



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪(第二版) 全国高等中医药院校规划教材



# 中药制药工程 原理与设备

供中药类专业用

主编 刘落宪

中国中医药出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新世纪全国高等中医药院校规划教材

# 中药制药工程原理与设备

(新世纪第二版)

(供中药类专业用)

**主 编** 刘落宪 (北京中医药大学)  
**副主编** 黄耀洲 (南京中医药大学)  
杨 崧 (湖南中医药大学)  
邢黎明 (陕西中医学院)  
李永吉 (黑龙江中医药大学)  
**主 审** 王韵珊 (中国药科大学)  
张塾厚 (北京机械工程学院)

中国中医药出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

中药制药工程原理与设备/刘落宪主编. —北京:中国中医药出版社,2003.7(2007.5重印)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-80156-364-4

I. 中… II. 刘… III. ①中药加工-原理-中医学院-教材  
②中草药加工设备-中医学院-教材

IV. ①R282.4②TH788

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 100972 号

(第二版)

(学大医国中京北) 刘落宪 主 编

(学大医国中京南) 刘落宪 主 编

(学大医国中南东) 刘落宪 主 编

(学大医国中西北) 刘落宪 主 编

(学大医国中东南) 刘落宪 主 编

(学大医国中西南) 刘落宪 主 编

(学大医国中东北) 刘落宪 主 编

(学大医国中华中) 刘落宪 主 编

中国中医药出版社出版

北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层

邮政编码:100013

传真:64405750

河北欣航测绘院印刷厂印刷

各地新华书店经销

开本 850×1168 1/16 印张 30.75 字数:710 千字

2007 年 5 月第 2 版 2007 年 5 月第 5 次印刷

书 号 ISBN 978-7-80156-364-4 册数 5000

\*

定 价:37.00 元

网 址 www.cptcm.com

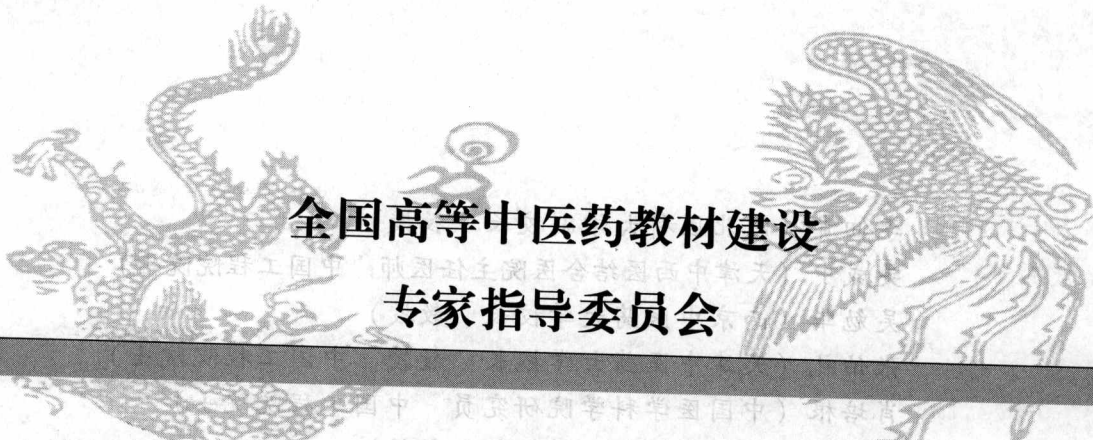
如有质量问题请与本社出版部调换

版权所有 侵权必究

社长热线 010 64405720

读者服务部电话:010 64065415 010 84042153

书店网址:csln.net/qksd/



# 全国高等中医药教材建设 专家指导委员会

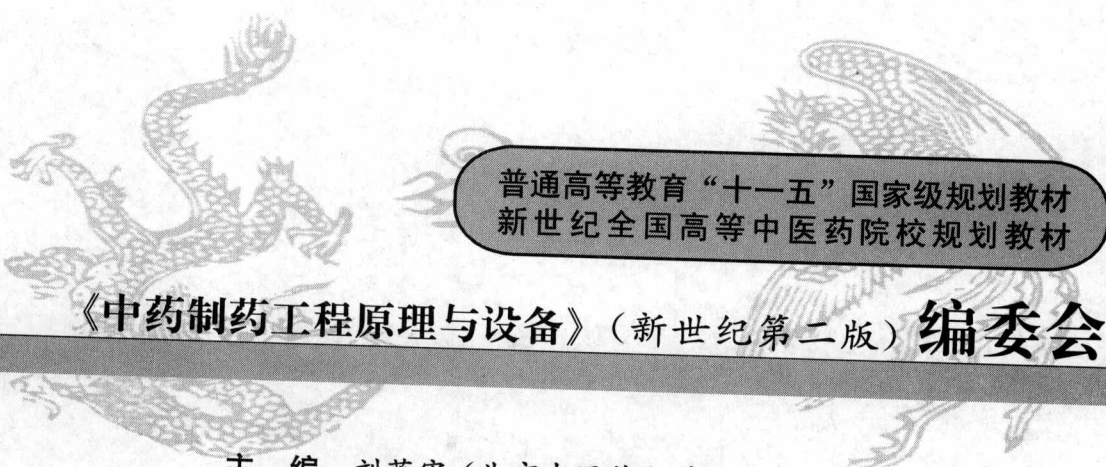
- 名誉主任委员** 李振吉 (世界中医药学会联合会副主席兼秘书长)  
邓铁涛 (广州中医药大学 教授)
- 主任委员** 于文明 (国家中医药管理局副局长)
- 副主任委员** 王永炎 (中国中医科学院名誉院长 教授 中国工程院院士)  
