

化工机械工程 手册

余国琮 主编

下卷



化学工业出版社

化工机械工程手册

下 卷

余国琮 主编

化学工业出版社
·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工机械工程手册. 下卷/余国琮主编. —北京: 化学工业出版社, 2002.12

ISBN 7-5025-4094-6

I. 化… II. 余… III. 化工机械-机械工程-技术手册 IV. TQ05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 069917 号

化工机械工程手册

下 卷

余国琮 主编

责任编辑: 郭长生 张红兵 周国庆 李玉晖

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 蒋艳君

*

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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 76¼ 字数 2725 千字

2002 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4094-6/TQ·1613

定 价: 160.00 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

化工机械工程手册

主 编

余国琮

主 稿 人 员

(以汉语拼音为序)

各部分主稿

戴树和 贺匡国 聂清德 潘家祯 汪希萱 朱企新

各篇主稿

曹桂馨	陈匡民	蒋静坪	蒋年禧	李宽宏	刘 丰
麦本熙	钱颂文	时铭显	寿尔康	童水光	汪大睪
王学松	王治方	王志文	吴德钧	徐静安	杨志才
郁永章	张光裕	赵忠祥	郑茂鼎	左 禹	

审 稿 人 员

(以汉语拼音为序)

陈丙晨	陈匡民	陈之航	戴千策	戴树和	傅秦生
高正中	韩学铨	何升韬	贺匡国	洪德晓	黄 洁
姜培正	焦书科	李培宁	林孔元	林瑞泰	刘志刚
聂清德	潘永康	潘永密	沈曾民	石教英	时铭显
孙之郭	汪希萱	王静康	王世昌	王喜忠	王正欧
王志文	武冠英	熊有伦	徐静安	许定宇	薛问亚
于福家	余国琮	郁永章	袁 伟	赵宗艾	郑家龙
朱利民	左 禹				

编写人员

(以汉语拼音为序)

蔡娥	蔡纪宁	蔡仁良	曹桂馨	陈伯根	陈国桓
陈杭飞	陈加印	陈匡民	陈隆道	陈希铎	陈显瑞
陈玄德	崔巍山	戴季煌	戴树和	丁信伟	董宗玉
范德顺	方长青	方善如	丰镇平	冯立成	冯连勋
冯霄	付建平	干爱华	顾芳珍	顾兆林	郭有仪
胡金榜	胡志伟	华永利	黄思	黄金龙	黄雪坤
黄钟	江楠	蒋静坪	蒋年禧	金德云	金涛
金志强	康勇	劳家仁	劳添长	黎廷新	李峻宇
李宽宏	李明	李能宫	李勤凌	李尚仁	李斯特
李鑫纲	李云	廖万彬	林建鸿	林渭勋	林友仰
林玉珍	刘斌	刘丰	刘芙蓉	刘小光	刘永忠
刘佑义	龙红	芦秀海	马小明	马玉录	麦本熙
毛羽	聂清德	潘家祯	齐连陞	钱惠林	钱颂文
任永祥	桑芝富	邵国兴	沈红	沈庆根	时铭显
史惠祥	史铁林	寿尔康	宋德秋	孙士乾	孙晓明
唐梦奇	陶志良	童水光	万平玉	汪大翠	汪华林
汪希萱	王光耀	王普勋	王宽福	王淑兰	王秀云
王学松	王印培	王正东	王治方	王志文	魏刚
吴德钧	吴小林	吴旨玉	夏祥华	夏兴祥	熊蓉春
徐效德	许劲晖	许鸣珂	许跃敏	轩建平	薛建设
闫康平	严大凡	杨卫民	杨友煦	杨志才	叶楚宝
尹谢平	应道宴	虞军	郁永章	张伯良	张光裕
张红	张劲军	张康达	张早校	赵宪忠	赵忠祥
赵宗艾	郑津洋	郑茂鼎	郑水英	郑卫京	朱企新
朱天霞	褚良银	宗润宽	邹伯敏	左禹	

