

分析化验中 法定计量单位实用指南

周群英 编著

2
5

中国计量出版社

分析化验中 法定计量单位实用指南

周群英 编著

中国**标准出版社**

新登（京）字024号

内 容 提 要

本书结合分析化验工作实际，系统地介绍了分析化验工作用的法定计量单位的构成及其使用方法，并通过大量实例，重点介绍了分析化验中怎样正确掌握和使用法定计量单位。

本书内容丰富，重于实用，通俗易懂，通过自学就能达到正确使用，可供中学、大专院校师生、科研人员，特别是从事化学分析检测的人员使用和参考。

分 析 化 验 中 法定计量单位实用指南

周群英 编著

责任编辑 何伟仁

—#—

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—#—

开本787×1092/32

印张 7 字数 156 千字

1993年 7 月第 1 版

1993年7月第 1 次印刷

印数1—7000

ISBN 7-5026-0618-1/TB·429

定价 6.00元

前 言

按照《国务院关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和《全面推行我国法定计量单位的意见》规定，我国从1991年1月起，除个别特殊领域外，不允许再使用非法定计量单位。分析化验中过去习惯使用的量和单位大多数属于应废除的非法定计量单位。例如，原用的量“克分子数”、“克原子数”、“克当量数”、“克式量数”、“克离子数”及其相应的单位“克分子”、“克原子”、“克当量”、“克式量”、“克离子”等已废除，改用新的量“物质的量”及其单位“摩尔”代替；原用的量“克分子量”、“克原子量”、“克当量”、“克式量”等已废除，改用新的量“摩尔质量”代替；原用的“克分子浓度”、“摩尔浓度”、“当量浓度”等已废除，改用新的量“物质的量浓度”代替；在滴定分析中“当量定律”也废除，改用“等物质的量规则”代替。此外，过去习惯使用的“质量（或重量）百分浓度（%）”、“体积百分浓度（%）”、“ppm”、“ppb”等也废除，改用“质量分数”、“体积分数”代替。

但目前，在书、报、杂志上，在科研院所、企事业单位的分析化验中仍存在大量使用不符合国家标准要求的量和单位的情况。正确掌握新的量和单位的基本知识，是用好法定计量单位的关键。为便于有关人员正确使用法定计量单位，作者在原来讲授化学量和单位的讲课材料基础上，编写成

本书。在编写中，针对分析化验人员的实际需要，采用通俗易懂的方法，全面、系统地介绍了正确使用化学量和单位的方法。

编著者
1993年1月

目 录

前言	(i)
第一章 法定计量单位简介	(1)
第一节 法定计量单位的概念	(1)
第二节 我国法定计量单位的组成	(2)
第三节 国际单位制的构成	(2)
第四节 使用法定计量单位应注意的问题	(4)
第二章 量和单位基本知识	(8)
第一节 量 (物理量)	(8)
第二节 单位	(10)
第三节 量值	(11)
第四节 带数值的数据表和图的标注方法	(12)
第五节 量纲	(17)
第六节 无量纲	(18)
第七节 量方程、数值方程、单位方程	(18)
第三章 分析化验中常用的物理量和单位	(22)
第一节 长度单位	(22)
第二节 质量单位	(23)
第三节 原子质量单位	(24)
第四节 时间单位	(24)
第五节 温度单位	(25)
第六节 力及重力单位	(27)
第七节 压力、压强及应力单位	(28)
第八节 能量、功及热单位	(31)
第九节 体积单位	(32)

