

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

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

化学工业出版社

·北京·

(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)



江苏一步干燥设备有限公司

常州市一步干燥设备厂

中国干燥制粒开发中心

已通过ISO9001认证

江苏一步干燥设备有限公司是专业生产干燥设备的著名厂家，是中国制药装备行业协会和中国化工装备总公司的定点生产企业。工厂占地面积3万多平方米，建筑面积1.8万平方米。固定资产1850万元人民币，拥有专用加工设备100多台，技术力量雄厚，年产各类制粒、干燥、混合等设备1500多台（套）。产品已发展到20大类，160多种规格品种，拥有国家专利十多项，产品多次荣获国家金奖。企业资质等级AAA级。

公司创始人查国才先生，30多年来一直致力于干燥设备的研制、生产和经营，并长期担任中国干燥设备行业协会副理事长。“一步干燥，步步领先”，公司十分重视科技创新，先后与上海、武汉、重庆等地的医药设计院，化工部沈阳化工研究部，清华大学、大连理工大学、江苏石油化工学院、无锡轻工大学等多家科研院所合作开发，每年都推出3~5个新产品占领市场。1998年经国家有关部门批准，设立“中国干燥制粒研究开发中心”，和制药、化工、食品等厂家一起研究新工艺、开发新技术，提供新产品。工厂还备有多种试验样机。欢迎客户带料试验和考察订货。

本公司素以产品制作精良而著称，“一步”牌干燥设备已成为众多厂家的首选品牌，产品覆盖全国，并远销美国、日本、新西兰、伊朗、印尼、菲律宾、希腊、泰国、加纳及香港、台湾等地。1998年经国家外经贸部批准，成为全国第一家具有“自营进出口权”的干燥设备企业。

“一步人”竭诚与海内外新老客户精诚合作，一步一个脚印，在新的世纪里共创辉煌！



FL系列沸腾制粒干燥机



PGL系列喷雾干燥制粒机



GFG系列高效沸腾干燥机



GHL系列高速混合制粒机



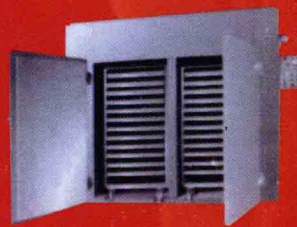
GK系列干式制粒机



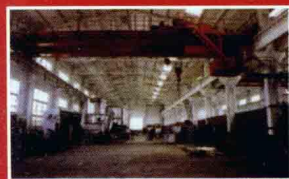
YS系列流化床料斗提升卸料机



LPG高速离心喷雾干燥机



CT、CT-C系列热风循环烘箱



公司地址：江苏省常州市焦溪镇查家湾 邮编：213116
中国干燥设备行业协会副理事长、董事长：查国才
<http://www.yibu.com>

电话：0519-8902618 8902818 (传真)
手机：(0)13806121888
E-mail: ybckc6@public.cz.js.cn

《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 镔		
第 3 章	陈安忠	陈 芩晔	曹佩礼	杨丽敏	石 荣 华
第 4 章	施大伟	周 燕	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	华 峰		
第 16 章	陈德祥		汪 扬		
第 17 章	金国森		石 荣 华		
第 18 章	张 勋	严 琦	杨静芬	张 勋	
第 19 章	陈 伟		夏关明		
第 20 章	陈 伟	张 红	华 联		
第 21 章	堵祖荫		沃 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	华 峰	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	应道晏	曹佩礼	
第 28 章	韩季璋		曹佩礼		
第 29 章	王荷生		陈 安		
第 5 篇					
第 30 章	周伯辛	金 堤 俞旭波 徐 熊	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		
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 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 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	1-16
2.2.1 工厂总平面布置的一般原则	1-16
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 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	废渣的再资源化	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		1-185
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
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
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
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
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
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
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
1.9 化工工厂初步设计文件内容深度规定中环境保护篇	1-206
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
2 劳动安全卫生专篇的设计文件	1-207
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
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
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
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
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
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
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
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
2.9 《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》	1-209
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
3 消防专篇的设计文件	1-209
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
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
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

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
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
3.6 化工工厂初步设计文件内容深度规定中消防篇	1-210
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
3.8 沪消（防）[2000] 107 号文中消防专篇	1-213
4 节能专篇的设计文件	1-213
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
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
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
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
4.5 化工工厂初步设计文件内容深度规定中节能篇	1-213
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

