

新编 法定计量单位 应用手册

李慎安 陈维新 鲍大中 编著

机械工业出版社

71.4073
268

新编法定计量单位应用手册

李慎安 陈维新 鲍大中 编著

3K506/08

机械工业出版社

本书是为帮助广大读者学习和贯彻新版国家强制性标准《量和单位》(GB 3100~3102-93)特组织有关专家编写的。内容包括:量和单位的基本知识;全部标准的基本内容;单位的换算;新标准修订的主要内容介绍;量和单位在使用中的有关问题和常见错误;化学中的计量单位与计算;几种常用单位制的对照。

本书内容准确,简明实用,可供广大科技工作者、大中学教师、作者、编辑、记者和计量、标准管理人员在贯彻法定计量单位时查阅使用,也可供各类法定计量单位培训班学员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

新编法定计量单位应用手册/李慎安等编著. —北京:
机械工业出版社, 1996
ISBN7-111-04925-X

I. 新… II. 李… III. 计量单位-国家标准-中国-学习
参考资料 N. TB911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 16919 号

出版人: 马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 樊 力 版式设计: 李松山 责任校对: 丁丽丽
封面设计: 姚

北京市房山区印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1996 年 1 月第 1 版·1996 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·6.625 印张·148 千

0 001—3000 册

定价: 10.00 元

序 言

重新修订的《国际单位制及其应用》等 15 项有关量和单位的强制性系列国家标准 GB 3100~3102—93 已于 1993 年 12 月 27 日由国家技术监督局批准、发布,自 1994 年 7 月 1 日起实施。这次的修订本为该标准的第 3 版,等效采用了国际标准 ISO1000:1992 及 ISO31:1992 第 3 版。它涉及了自然科学各个领域,是各行各业必须执行的基础性标准,也是国家法定计量单位的具体应用形式。国家技术监督局、国家教育委员会、广播电影电视部和国家新闻出版署于 1994 年 11 月 14 日联合发出通知,要求各部门高度重视上述标准的宣贯工作,并要求 1995 年 7 月 1 日以后出版的所有科技书刊、报纸、新闻稿件、教材、产品铭牌、产品说明书等,在使用量和单位的名称、符号时均应符合该标准的规定。

本书针对上述需要,以简明的方式介绍了新版标准的基本内容,并回答了与贯彻标准有关的一些较为常见的问题。

欢迎读者和我们讨论所遇到的有关问题并提出对本书的意见。来信请寄:北京北三环东路 18 号中国计量科学院老干处转我们收(邮编:100013)。我们必定负责回信。

编者

1995 年 5 月 5 日

43494

III

编写说明

本书的1~3是有关量和单位的基本问题。其中的一些基本概念,以ISO、IEC、BIPM、OIML、IFCC、IUPAC与IUPAP七个国际组织于1993年发表的《国际通用计量学基本术语》(第2版)为依据写成。涉及到GB 3100~3101—93中有关的内容。

本书的4~16依照GB 3102—93的编写顺序,其中的序号一栏,按该国标的项号不变,以便读者对照。在这一部分中,凡是在序号前有星号(*)者,表示这一整项在该标准的1986年第2版中所无,为1993年第3版新加的项。凡是在量名称或符号前有星号者,表示这个名称或符号是新加的。在编写这一部分时,参考了IUPAP于1987年公布的《物理化学中的量、单位和符号》,也参考了ISO于1992年修订的ISO1000:92及ISO31-0:1992~ISO31-13:1992。本书中凡只用GB给出时,即指国家标准《量和单位》的1993年的第3版;凡只用ISO给出时,则指国际标准《量和单位》1992年的第3版;凡提到IUPAP时,是指上述1987年公布的一书。

书中并列的名称和符号,用分号隔开(与GB不同),以便区分。量和单位名称后用括号给出的完整名称则是它前面名称的同义语。量名称前、后的括号,也包含说明性的内容,并不一定是量名称的组成部分。在量和单位名称中用方括号加入的字,是在不致混淆的情况下可以省略的部分。省去这部分则成为其简称。

