

# 化学工程师 技术全书

邝生鲁 主编

上册



化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

# 化学工程师技术全书

(上 册)

邝生鲁 主编

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

# 化学工程师技术全书

(下 册)

邝生鲁 主编

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

化学工程师技术全书(上下册)/邝生鲁主编.  
北京: 化学工业出版社, 2002. 1  
ISBN 7-5025-3489-X

I. 化… II. 邝… III. 化学工业-工程技术人  
员—手册 IV. TQ-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 077590 号

---

**化学工程师技术全书**

(上下册)

邝生鲁 主编

责任编辑: 刘 哲 周国庆

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 田彦文

\*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 88½ 字数 3186 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3489-X/TQ · 1446

定 价: 188.00 元 (上、下册)

---

**版权所有 违者必究**

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 《化学工程师技术全书》

## 编委会

主任兼主编 邝生鲁

副主任兼副主编 陈芬儿 肖穗发 陈艳玲 解孝林 奚强 宋力

编委 (以姓氏笔画为序):

王发坤 邝生鲁 朱成诚 刘常坤 关志超 孙家寿  
肖穗发 陈芬儿 陈艳玲 张春华 张曼征 宋力  
奚强 梁启勇 董超 彭晶 解孝林 张宏武

主要编写人员 (以姓氏笔画为序):

王发坤 毛静萍 白宝明 邝生鲁 朱成诚 朱洵  
刘安昌 刘常坤 关志超 孙建文 孙家寿 杨诗兰  
李喻生 劳纪钢 肖穗发 陈亚琴 陈芬儿 陈艳玲  
张广平 张光旭 张春华 张曼征 郑早萍 郑明方  
罗文姗 周文荣 宫经德 徐建民 奚强 梁启勇  
章莉娟 彭晶 董超 徐文 蒋旭东 韩卫平  
解孝林 宋力 张宏武

其他参编人员 (以姓氏笔画为序):

丁亚玲 王卫红 李萍 陈剑瑜 高玉 徐鹏  
黄克文 梁冰 程根兰 廖桂茵 蔡军华 熊建宏  
缪小红

主审 徐汉生 程时远

总策划 邝生鲁 刘若利

编辑人员 (以姓氏笔画为序):

刘哲 辛田 武志怡 周国庆 段志兵 戴燕红

新世纪我国将实现由化工大国  
转变为化工强国的宏伟目标

何鸣元

二〇〇二年十二月一日

廿一世紀是中國化工  
騰飛和輝煌的時代

潘祖仁

## 序

化学是一门能解决人类面临问题和满足社会需要的重要学科，它与人类生存的环境、健康、食物、能源、材料等密切相关，与其他学科分担着发展生命、材料、能源和环境科学等一系列高新技术任务。诺贝尔化学奖获得者 R.B. Woodward 说：化学家在老的自然界旁边又建立起了一个新的自然界。化学科学的原理如何结合生产实践所累积的技术，应用到工业生产中而服务于人类社会，则归属到化学工程技术科学，它在先进社会的生产中占有极大的份额，给人类带来巨大效益。化学工程师就是能够独立完成化学工程专门技术的设计、施工、生产的专门人员。本书是根据有关原始文献和二次文献的资料、数据，经挑选、加工、整理后，提供给化学工程师用的大型参考书。该书具有分类清楚、内容集中、信息翔实、叙述系统、便于查阅等优点。

自 1901 年英国 G. 戴维斯撰写的第一部化学工程教科书问世，近百年来化学工程技术科学在以化学原理为基础、以工业规模发生物理或化学状态变化的工业过程中，提出了单元操作、化学反应工程学、自动控制、动态控制等，创造了许多新产品而进入每一个家庭。虽强调了化合物的性能和化学反应效率，但较少考虑其威胁人类的有害作用。为了尽可能地减少它的负面影响，值此世纪之交人们对化工提出了更高的要求：在满足当代人需要的同时，不损坏后代满足其自身需要的环境；于发展的同时，保护好生态环境等自然资源，实现资源的可持续利用；提出绿色化学、清洁生产、持续发展新思路，甚至要求“零排放”或“原子经济”，从认识物质世界、改造物质世界到保护物质世界。本专著也是努力按照这一新思路编写的，为其创新之处。迎接知识经济的新时代，本书的出版将给化学工程师提供一本有新意的、有用的参考书，使他们更好地开展专业工作，对我国化学工程的发展产生积极的作用。

