



全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

制药工程原理与设备

(供中药学、药学、制药工程、
→ 药物制剂专业使用)

主编●周长征

中国医药科技出版社

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

制药工程原理与设备

(供中药学、药学、制药工程、药物制剂专业使用)

主 编 周长征

副主编 江汉美 李春花 李学涛

中国医药科技出版社

内容提要

本书是全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材之一，是根据本专业教学要求和课程特点，结合现行版《中国药典》和《药品生产质量管理规范》编写而成，主要介绍了制药生产过程中的典型单元操作与主要设备。

本书以动量传递、热量传递和质量传递为主线，系统地阐明制药工程的基本原理和实现制药单元操作的设备。动量传递过程包括流体流动、流体输送机械、分离与搅拌等；热量传递过程包括传热、蒸发等；质量传递过程包括蒸馏、干燥等。以药物制剂的生产工艺流程为顺序，分别介绍药物前处理设备、制剂的成型设备（包括固体制剂和液体制剂生产设备）、药品包装与包装设备等。此外，书中还介绍了制剂工程设计的内容。

本书主要供高等中医药院校中药学、药学、制药工程、药物制剂专业及相关专业教学使用，也可供制药行业从事研究、设计和生产的工程技术人员参考，作为医药行业考试与培训的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

制药工程原理与设备/周长征主编. —北京: 中国医药科技出版社, 2015. 3
全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 5067 - 7061 - 3

I. ①制… II. ①周… III. ①制药工业 - 化工原理 - 中医学院 - 教材②制药工业 - 化工设备 - 中医学院 - 教材 IV. ①TQ460

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 017408 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行: 010 - 62227427 邮购: 010 - 62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787 × 1092mm¹/₁₆

印张 22

字数 443 千字

版次 2015 年 3 月第 1 版

印次 2015 年 3 月第 1 次印刷

印刷 三河市百盛印装有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 7061 - 3

定价 48.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

中国医药科技出版社全国高等医药教育 教材工作专家委员会

主任委员 邵明立

副主任委员 肖培根 陈冀胜 刘昌孝 李连达 周俊

委员 (按姓氏笔画排序)

朱 华 (广西中医药大学)

刘 文 (贵阳中医学院)

许能贵 (广州中医药大学)

杨 明 (江西中医药大学)

李 钦 (河南大学药学院)

李金田 (甘肃中医学院)

张万年 (宁夏医科大学药学院)

周桂桐 (天津中医药大学)

段金廛 (南京中医药大学)

高树中 (山东中医药大学)

彭 成 (成都中医药大学)

彭代银 (安徽中医药大学)

曾 渝 (海南医学院)

秘书长 吴少祯

办公室 赵燕宜 浩云涛

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

编写委员会

主任委员 彭 成（成都中医药大学）

副主任委员 朱 华（广西中医药大学）

曾 渝（海南医学院）

杨 明（江西中医药大学）

彭代银（安徽中医药大学）

刘 文（贵阳中医学院）

委 员（按姓氏笔画排序）

王 建（成都中医药大学）

王诗源（山东中医药大学）

尹 华（浙江中医药大学）

邓 赟（成都中医药大学）

田景振（山东中医药大学）

刘友平（成都中医药大学）

刘幸平（南京中医药大学）

池玉梅（南京中医药大学）

许 军（江西中医药大学）

严 琳（河南大学药学院）

严铸云（成都中医药大学）

杜 弢（甘肃中医学院）

李小芳（成都中医药大学）

李 钦（河南大学药学院）

李 峰（山东中医药大学）

杨怀霞（河南中医学院）

杨武德（贵阳中医学院）

吴启南（南京中医药大学）

何 宁 (天津中医药大学)
张 梅 (成都中医药大学)
张 丽 (南京中医药大学)
张师愚 (天津中医药大学)
张永清 (山东中医药大学)
陆兔林 (南京中医药大学)
陈振江 (湖北中医药大学)
陈建伟 (南京中医药大学)
罗永明 (江西中医药大学)
周长征 (山东中医药大学)
周玖瑶 (广州中医药大学)
郑里翔 (江西中医药大学)
赵 骏 (天津中医药大学)
胡昌江 (成都中医药大学)
郭 力 (成都中医药大学)
郭庆梅 (山东中医药大学)
容 蓉 (山东中医药大学)
巢建国 (南京中医药大学)
康文艺 (河南大学药学院)
傅超美 (成都中医药大学)
彭 红 (江西中医药大学)
董小萍 (成都中医药大学)
蒋桂华 (成都中医药大学)
韩 丽 (成都中医药大学)
曾 南 (成都中医药大学)
裴 瑾 (成都中医药大学)

