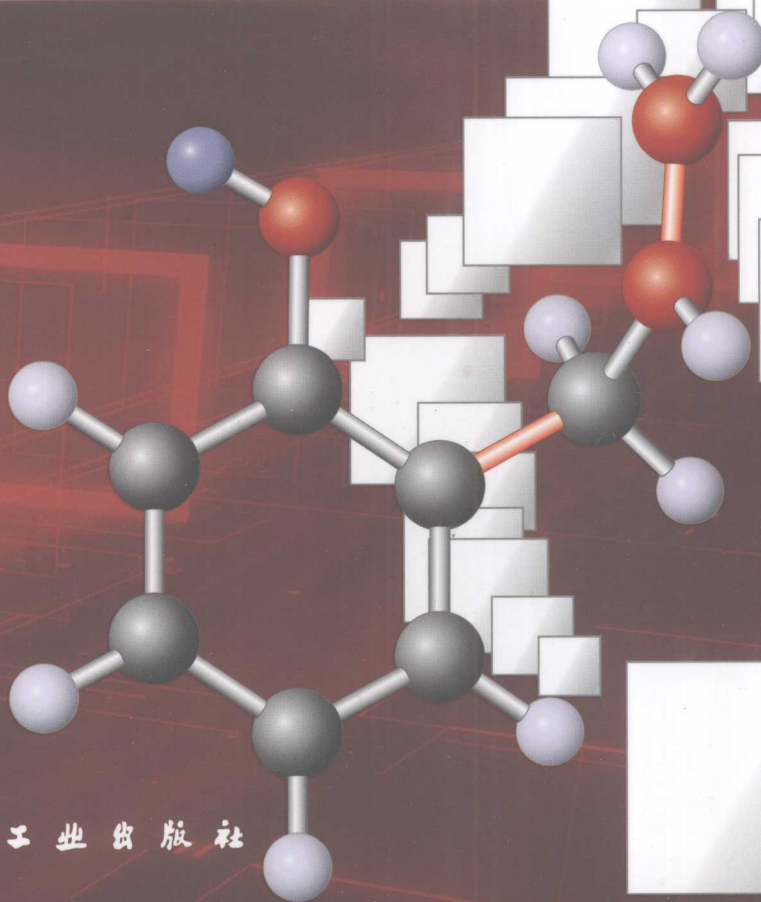


分析化学 数据速查手册

李梦龙 蒲雪梅 主 编
周翠松 周 歌 副主编

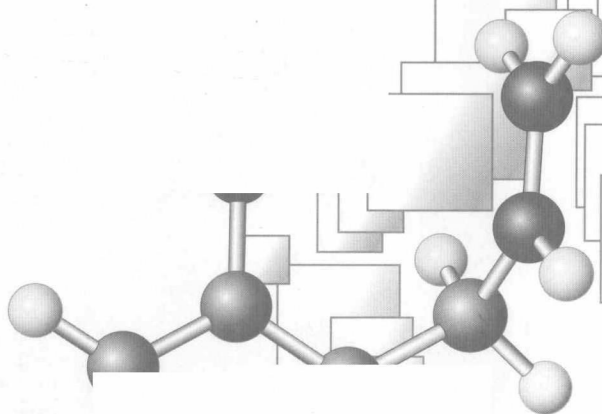
FENXI HUAXUE
SHUJU SUCHA SHOUCE



化学工业出版社

分析化学 数据速查手册

李梦龙 蒲雪梅 主 编
周翠松 周 歌 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学数据速查手册/李梦龙, 蒲雪梅主编. —北京:
化学工业出版社, 2009. 7

ISBN 978-7-122-05561-3

I. 分… II. ①李…②蒲… III. 分析化学-数据-手册
IV. 065-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 072494 号

责任编辑: 杜进祥
责任校对: 洪雅姝

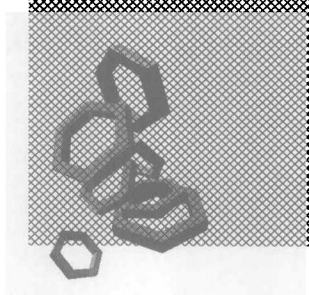
文字编辑: 刘志茹
装帧设计: 尹琳琳

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、装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 22 字数 571 千字 2009 年 8 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: 58.00 元

版权所有 违者必究



前言

分析化学是获取物质组成和结构的信息科学,包括化学分析和仪器分析两大类,在社会生产和科学研究中发挥着极其重要的作用,为方便分析工作者数据信息的查阅,提高工作效率,本手册提供了在现代分析化学方法中常用的数据和一些重要的基础资料。

