

766993

5(3)2

4062

法定计量单位及其实际应用

Unités de mesure légale
et
leurs applications usuelles

李 国 仇 编
林 鸿 铮 审



上海市机械工程学会
液压专业学会

法定计量单位及其实际应用

Unités de mesure légale
et
leurs applications usuelles

李 国 仇 编

林 鸿 铮 审

上海市机械工程学会
液 压 专 业 学 会

内 容 简 介

从1986年1月1日起，全国将正式实施《中华人民共和国法定计量单位》。为此，本书简要说明法定计量单位的来由、组成、使用方法和实际应用。书末附有正误符号对照表、许用与废除单位表及新旧单位换算表等。

读者对象：管理干部、技术人员、工农群众及大中院校师生。

法定计量单位及其实际应用

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 字数：130 000

1985年11月上海第一版 印数：5 000

8A1255/05

致 读 者

一九八四年二月二十七日，国务院发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》。这是我国进行四个现代化建设的重大技术经济措施之一。为了积极配合贯彻国务院命令和上海市人民政府的有关决定，上海市机械工程学会液压专业学会组织并邀请对计量单位有关命令及相应的国际标准和我国标准有一定研究的李国仇工程师编写《法定计量单位及其实际应用》一书。本书的主要内容有《中华人民共和国法定计量单位》的由来、组成、使用方法以及在几个重要领域中的实际应用。书末附有正误符号对照表新旧计量单位换算表等，以供广大读者在应用时参考、查阅。

本书技术内容，包括符号数值，均经严格校核，堪供读者工作中使用。但因时间仓促，加之水平有限，介绍说明可能有不够详尽清晰之处，尚希读者指正。

本书特请上海市标准化协会普及委员会副主任林鸿铮高级工程师审定。

本书编写过程中，液压专业学会俞鲁五、张世清同志曾予以热情关怀和积极支持，並得到刘祖桂、黄海、李光华、周述宽及张玉度等同志的大力协助，特此致谢。

上海市机械工程学会

液压专业学会

一九八五年十月

目 录

致读者	
绪 言	1
第一节 法定计量单位有关名词简介	2
第二节 计量基准器的发展简况	6
(一) 宏观自然基准	6
(二) 实物基准	6
(三) 微观自然基准	7
第三节 米制概况	9
(一) 米制的建立	9
(二) 米制的现状	11
(三) 计量单位制度混乱的后果	12
第四节 国际单位制(SI)概况	16
(一) 国际单位制的来由	16
(二) 国际单位制的优越性	17
(三) 国际单位制的推广现状	159
第五节 我国法定计量单位	22
(一) 近代我国计量单位制度的发展概况	22
(二) 全面推行法定计量单位的有关规定	23
(三) 我国法定计量单位	24
(四) 法定计量单位使用准则	29
第六节 法定[计量]单位的实际应用	39
(一) 法定[计量]单位在力学中的应用	39
(二) 法定[计量]单位在热学中的应用	59
(三) 法定[计量]单位在电磁学中的应用	67
(四) 法定[计量]单位在光学中的应用	74

附录一、国际计量有关机构组织关系图.....	77
附录二 以科学家姓氏命名的SI单位.....	78
附录三、常见计量单位符号索引.....	79
附录四、常见错用计量单位符号示例.....	89
附录五、许用单位与常见废除单位.....	94
附录六、常用物理量及下角标所用符号的建议	117
附录七、常用单位换算表	129

绪 言

“科学从测量开始”（门捷列夫）。没有计量，就没有现代社会的存在。据统计，平均每人每天涉及计量的活动达30次之多！其计量工作的重要性可想而知。至于计量在科学研究、生产技术、财经管理、国际贸易、文教卫生、日常生活中的广泛应用，从下列数字就不言自明了。

苏联专业计量人员有25万。每年检定的测量器械达2.4亿台。全苏每天测量次数高达200亿次之多。美国一年的测量费高达700亿美元之巨！每天测量次数也在200亿次以上。我国计量工作发展也很快。现有专业计量机构8200个，专职计量人员34万，每年检定各种计量器具3500万台（件）以上，还没有两个国家级计量研究中心和一所专业计量学院。

计量是一切科学与技术的基础，没有计量的世界将是无法想象的。

我国是最早发展计量技术的国家之一。现在某些方面仍处于世界领先地位。但是，由于多种原因，总的水平和普及程度与先进国家相比，仍有相当差距。宣传、贯彻、执行《中华人民共和国法定计量单位》就是一个十分重要的弥补差距的战略措施。每个公民都有学习、使用、宣传法定计量单位的义务。

