

# 计量单位实用指南

李慎安 李寿星 主编

中国计量出版社

km  
mm  
t Kg  
cm

# 计量单位实用指南

李慎安 李寿星 主编

中国计量出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

计量单位实用指南/李慎安,李寿星主编.-北京:中国计量出版社,1997

ISBN 7-5026-0944-X

I. 计… II. ①李… ②李… III. 计量单位-指南 IV. TB91-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 06825 号

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

\*

850×1168 毫米 32 开本 印张:17.25 字数 455 千字

1997 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 1 次印刷

\*

印数 1—4000 定价:25.00 元

## 出版说明

我国法定计量单位颁布后,我社曾出版了《法定计量单位实用指南》一书,在推动法定计量单位的宣传贯彻和过渡方面起了积极的作用。在此后的几年中,考虑到我国法定计量单位有了新的补充,关于量和单位的国际标准和国家标准的第三版分别于1992年和1993年完成,国际理论物理和应用物理联合会于1987年公布了《物理学中的符号、单位、名词和基本常量》,1988年国际理论化学和应用化学联合会公布了《物理化学中的量、单位和符号》,国际组织于1993年公布了《计量学基本术语》以及一些热心的读者提出的改进意见,我们决定全面补充相关资料,重新编写,并从使用方便考虑,给出了一个符号和外文索引。

参与本书内容研究以及撰写的专家有:陈维新、戴润生、赵燕、汤二枚、鲍大中、郭治、李兴仁、张琢基、何方、尹兰凤、郭继志、胡桂香、任平。

希望广大读者继续对本书提出批评和建议,以使其不断充实、完善。来信请寄本社转交。

中国计量出版社

1997年8月

# 目 录

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 1 有关术语 .....             | (1)  |
| 1.1 量、量制与量纲 .....        | (1)  |
| 1.1.1 可测量,物理量 .....      | (1)  |
| 1.1.2 量制 .....           | (3)  |
| 1.1.3 基本量 .....          | (3)  |
| 1.1.4 导出量 .....          | (5)  |
| 1.1.5 量纲 .....           | (5)  |
| 1.1.6 量纲为1的量 .....       | (7)  |
| 1.1.7 等纲量 .....          | (7)  |
| 1.2 单位、单位制 .....         | (7)  |
| 1.2.1 计量单位;测量单位 .....    | (7)  |
| 1.2.2 单位方程 .....         | (9)  |
| 1.2.3 法定计量单位 .....       | (10) |
| 1.2.4 米制 .....           | (10) |
| 1.2.5 单位制 .....          | (11) |
| 1.2.6 一贯导出计量单位 .....     | (11) |
| 1.2.7 基本单位 .....         | (12) |
| 1.2.8 导出单位 .....         | (13) |
| 1.2.9 制外单位 .....         | (13) |
| 1.2.10 倍数单位 .....        | (14) |
| 1.2.11 分数单位 .....        | (14) |
| 1.2.12 类单位 .....         | (14) |
| 1.2.13 数量单位 .....        | (16) |
| 1.3 量名称、符号、方程 .....      | (16) |
| 1.3.1 物理常量、物理常数 .....    | (16) |
| 1.3.2 系数、因数 .....        | (17) |
| 1.3.3 参量,参数,数,比率,级 ..... | (17) |

