

铸造工程师手册

铸造工程师手册编写组 编

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书是综合性铸造专业技术手册,除提供大量的信息和数据外,还提到一些基本的理论和技术观点,具有较强的实用性和可读性。内容包括实际工作中常用的数据、铸钢、铸铁、非铁(有色)金属及合金、造型材料、铸造工艺、特种铸造和铸件品质(质量)等。

本书是铸造专业工程技术人员的工具书,也可供技术工人和涉及铸造技术的各界人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

铸造工程师手册/铸造工程师手册编写组编. —2版. —北京:
机械工业出版社, 2002. 12
ISBN 7-111-05525-X

I. 铸… II. 铸… III. 铸造-技术手册 IV. TG2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第02899号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:刘彩英 版式设计:霍永明 责任校对:魏俊云

封面设计:姚毅 责任印制:田焱

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年1月第2版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·54.25印张·2插页·1866千字

4501—8500册

定价:95.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

《铸造工程师手册》编写组

主 编 李传栻
副主编 杨国杰 张振斌
主 审 张武城
编 者 李传栻 (第一、四、五章)
周家石 (第二章)
杨国杰 (第三、八章)
李俊峰 杨平海 (第六章)
林柏年 佟天夫 耿鑫明 孙保纯
李玉海 郭广思 董秀琦 齐丕骧
吴志超 黄乃瑜 高以熹 何湘平
(第七章)

第2版前言

“铸造工程师手册”出版问世已经五年，这本书能在第一版发行后五年出第二版，反映了我国铸造行业的发展迅速，也反映了铸造行业的同仁对实用性技术资料的需求。

五年前，机械工业出版社计划编写这样一本中型的、综合性的专业手册时，基本考虑有两点：

其一：当前科学技术发展很快，新工艺、新材料层出不穷，对产品质量的要求也不断提高，处理生产中的各类问题，需要更多先进而实用的资料和数据作为依据。

其二，之所以要出一本中型的综合性手册，是考虑既要有足够的信息量，又便于日后进行修订，以及及时反映技术的进步。

现在看来，以上两点考虑与广大读者的要求是一致的。

近年来，我国铸造行业的发展是十分令人鼓舞的，主要表现在以下方面：

随着国民经济的发展，各类铸件的产量都增长很快。2001年我国各类铸件的总产量达1439万吨，居世界第一位。

铸造企业的装备条件有了很大的改善。目前，我国制造铸造机械设备的工厂已有一百多家，产品的品种近千种，铸造设备的质量也较以前大为改善。同时，随着对外交往的增多，自国外购进的铸造设备也为数不少。

在铸件产品质量方面，我国大多数骨干企业的产品质量已达到国际水平。不少生产出口铸件的企业，外方已确认其产品可以免检。还有不少企业已具备使其铸件质量达到国际水平的条件。

铸件出口量逐年增长，目前年出口量已达150万吨左右。

我国铸造行业发展的前景也是很乐观的。

国内市场方面，由于我国国民经济今后仍将以每年8%左右的幅度增长，从总体上将要拉动铸件需求的增长。具体说来，开发西部计划的实施、全国交通运输业的发展、“南水北调”和“西气东输”工程的启动，都是促进铸造生产发展的重要因素。此外，从人均铸件消费量来看，各工业发达国家人均铸件年消耗量大抵是45~55kg，而我国目前只有10kg左右，可见我国铸造行业发展的空间还相当大。

在国际市场方面，由于我国铸造行业已有了较好的基础，加入世贸组织以后，在国际铸件市场上已受到广泛的关注，近10年内，铸件出口的前景不错。

“铸造工程师手册”就是在这样的条件下进行修订的。第2版与第1版的主要不同之处是：手册中所引用的国内、国外标准，都依据最近的版本作了修改、读者所见的都是最新的数据。此外，有些技术上的新进展，经过实践验证的，书中也予以反映。如：在等温淬火球墨铸铁方面，就根据当前国际上的共识作了一些更正。

在本书第2版问世的时候，我们要衷心地感谢广大读者对本书的厚爱，今后，尤望广大读者指出书中的不足乃至谬误之处，以便在下一次修订时，能使本书的内容更为充实，更为新颖。

编者

2002年11月

目 录

第2版前言

第一章 综合性资料	1	8.3 气体燃料	47
1 标准编号	1	9 造渣材料及其他材料	48
1.1 中国标准代号	1	9.1 造渣材料	48
1.2 部分国外标准代号	2	9.2 其他有关材料	49
2 国际单位制和我国的法定计量单位	2	10 铸造生产中常用的相图	
2.1 国际单位制的构成	2	(包括氢在某些金属中的溶解度)	51
2.2 我国的法定计量单位	3	10.1 铁系二元相图	51
2.3 常用计量单位的换算	3	10.2 铝系二元相图	55
3 一些元素的物理性能和铸造行业常用		10.3 铜系二元相图	59
化工产品的性质	8	10.4 镁系二元相图	63
3.1 一些元素的物理性能	8	10.5 镍系二元相图	64
3.2 一些常用的无机化工产品的		10.6 一些重要氧化物的二元相图	65
基本性质	9	第二章 铸钢及其熔炼	67
3.3 一些常用的有机化工产品的		1 铸钢材料	67
基本性质	9	1.1 铸钢牌号的表示方法	67
3.4 铸造生产中常用盐类的性质	12	1.2 一般工程用铸造碳钢	68
4 铸造生产中常见矿物的基本特性	13	1.3 焊接结构用铸造碳钢	71
5 常用平面图形和几何体的计算公式	15	1.4 低合金高强度铸钢	71
5.1 常用平面图形的计算公式	15	1.5 承压铸钢件	81
5.2 常用几何体的计算公式	18	1.6 微量合金化铸钢	94
6 熔炼铸造合金用的金属原料和		1.7 铸造不锈钢和耐蚀合金	97
合金化材料	21	1.8 铸造耐热钢	109
6.1 生铁	21	1.9 耐磨钢和抗磨钢	114
6.2 硅铁及含硅材料	24	1.10 特殊用途的铸钢	116
6.3 锰铁、金属锰和以锰为主的合金	26	2 铸造用钢的熔炼和浇注	123
6.4 铬铁和金属铬	27	2.1 熔炼过程简述	123
6.5 其他铁合金	28	2.2 电弧炉炼钢	128
6.6 有色金属和合金	30	2.3 平炉炼钢	138
6.7 其他合金	35	2.4 感应电炉炼钢	140
6.8 轴承合金	36	2.5 其他冶炼方法	143
7 耐火材料和隔热材料	37	2.6 铸钢的浇注	143
7.1 耐火材料的耐火度及其评定	37	3 炉外精炼	145
7.2 耐火材料的分类	38	3.1 液流脱气法	145
7.3 成形耐火制品	38	3.2 搅拌脱气法	147
7.4 不定形耐火材料	41	3.3 加热精炼法	147
7.5 隔热材料	43	3.4 喷粉精炼法	149
8 燃料	45	4 铸钢件的热处理	150
8.1 固体燃料	45	4.1 铸钢件热处理的工艺要素	150
8.2 液体燃料	47	4.2 各种铸钢件的热处理工艺	150

