

HUAGONG SHEBEI YU JIQI

适用于化工企业工程师、高级技术工人培训

化工设备与机器

胡忆沔 等编著

上册



化学工业出版社

HUAGONG SHEBEI YU JIQI

适用于化工企业工程师、高级技术工人培训

化工设备与机器

胡忆沔 于波 胡艳菊 等编著

上册



化学工业出版社

· 北京 ·

TQ05
H527

本书与《化工设备与机器 下册》配套,以《化工特有工种职业技能鉴定规范》为依据,从我国化工、石油化工企业的生产实际出发,重点讲解了化工设备与机器的结构、生产维护与维修、事故分析与对策,理论讲解以定性为主,对标准和法规进行了介绍和解读,同时介绍了近年来在化工企业生产及管理采用的新技术、新工艺、新设备等方面的内容,侧重实用性。

本书内容包括常用知识和数据,常用材料,化工机械专业术语、常用标准简介,化工机械制图基础,化工设备图识读,化工容器,换热器,塔设备,反应釜,干燥设备,化工管道,化工设备事故分析与对策。《化工设备与机器 下册》内容包括机械传动,轴与轴承,泵,压缩机,风机,离心机,其他化工机器,化工机械事故分析与对策,化工设备安全停车与检修安全管理制度,化工设备的泄漏与带压密封。

本书可供化工、石油化工企业工程技术人员、生产管理人员、技术工人职业培训和职业技能鉴定用,也可作为高级技工学校和职业技术学院化工机械维修专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

化工设备与机器.上册/胡忆洧,于波,胡艳菊等编
著. —北京:化学工业出版社,2009.12

ISBN 978-7-122-06905-4

I. 化… II. ①胡…②于…③胡… III. ①化工设备
②化工机械 IV. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 191859 号

责任编辑:程树珍 李玉晖

文字编辑:项 激

责任校对:陶燕华

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 492 千字 2010 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00 元

版权所有 违者必究

前言

为了适应社会主义市场经济发展对职工教育培训的需要,积极配合化工企业对高级技术工人进行培训和职业技能鉴定,根据《化工特有工种职业技能鉴定规范》中要求的高级工应该掌握和了解的有关技术理论知识(应知)和工艺操作能力(应会)的内容,特编写了《化工设备与机器》。

在本书的编写过程中,根据目前我国化工企业工程师、高级技术工人应当掌握的知识和技能要求,广泛收集最新的资料,采用现行国家标准和技术法规,适当增加技术和相关知识的背景资料,力图避免“窄”、“专”、“深”、“偏”,不搞“解剖麻雀”,注重提高解决问题的能力,便于读者理解和使用;编写中大量采用图表形式,对所选资料反复核对和精心选编,使其技术难度适宜,语言较简练;选编内容比较全面,对重要的章节选择了较完整的国家标准或国家行业标准,基本覆盖了化工企业工程师、高级技术工人所涉及的基础知识和专业知识,数据翔实。限于篇幅,部分数据只给出了常用内容,但均给出了国家现行标准编号,方便读者追根溯源进行查证。

鉴于化工设备与机械的设计、制造、安装、使用、维护和检修必须以国家现行标准和法规为依据,本书特编著了“化工机械专业术语、常用标准简介”一章,有利于广大化工企业工程师、高级技术工人对国家化工设备与机械方面技术法规和标准的理解和掌握。如早期的金属表面光洁度“▽”演变为 GB/T 131—1983 (第一版)的表面粗糙度“ $\sqrt{R_a}$ ”,发展为 GB/T 131—1993 (第二版)“ $\sqrt{R_a}$ ”“ $\sqrt{R_z}$ ”和如今的 GB/T 131—2006 (第三版)的表面结构参数“ $\sqrt{R_a}$ ”等,同时还介绍了国家标准与行业标准的关系等内容;增加了近年来在化工企业生产及管理中的新技术、新工艺、新设备等方面的内容。如编著的第 22 章“化工设备的泄漏与带压密封”,则具有特色鲜明、实用性强的突出特点。为了使读者更好地理解 and 掌握图书内容,在每章末均附了复习思考题。