高思华 (国家中医药管理局科技教育司司长)
- 委员** (按姓氏笔画排列)
- 马 骥 (辽宁中医药大学校长 教授)  
王绵之 (北京中医药大学 教授)  
王 键 (安徽中医学院院长 教授)  
王 华 (湖北中医学院院长 教授)  
王之虹 (长春中医药大学校长 教授)  
王乃平 (广西中医学院院长 教授)  
王北婴 (国家中医药管理局中医师资格认证中心主任)  
王新陆 (山东中医药大学校长 教授)  
尤昭玲 (湖南中医药大学校长 教授)  
石学敏 (天津中医药大学教授 中国工程院院士)  
尼玛次仁 (西藏藏医学院院长 教授)  
龙致贤 (北京中医药大学 教授)  
匡海学 (黑龙江中医药大学校长 教授)  
任继学 (长春中医药大学 教授)  
刘红宁 (江西中医学院院长 教授)  
刘振民 (北京中医药大学 教授)  
刘延祯 (甘肃中医学院院长 教授)  
齐 昉 (首都医科大学中医药学院院长 教授)  
严世芸 (上海中医药大学 教授)  
杜 健 (福建中医学院院长 教授)  
李庆生 (云南中医学院院长 教授)  
李连达 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)

- 李佃贵 (河北医科大学副校长 教授)
- 吴咸中 (天津中西医结合医院主任医师 中国工程院院士)
- 吴勉华 (南京中医药大学校长 教授)
- 张伯礼 (天津中医药大学校长 教授 中国工程院院士)
- 肖培根 (中国医学科学院研究员 中国工程院院士)
- 肖鲁伟 (浙江中医药大学校长 教授)
- 陈可冀 (中国中医科学院研究员 中国科学院院士)
- 周仲瑛 (南京中医药大学 教授)
- 周 然 (山西中医学院院长 教授)
- 周铭心 (新疆医科大学副校长 教授)
- 洪 净 (国家中医药管理局科技教育司副司长)
- 郑守曾 (北京中医药大学校长 教授)
- 范昕建 (成都中医药大学校长 教授)
- 胡之璧 (上海中医药大学教授 中国工程院院士)
- 贺兴东 (世界中医药学会联合会 副秘书长)
- 徐志伟 (广州中医药大学校长 教授)
- 唐俊琦 (陕西中医学院院长 教授)
- 曹洪欣 (中国中医科学院院长 教授)
- 梁光义 (贵阳中医学院院长 教授)
- 焦树德 (中日友好医院 主任医师)
- 彭 勃 (河南中医学院院长 教授)
- 程莘农 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)
- 谢建群 (上海中医药大学常务副校长 教授)
- 路志正 (中国中医科学院 研究员)
- 颜德馨 (上海铁路医院 主任医师)
- 王 键 (安徽中医学院院长 教授)
- 洪 净 (国家中医药管理局科教司副司长)
- 王国辰 (中国中医药出版社社长)
- 范吉平 (中国中医药出版社副社长)

秘 书 长

办 公 室 主 任

办 公 室 副 主 任



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新世纪全国高等中医药院校规划教材

《中药制药工程原理与设备》(新世纪第二版) **编委会**

**主 编** 刘落宪(北京中医药大学)

**副主编** 黄耀洲(南京中医药大学)

杨 崧(湖南中医药大学)