4.3 铸钢件的其他热处理方法	156	6.4 铝系耐热铸铁	274
第三章 铸铁及其熔炼	157	6.5 耐热铸铁的应用	276
1 灰铸铁	157	7 耐蚀铸铁	276
1.1 灰铸铁的牌号	157	7.1 铝铸铁及铝硅铸铁	276
1.2 灰铸铁的性能	160	7.2 高硅耐蚀铸铁	277
1.3 灰铸铁的金相组织	164	7.3 高铬耐蚀铸铁	278
1.4 灰铸铁的化学成分	169	7.4 高镍耐蚀铸铁	278
1.5 配料及过热熔炼	173	8 铸铁的熔炼	280
1.6 灰铸铁的孕育处理	174	8.1 冲天炉熔炼	280
1.7 灰铸铁的冶金品质 (质量)		8.2 电炉熔炼	294
指标	180	8.3 回转炉熔炼	303
1.8 灰铸铁的时效、振动时效及		8.4 双联熔炼	304
热处理	183	9 铁液品质 (质量) 控制及浇注	306
1.9 灰铸铁件	185	9.1 铁液脱硫	306
2 球墨铸铁	193	9.2 铁液品质 (质量) 的炉前	
2.1 球墨铸铁的牌号	193	快速检测	308
2.2 球墨铸铁的性能	195	9.3 浇注温度	312
2.3 球墨铸铁的金相组织	200	9.4 自动浇注	313
2.4 球墨铸铁的化学成分	204	第四章 铸造有色金属和合金	
2.5 球化及孕育	209	及其熔炼	316
2.6 球墨铸铁件的热处理	214	1 铸造有色金属和合金的牌号表示	
2.7 球墨铸铁的应用	217	方法	316
3 蠕墨铸铁	222	1.1 铸造有色纯金属	316
3.1 蠕墨铸铁的牌号	222	1.2 铸造有色合金	316
3.2 蠕墨铸铁的性能	223	2 铸造纯铜和铜合金	317
3.3 蠕墨铸铁的金相组织	227	2.1 铸造纯铜和低合金铜	317
3.4 蠕墨铸铁的化学成分	229	2.2 铸造铜合金	319
3.5 蠕化及孕育	233	2.3 铜合金的熔炼	335
3.6 蠕墨铸铁的热处理	237	3 铸造纯铝和铝合金	339
3.7 蠕墨铸铁的应用	237	3.1 工业纯铝铸件	339
4 可锻铸铁	239	3.2 铸造铝合金	339
4.1 可锻铸铁的分类	239	3.3 铝合金的熔炼	352
4.2 可锻铸铁的牌号	240	4 铸造镁合金	356
4.3 黑心 (铁素体) 可锻铸铁	241	4.1 铸造镁合金的分类及其主要	
4.4 珠光体可锻铸铁	249	特点	356
4.5 白心可锻铸铁	251	4.2 铸造镁合金的规格	357
4.6 球墨可锻铸铁	252	4.3 铸造镁合金的熔炼	358
5 抗磨铸铁	255	4.4 镁合金铸件的热处理	360
5.1 抗磨白口铸铁	255	5 铸造锌合金	361
5.2 冷硬铸铁	263	5.1 合金及性能	361
5.3 中锰球墨铸铁	268	5.2 锌合金的熔炼和热处理	363
6 耐热铸铁	271	6 铸造钝钛和钛合金	363
6.1 耐热铸铁的牌号	271	6.1 钛和钛合金中的合金元素	363
6.2 铬系耐热铸铁	273	6.2 钛合金的分类	364
6.3 中硅耐热铸铁	273	6.3 铸造纯钛和钛合金的规格	364

6.4 钛合金的熔炼和铸造	365	8.1 机械再生设备	442
6.5 钛和钛合金铸件的热处理	366	8.2 热法再生设备	445
7 铸造轴承合金	366	8.3 湿法再生设备	446
7.1 轴承合金的分类	367	第六章 铸造工艺	448
7.2 铸造轴承合金的规格	367	1 概述	448
7.3 轴承合金的熔炼和浇注	370	1.1 铸造工艺设计的概念	448
8 铸造纯镍和镍合金	370	1.2 设计依据	448
第五章 造型材料	372	1.3 铸件工艺设计的内容和编制 程序	448
1 原砂	372	1.4 铸造工艺符号及表示方法	449
1.1 硅砂	372	2 铸件的凝固和收缩	449
1.2 非硅质砂	373	2.1 铸件的凝固	449
1.3 原砂的粒度和粒度分布	375	2.2 铸件形成过程中金属的收缩	451
1.4 原砂的颗粒形状	380	2.3 补偿各种收缩的措施	451
1.5 原砂的含泥量和砂粒的表面 性状	381	2.4 铸铁的收缩特点及其影响	452
1.6 原砂的 pH 值和需酸量	381	3 铸件设计要点和铸件的工艺性	452
1.7 我国一些重要的天然硅砂产地	382	3.1 铸件品质(质量)对零件结构 的要求	453
2 常用的粘结材料和辅助材料	383	3.2 铸造工艺对零件结构的要求	458
2.1 粘土	383	3.3 不同铸造合金对零件结构 的要求	463
2.2 水玻璃	387	4 砂型铸造的工艺方案	470
2.3 树脂粘结剂	389	4.1 造型和造芯方法	470
2.4 油类粘结剂	394	4.2 确定浇注位置的原则	476
2.5 其他粘结剂	395	4.3 确定分型面的原则	476
2.6 常用的辅助材料	397	4.4 一型中铸件数量的确定及其 安排	476
3 粘土粘结砂	402	5 工艺参数的选择	477
3.1 粘土砂的特点	402	5.1 铸造收缩率	477
3.2 粘土湿型砂	404	5.2 铸件尺寸公差	478
3.3 粘土干型及表面干燥型用砂	409	5.3 铸件质(重)量公差	482
4 水玻璃粘结砂	410	5.4 要求的机械加工余量(RMA)	483
4.1 水玻璃砂的特点	410	5.5 起模斜度	485
4.2 吹 CO ₂ 硬化的水玻璃砂	412	5.6 非加工壁厚的负余量	486
4.3 脱水硬化的水玻璃砂	417	5.7 最小铸出孔和槽	486
4.4 自硬水玻璃砂	417	5.8 反变形量	487
5 树脂粘结砂	419	5.9 工艺肋(筋)	489
5.1 加热硬化工艺	420	5.10 分型负数	491
5.2 自硬砂工艺	423	6 砂芯设计	492
5.3 吹气(雾)硬化的工艺	427	6.1 砂芯的分级	492
6 其他型砂和芯砂	430	6.2 砂芯的设置	492
6.1 水泥粘结砂	430	6.3 砂芯的固定	494
6.2 油砂	432	6.4 砂芯的定位	495
7 铸造涂料	434	6.5 芯头的尺寸和间隙	500
7.1 铸造涂料所用的原材料	434	6.6 芯撑	503
7.2 涂料的流变性能	437		
7.3 涂料的使用	441		
8 旧砂再生	442		

