



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

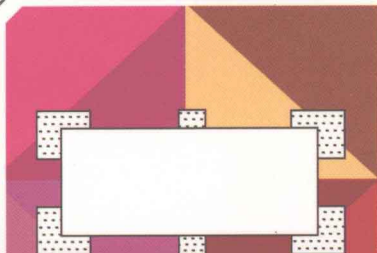
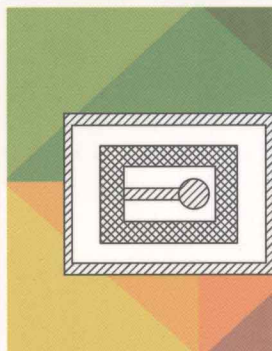
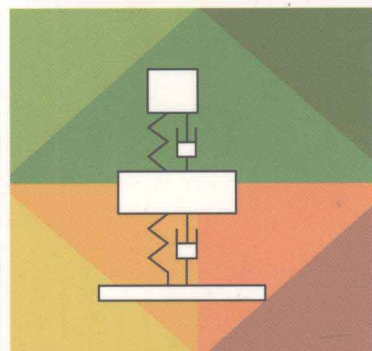
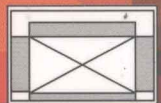
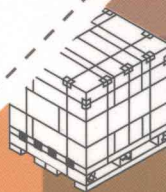
Wuliu Yunshu Baozhuang Sheji

物流运输包装设计

(第二版)

主 编 彭国勋

主 审 宋宝丰



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

物流运输包装设计

(第二版)

主 编 彭国勋
副主编 郭彦峰
编 著 舒祖菊 李晓刚 周德志
张波涛 巩桂芬 胡国明
韩雪山 陈志强
主 审 宋宝丰

印刷工业出版社

内容提要

本书根据2010年国家教育部包装分教学指导委员会《普通高等学校包装工程专业规范》中的要求,兼顾教学与企业需要、理论系统性与工程实用性要求等原则修订而成。本书共分十四章,分别就包装动力学的理论基础、包装件的流通环境、缓冲包装材料的动力学特性与测试方法、各种运输包装的优化设计与试验进行了系统全面的介绍。此外还引入了最近几年在企业咨询中积累的一些缓冲包装案例,补充了物流中领域有关标识代码的最新发展,介绍了国内外新开发的重复使用木箱和瓦楞纸箱新进展,增添了塑料周转箱与散货箱等新产品内容,对托盘等内容讨论得更加详细和实用。

本书可作为高等学校包装工程专业及相关专业用教材,也适用包装及印刷技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

物流运输包装设计/彭国勋主编.-2版.-北京:印刷工业出版社,2012.1

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 978-7-5142-0196-3

I.物… II.彭… III.物流-货物运输-包装-设计-高等学校-教材 IV.TB482

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第148784号

物流运输包装设计(第二版)

主 编:彭国勋

副主编:郭彦峰

编 著:舒祖菊 李晓刚 周德志 张波涛 巩桂芬 胡国明 韩雪山 陈志强

主 审:宋宝丰

策划编辑:刘淑婧

责任编辑:张宇华

责任校对:岳智勇

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

经 销:各地新华书店

印 刷:河北省高碑店鑫宏源包装印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:650千字

印 张:26.5

印 数:11001~14000

印 次:2012年1月第2版 2012年1月第7次印刷

定 价:49.00元

I S B N : 978-7-5142-0196-3

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

出版说明

包装工业是国民经济产业体系的重要组成部分，在生产、流通、消费活动中发挥着不可或缺的作用。随着我国工业化与城市化进程的快速发展和人民物质文化生活水平的不断提高，包装工业也获得了强大的发展动力，取得了长足的进步。近年来，中国包装工业总产值一直呈现大幅度的递增趋势。2009年，中国包装工业总产值突破了1万亿元，包装产品的品种和质量已基本满足了国民经济发展的需要。

为了满足社会对新型人才的需要和适应包装新材料、新技术、新设备的更新和应用，作为包装工业发展支撑点和推动力的包装教育，必须与时俱进、不断更新和升级，努力提高教育质量。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，而教材是提升教育、教学的基础配套条件。

近20多年来，中国包装学科教育的兴起、发展，始终紧扣包装工程专业的教材建设。1985年首次开创高等学校适用教材建设，出版了第一套12本开拓性教材；1995年为推进全国包装统编教材建设，又出版了第二套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，规划出版了第三套23本包装工程专业教材。印刷工业出版社作为国内唯一一家以印刷包装为特色的专业出版社，一直致力于包装专业教材的建设，积极推动教材的发展与更新，先后承担了三套包装工程专业教材的出版工作，并取得了可喜的成果。许多包装专业教材经过专家的审定，获得了国家级精品教材、国家级规划教材等荣誉称号，并得到了广大院校、教学机构和读者的认可。