|          |                              |              |
|----------|------------------------------|--------------|
| 1.3.4    | 量名称中的某些形容词 .....             | (18)         |
| 1.3.5    | 量符号 .....                    | (21)         |
| 1.3.6    | 量值 .....                     | (30)         |
| 1.3.7    | 量方程与量的运算 .....               | (31)         |
| 1.4      | 数值、数值方程 .....                | (34)         |
| 1.4.1    | 数值 .....                     | (34)         |
| 1.4.2    | 数值方程 .....                   | (36)         |
| 1.4.3    | 数字 .....                     | (41)         |
| <b>2</b> | <b>国际单位制与其它单位制 .....</b>     | <b>(43)</b>  |
| 2.1      | 国际单位制的形成过程 .....             | (43)         |
| 2.1.1    | 单位制的概念 .....                 | (43)         |
| 2.1.2    | 厘米克秒制 .....                  | (44)         |
| 2.1.3    | 实用电学单位 .....                 | (46)         |
| 2.1.4    | 乔吉建议 .....                   | (47)         |
| 2.1.5    | 国际单位制的形成 .....               | (50)         |
| 2.2      | 国际单位制 .....                  | (52)         |
| 2.2.1    | 国际单位制的构成原则 .....             | (52)         |
| 2.2.2    | 国际单位制的内容 .....               | (57)         |
| 2.2.3    | SI 词头与倍数单位 .....             | (62)         |
| 2.2.4    | SI 的制外单位 .....               | (65)         |
| 2.2.5    | 汉、法、英、德、日词汇对照 .....          | (70)         |
| 2.3      | 电学和磁学的量制及单位制 .....           | (86)         |
| 2.3.1    | 概述 .....                     | (86)         |
| 2.3.2    | 电、磁学公式的合理化 .....             | (92)         |
| 2.3.3    | 建立电磁单位制的基本公式 .....           | (98)         |
| 2.3.4    | CGSe 制 .....                 | (100)        |
| 2.3.5    | CGSm 制 .....                 | (102)        |
| 2.3.6    | 高斯制 .....                    | (105)        |
| 2.3.7    | 乔吉制、MKSA 制和 SI .....         | (111)        |
| 2.3.8    | 单位变化与方程式的转换 .....            | (113)        |
| 2.4      | 原子单位制 .....                  | (123)        |
| <b>3</b> | <b>我国法定计量单位与单位使用规则 .....</b> | <b>(126)</b> |

