

全国食品药品职业教育教学指导委员会推荐教材



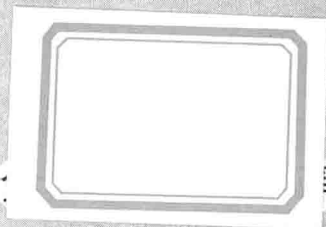
全国医药高等职业教育药学类规划教材

制药过程原理及设备

ZHIYAO GUOCHENG
YUANLI JI SHEBEI

主编 ● 宋连珍 姜爱霞

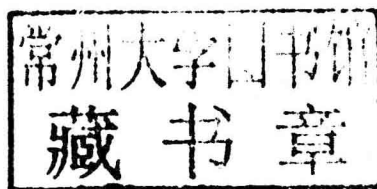
中国医药科技出版社



职业教育药学类规划教材

制药过程原理及设备

主编 宋连珍 姜爱霞



中国医药科技出版社

内 容 提 要

本教材是全国医药高等职业教育药学类规划教材之一,以制药生产过程中各物理加工过程为背景,介绍若干“制药单元操作”的基本原理与在制药工程中的实际应用,强化了生产过程最佳化的概念,同时介绍了制药单元操作的典型设备结构、设备基本操作方法与维护等内容。全书共八章,内容包括流体流动、流体输送设备、非均相物系的分离、传热、蒸发与结晶、蒸馏与精馏技术、气体吸收、干燥等。

本教材除应用于医药高等职业教育药品类生产各专业教学外,对化工、食品、环境、机械等生产中的专业技术人员也具有参考价值,也可以作为相关专业技能型人才职业培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

制药过程原理及设备/宋连珍,姜爱霞主编. —北京:中国医药科技出版社,2013. 1
全国医药高等职业教育药学类规划教材
ISBN 978 - 7 - 5067 - 5739 - 3

I. ①制… II. ①宋… ②姜… III. ①制药工业 - 化工过程 - 高等职业教育 - 教材
②制药工业 - 化工设备 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TQ460. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 293104 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](http://www.cmstp.com)

规格 787 × 1092mm $\frac{1}{16}$

印张 21 $\frac{1}{4}$

字数 439 千字

版次 2013 年 1 月第 1 版

印次 2013 年 1 月第 1 次印刷

印刷 北京昌平百善印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 5739 - 3

定价 42.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国医药高等职业教育药学类 规划教材建设委员会

主任委员 张耀华 (国家食品药品监督管理局)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

马爱霞 (中国药科大学)

王 鹏 (黑龙江生物科技职业学院)

王吉东 (江苏省徐州医药高等职业学校)

王晓明 (楚雄医药高等专科学校)

王润霞 (安徽医学高等专科学校)

王潮临 (广西卫生职业技术学院)

艾继周 (重庆医药高等专科学校)

吕俊峰 (苏州卫生职业技术学院)

刘 斌 (天津医学高等专科学校)

严 振 (广东食品药品职业学院)

李玉华 (盐城卫生职业技术学院)

李华荣 (山西药科职业学院)

李爱玲 (山东药品食品职业学院)

李榆梅 (天津生物工程职业技术学院)

佘建华 (安徽中医药高等专科学校)

沈其君 (浙江医药高等专科学校)

张橡楠 (河南医药技师学院)

周建军 (重庆三峡医药高等专科学校)

金鲁明 (山东中医药高等专科学校)

柴锡庆 (河北化工医药职业技术学院)

徐世义 (沈阳药科大学)

郭积燕 (北京卫生职业学院)

黄庶亮 (福建生物工程职业技术学院)

谭晓或 (湖南食品药品职业学院)

潘树枫 (辽宁卫生职业技术学院)

委 员 (按姓氏笔画排序)