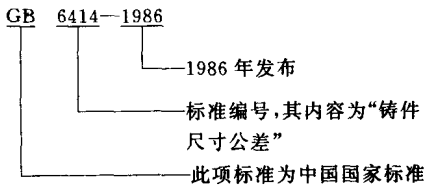
6.7 芯骨	503	5.2 反压铸造	755
6.8 砂芯的排气	504	6 挤压铸造	757
6.9 砂芯的组合及预装配	505	6.1 挤压铸造工艺概述	757
7 浇注系统	507	6.2 挤压铸造机	758
7.1 浇注系统各组元	507	6.3 挤压铸造铸型	761
7.2 浇注系统的类型和选择	510	6.4 挤压铸造工艺参数	765
7.3 铸铁件的浇注系统	517	6.5 挤压铸造工艺应用举例	766
7.4 铸钢件的浇注系统	531	7 离心铸造	768
7.5 有色金属铸件的浇注系统	536	7.1 概述	768
7.6 特殊形式浇注系统	546	7.2 离心铸造原理	770
8 冒口	569	7.3 离心铸造工艺	771
8.1 冒口的种类	569	7.4 离心铸造机	776
8.2 铸钢件的冒口	569	7.5 离心铸型	776
8.3 灰铸铁件的冒口	604	7.6 离心铸铁管	782
8.4 球墨铸铁件的冒口	608	7.7 离心铸铁轧辊	786
8.5 可锻铸铁件的冒口	610	7.8 离心铸造气缸套	787
8.6 铜合金铸件的冒口	612	7.9 离心铸造钢管	788
8.7 铝合金铸件的冒口	617	7.10 离心铸造钢背轴套	788
第七章 特种铸造	620	8 消失模铸造	790
1 特种铸造工艺概述	620	8.1 概述	790
1.1 特种铸造方法及其工艺过程		8.2 成形基础理论	791
特点	620	8.3 模样材料及制模技术	792
1.2 各种特种铸造法的应用范围	620	8.4 涂料技术	794
2 熔模铸造	623	8.5 铸造工艺	796
2.1 概述	623	8.6 铸造缺陷	798
2.2 模料和制模工艺	623	9 石膏型铸造	799
2.3 制壳材料和工艺	628	9.1 石膏型铸造的工艺特点	799
2.4 熔失熔模、型壳焙烧和浇注	644	9.2 石膏型铸造方法的分类、工艺过程	
2.5 脱壳和铸件清理	647	及应用	799
2.6 熔模铸件常见缺陷分析	649	9.3 石膏及石膏型的理论基础	800
3 金属型铸造	652	9.4 制备石膏型用的各种原材料	802
3.1 金属型铸造的特点	652	9.5 石膏混合料浆体的制备及灌注	805
3.2 金属型铸造机的选用	653	10 陶瓷型精密铸造	806
3.3 铸造工艺设计	654	10.1 概述	806
3.4 金属型设计	664	10.2 陶瓷型工艺	807
3.5 金属型铸造工艺	679	10.3 影响尺寸精度的因素	809
3.6 铸件常见缺陷及防止方法	685	10.4 影响表面粗糙度的因素	810
4 压力铸造	688	11 连续铸造	810
4.1 压铸工艺原理及参数	688	11.1 概述	810
4.2 压铸合金	692	11.2 连续铸造钢坯	810
4.3 压铸机	696	11.3 (半)连续铸造铁管	814
4.4 压铸件的设计	702	11.4 连续铸造铸坯	819
4.5 压铸件	709	11.5 有色金属的连续铸造	820
5 低压铸造及反压铸造	746	12 真空吸铸	826
5.1 低压铸造	746	12.1 概述	826

12.2 真空吸铸工艺	827	3.3 铸造表面粗糙度比较样块	836
12.3 真空吸铸机	828	3.4 铸造表面粗糙度评定方法	837
第八章 铸件品质 (质量)	832	4 铸件缺陷的检验	838
1 铸件的尺寸精度	832	4.1 目视检验与无损检测	838
1.1 尺寸公差	832	4.2 渗透检测	839
1.2 壁厚公差	833	4.3 磁粉探伤	842
1.3 错型量	833	4.4 超声波探伤	843
1.4 公差带设置	834	4.5 射线探伤	845
1.5 公差在图样上的标注	834	5 铸件缺陷修复	846
1.6 铸件尺寸公差等级的选择	834	5.1 铸钢件的焊补	846
1.7 铸件尺寸精度的行业规定	834	5.2 铸铁件的焊补	847
2 铸件的质 (重) 量公差	835	5.3 铸铝件的焊补	849
2.1 质 (重) 量公差等级	835	5.4 浸渗修补	849
2.2 质 (重) 量公差等级的选择	836	6 铸件的品质 (质量) 等级	850
2.3 铸件质 (重) 量偏差的影响 因素	836	6.1 品质 (质量) 评定内容及等级	850
3 铸造表面粗糙度	836	6.2 品质 (质量) 分等	851
3.1 表面粗糙度参数	836	6.3 评定方法	854
3.2 铸件表面粗糙度的选定	836	参考文献	856

