

化学工程手册

《化学工程手册》编辑委员会

第 1 篇

化工基础数据



化学工业出版社

化学工程手册

第 1 篇

化工基础数据

《化学工程手册》编辑委员会

化学工业出版社

内 容 提 要

本篇主要提供化工常用的各种常数、无因次数群,和常见的元素、无机物、有机物的物理性质、热力学性质以及传递性质数据;同时介绍主要物性的推算方法。本篇还列出了各种单位制单位的换算关系。

本书可供化学工业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

第 1 篇

化工基础数据

编写人 吴鹤峰 化学工业部第六设计院
王抚华 化学工业部第六设计院
徐明善 化学工业部第一设计院
雷行之 兰州化学工业公司设计院
赵纪堂等 北京燕山石油化学总公司设计院
俞电儿 化学工业部第六设计院
胡秀华 化学工业部第六设计院
审校人 朱自强 浙江大学
萧成基 化学工业部第六设计院

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $26^{3/4}$ 插页1 字数669千字印数1—15,950

1980年11月北京第1版1980年11月北京第1次印刷

书号15063·3195定价2.75元

《化学工程手册》编辑委员会成员

主任

冯伯华 化学工业部

副主任

陈自新 化学工业部科技局

苏元复 上海化工学院

汪家鼎 清华大学

李步年 化学工业部第六设计院

蔡剑秋 化学工业出版社

委员

卢焕章 化学工业部化工设计公司

区灿棋 化学工业部规划院

邓颂九 华南工学院

朱亚杰 华东石油学院

朱自强 浙江大学

余国琮 天津大学

时 钧 南京化工学院

沈 复 华东石油学院

吴锡军 南京化学工业公司化工研究院

林纪方 大连工学院

杨友麒 化学工业部科技局

张洪沅 成都科技大学

张剑秋 北京燕山石油化学总公司设计院

郑 炽 上海化工设计院

郭慕孙 中国科学院化工冶金研究所

傅举孚 北京化工学院

萧成基 化学工业部第六设计院

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学工业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

