

全国高等医药院校药学类规划教材

QUANGUO GAODENG YIYAO YUANXIAO

YAOXUELEI GUIHUA JIAOCAI

# 制药过程 自动化技术

ZHIYAO GUOCHENG  
ZIDONGHUA JISHU

主编 金杰

中国医药科技出版社

全国高等医药院校药理学类规划教材

# 制药过程自动化技术

(供药类专业用)

主 编 金 杰

编 者 (以姓氏笔画为序)

李瑞海 杨欣欣

陈 杰 金 杰

中国医药科技出版社

## 内 容 提 要

本书以自动控制系统为主体,辅以各种自动化仪表和控制方案,深入浅出地介绍了以制药过程为代表的现代流程工业生产过程中工艺参数的自动测量方法、自动控制技术及其应用特点。

本书可作为高等院校制药工程、化学制药、生物制药、中药、药学相关专业及化学工艺、应用化学等工艺类的自动化专业教材,亦可作为从事制药、化工等生产过程相关技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

制药过程自动化技术/金杰主编.—北京:中国医药科技出版社, 2009.3

全国高等医药院校药学类规划教材

ISBN 978-7-5067-4162-0

I. 制... II. 金... III. 制药工业—化工过程—自动控制—医学院校—教材 IV. TQ460.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第019065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.esyp.com.cn

规格 787×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印张 18<sup>1</sup>/<sub>4</sub>

字数 378千字

印数 1-5000

版次 2009年3月第1版

印次 2009年3月第1次印刷

印刷 北京友谊印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-4162-0

定价 29.00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)

朱依谆 (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 (西安交通大学药学院)

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 罗向红 (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)

# 编写说明

经教育部和全国高等医学教育学会批准，全国高等医学教育学会药学教育研究会于2004年4月正式成立，全国高等医药院校药学类规划教材编委会归属于药学教育研究会。为适应我国高等医药教育的改革和发展、满足市场竞争和医药管理体制对药学教育的要求，教材编委会组织编写了“全国高等医药院校药学类规划教材”。

本系列教材是在充分向各医药院校调研、总结归纳当前药学教育迫切需要补充一些教学内容的基础上提出编写宗旨的。本系列教材的编写宗旨是：药学特色鲜明、具有前瞻性、能体现现代医药科技水平的高质量的药学教材。也希望通过教材的编写帮助各院校培养和推出一批优秀的中青年业务骨干，促进药学院校之间的校际间的业务交流。

参加本系列教材的编写单位有：中国药科大学、沈阳药科大学、北京大学药学院、广东药学院、四川大学华西药学院、山西医科大学、华中科技大学同济药学院、复旦大学药学院、西安交通大学药学院、山东大学药学院、浙江大学药学院、北京中医药大学等几十所药学院校。

教材的编写尚存在一些不足，请各院校师生提出指正。

全国高等医药院校药学类

规划教材编写办公室

2004年4月16日

# 前 言

随着科技的进步和我国加入 WTO 全面参与国际竞争以来,以制药、化工、石化、炼油、矿冶、轻工和电力等为代表的现代流程工业面临着前所未有的压力和挑战。流程工业的显著特点是生产过程的大型化、复杂化,其突出问题就是如何提高生产效率和节能降耗等。大力发展工业自动化技术,以增强企业的市场竞争力进而提高经济效益,是流程工业应对挑战的最有效方法之一,也是现代制药工业生产实现安全、高效、优质、低耗的基本条件和重要保证。近年来,在国民经济快速发展的同时,我国制药工业迅猛发展。随着生产品种的不断增加,生产规模的扩大,对产品质量的要求越来越严格,对制药生产过程的控制要求越来越高。为适应现代制药工业的发展需求,许多高校都增设了制药工程、生物制药、药学及相关专业,学习和掌握必要的制药过程自动化技术知识,对于管理与开发现代化生产过程是十分重要的。