邢黎明(陕西中医学院)

李永吉(黑龙江中医药大学)

**编 委** (按姓氏笔画排序)

王 沛(长春中医药大学)

王志萍(广西中医学院)

王宝华(北京中医药大学)

刘先进(安徽中医学院)

孙 铭(首都医科大学中医药学院)

胡乃合(山东中医药大学)

徐 晶(辽宁中医药大学)

**主 审** 王韵珊(中国药科大学)

张塾厚(北京机械工程学院)

## 再版前言

“新世纪全国高等中医药院校规划教材”是全国唯一的行业规划教材。由“政府指导，学会主办，院校联办，出版社协办”。即：教育部、国家中医药管理局宏观指导；全国中医药高等教育学会及全国高等中医药教材建设研究会主办，具体制定编写原则、编写要求、主编遴选和组织编写等工作；全国26所高等中医药院校学科专家联合编写；中国中医药出版社协助编写管理工作和出版。目前新世纪第一版中医学、针灸推拿学和中药学三个专业46门教材，已相继出版3~4年，并在全国各高等中医药院校广泛使用，得到广大师生的好评。其中34门教材遴选为教育部“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”，41门教材遴选为教育部“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”（有32门教材连续遴选为“十五”、“十一五”国家级规划教材）。2004年本套教材还被国家中医药管理局中医师资格认证中心指定为执业中医师、执业中医助理医师和中医药行业专业技术资格考试的指导用书；2006年国家中医、中西医结合执业医师、执业助理医师资格考试和中医药行业专业技术资格考试大纲，均依据“新世纪全国高等中医药院校规划教材”予以修改。

新世纪规划教材第一版出版后，国家中医药管理局高度重视，先后两次组织国内有关专家对本套教材进行了全面、认真的评议。专家们的总体评价是：“本次规划教材，体现了继承与发扬、传统与现代、理论与实践的结合，学科定位准确，理论阐述系统，概念表述规范，结构设计合理，印刷装帧格调健康，风格鲜明，教材的科学性、继承性、先进性、启发性及教学适应性较之以往教材都有不同程度的提高。”同时也指出了存在的问题和不足。全国中医药高等教育学会、全国高等中医药教材建设研究会也投入了大量的时间和精力，深入教学第一线，分别召开以学校为单位的座谈会17次，以学科为单位的研讨会15次，并采用函评等形式，广泛征求、收集全国各高等中医药院校有关领导、专家，尤其是一线任课教师的意见和建议，为本套教材的进一步修订提高做了大量工作，这在中医药教育和教材建设史上是前所未有的。这些工作为本套教材的修订打下了坚实的基础。

2005年10月，新世纪规划教材第二版的修订工作全面启动。修订原则是：①有错必纠。凡第一版中遗留的错误，包括错别字、使用不当的标点符号、不规范的计量单位和不规范的名词术语、未被公认的学术观点等，要求必须纠正。②精益求精。凡表述欠准确的观点、表达欠畅的文字和与本科教育培养目的不相适应的内容，予以修改、精练、删除。③精编瘦身。针对课时有限，教材却越编越厚的反应，要求精简内容、精练文字、缩编瘦身。尤其是超课时较多的教材必须“忍痛割爱”。④根据学科发展需要，增加相应内容。⑤吸收更多院校的学科专家参加修订，使新二版教材更具代表性，学术覆盖面更广，能够全面反应全国高等中医药教学的水平。总之，希冀通过修订，使教材语言更加精炼、规范，内容准确，结构合理，教学适应性更强，成为本学科的精品教材。

根据以上原则，各门学科的主编和编委们以极大的热情和认真负责的态度投入到紧张的

# 言簡則再

修订工作中。他们挤出宝贵的时间，不辞辛劳，精益求精，确保了46门教材的修订按时按质完成，使整套教材内容得到进一步完善，质量有了新的提高。

教材建设是一项长期而艰巨的系统工程，此次修订只是这项宏伟工程的一部分，它同样要接受教学实践的检验，接受专家、师生的评判。为此，恳请各院校学科专家、一线教师和学生一如既往关心、关注新世纪第二版教材，及时提出宝贵意见，从中再发现问题与不足，以便进一步修改完善或第三版修订提高。