第十节	放射性活度单位	(34)
第四章	化学的量和单位	(35)
第一节	化学元素和核素符号	(35)
第二节	聚集状态的标志	(35)
第三节	元素的相对原子质量及物质的相对分子 质量	(37)
第四节	物质的量	(41)
第五节	摩尔质量	(54)
第六节	物质B的质量浓度和质量密度	(59)
第七节	物质B的物质的量浓度	(63)
第八节	等物质的量规则	(84)
第九节	质量分数及体积分数	(107)
第十节	摩尔体积	(117)
第十一节	物质B的物质的量分数和溶质B的物质的 量比	(126)
第十二节	物质B的质量摩尔浓度	(129)
第十三节	滴定度	(130)
第五章	水质分析中的法定计量单位	(135)
第一节	水质硬度的概念	(135)
第二节	碱度	(139)
第三节	酸度	(141)
第四节	交换容量	(142)
第五节	用 $c(1/zB)$ 表示示例	(142)
第六节	水质分析结果质量评估时的单位形式	(144)
第七节	水质分析中有关换算表及量和单位	(145)
第八节	水质分析中常用量的应用例	(147)
附录 1	关于在我国统一实行法定计量单位的 命令	(163)
附录 2	中华人民共和国法定计量单位使用 方法	(168)

附录3	常用计量单位	(175)
附录4	单位换算系数表	(181)
附录5	物理化学和分子物理学的量和单位.....	(190)
附录6	滴定分析中常用的量及方程	(208)
附录7	化验报告中的一些单位符号	(209)
附录8	化学元素的名称、符号和1989年标准相对 原子质量.....	(210)
参考文献		(214)

第一章 法定计量单位简介

第一节 法定计量单位的概念

法定计量单位是国家以法令的形式明确规定要在全 国采用的计量单位。凡属法定计量单位，在一个国家里，任何地区、任何机构和任何个人，都必须毫无例外地遵照采用。

以法令的形式规定计量单位，是古今中外的普遍做法。无论在颁布的当时，是否明确地冠以“法定”这一名称，在实质上都是法定计量单位。

1984年2月27日国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》所规定的《中华人民共和国法定计量单位》就是我国新规定采用的法定计量单位。并且第一次明确使用了“法定计量单位”这个名称。我国的法定计量单位是以国际单位制单位为基础，根据我国的实际具体情况，适当地增加了一些其他单位构成的。其主要特点是更加完整、具体，而且具有结构简单、科学性强、使用方便、易于推广等优点。同时，与国际上所采用的计量单位更加协调。因为它是法定计量单位，而且是国务院以命令的形式发布的并在《中华人民共和国计量法》中以法律条文规定要采用的计量单位，所以全国各行各业都必须遵照执行。

第二节 我国法定计量单位的组成

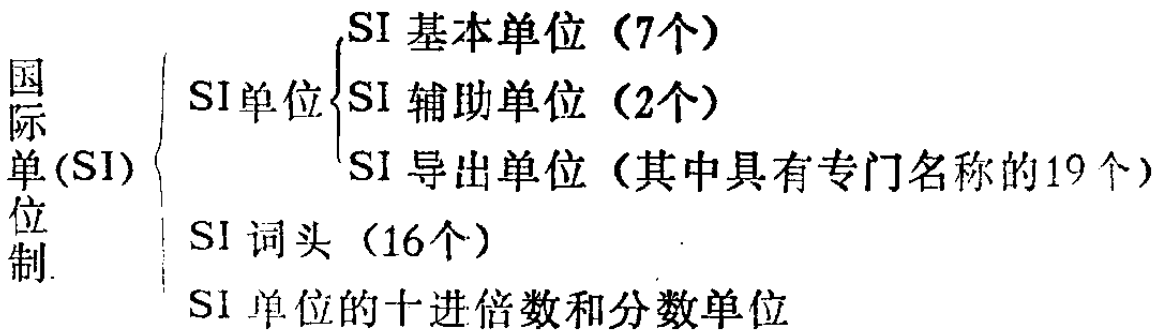
按照国务院《命令》的规定，我国法定计量单位包括：

- (1) 国际单位制的基本单位；
- (2) 国际单位制的辅助单位；
- (3) 国际单位制中具有专门名称的导出单位；
- (4) 国家选定的非国际单位制单位；
- (5) 由以上单位构成的组合形式的单位；
- (6) 由词头和以上单位所构成的十进倍数和分数单位。