目前，全国已有近70所高等学校开设包装工程专业。近年来，西安理工大学、上海大学、北京印刷学院、陕西科技大学、浙江理工大学、湖南工业大学等高校在相近专业以学科方向的形式开展包装工程专业硕士研究生教育，这给我国包装教育的发展注入了新的活力。

随着产业技术的发展，原有的包装工程专业教材无论在体系上还是内容上都已经落后于产业和专业教育发展的要求。因此，印刷工业出版社作为“教育部普通高等学校包装教学分指导委员会”的委员单位，根据教育部《全面提高高等教育教学质量的若干意见》的指导思想，紧密配合教育部“十二五”国家级规划教材的建设，在十二五期间对包装工程专业教材不断进行修订和补充，出版了一套新的包装工程专业教材。本套教材具有以下显著特点：

1. 时代性。教材引用了大量当今国际、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。

2. 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，读者可以从中得到启发和借鉴。同时坚持以科学的态度，分析和判断了包装工业发展的趋势和方向。

3. 实用性。教材紧扣包装工业实际，并注重联系相关产业的基本知识和发展需求，实现知识面广、工理渗透，强调基础知识、技能素质的协调发展和综合提高。

4. 规范性。教材体系更符合教学实际，同时紧扣教育部新制定的普通高等学校包装工程专业规范，教材的内容涵盖了新专业规范中要求学生需要掌握的知识点与技能。

5. 实现立体化建设。本套教材大部分将采用“教材+配套PPT课件”的新模式，其中PPT课件免费供使用本套教材的院校教师使用。

“普通高等教育包装工程专业教材”已陆续出版并稳步前进，我们真诚地希望全国相关院校的师生及行业专家将本套教材在使用中发现的问题及时反馈给我们，以利于我们改进工作，便于编者再版时对教材进行改进，使教材质量不断提高，真正满足当今包装工程专业教育、教学发展的需求。

印刷工业出版社
2011年5月

再版前言

自 2006 年《物流运输包装设计》（第一版）出版以来，被教育部评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”，除被各大专院校包装工程专业选用作为核心课程的教材外，还受到了物流包装行业与各制造业热心读者的广泛关注，多次重印，同时也给我们提出了许多宝贵的建议，在此谨表由衷的谢意！

适逢国民经济进入第十二个五年计划，以及教育部对普通高等教育包装工程专业的规范进行了新的调整之际，印刷工业出版社再次邀请我，按照普通高等教育包装工程专业新规范中的要求，对《物流运输包装设计》进行再版修订，并希望我能继续主编《物流运输包装设计》（第二版），实在是盛情难却。

为了使这次修订在各方面能有所提高，特邀请陕西理工大学郭彦峰教授担任本书的副主编，对全书进行仔细校核，并改写其中的第十三章《运输包装系统设计与优化》；安徽农业大学舒祖菊副教授与本人一起参与改写第二章《包装力学与流变学基本概念》与第三章《振动与冲击理论基础》；北京林业大学李晓刚副教授参与改写第四章《包装件的运输物流环境条件》；江苏前程木业科技有限公司技术总监周德志参与并和本人一起改写第八章《木包装箱设计》；厦门合兴包装印刷股份有限公司研发部高级经理张波涛参与，并和本人一起改写第十章《塑料制品运输包装》；第七章《面向现代物流系统的运输包装》、第十一章《金属制品运输包装》和第十二章《集合包装》仍由陕西科技大学巩桂芬副教授改写，浙江特耐适集装器具有限公司总经理胡国明参与，并和本人一起补充了第十二章《集合包装》中塑料托盘的部分内容；第十四章《运输包装件试验》由中国包装科研测试中心韩雪山高工与陈志强工程师改写；第一章《引言》、第五章《脆值理论》和第六章《缓冲与防振包装设计》等内容仍由本人改写。相对第一版，本版的内容根据这五年的有关技术发展做了若干修改补充，特别是按最新国家标准对所有数据进行了更新。此外考虑教学课时的限制，带“*”号的内容各院校根据客观情况进行选修或自学。

特别要感谢青岛科力特信息技术有限公司王作雨总监为各章节中涉及的 CAD/CAE 软件部分的案例所做的大量工作；还要感谢在改写本教材中做过大量文字与图表编制工作的所有人员。