屈松生

2001 年 10 月



## 前言

对于中国化学工业, 21 世纪是充满希望和机遇的世纪, 也是更加激烈竞争和严峻挑战的世纪。新世纪化工发展格局将在科技加速发展和经济全球化、教育全球化、研究开发全球化两大背景下展开。21 世纪初科技发展重大趋势是: 生命科学与生物技术发挥带头学科的作用; 信息网络技术继续成为经济增长的主导; 环境科学与绿色技术将大放异彩, 清洁生产将成为主导生产方式, 绿色技术、绿色产品、绿色消费受到更广泛重视; 空间科学与技术将是发展最快的尖端技术之一, 外层空间微重力和超真空环境将使人类生产许多重要的材料与产品; 能源技术将取得重大突破, 新能源开发与节能技术将使国内生产总值提高的同时, 减少对生态环境的冲击, 燃料电池被认为是 21 世纪首选的洁净高效的发电技术; 纳米材料、智能材料、超导材料、隐身材料等将在构建人类新文明大厦和增强国家综合实力上发挥关键作用。此外, 全球经济一体化进程的完成标志着化工高竞争时代的来临; 技术创新将成为世界化工国际竞争力的一个决定性因素; 企业兼并和专业化分工不断加剧, 直接改变了国际竞争的环境; 可持续发展战略对化工提出更严格的要求。

面对上述新世纪的机遇与挑战, 对化工人才的知识结构、能力结构和素质结构提出了更高的要求。为适应新形势, 我们组织了武汉化工学院、中国五环化学工程公司、复旦大学、华中科技大学、湖北省科学院化学研究所、湖北大学、江汉石油学院、华南理工大学、中国地质大学、广东中山学院和安徽省药物研究所、湖南省卫生工程研究所的专家, 根据我国化工发展的需要, 在收集大量资料的基础上, 并结合自己多年化工实践, 经加工、筛选、提炼而编纂了此书, 为化工技术人员及管理工作提供较全面的论述有关化工学科理论、工程实践、化工高新技术以及现代管理等方面的知识与技术。本书有以下特点: ①综合性, 内容全面, 涉及众多学科, 覆盖了化工各个领域; ②先进性, 内容新颖, 反映现代化化工科技成果与前沿; ③实用性, 理论联系实际, 实用性强; ④手册性, 收集了大量的化工物性数据, 可供化学工程师查询。

全书共 19 章, 分上、下册, 由邝生鲁主编, 陈芬儿等为副主编。其内容包括化工单元过程、生物化工、化工工艺设计、常用化工设备的选择、化工装置布置与管道设计、化工计算机辅助设计、化工产品的工艺流程、化学工业清洁生产、自动控制与仪表、化工环境保护、化工腐蚀与防护、化工安全、化工技术经济、化工项目管理、化工标准化、化工情报信息检索、化学前沿、化工前沿、化工物性数据等。参加编写的人员有: 第 1 章张广平; 第 2 章刘安昌; 第 3 章宫经德; 第 4 章徐建民、徐文; 第 5 章王发坤、劳纪纲、白宝明、郑明方; 第 6 章关志超; 第 7 章奚强、张光旭; 第 8 章邝生鲁; 第 9 章彭晶、孙建文; 第 10 章孙家寿; 第 11 章董超; 第 12 章解孝林、李喻生; 第 13 章张春华; 第 14 章肖稳发、张宏武; 第 15 章朱洵、朱成诚; 第 16 章周文荣、张曼征、蒋旭东; 第 17 章邝生鲁; 第 18 章陈芬儿、陈艳玲、邝生鲁; 第 19 章邝生鲁、陈芬儿、梁启勇、陈艳玲、章莉娟、奚强、刘常坤、肖稳发、郑早萍、杨诗兰、毛静萍、韩卫平、宋力; 附录陈亚琴、罗文嫒。全书由邝生鲁统稿。

