

中华人民共和国法定计量单位 定义解说

杜荷聪 赵 燕 王启尧 编

m

kg

mol

s

A

K

cd

科学技术文献出版社

中 华 人 民 共 和 国
法定计量单位定义解说

杜荷聪 赵 燕 王启尧 编

科学技术文献出版社

1989

内 容 提 要

本书对我国法定计量单位的形成、演变以及单位的复现方法等做了简要介绍,对法定计量单位同其它单位之间的换算关系也做了适当介绍,并给出了一些换算系数。本书可供宣传贯彻和执行我国法定计量单位时参考。

中 华 人 民 共 和 国 法 定 计 量 单 位 定 义 解 说

杜荷聪 赵 燕 王启尧 编

科学技术文献出版社出版

中国科学院印刷厂印刷

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 3.5 字数 75 千字

1989 年 4 月第 1 版 1989 年 4 月第 1 次印刷

标准新书目: 105—003

印数 1—10,000

ISBN 7-5023-0713-3/Z·19

定价: 1.40 元

前 言

1985年2月27日国务院颁布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，命令规定，法定单位的定义、使用方法等，由国家计量局另行规定。国家计量局根据这一规定，组织国内有关专家，通过广泛征求国内各界的意见，以国际计量局及有关国际组织的有关规定为主要参考依据，密切联系我国实际情况，对国务院发布的命令中所列出的我国法定计量单位（表1-4）逐一作出了科学而简明的定义。

这次发布的我国法定计量单位的定义，既具有国际上的通用性，又符合我国科技界、教育界等部门的使用习惯。为了帮助大家更好地掌握和使用这些定义，使我国的计量语言更趋统一，我们编写了这本法定计量单位定义解说，努力从法定计量单位的定义的解释，定义的形成、演变以及复现方法等各方面，做出较简明、系统的叙述，同时对法定单位同其它单位之间的换算也做了简要说明，并给出了一些换算系数表，供使用参考。

编 者

1988年6月

目 录

1. 概述	1
2. 国际单位制的基本单位	6
(1) 米——(6) (2) 千克 ——(17) (3) 秒——(20)	
(4) 安培——(25) (5) 开尔文——(28) (6) 摩尔——	
(32) (7) 坎德拉(36)	
3. 国际单位制的辅助单位	40
(1) 弧度——(40) (2) 球面度——(42)	
4. 国际单位制中具有专门名称的导出单位	44
(1) 赫兹——(44) (2) 牛顿——(46) (3) 帕斯卡——(49)	
(4) 焦耳——(54) (5) 瓦特——(59) (6) 库仑——(60)	
(7) 伏特——(64) (8) 法拉——(66) (9) 欧姆——(67)	
(10) 西门子——(68) (11) 韦伯——(69) (12) 特斯拉——	
(71) (13) 亨利——(73) (14) 摄氏度——(74) (15) 流	
明——(75) (16) 勒克斯——(76) (17) 贝可勒尔——(78)	
(18) 戈瑞——(80) (19) 希沃特——(81)	
5. 国家选定的非国际单位制单位	84
(1) 时间单位——分、小时、日	84
(2) 平面角单位——度、[角]分、[角]秒	86
(3) 质量单位——吨、原子质量单位	87
(4) 体积单位——升	88
(5) 能量单位——电子伏	89
(6) 旋转速度单位——转每分	90
(7) 长度单位——海里	90
(8) 速度单位——节	91
(9) 级差单位——分贝	91
(10) 线密度单位——特克斯	93
附录	96
附录 1 中华人民共和国法定计量单位	96
附录 2 中华人民共和国法定计量单位定义	100

1. 概 述

在计量学领域中,我们常说的量,是指可计量的量,在不致发生混淆的情况下可以简称为量。

那么,究竟什么是(可计量的)量呢?由四个国际权威组织,即国际计量局(BIPM)、国际电工委员会(IEC)、国际标准化组织(ISO)及国际法制计量组织(OIML)联合制定的《国际通用计量学基本名词》一书中,对(可计量的)量给予的定义是:现象、物体或物质的可以定性区别和定量确定的一种属性。由此看出,术语“量”可指广义量如长度、时间、质量、温度、电阻或特定量如某根棒的长度,某根导线的电阻。但它也指可相互比较的量,可以组合在一起的同类量,例如:功、热能;厚度、周长、波长。

