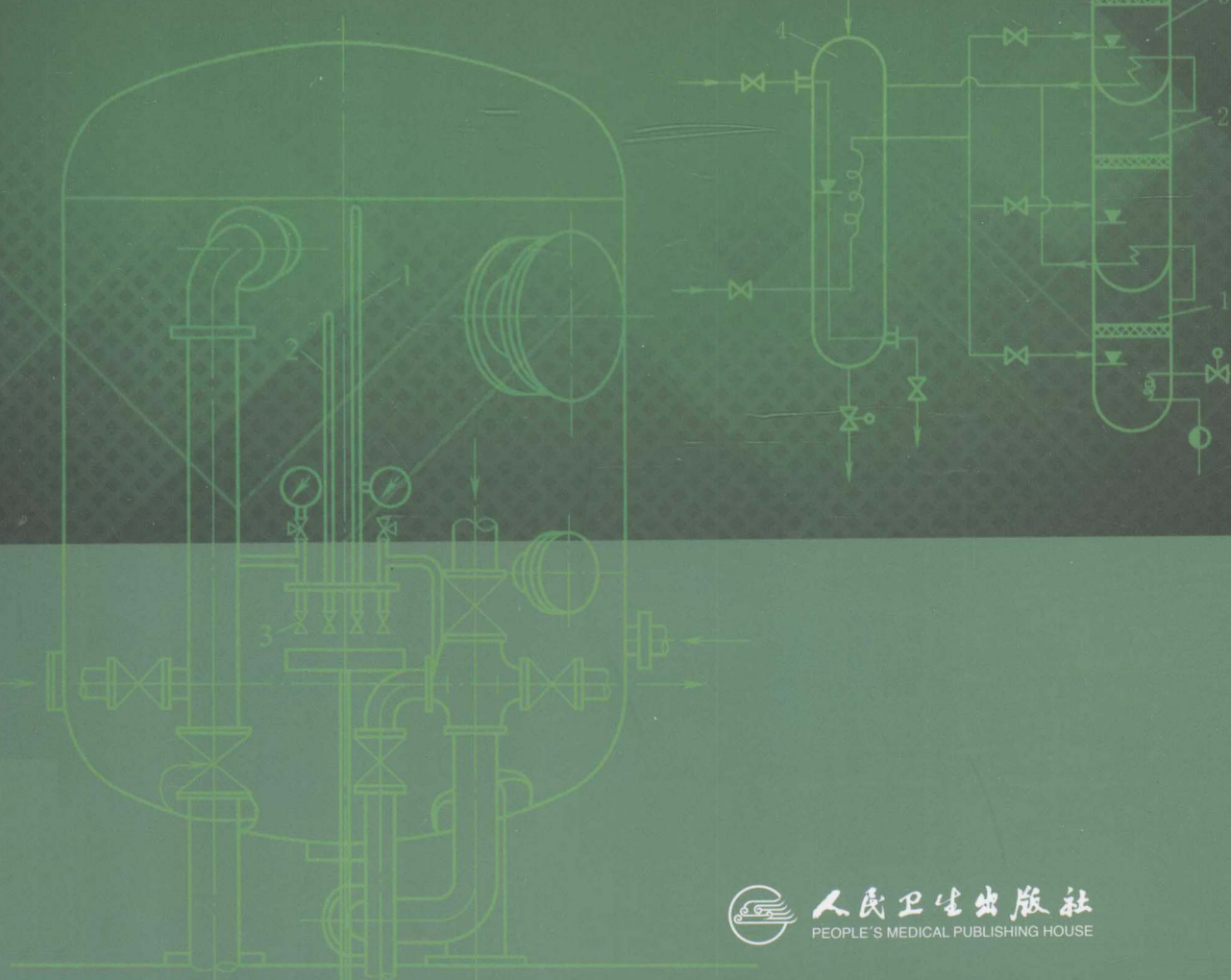


国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材
全国高等学校制药工程、药物制剂专业规划教材
供制药工程、药物制剂专业用

