



“十二五”
国家重点图书

Handbook of Analytical Chemistry

分析化学手册

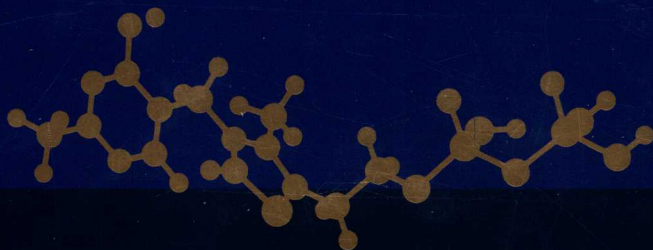
第三版

1

基础知识与安全知识

郭伟强 主编

张培敏 边平凤 副主编



化学工业出版社

分析化学手册

第三版

1

基础知识与安全知识

郭伟强 主编

张培敏 边平凤 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《分析化学手册》第三版在第二版的基础上作了较大幅度的增补和删减,保持原手册 10 分册的基础上,拆分了其中 3 个分册成 6 册,最终形成 13 册。

本分册内容更加精练、充实。第一篇基础知识,采用了最新的原子量表,全面更新了相关分子摩尔质量等数据;采用了最新且有效的标准;同时,增加了与分析化学有关的数据库、网站等信息源及相应的查询方法。第二篇准备工作及试剂,削减了电光天平的内容,增加了样品采集方法和样品预处理方法。第三篇安全知识,是此次变动最大的部分,丰富了化学危险品的内容,新增了欧盟 REACH 法规中的高关注度物质、易制爆和制毒化学品、致癌化学品、工作场所空气中化学物质允许浓度,以及危险化学品的标签要素,放射性辐射防护等内容。第四篇实验室标准化管理,按优良实验室新的认证考核标准提出了实验室的标准化管理的的问题。第五篇分析数据处理及实验条件优化按数理统计基础、分析数据处理和实验方法设计重新进行了编排和扩展。

本书可供化学、材料、环境等领域的学生、科研人员及企事业单位从事化学相关的从业人员查阅。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学手册. 1. 基础知识与安全知识/郭伟强
主编. —3 版. —北京:化学工业出版社, 2016.6
ISBN 978-7-122-24767-4

I. ①分… II. ①郭… III. ①分析化学-手册
IV. ①O65-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 176322 号

责任编辑:李晓红 傅聪智 任惠敏
责任校对:边涛

文字编辑:向东
装帧设计:王晓宇

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:三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 59 $\frac{3}{4}$ 字数 1562 千字 2016 年 10 月北京第 3 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:198.00 元

版权所有 违者必究

《分析化学手册》(第三版)编委会

主 任: 汪尔康

副主任: 江桂斌 陈洪渊 张玉奎

委 员 (按姓氏汉语拼音排序):

柴之芳	中国科学院院士 中国科学院高能物理研究所
陈洪渊	中国科学院院士 南京大学
陈焕文	东华理工大学
陈 义	中国科学院化学研究所
丛浦珠	中国医学科学院药用植物研究所
邓 勃	清华大学
董绍俊	发展中国家科学院院士 中国科学院长春应用化学研究所
郭伟强	浙江大学
江桂斌	中国科学院院士 中国科学院生态环境研究中心
江云宝	厦门大学
柯以侃	北京化工大学
梁逸曾	中南大学
刘振海	中国科学院长春应用化学研究所
庞代文	武汉大学
邵元华	北京大学
苏 彬	浙江大学
汪尔康	中国科学院院士 中国科学院长春应用化学研究所
王 敏	浙江大学

吴海龙	湖南大学
许国旺	中国科学院大连化学物理研究所
严秀平	南开大学
杨峻山	中国医学科学院药用植物研究所
杨芑原	复旦大学
杨秀荣	中国科学院院士 中国科学院长春应用化学研究所
姚守拙	中国科学院院士 湖南大学, 湖南师范大学
于德泉	中国工程院院士 中国医学科学院药物研究所
俞汝勤	中国科学院院士 湖南大学
张新荣	清华大学
张玉奎	中国科学院院士 中国科学院大连化学物理研究所
赵墨田	中国计量科学研究院
郑国经	北京首钢冶金研究院 (现北冶功能材料有限公司)
郑 健	中华人民共和国科学技术部
朱俊杰	南京大学
庄乾坤	国家自然科学基金委员会化学科学部

