

化学工程手册

1

化学工业出版社

81.17073

163

11

化学工程手册

1

《化学工程手册》编辑委员会

stack 61

化学工程手册

1983.12.7

1983.12.7



内容提要

《化学工程手册》共26篇，分6卷合订出版。

本卷包括化工基础数据、化工应用数学、化工热力学。主要介绍化工设计、计算中常用的各种常数、无因次数群，常见元素、无机物、有机物的物理及热力学性质，物性的推算方法；介绍化工数据处理和设计计算中常用的数学图表公式和数学方法；介绍经典热力学在化学工程中的应用，包括热力学基本定律及应用，能量衡算，热力学性质的计算，溶液热力学等等。

本书供化工、石油及有关工业部门的设计、研究人员、工厂技术人员及有关院校师生参考。

化 学 工 程 手 册

1

《化学工程手册》编辑委员会

*

化学工业出版社出版发行

(北京和顺里七区十六号楼)

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787×1092¹/₁₆印张63字数1,681千字

1989年10月第1版 1989年10月北京第1次印刷

印 数 1-8,000

ISBN 7-5025-0582-X/TQ·349

定 价 29.70 元

《化学工程手册》编辑委员会

主 任 冯伯华

副主任 陈自新 李步年 苏元复

汪家鼎 蔡剑秋

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 张洪洗

张剑秋 郑 炽 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

刘小蘋

李洪勋

序

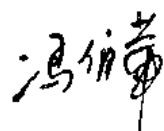
化学工程是以物理、化学、数学的原理为基础,研究化学工业和其他化学类型工业生产中物质的转化、改变物质的组成、性质和状态的一门工程学科。它出现于19世纪下半叶,至二十世纪二十年代,从理论上分析和归纳了化学类型(化工、冶金、轻工、医药、核能……)工业生产的物理和化学变化过程,把复杂的工业生产过程归纳成为数不多的若干个单元操作,从而奠定了其科学基础。在以后的发展历程中,进而相继出现了化工热力学、化学反应工程、传递过程、化工系统工程、化工过程动态学和过程控制等新的分支,使化学工程这门工程学科具备更完整的系统性、统一性,成为化学类型工业生产发展的理论基础,是本世纪化学类型工业持续进展的重要因素。

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。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '冯冰' (Feng Bing), written in a cursive style.

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。早在五十年代和六十年代，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(MKIS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MKIS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、装帧等方面也不尽加人意，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1篇 化工基础数据

编写人 吴鹤峰 王抚华 徐明善
赵纪堂等 俞电儿 胡秀华
审校人 朱自强 萧成基

2005/0/01

概 述

化学工程是研究化工生产过程中共性本质规律的学科，而这些规律是通过一些共性的基本量（即化工基础数据）以及这些基本量的相互关系来表达的。因此，准确完善地掌握化工基础数据是化学工程学科的基本工作之一。

化工基础数据数量浩繁，非有限卷帙所能包容。《化学工程手册》是一本通用性的手册，因此，本篇仅就工程上及生产上最常遇到的一些物质，列出其通用的基础数据，以便于工程技术人员查阅。

全篇共包括六章：第一章为单位换算，主要列入了各种单位制常用物理量的换算关系，并扼要介绍了各种单位制。国际单位制（SI）是今后的发展方向，故亦作了简要介绍。第二章为一些工程上常用的通用常数值及无因次数群，后者主要是规定各无因次数群中各物理量应采用的正确单位，以免使用时发生差错。第三至五章提供工业生产中一些常用物质的物性数据，限于篇幅，书中只列入常用物质的通用性基础数据；较特殊的专门数据，需查阅有关行业的专业手册。第六章列出了常用化工物性数据的推算方法。当有些物质的物性数据缺乏直接测定的数值时，可用这些方法进行推算（当能查得直接数据时，应尽可能避免用间接推算值）。第六章中的方法一般只适用于非电离物质。

