

量和单位丛书 **2**

823/152

李慎安 编

43071

量、单位和符号的一般原则



量 出 版 社

823/152

量和单位丛书(2)

量、单位和符号的一般原则

李慎安 编

计 量 出 版 社

1983·北京

量和单位丛书 (2)

量、单位和符号的一般原则

李博安 编

计量出版社出版

(北京和平里山区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/32 印张 1 3/4

字数 39 千字 印数 1—31 000

1983年5月第一版 1983年5月第一次印刷

统一书号 15210·271

定价 0.26 元

说 明

为了贯彻1981年7月14日经国务院批准的、由中国国际单位制推行委员会颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》,“全国量和单位标准化技术委员会”提出了有关量和单位的15项国家标准(即GB3100, GB3101及GB 3102.1—13),并已于1982年5月至7月先后经国家标准局批准发布(1983年7月1日起实施)。我们现在组织上述国家标准的起草人员编写了这套《量和单位丛书》,供各有关科学研究、文化教育、新闻出版、国防建设、国内外贸易、工农业生产、经济管理及政府机关人员使用参考。

对本丛书的意见,请寄北京市邮政2112信箱 SI 办公室。

中国国际单位制推行委员会办公室

1982年11月

目 录

一、引 言	(1)
二、量 纲	(1)
三、物理量	(7)
四、单 位	(12)
五、数 值	(17)
六、方 程	(20)
七、经验常数	(25)
八、CGS制及其单位	(26)
附 录	(29)
附录 1 在有限制字体的系统中SI 单位和其它单位 的表示方法	(29)
附录 2 IEC 关于物理量下角标的建议	(34)
附录 3 常见错用计量单位符号举例	(49)

一、引 言

当我们一接触到物理量的领域，就会遇到一系列有关的诸如物理量方程、量纲、量制、单位、量值、单位制以及数值、符号这样的术语和问题。GB 3101—82即是规定这一系列问题的一般原则的标准。它在有关量和单位的成套标准中，也是一个基础性和综合性的标准。

这个标准对这一系列术语并未确切地全面给予定义，有些只是给予了必要的说明。本书也不准备探讨它们的定义。因为十分严格和确切的定义，往往并不那么适宜用来说明问题，必须还有一些举例。

有关物理量的问题，很多课本中常用比较大的篇幅来讨论量制。关于应该采用怎样的量制，过去的几十年中有过激烈的争论，这也是十分必要的。但是，现在已经有了决定。国际单位制的量制已经为最大多数的人所接受，因此，就没有必要回头再去分析各种各样的量制了。可是，为了说明有关单位的问题，使问题简明一些，从量制的角度出发，还是必要的。GB 3101—82就提到SI所用的量制。

二、量 纲

关于某一物理量的量纲，可以认为它只是指量的性属（而不是指它的大小）。因此，量纲只用于定性地描述物理量，特别是定性地给出导出量与基本量间的关系。因为选作为基本量的那些量，其量纲就是它自身。由于导出量的量纲形式表示为其它量纲之积，也常称之为量纲积。

在我们见到一个物理量的量纲时，并不去考虑是否为矢量或张量，也不去考虑其正负号和数值因数。

长度、宽、高、半径、弧长、深、波长等，这些量的量纲都是长度。直径为 2 m 的圆周长 $2\pi\text{ m}$ ，这是一个物理量，这个量中的数值因数是数字 2π ， $2\pi\text{ m}$ 这个量的量纲也是长度。

长度、质量、时间等概念，也用于表示力学量的量纲。

为了便于表达，常使用符号来代表量纲。如何采用符号，在 GB3101—82 中有了规定。如，对量 Q 的量纲用符号写成

$$\text{dim } Q$$

至于所有的量纲因素，都规定用正体大写字母表示。SI 所用的长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量、发光强度 7 个基本量的量纲，分别用 L ， M ， T ， I ， Θ ， N 和 J 表示。这也是在 GB3101 中规定了一种形式。我们也可以用大写正体的 V 和 A 表示速度和加速度的量纲。