第一节 法定计量单位有关名词简介

1. 物理量——一般简称为量。它是量度物质的属性和描述其运动状态时，所用的各种量值。例如量度物质惯性的质量，描述运动快慢的速度等。物理学中以时间、长度、质量、电流强度、发光强度等作为基本量。其余的物理量则分别按其定义由基本量组合而成，称为导出量。如速度、加速度由时间和长度导出，力、功、功率、能量等由时间、长度和质量导出。任何物理量(量值)都可表示为一个纯数与一个单位的乘积。例如：某物长度 $L = \{4\} [m]$ ；某力 $F = \{6\} [N]$ 。

2. 计量——用一个规定的标准已知量作单位，与同类的未知量相比较而加以检定的过程，通常利用一种计量器具来量度未知量的大小，用纯数和单位表示出来。

3. 计量单位——用以量度同类量大小的一个标准量。例如测量长度的“米”，度测时间的“秒”。

4. 法定计量单位——由国家以法令形式规定允许使用的计量单位。我国的法定计量单位包括国际单位制的主单位、国家选定的非国际单位制单位以及由国际单位制词头与上述单位构成的十进倍数和分数单位。

5. 主单位——一种物理量具有独立定义的单位。

国际单位制的主单位包括：基本单位，辅助单位，有专门名称的导出单位，直接由上述单位用相乘、相除的形式构成的组合单位(系数为1)。例如，长度的米，平面角的弧度，电压的伏，体积的立方米，加速度的米每二次方秒，这些都是国际单位制的主单位，称为SI单位。

6. 基本单位——一个单位制中基本量的主单位，如时间的秒，质量的千克。

7. 导出单位——一个单位制中导出量的主单位，按物理量之间的关系，由基本单位以相乘、相除的形式构成的单位。有的具有专门名称，如频率的赫是秒的倒数。有的没有专门名称，如密度的千克每立方米。

8. 辅助单位——既可作为基本单位，又可作为导出单位的单位。在国际单位制中，平面角的弧度和立体角的球面度就是辅助单位。

9. 倍数和分数单位——主单位的十进倍数和分数单位。在国际单位制中，一般均由SI单位加SI词头构成。唯质量单位例外，不是由SI单位千克，而是由克、加SI词头构成。这样构成的单位也都是国际单位制中的单位，但不是SI单位，而是SI单位的十进倍数和分数单位。

10. 法定计量单位名称——由国家规定的法定计量单位的称呼。例如：米，千克(公斤)，瓦(特)，〔角〕分。名

称省略方括号里的字即成为其简称。没有方括号的名称，全称与简称相同。圆括号内的名称与其前面的名称同义。

11. 法定计量单位符号——由国家规定的法定计量单位的代号，例如N，MΩ，F，(°)，J/kg等。在普通书刊中有必要时，可将简称作为符号使用。这样的符号称为中文符号。例如千牛·米，千克·米⁻³，瓦/(开·米)。

12. 单位制——由选定的基本单位和它们的导出单位组成的一系列量度单位的总称。取长度、质量和时间的单位为基本单位的，称绝对单位制，有厘米·克·秒(CGS)制、米·千克·秒(MKS)制、米·吨·秒(MTS)制等。此外，还有以长度、力和时间的单位为基本单位的米·千克力·秒(MKfS)制，称为〔重〕力单位制或工程单位制。以上都是力学上用的单位制。增加温度单位就得到热学上的用单位制；增加光学量的基本单位就得到光学上用的单位制；增加电磁量的基本单位就得到电磁单位制。常用的电磁单位制有：从电的库仑定律出发的静电单位(CGSE)制；从磁的库仑定律出发的电磁单位(CGSM)制；从实用的电流单位出发的实用单位(MKSA)制。

13. 一贯单位制——适当选择各种量的单位，可以使包含数字系数的数值方程同相应的量方程，具有完全相同的形式。按此原则构成的单位制对有关量制的方程来说，

为一贯的，这样的单位制称为一贯单位制。

对于特定的量制和方程来说，一贯单位制的获得，首先是给基本量定义单位，然后，对每个导出量，则根据基本单位通过一个代数表示式定义相应的导出单位。代数表示式由该量的量纲积，以基本单位的符号代替基本量纲的符号而得到。

