

化学工程手册

2

化学工业出版社

41.7073
1.2
2.1

化学工程手册

2

《化学工程手册》编辑委员会

3K455/02

化学工业出版社

内 容 提 要

《化学工程手册》共26篇，分6卷合订出版。

本卷包括流体流动、搅拌及混合，流体输送机械及驱动装置、传热、传热设备及工业炉，蒸发及结晶。介绍流体流动原理，阻力及管路计算，多相流体的管道流动，非牛顿流体；介绍各种流体的搅拌的理论、计算方法、搅拌设备；介绍流体的输送机械及驱动装置；介绍各种不同类型的传热及有关计算；介绍换热器，再沸器和冷凝器，各种传热设备，工业炉的保温与保冷；介绍蒸发及结晶的各类型设备、计算。

本书供化工、石油、轻工等有关工业部门的设计、研究、工厂的技术人员及有关院校师生参考。

化学工程手册

2

《化学工程手册》编辑委员会

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

化工印刷厂装订

新华书店北京发行所经销

开本787×1092^{1/16}印张83^{1/2}插页1字数2,112千字

1989年10月第1版 1989年10月北京第1次印刷

印数1—8,000

ISBN 7-5025-0599-8/TQ·350

定 价39.00元

《化学工程手册》编辑委员会

主任 冯伯华

副主任 陈自新

汪家鼎

李步年

蔡剑秋

苏元复

委员 (以姓氏笔划为序)

卢焕章

区灿棋

邓颂九

朱亚杰

朱自强

余国琮

时 钧

沈 复

吴锡军

林纪方

杨友麒

张洪沅

张剑秋

郑 焜

郭慕孙

傅举孚

萧成基

《化学工程手册》编辑人员

郭长生

谢丰毅

施承薇

张红兵

陈逢阳

苗延秀

苗润生

陈志良

陈丽

郭乃铎

刘小蕪

李洪勋

序

化学工程是以物理、化学、数学的原理为基础，研究化学工业和其他化学类型工业生产中物质的转化、改变物质的组成、性质和状态的一门工程学科。它出现于19世纪下半叶，至本世纪二十年代，从理论上分析和归纳了化学类型（化工、冶金、轻工、医药、核能……）工业生产的物理和化学变化过程，把复杂的工业生产过程归纳成为数不多的若干个单元操作，从而奠定了其科学基础。在以后的发展历程中，进而相继出现了化工热力学、化学反应工程、传递过程、化工系统工程、化工过程动态学和过程控制等新的分支，使化学工程这门工程学科具备更完整的系统性、统一性，成为化学类型工业生产发展的理论基础，是本世纪化学类型工业持续进展的重要因素。

工业的发展，只有建立在技术进步的基础上，才能有速度、质量和水平。四十年代初，流态化技术应用于石油催化裂化过程，促使石油工业的面貌发生了划时代的变化。用气体扩散法提取铀²³⁵，从核燃料中提取钚，用精密蒸馏方法从普通水中提取重水；用发酵罐深层培养法大规模生产青霉素；建立在现代化工技术基础上的石油化学工业的兴起等等，——这些使人类生活面貌发生了重大变化。六十年代以来，化工系统工程的形成，系统优化数学模型的建立和电子计算机的应用，为化工装置实现大型化和高度自动化，最合理地利用原料和能源创造了条件，使化学工业的科研、设计、设备制造、生产发展踏上了一个技术上的新台阶。化学工程在发展过程中，既不断丰富本学科的内容，又开发了相关的交叉学科。近年来，生物化学工程分支的发展，为重要的高科技部门生物工程的兴起创造了必要的条件。可见，化学工程学科对于化学类型工业和应用化工技术的部门的技术进步与发展，有着至为重要的作用。