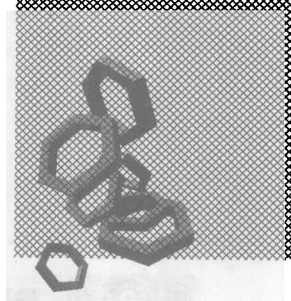
本手册是李梦龙主编的速查工具书系列的一本,主要内容分为化学分析实验常用数据和仪器分析实验常用数据两部分,共17章,编写以表格形式为主,精选了各种分析方法中常用和重要的化学数据和基本信息。与传统的分析化学相关数据手册不同的是本书所配套的光盘,囊括了书中的内容、制作精美、使用方便、无需安装,提供多种检索方式,可以帮助您在计算机上快速查找所需数据。此书可供大中专院校师生用作化学类课程教学科研的工具书,也是化学化工、药学、环境科学、材料科学、检验检疫、质量监督等领域科研与技术人员必备的数据手册。

本手册由李梦龙和蒲雪梅主编审定,周翠松、周歌担任副主编,其中第5章、第8章、第9章、第12章、第13章、第16章和第17章由蒲雪梅编写,第1章、第3章、第6章、第14章和第15章由周歌编写,第2章、第4章、第7章、第10章和第11章由周翠松编写。本书编写还要感谢陈华、肖丹、郭勇、王智猛、姜林、文志宁、郭延芝、刁元波、熊庆、陈毅芳等老师的大力支持和协助,另外,本书在数据收集方面还得到了实验室相关人员包括李敏、陈安群、何淑华、余乐正、李益洲、肖嘉敏、马代川、方亚平、杨刚、肖荣全、谭颖、曾玉红、方正、程孟辉、杨黎等同学的大力帮助,对此表示衷心感谢。

本书编写参考很多书籍,特此致谢!

限于作者水平,书中不足之处在所难免,恳请广大读者指正。

编者
2009年4月



目 录

第 1 章 分析化学计量单位和基本常数

1

1.1 国际单位制 (SI) 的基本单位及基本常数	1
表 1-1 SI 基本单位	1
表 1-2 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出 单位	1
表 1-3 SI 词头	2
表 1-4 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位	3
表 1-5 原子核外电子分层、分组排布表	3
表 1-6 一些物理和化学的基本常数	6
1.2 化学元素的性质	6
表 1-7 化学元素的名称、符号、相对原子质量、电导率、热导率、密度、熔点和 沸点	6
1.3 常用电解质溶液的活度系数	9
表 1-8 常用酸、碱及盐溶液的活度系数 (25℃)	9
1.4 化学试剂的分类、分级和规格	11
表 1-9 化学试剂的分类	11
表 1-10 一般化学试剂的等级标志	12
表 1-11 一般化学试剂的国外标准简写代号	12
表 1-12 特殊规格的化学试剂	13
1.5 常见物质的一般性质	13
表 1-13 无机化合物的一般性质	13
表 1-14 有机化合物的一般性质	29
表 1-15 标准氨基酸的性质	38
1.6 压力单位间的换算	39
表 1-16 压力单位间的换算	39
1.7 化学分析中酸碱滴定容器常用数据	39
表 1-17 常用滴定管	39
表 1-18 量器的容量允差/mL	40

第一部分 化学分析实验常用数据

第 2 章 酸碱滴定法

42

表 2-1	水在不同温度下的密度和离子积常数 K_w 值	42
表 2-2	离子的活度系数 (25℃)	44
表 2-3	水在不同温度下的黏度和介电常数	44
表 2-4	水的体积和质量换算 (供校准玻璃容量仪器体积用)	45
表 2-5	水溶液中酸碱滴定的基准物	45
表 2-6	无机酸在水溶液中的解离常数 (25℃)	45
表 2-7	有机酸在水溶液中的解离常数 (25℃)	47
表 2-8	无机碱在水溶液中的解离常数 (25℃)	49
表 2-9	有机碱在水溶液中的解离常数 (25℃)	49
表 2-10	酸在不同温度水溶液中的平衡常数	51
表 2-11	不同酸度条件下 HAc 的 $d(\text{HAc})$ 和 $d(\text{Ac}^-)$	55
表 2-12	水溶液酸碱滴定的指示剂及其变色的 pH 范围	55
表 2-13	酸碱滴定中的混合指示剂	57
表 2-14	强碱滴定弱酸的 pH 突跃范围	57
表 2-15	强酸滴定弱碱的 pH 突跃范围	57
表 2-16	常用溶剂的质子自递反应及质子自递常数 (pK_s , 25℃)	58
表 2-17	常用溶剂的介电常数	58
表 2-18	非水体系中各种酸及指示剂的 pK_a	58
表 2-19	非水介质中的滴定方法	59