(可计量的)量又分为基本量和导出量两大类。基本量是:在量制中,约定地认为是彼此独立的量。每一种单位制都有自己特定的基本量,如国际单位制根据需要选定了7个基本量:长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量、发光强度。在各个不同学科领域中,所用的基本量是不一样的。譬如,在力学领域,基本量是长度、质量、时间;在热学中,除上述3个基本量外,还有热力学温度;在电、磁学中,在长度、质量、时间3个量上加入电流。如此等等。

导出量是:在量制中,为该量制基本量的函数所定义的量,即根据每个量的定义而由基本量导出的那些量。例如,在力学中速度是由物体的位移和所需时间的比来定义的。它是由长度和时间这两个基本量推导引申而得到的,是一个导出

量。

无论是人类的早期活动,还是现代人的生活与工作,几乎无时无刻不同量发生直接或间接的关系。上面所讲到的量,都是可以直接或间接地测量出来的。这就要求在测量或比较时必须同一个标准相联系。这个标准就是我们要说的计量单位。有了这个单位,测量与比较才有可能,并得出正确的结果。

那么,什么是(计量)单位呢?约定采用的特定量,用以定量表示具有相同量纲的量,称为(计量)单位。按理说,一个量的计量单位应该固定,只有这样,才能准确地对未知量进行测定。具体的方法是:将未知量与已知量(即单位)相比较,把计量或比较的结果用数值表示出来。这样,我们就准确地了解了某一个量。

对任何一个量都可随意地选定一个参考量,并将这个参考量的量值予以固定,再与同类量进行比较,即可表达任何一个未知的同类量的大小。因此,单位是定量地给出一个(可计量的)量的前提。

虽然单位可以任意选择,但要考虑到使用上的方便,而且必须符合物理概念,否则;会给计量带来不必要的麻烦。例如:过去使用的长度单位米、英尺等不下 50 多种,换算起来十分不便。

给定量制中基本量的计量单位,称为基本(计量)单位。给定量制中导出量的计量单位,称为导出(计量)单位。为给定量制建立的一组单位,称(计量)单位制。单位制由一组选定的基本单位和由定义方程式和比例因数确定的导出单位组成。

长期以来,使用米制的国家,在表示长度这个量时,所选定的单位是米(或其倍数单位和分数单位),使用英制的国家,长度的基本单位是码。有人把米、码等这一类以原器为基准的单位称为任意单位。同样,在表达长度这个量时,也可基于

某个自然现象。例如，米可以用氪的辐射光谱中一根选定的谱线的波长来定义。这类单位被称为自然单位。现在人们认为，自然单位在任何时候、任何地方都是可以复现出来的，而任意单位则要求有原器存在(如米原器)。

既然是表征物体或现象某一方面的特性，且可以定量测定的，而单位则是同类量中特别选定的、公认的参考量，那么，如何科学地表达它们之间的关系呢？譬如：

对任何一个可测量 Q ，都可用下式表达

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

式中： $\{Q\}$ ——量 Q 以单位 $[Q]$ 表示时的数值。

从上式也可看出，单位实际上也是一个量，只不过是一个特别选定的量(数值为 1)罢了。

上式如用文字表示，即

量值 = 数值 $\times$ 所选定的单位

其含义是：量 Q 是单位 $[Q]$ 的 $\{Q\}$ 倍，即给定量的值是由数值与计量单位的乘积表示的。

将上式变换后有

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

其含义是：数值 $\{Q\}$ 是量值 Q 与单位 $[Q]$ 之比。 $\{Q\}$ 是一个纯数。说明被测的量 Q 为单位 $[Q]$ 的多少分之一或多少倍。

例如，某物体的长度是 5.2 m，其中 5.2 是数值(纯数)，m 是选定的长度单位。

测量的目的，就在于对几个同类量之间进行比较并取得测量结果。长度 5.2 m，说明该物体的长度是计量单位 m 的 5.2 倍。

计量单位的产生与发展，是人类进步的一个重要标志。以

长度为例,在人类早期文明中,长度的计量多是以人体某一位为依据的。孔子在《大戴礼记·主言篇》中说:布指知寸,布手知尺,舒肘为寻,妇手为咫,人身为丈。这种以人体解剖部位作为长度计量的标准的作法,虽然比较简单直观,但测量结果却因人而异,误差较大。