中国科学院院士、中国石油化工科学研究院何鸣元教授和浙江大学博导潘祖仁教授欣然为本书题词, 武汉大学博导屈松生教授为本书热情作序, 给编者以极大的鼓舞。在编写过程中, 李萍、黄克文、王卫红、丁亚玲、徐鹏、蔡军华、陈剑瑜、缪小红、程根兰、廖桂茵、梁冰、高玉等参与校阅, 熊建宏为本书第 17 章、第 18 章、第 2 章、第 11 章绘制插图, 在此表示衷心谢意。对本书引用的参考文献部分内容与图表以及从迪安编(尚久方译)《兰氏化学手册》、印永嘉编《物理化学简明手册》、张向宇编《实用化学手册》、时钧等编《化学工程手册》、杭州大学分析教研室编《分析化学手册》和上海医药设计院编《化工工艺设计手册》等上引用的数据, 在此一并表示衷心的感谢。

由于水平所限, 错漏之处难免, 企望读者不吝指正, 不胜感激。

编著者  
2001 年 10 月

## 内 容 简 介

本书全面、系统地论述了现代化学工程师必须了解和掌握的化工以及相关学科知识与新技术，并介绍近年来化工科技发展前沿，以不断开拓视野。主要内容有：化工清洁生产、化工单元过程、化工工艺设计、化工装置与管道设计、常用化工设备选择、自动控制与仪表、化工计算机辅助设计、化工标准化、化工项目管理、化学前沿、化工前沿、化工腐蚀与防护、生物化工、化工安全、化工环境保护、化工情报信息检索、化工技术经济、化工产品工艺流程、化工物性数据以及 SI 制等。