为适应医药企业现代化以及满足对创新型、复合型和应用型人才的需求,依照教育创新的理念,本书从使用者的角度出发,坚持“理论联系实际,以技术应用为主”,着眼于提高学生的应用能力和解决实际问题能力的指导思想,融实践与理论于一体,赋予本教材新的特色,即注重传统自动控制基础知识的介绍,同时也注重新概念、新技术、新方法的阐述,着重结合药厂和制药过程的实际情况,介绍自动化技术在制药生产过程中的应用,保证了知识的先进性与前沿性,同时压缩了大量的理论推导,并突出制药过程的特点和实用性。

本书语言简洁、精炼,内容通俗易懂。全书共分十三章,第一章至第七章介绍制药过程自动化技术基础知识;第八章至第十一章介绍制药过程自动控制系统类型及高等控制技术;第十二章至第十三章介绍制药过程典型设备单元与制药过程控制方案及应用实例。每章后附有练习题,另配有实验指导书及学生实验报告。

本书由沈阳药科大学金杰副教授主编并统稿,其中第一章至第五章由金杰副教授编写,第六章至第十一章由武汉化工学院陈杰副教授编写,第十二章由辽宁中医药大学李瑞海讲师编写,第十三章由辽宁中医药大学杨欣欣老师编写。

由于编者水平有限,本书难免存在许多不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008年4月

# 目 录

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| <b>第一章 绪 论</b> .....          | (1)  |
| 第一节 制药过程自动化技术概述 .....         | (1)  |
| 一、制药过程自动化技术基本概念 .....         | (1)  |
| 二、制药过程自动化技术研究的内容 .....        | (2)  |
| 第二节 制药过程自动化技术的研究进展 .....      | (3)  |
| 第三节 学习制药过程自动化技术的意义 .....      | (4)  |
| <b>第二章 制药过程自动控制系统概述</b> ..... | (6)  |
| 第一节 自动控制系统的组成及其表示方法 .....     | (6)  |
| 一、自动控制系统的组成 .....             | (6)  |
| 二、自动控制系统的表示方法 .....           | (8)  |
| 第二节 自动控制系统的分类 .....           | (11) |
| 一、按控制系统给定值的特征分类 .....         | (12) |
| 二、按控制系统控制方式分类 .....           | (12) |
| 三、按控制系统结构形式和调节目的分类 .....      | (13) |
| 第三节 自动控制系统的过渡过程和品质指标 .....    | (13) |
| 一、自动控制系统的静态和动态 .....          | (13) |
| 二、自动控制系统的过渡过程 .....           | (14) |
| 三、自动控制系统的品质指标 .....           | (14) |
| 第四节 自动化仪表分类 .....             | (17) |
| 一、按仪表使用的能源分类 .....            | (17) |
| 二、按仪表在自动控制系统中的作用分类 .....      | (17) |
| 三、按仪表的组成形式分类 .....            | (18) |
| <b>第三章 制药过程被控对象特性分析</b> ..... | (20) |
| 第一节 制药过程被控对象特性分析 .....        | (20) |
| 第二节 被控对象特性的数学描述方法 .....       | (21) |
| 一、一阶对象及其特性分析 .....            | (21) |
| 二、二阶对象及其特性分析 .....            | (22) |
| 第三节 描述被控对象特性的参数 .....         | (24) |

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 第四节 被控对象特性参数的实验测定方法 ..... | (27) |
|---------------------------|------|

## 第四章 传感器与制药过程参数自动测量技术 .....

(29)

|              |      |
|--------------|------|
| 第一节 概述 ..... | (29) |
|--------------|------|

|                 |      |
|-----------------|------|
| 一、传感器构成原理 ..... | (29) |
|-----------------|------|

|               |      |
|---------------|------|
| 二、传感器分类 ..... | (30) |
|---------------|------|

