下,由全国 20 余所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师经多年辛勤劳动编写成的,它有特色,能满足机械类专业人才培养要求。

这套系列教材的特色在于,它紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”与“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个重大教学改革项目,集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校自实施教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”以来,在改革机械类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材是完全按照两个重大教学改革项目的成果所提出的“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案中所设置的课程来编写的。这一培养方案的一个重要特点是:专业基础课按课群方式设置,即由力学系列课程,机械设计基础系列课程,计算机应用基础系列课程,电工、电子技术基础系列课程,机械制造技术基础系列课程,测控系列课程,经营管理系列课程等七大课群组成,有效拓宽专业口径和专业基础,体现了机械类专业人才培养模式的改革。

同时专业基础课按课群设置,也有利于加强课群内各门课程在内容上的衔接,有利于课程体系的进一步整合、优化及改革。专业基础课按七大课群设置,这得到了全国高校机械工程类专业教学指导委员会的充分赞同。

21 世纪工程教育的一个基本特征就是“适应性”,就是坚持邓小平同志指出的教育的“三个面向”的战略思想。能适应,才能创业。要能多方适应科学技术的突飞猛进和社会的不断进步,就得进一步明确指导思想,进一步合适地拓宽专业口径与专业基础,构造现代化的人才知识结构、能力结构和素质结构,就得因史制宜、因地制宜、因势制宜,努力实现培养模式的多样化,切忌“千篇一律”、“千人一脸”,万紫千红方能有一个大好的春天。

这是一套具有较大改革力度的系列教材。教材的作者们认真贯彻了中央的教育方针与改革思想,体现出两个重大改革项目成果所提出的“以创新设计为核心,以机械技术与信息技术结合为龙头,以计算机辅助技术为主线,拓宽基础,强化实践”的总体改革思路,并本着整合、拓宽、更新和更加注重应用的原则,对课程的内容、体系进行了诸多重要改革,而且许多课程在开发电子教材方面也取得了长足进展。

按照减少学时、降低重心、拓宽面向、精选内容、更新知识的原则,对原机械专业三门主要专业课(机械制造工艺学、金属切削机床设计、金属切削原理与刀具)实行了整合和改造,编写出了供“机械设计及其自动化”宽口径专业学生学习的《机械制造技术基础》新教材。

改造了原电工技术、电子技术系列课程,将分散在几门课程中的强电知识整合为《机电传动控制》新课程,减少了重复,拓宽了基础,突出了“机电结合、电为机用”的特点。

使用自主版权软件改革传统工程制图内容体系,不仅实现了工程制图和计算机绘图内容的有机融合,也实现了制图课教学手段的现代化。

以设计为主线,重新规划了《机械设计》和《机械原理》课程体系结构,在内容上努力实现由注重学科的系统性向更加注重工程综合性的转化,在教学手段上全面引入多媒体技术,提升了课堂教学的效果和效率。

《金属材料及热处理》更名为《工程材料及应用》,除紧密结合现代科

技成就,讲解金属材料的基本理论及应用外,还讲解了其他各类工程材料的有关知识。

《测试技术》更名为《工程测试与信息处理》,加强了与信息获取、传输、存储、处理及应用有关的内容,并率先在国内建成网上测试技术虚拟实验室。

《液压传动》与《气压传动》整合为《液压传动与气压传动》,精简了内容,强化了应用,并制作出了相应的电子教案。

《材料成形工艺基础》在精选传统金属成形工艺内容的基础上,较大幅度地增加了新材料、新工艺、新技术方面的知识。

编写出版了《现代设计方法》、《机构与机械零部件 CAD》、《柔性制造自动化概论》、《机电一体化控制技术与系统》及《机器人技术基础》等教材,反映了现代科技的新发展。

科学与工程既有联系又有区别。科学注重分析,工程注重综合。任何一项工程本身都是多学科的综合体。今天,工程技术专家的基本作用正是一种集成作用,工程技术专家的任务是构建整体。我们必须从我国国情出发,按照现代工程的特点和工程技术专家的基本作用来构建机械工程教育的内容和体系。

华中科技大学出版社依托全国高校机械工程类专业教学指导委员会、全国高校机械基础课程指导委员会,经过多年不懈的努力,使这套系列教材的出版达到了较高的质量水准。例如,目前已有九本被教育部批准为“面向 21 世纪课程教材”,有五本获得过国家级、省部级各种奖励,全套教材已被全国几十所高校采用,广泛受到教师和学生的欢迎。特别是其中一些教材(如《机械工程控制基础》、《数字控制机床》等),经长期使用,多次修订,已成为同类教材中的精品。