本书内容新颖、资料翔实、丰富实用，可供从事化工或相关行业研究、开发、设计、生产和管理人员使用，也可供与化学化工相关的学科和专业的研究人员与工程技术人员阅读参考。

# 目 录

## 上 册

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第1章 化工单元过程 .....     | 1  |
| 1.1 流体流动 .....       | 1  |
| 1.1.1 流动过程衡算 .....   | 1  |
| 1.1.2 阻力计算 .....     | 2  |
| 1.1.3 管路计算 .....     | 2  |
| 1.1.4 可压缩流体输送 .....  | 3  |
| 1.1.5 非牛顿型流体流动 ..... | 3  |
| 1.1.6 液体输送机械 .....   | 4  |
| 1.1.7 气体输送机械 .....   | 6  |
| 1.2 搅拌与混合 .....      | 7  |
| 1.2.1 搅拌器类型与选型 ..... | 7  |
| 1.2.2 搅拌过程的特征量 ..... | 8  |
| 1.2.3 搅拌器的放大 .....   | 9  |
| 1.2.4 其他物系的搅拌 .....  | 9  |
| 1.3 气固分离与流态化 .....   | 10 |
| 1.3.1 颗粒动力学 .....    | 11 |
| 1.3.2 气固分离设备 .....   | 11 |
| 1.3.3 固体流态化 .....    | 13 |
| 1.3.4 流化床系统 .....    | 14 |
| 1.4 液固分离 .....       | 15 |
| 1.4.1 重力沉降分离 .....   | 15 |
| 1.4.2 过滤 .....       | 16 |
| 1.5 传热 .....         | 17 |
| 1.5.1 导热 .....       | 17 |
| 1.5.2 对流传热 .....     | 18 |
| 1.5.3 辐射传热 .....     | 21 |
| 1.5.4 传热过程的计算 .....  | 22 |
| 1.5.5 换热器 .....      | 23 |
| 1.6 蒸发 .....         | 25 |
| 1.6.1 单效蒸发的计算 .....  | 25 |
| 1.6.2 多效蒸发的计算 .....  | 26 |
| 1.6.3 蒸发器类型与选型 ..... | 27 |
| 1.7 结晶 .....         | 28 |
| 1.7.1 结晶动力学 .....    | 29 |
| 1.7.2 结晶器设计 .....    | 29 |
| 1.8 气体吸收 .....       | 30 |
| 1.8.1 气液平衡 .....     | 30 |
| 1.8.2 传质速率 .....     | 31 |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1.8.3 吸收计算 .....          | 31        |
| 1.8.4 填料塔 .....           | 35        |
| 1.9 蒸馏 .....              | 36        |
| 1.9.1 汽液平衡 .....          | 36        |
| 1.9.2 单级蒸馏 .....          | 37        |
| 1.9.3 连续蒸馏计算 .....        | 38        |
| 1.9.4 板式塔设计 .....         | 40        |
| 1.10 液液萃取 .....           | 41        |
| 1.10.1 萃取过程 .....         | 41        |
| 1.10.2 萃取的相平衡 .....       | 42        |
| 1.10.3 部分互溶物系的萃取计算 .....  | 42        |
| 1.10.4 完全不互溶物系的萃取计算 ..... | 43        |
| 1.10.5 萃取设备 .....         | 44        |
| 1.11 离子交换 .....           | 45        |
| 1.11.1 离子交换剂 .....        | 45        |
| 1.11.2 离子交换器及其设计 .....    | 45        |
| 1.12 膜分离 .....            | 46        |
| 1.12.1 概述 .....           | 46        |
| 1.12.2 反渗透 .....          | 46        |
| 1.12.3 超滤和微滤 .....        | 47        |
| 1.12.4 电渗析 .....          | 48        |
| 1.12.5 其他膜过程 .....        | 48        |
| 1.13 干燥 .....             | 49        |
| 1.13.1 干燥速率与干燥时间计算 .....  | 49        |
| 1.13.2 连续干燥过程的计算 .....    | 50        |
| 1.13.3 干燥器 .....          | 52        |
| 参考文献 .....                | 54        |
| <b>第2章 生物化工</b> .....     | <b>55</b> |
| 2.1 微生物工程技术 .....         | 55        |
| 2.1.1 工业微生物学基础 .....      | 55        |
| 2.1.2 微生物的培养 .....        | 57        |
| 2.1.3 灭菌技术 .....          | 63        |
| 2.1.4 均相酶催化反应动力学 .....    | 67        |
| 2.1.5 固定化酶催化反应过程 .....    | 73        |
| 2.2 微生物工程的应用 .....        | 76        |
| 2.2.1 乙酸的生产 .....         | 77        |
| 2.2.2 乳酸 .....            | 78        |
| 2.2.3 柠檬酸 .....           | 79        |
| 2.2.4 乙醇 .....            | 81        |
| 2.2.5 甘油 .....            | 82        |
| 2.2.6 青霉素和头孢霉素 .....      | 84        |
| 2.2.7 肽类及缩肽类抗生素 .....     | 89        |
| 2.2.8 大环内酯抗生素 .....       | 90        |
| 2.2.9 多烯烃大环内酯抗生素 .....    | 92        |
| 2.2.10 芳香族抗生素 .....       | 93        |