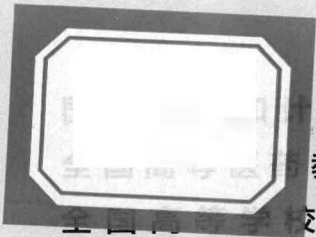
制药分离工程

主 编 郭立玮

副主编 万海同 阎雪莹



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



卫生部“十二五”规划教材
教育部“十二五”规划教材
全国高等医药院校制药工程、药物制剂专业规划教材
供 制 药 工 程、药 物 制 剂 专 业 用

制药分离工程

主 编 郭立玮

副主编 万海同 阎雪莹

编 者 (以姓氏笔画为序)

万海同 (浙江中医药大学)

王宝华 (北京中医药大学)

朱华旭 (南京中医药大学)

杨 照 (中国药科大学)

郭立玮 (南京中医药大学)

郭永学 (沈阳药科大学)

唐志书 (陕西中医学院)

萧 伟 (江苏康缘药业股份有限公司)

阎雪莹 (黑龙江中医药大学)



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

制药分离工程 / 郭立玮主编 . —北京: 人民卫生出版社, 2014

ISBN 978-7-117-18698-8

I. ①制… II. ①郭… III. ①药物 - 化学成分 - 分离 - 生产工艺 - 高等学校 - 教材 IV. ①TQ460.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 031629 号

| | | |
|-------|--|---------------------------------|
| 人卫社官网 | www.pmph.com | 出版物查询, 在线购书 |
| 人卫医学网 | www.ipmph.com | 医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯 |

版权所有, 侵权必究!

制药分离工程

主 编: 郭立玮

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 中国农业出版社印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 26

字 数: 649 千字

版 次: 2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-18698-8/R · 18699

定 价: 42.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材 全国高等学校制药工程、药物制剂专业规划教材

出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010-2020年)》中强调要培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。制药工程、药物制剂专业正是以培养高级工程化和复合型人才为目标,分别于1998年、1987年列入《普通高等学校本科专业目录》,但一直以来都没有专门针对这两个专业本科层次的全国规划性教材。为顺应我国高等教育教学改革与发展的趋势,紧紧围绕专业教学和人才培养目标的要求,做好教材建设工作,更好地满足教学的需要,我社于2011年即开始对这两个专业本科层次的办学情况进行了全面系统的调研工作。在广泛调研和充分论证的基础上,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社于2013年1月正式启动了全国高等学校制药工程、药物制剂专业国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材的组织编写与出版工作。

本套教材主要涵盖了制药工程、药物制剂专业所需的基础课程和专业课程,特别是与药类专业教学要求差别较大的核心课程,共计17种(详见附录)。

作为全国首套制药工程、药物制剂专业本科层次的全国规划性教材,具有如下特点:

一、立足培养目标,体现鲜明专业特色

本套教材定位于普通高等学校制药工程专业、药物制剂专业,既确保学生掌握基本理论、基本知识和基本技能,满足本科教学的基本要求,同时又突出专业特色,区别于本科药学专业教材,紧紧围绕专业培养目标,以制药技术和工程应用为背景,通过理论与实践相结合,创建具有鲜明专业特色的本科教材,满足高级科学技术人才和高级工程技术人才培养的需求。

二、对接课程体系,构建合理教材体系

本套教材秉承“精化基础理论、优化专业知识、强化实践能力、深化素质教育、突出专业特色”的原则,构建合理的教材体系。对于制药工程专业,注重体现具有药物特色的工程技术性要求,将药物和工程两方面有机结合、相互渗透、交叉融合;对于药物制剂专业,则强调不单纯以学科型为主,兼顾能力的培养和社会的需要。

三、顺应岗位需求,精心设计教材内容

本套教材的主体框架的制定以技术应用为主线,以“应用”为主旨甄选教材内容,注重学生实践技能的培养,不过分追求知识的“新”与“深”。同时,对于适用于不同专业的同一

课程的教材,既突出专业共性,又根据具体专业的教学目标确定内容深浅度和侧重点;对于适用于同一专业的相关教材,既避免重要知识点的遗漏,又去掉了不必要的交叉重复。

四、注重案例引入,理论密切联系实践

本套教材特别强调对于实际案例的运用,通过从药品科研、生产、流通、应用等各环节引入的实际案例,活化基础理论,使教材编写更贴近现实,将理论知识与岗位实践有机结合。既有用实际案例引出相关知识的介绍,把解决实际问题的过程凝练至理性的维度,使学生对于理论知识的掌握从感性到理性;也有在介绍理论知识后用典型案例进行实证,使学生对于理论内容的理解不再停留在凭空想象,而源于实践。