本书由第一篇“化工机械基础知识”,第二篇“化工设备”,第三篇“化工机器”构成,分为上、下两册。上册包括常用知识和数据,常用材料,化工机械专业术语、常用标准简介,化工机械制图基础,化工设备图识读,化工容器,换热器,塔设备,反应釜,干燥设备,化工管道,化工设备事故分析与对策,共 12 章;下册包括机械传动,轴与轴承,泵,压缩机,风机,离心机,其他化工机器,化工机械事故分析与对策,化工设备安全停车与检修安全管理制度,化工设备的泄漏与带压密封,共 10 章。本书第 1、4 章由胡艳菊编写,第 2、3 章由李鑫编写,第 5、6 章由波编写,第 7~10 章由胡忆涛编写,第 11、12 章由刘才编写。

由于编者水平所限,书中难免存在缺陷,敬请广大读者批评指正。

编者
2009 年 5 月
于吉林化工学院

目 录

第一篇 化工机械基础知识

第1章 常用知识和数据	2
1 法定计量单位及其换算	2
1.1 国际单位制 (SI)	2
1.2 单位换算	3
2 常用工程材料物理性质	6
2.1 常用材料相对密度	6
2.2 常用金属材料的硬度	7
2.3 常用材料的弹性模量及泊松比	7
2.4 常用材料的滑动摩擦因数	8
2.5 常用材料的线胀系数	9
2.6 不同温度下常用材料的弹性模量	10
3 金属型材的最小弯曲半径	10
3.1 板材的最小弯曲半径	10
3.2 管材的最小弯曲半径	11
4 中外金属材料牌号对照	12
4.1 各国黑色金属材料牌号近似对照	12
4.2 各国钢铁焊接材料型号与牌号对照	16
思考题	20
第2章 常用材料	21
1 钢	21
1.1 钢牌号表示方法	21
1.2 常用钢的品种和性能	24
2 型钢	27
3 钢板和钢带	28
3.1 热轧钢板和钢带	28
3.2 冷轧钢板和钢带	28
3.3 不锈钢热轧钢板和钢带	29
3.4 不锈钢冷轧钢板	29
3.5 锅炉用钢板的牌号、板厚及力学和工艺性能	29
3.6 压力容器用钢板的牌号、板厚及力学和工艺性能	29
4 常用管材	29
4.1 无缝钢管尺寸、外形、质量及允许偏差	30

4.2	石油化工企业钢管尺寸系列	33
4.3	低压流体输送用焊接钢管	33
4.4	流体输送用无缝钢管	33
4.5	低压流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管	34
4.6	低中压锅炉用无缝钢管	34
4.7	高压化肥设备用无缝钢管	34
4.8	低温管道用无缝钢管	34
4.9	流体输送用不锈钢焊接钢管	35
4.10	流体输送用不锈钢无缝钢管	35
5	常用非金属材料	35
5.1	橡胶板	35
5.2	石棉橡胶板	36
5.3	耐油石棉橡胶板	36
5.4	硬聚氯乙烯层压板材	37
5.5	ABS 塑料板材	37
5.6	聚乙烯挤出板材	38
5.7	螺纹密封用聚四氟乙烯生料带	38
	思考题	38
第3章	化工机械专业术语、常用标准简介	39
1	工程制图常用术语	39
1.1	基础术语	39
1.2	一般规定术语	39
1.3	画法术语	40
1.4	图的种类术语	41
2	金属学术语和定义	42
2.1	金属学基础术语	42
2.2	金属的氧化与腐蚀	43
2.3	热处理术语	44
3	机械制造常用名词术语	45
3.1	一般术语	45
3.2	生产对象	45
4	管道专业术语	45
4.1	设计部分	45
4.2	管子	46
4.3	管道	46
4.4	管件	47
4.5	管法兰、垫片及紧固件	48
4.6	阀门	48
4.7	管道上用的设备(小型设备)	48
4.8	管道支架与吊架	49
5	焊接术语	49

