



普通高等教育“十一五”国家级规划教材(本科)

高分子材料 加工原理 (第2版)

■ 沈新元 主编

 中国纺织出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材(本科)

高分子材料加工原理

(第2版)

沈新元 主编



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书首先阐述了各种高分子材料的基本概念及其成型加工原理中的共性问题,包括聚物流体的制备、混合和聚物流体的流变性;然后分别详细讨论了化学纤维、塑料和橡胶三类重要高分子材料成型加工原理中的个性问题;最后简单介绍了涂料和胶黏剂的制备和应用原理。各章附有复习指导及思考题。

本书可作为高等院校高分子材料与工程专业的教材,也可供从事高分子材料科学研究、生产和管理工作的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高分子材料加工原理/沈新元主编.—2版.—北京:中国纺织出版社,2009.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材.本科

ISBN 978-7-5064-5466-7

I. 高… II. 沈… III. 高分子材料—加工—高等学校—教材
IV. TB324

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第000578号

策划编辑:李东宁 朱萍萍 责任编辑:阮慧宁 特约编辑:秦伟
责任校对:余静雯 责任设计:何建 责任印制:何艳

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

邮购电话:010-64168110 传真:010-64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail:faxing@c-textilep.com

北京画中国画印刷有限公司印装 各地新华书店经销

2000年7月第1版 2009年3月第2版

2009年3月第4次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:31.75

字数:668千字 定价:59.00元(附光盘1张)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

本教材编委会

主 编 沈新元

编 委 蔡绪福 沈新元 吴向东 郭 静

周静宜 李燕立 李青山 吉亚丽

全面推进素质教育,着力培养基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的人才,已成为当今本科教育的主题。教材建设作为教学的重要组成部分,如何适应新形势下我国教学改革要求,与时俱进,编写出高质量的教材,在人才培养中发挥作用,成为院校和出版人共同努力的目标。2005年1月,教育部颁发了教高[2005]1号文件“教育部关于印发《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》”(以下简称《意见》),明确指出我国本科教学工作要着眼于国家现代化建设和人的全面发展需要,着力提高大学生的学习能力、实践能力和创新能力。《意见》提出要推进课程改革,不断优化学科专业结构,加强新设置专业建设和管理,把拓宽专业口径与灵活设置专业方向有机结合。要继续推进课程体系、教学内容、教学方法和手段的改革,构建新的课程结构,加大选修课程开设比例,积极推进弹性学习制度建设。要切实改变课堂讲授所占学时过多的状况,为学生提供更多的自主学习的时间和空间。大力加强实践教学,切实提高大学生的实践能力。区别不同学科对实践教学的要求,合理制定实践教学方案,完善实践教学体系。《意见》强调要加强教材建设,大力锤炼精品教材,并把精品教材作为教材选用的主要目标。对发展迅速和应用性强的课程,要不断更新教材内容,积极开发新教材,并使高质量的新版教材成为教材选用的主体。

随着《意见》出台,教育部组织制定了普通高等教育“十一五”国家级教材规划,并于2006年8月10日正式下发了教材规划,确定了9716种“十一五”国家级教材规划选题,我社共有103种教材被纳入国家级教材规划,其中本科教材56种,高职教材47种。56种本科教材包括了纺织工程教材13种、轻化工程教材16种、服装设计与工程教材24种、美术教材2种,其他1种。为在“十一五”期间切实做好教材出版工作,我社主动进行了教材创新型模式的深入策划,力求使教材出版与教学改革和课程建设发展相适应,充分体现教材的适用性、科学性、系统性和新颖性,使教材内容具有以下三个特点:

(1) 围绕一个核心——育人目标。根据教育规律和课程设置特点,从提高学生分析问题、解决问题的能力入手,教材附有课程设置指导,并于章后附有复习指导及形式多样的习题等,提高教材的可读性,增加学生学习兴趣和自学能力,提升学生科技素养和人文素养。