目 录

1. 化工基础数据

概述

1.1 单位换算1-1

1.1.1. 单位制1-1

表 1-1 国际单位制的基本单位
和辅助单位1-1

表 1-2 国际单位制用的十进词冠1-1

表 1-3 化工常用国际单位制专门
名称的导出单位1-2

1.1.2 单位换算表1-2

表 1-4 长度单位换算1-2

表 1-5 面积单位换算1-2

表 1-6 体积和容积单位换算1-2

表 1-7 重量和质量单位换算1-3

表 1-8 力单位换算1-3

表 1-9 密度和重度单位换算1-3

表 1-10 比重、波美度和API度
对照1-4

表 1-11. 压力单位换算1-4

表 1-12 体积流率单位换算1-5

表 1-13 重量和质量流率单位换算1-5

表 1-14 动力粘度(粘度)单位
换算1-5

表 1-15 运动粘度单位换算1-5

表 1-16 功、能和热量单位换算1-6

表 1-17 功率单位换算1-6

表 1-18 热容(比热)单位换算1-6

表 1-19 导热系数单位换算1-6

表 1-20 传热系数单位换算1-7

表 1-21 扩散系数单位换算1-7

表 1-22 表面张力单位换算1-7

表 1-23 温度换算公式1-7

表 1-24 $^{\circ}\text{C}$ 与 $^{\circ}\text{F}$ 换算1-8

表 1-25 标准筛目对照1-9

表 1-26 中国线规与英、美、德、
线规对照1-11

参考文献1-11

1.2 通用常数和化工常用无因次数群1-12

1.2.1 通用常数1-12

(1) 气体常数R1-12

(2) 重力加速度g1-12

(3) 其它1-12

1.2.2 化工常用无因次数群1-12

表 2-1 化工常用无因次数群1-13

参考文献1-15

1.3 纯物质的物理性质1-16

1.3.1 元素和无机物的物理性质1-16

表 3-1 元素和无机物的物理性质1-18

表 3-2 表3-1中元素和无机物
的中文名称1-37

1.3.2 有机物的物理性质1-43

表 3-3 有机物的物理性质1-45

表 3-4 表3-3中有机物的中文
名称1-65

表 3-5 元素和无机物名称索引
(用于表3-1和表4-3)1-74

表 3-6 有机物名称索引(用于
表3-3、表4-4和表4-5)1-108

1.4 物质的热力学和传递性质1-163

1.4.1 常用物质的物性和热力学 数据1-163

表 4-1(a) 常用物质的物性和
热力学数据1-164

表 4-1(b) 表4-1(a)中物质的
中文名称1-188

1.4.2 蒸气压1-190

表 4-2 无机物蒸气压 ($\geq 1\text{atm}$)1-190

表 4-3 无机物蒸气压 ($\leq 1\text{atm}$)1-192

表 4-4 有机物蒸气压 ($\geq 1\text{atm}$)1-195

表 4-5 有机物蒸气压 ($\leq 1\text{atm}$)1-207

表 4-6 表4-3化合物中文名称1-210

表 4-7 表4-4化合物中文名称1-210

表 4-8 表4-5化合物中文名称1-210

1.4.3 重度.....1-216	表 4-20 图4-18中的标号1-244
表 4-9 图4-1中的X和Y值1-216	1.4.7 熔融热.....1-244
图 4-1 液体的重度1-217	表 4-21 元素和无机物的熔融热.....1-244
图 4-2 液化气体的比重1-218	表 4-22 有机物的熔融热.....1-245