|       |                   |       |
|-------|-------------------|-------|
| 3.1   | 法定计量单位            | (126) |
| 3.1.1 | 我国历代的度量衡单位        | (126) |
| 3.1.2 | 1959年统一计量制度的命令    | (131) |
| 3.1.3 | 我国现行法定计量单位        | (141) |
| 3.1.4 | 有关计量单位的国际决议       | (152) |
| 3.2   | 计量单位的使用规则         | (167) |
| 3.2.1 | 总则                | (167) |
| 3.2.2 | 单位的名称             | (169) |
| 3.2.3 | 单位和词头的符号          | (173) |
| 3.2.4 | 单位和词头的使用          | (179) |
| 3.3   | 外语中的组合形式单位名称与使用   | (183) |
| 3.3.1 | 单位的多次幂            | (183) |
| 3.3.2 | 倒数形式的单位名称         | (184) |
| 3.3.3 | 分母的名称             | (184) |
| 3.3.4 | 单位积               | (185) |
| 3.3.5 | 英语中的使用规则          | (185) |
| 3.4   | 有限字体情况下的单位符号与数字代码 | (187) |
| 3.4.1 | 有限字体的单位符号         | (187) |
| 3.4.2 | 单位的数字代码           | (190) |
| 4     | 有效位、数值修约与单位换算     | (193) |
| 4.1   | 有效位               | (193) |
| 4.2   | 数值修约              | (194) |
| 4.3   | 量值的单位换算           | (196) |
| 4.3.1 | 数值与单位的关系          | (196) |
| 4.3.2 | 准确值的单位变化          | (198) |
| 4.3.3 | 极限值的单位变化          | (198) |
| 4.3.4 | 明确不确定度的近似值        | (199) |
| 4.3.5 | 不明确不确定度的近似值       | (200) |
| 4.3.6 | 英制尺寸公差            | (202) |
| 4.3.7 | 实验条件              | (203) |
| 4.4   | SI单位间的等效形式        | (204) |
| 5     | 非法定计量单位的换算表       | (208) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| <b>6 基本物理常量</b>    | (230) |
| 6.1 一般常量、普适常量      | (230) |
| 6.2 电磁常量           | (231) |
| 6.3 原子常量           | (232) |
| 6.4 电子             | (232) |
| 6.5 $\mu$ 子        | (233) |
| 6.6 质子             | (233) |
| 6.7 中子             | (234) |
| 6.8 氘核             | (235) |
| 6.9 物理化学常量         | (235) |
| 6.10 辐射常量          | (236) |
| 6.11 保留单位和标准值      | (237) |
| <b>7 工程单位制与 SI</b> | (238) |
| 7.1 工程单位制的构成       | (238) |
| 7.2 质量的单位与计算       | (239) |
| 7.3 密度和质量体积        | (245) |
| 7.4 压强与应力          | (248) |
| 7.5 粘度单位           | (250) |
| 7.6 能的单位           | (254) |
| 7.7 流体力学和热力学中的应用   | (259) |
| 7.8 角度单位           | (261) |
| <b>8 化学计算与单位</b>   | (266) |
| 8.1 有关化学量的计算       | (267) |
| 8.2 气体计算           | (272) |
| 8.3 热化学计算          | (274) |
| 8.4 溶液性质计算         | (277) |
| 8.5 电解质导电计算        | (278) |
| 8.6 滴定计算           | (280) |
| 8.7 中和滴定计算质量分数的量方程 | (286) |
| 8.8 离子交换中的量与单位     | (288) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| <b>9 农业和生物学中的量和单位</b>     | (293) |
| 9.1 常用量及其单位               | (293) |
| 9.2 尚未标准化的量及其单位           | (303) |
| 9.3 含量、浓度和%               | (308) |
| 9.4 类量和类单位                | (314) |
| 9.5 量定义常见错误表达             | (317) |
| <b>10 物理量、SI 单位和符号简表</b>  | (319) |
| 10.1 空间和时间                | (320) |
| 10.2 周期和有关现象              | (322) |
| 10.3 经典力学                 | (324) |
| 10.4 量子力学                 | (329) |
| 10.5 电学和磁学                | (331) |
| 10.6 热学和统计热力学             | (337) |
| 10.7 普通化学                 | (343) |
| 10.8 化学热力学                | (349) |
| 10.9 化学动力学                | (358) |
| 10.10 电化学                 | (362) |
| 10.11 分子光谱学               | (368) |
| 10.12 胶体和表面比化学            | (374) |
| 10.13 光及有关电磁辐射            | (376) |
| 10.14 声学                  | (386) |
| 10.15 原子、分子和核物理           | (394) |
| 10.16 核反应和电离辐射            | (403) |
| 10.17 固体物理学               | (412) |
| 10.18 传递性质与特征数            | (419) |
| <b>11 物理科学和技术中使用的数学符号</b> | (423) |
| 11.1 数和数学符号的印刷字体          | (423) |
| 11.2 一般符号                 | (424) |
| 11.3 字母符号                 | (425) |
| 11.4 复量                   | (427) |

|                                  |                              |              |
|----------------------------------|------------------------------|--------------|
| 11.5                             | 矢量 .....                     | (427)        |
| 11.6                             | 矩阵 .....                     | (428)        |
| 11.7                             | 逻辑 .....                     | (428)        |
| 11.8                             | 集合论 .....                    | (428)        |
| 11.9                             | 周期量特殊值的符号 .....              | (429)        |
| <b>12</b>                        | <b>其它某些专门领域的量和单位问题 .....</b> | <b>(430)</b> |
| 12.1                             | 气体物理学中的量和单位 .....            | (430)        |
| 12.2                             | 纺织业中的量和单位 .....              | (433)        |
| 12.3                             | 医学中的量和单位 .....               | (437)        |
| 12.4                             | 国民经济统计中的量和单位 .....           | (458)        |
| <b>附录 量和单位以及名词的符号、外文索引 .....</b> |                              | <b>(463)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                |                              | <b>(541)</b> |

## 1.1 量、量制与量纲

### 1.1.1 可测量(measurable quantity), 物理量(physical quantity)

它们是同一概念的不同领域所使用的名称。在不致混淆的情况下, 均可简称为量。

定义: 现象、物体或物质的可以定性区别并定量给出的属性。

量可以指广义量(quantity in a general sense), 例如: 热力学温度  $T$ , 物质的量浓度  $c$ , 重力  $G$ ; 量也可以指特定量(particular quantity), 例如: 水三相点的热力学温度  $T_{\text{tr}}$ , 某给定溶液中 HCl 的浓度  $c(\text{HCl})$ 。