于文国 (河北化工医药职业技术学院)
王 宁 (盐城卫生职业技术学院)
王云庆 (黑龙江农垦职业学院)
王舰平 (广东食品药品职业学院)
甘湘宁 (湖南食品药品职业学院)
吕 洁 (辽宁卫生职业技术学院)
刘玉凤 (杨凌职业技术学院)
刘红煜 (黑龙江生物科技职业学院)
李 飞 (沈阳药科大学)
李光勇 (河南医药技师学院)
李群力 (金华职业技术学院)
沈 力 (重庆三峡医药高等专科学校)
杨元娟 (重庆医药高等专科学校)
吴英绵 (石家庄职业技术学院)
宋海南 (安徽医学高等专科学校)
张 杰 (天津生物工程职业技术学院)
张 虹 (山西药科职业学院)
张钦德 (山东中医药高等专科学校)
武 昕 (北京卫生职业学院)
罗晓清 (苏州卫生职业技术学院)
罗跃娥 (天津医学高等专科学校)
周 平 (天津渤海职业技术学院)
咎雪峰 (楚雄医药高等专科学校)
袁 龙 (江苏省徐州医药高等职业学校)
黄丽平 (安徽中医药高等专科学校)
黄敏琪 (广西卫生职业技术学院)
崔山凤 (浙江医药高等专科学校)
解 玲 (山东药品食品职业学院)
缪存信 (福建生物工程职业技术学院)

秘 书 长 吴少祯 (中国医药科技出版社)

副 秘 书 长 邬瑞斌 (中国药科大学)

办 公 室 浩云涛 黄艳梅

本书编委会

主 编 宋连珍 姜爱霞

副主编 陈玉峰 吴建明

编 者 (按姓氏笔画排序)

王琳琳 (沈阳药科大学)

李 燕 (天津生物工程职业技术学院)

杨俊玲 (山东药品食品职业学院)

吴建明 (湖南食品药品职业学院)

宋连珍 (沈阳药科大学)

陈玉峰 (石家庄职业技术学院)

姜爱霞 (山东药品食品职业学院)

出版说明

全国医药高等职业教育药学类规划教材自 2008 年出版以来,由于其行业特点鲜明、编排设计新颖独到、体现行业发展要求,深受广大教师和学生的欢迎。2012 年 2 月,为了适应我国经济社会和职业教育发展的实际需要,在调查和总结上轮教材质量和使用情况的基础上,在全国食品药品职业教育教学指导委员会指导下,由全国医药高等职业教育药学类规划教材建设委员会统一组织规划,启动了第二轮规划教材的编写修订工作。全国医药高等职业教育药学类规划教材建设委员会由国家食品药品监督管理局组织全国数十所医药高职高专院校的院校长、教学分管领导和职业教育专家组建而成。

本套教材的主要编写依据是:①全国工作会议精神;②《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020 年)》相关精神;③《医药卫生中长期人才发展规划(2011-2020 年)》相关精神;④《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》的指导精神;⑤医药行业技能型人才的需求情况。加强教材建设是提高职业教育人才培养质量的关键环节,也是加快推进职业教育教学改革创新的重要抓手。本套教材建设遵循以服务为宗旨,以就业为导向,遵循技能型人才成长规律,在具体编写过程中注意把握以下特色:

1. 把握医药行业发展趋势,汇集了医药行业发展的最新成果、技术要点、操作规范、管理经验和法律法规,进行科学的结构设计和内容安排,符合高职高专教育课程改革要求。
2. 模块式结构教学体系,注重基本理论和基本知识的系统性,注重实践教学内容与理论知识的编排和衔接,便于不同地区教师根据实际教学需求组装教学,为任课老师创新教学模式提供方便,为学生拓展知识和技能创造条件。
3. 突出职业能力培养,教学内容的岗位针对性强,参考职业技能鉴定标准编写,实用性强,具有可操作性,有利于学生考取职业资格证书。
4. 创新教材结构和内容,体现工学结合的特点,应用最新科技成果提升教材的先进性和实用性。

本套教材可作为高职高专院校药学类专业及其相关专业的教学用书,也可供医药行业从业人员继续教育和培训使用。教材建设是一项长期而艰巨的系统工程,它还需要接受教学实践的检验。为此,恳请各院校专家、一线教师和学生及时提出宝贵意见,以便我们进一步的修订。