以现存的计量单位来看,也是五花八门。在长度单位中,较有影响的单位就有 50 多种。这样,在同类量中存在着各种各样的计量单位,给生活与工作带来诸多不便。

科学技术发展到现在,各种计量单位的定义已日趋成熟、完善和确切。

在现实中,单位是有一定标准的,不能任人随心所欲地去决定。否则,这些单位不可能在现实生活中广泛使用和推广。

单位发展的整个过程包含着人类各种各样的聪明才智。为了用量值表示某一个物理量的大小,都必须严格地规定各自的计量单位。单位的定义必须准确严谨,来不得半点含混。国际单位制根据一贯性原则,使各导出单位的定义方程式的比例系数都取为 1,从而形成了一贯单位制,给实际应用带来了很大的方便。

例如,米的现行定义是以光在真空中的传播速度来定义的,这是十分严格而准确的。它既表达了长度单位米是在什么情况下得到的,又十分准确地给出了数值。所以说,单位的定义除了具有表述性质外,还具有严格的数值性质。各国都可以根据各自的手段来准确地复现这一单位,而且复现的精度是很高的。

单位一经选定,要相对地稳定较长一个时期,不宜轻率地任意改动,以免给各科技领域的使用造成麻烦。但是,它也不是一成不变的,复现手段不断完善,复现精度也随着提高。

1984 年 2 月 27 日,国务院发布的《中华人民共和国法定

计量单位》中包括下面几个部分:

- 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 10 进倍数和分数单位。

法定计量单位的 1-4 表中共列出法定计量单位 43 个。其中国际单位制的基本单位 7 个;辅助单位 2 个;具有专门名称的导出单位 19 个;我国选定的非国际单位制单位 15 个。

2. 国际单位制的基本单位

国际单位制(法文为 Le Système International d'Unités)的国际简称为 SI (俄文为 СИ)。它是以米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔和坎德拉 7 个基本单位为基础,经国际计量大会通过的一贯单位制。上述 7 个基本单位也可简称为 SI 基本单位。它们的定义是严格的,都是经过国际计量大会(CGPM)通过的。

(1) 米

定义

米(m)是光在真空中于 $1/299\,792\,458$ 秒时间间隔内所经路径的长度。

解说

米是长度的 SI 单位名称。

人们对长度这一物理量的认识是比较早的。米由希腊语“测量”一词转化而来。18 世纪,法国人建立了米制,至令已经 200 多年了。在这一历史期间内,米的定义经历了几次重大的改进。

米是长度、宽度、高度、厚度、半径、直径、程长、距离等物理量的单位,位于 7 个基本单位之首。

长度的 SI 单位米的现行定义,是 1983 年举行的第 17 届国际计量大会定义的。这次大会的决议 1 如下:

决 议 1

第十七届国际计量大会

考虑到现行的米定义无法满足精确复现米的要求；

利用激光稳频获得辐射的进展比使用氪-86 灯产生标准辐射更易于复现和使用；

对这些辐射的频率和波长进行测量取得的进展，可直接确定光速，其精度原则上可通过复现现行的米定义予以限制；

通过频率测量所确定的激光波长以及光速的给出值，它们的复现性好于通过与氪-86 标准辐射波长进行比对所获得的复现性；

在天文学和大地测量学方面有其优点。它使得 1975 年第十五届国际计量大会决议 2 中推荐的光速值 ($c=299792458$ m/s) 保持不变；

一个新的米定义有多种形式，所有这些形式都有效地给予光速同等于所推荐值的准确值，根据目前米定义的最好复现，其相对不确定度为 $\pm 4 \times 10^{-9}$ ，并没有给长度单位造成明显的不均匀性；

不论光是在某一特定的时间间隔内行进的路程，还是被测的辐射波长或是某一特定频率的各种形式，目前已列为咨询和深入讨论的课题，并被承认是一致的，但目前一致意见倾向于第一种形式；

米定义咨询委员会目前正在判定实际复现该定义的规则，规则中包括了目前仍继续使用氪-86 的辐射作为标准的内容，但该标准目前可继续延用或予以修改。

为此决定：

1. 米是光在真空中于 $1/299\,792\,458$ 秒时间间隔内所经路径的长度。

2. 废除自 1960 年开始生效的根据氪-86 原子 $2p_{10}$ 与 $5d_5$ 能级之间跃迁所制定的米定义。

作为现代长度单位的米，约起源于 18 世纪。从 17 世纪起到 18 世纪末的这一期间，各国政府部门的领导层和各界科学家们，对过去存在的各种计量制度和计量单位的杂乱和无规律可循的现状深感忧虑，强烈希望创立新的统一的计量制度和计量单位。