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| 2.2.11 维生素 B <sub>12</sub> .....                            | 96         |
| 2.2.12 赤霉素 .....                                            | 98         |
| <b>第3章 化工工艺设计</b> .....                                     | <b>100</b> |
| 3.1 概述 .....                                                | 100        |
| 3.2 设计阶段 .....                                              | 100        |
| 3.3 设计内容 .....                                              | 100        |
| 3.3.1 设计前期工作 .....                                          | 100        |
| 3.3.2 初步设计阶段 (或国际项目报价) .....                                | 101        |
| 3.3.3 基础工程设计阶段 .....                                        | 101        |
| 3.3.4 详细工程设计阶段 .....                                        | 102        |
| 3.4 设计计算 .....                                              | 102        |
| 3.4.1 工艺专业设计计算 .....                                        | 102        |
| 3.4.2 工艺系统专业设计计算 .....                                      | 108        |
| 3.5 设计条件 .....                                              | 117        |
| 3.5.1 接受的设计条件与资料 .....                                      | 117        |
| 3.5.2 提出的设计条件与资料 .....                                      | 119        |
| 3.5.3 主要设计条件的编制 .....                                       | 120        |
| 3.5.4 主要设计条件图表样例 .....                                      | 121        |
| 3.6 设计成品文件 .....                                            | 148        |
| 3.6.1 设计成品文件内容 .....                                        | 148        |
| 3.6.2 工艺系统专业主要设计成品文件编制 .....                                | 148        |
| 参考文献 .....                                                  | 158        |
| <b>第4章 常用化工设备的选择</b> .....                                  | <b>159</b> |
| 4.1 容器系列 .....                                              | 159        |
| 4.1.1 容器的分类与选择 .....                                        | 159        |
| 4.1.2 普通碳素钢及低合金钢贮罐标准系列<br>(HG 5-1572—85~HG 5-1580—85) ..... | 159        |
| 4.1.3 球形贮罐标准系列 (JB/T 4711—92) .....                         | 168        |
| 4.1.4 钢制机械搅拌容器标准系列 (GB 9845—88) .....                       | 175        |
| 4.2 换热器系列 .....                                             | 179        |
| 4.2.1 换热器的分类与选择 .....                                       | 179        |
| 4.2.2 固定管板式换热器 (JB/T 4715—92) .....                         | 180        |
| 4.2.3 立式热虹吸式重沸器 (JB/T 4716—92) .....                        | 186        |
| 4.2.4 浮头式换热器和冷凝器 (JB/T 4714—92) .....                       | 188        |
| 4.2.5 U形管式换热器 (JB/T 4717—92) .....                          | 197        |
| 4.2.6 钢制固定式薄管板列管换热器 (HG 21503—92) .....                     | 200        |
| 4.2.7 不可拆式螺旋板换热器 (JB/T 4723—92) .....                       | 209        |
| 4.2.8 板式换热器 (GB 16409—96) .....                             | 212        |
| 4.2.9 热管换热器 .....                                           | 216        |
| 4.3 塔内件 .....                                               | 217        |
| 4.3.1 圆泡罩 (JB 1212—73) .....                                | 217        |
| 4.3.2 浮阀 .....                                              | 219        |
| 4.3.3 填料 .....                                              | 220        |
| 4.3.4 丝网除沫器 (HG/T 21618—98) .....                           | 224        |
| 4.4 除尘器 .....                                               | 227        |