序

分析化学是人们获得物质组成、结构及相关信息的科学，即测量与表征的科学。其主要任务是鉴定物质的化学组成及含量测定、确定物质的结构形态及其与物质性质之间的关系。分析化学是一门社会和科技发展迫切需要的、多学科交叉结合的综合性科学。现代分析化学必须回答当代科学技术和社会需求对现存的方法和技术的挑战，因此实际上已发展成为“分析科学”。

《分析化学手册》是一套全面反映现代分析技术，供化学工作者使用的专业工具书。《分析化学手册》第一版于 1979 年出版，有 6 个分册；第二版扩充为 10 个分册，于 1996 年至 2000 年陆续出版。手册出版后，受到广大读者的欢迎，成为国内很多分析化验室和化学实验室的必备图书，对我国科技进步和社会发展都产生了重要作用。

进入 21 世纪，随着科技进步和社会发展对分析化学提出的种种要求，各种新的分析手段、仪器设备、信息技术的出现，极大地丰富了分析化学学科的内涵、促进了学科的发展。为更好总结这些进展，为广大读者服务，化学工业出版社自 2010 年起开始启动《分析化学手册》（第三版）的修订工作，成立了由分析化学界 30 余位专家组成的编委会，这些专家包括了 10 位中国科学院院士、中国工程院院士和发展中国家科学院院士，多位长江学者特聘教授和国家杰出青年基金获得者，以及各领域经验丰富的专家。在编委会的领导下，作者、编辑、编委通力合作，历时六年完成了这套 1800 余万字的大型工具书。

本次修订保持了第二版 10 分册的基本架构，将其中的 3 个分册进行拆分，扩充为 6 册，最终形成 10 分册 13 册的格局：

- 1 基础知识与安全知识
- 2 化学分析
- 3A 原子光谱分析
- 3B 分子光谱分析
- 4 电分析化学
- 5 气相色谱分析
- 6 液相色谱分析

- 7A 氢-1 核磁共振波谱分析
- 7B 碳-13 核磁共振波谱分析
- 8 热分析与量热学
- 9A 有机质谱分析
- 9B 无机质谱分析
- 10 化学计量学

其中，原《光谱分析》拆分为《原子光谱分析》和《分子光谱分析》；《核磁共振波谱分析》拆分为《氢-1 核磁共振波谱分析》和《碳-13 核磁共振波谱分析》；《质谱分析》新增加了无机质谱分析的内容，拆分为《有机质谱分析》和《无机质谱分析》，并对仪器结构及方法原理进行了全面的更新。另外，《热分析》增加了量热学方面的内容，分册名变更为《热分析与量热学》。

本版修订秉承的宗旨：一、保持手册一贯的权威性和典型性，体现预见性和前瞻性，突出新颖性和实用性；二、继承手册的数据查阅功能，同时注重对分析方法和技术的介绍；三、着重收录了基础性理论和发展较成熟的方法与技术，删除已废弃的或过时的内容，更新有关数据，增补各领域近十年来的新方法、新成果，特别是计算机的应用、多种分析技术联用、分析技术在生命科学中的应用等方面的内容；四、在编排方式上，突出手册的可查阅性，各分册均编排主题词索引，与目录相互补充，对于数据表格、图谱比较多的分册，增加表索引和谱图索引，部分分册增设了符号与缩略语对照。

手册第三版获得了国家出版基金项目的支持，编写与修订工作得到了我国分析化学界同仁的大力支持，全套书的修订出版凝聚了他们大量的心血和期望，在此谨向他们，以及在编写过程中曾给予我们热情支持与帮助的有关院校、科研院所及厂矿企业的专家和同行，致以诚挚的谢意。同时我们也真诚期待广大读者的热情关注和批评指正。

