

第二版

化工容器及设备 简明设计手册

贺匡国 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

化工容器及设备简明设计手册

第 二 版

贺匡国 主编

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化工容器及设备简明设计手册/贺匡国主编. —2 版.
北京:化学工业出版社,2002.4
ISBN 7-5025-3732-5

I. 化… II. 贺… III. 容器-化工设备-设计-手册 IV. TQ053-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 014637 号

化工容器及设备简明设计手册

第二版

贺匡国 主编

责任编辑:孙世斌

责任校对:顾淑云

封面设计:蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(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

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 72 $\frac{3}{4}$ 字数 2556 千字

2002 年 8 月第 2 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3732-5/TH·101

定 价:140.00 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

再 版 前 言

作为设计手册，引用了有关标准的数据、图表、计算方法与规范条款等，而这些内容在相隔一定时间后随着标准的修订而有所更动，因此本版手册除保留原有的格式体例之外，主要是更换标准，尽可能按新标准或现用标准予以改写。但是，由于各种标准再版无定期，编者脱稿时间又先后不一，已编入的标准未免尚有新版，请读者见谅。

此外，本版手册对近年来已通用的某些技术资料与设计方法作了适当补充、增新，如压力容器分析设计、焊接材料、高压容器紧固件等；对较为复杂的计算，或在常用手册中可以方便查到的有关内容作一些删减，如管板计算、常用数学公式等。

本版编者，除少数章节增加大连大学黄静外，其余均同第一版。

本版虽然有了一些改进，但还会有不足，请读者批评指正。

编者

2002 年 1 月

前 言

1980年余国琮教授主编的《化工容器及设备》一书出版以后,部分兄弟院校师生认为化工机械和与其相近的专业,在校期间都需要进行课程设计和毕业设计训练,而专业教材又不宜列入大量的设计资料,亟需要一本综合性的常用设计手册作为参考书,以避免设计时查找各种手册的困难。为此,由大连工学院、青岛化工学院和南京化工学院三校联合编写,并由大连理工大学贺匡国教授担任主编。

本手册以简明实用,方便学生为编写原则。在选择内容时以满足大专学生所需之实用设计资料为主,同时亦考虑到工厂、设计部门等广大工程技术人员的需要。在编写方式上省略理论阐述,突出资料的使用要点,多编例题及结构示例,全部采用表格形式表述基本知识、构造材料、设计数据、计算公式、结构图形、标准系列与规格规定等内容。各章相对独立,目录和参考书编列在每章首尾,以便查阅。

参加本手册编写的有:大连工学院丁信伟、刁玉玮、卢瑱;青岛化工学院张石铭、高慎玉、刘建平;南京化工学院桑芝富、黄振仁、潘虎。全书经华东化工学院教授呈泽炜、石油化工规划院副总工程师、高级工程师袁宗虞详细审阅,逐章提出修改和补充的宝贵意见。

因限于编者水平,虽经多次编写工作会议和审稿会讨论,但不当之处和缺点错误在所难免,热诚希望读者批评指正。谢谢。

编者
1986年8月

目 录

1. 化工容器及设备设计概要	1
2. 计量单位及单位换算	4
3. 常用数学公式及图形几何性质	14
4. 化工物性数据	28
5. 常用机械标准	61
6. 钢的基本知识	96
7. 常用金属材料	117
8. 常用非金属材料	152
9. 材料的耐腐蚀性能及防护	165
10. 钢制压力容器的焊接	181
11. 压力容器的设计参数	245
12. 梁、板、壳的应力与变形	264
13. 内压圆筒与封头设计	309
14. 外压圆筒与封头设计	350
15. 大型卧式容器设计	375
16. 高型直立容器设计	391
17. 容器应力分析设计法介绍	439
18. 厚壁容器设计	447
19. 高压密封及紧固件设计	490
20. 法兰密封设计	517
21. 开孔及补强	575
22. 容器支座	603
23. 人孔、手孔、视镜、接管、凸缘、液面计	644
24. 化工管道、管件及阀门	769
25. 管壳式换热器	829
26. 紧凑式换热器	891
27. 塔器	909
28. 立式搅拌反应釜	995
29. 设备与管道保温	1070
30. 钢制压力容器无损检测	1080
31. 技术要求的图面表达	1124
32. 容器及设备制造技术条件	1136

化工容器及设备设计概要

1

潘 虎

- 1-1 化工容器及设备分类
- 1-2 设计要求
- 1-3 设计概要
- 1-4 设计可行性论证
- 1-5 最佳设计与标准化

1-1 化工容器及设备分类

按化工单元过程分类	按压力容器分类	按安全技术监督管理分类	按结构材料分类
1. 换热设备 2. 蒸发设备 3. 分离设备 4. 干燥设备 5. 结晶设备 6. 沉降设备 7. 除尘设备 8. 反应设备 9. 储存设备	1. 超高压容器(≥ 100 MPa) 2. 高压容器(10~100 MPa) 3. 中压容器(1.6~10 MPa) 4. 低压容器(0.1~1.6 MPa) 5. 常压容器(< 0.1 MPa) 6. 真空容器(负压)	1. 第一类压力容器(低压容器) 2. 第二类压力容器(中压容器;易燃或有毒介质的低压容器) 3. 第三类压力容器(高压容器;易燃或有毒介质的中压容器;较大型剧毒和高毒介质的低压容器)	1. 金属设备 2. 非金属设备 3. 搪瓷设备 4. 衬里设备