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

概 述

1.1 单位换算 1

1.1.1 单位制 1

表 1-1 国际单位制的基本单位
和辅助单位 1

表 1-2 国际单位制用的十进词冠 1

表 1-3 化工常用国际单位制专门
名称的导出单位 2

1.1.2 单位换算表 2

表 1-4 长度单位换算 2

表 1-5 面积单位换算 2

表 1-6 体积和容积单位换算 2

表 1-7 重量和质量单位换算 3

表 1-8 力单位换算 3

表 1-9 密度和重度单位换算 3

表 1-10 比重、波美度和API度
对照 4

表 1-11 压力单位换算 4

表 1-12 体积流率单位换算 5

表 1-13 重量和质量流率单位换算 5

表 1-14 动力粘度(粘度)单位
换算 5

表 1-15 运动粘度单位换算 5

表 1-16 功、能和热量单位换算 6

表 1-17 功率单位换算 6

表 1-18 热容(比热)单位换算 6

表 1-19 导热系数单位换算 6

表 1-20 传热系数单位换算 7

表 1-21 扩散系数单位换算 7

表 1-22 表面张力单位换算 7

表 1-23 温度换算公式 7

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

表 1-25 标准筛目对照 9

表 1-26 中国线规与英、美、德
线规对照 11

参考文献 11

1.2 通用常数和化工常用无因次数群 12

1.2.1 通用常数 12

(1) 气体常数R 12

(2) 重力加速度g 12

(3) 其它 12

1.2.2 化工常用无因次数群 12

表 2-1 化工常用无因次数群 13

参考文献 15

1.3 纯物质的物理性质 16

1.3.1 元素和无机物的物理性质 16

表 3-1 元素和无机物的物理性质 18

表 3-2 表3-1中元素和无机物的
中文名称 37

1.3.2 有机物的物理性质 43

表 3-3 有机物的物理性质 45

表 3-4 表3-3中有机物的中文
名称 65

表 3-5 元素和无机物名称索引
(用于表3-1和表4-3) 74

表 3-6 有机物名称索引(用于
表3-3、表4-4和表4-5) 108

1.4 物质的热力学和传递性质 163

1.4.1 常用物质的物性和热力学 数据 163

表 4-1(a) 常用物质的物性和
热力学数据 164

表 4-1(b) 表4-1(a)中物质的
中文名称 188

1.4.2 蒸气压 190

表 4-2 无机物蒸气压 ($\geq 1\text{atm}$) 190

表 4-3 无机物蒸气压 ($\leq 1\text{atm}$) 192

表 4-4 有机物蒸气压 ($\leq 1\text{atm}$) 195

表 4-5 有机物蒸气压 ($\geq 1\text{atm}$) 207

表 4-6 表4-3化合物中文名称 209

表 4-7 表4-4化合物中文名称 210

表 4-8 表4-5化合物中文名称 216

1.4.3 重度 216

表 4-9 图4-1中的X和Y值 216

图 4-1 液体的重度	217	1.4.7 熔融热	244
图 4-2 液化气体的比重	218	表 4-21 元素和无机物的熔融热	244
表 4-10 各种液体常温下的比重	218	表 4-22 有机物的熔融热	245
图 4-3 酸和盐类水溶液的比重	218	1.4.8 溶解热	246
图 4-4 醇类水溶液的比重	219	表 4-23 常用无机物溶于水的溶解热	246
图 4-5 有机物水溶液的比重	219	表 4-24 某些有机物溶于水的溶解热	248
图 4-6 饱和水溶液的比重	219	1.4.9 升华热和吸附热	248
图 4-7 混合酸的比重	219	表 4-25 某些物质的升华热	248
图 4-8 烷烃液体的比重	220	表 4-26 活性炭和硅胶的积分吸附热	249
图 4-9 烯烃、二烯烃液体的比重	220	表 4-27 不同类型活性炭上CO ₂ 的 积分吸附热	249
表 4-11 其它常用物料的比重	221	1.4.10 生成热、生成自由能及燃烧热	250
1.4.4 溶解度	222	(1) 生成热和生成自由能	250
表 4-12 无机物质在水中的溶解度	222	表 4-28 无机物的生成热和生成 自由能	250
表 4-13 一些气体水溶液的亨利 系数值	229	表 4-29 有机物的生成热和生成 自由能	257
1.4.5 热焓和热容	230	(2) 燃烧热	259
(1) 理想气体的热焓和热容	230	表 4-30 有机物的燃烧热	259
表 4-14 某些理想气体的热焓、 热容和熵的多项式	230	表 4-31 某些物质的燃烧热	262
(2) 气体的热容	232	1.4.11 粘度	262
图 4-10 气体和蒸气的热容	232	(1) 气体的粘度	262
表 4-15 图4-10中的标号	233	图 4-19 气体的粘度	262
图 4-11 烷烃蒸气的热容	234	表 4-32 图4-19中的X和Y值	263
图 4-12 烯烃蒸气的热容	235	图 4-20 烷烃、烯烃、二烯烃、炔烃 蒸气的粘度	264
图 4-13 二烯烃、炔烃、二氯乙烷、 乙腈蒸气的热容	236	(2) 液体的粘度	265
图 4-14 氮-氢-氨-氫-甲烷混合气的 热容	237	图 4-21 液体的粘度	265
(3) 液体的热容	238	表 4-33 图4-21中的X和Y值	266
图 4-15 液体的热容	238	图 4-22 烷烃液体的粘度	268
图 4-16 水溶液的热容	238	图 4-23 烯烃、二烯烃、炔烃液体的 粘度	269
表 4-16 图4-15中的标号	239	1.4.12 导热系数和Pr数	270
图 4-17 烷烃、烯烃、二烯烃 液体的热容	240	(1) 气体的导热系数	270
(4) 固体的热容	241	表 4-34 某些气体的导热系数	270
表 4-17 固体的热容	241	图 4-24 氮-氢-氨-氫-甲烷混合气的 导热系数	270
1.4.6 蒸发潜热	241	图 4-25 正烷烃气体导热系数	271
(1) 正常沸点蒸发潜热	241	图 4-26 异烷烃、烯烃气体导热系数	272
表 4-18 元素和无机物的蒸发潜热	241	图 4-27 二烯烃、炔烃、醇类气体 导热系数	273
表 4-19 有机物的蒸发潜热	242	(2) 液体的导热系数	274
(2) 不同温度蒸发潜热	243		
图 4-18 蒸发潜热	243		
表 4-20 图4-18中的标号	244		

图 4-28 液体的导热系数	274
图 4-29 烷烃液体导热系数	275
图 4-30 烯烃、二烯烃、炔烃液体导热 系数	276
(3) 固体的导热系数	277
表 4-35 固体材料的导热系数	277
(4) Pr数	277
图 4-31 气体的Pr数	277
图 4-32 液体的Pr数	278
表 4-36 图4-32中的标号	278
1.4.13 扩散系数和Sc数	279
(1) 气体的扩散系数和Sc数	279
表 4-37 气体的自扩散系数	279
表 4-38 某些气体二组分扩散系数	279
表 4-39 一些物质在空气中扩散的Sc数	280
表 4-40 一些二组分气体扩散的Sc数	281
(2) 液体的扩散系数和Sc数	281
表 4-41 某些液体的自扩散系数	281
表 4-42 某些液体二组分扩散系数	281
表 4-43 某些液体的Sc数	282
1.4.14 表面张力	283
(1) 液体、液体混合物和溶液的表面张力	283
图 4-33 有机液体的表面张力	283
表 4-44 图4-33中的X和Y值	284
图 4-34 液体混合物的表面张力	285
图 4-35 有机同系物稀水溶液的表面 张力	285
表 4-45 图4-35曲线号所代表的 化合物	285
图 4-36 水溶液的表面张力	285
(2) 液体对空气的表面张力	286
表 4-46 液体对空气的表面张力	286
表 4-47 空气与水接触的表面张力	286
(3) 界面张力	287
图 4-37 有机液体与水的界面张力	287
图 4-38 有机液体中水的溶解度 与界面张力的关系	287
表 4-48 水银与几种物质的界面张力	287
1.4.15 热膨胀系数	287
表 4-49 某些液体的体胀系数	287
表 4-50 一些固体的体胀系数	288
表 4-51 一些固体的线胀系数	288
参考文献	288