《分析化学手册》(第三版)编委会
2016年4月

前 言

本分册第二版出版至今已有 18 年了, 这 18 年正是我国科技迅速赶上国际发展的年代, 各方面都有了巨大的发展。第二版的一些知识、标准、方法、数据等已经亟须更新和充实, 这就是第三版应运而生的基础。

修订后的本分册虽仍保留第二版 5 篇的基本结构, 但对具体内容进行了重组、充实和改进, 由原来的 5 篇 20 章精练成现在的 5 篇 13 章。在本书中, 第一篇中由于采用了最新版的原子量表, 引起了相关分子摩尔质量等数据的全面重新计算; 在涉及相关标准时全部采用了最新且有效的标准; 同时, 增加了与分析化学有关的数据库、网站等信息源及相应的查询方法。第二篇中削减了电光天平的内容, 增加了样品采集方法和样品预处理方法的介绍。第三篇是此次变动最大的部分, 将原第七章和第十二章合并为“分析实验室安全”, 增加了化学危险品的内容, 新增了欧盟 REACH 法规中的高关注度物质、易制爆和易制毒化学品、致癌化学品、工作场所空气中化学物质允许浓度, 以及危险化学品的标签要素等内容。把原第八、九、十、十一章合并为“安全分析与实验室风险防范”, 扩增了放射性辐射防护等内容。第四篇按优良实验室新的认证考核标准, 提出了实验室的标准化管理的問題。第五篇整合了原来的 5 章内容, 按数理统计基础、分析测试数据的统计检验和试验条件优化方法设计重新进行了编排和扩展。

本分册由浙江大学分析化学与应用化学研究所组织编写, 在征求第二版相关作者的意见后, 由郭伟强主编, 张培敏、边平凤副主编, 姚炎庆、郭沁、徐生坚、刘佳蓉参与了编写。其中, 第一篇由边平凤和姚炎庆编写; 第二篇第三章由郭伟强和张培敏编写, 第四章至第六章由郭伟强和郭沁编写; 第三篇由张培敏和刘佳蓉编写; 第四篇由郭伟强和徐生坚编写; 第五篇由郭沁编写。全书由郭伟强整理和统稿。

此外, 王雷和蔡宇杰同学参与了前期的资料收集和整理工作, 吴大伟、汪腾蛟和郭利明同学也参与了部分工作, 在此表示感谢。

在本次修订中, 我们努力地收集资料, 认真考虑了多方面的意见, 希望能以尽可能全面的新形式出现在广大读者面前。由于知识面和能力的局限, 书中一定会存在着众多的不足和遗憾, 恳请分析化学界的各位专家和诸多朋友批评指正。

编 者

2016 年 3 月于杭州

目 录

第一篇 基础知识

第一章 分析化学中常用数据及表解	2	一、分析用纯水的制备	281
第一节 国际单位制 (SI) 及其相关单位间的 换算	2	二、水质的检定	287
一、国际单位制	2	第二节 常用器皿、用具及其洗涤	288
二、常用单位的换算	5	一、化学实验常用器皿与用具	288
第二节 分析工作中常用的符号及缩 略语	11	二、分析器皿的洗涤	303
第三节 化学元素的基本参数	19	三、常用洗涤液	304
第四节 离子的基本参数	43	四、玻璃器皿的干燥	305
一、离子半径	43	第三节 滤纸、滤膜及过滤方法	305
二、各种离子的活度系数	46	一、滤纸	305
第五节 溶液的基本参数	53	二、滤膜	307
一、化合物在溶剂中的溶解度	53	三、滤纸的折叠和过滤操作	307
二、常用溶剂的基本特性	79	第四节 研钵和坩埚	308
三、常用酸、碱、盐溶液的浓度和 密度	143	第五节 干燥方法	311
第六节 生成常数和解离常数	154	一、固体样品的干燥	313
一、难溶化合物的溶度积	154	二、液体样品的干燥	314
二、水的离子积常数	163	三、气体的干燥	315
三、酸和碱的解离常数	164	第六节 冷却方法	316
第七节 金属离子配合物的基本参数	235	一、实验室常用制冷剂	316
一、金属配合物形成常数	235	二、使用液态气体作制冷剂的注意 事项	318
二、配位体的基本参数	262	第七节 加热方法	319
三、金属离子和配位体的配位效应 系数	265	一、固体加热方法	319
第八节 分析化学数据信息源及其查询 方法	274	二、液体加热方法	319
一、数据类刊物	274	三、微波加热介绍	321
二、数据中心	275	第八节 试剂的提纯和制备方法	323
三、主要的手册、丛书	277	一、无机试剂的提纯与制备	323
四、有关化学与物理性质的重要 网站	277	二、有机试剂的提纯与制备	333
五、其他国内外化学化工网站简介	278	第九节 气体的获取和纯化	347
参考文献	280	一、制备气体的实验装置	347
		二、常用气体的制备与纯化	348
		第十节 试剂的回收和净化	354
		一、贵重试剂的回收与净化	354
		二、废旧电池处理及重金属回收	358
		三、有机溶剂的回收	360
		第十一节 化合物重要物理化学常数的测定 方法	362
		一、熔点的测定	362
		二、沸程的测定	366
第二章 分析化学基础知识	281		
第一节 纯水的制备与检定	281		