1-2 设计要求

化工生产过程往往是在一定温度及一定压力下进行的,加之所处理的介质又常具有易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的特点,操作条件千差万别,使得化工容器及设备的结构也多种多样,且多是非定型设备而需逐台进行设计。

设计一台具体的化工设备或容器,必须全面考虑设计对象的工况条件,使其有:

1. 总体结构合理、符合工艺要求、高效、可靠、经济;
2. 保证受压元件强度、刚度或稳定性,密封良好,使用期内具有安全寿命;
3. 力求制造、运输、安装、维修简便,易于实现质量监检与控制;
4. 符合国家设计规定和标准,符合劳动部门法规。

1-3 设计概要

1. 化工过程设计

由设备或容器所担负的化工生产任务,按化工单元过程和原理决定设备或容器的工艺尺寸。

2. 结构设计

根据设备或容器的原始设计依据,确定合理的结构。

在选择合理的结构时应考虑以下几点:

- (1) 操作条件与工况;
- (2) 介质特性;
- (3) 构造材料的性能;
- (4) 标准化要求;
- (5) 制造的现实性与质量检验;
- (6) 运输方式;
- (7) 安装顺序;
- (8) 维护与修理。

3. 强度、稳定性及密封设计

根据设计条件及所选的结构、材料进行强度、稳定性及密封计算,以确定设备或容器的机械尺寸。

通过计算,常会对结构加以修改,使之更加合理。

4. 施工图设计

根据设计计算的结果,绘制施工图,确定制造技术要求,提出各零部件重量(质量)及设备总重、材料品种、规格、用量及标准件、外购件等。

5. 编写技术文件

- (1) 计算书;
- (2) 设计说明书,内容应包含技术经济分析,并表明技术经济指标:单位生产能力与消耗系数;材料消

耗与成本；维护管理费用；

(3) 设计图纸。

1-4 设计可行性论证

设备或容器设计的可行性分析应就以下诸方面论证：

1. 任务来源、目的与意义；
2. 设计对象在国内外的现状及发展；
3. 结构合理性、技术指标、技术可行性、技术关键；
4. 原材料来源及价格；
5. 制造工艺、运输、安装、维护、管理的特殊要求；
6. 技术经济分析，产品成本与投资。

1-5 最佳设计与标准化

把物质资源转变为一种新的产品或是形成一种有效的服务能力要取决于多方面因素的有机结合，如科研成果，技术发明，材料，人力和资金等。广义地说，设计过程就是这种有机结合的媒介。

设计是一种富有创造性的劳动，对于工程师可以说是最令人满意和最有价值的实践活动。根据设计任务的特定要求，收集相关的现有数据资料，从而形成通常是几个可行的设计方案，最后经过评价和选择确定出“最佳”设计。

设计工程师在寻求“最佳”设计时，要受到很多因素的约束，这些约束因素来自各个方面，有些因素是硬性、固定不变的，如材料性能等自然规律；安全生产的政府法令、法规；技术部门的标准规范等等，这些不能由设计者变通的约束因素可以称之为外部约束条件。另外还有一些影响设计的因素则不是一成不变的，设计者根据具体情况可以去控制，把某些条件放宽一些，正是设计者的这些自由才可能使他在寻求“最佳”设计的努力中去发挥其创造性才能，这些由设计者能在一定程度上控制的设计约束条件可以称为内部约束条件，如设计方法，材料选择，结构方案，成本，时间安排等，如图 1-1。

设计者得到的设计任务书，即设备规格书应当是尽可能完整而且是毫不含糊的，特别是对于来自外专业的设计条件，则应该探明其真正的需求，分清真正的需要和愿望是很重要的，所谓愿望就是最初的规定要求中被认为是最理想的部分，随着设计的进行可能被证明是不切实际的或是没有必要的，从而根据需要可以协商改变某些要求。

当设计者向其他人提出规格书时，如向采购部门，也应该知道这是在向另外的设计者施加约束条件，因此要求这种约束条件也应该是一个严密的，经过周密思考的和多方面的规格要求。

设计过程中的创造性部分就是对设计任务满足目标要求的前提下提出可行的设计方案，以便进行分析、评价和选择。

这当中，设计工程师主要应依靠自己的，并善于借鉴他人的以往设计经验。一个设计不太可能是全新的，通常有许多先例可以参考，一个有经验的工程师能够得心应手地选择经过实践考验的方案，而不大可能也没有必要试图去做出未经试验的、一鸣惊人的全新设计。所谓“最佳”设计也是在一定条件下，相对其他方案能更好满足工艺要求且较易实现的设计方案。