第 3 章 氧化还原滴定法

61

表 3-1	一些物质在酸性溶液中的标准电极电势 (298.15K)	61
表 3-2	一些物质在碱性溶液中的标准电极电势 (298.15K)	66
表 3-3	某些氧化还原电对的条件电极电势 ($E^{\ominus'}$)	67
表 3-4	常用的氧化还原滴定剂	68
表 3-5	预处理用的氧化剂	68
表 3-6	预处理用的还原剂	69
表 3-7	可用 KMnO_4 滴定法测定的物质	70
表 3-8	可用碘量法测定的物质	73
表 3-9	可用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 滴定法测定的物质	76
表 3-10	可用 KBrO_3 滴定法测定的物质	78
表 3-11	可用 $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ 滴定法测定的物质	79
表 3-12	可用 FeSO_4 滴定法测定的物质	79
表 3-13	可用 NaAsO_2 滴定法测定的物质	80
表 3-14	常用氧化还原指示剂	81

表 4-1	金属-无机络合物的稳定常数	82
表 4-2	金属-有机络合物的稳定常数	87
表 4-3	EDTA 的 $\lg\alpha_{Y(H)}$ 值	93
表 4-4	常用掩蔽剂	93
表 4-5	掩蔽剂在络合滴定中的应用	97
表 4-6	EDTA 滴定时的掩蔽剂	101
表 4-7	EDTA 间接滴定法测定阴离子	102
表 4-8	EDTA 滴定法测定阳离子	103
表 4-9	常用金属指示剂	107
表 4-10	金属指示剂的酸效应系数 ($\lg\alpha_{HIn}$)	108
表 4-11	指示剂变色点 $pM_{\text{终点}}$ 值	109
表 4-12	络合滴定常用缓冲溶液的配制方法	112
表 4-13	pH 标准缓冲溶液	113

表 5-1	微溶化合物的溶度积 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$, $I=0$)	115
表 5-2	重量分析中常用的沉淀剂	121
表 5-3	元素的重量分析法中沉淀的称量式的热稳定性及换算因子	122
表 5-4	沉淀滴定法中的吸附指示剂	127
表 5-5	基于沉淀反应的滴定方法	127

表 6-1	分析实验室用水技术要求	131
表 6-2	常用有机溶剂的一般性质	131
表 6-3	水与几种非水溶剂的沸点、冰点、沸点升高常数和冰点降低常数	132
表 6-4	用含氧溶剂萃取金属氯化物的萃取率	132
表 6-5	用乙醚从 0.5mol/L HCl 溶液中萃取硫氰酸盐的元素萃取率	133
表 6-6	用磷酸三丁酯从盐酸溶液中萃取金属的萃取率	134
表 6-7	用磷酸三丁酯从硝酸溶液中萃取金属的萃取率	134
表 6-8	用 5% 的三辛基氧膦甲苯溶液从盐酸溶液中萃取金属的萃取率	135
表 6-9	用 5% 的三辛基氧膦甲苯溶液从硝酸溶液中萃取金属的萃取率	136
表 6-10	用二(2-乙基己基)膦酸(50% 甲苯溶液)从盐酸溶液中萃取金属的萃取率	136
表 6-11	用二(2-乙基己基)膦酸从硝酸溶液中萃取金属的萃取率	137
表 6-12	常用离子交换树脂的性质及使用说明	137
表 6-13	离子交换树脂的转换	139
表 6-14	二元混合物的蒸气压比	139

第二部分 仪器分析实验常用数据

第 7 章 紫外可见分光光度法 144

表 7-1	A-T 值换算	144
表 7-2	常用溶剂的最低波长极限	145
表 7-3	分光光度法测定无机元素中的显色剂	145
表 7-4	有机物分光光度(紫外)法	159
表 7-5	国家标准中有机物测定的分光光度法	166
表 7-6	常用检测器的特性	166
表 7-7	常用光电倍增管的特性	167
表 7-8	汞灯发射光谱波长/nm	167
表 7-9	氧化钬玻璃吸收峰波长/nm	167
表 7-10	含量为 10%高氯酸中 4%氧化钬溶液吸收峰波长/nm	167

第 8 章 原子发射光谱法 168

表 8-1	按波长排列的元素的灵敏线	169
表 8-2	ICP-AES 法中元素的分析线、检出限及干扰元素	174
表 8-3	火焰原子发射光谱法的检出限	194

第 9 章 原子吸收光谱法 207

表 9-1	元素的电离电位	208
表 9-2	光谱干扰线	209
表 9-3	火焰的原子化效率(β 值)	210
表 9-4	用于抑制干扰的试剂	212
表 9-5	火焰原子吸收光谱法元素的测定条件	212
表 9-6	常见元素石墨炉原子吸收法的分析条件	218
表 9-7	原子吸收分光光度计故障表现及排除方法	219