由于化学工程学科对于化工类型生产、科研、设计和教育的普遍重要性，在案头备有一部这一领域得心应手的工具书，是广大化工技术人员众望所趋。1901年，世界上第一部《化学工程手册》在英国问世，引起了人们普遍关注。1934年，美国出版了《化学工程师手册》，此后屡次修订，至1984年已出版第六版，这是一部化学工程学科最有代表性的手册。我国从事化学工程的科技、教育专家们，在五十年代，就曾共商组织编纂我国化学工程手册大计，但由于种种原因，迁延至七十年代末中国化工学会重新恢复活动后方始着手。值得庆幸的是，荟集我国化学工程界专家共同编纂的这部重要巨著终于问世了。手册共分26篇，先分篇陆续印行，为方便读者使用，现合订成六卷出版。这部手册总结了我国化学工程学科在科研、设计和生产领域的成果，向读者提供理论知识、实用方法和数据，也介绍了国外先进技术和发展趋势。希望这部手册对广大化学工程界科技人员的工作和学习有所裨益，能成为读者的良师益友。我相信，该书在配合当前化学工业尽快克服工艺和工程放大设计方面的薄弱环节，尽快消化引进的先进技术，缩短科研成果转化为生产力的时间等方面将会起积极作用，促进化工的发展。

我作为这部手册编纂工作的主要支持者和组织者，谨向《手册》编委会的编委、承担编

写、审校任务的专家、化学工程设计技术中心站、出版社工作人员以及对《手册》编审、出版工作做出贡献的所有同志，致以衷心的感谢，并欢迎广大读者对《手册》的内容和编排提出意见和建议，供将来再版时参考。

冯仲

1989年5月

前 言

化学工程是研究化工类型生产过程共性规律的一门技术科学，是化工类型生产重要的技术和理论基础。化学工程学科的内容主要包括：传递过程原理及化工单元操作；化学反应工程；化工热力学及化工基础数据；化工系统工程学等。研究和掌握化学工程，对于提高化工生产效率和经济效益，加速新技术的开发，提高科研、设计和生产技术水平，有着十分重要的作用。因此，对化学工业来说，化学工程是涉及提高技术水平的主要环节之一。

建国以来，我国的化学工程技术工作逐步发展，已经初步具有一定的基础，并取得了一定的成果。但是，目前国内还缺少一套较为完整实用的化学工程参考资料。编辑出版一套适合国内需要的，具有一定水平的《化学工程手册》，是化工技术工作者多年来的宿愿。早在五十和六十年代，国内的化学工程专家就曾酝酿和筹备组织编写《化学工程手册》，一九七五年化学工程设计技术中心站又曾组织讨论过编写计划。今天，在党中央提出加快实现四个现代化宏伟目标的鼓舞下，在化学工业部和中国化工学会的领导下，于一九七八年正式组成《化学工程手册》编委会，经过化工界许多同志的共同努力，《化学工程手册》终于与广大读者见面了。

希望这部手册的出版，将有助于国内的化工技术人员在工作中掌握和运用化学工程的科学技术原理，更好地处理和解决设计、科研和生产中遇到的化工技术问题。

本手册是一本通用性的工作手册。内容以实用为主，兼顾理论；读者对象为具有一定化工专业基础知识的工程技术人员和教学人员；内容取材注意了结合国内的情况和需要，并反映国内工作已取得的成果；对于国外有关的技术及数据，也尽量予以吸收。

根据当前国内的实际情况，计量单位一律采用“米-公斤(力)-秒”工程制(MKfS制)。但是考虑到我国将逐步过渡到采用国际单位制(SI)，除了在第一篇中列出详细的单位换算表外，并在每篇之末加列简明的MKfS制-SI换算表。

参加本手册编写工作的，有全国各有关的设计、科研和高等院校等共二十多个单位，近二百人。此外，还有其它许多单位和人员提供资料或间接参与手册的有关工作。《化学工程手册》编辑委员会负责指导手册工作的开展，研究和确定编审工作中一些原则问题，并负责书稿的最后审定工作。手册编写的日常组织工作，由化工部化学工程设计技术中心站负责。

本手册系按篇分册陆续出版，今后还将定期修订再版并出版合订本。希望广大读者对本手册提出宝贵意见，以便再版时改进。

《化学工程手册》编辑委员会

1979年7月

编辑说明

一、《化学工程手册》共26篇，原按篇分册印行，现分为六卷合订出版。

二、《化学工程手册》分篇单行本的编写工作始于1978年，1980年后陆续出版发行，1989年出齐。这次分卷合订本是利用原有纸型进行印刷的，对出版较早的篇章只能进行一定程度的修订，限于增补最必要的新内容，对近期出版的单行本只进行一些涉及技术内容的订正和印刷错误的勘正工作。

