

中国石化集团上海工程有限公司 编

化工工艺 设计手册

第四版
上册

CHEMICAL
PROCESS
DESIGN
HANDBOOK



化学工业出版社

中国石化集团上海工程有限公司 编

化工工艺 设计手册

第四版
上册

*CHEMICAL
PROCESS
DESIGN
HANDBOOK*



化学工业出版社

· 北京 ·

《化工工艺设计手册》(第四版)分为上、下两册,共5篇37章。上册包括工厂设计,化工单元工艺计算和选型两篇;下册包括化工系统设计,配管设计,相关专业设计和设备选型三篇。《手册》在保持第三版内容特点和框架结构的基础上,反映了新修订公布的有关标准规范及产品资料,新型单元设备等内容,对第三版内容中的大量数据进行了更新、补充,满足相关行业发展的需要,体现了化工工艺设计新方法和新技术。

本书可供化工、石油化工、医药、轻工等行业从事工厂设计的工程技术人员使用,也可供其他行业和有关院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工工艺设计手册(上册)/中国石化集团上海工程有限公司编. —4版. 北京:化学工业出版社,2009.6
ISBN 978-7-122-05258-2

I. 化… II. 中… III. 化工设备-工艺设计-技术手册 IV. TQ050.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第059094号

责任编辑:周国庆 辛 田
责任校对:吴 静

装帧设计:戴晓辛 张 辉

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 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张80¼ 字数2964千字 2009年8月北京第4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:198.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2009—10号

前言

《化工工艺设计手册》是由中国石化集团上海工程有限公司（原上海医药工业设计院）组织撰写、化学工业出版社编辑出版的化工工艺设计工具书。本书自 1986 年首版以来，历经二十多年，深受广大读者的欢迎，期间进行了两次修订再版，总发行量已达 12 万余套，成为业内颇有影响的一部工具书。

2008 年，应广大读者的要求，上海工程有限公司会同化学工业出版社研究决定在 2003 年第三版的基础上进行修订再版。经过双方的共同努力，《化工工艺设计手册》第四版的编辑工作业已完成。

本次再版是在第三版的基础上进行的升级。修订中突出反映了第三版出版以来化工工艺设计技术和方法上的新进展和新成果，化工生产过程中应用的新设备，以及国家和行业有关法律、法规、标准的新变化，大部分章节都进行了修订、补充和完善。为满足企事业开展科技创新活动的需求，我们在再版中新增加了第 37 章“科学实验建筑”。

设计是知识、经验和标准规范的综合应用，《化工工艺设计手册》内容全面实用、理论结合实践、资料翔实可靠、信息及时准确、使用简捷方便。

《化工工艺设计手册》出版以来，承蒙广大读者的关心和爱护，在此谨表衷心感谢，并希望读者继续提出宝贵意见，以便不断地改进和完善。

吴德荣

目录

第 1 篇 工厂设计

第 1 章 工厂和装置(车间)的物料、能量和公用工程平衡 3

1 工厂的物料、燃料和公用工程平衡 3

- 1.1 物料平衡 3
- 1.2 燃料平衡 3
- 1.3 公用工程平衡 4
 - 1.3.1 蒸汽及冷凝水系统平衡 4
 - 1.3.2 水平衡 4
 - 1.3.3 电平衡 4
 - 1.3.4 气平衡 4

2 装置的物料衡算及热量衡算 7

第 2 章 厂址选择和工厂布置 11

1 厂址选择 11

- 1.1 厂址选择的基本原则 11
- 1.2 工业企业厂址的基本条件 12
 - 1.2.1 场地条件 12
 - 1.2.2 地形、地质和水文地质条件 12
 - 1.2.3 供排水条件 13
 - 1.2.4 供电条件 13
 - 1.2.5 交通运输条件 13
- 1.3 厂址选择的工作阶段 13
 - 1.3.1 准备阶段 13
 - 1.3.2 现场工作阶段 13
 - 1.3.3 厂址方案比较和选厂报告 14

2 工厂布置 15

- 2.1 工厂布置的基本任务 15
- 2.2 工厂总平面布置 16
 - 2.2.1 工厂总平面布置的一般原则 16
 - 2.2.2 总平面布置设计的主要技术经济指标 17
- 2.3 竖向布置 18
 - 2.3.1 竖向布置的基本任务 18
 - 2.3.2 竖向布置的技术要求 18
 - 2.3.3 竖向布置方式 19

- 2.3.4 土(石)方工程计算 19

2.4 管线综合布置 19

- 2.4.1 管线综合布置的工作内容 19
- 2.4.2 管线综合布置的原则和要求 19

3 工厂运输设计 25

- 3.1 运输方式的选择 25
- 3.2 水路运输的基本技术条件 25
- 3.3 准轨铁路运输的主要技术条件 26
 - 3.3.1 铁路设计的基本技术条件 26
 - 3.3.2 工业企业站场线的主要技术要求 26
 - 3.3.3 标准轨距铁路建筑限界 27
- 3.4 公路运输的主要技术条件 27
 - 3.4.1 工厂道路分类 27
 - 3.4.2 厂外道路 28
 - 3.4.3 厂内道路 29

4 工厂绿化 29

- 4.1 一般要求 29
- 4.2 绿化布置 30

5 常用参考资料 31

- 5.1 新建厂设计基础资料收集提纲 31
- 5.2 改扩建项目设计基础资料收集提纲 34
- 5.3 常用规范 35

第 3 章 装置(车间)布置 36

1 一般装置(车间) 36

- 1.1 设计依据 36
 - 1.1.1 标准、规范和规定 36
 - 1.1.2 基础资料 36
- 1.2 装置(车间)布置 36
 - 1.2.1 装置(车间)组成 36
 - 1.2.2 装置(车间)布置的原则 37
- 1.3 装置(车间)布置的技术要素 37
 - 1.3.1 装置(车间)内各工段的安排 37
 - 1.3.2 装置(车间)布置 37
 - 1.3.3 设备布置 38

