

JIA CHUN JI QI YAN SHENG WU

**向家勇 李峰 副主编**



化学工业出版社

# 甲醇及其衍生物

JIACHUN JI QI YANSHENGWU

周万德 主编

向家勇 李峰 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对甲醇和甲醛、二甲醚、乙酸等 20 多种衍生物,重点阐述了其理化性质、生产方法、产品分级和质量规格、危险性(毒性)与防护、包装储运、经济概况、用途等内容,对我国甲醇工业在广度和深度上向下游延伸发展有很大的促进作用,实用性强。

本书可供甲醇及其衍生物相关企业、科研院所的人员使用,同时可供化工等相关专业的师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

甲醇及其衍生物 / 周万德主编. —北京: 化学工业出版社, 2018.6

ISBN 978-7-122-31976-0

I. ①甲… II. ①周… III. ①甲醇-化学工业-基本知识②甲醇-衍生物-化学工业-基本知识  
IV. ①TQ223.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 077803 号

---

责任编辑: 张 艳 刘 军  
责任校对: 边 涛

文字编辑: 陈 雨  
装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 中煤(北京)印务有限公司  
710mm×1000mm 1/16 印张 34<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数 737 千字 2018 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 188.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2018——14



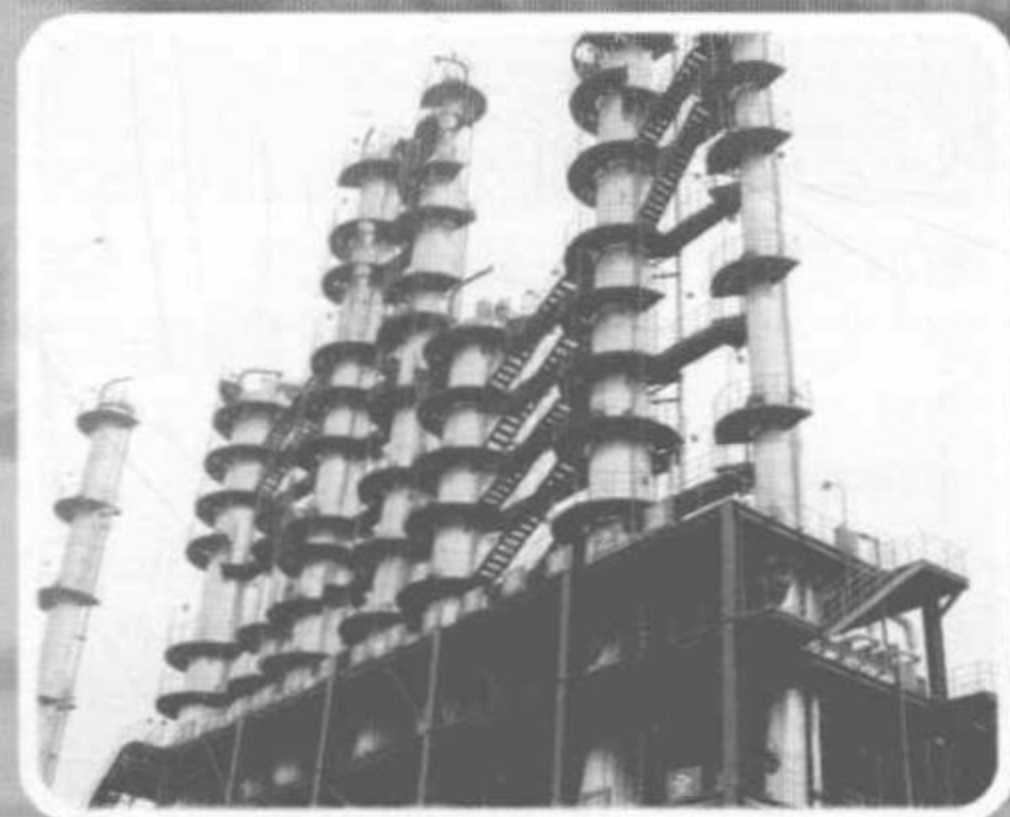
中国·无锡

江苏湖大化工科技有限公司

### 公司简介

- 多年甲醇及其衍生物工程总包与运行经验
- 以塔器设计与工艺包开发为基础，为分离提供解决方案
- 化工污水处理一站式解决方案提供商
- 集分析化验、小试、中试为一体的研发基地
- 合作伙伴：天津大学、赛鼎宁波、天一科技等

### 化工成套生产技术



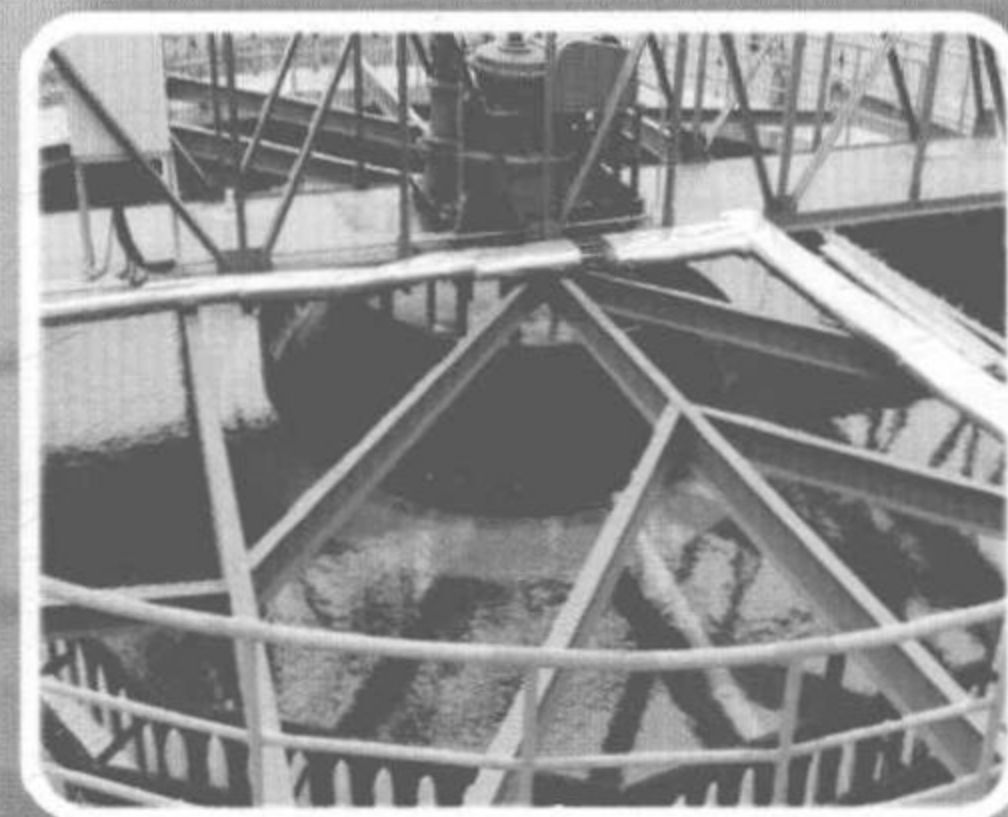
- 醋酸酯系列技术
- 三聚甲醛技术
- 二氧戊环技术
- 甲酚烷基化技术
- MIBK生产技术
- 三羟甲基丙烷技术

