

中国石化集团上海工程有限公司 编

化工工艺 设计手册

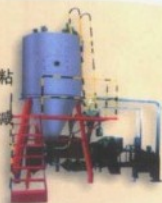
第三版
上册



化学工业出版社

解各类干燥难题

- 解决了喷雾干燥粘壁、吸潮难题。
- 成品直接包装，减少污染。



ZLG-浸膏喷雾干燥机

- 滤饼瞬间变成细粉。
- 最新设计，主机可方便拆装和清洗。



SXG-旋转闪蒸干燥机

- 振动流化床的最新改进，热效率和干燥速率双优。
- 颗粒状，片状物料连续干燥的最佳选择。



PZG-平面振动干燥机

振动流化干燥(冷却)床、带式干燥、箱式沸腾干燥见下册封底。

粉体混合制粒排头兵
干燥行业的骨干企业

常州震华

科技 维
导航 誉
至上

汇粉混制粒精华

EYH-二维运动混合机



- 国内首家引进、开发获五项专利。
- 混合均匀，出料顺畅彻底；大批量混合的首选设备。
- 通过国家经贸委“GMP”评审。

LGY-干法辊压造粒机



- 干粉直接成粒不需添加剂，节省干燥费用。
- 仿德国最新机型。

LRR-熔融造粒机



- 低熔点物料熔融后冷却造粒，无粉尘污染。
- 便于小包装、运输、速熔。
- 原化工部攻关项目，填补国内空白，经攻关项目专家多年改进，已成熟新颖。

三维混合、湿法制粒、沸腾干燥制粒见下册封底。



常州震华干燥设备有限公司

CHANGZHOU ZHENHUA DRYING EQUIPMENT CO., LTD.



董事长 总经理 **张文华** (北京化工大学董事、67届校友)

电话: 0519-8374111 13806120444

Http: www.zyjsx.com E-mail: zwh@zyjsx.com

ISBN 7-5025-4371-6



9 787502 543716 >

ISBN 7-5025-4371-6/TQ · 1694 定价: 158.00元

化工工艺设计手册

第三版

上册

中国石化集团上海工程有限公司 编



(京)新登字 039 号

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. —3 版. —北京: 化学工业出版社, 2003. 7
ISBN 7-5025-4371-6

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 (2003) 第 021148 号

化工工艺设计手册

第三版

上册

中国石化集团上海工程有限公司 编

责任编辑: 张红兵 郭长生

武志怡 周国庆

文字编辑: 余德华 丁建华

张燕文

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 戴晓辛

*

化学工业出版社出版发行

(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

中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 79 字数 2681 千字

2003 年 8 月第 3 版 2003 年 8 月北京第 15 次印刷

ISBN 7-5025-4371-6/TQ·1694

定 价: 158.00 元

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

(京工商广临字 2003—003)

《化工工艺设计手册》第三版编辑委员会

主 编 汪镇安

顾问 陆振东

委 员 (以下按姓氏笔画为序)

石荣华 华 峰 杨静芬 吴德荣 张启锡 周伯辛

施大伟 洪德晓 薛宏庆

各章编写及校审人员

编写人员

校审人员

第 1 篇

第 1 章

王 玉 枫

堵 祖 荫

堵 祖 荫

王 玉 枫

第 2 章

刘 国 权

张 佩 礼

杨 丽 敏

石 荣 华

第 3 章

陈 安 忠

陈 芬 晔

曹 佩 礼

第 4 章

施 大 伟

周 燕

李 纤 曙

张 启 锡

第 5 章

高 爱 珠

顾 其 祥

第 6 章

王 宗 仁

杨 静 芬

第 7 章

章 锦 云

杨 静 芬

第 8 章

章 锦 云

杨 静 芬

第 2 篇

第 9 章

吴 德 荣

王 玉 枫

施 立 才

第 10 章

石 荣 华

张 启 锡

第 11 章

秦 叔 经

石 荣 华

第 12 章

张 声 文

瞿 笑 蕾

施 立 才

第 13 章

陈 伟

洪 德 晓

第 14 章

夏 关 明

石 荣 华

第 15 章

齐 福 来

瞿 笑 蕾

汪 华 峰

第 16 章

陈 德 祥

汪 华 峰

第 17 章

金 国 森

石 荣 华

第 18 章

张 助

严 琦

杨 静 芬

张 勋

第 19 章

陈 伟

夏 关 明

第 20 章

陈 伟

华 峰

第 21 章

堵 祖 荫

沃 联 邦

第 3 篇

第 22 章

薛 宏 庆

华 峰

第 23 章

叶 海

华 峰

第 24 章

张 红

华 峰

第 25 章

薛 宏 庆

陈 斌

周 新 南

薛 宏 庆

郭 顺 民

第 4 篇

第 26 章

汪 建 羽

曹 佩 礼

程 侠

顾 国 良

陈 安 忠

杨 静 芬

汪 建 羽

应 道 晏

第 27 章

曹 佩 礼

应 道 晏

陈 应 道

曹 佩 礼

第 28 章

韩 季 璋

曹 佩 礼

第 29 章

王 荷 生

陈 安 忠

第 5 篇

第 30 章

周 伯 辛

金 堤

俞 旭 波

徐 熊 鋈

周 伯 辛

华 峰

第 31 章

刘 琳

杨 一 心

周 渊

项 志 铤

刘 琳

王 福 国

第 32 章

杨 军

董 文 良

高 志 刚

吴 天 和

第 33 章

赵 肖 兵

石 荣 华

第 34 章

刘 瑞 潮

徐 曼

第 35 章

戴 季 煌

厉 益 骏

魏 兆 灿

黄 正 林

第 36 章

何 琨

杨 静 芬

前 言

《化工工艺设计手册》是化工设计人员的实用工具书，自 1986 年第一次出版以来，1996 年又出了第二版，总发行量达 10 余万套。由此可见，该《手册》的实用性受到了广大使用者的好评和欢迎。去年，化学工业出版社决定再次修订出版《化工工艺设计手册》，上海医药工业设计院（现已更名为中国石化集团上海工程有限公司）即组织力量，本着科学严谨、不断进步的精神，于今年年初完成了《手册》第三版的修编任务。