1.3.4 罐区布置	40	4 产品成本估算	94
1.3.5 外管架的设置	41	5 财务评价	94
1.3.6 辅助和生活设施的布置	41	5.1 财务评价用的报表形式	95
1.3.7 安全和卫生	41	5.1.1 基本报表	95
1.4 装置(车间)布置方法和步骤	42	5.1.2 辅助报表	96
1.5 装置(车间)布置成品图	42	5.2 财务评价的主要指标	103
1.5.1 装置(车间)平面布置图	42	5.3 不确定性分析	106
1.5.2 装置(车间)立面布置图	42	5.3.1 盈亏平衡分析	106
1.5.3 装置总平面图	42	5.3.2 敏感性分析	107
1.5.4 设备布置分区索引图	43	5.3.3 概率分析	107
1.6 典型设备布置	43	5.4 改扩建与技术改造项目的经济评价	108
1.6.1 塔和立式容器	43	5.5 中外合资企业项目的经济评价	108
1.6.2 换热器和卧式容器	46	6 国民经济评价	108
1.6.3 转动机械	47	6.1 国民经济评价所用报表的形式	109
1.6.4 其他设备	53	6.2 国民经济评价的主要指标	111
1.6.5 空冷器	55	7 设计概算	112
1.6.6 加热炉	56	7.1 设计概算的编制要求	112
1.6.7 罐区	56	7.2 总概算	112
1.6.8 管廊	56	7.2.1 编制方法和要求	113
1.7 装置(车间)布置图示例	58	7.2.2 总概算项目设置内容	113
2 医药工业洁净车间	60	7.3 综合概算	113
2.1 常用设计规范和标准	60	7.4 单位工程概算	114
2.2 洁净车间布置	60	7.4.1 建筑工程	114
2.2.1 洁净车间组成	60	7.4.2 设备工程	118
2.2.2 洁净车间布置原则	60	7.4.3 安装工程	118
2.2.3 主要生产区域布置要点	61	7.5 其他费用和预备费	118
2.2.4 生产辅助用室布置要点	61	7.6 引进项目投资编制办法	126
2.2.5 人员净化用室、生活用室布置 要点	62	7.6.1 引进项目价格计算基础	126
2.2.6 物料净化用室布置要点	62	7.6.2 引进项目费用内容	126
2.2.7 设备布置及安装	62	7.6.3 引进项目费用支付	126
2.3 洁净车间布置示例	64	7.6.4 引进项目的合同价款计算方法	127
参考文献	64	7.6.5 单机引进和材料引进费用的计算	127
第4章 工程经济	65	7.6.6 国内运杂费	128
1 概述	65	7.6.7 引进项目及引进设备、材料安 装费	128
2 投资估算	69	7.6.8 引进项目其他费用和预备费	128
2.1 国内工程项目建设投资估算	69	7.6.9 引进设备、材料费用有关名词 解释	128
2.2 引进工程项目建设投资估算	77	8 化工建设设备材料划分	128
2.3 中外合资企业工程项目建设投资估算	82	8.1 工艺及辅助生产设备与材料	128
2.3.1 投资估算的特点和要求	82	8.1.1 设备范围	128
2.3.2 估算文件的组成和内容	82	8.1.2 材料范围	129
2.3.3 投资估算的编制方法	82	8.2 工业炉设备与材料	129
2.3.4 投资估算表	89	8.2.1 设备范围	129
2.4 工艺装置的投资估算	91	8.2.2 材料范围	129
2.4.1 概算法	91	8.3 自控设备与材料	129
2.4.2 指数法	92	8.3.1 设备范围	129
3 资金筹措	92	8.3.2 材料范围	129
		8.4 电气设备与材料	129

8.4.1 设备范围	129
8.4.2 材料范围	129
8.5 通信设备与材料	129
8.5.1 设备范围	129
8.5.2 材料范围	129
8.6 给排水、污水处理设备与材料	130
8.6.1 设备范围	130
8.6.2 材料范围	130
8.7 采暖通风设备与材料	130
8.7.1 设备范围	130
8.7.2 材料范围	130
9 费用控制	130
9.1 费用控制实施步骤	130
9.2 项目设计阶段的费用控制	130
9.3 采购阶段费用控制	131
9.4 施工阶段的费用控制	131
10 工程结算	132
参考文献	132

第5章 环境保护

1 建设项目环境保护法规和文件	134
2 环保标准	134
2.1 有关环境质量标准	134
2.2 污染物排放常用标准	134
2.3 常用设计规范、规定	135
3 化学物质的理化性质和环保参数	135
4 废气处理技术	144
4.1 空气污染物来源与分类	144
4.2 化工和石油化工厂的大气污染源	145
4.3 废气处理基本方法	145
4.3.1 除尘方法	145
4.3.2 吸收法	145
4.3.3 吸附法	148
4.3.4 燃烧法	149
4.3.5 催化燃烧法	149
4.3.6 冷凝法	149
4.3.7 生物处理法	150
4.4 锅炉废气污染物产生量和排放量 估算	151
5 废水处理技术	151
5.1 化工、石化及医药废水的来源和 特点	151
5.2 废水处理的主要原则	153
5.3 废水处理基本方法	153
5.3.1 酸碱废水中和处理	153
5.3.2 含油废水处理	153
5.3.3 有机废水生化处理	156
5.4 水治理技术参数	161

5.4.1 部分无机物治理的技术参数	161
5.4.2 部分有机物生物处理的技术 参数	162
5.5 节水减排与再生水回用	166
5.5.1 节水减排方向	166
5.5.2 再生水回用	166
5.6 水体污染紧急防控措施	167
5.6.1 石化企业水体污染紧急防控措施 设置原则要求	167
5.6.2 事故排水储存计算	168
6 废渣治理	168
6.1 废渣治理基本方法	168
6.1.1 废渣的再资源化	168
6.1.2 废渣的处理	168
6.2 液态废渣参数	169
6.3 固态废渣参数	170
7 噪声控制	171
7.1 噪声源	171
7.2 控制噪声的基本方法	172
7.2.1 吸声法	172
7.2.2 隔声法	175
7.2.3 消声法	176
7.3 噪声源防护距离估算	176
8 绿化	176
8.1 常见的环境绿化植物	176
8.2 抵抗和吸收有害气体的绿化植物	176
参考文献	181

第6章 劳动安全卫生

1 概述	182
2 劳动安全卫生法律、法规和标准	182
2.1 法律、法规与标准综述	182
2.2 相关法律、法规和标准	182
3 建设项目中危险因素、有害因素分析	185
3.1 危险因素和有害因素	185
3.2 危险因素和有害因素产生的原因	185
3.2.1 能量和有害物质	185
3.2.2 失控	185
3.3 危险因素和有害因素的分类	186
3.3.1 按导致事故和职业危害的直接原 因分类	186
3.3.2 参照事故类别和职业病类别分类	186
3.4 危险因素和有害因素分析的主要 内容	186
3.4.1 危险、有害因素分析时的注意 事项	186
3.4.2 危险、有害因素分析的主要 内容	186