全国中医药高等教育学会

全国高等中医药教材建设研究会

2006年10月

① 吴佩孚，安徽全椒人，曾任安徽全椒县副县长，1982年10月，任安徽全椒县副县长，1985年任安徽全椒县副县长，1988年任安徽全椒县副县长，1991年任安徽全椒县副县长，1994年任安徽全椒县副县长，1997年任安徽全椒县副县长，2000年任安徽全椒县副县长，2003年任安徽全椒县副县长，2006年任安徽全椒县副县长。

② 吴佩孚，安徽全椒人，曾任安徽全椒县副县长，1982年10月，任安徽全椒县副县长，1985年任安徽全椒县副县长，1988年任安徽全椒县副县长，1991年任安徽全椒县副县长，1994年任安徽全椒县副县长，1997年任安徽全椒县副县长，2000年任安徽全椒县副县长，2003年任安徽全椒县副县长，2006年任安徽全椒县副县长。

③ 吴佩孚，安徽全椒人，曾任安徽全椒县副县长，1982年10月，任安徽全椒县副县长，1985年任安徽全椒县副县长，1988年任安徽全椒县副县长，1991年任安徽全椒县副县长，1994年任安徽全椒县副县长，1997年任安徽全椒县副县长，2000年任安徽全椒县副县长，2003年任安徽全椒县副县长，2006年任安徽全椒县副县长。

④ 吴佩孚，安徽全椒人，曾任安徽全椒县副县长，1982年10月，任安徽全椒县副县长，1985年任安徽全椒县副县长，1988年任安徽全椒县副县长，1991年任安徽全椒县副县长，1994年任安徽全椒县副县长，1997年任安徽全椒县副县长，2000年任安徽全椒县副县长，2003年任安徽全椒县副县长，2006年任安徽全椒县副县长。



# 修订说明

中药制药工程原理与设备是中药类专业的主要专业课。中药制药工程是结合中药生产的特点,运用现代科学技术及装备,研究中药生产工艺的综合性应用技术。

近些年来,中药生产技术有了很大的发展。随着中药生产现代化及产业化步伐的加快,迫切需要对中药生产工艺技术进行深入的研究和大力发展。为适应这一需要,本教材特别注意突出以下几个方面:

1. 各单元编排顺序与药品制造工艺逻辑性、系统性结合。
2. 基础理论系统完整,重点突出;基础理论与生产应用结合。
3. 各类操作单元的综合应用。
4. 设备结构表达,工作原理分析以及先进设备的应用。
5. 车间工艺设计符合 GMP 的规定。

本教材编写过程中,不仅力求将各单元操作的基本理论介绍清楚,而且力求处理好各类单元操作的基本理论与各相关单元操作间综合应用的关系,处理好理论与实际生产应用及设备的关系。

本教材以基础理论为重心,各单元相对独立;以中药制造工艺为主线,准确反映中药制造工艺的逻辑性,提高知识的综合运用水平。使读者加深对制药工程理论的理解,让读者了解清楚药品制造工艺路线及各相关环节。

全书共 12 章,分别介绍了流体流动,液体搅拌,输送机械,粉碎、筛分与混合,固液萃取,过滤与沉降,传热与蒸发,蒸馏,干燥,成型设备与包装设备,工艺设计和中药制剂工艺工程化概论。

本教材可供中医药院校中药类各专业本科教学使用。课时 108 学时,其中课堂讲授、习题课和讨论课 72 学时,实验 36 学时。具体授课可按教学大纲安排。

本书在编写过程中,部分章节得到了清华大学朱克勤教授和北京中医药大学孙秀华教授的大力帮助,在此特表示感谢。同时向对本书编写提出宝贵意见的姚淑娟、史新元等同志表示衷心的感谢。对本教材各编委所在的院校领导在编写的过程中给予的大力支持表示感谢。