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 三、传感器标准信号制与信号传输方式 ..... | (30) |
|-------------------------|------|

|                   |      |
|-------------------|------|
| 四、传感器常用测量方法 ..... | (31) |
|-------------------|------|

|                      |      |
|----------------------|------|
| 五、制药过程常见参数自动测量 ..... | (32) |
|----------------------|------|

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第二节 仪表测量误差与性能指标 ..... | (32) |
|-----------------------|------|

|                |      |
|----------------|------|
| 一、仪表测量误差 ..... | (32) |
|----------------|------|

|                |      |
|----------------|------|
| 二、仪表性能指标 ..... | (33) |
|----------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 三、仪表的标定与校准 ..... | (34) |
|------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 四、测量误差计算举例 ..... | (35) |
|------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第三节 温度测量技术 ..... | (35) |
|------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 一、常用温度检测方法 ..... | (36) |
|------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 二、热电偶温度传感器 ..... | (36) |
|------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 三、热电阻温度传感器 ..... | (39) |
|------------------|------|

|               |      |
|---------------|------|
| 四、温度变送器 ..... | (41) |
|---------------|------|

|                    |      |
|--------------------|------|
| 五、测温仪表的选用与安装 ..... | (43) |
|--------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第四节 压力测量技术 ..... | (44) |
|------------------|------|

|                 |      |
|-----------------|------|
| 一、压力的基本概念 ..... | (44) |
|-----------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 二、常用压力检测方法 ..... | (45) |
|------------------|------|

|               |      |
|---------------|------|
| 三、压力传感器 ..... | (46) |
|---------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 四、智能式差压传感器 ..... | (51) |
|------------------|------|

|                    |      |
|--------------------|------|
| 五、压力仪表的选用与安装 ..... | (53) |
|--------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第五节 流量测量技术 ..... | (54) |
|------------------|------|

|                 |      |
|-----------------|------|
| 一、流量的基本概念 ..... | (55) |
|-----------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 二、常用流量检测方法 ..... | (55) |
|------------------|------|

|               |      |
|---------------|------|
| 三、流量传感器 ..... | (55) |
|---------------|------|

|                 |      |
|-----------------|------|
| 四、流量仪表的选用 ..... | (66) |
|-----------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第六节 物位测量技术 ..... | (66) |
|------------------|------|

|                 |      |
|-----------------|------|
| 一、物位仪表的分类 ..... | (66) |
|-----------------|------|

|               |      |
|---------------|------|
| 二、常用物位计 ..... | (67) |
|---------------|------|

|                   |      |
|-------------------|------|
| 三、物位检测仪表的选用 ..... | (71) |
|-------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第七节 成分测量技术 ..... | (72) |
|------------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 一、热导式气体分析仪 ..... | (72) |
|------------------|------|

|               |      |
|---------------|------|
| 二、磁氧分析仪 ..... | (73) |
|---------------|------|