五、优化编写团队,确保内容贴近岗位

为避免当前教材编写存在学术化倾向严重、实践环节相对薄弱、与岗位需求存在一定程度脱节的弊端,本套教材的编写团队不但有来自全国各高等学校具有丰富教学和科研经验的一线优秀教师作为编写的骨干力量,同时还吸纳了一批来自医药行业企业的具有丰富实践经验的专家参与教材的编写和审定,保障了一线工作岗位上先进技术、技能和实际案例作为教材的内容,确保教材内容贴近岗位实际。

本套教材的编写,得到了全国高等学校制药工程、药物制剂专业教材评审委员会的专家和全国各有关院校和企事业单位的骨干教师和一线专家的支持和参与,在此对有关单位和个人表示衷心的感谢!更期待通过各校的教学使用获得更多的宝贵意见,以便及时更正和修订完善。

全国高等医药教材建设研究会

人民卫生出版社

2014年2月

附：国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材 全国高等学校制药工程、药物制剂专业规划教材目录

| 序号 | 教材名称 | 主编 | 适用专业 |
|-----|-----------|---------|--------------|
| 1 | 药物化学* | 孙铁民 | 制药工程、药物制剂 |
| 2 | 药剂学 | 杨 丽 | 制药工程 |
| 3 | 药物分析 | 孙立新 | 制药工程、药物制剂 |
| 4 | 制药工程导论 | 宋 航 | 制药工程 |
| 5 | 化工制图 | 韩 静 | 制药工程、药物制剂 |
| 5-1 | 化工制图习题集 | 韩 静 | 制药工程、药物制剂 |
| 6 | 化工原理 | 王志祥 | 制药工程、药物制剂 |
| 7 | 制药工艺学 | 赵临襄 赵广荣 | 制药工程、药物制剂 |
| 8 | 制药设备与车间设计 | 王 沛 | 制药工程、药物制剂 |
| 9 | 制药分离工程 | 郭立玮 | 制药工程、药物制剂 |
| 10 | 药品生产质量管理 | 谢 明 杨 悦 | 制药工程、药物制剂 |
| 11 | 药物合成反应 | 郭 春 | 制药工程 |
| 12 | 药物制剂工程 | 柯 学 | 制药工程、药物制剂 |
| 13 | 药物剂型与递药系统 | 方 亮 龙晓英 | 药物制剂 |
| 14 | 制药辅料与药品包装 | 程 怡 傅超美 | 制药工程、药物制剂、药学 |
| 15 | 工业药剂学 | 周建平 唐 星 | 药物制剂 |
| 16 | 中药炮制工程学* | 蔡宝昌 张振凌 | 制药工程、药物制剂 |
| 17 | 中药提取工艺学 | 李小芳 | 制药工程、药物制剂 |

注：* 教材有配套光盘。

全国高等学校制药工程、药物制剂专业 教材评审委员会名单

主任委员

尤启冬 中国药科大学

副主任委员

赵临襄 沈阳药科大学

蔡宝昌 南京中医药大学

委 员 (以姓氏笔画为序)

于奕峰 河北科技大学化学与制药工程学院

元英进 天津大学化工学院

方 浩 山东大学药学院

张 珩 武汉工程大学化工与制药学院

李永吉 黑龙江中医药大学

杨 帆 广东药学院

林桂涛 山东中医药大学

章亚东 郑州大学化工与能源学院

程 怡 广州中医药大学

虞心红 华东理工大学药学院

前 言

制药分离工程是化学制药、生物制药与中药制药的共性关键技术,鉴于药物的纯度和杂质含量与其药效、毒副作用、价格等息息相关,分离过程在制药行业中具有重要的作用与地位。

本书根据全国高等学校制药工程、药物制剂专业国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材编写原则与要求,系统介绍目前制药工程领域常见的或具有产业化前景的各种现代分离技术。旨在引导学生通过本课程的学习,熟悉各种现代制药分离技术的基本原理、基本方法,了解其主要特点、应用范围,掌握其用于药物制备研究的设计思路及实验技能,为培养和造就高级制药工程专门人才奠定基础。