三、沸点的测定	372	十、折射率的测定	392
四、密度的测定	373	十一、软化点的测定	393
五、凝固点的测定	375	十二、闪点与燃点的测定	394
六、结晶点的测定	375	十三、玻璃化温度的测定	398
七、色度的测定	376	十四、辛烷值的测定 (马达法)	401
八、黏度的测定	379	参考文献	421
九、比旋光度的测定	391		

第二篇 准备工作及试剂

第三章 试剂和溶液	424	第五章 分析试样的采集、保存和制备	505
第一节 基本知识	424	第一节 样品采集的基本概念与方法	505
一、化学试剂的分类	424	一、抽样检查的基本概念	505
二、化学试剂的规格	424	二、抽样检查的类别	505
三、溶液浓度的表示方法	426	三、抽样方法	506
第二节 普通酸、碱及盐溶液的配制	426	四、采样时需注意的事项	507
一、酸溶液的配制	426	第二节 水样的采集与保存	507
二、碱溶液的配制	427	一、水样采集前的准备工作	507
三、盐溶液的配制	427	二、取样时的注意事项	508
第三节 元素和离子的标准溶液	430	三、各类水样采集的一般方法	508
一、元素和离子的标准溶液的配制	430	四、水样的保存	511
二、测定化学试剂杂质用标准溶液	434	五、分析项目的确定	515
三、某些特殊试剂溶液的配制方法	441	第三节 食品样品的采集与制备	515
第四节 滴定分析用标准物质和标准溶液	442	一、采样的原则和目的	515
一、滴定分析用基准试剂	442	二、采样方法	516
二、标准滴定溶液的制备	443	三、食品的采样量及注意事项	517
第五节 缓冲溶液	455	四、样品的保存	517
一、常见缓冲体系	455	五、样品的制备	518
二、pH 标准缓冲体系	458	六、食品样品的前处理	518
三、各类缓冲溶液的配制	459	第四节 土壤样品的采集与制备	520
四、生化缓冲体系	471	一、土壤样品的采集	520
参考文献	473	二、土壤样品的制备	521
第四章 普通分析仪器的校正和检定	474	第五节 植物样品的采集与制备	521
第一节 天平	474	一、采样的一般原则	521
一、天平的类型及使用	474	二、样品采集量	521
二、砝码的级别与检定	478	三、样品的采集方法	522
第二节 容量器皿的校正	479	四、植物样品的制备	522
一、容量器皿的校准	479	五、含水量的测定	523
二、玻璃量器的最大允许公差	488	第六节 气体样品的采集	523
第三节 测温装置及其校正	489	一、直接采样法	524
一、1990 年国际温标 (ITS-90)	489	二、富集采样法	526
二、实验室玻璃温度计的校正	491	三、无动力采样	530
三、电子测温装置	494	四、采样效率的评价方法	531
		参考文献	532