|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| 第八节 pH 测量技术 .....        | (74)        |
| 第九节 溶解氧测量技术 .....        | (75)        |
| 第十节 生物传感器 .....          | (76)        |
| 一、生物传感器的工作原理 .....       | (77)        |
| 二、常用的生物传感器 .....         | (77)        |
| 第十一节 现代测量技术的发展与应用 .....  | (78)        |
| 一、基于模型的软测量技术的发展与应用 ..... | (78)        |
| 二、虚拟仪器的发展与应用 .....       | (79)        |
| <b>第五章 显示仪表 .....</b>    | <b>(82)</b> |
| 第一节 模拟式显示仪表 .....        | (83)        |
| 一、动圈式显示仪表 .....          | (83)        |
| 二、自动电子电位差计 .....         | (86)        |
| 三、自动电子平衡电桥 .....         | (87)        |
| 第二节 数字式显示仪表 .....        | (89)        |
| 一、特点及分类 .....            | (89)        |
| 二、仪表的组成 .....            | (89)        |
| 三、仪表的主要技术指标 .....        | (91)        |
| 第三节 新型显示仪表 .....         | (91)        |
| <b>第六章 控制器 .....</b>     | <b>(93)</b> |
| 第一节 概述 .....             | (93)        |
| 第二节 基本控制规律及其特点 .....     | (94)        |
| 一、比例控制 .....             | (94)        |
| 二、积分控制 .....             | (97)        |
| 三、微分控制 .....             | (99)        |
| 第三节 模拟式控制器 .....         | (102)       |
| 一、基本结构 .....             | (102)       |
| 二、主要特点 .....             | (102)       |
| 三、使用注意事项 .....           | (104)       |
| 第四节 数字式控制器 .....         | (104)       |
| 一、主要特点 .....             | (104)       |
| 二、基本构成 .....             | (105)       |
| 第五节 可编程序控制器 .....        | (108)       |
| 一、组成 .....               | (108)       |
| 二、编程语言 .....             | (110)       |
| 三、系统设计 .....             | (113)       |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| <b>第七章 执行器</b> .....    | (116) |
| 第一节 概述 .....            | (116) |
| 第二节 气动执行器 .....         | (116) |
| 一、结构及特点 .....           | (116) |
| 二、调节阀的流量特性 .....        | (121) |
| 三、气动执行器的选用与安装 .....     | (126) |
| 第三节 电动执行器 .....         | (130) |
| 第四节 电/气阀门定位器 .....      | (132) |
| 一、电/气转换器 .....          | (132) |
| 二、电/气阀门定位器 .....        | (133) |
| <b>第八章 简单控制系统</b> ..... | (135) |
| 第一节 系统组成及工作原理 .....     | (135) |
| 一、系统组成 .....            | (135) |
| 二、工作原理 .....            | (136) |
| 第二节 简单控制系统设计 .....      | (137) |
| 一、概述 .....              | (137) |
| 二、被控变量的选择 .....         | (137) |
| 三、调节变量的选择 .....         | (140) |
| 四、控制器的选择 .....          | (141) |
| 五、执行器的选择 .....          | (143) |
| 第三节 系统投运与控制器参数整定 .....  | (145) |
| 一、系统投运步骤 .....          | (145) |
| 二、控制器参数整定 .....         | (146) |
| <b>第九章 复杂控制系统</b> ..... | (150) |
| 第一节 串级控制系统 .....        | (150) |
| 一、基本原理 .....            | (150) |
| 二、工作过程及特点 .....         | (153) |
| 三、设计与应用 .....           | (154) |
| 第二节 均匀控制系统 .....        | (158) |
| 一、基本原理 .....            | (158) |
| 二、系统类型 .....            | (159) |
| 第三节 比值控制系统 .....        | (161) |
| 一、基本原理 .....            | (161) |
| 二、系统类型 .....            | (161) |
| 三、比值系数的确定 .....         | (164) |

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| 第四节 前馈控制系统 .....          | (165)        |
| 一、基本原理 .....              | (165)        |
| 二、系统类型 .....              | (167)        |
| 三、应用场合 .....              | (168)        |
| 第五节 选择性控制系统 .....         | (169)        |
| 一、基本原理 .....              | (169)        |
| 二、系统类型 .....              | (170)        |
| 三、积分饱和现象及其预防措施 .....      | (174)        |
| 第六节 分程控制系统 .....          | (175)        |
| 一、基本原理 .....              | (175)        |
| 二、系统应用 .....              | (176)        |
| 第七节 多冲量控制系统 .....         | (179)        |
| 一、基本原理 .....              | (179)        |
| 二、系统类型 .....              | (179)        |
| <b>第十章 高等过程控制 .....</b>   | <b>(184)</b> |
| 第一节 自适应控制 .....           | (184)        |
| 第二节 预测控制 .....            | (187)        |
| 一、模型算法控制 .....            | (187)        |
| 二、动态矩阵控制 .....            | (190)        |
| 第三节 模糊控制 .....            | (191)        |
| 一、基本结构 .....              | (192)        |
| 二、几种方法 .....              | (194)        |
| 第四节 智能控制与专家系统 .....       | (195)        |
| 一、智能控制的基本概念 .....         | (195)        |
| 二、智能控制的主要类型 .....         | (196)        |
| 三、专家控制系统 .....            | (197)        |
| 第五节 神经网络控制 .....          | (198)        |
| 第六节 故障检测与诊断 .....         | (201)        |
| <b>第十一章 计算机控制系统 .....</b> | <b>(204)</b> |
| 第一节 概 述 .....             | (204)        |
| 一、系统的组成 .....             | (204)        |
| 二、系统的发展 .....             | (205)        |
| 第二节 直接数字控制系统 .....        | (206)        |
| 一、基本概念 .....              | (206)        |
| 二、DDC 中的 PID 算法 .....     | (207)        |
| 第三节 集散控制系统 .....          | (209)        |