三、由于本手册着手编纂和出版时间较早，全书应用的是工程单位制，利用原纸型再印不能作全面修改，特在每卷附我国法定单位换算表，供读者查用。本手册修订再版时将采用法定计量单位。

四、本手册是中国化工学会、化学工业部化学工程设计技术中心和化学工业出版社共同组织的。参加手册编写和审稿工作的，有全国各有关的设计、科研和高等院校等二十多个单位，近二百位专家。此外还有其它许多单位和人员提供资料和间接参与手册的工作。

五、囿于条件，本手册中所采用的名词术语和符号可能有不尽统一之处，内容上也可能有重复、遗漏、甚至错误的地方，印刷、装帧等方面也不尽如人意，欢迎读者提出改进意见，在修订时一一予以考虑，以使本手册更臻完善。

第4篇 流体流动

编写人 周肇义 陈书鑫 刘静芳

审校人 张洪沅

2004/0201

目 录

4. 流 体 流 动

4.1 流体流动的基本原理	4-1	4.2.2 管路阻力计算	4-26
4.1.1 流体流动的基本微分方程	4-2	(1) 圆直管阻力	4-26
(1) 连续性方程	4-2	(2) 局部阻力	4-32
(2) 以速度梯度表示的粘性流体的 运动方程(奈维-斯托克斯 方程)	4-2	(3) 蛇管阻力	4-35
(3) 以应力 τ 表示的奈维-斯托 克斯方程	4-4	(4) 非圆形截面管道阻力	4-35
(4) 粘性流体运动方程式的解	4-6	(5) 非定温流动阻力	4-37
4.1.2 层流流动	4-9	4.2.3 管路计算	4-38
(1) 稳定流动时圆直管的层流 理论解	4-9	(1) 简单管路	4-38
(2) 充分发展了的稳定层流流过 其他形状断面管道的流速 分布、流量与压降的关系	4-9	(2) 并联管路	4-40
4.1.3 湍流流动	4-10	(3) 沿途均匀流出的管路	4-42
(1) 圆管内湍流流动的速度分布	4-10	4.2.4 气体的流动	4-43
(2) 环隙中湍流流动的速度分布	4-12	(1) 水平管内的等温流动	4-43
(3) 层流底层厚度 δ_L	4-13	(2) 水平管内的绝热流动	4-44
4.1.4 边界层流动	4-13	(3) 高压下的流动	4-44
(1) 流体沿平壁的层流和湍流 边界层解	4-13	(4) 可压缩流体在变截面管中的 流动	4-46
(2) 流体流过各种形状物体的 曳力参数	4-14	4.2.5 低压下的流动	4-48
4.1.5 总能量衡算式和机械能量 衡算式	4-18	(1) 过渡流动	4-49
(1) 总能量衡算式	4-18	(2) 分子流动	4-50
(2) 机械能量衡算式	4-18	(3) 各种气体的流导关系	4-52
4.1.6 动量衡算及其应用	4-19	(4) 管件及阀门的流导	4-52
参考文献	4-20	(5) 压力降计算适用于空气或 蒸汽	4-52
符号表	4-20	4.2.6 明渠流动	4-56
4.2 阻力计算和管路计算	4-22	(1) 流速	4-56
4.2.1 管子及管件	4-22	(2) 压力降	4-57
(1) 金属管子及管件	4-22	(3) 堰	4-58
(2) 非金属管子及管件	4-25	符号表	4-58
		参考文献	4-59
		4.3 多相流体的管道流动	4-60
		4.3.1 气-液两相流动的一些基本 概念	4-60
		(1) 气-液两相流动的持料量	4-60
		(2) 气-液两相流动的机械能 量衡算式	4-62