第六章 分析样品的准备和处理	533	六、金属在酸、碱中的溶解性质	550
第一节 分析样品的准备	533	七、无机试样分解方法	552
第二节 试样的前处理	537	八、有机试样的分解方法	570
一、溶剂/熔剂的性质与要求	538	九、复杂样品中相关组分的提取方法	571
二、溶解法分解试样	543	十、无溶剂样品前处理方法	583
三、熔融法分解试样	545	十一、在线前处理方法	584
四、增压溶样法	546	参考文献	586
五、试样的蒸馏处理	550		

第三篇 安全知识

第七章 分析实验室安全	588	防范	741
第一节 一般安全知识	588	第一节 动火分析	741
一、预防中毒	588	一、燃烧法测定可燃性气体总量	742
二、预防火灾和爆炸	588	二、爆炸法试验气体爆炸燃烧情况	742
三、防止化学烧伤、割伤、冻伤	588	三、几种可燃可爆气体的动火分析方法	743
四、实验室安全设备	588	第二节 有毒气体分析	745
五、其他方面	590	一、有毒气体和有害物质的测定方法	745
第二节 使用煤气设备的安全守则	591	二、工作场所空气中有毒物质的测定方法	747
第三节 使用电器设备的安全守则	591	第三节 高危化化学品的使用和防护	752
第四节 使用高压和高能装置的安全守则	591	一、一般概念	752
第五节 防火与灭火	592	二、遇强氧化剂可能引起燃烧或爆炸的危险物质及其他危险物质	758
第六节 不幸事故的应急处理	593	三、醚中过氧化物的爆炸与控制	759
一、急救常识	593	四、三氯化氮爆炸的预防及三氯化氮的测定	761
二、应急处理	594	五、高氯酸和高氯酸盐的处理	764
三、应急处理案例——氯气中毒治疗原则及现场处置方案	606	六、实验室内发生爆炸的原因、爆炸情况与应对措施	767
第七节 现场采样的安全事项	607	七、防毒措施	770
第八节 危险化学品安全知识	608	第四节 高压装置的使用	776
一、危险化学品安全知识一览表	611	一、气瓶的结构与减压器	776
二、化学物质环境标准	672	二、高压气体的使用	778
三、化学致癌物质	674	三、高压釜的使用	784
四、职业卫生监控的化学物质	683	第五节 高能装置的使用	784
五、欧盟 REACH 法规中的高关注度物质	694	第六节 放射性辐射的防护措施	785
六、剧毒化学品、易制毒化学品、易制爆化学品及监控化学品	700	一、有关名词的解释、特有的单位系统和换算	785
第九节 实验室废物的处理	721	二、射线对人体的影响及其防护	789
一、实验室危险废物收集的一般办法	721	三、对放射性污染的处理	796
二、实验室危险废物收集的注意事项	721	四、对开放型放射性实验室的主要防护要求	802
三、实验室废物储存的注意事项	722	参考文献	803
四、实验室危险废物的处理	722		
参考文献	740		
第八章 安全分析与实验室风险			

第四篇 实验室标准化管理

第九章 计量检测和质量检验	806	二、计量检定人员的素质	825
第一节 计量、测量、测试和质量检验	806	三、检测人员的素质	825
第二节 计量器具及其检定	806	第五节 实验室检测工作质量控制	825
一、计量器具	806	一、检测质量目标	826
二、计量器具的强制检定	808	二、抽样	826
三、计量器具的非强制检定	811	三、检测前的检查	827
四、计量器具的校验	812	四、检测实施细则	827
五、计量器具检定的法规要求	813	五、检测工作的质量控制	828
第三节 标准物质	815	六、常规分析的质量管理与质量 控制图	828
参考文献	817	第六节 分析数据记录和检测报告的规范 要求	831
第十章 实验室的规范化管理	818	一、原始记录	831
第一节 实验室组织系统	818	二、数据整理	831
一、实验室的基本要求	818	三、检测报告	831
二、实验室组织机构	819	第七节 实验室日常工作制度	832
三、实验室的质量保证体系	819	一、实验室管理制度	832
四、实验室的公正性保证	819	二、检测工作管理制度	833
第二节 实验室各岗位责任制度	821	三、事故分析报告制度	833
一、各负责人和各类人员的岗位责任	821	四、计量标准器具管理制度	834
二、各科室的岗位责任	822	五、标准物质及样品的管理制度	834
三、各层次人员的技术职责	823	六、仪器设备的购置、验收及管理 制度	834
第三节 实验室计量检测仪器、设备的质量 监控	823	七、技术资料管理制度	835
一、仪器设备的管理	823	八、保密制度	835
二、仪器设备的检定	823	九、危险品、贵重物品管理制度	835
三、仪器设备的使用、维护与保养	824	十、安全管理制度	836
四、仪器设备的期间核查	824	十一、质量申诉处理制度	837
五、仪器设备检测值的溯源	824	第八节 实验室环境要求	838
第四节 实验室分析人员的素质	824	参考文献	839
一、技术负责人、质量负责人、质量检验 管理人员	824		