同种量(quantities of the same kind)指: 彼此相关并大小可有序排列的量, 例如: 某人不同时间的血压  $p$ , 某厂生产的某种酒的不同批的密度  $\rho$ 。

同类量(categories of quantities)指可以相互比较、量纲相同的那些量, 例如: 位能、机械能、电能、热能; 长、宽、高、波长、半径。

按量的定义, 其特点有:

#### a. 存在于某给定量制

一切量都是以某种数学关系彼此相联系的。在任何量制中, 导出量均导自其基本量。基本量之间, 亦通过导出量而有某种数学联系(这并不妨碍基本量之间的彼此独立的特点)。

#### b. 量都是可测的, 并可用单位定量地表达为量值。

定义中的“定量”, 指可给出量值, 尽管任何通过测量得出的量值都只是一个近似值, 但这个近似值是一个定量表达。

对于那些不能由一个数乘以计量单位表示的某些物理属性, 现在往往是参照约定的参考标尺(reference scale)或参照测量程

序(measurement procedure)表示,这种表示形式也被理解为一种量值,例如:固体表面硬度;溶液的pH值。但它们仍不能被作为量来对待。

符合某个级别以及按某种技术规范是否合格,都只是定性的概念而非定量。

### c. 量所表达的为物理属性

物理量与计数量、对数量有原则性的区别。书的页数、人口、台、件等都属于计数的量。有些计数的现象如果是通过物理测量的量值给出时,它们也属于物理量。例如:旋转运动的周数,由于一周可以按  $2\pi$  rad 来测量或表达,也是物理量。

有一些计数量也进入到量方程,导致它们也存在物理量的性质。例如:分子数  $N$ ; 原子序数  $Z$ ; 绕组的匝数  $N$ ; 相数  $m$ ; 极对数  $p$  等。它们也作为物理量列入了国际标准 ISO 31《量和单位》以及 GB 3102《量和单位》之中,并给出了它们的量符号。

### d. 一切量独立于计量单位

量与单位无关。一切特定量的表达,并不限于某种计量单位而可以有不同的单位。任一特定量  $Q$ , 表达为:

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

上式花括号表示数值,方括号表示单位。但这里  $[Q]$  并不指某个特定单位。给出  $Q$  表达量时,暗含有单位,但与单位无关。例如:表达体积  $V$  时,既可用  $\text{m}^3$ ,也可用  $\text{L}$ ,  $\text{cm}^3$  等其它一些单位而  $V$  并不变。

在广义量的定义中,也不应有单位的介入。例如:摩尔质量  $M$  的定义,决不能是“1 摩尔物质的质量”而只能是“质量  $m$  除以其物质的量  $n$ ”,即:

$$M(B) = \frac{m}{n(B)}$$

上式中  $B$  指某基本单元。

甚至于在量的定义中使用“每单位”的概念也是不可取的。例如:摩尔质量  $M$  的定义,也不应是“每单位物质的量所具有的质

量”；速度  $v$  的定义，也不应是“单位时间中移动的距离”。从语法规则的规则来看，类似这样的定义是错误的。在 ISO 31 中，对量的类似的定义均不采用这种形式而是用“…除以…”；“…之商”；“…的微分”来给出的。

### 1.1.2 量制(system of quantities)

定义：按一般含义，各个量之间存在确定关系的一组量。

量制是一组量的集合，它们间存在给定的关系。这种关系的核心是基本量，不同的基本量构成了不同的量制。在某些量制中，往往也令某物理量为无纲量的“1”的作法。这种人为的协议，导致基本量可以减少一个，例如：把真空介电常量（真空电容率） $\epsilon_0=1$  或把真空磁导率  $\mu_0=1$ ，导致只用长度、质量和时间三个基本量就导出了电学和磁学的导出量而构成了不同的量制。