在 4~16 的表中,按 GB 列出了本标准领域中最重要量和符号,当然不是全部,也不意味着其它量就不能使用。定义栏中的定义只用于识别,并非都是完全的,因此,本书对有些量的定义从略。当一个量给出的符号中,如存在两种印刷字体(例如: g 与 g ; φ 与 ϕ ; ϑ 与 θ)时,只给出了一种,并不意味着另一种字母不能等同使用。作为单位克的符号 g ,也有另一个正体的形式 g ,它们也都是等同的。GB 及本书中都只用了其中的一种。括号中的符号则是备用的。用逗号分开者,它们是相联系的,例如: x, y, z 。由于单位定义在本书 2.3 中均能找到,在 4~16 中不再给出。升的两个符号 L 与 l ,在 GB 中优先使用 l ,本书则优先使用 L ,这只是因为 L 不致被误为数字 1。由于 L 与 l 是同等并列,读者、作者亦可随意选用。在 4~16 的第五栏中,凡是量纲为 1 的量,其 SI 单位名称均按新标准改为“一”。如系对数量,则没有 SI 单位,在这一栏便是空白(相应的符号也是空白)。可与 SI 单位并用的或是我国的法定计量单位,列于 SI 单位之下,并用虚线隔开。至于它们的十进倍数、分数单位则不列出。暂时还允许使用的单位在注中给出。

单位符号带有括号者,表示非国际上已标准化的符号,例如: (oct)。

量名称中,一些常量和常数的使用在 GB 中并未规范化。本书按全国自然科学名词审定委员会于 1988 年公布的《物理学名词》(基础物理学部分),作了相应的改动。至于个别量的某些问题,则在注中作了说明。

目 录

序 言

编写说明

1 物理量和单位	1
1.1 物理量	1
1.2 量制	1
1.3 量纲	2
1.4 量纲为 1 的量	2
1.5 计量单位	2
1.6 单位制	3
1.7 主单位	4
1.8 量值	4
1.9 量方程	5
1.10 数值方程	5
1.11 单位方程	6
1.12 量符号	7
1.13 数值的符号与表示方法	9
1.14 量值表达	10
1.15 数与数值修约	11
1.16 物理量名称中所用术语的规则	13
1.17 有关量和单位的国际组织	15
2 国际单位制与法定计量单位	18

2.1	国际单位制的构成	18
2.2	我国法定计量单位的构成	22
2.3	单位定义	23
2.4	单位使用规则	29
2.5	单位一	36
3	单位换算	37
3.1	换算的一般方法	37
3.2	带有不确定度的近似值	38
3.3	未给出不确定度的近似值	39
3.4	条件和范围	40
3.5	极限值	41
3.6	英制尺寸及其公差	41
3.7	常见非法定计量单位换算因数	43
4	空间和时间的量和单位	49
5	周期及其有关现象的量和单位	51
6	力学的量和单位	53
7	热学的量和单位	57
8	电学和磁学的量和单位	61
9	光及有关电磁辐射的量和单位	67
10	声学的量和单位	73
11	物理化学和分子物理学的量和单位	81
12	原子物理学和核物理学的量和单位	92
13	核反应和电离辐射的量和单位	99
14	固体物理学的量和单位	108
15	特征数定义及符号	116
15.1	动量传递	117

15.2	热量传递	118
15.3	双组分混合物中的质量传递	118
15.4	物性常数	119
15.5	磁流体动力学	119
16	物理科学和技术中使用的数学符号	120
16.1	特殊说明	120
16.2	几何符号	121
16.3	集合论符号	122
16.4	数理逻辑符号	127
16.5	杂类符号	128
16.6	运算符符号	129
16.7	函数符号	131
16.8	指数函数和对数函数符号	135
16.9	三角函数和双曲函数符号	136
16.10	复数符号	139
16.11	矩阵符号	139
16.12	坐标系符号	141
16.13	矢量和张量符号	142
16.14	特殊函数符号	145
17	国家标准 GB 3100~3102—93 修改的主要内容	151
17.1	在国际单位制方面	151
17.2	在量的名称方面	151
17.3	计量单位的名称及符号	152
17.4	单位使用方法	153
17.5	关于物理常量之值	153
17.6	新增加附录的内容	153