4.3.2 气液两相在水平管内的流动	4-63	对其流动特性的物理解释	4-136
(1) 气液两相在水平管内的流动型态及其判定	4-63	(1) 假塑性流体	4-136
(2) 气液两相在水平管内的持料量	4-68	(2) 宾哈姆塑性流体	4-137
(3) 气液两相在水平管内流动的压力降	4-74	(3) 涨塑性流体	4-137
(4) 推荐用于水平管气液两相流动的设计关联式	4-85	(4) 与时间有关的非牛顿流体	4-137
4.3.3 气液两相在垂直管内的流动	4-86	4.4.3 与时间无关的非牛顿流体的流变方程	4-138
(1) 气液两相在垂直管内的流动型态及其判定	4-86	(1) 宾哈姆塑性流体的流变方程	4-138
(2) 气液两相在垂直管内并流流动时的持料量	4-89	(2) 假塑性流体和涨塑性流体的流变方程	4-139
(3) 气液两相在垂直管内向上流动时的摩擦损失和压力降	4-90	(3) 屈服-假塑性流体的流变方程	4-141
(4) 推荐用于垂直管内两相向上流动的设计关联式	4-102	(4) 圆管流动的普遍流变方程	4-141
4.3.4 气固和液固两相管道流动的一些基本概念	4-103	4.4.4 与时间有关的非牛顿流体的流变方程	4-142
(1) 气力输送和水力输送的应用	4-103	4.4.5 流变参数	4-143
(2) 管道中固体流体两相混合物的状态	4-104	(1) 宾哈姆塑性流体	4-143
(3) 气力输送的流动状态	4-105	(2) 假塑性流体	4-146
(4) 压力降梯度	4-106	(3) 管流稠度系数 K' 和管流流动行为指数 n'	4-148
4.3.5 气固和液固两相在垂直管内的流动	4-107	4.4.6 流变参数的实验测定	4-149
(1) 流动型态	4-107	(1) 粘度测量计	4-149
(2) 垂直管内的最小输送流速	4-108	(2) 流变参数的确定	4-149
(3) 垂直管压降的关联	4-110	(3) 流体的性质是否与时间有关的判定	4-151
4.3.6 气固和液固两相在水平管内的流动	4-116	4.4.7 与时间无关的非牛顿流体在圆管内稳定层流时, 摩擦阻力压降的计算	4-152
(1) 流动型态	4-116	(1) 宾哈姆流体的速度分布和摩擦阻力压降	4-152
(2) 水平管内的最小输送流速, u_{m2}	4-116	(2) 假塑性流体的摩擦阻力压降	4-156
(3) 对称悬浮流速 u_{m1} 的关联	4-119	(3) 屈服-假塑性流体的摩擦阻力压降	4-158
(4) 水平管压降的关联	4-120	(4) 粘弹性流体的摩擦阻力压降	4-159
符号表	4-131	(5) Metzmer和Reed通用摩擦阻力压降算法	4-159
参考文献	4-132	4.4.8 非牛顿流体从层流到湍流的过渡	4-161
4.4 非牛顿流体的流动	4-135	(1) 指数方模型假塑性流体的过渡	4-161
4.4.1 非牛顿流体的定义和分类	4-135		
4.4.2 非牛顿流体的若干实例和			

(2) 宾哈姆流体的过渡	4-161
(3) 粘弹性流体的过渡	4-162
4.4.9 非牛顿流体湍流时的摩擦 阻力压降	4-162
(1) 指数方假塑性流体	4-162
(2) 宾哈姆流体摩擦损失压降	4-163
(3) 屈服-假塑性流体	4-164
4.4.10 局部阻力损失	4-167
4.4.11 粘弹性流体的摩擦损失压 降和减阻现象	4-168
4.4.12 纤维性物料悬浮液的流动	4-170

4.4.13 流动进口段	4-171
(1) 层流流动时的进口段长度 和摩擦阻力压降	4-171
(2) 湍流流动时进口段的长度	4-173
4.4.14 建议的设计步骤	4-173
(1) 总压强降的计算	4-173
(2) 圆管摩擦阻力压降的计算	4-174
(3) Lord放大法	4-175
符号表	4-176
参考文献	4-177