第五篇 分析数据处理及实验条件优化

第十一章 数理统计基础	842	二、标准正态分布	849
第一节 基础概念	842	三、对数正态分布	851
一、总体和样本	842	第三节 t 分布	851
二、真值、平均值与中位数	842	第四节 平均值的置信区间	855
三、有效数字及其运算规则	843	第五节 χ^2 分布	855
四、精密度和准确度	844	一、 χ^2 分布概率密度函数	855
五、误差、偏差、方差和标准偏差	845	二、估计总体方差 σ^2 的置信区间	856
六、标准偏差的计算方法	847	第六节 F 分布	857
第二节 正态分布	848	第七节 方差分析	863
一、正态分布的概率密度函数	848	一、单因素方差分析	863

二、双因素方差分析	865	一、一个总体方差的检验	896
三、多因素方差分析	869	二、双总体方差检验	896
第八节 回归分析	873	三、多个方差的检验	896
一、一元线性回归	873	第四节 准确度的检验	899
二、一元非线性回归	880	一、 u 检验	899
三、多元线性回归	881	二、 t 检验	899
第十二章 分析测试数据的统计		第十三章 试验条件优化方法	901
检验	886	第一节 单因素优化法	901
第一节 测试数据分布类型的检验	886	第二节 正交试验设计	902
一、直方图	886	一、正交试验的原理及特点	902
二、正态概率图示检验法	887	二、正交表	902
三、 χ^2 分布类型检验法	887	三、正交试验设计步骤	912
四、Shapiro-Wilk 检验法	888	四、正交试验结果分析	912
五、偏度-峰度检验法	890	五、拓展正交分析	915
第二节 离群数据的检验	891	第三节 单纯形优化法	915
一、 $3s$ 法/ $4d$ 法	891	一、基本单纯形优化法	915
二、Dicson 法	892	二、改进单纯形优化法	918
三、Grubbs 法	893	三、单纯形优化的参数选择	919
四、 t 检验法	894	第四节 均匀设计试验法	919
五、 t_R 极差检验法	894	一、均匀设计表	920
六、实验室间数据的检验	894	二、均匀设计试验安排	922
第三节 精密度的检验	895	三、数据分析与优化处理	922
主题词索引			923
表索引			935

第一篇 基础知识

第一章 分析化学中常用数据及表解

本章主要列出与分析化学有关的各种基本常数、数据及其相互间的关系。

第一节 国际单位制 (SI) 及其相关单位间的换算

一、国际单位制

国际单位制 (SI) 是法语 Le Systeme International d' Unite's 的缩写, 是从米制发展而成的一种计量单位制度, 自 1960 年第 11 届国际计量大会定名并决议推广后, 成为世界范围内的“法定计量单位”。第 10 届和第 14 届国际计量大会决定采用长度、质量、时间、电流强度、热力学温度、物质的量和发光强度的单位为基本单位。导出单位是由基本单位根据选定的联系相应量的代数式组合而成的单位。国际单位制的采用和推广涉及计量制度的改革, 已成为各国计量工作发展的共同趋势。到目前为止, 世界上已有 80 多个国家宣布采用国际单位制, 建议使用国际单位制的各种国际组织也有 20 多个。我国从 1963 年开始着手国际单位制的推行准备工作, 1977 年国务院颁布《中华人民共和国计量管理条例》, 规定我国逐步采用国际单位制; 1981 年国务院批准了《中华人民共和国计量单位名称和符号方案(草案)》; 1982 年国家标准总局陆续发布了以国际单位制为基础的 15 项国家标准; 1984 年 2 月国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》; 同年经国务院批准, 国家计量局发布了《全面推行我国法定计量单位的意见》, 提出从 1991 年 1 月起除个别特殊领域(如古籍与文学书籍、血压的 mmHg) 外, 不允许再使用非法定计量单位; 1985 年 9 月 6 日六届人大常委会第十二次会议通过了《中华人民共和国计量法》, 以法律形式规定了“国家采用国际单位制。国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位, 为国家法定计量单位。……非国家法定计量单位应当废除”。《中华人民共和国计量法》自 1986 年 7 月 1 日起施行。