5.1	焊接基本术语	49
5.2	熔焊术语	50
5.3	压焊术语	51
5.4	钎焊术语	51
5.5	焊接材料术语	51
5.6	热切割术语	51
5.7	焊接缺陷和检验术语	52
6	标准与法规解读	52
6.1	实施标准的目的是和作用	52
6.2	常用标准术语	53
6.3	标准的分类	54
6.4	规范性文件	56
6.5	标准识读方法	58
6.6	技术法规	61
7	化工设备常用标准简介	62
	思考题	63
第4章	化工机械制图基础	65
1	制图标准概述	65
2	金属结构件表示法	66
2.1	孔、螺栓及铆钉的表示法	67
2.2	条钢、型钢及板钢的标记	68
2.3	孔、倒角、弧长等尺寸的注法	69
2.4	节点板的尺寸注法	70
2.5	简图表示法	70
3	螺纹及螺纹紧固件表示法	71
3.1	螺纹的表示法	71
3.2	普通螺纹和梯形螺纹在图纸中的标注方法	73
3.3	管螺纹	76
3.4	装配图中螺纹紧固件的画法	77
4	技术产品文件中表面结构的表示法	79
	思考题	79
第5章	化工设备图识读	80
1	化工金属容器图基础及识读	80
1.1	化工金属容器图概述	80
1.2	化工容器图的尺寸标注	84
1.3	化工容器图的识读	86
2	化工管道制图与识图	94
2.1	管道的三视图及规定画法	94
2.2	管道的剖视图	98
2.3	管道的轴测图	99
2.4	管道布置空视图	101

2.5	管道图的分类方法	103
2.6	管道、设备符号及图例	104
2.7	化工管道图识读要领	114
2.8	化工管道图识读	115
3	焊接图识读	120
3.1	焊接符号	120
3.2	管道焊缝焊条消耗量计算	126
4	钢结构施工图识读	128
4.1	钢结构的连接方法	128
4.2	梁的拼接及连接	128
4.3	钢结构柱头与柱脚	131
4.4	钢结构图识读	132

第二篇 化工设备

第6章	化工容器	138
1	化工容器概述	138
1.1	化工容器的基本概念	138
1.2	压力容器的分类	138
1.3	化工容器的基本结构和特点	139
2	化工容器零部件标准化简介	140
2.1	筒体	141
2.2	封头	141
2.3	法兰及垫片	141
2.4	人孔和手孔	142
2.5	补强圈	143
2.6	支座	144
3	内压薄壁容器	145
3.1	内压圆筒形容器的结构和受力分析	145
3.2	内压球形壳体的受力分析	146
4	外压容器	146
4.1	外压容器的稳定性	146
4.2	外压容器的临界压力	147
4.3	提高外压容器稳定性的措施	147
5	高压容器	149
5.1	高压容器的总体结构和特点	149
5.2	高压容器的筒体结构及应用	150
5.3	高压容器的主要零部件	152
5.4	高压容器的密封	154
6	压力容器的操作、维护和检验	157

6.1	压力容器的操作与维护	157
6.2	压力容器的定期检验	158
7	压力容器的检修和压力试验	159
7.1	修理周期	159
7.2	缺陷修复程序和方案	160
7.3	修理的一般要求	160
7.4	化工容器压力试验	161
8	化工容器的调试与验收	163
8.1	试车前的准备	163
8.2	试车	164
8.3	验收	164
	思考题	164
第7章	换热器	166
1	换热器概述	166
1.1	换热器分类	166
1.2	换热器的选型	167
2	管壳式换热器	168
2.1	管壳式换热器的分类	168
2.2	管壳式换热器的分程及流体流程	174
2.3	管壳式换热器的结构	175
3	非列管式换热器	179
3.1	水浸式、喷淋式冷却器	179
3.2	空气冷却器	180
3.3	板面式换热器	182
3.4	热管	184
4	换热器耐压试验和气密性试验	185
4.1	固定管板换热器压力试验顺序	185
4.2	U形管式换热器、釜式重沸器（U形管束）及填料函式换热器压力试验 顺序	186
4.3	浮头式换热器、釜式重沸器（浮头式管束）压力试验顺序	186
4.4	气密性试验	186
5	换热器使用与维修	186
5.1	换热器的清洗	186
5.2	换热器的维护和检修	188
	思考题	189
第8章	塔设备	191
1	塔设备概述	191
1.1	化工生产对塔设备的基本要求	191
1.2	塔设备的分类及一般构造	191
1.3	塔设备的工作过程	192
2	板式塔	194