这次修编有以下几个原则。第一，保持原有特色，即实用性要强，《手册》不是论著，应着重考虑使用者查找方便。第二，体现设计行业的技术发展，介绍新的设计方法和手段，特别是计算机软件和 CAD 应用。第三，设计规范和标准按现行版更新。第四，根据目前通行的需要对内容作适当增删，如增加了劳动安全卫生专章和化工系统设计等方面的内容。整个篇幅由第二版的四篇 28 章增至五篇 36 章。

工程设计是一项多专业的综合性工作。在化工、石化和医药等行业的工程设计中，工艺设计作为主导专业与其他许多专业有着密切的联系。为此，《手册》除了工艺专业本身的内容外，还涉及了与之相关的设备、自控、环保、采暖通风、工程经济和总体各专业的内容。这些内容也同样可供有关专业设计时参考。

对设计来说，经验是至关重要的。《手册》是经验的积累，用好《手册》需要经验去把握。我们衷心希望设计人员能用好这本《手册》，同时也将自己的经验不断地充实到《手册》中去。

汪镇安

2003 年 2 月



目 录

第1篇 工厂设计

第1章 工厂和装置(车间)物料、能量

衡算和公用工程平衡 1-3

1 工厂的物料、燃料和公用工程平衡 1-3

1.1 物料平衡 1-3

1.2 燃料平衡 1-4

1.3 蒸汽及冷凝水系统平衡 1-4

1.4 水平衡 1-4

1.5 电力平衡 1-4

1.6 公用工程用气平衡 1-4

2 装置的物料衡算及热量衡算 1-4

第2章 厂址选择和工厂布置 1-11

1 厂址选择 1-11

1.1 厂址选择的基本原则 1-11

1.2 工业企业厂址的基本条件 1-12

1.2.1 场地条件 1-12

1.2.2 地形、地质和水文地质条件 1-12

1.2.3 供排水条件 1-13

1.2.4 供电条件 1-13

1.2.5 交通运输条件 1-13

1.3 厂址选择的工作阶段 1-13

1.3.1 准备阶段 1-13

1.3.2 现场工作阶段 1-13

1.3.3 厂址方案比较和选厂报告 1-14

2 工厂布置 1-15

2.1 工厂布置的基本任务 1-15

2.2 工厂总平面布置 1-15

2.2.1 工厂总平面布置的一般原则 1-15

2.2.2 总平面布置设计的主要技术

经济指标 1-17

2.2.3 工业企业相邻建筑物和构筑

物的防火间距 1-20

2.3 竖向布置 1-20

2.3.1 竖向布置的基本任务 1-20

2.3.2 竖向布置的技术要求 1-20

2.3.3 竖向布置方式 1-21

2.3.4 土(石)方工程计算 1-21

2.4 管道布置 1-21

2.4.1 管道布置的工作内容 1-21

2.4.2 管道布置的原则和要求 1-22

3 工厂运输设计 1-26

3.1 运输方式的选择 1-26

3.2 水路运输的基本技术条件 1-26

3.3 准轨铁路运输的主要技术条件 1-27

3.3.1 铁路设计的基本技术条件 1-27

3.3.2 工业企业站场线的主要技术

要求 1-27

3.3.3 标准轨距铁路建筑限界 1-28

3.4 公路运输的主要技术条件 1-29

3.4.1 工厂道路分类 1-29

3.4.2 厂外道路 1-29

3.4.3 厂内道路 1-30

4 工厂绿化 1-30

4.1 一般要求 1-30

4.2 绿化布置 1-31

5 常用参考资料 1-33

5.1 新建厂设计基础资料收集提纲 1-33

5.2 改扩建项目设计基础资料收集

提纲 1-36

5.3 常用规范 1-37

第3章 装置(车间)布置 1-38

1 一般装置(车间) 1-38

1.1 设计依据 1-38

1.1.1 标准、规范和规定 1-38

1.1.2 基础资料 1-38

1.2 装置(车间)布置 1-38

1.2.1 装置(车间)组成 1-38

1.2.2 装置(车间)布置的原则 1-38

1.3 装置(车间)布置的技术要素 1-39

1.3.1 装置(车间)内各工段的安排 1-39

1.3.2 装置(车间)布置 1-39

1.3.3 设备布置 1-40

1.3.4 罐区布置 1-42

1.3.5 外管架的设置 1-43

1.3.6 辅助和生活设施的布置 1-43

1.3.7 安全和卫生 1-43

1.4 装置(车间)布置方法和步骤 1-44

1.5 装置(车间)布置成品图	1-44	5.3 不确定性分析	1-112
1.5.1 车间平面布置图	1-44	5.3.1 盈亏平衡分析	1-112
1.5.2 车间立面布置图	1-44	5.3.2 敏感性分析	1-112
1.5.3 装置总平面图	1-44	5.3.3 概率分析	1-113
1.5.4 设备布置分区索引图	1-45	5.4 改扩建与技术改造项目的经济评价	1-114
1.6 典型设备布置	1-45	5.5 中外合资企业项目的经济评价	1-114
1.6.1 塔和立式容器	1-45	6 国民经济评价	1-114
1.6.2 换热器和卧式容器	1-48	6.1 国民经济评价所用报表的形式	1-114
1.6.3 回转机械	1-49	6.2 国民经济评价的主要指标	1-117
1.6.4 其他设备	1-56	7 设计概算	1-118
1.6.5 罐区	1-57	7.1 设计概算的编制要求	1-118
1.6.6 管廊	1-57	7.2 总概算	1-119
1.7 装置(车间)布置图示例	1-59	7.2.1 编制方法和要求	1-119
2 医药工业洁净车间	1-61	7.2.2 总概算项目设置内容	1-119
2.1 常用设计规范和标准	1-62	7.3 综合概算	1-119
2.2 洁净车间布置	1-62	7.4 单位工程概算	1-121
2.2.1 洁净车间组成	1-62	7.4.1 建筑工程	1-121
2.2.2 洁净车间布置原则	1-62	7.4.2 设备工程	1-124