表 4-10 各种液体常温下的比重1-218	1.4.8 溶解热.....1-246
图 4-3 酸和盐类水溶液的比重1-218	表 4-23 常用无机物溶于水的溶 解热.....1-246
图 4-4 醇类水溶液的比重1-219	表 4-24 某些有机物溶于水的溶 解热.....1-248
图 4-5 有机物水溶液的比重1-219	1.4.9 升华热和吸附热.....1-248
图 4-6 饱和水溶液的比重1-219	表 4-25 某些物质的升华热.....1-248
图 4-7 混合酸的比重1-219	表 4-26 活性炭和硅胶的积分吸 附热.....1-249
图 4-8 烧碱液体的比重1-220	表 4-27 不同类型活性炭上CO ₂ 的 积分吸附热1-249
图 4-9 烯烃、二烯烃液体的比重1-220	1.4.10 生成热、生成自由能及燃烧热1-250
表 4-11 其它常用物料的比重1-221	(1) 生成热和生成自由能1-250
1.4.4 溶解度.....1-222	表 4-28 无机物的生成热和生成 自由能1-250
表 4-12 无机物质在水中的溶解度.....1-222	表 4-29 有机物的生成热和生成 自由能1-257
表 4-13 一些气体水溶液的亨利 系数值.....1-229	(2) 燃烧热1-259
1.4.5 热焓和热容.....1-230	表 4-30 有机物的燃烧热.....1-259
(1) 理想气体的热焓和热容1-230	表 4-31 某些物质的燃烧热.....1-262
表 4-14 某些理想气体的热焓、 热容和熵的多项式1-230	1.4.11 粘度1-262
(2) 气体的热容1-232	(1) 气体的粘度1-262
图 4-10 气体和蒸汽的热容.....1-232	图 4-19 气体的粘度.....1-262
表 4-15 图4-10中的标号.....1-233	表 4-32 图4-19中的X和Y值1-263
图 4-11 烧碱蒸汽的热容.....1-234	图 4-20 烷烃、烯烃、二烯烃、炔 烃的粘度.....1-264
图 4-12 烯烃蒸汽的热容.....1-235	(2) 液体的粘度1-265
图 4-13 二烯烃、炔烃、二氯乙烷、 乙腈蒸汽的热容1-236	图 4-21 液体的粘度.....1-265
图 4-14 氮-氢-氮-氢-甲烷混合气的 热容1-237	表 4-33 图4-21中的X和Y值1-266
(3) 液体的热容1-238	图 4-22 烧碱液体的粘度.....1-266
图 4-15 液体的热容.....1-238	图 4-23 烯烃、二烯烃、炔烃液体的 粘度1-266
图 4-16 水溶液的热容.....1-238	1.4.12 导热系数和Pr数1-270
表 4-16 图4-15中的标号.....1-239	(1) 气体的导热系数1-270
图 4-17 烧碱、烯烃、二烯烃 液体的热容1-240	表 4-34 某些气体的导热系数.....1-270
(4) 固体的热容1-241	图 4-24 氮-氢-氮-氢-甲烷混合气的 导热系数1-270
表 4-17 固体的热容.....1-241	图 4-25 正烷烃气体导热系数.....1-271
1.4.6 蒸发潜热.....1-241	图 4-26 异烷烃、烯烃气体导热系数.....1-272
(1) 正常沸点蒸发潜热1-241	图 4-27 二烯烃、炔烃、醇类气体
表 4-18 元素和无机物的蒸发潜热.....1-241	
表 4-19 有机物的蒸发潜热.....1-242	
(2) 不同温度蒸发潜热.....1-243	
图 4-18 蒸发潜热.....1-244	