第一章 综合性资料

1 标准编号

我国、国际标准化组织及其他各工业国的标准编号都包括三个部分：代号、顺序号和年代号。
代号是标准发布单位发布标准所用的代表符号。
顺序号即标准的编号。
年代号表明标准发布的年代。
例如：



以下仅就与铸造行业有关的各种标准代号作概略的介绍。

1.1 中国标准代号

1) 国家标准及其他国家级的标准的代号，见表 1-1。

表 1-1 国家标准及国家级标准的代号

代号	含 义
GB	国家标准
GB/T	国家标准（推荐性）
GBn	国家标准（内部）
GBJ	国家工程建设标准
GJB	国家军用标准

2) 部标准及相当于部一级的标准代号，见表 1-2。

表 1-2 部标准及相当于部一级的标准代号

代号	含 义
CB	中国船舶工业总公司标准
FZ	纺织工业总会标准（原纺织工业部标准）
HG	化学工业标准
JB	机械工业标准（JB/T 机械工业推荐标准）
JC	国家建筑材料工业局标准
NJ	机械工业标准（农机部分）

(续)

代号	含 义
QB	轻工业标准
SJ	电子工业标准
SY	石油工业标准
YB	冶金工业标准

注：1. 标准代号后置斜线，其后加“T”字样，如 JB/T，表示该标准为推荐性标准。

2. 标准代号后置斜线，其后加“Z”字样，表示该文件为相应部级指导性技术文件，如 JB/Z 为机械工业部指导性技术文件。

3) 我国国家技术监督局统一分类编号的各专业标准代号，见表 1-3。

表 1-3 国家技术监督局统一分类的有关专业标准代号

ZB	专业标准（强制性）	ZBL	电子基础、计算机与信息处理
ZB/T	专业标准（推荐性）	ZBM	通信、广播
ZBA	综合性专业标准（以下略去专业标准）	ZBN	仪器、仪表
ZBB	农业、林业	ZBP	土木建筑
ZBC	医药卫生、劳动保护	ZBQ	建材
ZBD	矿业	ZBR	公路、水路运输
ZBE	石油工业	ZBS	铁路
ZBG	化学工业	ZBT	车辆
ZBH	冶金工业	ZBU	船舶
ZBF	能源、核能	ZBV	航空、航天
ZBJ	机械工业	ZBW	纺织
ZBK	电工	ZBZ	环境保护

4) 机械系统的专业内部标准代号，见表 1-4。

表 1-4 机械系统的专业内部标准代号

代号	含 义
JB/DQ	电工专业内部标准
JB/GQ	机床工具专业内部标准
JB/JQ	机械基础件专业内部标准

(续)

代号	含 义
JB/NQ	农业机械专业内部标准
JB/SQ	工程机械专业内部标准
JB/TQ	通用机械专业内部标准
JB/YQ	仪器仪表专业内部标准
JB/ZQ	重型矿山机械专业内部标准

1.2 部分国外标准代号

国际标准化组织及一些国家和机构的标准代号，见表 1-5。

表 1-5 部分国外标准代号

代号	表示内容	代号	表示内容
ISO	国际标准化组织标准	MSS	美国阀类及管件制造厂标准化协会标准
AA	国际铝业协会标准	SAE	美国汽车工程师学会标准
ADCI	美国压铸学会标准	ГОСТ	原苏联国家标准
ACI	美国合金铸造学会标准	BS	英国标准
AISI	美国钢铁学会标准	NF	法国标准
ANSI	美国国家标准学会标准	JIS	日本工业标准
ASME	美国机械工程师学会标准	DIN	德国标准
ASTM	美国材料与试验学会标准	AS	澳大利亚标准
MIL	美国军用标准	API	美国石油学会标准
VDMA	德国机械制造业标准	LR	英国劳氏船级社规范和条例

2 国际单位制和我国的法定计量单位

国际单位制简称 SI。SI 单位是国际单位制中与基本单位构成一贯单位制的那些单位。

2.1 国际单位制的构成

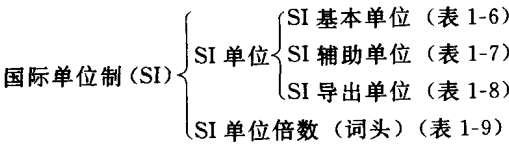


表 1-6 SI 基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克 (公斤)	kg
时间	秒	s

(续)

量的名称	单位名称	单位符号
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

注：1. 圆括号中的公斤是千克的同义词。
2. 方括号中的字，在不致引起误解的情况下可以省略，下同。

表 1-7 SI 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

表 1-8 具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	名称	符号	SI 导出单位	
			其他表示式	
			用 SI 单位示例	用 SI 基本单位
频率	赫 [兹]	Hz	—	s ⁻¹
力, 重力	[牛 顿]	N	—	m · kg · s ⁻²
压力, 压强, 应力	帕 [斯卡]	Pa	N/m ²	m ⁻¹ · kg · s ⁻²
能 [量], 功, 热量	焦 [耳]	J	N · m	m ² · kg · s ⁻²
功率, 辐 [射] 能 [通量]	瓦 [特]	W	J/s	m ² · kg · s ⁻³
电荷 [量]	库 [仑]	C	—	s · A
电压, 电动势, 电位 (电势)	伏 [特]	V	W/A	m ² · kg · s ⁻³ · A ⁻¹
电容	法 [拉]	F	C/V	m ⁻² · kg ⁻¹ · s ⁴ · A ²
电阻	欧 [姆]	Ω	V/A	m ² · kg · s ⁻³ · A ⁻²
电导	西 [门子]	S	A/V	m ⁻² · kg ⁻¹ · s ³ · A ²
磁通 [量]	韦 [伯]	Wb	V · s	m ² · kg · s ⁻² · A ⁻¹
磁 通 [量] 密度, 磁感应强度	特 [斯拉]	T	Wb/m ²	kg · s ⁻² · A ⁻¹
电感	亨 [利]	H	Wb/A	m ² · kg · s ⁻² · A ⁻²
摄氏温度	摄氏 度	°C	—	K
光通量	流 [明]	lm	—	cd · sr
[光] 照度	勒 [克斯]	lx	lm/m ²	m ⁻² · cd · sr
[放射性] 活度	贝 可 [勒尔]	Bq	—	s ⁻¹
吸收剂量 [指数], 比授 [予] 能	戈 瑞	Cy	J/kg	m ² · s ⁻²
剂量当量 [指数]	希 [沃特]	Sv	J/kg	m ² · s ⁻²