序

“化工机械”这一名词在我国是“化工设备与机器”的惯用简化代词，国外多称为“化学过程装备”（chemical process equipment）。故“化工机械”实质上是指包括化工设备与机器的“化工装备”。

“化工机械工程”（也可称为“化工装备工程”），属于工程学科，它的对象是化工及化工类型生产过程中的装备，学科内容主要是化工装备的工程总体设计、制造技术以及运行控制管理等。

化工机械工程和化学工程两个学科领域是相互依存与密切相关的。化学工程是将原料或化学半成品经过化学过程（包括生化过程）或物理过程以改变其组成、结构与性质而成为有用产品。而化工机械工程则是使化学工程通向实现生产产品的桥梁。随着近代科学与工程技术的发展，化学工程与化工机械工程已不仅只为化学工业服务，它们已渗透到诸如环境、生物、资源、能源、材料、信息等高新技术与新兴工业，已成为这些新科技以及现代化的石油、冶金、轻工、医药、食品等工业不可缺少的技术与装备。为了广义的表达化学工程及化工机械工程在各类生产过程中的适用性与广泛性，国内外亦有分别改称为过程工程（process engineering）及过程装备工程（process equipment engineering），但其学科内容实质仍如上所述。

1996年化学工业出版社出版的《化学工程手册》（第二版）序言中曾提及该手册“重点在于化工过程的基本理论及其应用，有关化工设备与机器的设计计算，化工出版社正在酝酿另外编写一部专用手册”，即当时已考虑到编写《化工机械工程手册》作为互相补充的姊妹手册。这一想法在征求意见时，得到化工机械学术界、工业界和高等学校“化工设备与机器”专业广大教师的热烈回应与积极支持，并希望本手册能全面涵盖本学科从基础到应用的全部内容，因此从1997年起开始本手册的筹备与编写工作。1998年教育部将“化工设备与机器”专业改为“过程装备与控制工程”，本手册随之亦作相应调整，加强了控制技术部分的内容，以便与专业教学配合，同时亦符合发展方向。

化工机械工程是建立在多学科交叉与多种技术集成的基础上。化工设备与机器（以下简称化工装备）的工程设计是以化工工艺的计算结果为依据。在工程设计中涉及到的强度计算、结构设计、流体输送与热力过程等方面，需要有固体力学、流体力学、工程热力学以及传热、传质的基础。由于化工装备所处理的都是化学物质，有时且在高压、高真空、高温、低温以及有强腐蚀介质等苛刻工况条件下进行操作，在选择材料时需要有充分的材料学知识。在具体进行各类化工装备的整体与部件结构设计时，还需要了解其操作原理，以沟通与协调工艺计算与工程设计的衔接，即还需具有化学工程中单元操作与反应工程的基本知识。化工装备的工程设计还包括运行中的检测仪表及自动控制技术，也需要有这方面足够的基础。在化工装备的制造中，有时要用到一些特殊的专门制造技术，如热套式、绕带式及多层包扎式的高压容器，有防腐蚀衬里或非金属的换热器、塔器、反应器、泵以及压缩机等。化工机械工程还包括在生产过程中化工装备的运行与控制管理。

基于上述考虑，本手册由六个部分组成：第一部分是化工机械工程理论基础，包括固体力

学和机器动力学、流体力学、工程热力学和传热、传质基础；第二部分是化工机械工程材料，包括金属、非金属材料、腐蚀及其防护技术；第三部分是压力容器和管道；包括容器及其附件的强度计算与结构设计，以及管道设计；第四部分是过程机器和设备，包括各类化工机器和设备的整体和部件的结构设计与相应计算，以及环保、生化新兴工业中的化工装备；第五部分是化工机械制造安装和管理，包括制造、安装、维修、故障诊断和失效分析等。第六部分是控制工程和计算机应用，包括电工电子基础、控制工程和计算机应用。每一部分中又分若干篇，每篇又分若干章。由于本手册篇幅较大，分上、中、下三卷出版。