P 前言

reface

本教材是全国医药高等职业教育药学类规划教材，是在全国医药高等职业教育药学类规划教材建设委员会的指导下，本着“明确定位、明确内容、明确培养目标”，层次上体现“三基五性”的基本原则，组织高职高专院校具有丰富教学经验和实践经验的一线教师编写的。本教材的编写反映了职业教育的理念，实用性较强。综合思路上，体现了职业教育改革的要求，注重学生能力的培养，以适用性、应用性为特色。

根据课程目标，以能力培养为本位，加强学校学习和企业生产过程相结合，推行工学结合、产学结合的人才培养模式，构建基于工作过程的项目驱动式能力培养课程和制药企业实际生产过程的“教学做”课程体系。教材编写中紧紧围绕职业岗位活动，突出岗位操作技能，以职业活动为教学依据，真正突出“工学结合”的教学思想，体现职业活动的真实性，尽量达到学岗直通的目的。在教材编写中以适应当前高职高专教育改革和发展要求、满足教学的需要。简化理论知识的阐释，加强理论联系实际，突出知识的实际应用，以例释理，以理论知识“必需、够用、实用”为原则，淡化理论推导，在教材表现形式上，有课堂讨论、知识链接、职业对接、实例分析等，体现了教材的生动性。编写本教材的指导思想是为提高学生分析和解决问题的能力，同时也为学生增强继续学习和适应职业变化的能力打下坚实的基础。编者花费了大量的精力去调研、思考如何模拟岗位工作情境，能恰到好处地实现教学目标，在完成提出的工作任务过程中，学生能掌握足够的知识点和技能点。在教材编写过程中，适当拓宽课程内容，引入了新知识。未来的制药生产人员将面临各种各样的生产任务及各种问题，因此必须具有较宽的知识面。只有熟悉、了解新技术的发展情况，才能具有创造性，所以在教材编写上尽量介绍新技术、新设备，与时俱进。

本书由宋连珍、姜爱霞主编。绪论、第六章、附录由宋连珍编写；第一章由杨俊玲编写；第二章由李燕编写；第三章由王琳琳编写；第四章由吴建明编写；第五章由姜爱霞和王琳琳编写；第七章由陈玉峰编写；第八章由姜爱霞编写。全书由宋连珍统稿。本书在编写过程中得到各编者所在单位的大力支持，为本教材编写工作提供了很大的便利，在编写过程中参阅了有关文献资料，在此对各编者所在单位的领导及有关文献的作者表示诚挚感谢。

在编写过程中编者虽然已做了很大努力，但由于水平和时间有限，错误及不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正，以利于本书的完善和改进。

编者
2012年9月

C 目录 Contents

绪 论	(1)
一、本课程的性质与任务	(1)
二、本课程的几个基本概念	(2)
三、单位及单位制	(4)
第一章 流体流动	(5)
第一节 流体静力学	(5)
一、流体的密度	(5)
二、流体的压力(压强)	(7)
三、流体静力学基本方程式	(7)
四、流体静力学基本方程式的应用	(8)
第二节 流体动力学	(11)
一、流量与流速	(11)
二、稳定流动与不稳定流动	(12)
三、稳定流动的物料衡算——连续性方程式	(13)
四、稳定流动系统的能量衡算——伯努利方程	(13)
五、伯努利方程在工程中的应用实例	(16)
第三节 流体在管路流动时的阻力	(19)
一、黏度的概念	(19)
二、流体的流动型态及其判定	(21)
三、流体流动时的阻力计算	(22)
第四节 流体输送管路	(29)
一、管道类型	(29)
二、管件与阀门	(30)
三、管路的连接方式	(32)
四、管路色标	(34)
五、管路的热补偿	(35)
第五节 流量测量	(36)
一、孔板流量计	(36)
二、文氏流量计	(38)