18	有关量名称使用的若干问题和常见错误	160
19	单位及其符号的有关问题和常见错误	167
19.1	1977-07-20 中国文字改革委员会和国家标准 计量局联合通知中的有关问题	167
19.2	1959-03-22 国务院命令中涉及的问题, 以下 按 1984-02-07 国务院命令作了修改	168
19.3	其它问题	169
20	化学中的计量单位与计算	180
20.1	物质的量及其单位	180
20.2	摩尔质量与有关计算	182
20.3	当量粒子与当量定律	185
20.4	表示含量与成分的量与单位	189
21	几种常用单位制间的对照	192
21.1	力学	192
21.2	电学和磁学	195
21.3	热学	199
21.4	光学	200
21.5	声学	201
	参考文献	202

1 物理量和单位

1.1 物理量

又称可测量。简称量。定义为现象、物体或物质的可以定性区别并定量确定的属性。

量可以是广义量。例如：长度；热力学温度；温差；电压；物质的量浓度。

量也可以是特定量。例如：在给定条件下某棒的长度；某给定空间位置在某瞬间的重力加速度；某样品中某物质的质量分数。

有相同量纲并能相互比较的量称同类量。例如：功、热、能；长、宽、高、厚、波长。

一个量的不同特定量称同种量。例如：某人不同时间的体重；不同地点的重力加速度；不同样品中的某给定物质的质量分数。

1.2 量制

按一般含义，各量之间存在确定关系的一组量。

在量制中，约定地在函数关系上彼此独立的量称为量制的基本量，为基本量的函数所定义的量称为量制中的导出量。基本量应能充分地定义出导出量。

工程中通用以长度、力和时间作为基本量的量制，称工程量制。在这个量制中，质量成为导出量。

现行的国际单位制(SI)所采用的量制，以长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量和发光强度作为基本量，称为SI量制。

1.3 量纲

以量制中基本量的幂之积表示该量制中一个量的表达式。这种表达式是定性的而非定量的，系数恒为“1”。

量纲符号为 $\dim$ ，例如：密度 ρ 的量纲写为 $\dim\rho$ 。 $\dim\rho = ML^{-3}$ 。

基本量的量纲为其自身，并以其量符号的正体大写字母表示。如 SI 量制中的七个基本量的量纲符号为：L；M；T；I； Θ ；N；J。

量 Q 的量纲可以表示为基本量 $A, B, C, \dots$ 的量纲 $A, B, C, \dots$ 之幂积

$$\dim Q = A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots$$

对 SI 量制而言：

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\epsilon N^\zeta J^\eta$$

上式中的指数 $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ 称为量纲指数。

1.4 量纲为 1 的量

以前称为无量纲量。

在量纲表达式中，其基本量纲的全部指数为零的量。例如：线应变；泊松比；相对密度；磁化率；发射率；质量分数。

一切计数量，当它们进入量方程时，均被视为量纲为 1 的量。例如：绕组的匝数；相数；质子数；中子数；分子数。实际上它们并非自基本量导出。GB 与 ISO 中包括这类计数量。

1.5 计量单位

简称单位。

约定定义和采用的特定量，其它同种量可与之相比较以表示相对于它的同种量的大小。一般应约定地给予计量单位以名称和符号。

相同量纲的量可以有相同的单位，相同量纲的量甚至可以不是同种量。例如：功 W 与力矩 M ，由于 $\dim W = \dim M = L^2MT^{-2}$ 是相同量纲的量。它们的单位均可为牛顿米，但它们并非同种量。

表示计量单位的约定符号称单位符号或计量单位符号。例如： m 是米的符号； N 是牛顿的符号。单位符号无例外地为正体字母。除非来源于人名的第一个字母用大写外，其余均为小写。例如：原子质量单位 u ，戈瑞 Gy ；秒 s ；弧度 rad ；摄氏度 $^{\circ}C$ ；流明 lm ；亨利 H 。更为详细的规定见 2.4。