数学中用的等号，表示在它左右两侧的信息是一样的，即所谓相等的关系。但是，量纲之间的相等关系只表示性质，不包括量的大小。GB3101 仍采用等号来表示，这只能认为是一种关系式。

在考虑一个量制时，必须在所研究的全部物理量中确立一组一定数量的彼此独立的量作为物理量中间的基本量，并以它们作为基本量纲因素。而其它的物理量称之为导出量，它们的量纲称之为导出量纲。所有导出量纲以代数关系由基本量纲导出（乘与除）。但是，有一个唯一的例外，摄氏温度在 SI 中作为导出量来处理，但它的量纲就是 Θ ，其单位 $^{\circ}\text{C}$ 与 K 的关系不是乘除而是较为特殊的温度差的关系（本书不去讨论它）。

例如：在几何学中，可选长度作为基本量纲，运动学

中, 可选长度与时间作为基本量纲, 力学中可选长度、时间、加上质量作为基本量纲。但这种选择并不都是唯一的。

在力学中如选择了 L, T, M 作为基本量纲之后, 加速度的量纲

$$A = LT^{-2}$$

以及力的量纲

$$F = LMT^{-2}$$

则为导出量纲了。用符号也可写成

$$\dim a = \dim(lt^{-2})$$

或

$$\dim a = LT^{-2}$$

导出量纲并不一定只能用基本量纲来构成, 为了明了与方便, 有些人也习惯使用导出量纲来构成另外的导出量纲。这样, 同一个导出量纲可以表达为好多种形式。但只有用基本量纲表达的形式是唯一的、最基本的。

例如:

加速度的量纲

$$\dim a = LT^{-2} = VT^{-1}$$

力的量纲

$$\dim F = LMT^{-2} = MVT^{-1}$$

$$= MA$$

选择量纲的乘积因子, 总是为了简单明了地表达某一特定问题。这些因子是基本量纲还是导出量纲, 在这个量纲积的构成中并无要紧。但在利用量纲积来构成导出单位时, 利用已有专门名称的单位的物理量纲, 往往更为简便。

在构成导出量的量纲积时, 用除来代替微商, 用相应的乘来代替积分。

例如:

$$\dim \frac{ds}{dt} = \dim \frac{s}{t} = LT^{-1}$$

$$\dim \left(\int v \, dt \right) = \dim (vt) \\ = VT$$

在量纲中出现的指数称为量纲指数，这通常只用在以基本量纲构成导出量纲时才有意义。GB3101—82中只给出这类量纲积。

有一些导出量的量纲积，所有的量纲指数都是零。在GB3101—82中对此称之为无量纲量，其量纲积为1。这种处理方式与ISO31/0是一致的，也符合一般习惯。

例如：平面角、立体角、延伸率、相对密度等，它们的量纲分别为 $L^1 L^{-1}$, $L^2 L^{-2}$, $L^1 L^{-1}$, $L^3 L^{-3} M^1 M^{-1}$ ($L^{-3} M / L^{-3} M$)。

象这样的一些量，说它们的量纲为1，以及把它们称为无量纲量应该说不恰当的。因为1并不是基本量纲的构成成分。当我们说：“相对密度这个物理量的量纲为1”，并不完全正确。在数学上，任意数的零次幂等于1是对的，但在用于定性表示物理量的关系中，量纲的零次幂也等于1未见得适当。量纲积为1的这些导出量无疑是有量纲的，它与无量纲的纯数显然有本质上的区别。这些导出量与其它导出量一样，也由基本量所构成，与基本量存在一定的数学关系（虽然在导出单位中，这类量的单位与基本单位无关）。

任何一个量 Q ，可以用其它量以方程的形式表示（这当然指导出量）。在这一表达式中，这个量 Q 也可以是若干项的和。

例如：

$$E = \frac{1}{2} m v^2 + m g h$$

其中的每一项可以表示为所选定的一组基本量 $A, B, C, \dots$ 之积, 有时还乘以数字系数。譬如上例, 在SI中, 第一项即可表示为 L^2MT^{-2} , 第二项可表示为 $MLT^{-2}L$, 其中第一项有数字系数0.5。