本手册的每一部分均请有关专家负责组稿与审定。各部分的负责人分别为：第一部分南京工业大学戴树和教授，第二部分华东理工大学潘家祯教授，第三部分大连理工大学贺匡国教授，第四部分天津大学聂清德教授和朱企新教授，第五、六部分浙江大学汪希萱教授。化学工业出版社郭长生和张红兵两位编审为本手册的责任编辑，在编辑本手册过程中做了大量的工作。

本手册的各篇、章均请高等学校、研究院所和产业部门专家撰写，总数达百余名；先后组织审稿会达六次之多，并随时调整框架，修改内容，以保证质量，力求能反映化工机械工程的学科体系。因此本手册是一部集体创作，也可以说是多年来我国在化工机械工程这一学科领域的教学、科研、设计和运行经验的结晶，体现了当代我国化工机械工程学科的水平。

随着新科技与新兴工业以及化学工程的发展，对化工机械工程将会不断提出新的要求，如特大型高参数装备、微型装备、大功率的高转速装备、多个过程合一的装备，装备的智能控制，以及从实验室结果直接模拟放大到生产装置而不需要经过中间试验等。因此化工机械工程要依靠相邻学科不断的加强本身的工程科学基础及新技术的研究以及其实际应用，促进化工装备的创新，使本学科继续向前发展。

《化工机械工程手册》在国内外均属首次编写，缺乏参考。故其框架内容可能仍有不妥之处，尚请有关专家、读者予以批评指正。

最后，作为主编，我对为编写本手册做出贡献的所有专家们表示衷心的感谢和敬意。

中国科学院院士 天津大学教授

余国琮

2002年10月

《化工机械工程手册》编辑委员会

名誉主任	成思危	原化工部副部长	教授级高级工程师
顾问	璩定一	华东理工大学	教授
	时 钧	南京工业大学	教授 中国科学院院士
	汪家鼎	清华大学	教授 中国科学院院士
主任委员	余国琮	天津大学	教授 中国科学院院士
委 员	(以汉语拼音为序)		
	陈匡民	四川大学	教授
	戴树和	南京工业大学	教授
	邓 忠	原化工部化工机械研究院	教授级高级工程师
	樊丽秋	北京化工大学	教授
	俸培宗	化学工业出版社	社长 编审
	何升韜	原机械工业部行业发展司	教授级高级工程师
	贺匡国	大连理工大学	教授
	洪德晓	全国化工设备设计中心站	教授级高级工程师
	刘振东	原化工部生产协调司	教授级高级工程师
	路德扬	原中国化学工程总公司	高级工程师
	聂清德	天津大学	教授
	潘家祯	华东理工大学	教授
	钱颂文	华南理工大学	教授
	石 流	原化工部技术监督司	教授级高级工程师
	时铭显	中国石油大学	教授 中国工程院院士
	寿尔康	原中国化工装备总公司	教授级高级工程师
	孙腾良	原中国化工装备总公司	高级工程师
	汪希萱	浙江大学	教授
	王志文	华东理工大学	教授
	徐静安	上海化工研究院	院长 教授级高级工程师
	郁永章	西安交通大学	教授
	袁 组	原化工部建设协调司	教授级高级工程师
	朱企新	天津大学	教授

内 容 提 要

《化工机械工程手册》被新闻出版总署列为“九五”国家重点图书。由中国科学院院士余国琮教授主编,百余名化工机械专家参与编审工作,分上、中、下三卷出版。

《手册》按照化工机械工程学科体系和相关工程知识,设置内容框架。上卷为化工机械的理论基础,包括固体力学、机器动力学、流体力学、工程热力学等力学基础,传热、传质过程原理,以及结构材料,压力容器和管道等技术基础。中卷为化工过程机器和设备,包括泵、压缩机、工业汽轮机、换热设备、加热炉、精馏和吸收塔、萃取设备、干燥设备、结晶设备、膜器件、机械分离设备、粉碎机械、团聚造粒和分级设备、固体物料储仓和输送机械、搅拌和混合设备、反应器、制冷、低温设备和热泵、工业废物处理设备等。下卷为化工机械的工业务实和相关工程内容,包括化工机械制造安装和管理、控制工程和计算机应用等。