2.2.3 主要生产区域布置要点	1-62	7.4.3 安装工程	1-125
2.2.4 生产辅助用室布置要点	1-63	7.5 其他费用和预备费	1-126
2.2.5 人员净化用室、生活用室布置 要点	1-63	7.6 引进项目投资编制办法	1-133
2.2.6 物料净化用室布置要点	1-65	7.6.1 引进项目价格计算基础	1-133
2.2.7 设备布置及安装	1-65	7.6.2 引进项目费用内容	1-133
2.3 洁净车间布置示例	1-65	7.6.3 引进项目费用支付	1-134
参考文献	1-65	7.6.4 引进项目的合同价款计算 方法	1-134
第4章 工程经济	1-66	7.6.5 单机引进和材料引进费用的 计算	1-135
1 概述	1-66	7.6.6 国内运杂费	1-135
2 投资估算	1-70	7.6.7 引进项目及引进设备,材料 安装费	1-135
2.1 国内工程项目建设投资估算	1-70	7.6.8 引进项目其他费用和预备费	1-135
2.2 引进工程项目建设投资估算	1-79	7.6.9 引进设备、材料费用有关 名词解释	1-135
2.3 中外合资企业工程项目投资估算	1-85	8 化工建设设备材料划分	1-135
2.3.1 投资估算的特点和要求	1-85	参考文献	1-137
2.3.2 估算文件的组成和内容	1-85	第5章 环境保护	1-138
2.3.3 投资估算的编制方法	1-85	1 环境保护标准	1-138
2.3.4 投资估算表	1-93	1.1 环境质量标准	1-138
2.4 工艺装置的投资估算	1-95	1.2 污染物排放标准	1-138
2.4.1 概算法	1-95	2 化学物质的理化性质和环保参数	1-138
2.4.2 指数法	1-95	3 废气治理	1-149
3 资金筹措	1-96	3.1 气态污染物来源	1-149
4 产品成本估算	1-98	3.1.1 空气污染物的分类	1-149
5 财务评价	1-98	3.1.2 化工和石油化工厂的大气 污染源	1-150
5.1 财务评价用的报表形式	1-100		
5.1.1 基本报表	1-100		
5.1.2 辅助报表	1-100		
5.2 财务评价的主要指标	1-108		

3.2	废气中主要污染物的特征和危害	1-150
3.3	锅炉废气污染物产生量和排放量 估算	1-150
3.4	废气治理设施	1-151
3.4.1	除尘设施及其参数	1-151
3.4.2	其他治理设施及其参数	1-153
4	废水治理	1-156
4.1	废水治理常用方法	1-156
4.1.1	控制 pH 值法	1-156
4.1.2	油和油脂的处理	1-156
4.1.3	有机废水生化处理	1-158
4.2	水治理技术参数	1-160
4.2.1	部分无机物治理的技术参数	1-160
4.2.2	部分有机物生物处理的 技术参数	1-161
5	废渣治理	1-169
5.1	废渣治理基本方法	1-169
5.1.1	废渣的资源化	1-169
5.1.2	废渣的处理	1-169
5.2	液态废渣参数	1-170
5.3	固态废渣参数	1-171
6	噪声控制	1-173
6.1	噪声源	1-173
6.2	控制噪声的基本方法	1-173
6.2.1	吸声法	1-173
6.2.2	隔声法	1-176
6.2.3	消声法	1-178
6.3	噪声源防护距离估算	1-178
7	绿化	1-178
7.1	常见的环境绿化植物	1-178
7.2	抵抗和吸收有害气体的绿化植物	1-178

第 6 章 劳动安全卫生

1	劳动安全卫生法规和标准	1-185
2	建设项目中危险因素和有害因素 分析	1-186
2.1	危险因素和有害因素定义	1-186
2.2	危险因素和有害因素产生的原因	1-186
2.3	危险因素和有害因素的分类	1-187
2.4	危险因素和有害因素分析的 主要内容	1-187
2.4.1	危险因素和有害因素分析的 注意事项	1-187
2.4.2	危险因素和有害因素分析的 主要内容	1-187
2.5	重大危险因素和有害因素	1-188
2.6	物质的危险有害因素和作业环境	

有害因素分析	1-189
--------------	-------

2.6.1	易燃易爆物质	1-189
2.6.2	腐蚀和腐蚀性介质	1-189
2.6.3	生产性毒物	1-190
2.6.4	生产性粉尘	1-190
2.6.5	噪声	1-190
2.6.6	振动	1-191
2.6.7	电离、非电离辐射	1-191
2.6.8	高温和低温	1-191
2.6.9	采光和照明	1-192
3	劳动安全卫生的措施	1-192
3.1	基本要求和原则	1-192
3.1.1	劳动安全卫生措施的基本 要求	1-192
3.1.2	选择劳动安全卫生技术措 施的原则	1-192
3.2	劳动安全措施	1-193
3.2.1	基本措施	1-193
3.2.2	厂址及厂区平面布局的 措施	1-193
3.2.3	防火、防爆措施	1-195
3.2.4	电气安全措施	1-197
3.2.5	其他措施	1-199
3.3	劳动卫生措施	1-200
3.3.1	基本措施	1-200
3.3.2	防尘措施	1-200
3.3.3	防毒、防窒息措施	1-201
3.3.4	噪声和振动控制措施	1-202
3.3.5	防辐射(电离辐射)措施	1-202
3.3.6	防非电离辐射措施	1-203
3.3.7	高温作业的防护措施	1-203
3.3.8	低温作业、冷水作业的防护 措施	1-204
3.3.9	采暖通风和照明采光	1-204
3.3.10	体力劳动强度	1-204
3.3.11	定员编制、工时制度、劳动 组织和女职工保护	1-204
3.3.12	辅助用室	1-204
3.4	劳动安全卫生管理措施	1-204