3.5 重大危险因素和有害因素	186
3.5.1 重大危险、有害因素的含义	186
3.5.2 重大危险、有害因素的分析方法	187
3.6 物质的危险有害因素和作业环境有害因素分析	187
3.6.1 易燃易爆物质	188
3.6.2 腐蚀和腐蚀性物质	188
3.6.3 生产性毒物	188
3.6.4 生产性粉尘	189
3.6.5 噪声	189
3.6.6 振动	189
3.6.7 辐射(电离、非电离辐射)	190
3.6.8 高温、低温	190
3.6.9 采光、照明	190
4 劳动安全卫生的对策措施	190
4.1 基本要求和原则	191
4.1.1 劳动安全卫生对策措施的基本要求	191
4.1.2 根据基本要求,选择劳动安全卫生技术措施时,应遵循如下原则	191
4.2 劳动安全对策措施	192
4.2.1 基本对策	192
4.2.2 厂址及厂区平面布局的对策措施	192
4.2.3 防火、防爆对策措施	193
4.2.4 电气安全对策措施	195
4.2.5 其他对策措施	197
4.3 劳动卫生对策措施	198
4.3.1 基本对策	198
4.3.2 防尘对策措施	198
4.3.3 防毒、防窒息对策措施	199
4.3.4 噪声和振动控制措施	200
4.3.5 防辐射(电离辐射)对策措施	200
4.3.6 防非电离辐射对策措施	201
4.3.7 高温作业的防护措施	201
4.3.8 低温作业、冷水作业的防护措施	202
4.3.9 采暖、通风、照明、采光	202
4.3.10 体力劳动强度	202
4.3.11 定员编制、工时制度、劳动组织和女职工保护	202
4.3.12 辅助用室	202
4.4 劳动安全卫生管理对策措施	202
5 健康、安全和环保(HSE)	202
5.1 几种安全性研究方法	203
5.1.1 保护层 LOPA 洋葱关系	203
5.1.2 事故风险水平	203
5.1.3 仪表 DCS/ESD 联锁系统和 SIS 安全系统	203

5.1.4 安全整体水平等级 SIL	203
5.1.5 马尔可夫概率模型分析	204
5.2 常用的安全评价方法	204
5.2.1 安全检查表法	204
5.2.2 如果怎么样法	204
5.2.3 预先危险分析	204
5.2.4 故障类型及影响分析	204
5.2.5 事件树分析	204
5.2.6 故障树分析	204
6 危险性分析与可操作性研究 HAZOP	205
6.1 HAZOP 研究的概况	205
6.2 工程项目 HAZOP 的研究	205
6.2.1 HAZOP 研究的时机	205
6.2.2 HAZOP 研究的步骤	206
6.2.3 HAZOP 研究的节点划分	206
6.2.4 HAZOP 研究的工艺引导词	206
6.2.5 HAZOP 研究的结果报告	206
6.2.6 HAZOP 研究的优缺点	207
6.2.7 HAZOP 建议的实施	207
6.2.8 HAZOP 研究与工艺装置开车的关系	207
6.3 HAZOP 研究的应用实例	207
6.3.1 乙烯裂解炉	207
6.3.2 LPG 储运系统	207

第7章 工程设计项目专篇编制规定

1 环境保护专篇的设计文件	209
1.1 化工建设项目项目建议书内容和深度的规定中环境保护篇	209
1.2 中外合资经营化工建设项目项目建议书内容和深度的规定中环境保护篇	209
1.3 化工建设项目可行性研究报告内容和深度的规定中环境保护篇	209
1.4 中外合资经营化工建设项目可行性研究报告内容和深度规定中环境保护篇	209
1.5 石油化工项目可行性研究报告编制规定(2005年版)生态环境影响分析篇中环境保护章	209
1.6 医药建设项目可行性研究报告内容及深度的规定中环境保护篇	209
1.7 石油化工大型建设项目总体设计内容规定中环境保护篇	209
1.8 石油化工装置基础设计(初步设计)规定中环境保护篇	209
1.9 化工工厂初步设计文件内容深度规定中环境保护篇	209
1.10 医药建设项目初步设计内容及深度的规定中环境保护篇	210

2 安全设施设计专篇的设计文件	211
3 劳动安全卫生专篇的设计文件	212
3.1 化工建设项目可行性研究报告内容和 深度的规定中劳动安全卫生篇	212
3.2 中外合资经营化工建设项目可行性研 究报告内容和深度的规定中劳动安全 卫生篇	212
3.3 石油化工项目可行性研究报告编制规 定(2005年版)生态环境影响分析篇 中劳动安全卫生与消防章中有关内容	212
3.4 医药建设项目可行性研究报告内容及 深度的规定中劳动安全卫生篇	212
3.5 石油化工大型建设项目总体设计内容 规定中劳动安全卫生篇	212
3.6 石油化工装置基础设计(初步设计) 内容规定中劳动安全卫生篇	212
3.7 化工工厂初步设计文件内容深度规定 中劳动安全卫生篇	212
3.8 医药建设项目初步设计内容及深度的 规定中劳动安全卫生篇	213
3.9 建设项目职业卫生专篇编制内容	214
4 消防专篇的设计文件	215
4.1 化工建设项目可行性研究报告内容和 深度的规定中消防篇	215
4.2 中外合资经营化工建设项目可行性研 究报告内容和深度的规定中消防篇	215
4.3 医药建设项目可行性研究报告内容及 深度的规定中消防篇	215
4.4 石油化工项目可行性研究报告编制规 定(2005年版)生态环境影响分析篇 中劳动安全卫生与消防章中有关内容	215
4.5 石油化工大型建设项目总体设计内容 规定中消防篇	215
4.6 石油化工装置基础设计(初步设计) 内容规定中消防篇	216
4.7 化工工厂初步设计文件内容深度规定 中消防篇	216
4.8 医药建设项目初步设计内容及深度的 规定中消防篇	217
4.9 沪消(防)[2000]107号文中消防 专篇	218
5 节能专篇的设计文件	218
5.1 固定资产投资工程项目可行性研究 报告“节能篇”(章)编制及评估的 规定	218
5.2 石油化工项目可行性研究报告编制规 定(2005年版)生态环境影响分析篇 能源利用分析及节能措施章	218
5.3 化工建设项目可行性研究报告内容和	