2.1	塔盘的形式及特点	194
2.2	板式塔的适宜工作区	197
2.3	板式塔的主要零部件	198
3	填料塔	203
3.1	填料及支承结构	203
3.2	液体分布装置	205
4	塔设备辅助装置及附件	207
4.1	裙座	207
4.2	除沫器	208
4.3	接管	208
4.4	吊柱	211
5	塔设备的维护与检修	212
5.1	塔设备的检查	212
5.2	塔设备常见故障与处理方法	212
5.3	塔设备检修前的准备工作	213
5.4	塔设备的试验与验收	214
	思考题	215
第9章	反应釜	216
1	反应釜概述	216
1.1	反应釜的作用	216
1.2	反应釜的分类	216
1.3	反应釜的工作过程	217
2	反应釜的结构	218
2.1	壳体	218
2.2	搅拌装置	219
2.3	搅拌器的选型	220
2.4	轴封	222
3	反应釜的生产维护	223
3.1	维护	223
3.2	维护要点	224
3.3	常见故障与处理方法	224
4	反应釜的检修	226
4.1	反应釜检修前的准备	226
4.2	反应釜的检修项目	226
4.3	反应釜的检修质量标准	226
4.4	反应釜的试车与验收	227
	思考题	227
第10章	干燥设备	228
1	干燥设备概述	228
2	回转圆筒干燥器	229
2.1	回转圆筒干燥器的工作原理	230

2.2	直接传热转筒干燥器	232
2.3	间接传热转筒干燥器	232
2.4	复式传热转筒干燥器	233
2.5	回转圆筒干燥器的主要零部件	233
2.6	回转干燥器的操作和维护	236
3	流化床干燥器	237
3.1	流化干燥的原理	237
3.2	流化床的特点和分类	238
3.3	单层和卧式多室流化床干燥器	238
3.4	多层流化床干燥器	239
3.5	喷动床干燥器	240
3.6	流化床干燥器的主要零部件	240
4	喷雾干燥器	241
4.1	喷雾干燥的工作原理	242
4.2	喷雾干燥系统的分类	242
4.3	喷雾干燥器的主要部件	244
4.4	喷雾干燥器的维修	246
	思考题	246
第 11 章	化工管道	247
1	化工管道概述	247
1.1	管道分类	247
1.2	管道分级	248
2	管道元件的公称尺寸及公称压力	251
2.1	管道元件的公称尺寸	251
2.2	管道元件公称压力	252
3	管道连接	252
3.1	螺纹连接	253
3.2	法兰连接	253
3.3	焊接连接	256
4	管道安装	260
4.1	管道安装的规定	260
4.2	高压管道安装	261
5	管道检验	262
5.1	外观检验	262
5.2	焊缝表面无损检验	262
5.3	射线照相检验和超声波检验	262
6	管道的压力试验	264
6.1	试压的一般规定	264
6.2	管道强度试验及严密性试验	265
6.3	化工管道的试压	265
7	管道系统的吹洗	267