第 7 章 工程设计项目专篇编制的

设计文件	1-205
------------	-------

1	环境保护专篇的设计文件	1-205
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	1-205
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	1 205	3.4 石油化工大型建设项目总体设计内容 规定中消防篇	1-210
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	1 205	3.5 石油化工装置基础设计(初步 设计)内容规定中消防篇	1-210
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	1 205	3.6 化工工厂初步设计文件内容深度规定中 消防篇	1-210
1.5 石油化工项目可行性研究报告 编制规定中环境保护篇	1 205	3.7 医药建设项目初步设计内容及 深度的规定中消防篇	1-212
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	1 205	3.8 沪消(防)[2000]107号文中 消防专篇	1-213
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	1 205	4 节能专篇的设计文件	1-213
1.8 石油化工装置基础设计(初步 设计)规定中环境保护篇	1 205	4.1 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	1-213
1.9 化工工厂初步设计文件内容深度 规定中环境保护篇	1 205	4.2 石油化工项目可行性研究报告编制规 定中节能篇	1-213
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	1 207	4.3 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	1-213
2 劳动安全卫生专篇的设计文件	1 207	4.4 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	1-213
2.1 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	1 207	4.5 化工工厂初步设计文件内容深度规定中 节能篇	1-213
2.2 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	1 207	4.6 医药建设项目初步设计内容及 深度的规定中节能篇	1-213
2.3 石油化工项目可行性研究报告编制 规定中劳动安全卫生篇	1 207	第8章 工程设计常用规范(规定、 标准)和有关资料	1-215
2.4 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	1 207	1 生产的火灾、爆炸危险性及卫生分类	1-215
2.5 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	1 207	1.1 生产的火灾危险性分类	1-215
2.6 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	1 207	1.1.1 生产的火灾危险性分类及 其举例	1-215
2.7 化工工厂初步设计文件内容深度 规定中劳动安全卫生篇	1 208	1.1.2 可燃物质的火灾危险性分类	1-217
2.8 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	1 209	1.1.3 工艺装置(单元)火灾危险性 分类	1-218
2.9 《建设项目(工程)劳动安全卫生 监察规定》	1 209	1.2 储存物品的火灾危险性分类	1-218
2.10 上海市实施《建设项目(工程)劳动 安全卫生监察规定》	1 209	1.3 电力设计安全规程	1-221
3 消防专篇的设计文件	1 209	1.3.1 防爆规范	1-221
3.1 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	1 209	1.3.2 防静电规定	1-228
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消防篇	1 209	1.3.3 防雷规定	1-229
3.3 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	1 210	1.3.4 供配电负荷的分级	1-230
		1.4 车间的卫生特征分级	1-231
		1.4.1 浴室	1-231
		1.4.2 存衣室	1-232
		1.4.3 盥洗室	1-232
		1.5 职业性接触毒物危害程度分级	1-232
		1.6 洁净室空气洁净度等级	1-234
		1.6.1 以细菌为控制对象之外的洁净	

室空气洁净度等级	1-234	制值	1-280
1.6.2 药品生产洁净室(区)的空 气洁净度等级	1-234	4 大气、水源、土壤及环境噪声的卫生 防护	1-281
1.7 医药工业生产厂房洁净级别	1-234	4.1 环境空气质量标准	1-281
1.7.1 洁净室(区)的管理要求	1-234	4.1.1 环境空气质量功能区的分类和 标准分级	1-281
1.7.2 医药工业生产环境的空气洁 净度级别要求	1-235	4.1.2 居住区大气中有害物质的最高 容许浓度	1-281
1.7.3 洁净室(区)气流组织的选择 和送风量	1-235	4.1.3 废气排放标准	1-282
1.7.4 压力容器化学介质的毒性危 害和爆炸危险程度分类	1-235	4.2 水源的卫生防护	1-283
2 工厂防火规定	1-241	4.2.1 水质标准和卫生要求	1-283
2.1 建筑物构件的耐火等级和燃烧 性能	1-241	4.2.2 水污染物排放标准	1-288
2.2 厂房的防火、防爆规定	1-242	4.3 土壤的卫生防护	1-290
2.2.1 厂房的耐火等级、层数和占地 面积	1-242	4.3.1 工业固体废物污染环境的防治	1-290
2.2.2 厂房的防火间距	1-243	4.3.2 农用污泥中污染物的控制标准	1-290
2.2.3 厂房的防爆	1-244	4.4 环境噪声的卫生防护	1-291
2.2.4 厂房的安全疏散	1-245	4.4.1 城市区域环境噪声标准	1-291
2.3 库房与罐区的防火规定	1-246	4.4.2 工业企业厂界噪声标准	1-291
2.3.1 库房的耐火等级、层数、占地 面积和安全疏散	1-246	5 工厂安全、卫生的防护规定和措施	1-291
2.3.2 库房的防火间距	1-247	5.1 消防	1-291
2.3.3 甲、乙、丙类液体储罐、堆 场的布置和防火间距	1-247	5.1.1 火灾的分类	1-291
2.3.4 可燃、助燃气体储罐的防火 间距	1-249	5.1.2 火灾探测器	1-292
2.3.5 液化石油气储罐的布置和 防火间距	1-249	5.1.3 建筑灭火器配置设计	1-294
2.3.6 易燃、可燃材料的露天、半露 天堆场的布置和防火间距	1-251	5.1.4 灭火器	1-300
2.3.7 仓库、储罐区、堆场的布置及 铁路、道路的防火间距	1-251	5.2 防静电	1-303
3 工厂卫生规定	1-251	5.3 化工车间的通风换气	1-303
3.1 工作场所有害因素职业接触限值	1-251	6 物质的燃烧、爆炸极限及电阻率	1-306
3.2 噪声卫生标准	1-279	6.1 可燃有机化合物的性质	1-306
3.2.1 工业企业噪声控制设计标准	1-279	6.2 易燃气体的性质	1-311
3.2.2 工业企业设计卫生标准	1-279	6.3 助燃性气体的性质	1-312
3.2.3 厂区内各类地点的噪声限		6.4 遇水燃烧物质的性质	1-312
		6.5 遇空气自燃物质的性质	1-314
		6.6 各种粉尘的爆炸下限	1-315
		6.7 各种物质的电阻率	1-317
		6.8 液体的电导率和介电常数	1-318
		6.9 固体的相对介电常数和电阻率	1-319
		7 建设工程常用规范	1-320
		7.1 工程设计常用规范	1-320
		7.2 工程施工、验收常用规范	1-321
		参考文献	1-321