因此, GB 3101 中给出任一量 Q 的一般表达式为

$$\zeta A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots$$

当然, 有多项相加时, 其量纲指数 $\alpha, \beta, \gamma \dots$ 应相同。上例中可以看出是相同的 (尽管出现的量不完全相同)。

量 Q 的量纲表示为

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

式中 $A, B, C, \dots$ 表示选为基本量的 $A, B, C \dots$ 的量纲。

在SI中, 基本量纲选定为

长度	L
质量	M
时间	T
电流	I
热力学温度	Θ
物质的量	N
发光强度	J

从而, 量 Q 的量纲一般表示式为

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

这就是SI的量系。其中大多数的导出量, 其量纲指数都是整数, 而不象电磁学使用三量纲制中所出现的大量的非整数量纲指数。

在采用如GB3101所规定的大写正体字母作为量纲符号时, 无论其余文字的字体如何, 量纲符号的这种字体不得改

变。而表示物理量的符号所用字体，则无例外地总是用斜体字母（常称为意大利体），在 SI 中规定单位的符号也为正体（常称为罗马体），其中有一部分也是采用大写字母（来源于人名的单位，如牛顿为 N、焦耳为 J、特斯拉为 T，这三个与量纲符号相同）。为此，如必要与正文相区别以避免混淆时，可分别采用不同格式的正体大写字母。

某些导出量的符号是用希腊字母，另外再来一个表示量纲的符号，未必必要（这种情况很少）。例如，密度 ρ 除以动力粘度 η 之商，其量纲通常采用下述方式

$$\dim (\rho \eta^{-1})$$

而不用 $L^{-3}M/L^{-1}MT^{-1}$ ，更不用 $L^{-2}T$ 。但给予 SI 单位时，则采用最简单的形式。

量纲的概念与单位的概念常常相互混淆，或甚至彼此等同，特别是在一贯性的单位制之中。在 GB3101—82 中，对 SI 导出单位的构成原则，就强调了它们之间形式的一致性。但必须着重指出：

单位用于说明定量关系；

量纲只用于说明定性关系。

很明显，我们常常利用所谓量纲检查来复核一些计算关系式是否正确，特别在过去多种单位制并存，多种量制同时使用的情况下。现在，用单一的 SI 利用 SI 单位进行这种计算式的检查，往往更为方便与直接。今后我们不一定要利用量纲来检查。

过去，曾有一种流行很广泛的习惯，就是在物理量的符号上加一个方括号，用以表示该量的量纲。这是一种错误的写法。在 GB3101 中无此规定，这种写法在 GB3101 中反而给予了另外的含义，即表示该物理量的单位。

例如：

[v]表示速度单位（未定某特定单位）；

[v]_s表示速度的 SI 单位

不同类的量，往往具有相同的量纲。相同量纲的量不一定是同一类量。这个问题是必须注意的。

同一类的量是指那些从物理意义上说可以相加或相减的量。这里，“物理意义”又是一个含义不确切的词。

一个扇形的弧长及其半径之和，很明显是有意义的，特别是要得到扇形的周长时。这时，弧长与半径就是同类量，都是长度一类。

三、物 理 量

在 ISO31/0的第一版中说：“物理量是用于定性和定量地描述物理现象的概念。”第二版中改成：“物理量是用于定量地描述物理现象的概念。”

这两种说法也都没有给物理量制定一个严格的定义，而只是指出它用于什么地方，可以起到怎样的作用。

GB3101也未予以定义，按 ISO 31/0 第二版作了叙述。

物理量在不致引起混淆的情况下，往往简称为量。量可以是标量、矢量或张量。对物理量的定量表达，既可以使用符号（物理量符号），也可以使用数值与单位之积。在经典物理学领域中，用符号所表示的量在特定情况下总是可测的。因此，可以是数值与单位之积。但是在另外的领域中，也可能存在一些特殊情况。但是，当我们用