1.5 常用物质的热力学及有关

性质

1.5.1 水和水蒸汽

(1) 水和水蒸汽图表

表 5-1 饱和水和饱和水蒸汽的 热力学性质 (一)	289
-------------------------------------	-----

表 5-2 饱和水和饱和水蒸汽的 热力学性质 (二)	290
-------------------------------------	-----

表 5-3 饱和水的物理参数	291
----------------------	-----

表 5-4 饱和水蒸汽的物理参数	292
------------------------	-----

表 5-5 未饱和水和过热水蒸汽的 比容和焓	293
---------------------------------	-----

图 5-1 水蒸汽的温-焓图	296
----------------------	-----

(2) 过热水蒸汽性质的状态图

图 5-2 过热水蒸汽的焓	297
---------------------	-----

图 5-3 过热水蒸汽的重度	297
----------------------	-----

图 5-4 过热水蒸汽的热容	298
----------------------	-----

图 5-5 过热水蒸汽的导热系数	298
------------------------	-----

图 5-6 过热水蒸汽的动力粘度	299
------------------------	-----

图 5-7 过热水蒸汽的Pr-t图	300
-------------------------	-----

1.5.2 空气

表 5-6 干空气的物理参数	300
----------------------	-----

图 5-8 空气的温-焓图	301
---------------------	-----

1.5.3 烟道气

表 5-7 烟道气的物理参数	302
----------------------	-----

1.5.4 低温介质和其他物质

表 5-8 氨的性质	302
------------------	-----

图 5-9 氨的温-焓图	303
--------------------	-----

表 5-9 氟里昂-11的性质	304
-----------------------	-----

图 5-10 氟里昂-11的压-焓图	304
--------------------------	-----

表 5-10 氟里昂-12的性质	305
------------------------	-----

图 5-11 氟里昂-12的压-焓图	306
--------------------------	-----

表 5-11 氟里昂-13的性质	307
------------------------	-----

图 5-12 氟里昂-13的压-焓图	307
--------------------------	-----

表 5-12 氟里昂-22的性质	308
------------------------	-----

图 5-13 氟里昂-22的压-焓图	309
--------------------------	-----

表 5-13 氟里昂-40的性质	310
------------------------	-----

图 5-14 氟里昂-40的压-焓图	310
--------------------------	-----

表 5-14 氟里昂-113的性质	311
-------------------------	-----

图 5-15 氟里昂-113的压-焓图	312
---------------------------	-----

表 5-15 氟里昂-114的性质	313
-------------------------	-----

图 5-16 氟里昂-114的压-焓图	313
---------------------------	-----

表 5-16 氟里昂-142的性质	314
-------------------------	-----

图 5-17 氟里昂-142的压-焓图	314	(5) 混合物的临界常数	343
图 5-18 甲烷的焓-熵图(低温段)	315	1.6.2 偏心因子、Riedel常数、势能常数	343
图 5-19 甲烷的焓-熵图(高温段)	316	(1) 偏心因子	343
图 5-20 乙烷的焓-熵图	317	(2) Riedel常数	344
图 5-21 乙烯的焓-熵图	318	(3) 势能常数	345
图 5-22 丙烷的焓-熵图(低温段)	319	1.6.3 沸点	346
图 5-23 丙烷的焓-熵图(高温段)	320	1.6.4 蒸气压	347
图 5-24 丙烯的焓-熵图(低温段)	321	(1) 纯液体的蒸气压	347
图 5-25 丙烯的焓-熵图(高温段)	322	(2) 与不凝性气体共存时的蒸气压	350
图 5-26 丁烷的焓-熵图	323	1.6.5 P-V-T关系	350
表 5-17 二氧化碳的性质	324	(1) 几种常用的状态方程式	350
图 5-27 二氧化碳的温-熵图	325	(2) 两参数的通用图	350
表 5-18 氯的性质	326	(3) Pitzer-Curl法	350
图 5-28 氯的压-焓图	327	(4) 液体的密度	351
图 5-29 氢的温-熵图(0~150K)	328	(5) 液体的体胀系数	359
表 5-19 标准氢($n\text{-H}_2$)的性质	329	1.6.6 热容和热焓	359
图 5-30 氢的温-熵图(130~300K)	329	(1) 气体的热容	359
表 5-20 饱和氮的性质	330	(1.1) 理想气体的热容	359
图 5-31 氮的温-熵图	330	(1.2) 真实气体的热容	361
图 5-32 氧的温-熵图	331	(2) 液体的热容	361
表 5-21 饱和氧的性质	332	(3) 热焓	365
图 5-33 氧-氮混合物的焓-浓图	332	(4) 固体在常温下的热容	374
图 5-34 氨-水的焓-浓图	333	1.6.7 蒸发潜热	375
图 5-35 盐酸-水的焓-浓图	334	(1) 正常沸点下的蒸发潜热	375
图 5-36 溴化锂水溶液的焓-浓图	335	(2) 蒸发潜热	376
1.5.5 载热体的性质	336	(3) 蒸发潜热与温度的关系	376
表 5-22 熔盐混合物的物理参数	336	1.6.8 熔融热	376
表 5-23 亚硝酸盐及硝酸盐混合物的熔点	336	1.6.9 升华热	377
图 5-37 熔盐混合物含水率与熔点的关系	336	1.6.10 溶解热	377
表 5-24 有机高温载热体的物性	337	1.6.11 生成热	377
表 5-25 熔融金属的物性	338	1.6.12 粘度	382
参考文献	339	(1) 气体粘度	382
1.6 物性的计算方法	340	(1.1) 低压纯气体粘度	382
1.6.1 临界性质	340	(1.2) 温度对低压气体粘度的影响	384
(1) 临界温度	340	(1.3) 压力对气体粘度的影响	384
(2) 临界压力	341	(1.4) 低压气体混合物的粘度	385
(3) 临界体积	341	(1.5) 高压气体混合物的粘度	386
(4) 临界压缩系数	343	(2) 液体粘度	386
		(2.1) 纯液体正常沸点下的粘度	386
		(2.2) 纯液体低于正常沸点时的粘度	387