本书选材新颖、内容丰富、方便实用,可供高等院校制药工程及相关专业作为教材使用,也可供医药科研单位与药品、药械生产开发单位的技术人员作为科研参考书使用。

本书共分 16 章。第一章主要介绍现代分离科学技术的基本概念和与制药工程的关系,及其基于速度差分离、平衡分离与反应分离的分类方法,以对初涉制药分离工程领域的学生起到提纲挈领的作用。第二章至第十三章基本按照场分离原理、相平衡原理及反应分离原理的顺序对各种分离技术进行编排。但为顺应制药工艺基本流程,将建立在固液相平衡原理基础上的“固体浸取及其强化技术”列为第二章先行介绍。此后的第三、第四章主要介绍基于场分离原理的速度差分离技术及其在制药工程中的应用。第五章至第十一章主要介绍相平衡原理及其在制药分离中的应用。第十二章介绍反应分离原理及其在制药工程中的应用。第十三章介绍分子印迹、模拟移动床色谱及泡沫分离等其他新型制药分离技术。第十四章介绍分离过程的耦合(集成)概念及其在制药工程中的应用。第十五章介绍如何针对物料体系的特征选择合适的分离技术,以提高工艺过程的合理性、有效性与经济性。第十六章介绍制药分离工程研究发展动向与存在问题。此章亦可为有兴趣、有潜力的学生开展大学生科技创新活动提供参考。

本书由朱华旭协助拟订编写大纲及目录、样稿等编写技术文件。第一章由郭立玮编写,第二章由阎雪莹编写,第三章由唐志书编写,第四章由郭立玮、杨照编写,第五章由唐志书编写,第六章由朱华旭编写,第七章由阎雪莹编写,第八章由郭永学编写,第九章、第十章由王宝华编写,第十一章由杨照编写,第十二章由万海同编写,第十三章由郭永学、王宝华编写,第十四章由万海同编写,第十五章由朱华旭编写,第十六章由郭立玮、杨照编写。全书由郭立玮统稿并作部分修改。萧伟作为行业专家,对本书的编写提出了宝贵意见。

本书作者的部分研究生协助开展文献检索、图表处理、文字校对等工作,并由南京中医

药大学李博博士对全书图表统一加工处理,浙江中医药大学的葛立军老师承担了教材审定稿会议的大量组织工作,并参与了第十二章、第十四章的编写,在此表示衷心的感谢!同时对本书撰写中所引用资料的作者一并致以深切的谢意。

本书在编写中得到编者所在学校各级领导的大力支持和校内外许多专家的帮助,在此深表谢意。

由于水平有限、经验不足,同时由于制药分离工程研究正处于蓬勃发展之中,新论点、新方法、新技术不断涌现,有些问题还有待进一步探讨、验证与解决,书中难免有错漏之处,敬请专家和读者指正,以便今后修改、完善。

郭立玮

2014年2月于南京中医药大学

目 录

| | |
|------------------------------|----|
| 第一章 制药分离工程概述 | 1 |
| 第一节 现代分离科学与制药工程的关系..... | 1 |
| 一、现代分离科学的特点 | 1 |
| 二、分离技术在制药工业中的作用..... | 3 |
| 第二节 制药分离工程的基本概念..... | 4 |
| 一、制药分离工程的广义与狭义概念 | 4 |
| 二、分离程度及其基本表示方式 | 5 |
| 三、分离过程的热力学分析 | 8 |
| 第三节 制药分离技术的基本原理及其分类..... | 10 |
| 一、制药分离技术的基本原理 | 10 |
| 二、分离技术的分类 | 11 |
| 第二章 固体浸取及其强化技术 | 17 |
| 第一节 固体浸取技术原理及其影响因素..... | 17 |
| 一、相平衡原理及其强化技术手段 | 17 |
| 二、固体浸取技术原理 | 19 |
| 三、浸取过程对药效物质的影响 | 24 |
| 第二节 浸取工艺流程与设备..... | 27 |
| 一、浸取工艺流程..... | 27 |
| 二、浸取过程的物料衡算 | 29 |
| 三、常用设备 | 30 |
| 第三节 基于组织结构细微粉碎原理的浸取强化技术..... | 34 |
| 一、植物组织破碎提取法及闪式提取器 | 34 |
| 二、湿法超微粉碎提取技术 | 35 |
| 第四节 微波协助浸取..... | 39 |
| 一、微波协助浸取的作用原理与技术特点 | 39 |
| 二、微波协助浸取的工艺流程与设备 | 40 |
| 三、微波协助浸取的主要工艺参数..... | 41 |