5. 搅拌与混合

5.1 搅拌的基础理论	5-1
5.1.1 导言	5-1
5.1.2 搅拌槽内液体的流动特性	5-1
(1) 槽内流体的流型	5-1
(2) 槽内流体的流速分布	5-5
(3) 混合过程的机理	5-9
5.1.3 搅拌效果	5-11
(1) 搅拌效果的表示法	5-11
(2) 影响搅拌效果的各种因素	5-13
5.1.4 搅拌装置的选择	5-13
(1) 搅拌器的选择	5-13
(2) 试验用小型搅拌器	5-14
参考文献	5-15
5.2 均相搅拌	5-16
5.2.1 均相搅拌器型式	5-16
(1) 低粘度液搅拌器	5-16
(2) 高粘度液搅拌器	5-20
(3) 搅拌槽内部构件	5-21
5.2.2 搅拌功率	5-22
(1) 低粘度液搅拌功率	5-22
(2) 影响搅拌功率的几何因素	5-25
(3) 高粘度叶轮的搅拌功率	5-27
5.2.3 搅拌槽传热	5-29
(1) 低粘度液搅拌槽传热	5-29
(2) 高粘度液搅拌槽传热	5-31
(3) 连续和间歇传热	5-31
5.2.4 放大	5-32
(1) 根据相似理论的放大	5-32
(2) 放大时对传热问题的考虑	5-34
参考文献	5-35

5.3 机械分散气液搅拌器	5-36
5.3.1 概述	5-36
5.3.2 搅拌器型式结构	5-36
(1) 通气式气液搅拌器	5-37
(2) 自吸式气液搅拌器	5-37
(3) 表面曝气式搅拌器	5-38
5.3.3 气体速度	5-39
(1) 通气式搅拌器	5-39
(2) 自吸式搅拌器	5-40
(3) 表面曝气式搅拌器	5-40
5.3.4 气液分散特性	5-41
(1) 气泡直径	5-41
(2) 气液界面面积	5-42
(3) 持气量	5-42
5.3.5 搅拌功率	5-43
(1) 通气式气液搅拌器的搅拌 功率	5-43
(2) 自吸式气液搅拌器的搅拌 功率	5-44
(3) 表面曝气式搅拌器的搅拌 功率	5-45
5.3.6 传质系数	5-45
(1) 液膜传质系数 K_L	5-45
(2) 容积传质系数	5-46
(3) 影响传质系数的因素及 校正	5-48
5.3.7 传热	5-49
(1) 具夹层搅拌槽	5-49
(2) 具蛇管搅拌槽	5-49
参考文献	5-51