第 10 章 红外光谱法 221

表 10-1	波数-波长转换	221
表 10-2	振动的类型和形式及其表示符号	222
表 10-3	伸缩力常数	223
表 10-4	近红外区吸收频率	223
表 10-5	各类基团的吸收频率	224
表 10-6	红外光谱的类型与仪器部件	242
表 10-7	红外透光材料	242
表 10-8	各种常用红外分光光度计的光源	242
表 10-9	常用红外光谱仪的检测器的特性	243
表 10-10	近红外(NIR)检测器构成材料及光谱范围	243
表 10-11	各种类型近红外仪器的比较	243

表 11-1	元素的核磁共振参数	245
表 11-2	NMR 常用溶剂的性质	248
表 11-3	标准物的化学位移	249
表 11-4	质子的化学位移	250
表 11-5	单取代苯的化学位移	252
表 11-6	双键上质子的化学位移估计值	252
表 11-7	质子-质子自旋偶合常数	254
表 11-8	H-1 与 F-19 之间的自旋偶合常数	255
表 11-9	^{13}C 的化学位移	255
表 11-10	取代基对烷基化学位移的影响	257
表 11-11	取代苯上 ^{13}C 的化学位移	258
表 11-12	羰基上 ^{13}C 的化学位移	259
表 11-13	取代吡啶上 ^{13}C 的化学位移	260
表 11-14	单键 C—H 自旋偶合常数	261
表 11-15	碳-碳自旋偶合常数	262

表 12-1	元素及稳定同位素的精确质量及天然丰度	263
表 12-2	常见分子离子的元素组成	270
表 12-3	有机化合物质谱中一些常见碎片离子	273
表 12-4	从分子离子失去的中性碎片	276

表 13-1	226 种固定相的麦克雷诺兹常数	278
表 13-2	气相色谱常用固定液	283
表 13-3	热导池、氢火焰离子化检测器的相对质量校正因子	283
表 13-4	色谱法常用溶剂	286
表 13-5	溶剂的互溶度数 (M)	287
表 13-6	HPLC 常用的化学键合固定相	288
表 13-7	常用气相色谱检测器性能的比较	289
表 13-8	HPLC 仪常用检测器性能的比较	290
表 13-9	色谱仪一般故障分析及排除	290

表 14-1	常见参比电极的电极电位	296
表 14-2	参比电极标准电位 (mV) 与温度的关系 (含液接电势)	297
表 14-3	25℃ 时参比电极在不同水-有机混合溶剂中的电极电位/mV	297
表 14-4	非水介质中的参比电极	298
表 14-5	液接电势	298
表 14-6	无机化合物的半波电势/V(vs. SCE)	299
表 14-7	有机化合物的半波电势/V(vs. SCE, 25℃)	302

表 14-8	常见电极反应的超电势/V(25℃)	311
表 14-9	离子在水溶液中的极限等当量电导/ $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{equ}^{-1}$	312

第 15 章 X 射线衍射分析法 316

表 15-1	X 射线发射谱的波长/ $\text{\AA}$	317
表 15-2	吸收边的波长/ $\text{\AA}$	319
表 15-3	特征 X 射线吸收能量/keV	321
表 15-4	用于 X 射线谱的分析晶体	323
表 15-5	K_{α_1} 和 $W L_{\alpha_1}$ 线的质量吸收系数	323
表 15-6	K_{α_1} 射线的晶面间距 (d) 与 2θ 角	325

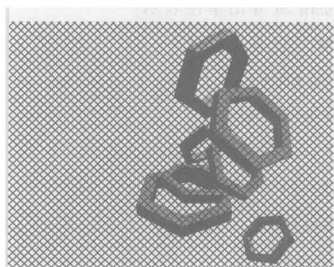
第 16 章 热分析法 327

表 16-1	标定物质 α -氧化铝的比热容	328
表 16-2	标定物质安息香酸的比热容	328
表 16-3	标定物质铜的比热容	329
表 16-4	标定物质水的比热容	329
表 16-5	标定物质氯化钾的比热容	329
表 16-6	固体元素的热导率	330
表 16-7	热焓标定物质的熔点与熔化焓	331
表 16-8	不同热电偶在固定点的偶极电位	331
表 16-9	E 型热电偶: 镍-铬合金/铜-镍合金	332
表 16-10	J 型热电偶: 铁/铜-镍合金	332
表 16-11	K 型热电偶: 镍-铬合金/镍-铝合金	332
表 16-12	N 型热电偶: 镍-14.2% 铬-1.4% 硅/镍-4.4% 硅-0.1% 镁合金	333
表 16-13	R 型热电偶: 铂-13% 铑合金/铂	333
表 16-14	S 型热电偶: 铂-10% 铑合金/铂	334
表 16-15	常用商品热分析仪的使用温度范围	334