### 化工分离定制技术



- 粗甲醇精制技术
- 杂醇油分离技术
- 甲缩醛精制技术
- 稀甲醛回收技术
- 碳酸二甲酯分离精制技术
- 粗酚精制技术
- 粗芳烃分离技术
- 醋酸酯精制技术
- 溶剂回收技术

### 化工环保技术



- 含醛废水处理技术
- 酚醛树脂废水处理技术
- 含酚废水处理技术
- 含杂醇油废水处理技术
- 煤化工废水处理技术
- VOCs废气处理技术

网 址: [www.slchemtech.cn](http://www.slchemtech.cn)

电 话: 0510-85609985

传 真: 0510-85120985-806

地 址: 无锡市滨湖区太湖新城金融一街平安财富中心906室

联系人: 向家勇 (董事长)

手 机: 181-7126-6655

邮 编: [info@slchemtech.com](mailto:info@slchemtech.com)



# 深圳博瑞兰特 甲醇甲醛仪表 专业设计与制造

DZK-J智能温度补偿型流量计（专利：ZL200520118064.8）



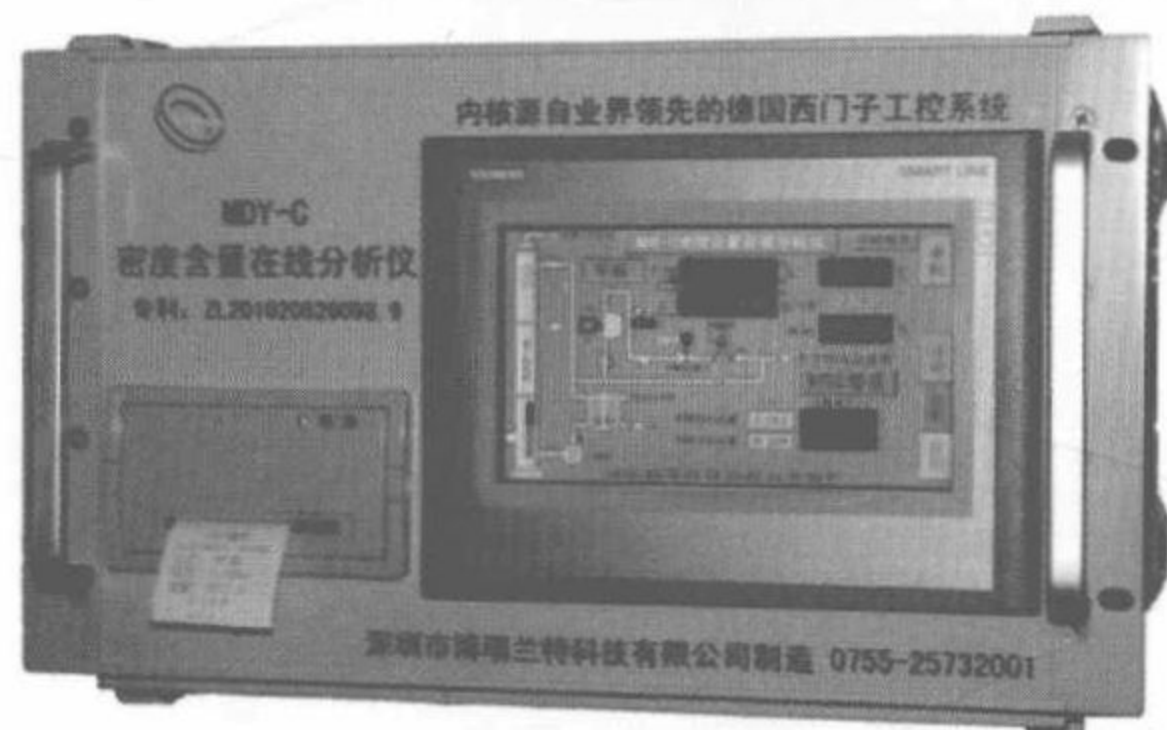
- 全屏显示流体摄氏温度、瞬时流量、累积流量；
- 分别显示总累积流量和当次累积流量；
- 正常流量范围：0.2~2500 (t/h或m³/h)；
- 在线温度补偿范围：-40~180℃；
- 精度：≤±0.2%，经多段线性修正后达±0.1%；
- 内置专用锂电池，无需外接电源，防爆壳体；
- 输出信号：4~20mA，脉冲，RS-485，开关量；
- 测量管材质：304不锈钢，电器连接：M20X1.5；
- 适用于甲醇、甲醛生产单耗计量、甲缩醛、乙醇、乙醛、二甲醚、液氨和反应釜配料的精密计量。

| 公称通经<br>(DN) | 常用流量范围<br>(t/h或m³/h) |
|--------------|----------------------|
| 25           | 1~10                 |
| 40           | 2~20                 |
| 50           | 4~40                 |
| 65           | 7~70                 |
| 80           | 10~100               |
| 100          | 20~200               |
| 125          | 30~300               |
| 150          | 40~400               |



垂直安装方式

MDY-C在线式甲醇甲醛含量分析系统（专利：ZL 2010 2 0626098.9）



- 由四部分组成，西门子触摸屏分析仪、软件、含量传感器、温度传感器。
- 在线连续测量液体浓度（%）、密度（g/cm³）、温度（℃）、酸度pH测量，各项参数0.5s采样并计算一次，随时观察含量，无过程中断；
- 甲醛浓度范围：18~37~50（%）、分辨率0.01（%），准确度：±0.15~0.5（%）；
- 密度测量范围：0~1.5（g/cm³），分辨率0.0001，准确度：±0.001（g/cm³）；
- 有越限报警功能，当含量值超过给定量时，会自动声光警示，保证含量不超标；
- 2线制电流4~20mA/24VDC输出，连接DCS控制系统，自动控制2塔加水量；
- 对甲醛生产有一定指导作用，减少化验频度，减轻劳动强度，提高产品控制精度；
- 适用于甲醇、甲醛含量在线分析、甲醇卸车入库质量检验，甲醛生产单耗在线计算、甲缩醛、乙醇、乙醛、二甲醚、液氨密度在线测量。

DZK-B智能定值批量装桶、自动装车灌装控制、多路自动配料系统（专利：ZL01222782.X）



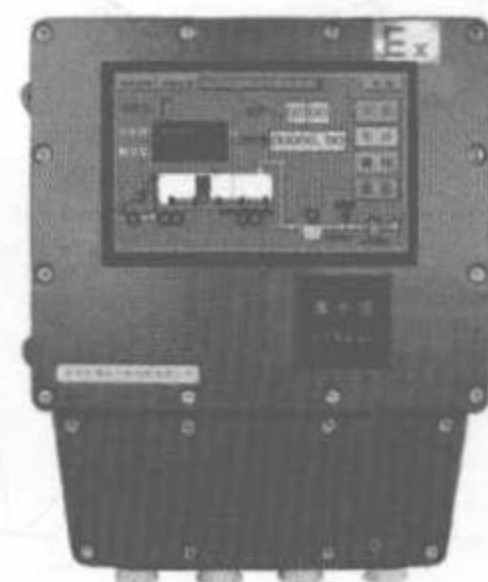
防爆型DZK-B



台式DZK-T



多路DZK-C



防爆多路DZK-BC

- 由流量传感器、定值控制仪（西门子多路）、电动阀门组成，可预置定值量、提前量、批次、换桶间隔时间（秒）；
- 动态显示瞬时(t/h)、当次流量、总累积流量(t)，停电后能对各种数据进行保护；
- 有比例P积分I微分D功能；
- 当储罐液位低于下限时，会报警停泵；
- 适用于液体成品定值批量装桶、自动装车与控制。也可实现液位监测与控制、含量检测与控制、比值配料检测与控制。