本人自 1997 年退休至今，一直在各大包装企业与家电企业生产第一线当顾问或讲学，指导开展物流运输包装设计、研发、标准制定、实验室建设等方面的技术工作，深感国内外在本领域的科学技术正在蓬勃发展，越来越多的企业在再造物流包装流程和供应链优化

的过程中，对本领域有关理论与实践提出了越来越高的要求，本教材就是顺应这一形势，集包装教育界和工程界的专家们多年第一线工作的经验与收集的资料，以满足各界对此领域知识的渴求，然而，由于教材篇幅限制、时间仓促、编写水平有限，统稿之后方感心有余而力不足，留下诸多遗憾，只得留待后辈去完善。希望读者一如既往地继续对书中的错误提出指正。

彭国勋

2011年8月于北京

前言

当今，在经济全球化和我国成为世界制造大国的形势下，企业面临着激烈的市场竞争。在发达国家的企业具有技术、管理和资金优势的情况下，降低产品的成本，是我国企业在国际市场中赢得较大份额的重要手段。目前，我国大多数企业的物流成本在总成本中的比例都在 20% 以上，远远高于发达国家的水平，具有很大的潜力可以挖掘，被公认为当今企业的第三利润来源。运输包装设计的好坏，对物流成本影响极大，因而正受到各方面的高度重视。能源价格攀升后造成的运输和仓储费用不断上涨，市场对小批量多品种产品的需求增加，电子商务和快运业务发展对小额频繁配送的要求日益多样，大中城市的交通堵塞和物流场地紧缺形势有增无减，交货期要求越来越短促，物流过程中的劳动力成本不断增加，商店用于储存、上架、展示和信息化管理等销售费用的居高不下，所有这些因素都迫切要求改进现有的运输包装，寻求最优运输包装的整体解决方案。

为了满足能设计最优运输包装的要求，本书列入了以下内容：

1. 包装动力学的理论基础。探讨适合分析包装件在物流过程中受损的动力学模型和计算方法。

2. 确定包装件的流通环境条件或参数。

3. 包装件遭受冲击与振动时的脆值评价方法与理论。

4. 缓冲包装材料的动力学特性与测试方法。

5. 运输包装件缓冲包装的优化设计。

6. 主要运输包装容器或装置的设计。

7. 运输包装系统的设计与试验。

本书作为包装工程专业的主干课教材，要求有良好的数学、力学或材料科学的基础知识，通晓包装工程相关课程的内容。通过对本课程的学习，掌握有关理论、设计方法和试验方法，具备初步独立设计先进物流运输包装系统的工程能力。

由于教学计划的学时及教材篇幅的限制，本书割舍了一些数据与图表，保留基本理论的描述。根据面向 21 世纪、面向世界、具有中国特色、兼顾教学与企业需要、兼顾理论系统性与工程实用性要求等原则，对原来本人主编的《缓冲包装动力学》（1989）和《运输包装》（1999）老教材进行了较大幅度的修改和补充，博采国内外有关资料之精华，力求达到科学性先进性的统一，满足教育目的性、整体关联性、结构渐进性、分量规定性等要求，既符合大学本专科学生教学的需要，也便于企业技术人员自学。

本书参编人员分工如下：陕西科技大学彭国勋编写第一章、第二章、第三章、第五章、第六章、第九章；上海大学金国斌编写第四章；陕西科技大学巩桂芬编写第七章、第十章、第十一章、第十二章；陕西科技大学丁毅编写第八章；上海大学张华良编写第十三章；天津中国包装科研测试中心韩雪山编写第十四章；由彭国勋负责统稿。

鉴于参编人员主客观条件的限制，加上出版时间紧促，本书完稿后仍觉有不尽如人意之处，只好等待通过大家的教学实践和企业界技术人员的应用实践去锤炼与补充，但愿能催生更高水平的、不受学时与篇幅限制的物流运输包装专著能早日出现。有关物流运输包装设计手册性内容，不可能在满足几十学时教学用的教材中容纳进去，有待于专家收集更多的资料与数据，有待于企业界及时提供更新的数据图表，有赖于国内外包装标准主管部门的密切合作。期待更高水平的、具有中国特色的物流运输包装设计手册，有朝一日能与读者见面，成为本书的自然延伸。