导热系数	1-273	(4) 临界压缩系数	1-343
(2) 液体的导热系数	1-274	(5) 混合物的临界常数	1-343
图 5-17 氟里昂-142的压-焓图	1-314	1.6.2 偏心因子、Riedel常数、 势能常数	1-343
图 5-18 甲烷的焓-熵图 (低温 段)	1-315	(1) 偏心因子	1-343
图 5-19 甲烷的焓-熵图 (高温 段)	1-316	(2) Riedel常数	1-344
图 5-20 乙烷的焓-熵图	1-317	(3) 势能常数	1-345
图 5-21 乙烯的焓-熵图	1-318	1.6.3 沸点	1-346
图 5-22 丙烷的焓-熵图 (低温段)	1-319	1.6.4 蒸气压	1-347
图 5-23 丙烷的焓-熵图 (高温段)	1-320	(1) 纯液体的蒸气压	1-347
图 5-24 丙烯的焓-熵图 (低温段)	1-321	(2) 与不凝性气体共存时的 蒸汽压	1-350
图 5-25 丙烯的焓-熵图 (高温段)	1-322	1.6.5 P-V-T关系	1-350
图 5-26 丁烷的焓-熵图	1-323	(1) 几种常用的状态方程式	1-350
表 5-17 二氧化碳的性质	1-324	(2) 两参数的通用图	1-350
图 5-27 二氧化碳的温-焓图	1-325	(3) Pitzer-Curt法	1-350
表 5-18 氯的性质	1-326	(4) 液体的密度	1-351
图 5-28 氯的压-焓图	1-327	(5) 液体的体胀系数	1-359
图 5-29 氢的温-焓图 (0~150K)	1-328	1.6.6 热容和热焓	1-359
表 5-19 标准氢 ($n-H_2$) 的性质	1-329	(1) 气体的热容	1-359
图 5-30 氢的温-焓图 (130~300K)	1-329	(1.1) 理想气体的热容	1-359
表 5-20 饱和氮的性质	1-330	(1.2) 真实气体的热容	1-361
图 5-31 氮的温-焓图	1-330	(2) 液体的热容	1-361
图 5-32 氧的温-焓图	1-331	(3) 热焓	1-365
表 5-21 饱和氧的性质	1-332	(4) 固体在常温下的热容	1-374
图 5-33 氧-氢混合物的焓-液图	1-332	1.6.7 蒸发潜热	1-375
图 5-34 氨-水的焓-液图	1-333	(1) 正常沸点下的蒸发潜热	1-375
图 5-35 盐酸-水的焓-液图	1-334	(2) 蒸发潜热	1-376
图 5-36 溴化锂水溶液的焓-液图	1-335	(3) 蒸发潜热与温度的关系	1-376
1.6.5 载热体的性质	1-336	1.6.8 熔融热	1-376
表 5-22 熔盐混合物的物理参数	1-336	1.6.9 升华热	1-377
表 5-23 亚硝酸盐及硝酸盐混合 物的熔点	1-336	1.6.10 溶解热	1-377
图 5-37 熔盐混合物含水率与熔 点的关系	1-336	1.6.11 生成热	1-377
表 5-24 有机高温载热体的物性	1-337	1.6.12 粘度	1-382
表 5-25 熔融金属的物性	1-338	(1) 气体粘度	1-382
参考文献	1-339	(2) 液体粘度	1-386
1.6 物性的计算方法	1-340	图 4-28 液体的导热系数	1-274
1.6.1 临界性质	1-340	图 4-29 烧碱液体导热系数	1-275
(1) 临界温度	1-340	图 4-30 烯烃、二烯烃、炔烃 液体导热系数	1-276
(2) 临界压力	1-341	(3) 固体的导热系数	1-277
(3) 临界体积	1-341	表 4-35 固体材料的导热系数	1-277
		(4) Pr数	1-277
		图 4-31 气体的Pr数	1-277

图 4-32 液体的Pr数	1-278
表 4-36 图4-32中的标号	1-278
1.4.13 扩散系数和Sc数	1-279
(1) 气体的扩散系数和Sc数	1-279
表 4-37 气体的自扩散系数	1-279
表 4-38 某些气体二组分扩散系数	1-279
表 4-39 一些物质在空气中扩散的Sc数	1-280
表 4-40 一些二组分气体扩散的Sc数	1-281
(2) 液体的扩散系数和Sc数	1-281
表 4-41 某些液体的自扩散系数	1-281
表 4-42 某些液体二组分扩散系数	1-281
表 4-43 某些液体的Sc数	1-282
1.4.14 表面张力	1-283
(1) 液体、液体混合物和溶液的 表面张力	1-283
图 4-33 有机液体的表面张力	1-283
表 4-44 图4-33中的X和Y值	1-284
图 4-34 液体混合物的表面张力	1-285
图 4-35 有机同系物稀水溶液的 表面张力	1-285
表 4-45 图4-35曲线号所代表的 化合物	1-285
图 4-36 水溶液的表面张力	1-285
(2) 液体对空气的表面张力	1-286
表 4-46 液体对空气的表面张力	1-286
表 4-47 空气与水接触的表面张力	1-286
(3) 界面张力	1-287
图 4-37 有机液体与水的界面张力	1-287
图 4-38 有机液体中水的溶解度 与界面张力的关系	1-287
表 4-48 水银与几种物质的界面张 力	1-287
1.4.15 热膨胀系数	1-287
表 4-49 某些液体的体胀系数	1-287
表 4-50 一些固体的体胀系数	1-288
表 4-51 一些固体的线胀系数	1-288
参考文献	1-288
1.5 常用物质的热力学及有关 性质	1-289
1.5.1 水和水蒸汽	1-289
(1) 水和水蒸汽图表	1-289