结构材料部分,从化工环境条件角度,叙述材料的变质、损坏、改进和防护方法以及选用,并总结了化工机械材料在工业实践中的应用经验。压力容器和管道部分,主要根据最新国家规范和工业实践,介绍筒形、球形和卧式容器的结构、应力分析计算和设计,以及管道及其组成件的布置和计算。化工过程机器和设备部分,重点阐述化工机器、设备的结构类型和零部件,以及设计计算等。化工机械制造安装和管理部分,叙述化工机械的制造、维修和安装技术特点和要点,并介绍现代设备可靠性分析、状态诊断和安全评定技术。控制工程和计算机应用部分,叙述过程控制的原理和计算机硬件、软件和语言知识,以及控制技术在化工机械运转连续化、自动化中的应用,以及计算机辅助设计、计算机辅助分析在化工机械设计、运转和控制中的应用。

《手册》采集了化工机械领域的全部专业知识,反映了化工机械科研、设计和运转的实践经验,立足学科,面向工程实际;取材力求反映近年来化工机械的新技术、新材料和新动向;在内容和编排上考虑了与姊妹篇《化学工程手册》的衔接和一致。

《手册》的读者对象为相当于大学和大学毕业水平的化工机械工作人员,兼适合于教学、科研、设计、生产和管理人员应用



余国琮 中国科学院院士、化学工程专家、教育家、化工机械专家。1943年毕业于西南联合大学化工系，1945年获美国密执安大学硕士，1947年获美国匹兹堡大学博士，随后任该校助理教授。1950年回国任北方交通大学唐山工学院化工系教授、系主任。1952年以来历任天津大学化工机械教研室主任、化学工程研究所所长等。长期从事分离科学与工程的研究，特别是精馏方面。发展了大型精馏设备的模拟放大理论，提出过程与设备合一的模拟方法；主持开发具有新型塔内件的高效填料塔新技术，已成功推广到全国大型石油化工企业，改造和新建了大量的大型塔，取得显著经济效益；在不稳态精馏、计算传递学与传质界面现象等方面也获得成果。曾任原化工部“化工机器与设备”专业教材编审组组长，先后主持编写与主编该专业全国统编教材《化工机器与设备》及《化工容器与设备》；也是《化学工程手册》主编之一。现任天津大学教授、精馏技术国家工程研究中心技术委员会主任、英文《中国化学工程学报》主编。

总 篇 目

(各篇目录详见该篇文前页)

上 卷

第 1 部分 理论基础

- 第 1 篇 固体力学
- 第 2 篇 振动和机器动力学
- 第 3 篇 流体力学

- 第 4 篇 工程热力学
- 第 5 篇 传热和传质

第 2 部分 化工机械材料

- 第 6 篇 化工机械材料的性能特点
- 第 7 篇 化工机械用金属材料
- 第 8 篇 化工机械用非金属材料 and 复合材料

- 第 9 篇 化工机械用其他材料
- 第 10 篇 化工机械防腐蚀技术

第 3 部分 压力容器和管道

- 第 11 篇 压力容器
- 第 12 篇 管道及其组成件

中 卷

第 4 部分 化工过程机器和设备

- 第 13 篇 泵、真空泵
- 第 14 篇 压缩机和工业汽轮机
- 第 15 篇 换热设备
- 第 16 篇 加热炉
- 第 17 篇 精馏和吸收塔
- 第 18 篇 萃取设备
- 第 19 篇 结晶设备
- 第 20 篇 干燥设备
- 第 21 篇 膜器件

- 第 22 篇 机械分离设备
- 第 23 篇 粉碎机械
- 第 24 篇 团聚造粒和分级设备
- 第 25 篇 固体物料储仓和输送机械
- 第 26 篇 搅拌和混合设备
- 第 27 篇 反应器
- 第 28 篇 制冷、低温设备和热泵
- 第 29 篇 工业废物处理设备

