



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

包装计算机辅助设计

主编 王德忠
副主编 张新昌

主审 许文才 王志伟

印刷工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等教育包装统编教材

包装计算机辅助设计

主 编 王德忠

副主编 张新昌

编 著 王德忠 张新昌 张华良

王 涛 刘小静 冯建华

姜东升 胡桂林 应 红

主 审 许文才 王志伟

印刷工业出版社

内容提要

《包装计算机辅助设计》是“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”和“普通高等教育包装统编教材”中的一本。

本书在介绍了计算机辅助设计所涉及的计算机图形学理论与程序设计方法、图形变换方式及原理、几何设计理论与方法、AutoCAD及Pro/ENGINEER软件的使用方法及特点、应用和开发方法等知识的基础上,对CAD技术在运输包装、纸盒结构设计、包装机械设计等领域的应用进行了阐述,具有较强的理论性,适合作为包装高等院校相关课程教材,也可供从事包装科技工作的科研人员、设计人员、工厂技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

包装计算机辅助设计/王德忠主编. —北京:印刷工业出版社, 2009.11
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 普通高等教育包装统编教材
ISBN 978-7-80000-892-4

I. 包… II. 王… III. 包装-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TB482-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第201981号

包装计算机辅助设计

主 编: 王德忠

副主编: 张新昌

主 审: 许文才 王志伟

策划编辑: 陈媛媛

责任编辑: 刘积英

责任校对: 郭 平

责任印制: 张利君

责任设计: 张 羽

出版发行: 印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编: 100036)

网 址: www.keyin.cn www.pprint.cn

网 店: [//shop36885379.taobao.com](http://shop36885379.taobao.com)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京通州丽源印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

字 数: 540千字

印 张: 22.375

印 数: 1~3000

印 次: 2009年11月第1版 2009年11月第1次印刷

定 价: 42.00元

ISBN: 978-7-80000-892-4

◆ 如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话: 010-88275707 88275602

普通高等教育包装统编教材编审委员会委员名单

主 任：张晓琪

副主任：刘承毅 彭国勋 戴宏民

秘书长：刘玉生

委 员：	杨仲林	宋宝丰	潘松年	金国斌
	王德忠	王志伟	许文才	王建清
	骆光林	孙智慧	王经武	孙 诚
	陈 洪	王一临	万晓霞	周立成
	刘宝顺			

序 言 一

在国家教育部的关心指导下，经过广大专家、学者、教师及出版社的共同努力，“普通高等教育包装统编教材”（以下简称“教材”）马上就要出版了。这不仅是中国教育界的一件大事，同时也是中国包装行业的一件喜事。值此，我代表中国包装行业，代表中国包装联合会，向参加教材编纂工作的全体专家、学者、教师表示热烈的祝贺，同时也对他们付出的辛勤劳动表示慰问。

本套教材是近 20 多年来为培养包装工业人才编纂的第三套全国包装统编教材。早在 1985 年，为推动我国包装工业的兴起和发展，在部分大专院校开辟了包装学科，编纂了一套十二本开拓性试用教材。1995 年，为推进全国包装统编教材建设，又出版了一套十二本探索性统编教材。上述两套教材为培养我国包装工业的专业科技人才，促进我国包装工业的发展，提升我国包装工业的水平，发挥了积极的作用。

随着我国改革开放的不断深入和世界经济一体化的日益显现，我国包装工业的发展又遇到了新的机遇与挑战。为了满足人们不断攀升的物质文化需求，跟上包装工业产品、质量的更高要求，适应包装生产科学技术的日新月异，作为包装工业发展支撑点和后助力的包装教育，必须与时俱进，不断更新和升级，努力提高教育质量。在这种前提下，我们编纂了第三套教材。