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

来表示一个量时，不象用符号给出的那样，常是失去了矢量的标记。因为单位[Q]都只是标量。

例如：1.5 m可用于表示长度 $\vec{l}$ 的某一特定值。1.5 m 是

一个量， $\vec{l}$ 也是一个量，但用 1.5 m 表示时不再能有 $\vec{l}$ 的方向特性。

由于对于物理量的表达不存在什么问题，什么是物理量就往往不去追究它。至今也还没有一个完整的令人满意的定义。我们可以举几个例子说明也就行了。作为物理量来说，一般应该是符合于一定计算规则的那些特性。因此，我们也可以说，凡是表明某种特性并遵循一定计算规则的量，就是物理量。其中暗含着一定要有单位。也就是说，可以建立起单位，而且是可测的，不是计数的。

可以建立单位而不受单位的影响，这是物理量的不变性，也就是 GB3101 中所说的“量值与单位的选择无关”。

$$\begin{aligned}\text{因为} \quad Q &= \{Q\}_a \cdot [Q]_a \\ &= \{Q\}_b \cdot [Q]_b\end{aligned}$$

当已知 $[Q]_a$ 与 $[Q]_b$ 的关系

$$[Q]_b = K [Q]_a$$

之后 (K 为一实数，所谓单位换算系数)，从而可得

$$\{Q\}_b = (1/K) \{Q\}_a$$

这就是量值的单位换算基础。

例如：钠的某一条谱线波长为

$$\lambda = 5.896 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = \{\lambda\} \cdot [\lambda]_{\text{SI}}$$

但如果用 $[\lambda]_{\text{nm}}$ 作为单位

$$[\lambda]_{\text{nm}} = 10^{-9} [\lambda]_{\text{SI}}$$

那么， λ 用 nm 作为单位时的数值 $\{\lambda\}_{\text{nm}}$ 为

$$\begin{aligned}\{\lambda\}_{\text{nm}} &= \frac{1}{10^{-9}} [\lambda]_{\text{SI}} \\ &= 10^9 \times 5.896 \times 10^{-7}\end{aligned}$$

$$= 589.6$$

这就是说，将某一量值用另外的单位表示时，如果这个单位等于原来单位的 K^{-1} 倍，则新的数值等于原来数值的 K 倍。

关于物理量符号，在 GB3101 中有专门的规定。不同物理量所规定的符号，在 GB3102 的一套标准中也分别给出了。这些符号的规定，考虑了我国的现行情况，因而有少数与 ISO 31 的规定稍有不同。

物理量符号通常都是拉丁字母或希腊字母，有时还带有下角标或其它的标记以示区别。所有物理量的符号，无论何种情况下，都以斜体印刷。当它作为下角标时，也不例外。

例如：用 l 表示长， d 表示厚， h 表示高， s 表示路程， r 表示半径等。

符号尽管来源于文字，但它不是文字的缩写。因此，符号后永远不得附加圆点。一般量的符号只由一个字母构成，但也有由几个字母构成的符号。

例如：雷诺数 Re

马赫数 Ma

对于这种符号，为避免误解为两个以上的量相乘，当其出现在公式中时，相乘的两个量之间应有圆点。

由于差不多每一个作为量符号使用的字母都用于表示很多种的量，为尽可能减少重叠交错以及发生误解，在 GB3102 的各个标准中都标准化了，但也只包括那些最常用的量。在其它的 GB 中，也经常给出其它专门领域所常用的量符号，这些符号也都是应该照用的。

国际上确定某些量符号时，常是来自于不太通用的语言中的量的名称。

例如：速度的符号 v 来源于拉丁文 *velocitas*。

还必须说明，表示量的符号并不暗含某一特定单位。

在表示量值时，数值与单位符号之间不应有相乘的符号（乘点或是 $\times$ ），单位符号与数值或表示数值的符号之间应有一个半字空的间隙。在有关印刷排版的专门 GB 中，应有相应的规定。