为此, 我们列出了国际单位制的基本单位、国际单位制辅助单位、一些导出单位及它们之间的换算关系(参见表 1-1~表 1-6)。

表 1-1 国际单位制的基本单位

量	单 位 名 称		单位符号	定 义
	中 文 ^①	英 文		
长 度	米	meter	m	光在真空中于 $1/299792458\text{s}$ (秒) 时间间隔内所经路径的长度 (1983 年第 17 届 CGPM 决议 A)
质 量	千克 (公斤)	kilogram	kg	保存在巴黎国际计量局的国际千克原器的质量 (1901 年第 3 届 CGPM 声明)
时 间	秒	second	s	1s 相当于铯 133 原子基态的两个超精细能级间跃迁所对应的辐射的 9192631770 个周期的持续时间 (1967 年第 13 届 CGPM 决议 1)
电流强度	安 [培]	Ampère	A	在真空中相距 1m 的两根无限长而圆截面极小的平行直导线内通以等量恒定电流时, 若导线间相互作用力为 $2\times 10^{-7}\text{N/m}$, 则每根导线中的电流为 1A (1948 年第 9 届 CGPM 决议 2)

续表

量	单位名称		单位符号	定义
	中文 ^①	英文		
热力学温度	开[尔文]	Kelvin	K	水三相点热力学温度的 1/273.16 (1967 年第 13 届 CGPM 决议 4)
物质的量	摩[尔]	mole	mol	是一系统的物质的量,该系统中所含的基本单元(应注明原子、分子、离子、电子及其他粒子或这些粒子的特定组合)数与 0.012kg 碳 12 的原子数目相等 (1971 年第 14 届 CGPM 决议 3)
发光强度	坎[德拉]	candela	cd	是一光源在给定方向上的发光强度,该光源发出频率为 540×10^{12} Hz 的单色辐射,且在此方向上的辐射强度为 1/683 W/sr (1979 年第 16 届 ACGPM 决议 3)

① 方括号内的字是在不致混淆的情况下可以省略;圆括号内的字为前者的同义词,具有同等的使用地位。下同。

表 1-2 国际单位制的辅助单位

量	单位名称		单位符号	定义
	中文	英文		
[平面]角	弧度	radian	rad	弧度是一圆内两条半径之间的平面角,这两条半径在圆周上所截取的弧长和半径相等。 $1\text{rad}=57.2957995^{\circ}$ (度)
立体角	球面度	steradian	sr	球面度是一立体角,其顶点位于球心,而它在球面上所截取的面积等于以球半径为边长的正方形面积