装车系统组成



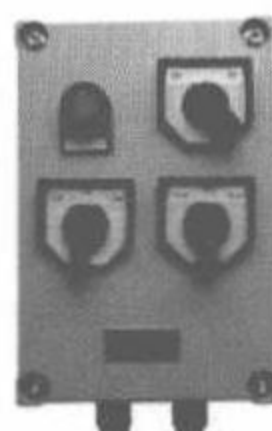
流量计



定值控制仪



警示器



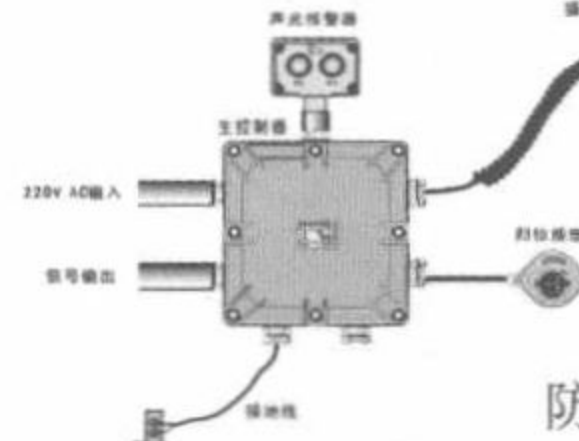
联锁箱



电动阀



成品槽车



防静电防溢流控制器

联系方式

深圳市博瑞兰特科技有限公司  
地址：深圳市龙岗区龙城路万象天成1栋2008、2009  
网址：<http://www.szbrtyb.com/>  
电话：0755-25732001 传真：0755-25732001  
电子邮箱：[szbrt@163.com](mailto:szbrt@163.com) QQ: 562316501  
联系人：齐全福 13632588916 QQ: 929277290  
邮编：518172

部分工程案例

- 四川广安诚信化工有限公司（甲醛含量分析技改）
- 北京消防部队战勤保障基地（多路灌装新建）
- 乐山和邦农业科技有限公司（甲醛含量分析技改）
- 广东惠州利而安化工有限公司（灌装新建）
- 黄冈市楚雄化工有限公司（乙醛装置新建）
- 北京京华石油销售有限公司（油库新建）
- 河北冀州银河化工有限公司（多路灌装新建）
- 内蒙古金河兴安人造板有限公司（甲醛技改）
- 天津福泰裕石油制品有限公司（油库新建）
- 河南泌阳县金桥化工有限公司（甲醛新建）
- 黑龙江肇东龙顺达材料有限公司（甲醛新建）
- 辽宁中福石油集团股份有限公司（油库技改）

## 本书编委会

主任委员: 周万德 重庆大方合成化工有限公司 副总经理  
副主任委员: 王子敏 中国石油和化学工业协会信息与市场部 副主任  
刘 谦 衡水市银河化工有限责任公司 总经理  
陈永生 吉林森工化工有限责任公司 总经理  
李 峰 北京苏佳惠丰化工技术咨询有限公司 总经理  
秘书长: 李 峰 北京苏佳惠丰化工技术咨询有限公司 总经理  
副秘书长: 彭 涛 成都联泰化工有限公司 副总经理  
郑宝山 石油和化学工业规划院化工处 处长/高级工程师  
许 引 江苏湖大化工科技有限公司 副总经理

编委 (按汉语拼音排序):

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 白丽萍 | 陈永生 | 高喜斌 | 龚华俊 | 韩 利 | 胡 敏 |
| 黄建军 | 黄隆君 | 李 峰 | 李仕宇 | 李晓锋 | 李迎山 |
| 刘 谦 | 孟晓红 | 彭 涛 | 秦如浩 | 孙力力 | 田广袤 |
| 屠庆华 | 王 军 | 王子敏 | 韦 勇 | 魏洪斌 | 吴汉声 |
| 向家勇 | 许 引 | 杨科岐 | 张鸿伟 | 张黎莉 | 张月丽 |
| 张振利 | 郑宝山 | 周淑敏 | 周万德 |     |     |

## 本书编写人员

主 编: 周万德

副 主 编: 向家勇 李 峰

编写人员 (按汉语拼音排序)

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 龚华俊 | 韩 利 | 胡 敏 | 黄建军 | 黄隆君 | 李 峰 |
| 李仕宇 | 李晓锋 | 孟晓红 | 彭 涛 | 秦如浩 | 孙力力 |
| 田广袤 | 屠庆华 | 王 军 | 韦 勇 | 吴汉声 | 向家勇 |
| 许 引 | 杨科岐 | 张鸿伟 | 张月丽 | 张振利 | 郑宝山 |
| 周淑敏 |     |     |     |     |     |

甲醇是极其重要的有机化工原料，也是优质补充能源和近代  $C_1$  化工的基础产品，在国民经济中占有十分重要的地位。因其作为多种化工产品的原料，以及其应用的广泛性，甲醇的合成和应用研究越来越受到世界各国科学家的重视。特别是我国甲醇工业经过 60 年的发展，我国已成为全球甲醇生产大国，深度开发下游产品已势在必行。深度开发下游产品对发展中国甲醇合成工艺，推动甲醇衍生物深加工向高附加值发展具有深远意义。

为了满足我国甲醇和甲醛行业同仁多年来的夙愿，2008 年，北京苏佳惠丰化工技术咨询有限公司组织有关方面的专家共同编撰《甲醇及其下游产品》一书，以满足这方面的需求。

本书充分借鉴了 2008 年《甲醇及其下游产品》一书和相关资料，采用其中成熟的理论、工艺和实用技术，结合当今新的理论、工艺技术和实用技术，在查阅和参考许多资料的基础上进行取材，力求内容正确、可靠、有科学或实践依据。

本书充分反映了甲醇及其衍生物当代发展水平、技术成就及国内外成熟、先进的技术。力争将 2008 年至今甲醇及其衍生物工业的发展、生产理念和工艺技术的进步和提高，以及新工艺、新技术、新设备和先进的配套技术全面纳入新书之中。

本书针对我国甲醇及其衍生物生产企业、科研院所、大专院校及管理部门这些主要群体，注意理论联系实际，突出实用性，注重保护知识产权，并把先进技术尽量描述得清楚、具体，给出丰富的实用数据或实例。该书有很强的实用性，希望对甲醇生产企业起到很好的指导性作用，对相关的科学研究和生产技术发展有所帮助和启发。