量	方程	量纲积	导出单位符号
力	$F = m \frac{d^2 l}{dt^2}$	MLT^{-2}	$kg \cdot m/s^2$
能	$E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$	ML^2T^{-2}	$kg \cdot m^2/s^2$

14. 国际单位制——1960年第十一届国际计量大会通过一种单位制，其国际代号SI是法文Le *Système International d'unités*的缩写。国际单位制以米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔、坎德拉等7个单位为基本单位。它包括SI单位、SI词头以及由两者组成的SI单位的十进倍数和分数单位。SI单位又包括上述7个SI基本单位，弧度和球面度2个SI辅助单位，赫兹等19个具有专门名称的SI导出单位，以及由三者导出的其他SI导出单位。

15. 计量基准器——基准指某些自然量的基本标准。如以某种波的波长度作为长度基准来复现长度单位米。用于复现和保存计量单位并且按使用要求和技术经济条件具有最高复现精度的计量器具。基准器按使用要求分为若干级，如国家基准器、国家副基准器、工作基准器……。

第二节 计量基准器的发展简况

古今中外，计量基准器的演变经历了三个基本过程：
宏观自然基准—→实物基准—→微观自然基准，沿着粗糙—→近似—→精确方向不断更新、提高和发展。

现以长度、质量、时间基准为例，简要说明如下：

(一) 宏观自然基准

我国古书记有“布指知寸、布手知尺”，“人身为丈”，“迈步定亩”，“手捧为升”，“取权定重”，“日中而市”，“滴水计时”，分别表明了古代的长度、面积、体积、重量(质量)、时间基准的初步概念。

国外也有类似情况。古埃及长度用腕尺(库比特cubit)——指胳膊肘至指尖的距离为单位。齐阿普斯王的金字塔的边长就是500腕尺。所谓“诺亚方舟”的边长也正好是300腕尺。中东、古墨西哥也用腕尺，双库比特就演变为现代的长度单位——码(约910mm)。

英国也以皇帝的手脚定出长度单位，亨利一世将手臂向前平伸，以其鼻尖到指尖的距离为“码”(yard)。查理曼又以其脚掌长度为“英尺”(foot)，埃德加则以他大姆指关节长为“英寸”(inch)。

德国的“尺”则是任意16名男子左脚长度总和的 $1/16$ 。

法国“尺”是国王脚长的6倍。

质量单位用“谷”(一颗麦粒)为计量基准。7000谷=1磅。至今仍广泛使用的〔国际〕克拉(carat)就是从阿拉伯语“角豆树籽”派生出来的。1克拉=200mg(毫克)，是称量宝石、珍珠时的专用质量单位。

这些古代计量基准相当原始，非常粗糙，但是确能交流计量思想，比较量值，适应古代社会的起码要求。

(二) 实物基准

宏观自然基准难于长期保持(不易复现)，易生变化(不稳定)，更谈不上什么准确度，不能满足人类社会发展的自

然需要。于是，逐步为实物基准取而代之。

我国商代出现的象牙尺，春秋时期的鲁班木工尺，战国的铜方升，楚国的天平砝码，就是最好的明证。秦始皇用“秦尺、秦升、秦权”统一度量衡更是尽人皆知、流芳百世。

欧洲国家也同样采用实物基准，最著名的就是“档案〔局〕米”和“档案〔局〕千克”。这些实实在在、基本不变的计量基准器至今仍保存在巴黎。

时间这个基本量也有实物基准。如我国古代的日规，火龙钟、铜壶滴漏、沙钟等。到13世纪，欧洲出现重锤机械钟，17世纪又产生周期摆钟——现代机械钟表的鼻祖。20世纪30年代发明的天文钟、石英钟进一步提高了计时精度。

实物基准的出现，尤其是“米制”的产生，推动了科学技术的进步和经济贸易的发展，为现代社会奠定了坚实的物质技术基础。

（三）、微观自然基准

随着科学和技术的高速发展，实物基准的稳定性、复现性、准确度已不再能满足使用要求了。人们开始寻求更稳定、更精确、更方便的基准——微观自然基准。

1890年，迈克尔逊发现镉（Cd）的谱线清晰、明亮、复现准确。

1927年定出埃（Å）为长度单位。 $1\text{Å}=10^{-10}\text{ m(米)}$
 $=0.1\text{ nm(纳米)}$

波长 $\lambda_{cd} = 6\,438.4696\text{ \AA}$ (埃)

