



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等医药院校药学类规划教材

QUANGUO GAODENG YIYAO YUANXIAO

YAOXUELEI GUIHUA JIAOCAI

制药设备与 车间设计

(第二版)

ZHIYAO SHEBEI YU
CHEJIAN SHEJI

主编 周丽莉 副主编 张 琦
主审 蒋作良

中国医药科技出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等医药院校药学类规划教材

制药设备与车间设计

(第二版)

主 编 周丽莉

主 审 蒋作良

副主编 张 珩

编 委 (以姓氏笔画为序)

王立红 (沈阳药科大学)

史启才 (大连理工大学)

礼 彤 (沈阳药科大学)

张秀兰 (武汉工程大学)

张 珩 (武汉工程大学)

周丽莉 (沈阳药科大学)

郭永学 (沈阳药科大学)

廖道华 (华东理工大学)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书分为两篇。第一篇制药设备阐述反应器基本理论及制药反应设备、制药过程主要分离设备，并对新型分离设备等加以介绍。第二篇车间设计着重阐明制药车间工艺设计的内容、方法和步骤，并有设计实例。

本书除用于制药工程专业作为教材外，也可作为化学工程、生物工程、应用化学等专业的教学参考书以及从事制药工程设计的工程技术人员的技术参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

制药设备与车间设计 / 周丽莉主编. —2 版. —北京: 中国医药科技出版社, 2011. 1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 全国高等医药院校药学类规划教材

ISBN 978 - 7 - 5067 - 4786 - 8

I. ①制… II. ①周… III. ①制药工业—化工设备—医学院校—教材②制药厂—车间—设计—医学院校—教材
IV. ①TQ460

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 180999 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 × 1092mm $\frac{1}{16}$

印张 35 $\frac{1}{2}$

字数 669 千字

初版 1994 年 1 月第 1 版

版次 2011 年 1 月第 2 版

印次 2011 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

印刷 廊坊市华北石油华星印务有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 4786 - 8

定价 63.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国高等医药院校药学类规划教材常务编委会

名誉主任委员 吴阶平 蒋正华 卢嘉锡

名誉副主任委员 邵明立 林蕙青

主任委员 吴晓明 (中国药科大学)

副主任委员 吴春福 (沈阳药科大学)

姚文兵 (中国药科大学)

吴少楨 (中国医药科技出版社)

刘俊义 (北京大学药学院)

朱依淳 (复旦大学药学院)

张志荣 (四川大学华西药学院)

朱家勇 (广东药学院)

委 员 (按姓氏笔画排列)

王应泉 (中国医药科技出版社)

叶德泳 (复旦大学药学院)

刘红宁 (江西中医学院)

毕开顺 (沈阳药科大学)

吴 勇 (四川大学华西药学院)

李元建 (中南大学药学院)

李 高 (华中科技大学同济药学院)

杨世民 (西安交通大学医学院)

陈思东 (广东药学院)

姜远英 (第二军医大学药学院)

姜红祥 (山东大学药学院)

曾 苏 (浙江大学药学院)

程牛亮 (山西医科大学)

秘 书 夏焕章 (沈阳药科大学)

徐晓媛 (中国药科大学)

浩云涛 (中国医药科技出版社)

高鹏来 (中国医药科技出版社)

出版说明

全国高等医药院校药学类规划教材是目前国内体系最完整、专业覆盖最全面、作者队伍最权威的药学类教材。随着我国药学教育事业的快速发展,药学及相关专业办学规模和水平的不断扩大和提高,课程设置的不断更新,对药学类教材的质量提出了更高的要求。

全国高等医药院校药学类规划教材编写委员会在调查和总结上轮药学类规划教材质量和使用情况的基础上,经过审议和规划,组织中国药科大学、沈阳药科大学、广东药学院、北京大学药学院、复旦大学药学院、四川大学华西药学院、北京中医药大学、西安交通大学医学院、华中科技大学同济药学院、山东大学药学院、山西医科大学药学院、第二军医大学药学院、山东中医药大学、上海中医药大学和江西中医学院等数十所院校的教师共同进行药学类第三轮规划教材的编写修订工作。