深度的规定中节能篇	218
5.4 医药建设项目可行性研究报告内容及 深度的规定中节能篇	218
5.5 化工工厂初步设计文件内容深度规定 中节能篇	218
5.6 医药建设项目初步设计内容及深度的 规定中节能篇	219

第8章 工程设计常用规范(规定、 标准)和有关资料

1 生产的火灾、爆炸危险性及卫生分类	220
1.1 生产的火灾危险性分类	220
1.1.1 生产的火灾危险性分类及其举例	220
1.1.2 可燃物质的火灾危险性分类	220
1.1.3 工艺装置(单元)火灾危险性 分类	222
1.2 储存物品的火灾危险性分类	222
1.3 电力设计安全规程	225
1.3.1 防爆规范	225
1.3.2 防静电规定	232
1.3.3 防雷规定	233
1.3.4 供配电负荷的分级	233
1.4 车间的卫生特征分级	235
1.4.1 浴室	235
1.4.2 存衣室	235
1.4.3 盥洗室	235
1.5 职业性接触毒物危害程度分级	235
1.6 洁净室空气洁净度等级	237
1.6.1 以细菌为控制对象之外的洁净室 空气洁净度等级	237
1.6.2 药品生产洁净室(区)的空气洁 净度等级	237
1.7 医药工业生产厂房洁净级别	237
1.7.1 洁净室(区)的管理要求	237
1.7.2 医药工业生产环境的空气洁净度 级别要求	238
1.7.3 洁净室(区)气流组织的选择和 送风量	238
1.7.4 压力容器中介质毒性危害和 爆炸危险程度分类	238
2 工厂防火规定	243
2.1 建筑物构件的耐火等级和燃烧性能	243
2.2 厂房的防火、防爆规定	243
2.2.1 厂房(仓库)的耐火等级、层数 和建筑面积	243
2.2.2 厂房的防火间距	245
2.2.3 厂房的防爆	247
2.2.4 厂房的安全疏散	248

2.2.5 疏散楼梯间、楼梯和门的设置规定	248	4.2.2 水污染物排放标准	305
2.3 库房与罐区的防火规定	250	4.3 土壤的卫生防护	306
2.3.1 库房的耐火等级、层数、占地面积和安全疏散	250	4.3.1 工业固体废物污染环境的防治	306
2.3.2 库房的防火间距	251	4.3.2 农用污泥中污染物的控制标准	306
2.3.3 甲、乙、丙类液体储罐、堆场的布置和防火间距	252	4.4 环境噪声的卫生防护	307
2.3.4 可燃、助燃气体储罐(区)的防火间距	255	4.4.1 城市区域环境噪声标准	307
2.3.5 液化石油气储罐(区)的防火间距	256	4.4.2 工业企业厂界噪声标准	307
2.3.6 可燃材料堆场的防火间距	257	5 工厂安全、卫生的防护规定和措施	307
3 工厂卫生规定	258	5.1 消防	307
3.1 工作场所所有害因素职业接触限值	258	5.1.1 火灾的分类	307
3.2 噪声卫生标准	286	5.1.2 火灾探测器	308
3.2.1 工业企业噪声控制设计标准	286	5.1.3 建筑灭火器配置设计	310
3.2.2 工业企业设计卫生标准	286	5.1.4 灭火器	315
3.2.3 厂区内各类地点的噪声限值	287	5.2 防静电	315
4 大气、水源、土壤及环境噪声的卫生防护	287	5.3 化工车间的通风换气	316
4.1 环境空气质量标准	287	6 物质的燃烧、爆炸极限及电阻率	318
4.1.1 环境空气质量功能区的分类和标准分级	287	6.1 可燃有机化合物的性质	318
4.1.2 工作场所大气中有害物质的最高容许浓度	287	6.2 易燃气体的性质	323
4.1.3 废气排放标准	299	6.3 助燃性气体的性质	324
4.2 水源的卫生防护	299	6.4 遇水燃烧物质的性质	324
4.2.1 水质标准和卫生要求	299	6.5 遇空气自燃物质的性质	325
		6.6 各种粉尘的爆炸下限	326
		6.7 各种物质的电阻率	328
		6.8 液体的电导率和介电常数	329
		6.9 固体的相对介电常数和电阻率	330
		7 建设工程常用规范	331
		7.1 工程设计常用规范	331
		7.2 工程施工、验收常用规范	332
		参考文献	332

第2篇 化工单元工艺计算和选型

第9章 反应器	335	2.2.2 气-液反应动力学	340
1 概述	335	3 停留时间分布和流体流动模式	342
1.1 化学反应工程和反应器设计	335	3.1 停留时间分布的表示	342
1.2 反应器的基本类型	335	3.2 返混	342
1.3 反应器设计的基本方法	336	3.3 流动模型	342
1.4 反应器设计数学模型的组成	336	3.3.1 平推流和全混流模型	343
2 化学反应动力学	337	3.3.2 多釜串联模型	343
2.1 本征反应动力学	337	3.3.3 轴向分散模型	343
2.1.1 反应速率	337	4 均相反应器	344
2.1.2 活化能和反应级数	337	4.1 间歇釜式反应器	344
2.1.3 单一反应	337	4.2 平推流反应器	344
2.1.4 复杂反应	338	4.3 全混釜式反应器	345
2.2 表观动力学(宏观动力学)	339	4.4 循环反应器	346
2.2.1 气-固催化反应动力学	339	4.5 组合反应器	346
		4.6 非等温情况的能量衡算	346
		4.6.1 间歇釜式反应器	347

4.6.2	平推流反应器	347
4.6.3	全混釜式反应器及其热稳定性	348
5	固定床反应器	348
5.1	粒子几何特性和床层空隙率	348
5.2	床层压力降	349
5.3	床层的传质	349
5.4	床层的传热	350
5.4.1	粒子和流体间传热	350
5.4.2	固定床的有效热导率	351
5.4.3	固定床和器壁间的传热膜系数	352
5.5	薄层催化剂反应器的计算	353
5.6	等温床的计算	353
5.7	绝热床的计算	353
5.8	拟均相二维模型和非均相模型	355
6	流化床反应器	356
6.1	流化床的流体力学行为	356
6.1.1	几个重要参数	356
6.1.2	床层的膨胀	358
6.1.3	气体分布器	358
6.1.4	气泡	359
6.1.5	粒子捕集	359
6.2	流化床的传热	359
6.3	流化床的传质	359
6.4	流化床的数学模型	362
7	汽液反应器	364
7.1	汽液反应器的选择原则	364
7.2	反应器的组合	364
7.3	汽液反应器中的传递过程	364
7.3.1	鼓泡流型	364
7.3.2	分布器开孔率	364
7.3.3	气泡尺寸	364
7.3.4	气含率	372
7.3.5	比表面积	372
7.3.6	传质系数的计算	372
7.3.7	扩散系数 D_{AL} 和 D_{BL}	373
7.3.8	气体溶解度	373
7.3.9	气液鼓泡层的传热	374
7.4	汽液鼓泡反应器设计计算	377
7.4.1	设计计算步骤	377
7.4.2	经验处理原则	377
8	计算举例	377
	参考文献	382