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 四、微波协助浸取在制药工程中的应用 | 43 |
| 第五节 超声波协助浸取 | 44 |
| 一、超声波协助浸取的作用原理与技术特点 | 44 |
| 二、超声波协助浸取的工艺流程与设备 | 46 |
| 三、超声波协助浸取的主要工艺参数 | 47 |
| 四、超声波协助浸取在制药工程中的应用 | 48 |
| 第三章 基于场分离原理的分离技术 | 50 |
| 第一节 沉降分离 | 50 |
| 一、重力场分离技术 | 50 |
| 二、离心力场分离技术 | 53 |
| 第二节 基于重力沉降原理的中药醇沉工艺 | 58 |
| 一、醇沉工艺的技术特点 | 58 |
| 二、影响醇沉工艺沉淀物形态的若干因素 | 59 |
| 三、醇沉过程中离心技术的应用 | 60 |
| 第三节 沉降分离强化技术 | 62 |
| 一、絮凝过程及絮凝沉降技术 | 62 |
| 二、变溶液体系为固液混悬体系的技术 | 65 |
| 三、离心沉降分离技术在制药工程中的应用 | 69 |
| 第四节 筛分与过滤 | 70 |
| 一、筛分与筛滤技术 | 70 |
| 二、过滤机制、过滤装置及影响过滤的因素 | 71 |
| 三、颗粒特性与中药固液分离特征与难点 | 75 |
| 第五节 基于电场分离原理的电泳技术 | 76 |
| 一、电泳技术原理与分类 | 76 |
| 二、毛细管电泳技术 | 78 |
| 三、凝胶电泳技术 | 82 |
| 第四章 膜分离技术 | 84 |
| 第一节 膜科学与技术概述 | 84 |
| 一、膜技术的基本概念 | 84 |
| 二、常见膜材料和分离膜的基本结构 | 85 |
| 三、膜分离装置和常见膜组件类型 | 87 |
| 第二节 制药工程常用的膜分离技术 | 91 |
| 一、微滤技术 | 91 |
| 二、超滤技术 | 92 |
| 三、反渗透技术 | 98 |
| 四、纳滤技术 | 99 |
| 五、膜蒸馏技术 | 99 |
| 六、电渗析技术 | 100 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 第三节 制药工程常见膜污染及其防治····· | 102 |
| 一、膜的污染机制····· | 102 |
| 二、膜污染防治思路与方法····· | 104 |
| 第四节 膜分离技术在制药工程领域的应用····· | 105 |
| 一、中药传统精制工艺的改造····· | 105 |
| 二、制药工业能耗的调控····· | 106 |
| 三、制药用水与注射液的安全保障····· | 106 |
| 四、制药工业污水的处理····· | 107 |
| 五、为制药工业技术创新提供广阔平台····· | 107 |
| 第五章 晶析分离技术 ····· | 109 |
| 第一节 晶析分离原理····· | 109 |
| 一、溶液晶析法的晶析平衡····· | 109 |
| 二、结晶过程的动力学分析····· | 111 |
| 第二节 结晶操作模式····· | 112 |
| 一、溶液结晶操作模式····· | 112 |
| 二、过饱和溶液的形成方法····· | 113 |
| 三、成核速度与起晶方法····· | 114 |
| 四、重结晶····· | 115 |
| 五、熔融结晶的基本操作模式····· | 115 |
| 第三节 晶体质量评价及其影响因素····· | 116 |
| 一、关于晶体结构的若干概念····· | 116 |
| 二、晶体的粒度分布····· | 117 |
| 三、晶体形状····· | 118 |
| 四、晶体纯度····· | 119 |
| 第四节 结晶装置····· | 121 |
| 一、冷却式结晶装置····· | 121 |
| 二、真空冷却结晶装置····· | 121 |
| 三、蒸发式结晶装置····· | 122 |
| 四、其他新型结晶装置····· | 123 |
| 五、熔融结晶装置····· | 123 |
| 第五节 基于结晶原理的冷冻浓缩技术····· | 125 |
| 一、冷冻浓缩的理论依据····· | 125 |
| 二、冷冻浓缩技术分类及冷冻浓缩装置····· | 126 |
| 三、关于中药水提取液冷冻浓缩的研究····· | 127 |
| 第六章 吸附分离技术 ····· | 128 |
| 第一节 吸附分离原理及其分类····· | 128 |
| 一、吸附分离原理····· | 128 |