秘 书 长 王应泉
办 公 室 赵燕宜 浩云涛 何红梅 黄艳梅

本书编委会

- 主 编 周长征
- 副主编 江汉美 李春花 李学涛
- 编 委 (按姓氏笔画排序)
- 马 山 (山东中医药大学)
- 王 芳 (济南大学)
- 仝 艳 (河南中医学院)
- 江汉美 (湖北中医药大学)
- 李学涛 (辽宁中医药大学)
- 李春花 (河北中医学院)
- 李瑞海 (辽宁中医药大学)
- 杨凤英 (济南大学)
- 辛义周 (山东中医药大学)
- 张兴德 (南京中医药大学)
- 罗 佳 (成都中医药大学)
- 周长征 (山东中医药大学)
- 贲永光 (广东药学院)
- 都 波 (山东省医药工业设计院)
- 黄 莉 (湖南中医药大学)
- 康怀兴 (山东中医药大学)
- 魏 莉 (上海中医药大学)

出版说明

在国家大力推进医药卫生体制改革，健全公共安全体系，保障饮食用药安全的新形势下，为了更好的贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010 - 2020 年）》和《国家药品安全“十二五”规划》，培养传承中医药文明，具备行业优势的复合型、创新型高等中医药院校药学类专业人才，在教育部、国家食品药品监督管理局的领导下，中国医药科技出版社根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》，组织规划了全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材的建设。

为了做好本轮教材的建设工作，我社成立了“中国医药科技出版社高等医药教育教材工作专家委员会”，原卫生部副部长、国家食品药品监督管理局局长邵明立任主任委员，多位院士及专家任专家委员会委员。专家委员会根据前期全国范围调研的情况和各高等中医药院校的申报情况，结合国家最新药学标准要求，确定首轮建设科目，遴选各科主编，组建“全国普通高等中医药院校药学类‘十二五’规划教材编写委员会”，全面指导和组织教材的建设，确保教材编写质量。

本轮教材建设，吸取了目前高等中医药教育发展成果，体现了涉药类学科的新进展、新方法、新标准；旨在构建具有行业特色、符合医药高等教育人才培养要求的教材建设模式，形成“政府指导、院校联办、出版社协办”的教材编写机制，最终打造我国普通高等中医药院校药学类核心教材、精品教材。

全套教材具有以下主要特点。

一、教材顺应当前教育改革形势，突出行业特色

教育改革，关键是更新教育理念，核心是改革人才培养体制，目的是提高人才培养水平。教材建设是高校教育的基础建设，发挥着提高人才培养质量的基础性作用。教育部《关于普通高等院校“十二五”规划教材建设的几点意见》中提出：教材建设以服务人才培养为目标，以提高教材质量为核心，以创新教材建设的体制机制为突破口，以实施教材精品战略、加强教材分类指导、完善教材评价选用制度为着力点。鼓励编写、出版适应不同类型高等学校教学需要的不同风格和特色的教材。而药学类高等教育的人才培养，有鲜明的行业特点，符合应用型人才培养的条件。编写具有行业特色的规划教材，有利于培养高素质应用型、复合型、创新型人才，是高等医药院校教学改革的体现，是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010 - 2020 年）》的体现。

二、教材编写树立精品意识，强化实践技能培养，体现中医药院校学科发展特色

本轮教材建设对课程体系进行科学设计，整体优化；根据新时期中医药教育改革现状，增加与高等中医药院校药学职业技能大赛配套的《中药传统技能》教材；结合药学应用型特点，同步编写与理论课配套的实验实训教材，独立建设《实验室安全与管理》教材。实现了基础学科与专业学科紧密衔接，主干课程与相关课程合理配置的目标；编写过程注重突出中医药院校特色，适当融入中医药文化及知识，满足 21 世纪复合型人才的需要。