第2篇 化工单元工艺计算和选型

第9章 反应器

1 概述	2-3
1.1 化学反应工程和反应器设计	2-3

1.2 反应器的基本类型	2-3
1.3 反应器设计的基本方法	2-4
1.4 反应器设计数学模型的组成	2-4
2 化学反应动力学	2-5

2.1 本征反应动力学	2-5	7 汽液反应器	2-32
2.1.1 反应速率	2-5	7.1 汽液反应器的选择原则	2-32
2.1.2 活化能和反应级数	2-5	7.2 反应器的组合	2-32
2.1.3 单一反应	2-5	7.3 汽液反应器中的传递过程	2-32
2.1.4 复杂反应	2-6	7.3.1 鼓泡流型	2-32
2.2 表观动力学	2-7	7.3.2 分布器开孔率	2-32
2.2.1 气-固催化反应动力学	2-7	7.3.3 气泡尺寸	2-32
2.2.2 气-液反应动力学	2-8	7.3.4 气含率	2-40
3 停留时间分布和流体流动模式	2-10	7.3.5 比表面积	2-40
3.1 停留时间分布的表示	2-10	7.3.6 传质系数的计算	2-40
3.2 返混	2-10	7.3.7 扩散系数 D_{AL} 和 D_{BL}	2-41
3.3 流动模型	2-10	7.3.8 气体溶解度	2-41
3.3.1 平推流和全混流模型	2-11	7.3.9 气液鼓泡层的传热	2-42
3.3.2 多釜串联模型	2-11	7.4 汽液鼓泡反应器设计计算	2-45
3.3.3 轴向分散模型	2-11	7.4.1 设计计算步骤	2-45
4 均相反应器	2-12	7.4.2 经验处理原则	2-45
4.1 间歇釜式反应器	2-12	8 计算机例	2-45
4.2 平推流反应器	2-12	参考文献	2-50
4.3 全混釜式反应器	2-13	第10章 发酵罐	2-52
4.4 循环反应器	2-14	1 发酵罐的设计	2-52
4.5 反应器的组合	2-14	1.1 发酵罐的结构型式	2-52
4.6 非等温情况的能量衡算	2-14	1.1.1 机械搅拌自吸式发酵罐	2-53
4.6.1 间歇釜式反应器	2-15	1.1.2 空气带升环流式发酵罐	2-54
4.6.2 平推流反应器	2-15	1.1.3 高位塔式发酵罐	2-54
4.6.3 全混釜式反应器及其热稳定性	2-16	1.2 标准式发酵罐	2-55
5 固定床反应器	2-16	1.2.1 罐的几何尺寸	2-55
5.1 粒子几何特性和床层空隙率	2-16	1.2.2 通气和搅拌	2-55
5.2 床层压力降	2-17	1.2.3 搅拌器选型和搅拌功率的计算	2-56
5.3 床层的传质	2-17	1.2.4 传热	2-59
5.4 床层的传热	2-18	1.2.5 变速搅拌	2-60
5.4.1 粒子和流体间传热	2-18	1.2.6 发酵罐的能量消耗	2-60
5.4.2 固定床的有效导热系数	2-19	2 发酵罐及其系统	2-61
5.4.3 固定床和器壁间的传热膜系数	2-20	2.1 空气处理系统	2-61
5.5 薄层催化剂反应器的计算	2-21	2.1.1 空气的预处理	2-61
5.6 等温床的计算	2-21	2.1.2 空气过滤器	2-62
5.7 绝热床的计算	2-21	2.2 培养基的灭菌	2-63
5.8 拟均相二维模型和非均相模型	2-23	2.2.1 培养基的分批灭菌	2-65
6 流化床反应器	2-24	2.2.2 培养基的连续灭菌	2-65
6.1 流化床的流体力学行为	2-24	2.2.3 培养基灭菌形式比较	2-66
6.1.1 几个重要参数	2-24	2.3 管道和阀门	2-67
6.1.2 床层的膨胀	2-26	2.3.1 配料	2-67
6.1.3 气体分布器	2-26	2.3.2 接种	2-67
6.1.4 气泡	2-27	2.3.3 抗生素专用阀门	2-68
6.1.5 粒子捕集	2-27	2.4 测量仪表和控制	2-69
6.2 流化床的传热	2-27	3 设计实例	2-70
6.3 流化床的传质	2-27	3.1 范围和用途	2-70
6.4 流化床的数学模型	2-30		

3.2 生化反应罐	2 70
3.3 抗生素发酵罐	2 71
3.3.1 红霉素发酵罐	2 71
3.3.2 赤霉素发酵罐	2 72
4 新系列发酵罐	2 72
参考文献	2 73
第 11 章 液体搅拌	2 74
1 液体搅拌机理	2 74
1.1 均相液液混合	2 74
1.2 固液悬浮搅拌	2 75
1.3 非均相液液分散	2 77
1.4 气液分散和混合	2 77
1.5 高黏度流体搅拌	2 78
2 搅拌器的结构类型	2 78
3 搅拌容器的内部构件	2 82
4 搅拌容选型和转速计算	2 83
4.1 均相液液混合	2 83
4.2 固液悬浮搅拌	2 84
4.3 非均相液液分散	2 84
4.4 气液分散	2 84
4.5 搅拌转速	2 84
5 搅拌功率计算	2 85
5.1 搅拌功率的基本计算方法	2 85
5.2 高速桨叶的功率准数	2 85
5.3 无挡板或低速桨叶的功率准数	2 87
5.4 电机功率的选择	2 88
5.5 计算举例	2 89
6 搅拌操作的传热计算	2 91
6.1 盘管和夹套中流体的传热膜系数	2 91
6.2 搅拌槽内流体的传热膜系数	2 92
7 搅拌工艺设计的放大技术	2 92
8 非牛顿型流体搅拌	2 94
参考文献	2 96

第 12 章 蒸馏和吸收

1 蒸馏过程的汽液平衡	2 97
1.1 汽液平衡关系的表达	2 97
1.2 汽液平衡的热力学关系式	2 97
1.2.1 理想溶液系统	2 97
1.2.2 非理想溶液系统	2 98
1.3 活度系数的计算	2 99
1.3.1 Van Larr 和 Margules 方程	2 99
1.3.2 Scatchard-Hildebrand 方程	2 100
1.3.3 Wilson 方程	2 100
1.3.4 NRTL 方程	2 101
1.3.5 UNIF AC 方程	2 101