(2.3) 纯液体高于正常沸点时的 粘度	387	(1) 气体	404
(2.4) 温度对液体粘度的影响	388	(1.1) 二元气体的扩散系数	404
(2.5) 压力对液体粘度的影响	389	(1.2) 压力对二元气体扩散系数的 影响	406
(2.6) 液体混合物的粘度	390	(1.3) 多组分气体的扩散系数	406
1.6.13 导热系数	392	(2) 液体	407
(1) 气体	392	(2.1) 无限稀释时二元液体的 扩散系数	407
(1.1) 低压气体导热系数	392	(2.2) 在混合溶剂的扩散系数	407
(1.2) 温度对低压气体导热系数的 影响	395	(2.3) 电解质溶液的扩散	408
(1.3) 压力对气体导热系数的影响	395	(3) Sc数	410
(1.4) 低压气体混合物的导热系数	396	1.6.15 表面张力	410
(1.5) 温度与压力对气体混合物 导热系数的影响	398	(1) 纯物质的表面张力	410
(2) 液体导热系数	399	(2) 表面张力随温度的变化	412
(2.1) 纯物质的液体导热系数	399	(3) 非水溶液混合物的表面张力	412
(2.2) 温度对液体导热系数的影响	400	(4) 含水溶液的表面张力	413
(2.3) 压力对液体导热系数的影响	401	参考文献	415
(2.4) 液体混合物的导热系数	401	附录	416
(3) 液-固悬浮体的导热系数	403	1. 风力等级与风速的关系	416
(4) 多孔介质的导热系数	403	2. 高压空气的饱和湿度	416
(5) Pr数	403	3. 希腊字母表	416
1.6.14 扩散系数	404	4. 元素周期表	插页

1.1 单 位 换 算

1.1.1 单 位 制

单位制是由一定数量的基本单位和导出单位组成。选用不同的一组基本单位为基础就构成不同的单位制。目前国际上采用的有米制和英制两大类。

米制体系中的力学单位制是由三个基本单位组成，它因单位选用的基础不同又可分为绝对单位制和重力单位制。绝对单位制是以长度、质量、时间三个为基本单位，而以力或重力为导出单位，常用的有厘米-克-秒制（CGS制）和米-公斤-秒制（MKS制）。重力单位制则以长度、力（或重力）、时间三个为基本单位，而以质量为导出单位，常用的有米-公斤（力）-秒制（MKfS制）。其他各学科如热力学、化学、电学、磁学、光学、声学等应用的单位制，都是由力学的三个基本单位再加上相应的基本单位扩展而成。

国际单位制（SI）是在米制的基础上逐步统一和简化而来的绝对单位制，适用于各个学科领域，我国将逐步过渡采用国际单位制。国际单位制是由七个基本单位和两个辅助单位组成；见表 1-1。十进倍数和分数的词冠，见表 1-2。化学工程中常用的有专门名称国际单位制的导出单位见表 1-3。1.1.2 的单位换算表中列出了SI单位与其他单位的换算关系。

表 1-1 国际单位制的基本单位和辅助单位

类别	物 理 量	单 位 名 称	单位代号
基 本 单 位	长 度	米 (meter)	m
	质 量	千克(kilogram) (公斤)	kg
	时 间	秒 (second)	s
	电 流 强 度	安培 (Ampere)	A
	热力学温度	开尔文 (Kelven)	K
	物质的量	摩尔 (mole)	mol
	发光强度	坎德拉 (candela)	cd
辅单 助位	平面角	弧度 (radian)	rad
	立体角	球面度 (steradian)	sr

注：表中单位各有其严格的定义与大小，规定的精度较高，详见文献[1]。

表 1-2 国际单位制用的十进词冠

倍 数	冠 词 名 称	代 号	分 数	冠 词 名 称	代 号
10^{12}	tera (太)	T	10^{-1}	deci (分)	d
10^9	giga (吉)	G	10^{-2}	centi (厘)	c
10^6	mega (兆)	M	10^{-3}	milli (毫)	m
10^3	kilo (千)	k	10^{-6}	micro (微)	μ
10^2	hecto (百)	h	10^{-9}	nano (纳)	n
10^1	deca (十)	da	10^{-12}	pico (皮)	p
			10^{-15}	femto (飞)	f
			10^{-18}	atto (阿)	a