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 4.4.1 除尘器的种类和选用 .....                  | 227        |
| 4.4.2 旋风除尘器 .....                      | 229        |
| 4.4.3 洗浴式除尘器 .....                     | 234        |
| 4.4.4 电除尘器 .....                       | 234        |
| 4.5 搪玻璃设备 .....                        | 236        |
| 4.5.1 搪玻璃开式搅拌容器 (HG/T 2371—92) .....   | 237        |
| 4.5.2 搪玻璃闭式搅拌容器 (HG/T 2372—92) .....   | 241        |
| 4.5.3 搪玻璃开式贮存容器 (HG/T 2373—92) .....   | 246        |
| 4.5.4 搪玻璃闭式贮存容器 (HG/T 2374—92) .....   | 249        |
| 4.5.5 搪玻璃卧式贮存容器 (HG/T 2375—92) .....   | 249        |
| 4.5.6 搪玻璃蒸发罐 (HG 5-38—79) .....        | 251        |
| 4.5.7 搪玻璃塔节 (HG 3-1232—79) .....       | 252        |
| 4.6 化工陶瓷设备 .....                       | 253        |
| 4.6.1 化工陶瓷设备的适用范围 .....                | 253        |
| 4.6.2 产品介绍 .....                       | 253        |
| 4.7 机泵系列 .....                         | 257        |
| 4.7.1 风机的分类与选择 .....                   | 257        |
| 4.7.2 泵的分类与选择 .....                    | 262        |
| 参考文献 .....                             | 273        |
| <b>第5章 化工装置布置与管道设计 .....</b>           | <b>274</b> |
| 5.1 概述 .....                           | 274        |
| 5.2 化工装置设备布置 .....                     | 274        |
| 5.2.1 设备布置设计依据 .....                   | 274        |
| 5.2.2 设备布置图 .....                      | 274        |
| 5.2.3 设备布置原则 .....                     | 275        |
| 5.2.4 典型设备布置 .....                     | 279        |
| 5.2.5 设备布置的设计条件 .....                  | 286        |
| 5.3 化工装置管道布置 .....                     | 289        |
| 5.3.1 管道布置设计依据 .....                   | 289        |
| 5.3.2 管道布置图的绘制 .....                   | 289        |
| 5.3.3 管道布置原则 .....                     | 290        |
| 5.3.4 管道布置典型设计 .....                   | 301        |
| 5.3.5 管道布置图和轴测图上管子、管件、阀门及管道特殊件图例 ..... | 310        |
| 5.4 化工装置管道材料控制 .....                   | 317        |
| 5.4.1 管道材料控制设计依据 .....                 | 317        |
| 5.4.2 管道材料设计工作内容 .....                 | 317        |
| 5.4.3 管道材料选用原则 .....                   | 318        |
| 5.4.4 管道材料常用标准 .....                   | 319        |
| 5.4.5 管道材料典型表格 .....                   | 322        |
| 5.5 化工装置管道机械 .....                     | 328        |
| 5.5.1 管道机械设计依据 .....                   | 328        |
| 5.5.2 管道机械设计工作内容 .....                 | 328        |
| 5.5.3 管道柔性分析 .....                     | 329        |
| 5.5.4 管道支架的选用 .....                    | 329        |
| 参考文献 .....                             | 330        |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第6章 化工计算机辅助设计 .....            | 331 |
| 6.1 概述 .....                   | 331 |
| 6.2 软件制作的方法和步骤 .....           | 332 |
| 6.3 工程数据库的开发与应用 .....          | 332 |
| 6.3.1 工程数据的特点 .....            | 332 |
| 6.3.2 建立工程数据库的方法 .....         | 333 |
| 6.4 数字化曲线线图的方法 .....           | 339 |
| 6.4.1 基本原理 .....               | 340 |
| 6.4.2 应用实例 .....               | 341 |
| 6.5 程序设计举例 .....               | 342 |
| 6.5.1 用C语言开发的柱塞泵的参数化设计程序 ..... | 342 |
| 6.5.2 绘制管法兰零件图的程序 .....        | 345 |
| 6.6 计算机设计常用函数 .....            | 347 |
| 6.6.1 C语言基本函数 .....            | 347 |
| 6.6.2 Auto Lisp 基本函数 .....     | 355 |
| 参考文献 .....                     | 361 |
| 第7章 化工产品的工艺流程 .....            | 362 |
| 7.1 癸二酸二辛酯 .....               | 362 |
| 7.2 碳纤维 .....                  | 363 |
| 7.3 聚乙烯醇 .....                 | 364 |
| 7.4 丙烯腈电解偶联法制己二胺 .....         | 366 |
| 7.5 聚四氟乙烯 .....                | 367 |
| 7.6 环氧树脂 .....                 | 368 |
| 7.7 本体法制聚苯乙烯 .....             | 370 |
| 7.8 日本住友乳液法制聚氯乙烯 .....         | 371 |
| 7.9 甲苯氧化法制苯甲酸 (SNIA) 法 .....   | 372 |
| 7.10 苯催化加氢制环己烷 (富士制铁法) .....   | 373 |
| 7.11 丙烯氢氧化法制丙烯腈 .....          | 374 |
| 7.12 丙烯腈硫酸水合法制丙烯酰胺 .....       | 375 |
| 7.13 乙烯空气氧化法制环氧乙烷 .....        | 377 |
| 7.14 甲醇高压羰基合成法制醋酸 .....        | 378 |
| 7.15 乙烯直接水合法制乙醇 .....          | 379 |
| 7.16 乙烯法制醋酸乙烯 .....            | 380 |
| 7.17 马来酐加氢法制四氢呋喃 .....         | 381 |
| 7.18 光气和一甲胺合成法制甲基异氰酸酯 .....    | 382 |
| 7.19 发酵法乳酸 .....               | 384 |
| 7.20 氯氨法制水合肼 .....             | 385 |
| 7.21 甲醇和浓硫酸制硫酸二甲酯 .....        | 386 |
| 7.22 高压尿素分解法制三聚氰胺 .....        | 387 |
| 7.23 甲酸钠法制草酸 .....             | 388 |
| 7.24 苛性钠吸收中和法制甲酸 .....         | 389 |
| 7.25 鲁奇低压法合成甲醇 .....           | 390 |
| 7.26 聚酯酸乙烯乳胶漆 .....            | 391 |
| 7.27 聚氨酯清漆 .....               | 392 |
| 7.28 匀染剂 OP (乳化剂 OP) .....     | 393 |