彭国勋
2006年8月

目 录

第一章 引言	001
第一节 物流包装的发展	001
第二节 物流包装的作用	006
第三节 物流包装的设计原则	007
第二章 包装力学与流变学基本概念	009
第一节 包装力学概念	009
一、力和加速度	009
二、力的时间效应	010
三、力的位移效应	011
四、应力与应变	016
第二节 包装流变学概念	019
一、弹性	019
二、塑性	021
三、黏性（阻尼）	022
四、蠕变	022
五、松弛现象	023
六、滞后现象	024
第三章 振动与冲击理论基础	025
第一节 单自由度线性系统的振动	025
一、包装系统的缓冲包装动力学模型	025
二、单自由度线性系统的自由振动	026

三、单自由度线性系统的强迫振动	029
四、单自由度线性系统在任意激振力作用下的响应	033
第二节 多自由度系统的振动*	036
一、双自由度系统的振动	036
二、多自由度系统的振动	039
第三节 包装系统的随机振动	043
一、随机振动的理论基础	043
二、随机过程的频域分析	048
三、包装系统对随机激振的响应	053
第四章 包装件的运输物流环境条件	058
第一节 流通与流通环境	058
一、流通过程	058
二、流通基本环节	058
三、流通环境条件	059
第二节 流通环境的冲击特性	061
一、装卸过程的冲击	061
二、运输过程的冲击	062
三、储存过程的冲击	064
第三节 流通环境的振动特性	065
一、公路运输振动	065
二、铁路运输振动	067
三、航空运输振动	068
四、水域运输振动	068
第四节 流通环境的压力特性	069
第五节 流通环境的气象条件	070
一、温度和温度变化的影响	070
二、湿度的影响	071
三、水分的影响	072
四、太阳辐射的影响	073
五、盐雾的影响	074
六、风沙的影响	074
七、气象因素综合效应	075
第六节 环境条件标准化	076
一、环境条件分类	076

二、环境条件简化	077
三、环境条件量化	077
第五章 脆值理论	084
第一节 包装件损坏模式与脆值	084
一、包装损坏模式	084
二、脆值的定义	087
三、传统的脆值理论	088
第二节 冲击脆值的边界理论	089
一、冲击响应分析	089
二、冲击损坏边界曲线	091
第三节 振动脆值损坏边界理论	094
第四节 产品脆值的确定方法	095
第五节 脆值理论的最新发展	098
一、冲击脆值合理化	098
二、冲击响应谱分析技术*	098
第六章 缓冲与防振包装设计	106
第一节 缓冲包装设计的六步法	106
第二节 缓冲包装材料的缓冲特性	108
一、缓冲材料的特性对比	108
二、缓冲效率	110
三、缓冲系数	112
四、缓冲材料	115
第三节 缓冲包装设计	129
一、设计步骤	129
二、结构设计	130
三、尺寸计算	134
第四节 防振包装设计	137
第五节 缓冲包装系统的最新发展	138
一、缓冲包装系统的 CAD	138
二、缓冲包装的可靠性分析	139
第七章 面向现代物流系统的运输包装	142
第一节 包装在现代物流系统中的地位	142

一、物流的概念及过程	142
二、包装在物流系统中的作用与地位	143
第二节 面向现代物流系统的包装技术	143
一、用于物流系统的包装技术分类	143
二、物流包装技术的合理化与现代化	148
第三节 面向现代物流系统的包装标识代码与自动识别*	150
一、包装标识代码简介	150
二、自动识别技术简介	151
三、一维条码	153
四、二维条码	160
五、条码技术在物流系统中的应用	162
六、射频识别技术(RFID)的发展与应用	163
第四节 危险品运输包装	164
一、危险货物运输包装类别划分	164
二、危险品包装设计要求	166
三、危险品防护包装方法	167
四、危险货物包装标志	168
第八章 木包装箱设计	169
第一节 木材及代木材料	169
一、树种与品质特性	169
二、木材的试验强度及许用强度	171
三、包装制品中木构件的选用原则	174
四、常见的代木材料	175
第二节 木包装箱的分类	175
第三节 木包装箱的基础条件与结构力学	179
一、木包装箱的使用等级及基本要求	179
二、木包装箱尺寸表示方法	179
三、木包装箱中受弯构件的许用弯曲载荷	180
四、木包装箱中受压构件的许用压缩载荷	181
第四节 滑木包装箱	182
一、滑木包装箱的结构	182
二、滑木包装箱的箱档布置	183
三、滑木包装箱的起吊强度	184
四、滑木包装箱的堆码强度	186