第 17 章 实验室安全知识 335

17.1	实验室的事故处理	335
17.1.1	割伤(玻璃或铁器刺伤等)	335
17.1.2	化学灼伤的预防和急救处理	335
表 17-1	常见灼伤急救处理方法	335
17.1.3	中毒的处理与急救	336
表 17-2	常见毒物的中毒症状和救治方法	336
17.1.4	化学实验室的灭火常识	337
表 17-3	常用灭火器的性能及用途	337
17.2	实验室废物的处理	338
17.2.1	实验室的废渣	338
17.2.2	实验室的废气	338
表 17-4	常用吸附剂及处理的吸附物质	339
17.2.3	实验室的废液	339

主要参考文献 340



第 1 章 分析化学计量单位和基本常数

1.1 国际单位制 (SI) 的基本单位及基本常数

目前国际单位制共有七个基本单位。此外，还有两个辅助单位，即弧度和球面度。

SI 导出单位是由 SI 基本单位按定义式导出的，其数量很多，在这里列出其中三类：用 SI 基本单位表示的一部分 SI 导出单位；具有专门名称的 SI 导出单位；用 SI 辅助单位表示的一部分 SI 导出单位。

其中，具有专门名称的 SI 导出单位总共有 19 个。有 17 个是以杰出科学家的名字命名的，如牛顿、帕斯卡、焦耳等，以纪念他们在本学科领域里做出的贡献。同时，为了表示方便，这些导出单位还可以与其他单位组合表示另一些更为复杂的导出单位。

表 1-1 SI 基本单位

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

注：1. 圆括号中的名称，是它前面的名称的同义词，下同。

2. 无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号中的字，在不引起混淆、误解的情况下，可以省略。去掉方括号中的字即为其名称的简称，下同。

表 1-2 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	$1\text{rad}=1\text{m}/\text{m}=1$
立体角	球面度	sr	$1\text{sr}=1\text{m}^2/\text{m}^2=1$
频率	赫[兹]	Hz	$1\text{Hz}=1\text{s}^{-1}$
力,重力	牛[顿]	N	$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$
能[量],功,热量	焦[耳]	J	$1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$



续表

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
功率, 辐[射能]通量	瓦[特]	W	$1\text{W}=1\text{J/s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1\text{C}=1\text{A}\cdot\text{s}$
电压, 电动势, 电位	伏[特]	V	$1\text{V}=1\text{W/A}$
电容	法[拉]	F	$1\text{F}=1\text{C/V}$
电阻	欧[姆]	Ω	$1\Omega=1\text{V/A}$
电导	西[门子]	S	$1\text{S}=1\Omega^{-1}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1\text{Wb}=1\text{V}\cdot\text{s}$
磁通[量]密度	特[斯拉]	T	$1\text{T}=1\text{Wb/m}^2$
电感	亨[利]	H	$1\text{H}=1\text{Wb/A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$
光通量	流[明]	lm	$1\text{lm}=1\text{cd}\cdot\text{sr}$
[光]照度	勒[克斯]	lx	$1\text{lx}=1\text{lm/m}^2$
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	$1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$
吸收剂量			
比授[予]能	戈[瑞]	Gy	$1\text{Gy}=1\text{J/kg}$
比释功能			
剂量当量	希[沃特]	Sv	$1\text{Sv}=1\text{J/kg}$

表 1-3 SI 词头

因 数	词头名称		符 号
	英文	中文	
10^{24}	yotta	尧[它]	Y
10^{21}	zetta	泽[它]	Z
10^{18}	exa	艾[克萨]	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	deca	十	da
10^{-1}	deci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	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
10^{-21}	zepto	仄[普托]	z
10^{-24}	yocto	幺[科托]	y



表 1-4 可与国际单位制单位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	1min=60s
	[小]时	h	1h=60min=3600s
	日,(天)	d	1d=24h=86400s
〔平面〕角	度	°	1°=($\pi/180$)rad
	[角]分	'	1'=(1/60)°=($\pi/10800$)rad
	[角]秒	"	1"=(1/60)'=($\pi/648000$)rad
体积	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 $\approx$ 1.660540 $\times$ 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(只用于航行)
速度	节	kn	1kn=1n mile/h=(1852/3600)m/s(只用于航行)
能	电子伏	eV	1eV $\approx$ 1.602177 $\times$ 10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1tex=10 ⁻⁶ kg/m
面积	公顷	hm ²	1hm ² =10 ⁴ m ²