第10章 发酵 384

1	发酵罐的设计	384
1.1	发酵罐的结构型式	384
1.1.1	机械搅拌自吸式发酵罐	385
1.1.2	空气带升环流式发酵罐	386

1.1.3	高位塔式发酵罐	386
1.2	标准式发酵罐	387
1.2.1	罐的几何尺寸	387
1.2.2	通气和搅拌	387
1.2.3	搅拌器几何尺寸和搅拌功率的计算	389
1.2.4	传热	392
1.2.5	变速搅拌	393
1.2.6	发酵罐的能量消耗和节能	393
2	发酵罐及其系统	395
2.1	无菌空气处理系统	395
2.1.1	预空气过滤器的选型设计	396
2.1.2	空气压缩机选型	396
2.1.3	压缩空气的冷却和分水装置设计	397
2.1.4	总空气过滤器	397
2.1.5	空气终端过滤器	397
2.1.6	空压站的管道设计	399
2.1.7	发酵车间的管道系统设计	400
2.2	培养基的灭菌	400
2.2.1	培养基的分批灭菌	400
2.2.2	培养基的连续灭菌	401
2.2.3	培养基灭菌形式比较	402
2.3	管道和阀门	402
2.3.1	配料	402
2.3.2	接种	403
2.3.3	抗生素专用阀门	403
2.4	测量仪表和控制	403
3	设计实例	405
3.1	范围和用途	405
3.2	生化反应罐	407
3.3	抗生素发酵罐	407
3.3.1	红霉素发酵罐	407
3.3.2	赤霉素发酵罐	408
3.3.3	泰乐菌素发酵罐	408
4	新系列发酵罐	408
	参考文献	410

第11章 液体搅拌 411

1	液体搅拌机理	411
1.1	均相液液混合	411
1.2	固液悬浮搅拌	412
1.3	非均相液液分散	414
1.4	气液分散和混合	414
1.5	高黏度流体搅拌	415
2	搅拌器的结构类型	415
2.1	推进式搅拌器	416
2.2	开启涡轮式搅拌器	416

2.3	圆盘涡轮式搅拌器	417
2.4	桨式搅拌器	417
2.5	锚式和框式搅拌器	417
2.6	螺带式搅拌器	418
2.7	螺杆式搅拌器	418
2.8	三叶后掠式搅拌器	418
2.9	新型轴流搅拌器	419
2.10	新型径流搅拌器	419
2.11	大型结晶罐用组合搅拌器	419
3	搅拌容器的内部构件	420
3.1	挡板	420
3.2	导流筒	420
4	搅拌器选型和转速计算	421
4.1	均相液体混合	421
4.2	固液悬浮搅拌	421
4.3	非均相液体分散	422
4.4	气液分散	422
4.5	搅拌转速	422
5	搅拌功率计算	422
5.1	搅拌功率的基本计算方法	422
5.2	高速桨叶的功率特征数	423
5.3	无挡板或低速桨叶的功率特征数	424
5.4	电机功率的选择	425
5.5	计算举例	426
6	搅拌操作的传热计算	428
本节公式符号		428
6.1	传热介质侧流体的传热膜系数	428
6.1.1	盘管中流体的传热膜系数	428
6.1.2	夹套中流体的传热膜系数	428
6.2	搅拌容器内流体的传热膜系数	429
7	搅拌工艺设计的放大技术	429
8	非牛顿型流体搅拌	431
参考文献		433

第12章 蒸馏和吸收 434

1	蒸馏过程	434
1.1	汽液平衡关系的表达	434
1.2	汽液平衡的热力学关系式	434
1.2.1	理想系统	434
1.2.2	非理想系统	435
1.3	活度系数的计算	436
1.3.1	Van Larr 和 Margules 方程	436
1.3.2	Scatchard-Hildebrand 方程	437
1.3.3	Wilson 方程	437
1.3.4	NRTL 方程	438
1.3.5	UNIF AC 方程	438
1.3.6	含有缔合组分的汽液平衡计算	446
1.4	汽液平衡关系的热力学一致性检验	446

参考文献		446
2	蒸馏过程的计算	447
2.1	简捷法	447
2.1.1	MT 图解法	447
2.1.2	简捷算法	448
2.1.3	计算机应用软件	453
2.2	严格法	456
2.2.1	设计数据的规定和最终计算结果	456
2.2.2	三对角矩阵法的数学模型	456
2.2.3	三对角矩阵法的计算步骤和框图	458
2.2.4	有关说明	458
2.2.5	计算机应用软件	459
参考文献		459
3	蒸馏过程的传质速率	460
3.1	板式塔板效率的推算	461
3.1.1	塔板效率的定义	461
3.1.2	塔板效率的经验关联式	462
3.2	填料塔等板高度的计算	464
3.2.1	幕赫法	464
3.2.2	格兰维尔法	465
3.2.3	系统压力对等板高度的影响	465
参考文献		465
4	气体吸收	466
4.1	吸收过程的相平衡	466
4.2	吸收过程的计算	466
4.2.1	吸收剂用量	466
4.2.2	传质单元数和传质单元高度	468
4.3	板式塔吸收、解吸过程的计算	470
4.3.1	理论板数	470
4.3.2	板效率	471
4.4	变温吸收过程	472
4.4.1	吸收热效应	472
4.4.2	热效应影响的处理方法	472
4.4.3	操作变量的影响	472
4.4.4	设备结构上的考虑	472
4.5	多组分吸收	473
4.5.1	低浓度气体吸收的图解法	473
4.5.2	低浓度气体吸收的 Kremser-Brown 法	473
4.6	化学吸收	474
4.7	计算机应用软件	474
参考文献		474
5	塔设备设计	474
5.1	填料塔设计	475
5.1.1	填料类型和特性参数	475
5.1.2	流体力学计算	480
5.1.3	塔内构件的设计	482
5.2	板式塔设计	485
5.2.1	塔径估算	485