这套教材具有以下三个特点：一是时代性。教材采集了大量当今国际、国内包装工业的科技发展现状和实例，以及当前科技研发的成果和学术观点，内容较为先进。二是科学性。教材以科学发展观为统领，从理论的高度，全面总结了包装工业发展的成功经验，我们可以从中得到启发和借鉴。同时还采取科学的态度，分析和判断了包装工业发展的趋势和方向，富有科学哲理性。三是实用性。教材紧紧扣住包装工业实际，并注意联系相关产业的基本知识和发展需求，便于理论联系实际，学以致用。教材的内容十分丰富，具有较强的指导性，必将对培养包装工业的高级专门人才发挥重要的作用。

发展教育事业，培育社会主义建设的现代化科技人才，是党中央、国务院

一贯坚持的经济发展战略的重要组成部分。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020年）》的若干配套政策提出，要“充分发挥高等学校在自主创新中的重要作用。深化高等教育改革，调整高等教育结构，加强重点学科建设”。包装产业虽然属于配套产业，但它在保护工业和农副产品安全，提高产品的附加值以及改善人民群众物质文化生活等方面居于十分重要的地位。因此，加强包装学科的建设非常重要。

高等教育教学的三大基本建设是师资队伍、教材和实验室建设，教材是办学的基本条件之一。希望以第三套教材的出版为契机，进一步增强创新意识，加强教材编纂工作，提高教材的编纂质量，更好地把握时代脉搏，引领包装工业的科技前沿，为培育造就现代包装工业的生力军，为把我国早日建成包装强国，做出更新更大的贡献。

石玉鹏

2006年6月

序 言 二

高等教育教学的三大基本建设是师资队伍、教材和实验室建设,教材是办学的基本条件之一。

近 20 多年来,中国包装学科教育的兴起、发展,始终紧扣包装专业的教材建设。1985 年开创的高等学校试用教材建设,出版一套 12 本开拓性教材;1995 年起步全国包装统编教材建设,又出版一套 12 本探索性教材;跨入 21 世纪,2005 年在中国包装联合会包装教育委员会与教育部包装工程专业教学指导分委员会联合组织、规划,全国包装教材编审委员会指导下,规划、出版新一套 23 本创新教材,称为第三套“普通高等教育包装统编教材”。这是一项极有意义、非常必要的基本建设工作,仅参加编著就调动了全国 70 多个单位的 100 多位学者、专家共同的智慧和劳动。印刷工业出版社、中国轻工业出版社、国防工业出版社和化学工业出版社等都非常热情地加盟这套教材的出版。全国包装教材编审委员会先后三次召开全体会议,组织学习教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》等有关教材建设的文件,认真研讨教材的规划、主编人选、大纲审查和内容协调。可以欣慰地看到,这套新世纪的教材,在原来出版的两套教材基础上有了很大提高和创新。整个建设过程反映了如下的特点:

一、参编积极性高。全国设置有包装工程专业的学校、研究所和企业十分关注新教材建设。中国包装联合会自始至终关心、支持这项工作。

二、教材的规划更趋成熟。对包装科学与技术的学科认识更加深刻,教材体系有较大更新和进步。

三、包装科学与技术学术气氛浓厚。许多紧跟科技进步的新成果和新的学术观点在教材中得到充实。

四、教材体系更符合教学实际。为各学校教学计划提供了有选择余地的系列教材。

值得特别提出的是教材建设非常注重继承和发扬第一、二套教材的成果,鼓励他们修改重版,并纳入到教材规划体系中来。非常重视教育部组织编著的

可以深信,第三套全国包装统编教材的出版是包装高等教育教学中的一件有深远意义的大事,必将为包装教学质量的提高提供有利的条件,为包装科学与技术的学科发展起到积极的推动作用。

普通高等教育包装统编教材编审委员会
2006 年 5 月

前 言

《包装计算机辅助设计》作为全国普通高校包装工程专业统编教材正式出版已有十年。十年来,随着计算机技术的飞速发展,CAD 技术不仅在包装领域的应用愈加普及和深入,而且该技术的内涵及应用水平又有新的发展和提高。因此,全国第三届包装教材编审委员会又将《包装计算机辅助设计》列为第三套全国包装工程专业统编教材,并于 2005 年 5 月在北京怀柔召开的包装教材编审委员会第三次会议上通过了该教材的编写大纲。2006 年 8 月,国家教育部下发文件(教高[2006]9 号),将本教材正式列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

