

GB(参)
191
Z:1

《量和单位》

国家标准正确使用

余梦生 编著

Hz N Pa C Wb W
 α ρ τ π ψ δ

机械工业出版社

《量和单位》国家标准 的正确使用

余梦生 编著

机械工业出版社

为了推动和配合《量和单位》新国家标准的宣传贯彻,帮助读者解决日常工作、学习、生活中经常遇到的量和单位使用中的问题,作者在本书中对该标准的正确使用作了系统的讲解。除了在讲解中引用了各种实例外,还列举了115个使用中常出现的错误例子及其正确答案。这些实例多具有共性,可举一反三。

本书适用于新闻、出版、计量工作者,科技人员,大中学教师、技术监督、电视广播人员,医务及商业人员。

图书在版编目(CIP)数据

《量和单位》国家标准正确使用/余梦生编著. -北京:机械工业出版社,1998.6
ISBN 7-111-06381-3

I. 量… II. 余… III. 计量单位-国家标准-中国-学习参考资料 IV. TB91-65

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第12261号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:刘小慧 版式设计:霍永明 责任校对:魏俊云

封面设计:姚学峰 责任印制:王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年7月第1版第1次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·4.625印张·115千字

0 001—5 000册

定价:8.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

1974年,我发现某些国外期刊开始介绍国际单位制,我认为它在我国最终必将推行,因此就写了一本介绍国际单位制的小册子,由旅大科技情报所印行了几千册。1977年,国家计量总局委托李慎安同志负责主持制订有关我国法定计量单位的标准,他就找到刘天和、袁楠和我等一些过去对国际单位制有兴趣的同志,一起参加起草工作。1978年国务院批准成立了国际单位制推行委员会。1981年,国务院批准了《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》。1984年,国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》。鉴于国际标准化组织(ISO)的第12技术委员会(ISO/TC12)已经以ISO31的形式公布了《量和单位》国际标准,1981年,又以参加起草“方案”的人员为基础,成立全国量和单位标准化技术委员会,着手《量和单位》国家标准的起草工作,并于1982年正式通过,于1983年开始实行。1986年和1993年又分别对《量和单位》国家标准进行了修订。

20年来,我始终都参加这些标准的起草和宣贯工作,深深感到这些标准在人民生活、国际贸易与科学技术中的重要性。近三年来,我在国家技术监督局和中国计量协会等单位举办的《量和单位》国家标准培训班上对这些标准的使用作了介绍,引起许多听众的兴趣,要求我将讲稿写成文章,于是,我将我的讲稿的一部分在1997年的《中国计量》杂志上连载。后来,有些读者又希望我将内容再扩充一下,写得更详细一些,机械工业出版社的编辑刘小慧同志还希望我多举些使用上的正误对比的例子,因此,我又将讲稿写成现在这个样,即除去前面约 $\frac{3}{4}$ 的使用说明外,后面又加了100多个问答式的例子。

《量和单位》国家标准的文字比较简洁,在具体执行中,常常会

遇到一些标准中未曾涉及的问题,对标准中某些词句有时也会有不同的理解,这就需要在具体实践中不断深入,互相沟通,最后取得共识。标准中也可能有某些不尽人意的地方,也可能有某些需要在以后修订标准中予以补充、完善的地方,这只能留待以后解决。本书中也可能有本人对标准理解得不够透彻甚至不正确的地方,这就需要读者指出,共同讨论,以便本人对标准进一步加深理解。