表 1-9 SI 单位的倍数单位 (词头)

因 数	词 头 名 称		符 号
	原文 (法)	中文	
10^{18}	exa	艾 [可萨]	E
10^{15}	peta	拍 [它]	P
10^{12}	tera	太 [拉]	T
10^9	giga	吉 [咖]	G
10^6	mega	兆	M
10^3	kilo	千	k
10^2	hecto	百	h
10^1	déca	十	da
10^{-1}	déci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	mili	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-9}	nano	纳 [诺]	n
10^{-12}	pico	皮 [可]	p
10^{-15}	femto	飞 [母托]	f
10^{-18}	atto	阿 [托]	a

2.2 我国的法定计量单位

我国的法定计量单位是以 SI 单位为基础,同时选用了一些非国际单位制的单位构成的。采用一些非国际单位制的单位,是因为它们广泛使用,而且实际是需要的。可与 SI 单位并用的我国法定计量单位列于表 1-10。根据习惯,在某些情况下,表 1-10 中的单位还

可与 SI 单位构成组合单位。

表 1-10 可与 SI 并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	1mis=60s
	[小]时	h	1h=60min=3600s
	日,(天)	d	1d=24h=86400s
[平面]角	度	(°)	1°=(π /180)rad
	[角]分	(′)	1′=(1/60)°=(π /10800)rad
	[角]秒	(″)	1″=(1/60)′=(π /64800)rad
体积,容积	升	L,(l)	1L=1dm ³ =10 ⁻³ m ³
质量	吨	t	1t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1u $\approx$ 1.6605655 $\times$ 10 ⁻²⁷ kg
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)
能	电子伏	eV	1eV $\approx$ 1.6021892 $\times$ 10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特(克斯)	tex	1tex=10 ⁻⁶ kg/m

2.3 常用计量单位的换算

2.3.1 常用法定计量单位及相关单位的换算见表 1-11。

表 1-11 常用法定计量单位及其换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米	m	费米	fm	1fm=10 ⁻¹⁵ m
	海里	n mile	埃	Å	1Å=0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
			英尺	ft	1ft=0.3048m
			英寸	in	1in=0.0254m
			英里	mile	1mile=1609.344m
			密耳	mil	1mil=25.4 $\times$ 10 ⁻⁶ m
面积	平方米	m ²	公亩	a	1a=10 ² m ²
			公倾	ha	1ha=10 ⁴ m ²
			平方英尺	ft ²	1ft ² =0.0929030m ²
			平方英寸	in ²	1in ² =6.4516 $\times$ 10 ⁻⁴ m ²
			平方英里	mile ²	1mile ² =2.58999 $\times$ 10 ⁶ m ²
体积、容积	立方米	m ³	立方英尺	ft ³	1ft ³ =0.0283168m ³
	升	L,(l)	立方英寸	in ³	1in ³ =1.63871 $\times$ 10 ⁻⁵ m ³
			英加仑	UKgal	1UKgal=4.54609dm ³
			美加仑	USgal	1USgal=3.78541dm ³
质量	千克(公斤)	kg	磅	lb	1lb=0.45359237kg
	吨	t	英担	cwt	1cwt=50.8023kg
	原子质量单位	u	英吨	ton	1ton=1016.05kg

(续)

物理量 名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
质量	千克(公斤) 吨 原子质量 单位	kg t u	短吨 盎司 格令 夸特 米制克拉	sh ton oz gr, gn qr, qtr	1sh ton=907.185kg 1oz=28.3495g 1gr=0.064798 91g 1qr=12.7006kg 1米制克拉= 2×10^{-4} kg
温度	开[尔文] 摄氏度	K °C	 华氏度 兰氏度	 °F °R	表示温度差和温度间隔时： $1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$ 表示温度数值时： $^{\circ}\text{C}=\text{K}-273.15$ 表示温度和温度间隔时： $1^{\circ}\text{F}=\frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$ 表示温度数值时： $\text{K}=\frac{5}{9}(^{\circ}\text{F}+459.67)$ ， $^{\circ}\text{C}=\frac{5}{9}(^{\circ}\text{F}-32)$ 表示温度数值时： $^{\circ}\text{C}=\frac{5}{9}^{\circ}\text{R}-273.15$ 表示温度差和温度间隔时： $\text{K}=\frac{5}{9}^{\circ}\text{R}$
旋转速度	每秒 转每分	s^{-1} r/min		rpm	1rpm=1r/min=(1/60) s^{-1}
力,重力	牛[顿]	N	达因 千克力 磅力 吨力	dyn kgf lbf tf	1dyn= 10^{-5} N 1kgf=9.80665N 1lbf=4.44822N 1tf=9.80665 $\times 10^3$ N
压力,压强; 应力	帕[斯卡]	Pa	巴 千克力每平方厘米 毫米水柱 毫米汞柱 托 工程大气压 标准大气压 磅力每平方英尺 磅力每平方英寸	bar kgf/cm ² mmH ₂ O mmHg Torr at atm lbf/ft ² lbf/in ²	1bar= 10^5 Pa 1kgf/cm ² =0.0980665MPa 1mmH ₂ O=9.80665Pa 1mmHg=133.322Pa 1Torr=133.322Pa 1at=98066.5Pa=98.0665kPa 1atm=101325Pa=101.325kPa 1lbf/ft ² =47.8803Pa 1lbf/in ² =6894.76Pa =6.89476kPa
能量; 功,热	焦[耳] 电子伏 千瓦小时	J eV kW·h	尔格 千克力米 英马力小时 卡 热化学卡 马力小时 电工马力小时 英热单位	erg kgf·m hp·h cal cal _{th} Btu	1erg= 10^{-7} J 1kgf·m=9.80665J 1hp·h=2.68452MJ 1cal=4.1868J 1cal _{th} =4.1840J 1马力小时=2.64779MJ 1电工马力小时=2.685 60MJ 1Btu=1055.06J=1.05506kJ 1kW·h=3.6MJ

(续)