表 5-1 饱和水和饱和水蒸汽的 热力学性质 (一)	1-289
表 5-2 饱和水和饱和水蒸汽的热 力学性质 (二)	1-290
表 5-3 饱和水的物理参数	1-291
表 5-4 饱和水蒸汽的物理参数	1-292
表 5-5 未饱和水和过热水蒸汽的比 容和焓	1-293
图 5-1 水蒸汽的温-熵图	1-296
(2) 过热水蒸汽性质的状态图	1-297
图 5-2 过热水蒸汽的焓	1-297
图 5-3 过热水蒸汽的重度	1-297
图 5-4 过热水蒸汽的热容	1-298
图 5-5 过热水蒸汽的导热系数	1-298
图 5-6 过热水蒸汽的动力粘度	1-299
图 5-7 过热水蒸汽的Pr-t图	1-300
1.5.2 空气	1-300
表 5-6 干空气的物理参数	1-300
图 5-8 空气的温-熵图	1-301
1.5.3 烟道气	1-302
表 5-7 烟道气的物理参数	1-302
1.5.4 低温介质和其他物质	1-302
表 5-8 氨的性质	1-302
图 5-9 氨的温-熵图	1-303
表 5-9 氟里昂-11的性质	1-304
图 5-10 氟里昂-11的压-焓图	1-304
表 5-10 氟里昂-12的性质	1-305
图 5-11 氟里昂-12的压-焓图	1-306
表 5-11 氟里昂-13的性质	1-307
图 5-12 氟里昂-13的压-焓图	1-307
表 5-12 氟里昂-22的性质	1-308
图 5-13 氟里昂-22的压-焓图	1-309
表 5-13 氟里昂-40的性质	1-310
图 5-14 氟里昂-40的压-焓图	1-310
表 5-14 氟里昂-113的性质	1-311
图 5-15 氟里昂-113的压-焓图	1-312
表 5-15 氟里昂-114的性质	1-313
图 5-16 氟里昂-114的压-焓图	1-313
表 5-16 氟里昂-142的性质	1-314
1.6.13 导热系数	1-392
(1) 气体	1-392
(2) 液体导热系数	1-399
(3) 液-固悬浮体的导热系数	1-403
(4) 多孔介质的导热系数	1-403

(5) Pr数	1-403	(3) 非水溶液混合物的表面张力	1-412
1.6.14 扩散系数	1-404	(4) 含水溶液的表面张力	1-413
(1) 气体	1-404	参考文献	1-415
(2) 液体	1-407	附录	1-416
(3) Sc数	1-410	1. 风力等级与风速的关系	1-416
1.6.15 表面张力	1-410	2. 高压空气的饱和湿度	1-416
(1) 纯物质的表面张力	1-410	3. 希腊字母表	1-416
(2) 表面张力随温度的变化	1-412	4. 元素周期表	插页

2. 化工应用数学

概述	2-1	2.2.15 正交多项式表	2-48
2.1 数学用表	2-2	2.2.16 正交拉丁方表	2-51
2.1.1 乘方、方根表	2-2	2.2.17 正交表	2-53
(1) 平方表	2-2	2.2.18 随机数表	2-74
(2) 开方表	2-4	2.3 图形公式	2-76
(3) 倒数表	2-8	2.3.1 平面图形	2-76
2.1.2 常用对数表	2-10	(1) 直线围成的平面图形	2-76
2.1.3 自然对数表	2-12	(2) 曲线围成的平面图形	2-77
2.1.4 指数函数 e^x 和 e^{-x} 表	2-18	2.3.2 立体图形	2-79
2.1.5 弓形高、面积、半径之间 的关系表	2-19	(1) 平面围成的立体图形	2-79
2.1.6 球缺高、体积、直径之间 的关系表	2-20	(2) 曲面围成的立体图形	2-79
2.1.7 常用常数表	2-21	2.3.3 基本初等函数及其图形	2-82
2.2 统计用表	2-22	(1) 幂函数 $y=x^a$ (a 为常数)	2-82
2.2.1 正态分布的密度函数表	2-22	(2) 指数函数 $y=a^x$ ($a>0, a\neq 1$)	2-82
2.2.2 正态分布表	2-23	(3) 对数函数 $y=\log_a x$ ($a>0, a\neq 1$)	2-82
2.2.3 正态分布的双侧分位数(U_α)表	2-25	(4) 三角函数	2-82
2.2.4 χ^2 分布表	2-26	(5) 反三角函数	2-83
2.2.5 χ^2 分布的上侧分位数(χ^2_α)表	2-28	(6) 双曲函数	2-84
2.2.6 t 分布表	2-29	(7) 反双曲函数	2-85
2.2.7 t 分布双侧分位数(t_α)表	2-30	(8) 正弦衰减振荡曲线	2-85
2.2.8 F 检验的临界值(F_α)表	2-31	(9) 正态分布曲线	2-85
2.2.9 检验相关系数 $\rho=0$ 的临界值 (r_α)表	2-36	2.4 概论	2-86
2.2.10 r 与 Z 的换算表	2-36	2.5 代数	2-89
2.2.11 二项分布表	2-37	2.5.1 代数式及其运算	2-89
2.2.12 二项分布参数 P 的置信区间表	2-39	(1) 基本运算律	2-89
2.2.13 Poisson分布表	2-43	(2) 幂的运算律	2-89
2.2.14 Poisson分布参数 λ 的置信区 间表	2-48	(3) 乘法和因式分解公式	2-89
		2.5.2 二项式定理	2-89
		2.5.3 数列	2-90
		(1) 等差数列	2-90
		(2) 等比数列	2-90
		(3) 某些数列的前 n 项之和	2-90