三、转子流量计	(38)
实训 流体流动阻力的测定	(45)
第二章 流体输送设备	(49)
第一节 离心泵	(49)
一、离心泵的结构组成与工作原理	(49)
二、离心泵的主要性能参数与特性曲线	(52)
三、离心泵的工作点与流量调节	(55)
四、离心泵的安装高度与汽蚀现象	(59)
五、离心泵的类型及选用方法	(60)
六、离心泵的安装、操作和维护	(64)
七、离心泵的常见故障及处理方法	(64)
第二节 其他化工生产用泵	(66)
一、往复泵	(66)
二、旋转泵	(69)
第三节 气体输送设备	(70)
一、概述	(70)
二、离心式气体输送设备	(71)
实训 离心泵的性能测定	(76)
第三章 非均相物系的分离	(79)
第一节 沉降	(79)
一、重力沉降	(80)
二、离心沉降	(82)
三、沉降设备	(83)
第二节 过滤	(86)
一、过滤基本概念	(86)
二、过滤设备	(88)
第三节 离心分离	(92)
一、离心分离的概念	(92)
二、离心分离设备	(92)
第四章 传热	(99)
第一节 概述	(99)
一、传热的基本方式	(100)
二、工业生产中的换热方式	(101)
三、稳定传热和不稳定传热	(102)
第二节 热传导	(103)
一、傅里叶定律	(103)

二、平壁的导热	(105)
三、圆筒壁导热	(107)
第三节 对流传热	(110)
一、对流传热过程分析	(110)
二、对流传热速率方程 (牛顿冷却定律)	(111)
三、对流传热系数	(111)
四、传热设备热损失的计算	(117)
第四节 加热、冷却与冷凝	(118)
一、加热	(118)
二、冷却与冷凝	(119)
三、冷凝后的不凝气体和冷凝水的排放	(120)
四、夹套设备综合管理布置方案	(121)
第五节 间壁两侧流体间的总传热过程	(122)
一、总传热速率方程式	(122)
二、总传热过程的计算	(123)
第六节 换热器简介	(134)
一、换热器的分类	(134)
二、间壁式换热器	(134)
三、传热过程的强化	(142)
四、换热器的选用、操作与维护	(142)
实训 套管换热器传热性能参数测定	(151)
第五章 蒸发与结晶	(155)
第一节 蒸发	(155)
一、蒸发概述	(155)
二、单效蒸发和真空蒸发	(156)
三、多效蒸发	(159)
四、常用蒸发器	(162)
第二节 结晶分离技术	(168)
一、结晶分离技术的基本原理	(169)
二、结晶过程及控制	(170)
三、影响结晶操作的因素	(172)
四、结晶的方法	(172)
五、结晶设备	(173)
第六章 蒸馏与精馏技术	(179)
第一节 概述	(179)
一、蒸馏的基本概念及分类	(179)
二、蒸馏在化工制药工业中的应用	(180)

第二节 二元溶液的气液相平衡	(181)
一、双组分理想溶液的气液相平衡	(181)
二、双组分非理想溶液的气液相平衡	(183)
第三节 简单蒸馏	(185)
一、简单蒸馏的原理	(185)
二、简单蒸馏的流程	(185)
第四节 精馏	(185)
一、精馏原理与流程	(185)
二、双组分混合液的连续精馏计算	(187)
三、进料热状况分析	(190)
四、理论板数的确定	(193)
五、操作回流比的确定	(196)
六、精馏塔的热量衡算	(198)
第五节 特殊蒸馏	(200)
一、水蒸气蒸馏	(201)
二、恒沸精馏	(201)
三、萃取精馏	(203)
第六节 板式塔	(205)
一、板式塔简介	(205)
二、板式精馏塔的操作与维护	(209)
实训 精馏实验	(216)
 第七章 气体吸收	(221)
第一节 概 述	(221)
一、吸收的基本概念、应用、分类及流程介绍	(221)
二、吸收过程的气液相平衡	(224)
第二节 传质机制与吸收速率	(229)
一、传质的基本方式	(229)
二、吸收机制——双膜理论	(229)
三、吸收速率和吸收速率方程	(230)
第三节 吸收过程计算	(233)
一、吸收剂的选择	(233)
二、填料吸收塔的物质衡算与操作线方程	(234)
三、吸收剂用量的确定	(236)
四、填料塔塔径的计算	(238)
五、填料层高度的计算	(238)
第四节 填料塔	(241)
一、填料塔的结构	(241)
二、填料塔的流体力学性能	(245)