5.2.2	塔板布置、降液管及溢流堰设计	487	2.4.3	先升压后恒压过滤	548
5.2.3	筛板设计和流体力学验算	493	2.4.4	过滤常数测定	548
5.2.4	浮阀板设计和流体力学计算	500	2.5	常用过滤机	550
5.3	计算机应用软件	506	2.5.1	转鼓真空过滤机	550
5.3.1	程序简介	506	2.5.2	带式过滤机	550
5.3.2	程序安装和系统要求	507	2.5.3	盘式过滤机	550
5.3.3	程序运行	507	2.5.4	叶滤机	550
5.3.4	程序特点	507	2.5.5	筒式加压过滤机	550
5.3.5	系统功能	508	2.5.6	压滤机	550
5.3.6	输入数据	508	参考文献		560
5.3.7	输出数据	508			
参考文献		508			
第13章 离心机和过滤机			第14章 膜分离设备		
510			561		
1	离心机	510	1	概述	561
1.1	离心机的分类和适用范围	510	1.1	膜技术发展趋势	561
1.2	离心机的选用要求和标准	511	1.2	膜分离技术的基本特性	561
1.3	离心机的选型	511	1.3	膜材料	565
1.3.1	选型参数	511	1.3.1	膜的分类和应用	565
1.3.2	性能指标	512	1.3.2	膜材料	565
1.3.3	选型的基本原则	512	1.4	膜组件	565
1.4	过滤离心机的选用	513	1.4.1	板框式膜组件	566
1.4.1	生产能力计算	513	1.4.2	圆管式膜组件	566
1.4.2	三足式离心机	514	1.4.3	卷绕式膜组件	566
1.4.3	上悬式离心机	519	1.4.4	中空纤维式膜组件	567
1.4.4	卧式刮刀卸料离心机	520	1.4.5	集装式膜组件	568
1.4.5	卧式活塞推料离心机	524	1.4.6	膜组件的特点比较	568
1.4.6	离心力卸料离心机	525	2	膜分离基本概念	569
1.4.7	其他类型的过滤离心机	527	2.1	微滤(MF)	569
1.5	沉降离心机的选用	529	2.1.1	液体过滤	569
1.5.1	生产能力计算	529	2.1.2	气体过滤	572
1.5.2	螺旋卸料沉降离心机	532	2.2	超滤(UF)	573
1.5.3	碟式分离机	536	2.2.1	超滤基本原理	573
1.5.4	其他类型的沉降离心机	540	2.2.2	超滤膜的特性和种类	573
1.6	物料预处理方法和装置	542	2.2.3	超滤装置	574
1.7	离心机的配套设备	542	2.2.4	超滤的影响因素	574
1.8	离心机的采购	543	2.2.5	超滤工艺流程	574
1.8.1	离心机的采购程序	543	2.3	纳滤(NF)	575
1.8.2	离心机数据表	543	2.3.1	纳滤膜组件及其分离过程	575
2	过滤机	545	2.3.2	纳滤膜分离过程的设计	575
2.1	过滤机的分类和适用范围	545	2.3.3	影响纳滤膜分离的主要因素	575
2.2	过滤机的选用要求和标准规范	545	2.4	反渗透(RO)	576
2.3	过滤机的选型	545	2.4.1	反渗透基本原理	576
2.3.1	选型参数	545	2.4.2	反渗透膜	576
2.3.2	选型的基本原则	545	2.4.3	反渗透装置的设计	576
2.4	过滤机的计算	546	2.4.4	反渗透基本工艺流程	576
2.4.1	恒压过滤	546	2.4.5	反渗透的预处理	578
2.4.2	恒速过滤	548	2.5	渗析(D)	578
			2.6	离子交换膜	579
			2.6.1	概述	579

2.6.2 分离基本原理	579	1.2.4 冷凝器	603
2.6.3 EDR 装置	579	1.2.5 蒸发器	604
2.7 气体膜 (GP)	580	1.3 管壳式换热器的选用	606
2.8 渗透汽化 (PV)	582	1.3.1 工艺条件	606
2.8.1 概述	582	1.3.2 结构参数	607
2.8.2 分离基本原理	582	1.3.3 换热器设计标准	609
3 膜分离技术在生物医药领域的应用	582	2 管壳式换热器	611
3.1 发酵用空气的微滤除菌	583	2.1 稳态传热方程	611
3.2 药液的微滤除菌	583	2.1.1 总传热系数	611
3.3 卡那霉素的超滤除热原	583	2.1.2 平均温差	611
3.4 糖化酶的超滤浓缩	584	2.2 传热系数计算	615
3.5 头孢菌素 C 发酵液的超滤分离菌丝体	584	2.2.1 管内传热膜系数	615
3.6 6-APA 的纳滤浓缩	585	2.2.2 壳程传热系数	616
3.7 链霉素的反渗透浓缩	586	2.3 压力降计算	618
4 膜分离技术在石化和化工领域的应用	586	2.3.1 管内压力降	618
4.1 环氧乙烷合成过程中气体膜回收		2.3.2 壳程压力降	618
乙烯	586	2.4 换热器设计计算程序和计算举例	619
4.2 聚烯烃生产过程中气体膜回收烃类	587	2.4.1 设计计算程序	619
4.2.1 聚合反应过程中气体膜回收		2.4.2 计算举例	619
烃类	587	3 管壳式冷凝器	625
4.2.2 树脂纯化过程中的烃类回收	587	3.1 冷凝传热膜系数	625
4.3 从催化裂化干气中回收氢气和烯烃	588	3.1.1 管内冷凝传热膜系数	625
4.4 合成氨和合成甲醇弛放气中气体膜回		3.1.2 管外冷凝传热膜系数	626
收氢气	588	3.1.3 多组分的冷凝传热	626
4.5 无水乙醇的渗透汽化膜法制备	590	3.2 冷凝器压力降计算	627
5 膜分离技术在废水处理及污水回用中的		3.2.1 管内压力降	627
应用	591	3.2.2 壳程压力降	627
5.1 超滤 UF 技术	591	3.2.3 计算举例	628
5.2 反渗透技术	591	3.3 冷凝器计算举例	629
5.3 膜生物反应器 (MBR) 的应用	591	4 再沸器	635
5.3.1 膜生物反应器的发展	592	4.1 Kettle 式再沸器	635
5.3.2 MBR 的分类	592	4.1.1 设计要点	635
5.3.3 MBR 的特征	592	4.1.2 传热系数	635
5.3.4 影响 MBR 稳定运行的技术参数	593	4.1.3 管束的最大热负荷	635
5.3.5 膜污染及其控制	593	4.1.4 计算举例	635
5.4 平板膜-生物反应器	595	4.2 立式热虹吸式再沸器	639
5.5 膜-生物反应器的主要应用	595	4.2.1 设计要点	639
参考文献	596	4.2.2 传热系数	639
		4.2.3 两相摩擦压力降	639
		4.2.4 设计举例	640
第 15 章 换热器	597	4.3 卧式热虹吸式再沸器	645
1 换热器的分类和选用	597	4.3.1 选择要点	645
1.1 换热器的分类	597	4.3.2 传热系数	645
1.1.1 按工艺功能分类	597	4.3.3 压力降计算	645
1.1.2 按传热方式和结构分类	598	5 翅片管	645
1.2 按工艺功能选用换热器	599	5.1 翅片管的应用	645
1.2.1 冷却器	599	5.2 翅片管的传热方程和传热系数	646
1.2.2 加热器	599	5.2.1 传热方程	646
1.2.3 再沸器	602	5.2.2 传热系数	646