1742 年，一个科学家小组对法国的“巴黎度量单位”和英国当时使用的英制单位进行了仔细的比较，发现两者之间存在的差别较大。为此，科学家们致力于寻求一个实用的国际通行的计量单位，特别是应用十分广泛的长度单位。对于长度单位，当时存在着两种截然不同的建议。一个是法国天文学家莫顿 (Mouton) 和惠更斯 (Huighens) 早在 17 世纪就提出的使用秒摆的长度的意见。但由于秒摆的长度依赖于重力加速度，因而在地球各处其值是不一样的。所以，法国科学院没有采纳这一建议。另一个建议是与地球子午线的长度相联系的基础长度。在法国科学院的推荐下，国民大会于 1791 年接受了这一建议。长度单位米被定义为“地球子午线的 $1/4$ 长度的一千万分之一(或地球子午线长度的四千万分之一)”。但地球上不同经度的子午线长度是有差异的。因此，上面所

说的地球子午线长度规定为通过巴黎的子午线。1793年,法国政府宣布,取经过巴黎的地球子午线长度的四千万分之一作为长度单位,取名为米(metre)。根据实测结果制成了米尺,其两端间长度即为1米。

与长度单位相联系的面积、体积单位则分别为平方米和立方米。

此后不久,捷梁布尔(Delambre)和密伸(Mèchain)实测了从法国敦克尔克到西班牙巴塞罗纳之间的子午线弧长。根据实测结果,于1799年用纯铂制成了一个端面尺,以其0℃时的长度来体现米的长度。同年6月22日,将这个端面尺保存在巴黎共和国档案局。因此,这个端面尺又称为“档案局米”。

随着科学技术的不断发展,测量准确度不断提高。通过对地球子午线的精确测量发现,“档案局米”的长度与地球子午线 $1/4$ 长度的一千万分之一并不相等。“档案局米”比地球子午线 $1/4$ 长度的一千万分之一短了大约0.2毫米。但考虑到以子午线为基准的长度单位使用和复现上的不便,因此,1869年召开的米制公约预备会议决定不改变米基准器的长度,但米的定义应改为米基准器的长度。1889年召开的第1届国际计量大会决定,废除以地球子午线为依据的米定义,而以“档案局米”作为长度的法定单位。而后制成铂(90%)铱(10%)合金的米原器,并且宣布这个米原器在水熔点温度时代表长度的米制单位。

这种铂铱合金的长度基准器,称为国际米原器,保存在国际计量局。这个依据国际米原器作为长度基准的定义,是米的第2个定义。它是以实物基准——米原器体现长度单位米的。国际米原器的材料比较稳定而其截面又是X型的,这是最坚固的结构形式,基本上可长期保持不变。当然,这种实物基准也是有缺点的,例如,长期保存和使用难免产生变形,且

不易发现。国际米原器的相互比对误差约为 $\pm 1.1 \times 10^{-7} \text{m}$ ($\pm 0.11 \mu\text{m}$)。为了进一步提高米的复现精度,各国专家们做了大量的工作。随着科学技术的不断发展,采用自然基准的设想有了实现的可能性,并因此而提出了建立新的长度自然基准的必要性。

从 19 世纪末开始,光谱学的产生和实验技术的发展,使人们发现某些原子辐射的波长是很稳定的线。应用自然光波来代替米原器,可以用原子辐射的波长作为长度的自然基准。1859 年,麦克斯韦 (Maxwell) 曾建议用钠的黄色谱线的波长作为长度的自然基准。1890 年,美国物理学家迈克尔逊 (A. A. Michelson) 发现自然镉辐射的红色谱线的清晰度和复现性最为理想,并与国际米原器的长度进行了比对。在标准米的长度上共有 1 553 163.5 个镉红线波长,即镉红线的波长 $\lambda_{\text{cd}} = 6438.4696 \times 10^{-10} \text{m}$ (或 $6438.4696 \text{\AA}$)。在此基础上,又经过了大量的研究,导致了 1960 年 10 月 14 日召开的第 11 届国际计量大会决定采用新的米定义,即“米等于氪-86 原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间的跃迁所对应的辐射在真空中的波长的 1 650 763.73 个波长的长度”(决议 6)。这是米的第 3 个定义。同时废除 1889 年生效的以铂铱国际原器为根据的米定义。1889 年第 1 届国际计量大会批准的国际米原器,按照 1889 年所规定的条件保存在国际计量局。