标准化为设计带来很多方便，同时也给设计者强加了某些约束，设计计算再经圆整后，一般选用与其最接近的标准尺寸，但这并非最佳尺寸，但采用标准尺寸相对便宜，便于维护更换，从成本角度看，这就是最好的选择。

化工容器与设备的设计是一个专业，要求设计工程师既懂化工，又是机械设计的行家，通晓有关现行国家法令、设计标准与规范，具有丰富的设计、制造、使用和维护的工程实践经验。

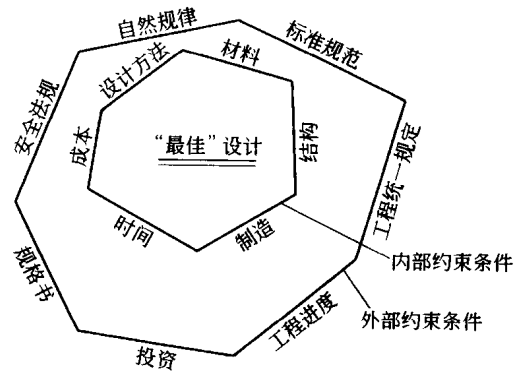


图 1-1 设计的约束条件

计量单位及单位换算

2

黄 振 仁

2-1 法定计量单位

2-2 常用计量单位及换算关系

2-3 不同单位制换算表

- | | |
|----------|----------------|
| 1. 长度 | 13. 压力、应力 |
| 2. 质量 | 14. 能、功、热量 |
| 3. 时间 | 15. 功率 |
| 4. 物质的量 | 16. 动力粘度 |
| 5. 面积 | 17. 表面张力 |
| 6. 体积、容积 | 18. 热容、熵 |
| 7. 速度 | 19. 比体积 |
| 8. 密度 | 20. 比热容、比焓 |
| 9. 体积流量 | 21. 扩散系数 |
| 10. 质量流量 | 22. 导热系数 (热导率) |
| 11. 力 | 23. 传热系数 |
| 12. 力矩 | |

主要参考资料

2-1 法定计量单位

我国的法定计量单位是以国际单位制（SI制）为基础的。

法定计量单位（可简称法定单位）包括：国际单位制的基本单位和辅助单位（见表2-1）；国际单位制中具有专门名称的导出单位、国家选定的非国际单位制单位；由以上单位构成的组合形式的单位；由词头和以上单位所构成的十进倍数和分数单位（词头见表2-2）。

表 2-1 国际单位制的基本单位
和辅助单位^[1]

项目	量的名称	单位名称	单位符号
基本单位	长度	米	m
	质量	千克（公斤）	kg
	时间	秒	s
	电流	安〔培〕	A
	热力学温度	开〔尔文〕	K
	物质的量	摩〔尔〕	mol
	发光强度	坎〔德拉〕	cd
辅助单位	平面角	弧度	rad
	立体角	球面度	sr

注：1. [] 中的字在不会导致误解的场合可以省略。

2. () 中的名称，是它前面的同义词，下同。

表 2-2 用于构成十进倍数和
分数单位的词头^[1]

表示的 因数	词头 名称	词头 符号	表示的 因数	词头 名称	词头 符号
10^{18}	艾〔可萨〕	E	10^{-1}	分	d
10^{15}	拍〔它〕	P	10^{-2}	厘	c
10^{12}	太〔拉〕	T	10^{-3}	毫	m
10^9	吉〔咖〕	G	10^{-6}	微	μ
10^6	兆	M	10^{-9}	纳〔诺〕	n
10^3	千	K	10^{-12}	皮〔可〕	p
10^2	百	h	10^{-15}	飞〔母托〕	f
10^1	十	da	10^{-18}	阿〔托〕	a

注：[] 中的字在不会导致误解的场合可省略。

2-2 常用计量单位及换算关系^[2]

量 名	单位名称	单位符号	换算关系及说明
长度	米	m	
面积	平方米	m ²	
体积	立方米	m ³	
	* 升	L(l)	
质量	克	g	10^{-3}kg
	千克	kg	
	* 吨	t	10^3kg
	原子质量单位	u	$1\text{u} = 1.6605655 \times 10^{-27}\text{kg}$
体积质量	克每立方厘米	g/cm ³	$1\text{g/cm}^3 = 10^3\text{kg/m}^3$
	千克每立方米	kg/m ³	
[质量]密度	* 千克每升	kg/L	$1\text{kg/L} = 10^3\text{kg/m}^3$
平面角	弧度	rad	$1\text{rad} = 57^\circ 17' 45'' (\triangle^\circ, ', '')$
速度	米每秒	m/s	
加速度	米每二次方秒	m/s ²	
角速度	弧度每秒	rad/s	
转速	* 转每分	r/min	$1\text{r/min} = \pi/30 \text{ rad/s}$
角加速度	弧度每二次方秒	rad/s ²	
频率	赫〔兹〕	Hz(1/s)	
力,重力	牛〔顿〕	N	$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$
	△ 千克力	kgf	$1\text{kgf} = 9.80665\text{N} \approx 10\text{N}$
	△ 达因	dyn	$1\text{dyn} = 10^{-5}\text{N}$