7.1	吹洗介质的选用	267
7.2	吹洗的要求	267
7.3	水冲洗	267
7.4	空气吹扫	268
7.5	蒸汽吹扫	268
7.6	油清洗	268
8	管道脱脂	268
8.1	脱脂剂的选择	269
8.2	脱脂方法	269
8.3	脱脂检验	269
9	管道检修	270
9.1	检修的分类	270
9.2	管道检修的相关工作	271
9.3	管道常规检修方法	273
9.4	管道的泄漏与带压密封	274
	思考题	274
第 12 章	化工设备事故分析与对策	275
1	化工设备事故的机理	275
1.1	物理爆炸	275
1.2	化学爆炸	276
1.3	化工容器破裂	277
1.4	严重腐蚀	281
1.5	泄漏中毒	282
2	塔槽釜爆炸事故统计分析	284
2.1	违章作业	284
2.2	操作失误	285
2.3	维护不周	285
2.4	制造缺陷	286
2.5	设计缺陷	286
2.6	化学腐蚀	287
3	换热器事故统计分析	287
3.1	燃烧爆炸	287
3.2	严重泄漏	288
3.3	管束失效	289
4	管道破裂、泄漏与爆炸事故统计分析	290
4.1	管道设计不合理	291
4.2	材料缺陷、误用代材和制造质量低劣	291
4.3	违章作业、操作失误	292
4.4	维护不周	292
	思考题	293

第一篇

化工机械基础知识

第1章

常用知识和数据

1 法定计量单位及其换算

1.1 国际单位制（SI）

国际单位制的基本单位如表 1-1 所示。

表 1-1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号	量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m	热力学温度	开[尔文]	K
质量	千克(公斤)	kg	物质的量	摩[尔]	mol
时间	秒	s	发光强度	坎[德拉]	cd
电流	安[培]	A			

国际单位制的辅助单位如表 1-2 所示。

表 1-2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

国际单位制中具有专门名称的导出单位如表 1-3 所示。

表 1-3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示示例
频率	赫[兹]	Hz	s^{-1}
力	牛[顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2
能[量],功,热量	焦[耳]	J	$N \cdot m$
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	J/s
电荷[量]	库[仑]	C	$s \cdot A$
电位,电压,电动势(电势)	伏[特]	V	W/A
电容	法[拉]	F	C/V
电阻	欧[姆]	Ω	V/A
电导	西[门子]	S	$A/V, \Omega^{-1}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	
光通量	流[明]	lm	$cd \cdot sr$
[光]照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

国家选定的非国际单位制单位如表 1-4 所示。

表 1-4 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	1min=60s
	[小]时	h	1h=60min=3600s
	日,(天)	d	1d=24h=86400s
平面角	[角]秒	"	1"=(π /648000)rad (π 为圆周长)
	[角]分	'	1'=60"=(π /10800)rad
	度	°	1°=60'=(π /180)rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min=(1/60)s ⁻¹
长度	海里	n mile	1n mile=1852m(只用于航程)
速度	节	kn	1kn=1n mile/h=(1852/3600)m/s(只用于航行)
质量	吨	t	1t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1u≈1.6605655×10 ⁻²⁷ kg
体积	升	L,(l)	1L=1dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1eV≈1.6021892×10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1tex=1g/km
面积	公顷	hm ²	1hm ² =10 ⁴ m ²

SI 词头如表 1-5 所示。

表 1-5 SI 词头

因数	词头名称	符号	因数	词头名称	符号
10 ²⁴	尧[它]	Y	10 ⁻¹	分	d
10 ²¹	泽[它]	Z	10 ⁻²	厘	C
10 ¹⁸	艾[可萨]	E	10 ⁻³	毫	m
10 ¹⁵	拍[它]	P	10 ⁻⁶	微	μ
10 ¹²	太[拉]	T	10 ⁻⁹	纳[诺]	n
10 ⁹	吉[咖]	G	10 ⁻¹²	皮[可]	p
10 ⁶	兆	M	10 ⁻¹⁵	飞[母托]	f
10 ³	千	k	10 ⁻¹⁸	阿[托]	a
10 ²	百	h	10 ⁻²¹	仄[普托]	z
10 ¹	十	da	10 ⁻²⁴	幺[科托]	y