- 5.4 液-液相系搅拌 5-53
- 5.4.1 概述 5-53
- (1) 操作目的 5-53
- (2) 搅拌槽内液-液相分散操作 5-53
- (3) 逆分散操作 5-55
- 5.4.2 液-液相搅拌器型式 5-56
- (1) 液-液相搅拌器 5-56
- (2) 多级液-液相搅拌器 5-56
- (3) 往复式分散混合器 5-57
- 5.4.3 混合均匀性 5-57
- 5.4.4 平均液滴直径和界面面积 5-57
- (1) Vermeulen公式 5-57
- (2) Calderbank公式 5-58
- (3) Rodger公式 5-59
- (4) Shinnar和Church公式 5-59
- (5) Gmanasandaram公式 5-60
- (6) Thornton-Bouyatiotis公式 5-60
- 5.4.5 搅拌功率 5-61
- 5.4.6 液-液相传质系数和级效率 5-62
- 参考文献 5-64
- 5.5 固-液相系搅拌 5-66
- 5.5.1 概述 5-66
- (1) 操作目的 5-66
- (2) 固体悬浮操作 5-66
- (3) 影响固体悬浮操作的因素 5-67
- 5.5.2 设备型式 5-67
- (1) 搅拌器型式 5-67
- (2) 槽径和叶轮直径比 $\left(\frac{D}{d}\right)$ 5-68
- (3) 叶轮与槽底间距和液层深度比 $\left(\frac{C}{H}\right)$ 5-69
- (4) 挡板 5-70
- 5.5.3 临界转速 (n_c) 5-71
- (1) Zwietering计算式 5-71
- (2) Pavlushenko计算式 5-71
- (3) Oyama和Endoh计算式 5-71
- (4) 永田进治计算式 5-72
- 5.5.4 固-液相系搅拌功率 5-73
- (1) Weisman和Efferding计算式 5-73
- (2) Weisman和Efferding计算式(完全悬浮时) 5-74
- (3) 其它计算式 5-74
- 5.5.5 固体溶解 5-75
- 5.5.6 非均相搅拌器的放大 5-77
- 参考文献 5-78
- 5.6 其它搅拌器 5-80
- 5.6.1 高剪力混合器 5-80
- 5.6.2 往复运动式搅拌器 5-82
- 5.6.3 管路搅拌器 5-83
- (1) 混合孔板或混合喷嘴 5-83
- (2) 管路机械搅拌器 5-84
- 5.6.4 静态混合器 5-85
- (1) 型式 5-85
- (2) 操作性能 5-86
- 参考文献 5-89
- 5.7 非牛顿流体的搅拌 5-90
- 5.7.1 概述 5-90
- 5.7.2 非牛顿流体的搅拌流型 5-90
- (1) 流型特点 5-90
- (2) 临界搅拌条件 5-91
- (3) 混合时间 5-92
- 5.7.3 非牛顿流体搅拌功率的一般计算法 5-92
- (1) 非牛顿流体与牛顿流体功率特性对比 5-92
- (2) Metzner-Otto法 5-93
- (3) Rieger-Novák法 5-95
- 5.7.4 搅拌功率的直接计算法 5-97
- (1) 通用的大直径叶轮功率计算法 5-98
- (2) 螺旋带叶轮搅拌功率关联式 5-99
- 5.7.5 流体弹性对搅拌的影响 5-101
- 5.7.6 触变性流体的搅拌功率 5-102
- 参考文献 5-104
- 5.8 捏合 5-106
- 5.8.1 捏合操作 5-106
- 5.8.2 间歇式捏合机 5-106
- (1) 小型混合器 5-106
- (2) 双臂捏合机 5-107
- (3) 密炼机 5-108
- (4) 辊式捏合机(又名开炼机) 5-108
- (5) 研磨机 5-109
- (6) 螺带-螺旋式混合机 5-111
- 5.8.3 连续式捏合机 5-111
- (1) KO型捏合机 5-111

(2) M-P型捏合机	5-112
(3) ZSK双螺旋捏合机	5-112
5.8.4 捏合机的选择	5-113
参考文献	5-114
5.9 固体混合	5-115
5.9.1 固体混合操作	5-115
(1) 固体混合操作目的和机理	5-115
(2) 混合度和混合曲线	5-115
(3) 离析问题	5-117
5.9.2 混合机型式	5-118
(1) 转鼓式混合机	5-118
(2) 螺带式混合机	5-118
(3) 研磨机	5-119
(4) 双转子混合机	5-119
5.9.3 固体混合机性能	5-119
(1) 转鼓式混合机性能	5-120
(2) 容器固定型混合机的特性	5-120
(3) 混合机所需功率	5-121
5.9.4 混合机型式的选择	5-121
(1) 一般原则	5-121
(2) 各种混合机的适用范围	5-123
(3) 小型试验和中试	5-123

参考文献	5-124
5.10 搅拌器构件	5-125
5.10.1 搅拌叶	5-125
(1) 推进式	5-125
(2) 桨式	5-125
(3) 涡轮式	5-126
(4) 锚式和框式	5-126
(5) 螺杆式	5-126
(6) 螺带式	5-126
5.10.2 轴套	5-127
5.10.3 轴	5-128
(1) 轴径估算	5-128
(2) 轴的临界转速估算	5-129
5.10.4 联轴节	5-130
(1) 套筒联轴器	5-130
(2) 夹壳联轴节	5-130
(3) 刚性凸缘联轴节	5-130
(4) 弹性块式联轴节	5-131
5.10.5 轴封	5-131
5.10.6 减速机	5-132
参考文献	5-133
符号表	5-134