为了反映本学科领域的最新科研成果,以适应包装工程教育的发展需要,需对原教材的许多内容进行必要的更新、修改和大量补充。为此,由国内包装教育界的专家、学者在总结多年教学、科研实践的基础上,吸收国内外最新研究成果重新编著后,作为“十一五”国家级规划教材的新版本正式出版。

作为包装工程本科专业的专业基础性教材,本书编写的主要目的是使学生通过学习具备一定的开发专业软件的能力。因此,在编写中除了加强必要的 CAD 基础知识和反映包装 CAD 的最新成果外,还适当地介绍了当今国际上通用的绘图软件——新版 AutoCAD、国际上流行的参数化设计软件——Pro/ENGINEER 三维 CAD/CAM/CAE 集成软件以及目前国内外应用较普遍的包装设计应用软件 Artios CAD 等。此外,还着重介绍了以 AutoCAD、Pro/ENGINEER 通用软件为平台的包装设计模块二次开发技术。考虑到多数院校包装工程专业计算机教学的实际状况,书中主要应用 TC 和 VB 两种高级编程语言进行开发和编程举例,以 VC 作为开发工具的“Pro/E 软件的二次开发”一节可作为选修内容,用“*”号加注。

本书是根据全国包装教材编审委员会审定通过的“编写大纲”编写的,可作为包装工程本科专业“包装计算机辅助设计”课程的配套教材使用,也可以作为高职院校包装工程专业相应课程的教材,还可以供相关专业的研究生或企业工程技术人员参考。由于其中不少章节的内容相对独立,使用者可根据不同学时和不同教学对象加以选择。

全书共有十一章。第一章和第三章的第二、三节由王德忠教授编写,第二

章由张华良、应红副教授编写，第五章由张新昌教授编写，第四章、第六章、第八章第一节由王涛副教授编写，第七章和第三章的第一、四节及第八章第二节由冯建华副教授编写，第九章由张华良副教授编写，第十章由刘小静、胡桂林副教授编写，第十一章由姜东升老师编写。全书由陕西科技大学王德忠教授主编，江南大学张新昌教授担任副主编并参加统稿，北京印刷学院许文才教授和暨南大学王志伟教授担任主审。

本书编辑刘积英、陈媛媛同志为本书的出版提出了不少宝贵意见，张艳华老师也为本书作了很多工作，在此一并表示谢意。

本书在写作过程中参考了大量文献资料，在此深表谢意。

由于作者水平有限，书中难免会有一些疏漏、不妥或错误之处，敬请同行和广大读者批评、指正。

编 者

2009年10月

目 录

第一章 CAD 概述	1
第一节 CAD 技术的发展及应用	1
一、计算机辅助相关技术的基本概念	1
二、CAD 技术的发展过程	2
三、CAD 技术的发展趋势	3
四、CAD 技术的应用	5
第二节 CAD 系统的组成	6
一、CAD 系统的分类	6
二、CAD 系统的硬件环境	8
三、CAD 系统的软件组成	12
第三节 CAD 的基本方法	14
一、CAD 的常用技法	14
二、CAD 的基本方法	14
三、采用 CAD 技术的相关说明	16
习题	16
第二章 计算机绘图与程序设计	17
第一节 计算机图形学概述	17
一、图形的描述	17
二、计算机图形学的研究内容	17
三、坐标系	18
第二节 直线和圆弧的插补原理	19
一、直线的插补运算	20
二、圆弧的插补运算	22
第三节 VB 语言图形程序设计 (VB 绘图方法)	25
一、概述	25
二、VB 绘图方法	25
第四节 C 语言图形程序设计	32
一、概述	32
二、C 语言图形函数与应用	32
习题	46