药学类第三轮规划教材的编写修订,坚持紧扣药学类专业本科教育培养目标,参考执业药师资格准入标准,强调药学特色鲜明,体现现代医药科技水平,进一步提高教材水平和质量。同时,针对学生自学、复习、考试等需要,紧扣主干教材内容,新编了相应的学习指导与习题集等配套教材。

本套教材由中国医药科技出版社出版,供全国高等医药院校药学类及相关专业使用。其中包括理论课教材 82 种,实验课教材 38 种,配套教材 10 种,其中有 45 种入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全国高等医药院校药学类规划教材

编写委员会

2009年8月1日

第二版前言

《制药设备与车间设计》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材之一。本教材是根据国家教育部制药工程（本科）专业课程的基本要求编写的。

1994年由蒋作良教授主编出版的《药厂反应设备及车间工艺设计》教材已经使用16年，取得很好的教学效果，受到多所使用院校的好评。为适应科学技术的进步与制药工业的发展，我们重新组织编写这本教材，并更名为《制药设备与车间设计》。本教材具有以下特点：①在制药设备一篇中，保留了关于反应器基本理论和制药反应设备的内容。新增加了制药分离设备的内容，包括：过滤与离心设备、蒸发与结晶设备、精馏设备、萃取设备、干燥设备。重点在于介绍分离设备的类型、结构、特点及选型原则。使制药生产过程主要生产设备都有涉猎，内容更加全面，体系更加合理。②在车间设计一篇中，着重阐明制药车间工艺设计的内容、方法和步骤。并增加化学制药车间设计实例一章，以便学生学习参考。③结合制药专业的需要，反映国内外的制药设备的新进展。如简单介绍微滤过程、分子精馏过程、超临界萃取过程、微波、超声波辅助提取过程、微波干燥过程设备等。

本书参编作者多为从教多年并有一定工程实践经验的教师，编写过程中参考了国内外的相关教材和专著，收集了典型应用实例，本书除应用于教学外，对从事制药工程设计的工程技术人员也具有参考价值。

本书第一、二、三、七章由沈阳药科大学周丽莉编写；第四章由沈阳药科大学郭永学编写；第五章由大连理工大学史启才编写；第六章由沈阳药科大学礼彤编写；第八章由沈阳药科大学王立红编写；第十二章由华东理工大学廖道华编写；第九、十、十一、十三、十四、十五、十六、十七章由武汉工程大学张珩、张秀兰编写。沈阳药科大学蒋作良教授任本书主审，沈阳药科大学周丽莉教授任主编，武汉工程大学张珩教授任副主编。

由于编者水平所限，书中错误或不当之处在所难免，诚盼读者批评指正，以利教材不断完善。

教材编写过程中，得到了中国医药科技出版社及各编委所属院校的大力支持，得到了原教材编写成员的大力协助，为本教材编写工作提供了很大的便利，在此深表感谢。

编者



第一篇 制药设备

第一章 制药设备概述	(3)
一、制药设备在制药生产中的地位与作用	(3)
二、制药设备研究的对象与内容	(3)
三、反应设备在制药过程中的地位与特点	(4)
四、分离设备的分类及在制药过程中的地位	(4)
第二章 反应器基本理论	(6)
第一节 概述	(6)
一、工业反应过程的特点	(6)
二、反应器的放大方法	(7)
三、反应器的分类	(8)
第二节 理想反应器	(10)
一、基本的反应器型式	(10)
二、连续操作反应器的流动特性——返混	(11)
三、理想反应器	(13)
第三节 理想反应器的容积计算	(13)
一、反应速度及其表达式	(13)
二、间歇釜式反应器	(14)
三、连续管式反应器	(17)
四、连续釜式反应器	(20)
五、多釜串联反应器	(22)
第四节 反应器型式与操作方式的选择	(23)
一、简单反应	(24)
二、复杂反应	(27)