注：1. 平面角单位度、分、秒的符号在组合单位中采用 (°)、(′)、(″) 的形式。例如，不用 °/s 而用 (°)/s。

2. 升的两个符号属同等级位，可任意选用。

3. 公顷的国际通用符号为 ha。

表 1-5 原子核外电子分层、分组排布表

周期	电子层 电子组			K	L	M	N	O	P	Q
	原子序数	符号	名称	1	2	3	4	5	6	7
1	1	H	氢	1						
	2	He	氦	2						
2	3	Li	锂	2	1					
	4	Be	铍	2	2					
	5	B	硼	2	2	1				
	6	C	碳	2	2	2				
	7	N	氮	2	2	3				
	8	O	氧	2	2	4				
	9	F	氟	2	2	5				
	10	Ne	氖	2	2	6				
3	11	Na	钠	2	2	6	1			
	12	Mg	镁	2	2	6	2			
	13	Al	铝	2	2	6	2	1		
	14	Si	硅	2	2	6	2	2		
	15	P	磷	2	2	6	2	3		
	16	S	硫	2	2	6	2	4		
	17	Cl	氯	2	2	6	2	5		
	18	Ar	氩	2	2	6	2	6		



续表

周期	电子层			K	L	M	N	O	P	Q
	电子组			1	2	3	4	5	6	7
	原子序数	符号	名称	s	s p	s p d	s p d f	s p d f	s p d	s
4	19	K	钾	2	2 6	2 6	1			
	20	Ca	钙	2	2 6	2 6	2			
	21	Sc	钪	2	2 6	2 6 1	2			
	22	Ti	钛	2	2 6	2 6 2	2			
	23	V	钒	2	2 6	2 6 3	2			
	24	Cr	铬	2	2 6	2 6 5	1			
	25	Mn	锰	2	2 6	2 6 5	2			
	26	Fe	铁	2	2 6	2 6 6	2			
	27	Co	钴	2	2 6	2 6 7	2			
	28	Ni	镍	2	2 6	2 6 8	2			
	29	Cu	铜	2	2 6	2 6 10	1			
	30	Zn	锌	2	2 6	2 6 10	2			
	31	Ga	镓	2	2 6	2 6 10	2 1			
	32	Ge	锗	2	2 6	2 6 10	2 2			
	33	As	砷	2	2 6	2 6 10	2 3			
	34	Se	硒	2	2 6	2 6 10	2 4			
	35	Br	溴	2	2 6	2 6 10	2 5			
	36	Kr	氪	2	2 6	2 6 10	2 6			
5	37	Rb	铷	2	2 6	2 6 10	2 6	1		
	38	Sr	锶	2	2 6	2 6 10	2 6	2		
	39	Y	钇	2	2 6	2 6 10	2 6 1	2		
	40	Zr	锆	2	2 6	2 6 10	2 6 2	2		
	41	Nb	铌	2	2 6	2 6 10	2 6 4	1		
	42	Mo	钼	2	2 6	2 6 10	2 6 5	1		
	43	Tc	锝	2	2 6	2 6 10	2 6 5	2		
	44	Ru	钌	2	2 6	2 6 10	2 6 7	1		
	45	Rh	铑	2	2 6	2 6 10	2 6 8	1		
	46	Pd	钯	2	2 6	2 6 10	2 6 10			
	47	Ag	银	2	2 6	2 6 10	2 6 10	1		
	48	Cd	镉	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2		
	49	In	铟	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 1		
	50	Sn	锡	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 2		
	51	Sb	锑	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 3		
	52	Te	碲	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 4		
	53	I	碘	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 5		
	54	Xe	氙	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6		
6	55	Cs	铯	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6	1	
	56	Ba	钡	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6	2	
	57	La	镧	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6 1	2	
	58	Ce	铈	2	2 6	2 6 10	2 6 10 1	2 6 1	2	
	59	Pr	镨	2	2 6	2 6 10	2 6 10 3	2 6	2	
	60	Nd	钕	2	2 6	2 6 10	2 6 10 4	2 6	2	
	61	Pm	钷	2	2 6	2 6 10	2 6 10 5	2 6	2	
	62	Sm	钐	2	2 6	2 6 10	2 6 10 6	2 6	2	
	63	Eu	铕	2	2 6	2 6 10	2 6 10 7	2 6	2	
	64	Gd	钆	2	2 6	2 6 10	2 6 10 7	2 6 1	2	
	65	Tb	铽	2	2 6	2 6 10	2 6 10 9	2 6	2	
	66	Dy	镝	2	2 6	2 6 10	2 6 10 10	2 6	2	