三、填料塔的操作与维护	(247)
实训 气体吸收实验	(254)
第八章 干燥	(259)
第一节 概述	(259)
一、去湿方法及干燥在制药生产中的应用	(259)
二、干燥方法分类	(260)
三、对流干燥的原理和流程	(261)
第二节 湿空气的性质	(262)
一、压力	(263)
二、湿度	(263)
三、相对湿度	(264)
四、湿空气的比容	(265)
五、湿空气的比热	(266)
六、湿空气的焓	(266)
七、干球温度	(267)
八、湿球温度	(267)
九、绝热饱和温度	(267)
十、露点温度	(268)
第三节 干燥过程的物料衡算和热量衡算	(269)
一、物料中含水量的表示方法	(269)
二、干燥器的物料衡算	(269)
三、干燥过程的热量衡算	(271)
第四节 干燥速率	(273)
一、物料中所含水分的性质	(273)
二、干燥速率和干燥速率曲线	(275)
三、影响干燥速率的因素	(277)
第五节 干燥设备	(278)
一、干燥设备的分类	(278)
二、常用干燥设备	(279)
三、干燥设备的选型	(287)
四、干燥设备的维护	(288)
实训 干燥曲线和干燥速率曲线的测定	(291)
附 录	(296)
一、单位换算表	(296)
二、空气的重要物理性质	(297)
三、水的重要物理性质	(298)
四、水在不同温度下的黏度	(299)

五、某些气体的重要物理性质	(300)
六、某些液体的重要物理性质	(300)
七、某些固体材料的重要物理性质	(302)
八、饱和水蒸气表	(303)
九、饱和水蒸气表	(304)
十、101.3kPa 下气体黏度共线图	(306)
十一、液体黏度共线图	(308)
十二、101.3kPa 下气体比热容共线图	(310)
十三、液体比热容共线图	(312)
十四、液体汽化潜热共线图	(314)
十五、某些气体和蒸汽的导热系数	(316)
十六、常见液体的导热系数	(317)
十七、常见固体的导热系数	(317)
十八、管子规格	(318)
十九、常用流体流速范围	(319)
二十、泵规格 (摘录)	(321)
二十一、常用双组分混合物在 101.33kPa 压力下的气液平衡数据	(322)
参考答案	(323)
参考文献	(328)

绪 论

一、本课程的性质与任务

制药工业是与国计民生密切相关的行业之一，既是传统又属朝阳的产业。制药生产过程是按照一定的制药生产工艺，通过制药设备进行一系列化学（或生物）反应以及物理处理过程把原料制成符合要求的药品的生产过程。

药品的种类很多，工艺也是各有其独特的生产过程，但从原料处理、中间生产及产品的提纯等环节不外乎由各种化学反应、物理变化的过程组成，而这些物理的过程大都具有一定的共性，如涉及流体的输送、均相及非均相物系的分离、传热、吸收、干燥等过程，在传统教材里，又将这些物理的加工过程称为“单元操作”。而这些单元操作又需要在各种设备中完成，如传热需要在传热设备中进行、流体输送需要在输送设备中进行，由此可见制药过程与设备是制药生产的核心，先进的生产工艺是保证制药生产的产量和质量的关键，而制药设备的先进性、自动化进程，标志着制药企业的装备水平，是药品生产的物质基础。

本课程性质是研究在制药化工生产工艺中具有共性的各物理过程（单元操作）的过程基本原理、典型设备的结构和工作原理及在实际生产过程的应用。它是一门由理论基础向工程实践转化的一门过渡课程，《制药过程原理及设备》是高职高专药学类化学制药技术、药物制剂技术、生物制药技术、中药制药技术等药学类专业的重要专业基础课程，实用性较强，本课程主要以制药化工生产过程中的物理加工过程为背景，研究若干“制药化工单元操作”（流体流动与输送、传热、蒸发、结晶、吸收、蒸馏、干燥等）的基本原理、单元操作的典型设备构造、设备操作方法与维护等。