本书以化学反应为基础，工业应用为背景，结合当前新的发展动向和生产与消费情况，较全面地介绍了甲醇及其衍生物的工业合成方法和基础研究成果。全书共 27 章。第 1 章简要介绍了甲醇的工业合成方法及进展，并对全球甲醇的生产和消费情况进行了分析。第 2 章至第 27 章分别讲述了甲醇的重要衍生物：甲醛、二甲醚、乙酸、乙酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸衍生物、甲酸、甲酸甲酯、氰化氢、乙二醇、甲硫醇、聚甲醛树脂、二苯基甲烷二异氰酸酯、1,4-丁二醇、甲基叔丁基醚、二甲氧基甲烷、甲醇汽油、甲醇燃料电池、甲醇制汽油、聚甲氧基二甲醚、碳酸二甲酯、甲醇蛋白、甲醇制氢、二甲基亚砷、甲醇制芳烃、甲醇制烯烃的工业合成方法和发展动向以及目前国内外的生产和消费情况。

本书第 2、5、8、21 章由江苏湖大化工科技有限公司副总经理许引先生审核；第 11

章由中国化工信息中心高级工程师张月丽女士审核；第 14、26、27 章由石油和化学工业规划院化工处处长/高级工程师郑宝山先生审核；其余章节由北京苏佳惠丰化工技术咨询有限公司总经理李峰先生审核。产品中的物理性质、化学性质和生化性质由煤炭总医院副主任药师张黎莉女士审核。

本书由周万德先生、向家勇先生、李峰先生等最终审定。

由于甲醇化学与化工的多学科性和新的内容不断出现以及作者水平所限，书中的纰漏甚至不妥之处在所难免，恳请读者和同行指正。

本书完稿之时恰逢我国甲醇工业 60 周年和北京苏佳惠丰化工技术咨询有限公司成立 20 周年华诞之际，谨以此书献给全国甲醇与甲醛行业和生产企业及相关单位。在此向为本书做出贡献的同仁和部分文章的共同作者表示感谢！

编 者

2018 年 5 月

# 目录

## CONTENTS

|                         |     |                   |     |
|-------------------------|-----|-------------------|-----|
| 第 1 章 甲醇                | 001 | 2.2 性能            | 041 |
| 1.1 概述                  | 001 | 2.2.1 结构          | 041 |
| 1.2 性能                  | 002 | 2.2.2 物理性质        | 041 |
| 1.2.1 结构                | 002 | 2.2.3 化学性质        | 041 |
| 1.2.2 物理性质              | 002 | 2.3 生产方法          | 047 |
| 1.2.3 化学性质              | 002 | 2.3.1 银法甲醛        | 047 |
| 1.3 生产方法                | 006 | 2.3.2 铁钼法甲醛生产     | 050 |
| 1.3.1 国外甲醇的工业生产方法       | 007 | 2.3.3 生产工艺评述      | 056 |
| 1.3.2 甲醇合成反应催化剂         | 009 | 2.3.4 科研成果与专利     | 059 |
| 1.3.3 合成技术的发展           | 011 | 2.4 产品的分级和质量规格    | 063 |
| 1.3.4 中国合成甲醇工艺的<br>选择分析 | 021 | 2.5 危险性与防护        | 066 |
| 1.4 产品的分级和质量规格          | 022 | 2.5.1 危险性概述       | 066 |
| 1.5 危险性与防护              | 023 | 2.5.2 急救措施        | 067 |
| 1.5.1 生产过程的污染治理         | 023 | 2.5.3 消防措施        | 067 |
| 1.5.2 防火、防爆             | 025 | 2.5.4 泄漏应急处理      | 067 |
| 1.5.3 防毒                | 027 | 2.6 环保            | 067 |
| 1.6 包装与储运               | 029 | 2.7 包装运输与储运       | 068 |
| 1.6.1 甲醇的包装             | 029 | 2.7.1 包装运输容器      | 068 |
| 1.6.2 甲醇的运输             | 029 | 2.7.2 危险化学品包装运输要求 | 068 |
| 1.6.3 甲醇的储存             | 030 | 2.7.3 储运要求        | 069 |
| 1.7 经济概况                | 030 | 2.7.4 储运的注意事项     | 069 |
| 1.7.1 中国甲醇工业的发展         | 031 | 2.8 经济概况          | 069 |
| 1.7.2 中国甲醇的消费与市场        | 033 | 2.8.1 全球          | 069 |
| 1.7.3 全球甲醇工业            | 035 | 2.8.2 中国甲醛行业总体情况  | 070 |
| 1.8 用途                  | 037 | 2.9 用途            | 072 |
| 参考文献                    | 037 | 参考文献              | 073 |
| 第 2 章 甲醛                | 039 | 第 3 章 二甲醚         | 074 |
| 2.1 概述                  | 039 | 3.1 概述            | 074 |
|                         |     | 3.2 性能            | 076 |