第三章 图形变换	47
第一节 二维图形的几何变换	47
一、几何变换原理	47
二、几何变换的矩阵表示法	48
第二节 平面图案的程序设计	53
一、基本形及其程序设计	54
二、完整图案的程序设计	58
第三节 三维图形的几何变换	65
一、三维变换矩阵	65
二、三维基本变换	66
三、三维复合变换	68
第四节 形体的投影变换	70
一、正投影变换	70
二、正轴测投影变换	72
三、斜轴测投影变换矩阵	73
四、透视投影变换	74
五、形体变换的编程步骤	77
习题	78
第四章 几何设计	80
第一节 拉格朗日插值与最小二乘法逼近	80
一、多项式插值	80
二、最小二乘法	84
第二节 三次参数样条曲线	87
一、样条曲线的力学背景	87
二、分段三次参数样条矢量方程	88
三、切矢连续方程	89
四、解题过程	89
第三节 贝塞尔曲线和 B 样条曲线	91
一、贝塞尔曲线	91
二、B 样条曲线	94
第四节 不规则曲面	100
一、不规则曲面表示法	101
二、孔斯曲面	101
三、贝塞尔曲面	103
四、B 样条曲面	105
第五节 数据结构	106
一、基本概念及术语	106
二、数据的逻辑结构	107
三、数据的物理结构	108

第六节 三维几何造型简介	111
一、几何造型的发展概况	111
二、几何造型方法的类型	112
三、实体造型常用的形体表示方法	113
第七节 消隐处理	117
一、外法线向量法	117
二、画家算法	119
三、曲面立体的消隐	120
习题	121
 第五章 现代优化技术及其在包装中的应用	123
第一节 概述	123
一、工程优化设计	123
二、工程优化设计的数学模型	124
第二节 常用优化设计方法及其实现	131
一、无约束优化方法	132
二、有约束多变量优化问题	140
三、多目标优化(决策)问题简介	147
第三节 典型包装与包装系统优化问题	149
一、包装优化的对象	149
二、包装工程典型优化问题	150
习题	154
 第六章 AutoCAD 绘图软件	156
第一节 AutoCAD 简介	156
一、AutoCAD 的特点	156
二、AutoCAD 2009 的工作界面	157
三、命令的输入	158
第二节 绘图设置及绘图辅助工具	159
一、图层、块、模板	159
二、辅助绘图工具	162
第三节 平面图形的绘制	164
一、坐标的表示方法	164
二、基本图形的绘制	165
三、二维图形的编辑与修改	169
四、文字注释与尺寸标注	172
五、AutoCAD 绘图实例	177
第四节 三维实体造型	179
一、设置视点	179
二、实体造型	181

三、消隐与渲染.....	183
四、实体造型示例.....	184
习题.....	185
第七章 Pro/ENGINEER 软件*	187
第一节 Pro/E 软件及其配置	187
一、Pro/E 的主要特点	187
二、Pro/E 的界面	189
三、Pro/E 的配置	191
第二节 Pro/E 软件的基本操作	192
一、基本操作.....	192
二、基础特征与工程特征的创建实例.....	200
第三节 Pro/E 工程图的绘制	208
一、工程图的基本操作.....	208
二、Pro/E 工程图的环境变量	209
三、图框格式与标题栏.....	211
四、工程图创建示例.....	211
习题.....	215
第八章 常用 CAD 软件的二次开发	217
第一节 AutoCAD 软件的二次开发.....	217
一、Visual LISP 开发工具及其应用.....	217
二、AutoCAD 的 VBA 开发工具及其应用	232
第二节 Pro/E 软件的二次开发*	250
一、Pro/E 的二次开发及其工具	250
二、创建 Pro/TOOLKIT 应用程序	252
三、基于 Pro/E 平台的缓冲衬垫设计模块开发.....	259
四、二次开发模块的使用.....	273
习题.....	276
第九章 运输包装 CAD	277
第一节 缓冲包装 CAD	277
一、缓冲包装设计概述.....	277
二、缓冲包装 CAD	277
第二节 瓦楞纸箱结构 CAD	284
一、概述.....	284
二、瓦楞纸箱设计的一般步骤.....	284
三、瓦楞纸箱 CAD 系统	285
第三节 纸箱结构优化 CAD	287
一、概述.....	287