6. 流体输送机械及驱动装置

6.1 容积式压缩机	6-1	(2) 理论基础	6-63
6.1.1 活塞式压缩机	6-1	(3) 结构及主要零部件	6-69
(1) 分类及特点	6-1	(4) 选型	6-75
(2) 理论基础	6-1	(5) 主要辅机与辅助设备	6-85
(3) 活塞式压缩机的结构	6-15	(6) 性能曲线、调节、变工况估算	6-87
(4) 活塞式压缩机的选型	6-24	(7) 安装、使用、防护	6-96
(5) 压缩机变工况工作	6-28	(8) 噪声标准、噪声源、控制与 防护	6-103
(6) 压缩机的安装及使用	6-34	6.2.2 轴流式压缩机	6-108
6.1.2 其他类型压缩机	6-46	(1) 结构及功能	6-108
(1) 螺杆式压缩机	6-46	(2) 理论基础	6-110
(2) 罗茨鼓风机	6-52	(3) 特性曲线及其估算	6-111
(3) 滑片式压缩机	6-54	(4) 调节、变工况估算	6-113
(4) 液环式压缩机	6-57	(5) 选型	6-116
(5) 膜式压缩机	6-57	(6) 防护	6-122
(6) 超高压压缩机	6-59	6.2.3 通风机	6-125
参考文献	6-61	(1) 化工用通风机的特殊要求	6-125
6.2 速度式压缩机	6-62	(2) 结构和选型	6-125
6.2.1 离心式鼓风机和压缩机	6-62	(3) 相似性能换算	6-131

- (4) 安装6-132
- (5) 使用与防护6-133
- 参考文献6-141
- 6.3 膨胀机**6-142
- 6.3.1 透平膨胀机**6-142
- (1) 透平膨胀机的分类及结构
.....6-142
- (2) 透平膨胀机的理论基础6-148
- (3) 透平膨胀机通流部分工作
过程6-152
- (4) 透平膨胀机的主要损失与
效率6-160
- (5) 流道效率与特征参数6-165
- (6) 热力计算与气体动力计算6-167
- (7) 透平膨胀机的特性曲线6-171
- (8) 相似原理与变工况运行6-172
- (9) 透平膨胀机的调节6-175
- (10) 透平膨胀机制动6-177
- (11) 透平膨胀机的安全运行6-179
- (12) 超低温用材6-179
- 6.3.2 轴流式透平膨胀机**6-180
- (1) 轴流式透平膨胀机基础方程6-180
- (2) 轴流式透平膨胀机计算6-190
- (3) 轴流式透平膨胀机变工况
计算6-196
- (4) 透平膨胀机带液问题6-199
- 6.3.3 活塞式膨胀机**6-199
- (1) 活塞式膨胀机的分类及结构6-201
- (2) 活塞式膨胀机的热力学基础6-206
- (3) 活塞式膨胀机的热力计算6-209
- (4) 活塞式膨胀机的调节6-213
- (5) 膨胀机的选型6-214
- 参考文献6-220
- 6.4 化工用泵**6-221
- (1) 化工生产特点及对泵的要求6-221
- (2) 化工用泵的类型和工作原理6-222
- 6.4.1 叶片式泵**6-222
- (1) 叶片式泵的理论基础6-222
- (2) 泵的性能参数6-223
- (3) 离心泵6-227
- (4) 旋涡泵6-238
- 6.4.2 容积式泵**6-239
- (1) 泵的基本参数6-239
- (2) 容积式泵的性能曲线和性能
换算6-241
- (3) 往复泵6-246
- (4) 转子泵6-248
- 6.4.3 流体动力泵**6-249
- 6.4.4 化工用特殊泵**6-249
- (1) 耐腐蚀泵6-250
- (2) 屏蔽泵6-261
- (3) 低温泵6-262
- (4) 高粘度泵6-263
- (5) 计量泵6-264
- 6.4.5 机械密封**6-272
- (1) 机械密封的结构6-272
- (2) 机械密封的结构型式6-273
- (3) 机械密封材料6-274
- (4) 机械密封的选择6-276
- (5) 机械密封的冷却、冲洗、润滑和
保温6-278
- (6) 机械密封的安装、运行及故障
分析6-280
- 6.4.6 化工用泵的选型**6-282
- (1) 选型的依据6-282
- (2) 选型步骤6-285
- 参考文献6-292
- 6.5 工业汽轮机**6-293
- (1) 工业汽轮机的优点6-293
- (2) 工业汽轮机在化工中的
应用6-203
- 6.5.1 工业汽轮机的基本原理和
分类**6-293
- (1) 工业汽轮机的基本工作
原理6-293
- (2) 工业汽轮机的分类6-294
- 6.5.2 工业汽轮机的结构及工作
过程**6-294
- (1) 工业汽轮机的结构6-294
- (2) 工业汽轮机的工作过程6-295
- 6.5.3 通流部分热力计算**6-297
- 6.5.4 工业汽轮机结构特点**6-301
- 6.5.5 工业汽轮机的调节保安系
统**6-304
- (1) 工业汽轮机的调节系统6-305
- (2) 调节系统的特性6-300