1.3.6 含有缔合组分的汽液平衡 计算	2 109
1.4 汽液平衡关系的热力学一致性 检验	2 109
参考文献	2 109
2 蒸馏过程的计算	2 110
2.1 简捷法	2 110
2.1.1 MT 图解法	2 110
2.1.2 简捷计算法	2 111
2.1.3 计算机应用软件	2 116
2.2 严格法	2 119
2.2.1 设计数据的规定和最终计算 结果	2 119
2.2.2 三对角矩阵法的数学模型	2 119
2.2.3 三对角矩阵法的计算步骤和 框图	2 121
2.2.4 有关说明	2 121
2.2.5 计算机应用软件	2 123
参考文献	2 123
3 蒸馏过程的传质速率	2 124
3.1 板式塔板效率的推算	2 125
3.1.1 塔板效率的定义	2 125
3.1.2 塔板效率的经验关联式	2 126
3.2 填料塔等板高度的计算	2 128
3.2.1 幕赫法	2 128
3.2.2 格兰维尔法	2 129
3.2.3 系统压力对等板高度的影响	2 129
参考文献	2 129
4 气体吸收	2 129
4.1 吸收过程的相平衡	2 130
4.2 吸收过程的计算	2 130
4.2.1 吸收剂用量	2 130
4.2.2 传质单元数和传质单元高度	2 132
4.3 板式塔吸收、解吸过程的计算	2 134
4.3.1 理论板数	2 134
4.3.2 板效率	2 136
4.4 变温吸收过程	2 136
4.4.1 吸收热效应	2 136
4.4.2 热效应影响的处理方法	2 136
4.4.3 操作变量的影响	2 136
4.4.4 设备结构上的考虑	2 137
4.5 多组分吸收	2 137
4.5.1 低浓度气体吸收的图解法	2 137
4.5.2 低浓度气体吸收的 Kremser- Brown 法	2 137
4.6 化学吸收	2 138
4.7 计算机应用软件	2 138

参考文献	2-138
5 塔设备设计	2-139
5.1 填料塔设计	2-140
5.1.1 填料类型和特性参数	2-140
5.1.2 流体力学计算	2-144
5.1.3 塔内构件的设计	2-147
5.2 板式塔设计	2-150
5.2.1 塔径估算	2-150
5.2.2 塔板布置、降液管及溢流堰 设计	2-152
5.2.3 筛板设计和流体力学验算	2-158
5.2.4 浮阀板设计和流体力学计算	2-165
5.3 计算机应用软件	2-172
5.3.1 程序简介	2-172
5.3.2 程序安装和系统要求	2-172
5.3.3 程序运行	2-173
5.3.4 程序特点	2-173
5.3.5 系统功能	2-174
5.3.6 输入数据	2-174
5.3.7 输出数据	2-174
参考文献	2-174

第 13 章 离心机和过滤器

1 离心机	2-176
1.1 离心机的分类和适用范围	2-176
1.2 离心机的选用要求和标准	2-176
1.2.1 离心机的选用要求	2-176
1.2.2 离心机标准	2-177
1.3 离心机的选型	2-177
1.3.1 选型参数	2-177
1.3.2 性能指标	2-178
1.3.3 选型的基本原则	2-178
1.4 过滤离心机的选用	2-179
1.4.1 生产能力计算	2-179
1.4.2 三足式离心机	2-180
1.4.3 上悬式离心机	2-186
1.4.4 卧式刮刀卸料离心机	2-187
1.4.5 卧式活塞推料离心机	2-190
1.4.6 离心力卸料离心机	2-193
1.4.7 其他类型的过滤离心机	2-196
1.5 沉降离心机的选用	2-197
1.5.1 生产能力计算	2-197
1.5.2 螺旋卸料沉降离心机	2-200
1.5.3 碟式分离机	2-205
1.5.4 其他类型的沉降离心机	2-208
1.6 物料预处理方法和装置	2-210
1.7 离心机的配套设备	2-210

1.8 离心机的采购	2-211
1.8.1 离心机的采购程序	2-211
1.8.2 离心机数据表	2-211
2 过滤器	2-213
2.1 过滤机的分类和适用范围	2-213
2.2 过滤机的选用要求和标准规范	2-213
2.3 过滤机的选型	2-214
2.3.1 选型参数	2-214
2.3.2 选型的基本原则	2-214
2.4 过滤机的计算	2-214
2.4.1 恒压过滤	2-214
2.4.2 恒速过滤	2-216
2.4.3 先升压后恒压过滤	2-216
2.4.4 过滤常数测定	2-217
2.5 常用过滤机	2-218
2.5.1 转鼓真空过滤机	2-218
2.5.2 带式过滤机	2-218
2.5.3 盘式过滤机	2-218
2.5.4 叶滤机	2-218
2.5.5 筒式加压过滤机	2-223
2.5.6 压滤机	2-223
3 过滤器	2-230
3.1 JJ、JN 系列折叠式过滤器	2-230
3.2 JLS 型高效金属过滤器	2-230
参考文献	2-234

第 14 章 膜分离设备

1 膜材料	2-235
1.1 膜的分类和应用	2-235
1.2 膜材料	2-236
1.2.1 高分子膜材料	2-236
1.2.2 无机膜材料	2-236
2 膜组件	2-236
2.1 板框式膜组件	2-236
2.2 圆管式膜组件	2-237
2.3 卷绕式膜组件	2-238
2.4 中空纤维式膜组件	2-238
2.5 集装式膜组件	2-239
2.6 膜组件的特点比较	2-239
3 膜分离技术	2-239
3.1 膜分离技术的基本特性	2-239
3.2 微过滤技术和膜	2-243
3.2.1 液体过滤	2-243
3.2.2 气体过滤	2-246
3.3 超滤技术和膜	2-248
3.3.1 超滤基本原理	2-248
3.3.2 超滤膜的特性和种类	2-249