参与教材编写的专家都以科学严谨的治学精神和认真负责的工作态度，以建设有特色的、教师易用、学生易学、教学互动、真正引领教学实践和改革的精品教材为目标，严把编写各个环节，确保教材建设精品质量。

三、坚持“三基五性三特定”的原则，与行业法规标准、执业标准有机结合

本套教材建设将应用型、复合型高等中医药院校药学类人才必需的基本知识、基本理论、基本技能作为教材建设的主体框架，将体现高等中医药教育教学所需的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性作为教材建设灵魂，在教材内容上设立“要点导航、重点小结”模块对其加以明确；使“三基五性三特定”有机融合，相互渗透，贯穿教材编写始终。并且，设立“知识拓展、药师考点”等模块，和执业药师资格考试、新版《药品生产质量管理规范》(GMP)、《药品经营管理质量规范》(GSP) 紧密衔接，避免理论与实践脱节，教学与实际工作脱节。

四、创新教材呈现形式，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化

本轮教材建设注重数字多媒体技术，相关教材陆续建设课程网络资源，藉此实现教材富媒体化，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化，帮助院校及任课教师在 MOOCs 时代进行的教学改革，提高学生学习效果。前期建设中配有课件的科目可到中国医药科技出版社官网 (www.cmstp.com) 下载。

本套教材编写得到了教育部、国家食品药品监督管理总局和中国医药科技出版社全国高等医药教育教材工作专家委员会的相关领导、专家的大力支持和指导；得到了全国高等医药院校、部分医药企业、科研机构专家和教师的支持和积极参与，谨此，表示衷心的感谢！希望以教材建设为核心，为高等医药院校搭建长期的教学交流平台，对医药人才培养和教育教学改革产生积极的推动作用。同时精品教材的建设工作漫长而艰巨，希望各院校师生在教学过程中，及时提出宝贵的意见和建议，以便不断修订完善，更好的为药学教育事业发展和保障人民用药安全服务！

中国医药科技出版社

2014 年 7 月

全国普通高等中医药院校药学类 “十二五”规划教材书目

序号	教材名称	主编	单位
1	无机化学	杨怀霞	河南中医学院
	无机化学实验	刘幸平	南京中医药大学
	无机化学学习指导	杨怀霞	河南中医学院
		刘幸平	南京中医药大学
2	有机化学	杨怀霞	河南中医学院
		刘幸平	南京中医药大学
	有机化学实验	杨怀霞	河南中医学院
		刘幸平	南京中医药大学
		赵骏	天津中医药大学
		杨武德	贵阳中医学院
有机化学学习指导	赵骏	天津中医药大学	
	杨武德	贵阳中医学院	
3	分析化学	张梅	成都中医药大学
		池玉梅	南京中医药大学
4	分析化学实验	池玉梅	南京中医药大学
		容蓉	山东中医药大学
5	仪器分析	邓赞	成都中医药大学
		张师愚	天津中医药大学
		夏厚林	成都中医药大学
6	物理化学	张师愚	天津中医药大学
		陈振江	湖北中医药大学
		郑里翔	江西中医药大学
7	生物化学	董小萍	成都中医药大学
		罗永明	江西中医药大学
		董小萍	成都中医药大学
8	天然药物化学	罗永明	江西中医药大学
		杨明	江西中医药大学
		李小芳	成都中医药大学
9	药剂学	韩丽	成都中医药大学
		曾南	成都中医药大学
		周玖瑶	广州中医药大学
10	药理学实验	周玖瑶	广州中医药大学
		曾南	成都中医药大学
		曾渝	海南医学院
11	药事管理学	何宁	天津中医药大学
		许军	江西中医药大学
		严琳	河南大学
12	药物化学	许军	江西中医药大学
		严琳	河南大学
		彭红	江西中医药大学
	药物化学实验	文红梅	南京中医药大学