表 1-3 化工常用国际单位制专门名称的导出单位

物理量	专门名称	专门符号	专门符号表示的单位	物理量	专门名称	专门符号	专门符号表示的单位
力	牛顿(Newton)	N		功率	瓦 (Watt)	W	J/s
压力	帕斯卡 (Pascal)	Pa	N/m ²	动力粘度	泊稷叶 (Poiseuille)	Pl	Pa·s或 N·s/m ²
功、能、热	焦耳 (Joule)	J	N·m				

至于英制体系也有绝对单位制和重力制之分, 详见文献[2], 其各单位与米制和国际单位制的换算关系, 见1.1.2的换算表。

1.1.2 单位换算表

表 1-4 长度单位换算

米 (m)	厘米 (cm)	英尺 (ft)	英寸 (in)	米 (m)	厘米 (cm)	英尺 (ft)	英寸 (in)
1	100	3.2808	39.37	0.3048	30.48	1	12
0.01	1	0.0328	0.3937	0.0254	2.54	0.0833	1

1 微米(μ) = 10^{-6} 米; 1 丝 = 0.1毫米; 1 密耳(mil) = 10^{-3} 英寸; 1 公里 = 2 市里; 1 市里 = 150 市丈 = 1500 市尺;
1 码 = 3 英尺 = 0.9144米; 1 米 = 3 市尺; 1 哩(国际)(n. mile) = 1852米

表 1-5 面积单位换算

米 ² (m ²)	厘米 ² (cm ²)	英尺 ² (ft ²)	英寸 ² (in ²)	米 ² (m ²)	厘米 ² (cm ²)	英尺 ² (ft ²)	英寸 ² (in ²)
1	10 ⁴	10.764	1550	0.0929	929	1	144
10 ⁻⁴	1	1.0764×10^{-3}	0.155	6.4516×10^{-4}	6.4516	6.944×10^{-3}	1

1 公里²(km²) = 100 公顷(ha) = 10⁴ 亩(a) = 10⁶ 米²; 1 公顷(ha) = 15 市亩 = 10 亩(东北); 1 英亩(acre) = 4047 米² = 43560 英尺²

表 1-6 体积和容积单位换算

米 ³ (m ³)	升(l)或 分米 ³ (dm ³)	英加仑 (Imp.gal)	美加仑 (U.S.gal)	英尺 ³ (ft ³)	英寸 ³ (in ³)
1	10 ³	220	264.2	35.315	61024
10 ⁻³	1	0.22	0.2642	0.0353	61.02
0.0045	4.546	1	1.201	0.1605	277.4
3.785×10^{-3}	3.785	0.8327	1	0.1337	231
0.0283	28.317	6.2288	7.4805	1	1728
1.64×10^{-6}	0.0164	3.605×10^{-3}	4.329×10^{-3}	5.787×10^{-4}	1

1 石油桶(bbl) = 35 英加仑 = 42 美加仑 = 158.99 升; 1 品脱(pint) = 8 英加仑 = 36.368 升; 1 美蒲式耳(U. S. bushel) = 9.309 美加仑; 1 英蒲式耳(Imp.bushel) = 8 英加仑

表 1-7 重量和质量单位换算

吨 (t)	公斤 (千克) (kg)	克 (g)	英 吨 ^① (tn)	美 吨 ^① (sh tn)	磅 (lb)
1	10^3	10^6	0.9842	1.1023	2204.6
10^{-3}	1	10^3	9.842×10^{-4}	1.1023×10^{-3}	2.2046
10^{-6}	10^{-3}	1	9.842×10^{-7}	1.1023×10^{-6}	2.2046×10^{-3}
1.0161	1016.1	1.0161×10^6	1	1.12	2240
0.9072	907.2	9.072×10^5	0.8929	1	2000
0.4536×10^{-3}	0.4536	453.6	4.464×10^{-4}	5×10^{-4}	1

1 斯勒格 (slug) = 32.174磅; 1 盎司 (oz) = 1/12磅 = 28.35克; 1 克拉 (carat) = 200毫克; 1 格令 (grain) = 64.8毫克; 1 市担 = 100市斤; 1 公斤 = 2 市斤 = 20市两; 1 吨 = 10公担 (q) = 20市担 = 2000市斤

① 英吨又名长吨 (long ton); 美吨又名短吨 (short ton)。

表 1-8 力 单 位 换 算

牛 顿 (N)	公 斤 (kg)	达 因 (dyn)	磅 (lb)	磅 达 (pdl)
1	0.102	10^5	0.2248	7.233
9.807	1	9.807×10^5	2.2046	70.93
10^{-5}	1.02×10^{-6}	1	2.248×10^{-6}	7.233×10^{-6}
4.448	0.4536	4.448×10^5	1	32.174
0.1383	1.41×10^{-2}	1.383×10^4	3.108×10^{-2}	1