由于时间仓促,又限于作者的水平,书中难免有欠妥、不当甚至错误之处,敬请广大读者和同仁提出宝贵意见,以便下次修订时改正。

刘落宪

2007 年 2 月于北京

# 目 录

绪论 .....	1	三、管路上的局部阻力计算 .....	37
一、中药制药工程与设备研究的对象 .....	1	四、管路计算 .....	39
二、制药工程的内容 .....	1	<b>第二章 液体搅拌</b> .....	47
三、单元操作中常用的基本概念 .....	2	第一节 混合机理 .....	48
<b>第一章 流体流动</b> .....	4	一、混合效果的度量 .....	48
一、流体的密度与比体积 .....	4	二、液体混合机理 .....	49
二、流体的可压缩性与热膨胀性 .....	5	第二节 搅拌器 .....	50
三、液体的表面张力 .....	6	一、搅拌器的类型及其性能 .....	50
四、流体的流动性 .....	7	二、搅拌器的强化措施 .....	53
第一节 流体的平衡 .....	7	三、搅拌器的选型 .....	55
一、作用于流体上的力 .....	7	第三节 搅拌功率 .....	56
二、流体平衡的基本方程 .....	8	一、搅拌器混合效果与功率消耗 .....	57
三、重力场中非均质流体的平衡 .....	11	二、均相液体的搅拌功率 .....	57
第二节 流体在管内的流动 .....	11	三、非均相液体的搅拌功率 .....	62
一、流量与流速 .....	11	四、非牛顿流体的搅拌功率 .....	63
二、定态流动与非定态流动 .....	12	第四节 搅拌器的放大 .....	64
三、管内定态流动的质量守恒方程 .....	13	一、放大基础 .....	64
四、黏度 .....	13	二、按功率数据放大 .....	65
五、流体定态流动时的机械能能量衡算 .....	16	三、按工艺结果放大 .....	65
六、流体流动的类型与雷诺数 .....	20	第五节 其他类型搅拌器 .....	68
七、圆形直管内完全发展管流流速的分布 .....	22	一、磁力搅拌器 .....	68
八、流体绕物流动(边界层理论) .....	26	二、液流搅拌器 .....	69
第三节 流体在管内的流动阻力与管路计算 .....	30	三、气流搅拌 .....	69
一、圆形直管阻力损失计算及摩擦因数 .....	30	<b>第三章 输送机械</b> .....	72
二、流体在非圆形直管内的阻力损失计算 .....	34	第一节 液体输送机械 .....	72
		一、叶片泵 .....	72
		二、容积式泵 .....	87
		第二节 气体输送机械 .....	91
		一、通风机 .....	92
		二、鼓风机 .....	95

三、压缩机 .....	96	一、概述 .....	147
四、真空泵 .....	97	二、超临界萃取工艺流程及应用 .....	149
<b>第三节 固体输送机械 .....</b>	<b>102</b>	<b>第六章 过滤与沉降 .....</b>	<b>154</b>
一、挠性牵引构件输送机械 .....	103	<b>第一节 过滤 .....</b>	<b>155</b>
二、无挠性牵引构件输送机械 .....	104	一、过滤操作的基本概念 .....	155
三、气力输送装置 .....	105	二、过滤机 .....	158
<b>第四章 粉碎筛分与混合 .....</b>	<b>109</b>	三、过滤方程 .....	162
<b>第一节 粉碎 .....</b>	<b>109</b>	四、过滤机的生产能力 .....	169
一、概述 .....	109	五、超滤 .....	172
二、粉碎机理 .....	111	<b>第二节 沉降 .....</b>	<b>174</b>
三、粉碎的能量定律 .....	111	一、重力沉降 .....	174
四、粉碎方法 .....	112	二、离心沉降 .....	180
五、粉碎机械 .....	114	<b>第三节 离心分离 .....</b>	<b>186</b>
<b>第二节 筛分 .....</b>	<b>121</b>	一、离心分离的概念 .....	186
一、概述 .....	121	二、离心机 .....	187
二、药筛的类型及标准 .....	121	<b>第四节 气体净制 .....</b>	<b>191</b>
三、分离效率 .....	122	一、过滤净制 .....	191
四、筛分机械 .....	124	二、湿法净制 .....	192
<b>第三节 混合 .....</b>	<b>125</b>	三、气体的电净制 .....	193
一、混合机理 .....	125	四、洁净车间空气净化系统 .....	194
二、混合程度 .....	125	<b>第七章 传热与蒸发 .....</b>	<b>199</b>
三、混合机械 .....	127	<b>第一节 概述 .....</b>	<b>199</b>
四、影响混合的因素 .....	129	一、传热过程中热交换的方式 .....	199
<b>第五章 固-液萃取 .....</b>	<b>131</b>	二、传热基本概念 .....	200
<b>第一节 提取 .....</b>	<b>131</b>	<b>第二节 热传导 .....</b>	<b>201</b>
一、提取时的扩散速率 .....	132	一、等温面与温度梯度 .....	201
二、提取方法 .....	133	二、傅立叶定律 .....	202
三、提取工艺流程 .....	134	三、导热系数 .....	202
<b>第二节 浸出过程计算 .....</b>	<b>137</b>	四、平壁的热传导 .....	202
一、浸提量的计算 .....	137	五、圆筒壁的热传导 .....	205
二、浸提时间的计算 .....	141	<b>第三节 对流传热 .....</b>	<b>206</b>
三、提取工艺参数对提取过程的影响 .....	143	一、基本概念 .....	206
<b>第三节 提取设备 .....</b>	<b>143</b>	二、对流热流量方程式 .....	207
一、间歇式提取设备 .....	144	三、对流传热系数及影响因素 .....	209
二、连续提取设备 .....	145	<b>第四节 辐射传热 .....</b>	<b>210</b>
<b>第四节 超临界流体萃取 .....</b>	<b>147</b>	一、基本概念 .....	210
		二、物体间的辐射传热 .....	211