下 卷

第 5 部分 化工机械制造安装和管理

- 第 30 篇 化工机械制造和安装
- 第 31 篇 质量控制和检验
- 第 32 篇 状态监测和故障诊断技术

- 第 33 篇 化工机械维修技术
- 第 34 篇 可靠性分析
- 第 35 篇 失效分析和缺陷安全评定

第 6 部分 控制工程和计算机应用

- 第 36 篇 电工、电子技术
- 第 37 篇 控制工程

- 第 38 篇 计算机应用

索引

第 30 篇 化工机械制造和安装

主稿	寿尔康	中国化工装备总公司	教授级高级工程师
	张光裕	中国化学工程公司	教授级高级工程师
编写	徐效德	四川化工机械厂	工程师
	陈显瑞	锦西化工机械厂	高级工程师
	陈加印	四川化工机械厂	高级工程师
	赵宪忠	锦西化工机械厂	高级工程师
	龙 红	锦西化工机械厂	教授级高级工程师
	许劲晖	长沙化工机械厂	工程师
	尹谢平	长沙化工机械厂	高级工程师
	方长青	衢州化学工业公司机械厂	高级工程师
	金德云	中国化工装备总公司	教授级高级工程师
	杨友煦	沈阳化工机械厂	高级工程师
	李能宫	宜兴非金属化工机械厂	工程师
	张光裕	中国化学工程公司	教授级高级工程师
	芦秀海	中国化学工程公司	教授级高级工程师
	董伟志	河北工业大学	副教授
	史晓平	河北工业大学	副教授
审稿	赵宗艾	天津大学	教授

第 1 章 铸造	30-5	1.6 铸件收缩率和公差	30-22
1 铸造工艺技术	30-5	1.7 浇注系统设计	30-22
1.1 铸造方法分类和特点	30-5	1.8 冒口、冷铁和砂箱设计	30-23
1.2 铸型种类和特点	30-6	1.8.1 冒口设计	30-23
1.3 造型和造芯方法	30-7	1.8.2 冷铁设计	30-25
1.4 铸件结构设计	30-9	1.8.3 砂箱设计	30-25
1.5 铸件工艺设计	30-15	2 铸件的铸造缺陷和防止方法	30-25
1.5.1 工艺设计的一般原则	30-15	2.1 铸件缺陷的分类和特征	30-25
1.5.2 工艺设计内容	30-18	2.2 铸件缺陷产生的原因和防止方法	30-28
1.5.3 浇注位置和分型面的确定	30-19	3 铸造工艺示例	30-29
1.5.4 起模斜度和工艺补正量	30-21	3.1 碳化塔	30-29
		3.1.1 塔圈	30-29

3.1.2	冷却箱体	30-29
3.1.3	滤碱机转鼓	30-30
3.2	活塞式压缩机缸体	30-30
3.3	高压锅炉给水泵吸入泵体	30-30
3.4	耐酸泵叶轮	30-32
3.5	离心铸造管类铸件	30-32
3.5.1	碳化塔用灰铸铁冷却管	30-32
3.5.2	缸套	30-33
3.5.3	高温合金炉管	30-33
参考文献		30-33

第 2 章 机械加工

1	概述	30-34
1.1	机械加工方法和生产类型	30-34
1.2	机械加工工艺基础	30-35
1.2.1	切削运动和切削深度	30-35
1.2.2	切削用量	30-35
1.2.3	材料的可切削性	30-36
1.2.4	切削液	30-38
1.2.5	毛坯的加工余量	30-39
2	零件机械加工的工艺性	30-39
2.1	提高切削效率的结构	30-39
2.2	便于切削加工的结构	30-42
2.3	减少切削加工的结构	30-47
3	机械加工精度	30-48
3.1	影响因素和改善措施	30-48
3.2	加工误差的分析方法和总误差估算	30-50
3.2.1	加工误差的分析方法	30-50
3.2.2	加工总误差的估算	30-51
3.3	经济加工精度	30-51
4	机械加工表面质量	30-51
4.1	加工表面粗糙度	30-51
4.2	加工表面冷作硬化和残余应力	30-52
4.2.1	加工表面冷作硬化	30-52
4.2.2	加工表面残余应力	30-52
4.3	磨削表面烧伤和裂纹	30-53
5	机械加工工艺规程	30-53
5.1	工艺规程编制	30-53
5.1.1	工艺规程组成	30-53
5.1.2	编制注意事项	30-53
5.2	工艺设计技术经济分析	30-58
6	机械加工工艺示例	30-59
6.1	离心压缩机机壳	30-59
6.2	离心压缩机主轴	30-59
6.3	离心压缩机叶轮	30-64
7	装配	30-64