续表

量 名	单位名称	单位符号	换算关系及说明
力矩	牛[顿]米 △千克力米	N·m kgf·m	$1\text{kgf}\cdot\text{cm} = 9.80665 \times 10^{-2}\text{N}\cdot\text{m} \approx 10^{-1}\text{N}\cdot\text{m}$
功与能[量]	焦[耳] △千克力米 △千瓦[特]小时	J kgf·m kW·h	$1\text{kgf}\cdot\text{m} = 9.80665\text{J} \approx 10\text{J}$ $1\text{kW}\cdot\text{h} = 3.671 \times 10^3\text{kgf}\cdot\text{m} = 3.6 \times 10^6\text{J}$
功率	瓦[特] △千克力米每秒 △千瓦特 △马力	W kgf·m/s kW ps	$1\text{W} = 1\text{J/s}$ $1\text{kgf}\cdot\text{m/s} = 9.80665\text{W} \approx 10\text{W}$ $1\text{kW} = 10^3\text{W} = 102\text{kgf}\cdot\text{m/s} = 1.36\text{ps}$ $1\text{ps} = 735.49875\text{W} = 75\text{kgf}\cdot\text{m/s}$
转动惯量	千克二次方米	kgm ²	
温度	开[尔文](T) 摄氏度(t) △华氏度(θ)	K ℃ °F	$1\text{K} = 1^\circ\text{C}$ $\theta = t \times \frac{9}{5} + 32, t = (\theta - 32) \times \frac{5}{9}$
体积流量 质量流量	立方米每秒 千克每秒	m ³ /s kg/s	
压力与应力	帕[斯卡] △千克力/毫米 ² △工程大气压 △标准大气压 △巴 △托 △毫米水柱	Pa kgf/mm ² at atm bar torr mmH ₂ O	$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ $1\text{kgf/mm}^2 \approx 10^7\text{Pa} \approx 10\text{MPa}$ $1\text{at} = 1\text{kgf/cm}^2 = 9.80665 \times 10^4\text{Pa} \approx 0.1\text{MPa}$ $1\text{atm} = 1.01325 \times 10^5\text{Pa} \approx 10^5\text{Pa}$ $1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$ $1\text{torr} = 133.322\text{Pa} \approx 133\text{Pa}$ $1\text{mmH}_2\text{O} = 9.80665\text{Pa} \approx 10\text{Pa} = 10^{-4}\text{bar}$
(动力)粘度	帕[斯卡]秒 △千克力秒/米 ² △泊	Pa·s kgf·s/m ² P	$1\text{Pa}\cdot\text{s} = 1\text{N}\cdot\text{s/m}^2$ $1\text{kgf}\cdot\text{s/m}^2 = 9.80665\text{Pa}\cdot\text{s} \approx 10\text{Pa}\cdot\text{s}$ $1\text{P} = 0.1\text{Pa}\cdot\text{s}$
运动粘度	二次方米每秒 △斯托克斯	m ² /s St	$1\text{St} = 1\text{cm}^2/\text{s} = 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$
热量	焦[耳] △卡	J cal	$1\text{cal} = 4.1868\text{J} = 0.42645\text{kgf}\cdot\text{m} \approx 4.2\text{J}$
质量热容 (比热容)	焦[耳]每千克开[尔文] △千卡每千克·开	J/(kg·K) kcal/(kg·K)	$1\text{kcal/kg}\cdot\text{K} = 4.1868 \times 10^3\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
传热系数 导热系数	瓦[特]每平方米开[尔文] △卡/平方厘米秒开[尔文] 瓦[特]每米开[尔文] △卡每厘米秒开[尔文]	W/(m ² ·K) cal/(cm ² ·s·K) W/(m·K) cal/(cm·s·K)	$1\text{cal}(\text{cm}^2\cdot\text{s}\cdot\text{K}) = 4.1868 \times 10^4\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ $1\text{cal}/(\text{cm}\cdot\text{s}\cdot\text{K}) = 4.1868 \times 10^2\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

注：单位名称前有“△”者为非法定单位，列此为便于使用旧的资料时进行单位换算；有“*”者为法定单位中的非国际单位制单位；[]中的字在不会导致误会的场合可略去。

2-3 不同单位制换算表^[3]

1. 长度

米(SI) m	厘米 cm	毫米 mm	英尺 ft	英寸 in	码 yd
1	1.0×10^2	1.0000×10^3	3.28084	3.93701×10	1.09361
1.0000×10^{-2}	1	1.0000×10	3.28084×10^{-2}	3.93701×10^{-1}	1.09361×10^{-2}
1.0000×10^{-3}	1.0000×10^{-1}	1	3.28084×10^{-3}	3.93701×10^{-2}	1.09361×10^{-3}
3.0480×10^{-1}	3.0480×10	3.0480×10^2	1	1.2000×10	3.3333×10^{-1}
2.5400×10^{-2}	2.5400	2.5400×10	8.3333×10^{-2}	1	2.7778×10^{-2}
9.1440×10^{-1}	9.1440×10	9.1440×10^2	3.0000	3.6000×10	1