本书在写作过程中得到刘小慧同志的帮助,并由周剑冬、余晓冬协助整理稿子,特此致谢。

作者

1998年2月20日

本手册中引用的标准、规范仅作“参考资料”使用，如需采用，必须以现行有效版本的标准、规范为准。

院总工程师办公室 1997.10

目 录

前言

1. 《量和单位》国家标准的组成	1
2. 量和测量、量和单位之间的关系	2
2.1 量	2
2.2 量和测量	3
2.3 量和单位之间的关系	4
2.4 单位之间的换算因数	5
3. 量和方程	6
3.1 量的数学运算	6
3.2 量方程式和数值方程式	8
3.2.1 量方程式	8
3.2.2 数值方程式	9
3.2.3 数值方程式中的系数换算	10
4. SI 基本单位与 SI 导出单位	11
4.1 SI 基本单位	11
4.2 SI 导出单位	12
5. SI 的倍数单位	15
6. 可以与 SI 单位并用的我国法定计量单位的说明	16
7. 单位使用中应注意的问题	19
7.1 单位名称	19
7.2 单位符号	21
7.3 词头符号及 SI 倍数单位	24
7.4 单位相乘在次序上的习惯	26
8. 关于符号和数字印刷方面的规定	27
8.1 量的符号	27
8.2 量的下标	28

8.3	量的符号组合,量的基本运算	31
8.4	数	31
8.5	量的表示法	32
9.	物理量名称中所用术语的规则	33
9.1	系数(coefficients)、因数或因子(factors)	33
9.2	“…比[率](ratios)”	34
9.3	“比…(specific)”或“质量[的]…(massic)”	34
9.4	“体积[的]…(volumic)”或“…密度(density)”	35
9.5	“面积…(aeric)”或“…面密度(surface…density)”	35
9.6	“线…(lineic)”或“…线密度(linear…density)”	36
9.7	“摩尔[的]…(molar)”	36
9.8	“…浓度(concentration)”	36
9.9	“…常量”或“…常数(constants)”	37
9.10	“…级(levels)”	37
9.11	“…数(numbers)”	37
9.12	“…参数”或“…参量”(parameters)	38
10.	GB3102.1《空间和时间的量和单位》中有关问题的说明	38
10.1	长度单位米与时间单位秒的定义	39
10.2	角度的单位	39
10.3	体积的单位	41
10.4	面积的单位	41
10.5	日期和时间的表示方法	42
10.5.1	日期的表示	42
10.5.2	一日中的时间的表示	43
10.5.3	同时表示日期与一日中的时间	44
10.5.4	以开始到结束的时间间隔表示	44
10.6	本标准在使用中应当注意的一些问题	44
11.	GB3102.2《周期及其有关现象的量和单位》中有关问题的说明	46
12.	GB3102.3《力学的量和单位》中有关问题的说明	48
13.	GB3102.4《热学的量和单位》中有关问题的说明	60

14. GB3102. 5《电学和磁学的量和单位》中有	
有关问题的说明	65
15. GB3102. 6《光及有关电磁辐射的量和单位》	
中有关问题的说明	70
16. GB3102. 7《声学的量和单位》中有关问题的说明	79
17. GB3102. 8《物理化学和分子物理学的量和单位》	
中有关问题的说明	85
18. GB3102. 9《原子物理学和核物理学的量和单位》	
中有关问题的说明	96
19. GB3102. 10《核反应和电离辐射的量和单位》	
中有关问题的说明	98
20. GB3102. 11《物理科学和技术中使用的数学符号》	
中有关问题的说明	99
20.1 数学符号的字体	100
20.2 表达式的书写	101
20.3 几何符号	102
20.4 杂类符号	103
20.5 指数函数和对数函数的符号	104
20.6 三角函数和双曲函数符号	104
20.7 矢量	105
21. GB3102. 12《特征数》中有关问题的说明	105
22. GB3102. 13《固体物理学的量和单位》中有关	
问题的说明	106
23. 使用中的常见正误问答 115 题	107
参考文献	137