2.5.4 排列、组合	2-90	(1) 几个近似等式	2-100
(1) 排列	2-90	(2) 一些常用的不等式	2-101
(2) 组合	2-90	(3) 三角函数的幂级数展开式	2-101
2.5.5 自然数之幂的求和公式	2-91	2.7 解析几何	2-102
2.5.6 对数及其运算规律	2-91	2.7.1 平面解析几何	2-102
(1) 定义	2-91	(1) 坐标系	2-102
(2) 性质	2-91	(2) 基本公式	2-103
(3) 运算法则	2-91	(3) 直线	2-103
(4) 换底公式	2-91	(4) 曲线与方程	2-104
2.5.7 合比、分比	2-92	(5) 圆锥曲线	2-105
2.5.8 不等式	2-92	(6) 极坐标	2-107
(1) 不等式的基本性质	2-92	(7) 参数方程	2-110
(2) 绝对值不等式	2-92	(8) 坐标变换公式	2-111
(3) 常用不等式	2-92	2.7.2 立体解析几何	2-112
2.5.9 方程式论	2-93	(1) 坐标系	2-112
(1) 线性方程组	2-93	(2) 基本公式	2-113
(2) 一元二次方程	2-94	(3) 空间平面方程与直线方程	2-113
(3) 一元三次方程	2-94	(4) 空间曲线	2-114
(4) 一元四次方程	2-94	(5) 曲面	2-114
(5) 一元 n 次方程	2-95	2.8 微积分	2-118
(6) 一些重要定理	2-95	2.8.1 微分学	2-118
2.6 平面三角	2-96	(1) 函数	2-118
2.6.1 角与三角函数	2-96	(2) 极限	2-118
(1) 角	2-96	(3) 连续	2-119
(2) 三角函数	2-96	(4) 导数与微分	2-119
2.6.2 诱导公式	2-97	(5) 一元函数的极值与曲线的拐点	2-122
2.6.3 特殊角的三角函数值	2-97	(6) L'Hospital 法则	2-122
2.6.4 三角恒等式	2-97	(7) 多元函数	2-122
(1) 同角三角函数之间的关系	2-97	2.8.2 积分学	2-126
(2) 两角和(差)的三角函数	2-97	(1) 不定积分	2-126
(3) 三角函数的和差与积的关系	2-98	(2) 定积分	2-141
(4) 倍角与半角的三角函数	2-98	(3) 广义积分	2-143
(5) 三角之和为 180° 的三角函数间的关系	2-98	(4) 定积分表	2-144
2.6.5 三角形边角关系及其解法	2-99	(5) 几个不能用初等函数表出的原函数的级数形式	2-146
(1) 正弦定理	2-99	(6) 椭圆积分	2-146
(2) 余弦定理	2-99	(7) Γ -函数	2-147
(3) 正切定理	2-99	(8) B-函数	2-148
(4) 其它关系	2-99	(9) 二重积分	2-148
(5) 直角三角形解法	2-99	(10) 三重积分	2-150
(6) 斜三角形解法	2-100	(11) 曲线积分	2-150
2.6.6 有关反三角函数的一些恒等式	2-100	(12) 曲面积分	2-152
2.6.7 三角函数值的近似计算	2-100	(13) 积分应用	2-154