1 斯坦 (sthène) (sn) = 1000牛顿 = 102公斤

注: 有些国家用kp (kilopond) 作为力的一种单位, 1 kp = 1 公斤。

表 1-9 密度和重度单位换算

克/厘米 ³ (g/cm ³) 或 吨/米 ³ (t/m ³)	公斤/米 ³ (kg/m ³) 或 克/升 (g/l)	磅/英寸 ³ (lb/in ³)	磅/英尺 ³ (lb/ft ³)	磅/英加仑 (lb/Brit. gal)	磅/美加仑 (lb/U.S. gal)
1	10^3	3.613×10^{-2}	62.43	10.02	8.345
10^{-3}	1	3.613×10^{-5}	6.243×10^{-2}	1.002×10^{-2}	8.345×10^{-3}
27.68	2.768×10^4	1	1728	277.42	231
1.602×10^{-2}	16.02	5.787×10^{-4}	1	0.1605	0.1337
9.98×10^{-3}	99.8	3.6×10^{-3}	6.229	1	0.8327
0.1198	119.8	4.329×10^{-3}	7.48	1.201	1

表 1-10 比重、波美度和API度对照

$$\text{波美度 } (^{\circ}\text{Bé}) = 145 - \frac{145}{\text{比重}}$$

(比水重时)

$$\text{API度 } (^{\circ}\text{API}) = \frac{141.5}{\text{比重}} - 131.5$$

$$\text{波美度 } (^{\circ}\text{Bé}) = \frac{140}{\text{比重}} - 130$$

(比水轻时)

比重d 60°/60°	°Bé	°API	比重d 60°/60°	°Bé	°API	比重d 60°/60°	°Bé	°API	比重d 60°/60°	°Bé	°API
0.600	103.33	104.33	0.700	70.00	70.64	0.800	45.00	45.38	0.900	25.56	25.72
0.605	101.40	102.38	0.705	68.58	69.21	0.805	43.91	44.28	0.905	24.70	24.85
0.610	99.51	100.47	0.710	67.18	67.80	0.810	42.84	43.19	0.910	23.85	23.99
0.615	97.64	98.58	0.715	65.80	66.40	0.815	41.78	42.12	0.915	23.01	23.14
0.620	95.81	96.73	0.720	64.44	65.03	0.820	40.73	41.06	0.920	22.17	22.30
0.625	94.00	94.90	0.725	63.10	63.67	0.825	39.70	40.02	0.925	21.35	21.47
0.630	92.22	93.10	0.730	61.78	62.34	0.830	38.67	38.98	0.930	20.54	20.65
0.635	90.47	91.33	0.735	60.48	61.02	0.835	37.66	37.96	0.935	19.73	19.84
0.640	88.75	89.59	0.740	59.19	59.72	0.840	36.67	36.95	0.940	18.94	19.03
0.645	87.05	87.88	0.745	57.92	58.43	0.845	35.68	35.96	0.945	18.15	18.24
0.650	85.38	86.19	0.750	56.67	57.17	0.850	34.71	34.97	0.950	17.37	17.45
0.655	83.74	84.53	0.755	55.43	55.92	0.855	33.74	34.00	0.955	16.60	16.67
0.660	82.12	82.89	0.760	54.21	54.68	0.860	32.79	33.03	0.960	15.83	15.90
0.665	80.53	81.28	0.765	53.01	53.47	0.865	31.85	32.08	0.965	15.08	15.13
0.670	78.96	79.69	0.770	51.82	52.27	0.870	30.92	31.14	0.970	14.33	14.38
0.675	77.41	78.13	0.775	50.65	51.08	0.875	30.00	30.21	0.975	13.59	13.63
0.680	75.88	76.59	0.780	49.49	49.91	0.880	29.09	29.30	0.980	12.86	12.89
0.685	74.38	75.07	0.785	48.34	48.75	0.885	28.19	28.39	0.985	12.13	12.15
0.690	72.90	73.57	0.790	47.22	47.61	0.890	27.30	27.49	0.990	11.41	11.43
0.695	71.44	72.10	0.795	46.10	46.49	0.895	26.42	26.60	0.995	10.70	10.71
									1.000	10.00	10.00