(2) 突出一个环节——实践环节。教材出版突出应用性学科的特点,注重理论与生产实践的结合,有针对性地设置教材内容,增加实践、实验内容。

(3) 实现一个立体——多媒体教材资源包。充分利用现代教育技术手段,将授课知识点制作成教学课件,以直观的形式、丰富的表达充分展现教学内容。

教材出版是教育发展中的重要组成部分,为出版高质量的教材,出版社严格甄选作者,组织专家评审,并对出版全过程进行过程跟踪,及时了解教材编写进度、编写质量,力求做到作者权威,编辑专业,审读严格,精品出版。我们愿与院校一起,共同探讨、完善教材出版,不断推出精品教材,以适应我国高等教育的发展要求。

中国纺织出版社
教材出版中心

自从20世纪20年代高分子学科产生以来,高分子科学与技术的发展极为迅速,并导致了材料领域的重大变革,形成了金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复合材料多角共存的局面,并广泛应用于人类的衣食住行和各产业领域。人们已经认识到高分子材料越来越成为普遍应用而不可缺少的重要材料,它的广泛应用和不断创新是材料科学现代化的一个重要标志。

高分子材料的主要种类有纤维、塑料、橡胶、涂料和胶黏剂,它们各自形成了庞大的工业体系,并在此基础上形成了具有鲜明特色的专业。在各专业领域,已出版了许多专著和教材,受到广大读者和各校师生的欢迎。

20世纪90年代中期,随着科学技术的飞速发展,特别是我国工科高等院校专业的拓宽,纺织高等院校化学纤维专业教学委员会组织编写了《高分子材料加工原理》,内容覆盖化学纤维、塑料、橡胶、胶黏剂和涂料等高分子材料的基本概念、生产方法、品质指标和成型加工原理。该书满足了一些原开设化学纤维专业的院校专业拓宽为高分子材料与工程专业后的教学急需,并且被其他多所高校作为教材和教学参考书使用,教学效果良好。同时,该书也受到了专家的肯定,获上海市2003年优秀教材三等奖。由沈新元教授主持、采用该书作为教材的《高分子材料成型原理》被评为2008年国家精品课程。

我国拥有庞大的高分子材料产业,近年来开设“高分子材料与工程”专业的高校增加到近150个。这些产业众多的研究人员、技术人员、管理人员及高分子材料与工程专业的师生,都需要一些好的教材和参考书。有鉴于此,我们借本书入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材之机,对全书的内容进行了修改与补充。

《高分子材料加工原理》(第2版)按基本的工程原理,将不同高分子材料的加工过程分为原料准备、成型和后成型三个阶段。第一至第四章阐述高分子材料的基本概念及其成型加工原理中的共性问题,包括聚物流体的制备、混合和聚物流体的流变性;第五至第七章分别详细讨论化学纤维、塑料和橡胶三类重要高分子材料成型加工原理中的个性问题;第八章简单介绍涂料和胶黏剂的制备和应用原理。各章附有复习指导及思考题。

本书的编写人员分工如下:第一章由东华大学沈新元执笔;第二章由大连工业大学郭静执笔;第三章由东华大学吉亚丽、燕山大学李青山执笔;第四章由大连工业大学郭静执笔;第五章第一至第四节及第七节由东华大学沈新元执笔,第五、第六节由北京服装学院周静宜、李燕立执笔;第六章由四川大学蔡绪福执笔;第七章由华南理工大学吴向东执笔;第八章由燕山大学李青山、东华大学吉亚丽执笔。

全书由沈新元确立编写大纲并统一整理定稿。

本书的编写工作得到了东华大学硕士研究生戴蓓蓓的协助,在此表示诚挚感谢。

由于高分子材料品种和成型加工方法繁多,研究日新月异,加之作者学识有限,因此书中疏误之处在所难免,恳请专家和使用本书的师生批评指正。

编者

2009年1月

第1版前言

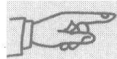
本书为国家“九五”规划教材,由原纺织工业部化学纤维专业教育委员会组织编写,供纺织高等院校高分子材料专业高年级学生学习专业课时使用,并供其他院校的师生参阅。