三、设备热损失的计算	211	三、用相对挥发度表示的气液相平衡	270
第五节 传热计算	213	四、两组分理想溶液的气液相平衡图	271
一、总热流量方程	213	五、双组分非理想物系的气液相平衡图	274
二、总传热系数	215	第二节 平衡蒸馏和简单蒸馏	276
三、平均温度差的计算	217	一、平衡蒸馏	277
四、流体流向的选择	221	二、简单蒸馏	277
五、壁温的计算	222	第三节 精馏原理、操作流程及计算	278
第六节 热交换器	223	一、精馏原理、设备及操作流程	278
一、管式热交换器	223	二、理想物系双组分连续精馏的计算	286
二、板式热交换器	228	三、间歇精馏	303
三、各种间壁式换热器的比较	231	第四节 特殊蒸馏	303
四、强化传热过程的途径	231	一、恒沸精馏	304
五、换热器的使用	232	二、萃取精馏	305
第七节 蒸发设备	233	三、水蒸气蒸馏	306
一、蒸发器	234	第九章 干燥	309
二、蒸发器附属设备	239	一、干燥的分类	309
三、蒸发器的选型	242	二、干燥的基本原理和干燥条件	310
第八节 单效蒸发	244	第一节 湿空气的性质和焓-湿度图	311
一、单效蒸发流程	244	一、湿空气的性质	311
二、单效蒸发计算	244	二、湿空气的焓-湿度图	317
三、蒸发器的生产强度	249	三、焓-湿度图的应用	320
四、溶液的沸点与传热温度差损失	250	第二节 干燥过程的物料衡算和热量衡算	323
五、真空蒸发	251	一、干燥过程的物料衡算	323
第九节 多效蒸发	252	二、干燥过程的热量衡算	326
一、多效蒸发流程	253	第三节 干燥速率与干燥时间	330
二、多效蒸发计算	254	一、物料中所含水分的性质	330
三、多效蒸发与单效蒸发的比较	262	二、恒定干燥条件下的干燥特性	331
四、蒸发过程的节能措施	263	三、恒定操作条件下干燥时间的计算	334
第八章 蒸馏	267	第四节 干燥设备	337
一、蒸馏过程的分类	267		
二、蒸馏过程的特点	268		
三、蒸馏操作的应用	268		
第一节 双组分溶液的气液相平衡	268		
一、相律	268		
二、理想物系的气液相平衡	269		

一、厢式干燥器	337	第二节 车间设计	392
二、带式干燥器	338	一、设计方案	392
三、流化床干燥器	340	二、生产工艺流程设计	392
四、转鼓干燥器	343	三、物料衡算	392
五、喷雾干燥器	344	四、能量衡算	393
六、闪蒸干燥器	347	五、设备选择	393
七、冷冻干燥器	348	六、车间布置	393
八、红外线辐射干燥	351	七、工艺管路设计	393
九、微波干燥	354	八、非工艺设计项目	394
十、组合干燥	356	九、编制概算书	395
十一、干燥器的基本要求和选用原则	357	十、编制工艺设计文件	395
<b>第十章 成型设备与包装设备</b>	361	<b>第三节 洁净技术与 GMP 验证</b>	396
第一节 丸剂生产设备	361	一、通风、空调与净化	396
一、丸剂的塑制设备	361	二、洁净室的平面布置、洁净室的 装修要求	398
二、丸剂的泛制设备	364	三、空气净化系统与洁净区环境的验证	399
三、丸剂的滴制设备	364	<b>第十二章 中药制剂工艺工程化概论</b>	401
第二节 片剂的设备	366	第一节 中间体生产工艺	401
一、造粒设备	366	一、中药材前处理生产工艺	401
二、压片设备	370	二、中药中间体(浸膏)生产工艺	402
三、净片与包衣设备	374	三、中间体生产车间布置	404
第三节 液体制剂设备	377	第二节 片剂生产工艺	406
一、安瓿的洗涤设备	377	一、工艺流程图及区域划分	406
二、注射剂灌封设备	380	二、生产主要工序及设备	406
三、口服液灌封设备	381	三、片剂车间布置形式	408
第四节 胶囊剂的设备	382	第三节 颗粒剂生产工艺	409
一、硬胶囊剂设备	382	一、生产流程图、区域划分及生产 主要工序	410
二、软胶囊剂设备	383	二、颗粒剂车间布置形式	411
第五节 包装设备	384	第四节 胶囊剂生产工艺	411
一、袋封装设备——制袋充填封口 包装机	384	一、硬胶囊剂生产工艺	411
二、铝/塑、铝/铝封装设备	385	二、软胶囊剂生产工艺	412
三、瓶包装设备	386	三、胶囊剂车间平面布置形式	413
<b>第十一章 工艺设计</b>	388	第五节 液体制剂的生产工艺	415
第一节 平面设计原则	388	一、注射剂的生产工艺	415
一、总体设计	388	二、大容量注射剂	416
二、车间平面布置原则	389		