|                      |                                                    |     |
|----------------------|----------------------------------------------------|-----|
| 7.29                 | 渗透剂 T .....                                        | 395 |
| 7.30                 | 酞菁蓝 B .....                                        | 396 |
| 7.31                 | 溶剂法生产氯化石蜡 70 .....                                 | 398 |
| 7.32                 | 发泡剂 AC (偶氮二甲酰胺) .....                              | 399 |
| 7.33                 | 防老剂 4010 ( <i>N</i> -环己基- <i>N'</i> -苯基对苯二胺) ..... | 400 |
| 7.34                 | 二月桂酸二丁基锡 .....                                     | 401 |
| 7.35                 | 氟基丙烯酸乙酯胶粘剂 (502 胶) .....                           | 403 |
| 7.36                 | 氯化石蜡 (合成牛蹄油) .....                                 | 404 |
| 7.37                 | 亚硫酸化鱼油 .....                                       | 405 |
| 7.38                 | 酸法制 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ .....           | 406 |
| 7.39                 | 4-正戊基-4'-氟基联苯 .....                                | 408 |
| 7.40                 | 环氧灌封料 .....                                        | 409 |
| 7.41                 | 丙酸钙 .....                                          | 411 |
| 7.42                 | 乙氧喹 .....                                          | 412 |
| 7.43                 | 分子筛 .....                                          | 413 |
| 7.44                 | 开斯汀法制二氧化氯 .....                                    | 415 |
| 7.45                 | 离子膜法电解生产氯与烧碱 .....                                 | 416 |
| 7.46                 | 硫磺制硫酸 .....                                        | 417 |
| 7.47                 | 电炉制磷 .....                                         | 419 |
| 7.48                 | 热法磷酸 .....                                         | 420 |
| 7.49                 | 石灰氮 (氰氨化钙) .....                                   | 421 |
| 7.50                 | 对苯二甲酸二辛酯 (DOTP) .....                              | 422 |
| 7.51                 | 氨、硫铵法排烟脱硫装置 .....                                  | 423 |
| 7.52                 | 有机化学工业废水处理流程 .....                                 | 424 |
| 7.53                 | 活性污泥法处理废水 .....                                    | 425 |
|                      | 参考文献 .....                                         | 426 |
| 第 8 章 化学工业清洁生产 ..... |                                                    | 427 |
| 8.1                  | 我国化学工业污染现状及原因分析 .....                              | 427 |
| 8.2                  | 清洁生产 .....                                         | 427 |
| 8.3                  | 化工清洁生产的内容 .....                                    | 428 |
| 8.3.1                | 清洁原料 .....                                         | 428 |
| 8.3.2                | 清洁的溶剂 .....                                        | 430 |
| 8.3.3                | 清洁的产品 .....                                        | 431 |
| 8.3.4                | 清洁的催化剂 .....                                       | 433 |
| 8.3.5                | 化工反应过程的合理评价指标 .....                                | 435 |
| 8.3.6                | 清洁的化工高技术 .....                                     | 439 |
| 8.3.7                | 清洁化工生产工艺 .....                                     | 441 |
| 8.3.8                | 清洁环保技术 .....                                       | 458 |
| 8.3.9                | 清洁的能源——煤的清洁利用 .....                                | 462 |
| 8.3.10               | 生物质资源的利用 .....                                     | 475 |
| 8.3.11               | VOC 的净化回收与污染治理 .....                               | 479 |
| 8.3.12               | 工艺过程闭路循环 .....                                     | 480 |
| 8.3.13               | 化工固体废物的再利用 .....                                   | 481 |
| 8.3.14               | 废旧高分子材料的回收与利用 .....                                | 486 |
|                      | 参考文献 .....                                         | 488 |