本书在简要介绍化学纤维、塑料、橡胶、胶黏剂和涂料的基本概念、生产方法和品质指标后,详细讨论了这些高分子材料的生产工艺原理。课堂讲授约需 50~70 学时。

全书由沈新元统稿,顾利霞审定。参加编写的有中国纺织大学沈新元(第一章、第二章第一节、第三章第一节、第四章第一节、第八章),齐齐哈尔大学王雅珍(第二章第二、三、四节,第三章第二、三、四节,第四章第二、三、四节),大连轻工业学院郭静(第五章、第七章),官玉梅(第六章),北京服装学院李燕立(第九章),华南理工大学吴向东(第十章、第十一章、第十二章)。

由于我们对集体编写教材缺乏经验和水平有限,书中难免有疏漏、缺点和错误,恳请读者予以指正。并对本书中列出的资料的作者以及尚未列入的资料的作者表示感谢。

编者
1999年3月



一、本教材所授课程的主要任务和教学目标

在 高 分 子 材 料 科 学 研 究 中,合 成—结 构—加 工—性 能 四 要 素 关 系 是 研 究 的 终 极 目 标,其 中 加 工 处 于 中 心 位 置。

本 教 材 所 授 课 程 的 主 要 任 务 和 教 学 目 标 是 使 学 生 掌 握 高 分 子 材 料 成 型 和 后 加 工 的 基 本 原 理,熟 悉 工 艺 条 件 与 高 分 子 材 料 结 构 与 性 能 之 间 的 关 系,为 学 生 学 习 后 续 专 业 课 程、毕 业 实 践 环 节 及 今 后 在 高 分 子 材 料 领 域 的 研 究 和 开 发 打 下 良 好 的 理 论 基 础。

二、本教材所授课程与有关课程的联系

高 分 子 材 料 成 型 加 工 原 理 构 建 于 五 大 化 学、高 分 子 物 理 以 及 材 料 科 学 与 工 程 基 础 等 相 关 课 程 的 基 础 上,因 此 学 生 应 先 修《高 分 子 化 学》、《高 分 子 物 理》、《材 料 导 论》、《材 料 科 学 与 工 程 基 础》、《材 料 研 究 方 法》等 学 科 基 础 课 程。本 课 程 的 后 续 课 程 含《高 分 子 材 料 成 型 加 工 工 艺》、《高 分 子 材 料 成 型 加 工 设 备》等,它 们 与 本 课 程 关 系 极 为 密 切,但 又 各 有 侧 重。

三、关于本教材所授课程教学观念和教学方法改革的建议

1. 本教材所授课程应贯彻理论联系实际的教学原则

高 分 子 材 料 成 型 加 工 具 有 很 强 的 实 践 性,因 此 本 教 材 所 授 课 程 的 教 学 全 过 程 应 该 特 别 注 重 理 论 联 系 实 际。授 课 教 师 应 努 力 学 习 和 积 累 有 关 高 分 子 材 料 成 型 加 工 实 际 知 识,能 够 在 讲 课 中 举 出 生 动 的 生 产 实 例;并 可 采 用 播 放 重 要 加 工 过 程 的 动 画 和 有 关 实 际 生 产 的 教 学 录 像、展 示 实 物 等 辅 助 教 学 手 段,以 增 加 课 堂 信 息 量,增 强 教 学 效 果。同 时 把 握 好 课 堂 教 学 与 实 践 环 节 之 间 的 关 系,将 课 堂 教 学 与 专 业 实 验、实 习、课 外 科 技 活 动、毕 业 设 计(论 文)的 前 期 工 作 等 实 践 教 学 环 节 紧 密 结 合。有 条 件 的 学 校 可 开 设 与 课 程 内 容 相 关 的 设 计 性、综 合 性 实 验,让 学 生 通 过 动 手 操 作,体 验 和 真 正 理 解 高 分 子 材 料 的 成 型 加 工 原 理;在 本 课 程 前 安 排 生 产 实 习,为 课 堂 教 学 打 好 基 础,在 课 程 结 束 后 安 排 毕 业 实 习,使 学 生 进 一 步 加 深 对 课 堂 教 学 知 识 的 理 解;将 课 程 教 学 内 容 作 为 学 生 的 课 外 科 技 活 动 课 题,并 且 与 毕 业 设 计(论 文)课 题 紧 密 结 合,使 学 生 通 过 较 长 时 间 的 科 研 训 练,提 高 创 新 能 力。这 样 既 可 以 提 高 专 业 课 程 的 教 学 效 果,又 可 以 培 养 学 生 的 工 程 实 践 能 力 与 创 新 能 力。