二、纸箱结构优化的数学模型·····	288
习题·····	290
第十章 包装纸盒 CAD ·····	291
第一节 概述·····	291
一、国内外纸盒 CAD 技术的发展情况 ·····	291
二、纸盒 CAD 软件的开发形式 ·····	292
第二节 纸盒 CAD 软件的开发 ·····	292
一、纸盒结构特点及常规纸盒参数化设计·····	292
二、纸盒拼版优化方法·····	295
三、纸盒 CAD 软件的开发 ·····	299
第三节 纸盒 CAD 系统——Artios CAD 软件 ·····	306
一、Artios CAD 7.20 软件的基本功能 ·····	306
二、Artios CAD 7.20 软件的使用方法 ·····	307
三、Artios CAD 运行实例·····	313
习题·····	319
第十一章 CAM 技术在包装中的应用 ·····	320
第一节 概述·····	320
一、CAM 技术简介 ·····	320
二、数控技术·····	320
三、虚拟制造技术·····	321
四、包装 CAM 的发展状况 ·····	322
第二节 纸盒模切版 CAM 系统 ·····	322
一、纸盒制造工艺·····	322
二、模切版的制作工艺·····	323
三、模切版的激光加工技术·····	324
第三节 纸盒样品 CAM 系统 ·····	327
一、盒型打样机·····	327
二、盒型打样 CAM 软件系统 ·····	328
第四节 底模 CAM 系统 ·····	333
一、底模 CAM 系统的组成 ·····	333
二、“智能底模”的操作步骤 ·····	333
习题·····	334
附录 第五章部分优化方法 VB 计算程序 ·····	335
参考文献 ·····	339

第一章 CAD 概述

计算机辅助设计是计算机技术发展中逐步形成的一门集计算机科学、数学、信息科学和设计方法等学科最新科技成果的新兴交叉学科。由于计算机辅助设计充分利用了计算机强大的计算功能和高效的图形处理能力,能够对产品或工程对象进行辅助设计、分析和优化;彻底改变了传统的设计模式,所以也是当今在各个领域得到广泛应用的一项高新技术。目前,在包装行业中,CAD 技术已普遍应用于包装结构设计、包装装潢与造型设计、包装机械设计以及包装企业管理等领域。为了培养学生在包装领域内 CAD 的开发与应用能力,本教材将介绍包装 CAD 的相关基础知识和计算机在包装行业的应用两部分内容。

第一节 CAD 技术的发展及应用

一、计算机辅助相关技术的基本概念

1. 计算机辅助设计 CAD (Computer Aided Design)

CAD 即计算机辅助设计技术,由于该技术在不同时期、不同行业所实现的功能不同,对 CAD 技术的认识也有所不同。

以人工为基础的工程或产品的传统设计,一般要经过调查研究(资料检索)、拟定方案(方案构思)、分析计算(方案论证)、绘图及编制文件(方案表达)等一系列的反复过程。CAD 技术为设计人员提供了快速、有效的设计工具和手段,可完成设计过程中的建模、分析计算、结果描述、仿真和优化等任务,使设计人员摆脱繁重的设计计算和绘图工作,把更多的精力用到创造性的工作上。因此,CAD 技术就是研究运用计算机进行工程和产品设计与分析的理论和方法。它不仅涉及图形图像处理、数据的处理与管理、软件的设计等基础知识,而且涉及相关的专业知识。

2. 计算机辅助制造 CAM (Computer Aided Manufacture)