1.6 单位制

为给定量制按给定规则确定的一组基本单位和导出单位。例如：国际单位制 SI；CGS 制（厘米克秒制）。

给定量制中基本量的单位称为基本单位；给定量制中导出量的单位称为导出单位。

当基本单位一经确定，就形成了其单位制。不同基本单位形成不同单位制。

由比例因数为 1 的基本单位幂之积表示的导出单位称为这个单位制的一贯导出单位，简称一贯单位。例如：在 CGS 制中，力的单位达因 (dyn) 导自其基本单位 (cm ； g ； s)，

即 $1 \text{ dyn} = 1 \text{ cm} \cdot \text{g}/\text{s}^2$ ， dyn 为一贯导出单位。

如全部导出单位为一贯单位的单位制，称为一贯单位制。

例如：在 CGS 制中，下列单位为其一贯单位制的一部分。

力： $\text{dyn} = 1 \text{ cm} \cdot \text{g}/\text{s}^2$

粘度： $P = 1 \text{ dyn} \cdot \text{s}/\text{cm}^2 = 1 \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{s})$

运动粘度： $\text{St} = 1 \text{ cm}^2/\text{s}$

能： $\text{erg} = 1 \text{ dyn} \cdot \text{cm} = 1 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}/\text{s}^2$

加速度: $\text{Gal} = 1 \text{ cm/s}^2$

压力: dyn/cm^2

在国际单位制中, 全部 SI 单位组成一贯单位制。

不属于给定单位制的单位称该单位制的制外单位。例如: 电子伏为能的 SI 制外单位, 也是 CGS 制制外单位; 角分、角秒以及度为平面角的 SI 制外单位, 也是 CGS 制制外单位; 尔格则只是能的 SI 制外单位。有一些单位不属于任何单位制, 如: 埃。

1.7 主单位

给定量独立定义的单位。往往由法令加以规定。例如英国于 1963 年把质量的主单位磅定义为 $0.453\,592\,37\text{kg}$, 而质量的其它单位: 英吨、英担、盎司等则按磅来定义。我国于 1959 年曾把升规定为体积的主单位。主单位是相对倍数和分数单位而言的。在 SI 中, 全部 SI 单位具有主单位的性质。

倍数单位按定义为: 按约定比率比给定单位更大的单位, 实际上, 是比其主单位更大的单位。广义的倍数单位包括了分数单位。

分数单位定义为: 按约定比率, 由给定单位形成的更小的单位, 也就是比主单位小的单位。

例如: 英制质量单位中, 英吨是磅的倍数单位, 比率为 2 240 ($1 \text{ ton} = 2240 \text{ lb}$); 盎司是磅的分数单位, 比率为 $(1/16)$ ($1 \text{ oz} = \frac{1}{16} \text{ lb}$)。英制中几乎所有的比率均非 10 的整数幂。SI 的倍数和分数单位与 SI 单位间的比率只有 10 的整数幂, 且用 SI 词头构成。量纲为 1 的量的 SI 单位例外。

1.8 量值

由一个数乘计量单位所表示的特定量的大小称量值。它可

以是正值、负值或零。量纲为 1 的量，其量值用纯数给出。量值独立于单位，即可用不同单位给出同一量值。

设量 Q 的单位为 $[Q]$ ，其数值为 $\{Q\}$ ，则

$$Q = \{Q\} \cdot [Q]$$

当 $[Q]$ 增大 k 倍时，对应的 $\{Q\}$ 将增大 k^{-1} 倍，即为原来的 k 分之一。

$\{Q\}$ 称为量的数值，其大小与 $[Q]$ 有关。

1.9 量方程

物理量之间的定量关系式。

量的定义方程均为量方程。量方程以量的符号按其函数关系给出，它独立于计量单位。因此，给出量方程时，无指明量所采用的单位之必要，否则造成误解，以为非用此单位不可，甚至误解为并非量方程而系数值方程。