2. 质量

千克(SI) kg	克 g	毫克 mg	吨(英) (长吨)	吨(美) (短吨)	吨 t	磅 lb
1	1.0000×10^3	1.0000×10^6	9.84251×10^{-4}	1.102×10^{-3}	1.0000×10^{-3}	2.20462
1.0000×10^{-3}	1	1.0000×10^3	9.84251×10^{-7}	1.102×10^{-6}	1.0000×10^{-6}	220462×10^{-3}
1.0000×10^{-6}	1.0000×10^{-3}	1	9.84251×10^{-10}	1.102×10^{-9}	1.0000×10^{-9}	2.20462×10^{-6}
1.016×10^3	1.016×10^6	1.016×10^9	1	1.120	1.0166	2.240×10^3
9.0718×10^2	9.0718×10^5	9.0718×10^8	8.9289×10^{-1}	1	9.0718×10^{-1}	2.000×10^3
1.0000×10^3	1.0000×10^6	1.0000×10^9	9.84251×10^{-1}	1.1023	1	2.20462×10^3
4.53592×10^{-1}	4.53592×10^2	4.53592×10^5	4.464×10^{-4}	5.000×10^{-4}	4.53592×10^{-4}	1

附注: $1\text{kg(SI)} = 1.020 \times 10^{-1} [\text{kg(f)} \cdot \text{s}^2/\text{m}] (\text{MKS制})$ $1 [\text{kg(f)} \cdot \text{s}^2/\text{m}] (\text{MKS制}) = 9.807\text{kg(SI)}$ 。

3. 时间

秒(SI) s	分 min	时 h	日 d
1	1.667×10^{-2}	2.778×10^{-4}	1.1574×10^{-5}
6.000×10	1	1.667×10^{-2}	6.944×10^{-4}
3.600×10^3	6.000×10	1	4.167×10^{-2}
8.640×10^4	1.440×10^3	2.400×10	1

4. 物质的量

摩尔(SI) mol	公斤分子 kg·mol	磅分子 lb·mol
1	1×10^{-3}	2.2046×10^{-3}
1×10^3	1	2.2046
4.5359×10^2	4.5359×10^{-1}	1

5. 面积

平方米(SI) m ²	平方厘米 cm ²	平方毫米 mm ²	平方英尺 ft ²	平方英寸 in ²
1	1×10^4	1×10^6	1.07649×10	1.5493×10^3
1×10^{-4}	1	1×10^2	1.07649×10^{-3}	1.5493×10^{-1}
1×10^{-6}	1×10^{-2}	1	1.07649×10^{-5}	1.5493×10^{-3}
9.29030×10^{-2}	9.29030×10^2	9.29030×10^4	1	1.440×10^2
6.4516×10^{-4}	6.4516	6.4516×10^2	6.94444×10^{-3}	1

6. 体积、容积

立方米(SI) m ³	升[L] 立方分米 dm ³	毫升[mL] 立方厘米 cm ³	立方英尺 ft ³	立方英寸 in ³	加仑(英) gal	加仑(美) gal
1	1.0000×10^3	1.000×10^6	3.532×10	6.1019×10^4	2.200×10^2	2.6417×10^2
1.0000×10^{-3}	1	1.000×10^3	3.532×10^{-2}	6.1019×10	2.200×10^{-1}	2.6417×10^{-1}
1.0000×10^{-6}	1.000×10^{-3}	1	3.532×10^{-5}	6.1019×10^{-2}	2.200×10^{-4}	2.6417×10^{-4}
2.8317×10^{-2}	2.8317×10	2.8317×10^4	1	1.728×10^3	6.229	7.4805
1.6387×10^{-5}	1.6387×10^{-2}	1.6387×10	5.7870×10^{-4}	1	3.605×10^{-3}	4.329×10^{-3}
4.5460×10^{-3}	4.5460	4.5460×10^3	1.605×10^{-1}	2.774×10^2	1	1.2009
3.7853×10^{-3}	3.7853	3.7853×10^3	1.3368×10^{-1}	2.310×10^2	8.327×10^{-1}	1

7. 速度

米/秒(SI) m/s	米/分 m/min	公里/小时 km/h	英尺/秒 ft/s	英尺/分 ft/min
1	6.000×10	3.600	3.281	1.968×10^2
1.667×10^{-2}	1	6.000×10^{-2}	5.468×10^{-2}	3.281
2.778×10^{-1}	1.667×10	1	9.113×10^{-1}	5.468×10
3.048×10^{-1}	1.829×10	1.097	1	6.000×10
5.080×10^{-3}	3.048×10^{-1}	1.829×10^{-2}	1.667×10^{-2}	1