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 一、系统特点 .....                        | (209)        |
| 二、硬件和软件 .....                       | (209)        |
| 第四节 现场总线控制系统 .....                  | (211)        |
| 一、组成及特点 .....                       | (211)        |
| 二、基本设备 .....                        | (212)        |
| 三、基金会现场总线 .....                     | (213)        |
| 第五节 综合自动化系统 .....                   | (214)        |
| 一、意义 .....                          | (214)        |
| 二、特点 .....                          | (215)        |
| 三、工业生产过程计算机集成控制系统的构成 .....          | (216)        |
| <b>第十二章 制药过程典型设备及过程自动控制系统 .....</b> | <b>(219)</b> |
| 第一节 流体输送设备的自动控制 .....               | (219)        |
| 一、控制目标及特性描述 .....                   | (219)        |
| 二、离心泵的自动控制方案 .....                  | (220)        |
| 三、往复泵的自动控制方案 .....                  | (222)        |
| 四、压气机的控制方案 .....                    | (223)        |
| 五、离心式压缩机的防喘振控制 .....                | (224)        |
| 第二节 传热设备的自动控制 .....                 | (227)        |
| 一、控制目标及特性描述 .....                   | (227)        |
| 二、两侧均无相变化的换热器自动控制方案 .....           | (228)        |
| 三、利用载热体进行冷凝的加热器自动控制方案 .....         | (230)        |
| 四、利用冷却剂进行气化的冷却器自动控制方案 .....         | (231)        |
| 第三节 精馏塔的自动控制 .....                  | (233)        |
| 一、精馏塔的控制目标及特性描述 .....               | (233)        |
| 二、精馏塔的控制方案 .....                    | (235)        |
| 第四节 化学制药过程自动控制 .....                | (238)        |
| 一、化学制药过程特点 .....                    | (238)        |
| 二、化学反应器类型及控制目标 .....                | (238)        |
| 三、釜式反应器的控制方案 .....                  | (239)        |
| 四、固定床反应器的控制方案 .....                 | (240)        |
| 五、流化床反应器的控制方案 .....                 | (242)        |
| 第五节 硝化反应过程控制 .....                  | (243)        |
| 一、硝化反应工艺流程 .....                    | (243)        |
| 二、硝化反应的控制方案 .....                   | (244)        |
| 第六节 生物制药过程自动控制 .....                | (246)        |
| 一、生物制药过程特点 .....                    | (246)        |
| 二、生物反应器类型及控制目标 .....                | (246)        |