|       |                            |     |       |                                 |     |
|-------|----------------------------|-----|-------|---------------------------------|-----|
| 3.2.1 | 结构                         | 076 | 4.3.5 | 由合成气制乙酸工艺                       | 101 |
| 3.2.2 | 物理性质                       | 076 | 4.3.6 | 技术进展                            | 101 |
| 3.2.3 | 化学性质                       | 076 | 4.3.7 | 生产工艺评述                          | 104 |
| 3.2.4 | 生化性质                       | 081 | 4.3.8 | 专利                              | 106 |
| 3.3   | 生产方法                       | 081 | 4.4   | 产品的分级和质量规格                      | 106 |
| 3.3.1 | 甲醇液相脱水法                    | 081 | 4.4.1 | 产品的分级                           | 106 |
| 3.3.2 | 甲醇气相脱水法                    | 082 | 4.4.2 | 标准类型                            | 108 |
| 3.3.3 | 合成气一步合成 DME                | 082 | 4.5   | 环保与安全                           | 108 |
| 3.3.4 | CO <sub>2</sub> 加氢直接合成 DME | 085 | 4.5.1 | 环保                              | 108 |
| 3.3.5 | 生产工艺评述                     | 085 | 4.5.2 | 安全                              | 110 |
| 3.3.6 | 科研成果 (2008~<br>2014 年期间)   | 088 | 4.6   | 包装与储运                           | 111 |
| 3.4   | 产品的分级和质量规格                 | 089 | 4.7   | 经济概况                            | 111 |
| 3.4.1 | 产品的分级                      | 089 | 4.8   | 用途                              | 113 |
| 3.4.2 | 标准类型                       | 090 | 4.8.1 | 乙酸乙烯                            | 113 |
| 3.4.3 | 产品分析                       | 091 | 4.8.2 | 精对苯二甲酸 (PTA)                    | 113 |
| 3.5   | 危险性与防护                     | 091 | 4.8.3 | 乙酸酯                             | 113 |
| 3.5.1 | 燃烧爆炸的危险性                   | 091 | 4.8.4 | 乙醇                              | 114 |
| 3.5.2 | 应急措施                       | 091 | 4.8.5 | 丙烯酸                             | 114 |
| 3.6   | 毒性与防护                      | 092 | 4.8.6 | 其他                              | 114 |
| 3.7   | 包装与储运                      | 092 | 参考文献  |                                 | 115 |
| 3.8   | 经济概况                       | 092 | 第 5 章 | 乙酸甲酯                            | 116 |
| 3.9   | 用途                         | 093 | 5.1   | 概述                              | 116 |
| 参考文献  |                            | 095 | 5.2   | 性能                              | 116 |
| 第 4 章 | 乙酸                         | 096 | 5.2.1 | 结构                              | 116 |
| 4.1   | 概述                         | 096 | 5.2.2 | 物理性质                            | 116 |
| 4.2   | 性能                         | 097 | 5.2.3 | 化学性质                            | 116 |
| 4.2.1 | 结构                         | 097 | 5.3   | 生产方法                            | 119 |
| 4.2.2 | 物理性质                       | 098 | 5.3.1 | 乙酸与甲醇直接酯化法                      | 119 |
| 4.2.3 | 化学性质                       | 098 | 5.3.2 | 甲醇与一氧化碳羰基化法                     | 119 |
| 4.3   | 生产方法                       | 099 | 5.3.3 | 浆料催化精馏法                         | 120 |
| 4.3.1 | 甲醇羰基化法                     | 100 | 5.3.4 | 用工业中间产品和副产<br>物的粗乙酸甲酯进行分<br>离提纯 | 120 |
| 4.3.2 | 乙烯氧化法                      | 100 | 5.3.5 | 三里枫香乙酸甲酯技术                      | 121 |
| 4.3.3 | 丁烷氧化法                      | 101 | 5.3.6 | 乙酸甲酯合成新体系                       | 122 |
| 4.3.4 | 乙烷合成工艺                     | 101 |       |                                 |     |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 5.3.7 | 生产工艺评述              | 125 |
| 5.3.8 | 专利和科研成果             | 125 |
| 5.4   | 产品的分级               | 136 |
| 5.4.1 | 乙酸甲酯的产品规格           | 136 |
| 5.4.2 | 分析方法                | 137 |
| 5.5   | 毒性与防护               | 137 |
| 5.5.1 | 危险性概述               | 137 |
| 5.5.2 | 急救措施                | 137 |
| 5.5.3 | 防护措施                | 137 |
| 5.5.4 | 处理原则                | 137 |
| 5.5.5 | 消防措施                | 138 |
| 5.5.6 | 泄漏应急处理              | 138 |
| 5.6   | 包装与储运               | 138 |
| 5.6.1 | 包装                  | 138 |
| 5.6.2 | 操作处置与储存             | 138 |
| 5.6.3 | 储运条件                | 138 |
| 5.7   | 经济概况                | 138 |
| 5.8   | 用途                  | 139 |
|       | 参考文献                | 140 |
| 第 6 章 | 甲基丙烯酸甲酯             | 141 |
| 6.1   | 概述                  | 141 |
| 6.2   | 性能                  | 142 |
| 6.2.1 | 结构                  | 142 |
| 6.2.2 | 物理性质                | 143 |
| 6.2.3 | 热力学性质               | 143 |
| 6.2.4 | 化学性质                | 143 |
| 6.3   | 生产方法                | 144 |
| 6.3.1 | 丙酮氰醇法<br>(传统 ACH 法) | 144 |
| 6.3.2 | 改进丙酮氰醇法<br>(MGC 法)  | 145 |
| 6.3.3 | 乙烯羰基化法<br>(BASF 法)  | 146 |
| 6.3.4 | 丙酸甲酯法               | 146 |
| 6.3.5 | 异丁烯(叔丁醇)氧化法         | 147 |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 6.3.6 | 其他方法                 | 147 |
| 6.3.7 | 生产工艺评述               | 147 |
| 6.4   | 产品的分级                | 148 |
| 6.5   | 毒性与防护                | 149 |
| 6.6   | 储运                   | 149 |
| 6.7   | 经济概况                 | 150 |
| 6.8   | 用途                   | 151 |
| 6.8.1 | PMMA                 | 152 |
| 6.8.2 | 表面涂料                 | 153 |
| 6.8.3 | ACR 和 MBS            | 153 |
|       | 参考文献                 | 153 |
| 第 7 章 | 丙烯酸衍生物               | 154 |
| 7.1   | 概述                   | 154 |
| 7.2   | 性能                   | 155 |
| 7.2.1 | 结构                   | 155 |
| 7.2.2 | 物理性质                 | 156 |
| 7.2.3 | 化学性质                 | 157 |
| 7.3   | 生产方法                 | 159 |
| 7.3.1 | 丙烯直接氧化法              | 159 |
| 7.3.2 | 丙烯腈水解法               | 160 |
| 7.3.3 | 乙炔羰基化合成法             | 160 |
| 7.3.4 | 其他合成方法               | 161 |
| 7.3.5 | 甲醇和乙酸甲酯直接<br>合成丙烯酸甲酯 | 161 |
| 7.3.6 | 生产工艺评述               | 162 |
| 7.3.7 | 科研成果与专利              | 164 |
| 7.4   | 产品的质量规格和标准类型         | 168 |
| 7.4.1 | 产品的质量规格              | 168 |
| 7.4.2 | 产品的标准类型              | 168 |
| 7.5   | 毒性与防护                | 169 |
| 7.6   | 储运                   | 170 |
| 7.7   | 经济概况                 | 170 |
| 7.8   | 用途                   | 171 |
| 7.8.1 | 丙烯酸                  | 171 |
| 7.8.2 | 丙烯酸酯                 | 171 |
|       | 参考文献                 | 172 |