2. 本教材所授课程应把握好拓宽专业面与保持特色的关系

高分子材料有化学纤维、橡胶、塑料、胶黏剂和涂料等多种品种,它们各自形成了庞大的工业体系。在本教材所授课程教学中,应注意把握好拓宽专业面与保持特色的关系,首先使学生掌握高分子材料成型加工的共性原理;同时可根据学校特色确定重点教学内容,以避免“千校一面”。

3. 本教材所授课程应不断补充和更新教学内容

高分子材料科学的研究日新月异,高分子材料成型加工的技术与工艺的发展十分迅速,而教材的内容总是相对滞后。因此本教材所授课程应注意不断补充和更新教学内容。应注意充分利用网络资源,将国家精品课程经常更新的有关学科前沿和科学研究最新进展等资料介绍给学生。有条件的学校应充分发挥科研对教学的促进作用,将学科前沿和最新科研成果及时引入教学内容。

四、知识模块顺序及对应的学时建议

知识模块	章数	讲授内容	学时分配
高分子材料概论	第一章	绪论	2~4
高分子材料成型原理 中的共性问题	第二章	聚物流体的制备	2~3
	第三章	混合	2~3
	第四章	聚物流体的流变性	6
高分子材料成型原理 中的个性问题	第五章	化学纤维成型加工原理	6~18。纤维特色学校取 18~20学时,其他学校取6学时
	第六章	塑料成型加工原理	6~18。塑料特色学校取 18~20学时,其他学校取6学时
	第七章	橡胶成型加工原理	6~18。橡胶特色学校取 18~20学时,其他学校取6学时
	第八章	胶黏剂与涂料制备 及应用原理	胶黏剂与涂料特色学校自 定,其他学校自学
合 计			42~48

第一章 绪论	1
第一节 高分子材料的基本概念和主要品种	1
一、概述	1
二、通用高分子材料的主要种类和概念	1
三、新型高分子材料的主要种类和概念	4
第二节 高分子材料在国民经济中的地位 and 作用	7
一、材料的重要性	7
二、高分子材料在国民经济和科学技术中的地位 and 作用	9
第三节 高分子材料加工的学科分类	11
一、高分子材料加工的基础阶段	12
二、高分子材料的成型方法	13
复习指导	13
思考题	15
参考文献	16
第二章 聚物流体的制备	17
第一节 聚合物的熔融	17
一、聚合物的熔融方法	17
二、聚合物的熔融热力学	19
三、聚合物熔融的影响因素	19
第二节 聚合物的溶解	20
一、聚合物溶解过程的特点及其热力学解释	20
二、影响溶解度的结构因素	22
三、溶剂的选择	24
四、聚合物—溶剂体系的相平衡	32
五、聚合物溶解过程的动力学	34
复习指导	36
思考题	37
参考文献	37

第三章 混合	38
第一节 混合的基本概念和原理	38
一、混合的定义	38
二、混合机理	39
三、混合过程发生的主要作用	40
第二节 高分子材料混合加工的原料配方设计	42
一、添加剂的属性	43
二、添加剂之间的相互作用	44
三、添加剂与聚合物的关系	45
第三节 混合的表征	46
一、混合状态的直接描述法	46
二、混合状态的间接判定	52
第四节 高分子材料混合加工的基本过程	53
一、非分散混合	53
二、分散混合	56
复习指导	60
思考题	61
参考文献	62
第四章 聚物流体的流变性	63
第一节 聚物流体的非牛顿剪切黏性	63
一、聚物流体的流动类型	63
二、非牛顿流体的表征	65
三、影响聚物流体剪切黏性的因素	74
第二节 聚物流体的拉伸黏性	90
一、拉伸黏性的表征	90
二、影响拉伸黏性的因素	91
第三节 聚物流体的弹性	95
一、聚物流体弹性的表征	95
二、影响聚物流体弹性的因素	97
第四节 聚物流体在管道中的流动	103
一、聚物流体在管道中的流动参数	103
二、聚物流体流动过程中的弹性效应	109
复习指导	117
思考题	118