本课程的任务是使学生掌握《制药过程原理及设备》课程的基本原理；并将基本理论应用到具体实践中去，熟悉强化过程的方向和途径。通过本课程的基本理论学习和实践技能的训练，使学生掌握制药生产过程的原理及各工艺的操作技术，培养学生理论联系实际，从工程观点出发，提高学生分析和解决问题的能力，学好本课程对药品生产操作具有重要的指导作用，同时也为学生了解单元操作的发展趋势，增强继续学习和适应职业变化的能力打下坚实的基础，为将来研究开发高效率、低能耗、有利于环保的单元操作做准备。

本课程主要介绍的常见的单元操作过程

1. 流体动力过程 研究流体输送、压缩及非均相物系的分离等。
2. 传热过程 研究物料的升温、降温、改变相态、浓缩溶液等。
3. 传质过程 研究流体的分离过程，如均相液体的精馏、气体的吸收、固体干燥等。

二、本课程的几个基本概念

在学习各种单元操作时,要掌握过程始末的物料和热量之间的关系,需要进行物质和能量的核算,还可以依据各种平衡关系来掌握过程进行的方向和限度,这些理论对于在生产中节约原材料,节约能源,减少碳排放具有重要的指导意义。

1. 物料衡算 物料衡算的依据是质量守恒定律,在选定的体系或范围内,如果物料流经该体系是连续稳态(连续稳态过程是指物料质量及组成等不随时间变化)过程,在本教材中无特殊说明均为连续稳态过程,对无化学反应的物理过程,根据质量守恒定律,物料输入体系的质量必等于从该体系输出的物料质量,即

$$\sum m_{\text{输入}} = \sum m_{\text{输出}} \quad (0-1)$$

式中 $\sum m_{\text{输入}}$ ——输入物料质量的总和, kg;

$\sum m_{\text{输出}}$ ——输出物料质量的总和, kg。

物料质量可以是总物料的质量,也可以是某一组分的质量,也可以是质量流量,但对同一个物料衡算式必须统一。

实例分析:在生产烧碱的工艺中,对碱液进行蒸发操作,处理量为 5000kg/h,溶液的组成为 0.12 (质量分率,以下同),溶液先送入第一个蒸发器进行蒸发,又接着送入第二个蒸发器进行蒸发,经测算从第二个蒸发器出来的产品的组成为 0.3,从第二个蒸发器蒸出去的水分是第一个蒸发器蒸出的 1.05 倍,试求:(1)两个蒸发器蒸出去

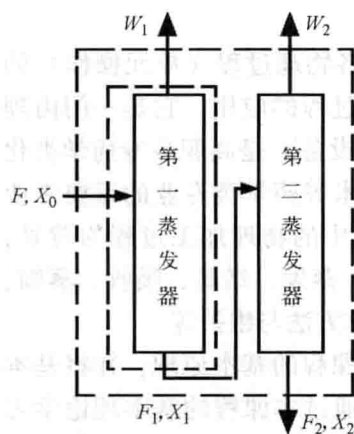


图 0-1 物料衡算示意图

水分 w_1, w_2 ; (2) 第一个蒸发器蒸出的产品浓度 X_1 。

解:依题意画出示意图 0-1,选定基准:1h。

(1)以两个蒸发器为衡算范围,如图中的外虚线框对烧碱有 $FX_0 = F_2X_2$

$$\text{即 } 5000 \times 0.12 = 0.3F_2,$$

$$F_2 = 2000\text{kg/h}$$

$$\text{总物料: } 5000 = W_1 + W_2 + 2000,$$

$$W = 3000\text{kg/h, 因为 } W_2 = 1.05W_1$$

$$W_1 = 1463.4\text{kg/h, } W_2 = 1536.6\text{kg/h}$$

(2)以第一个蒸发器为衡算范围,如图中的内虚线框

$$\text{烧碱: } FX_0 = F_1X_1$$

$$\text{总物料量: } F = F_1 + W_1$$

$$5000 \times 0.12 = F_1X_1$$

$$5000 = 1463.4 + F_1$$

解得:

$$F_1 = 3536.6\text{kg/h; } X_1 = 16.97\%$$

$$W_1 + W_2 = W_1 + 1.05W_1 = 2.05W_1 = 3000\text{kg/h}$$

2. 能量衡算 能量衡算的依据是能量守恒定律,对于无化学反应的单元操作过程所涉及的能量衡算是热量衡算和机械能衡算的两种形式,而以热量衡算为多。对于稳定的传热过程,热量衡算可表示为

$$\sum Q_{\text{输入}} = \sum Q_{\text{输出}} + Q_{\text{损}} \quad (0-2)$$

式中 $\sum Q_{\text{输入}}$ ——输入体系的总物料带入的热量, J;

$\sum Q_{\text{输出}}$ ——输出体系的总物料带出的热量, J;

$Q_{\text{损}}$ ——体系与环境交换的总热量, J。当体系向环境传热时, 通常称为热损失, 该值为正。

任何一个生产过程都涉及能量的利用和节约的问题, 能量衡算是进行经济核算和实现过程最佳化的基础, 能量的平衡, 可以找出生产中存在的能耗问题, 说明能量利用的形式及节能的可能性, 有助于设备改进以及制定合理的能量利用措施, 达到节约能源, 减少碳排放、保护环境及降低成本的目的。

3. 平衡关系 任何一个物理或化学变化过程都有其进行的方向和限度, 在一定条件下, 过程的变化达到了极限, 例如, 在 101.3kPa 下, 100℃ 水与水蒸气处于平衡状态, 这是一个动平衡状态, 如果要打破这个平衡, 就得改变条件, 对于化学反应也是如此, 在一定条件下, 物系在平衡状态时的温度、压力、各组分的浓度等不随时间变化, 它们之间的关系即为平衡关系。当条件改变后, 物系就会达到新的平衡状态、建立新的平衡关系。

平衡关系是分析各种制药化工过程进行程度的量化指标, 也为实际过程的进行指明了标准, 如精馏过程理论计算中理论板的引入, 如果气液两相已达平衡, 说明气液分离已达极限, 在选择实际板时, 总是希望实际板接近理论板, 这就为设计选择实际板指明了方向, 这样可以根据物系的状态判断过程已经进行到什么程度, 是否达到了平衡状态, 对实际生产过程的操作、产品质量的指标控制等提供了判断的依据。

4. 过程速率 一个制药、化工生产过程进行的快慢是受很多因素影响的, 但归结起来由两大因素决定, 即过程进行的推动力和阻力, 可以表示为

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

从上式可以看出, 过程速率的大小与过程的推动力成正比, 与过程的阻力成反比, 这也是自然界中普遍存在的规律。制药化工单元操作过程大体分为三类, 即流体动力过程、传热过程和传质过程。动力过程的推动力是能量差, 阻力是摩擦力, 传热过程的推动力是温度差, 阻力是热阻, 传质过程的推动力是浓度差, 过程的阻力很复杂, 受很多因素影响。在实际生产中, 要明确过程进行的目的, 是为了提高过程速率还是为了降低过程速率, 这样才能控制影响过程速率的主要因素。如在传热过程中, 以加热为目的传热过程, 就要增大传热温度差, 而以保温为目的的传热过程, 则需要从增大传热阻力入手。当过程的推动力为零时, 则过程速率为零。即任何过程达到平衡状态时, 其过程速率为零。所以物系偏离平衡状态越远, 过程的推动力就越大, 过程进行的速率就越快。

一个生产过程若要维持正常进行, 设定的操作指标必须是在不平衡的状态下才能进行, 这对每个单元操作及整个生产过程都非常重要, 并且要明确提高单元操作过程速率需提高过程推动力, 降低过程阻力, 而要降低过程速率则需降低过程推动力, 提高过程阻力。