8. 密度

公斤/ 立方米(SI) kg/m ³	克/立方厘米 g/cm ³	吨/立方米 t/m ³	磅/立方英尺 lb/ft ³	磅/立方英寸 lb/in ³	磅/加仑(英) lb/gal	磅/加仑(美) lb/gal
1	1.000×10^{-3}	1.000×10^{-3}	6.24280×10^{-2}	3.61273×10^{-5}	1.002×10^{-2}	8.345×10^{-2}
1.000×10^3	1	1.000	6.24280×10	3.61273×10^{-2}	1.002×10	8.345
1.000×10^3	1.000	1	6.24280×10	3.61273×10^{-2}	1.002×10	8.345
1.60185×10	1.60185×10^{-2}	1.60185×10^{-2}	1	5.78704×10^{-4}	1.605×10^{-1}	1.337×10^{-1}
2.76799×10^4	2.768799×10	2.76799×10	1.72800×10^3	1	2.775×10^2	2.310×10^2
9.978×10	9.978×10^{-2}	9.978×10^{-2}	6.229	3.604×10^{-3}	1	8.328×10^{-1}
1.198×10^2	1.198×10^{-1}	1.198×10^{-1}	7.481	4.329×10^{-3}	1.201	1

9. 体积流量

立方米/秒(SI) m^3/s	升/秒 L/s	立方米/时 m^3/h	立方英尺/时 ft^3/h	立方英尺/秒 ft^3/s	加仑(英)/分 gal/min	加仑(美)/分 gal/min
1	1.000×10^3	3.600×10^3	1.271×10^5	3.531×10	1.320×10^4	1.585×10^4
1.000×10^{-5}	1	3.600	1.271×10^2	3.531×10^{-2}	1.320×10	1.585×10
2.77778×10^{-4}	2.77778×10^{-1}	1	3.531×10	9.810×10^{-3}	3.666	4.403
7.866×10^{-6}	7.866×10^{-3}	2.832×10^{-2}	1	2.778×10^{-4}	1.038×10^{-1}	1.247×10^{-1}
2.832×10^{-2}	2.832×10	1.019×10^2	3600×10^3	1	3.738×10^2	4.488×10^2
7.577×10^{-5}	7.577×10^{-2}	2.728×10^{-1}	9.630	2.676×10^{-3}	1	1.201
6.309×10^{-5}	6.309×10^{-2}	2.271×10^{-1}	8.021	2.228×10^{-3}	8.327×10^{-1}	1

10. 质量流量

公斤/平方米·秒(SI) $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	公斤/平方米·时 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	磅/平方英尺·时 $\text{lb}/(\text{ft}^2 \cdot \text{h})$	磅/平方英尺·秒 $\text{lb}/(\text{ft}^2 \cdot \text{s})$
1	3.600×10^2	7.373×10^2	2.048×10^{-1}
2.778×10^{-4}	1	2.048×10^{-1}	5.68889×10^{-5}
1.3562×10^{-5}	4.882	1	2.778×10^{-4}
4.8824	1.758×10^4	3.600×10^2	1

11. 力

牛顿(SI) N	达因 dyn	公斤(力) kg(f)	磅(力) lb(f)	磅达 pdl
1	1.00000×10^5	1.01972×10^{-1}	2.24809×10^{-1}	7.23301
1.00000×10^{-5}	1	1.01972×10^{-6}	2.24809×10^{-6}	7.23301×10^{-6}
9.80665	9.80665×10^5	1	2.20462	7.09316×10
4.44822	4.44822×10^5	4.53592×10^{-1}	1	3.21740×10
1.38255×10^{-1}	1.38255×10^4	1.40981×10^{-2}	3.10810×10^{-2}	1

12. 力矩

牛顿·米(SI) $\text{N} \cdot \text{m}$	公斤(力)·米 $\text{kg}(f) \cdot \text{m}$	英尺·磅(力) $\text{ft} \cdot \text{ld}(f)$	英寸·磅(力) $\text{in} \cdot \text{lb}(f)$
1	1.020×10^{-1}	7.376×10^{-1}	8.8512
9.807	1	7.233	8.679×10
1.356	1.383×10^{-1}	1	1.200×10
1.130×10^{-2}	1.152×10^{-2}	8.333×10^{-2}	1