续表

周期	电子层 电子组			K	L	M	N	O	P	Q
				1	2	3	4	5	6	7
	原子序数	符号	名称	s	s p	s p d	s p d f	s p d f	s p d	s
6	67	Ho	铥	2	2 6	2 6 10	2 6 10 11	2 6	2	
	68	Er	铒	2	2 6	2 6 10	2 6 10 12	2 6	2	
	69	Tm	铥	2	2 6	2 6 10	2 6 10 13	2 6	2	
	70	Yb	镱	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6	2	
	71	Lu	镥	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 1	2	
	72	Hf	铪	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 2	2	
	73	Ta	钽	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 3	2	
	74	W	钨	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 4	2	
	75	Re	铼	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 5	2	
	76	Os	锇	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 6	2	
	77	Ir	铱	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 7	2	
	78	Pt	铂	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 9	1	
	79	Au	金	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	1	
	80	Hg	汞	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2	
	81	Tl	铊	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 1	
	82	Pb	铅	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 2	
	83	Bi	铋	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 3	
	84	Po	钋	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 4	
	85	At	砹	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 5	
	86	Rn	氡	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	
7	87	Fr	钫	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	1
	88	Ra	镭	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	2
	89	Ac	锕	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6 1	2
	90	Th	钍	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6 2	2
	91	Pa	镤	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 2	2 6 1	2
	92	U	铀	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 3	2 6 1	2
	93	Np	镎	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 5	2 6 1	2
	94	Pu	钚	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 6	2 6	2
	95	Am	镅	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 7	2 6	2
	96	Cm	锔	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 7	2 6 1	2
	97	Bk	锫	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 9	2 6	2
	98	Cf	锿	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 10	2 6	2
	99	Es	镱	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 11	2 6	2
	100	Fm	镆	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 12	2 6	2
	101	Md	镎	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 13	2 6	2
	102	No	锘	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6	2
	103	Lr	铹	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6 1	2
	104	Rf	铪	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6 2	2
	105	Db	𬬻	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6 3	2
	106	Sg	𬬼	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6 4	2
	107	Bh	𬬾	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6 5	2
	108	Hs	𬬿	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6 6	2
	109	Mt	𬭀	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 14	2 6 7	2



表 1-6 一些物理和化学的基本常数

量的名称	符号	数 值	单位	备注
圆周率	π	3.1415927		
电磁波在真空中的速度	c, c_0	299792458	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	准确值
真空导磁率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{H} \cdot \text{m}^{-1}$	准确值
真空介电常数	ϵ_0	$10^7 / (4\pi \times 299792458^2)$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$	准确值
$\epsilon_0 = 1 / \mu_0 c_0^2$		8.854188×10^{-12}		
引力常量	G	$(6.672 \pm 0.00085) \times 10^{-11}$	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$	
$F = Gm_1 m_2 / r^2$				
普朗克常量	h	$(6.6260755 \pm 0.0000040) \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$	
$\hbar = h / 2\pi$	$\hbar$	$(1.05457266 \pm 0.00000063) \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$	
元电荷	e	$(1.60217733 \pm 0.00000049) \times 10^{-19}$	C	
电子[静]质量	m_e	$(9.1093897 \pm 0.00000054) \times 10^{-31}$	kg	
		$(5.48579903 \pm 0.00000013) \times 10^{-4}$	u	
质子[静]质量	m_p	$(1.6726231 \pm 0.0000010) \times 10^{-27}$	kg	
		$(1.007276470 \pm 0.000000012)$	u	
精细结构常数	α	$(7.29735308 \pm 0.00000033) \times 10^{-3}$	1	
$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c}$				
里德伯常量	R_∞	$(1.0973731534 \pm 0.0000000013) \times 10^7$	m^{-1}	
$R_\infty = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0 \hbar c}$				
阿伏伽德罗常数	L, N_A	$(6.0221367 \pm 0.0000036) \times 10^{23}$	mol^{-1}	
$L = N/n$				
法拉第常数	F	$(6.6485309 \pm 0.0000029) \times 10^4$	$\text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$	
$F = Le$				
摩尔气体常数	R	(8.314510 ± 0.000070)	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	
$pV_m = RT$				
玻耳兹曼常数	k	$(1.380658 \pm 0.000012) \times 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$	
$k = R/T$				
质子质量常量	m_u	$(1.6605402 \pm 0.0000010) \times 10^{-27}$	kg	原子质量单位 $1u = (1.6605402 \pm 0.0000010) \times 10^{-27} \text{kg}$