1. 《量和单位》国家标准的组成

《量和单位》国家标准一共由 15 个国家标准组成。虽然它们都是强制性国家标准,但是它们的适用范围并不完全相同。

GB3100—93《国际单位制及其应用》列出了国际单位制(SI)的构成体系,规定了可以与国际单位制并用的单位以及计量单位的使用规则。而国际单位制又是我国法定计量单位的基础,一切属于国际单位制的单位都是我国的法定计量单位。因此这个标准是 15 个标准中最基础的也是最重要的标准,它适用于国民经济、科学技术、文化教育等一切领域中使用计量单位的场合。也就是说,不管是什么部门,什么地方,只要使用计量单位,就必须遵守这个标准中的所有规定。此外,这个标准也是 GB3102.1~GB3102.10 和 GB3102.12、GB3102.13 等 12 个标准的制订基础,只有掌握了这个标准,才能准确地理解另外 12 个标准,才能正确制定并执行所有其他国家标准、部级标准和企业标准。因此,本书将以这个标准为重点。

GB3101—93《有关量、单位和符号的一般原则》规定了各科学技术领域使用的量、单位和符号的一般原则。其中包括物理量、方程式、量和单位、一贯单位制,特别是国际单位制的原则说明。由于它对国际单位制作了原则说明,因此可以说是对 GB3100 的一个补充,是它的理论基础。只有对这个标准有了很好的了解,才能真正理解 GB3100。此外,又由于它对各科学技术领域使用的量包括物理量及其单位和符号的原则作了规定,还牵涉到物理量方程式的原则说明,因此它对理解《量和单位》国家标准中除去 GB3100、GB3102.11 以外的 12 个国标中的量和单位的名称与符号有很大的作用,对于正确制定并执行其他科学技术领域中的标准也有重大的意义。它是适合于各科学技术领域的基础标准。

GB3102.11《物理科学和技术中使用的数学符号》规定了物理

科学、工程技术和有关教学中一般常用的而不是全部的数学符号,规定了它们的含义、读法和应用。这个标准未列入中小学教材中和教学中常用的某些数学符号,这是因为,这些符号的含意和用法目前尚未统一,国际标准也未收入。这个标准也是很重要的一个基础标准,对于所有科学技术领域中的物理量的正确表达和运算有重大作用。

GB3102.1~GB3102.10 和 GB3102.13 分别规定了空间和时
间、周期及其有关现象、力学、热学、电学和磁学、光及电磁辐射、声
学、物理化学和分子物理学、原子物理学和核物理学、核反应和电
离辐射、固体物理学等领域的量和单位的名称与符号。在当前,它
们已基本包括所有科学技术领域的基本范围,因此它们适用于所
有科学技术领域。但就其牵涉到的范围的广度来说,则是
GB3102.1 最广,影响面最大。

GB3102.12《特征数》规定了各科学技术领域中用来描述传递
现象的一些常用特征数的名称与符号。这个标准有其特殊性,而且
标准中所有的量均为量纲一的量,因此一般在使用中不易出现问
题。

2. 量和测量、量和单位之间的关系

2.1 量

量(quantity)或物理量(physical quantity)在国际上至今没有
严格的定义,韦氏大字典、牛津字典、辞海等工具书给出的定义都
不一样。辞海中的定义为:“量度物质的属性和描述其运动状态时
所用的各种量值。…各种物理量都有它们的量度单位。”GB3101
中说明:“在 GB3101 和 GB3102.1~3102.13 中只处理用于定量
地描述物理现象的物理量”。

国际计量局(BIPM)、国际电工委员会(IEC)、国际标准化组

织(ISO)和国际法制计量组织(OIML)联合制订的《国际通用计量学基本名词》中未提到物理量,而只说“可测量的可以称为量”。在BIPM出版的《国际单位制(SI)》一书的第4、第5版英译本中,译者指出,“‘量’是用于现象或物体的可测量属性的技术用语”。ISO31—0第1版说:“物理量是用于定性和定量地描述物理现象的概念”。第2版和第2版则改为:“物理量是用于定量地描述物理现象的概念”。GB3101的定义就是以此为根据的。

《新编常用计量单位辞典》认为量是“可测量和物理量的简称”。“它们的共同特点为:a. 属于物理现象、过程或属性;b. 必须能定量地表达;c. 能与其他量建立起数学关系,或者说,量必定处于某一量制之中;d. 独立于单位;e. 独立于操作。”因此,“量必然是:a. 不是计数或可数的单位;b. 必定可以建立单位,通过与单位的比较定量地给出;c. 不存在独立的量。”因此,可以将现象或物体的可以定性区别并能定量测量的属性称为量。