三、全混釜与管式反应器的配合使用	(29)
第五节 停留时间分布及其测定	(31)
一、停留时间分布的数学描述	(31)
二、停留时间分布的测定	(35)
第六节 流动模型与停留时间分布的应用	(39)
一、理想流动模型的停留时间分布	(39)
二、描述非理想流动的模型	(41)
三、停留时间分布的应用	(46)
第三章 制药反应设备	(54)
第一节 搅拌釜中的流动与混合	(54)
一、混合效果的度量	(54)
二、混合的机制	(55)
三、提高混合效果的措施	(56)
四、搅拌功率与混合效果	(57)
五、混合时间	(58)
第二节 搅拌器的选型与放大	(60)
一、搅拌器的型式	(60)
二、搅拌器的选型	(62)
三、搅拌器的放大	(64)
第三节 搅拌功率	(66)
一、均相液体的搅拌功率	(66)
二、非均相液体的搅拌功率	(70)
三、非牛顿液体的搅拌功率	(72)
第四节 搅拌釜的传热	(74)
一、温度对化学反应的影响	(74)
二、搅拌釜的传热装置	(76)
三、搅拌釜的传热计算	(78)
第五节 间歇反应釜的工艺计算	(83)
一、反应釜的物料衡算	(83)
二、反应釜容积与个数的确定	(85)
三、反应釜直径与高度的计算	(86)
四、设备之间的平衡	(86)
第六节 连续反应釜的热稳定性	(88)
一、全混釜的热量平衡	(88)
二、稳定操作点	(89)
第七节 半连续反应釜	(91)
一、反应温度的控制	(91)

二、稳定性与比拟放大	(92)
第八节 管式反应器	(94)
一、膨胀因子	(94)
二、变容过程的动力学方程	(96)
三、变容过程的反应器容积	(96)
第九节 气液相反应器	(97)
一、气液相反应	(97)
二、气液相反应器的型式	(98)
第十节 气液固催化反应器	(100)
一、气液固反应类型	(100)
二、气液固催化反应器的型式	(100)
第四章 过滤与离心设备	(107)
第一节 过滤分离设备	(107)
一、过滤操作的基本概念	(107)
二、过滤分离原理	(109)
三、过滤机	(111)
四、过滤机的选型	(115)
第二节 微滤与超滤设备	(115)
一、超滤与微滤膜的分类	(116)
二、微滤与超滤的过程	(116)
三、微滤与超滤设备	(118)
四、膜组件的选用	(120)
第三节 离心分离设备	(121)
一、离心分离过程	(121)
二、离心机的分类	(123)
三、常用离心机	(123)
四、离心机的选型	(129)
第五章 蒸发与结晶设备	(131)
第一节 蒸发过程与设备	(131)
一、概述	(131)
二、蒸发过程计算	(133)
三、蒸发器	(134)
四、蒸发器的选择原则	(140)
第二节 结晶设备	(143)
一、概述	(143)
二、结晶原理	(144)

三、结晶的工业方法与设备	(146)
第六章 蒸馏设备	(152)
第一节 概述	(152)
第二节 双组分混合液的连续精馏计算	(153)
一、全塔物料衡算	(153)
二、理论板数的计算	(153)
三、实际板数与塔效率	(155)
四、塔径与塔高的计算	(155)
第三节 其他蒸馏	(159)
一、间歇精馏	(159)
二、恒沸精馏	(160)
三、萃取精馏	(161)
四、水蒸气蒸馏	(161)
五、分子蒸馏	(162)
第四节 精馏塔设备	(164)
一、板式塔	(164)
二、填料塔	(168)
第五节 精馏塔的工艺设计	(173)
一、设计的基本原则与内容	(173)
二、设计方案的选定	(174)
三、塔设备的工艺设计	(176)
四、塔体结构与附属设备的选型	(181)
五、精馏塔设计选型示例	(183)
第七章 萃取设备	(189)
第一节 概述	(189)
一、萃取过程的分类	(189)
二、萃取在制药工业中的应用	(190)
第二节 液-液萃取	(190)
一、液-液萃取过程	(190)
二、液-液萃取的相平衡与萃取速度	(193)
三、液-液萃取设备	(196)
四、萃取设备的选择	(205)
第三节 固-液萃取	(206)
一、固-液萃取概述	(206)
二、影响固-液萃取的因素	(206)
三、固-液萃取方法	(207)