|                        |     |                                       |     |
|------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 第 8 章 甲酸               | 173 | 9.2 性能                                | 188 |
| 8.1 概述                 | 173 | 9.2.1 结构                              | 188 |
| 8.2 性能                 | 174 | 9.2.2 物理性质                            | 188 |
| 8.2.1 结构               | 174 | 9.2.3 化学性质                            | 188 |
| 8.2.2 物理性质             | 174 | 9.3 生产方法                              | 190 |
| 8.2.3 化学性质             | 175 | 9.3.1 甲醇羰基化法                          | 190 |
| 8.3 生产方法               | 176 | 9.3.2 Leonard 工艺和 SD/<br>Bethlehem 工艺 | 191 |
| 8.3.1 甲酸钠法             | 176 | 9.3.3 甲醇和甲酸酯化法                        | 191 |
| 8.3.2 丁烷（或轻油）液相<br>氧化法 | 176 | 9.3.4 甲醇脱氢法                           | 191 |
| 8.3.3 甲酸甲酯水解法          | 177 | 9.3.5 合成气直接合成法                        | 192 |
| 8.3.4 甲醛和氯化铵反应法        | 178 | 9.3.6 生产工艺评述                          | 192 |
| 8.3.5 甲酸甲酯氨化法          | 178 | 9.3.7 专利和科技成果                         | 193 |
| 8.3.6 甲醛一步法            | 179 | 9.4 产品的分级和质量规格                        | 201 |
| 8.3.7 技术进展             | 179 | 9.5 毒性与防护                             | 201 |
| 8.3.8 生产工艺评述           | 180 | 9.5.1 对环境的影响                          | 201 |
| 8.3.9 专利和科技成果          | 181 | 9.5.2 安全操作与应急处理                       | 202 |
| 8.4 产品的分级和质量规格         | 182 | 9.6 包装与储运                             | 203 |
| 8.4.1 产品的分级            | 182 | 9.7 经济概况                              | 203 |
| 8.4.2 标准类型             | 182 | 9.8 用途                                | 204 |
| 8.5 毒性与防护              | 184 | 参考文献                                  | 205 |
| 8.5.1 危险性概述            | 184 | 第 10 章 氰化氢                            | 206 |
| 8.5.2 职业安全卫生防护的措施      | 184 | 10.1 概述                               | 206 |
| 8.5.3 急救措施             | 185 | 10.2 性能                               | 207 |
| 8.5.4 消防措施             | 185 | 10.2.1 结构                             | 207 |
| 8.5.5 泄漏应急处理           | 185 | 10.2.2 物理性质                           | 207 |
| 8.6 包装与储运              | 185 | 10.2.3 化学性质                           | 207 |
| 8.6.1 包装方法             | 185 | 10.3 生产方法                             | 211 |
| 8.6.2 运输注意事项           | 185 | 10.3.1 甲酰胺法                           | 211 |
| 8.6.3 储存条件             | 186 | 10.3.2 安氏法（Andrussow<br>process）      | 212 |
| 8.7 经济概况               | 186 | 10.3.3 BMA 法（德国 Degussa<br>公司法）       | 212 |
| 8.8 用途                 | 186 | 10.3.4 火焰法（日本东压法）                     | 213 |
| 参考文献                   | 187 | 10.3.5 技术进展                           | 213 |
| 第 9 章 甲酸甲酯             | 188 |                                       |     |
| 9.1 概述                 | 188 |                                       |     |

|            |                      |     |            |                                      |     |
|------------|----------------------|-----|------------|--------------------------------------|-----|
| 10.3.6     | 生产工艺评述               | 215 | 11.5       | 毒性与防护                                | 253 |
| 10.3.7     | 专利                   | 217 | 11.5.1     | 危险性概述                                | 253 |
| 10.4       | 分类标准                 | 219 | 11.5.2     | 急救措施                                 | 253 |
| 10.4.1     | 中国有关分类标准摘录           | 219 | 11.5.3     | 消防措施                                 | 253 |
| 10.4.2     | 中国常用危险化学品的<br>分类及标志  | 219 | 11.5.4     | 泄漏应急处理                               | 253 |
| 10.4.3     | 国外/国际相关标准            | 219 | 11.6       | 操作处置与储存                              | 254 |
| 10.5       | 安全与防护                | 219 | 11.6.1     | 操作注意事项                               | 254 |
| 10.5.1     | 预防事故                 | 219 | 11.6.2     | 储存注意事项                               | 254 |
| 10.5.2     | 毒性与职业危害              | 221 | 11.7       | 经济概况                                 | 254 |
| 10.5.3     | 急性 HCN 中毒抢救<br>方案的比较 | 223 | 11.7.1     | 全球概况                                 | 254 |
| 10.6       | 包装与储运                | 223 | 11.7.2     | 我国乙二醇的概况                             | 255 |
| 10.7       | 经济概况                 | 224 | 11.7.3     | 产业化发展现状                              | 255 |
| 10.8       | 用途                   | 224 | 11.8       | 用途                                   | 258 |
| 10.8.1     | 羟基乙腈产业链              | 224 | 参考文献       |                                      | 259 |
| 10.8.2     | 氰化钠产业链               | 226 | 第 12 章 甲硫醇 |                                      | 260 |
| 10.8.3     | 丙酮氰醇产业链              | 227 | 12.1       | 概述                                   | 260 |
| 10.8.4     | 氯化氰产业链               | 228 | 12.2       | 性能                                   | 260 |
| 10.8.5     | 精制 HCN 产业链           | 228 | 12.2.1     | 结构                                   | 260 |
| 参考文献       |                      | 230 | 12.2.2     | 物理性质                                 | 260 |
| 第 11 章 乙二醇 |                      | 231 | 12.2.3     | 化学性质                                 | 260 |
| 11.1       | 概述                   | 231 | 12.3       | 生产方法                                 | 261 |
| 11.2       | 性能                   | 232 | 12.3.1     | 氯甲烷-硫化碱法                             | 261 |
| 11.2.1     | 结构                   | 232 | 12.3.2     | 硫脲-硫酸二甲酯法                            | 261 |
| 11.2.2     | 物理性质                 | 232 | 12.3.3     | 硫氢化钠-硫酸二甲酯法                          | 262 |
| 11.2.3     | 化学性质                 | 232 | 12.3.4     | 甲醇-硫化氢气相催化<br>反应法                    | 262 |
| 11.3       | 生产方法                 | 233 | 12.3.5     | CO(或 CO <sub>2</sub> )-硫化氢催<br>化合成法  | 263 |
| 11.3.1     | 石油路线                 | 234 | 12.3.6     | CS <sub>2</sub> -甲醇催化合成法             | 263 |
| 11.3.2     | 合成气制乙二醇技术进展          | 236 | 12.3.7     | 卤代烃和碱金属硫氰化物<br>或硫代硫酸钠反应法             | 263 |
| 11.3.3     | 生产工艺评述               | 240 | 12.3.8     | 甲硫醇钠盐部分水解                            | 263 |
| 11.3.4     | 科研成果和专利              | 244 | 12.3.9     | CS <sub>2</sub> 与 H <sub>2</sub> 反应法 | 263 |
| 11.4       | 产品的分级和质量规格           | 251 | 12.3.10    | 二甲基亚砷分解法                             | 264 |
| 11.4.1     | 产品的分级                | 251 | 12.3.11    | 高硫合成气一步法                             | 264 |
| 11.4.2     | 标准类型                 | 252 |            |                                      |     |