5.3 翅片管排压力降计算	646	3.2 余热回收技术	673
6 套管式换热器	647	3.2.1 翅片管、钉头管的应用	673
6.1 套管式换热器的特点	647	3.2.2 余热锅炉的应用	673
6.2 传热系数和压力降计算	647	3.2.3 空气预热器的应用	675
6.2.1 传热系数	647	4 燃料和燃烧计算	677
6.2.2 压力降计算	648	4.1 燃料	677
7 板式换热器	648	4.1.1 固体燃料	677
7.1 板式换热器的分类和应用	648	4.1.2 液体燃料	677
7.2 板式换热器的传热	650	4.1.3 气体燃料	678
7.2.1 波纹板式换热器	650	4.2 燃烧计算	682
7.2.2 螺旋板式换热器	650	4.2.1 燃料发热量	684
7.3 无相变板式换热器压力降计算	651	4.2.2 燃烧所需空气量	685
7.3.1 波纹板式换热器	651	4.2.3 燃料生成烟气量	685
7.3.2 螺旋板式换热器	651	4.2.4 烟气密度	686
7.4 波纹板式换热器计算举例	651	4.2.5 烟气热焓和温焓图	686
8 蒸发器	653	5 燃烧室和燃烧装置	687
8.1 单效蒸发器设计	653	5.1 燃烧室的容积	687
8.2 多效蒸发器设计	654	5.1.1 一般燃烧室的容积	688
9 污垢系数和总传热系数的参考值	655	5.1.2 管式加热炉的炉膛容积	688
9.1 污垢系数	655	5.1.3 焚烧炉的炉膛容积	688
9.2 总传热系数推荐值	656	5.2 燃烧装置	688
9.2.1 管壳式换热器	656	5.2.1 固体燃料燃烧装置	689
9.2.2 蛇管式换热器	658	5.2.2 液体燃料燃烧器	690
9.2.3 套管式换热器	660	5.2.3 气体燃料燃烧器	696
9.2.4 空冷器	661	6 工业炉传热计算	701
9.2.5 喷淋式换热器	662	6.1 辐射段传热	701
9.2.6 螺旋板式换热器	662	6.2 对流段传热	703
9.2.7 其他换热器	662	6.3 炉壁散热损失	706
9.3 液体、气体的普朗特数	663	7 工业炉系统压力降和排烟系统	708
参考文献	664	7.1 炉管内物料的压力降	708
第16章 工业炉	666	7.2 烟气系统压力降	708
1 工业炉的炉型和设计要点	666	7.3 烟囱设计	722
1.1 工业炉的炉型	666	7.3.1 按抽力要求确定烟囱高度	722
1.2 工业炉的设计要点	666	7.3.2 按有害物质排放要求确定烟囱高度	722
1.2.1 设计原则	666	7.3.3 其他参数确定	723
1.2.2 原始资料的收集和有关专业互提条件	667	7.4 引风机的选用	725
1.2.3 设计步骤和设计要点	667	8 筑炉材料	726
2 工业炉的热效率和燃料消耗量	669	8.1 炉衬材料的基本要求	726
2.1 热效率	669	8.2 常用耐火制品的用途和使用温度	726
2.2 燃料消耗量	670	8.2.1 黏土质耐火砖	726
3 工业炉节能技术	670	8.2.2 高铝砖	726
3.1 主要节能措施	670	8.2.3 黏土质隔热耐火砖	726
3.1.1 回收烟气余热, 降低排烟温度	670	8.2.4 高铝质隔热耐火砖	726
3.1.2 减少炉壁散热损失	671	8.2.5 低硅刚玉砖	726
3.1.3 减少空气过剩量	672	8.2.6 一般刚玉制品	726
3.1.4 减少不完全燃烧损失	672	8.2.7 碳化硅耐火制品	726
		8.2.8 电石炉用自焙炭砖	726
		8.2.9 高铬砖	726

8.3 常用隔热制品的用途和使用温度	727
8.3.1 硅藻土隔热制品	727
8.3.2 膨胀蛭石及膨胀蛭石制品	727
8.3.3 膨胀珍珠岩及膨胀珍珠岩绝热制品	727
8.3.4 岩棉及岩棉制品	727
8.3.5 矿渣棉及矿渣棉制品	727
8.3.6 绝热用玻璃棉及其制品	727
8.3.7 硅酸钙绝热制品	727
8.3.8 轻质氧化铝制品	727
8.3.9 常用隔热制品的物理性能及使用范围	727
8.4 耐火陶瓷纤维制品的用途和使用范围	730
8.4.1 耐火陶瓷纤维制品的种类及使用温度	730
8.4.2 耐火陶瓷纤维制品的形态分类及用途	730
8.4.3 绝热用硅酸铝棉制品主要性能	730
8.4.4 常用耐火纤维折叠式模块结构	731
8.5 常用不定形耐火、隔热材料的用途和使用温度	731
8.5.1 致密不定形耐火材料	731
8.5.2 隔热不定形耐火材料	734
8.5.3 耐火陶瓷纤维不定形材料	734
8.5.4 耐火泥浆和表面涂层	736