四、固-液萃取设备	(208)
第四节 超声波辅助萃取	(211)
一、超声波辅助萃取的原理	(212)
二、超声波辅助萃取的特点	(212)
三、超声波萃取的影响因素	(213)
四、超声波萃取设备	(213)
第五节 微波辅助萃取	(215)
一、微波辅助萃取原理	(215)
二、微波辅助萃取特点	(215)
三、微波萃取的影响因素	(216)
四、微波萃取设备	(216)
第六节 超临界流体萃取	(217)
一、超临界流体萃取基本原理	(218)
二、超临界流体萃取的特点	(218)
三、超临界流体萃取的影响因素	(219)
四、超临界萃取设备	(220)
第八章 干燥设备	(222)
第一节 概述	(222)
一、干燥的目的与应用	(222)
二、干燥的方法	(222)
三、干燥器的分类	(223)
四、干燥的基本原理与干燥条件	(224)
第二节 干燥过程的物料衡算与热量衡算	(225)
一、湿物料中含水量的表示方法	(225)
二、干燥过程的物料衡算	(225)
三、干燥过程的热量衡算	(226)
第三节 干燥设备	(228)
一、厢式干燥器	(228)
二、真空耙式干燥器	(230)
三、气流干燥器	(231)
四、流化床干燥器	(232)
五、喷雾干燥器	(235)
六、闪蒸干燥器	(236)
七、双锥回转真空干燥器	(237)
八、冷冻干燥器	(237)
九、红外线辐射干燥	(239)
十、微波干燥	(240)

十一、组合干燥	(241)
第四节 干燥装置的工艺设计与选型	(243)
一、干燥装置的工艺流程	(243)
二、干燥介质与热源的选择	(243)
三、流动方式的选择	(244)
四、干燥介质进口温度的选择	(245)
五、干燥介质出口相对湿度和温度的选择	(245)
六、物料出口温度的选择	(245)
七、干燥器的选择	(246)
八、药用干燥器的主要结构特征	(249)
九、干燥介质输送设备的选择与配置	(249)
十、细粉回收设备的选择	(250)
十一、加料器与卸料器的选择	(250)
十二、流化床干燥器的设计与计算	(250)

第二篇 车间设计

第九章 车间设计概述	(259)
一、制药工艺设计的重要性	(259)
二、制药工艺设计的特点	(259)
三、学习本课程的意义	(260)
第十章 制药工程项目设计简介	(262)
第一节 制药工艺设计的内容与分类	(262)
一、制药工艺设计的内容	(262)
二、制药工艺设计的分类	(262)
第二节 设计前期工作阶段	(263)
一、设计前期工作的目的与内容	(263)
二、项目建议书	(263)
三、可行性研究	(264)
四、设计任务书	(265)
五、厂址的选择	(265)
六、总图布置	(265)
第三节 设计中期工作阶段	(267)
一、初步设计阶段	(267)
二、技术设计阶段	(271)

三、施工图设计阶段	(272)
第四节 设计后期工作阶段	(273)
第十一章 工艺流程设计	(275)
第一节 概述	(275)
一、工艺流程设计的重要性	(275)
二、工艺流程设计的任务与成果	(275)
三、工艺流程设计的原则	(276)
第二节 工艺流程设计的基本程序	(277)
一、工程分析及处理	(277)
二、工艺流程框图	(277)
三、方案的比较与选择	(277)
四、绘制设备工艺流程图	(277)
五、绘制带控制点的工艺流程图	(279)
第三节 物料流程图与带控制点的工艺流程图的绘制	(280)
一、物料流程图的绘制	(280)
二、带控制点的工艺流程图的绘制	(282)
第四节 工艺流程设计的技术处理	(295)
一、确定生产线数目	(295)
二、确定操作方式	(295)
三、提高设备利用率	(296)
四、考虑全流程的弹性	(299)
五、以化学反应为中心完善生产过程	(299)
六、合理设计各个单元操作	(304)
七、工艺流程的完善与简化	(304)
八、特定过程与单元设备的特定管路系统的流程	(305)
第十二章 物料衡算	(309)
第一节 物料衡算的目的与意义	(309)
第二节 物料衡算模型与物料衡算步骤	(309)
第三节 物理过程的物料衡算	(311)
一、物理过程的物料衡算数学模型	(311)
二、自由度分析	(312)
三、物理过程物料衡算举例	(314)
第四节 化学反应过程的物料衡算	(323)
一、发生一个化学反应系统的物料衡算数学模型	(323)
二、同时发生多个化学反应系统的物料衡算数学模型	(325)
三、化学反应过程的物料衡算举例	(325)