现在这套系列教材已经正式出版 20 多本,涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程,能够较好地满足教学上的需要。我们深信,这套系列教材的出版发行和广泛使用,将不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作,而且对机械类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然,由于编者学术水平有限,改革探索经验不足,组织工作还有缺

陷,何况,形势总在不断发展,现在还远不能说系列教材已经完善,相反,还需要在改革的实践中不断检验,不断修改、锤炼,不断完善,永无休期。“嘤其鸣矣,求其友声。”我们殷切期望同行专家及读者们不吝赐教,多加批评与指正。

江泽民同志在 2000 年 6 月我国两院院士大会上号召我们:“创新,创新,再创新!”实践、探索、任重道远,只有努力开拓创新,才可能创造更美好的未来!

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员

中国科学院院士

华中科技大学教授

2000 年 6 月 6 日

杨叔子

第三版前言

本书是 2001 年 2 月第二版的修订版。本书是华中科技大学牵头实施的教育部重大教改项目“工程制图及机械基础系列课程教学内容及课程体系改革”的研究成果之一,是教育部审定的面向 21 世纪课程教材,也是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书为“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”之一,集中反映了我校机械类专业在“计算机图形学”课程建设以及相关领域的科学研究中取得的主要成果。我校曾经成功开发了凯图 CAD、天喻 CAD、开目 CAD 等众多深受科研院所、工矿企业、高等院校的科技工作者和工程技术人员青睐的二、三维图形系统,真可谓硕果累累。这些都得益于计算机图形学的课程建设和科学研究。

进入 21 世纪以来,计算机图形学的应用已渗透到国民经济建设的各行各业、社会生活的各个领域:从产品设计的三维模型到车间生产作业的工程图纸,从每天收看的影视片头到令人眼花缭乱的广告制作,从计算机的图形界面到宏伟工程的虚拟场景,从飞机驾驶员培训到两军的模拟对抗,从巨幅图片的喷绘到实时动画的实现,这些都让各行各业的人们深深感受到计算机图形学的独特魅力。这也是越来越多的高等院校和越来越多的专业都把计算机图形学作为必修课程的主要原因。为了兼顾其他专业的教学要求,本次修订力图使全书取材更全面、内容更充实,以充分反映本学科发展的新动向,符合目前高等院校本科专业“计算机图形学”课程的学时安排和上机实践的要求。

本次修订工作中,我们主要在以下几个方面作了重要修改。

1. 考虑到在校学生使用的主流计算机语言以及毕业后实际工作的需要,我们将图形程序设计语言由 BC++ 升级到 VC++6.0。这不仅是因为 VC++ 提供了更强大的图形功能,而且更主要的是,VC++ 的面向对象方法和事件驱动编程思想已经是当前程序设计的主流和趋势。所以尽管修改这部分内容涉及书中许多例程,我们还是选择了 VC++。

2. 开放式图形库 OpenGL 自 2004 年发表 2.0 版本以来,其图形功能

和跨平台特性更趋完善,已成为应用最广泛的二维、三维图形编程接口和公认的图形标准之一。为了让读者能初步掌握这一图形接口的使用方法,我们将第二版教材中的“二维图形软件系统”改为现在的“OpenGL 程序设计”,希望能让读者有所裨益。

3. 考虑到本科生计算机图形学教学的实际情况,将第二版中的原 3.5 节“工程曲面的构造方法”撤下,纳入另一本专为研究生教学而编写的“计算机图形学算法与应用”一书的“曲线与曲面”章节中,使本科生的教学循序渐进,研究生的教学内容更加完整和系统。

4. 为了不增加教材篇幅,更多的程序实例和有关的多媒体课件可与编者联系(Email:jijunwen@hust.edu.cn),供读者参考。

本次修订工作由常明、纪俊文任主编。常明负责第 1、9 章的编写及全书统稿工作,纪俊文编写了第 2、3、4、5、6、7、8、10、11 章。本书在编写过程中,参考了国内外一些同类著作,在此向有关作者表示感谢。

由于作者水平所限,书中的错误和不足之处在所难免,恳请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月于华中科技大学

第二版前言

本书是1999年3月版的修订版。由于内容符合教学的实际情况,理论联系实际,算法与编程实现结合得较好,深受广大师生欢迎,国内众多院校采用本书作为本科生和研究生的教材。本书经专家评议,教育部审定为面向21世纪课程教材。