续表

序号	教材名称	主编	单位
	药物分析实验	彭红	江西中医药大学
13	中药化学	吴虹 郭力 康文艺	安徽中医药大学 成都中医药大学 河南大学
	中药化学实验	郭力 康文艺	成都中医药大学 河南大学
14	中药鉴定学	吴啟南 朱华	南京中医药大学 广西中医药大学
	中药鉴定学实验	吴啟南	南京中医药大学
15	中药药剂学	傅超美 刘文	成都中医药大学 贵阳中医学院
	中药药剂学实验	傅超美 刘文	成都中医药大学 贵阳中医学院
16	中药分析学	张丽 尹华	南京中医药大学 浙江中医药大学
	中药分析学实验	张丽 尹华	南京中医药大学 浙江中医药大学
17	药用植物学	严铸云 郭庆梅	成都中医药大学 山东中医药大学
	生药学	李钦 陈建伟	河南大学 南京中医药大学
19	中药栽培养殖学	张永清 杜毅	山东中医药大学 甘肃中医学院
	中药资源学	巢建国 裴瑾	南京中医药大学 成都中医药大学
21	中药学	王建 王诗源	成都中医药大学 山东中医药大学
	制药工程原理与设备 制药工程实训	周长征 周长征	山东中医药大学 山东中医药大学
23	中药炮制学	陆兔林 胡昌江	南京中医药大学 成都中医药大学
	中药炮制学实验	陆兔林 胡昌江	南京中医药大学 成都中医药大学
24	中药商品学	李峰 蒋桂华	山东中医药大学 成都中医药大学
	中药商品学实验实训	李峰 蒋桂华	山东中医药大学 成都中医药大学
25	中药药理学	彭成 彭代银	成都中医药大学 安徽中医药大学
	中药传统技能	田景振	山东中医药大学
27	实验室管理与安全	刘友平	成都中医药大学
28	理化基本技能训练	刘友平	成都中医药大学

本书是全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材之一，依照教育部相关文件精神，根据本专业教学要求和课程特点，结合《中国药典》和《药品生产质量管理规范》（GMP）编写而成。

制药工程原理与设备是运用药学、工程学、经济学及其他相关学科的理论和方法研究和探讨制药过程中原料、半成品和成品的生产原理与制药装备的一门应用性学科。

全书主要介绍了制药生产过程中的典型单元操作与主要设备。以动量传递、热量传递和质量传递为主线，系统地阐明制药工程的基本原理和实现制药单元操作的设备。动量传递过程是研究以流体力学为基础的基本原理和设备，包括流体流动、流量的测量与设备、流体的输送机械、非均相混合物的分离与机械、液体搅拌与机械等；热量传递过程是研究以热量传递为基础的基本原理和设备，包括加热、冷却、蒸发、冷凝以及换热器和蒸发器等；质量传递过程是研究以物质通过相界面的迁移过程为基础的基本原理和装备，如液体精馏、干燥、中药提取流程及其设备等。以药物制剂的生产工艺流程为顺序，分别介绍药物前处理设备、制剂的成型设备（包括固体制剂和液体制剂生产设备）、药品包装与包装设备等。此外，书中还介绍了制剂工程设计的内容。

本书结合最新版 GMP，体现制药工业的新技术和新设备，内容全面，层次清晰，深入浅出，实用性强。主要供高等中医药院校中药学、药学、制药工程、药物制剂专业及相关专业教学使用，也可供制药行业从事研究、设计和生产的工程技术人员参考，还可作为医药行业考试与培训的参考用书。

本书所引用的主要参考文献在文后列出，由于篇幅所限，其余参考文献没有一一列出，在此对相关文献的作者表示感谢。

编者
2015年3月

* 绪 论

一、制药生产过程与单元操作	1
二、物料衡算与能量衡算	2
三、单位制与单位换算	3
四、GMP 与制药设备	3
五、制剂车间工艺设计简介	4

* 第一章 流体流动

第一节 流体静力学基本方程式	6
一、流体的密度	6
二、流体的静压强	7
三、流体静力学基本方程式	8
四、流体静力学基本方程式的应用	9
第二节 流体流动的基本方程式	11
一、基本概念	11
二、连续性方程——物料衡算	13
三、伯努利方程——能量衡算	14
四、伯努利方程式的应用	16
第三节 流体在管内的流动	17
一、流体流动类型与雷诺数	17
二、边界层	18
三、流体在直管内的流动阻力	19
四、局部阻力损失	23
五、流体总能量损失的计算	24
六、降低流动阻力的途径	26
第四节 流速和流量的测量	27