表 1-11 压力单位换算

牛顿/米 ² (N/m ²) 或帕斯卡 (Pa)	巴 (bar)	公斤/厘米 ² (kg/cm ²) 或工程大气压 (at)	磅/英寸 ² (lb/in ²)	大气压 (atm) (标准大 气压)①	毫米汞柱 (0℃) (mmHg)	英寸汞柱 (0℃) (in Hg)	毫米水柱 (15℃) (mmH ₂ O)	英寸水柱 (15℃) (inH ₂ O)
1	10 ⁻⁵	1.02 × 10 ⁻⁵	1.45 × 10 ⁻⁴	9.869 × 10 ⁻⁶	7.501 × 10 ⁻³	2.953 × 10 ⁻⁴	0.1021	4.018 × 10 ⁻³
10 ⁵	1	1.020	14.5	0.9869	750.1	29.53	1.021 × 10 ⁴	401.8
9.807 × 10 ⁴	0.9807	1	14.22	0.9678	735.6	28.96	1.001 × 10 ⁴	394.1
6.895 × 10 ³	6.895 × 10 ⁻²	7.031 × 10 ⁻²	1	6.805 × 10 ⁻²	51.71	2.036	7.037 × 10 ²	27.7
1.013 × 10 ⁵	1.013	1.033	14.7	1	760	29.92	1.034 × 10 ⁴	407.2
1.333 × 10 ²	1.333 × 10 ⁻³	1.36 × 10 ⁻³	1.934 × 10 ⁻²	1.316 × 10 ⁻³	1	3.937 × 10 ⁻²	13.61	0.5357
3.386 × 10 ³	3.386 × 10 ⁻²	3.453 × 10 ⁻²	0.4912	3.342 × 10 ⁻²	25.4	1	3.456 × 10 ²	13.61
9.798	9.798 × 10 ⁻⁵	9.991 × 10 ⁻⁵	1.421 × 10 ⁻³	9.67 × 10 ⁻⁵	7.349 × 10 ⁻²	2.893 × 10 ⁻³	1	3.937 × 10 ⁻²
2.489 × 10 ³	2.489 × 10 ⁻³	2.538 × 10 ⁻³	3.609 × 10 ⁻²	2.456 × 10 ⁻³	1.867	7.349 × 10 ⁻²	25.4	1

1 达因/厘米²(dyn/cm²) = 1 巴利(barye) = 1 微巴(μbar) = 10⁻⁶巴(bar)1 毫米水柱(mmH₂O)(4℃) = 1 公斤/米²(kg/m²)

1 毫米汞柱(mmHg)(0℃) = 1 托(Torr)

1 磅达/英尺²(pdl/ft²) = 1.488 牛顿/米²(N/m²)

① 标准大气压即物理大气压。

表 1-12 体积流率单位换算

米 ³ /时 (m ³ /h)	米 ³ /分 (m ³ /min)	米 ³ /秒 (m ³ /s)	英尺 ³ /时 (ft ³ /h)	英尺 ³ /秒 (ft ³ /s)	英加仑/分 (Imp.gal/min)	美加仑/分 (U.S.gal/min)
1	1.667×10^{-2}	2.778×10^{-4}	35.31	9.81×10^{-3}	3.666	4.403
60	1	1.667×10^{-2}	2.119×10^3	0.5886	2.1998×10^2	2.642×10^2
3.6×10^3	60	1	1.271×10^5	35.31	1.32×10^4	1.585×10^4
2.832×10^{-2}	4.72×10^{-4}	7.866×10^{-6}	1	2.778×10^{-4}	0.1038	0.1247
1.019×10^2	1.699	2.832×10^{-2}	3.6×10^3	1	3.737×10^2	4.488×10^2
0.2728	4.546×10^{-3}	7.577×10^{-5}	9.632	2.676×10^{-3}	1	1.201
0.2271	3.785×10^{-3}	6.309×10^{-5}	8.021	2.228×10^{-3}	0.8327	1

表 1-13 重量和质量流率单位换算

公斤/秒 (kg/s)	公斤/时 (kg/h)	磅/秒 (lb/s)	磅/时 (lb/h)	吨/日 (t/day)	吨/年 (8000小时) (t/y)
1	3.6×10^3	2.205	7.937×10^3	86.4	2.88×10^4
2.778×10^{-4}	1	6.124×10^{-4}	2.205	2.4×10^{-2}	8
0.4536	1.633×10^3	1	3.6×10^3	39.19	1.306×10^4
1.26×10^{-4}	0.4536	2.778×10^{-4}	1	1.089×10^{-2}	3.629
1.157×10^{-2}	41.67	0.2552	9.186×10^4	1	3.333×10^2
3.472×10^{-5}	0.125	7.656×10^{-5}	0.2756	3×10^{-3}	1

表 1-14 动力粘度(粘度)单位换算

公斤·秒/米 ² (kg·s/m ²)	牛顿·秒/米 ² (N·s/m ²) 或帕·秒 (Pa·s)	泊 (P) 或 克/(厘米·秒) [g/(cm·s)]	厘泊 (cP)	磅·秒/英尺 ² (lb·s/ft ²)
1	9.81	98.1	9.81×10^3	0.205
0.102	1	10	10^3	20.9×10^{-3}
1.02×10^{-2}	0.1	1	10^2	20.9×10^{-4}
1.02×10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	1	2.09×10^{-5}
4.88	47.88	478.8	4.788	1

1 达因·秒/厘米²(dyn·s/cm²) = 1 泊(P); 1 牛顿·秒/米²(N·s/m²) = 1 公斤(质)/米·秒[kg_m/(m·s)] = 3600 公斤(质)/米·时[kg_m/(m·h)]

表 1-15 运动粘度单位换算

厘米 ² /秒 (cm ² /s)或沱 ^① (st)	米 ² /秒 (m ² /s)	米 ² /时 (m ² /h)	英尺 ² /秒 (ft ² /s)	英尺 ² /时 (ft ² /h)
1	10^{-4}	0.36	1.076×10^{-3}	3.875
10^4	1	3.6×10^3	10.76	3.875×10^4
2.778	2.778×10^{-4}	1	2.99×10^{-3}	10.76
929	9.29×10^{-2}	3.346×10^2	1	3.6×10^3
0.258	2.58×10^{-5}	9.29×10^{-2}	2.78×10^{-4}	1