第 17 章 干燥器

1 干燥器的分类和选型	739
1.1 干燥器的分类	739
1.2 干燥器的选型	739
2 干燥过程计算	740
2.1 干燥速率曲线	740
2.2 恒速干燥阶段的计算	743
2.2.1 按 $X-t$ 干燥曲线的计算方法	743
2.2.2 按 $R-t$ 干燥速率曲线的计算方法	743
2.2.3 按传热系数的计算方法	743
2.3 降速干燥阶段的计算	744
2.4 干燥器的热量衡算	745
2.4.1 预热器的热量消耗	745
2.4.2 干燥器的热量衡算	745
2.4.3 热量衡算的应用示例	746
3 箱式(间歇式)干燥器	746
3.1 平行流式箱式干燥器	746
3.2 穿流式箱式干燥器	746
3.3 真空箱式干燥器	747
4 隧道式干燥器	748
4.1 隧道式带式通风干燥器	748
4.2 洞道式干燥器	750

5 喷雾干燥器	752
5.1 喷雾干燥器的分类	753
5.2 喷雾干燥室的设计	754
5.3 雾化器	755
5.3.1 雾化器的类型	755
5.3.2 雾化器的选用原则	755
5.4 SZDB-40 型无菌系统喷雾干燥机	755
5.5 P 型喷雾干燥器系列产品	756
5.6 PA、PB、PC、PD 系列喷雾干燥装置技术参数	757
5.7 喷雾干燥计算举例	758
5.8 喷雾干燥的闭路循环系统	758
5.9 喷雾干燥的应用	760
6 气流干燥器	761
6.1 特性和运行参数	761
6.2 分类	761
6.3 直管型气流干燥器	762
6.4 脉冲型气流干燥器	763
6.5 倒锥式气流干燥器	763
6.6 套管式气流干燥器	763
6.7 旋风型气流干燥器	764
6.8 旋转气流干燥器	764
6.9 环形干燥器	765
6.10 文丘里气流干燥器	765
6.11 低熔点物料气流干燥器	765
6.12 气流干燥计算	766
7 流化床干燥器	767
7.1 流化床干燥器的特点	767
7.2 流化床干燥器类型	767
7.2.1 沸腾造粒包衣干燥器	767
7.2.2 强化沸腾干燥器	768
7.2.3 卧式多室流化床干燥器	770
7.2.4 双级流化床干燥器	770
7.2.5 喷动床干燥器	772
7.2.6 闭路循环流化床干燥器	772
7.2.7 惰性粒子流化床干燥器	773
7.2.8 振动流化床干燥(冷却)器	774
8 立式通风移动床干燥器	775
8.1 特点	775
8.2 计算举例	776
9 回转干燥器	777
9.1 直接或间接加热式回转干燥器	777
9.1.1 技术参数	777
9.1.2 计算举例	777
9.1.3 应用实例	779
9.2 穿流式回转干燥器	779
9.2.1 结构	779
9.2.2 特点	780
9.2.3 计算举例	780

10 真空干燥器	781	1.8 计算举例	813
10.1 特点	781	2 栓流气刀式气力输送装置	818
10.2 双锥回转型真空干燥器	781	3 空气槽输送机	820
10.3 耙式真空干燥器	784	3.1 结构和特点	820
10.4 附属设备	784	3.2 设计计算	820
10.5 回转真空干燥联合机	784	4 成件物料气力输送	821
11 槽型搅拌干燥器	786	4.1 成件物料气力输送的工艺计算	821
11.1 特点	786	4.2 周期工作气力输送装置的设计计算 ..	822
11.2 结构类型	786	4.3 连续工作气力输送装置的设计计算 ..	823
11.2.1 楔形翼片型搅拌干燥器	786	4.4 计算举例	823
11.2.2 桨叶干燥器	787	5 负压吸尘装置	825
11.2.3 单轴圆板型和单轴环型搅拌干燥器	789	6 国外气力输送装置应用示例	825
11.2.4 单轴圆盘型搅拌干燥器	789	7 液固相物流输送	830
11.2.5 单轴清扫齿型搅拌干燥器	789	7.1 浆体管道水力学计算	830
11.3 槽型搅拌干燥器的应用	790	7.2 浆体制备和输送设备	831
12 滚筒干燥器	790	7.3 计算举例	831
12.1 进料方式	791	8 固体物料输送机械	835
12.2 一般技术参数	791	8.1 起重机械	835
12.3 滚筒干燥器的应用	791	8.2 仓储设备	835
12.4 单筒型转筒干燥器	792	8.2.1 仓库面积计算方法	835
13 真空冷冻干燥	793	8.2.2 叉车用的特殊机具	838
14 远红外线干燥器	795	8.2.3 仓库站台的设计要求	838
14.1 远红外线干燥器的结构和分类	795	8.2.4 叉车作业仓库的设计	839
14.2 干燥炉的长度	796	8.2.5 高层货架仓库的物料搬运设备 ..	840
14.3 干燥炉功率	797	8.2.6 叉车	843
15 高频干燥器和微波干燥器	797	8.2.7 高度调节板	853
15.1 高频干燥器	797	8.2.8 电梯	855
15.2 微波灭菌干燥器	799	9 运输设备	859
15.3 平板型微波干燥器	799	9.1 移动式胶带输送机	860
15.4 计算举例	799	9.2 常用斗式提升机	862
参考文献	800	9.3 螺旋输送机	862
		9.4 振动输送机	865
		9.5 通用型埋刮板输送机	869
		9.6 星形给料器	870
		9.7 闸门	877
第 18 章 物流工程	801	10 粉碎机、分级筛	888
1 气力输送	801	10.1 粉碎机	888
1.1 术语的定义	801	10.2 分级机	889
1.2 气力输送特点	801	11 计量、包装设备	890
1.2.1 流动状态	802	11.1 计量设备	890
1.2.2 气力输送状态的分类	802	11.2 包装设备	892
1.3 气力输送装置的类型	802		
1.4 气力输送主要设备的选择	803	第 19 章 泵	900
1.4.1 气源设备	803	1 泵的选用	900
1.4.2 供料装置	803	1.1 泵的分类和适用范围	900
1.4.3 输送管道和管件	803	1.2 工业用泵的选用要求和相关标准 ..	900
1.4.4 分离和除尘设备	804	1.2.1 工业用泵的特点和选用要求 ..	900
1.5 气力输送装置的类型选择	804	1.2.2 工业装置对泵的要求	900
1.6 气力输送装置的设计	804		
1.7 系统压力损失计算	806		