3.3.3 超滤装置	2-249	1.2.2 加热器	2-266
3.3.4 超滤的影响因素	2-249	1.2.3 再沸器	2-269
3.3.5 超滤工艺流程	2-249	1.2.4 冷凝器	2-270
3.4 反渗透和纳滤技术	2-250	1.2.5 蒸发器	2-271
3.4.1 反渗透基本原理	2-250	1.3 管壳式换热器的选用	2-273
3.4.2 反渗透膜和纳滤膜	2-250	1.3.1 工艺条件	2-273
3.4.3 低压,超低压反渗透和纳滤	2-251	1.3.2 结构参数	2-274
3.4.4 反渗透装置的设计	2-251	1.3.3 壳程型式	2-276
3.4.5 反渗透基本工艺流程	2-251	2 管壳式换热器	2-278
3.4.6 反渗透的预处理	2-252	2.1 稳态传热方程	2-278
3.5 在制药工业中的应用示例	2-253	2.1.1 总传热系数	2-278
3.5.1 制剂用无菌、无热原纯水 系统	2-253	2.1.2 平均温差	2-278
3.5.2 大型输液生产系统	2-253	2.2 传热系数计算	2-282
4 过滤系统的验证	2-255	2.2.1 管内传热膜系数	2-282
4.1 过滤系统的选型	2-255	2.2.2 壳程传热系数	2-283
4.1.1 过滤材质的选择	2-255	2.3 压力降计算	2-285
4.1.2 滤膜孔径的选择	2-256	2.3.1 管内压力降	2-285
4.1.3 预过滤的选择	2-256	2.3.2 壳程压力降	2-285
4.1.4 过滤系统的选型	2-256	2.4 换热器设计计算程序和计 算举例	2-286
4.2 过滤系统的操作	2-256	2.4.1 设计计算程序	2-286
4.3 协议报告	2-256	2.4.2 计算举例	2-286
4.4 申请 FDA 无菌级药品认证的 主要内容	2-256	3 管壳式冷凝器	2-291
4.4.1 终端除菌滤膜和料液的化学 适应性实验	2-256	3.1 冷凝传热膜系数	2-291
4.4.2 完整性测试	2-256	3.1.1 管内冷凝传热膜系数	2-291
4.4.3 释出物的测定	2-258	3.1.2 管外冷凝传热膜系数	2-292
4.4.4 认证报告的存档	2-258	3.1.3 多组分的冷凝传热	2-292
4.5 验证目的和说明	2-258	3.2 冷凝器压力降计算	2-292
4.6 验证内容和组合	2-258	3.2.1 管内压力降	2-292
4.7 过滤器的验证	2-258	3.2.2 壳程压力降	2-293
5 常用过滤膜的技术参数	2-258	3.2.3 计算举例	2-294
5.1 国内外主要微孔膜产品示例	2-258	3.3 冷凝器计算举例	2-294
5.2 国内外主要超滤膜产品示例	2-260	4 再沸器	2-298
5.3 国内外主要反渗透膜组件产 品示例	2-262	4.1 Kettle 式再沸器	2-298
5.4 纳滤膜组件产品示例	2-263	4.1.1 设计要点	2-298
参考文献	2-263	4.1.2 传热系数	2-299
第 15 章 换热器	2-264	4.1.3 管束的最大热负荷	2-299
1 换热器的分类和选用	2-264	4.1.4 计算举例	2-299
1.1 换热器的分类	2-264	4.2 立式热虹吸式再沸器	2-301
1.1.1 按工艺功能分类	2-264	4.2.1 设计要点	2-301
1.1.2 按传热方式和结构分类	2-265	4.2.2 传热系数	2-302
1.2 按工艺功能选用换热器	2-266	4.2.3 两相摩擦压力降	2-302
1.2.1 冷却器	2-266	4.2.4 设计举例	2-303
		4.3 卧式热虹吸式再沸器	2-306
		4.3.1 选择要点	2-306
		4.3.2 传热系数	2-306
		4.3.3 压力降计算	2-306

5 翅片管	2-307	1.2.2 原始资料的收集和有关专业 互提条件	2-333
5.1 翅片管的应用	2-307	1.2.3 设计步骤和设计要点	2-333
5.2 翅片管的传热方程和传热系数	2-307	2 工业炉的热效率和燃料消耗量	2-335
5.2.1 传热方程	2-307	2.1 热效率	2-335
5.2.2 传热系数	2-308	2.2 燃料消耗量	2-336
5.3 翅片管排压力降计算	2-308	3 工业炉节能技术	2-336
6 套管式换热器	2-308	3.1 主要节能措施	2-336
6.1 套管式换热器的特点	2-308	3.1.1 回收烟气余热,降低排烟 温度	2-336
6.2 传热系数和压力降计算	2-308	3.1.2 减少炉壁散热损失	2-337
6.2.1 传热系数	2-308	3.1.3 减少空气过剩量	2-338
6.2.2 压力降计算	2-309	3.1.4 减少不完全燃烧损失	2-338
7 搅拌容器	2-310	3.2 余热回收技术	2-339
7.1 搅拌容器的应用	2-310	3.2.1 翅片管、钉头管的应用	2-339
7.2 搅拌容器的传热	2-311	3.2.2 余热锅炉的应用	2-339
7.2.1 夹套内传热膜系数	2-311	3.2.3 空气预热器的应用	2-341
7.2.2 蛇管内传热膜系数	2-311	4 燃料和燃烧计算	2-343
7.2.3 容器内蛇管和壁的传热膜 系数	2-311	4.1 燃料	2-343
8 板式换热器	2-313	4.1.1 固体燃料	2-343
8.1 板式换热器的分类和应用	2-313	4.1.2 液体燃料	2-343
8.2 板式换热器的传热	2-314	4.1.3 气体燃料	2-344
8.2.1 波纹板式换热器	2-314	4.2 燃烧计算	2-348
8.2.2 螺旋板式换热器	2-316	4.2.1 燃料发热量	2-350
8.3 无相变板式换热器压力降计算	2-316	4.2.2 燃烧所需空气量	2-351
8.3.1 波纹板式换热器	2-316	4.2.3 燃料生成烟量	2-352
8.3.2 螺旋板式换热器	2-316	4.2.4 烟气密度	2-352
8.4 波纹板式换热器计算举例	2-316	4.2.5 烟气热焓和温焓图	2-352
9 蒸发器	2-317	5 燃烧室和燃烧装置	2-355
9.1 单效蒸发器设计	2-317	5.1 燃烧室的容积	2-355
9.2 多效蒸发器设计	2-318	5.1.1 一般燃烧室的容积	2-355
10 污垢系数和总传热系数的参考值	2-319	5.1.2 管式加热炉的炉膛容积	2-355
10.1 污垢系数	2-319	5.1.3 焚烧炉的炉膛容积	2-355
10.2 总传热系数推荐值	2-320	5.2 燃烧装置	2-356
10.2.1 管壳式换热器	2-320	5.2.1 固体燃料燃烧装置	2-356
10.2.2 蛇管式换热器	2-324	5.2.2 液体燃料燃烧器	2-358
10.2.3 夹套式换热器	2-326	5.2.3 气体燃料燃烧器	2-364
10.2.4 套管式换热器	2-327	6 工业炉传热计算	2-369
10.2.5 空冷器	2-327	6.1 辐射段传热	2-369
10.2.6 喷淋式换热器	2-328	6.2 对流段传热	2-372
10.2.7 螺旋板式换热器	2-329	6.3 炉壁散热损失	2-375
10.2.8 其他换热器	2-329	7 工业炉系统压力降和排烟系统	2-376
10.3 液体、气体的普朗特数	2-330	7.1 炉管内物料的压力降	2-376
参考文献	2-331	7.2 烟气系统压力降	2-379
第16章 工业炉	2-332	7.3 烟囱设计	2-391
1 工业炉的炉型和设计要点	2-332	7.3.1 按抽力要求确定烟囱高度	2-391
1.1 工业炉的炉型	2-332	7.3.2 按有害物质排放要求确定烟囱 高度	2-391
1.2 工业炉的设计要点	2-332	7.3.3 烟囱直径的确定	2-392
1.2.1 设计原则	2-332		