表 1-3 国际单位制中具有专门名称的 SI 导出单位

量	单位名称		单位符号	用其他 SI 单位表示的表示式	用 SI 基本单位表示的表示式
	中文	英文			
频率	赫[兹]	Hertz	Hz		s^{-1}
力	牛[顿]	Newton	N		$\text{m}\cdot\text{kg}/\text{s}^2$
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pascal	Pa	N/m^2	$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^2)$
能[量],功,热量	焦[耳]	Joule	J	N/m	$\text{m}^2\cdot\text{kg}/\text{s}^2$
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	Watt	W	J/s	$\text{m}^2\cdot\text{kg}/\text{s}^3$
电荷[量]	库[仑]	Coulomb	C		$\text{A}\cdot\text{s}$
电位,电压,电动势(电势)	伏[特]	Volta	V	W/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}/(\text{s}^3\cdot\text{A})$
电容	法[拉]	Farad	F	C/V	$\text{s}^4\cdot\text{A}^2/(\text{m}^2\cdot\text{kg})$
电阻	欧[姆]	Ohm	Ω	V/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}/(\text{s}^3\cdot\text{A}^2)$
电导	西[门子]	Siemens	S	A/V	$\text{s}^3\cdot\text{A}^2/(\text{m}^2\cdot\text{kg})$
磁通[量]	韦[伯]	Weber	Wb	$\text{V}\cdot\text{s}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}/(\text{s}^2\cdot\text{A})$
磁感应强度,磁通[量]密度	特[斯拉]	Tesla	T	Wb/m^2	$\text{kg}/(\text{s}^2\cdot\text{A})$
电感	亨[利]	Henry	H	Wb/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}/(\text{s}^2\cdot\text{A}^2)$
摄氏温度	摄氏度	Celsius	$^{\circ}\text{C}$		K
光通[量]	流[明]	Lumen	lm		$\text{cd}\cdot\text{sr}$

续表

量	单位名称		单位符号	用其他 SI 单位表示的表示式	用 SI 基本单位表示的表示式
	中文	英文			
[光] 照度	勒[克斯]	Lux	lx	lm/m^2	$\text{cd} \cdot \text{sr}/\text{m}^2$
[放射性] 活度	贝可[勒尔]	Becquerel	Bq		s^{-1}
吸收剂量, 比授[予]能, 比释动能	戈[瑞]	Gray	Gy	J/kg	m^2/s^2
剂量当量	希[沃特]	Sievert	Sv	J/kg	m^2/s^2
催化活性			kat		mol/s
面积	平方米	square meter	m^2		
体积	立方米	cubic meter	m^3		
速率(度)	米每秒	meter per second	m/s		
波数		wave number	m^{-1}		
密度	千克每立方米	kilogram per cubic meter	kg/m^3		
电流密度	安培每平方米	ampere per square meter	A/m^2		
磁场强度	安培每米	ampere per meter	A/m		
浓度	摩尔每立方米	mole per cubic meter	mol/m^3		

表 1-4 用国际单位制基本单位表示的 SI 导出单位示例

量的名称	单位名称	单位符号	用 SI 基本单位的表示式
[动力] 黏度	帕[斯卡] 秒	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$
力矩	牛[顿] 米	$\text{N} \cdot \text{m}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg}/\text{s}^2$
表面张力	牛[顿] 每米	N/m	kg/s^2
热流密度, 辐[射] 照度	瓦[特] 每平方米	W/m^2	kg/s^3
热容, 嫡	焦[耳] 每开[尔文]	J/K	$\text{m}^2 \cdot \text{kg}/(\text{s}^2 \cdot \text{K})$
比热容, 比嫡	焦[耳] 每千克开[尔文]	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	$\text{m}^2/(\text{s}^2 \cdot \text{K})$
比能	焦[耳] 每千克	J/kg	m^2/s^2
热导率	瓦[特] 每米开[尔文]	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$\text{m} \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{K})$
能[量] 密度	焦[耳] 每立方米	J/m^3	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$
电场强度	伏[特] 每米	V/m	$\text{m} \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{A})$
电荷[体] 密度	库[仑] 每立方米	C/m^3	$\text{s} \cdot \text{A}/\text{m}^3$
电位移	库[仑] 每平方米	C/m^2	$\text{s} \cdot \text{A}/\text{m}^2$
介电常数	法[拉] 每米	F/m	$\text{s}^4 \cdot \text{A}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{kg})$
磁导率	亨[利] 每米	H/m	$\text{m} \cdot \text{kg}/(\text{s}^2 \cdot \text{A}^2)$
摩尔能[量]	焦[耳] 每摩[尔]	J/mol	$\text{m}^2 \cdot \text{kg}/(\text{s}^2 \cdot \text{mol})$
摩尔嫡, 摩尔热容	焦[耳] 每摩[尔] 开[尔文]	$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg}/(\text{s}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{mol})$
(X 射线和 γ 射线的) 照射量	库[仑] 每千克	C/kg	$\text{s} \cdot \text{A}/\text{kg}$