7.1	装配精度和装配尺寸链	30-64
7.2	装配方法	30-64
7.3	装配顺序	30-64
7.4	装配注意事项	30-68
7.5	装配校准	30-69
参考文献		30-70

第 3 章 特种加工工艺

1	热喷涂	30-71
1.1	热喷涂原理和特点	30-71
1.2	应用示例	30-71
1.3	热喷涂工艺	30-71
1.3.1	涂层形式	30-71
1.3.2	热喷涂工艺	30-71
1.4	热喷涂材料	30-72
1.5	热喷涂设备	30-75
2	电解抛光	30-75
2.1	电解抛光的原理和特点	30-75
2.2	电解抛光工艺和设备	30-76
2.2.1	电解抛光工艺的影响因素	30-76
2.2.2	电解抛光工艺	30-76
2.2.3	电解抛光设备	30-78
3	电火花加工	30-78
3.1	电火花加工原理和方法	30-78
3.2	电火花加工特点和设备	30-79
3.2.1	电火花加工特点	30-79
3.2.2	电火花加工设备	30-80
4	激光加工	30-82
4.1	激光加工原理和特点	30-82
4.2	激光加工设备	30-82
4.2.1	固体激光加工设备	30-83
4.2.2	CO ₂ 激光加工设备	30-83
4.3	激光加工工艺参数	30-84

第 4 章 焊接

1	概述	30-85
1.1	焊接工艺特点	30-85
1.2	化工机械焊接工艺特点	30-85
1.3	焊接方法分类	30-85
1.4	焊接结构工艺特性	30-87
2	熔化焊焊接工艺	30-90
2.1	熔化焊焊接方法的选择	30-90
2.2	熔化焊焊接材料的选择	30-90
2.2.1	焊接材料的选用原则	30-90
2.2.2	推荐选用的焊接材料	30-90
2.3	熔化焊坡口的选择	30-93
2.4	熔化焊工艺参数的选择	30-93