13. 压力、应力

帕斯卡 Pa(SI) N/m ²	达因/平方厘米 dyn/cm ²	公厘(力)/ 平方厘米 (工程大气压) kg(f)/cm ²	大气压 (标准大气压) atm	磅(力)/ 平方英尺 lb(f)/ft ²	磅(力)/ 平方英寸 lb(f)/in ²	汞柱(0°C)		水柱(15.5°C)		巴 bar
						毫米(Torr) mmHg	英寸 inHg	米 mH ₂ O	英寸 inH ₂ O	
1	1.00000 × 10	1.01972 × 10 ⁻⁵	9.86923 × 10 ⁻⁶	2.08853 × 10 ⁻²	1.45038 × 10 ⁻⁴	7.50062 × 10 ⁻³	2.95300 × 10 ⁻⁴	1.02134 × 10 ⁻⁴	4.01943 × 10 ⁻³	1.00000 × 10 ⁻⁵
1.00000 × 10 ⁻¹	1	1.020 × 10 ⁻⁶	9.869 × 10 ⁻⁷	2.08853 × 10 ⁻³	1.450 × 10 ⁻⁵	7.50062 × 10 ⁻⁴	2.95300 × 10 ⁻⁵	1.02134 × 10 ⁻⁵	4.01943 × 10 ⁻⁴	1.00000 × 10 ⁻⁶
9.80665 × 10 ⁴	9.80665 × 10 ⁵	1	9.67841 × 10 ⁻¹	2.048 × 10 ³	1.42234 × 10	7.356 × 10 ²	2.896 × 10	1.001 × 10	3.941 × 10 ²	9.80665 × 10 ⁻¹
1.01325 × 10 ⁵	1.01325 × 10 ⁶	1.03323	1	2.117 × 10 ³	1.46960 × 10	7.600 × 10 ²	2.992 × 10	1.034 × 10	4.071 × 10 ²	1.01325
4.78803 × 10	4.78803 × 10 ²	4.882 × 10 ⁻⁴	4.725 × 10 ⁻⁴	1	6.944 × 10 ⁻³	3.59131 × 10 ⁻¹	1.41390 × 10 ⁻²	4.887 × 10 ⁻³	1.924 × 10 ⁻¹	4.78803 × 10 ⁻⁴
6.89476 × 10 ³	6.89476 × 10 ⁴	7.03069 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	1.440 × 10 ²	1	5.171 × 10	2.036	7.036 × 10 ⁻¹	2.770 × 10	6.89476 × 10 ⁻²
1.33322 × 10 ²	1.33322 × 10 ³	1.360 × 10 ⁻³	1.316 × 10 ⁻³	2.78450	1.934 × 10 ⁻²	1	3.93701 × 10 ⁻²	1.361 × 10 ⁻²	5.358 × 10 ⁻¹	1.33322 × 10 ⁻³
3.38639 × 10 ³	3.38639 × 10 ⁴	4.453 × 10 ⁻²	3.342 × 10 ⁻²	7.07267 × 10	4.912 × 10 ⁻¹	2.540 × 10	1	3.456 × 10 ⁻¹	1.361 × 10	3.38639 × 10 ⁻²
9.791 × 10 ³	9.791 × 10 ⁴	1.000 × 10 ⁻¹	9.677 × 10 ⁻²	2.046 × 10 ²	1.422	7.343 × 10	2.893	1	3.937 × 10	9.791 × 10 ⁻²
2.4884 × 10 ²	2.4884 × 10 ³	2.538 × 10 ⁻³	2.456 × 10 ⁻³	5.198	3.610 × 10 ⁻²	1.866	7.360 × 10 ⁻²	2.540 × 10 ⁻²	1	2.4884 × 10 ⁻³
1.00000 × 10 ⁵	1.00000 × 10 ⁶	1.01972 × 10 ⁵	9.86923 × 10 ⁻¹	2.089853 × 10 ³	1.45038 × 10	7.501 × 10	2.953 × 10	1.021 × 10	4.01943 × 10 ²	1

14. 能、功、热量

焦耳 J(SI) N·m	公斤(力)·米 kg(f)·m	英尺·磅(力) ft·lb(f)	千瓦·时 kW·h	马力(英)·时 hp·h	升·大气压 L·atm	千卡(SI) k·cal	英热单位 BTU	卡热单位 CHU	尔格 erg
1	1.01972 × 10 ⁻¹	7.376 × 10 ⁻¹	2.77778 × 10 ⁻⁷	3.72506 × 10 ⁻⁷	9.869 × 10 ⁻³	2.390 × 10 ⁻⁴	9.48452 × 10 ⁻⁴	5.271 × 10 ⁻⁴	1.00000 × 10 ⁷
9.80665	1	7.233	2.724 × 10 ⁻⁶	3.653 × 10 ⁻⁶	9.678 × 10 ⁻²	2.34385 × 10 ⁻³	9.30113 × 10 ⁻³	5.1626 × 10 ⁻³	9.80665 × 10 ⁷
1.356	1.385 × 10 ⁻¹	1	3.766 × 10 ⁻⁷	5.051 × 10 ⁻⁷	1.338 × 10 ⁻²	3.241 × 10 ⁻⁴	1.286 × 10 ⁻³	7.137 × 10 ⁻⁴	1.356 × 10 ⁷
3.600 × 10 ⁶	3.671 × 10 ⁵	2.655 × 10 ⁶	1	1.341	3.553 × 10 ⁴	8.604 × 10 ²	3.414 × 10 ³	1.89537 × 10 ³	3.600 × 10 ¹³
2.685 × 10 ⁶	2.737 × 10 ⁵	1.980 × 10 ⁶	7.457 × 10 ⁻¹	1	2.649 × 10 ⁴	6.413 × 10 ²	2.546 × 10 ³	1.4136 × 10 ³	2.685 × 10 ¹³
1.013 × 10 ²	1.033 × 10	7.474 × 10	2.815 × 10 ⁻⁵	3.775 × 10 ⁻⁵	1	2.421 × 10 ⁻²	9.610 × 10 ⁻²	5.33361 × 10 ⁻²	1.013 × 10 ⁹
4.18680 × 10 ³	4.269 × 10 ²	3.088 × 10 ³	1.163 × 10 ⁻³	1.560 × 10 ⁻³	4.132 × 10	1	3.96832	2.20238	4.18680 × 10 ¹⁰
1.0548 × 10 ³	1.076 × 10 ²	7.782 × 10 ²	2.931 × 10 ⁻⁴	3.930 × 10 ⁻⁴	1.041 × 10	2.520 × 10 ⁻¹	1	5.5556 × 10 ⁻¹	1.05489 × 10 ¹⁰
1.8986 × 10 ³	1.937 × 10 ²	1.401 × 10 ³	5.276 × 10 ⁻⁴	7.074 × 10 ⁻⁴	1.874 × 10	4.536 × 10 ⁻¹	1.800	1	1.8986 × 10 ¹⁰
1.00000 × 10 ⁻⁷	1.01972 × 10 ⁻⁸	7.376 × 10 ⁻⁸	2.778 × 10 ⁻¹⁴	3.725 × 10 ⁻¹⁴	9.869 × 10 ⁻¹⁰	2.390 × 10 ⁻¹¹	9.485 × 10 ⁻¹¹	5.271 × 10 ⁻¹¹	1