量制往往有给定的物理学领域，例如：力学中的量制，电学和磁学中的量制，热学中的量制。

国际单位制(SI)所采用的量制可认为用于物理学的全部领域。

历史上，出现的一些量制都有名称。例如：热工程量制(thermotechnical dimension system)，其基本量为：长度、时间、力和热力学温度；热物理量制(thermophysical dimension system)，其基本量为：长度、时间、质量和热力学温度。

国际单位制所采用的量制，其基本量为：长度、质量、时间、电流、热力学温度，发光强度和物质的量。国际上对这一量制未予定名。习惯上称为 SI 量制。

### 1.1.3 基本量(base quantity)

定义：在量制中，约定地认为在函数关系上彼此独立的量。

这里所谓“彼此独立”，即不能在这一组基本量之间相互导出，即建立不起函数关系。但如果在基本量之外还有非基本量（即导出量），则在它们中可以建立起关系式。例如：SI 量制中，长度  $l$  与时间  $t$  均为基本量，在  $l$  与  $t$  之间，即令再加上其余的一些基本量，也建立不起关系式，但如果有了速度  $v$  这个导出量，即可以有：

$$l=v \cdot t$$

把  $l$  与  $t$  联系起来。

在质量  $m$  与物质的量  $n$  之间也同样如此,当有了摩尔质量  $M$  后,即出现了:

$$m=M(B) \cdot n(B)$$

上式中  $B$  为给出物质的量以及摩尔质量时所依据的基本单元。

任何量制中的基本量应能无例外地、充分地导出这个量制中的全部导出量,否则其基本量的数目即不够而需增加。在此情况下,采用一个量为“1”的办法,被证明是不恰当的。

基本量的选择往往是根据其所使用的领域是否方便来决定的。例如:工程量制采用长度、力和时间作为基本量,而把质量作为导出量。物理量制则把质量作为基本量,把力作为导出量。

基本量一经确定,量制即可形成。全部导出量均应是直接或间接地导自基本量。所谓间接地导出,指从基本量导出的导出量可再导出其它的导出量。例如:在 SI 量制中,压力  $p$  是由力  $F$  与面积  $A$  导出的:

$$p=\frac{F}{A}$$

而  $F$  导自质量  $m$  与加速度  $a$ ;  $A$  导自长度  $l$ ; 加速度  $a$  又导自长度  $l$  与时间  $t$  这两个基本量。因此,可以认为  $p$  仍是由  $l, m$  和  $t$  这三个基本量导出的,只不过不是直接导出而是间接地导出。

因此,量制中导出量的定义式无例外地来自其基本量。反过来,用导出量来定义基本量,从逻辑来说是不容许的。例如:把基本量电流  $I$  用电荷量  $Q$  与时间  $t$  定义成:

$$I=\frac{Q}{t}$$

是不对的,因为  $Q$  是自  $I$  和  $t$  导出的,  $I$  与  $t$  为基本量。上式的关系是成立的,只是不应作为  $I$  的定义式。

同样,有些著作中把物质的量  $n$  定义为:

$$n(B)=\frac{N}{L}$$

(式中:  $L$  为阿伏加德罗常量;  $N$  为基本单元 B 的粒子数)也是不正确的, 因为  $L$  是个导自  $n$  的导出量。

#### 1.1.4 导出量(derived quantity)

定义: 在量制中, 为该量制基本量的函数所定义的量。

这种函数关系包括倒数关系, 例如: 波数  $\sigma$  与波长  $\lambda$  互为倒数, 而  $\lambda$  为基本量长度  $l$  的同类量, 因而  $\sigma$  导自一个基本量长度。

这种函数关系还包括带有不是 1 的因数的关系。例如: 动能  $E_k$  的定义式为:

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

式中:  $m$  为基本量质量;  $v^2$  为速度的二次方, 它导自基本量长度与时间。这里  $E_k$  与基本量的函数关系中有  $1/2$  这一因数。