可得 $1\text{ m} = 1\,553\,164.12\lambda_{cd}$

1960年,第十一届国际计量大会用氪原子(Kr^{86})的辐射波长来定义“米”(m),同时废除国际米原器。这个长度微观自然基准器更加稳定、复现精度更高、而且简单方便、随时可用、没有任何限制。

$\lambda_{\text{Kr}^{86}} = 0.605\,780\,211\text{ }\mu\text{m}$ (微米)

$1\text{ m} = 1\,650\,763.73\lambda_{\text{Kr}^{86}}$ (准确度 1×10^{-8})

1983年,第十七届国际计量大会通过“米”(m)的最新定义(见第五节)。准确度、稳定性均进一步提高。

时间基准也由周期机械摆钟进步到微观分子钟,最后发展到现在的原子钟。相应地、时间基本单位“秒”(s),由1820年定义的“平太阳日秒”(地球自转一周的 $1/24 \times 60 \times 60$),演进为1960年的回归年秒(以地球绕太阳公转的回归年为 $31\,556\,925\,9747$ 秒)最后发展为1967年定义的原子时秒。其准确度之高,令人难以置信,——30万年才误差1秒。

电流、热力学温度、物质的量、发光强度等基本量均已实现自然基准。

在国际单位制的7个基本量中,质量是唯一采用实物基准的量。质量的微观自然基准也在积极研究之中。例如,用单晶硅代替国际千克原器是大有可能的。其准确性、复现性、经济性等有可能超过国际千克原器。

第三节 米制概况

(一)、米制的建立

18世纪的欧洲，科技先进，经济发达、雄居世界之首。然而由于国家众多、各自为政、互不协调、彼此敌对、造成人为的计量混乱。据统计，当时欧洲有100余种“尺”。例如：

1 英尺=12英寸

1 法尺=12.816英寸

1 丹麦尺=12.504英寸

1 瑞典尺=11.733英寸

还有50多种“里”，120种“磅”，50多种“升”，其混乱之甚可想而知。这些严重妨碍社会进步的计量制度，当然成为改革的对象。

1791年、法国国民议会通过决议，定义“米”为经过巴黎的地球子午线长度的四千万分之一。面积用平方米，体积用立方米、千克为一立方分米的纯水，在4℃时的重量（质量）。各种计量均以“米”为基础。这就是最早出现的“米制”(Système métrique)。“米”(mètre)来自古希腊文“metron”意为“量度”。

1795年，法国颁布米制条例、以法令形式正式建立米制。

1799年，完成了“米”的实际测量工作，並制成实物基准——“档案〔局〕米”(截面为矩形(4×25)的纯铂杆)和“档案〔局〕千克”(直径与高度均为39mm的纯铂正圆柱体)。

1840年起，全法国正式强制实施米制。其口号是“对所有的时代，对所有的人们”。(A tous les temps, A tous les peuples)。试图使全世界永远使用米制。

1864年，英国批准使用米制。但是，进展缓慢、阻力重重，无法摆脱传统英制习惯的严重束缚。

1866年，美国也使米制合法化，但同样行之不通。

1875年，意、德、法、比、丹、俄、美、阿、等欧美 17 国正式签订米制公约 (Convétion du Mètre)，确认米定义，成立国际计量局(BIPM)，负责向全世界推行米制的工作。

1885~1889年，陆续制成米原器31根（截面为X形

的铂铱合金)，以最近似于档案〔局〕米的6#米原器为“国际米原器”——这是体现长度基准“米”的世界最高级实物基准。米制公约参加国各得一根作为“国家米原器”。同时制成千克原器42个，(直径与高度均为39mm的铂铱合金正圆柱体)。以K Ⅲ#为“国际千克原器”，余下的分发各会员国，作为“国家千克原器”。1929~1974年又制作23个千克原器，分发有关国家。中国千克原器是60#与61#。

二、米制的现状

由于米制标准统一，使用方便，很快就成为大多数国家通行的计量制度。据统计，通行米制的大小国家已达135个之多，占世界人口的99%，米制为世界进步作出了巨大贡献。但是，米制单位不完全，彼此无联系，复现精度低，有的概念不清，又缺乏严格的使用规则。于是，各门科学在米制基础上，按各自需要，衍生出许多特有的单位制，形成现时代意想不到的混乱局面。

下表就是我国当前常见的计量单位制。多种计量制度同时并存，彼此制造麻烦，其浪费和混乱是显而易见的。其他国家也有类似情况。