1.2 化学元素的性质

表 1-7 化学元素的名称、符号、相对原子质量、电导率、热导率、密度、熔点和沸点

符号	中文名	原子序数	相对原子质量	电导率 /(MS/cm)	热导率 /[W/(cm·K)]	密度 /(g/mL)	熔点 /℃	沸点 /℃
Ac	锕	89	227	—	0.12	10.07	1050	3200
Ag	银	47	107.8682	0.63	4.29	10.5	961	2163
Al	铝	13	26.98154	0.377	2.34	2.702	660.25	2467
Am	镅	95	243	0.022	0.1	13.67	994	2607
Ar	氩	18	39.948	—	0.0001772	1.7824g/L	-189.19	-185.7
As	砷	33	74.92159	0.0345	0.502	5.72	808	603
At	砹	85	210	—	0.017	—	302	337

续表

符号	中文名	原子序数	相对原子质量	电导率 /(MS/cm)	热导率 /[W/(cm·K)]	密度 /(g/mL)	熔点 /℃	沸点 /℃
Au	金	79	196.96655	0.452	3.17	19.32	1064.58	2807
B	硼	5	10.811(7)	1.00E-12	0.274	2.34	2300	4002
Ba	钡	56	137.327	0.03	0.184	3.59	729	1898
Be	铍	4	9.012182	0.313	2.01	1.848	1278	2970
Bh	铍	107	264	—	—	—	—	—
Bi	铋	83	208.98038	0.00867	0.0787	9.75	271.52	1564
Bk	锫	97	247	—	0.1	14.78	986	—
Br	溴	35	79.904	—	0.00122	3.119	-7.1	59.25
C	碳	6	12.0107	0.00061	1.29	2.26	3500	4827
Ca	钙	20	40.078	0.298	2.01	1.55	839	1484
Cd	镉	48	112.411	0.138	0.968	8.65	321.18	765
Ce	铈	58	140.115	0.0115	0.114	6.77	798	3426
Cf	锎	98	251	—	0.1	15.1	900	—
Cl	氯	17	35.4527	—	0.000089	3.214g/L	-100.84	-33.9
Cm	锔	96	247	—	0.1	13.5	1067	3110
Co	钴	27	58.9332	0.172	1	8.9	1495	2870
Cr	铬	24	51.9961	0.0774	0.937	7.19	1857	2672
Cs	铯	55	132.90545	0.0489	0.359	1.873	28.55	671
Cu	铜	29	63.546	0.596	4.01	8.96	1084.6	2567
Db	𨭎	105	262	—	0.58	—	—	—
Dy	镝	66	162.50	0.0108	0.107	8.55	1412	2562
Er	铒	68	167.26	0.0117	0.143	9.07	1522	2863
Es	𨭉	99	252	—	0.1	—	860	—
Eu	铕	63	151.964	0.0112	0.139	5.24	822	1597
F	氟	9	18.9984	—	0.000279	1.696g/L	-219.52	-188.05
Fe	铁	26	55.845	0.0993	0.802	7.874	1535	2750
Fm	𨭆	100	257	—	0.1	—	—	—
Fr	钫	87	223	0.03	0.15	—	27	677
Ga	镓	31	69.723	0.0678	0.406	5.907	29.9	2403
Gd	钆	64	151.964	0.00736	0.106	7.895	1312	3266
Ge	锗	32	72.64	1.45E-08	0.599	5.323	937.4	2830
H	氢	1	1.00794	—	0.001815	0.0899g/L	-258.975	-252.732
He	氦	2	4.002602	—	0.00152	0.1785g/L	-272.05	-268.785
Hf	铪	72	178.49	0.0312	0.23	13.31	2227	4603
Hg	汞	80	200.59	0.0104	0.0834	13.546	-38.72	357
Ho	钬	67	164.93032	0.0124	0.162	8.8	1470	2695
Hs	𨭑	108	265	—	—	—	—	—
I	碘	53	126.9045	8.00E-16	0.00449	4.93	113.5	185.4
In	铟	49	114.818	0.116	0.816	7.31	156.76	2073
Ir	铱	77	192.217	0.197	1.47	22.4	2443	4428
K	钾	19	39.09	0.139	1.024	0.862	63.35	759
Kr	氪	36	83.8	—	0.0000949	3.75g/L	-157.22	-153.2
La	镧	57	138.9055	0.0126	0.135	6.15	920	3457
Li	锂	3	6.941	0.108	0.847	0.534	180.7	1342
Lr	𨭒	103	260	—	0.1	—	—	—
Lu	镥	71	174.967	0.0185	0.164	9.84	1663	3395
Md	镆	101	258	—	0.1	—	—	—
Mg	镁	12	24.305	0.226	1.56	1.738	649	1090
Mn	锰	25	54.93805	0.00695	0.0782	7.43	1244	1962
Mo	钼	42	95.94	0.187	1.38	10.22	2617	4612
Mt	𨭎	109	268	—	—	—	—	—
N	氮	7	14.0067	—	0.0002598	1.2506g/L	-209.86	-195.65