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	1-215
1.1 生产的火灾危险性分类	1-215
1.1.1 生产的火灾危险性分类及其举例	1-215
1.1.2 可燃物质的火灾危险性分类	1-217
1.1.3 工艺装置（单元）火灾危险性分类	1-218
1.2 储存物品的火灾危险性分类	1-218
1.3 电力设计安全规程	1-221
1.3.1 防爆规范	1-221
1.3.2 防静电规定	1-228
1.3.3 防雷规定	1-229
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 压力容器中介质毒性危 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、堆场的布置及与 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	2-3	1.2 反应器的基本类型	2-3
1 概述	2-3	1.3 反应器设计的基本方法	2-4
1.1 化学反应工程和反应器设计	2-3	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	2-97
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 离心机和过滤机	2-176
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 过滤机	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	2-235
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
3.3.4	超滤的影响因素	2-249
3.3.5	超滤工艺流程	2-249
3.4	反渗透和纳滤技术	2-250
3.4.1	反渗透基本原理	2-250
3.4.2	反渗透膜和纳滤膜	2-250
3.4.3	低压, 超低压反渗透和纳滤	2-251
3.4.4	反渗透装置的设计	2-251
3.4.5	反渗透基本工艺流程	2-251
3.4.6	反渗透的预处理	2-252
3.5	在制药工业中的应用示例	2-253
3.5.1	制剂用无菌、无热原纯水系统	2-253
3.5.2	大型输液生产系统	2-253
4	过滤系统的验证	2-255
4.1	过滤系统的选型	2-255
4.1.1	过滤材质的选择	2-255
4.1.2	滤膜孔径的选择	2-256
4.1.3	预过滤的选择	2-256
4.1.4	过滤系统的选型	2-256
4.2	过滤系统的操作	2-256
4.3	协议报告	2-256
4.4	申请 FDA 无菌级药品认证的主要内容	2-256
4.4.1	终端除菌滤膜和料液的化学适应性实验	2-256
4.4.2	完整性测试	2-256
4.4.3	释出物的测定	2-258
4.4.4	认证报告的存档	2-258
4.5	验证目的和说明	2-258
4.6	验证内容和组合	2-258
4.7	过滤器的验证	2-258
5	常用过滤膜的技术参数	2-258
5.1	国内外主要微孔膜产品示例	2-258
5.2	国内外主要超滤膜产品示例	2-260
5.3	国内外主要反渗透膜组件产品示例	2-262
5.4	纳滤膜组件产品示例	2-263
参考文献		2-263

第 15 章 换热器

1	换热器的分类和选用	2-264
1.1	换热器的分类	2-264
1.1.1	按工艺功能分类	2-264
1.1.2	按传热方式和结构分类	2-265
1.2	按工艺功能选用换热器	2-266
1.2.1	冷却器	2-266