---

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| 三、生物发酵过程控制方案 .....               | (247)        |
| 四、抗生素发酵过程计算机控制 .....             | (251)        |
| 第七节 中药提取与蒸发过程自动控制 .....          | (253)        |
| 一、中药提取设备及自动控制方案 .....            | (253)        |
| 二、中药蒸发设备及自动控制方案 .....            | (254)        |
| 三、中药金银花提取过程自动控制 .....            | (256)        |
| <b>第十三章 制药过程自动控制系统工程设计</b> ..... | <b>(260)</b> |
| 第一节 基本任务与基本步骤 .....              | (260)        |
| 第二节 自动控制系统工程设计 .....             | (261)        |
| 一、初步设计 .....                     | (261)        |
| 二、施工图设计 .....                    | (264)        |
| 第三节 测量仪表及控制装置的选型 .....           | (266)        |
| 一、选型原则 .....                     | (266)        |
| 二、测量及变送器仪表的选择 .....              | (267)        |
| 三、显示、控制仪表的选择 .....               | (270)        |
| 四、计算机及过程通道的选择 .....              | (271)        |
| 五、执行器的选择 .....                   | (271)        |
| 第四节 仪表盘及配线设计 .....               | (272)        |
| 一、仪表盘正面布置 .....                  | (272)        |
| 二、仪表背面接线 .....                   | (273)        |
| 三、仪表回路接线接管 .....                 | (273)        |
| 第五节 供电、供气系统设计 .....              | (274)        |
| 一、仪表供电系统的设计 .....                | (274)        |
| 二、仪表供气系统的设计 .....                | (276)        |

## 绪 论

随着科学技术的进步和工业生产的迅速发展，自动化技术的应用日趋广泛，并逐步渗透到人类社会生产和生活的各个领域。我国加入 WTO 全面参与国际竞争以后，国民经济发展步伐大大加快，以化工、制药、石化、炼油、矿冶、轻工和电力等为代表的现代流程工业将面临着前所未有的压力和挑战。

现代制药工业过程的显著特点是生产规模逐步扩大、工艺过程复杂、对产品质量控制要求严格、先进设备及新技术不断涌现、生产过程更加规范、行业竞争日趋激烈。针对上述情况，人工操作与传统的生产控制方式已无法满足现代化生产的要求，大力发展工业过程自动化技术、以提高企业内部生产效率和节能降耗、增强企业的市场竞争力进而提高经济效益是现代工业应对挑战的最有效方法之一，也是制药过程必不可少的保证安全、优化、高效生产的技术手段。

本章主要介绍制药过程自动化技术的基本概念、研究内容、发展状况以及学习本课程的目的和意义。

### 第一节 制药过程自动化技术概述

#### 一、制药过程自动化技术基本概念

自动化技术是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其他信息技术，对工业生产过程实现自动检测、控制、优化、调度、管理及决策，达到高效生产、降低消耗、确保安全等目的的综合性高新技术，是促进人类社会进步与生产快速发展的动力。

工业制药过程分为化学制药、生物制药、中药制药等过程。从原料加工到产品完成，工艺内部各变量间关系复杂，操作要求高，大多数物料是以液体或气体状态，在密闭的管道、反应器、精馏塔与热交换器等设备内部进行各种反应并伴有副反应发生。工业制药生产是一个十分复杂的过程，它涉及到物理、化学、生化等诸多反应，同时又与过程控制、环境因素、设备特性密切相关。由于制药过程经常在高温、高压、易燃、易爆、有毒、有腐蚀、有刺激性气味等不利条件下进行，因此，自动化技术的实施是确保制药生产过程达到安全生产、降低消耗、高效产出、利于环保等综合生产目标的必经之路。

所谓自动化,一般是指机器设备、系统或某一过程,通常为控制对象在无人直接参与的情况下,借助于仪器仪表及自动化装置,按照一定的控制规律或人们预先设定的要求和程序运行,自动地完成信息检测、过程控制、故障诊断及处理等全过程,实现预期的目标。因此,被控对象、仪器仪表及自动化装置、控制规律是自动化技术的三大要素。

自动化技术可用于不同的机器设备、系统或过程,如工业过程自动化、农业过程自动化、家庭自动化及办公过程自动化等。其中设备、系统、过程不同,载体不同,实现自动化的形式不同,但基本原理相同。