参考文献	119
第五章 化学纤维成型加工原理	121
第一节 概述	121
一、化学纤维成型加工的基本过程	121
二、化学纤维的品质指标	123
三、化学纤维成型基本原理	126
第二节 熔体纺丝原理	134
一、熔体纺丝的运动学和动力学	134
二、熔体纺丝中的传热	141
三、熔体纺丝中纤维结构的形成	145
四、熔体纺丝的工程解析	156
第三节 湿法纺丝原理	158
一、湿法纺丝的运动学和动力学	158
二、湿法纺丝中的传质和相转变	164
三、湿法纺丝中纤维结构的形成	169
第四节 干法纺丝原理	177
一、干法纺丝的运动学和动力学	178
二、干法纺丝中的传热和传质	180
三、干法纺丝中纤维结构的形成	182
第五节 化学纤维拉伸原理	184
一、概述	184
二、拉伸流变学	188
三、连续拉伸的运动学和动力学	202
四、拉伸过程中应力—应变性质的变化	206
五、拉伸中纤维结构和性能的变化	219
第六节 化学纤维热定型原理	224
一、概述	224
二、纤维在热定型中的力学松弛	226
三、热定型过程中纤维结构和性能的变化	231
四、热定型机理	236
第七节 化学纤维新型成型加工方法	240
一、干湿法纺丝	240
二、冻胶纺丝	241
三、液晶纺丝	243

四、静电纺丝	243
五、固态挤出	244
复习指导	245
思考题	251
参考文献	253
第六章 塑料成型加工原理	255
第一节 概述	255
一、塑料的基本概念	255
二、塑料成型加工的基本过程及分类	255
三、塑料的品质指标	257
第二节 口模成型	258
一、螺杆挤出机	259
二、挤出成型原理	268
三、挤出成型的工艺过程及影响因素	278
四、几种塑料制品的挤出成型	281
第三节 模塑和铸塑	297
一、注射成型	297
二、反应注射成型	311
三、压缩模塑	315
四、铸塑成型	322
第四节 压延成型	324
一、概述	324
二、压延成型设备	325
三、压延成型工艺	328
四、影响压延制品质量的因素	332
第五节 塑料的二次成型	334
一、二次成型的黏弹性原理	334
二、拉幅薄膜的成型	337
三、中空吹塑成型	341
四、热成型	347
第六节 塑料新型成型技术	355
一、气体辅助注射成型技术	355
二、塑料成型加工中的振动技术	357
三、塑料加工中的 CAE 技术	360
复习指导	362

思考题	365
参考文献	366
第七章 橡胶成型加工原理	367
第一节 概述	367
一、橡胶的基本概念及成型加工方法	367
二、橡胶的品质指标	367
第二节 生胶和配合剂	370
一、生胶	370
二、硫化体系配合剂及交联原理	371
三、补强填充体系	385
四、软化剂和增塑剂	402
五、防护体系	406
第三节 橡胶配方设计	417
一、配方设计方法	417
二、橡胶配方设计原理	418
三、特性橡胶配方设计原理	432
第四节 橡胶胶料的加工	438
一、生胶的塑炼	438
二、混炼	442
三、压延	446
四、挤出	450
五、橡胶的硫化工艺	451
第五节 橡胶成型加工的进展	456
一、橡胶混炼技术进展	457
二、橡胶压延、挤出技术进展	457
三、橡胶制品的交联新工艺	457
复习指导	458
思考题	460
参考文献	461
第八章 胶黏剂与涂料制备及应用原理	462
第一节 胶黏剂制备及胶接原理	462
一、概述	462
二、胶黏剂的制备	465

三、胶接基本原理	468
四、胶接技术	474
第二节 涂料配制及涂层形成原理	478
一、概述	478
二、涂料配方设计原理	483
三、涂料的配制	485
四、涂层形成原理	486
复习指导	489
思考题	490
参考文献	491