物理量 名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
功率,辐射 通量	瓦[特]	W	千克力米每秒	kgf·m/s	1kgf·m/s=9.806 65W
			马力,米制马力	法 ch,CV;德 PS	1ch=735. 499W
			英马力	hp	1hp=745. 700W
			电工马力		1 电工马力=746W
			卡每秒	cal/s	1cal/s=4. 1868W
			千卡每小时	kcal/h	1kcal/h=1. 163W
			热化学卡每秒	cal _{th} /s	1cal _{th} /s=4. 184W
			伏安	VA	1VA=1W
			乏	var	1var=1W
			英热单位每小时	Btu/h	1Btu/h=0. 293071W
电导	西[门子]	S	姆欧	Ω	1 Ω=1S
磁通量	韦[伯]	Wb	麦克斯韦	Mx	1Mx=10 ⁻⁸ Wb
磁通量密度, 磁感应强度	特[斯拉]	T	高斯	Gs,G	1Gs=10 ⁻⁴ T
光照度	勒[克斯]	lx	英尺烛光	lm/ft ²	1lm/ft ² =10. 76lx
速度	米每秒	m/s	英尺每秒	ft/s	1ft/s=0. 3048m/s
		kn	英寸每秒	in/s	1in/s=0. 0254m/s
	千米每小时	km/h	英里每小时	mile/h	1mile/h=0. 44704m/s
		m/min			1km/h=0. 277778m/s 1m/min=0. 0166667m/s
加速度	米每二次方秒	m/s ²	英尺每二次方秒	ft/s ²	1ft/s ² =0. 3048m/s ²
			伽	Gal	1Gal=10 ⁻² m/s ²
线密度、纤度	千克每米	kg/m	旦[尼尔]	den	1den=0. 111 112×10 ⁻⁶ kg/m
	特[克斯]	tex	磅每英尺	lb/ft	1lb/ft=1. 488 16kg/m
			磅每英寸	lb/in	1lb/in=17. 858 0kg/m
密度	千克每立方米	kg/m ³	磅每立方英尺	lb/ft ³	1lb/ft ³ =16. 0185kg/m ³
			磅每立方英寸	lb/in ³	1lb/in ³ =27679. 9kg/m ³
比容 (比体积)	立方米每千 克	m ³ /kg	立方英尺每磅	ft ³ /lb	1ft ³ /lb=0. 0624280m ³ /kg
			立方英寸每磅	in ³ /lb	1in ³ /lb=3. 61273×10 ⁻⁵ m ³ /kg
质量流率	千克每秒	kg/s	磅每秒	lb/s	1lb/s=0. 453592kg/s
			磅每小时	lb/h	1lb/h=1. 25998×10 ⁻⁴ kg/s
体积流率	立方米每秒	m ³ /s	立方英尺每秒	ft ³ /s	1ft ³ /s=0. 0283168m ³ /s
	升每秒	L/s	立方英寸每小时	in ³ /h	1in ³ /h=4. 55196×10 ⁻⁹ m ³ /s
转动惯量	千克二次方米	kg·m ²	磅二次方英尺	lb·ft ²	1lb·ft ² =0. 0421401kg·m ²
			磅二次方英寸	lb·in ²	1lb·in ² =2. 92640×10 ⁻⁴ kg·m ²
动量	千克米每秒	kg·m/s	磅英尺每秒	lb·ft/s	1lb·ft/s=0. 138255kg·m/s
角动量	千克二次方米 每秒	kg·m ² /s	磅二次方英尺每秒	lb·ft ² /s	1lb·ft ² /s=0. 0421401kg·m ² /s
力矩	牛顿米	N·m	千克力米	kgf·m	1kgf·m=9. 80665N·m
			磅力英尺	lbf·ft	1lbf·ft=1. 35582N·m
			磅力英寸	lbf·in	1lbf·in=0. 112985N·m
[动力]粘度	帕斯卡秒	Pa·s	泊	P,Po	1P=10 ⁻¹ Pa·s
			厘泊	cP	1cP=10 ⁻³ Pa·s
			千克力秒每平方米	kgf·s/m ²	1kgf·s/m ² =9. 80665Pa·s
			磅力秒每平方英尺	lbf·s/ft ²	1lbf·s/ft ² =47. 8803Pa·s
			磅力秒每平方英寸	lbf·s/in ²	1lbf·s/in ² =6894. 76Pa·s

(续)

物理量 名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
运动粘度, 热扩散率	二次方米每 秒	m ² /s	斯[托克斯]	St	1St=10 ⁻⁴ m ² /s
			厘斯[托克斯]	cSt	1cSt=10 ⁻⁶ m ² /s
			二次方英尺每秒	ft ² /s	1ft ² /s=9.29030×10 ⁻² m ² /s
			二次方英寸每秒	in ² /s	1in ² /s=6.4516×10 ⁻⁴ m ² /s
比能	焦耳每千克	J/kg	千卡每千克	kcal _{th} /kg	1kcal/kg=4186.8J/kg
			热化学千卡每千克	kcal _{th} /kg	1kcal _{th} /kg=4184J/kg
			英热单位每磅	Btu/lb	1Btu/lb=2326J/kg
比热容, 比熵	焦耳每千克 开尔文	J/(kg·K)	千卡每千克开尔文	kcal/(kg·K)	1kcal/(kg·K)=4186.8J/(kg·K)
			热化学千卡每千克 开尔文	kcal _{th} /(kg·K)	1kcal _{th} /(kg·K)=4184J/(kg·K)
			英热单位每磅 华氏度	Btu/(lb·°F)	1Btu/(lb·°F)=4186.8J/(kg·K)
传热系数	瓦特每平方 米开尔文	W/(m ² ·K)	卡每平方厘米秒开 尔文	cal/(cm ² ·s·K)	1cal/(cm ² ·s·K)=41868W/(m ² ·K)
			千卡每平方米小时 开尔文	kcal/(m ² ·h· K)	1kcal/(m ² ·h·K)=1.163W/(m ² ·K)
			英热单位每平方英 尺小时华氏度	Btu/(ft ² ·h·°F)	1Btu/(ft ² ·h·°F)=5.67826W/(m ² ·K)
热导率	瓦特每米开 尔文	W/(m·K)	卡每厘米秒开尔文	cal/(cm·s·K)	1cal/(cm·s·K)=418.68W/(m·K)
			千卡每米小时尔文	kcal/(m·h·K)	1kcal/(m·h·K)=1.163W/(m·K)
			英热单位每英尺小 时华氏度	Btu/(ft·h·°F)	1Btu/(ft·h·°F)=1.73073W/(m·K)