五、滑木包装箱的构件尺寸	189
六、滑木包装箱的制箱方法	191
第五节 框架木包装箱	193
一、框架木包装箱的结构	193
二、框架结构形式的选择	194
三、框架木包装箱的起吊强度	197
四、框架木包装箱的堆码强度	200
五、框架木包装箱的构件尺寸	202
六、框架木包装箱的制箱方法	211
七、框架木包装箱的防水与通风	212
第六节 木质包装箱箱内产品的防护方法	213
第七节 其他木质包装制品	216
一、木质托盘围板箱	216
二、拼装式胶合板箱	216
三、可拆装式包装箱	217
第九章 纸制品包装设计	220
第一节 瓦楞纸板包装设计	220
一、概述	220
二、瓦楞纸板生产工艺概要	221
三、瓦楞纸板分类	222
四、瓦楞纸板物理性能	225
五、瓦楞纸箱	231
六、瓦楞纸箱的种类及其代号	241
七、瓦楞纸箱强度计算	241
八、瓦楞纸箱的几何尺寸与强度设计和分析	244
第二节 蜂窝包装设计	254
一、概述	254
二、蜂窝结构简介	255
三、物理性能要求	256
四、应用及发展	258
第三节 纸制品包装的成本分析	259
第四节 纸制品包装新产品简介	263

第十章 塑料制品运输包装	269
第一节 概述	269
一、物流包装常用塑料	269
二、常见的塑料容器分类	271
三、塑料包装容器的成型方法	271
四、塑料包装废弃物的回收	272
第二节 塑料运输包装容器	274
一、塑料桶	274
二、塑料周转箱	275
三、塑料散货箱	283
四、塑料包装容器的结构设计	285
第三节 钙塑瓦楞箱	288
一、钙塑瓦楞箱的原料	289
二、钙塑瓦楞箱的生产工艺	289
三、钙塑瓦楞箱的箱形结构	289
四、钙塑瓦楞箱的性能检测和应用	289
五、技术要求	290
第四节 中型散装容器	291
一、概述	291
二、分类与结构	292
三、要求	293
第五节 塑料袋与编织袋	295
一、塑料袋的原料及其分类	295
二、塑料编织袋	296
第十一章 金属制品运输包装	299
第一节 金属包装材料与容器简介	300
一、金属包装材料	300
二、金属包装容器的基本类型	302
第二节 金属箱	306
第三节 金属桶	307
一、金属桶的特点	307
二、钢桶的结构及分类	307
三、钢桶的制造工艺	312
四、金属桶的质量检验	316

五、钢桶的选用	317
第十二章 集合包装	319
第一节 集合包装的作用与方法	319
一、集合包装的概念	319
二、集合包装的作用与流通合理化	319
三、集合包装分类	320
第二节 托盘设计	320
一、常用托盘的分类与结构尺寸	321
二、包装箱在托盘上的堆码与固定	323
三、木托盘	326
四、塑料托盘	328
五、托盘的检验	330
第三节 集装袋	332
一、集装袋及其储运特点	332
二、集装袋的材料与结构分类	333
三、集装袋的设计	334
第四节 集装架	334
一、集装架的结构型式	335
二、玻璃集装架	335
第五节 集装箱	338
一、集装箱的定义和分类	338
二、集装箱尺寸标准	341
三、集装箱的搬运	342
四、集装箱内货物的支撑与固定	343
五、集装箱的技术要求	344
第十三章 运输包装系统设计与优化	346
第一节 运输包装的功能要素分析	346
一、物流合理化对包装的要求	346
二、合理的运输包装应考虑的因素	347
三、合理运输包装应具备的基本特征	348
第二节 运输包装件规格标准化	349
一、概念、作用和意义	349
二、国际标准化组织 (ISO) 标准	350

三、我国标准	351
第三节 运输包装标志	357
一、定义和作用	357
二、分类及内容	357
三、使用方法及要求	363
第四节 运输包装 CAD/CAE	365
一、运输包装 CAD 技术	365
二、运输包装 CAE 技术	368
三、运输包装优化与评价系统	371
第十四章 运输包装件试验	374
第一节 概述	374
一、运输包装件性能试验的目的	374
二、运输包装试验分类	374
三、运输包装件试验方法及标准	375
第二节 运输包装件标示方法	377
一、平行六面体包装件	377
二、圆柱体包装件	378
三、袋状包装件	378
四、其他形状的包装件	378
第三节 环境试验	378
一、温湿度试验	379
二、喷淋试验	381
三、低气压试验	381
四、盐雾试验	382
第四节 振动试验	383
一、概述及分类	383
二、试验设备	384
三、定频振动	384
四、变频振动	386
五、随机振动	387
第五节 冲击试验	390
一、水平冲击试验	390
二、跌落试验	393
三、旋转跌落试验	396