| 二、吸附类型的分类····· | 128 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第二节 吸附剂及其特性 | 129 |
| 一、吸附剂的分类 | 129 |
| 二、常用吸附剂的物理性能 | 131 |
| 三、常用吸附剂简介 | 132 |
| 第三节 吸附过程的基本原理及其应用 | 133 |
| 一、吸附热力学基本原理及其应用 | 133 |
| 二、吸附动力学基本原理及其应用 | 135 |
| 第四节 吸附分离技术的操作与装置 | 137 |
| 一、吸附分离基本方式 | 137 |
| 二、吸附分离基本过程 | 139 |
| 三、吸附分离操作方式及常用装置 | 139 |
| 第五节 吸附技术的应用 | 141 |
| 一、固液吸附分离技术的应用 | 141 |
| 二、气固吸附分离技术的应用 | 143 |
| 第七章 大孔吸附树脂精制技术 | 147 |
| 第一节 大孔吸附树脂概述 | 147 |
| 一、大孔吸附树脂分类 | 147 |
| 二、大孔吸附树脂的形态结构、表征参数及产品标准状况 | 148 |
| 三、国内外常见大孔吸附树脂产品简介 | 149 |
| 第二节 大孔吸附树脂的分离原理 | 151 |
| 一、吸附性原理 | 152 |
| 二、筛分性原理 | 152 |
| 三、大孔吸附树脂的吸附动力学特征 | 153 |
| 四、常见天然药物成分的大孔吸附树脂精制机制 | 156 |
| 五、高选择性吸附树脂分离原理与应用 | 160 |
| 第三节 大孔吸附树脂分离操作与装置 | 164 |
| 一、大孔吸附树脂分离技术基本工艺流程 | 164 |
| 二、吸附分离装置 | 166 |
| 三、基于大孔吸附树脂分离机制的吸附、洗脱工艺参数优选 | 167 |
| 四、大孔吸附树脂分离技术的在线检测研究 | 170 |
| 第四节 大孔吸附树脂技术在制药工程领域的应用 | 172 |
| 一、大孔吸附树脂在天然药物制备中的应用 | 172 |
| 二、大孔吸附树脂在中药新药研究中的应用 | 173 |
| 三、大孔吸附树脂在天然药物分离领域其他方面的应用 | 174 |
| 第八章 基于液液相平衡原理的分离技术 | 176 |
| 第一节 液液萃取技术 | 176 |
| 一、液液萃取技术原理与影响因素 | 176 |
| 二、液液萃取工艺流程 | 181 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 三、液液萃取装置及其选择原则 | 184 |
| 四、萃取与工业色谱相结合批量制备中药活性成分的研究 | 187 |
| 第二节 高速逆流色谱 | 188 |
| 一、色谱分离过程的基本原理及溶剂系统选取原则 | 188 |
| 二、高速逆流色谱在天然药物分离中的应用 | 191 |
| 第三节 双水相萃取技术 | 192 |
| 一、双水相萃取技术原理与双水相萃取技术特点 | 192 |
| 二、影响双水相萃取的因素 | 195 |
| 三、双水相萃取的工艺设计与基本流程 | 198 |
| 四、双水相萃取技术在天然药物及相关领域中的应用 | 200 |
| 第九章 蒸发与蒸馏 | 203 |
| 第一节 蒸发原理与装置 | 203 |
| 一、蒸发过程的理论分析 | 203 |
| 二、蒸发过程分类 | 204 |
| 三、基本蒸发装置 | 205 |
| 第二节 基于蒸发原理的浓缩、干燥技术 | 207 |
| 一、蒸发浓缩的相平衡因素 | 207 |
| 二、蒸发浓缩设备种类及性能 | 209 |
| 三、关于中药提取液浓缩工艺的若干讨论 | 214 |
| 四、基于蒸发原理的干燥过程动力学 | 215 |
| 五、基于蒸发原理的干燥技术 | 217 |
| 第三节 蒸馏原理与技术 | 221 |
| 一、蒸馏原理、蒸馏技术分类及其特征 | 221 |
| 二、分子蒸馏技术 | 223 |
| 三、水扩散蒸馏技术 | 227 |
| 四、精馏技术 | 228 |
| 第十章 冷冻干燥技术 | 235 |
| 第一节 冷冻干燥的基本原理及流程 | 235 |
| 一、冷冻干燥的基本原理 | 235 |
| 二、冷冻干燥设备 | 237 |
| 三、冷冻干燥的基本流程 | 238 |
| 第二节 共熔点及冻干曲线的确定 | 243 |
| 一、预冻结过程及共熔点的测定 | 243 |
| 二、冻干过程的参数控制及冻干曲线的绘制 | 244 |
| 三、冷冻干燥过程的传热和传质理论 | 245 |
| 第三节 冷冻干燥技术的特点及在制药领域中的应用 | 247 |
| 一、冷冻干燥技术的优缺点 | 247 |
| 二、冷冻干燥技术在制药领域中的应用 | 248 |