因此,不能建立单位的某些物理性能如表面硬度、糖的甜度、纺织品的柔软度、感光器材的感光度等以及某些计数的量如绕组匝数、个数、转数等都不是物理量。

2.2 量和测量

为了定量地描述物理量,就需要进行测量。但由于物理量可以分为很多类,因此我们首先把属性相同、可以相互比较的同一类量如长度、直径、距离、高度、波长等归成一类,然后从其中选取一个特定的量作为基准量或参考量,并称之为单位(unit),则这一类量中的所有其他量都可以用这个单位与一个数的乘积来表示,而这个数就称为该量的数值。

例如,钠的一条谱线的波长为

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

式中的 λ 就是物理量波长的符号,m就是所选长度的单位米的符号, 5.896×10^{-7} 就是用米作单位时,这一波长的数值。

如果将上一例子用量和单位的普遍关系式表达,则可写成:

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

式中的 A 为某一物理量的符号, $[A]$ 为某一单位的符号, $\{A\}$ 是用 $[A]$ 为单位时, 这一物理量的数值。要注意, 式中的居中圆点不可省去。

由于量可以是标量, 也可以是矢量或张量, 因此, 上面的表达方式也适用于矢量和张量, 但对于矢量, 则失去矢量的标记, 因为单位 $[A]$ 只是标量。

因此, 物理量一定要有单位, 而且是可测量的。此外, 物理量一定要有不变性, 这就是 GB3101 中所说的, “作为数值和单位的乘积的物理量, 与单位的选择无关”。也就是说, 不管选用什么单位, 量都不会变, 也即,

$$A = \{A\}_a \cdot [A]_a = \{A\}_b \cdot [A]_b$$

式中, $[A]_a$ 和 $[A]_b$ 分别为所选的两个大小不同的单位; $\{A\}_a$ 是选用 $[A]_a$ 作单位时, 量 A 的数值; $\{A\}_b$ 是选用 $[A]_b$ 作单位时, 量 A 的数值。

也就是说, 对一个量 A , 如选用不同的单位, 它就有不同的数值。

例如, 对于前面的钠的一条谱线的波长, 如果用 nm 作单位, 则由于 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, 故式子成为

$$\lambda = 589.6 \text{ nm}$$

2.3 量和单位之间的关系

由此可见, 量的数值与所选的单位有很大关系。当我们用符号 (量的符号) 定量地表示量时, 不必考虑用什么单位, 也不管其数值如何。但是, 如果用数值和单位之积表示时, 情况就不一样。因此, 必须把量本身和对量用一个特定单位表示的数值予以区别。

例如前面的例子, $\lambda = 589.6 \text{ nm} = 5.896 \times 10^{-7} \text{ m}$ 可以写成: $\lambda/\text{nm} = 589.6$, 或 $\lambda/\text{m} = 5.896 \times 10^{-7}$ 。也就是说, 在图和表格中, 如果表明一个量的数值, 则这个数值必定是用特定的单位表示的量的数值。因此, 决不能把单位省去。正确的写法应当是像 λ/nm

$=589.6$ 或 $\lambda/\text{m}=5.896\times 10^{-7}$ 这样的形式。或是像 $\{\lambda\}_{\text{nm}}=589.6$ 或 $\{\lambda\}_{\text{m}}=5.896\times 10^{-7}$ 这样的形式。以前许多技术书刊的图表中常用像 $\lambda, \text{nm}; \lambda(\text{nm}), \lambda(\text{单位 nm}), \text{波长}, \text{nm}; \text{波长}(\text{nm})$ 这样的形式表示, 这是不正确的。