从上述可见，我国的法定计量单位是以国际单位制为基础，适当地增加一些非国际单位制单位组成的。

第三节 国际单位制的构成

国际单位制由 SI 单位、SI 词头、SI 单位的十进倍数和分数单位三部分组成，其构成如下：



SI 单位又分为 SI 基本单位、SI 辅助单位和 SI 导出单位三类。SI 基本单位有 7 个，它们都有严格的定义；SI 辅助单位有 2 个，它们是没有量纲的纯几何量单位；SI 导出单位是由基本单位以相乘、相除的形式构成的单位，其中具有专门名称和符号的有 19 个。

SI 词头有 16 个，它们有着不同的名称和符号，分别代表 10 的不同次幂。

SI 单位的十进倍数和分数单位，是由 SI 词头加上 SI 单位构成的。

这里需要指出，国际单位制单位与 SI 单位是有区别的。

“国际单位制单位”是指国际单位制的全部单位，包括 SI 单位、SI 单位的十进倍数单位和分数单位。例如，长度单位中的 km、m、cm 等。但国际单位制单位不包括不是由词头构成的倍数单位。例如，质量单位吨 (t)，尽管它等于 1 Mg，但因为这里出现了新的单位名称，所以它不是国际单位制单位。类似的还有升 (L, $1\text{ L} = 1\text{ dm}^3$)，公亩 (a, $1\text{ a} = 1\text{ dam}^2$)，公顷 (ha, $1\text{ ha} = 1\text{ hm}^2$) 等。

“SI 单位”仅仅是指 SI 基本单位、SI 辅助单位和 SI 导出单位这三种单位。它们与基本单位之间的物理关系式中的系数均为 1。在国际单位制中，这类单位（除 kg 外）都是不带词头的。例如：瓦 (W)

$$1\text{ W} = 1\text{ J/s} = 1\text{ N}\cdot\text{m/s} = 1\text{ m}^2\cdot\text{kg/s}^3$$

式中的各个单位都是 SI 单位。但如果把 m 代之以 cm，则

$$1\text{ W} = 1\text{ J/s} = 10^2\text{ N}\cdot\text{cm/s} = 10^2\text{ cm}^2\cdot\text{kg/s}^3$$

即系数不再为 1。“m(米)”是 SI 单位，加了词头“c(厘)”以后，就不再是 SI 单位，而是国际单位制单位。国际上都把“SI 单位”作为一个有特定含义的词组。因此，不能把这里的“SI”读成“国际单位制”，即不能把“SI 单位”读成“国际单位制单位”，因为那样就把两者完全混淆了。

第四节 使用法定计量单位

应注意的问题

为了便于在分析化验领域正确使用法定计量单位，下面将《中华人民共和国法定计量单位使用方法》中较为重要的、尤其是与过去的习惯差别较大的内容，归纳成以下几点。

1. 十进倍数和分数单位

《中华人民共和国法定计量单位》规定了我国法定计量单位的主单位共43个(见附录1中表1~表4)，但是如果对每一物理量只规定了一个主单位，在大多数情况下使用起来很不方便。例如，物质的量的主单位是 mol (摩尔)，但用于分析化验时这个单位有时显得太大了，化验工作常用的是其分数单位 mmol、 μmol 。因此，为了适应不同场合的需要，在规定了一个物理量的主单位的同时，还给出一些相应的倍数和分数单位。

十进倍数和分数单位是我国法定计量单位的一个组成部分。这里所说的十进倍数和分数单位，是指由词头和我国法定计量单位中的主单位(包括组合单位)构成的单位。例如，词头千(k)和长度单位米(m)构成米的倍数单位千米(km)；词头毫(m)与主单位米(m)构成米的分数单位毫米(mm)；词头微(μ)与物质的量主单位摩尔(mol)构成摩尔的分数单位微摩尔(μmol)。

但是，有一个主单位在构成其十进倍数和分数单位时情况是例外的，这就是质量单位千克(kg)。由于该单位本身已包含词头千(k)，所以根据词头不能重叠使用的原则，千

克 (kg) 的十进倍数和分数单位是由词头加在克 (g) 前构成的。例如, 构成千克 (kg) 的一千倍的单位时, 不是由词头千 (k) 加在千克 (kg) 的前面成为千千克 (kkg), 而是由词头兆 (M) 加在克 (g) 的前面成为兆克 (Mg), 因 $1\,000\text{ 千克} = 10^3 \times \text{kg} = 10^3 \times 10^3 \text{ g} = 1 \times 10^6 \text{ g} = 1\text{ Mg}$ 。