| | |
|--|-----|
| 第十一章 超临界流体萃取技术 | 250 |
| 第一节 超临界流体萃取原理..... | 250 |
| 一、超临界流体及其特性 | 250 |
| 二、超临界 CO ₂ 流体的 PVT 特性 | 251 |
| 第二节 超临界流体萃取技术对天然药物成分的适用性..... | 253 |
| 一、超临界 CO ₂ 流体对天然药物成分的溶解性能 | 253 |
| 二、提高大分子、强极性天然药物成分溶解性能的方法 | 254 |
| 三、天然药物成分间的增溶作用 | 256 |
| 第三节 超临界流体萃取传质过程及其工艺流程与装置..... | 257 |
| 一、超临界流体萃取天然产物的传质原理 | 257 |
| 二、超临界 CO ₂ 萃取的基本过程及主要装置 | 258 |
| 三、固、液相物料的超临界 CO ₂ 萃取流程 | 262 |
| 四、超临界 CO ₂ 萃取工艺参数设计..... | 265 |
| 第四节 超临界流体萃取技术在制药工程中的应用..... | 268 |
| 一、天然产物药效物质的萃取 | 268 |
| 二、活性炭的再生..... | 271 |
| 三、其他应用 | 273 |
| 第十二章 反应分离技术 | 276 |
| 第一节 反应分离的概念与反应分离原理..... | 276 |
| 一、反应分离的概念与反应分离方法分类 | 276 |
| 二、反应得以进行的条件与反应平衡 | 277 |
| 三、可逆反应分离原理 | 278 |
| 第二节 化学萃取..... | 279 |
| 一、化学萃取原理..... | 279 |
| 二、化学萃取剂 | 280 |
| 三、化学萃取基本流程及其应用 | 281 |
| 第三节 离子交换色谱..... | 282 |
| 一、离子交换分离原理 | 282 |
| 二、离子交换反应的类型及离子交换选择性 | 284 |
| 三、离子交换树脂分类及其在制药分离工程中的应用 | 285 |
| 第四节 酶反应分离技术..... | 288 |
| 一、酶反应及其机制 | 288 |
| 二、酶反应技术在天然药物分离中的应用 | 293 |
| 第五节 免疫亲和反应分离技术..... | 296 |
| 一、免疫亲和色谱技术原理与特点..... | 297 |
| 二、免疫亲和色谱技术要点 | 297 |
| 三、免疫亲和色谱的应用模式 | 298 |
| 四、免疫亲和色谱在天然药物领域的应用 | 299 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 第十三章 其他新型制药分离技术 | 301 |
| 第一节 分子印迹技术 | 301 |
| 一、分子印迹技术原理 | 301 |
| 二、分子印迹聚合物的分类和制备 | 302 |
| 三、分子印迹聚合物的性能评价 | 309 |
| 四、分子印迹技术在手性药物及天然药物分离中的应用 | 315 |
| 第二节 模拟移动床色谱技术 | 319 |
| 一、模拟移动床色谱分离原理与特点 | 319 |
| 二、模拟移动床色谱分离过程分析 | 321 |
| 三、模拟移动床色谱分离条件的选择 | 323 |
| 四、模拟移动床色谱在药物分离中的应用 | 329 |
| 第三节 泡沫分离技术 | 331 |
| 一、泡沫分离技术的原理及分类 | 331 |