这种函数关系还可包括与某一常量之积或和。例如:

a. 自由落体的行径距离  $s$ :

$$s = \frac{1}{2}gt^2$$

式中:  $g$  为常量重力加速度;  $t$  为时间, 是基本量。

b. 摄氏温度  $t$ :

$$\begin{aligned} t &= T - T_0 \\ &= T - 273.15 \text{ K} \end{aligned}$$

式中:  $T$  为热力学温度, 是基本量;  $T_0$  为标准状态下水冰点的热力学温度, 物理常量, 等于  $273.15 \text{ K}$ 。

#### 1.1.5 量纲(dimension of a quantity)

定义: 以量制中基本量的幂的乘积表示该量制中一个量的表达式。

这样的表达式只是定性而非定量的。其因子恒只为“1”。

量  $Q$  的量纲, 用符号  $\dim Q$  表示。例如: 密度  $\rho$  的量纲表示为  $\dim \rho$ 。

基本量的量纲为其本身。而且, 均用相应的正体大写字母表示。例如: SI 量制中的 7 个基本量的量纲分别用字母 L, M, T, I,  $\Theta$ ,

J, N 表示, 而其导出量的量纲, 以这些符号相应的幂之积表示, 如力  $F$  的量纲:

$$\dim F = \text{LMT}^{-2}$$

动能  $E_k$  的量纲:

$$\dim E_k = \text{ML}^2\text{T}^{-2}$$

摩尔熵  $S_m$  的量纲:

$$\dim S_m = \text{L}^2\text{MT}^{-2}\Theta^{-1}\text{N}^{-1}$$

磁通量  $\Phi$  的量纲:

$$\dim \Phi = \text{L}^2\text{MT}^{-2}\text{I}^{-1}$$

SI 中, 量  $Q$  的量纲一般表达式为:

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

上式中的指数  $\alpha, \beta \cdots$  称为量纲指数 (dimensional exponent)。它们可以为正或负数, 是零也可以是分数。

量纲表达式可按代数运算规则进行计算或简化。例如: 相对密度  $d$  的量纲:

$$\begin{aligned} \dim d &= \text{ML}^{-3} / \text{ML}^{-3} \\ &= \text{M}^{1-1} \text{L}^{-3-(-3)} \\ &= \text{M}^0 \text{L}^0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

量纲表达式通过量的定义方程, 以基本量的量纲代替方程中的基本量或导出量, 令因数为 1 得到。遇有相加减情况下的定义方程, 只取其任一项 (相加减的各项, 其量纲必定相同)。

例:

a. 动能  $E_k$  的量纲:

$E_k$  的定义方程:

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} m v^2 \\ \dim E_k &= \dim m \cdot \dim v^2 \\ &= \text{M} \cdot \left( \frac{\dim s}{\dim t} \right)^2 \end{aligned}$$

$$= M \cdot \frac{L^2}{T^2}$$

$$= ML^2T^{-2}$$

b. 势能  $E_p$  的量纲:

$E_p$  的定义方程:

$$E_p = mgh$$

$$\dim E_p = \dim m \cdot \dim g \cdot \dim h$$

$$= M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L$$

$$= ML^2T^{-2}$$

1.1.6 量纲为1的量(quantity of dimension one);无量纲量(dimensionless quantity)

定义:在量纲表达式中,其基本量量纲指数均为零的量。

“量纲为1的量”和“无量纲量”是两个相同概念的术语。过去多用后者,近又提出了前者。在 ISO 31以及 GB 3101与3102中,两者均用,含义等同。

1.1.7 等纲量(equidimensional quantities)

定义:在给定量制中,具有相同量纲的不同量。

例如,在国际单位制所采用的量制中,导出量功  $W$  与力矩  $M$ ,它们间有:

$$\dim W = L^2MT^{-2} = \dim M$$

而是等纲量。

又如,热力学温度  $T$  和温度差  $\Delta T$  以及摄氏温度  $t$  之间,有:

$$\dim T = \Theta = \dim t = \dim \Delta T$$

而是等纲量。

吸收剂量  $D$  和剂量当量  $H$  之间有:

$$\dim D = L^2T^{-2} = \dim H$$

而是等纲量。

## 1.2 单位、单位制

1.2.1 计量单位;测量单位(unit of measurement)