三、中药粉针剂生产工艺·····	418	六、某些气体的重要物理性质·····	435
四、口服液生产工艺·····	419	七、常用固体材料的重要物理性质·····	436
五、液体制剂车间布置举例·····	421	八、管子规格·····	437
<b>第六节 丸剂的生产工艺</b> ·····	422	九、IS型单级单吸离心泵性能表(摘录)	439
一、蜜丸剂生产工艺·····	423	十、4-72-11型离心通风机规格(摘录)	443
二、水丸、水蜜丸生产工艺·····	424	十一、标准筛目·····	444
三、中药滴丸生产工艺·····	425	十二、搅拌器的结构型式及其有关参数	445
<b>附录</b> ·····	427	十三、部分专业名词中英文对照·····	449
一、常用物理量的SI单位与量纲·····	427	十四、部分人名中英文对照·····	470
二、干空气的物理性质·····	428		
三、水的物理性质·····	429		
四、水蒸气的物理性质·····	431		
五、某些液体的重要物理性质·····	435		

## 绪论

制药工程原理与设备是一门实践性很强的学科,其理论直接涉及药品制造工艺。中药制药工程原理与设备是运用化学工程学的原理与方法,研究和探讨中药制药过程中从原料、半成品到成品,利用相应的设备进行加工的过程与方法的一门学科。该门学科所涉及的是没有化学反应的纯物理过程的加工处理,即单元操作。在教材中,一般以每一单元的单元操作内容编为一章。

中药制药工程原理是以实验为基础的学科,其理论分析是建立在大量实验基础之上的,因此在其数学解析分析中经常借助实验进行。工程计算中,除借助于理论分析外,还经常需要建立经验公式以弥补理论分析的不足。

### 一、中药制药工程与设备研究的对象

中药药品,种类繁多,原料复杂,从原药材到成药需要一定的加工过程。这一过程涉及许多单元操作的内容,以及相关的基本理论,如流体流动,药材物料的粉碎、筛分与混合,固液萃取,液体的过滤与沉降,传热与蒸发,干燥,成型等。每一单元操作都在一定的设备中进行,而设备的布置需要按照生产工艺要求和“药品生产质量管理规范”进行车间工艺设计。药品的生产要在符合“药品生产质量管理规范”的环境下进行。因此,中药药品生产过程所涉及的基本理论、单元操作内容与相关的生产设备和制剂车间的工艺设计均属于中药制药工程研究的对象。

### 二、制药工程的内容

物系内某物理量从高强度区域自动地向低强度区域转移的过程称为传递过程,也称传递现象,是自然界和生产中普遍存在的现象。对于物系的每一个具有强度性质的物理量如速度、温度、浓度等都存在着相对平衡的状态。当物系偏离平衡状态时,就会发生某种物理量的这种转移过程,使物系趋向平衡状态,如物系内温度不均匀,则热量将由高温区向低温区传递。在制药生产中所处理的物料主要是固体和流体,所传递的物理量是动量、能量、质量。因此,涉及到的有:动量传递,如流体输送、过滤、沉降和搅拌等;热量传递,如加热、冷却和蒸发等;质量传递,如固液萃取和蒸馏等三种传递过程。亦称“三传”。这三种传递原理和计算方法的研究,是单元操作研究的基础,是本书研究的理论基础。在制药设备中,因所发生的过程不同,三种传递过程可能分别单独存在,也可能是其中任意两种或三种过程同时存在,如干燥过程。