例如：1.5 m 不能印为 1.5m 或 $1.5 \times m$

有时，我们也需要对由数值与单位构成的量值表达为一种任意量值（当单位还不具体化而且数值也随之不能具体化的情况下）的符号，这就要用到 GB3101 所规定的花括号和方括号的形式。

例如：

长度的任意量值写为

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

要注意，这里的居中乘点不得省略。

为了对量符号加以某些附加的内容上的限制，可以使用附加符号，例如星号（*），撇（'）以及下角标（利用数字或字母构成）。这些标记往往用来表示某些特定状态、位置、条件或测量方法。GB3101 中列举了用正体字母和斜体字母作下角标的情况。原则是当下角标的符号本身为物理量符号时，仍为斜体，其它下角标为正体；下角标的数字应为正体而表示数的字母为斜体。

关于下标，在 GB3101 未给出多的规定，在 GB3102 中有一些规定。IEC 作了比较全面的标准化规定。这一部分资料见本书的附录，读者可以参照使用。IEC 在作这些标准化的规定时所依据的原则是：

- (1) 尽可能地单一含义。
- (2) 尽可能系统化而且易于记忆。
- (3) 尽可能少用字母。

其它国家的标准中，对下角标也有标准。但ISO 尚没有制定。

在书写角标中应注意的一般原则是：

(4) 角标应直接在量符号的右下角（极少情况在左上角）。

(5) 角标的字体比量符号小一号。

(6) 一般角标是正体，量符号作角标用时仍为斜体。

(7) 在不致引起误解的情况下，由多字母构成的角标可以减缩为起始字母（这种减缩在附录所给出的 IEC 资料中都已给出）。

(8) 在GB或ISO，IEC 中已作了规定的角标，不应再使用汉字或汉字拼音字母作为角标。

(9) 当出现使用两个以上的角标时，应选择另外的方式，即把这些附加的角标符号用圆括号括起来，并列置于量符号之后，而不放在角标位置。例如， $l(p_0, T_0, \min, Al)$ 。

(10) 应避免在上角使用数字作角标，以免误为幂。可代之以“exp”作为符号的写法。

例如：不应为 e^{p_1/p_2}

而代之以 $\exp(p_1/p_2)$ ， p_1/p_2 的指数函数（以 e 为底）

(11) 力求只对那些相同量纲的物理量才采用角标加以区分。

习惯上在某些领域中，量的商也用角标表示。这样，其量纲已发生了变化。但是，其含义必须是单一的。

例如：

体积的符号为 V

摩尔体积的符号为 V_m

四、单 位

在各种单位制中,对每一基本量都安排了一个基本单位。所谓基本单位,就是这个单位制所采用的量制中选定的基本量里,为每一种基本量所认定的一个参考量,它的量值予以固定,拿它来作为与同类其它量比较,用以表达其它同类量的大小。在选择基本单位时,不考虑它的矢量特性、张量特性及其正负号或方向性。单位永远只是标量。

单位是定量地给出一个物理量的前提。被测量的量表示为单位的多少分之一或是多少倍。两个同类量之间定量的比较就是测量的根本目的。

单位制中的基本单位并不一定是无条件地彼此充分独立的,这与量制中的基本量无条件彼此独立不同。例如在 SI 中,电流单位安培与米、千克、秒都有关系,坎德拉的大小也因与功率单位瓦特有关从而与米、千克、秒也都有关等。也就是说,如果改变一个单位的大小,另一个单位也将因此而相应地改变。

基本单位构成单位制的基础。按导出量纲所构成的一贯性导出单位,就是通过以基本单位代替导出量纲中的基本量纲成分所构成的。

即是说,用	m	代替	L	量纲
	kg	代替	M	量纲
	s	代替	T	量纲
	A	代替	I	量纲
	K	代替	Θ	量纲
	mol	代替	N	量纲
	cd	代替	J	量纲