|                       |     |                         |     |
|-----------------------|-----|-------------------------|-----|
| 12.3.12 生产工艺评述 .....  | 264 | 13.4.4 耐候性研究 .....      | 279 |
| 12.3.13 专利 .....      | 265 | 13.4.5 阻燃性研究 .....      | 279 |
| 12.4 产品的分级 .....      | 266 | 13.5 产品的分级和质量规格 .....   | 280 |
| 12.4.1 甲硫醇的产品规格 ..... | 266 | 13.5.1 树脂牌号 .....       | 280 |
| 12.4.2 标准类型 .....     | 266 | 13.5.2 标准类型 .....       | 280 |
| 12.5 毒性与防护 .....      | 266 | 13.5.3 产品分析 .....       | 281 |
| 12.5.1 危险性概述 .....    | 266 | 13.6 毒性与防护 .....        | 281 |
| 12.5.2 急救措施 .....     | 266 | 13.6.1 毒性 .....         | 281 |
| 12.5.3 消防措施 .....     | 267 | 13.6.2 职业病防护措施 .....    | 282 |
| 12.5.4 泄漏应急处理 .....   | 267 | 13.7 包装与储运 .....        | 282 |
| 12.6 包装与储运 .....      | 267 | 13.8 经济概况 .....         | 282 |
| 12.6.1 包装 .....       | 267 | 13.9 用途 .....           | 283 |
| 12.6.2 操作处置与储存 .....  | 267 | 13.9.1 汽车工业 .....       | 283 |
| 12.6.3 储运条件 .....     | 267 | 13.9.2 水暖和灌溉器材 .....    | 284 |
| 12.7 经济概况 .....       | 267 | 13.9.3 消费品 .....        | 284 |
| 12.8 用途 .....         | 268 | 13.9.4 电子电器 .....       | 284 |
| 参考文献 .....            | 269 | 13.9.5 家电、工具及五金件 .....  | 284 |
| 第 13 章 聚甲醛树脂 .....    | 270 | 13.9.6 其他行业 .....       | 285 |
| 13.1 概述 .....         | 270 | 参考文献 .....              | 285 |
| 13.2 性能 .....         | 271 | 第 14 章 二苯基甲烷二异氰酸酯 ..... | 286 |
| 13.2.1 结构 .....       | 271 | 14.1 概述 .....           | 286 |
| 13.2.2 结晶度 .....      | 271 | 14.2 性能 .....           | 288 |
| 13.2.3 力学性能 .....     | 271 | 14.2.1 结构 .....         | 288 |
| 13.2.4 化学性质 .....     | 271 | 14.2.2 物理化学性质 .....     | 288 |
| 13.2.5 电性能 .....      | 273 | 14.3 生产方法 .....         | 289 |
| 13.2.6 热性能 .....      | 273 | 14.3.1 光气法 .....        | 290 |
| 13.2.7 燃烧性 .....      | 274 | 14.3.2 非光气法 .....       | 292 |
| 13.3 生产方法 .....       | 274 | 14.3.3 主要技术难点 .....     | 294 |
| 13.3.1 均聚甲醛生产工艺 ..... | 274 | 14.4 产品质量规格 .....       | 294 |
| 13.3.2 共聚甲醛生产工艺 ..... | 275 | 14.5 危险性与防护 .....       | 295 |
| 13.3.3 生产工艺评述 .....   | 275 | 14.5.1 火灾爆炸的危险性 .....   | 295 |
| 13.4 改性研究现状 .....     | 277 | 14.5.2 中毒 .....         | 295 |
| 13.4.1 增强研究 .....     | 277 | 14.5.3 应急措施 .....       | 295 |
| 13.4.2 增韧研究 .....     | 278 | 14.6 毒性与防护 .....        | 296 |
| 13.4.3 耐磨改性研究 .....   | 279 | 14.7 标志、包装与运输 .....     | 296 |

|               |                     |            |               |               |            |
|---------------|---------------------|------------|---------------|---------------|------------|
| 14.7.1        | 标志                  | 296        | 16.2.3        | 化学性质          | 322        |
| 14.7.2        | 包装                  | 296        | 16.3          | 生产方法          | 324        |
| 14.7.3        | 运输                  | 296        | 16.3.1        | 发展现状          | 324        |
| 14.7.4        | 储存及熔化注意事项           | 296        | 16.3.2        | 叔丁醇与甲醇醚化法     | 324        |
| 14.8          | 发展趋势                | 297        | 16.3.3        | 生产工艺评述        | 325        |
|               | 参考文献                | 298        | 16.3.4        | 科技成果与专利       | 325        |
| <b>第 15 章</b> | <b>1,4-丁二醇</b>      | <b>299</b> | 16.4          | 产品的分级         | 327        |
| 15.1          | 概述                  | 299        | 16.4.1        | 咸阳石油化工有限公司    |            |
| 15.2          | 性能                  | 300        |               | 企业标准          | 328        |
| 15.2.1        | 结构                  | 300        | 16.4.2        | 中国石化胜利油田石油    |            |
| 15.2.2        | 物理性质                | 301        |               | 化工总厂企业标准      | 328        |
| 15.2.3        | 化学性质                | 301        | 16.5          | 危险性与防护        | 328        |
| 15.3          | 生产方法                | 303        | 16.5.1        | 对环境的影响        | 328        |
| 15.3.1        | 雷珀 (Reppe) 法        | 304        | 16.5.2        | 生产过程职业病危害及    |            |
| 15.3.2        | 丁二烯/乙酸法             | 305        |               | 防护对策          | 328        |
| 15.3.3        | 环氧丙烷法               | 305        | 16.6          | 储运            | 330        |
| 15.3.4        | 顺酐直接加氢法             | 306        | 16.7          | 经济概况          | 330        |
| 15.3.5        | 顺酐酯化加氢法             | 306        | 16.7.1        | MTBE 在全球范围命   |            |
| 15.3.6        | 反应研究进展              | 306        |               | 运迥异           | 331        |
| 15.3.7        | 生产工艺评述              | 307        | 16.7.2        | MTBE 在我国依然有   |            |
| 15.3.8        | 科技成果与专利选编           | 310        |               | 很大的发展空间       | 331        |
| 15.4          | 产品的分级               | 315        | 16.8          | 用途            | 331        |
| 15.4.1        | Huntsman/Davy 和 BP/ |            |               | 参考文献          | 332        |
|               | Lurgi 的产品规格         | 315        | <b>第 17 章</b> | <b>二甲氧基甲烷</b> | <b>333</b> |
| 15.4.2        | 标准类型                | 315        | 17.1          | 概述            | 333        |
| 15.5          | 毒性与防护               | 315        | 17.2          | 性能            | 333        |
| 15.6          | 储运                  | 316        | 17.2.1        | 结构            | 333        |
| 15.7          | 经济概况                | 316        | 17.2.2        | 物理性质          | 333        |
| 15.8          | 用途                  | 317        | 17.2.3        | 化学性质          | 335        |
|               | 参考文献                | 318        | 17.2.4        | 生化性质          | 335        |
| <b>第 16 章</b> | <b>甲基叔丁基醚</b>       | <b>319</b> | 17.3          | 生产方法          | 335        |
| 16.1          | 概述                  | 319        | 17.3.1        | 间歇法工艺         | 336        |
| 16.2          | 性能                  | 321        | 17.3.2        | 液相缩合法工艺       | 336        |
| 16.2.1        | 结构                  | 321        | 17.3.3        | 催化反应精馏法工艺     | 336        |
| 16.2.2        | 物理性质                | 321        | 17.3.4        | 高浓度甲缩醛生产技术    | 338        |