此外还包括:机械过程如粉碎、筛分与混合,药剂成型等;药厂与车间的工艺设计。

研究传递过程时,通常按三种不同的尺度进行,即分子尺度、微团尺度和设备尺度。

1. 分子尺度上的研究 考察分子运动引起的动量、热量和质量的传递。用分子运动论的

观点,借助统计方法,讨论传递规律,如黏性流体流动的牛顿黏性定律,热传导中的傅立叶定律和分子扩散中的菲克定律。

**2. 微团尺度上的研究** 考察流体微团即流体质点运动所造成的动量、热量和质量的传递,忽略流体分子间的空隙,将流体视为连续介质,使用连续函数的数学工具,从能量守恒和质量守恒原理出发,用微分方程的形式描述传递规律,如连续性方程、能量方程和对流扩散方程等。

**3. 设备尺度上的研究** 考察流体在设备中的整体运动所导致的动量、热量和质量传递,以能量守恒和质量守恒原理为基础,在一定范围内进行总体衡算,建立有关的方程,如搅拌过程中的搅拌功率计算和搅拌器的放大准则。

### 三、单元操作中常用的基本概念

#### (一) 物料衡算

在生产过程中,投入的原料量、产出的产品量和加工过程物料的损失量之间的关系需根据物料衡算得出。根据质量守恒定律对物料进行衡算,有

$$\sum m_i = \sum m_o + m_A \quad (1)$$

或

$$\sum m_i = \sum m_o \quad (2)$$

式中  $\sum m_i$ ——输入物料的总和;

$\sum m_o$ ——输出的物料总和;

$m_A$ ——积累的物料量。

上式是物料衡算的通式,适用于任何指定空间范围内加入生产过程的物料。当没有化学变化时,式1适用于物料中任一组分的衡算;当有化学变化时,式1仅适用于任一元素的衡算。间歇操作时,物料衡算以一批物料为基准,若过程中有积累物料量  $m_A$ ,为非定态过程,符合式1;连续操作时,物料衡算以单位时间为基准,在连续不断的操作作业中,常为定态过程,无积累物料量  $m_A$ ,符合式2。

#### (二) 能量衡算

机械能、热能、化学能、电能、原子能等统称能量,它们之间能量形式可以互相转换,能量衡算的依据是能量守恒定律。本教材重点讨论的能量计算主要涉及机械能与热能,其能量衡算的方法和过程将在有关章节中加以说明。

#### (三) 过程速率

过程速率表明过程进行的快慢。过程的推动力越大,阻力越小,过程进行得越快。过程的推动力、阻力与过程速率的关系可表示为

$$\text{过程速率} = \frac{\text{过程的推动力}}{\text{过程阻力}}$$

这个关系类似于电学中的欧姆定律。过程推动力指过程某瞬间距平衡的差额,如压力差、



温度差、浓度差等。增大这些差额有利于过程速率加快。减小过程阻力也有利于过程速率加快,如提取过程中,增加搅拌,减少物质扩散所需的时间,可以提高扩散速率。采取措施提高过程推动力和减小过程阻力时,不能降低物料和能量的利用率。过程速率是制药设备的重要因素,过程速率增大可以使设备尺寸减小。

本教材尽量采用国标规定的变量符号,如体积流量  $q_v$ 、质量流量  $q_m$ 、热流量  $\Phi$  等;下标分正体和斜体,凡是非物理量的下标均用正体,其余为斜体。单位采用 SI 制。书中所涉及到的有关设计问题指的是制药生产中的生产工艺以及与生产工艺相关的设计。

本课程作为一门专业课,与本课程相关的基础课和技术基础课程有高等数学、工程数学、物理学、物理化学和制药工程制图等,与本课程相关的其他课程有制药机械、中药药剂学等。

本课程作为一门专业课,与本课程相关的基础课和技术基础课程有高等数学、工程数学、物理学、物理化学和制药工程制图等,与本课程相关的其他课程有制药机械、中药药剂学等。

### 物料出口密度和流速

某中物料在... 物料出口密度和流速... 物料出口密度和流速... 物料出口密度和流速...

$$(1-1) \quad \frac{m\Delta}{V\Delta} \cdot \frac{m_1}{m_2} = q$$

物料出口密度和流速... 物料出口密度和流速... 物料出口密度和流速...

$$\frac{m\Delta}{V\Delta} \cdot \frac{m_1}{m_2} = q$$

物料出口密度和流速... 物料出口密度和流速... 物料出口密度和流速...