本书为“机械设计制造及其自动化”专业系列教材之一。它集中反映了近五年我校机械类专业在计算机图形学课程建设以及相关领域的科学研究中所取得的主要成果。为兼顾其他专业的教学要求,本修订版力图使全书取材更为全面,充实了本课程所涉及的基础知识和基本概念,更加符合目前国内各院校“计算机图形学”这门课程的学时安排以及上机实践的条件。

具体地讲,在这一次修订中,在以下几个方面作了较大修改:

1. 由于教学使用的二维图形软件 CADTool 和三维图形软件 GStar 均已推出了基于 Windows 2000 的新版本,因此本书第8章及第12章中所介绍的图形系统均为华中科技大学国家 CAD 支撑软件中心研制的具有自主版权的二、三维图形系统,这样可以保证教学中使用的图形系统符合当前国内外图形软件发展的趋势,以便及时反映本学科领域发展动向,开阔读者视野,更好地适应国内外图形技术的快速发展。

2. 为了兼顾研究生教学的需要,本修订版对与三维图形的生成与显示作了适当的补充。具体体现在对第10章与第11章的内容作了必要的补充,并对三维立体模型与真实感显示的程序实例作了调整,使之更加贴近每一章的教学内容。

3. 为了给广大读者上机实践提供方便,本修订版提供教学光盘一张(需购买者,请与出版社联系),除了提供第8章中使用的凯图 CADTool Win2000 版和 InteSolid Win2000 版外,光盘中还提供了教材中的所用 C++ 源程序,这样可节省大量上机调试、运行程序的时间。

本书由常明、朱林主编。参加编写的还有张彩缤、纪俊文、李丹、胥北澜等老师。常明编写了第3、4、9、11章,朱林编写了第2、6章,纪俊文编

写了第8、10章,张彩缤编写了第5、7章,胥北澜编写了第1章,第12章由常明、李丹共同编写。

青年教师何云峰、张绍润为本书的文字和图形处理作了大量细致的工作,对这些同志为本书所付出的辛勤劳动表示诚挚的谢意。本书编写过程中,参考了国内一些同类著作,在此向有关作者表示感谢。

由于作者水平所限,加之在大学生本科生中设置计算机图形学必修课也是近几年的事,在有限的学时条件下,教材如何编写,内容如何安排,深浅怎样为宜,都是在教学实践中不断探索的问题。因此,书中的错误和不足之处在所难免,恳请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2000年12月于喻园

第一版前言

计算机图形学(Computer Graphics)是人类 20 世纪下半叶在科学技术领域中取得的重大科技成果之一,也是近 30 年来计算机领域发展迅速、应用广泛的一门新兴学科。它主要是研究用计算机和相关的硬件设备来产生、处理、存储和输入、输出图形的理论和方法。

目前,基于计算机图形学理论和方法的图形系统已广泛用于工业、农业、交通运输、文化教育、医疗卫生等部门。可以预见,人类跨入 21 世纪后,计算机图形学必将在国民经济建设的各个领域乃至人们的日常生活中发挥越来越大的作用,成为当今信息社会最显著的特征。现在在校学习的大学生,是 21 世纪祖国“四化”建设的栋梁之材,学习并掌握计算机图形学的基础理论知识是极其必要的。编写本书的目的,就是为大学本科和研究生提供一本简明实用的计算机图形学教材。

考察国内外许多著名大学的计算机图形学教学计划,可以发现,各校在教学内容的安排上有十分相似之处,即把计算机图形学中二维图形系统相关的内容安排在大学本科阶段学习,就是本书前八章所介绍的内容,而把与三维图形系统相关的一些较为深入的内容安排在研究生阶段学习,如本书后四章所介绍的内容。本书主要内容有:计算机图形系统的硬件及软件环境;窗口、菜单及图形交互技术基础;图形变换的矩阵方法;基本图形的生成算法;窗口、视区及二维图形剪取;三维几何造型;消隐处理;真实感图形与可视化技术初步;华中理工大学图形软件中心研制的二维和三维图形系统简介。

本书适合大学本科生 40~60 学时的教学内容要求。第十一章深入浅出地介绍了真实感图形和可视化技术的一些初步知识,适合读者自学,其目的在于向读者介绍本学科最新的研究成果和前沿研究课题,激发读者深入学习计算机图形学的兴趣。