一、测速管	27
二、孔板流量计	28
三、文丘里流量计	30
四、转子流量计	30

* 第二章 流体输送机械

第一节 液体输送机械	33
一、离心泵	33
二、其他类型的泵	47
第二节 气体输送机械	50
一、通风机	51
二、鼓风机	53
三、压缩机	53
四、真空泵	55

* 第三章 分离与搅拌

第一节 沉 降	58
一、重力沉降	58
二、离心沉降	63
第二节 过 滤	66
一、过滤操作的基本概念	66
二、过滤基本方程	68
三、过滤过程的计算	69
四、过滤设备	71
五、滤饼的洗涤	74
六、提高过滤生产能力的措施	75
第三节 离心分离	75
一、概述	75
二、离心沉降设备	76
三、离心过滤设备	77
第四节 搅 拌	79
一、机械搅拌装置的构成	79
二、搅拌器的类型	79
三、混合机制	81

四、搅拌器的强化	82
五、搅拌装置的选型	84

第四章 传 热

第一节 热传导	87
一、傅立叶定律	87
二、导热系数	88
三、平壁热传导	88
四、圆筒壁的稳定热传导	90
第二节 对流传热	91
一、对流传热的分析	91
二、对流传热流量方程和对流传热系数	92
三、影响对流传热系数的主要因素	92
第三节 传热过程计算	94
一、热量衡算	94
二、总传热系数 K	94
三、平均温度差的计算	95
四、稳定传热的计算	97
第四节 换热器	98
一、间壁式换热器的类型	98
二、间壁式换热器强化传热的途径	104

第五章 蒸 发

第一节 单效蒸发	107
一、单效蒸发流程	107
二、单效蒸发的计算	107
三、减压蒸发	110
四、蒸发器的生产强度	111
第二节 多效蒸发	112
一、多效蒸发流程	112
二、多效蒸发的计算	113
三、多效蒸发与单效蒸发的比较	114
四、蒸发过程的节能措施	115
第三节 蒸发设备	115

一、蒸发器	115
二、蒸发器的辅助设备	119
三、蒸发器的选型	120

第六章 蒸 馏

第一节 双组分理想物系气液平衡	121
一、拉乌尔定律和相律	122
二、挥发度和相对挥发度	122
三、气液平衡相图	123
第二节 蒸馏方法	125
一、简单蒸馏与平衡蒸馏	125
二、精馏原理	125
三、精馏流程	127
第三节 双组分连续精馏的计算	128
一、理论板的概念与恒摩尔流假定	128
二、物料衡算和操作线方程	129
三、回流比的影响与选择	133
四、精馏塔的操作与调节	135
五、精流装置的节能	136
第四节 蒸馏设备	137
一、板式塔	137
二、填料塔	140
三、填料塔与板式塔的比较	144
第五节 恒沸精馏和萃取精馏	144
一、恒沸精馏	145
二、萃取精馏	145
三、萃取精馏与恒沸精馏的比较	146

第七章 干 燥

第一节 湿空气的性质和湿度图	148
一、湿空气的性质	148
二、湿空气的 $H-I$ 图	151
第二节 干燥过程的物料衡算与热量衡算	154
一、干燥过程的物料衡算	154

二、干燥过程的热量衡算	155
第三节 干燥速率与干燥时间	157
一、物料中所含水分的性质	157
二、干燥特性曲线	158
三、恒定干燥条件下干燥时间的计算	160
第四节 干燥器	162
一、干燥器的基本要求	162
二、干燥器的分类	162
三、干燥器的选型与操作	176

* 第八章 药物的前处理设备

第一节 中药前处理设备	178
一、净制设备	178
二、切制设备	179
三、炮制设备	182
四、干燥设备	182
第二节 粉碎设备	183
一、概述	183
二、粉碎的基本原理	183
三、粉碎方法	184
四、粉碎设备	186
五、粉碎设备的应用	192
第三节 筛分设备	193
一、概述	193
二、常用的筛分设备	194
三、筛分效果的评价	196
第四节 混合设备	197
一、概述	197
二、混合程度的表示方法	198
三、混合设备	199
四、影响混合的因素	201
五、混合设备的选择与应用	202