对于组合单位, 例如用单位 m/s 表示量速度(符号 v)的数值时, 可写为: $v/\text{m/s}$ 或 $\{v\}_{\text{m/s}}$, 但最好写为 $v/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。而不能写为: $v, \text{m/s}; v(\text{m/s}); v(\text{单位 m/s}); \text{速度 m/s}; \text{速度}(\text{m/s})$ 。

对于对数值, 应写成 $\ln(p/\text{MPa})$ 的形式, 其中 p 为物理量压力的符号, MPa 为单位。不能省去 MPa 而写成: $\ln p, \text{MPa}; \ln p(\text{MPa});$ 等等。

由于物理量的符号为斜体, 而单位的符号是正体, 因此不会产生混淆。但是如果一般在打字机上没有斜体字母; 或者不能区别出正斜体的情况下, 就容易产生混淆, 例如将 l/m 或 $\frac{l}{\text{m}}$ 误认为长度与质量之比或是升每米这样的单位。

有时, 对于某些情况, 为了避免打印时的 l 与 1 所造成的混淆, 可在分母之前加一个“1”, 例如 $l/1\text{m}$ 或 $\frac{l}{1\text{m}}$ 。但这尚未标准化。

2.4 单位之间的换算因数

在式子

$$A = \{A\}_a \cdot [A]_a = \{A\}_b \cdot [A]_b$$

中, 如果单位 $[A]_a$ 和 $[A]_b$ 之间的关系为

$$[A]_b = k[A]_a$$

即 $[A]_b$ 为 $[A]_a$ 的 k 倍, 则数值 $\{A\}_b$ 与 $\{A\}_a$ 之间的关系为

$$\{A\}_b = \frac{1}{k} \{A\}_a$$

也即, 将某一量值用另外的单位表示时, 如这个单位为原来的单位的 k 倍, 则新的数值等于原来数值的 $1/k$, 这就是量值单位的换算基础。 k 就是所谓的换算因数, 它应当是实数。

例如,对于上面的钠的一条谱线的波长 λ , $[\lambda]_{\text{nm}} = 10^{-9} [\lambda]_{\text{m}}$, 即 $k = 10^{-9}$, 故

$$\{\lambda\}_{\text{nm}} = \frac{1}{10^{-9}} \{\lambda\}_{\text{m}} = 10^9 \times 5.896 \times 10^{-7} = 589.6$$

标准中在单位这一栏有大量的换算因数,用上述方法即可进行数值换算。例如 $1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$, $1^\circ = 0.0174533 \text{ rad}$, 其中的 25.4、0.0174533 都是换算因数。

3. 量和方程

3.1 量的数学运算

两个或两个以上的物理量,只要它们都属于可以比较的同一类量,就可以相加或相减。此时可写成如下形式:

$$A + B = \{A\} \cdot [A] + \{B\} \cdot [B]$$

式中, A 、 B 为物理量, $\{A\}$ 、 $\{B\}$ 为分别用 $[A]$ 、 $[B]$ 为单位表示的数值。如 $[A] = [B]$, 则

$$A + B = (\{A\} + \{B\}) \cdot [B]$$

例如,长度

$$l = l_1 - l_2 = 12 \text{ m} - 7 \text{ m} = (12 - 7) \text{ m} = 5 \text{ m}$$

显然,在运算过程中,必须将数值连同其单位一起代入,而不能只代数值,最后才在结果的后面给出单位。例如: $l = 12 - 7 = 5 \text{ m}$ 的写法就是错误的。

两个或两个以上的物理量,不管它们是否属于可以互相比量的同一类量,都可以按代数法则彼此相乘或相除。

例如 A 和 B 两个量,它们在相乘时应满足下列关系:

$$AB = \{A\} \cdot [A] \cdot \{B\} \cdot [B] = \{A\}\{B\} \cdot [A][B]$$

它们在相除时应满足下列关系,

$$\frac{A}{B} = \frac{\{A\} \cdot [A]}{\{B\} \cdot [B]} = \frac{\{A\}}{\{B\}} \cdot \frac{[A]}{[B]}$$