本书要求读者先修的课程为 C 语言程序设计方法、线性代数和工程制图。因此,在大学二年级学习本书是比较适宜的。

书中介绍的工程设计用的图形软件系统——凯图(CADTool)和三维

造型软件(GStar)是华中理工大学图形软件中心研制的具有自主知识产权的图形软件系统,也是作者及课题组成员多年来从事计算机图形学教学和科研所取得的成果之一。有需要该软件的读者,可直接与作者联系。

本书由常明、朱林主编。参加编写的还有张彩缤、胥北澜两位老师。常明编写了第四、九、十、十一章。朱林编写了第二、三、六、十二章,张彩缤编写了第五、七、八章,胥北澜编写了第一章。青年教师纪俊文、李丹、赵贻竹、何云峰、王磊、张绍润为本书的文字和图形处理及程序调试作了大量细致的工作,在此对这些同志为本书所付出的辛勤劳动表示诚挚的谢意。本书在编写过程中,参考了国内一些同类著作,在此向有关作者表示感谢。

由于作者水平所限,加之在大学本科中设置计算机图形学必修课也是近几年的事,在有限的学时条件下,内容如何安排,深浅怎样为宜,都是探索中的问题。因此,书中的错误和不足之处在所难免,恳请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

1999年3月于华工园



第 1 章	计算机图形学概述	(1)
1.1	概述	(1)
1.2	计算机图形系统的硬件环境	(4)
1.3	计算机图形学应用简介	(12)
第 2 章	Visual C++ 图形程序设计	(19)
2.1	Visual C++ 6.0 集成开发环境	(19)
2.2	Visual C++ 上机操作步骤	(24)
2.3	Visual C++ 图形程序实例	(36)
第 3 章	基本图形生成算法	(61)
3.1	直线的生成算法	(61)
3.2	圆弧的生成算法	(69)
3.3	规则曲线的生成算法	(78)
3.4	自由曲线的生成算法	(84)
第 4 章	图形变换的矩阵方法	(93)
4.1	二维图形变换	(93)
4.2	三维图形变换	(102)
4.3	二维视见变换	(117)
第 5 章	图形处理算法	(125)
5.1	直线段的剪取	(125)
5.2	多边形的剪取算法	(137)
5.3	光栅图形的扫描转换与区域填充	(140)
5.4	光栅图形的反走样技术	(146)
第 6 章	图形交互技术初步	(150)
6.1	交互任务与设备	(150)
6.2	交互技术	(153)
6.3	人机交互界面设计	(156)
6.4	窗口系统与事件驱动	(157)
6.5	窗口技术	(164)
第 7 章	图形数据结构	(166)
7.1	数据结构概述	(166)

7.2	线性表结构	(168)
7.3	数组	(170)
7.4	栈	(172)
7.5	队列	(174)
7.6	链表	(177)
7.7	树形结构与二叉树的应用	(185)
7.8	图形数据文件	(187)
第 8 章	OpenGL 图形程序设计	(190)
8.1	OpenGL 图形编程概述	(190)
8.2	OpenGL 的图形程序框架	(193)
8.3	OpenGL 中的图形变换应用	(197)
第 9 章	三维几何造型初步	(208)
9.1	三维图形系统的坐标系	(208)
9.2	三维图形中的几何元素	(209)
9.3	三维立体的构造模型	(211)
9.4	正则实体	(213)
9.5	三维物体的表示方法	(215)
9.6	OpenGL 中多面体的绘制	(223)
第 10 章	三维图形显示与消隐处理	(228)
10.1	三维图形显示过程	(228)
10.2	观察坐标系的定义及有关计算	(229)
10.3	三维图形显示的数学基础	(231)
10.4	三维图形剪取	(236)
10.5	消隐处理概述	(237)
10.6	分段可见性判断算法	(239)
10.7	隐藏量算法	(240)
10.8	可见面判别算法	(242)
10.9	深度缓冲器算法	(244)
10.10	扫描线算法	(245)
10.11	画家算法	(247)
第 11 章	真实感图形与可视化技术基础	(259)
11.1	引言	(259)
11.2	颜色的基础知识	(260)
11.3	光栅系统中的颜色模型	(264)
11.4	光照模型	(270)
11.5	绘制方法	(276)
11.6	OpenGL 中的颜色、光照和材质	(282)
11.7	可视化技术基础	(289)
11.8	虚拟现实系统简介	(292)
参考文献		(295)