2.5	熔化焊的焊后热处理	30-95	2.2	包扎贴紧度的要求和检验方法	30-116
2.6	熔化焊接头的性能分析	30-96	2.3	尿素合成塔的组对和焊接	30-116
2.6.1	熔敷金属的化学成分和力学性能	30-96	3	其他多层高压容器制造	30-117
2.6.2	熔化焊缝金属的化学成分和性能	30-96	3.1	整体多层夹紧式高压容器	30-117
2.6.3	焊接热影响区的性能变化	30-97	3.2	多层绕板式高压容器	30-118
3	化工机械主要材料的焊接	30-97	3.3	扁平钢带缠绕式高压容器	30-119
3.1	碳钢和低合金高强钢的焊接	30-97	4	离心压缩机机壳焊制	30-120
3.2	低温用钢的焊接	30-98	5	离心压缩机叶轮焊接	30-121
3.3	耐热钢的焊接	30-98	5.1	叶轮的角焊	30-121
3.4	低合金钢新钢种的焊接	30-99	5.2	叶轮的塞焊	30-121
3.5	奥氏体不锈钢的焊接	30-100	5.3	叶轮的钎焊	30-122
3.6	铝和铝合金的焊接	30-101	参考文献	30-122	
3.7	铜和铜合金的焊接	30-102	第 6 章 非金属化工设备的制造	30-123	
3.8	镍和镍合金的焊接	30-102	1	搪玻璃化工设备	30-123
3.9	钛和钛合金的焊接	30-103	1.1	设备的种类	30-123
4	焊接工艺评定	30-104	1.2	设备制造工艺	30-124
参考文献	30-106		1.2.1	设备基体加工和表面处理	30-124
第 5 章 焊制化工设备和零部件的 制造	30-107		1.2.2	瓷釉制备	30-125
1	化工容器制造	30-107	1.2.3	搪烧	30-126
1.1	原材料准备	30-107	2	石墨化工设备	30-126
1.2	现图	30-107	2.1	石墨化工设备种类	30-126
1.3	下料切割	30-107	2.2	石墨管成型工艺	30-128
1.3.1	机械切割	30-107	2.3	石墨换热器制造工艺	30-130
1.3.2	气割	30-108	2.4	石墨泵制造工艺	30-133
1.3.3	等离子切割	30-108	2.4.1	石墨泵种类	30-133
1.3.4	数控切割下料	30-108	2.4.2	石墨泵制造工艺	30-135
1.4	坡口制备	30-108	3	陶瓷化工设备	30-135
1.5	封头成形	30-109	3.1	陶瓷化工设备种类	30-135
1.5.1	封头成形方法	30-109	3.2	陶瓷化工设备制造工艺	30-137
1.5.2	封头成形壁厚的变化	30-109	第 7 章 化工机械安装和试车	30-138	
1.5.3	封头成形缺陷	30-110	1	概述	30-138
1.6	筒节卷制	30-110	1.1	安装和试车的关系	30-138
1.7	法兰制造	30-111	1.2	进度控制	30-138
1.8	组装	30-111	1.3	质量控制	30-139
1.9	化工容器焊接	30-112	2	超限设备运输	30-139
1.9.1	纵缝焊接	30-112	2.1	运输的规定和管理	30-139
1.9.2	环缝焊接	30-113	2.2	运输方式和选择原则	30-139
1.9.3	法兰和接管焊接	30-113	2.3	运输方案的编制和确定	30-140
1.9.4	接管和壳体焊接	30-113	2.3.1	运输线路的调查和选择	30-140
1.10	换热管和管板焊接	30-114	2.3.2	运输工具的选择原则	30-140
1.10.1	焊接接头形式	30-114	2.3.3	桥梁加固和改造技术	30-141
1.10.2	换热管和管板焊接	30-115	3	标准规范	30-141
1.10.3	胀接加焊接	30-115	3.1	标准规范的选用原则	30-141
2	多层包扎式压力容器制造	30-115	3.2	常用标准规范	30-142
2.1	筒节包扎工艺和工装	30-115	4	大型设备吊装	30-142

4.1	桅杆吊装法	30-142	7.6	管道质量检验和监督	30-155
4.2	其他吊装方法	30-143	7.7	压力试验	30-155
5	化工机械安装	30-144	7.8	试车准备	30-156
5.1	安装前的准备工作	30-144	8	自动化仪表安装	30-156
5.2	安装方法	30-145	8.1	仪表安装要点	30-156
5.3	安装步骤	30-145	8.2	仪表用空气管道安装	30-158
6	气柜和储罐的现场安装	30-146	8.3	电缆和导线安装	30-158
6.1	湿式气柜	30-146	8.4	DCS 和 PLC 系统安装	30-158
6.2	储罐	30-148	8.5	仪表单体调校	30-159
6.3	球形储罐	30-149	8.6	机械竣工或中间交接前的检查	30-159
7	管道安装	30-152	9	机械试车	30-159
7.1	管道输送流体的分类	30-153	9.1	机械试车内容	30-159
7.2	管道焊接和热处理	30-153	9.2	机械试车操作要点	30-159
7.3	弯管加工	30-154	9.3	自动化控制系统调试	30-160
7.4	管道热处理	30-155	9.4	模拟联动试车	30-161
7.5	管道安装要求	30-155	参考文献	30-161	