2. 单位的中文名称、符号

法定计量单位的中文名称分全称和简称两种。法定计量单位(见附录1中表1~表4)所列的43个单位名称均是单位的全称, 把其中在方括号里的字省略即成为该单位的简称, 对于没有方括号的单位名称, 其简称与全称相同。例如:

压力单位全称是“帕[斯卡]”, 简称为“帕”; 物质的量单位全称是“摩[尔]”, 简称为“摩”; 时间单位 h 全称是“[小]时”, 简称为“时”; 温度单位“摄氏度”, 不带方括号, 简称也是“摄氏度”。

中文名称一般只宜在叙述性文字中使用。

简称被规定作为单位的中文符号, 因此作为中文符号使用时, 不得用全称。例如:

国际符号	中文名称	中文符号	不得表示为
mg/cm ³	毫克每立方厘米	毫克/厘米 ³	毫克/立方厘米
mol/L	摩尔每升	摩/升	摩尔/升
t/kW·h	吨每千瓦小时	吨/千瓦·时	吨/千瓦·小时

3. 单位和词头的符号

(1) 单位符号的字母一律用正体(罗马体)书写或印刷, 不得采用斜体(意大利体)。例如: 质量单位“克”的符号不得写成“g”, 而应写成“g”。

(2) 单位国际符号的字母一般用小写体,若单位名称来源于人名,则其符号的第一个字母用大写体。例如:质量单位“千克”其符号为“kg”,不得写成“KG”;压力单位“帕斯卡”的符号为“Pa”。

(3) 词头符号的字母一律用正体书写或印刷,不得采用斜体。

(4) 要严格注意词头符号的大小写,因数小于 10^6 者用小写体,大于或等于 10^6 时用大写体。例如:词头“毫”的符号是“m”,“兆”是“M”。如果将“毫克”写成“Mg”,则它表示的不是千分之一克(mg),而是1 000 000 g。在分析化验领域经常有人错误地有将厘米、千伏、毫安、毫升、千克分别写成CM、KV、MA、ML、KG,应按规定分别写成cm、kV、mA、mL、kg。

(5) 不得使用重叠词头。

例如: 10^{-9} g,不得写成m μ g,应用ng表示。

4. 组合单位的使用方法

(1) 组合单位名称的读写

a 从左往右,乘号不读写,如:

N·m读写成“牛 顿 米”或“牛米”,不应读写成“牛 顿 乘米”或“牛·米”。

b 先分子后分母,除号读作“每”。无论分母中有几个单位,“每”字只出现一次,如:

mol/L读写作“摩尔每升”,不应读作“每升摩尔”;

2 mg/cm³读写作“2毫克每立方厘米”不应读写成“每立方厘米2 毫克”;

“g/(m²·d)”不得读写成“克每平方米每天”。

c 带指数的单位,指数读在单位前面,除表示面积用“平方”,表示体积用“立方”以外,其余都是数字加“次

方”两字。如：

面积	m^2	读“平方米”；
运动粘度	m^2/s	读“二次方米每秒”；
体积	m^3	读“立方米”；
截面系数	m^3	读“三次方米”。

d 分子为 1 的单位“每”字开头，如：

s^{-1} 读写作“每秒”（频率单位）；

m^{-1} 读写作“每米”（波数单位）；

$^{\circ}C^{-1}$ 读写作“每摄氏度”。

(2) 在一个组合单位的符号中，除加括号避免外，斜线不得多于一条。如：

大气供氧量单位的符号不得写成“ $g/m^2/d$ ”，而应写成“ $g/(m^2 \cdot d)$ ”；

比热容单位的符号不得写成“ $J/kg/K$ ”，而应写成“ $J/(kg \cdot K)$ ”；

氧转移量单位的符号不得写成“毫克/小时/厘米/米”或“ $mg/h/cm/m$ ”，而应写成“毫克/(时·厘米·米)”或“ $mg/(h \cdot cm \cdot m)$ ”；