第十三章 能量衡算	(337)
第一节 概述	(337)
一、能量衡算的目的与意义	(337)
二、能量衡算的依据与必要条件	(337)
三、能量守恒的基本方程	(338)
四、热量衡算的分类	(338)
第二节 热量衡算	(338)
一、设备的热量平衡方程式	(338)
二、单元设备热量衡算的步骤	(344)
三、热量衡算需注意的问题	(344)
四、有效平均温差	(345)
第三节 常用热力学数据的计算	(346)
一、热容	(347)
二、汽化热	(351)
三、熔融热	(352)
四、升华热	(352)
五、溶解热	(353)
六、燃烧热	(355)
第四节 加热剂、冷却剂及其他能量消耗的计算	(359)
一、常用加热剂和冷却剂	(359)
二、电能的用量	(362)
三、燃料的用量	(362)
四、压缩空气消耗量的计算	(362)
五、真空的消耗量	(364)
第十四章 工艺设备设计	(370)
第一节 工艺设备计算	(370)
一、工艺设备设计的目的与意义	(370)
二、工艺设备的分类与来源	(370)
三、工艺设备设计与选型任务	(371)
四、设备设计与选型的原则	(371)
五、工艺设备选型与设计阶段	(373)
六、定型设备选择步骤	(373)
七、非定型设备设计的内容	(373)
第二节 材料的腐蚀与防腐蚀	(375)
一、材料腐蚀的形式	(375)
二、材料腐蚀的评价	(377)

三、耐腐蚀材料的选择	(378)
四、材料的防腐蚀措施	(379)
第三节 制药工程常用材料	(384)
一、黑色金属材料	(384)
二、有色金属材料	(386)
三、非金属材料	(387)
第十五章 车间与管路布置设计	(392)
第一节 车间布置概述	(392)
一、车间布置的重要性与目的	(392)
二、制药车间布置设计的特点	(392)
三、车间组成	(392)
四、车间布置设计的内容与步骤	(393)
第二节 车间的总体布置	(394)
一、厂房形式	(394)
二、厂房平面布置	(395)
三、厂房立面布置	(396)
四、辅助车间和行政-生活部分的布置	(396)
第三节 工艺设备布置的基本要求	(397)
一、满足 GMP 的要求	(397)
二、满足工艺要求	(398)
三、满足建筑要求	(399)
四、满足安装和检修要求	(399)
五、满足安全和卫生要求	(399)
六、设备的露天布置	(400)
第四节 原料药“精烘包”工序布置	(400)
一、洁净区环境控制要求	(401)
二、净化空调系统的空气处理	(403)
三、原料药“精烘包”车间布置设计	(411)
第五节 车间布置设计与布置图	(415)
一、车间布置设计方法	(415)
二、车间布置图	(416)
三、初步设计车间布置图	(422)
四、施工图设计车间布置图	(422)
第六节 管道设计	(423)
一、管道设计概述	(423)
二、管道、阀门和管件及其选择	(424)
三、管道设计的基本要求	(441)

四、管道布置图	(447)
第十六章 非工艺设计项目	(465)
第一节 建筑设计概论	(465)
一、工业厂房结构分类与基本组件	(465)
二、土建设计条件	(474)
第二节 公用系统	(476)
一、工艺用水及其制备	(476)
二、供水与排水	(488)
三、供电	(490)
四、冷冻	(492)
五、采暖通风	(492)
第三节 劳动安全	(495)
一、防火防爆的基本概念	(495)
二、防火防爆技术	(496)
三、洁净厂房的防火与安全	(500)
四、静电的消除	(502)
第四节 工程经济	(503)
一、制药工程项目技术经济评价的评价原则	(503)
二、工程项目的设计概算	(504)
三、项目投资	(508)
四、成本估算	(510)
五、工程项目的财务评价	(514)
第十七章 化学制药车间设计实例	(520)
一、设计依据与产品方案	(520)
二、生产工艺确定与工艺流程设计	(521)
三、物料衡算与能量衡算	(524)
四、工艺设备选择	(541)
五、车间设备布置设计	(544)
六、车间管道设计	(548)

第一篇

SECTION



制药设备