2.3.2 摄氏—华氏温度换算表

表 1-12 是索维尔式换算表,使用方便。每一组均有 3 列。换算时,先从中间一列找到待换算的数值,如欲由华氏温度换算为摄氏,则其左列对应的数字即是;如由摄氏温度换算为华氏,则其右列对应的数字即是。

表 1-12 摄氏—华氏温度换算表

-459.4~0					
°C		°F	°C		°F
-273	-459.4		-212	-350	
-268	-450		-207	-340	
-262	-440		-201	-330	
-257	-430		-196	-320	
-251	-420		-190	-310	
-246	-410		-184	-300	
-240	-400		-179	-290	
-234	-390		-173	-280	
-229	-380		-169	-273	-459.4
-223	-370		-168	-270	-454
-218	-350		-162	-260	-436

(续)

-459.4~0					
°C		°F	°C		°F
-157	-250	-418	-84	-120	-184
-151	-240	-400	-79	-110	-166
-146	-230	-382	-73	-100	-148
-140	-220	-364	-68	-90	-130
-134	-210	-346	-62	-80	-112
-129	-200	-328	-57	-70	-94
-123	-190	-310	-51	-60	-76
-118	-180	-292	-46	-50	-58
-112	-170	-274	-40	-40	-40
-107	-160	-256	-34	-30	-22
-101	-150	-238	-29	-20	-4
-96	-140	-220	-23	-10	14
-90	-130	-202	-17	0	32

0~100								
°C		°F	°C		°F	°C		°F
-17.8	0	32	-15.0	5	41.0	-12.2	10	50.0
-17.2	1	33.8	-14.4	6	42.8	-11.7	11	51.8
-16.7	2	35.6	-13.9	7	44.6	-11.1	12	53.6
-16.1	3	37.4	-13.3	8	46.4	-10.6	13	55.4
-15.6	4	39.2	-12.8	9	48.2	-10.0	14	57.2

(续)

0~100								
°C		°F	°C		°F	°C		°F
-9.4	15	59.0	6.7	44	111.2	22.2	72	161.6
-8.9	16	60.8	7.2	45	113.0	22.8	73	163.4
-8.3	17	62.6	7.8	46	114.8	23.3	74	165.2
-7.8	18	64.4	8.3	47	116.6	23.9	75	167.0
-7.2	19	66.2	8.9	48	118.4	24.2	76	168.8
-6.7	20	68.0	9.4	49	120.2	25.0	77	170.6
-6.1	21	69.8	10.0	50	122.0	25.6	78	172.4
-5.6	22	71.6	10.6	51	123.8	26.1	79	174.2
-5.0	23	73.4	11.1	52	125.6	26.7	80	176.0
-4.4	24	75.2	11.7	53	127.4	27.2	81	177.8
-3.9	25	77.0	12.2	54	129.2	27.8	82	179.6
-3.3	26	78.8	12.8	55	131.0	28.3	83	181.4
-2.8	27	80.6	13.3	56	132.8	28.9	84	183.2
-2.2	28	82.4	13.9	57	134.6	29.4	85	185.0
-1.7	29	84.2	14.4	58	136.4	30.0	86	186.8
-1.1	30	86.0	15.0	59	138.2	30.6	87	188.6
-0.6	31	87.8	15.6	60	140.0	31.1	88	190.4
0.0	32	89.6	16.1	61	141.8	31.7	89	192.2
0.6	33	91.4	16.7	62	143.6	32.2	90	194.0
1.1	34	93.2	17.2	63	145.4	32.8	91	195.8
1.7	35	95.0	17.8	64	147.2	33.3	92	197.6
2.2	36	96.8	18.3	65	149.0	33.9	93	199.4
2.8	37	98.6	18.9	66	150.8	34.4	94	201.2
3.3	38	100.4	19.4	67	152.6	35.0	95	203.0
3.9	39	102.2	20.0	68	154.4	35.6	96	204.8
4.4	40	104.0	20.6	69	156.2	36.1	97	206.6
5.0	41	105.8	21.1	70	158.0	36.7	98	208.4
5.6	42	107.6	21.7	71	159.8	37.2	99	210.2
6.1	43	109.4	21.7	71	159.8	37.8	100	212.0

100~1000						1000~2000					
°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C		°F
38	100	212	260	500	932	538	1000	1832	816	1500	2732
43	110	230	266	510	950	543	1010	1850	821	1510	2750
49	120	248	271	520	968	549	1020	1868	827	1520	2768
54	130	266	277	530	986	554	1030	1886	832	1530	2786
60	140	284	282	540	1004	560	1040	1904	838	1540	2804
66	150	302	288	550	1022	566	1050	1922	843	1550	2822
71	160	320	293	560	1040	571	1060	1940	849	1560	2840
77	170	338	299	570	1058	577	1070	1958	854	1570	2858
82	180	356	304	580	1076	582	1080	1976	860	1580	2876
88	190	374	310	590	1094	588	1090	1994	866	1590	2894

(续)