| 二、泡沫分离技术的流程操作及特点 | 333 |
| 三、泡沫分离技术的影响因素 | 334 |
| 四、泡沫分离技术的应用 | 335 |
| 第十四章 制药分离过程的耦合(集成) | 337 |
| 第一节 耦合(集成)技术概述 | 337 |
| 一、过程耦合(集成)及其优点 | 337 |
| 二、常见的制药分离耦合技术 | 337 |
| 第二节 膜耦合(集成)技术 | 338 |
| 一、膜分离与反应过程的耦合 | 338 |
| 二、膜分离与其他分离方法的耦合 | 340 |
| 第三节 超临界流体耦合技术 | 342 |
| 一、超临界流体技术与膜过程耦合 | 342 |
| 二、超临界萃取和精馏技术耦合 | 343 |
| 三、超临界萃取与溶剂萃取联用 | 344 |
| 四、超临界萃取与分子蒸馏技术联用 | 345 |
| 第四节 结晶耦合技术 | 346 |
| 一、减压精馏-熔融结晶耦合技术 | 346 |
| 二、螯形包结-结晶耦合技术 | 346 |
| 三、超临界流体萃取-结晶耦合技术 | 347 |
| 四、结晶耦合技术的新动态 | 347 |
| 第五节 其他类型的耦合技术 | 348 |
| 一、聚酰胺-大孔树脂联用技术 | 348 |
| 二、喷雾冷冻与干燥技术的耦合 | 349 |
| 三、分子印迹技术与固相萃取及分离膜的耦合 | 351 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 第十五章 制药分离过程的选择与设计 | 356 |
| 第一节 分离过程的选择..... | 356 |
| 一、分离过程的可行性分析 | 356 |
| 二、分离过程与清洁工艺 | 360 |
| 三、生产规模与分离过程设计 | 361 |
| 第二节 分离过程的技术经济问题..... | 362 |
| 一、分离过程的一般经济原则与优化组合程序 | 362 |
| 二、制药分离过程的技术经济问题..... | 365 |
| 第三节 评价中药制药分离工程的科学原则..... | 367 |
| 一、中药与天然产物提取收率合理性的评估 | 368 |
| 二、评价中药体系提取、分离过程的科学原则 | 369 |
| 第十六章 制药分离工程研究发展动向与展望 | 374 |
| 第一节 制药分离工程研究动态..... | 374 |
| 一、分离科学共同规律的探索 | 374 |
| 二、新应用领域的开拓 | 374 |
| 三、先进技术和新型材料的吸纳 | 375 |
| 四、分离方法联用与最优分离条件..... | 375 |
| 五、新型分离原理及方法 | 376 |
| 第二节 现代信息技术在制药分离工程领域的应用..... | 376 |
| 一、计算机化学概述 | 377 |
| 二、计算机化学在中药制药分离工程领域应用的基本模式与算法 | 380 |
| 三、中药复方成分提取动力学数学模型的研究 | 384 |
| 四、计算机化学用于中药提取、浓缩等工艺过程控制的研究..... | 386 |
| 五、基于计算机化学方法的中药膜过程研究 | 387 |
| 六、计算机模拟技术在制药分离工程技术开发中的应用 | 391 |
| 第三节 制药分离工程研究展望..... | 393 |
| 一、提高新型分离技术的成熟度 | 393 |
| 二、建立科学、系统的“中药分离”理论与技术体系 | 393 |