注: 1 尔格[erg] = 1.000 × 10⁻⁷ 焦耳[J] = 1.000 达因·厘米[dyne·cm]。

15. 功率

瓦(W)(SI) J/s	公斤(力)·米/秒 kg(f)·m/s	英尺·磅(力)/秒 ft·lb(f)/s	马力(英) hp	千卡/时 kcal/h	英热单位/时 BTU/h	尔格/秒 erg/s
1	1.01972×10^{-1}	7.37562×10^{-1}	1.34102×10^{-3}	8.604×10^{-1}	3.414	1.000×10^7
9.80665	1	7.23302	1.31509×10^{-2}	8.438	3.347×10	9.807×10^7
1.35582	1.38255×10^{-1}	1	1.818×10^{-3}	1.167	4.629	1.356×10^7
7.45700×10^2	7.60402×10^{-1}	5.500×10^2	1	6.416×10^2	2.545×10^3	7.457×10^9
1.162	1.185×10^{-1}	8.572×10^{-1}	1.559×10^{-3}	1	3.968	1.162×10^7
2.929×10^{-1}	2.987×10^{-2}	2.161×10^{-1}	3.929×10^{-4}	2.520×10^{-1}	1	2.9291×10^6
1.000×10^{-7}	1.020×10^{-8}	7.376×10^{-8}	1.341×10^{-10}	8.604×10^{-8}	3.414×10^{-7}	1

16. 动力粘度

帕·秒 Pa·s(SI) (N·s/m ²)	泊 P g/(cm·s)	厘泊 cP	公斤/米·时 kg/(m·h)	磅/英尺·秒 lb/(ft·s)	磅/英尺·时 lb/(ft·h)	达因·秒/平方厘米 dyn·s/cm ²	公斤(力)·秒/平方米 kg(f)·s/m ²	磅(力)秒/平方英尺 lb(f)·s/ft ²
1	1.00×10	1.000×10^3	3.600×10^3	6.720×10^{-1}	2.41909×10^3	1.000×10	1.01972×10^{-1}	2.08854×10^{-2}
1.000×10^{-1}	1	1.000×10^2	3.600×10^2	6.720×10^{-2}	2.41909×10^2	1.000	1.01972×10^{-2}	2.08854×10^{-3}
1.000×10^{-3}	1.000×10^{-2}	1	3.600	6.720×10^{-4}	2.41909	1.000×10^{-2}	1.01972×10^{-4}	2.08854×10^{-5}
2.778×10^4	2.778×10^{-3}	2.788×10^{-1}	1	1.867×10^{-4}	6.720×10^{-1}	2.778×10^{-3}	2.833×10^{-5}	5.801×10^{-6}
1.488	1.488×10	1.488×10^3	5.358×10^3	1	3.600×10^3	1.488×10	1.518×10^{-1}	3.108×10^{-2}
4.134×10^{-4}	4.134×10^{-3}	4.134×10^{-1}	1.488	2.788×10^{-4}	1	4.134×10^{-3}	4.215×10^{-5}	8.634×10^{-6}
1.000×10^{-1}	1.000	1.000×10^2	3.600×10^2	6.720×10^{-2}	2.419×10^2	1	1.020×10^{-2}	2.089×10^{-3}
9.80665	9.80665×10	9.80665×10^3	3.531×10^4	6.591	2.372×10^4	9.80665×10	1	2.048×10^{-1}
4.78803×10	4.78803×10^2	4.78803×10^4	1.724×10^5	3.217×10	1.158×10^5	4.78803×10^2	4.882	1