|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第9章 自动控制与仪表</b> .....    | 491 |
| 9.1 自动调节系统概要 .....          | 491 |
| 9.1.1 自动化的主要内容 .....        | 491 |
| 9.1.2 自动调节系统的组成 .....       | 491 |
| 9.1.3 自动调节系统的分类 .....       | 493 |
| 9.1.4 自动调节系统过渡过程和品质指标 ..... | 493 |
| 9.2 测量仪表 .....              | 493 |
| 9.2.1 温度测量仪表 .....          | 494 |
| 9.2.2 压力测量仪表 .....          | 495 |
| 9.2.3 流量测量仪表 .....          | 495 |
| 9.2.4 物位测量仪表 .....          | 496 |
| 9.2.5 过程分析仪表 .....          | 497 |
| 9.3 显示和调节仪表 .....           | 498 |
| 9.3.1 常规的显示和调节仪表 .....      | 498 |
| 9.3.2 集散控制系统 (DCS) .....    | 498 |
| 9.4 执行器 .....               | 499 |
| 9.4.1 气动执行器 .....           | 499 |
| 9.4.2 电动执行器 .....           | 500 |
| 9.4.3 电/气转换器和电/气阀门定位器 ..... | 500 |
| 9.5 简单调节系统 .....            | 500 |
| 9.5.1 简单调节系统的组成 .....       | 500 |
| 9.5.2 被调参数的选择 .....         | 500 |
| 9.5.3 调节参数的选择 .....         | 500 |
| 9.5.4 滞后对调节系统的影响 .....      | 501 |
| 9.5.5 调节器调节规律的选择 .....      | 501 |
| 9.5.6 调节器正反作用的选择 .....      | 502 |
| 9.5.7 调节系统间相互干扰及克服方法 .....  | 502 |
| 9.6 复杂调节系统 .....            | 503 |
| 9.6.1 串级调节系统 .....          | 504 |
| 9.6.2 比值调节系统 .....          | 504 |
| 9.6.3 均匀调节系统 .....          | 505 |
| 9.6.4 分程调节系统 .....          | 506 |
| 9.6.5 自动选择性调节系统 .....       | 507 |
| 9.6.6 前馈调节系统 .....          | 508 |
| 9.6.7 非线性调节系统 .....         | 509 |
| 9.6.8 采样调节系统 .....          | 509 |
| 9.7 典型化工单元的调节方案 .....       | 509 |
| 9.7.1 流体输送设备的控制 .....       | 509 |
| 9.7.2 传热设备的控制 .....         | 512 |
| 9.7.3 锅炉设备的控制 .....         | 517 |
| 9.7.4 化学反应器的控制 .....        | 519 |
| 9.7.5 精馏塔的控制 .....          | 522 |
| 参考文献 .....                  | 526 |
| <b>第10章 化工环境保护</b> .....    | 527 |
| 10.1 化工污染及其污染物 .....        | 527 |