因此,乘积 $\{A\}\{B\}$ 和商 $\{A\}/\{B\}$ 分别为量 AB 和量 A/B 的数值,而乘积 $[A][B]$ 和商 $[A]/[B]$ 分别为量 AB 和量 A/B 的单位。

显然,在运算过程中,都必须将量的数值连同其单位一起代入,而不能只先代数值,然后在结果的后面给出单位。

例如,在质点作匀速运动时,其速度 v 为

$$v = \frac{l}{t}$$

式中, l 为质点所经过的距离, t 为所经过的时间间隔。因此,当 $l=6\text{ m}$ 和 $t=2\text{ s}$ 时,则

$$v = \frac{6\text{ m}}{2\text{ s}} = 3\frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{ 或 } v = \frac{6}{2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3\text{ m/s}$$

也即,或是按顺序对每个量都将数值和单位同时代入,一起运算;或是将所有的量的数值按顺序放在一起,后面把所有的量的单位按顺序放在一起,然后分别运算,得出最后的数值和单位。过去不少科技书刊中的 $v = \frac{l}{t} = \frac{6}{2} = 3\text{ m/s}$ 的写法显然是不正确的。

又如,在理想气体定律

$$V_m = RT/p$$

中,如摩尔气体常数 $R=8.314\ 51\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,温度 $T=273.15\text{ K}$,压力 $p=101.325\text{ kPa}$,则摩尔体积 V_m 为

$$V_m = RT/p = (8.314\ 51\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$$

$$(273.15\text{ K})/(101325\text{ Pa}) =$$

$$0.022\ 413\ 8\text{ J} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

由于 $1\text{ J}=1\text{ Pa} \cdot \text{m}^3$,故 $V_m=0.022\ 413\ 8\text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

上式也可写为:

$$V_m = RT/p = \frac{8.314\ 51 \times 273.15}{101\ 325} \cdot \frac{\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{K}}{\text{Pa}} =$$

$$0.022\ 413\ 8\text{ J} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} =$$

$$0.022\ 413\ 8\text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} =$$

$$0.022\ 413\ 8\text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

在同时有许多量相加、相减、相乘和相除的复杂运算中,可照

此办理。这样做,不但概念正确、清楚,而且在运算中不容易在数值或单位上出现错误。

如果在运算中将各个量的单位都用以基本单位表示的导出单位代入,例如上式中以 $T=273.15\text{ K}$ 、 $p=101\,325\text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$ 、 $R=8.314\,51\text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ 代入,则在实际计算中往往更为方便。

3.2 量方程式和数值方程式

在科学技术中所用的物理方程式一般要给出其物理量之间的关系,单位之间的关系和数值之间的关系。原则上可分为单位方程式、量方程式和数值方程式三种。

所谓单位方程式实际上就是表示单位之间的关系,例如:

$$1\text{ n mile}=1\,852\text{ m}$$

$$1\text{ r/min}=\frac{\pi}{30}\text{ rad/s}$$

但这只能算是单位之间的换算因数,不是真正的方程式。因此,GB3100中只列出了量方程式和数值方程式。

3.2.1 量方程式

量方程式只表明各物理量之间的关系,其中每个量值都用物理量的符号代表,与所选用的单位无关,因为量值=数值 $\times$ 单位。例如,前面的质点匀速运动方程式 $v=l/t$; 质量为 m 、速度为 v 的质点的动能 E_K 的方程式 $E_K=\frac{1}{2}mv^2$, 都是量方程式。在物理学中,绝大多数方程式都是量方程式。

在量方程式中,对各个物理量都不必规定一定要用何种单位。同时,由于在量的定义中并不包含或暗含某种特定的单位,因此量方程式也不需要包含或暗含某些特定的单位。这样,就使量方程式在使用上比较方便,而且在形式上也比较简洁明了。它可以采用任何一种一贯单位制,而且只要用该单位制的基本单位或以基本单位表示的导出单位和数值代替各个量,均可得到正确的数值和单