100~1000						1000~2000					
°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C		°F
93	200	392	316	600	1112	593	1100	2012	871	1600	2912
99	210	410	321	610	1130	599	1110	2030	877	1610	2930
100	212	413	327	620	1148	604	1120	2048	882	1620	2948
104	220	428	332	630	1166	610	1130	2066	888	1630	2966
110	230	446	338	640	1184	616	1140	2084	893	1640	2984
116	240	464	343	650	1202	621	1150	2102	899	1650	3002
121	250	482	349	660	1220	627	1160	2120	904	1660	3020
127	260	500	354	670	1238	632	1170	2138	910	1670	3038
132	270	518	360	680	1256	638	1180	2156	916	1680	3056
138	280	536	366	690	1274	643	1190	2174	921	1690	3074
143	290	554	371	700	1292	649	1200	2192	927	1700	3092
149	300	572	377	710	1310	654	1210	2210	932	1710	3110
154	310	590	382	720	1328	660	1220	2228	938	1720	3128
160	320	608	388	730	1346	666	1230	2246	943	1730	3146
166	330	626	393	740	1364	671	1240	2264	949	1740	3164
171	340	644	399	750	1382	677	1250	2282	954	1750	3182
177	350	662	404	760	1400	682	1260	2300	960	1760	3200
182	360	680	410	770	1418	688	1270	2318	966	1770	3218
188	370	698	416	780	1436	693	1280	2336	971	1780	3236
193	380	716	421	790	1454	699	1290	2354	977	1790	3254
199	390	734	427	800	1472	704	1300	2372	982	1800	3272
204	400	752	432	810	1490	710	1310	2390	988	1810	3290
210	410	770	438	820	1508	716	1320	2408	993	1820	3308
216	420	788	443	830	1526	721	1330	2426	999	1830	3326
221	430	806	449	840	1544	727	1340	2444	1004	1840	3344
227	440	824	454	850	1562	732	1350	2462	1010	1850	3362
232	450	842	460	860	1580	738	1360	2480	1016	1860	3380
238	460	860	466	870	1598	743	1370	2498	1021	1870	3398
243	470	878	471	880	1616	749	1380	2516	1027	1880	3416
249	480	896	477	890	1634	754	1390	2534	1032	1890	3434
254	490	914	482	900	1652	760	1400	2552	1038	1900	3452
260	500	932	488	910	1670	766	1410	2570	1043	1910	3470
266	510	950	493	920	1688	771	1420	2588	1049	1920	3488
271	520	968	499	930	1706	777	1430	2606	1054	1930	3506
277	530	986	504	940	1724	782	1440	2624	1060	1940	3524
282	540	1004	510	950	1742	788	1450	2642	1066	1950	3542
288	550	1022	516	960	1760	793	1460	2660	1071	1960	3560
293	560	1040	521	970	1778	799	1470	2678	1077	1970	3578
299	570	1058	527	980	1796	804	1480	2696	1082	1980	3596
304	580	1076	532	990	1814	810	1490	2714	1088	1990	3614
310	590	1094	538	1000	1832				1093	2000	3632

(续)

2000~3000									
°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C
1093	2000	3632	1232	2250	4082	1371	2500	4532	1510
1099	2010	3650	1238	2260	4100	1377	2510	4550	1516
1104	2020	3668	1243	2270	4118	1382	2520	4568	1521
1110	2030	3686	1249	2280	4136	1388	2530	4586	1527
1116	2040	3704	1254	2290	4154	1393	2540	4604	1532
1121	2050	3722	1260	2300	4172	1399	2550	4622	1538
1127	2060	3740	1266	2310	4190	1404	2560	4640	1543
1132	2070	3758	1271	2320	4208	1410	2570	4658	1549
1138	2080	3776	1277	2330	4226	1416	2580	4676	1554
1143	2090	3794	1282	2340	4244	1421	2590	4694	1560
1149	2100	3812	1288	2350	4262	1427	2600	4712	1566
1154	2110	3830	1293	2360	4280	1432	2610	4730	1571
1160	2120	3848	1299	2370	4298	1438	2620	4748	1577
1166	2130	3866	1304	2380	4316	1443	2630	4766	1582
1171	2140	3884	1310	2390	4334	1449	2640	4784	1588
1177	2150	3902	1316	2400	4352	1454	2650	4802	1593
1182	2160	3920	1321	2410	4370	1460	2660	4820	1599
1188	2170	3938	1327	2420	4388	1466	2670	4838	1604
1193	2180	3956	1332	2430	4406	1471	2680	4856	1610
1199	2190	3974	1338	2440	4424	1477	2690	4874	1616
1204	2200	3992	1343	2450	4442	1482	2700	4892	1621
1210	2210	4010	1349	2460	4460	1488	2710	4910	1627
1216	2220	4028	1354	2470	4478	1493	2720	4928	1632
1221	2230	4046	1360	2480	4496	1499	2730	4946	1638
1227	2240	4064	1366	2490	4514	1504	2740	4964	1643
									1649
									3000
									5432

2.3.3 密度与波美度、特沃德尔比重度的换算

(表 1-13)

密度 (γ) 以波美度 (符号为°Bé) 的换算式为

$$\gamma = \frac{144.3}{144.3 - ^\circ\text{Bé}}$$

表 1-13 是 3 种密度单位的对应关系。

表 1-13 密度与波美度、特沃德尔比重度换算表

密度 /(g/cm³)	波美度	特沃德尔 比重度	密度 /(g/cm³)	波美度	特沃德尔 比重度
1.00	0.00	0	1.07	9.49	14
1.01	1.44	2	1.08	10.74	16
1.02	2.84	4	1.09	11.97	18
1.03	4.22	6	1.10	13.18	20
1.04	5.58	8	1.11	14.37	22
1.05	6.91	10	1.12	15.54	24
1.06	8.21	12	1.13	16.68	26

(续)

密度 /(g/cm³)	波美度	特沃德尔 比重度	密度 /(g/cm³)	波美度	特沃德尔 比重度
1.14	17.81	28	1.48	47.03	96
1.15	18.91	30	1.49	47.68	98
1.18	20.00	32	1.50	48.33	100
1.17	21.07	34	1.51	48.97	102
1.18	22.12	36	1.52	49.60	104
1.19	23.15	38	1.53	50.23	106
1.20	24.17	40	1.54	50.84	108
1.21	25.16	42	1.55	51.45	110
1.22	26.15	44	1.56	52.05	112
1.23	27.11	46	1.57	52.64	114
1.24	28.06	48	1.58	53.23	116
1.25	29.00	50	1.59	53.80	118
1.26	29.92	52	1.60	54.38	120
1.27	30.83	54	1.61	54.94	122
1.28	31.72	56	1.62	55.49	124
1.29	32.60	58	1.63	56.04	126
1.30	33.46	60	1.64	56.58	128
1.31	34.31	62	1.65	57.12	130
1.32	35.15	64	1.66	57.65	132
1.33	35.98	66	1.67	58.17	134
1.34	36.79	68	1.68	58.69	136
1.35	37.59	70	1.69	59.20	138
1.36	38.38	72	1.70	59.71	140
1.37	39.16	74	1.71	60.20	142
1.38	39.93	76	1.72	60.70	144
1.39	40.68	78	1.73	61.18	146
1.40	41.43	80	1.74	61.67	148
1.41	42.16	82	1.75	62.14	150
1.42	42.89	84	1.76	62.61	152
1.43	43.60	86	1.77	63.08	154
1.44	44.31	88	1.78	63.54	156
1.45	45.00	90	1.79	63.99	158
1.46	45.68	92	1.80	64.44	160
1.47	46.36	94	—	—	—

3 一些元素的物理性能和铸造行业常用化工产品的性质

3.1 一些元素的物理性能 (表 1-14)