计算机辅助制造是指利用计算机帮助人们进行产品的制造。该技术是通过接口将计算机与相应的生产设备相连接,实现计算机系统对制造设备的控制,完成对生产的计划、管理、控制及操作等制造信息的处理。例如计算机控制下进行的机械零件的加工、集成电路的光刻、印刷电路的钻孔和纸盒模切版的开槽等都是采用 CAM 技术生产之实例。

3. 计算机绘图 CG 和计算机图形学 (Computer Graphics)

计算机图形学是研究如何用计算机生成、处理和显示图形的理论与方法的一门学科,而计算机绘图则是应用图形学理论实现图形显示、图形处理,以及借助图形信息进行人机通信

的一门学科。所以计算机图形学和计算机绘图是研究与计算机图形处理技术的理论和实践相关的软硬件环境的科学。计算机图形处理技术的发展,不仅极大地提高了绘图效率,保证了绘图精度,而且减轻了工作强度,在工程设计和艺术创作领域彻底改变了传统的作业模式。

4. 计算机辅助工程 CAE (Computer Aided Engineering)

计算机辅助工程是 20 世纪 80 年代中期发展起来的技术,实际上它是 CAD/CAM 技术向纵深发展的必然结果。它包括工程设计和制造业信息化的所有方面,是有关产品设计、制造、工程分析、仿真、实验等信息处理,以及包括相关数据库和数据库管理系统在内的计算机辅助设计与生产的综合系统。CAE 技术的核心内容是工程优化设计。该技术的应用,能使大量繁杂的工程分析问题简单化,使复杂的过程层次化。目前,CAE 已成为人们从事创新设计的重要手段和工具。

5. 计算机辅助工艺设计 CAPP (Computer Aided Process Planning)

计算机辅助工艺设计就是利用计算机进行产品生产工艺的设计,也就是借助计算机完成毛坯的选择、工艺路线的制定、选定加工设备和工艺参数、计算工时定额、编制工艺文件等工作。CAPP 的实现,一方面能够减少生产准备时间、缩短生产周期、降低生产成本,也是实现 CAD/CAM 集成的关键。

6. 计算机辅助生产管理 CAP (Computer Aided Production)

CAP 就是利用计算机实现由原材料转变为产品的生产全过程管理。也就是为产品生产过程的管理所开发的生产数据处理系统、事务处理系统、办公自动化系统、决策支持系统、集成化管理系统等的统称。

7. 计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacture System)

CIMS 是指对产品从构思、设计、加工制造,直到装配、出厂检验的全过程实行计算机控制的系统。它是 CAD/CAE/CAPP/CAM 技术的高度集成,它使设计与制作一体化,共享同一数据库,并能根据市场需要及时变更产品和工艺,以提高企业的竞争力。CIMS 是在新的生产组织理念指导下形成的新型生产管理模式,也是现代自动化技术的继续。

二、CAD 技术的发展过程

CAD 是 20 世纪 50 年代后期开始出现,经过半个多世纪飞速发展起来的高新技术,现已成为一门新兴的学科。当初的 CAD 系统仅为图板的代用品,是典型的二维计算机绘图技术,随着 CAD 技术的不断发展和广泛应用,其功能不断加强,从而在产品和工程设计领域引发了一场革命性变化。

CAD 技术的发展过程大致分为以下几个阶段:

1. 准备和酝酿时期 (20 世纪 50 ~ 60 年代初)

1950 年美国麻省理工学院 MIT (Massachusetts Institute of Technology) 研制出类似于示波器的图形设备“旋风一号”,可以显示简单图形;1958 年美国 Calcomp 公司和 Gerber 公司分别研制出滚筒式绘图仪和平板式绘图仪。在 20 世纪 50 年代,计算机仅仅用于科学计算,用机器语言编程,所配备的图形设备只有输出功能,当时的 CAD 技术还处于发展初期的被动式图形处理阶段。

2. 深入发展和进入应用时期 (20 世纪 60 年代)

1962 年美国麻省理工学院林肯实验室的研究生 I. E. Sutherland 发表了题为“人机对话图形通信系统”的博士论文,首次提出了计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结