仪器仪表及自动化装置是人类感官的扩展和延伸,是实现过程自动化的工具。自动化过程要代替人的各种操作,所以仪表的种类很多,如测量仪表、控制仪表、显示仪表、执行仪表、运算仪表等,有时还需要一些自动化装置及辅助仪表一起构成自动控制系统。

控制规律是用数学模型或程序来描述人工控制的经验和目标,是自动化工作过程的操作系统。典型的工业控制规律有比例控制规律(P)、积分控制规律(I)、微分控制规律(D)等,简称为PID工业控制规律。

制药生产过程自动化,通常是指按照一定的制药工艺路线,利用各种生产设备,借助于自动化仪表装置代替人工操作,使生产在不同程度上自动地进行,最终将原料转变成产品的过程,如图1-1所示。生产工艺、生产设备、自动控制一体化是现代化工业生产的标志之一。

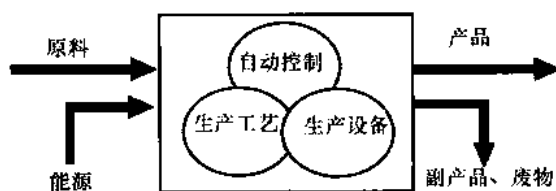


图 1-1 制药生产自动化过程

例如,氯霉素生产中硝化工段硝基乙苯的制备,其工艺可采用乙苯和浓硫酸与硝酸配成的混酸作为原料,在化学反应器设备中进行硝化反应制得。操作过程中利用自动控制系统控制反应温度,工艺流程与温度自动控制系统如图1-2所示。

## 二、制药过程自动化技术研究的内容

制药过程自动化技术研究的主要内容有自动控制系统基本概念、常用自动测量技术与传感器、工业控制规律及自动控制技术、制药生产过程典型控制系统及工程设计方法与应用等。

自动控制系统基本概念主要研究自动控制系统的组成、表示方法、品质指标、被控对象特性以及常用自动化仪表的分类、特点等。

自动测量技术主要研究制药生产过程常用工艺参数的自动检测方法、传感器工作原理、性能指标、使用方法及新测量技术与应用。

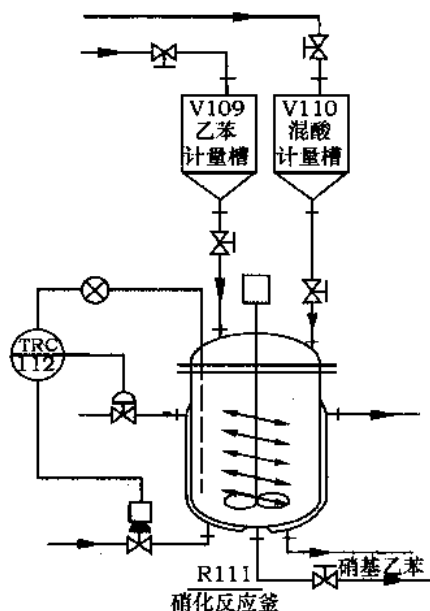


图 1-2 硝化反应工艺流程与温度自动控制系统

自动控制技术主要研究自动控制系统的结构类型、工作原理、控制器的控制规律等。

工程设计方法与应用主要研究制药生产中常用自动控制系统的工程设计方法、典型单元控制方案的确定及应用。

## 第二节 制药过程自动化技术的研究进展

自动化技术的发展大致经历了自动化技术形成、局部自动化、综合自动化三个时期。

18 世纪末到 20 世纪 30 年代是自动化技术形成时期。应用自动控制的方法来代替人工控制各种机械设备，是人类发展史的一大创举。因此，有人称英国机械师 J. Watt 发明的蒸汽机转速闭环自动调速系统，是自动化应用的第一个里程碑。