例如：动能 E_k 与质量 m 及速度 v 之间的量方程为

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

使用量方程进行计算时，其中的量必须以量值代入（数乘单位），而不能只代入数值。

由于量方程独立于单位，ISO 与 GB 均提出优先采用量方程。

量方程中的因数来源于量的定义。有时是 1，往往也非 1。

例如：速度 v 与距离 s 及时间 t 间的量方程 $v = \frac{s}{t}$ ，因数为 1。

半径为 r 的球体，在电容率为 ϵ 的介质中的电容 C 有量方程 $C = 4 \pi \epsilon r$ ，因数为 4π 。

1.10 数值方程

量的数值间的定量关系式。

由于数值决定于单位, 数值方程的形式与单位有关。

例如: 在转动轴中所受的转矩 T 与所传送的功率 P 及其旋转速度(角速) ω 之间有量方程

$$T = P/\omega$$

但如果 $[T]$ 为 $N \cdot m$; $[P]$ 为 W ; $[\omega]$ 为 rad/s 。

则数值方程为

$$T = \frac{P/W}{\omega/\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}} \quad N \cdot m$$

或写成 $\{T\}_{N \cdot m} = \frac{\{P\}_W}{\{\omega\}_{\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}}}$

如果把 $[P]$ 改为 kW , $[\omega]$ 改成 r/min , 则其数值方程为

$$T = 9\,549 \frac{\{P\}_{kW}}{\{\omega\}_{r \cdot \text{min}^{-1}}} \quad N \cdot m$$

设量 $Q = kA^{\alpha} \cdot B^{\beta} \cdot C^{\gamma} \dots$ 为其量方程, 其中指数可为正数, 也可负数, 为整数也可分数。则在量值间有

$$\{Q\}[Q] = k\{A\}^{\alpha}[A]^{\alpha} \cdot \{B\}^{\beta}[B]^{\beta} \cdot \{C\}^{\gamma}[C]^{\gamma} \dots$$

假设其单位间存在

$$[Q] = \xi[A]^{\alpha}[B]^{\beta}[C]^{\gamma} \dots$$

则有数值方程

$$\{Q\} = \frac{k}{\xi} \{A\}^{\alpha} \{B\}^{\beta} \{C\}^{\gamma} \dots$$

当 $[Q], [A], [B], [C] \dots$ 全部使用 SI 单位(或为一贯单位)时, $\xi=1$, 即数值方程的因数 $k/\xi=k$ 与量方程的因数一致, 否则, 要除以 ξ 。

1.11 单位方程

计量单位间的定量关系式。

例如: $V = W/A$

$$N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

$$1\text{b} = 0.453\,592\,37\text{ kg}$$

在单位方程中，往往也习惯于在单位符号前加数值 1，这样，就变成了量值，导致它是什么量的量值的混淆。例如： $^{\circ}\text{C} = \text{K}$ 表示这两个单位相等，但 $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$ 表示的量值是温度？还是温差？从而这个单位方程是不明确的。如理解为温度，则此单位方程不成立。因 1 K 的热力学温度决不等于 1°C 的摄氏温度。

1.12 量符号

量的符号通常是由单个拉丁字母或希腊字母构成，有时也有多于一个字母的符号，例如： $V(\lambda)$ ，甚至用两个符号以数学形式组成，例如： μ_{en}/ρ 。

量符号有时还带有角标，多数是右下角，也有右上角，甚至在它的上方或两侧也有其它标记。量的符号都必须使用斜体字母，量符号后不附圆点。

量的标准化符号详见本书 4~15 中的第三栏。

矢量符号一般用黑体或在其上方加箭号。量纲为 1 的特征数由两个字母构成，其第一个字母为大写。如果这种由两上字母所构成的符号与其它量的符号相乘时，它们之间应留空隙或加乘点以免混淆。

量的下标，如系物理量符号，仍应保持斜体。此外，表示坐标轴、连续数或数的字母符号作为下标时亦应为斜体，其它为正体。

例如：

正体字母下标

$C_g(g; \text{气体})$

斜体字母下标

$C_p(p; \text{压力})$