氪-86 光波自然基准器的性能较稳定。氪是一种惰性气体,氪-86 是它的同位素。所谓 $2p_{10}$ 和 $5d_5$, 是获得原子能量的两种状态,即能级。在原子系统中,电子从较高能级跃迁到较低能级时能发出一种单色光。不同的受激状态可发出不同的单色光,这种单色光非常稳定,精确度可达 10^{-9}m 。只要有氪-86 同位素,各国都可以复制应用。

随着科学技术的进步,特别是 20 世纪 60 年代激光的出

现,使米的复现精度有可能进一步提高,因而促进了长度基准器向更高的一级发展。

激光的计量学性能比氪-86 灯要优越得多。它具有单色性好,干涉能力强,性能稳定等优点。1972 年,美国国家标准局(NBS)成功地测定了甲烷稳频激光的频率,从而以很高的精度确定了真空中的光速值为 $299\,792\,458\text{ m/s}$ 。1975 年召开的第 15 届国际计量大会批准了这个光速值,并规定这个光速值为不变的常值。在此基础上重新定义了长度单位米。1983 年第 17 届国际计量大会批准了这个新的米定义。这是米的第 4 个定义,也是当前最新的米定义。

1983 年生效的新的米定义,有以下 3 个特点:

① 反映物理量单位概念的定義与复现方法分开。因此,有人称这个定义为“开放性的定义”。

随着科学技术的不断发展,复现长度单位米的方法也逐渐完善,而且复现的精度也大大地提高了。同时,复现的方法也不会受到米定义的局限,即新的米定义没有要求必须规定某个具体辐射作为基准。

② 定义的理论基础及复现方法均以真空中光速为给定的常数值。这对天文学和大地测量学来说,米的新定义的优点更为突出。

③ 定义的表达方式比较科学,而且十分简便,可为广大科技人员所了解。

对基于光速值的米定义,米定义咨询委员会提出了 3 种复现方法。

① 用平面电磁波在真空中 t 时间间隔内所经过的路程长度 l 复现,即 $l=ct$ (式中 c 为光速值, $c=299\,792\,458\text{ m/s}$)。

只要精确地测出电磁波所行进的时间 t ,即可利用上式求出长度值 l 。

② 用频率为 f 的平面电磁波在真空中的波长 λ 来复现。
波长可由下式求得

$$\lambda = c/f$$

③ 直接引用米定义咨询委员会推荐的几种辐射中的任何一种来复现长度单位米。对这些辐射,给出了频率值 f , 波长值 λ 及复现的总不确定度。

由于激光与其他光源相比有很大的优越性,可作为复现长度单位的手段。即使未经稳频的激光,其不确定度也是较高的(达 10^{-7})。经过稳频的激光,可作为波长标准辐射。其复现性可达 $(10^{-10}—10^{-11})\lambda$ 。远优于氪-86 辐射灯。

米定义咨询委员会推荐作为复现长度单位米的辐射主要是:

① 饱和吸收稳频激光的辐射

a. 氦-氖 (He-Ne) 激光,吸收甲烷 (CH_4) 分子,跃迁 ν_3 ; P(7),成分 $F_2(2)$ 。

频率值 $f = 88\,376\,181\,610 \pm 18\text{ kHz}$;

波长值 $\lambda = 3\,392\,231\,390.7 \pm 0.7\text{ fm}$ 。

相对不确定度为 $\pm 2 \times 10^{-10}$ 。

b. 氦-氖 (He-Ne) 激光,吸收碘-127 ($^{127}\text{I}_2$) 分子,跃迁 11-5; R(127),成分 i_0 。

频率值 $f = 473\,612\,214.8 \pm 0.8\text{ MHz}$;

波长值 $\lambda = 632\,991\,398.1 \pm 1.1\text{ fm}$ 。

相对不确定度为 $\pm 1.7 \times 10^{-9}$ 。

c. 氦-氖 (He-Ne) 激光,吸收 $^{127}\text{I}_2$ 分子,跃迁 9-2; R (47),成分 o_0 。

频率值 $f = 489\,880\,355.1 \pm 1.0\text{ MHz}$;

波长值 $\lambda = 611\,970\,769.7 \pm 1.2\text{ fm}$ 。

相对不确定度为 $\pm 2 \times 10^{-9}$ 。