1.2 单位换算

长度单位换算如表 1-6 所示。

表 1-6 长度单位换算

米(m)	厘米(cm)	毫米(mm)	英寸(in)	英尺(ft)	码(yd)	市尺
1	10 ²	10 ³	39.37	3.281	1.094	3
10 ⁻²	1	10	0.394	3.281×10 ⁻²	1.094×10 ⁻²	3×10 ⁻²
10 ⁻³	0.1	1	3.937×10 ⁻³	3.281×10 ⁻³	1.094×10 ⁻³	3×10 ⁻³
2.54×10 ⁻²	2.54	25.4	1	8.333×10 ⁻²	2.778×10 ⁻²	7.62×10 ⁻²
0.305	30.48	3.048×10 ²	12	1	0.333	0.914
0.914	91.44	9.144×10 ²	36	3	1	2.743
0.333	33.33	3.333×10 ²	13.123	1.094	0.365	1

面积单位换算如表 1-7 所示。

表 1-7 面积单位换算

米 ² (m ²)	厘米 ² (cm ²)	毫米 ² (mm ²)	英寸 ² (in ²)	英尺 ² (ft ²)	码 ² (yd ²)	市尺 ²
1	10 ⁴	10 ⁶	1.550×10 ³	10.764	1.196	9
10 ⁻⁴	1	10 ²	0.155	1.076×10 ⁻³	1.196×10 ⁻⁴	9×10 ⁻⁴
10 ⁻⁶	10 ⁻²	1	1.55×10 ⁻³	1.076×10 ⁻⁵	1.196×10 ⁻⁶	9×10 ⁻⁶
6.452×10 ⁻⁴	6.452	6.452×10 ²	1	6.944×10 ⁻³	7.716×10 ⁻⁴	5.801×10 ⁻³
9.290×10 ⁻²	9.290×10 ²	9.290×10 ⁴	1.44×10 ²	1	0.111	0.836
0.836	8361.3	0.836×10 ⁶	1296	9	1	7.524
0.111	1.111×10 ³	1.111×10 ⁵	1.722×10 ²	1.196	0.133	1

体积单位换算表如表 1-8 所示。

表 1-8 体积单位换算

米 ³ (m ³)	升(L)	厘米 ³ (cm ³)	英寸 ³ (in ³)	英尺 ³ (ft ³)	加仑(US)美	加仑(qal)英
1	10 ³	10 ⁶	6.102×10 ⁴	35.315	2.642×10 ²	2.200×10 ²
10 ⁻³	1	10 ³	61.024	3.532×10 ²	0.264	0.220
10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	6.102×10 ⁻²	3.532×10 ⁻⁵	2.642×10 ⁻⁴	2.200×10 ⁻⁴
1.639×10 ⁻⁵	1.639×10 ⁻²	16.387	1	5.787×10 ⁻⁴	4.329×10 ⁻³	3.605×10 ⁻³
2.832×10 ⁻²	28.317	2.832×100	1.728×10 ³	1	7.481	6.229
3.785×10 ⁻³	3.785	3.785×100	2.310×10 ²	0.134	1	0.833
4.546×10 ⁻³	4.546	4.546×100	2.775×10 ²	0.161	1.201	1

质量单位换算如表 1-9 所示。

表 1-9 质量单位换算

千克(kg)	克(g)	毫克(mg)	吨(t)	英吨(tn)	美吨(shtn)	磅(lb)
1000			1	0.9842	1.1023	2204.6
1	1000		0.001			2.2046
0.001	1	1000				
1016.05			1.0161	1	1.12	2240
907.19			0.9072	0.8929	1	2000
0.4536	453.59					1