- (3) 工业汽轮机调节系统应用实例和发展6-310
- (4) 工业汽轮机的保安系统6-315
- 6.5.6 工业汽轮机的变工况.....6-320
- (1) 工业汽轮机的配汽方式6-320
- (2) 非设计工况下工业汽轮机的性能6-321
- (3) 变工况运行对汽轮机主要零部件强度的影响6-324
- (4) 变工况运行对凝汽器真空度的影响6-324
- (5) 汽轮机蒸汽参数波动的允许范围6-325
- 6.5.7 工业汽轮机的事故处理.....6-325
- 6.5.8 工业汽轮机的积盐及防止措施.....6-327
- (1) 工业汽轮机积盐的危害6-328
- (2) 汽轮机积盐的防止措施6-328
- 6.5.9 工业汽轮机的选型.....6-331
- (1) 化工用汽轮机型式的选择6-331
- (2) 工业汽轮机主要参数的确定6-334
- (3) 工业汽轮机的选择6-336
- 参考文献6-350
- 6.6 燃气轮机**.....6-352
- 6.6.1 燃气轮机的工作原理及发展概况6-352
- (1) 燃气轮机的工作原理6-352
- (2) 燃气轮机的发展概况6-352
- 6.6.2 热力循环.....6-354
- (1) 开式简单循环6-354
- (2) 循环的改善6-358
- (3) 蒸汽-燃气联合循环.....6-359
- 6.6.3 燃气轮机变工况特性.....6-360
- (1) 主要部件的性能及其平衡运行6-360
- (2) 单轴燃气轮机6-362
- (3) 分轴燃气轮机6-363
- (4) 三轴燃气轮机6-364
- (5) 大气参数变化的影响6-365
- (6) 压气机的调节6-367
- (7) 透平的调节3-368
- (8) 燃气轮机与负载的平衡运行6-368
- 6.6.4 燃气轮机结构.....6-370
- (1) 压气机6-372
- (2) 透平6-372
- (3) 燃烧室6-372
- (4) 回热器6-373
- (5) 透平的冷却结构6-373
- (6) 调节保安装置.....6-375
- (7) 辅助系统及设备6-375
- (8) 通流部分的清洗装置和空气过滤器6-375
- 6.6.5 燃气轮机在石油、化工中的应用6-376
- (1) 天然气和石油的管道输送6-376
- (2) 在石油化工厂中的应用6-376
- 6.6.6 运行与维护.....6-377
- (1) 几个问题的说明6-377
- (2) 起动6-378
- (3) 正常运行6-381
- (4) 停机6-381
- 参考文献6-382
- 6.7 电动机**.....6-383
- 6.7.1 电动机的特性和常用公式.....6-383
- (1) 电动机的特性6-383
- (2) 常用公式6-383
- 6.7.2 恒速交流电动机.....6-385
- (1) 交流鼠笼型异步电动机6-385
- (2) 同步电动机6-388
- 6.7.3 多速交流电动机.....6-389
- (1) 多速鼠笼型异步电动机6-389
- (2) 三相整流子变速电动机6-390
- 6.7.4 交流绕线型异步电动机.....6-390
- 6.7.5 电动机的控制.....6-390
- (1) 电动机的起动控制6-390
- (2) 电动机的制动6-393
- (3) 电动机的速度调节6-394
- (4) 电动机的保护6-395
- 6.7.6 危险场所的分类和电动机的选择6-396
- (1) 危险场所的分类6-396
- (2) 电动机的选择6-399
- (3) 化工厂防爆电动机的选择6-407
- 参考文献6-410