|        |                  |     |
|--------|------------------|-----|
| 17.3.5 | 甲缩醛精制技术          | 339 |
| 17.3.6 | 最新研究进展           | 339 |
| 17.3.7 | 生产工艺评述           | 341 |
| 17.3.8 | 专利和成果            | 341 |
| 17.4   | 产品的分级和质量规格       | 346 |
| 17.4.1 | 产品的分级            | 346 |
| 17.4.2 | 消耗指标             | 346 |
| 17.5   | 危险性与防护           | 347 |
| 17.6   | 毒性与防护            | 347 |
| 17.7   | 包装与储运            | 348 |
| 17.8   | 经济概况             | 349 |
| 17.9   | 用途               | 350 |
|        | 参考文献             | 352 |
| 第 18 章 | 甲醇汽油             | 353 |
| 18.1   | 概述               | 353 |
| 18.2   | 甲醇与汽油的理化性能对比     | 354 |
| 18.3   | 甲醇汽油与汽油的性能对比     | 355 |
| 18.3.1 | 理化性能             | 355 |
| 18.3.2 | 发动机台架试验对比        | 357 |
| 18.3.3 | 排放污染物对比          | 357 |
| 18.4   | 甲醇汽油相关政策与标准      | 358 |
| 18.4.1 | 甲醇汽油政策           | 358 |
| 18.4.2 | 甲醇汽油标准           | 359 |
| 18.5   | 甲醇汽车与甲醇汽油的推广应用   | 361 |
| 18.6   | 甲醇汽油行业存在的问题及发展前景 | 363 |
|        | 参考文献             | 364 |
| 第 19 章 | 甲醇燃料电池           | 365 |
| 19.1   | 概述               | 365 |
| 19.2   | 甲醇重整燃料电池 (PMFC)  | 365 |
| 19.2.1 | 甲醇重整燃料电池的工作原理    | 365 |
| 19.2.2 | 甲醇重整燃料电池的应用      | 367 |

|        |                                |     |
|--------|--------------------------------|-----|
| 19.3   | 直接甲醇燃料电池 (DMFC)                | 370 |
| 19.3.1 | 直接甲醇燃料电池的工作原理                  | 370 |
| 19.3.2 | 直接甲醇燃料电池的研究现状                  | 371 |
| 19.3.3 | 直接甲醇燃料电池的市场前景                  | 374 |
|        | 参考文献                           | 374 |
| 第 20 章 | 甲醇制汽油                          | 376 |
| 20.1   | 概述                             | 376 |
| 20.2   | 生产工艺概况                         | 378 |
| 20.3   | 国内生产                           | 381 |
| 20.4   | MTG 项目的竞争力分析                   | 382 |
| 20.5   | 存在的问题与发展前景                     | 383 |
| 20.5.1 | 问题                             | 383 |
| 20.5.2 | 前景预测                           | 384 |
|        | 参考文献                           | 384 |
| 第 21 章 | 聚甲氧基二甲醚                        | 385 |
| 21.1   | 概述                             | 385 |
| 21.2   | 研究背景                           | 385 |
| 21.3   | 基本性质                           | 386 |
| 21.4   | 产品性能                           | 388 |
| 21.4.1 | 氧含量高                           | 388 |
| 21.4.2 | 热值高                            | 388 |
| 21.4.3 | 十六烷值高                          | 389 |
| 21.4.4 | 沸点和闪点优势                        | 389 |
| 21.4.5 | 互溶性好                           | 389 |
| 21.4.6 | 发动机无需改造                        | 390 |
| 21.5   | 生产工艺                           | 390 |
| 21.5.1 | 甲缩醛与三氧杂环己烷                     | 390 |
| 21.5.2 | 甲缩醛与三聚甲醛工艺                     | 390 |
| 21.5.3 | 甲醇与甲醛为原料合成 DMM <sub>n</sub> 工艺 | 392 |

|        |                                      |     |        |                         |     |
|--------|--------------------------------------|-----|--------|-------------------------|-----|
| 21.5.4 | 甲醇与三聚甲醛为原料<br>合成 DMM <sub>n</sub> 工艺 | 394 | 22.6   | 储运                      | 423 |
| 21.5.5 | 高浓度甲醛与甲缩醛<br>生产技术                    | 396 | 22.7   | 经济概况                    | 424 |
| 21.5.6 | 生产工艺评述                               | 399 | 22.8   | 用途                      | 425 |
| 21.6   | 不同行业对聚甲氧基二甲<br>醚的分析                  | 400 | 22.8.1 | DMC 代替光气作羧基化<br>剂的应用    | 425 |
| 21.6.1 | 煤化工行业                                | 400 | 22.8.2 | DMC 代替 DMS 作甲基化<br>剂的应用 | 426 |
| 21.6.2 | 石油行业                                 | 401 | 22.8.3 | 新产品的开发应用                | 426 |
| 21.6.3 | 军工行业                                 | 401 | 22.8.4 | 非反应性用途                  | 427 |
| 21.7   | 产品质量标准编制工作进展                         | 401 | 参考文献   |                         | 427 |
| 21.8   | 污染物产生水平                              | 402 | 第 23 章 | 甲醇蛋白                    | 429 |
| 21.9   | 包装与储运                                | 402 | 23.1   | 概述                      | 429 |
| 21.10  | 经济概况                                 | 403 | 23.2   | 特征与营养评价                 | 430 |
| 21.11  | 用途                                   | 403 | 23.2.1 | 特征                      | 430 |
| 参考文献   |                                      | 403 | 23.2.2 | 营养评价                    | 431 |
| 第 22 章 | 碳酸二甲酯                                | 406 | 23.3   | 生产方法                    | 431 |
| 22.1   | 概述                                   | 406 | 23.3.1 | 甲醇蛋白生产工艺技术              | 431 |
| 22.2   | 性能                                   | 407 | 23.3.2 | 生产工艺评述                  | 434 |
| 22.2.1 | 结构                                   | 407 | 23.3.3 | 专利                      | 435 |
| 22.2.2 | 物理性质                                 | 408 | 23.4   | 分类标准                    | 439 |
| 22.2.3 | 化学性质                                 | 408 | 23.5   | 经济概况                    | 439 |
| 22.3   | 生产方法                                 | 408 | 参考文献   |                         | 440 |
| 22.3.1 | 光气法                                  | 408 | 第 24 章 | 甲醇制氢                    | 441 |
| 22.3.2 | 酯交换法                                 | 409 | 24.1   | 概述                      | 441 |
| 22.3.3 | 甲醇氧化羰基化法                             | 409 | 24.2   | 性能                      | 441 |
| 22.3.4 | CO <sub>2</sub> 直接氧化法                | 410 | 24.2.1 | 结构                      | 441 |
| 22.3.5 | 碳酸二甲酯 (DMC)<br>精制技术                  | 412 | 24.2.2 | 物理性质                    | 442 |
| 22.3.6 | 生产工艺评述                               | 413 | 24.2.3 | 化学性质                    | 442 |
| 22.3.7 | 科研成果与专利                              | 415 | 24.3   | 生产方法                    | 446 |
| 22.4   | 产品的分级                                | 422 | 24.3.1 | 甲醇制氢的方法及化学<br>反应原理      | 447 |
| 22.5   | 危险性与防护                               | 423 | 24.3.2 | 甲醇制氢的工艺流程               | 448 |
| 22.5.1 | 健康危害                                 | 423 | 24.3.3 | 甲醇重整器                   | 450 |
| 22.5.2 | 应急处理方法                               | 423 | 24.3.4 | 甲醇裂解工艺技术改进              | 451 |
|        |                                      |     | 24.3.5 | 生产工艺评述                  | 451 |