1.2.2	加热器	2-266
1.2.3	再沸器	2-269
1.2.4	冷凝器	2-270
1.2.5	蒸发器	2-271
1.3	管壳式换热器的选用	2-273
1.3.1	工艺条件	2-273
1.3.2	结构参数	2-274
1.3.3	壳程型式	2-276
2	管壳式换热器	2-278
2.1	稳态传热方程	2-278
2.1.1	总传热系数	2-278
2.1.2	平均温差	2-278
2.2	传热系数计算	2-282
2.2.1	管内传热膜系数	2-282
2.2.2	壳程传热系数	2-283
2.3	压力降计算	2-285
2.3.1	管内压力降	2-285
2.3.2	壳程压力降	2-285
2.4	换热器设计计算程序和计算举例	2-286
2.4.1	设计计算程序	2-286
2.4.2	计算举例	2-286
3	管壳式冷凝器	2-291
3.1	冷凝传热膜系数	2-291
3.1.1	管内冷凝传热膜系数	2-291
3.1.2	管外冷凝传热膜系数	2-292
3.1.3	多组分的冷凝传热	2-292
3.2	冷凝器压力降计算	2-292
3.2.1	管内压力降	2-292
3.2.2	壳程压力降	2-293
3.2.3	计算举例	2-294
3.3	冷凝器计算举例	2-294
4	再沸器	2-298
4.1	Kettle 式再沸器	2-298
4.1.1	设计要点	2-298
4.1.2	传热系数	2-299
4.1.3	管束的最大热负荷	2-299
4.1.4	计算举例	2-299
4.2	立式热虹吸式再沸器	2-301
4.2.1	设计要点	2-301
4.2.2	传热系数	2-302
4.2.3	两相摩擦压力降	2-302
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
5.1	翅片管的应用	2-307
5.2	翅片管的传热方程和传热系数	2-307
5.2.1	传热方程	2-307
5.2.2	传热系数	2-308
5.3	翅片管排压力降计算	2-308
6	套管式换热器	2-308
6.1	套管式换热器的特点	2-308
6.2	传热系数和压力降计算	2-308
6.2.1	传热系数	2-308
6.2.2	压力降计算	2-309
7	搅拌容器	2-310
7.1	搅拌容器的应用	2-310
7.2	搅拌容器的传热	2-311
7.2.1	夹套内传热膜系数	2-311
7.2.2	蛇管内传热膜系数	2-311
7.2.3	容器内蛇管和壁的传热膜系数	2-311
8	板式换热器	2-313
8.1	板式换热器的分类和应用	2-313
8.2	板式换热器的传热	2-314
8.2.1	波纹板式换热器	2-314
8.2.2	螺旋板式换热器	2-316
8.3	无相变板式换热器压力降计算	2-316
8.3.1	波纹板式换热器	2-316
8.3.2	螺旋板式换热器	2-316
8.4	波纹板式换热器计算举例	2-316
9	蒸发器	2-317
9.1	单效蒸发器设计	2-317
9.2	多效蒸发器设计	2-318
10	污垢系数和总传热系数的参考值	2-319
10.1	污垢系数	2-319
10.2	总传热系数推荐值	2-320
10.2.1	管壳式换热器	2-320
10.2.2	蛇管式换热器	2-324
10.2.3	夹套式换热器	2-326
10.2.4	套管式换热器	2-327
10.2.5	空冷器	2-327
10.2.6	喷淋式换热器	2-328
10.2.7	螺旋板式换热器	2-329
10.2.8	其他换热器	2-329
10.3	液体、气体的普朗特数	2-330
	参考文献	2-331
	第16章 工业炉	2-332
1	工业炉的炉型和设计要点	2-332
1.1	工业炉的炉型	2-332
1.2	工业炉的设计要点	2-332
1.2.1	设计原则	2-332

1.2.2	原始资料的收集和有关专业互提条件	2-333
1.2.3	设计步骤和设计要点	2-333
2	工业炉的热效率和燃料消耗量	2-335
2.1	热效率	2-335
2.2	燃料消耗量	2-336
3	工业炉节能技术	2-336
3.1	主要节能措施	2-336
3.1.1	回收烟气余热, 降低排烟温度	2-336
3.1.2	减少炉壁散热损失	2-337
3.1.3	减少空气过剩量	2-338
3.1.4	减少不完全燃烧损失	2-338
3.2	余热回收技术	2-339
3.2.1	翅片管、钉头管的应用	2-339
3.2.2	余热锅炉的应用	2-339
3.2.3	空气预热器的应用	2-341
4	燃料和燃烧计算	2-343
4.1	燃料	2-343
4.1.1	固体燃料	2-343
4.1.2	液体燃料	2-343
4.1.3	气体燃料	2-344
4.2	燃烧计算	2-348
4.2.1	燃料发热量	2-350
4.2.2	燃烧所需空气量	2-351
4.2.3	燃料生成烟气体量	2-352
4.2.4	烟气密度	2-352
4.2.5	烟气热焓和温焓图	2-352
5	燃烧室和燃烧装置	2-355
5.1	燃烧室的容积	2-355
5.1.1	一般燃烧室的容积	2-355
5.1.2	管式加热炉的炉膛容积	2-355
5.1.3	焚烧炉的炉膛容积	2-355
5.2	燃烧装置	2-356
5.2.1	固体燃料燃烧装置	2-356
5.2.2	液体燃料燃烧器	2-358
5.2.3	气体燃料燃烧器	2-364
6	工业炉传热计算	2-369
6.1	辐射段传热	2-369
6.2	对流段传热	2-372
6.3	炉壁散热损失	2-375
7	工业炉系统压力降和排烟系统	2-376
7.1	炉管内物料的压力降	2-376
7.2	烟气系统压力降	2-379
7.3	烟囱设计	2-391
7.3.1	按抽力要求确定烟囱高度	2-391
7.3.2	按有害物质排放要求确定烟囱高度	2-391
7.3.3	烟囱直径的确定	2-392

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