回流污泥耗氧量单位的符号不得写成“毫克/升/克/升/小时”或“ $mg/L/g/L/h$ ”，而应写成“毫克/(升·克·升·时)”或“ $mg/(L \cdot g \cdot L \cdot h)$ ”。

(3) 不得用中文名称作符号用，如：密度单位不得表示为“毫克/立方厘米”，物质的量浓度单位不得表示为“摩尔/升”。

第二章 量和单位基本知识

第一节 量 (物 理 量)

量通常是指物理量，在国家标准 GB 3100—86 中只处理用于定量地描述物理现象的物理量，这些物理量一般可称为量。例如长度、质量、物质的量、时间、温度等。

量的符号通常是单个的拉丁或希腊字母。无论其文字所用字体如何，量的符号必须是斜体 (pH除外)，符号后不附加圆点 (正常语法所需标点符号除外)。例如，用 V 表示体积，用 m 表示质量，用 n 表示物质的量，用 M 表示摩尔质量，用 c 表示物质的量浓度等。

使用“量”应注意：

(1) 量的符号可带下标或其他说明性的标志

例如：

符 号	意 义
n_B	物质 B 的物质的量
V_m	摩尔体积
$c(B)$	物质 B 的物质的量浓度
$M(HCl)$	盐酸的摩尔质量
$-S_m^\ominus(g)$	气体的标准摩尔熵
$S_B^\ominus$	物质 B 的标准摩尔熵[如果 B 是象 $H^+(aq)$, $H_2O(l)$ 等物质，则应当写成 $S_m^\ominus\{H^+(aq)\}$, $S_m^\ominus\{H_2O(l)\}$ 等形式，而避免写成 $S_{m,H^+,aq}^\ominus$ 或 $S_{H^+(aq)}^\ominus$, $S_{m,H_2O(l)}^\ominus$ 或 $S_{H_2O(l)}^\ominus$ 等形式]
$C_{p,B}^*$	纯物质 B 的定压摩尔热容
$\sigma_B^*(l)$	纯液体 B 的表面张力
H_B^∞	物质 B 在无限稀薄溶液中的偏摩尔焓

符 号	意 义
$\gamma^{id}(g)$	理想气体的 C_p/C_v 比值
$\rho^*\{1, sat(g), 410K\}$	在热力学温度 410 K 时纯液体与其蒸气成平衡时的 密度
$T_c(0.8 N_2 + 0.2 O_2)$	N_2 的物质的量分数为 0.8 的 N_2 和 O_2 的混合物的临界 温度
$\eta(sln, NaI \text{ 在 丙 酮 中 } 0.1 mol \cdot kg^{-1}, 298.15 K)$	在热力学温度为 298.15 K 时碘化钠在丙酮中的 质量 摩尔浓度为 $0.1 mol \cdot kg^{-1}$ 的溶液之粘度
$\lambda\{s, sln, w(Cu) = 0.9, w(Ag) = 0.1\}$	铜的质量分数为 0.9 的 (铜+银) 的固体溶液的热导率

(2) 量的定义只能涉及量和数而不涉及计量单位

例如，物质的量浓度 c 只能定义为：物质的量除以混合物的体积，而决不得定义为：1升溶液中含1摩尔的溶质。摩尔质量 M 只能定义为：质量除以物质的量，而决不得定义为：“1摩尔 (mol) 物质的量”。

(3) 量的大小与单位选择无关

因 $A = \{A\} \cdot [A]$

或 $A/[A] = \{A\}$

式中：A——某一物理量的符号，表示其量值（数值与单位之乘积）；

$[A]$ ——A 所选取的单位；

$\{A\}$ ——A 在特定单位 $[A]$ 时所具有的数值。

即 量 = 数值 $\times$ 单位

或 量/单位 = 数值

从上式可知，改变单位只是数值变化，量本身是不变的。例如：

银的质量浓度 $\rho(Ag)$ 以 “mg/L” 为单位的数值为2.5，