7.4 引风机的选用	2-393
第 17 章 干燥器	2-394
1 干燥器的分类和选型	2-394
1.1 干燥器的分类	2-394
1.2 干燥器的选型	2-394
2 干燥过程计算	2-395
2.1 干燥速率曲线	2-395
2.2 恒速干燥阶段的计算	2-398
2.2.1 按 $X-t$ 干燥曲线的计算方法	2-398
2.2.2 按 $R-t$ 干燥速率曲线的计算方法	2-398
2.3.3 按传热系数的计算方法	2-398
2.3 降速干燥阶段的计算	2-399
2.4 干燥器的热量衡算	2-400
2.4.1 预热器的热量消耗	2-400
2.4.2 干燥器的热量衡算	2-400
2.4.3 热量衡算的应用示例	2-401
3 箱式(间歇式)干燥器	2-401
3.1 平行流式箱式干燥器	2-401
3.2 穿流式箱式干燥器	2-401
3.3 真空箱式干燥器	2-402
4 隧道式干燥器	2-403
4.1 隧道式带式通风干燥器	2-403
4.2 洞道式干燥器	2-405
5 喷雾干燥器	2-407
5.1 喷雾干燥器的分类	2-408
5.2 喷雾干燥室的设计	2-409
5.3 雾化器	2-410
5.3.1 雾化器的类型	2-410
5.3.2 雾化器的选用原则	2-410
5.4 SZDB-40 型无菌系统喷雾干燥机	2-410
5.5 P 型喷雾干燥器系列产品	2-411
5.6 PA、PB、PC、PD 系列喷雾干燥装置技术参数	2-412
5.7 喷雾干燥计算举例	2-413
5.8 喷雾干燥的闭路循环系统	2-413
5.9 喷雾干燥的应用	2-415
6 气流干燥器	2-416
6.1 特性和运行参数	2-416
6.2 分类	2-416
6.3 直管型气流干燥器	2-417
6.4 脉冲型气流干燥器	2-418
6.5 倒锥式气流干燥器	2-418
6.6 套管式气流干燥器	2-418
6.7 旋风型气流干燥器	2-419
6.8 旋转气流干燥器	2-419
6.9 环形干燥器	2-420
6.10 文丘里气流干燥器	2-420
6.11 低熔点物料气流干燥器	2-420
6.12 气流干燥计算	2-421
7 流化床干燥器	2-422
7.1 流体床干燥器的特点	2-422
7.2 流化床干燥器类型	2-422
7.2.1 沸腾造粒包衣干燥器	2-422
7.2.2 强化沸腾干燥器	2-423
7.2.3 卧式多室流化床干燥器	2-425
7.2.4 双级流化床干燥器	2-425
7.2.5 喷动床干燥器	2-427
7.2.6 闭路循环流化床干燥器	2-427
7.2.7 惰性粒子流化床干燥器	2-428
7.2.8 振动流化床干燥(冷却)器	2-429
8 立式通风移动床干燥器	2-430
8.1 特点	2-430
8.2 计算举例	2-431
9 回转干燥器	2-432
9.1 直接或间接加热式回转干燥器	2-432
9.1.1 技术参数	2-432
9.1.2 计算举例	2-432
9.1.3 应用实例	2-434
9.2 穿流式回转干燥器	2-434
9.2.1 结构	2-434
9.2.2 特点	2-435
9.2.3 计算举例	2-435
10 真空干燥器	2-436
10.1 特点	2-436
10.2 双锥回转型真空干燥器	2-436
10.3 耙式真空干燥器	2-439
10.4 附属设备	2-439
10.5 回转真空干燥联合机	2-439
11 槽型搅拌干燥器	2-441
11.1 特点	2-441
11.2 结构类型	2-441
11.2.1 楔形翼片型搅拌干燥器	2-441
11.2.2 桨叶干燥器	2-442
11.2.3 单轴圆板型和单轴环型搅拌干燥器	2-444
11.2.4 单轴圆盘型搅拌干燥器	2-444
11.2.5 单轴清扫齿型搅拌干燥器	2-444
11.3 槽型搅拌干燥器的应用	2-445
12 滚筒干燥器	2-445
12.1 进料方式	2-446
12.2 一般技术参数	2-446
12.3 滚筒干燥器的应用	2-446
12.4 单筒型转筒干燥器	2-447
13 真空冷冻干燥	2-448