1 厘沱(cSt) = 10^{-2} 沱(St)

① 沱是斯托克斯(Stokes)的习惯称呼。

表 1-16 功、能和热量单位换算

焦耳 (J)	公斤·米 (kg·m)	公制马力·时 (PS·h)	英制马力·时 (HP·h)	千瓦·时 (kW·h)	千卡 (kcal)	英热单位 (Btu)	英尺·磅 (ft·lb)
1	0.102	3.777×10^{-7}	3.725×10^{-7}	2.778×10^{-7}	2.39×10^{-4}	9.478×10^{-4}	0.7376
9.807	1	3.704×10^{-6}	3.653×10^{-6}	2.724×10^{-6}	2.342×10^{-3}	9.295×10^{-3}	7.233
2.648×10^6	2.7×10^5	1	0.9863	0.7355	632.5	2510	1.953×10^6
2.685×10^6	2.738×10^5	1.014	1	0.7457	641.2	2544.4	1.98×10^6
3.6×10^6	3.671×10^5	1.36	1.341	1	859.8	3412	2.655×10^6
4187	426.9	1.581×10^{-3}	1.559×10^{-3}	1.163×10^{-3}	1	3.968	3.087×10^3
1055	107.6	3.985×10^{-4}	3.93×10^{-4}	2.93×10^{-4}	0.252	1	778.2
1.356	0.1383	5.121×10^{-7}	5.05×10^{-7}	3.768×10^{-7}	3.24×10^{-4}	1.285×10^{-3}	1

1 焦耳(J) = 1 牛顿·米(N·m) = 1 瓦·秒(W·s) = 10^7 尔格(erg); 1 尔格(erg) = 1 达因·厘米(dyn·cm) = 10^{-7} 焦耳;
1 英尺·磅达(ft·pdl) = 4.214×10^{-2} 焦耳 = 4.297×10^{-3} 公斤·米; 1 摄氏热单位(Chu) = 1.8 英热单位(Btu)

表 1-17 功率单位换算

瓦 (W)	千瓦 (kW)	公制马力 (PS)	英制马力 (HP)	公斤·米/秒 (kg·m/s)	千卡/秒 (kcal/s)	英热单位/秒 (Btu/s)	英尺·磅/秒 (ft·lb/s)
1	10^{-3}	1.36×10^{-3}	1.341×10^{-3}	0.102	2.39×10^{-4}	9.478×10^{-4}	0.7376
10^3	1	1.36	1.341	102	0.239	0.9478	737.6
735.5	0.7355	1	0.9863	75	0.1757	0.6972	542.5
745.7	0.7457	1.014	1	76.04	0.1781	0.7068	550
9.807	9.807×10^{-3}	1.333×10^{-2}	1.315×10^{-2}	1	2.342×10^{-3}	9.295×10^{-3}	7.233
4187	4.187	5.692	5.614	426.9	1	3.968	3087
1055	1.055	1.434	1.415	107.6	0.252	1	778.2
1.356	1.356×10^{-3}	1.843×10^{-3}	1.82×10^{-3}	0.1383	3.24×10^{-4}	1.285×10^{-3}	1

1 瓦(W) = 1 焦耳/秒(J/s) = 1 牛顿·米/秒(N·m/s); 1 尔格/秒(erg/s) = 10^{-7} 瓦(W); 1 英尺·磅达/秒(ft·pdl/s) = 0.04214 牛顿·米/秒(N·m/s)

表 1-18 热容(比热)单位换算

焦耳/公斤·K [J/(kg·K)]	焦耳/克·℃ [J/(g·℃)]	千卡/公斤·℃ [kcal/(kg·℃)]	英热单位/磅·°F [Btu/(lb·°F)]	摄氏热单位/磅·℃ [Chu/(lb·℃)]	公斤·米/公斤·℃ [kg·m/(kg·℃)]
1	10^3	2.389×10^2	2.389×10^2	2.389×10^2	1.02×10^5
10^{-3}	1	0.2389	0.2389	0.2389	1.02×10^2
4.187×10^{-3}	4.187	1	1	1	4.269×10^2
9.807×10^{-6}	9.807×10^{-3}	2.342×10^{-3}	2.342×10^{-3}	2.342×10^{-3}	1

表 1-19 导热系数单位换算

千卡/米·时·℃ [kcal/(m·h·℃)]	卡/厘米·秒·℃ [cal/(cm·s·℃)]	瓦/米·K [W/(m·K)]	焦耳/厘米·秒·℃ [J/(cm·s·℃)]	英热单位/英尺·时·°F [Btu/(ft·h·°F)]
1	2.78×10^{-3}	1.16	1.16×10^{-2}	0.672
360	1	418.7	4.187	242
0.8598	2.39×10^{-3}	1	10^{-2}	0.578
85.98	0.239	100	1	57.8
1.49	4.13×10^{-3}	1.73	1.73×10^{-2}	1