注：1 千克即 1 公斤，英吨又名长吨 (long ton)，美吨又名短吨 (short ton)。

力单位换算如表 1-10 所示。

表 1-10 力单位换算

牛顿(N)	千克力(kgf)	达因(dyn)	磅力(lbf)	磅达(pdl)
1	0.102	10 ⁵	0.2248	7.233
9.80665	1	9.80665×10 ⁵	2.2046	70.93
10 ⁻⁵	1.02×10 ⁻⁶	1	2.248×10 ⁻⁶	7.233×10 ⁻⁵
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

压力单位换算如表 1-11 所示。

表 1-11 压力单位换算

工程大气压 (at)	标准大气压 (atm)	千克力/毫米 ² (kgf/mm ²)	毫米水柱 (mmH ₂ O)	毫米汞柱 (mmHg)	牛顿/米 ² (N/m ²)
1	0.9678	0.01	10 ⁴	735.6	98067
1.033	1		10332	760	101325
100	96.78	1	10 ⁶	73556	98.07×10 ⁵
0.0001	0.9678×10 ⁻⁴		1	0.0736	9.807
0.00136	0.00132		13.6	1	133.32
1.02×10 ⁻⁵	0.99×10 ⁻⁵	1.02×10 ⁻⁷	0.102	0.0075	1

功率单位换算如表 1-12 所示。

表 1-12 功率单位换算

瓦 (W)	千瓦 (kW)	米制马力 (PS)	英制马力 (hp)	千克力·米/秒 (kgf·m/s)	英尺·磅力/秒 (ft·bf/s)	千卡/秒 (kcal/s)
1	10^{-3}	1.36×10^{-3}	1.341×10^{-3}	0.102	0.7376	239×10^{-6}
1000	1	1.36	1.341	102	737.6	0.239
735.5	0.7355	1	0.9863	75	542.5	0.1757
745.7	0.7457	1.014	1	76.04	550	0.1781
9.807	9.807×10^{-3}	13.33×10^{-3}	13.15×10^{-3}	1	7.233	2.342×10^{-3}
1.356	1.356×10^{-3}	1.843×10^{-3}	1.82×10^{-3}	0.1383	1	0.324×10^{-3}
4186.8	4.187	5.692	5.614	426.935	3083	1

温度换算如表 1-13 所示。

表 1-13 温度换算

摄氏度(°C)	华氏度(°F)	兰氏 ^① 度(°R)	开尔文(K)
C	$\frac{9}{5}C + 32$	$\frac{9}{5}C + 491.67$	$C + 273.15^{\text{②}}$
$\frac{5}{9}(F - 32)$	F	$F + 459.67$	$\frac{5}{9}(F + 459.67)$
$\frac{5}{9}(R - 491.67)$	$R - 459.67$	R	$\frac{5}{9}R$
$K - 273.15^{\text{②}}$	$\frac{9}{5}K - 459.67$	$\frac{9}{5}K$	K

① 原文是 Rankine, 故也叫兰金度。

② 摄氏温度的标定是以水的冰点为参照点作为 0°C, 相对于开尔文温度上的 273.15K。开尔文温度的标定是以水的三相点为参照点作为 273.15K, 相对于摄氏 0.01°C (即水的三相点高于水的冰点 0.01°C)。

热导率单位换算如表 1-14 所示。

表 1-14 热导率单位换算

千卡/ (米·时·°C) [kcal/(m·h·°C)]	卡/ (厘米·秒·°C) [cal/(cm·s·°C)]	瓦/(米·K) [W/(m·K)]	焦耳/ (厘米·秒·°C) [J/(cm·s·°C)]	英热单位/ (英尺·时·°F) [Btu/(ft·h·°F)]
1	0.00278	1.16	0.0116	0.672
360	1	418.68	4.1868	242
0.8598	0.00239	1	0.01	0.578
85.98	0.239	100	1	57.8
1.49	0.00413	1.73	0.0173	1

速度单位换算如表 1-15 所示。

表 1-15 速度单位换算

米/秒(m/s)	千米/时(km/h)	英尺/秒(ft/s)
1	3.600	3.281
0.278	1	0.911
0.305	1.097	1

角速度单位换算如表 1-16 所示。