20 世纪 40 至 50 年代是局部自动化时期。各国科学家设计出各种自动调节装置用于解决局部问题，这个时期主要是经典控制理论的形成和发展时期，也是自动化应用的第二个里程碑。在此期间，电子数字计算机的发明，不但为现代控制理论的发展提供了强有力的工具，而且为复杂控制系统实现先进的控制和算法奠定了基础。

20 世纪 50 年代末至今是综合自动化时期，也是现代控制理论形成及现代控制理论的发展和应用的鼎盛时期。此时，工业生产过程朝着大型化、连续化和自动化方向发展，特别是空间技术和各类高速飞行器的发展，要求控制高速度、高精度的受控对象，使得控制系统更加复杂，用以解决多变量、非线性和时变系统的设计问题。计算机技术、通讯技术和网络技术的发展，实现了计算机直接参与控制，从根本上改变了现代控



制系统的面貌和内涵,促进了自动化技术的发展,并逐步形成了系统辨识、最优控制、人工智能、鲁棒控制、模糊控制等多个重要分支。

制药生产过程同其他工业生产过程一样,经历了由简单到复杂、规模由小到大的发展历程。特别是由于制药过程的生产间歇性及复杂性等特点,其自动化水平曾落后于其他工业生产过程。

20世纪50年代以前,我国绝大多数药厂的生产过程处于手工操作状况,操作工人根据反映生产过程的工艺参数变化情况,凭经验用人工方式来改变操作条件,生产效率及设备利用率低。

20世纪60年代,制药生产过程开始朝着规模化、连续生产、综合利用方向迅速发展。此时,在实际生产中应用的自动控制系统主要是温度、压力、流量和液位四大参数的简单PID控制系统。

20世纪80年代以来,随着科学技术的发展,涉及人类生命、生活的制药工业快速发展,先进生产设备和竞争机制大量引入,自动化程度显著提高。目前,自动化技术已经成为现代制药工业必不可少的生产技术和企业参与竞争的重要标志。不仅如此,自动化技术已发展为控制与管理一体化的综合自动化系统,其应用领域和规模越来越大,社会及经济效益也越来越显著。特别是各种智能仪表的不断涌现,先进设备与控制系统的不断引入,使得控制精度越来越高,控制的方式日益多样化。

纵观自动化技术的研究进展,其具有同步性和综合性的特点。自动化理论、技术工具、应用需求三者之间相互影响、相互推动、相互促进,使自动化技术的载体和应用领域更加广泛,促进了相关学科的交融和汇合。众所周知,信息科学和生命科学是21世纪的前沿科学。而信息科学与生命科学的交叉研究是未来几十年研究的趋势,也是自动化科学技术发展的动力。随着网络通信技术的发展,信息网络环境下的自动化技术及自动控制网络化已经成为一种趋势。科学界普遍认为,自动控制理论和自动化技术已经推动了生命科学的进步,并且还将起到引导和推动作用。因此,以人工生命为主题的研究将对智能自动化技术带来新的挑战。

简言之,综合化、网络化、人文化和绿色化是21世纪自动化技术的发展趋势,这种趋势将对人类社会和今后人们的生产生活将产生深远的影响。

### 第三节 学习制药过程自动化技术的意义

随着现代自动化技术的发展,在制药、化工等行业,生产工艺、生产设备、自动控制与决策管理已逐渐成为一个有机的整体。因此,自动化科学的开放性与容纳性一方面要求从事过程控制的技术人员必须深入了解和熟悉生产工艺与设备;另一方面,要求从事工艺生产的技术人员也必须具有相应的自动化技术基础知识,这对于管理与开发生产过程是十分重要的。

通过本课程的学习,要求了解和掌握制药过程自动化技术的基本理论,熟悉自动控制系统的组成、各环节的特性及作用;能根据工艺要求与自控设计人员共同提出合理的自动控制方案;能在工艺设计或技术改造中,综合考虑工艺与控制两个方面的相互关