

法定计量单位

杜荷 联

(国家计量局)

一、为什么要实行法定计量单位

1. 计量单位与各个领域和千家万户有着十分密切的联系,据统计每人每天约使用 30—40 次计量单位。尽管人们经常使用计量单位,但是对于这些单位是否应该使用?使用的正确与否,以及这些单位是先进的、还是落后的,科学不科学,大多数人不大注意。

2. 国务院于 1984 年 2 月 27 日,发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,其中规定的“中华人民共和国法定计量单位”明确指出:为贯彻对外实行开放政策,对内搞活经济的方针,适应我国国民经济、文化教育事业的发展,以及推进科学技术进步和扩大国际经济、文化交流的需要,国务院决定在采用先进的国际单位制的基础上,进一步统一我国的计量单位。也就是说,为了进行四个现代化的建设,而实行法定计量单位。

3. 计量单位必须统一,古今中外都是以法令形式颁布的。在我国历史上,秦始皇颁布度量衡的诏书,统一了当时的计量单位。

新中国成立后,鉴于使用的计量单位比较混乱,国务院于 1959 年 6 月 25 日发布了《关于统一计量制度的命令》,确定在我国实行米(米突制)制,经过多年推广,取得了显著成绩。

1984 年,国务院颁布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,是要在我国进一步统一计量单位,实行国际单位制。

4. 我国的法定单位,就是以国际单位制为基础的,国际单位制是当代最先进、科学、实用的单位制。

国际单位制不仅为大多数国家采用而且也被愈来愈多的国际组织重视和采用。事实说明,全世界的计量制度正在向国际单位制靠拢。为什么会有这种势头呢?这是由国际单位制的优越性决定的。

国际单位制(SI)的优越性:

(1) 统一性 国际单位制适用于力学、热学、电磁学、光学、声学、物理化学、固体物理学、分子物理学、原子物理学、核物理学、粒子物理学等整个自然科学的各个领域。其中无论是理论科学和技术科学的量都能用国际单位制的单位来定量描述。其中七个基本单位都有严格的定义,所有的导出单位都依据反映自然规律的方程式由基本单位导出,从而使单位体系形成一个明确反映量与量之间内在联系的、统一的、有机整体。它能使科技、工农商交及日常生活的诸方面计量单位统一在一个单位制之中。在国际上能实现统一的原因,不仅由于其本身的科学结构,而且还在于词头的使用以及从单位制本身到各个单位的名称、符号和使用规则都是标准化的。

(2) 简明性 国际单位制取消了相当数量的各种繁琐的杂制单位,因而省去了很多不同单位制之间的换算。例如,很多力学和热学公式采用 SI 后就可省去热功当量和功热当量,千克力和牛顿之间的换算系数。这可以提高工作效率,减少计算错误和节约工时。

由于 SI 一律采用十进制,使用十进制词头,贯彻一个单位只有一个名称和符号的原则以及物理公式系数为 1 的原则,这就使得国际单位制显得简单明瞭。

(3) 实用性 国际单位制的基本单位和大多数导出单位的大小很实用,其中大部分已得到广泛应用,例如安培(A)、焦耳(J)、伏特(V)等。国际单位制对大量常用的量并没有增添许多十分不习惯的新单位。为了适应实际需要,国际单位制还包括数值范围很广的词头,以便构成十进倍数单位和分数单位。由于使用了十进制词头,可使单位大小在很大范围内调整,以适应诸如大到星系宇宙,小到微观粒子的领域。例如,压强、压力的单位“帕斯卡(Pa)”,在

一些工程压强范围内嫌小了一些,而过去用的工程大气压(at),即 kgf/cm^2 ,等于 $0.98065 \times 10^5 \text{Pa}$,在大约 2% 的误差以内等于 $1 \times 10^5 \text{Pa}$,即 0.1MPa.

(4) 合理性 贯彻 SI 的使用原则,可避免多种单位制和单位的并用与换算。例如,用帕斯卡就可代替千克力/厘米²和克力/厘米²等所有压力单位;又如,在力学、热学和电学中的功、能和热这几个量,过去它们的常用单位有千克力米、克力米、尔格、电子伏、瓦特小时、千瓦小时等很多米制单位,此外还有千卡、卡、磅力英尺、马力小时和英热单位等多种英制和其它单位,使用 SI 时,只用单位焦耳便可代替所有这些常用单位。这不仅省去很多换算,而且可以避免同类量具有不同量纲以及不同类的量而有相同量纲的“不合理”状况。

(5) 科学性 SI 明确和澄清了很多量与单位的概念,SI 的单位是根据科学实验所证实的物理规律严格定义的。它经过周密考虑与国际协商,废弃了一些旧的不科学的习惯概念、名称和用法。

(6) 精确性 SI 所选定的七个基本单位,都能以当代科学技术所能达到的最高精确度来复现和保存。目前,米定义的最好复现的不确定度在 $\pm 1 \times 10^{-11}$ 以内;千克定义的最好复现的不确定度约为 $\pm 4 \times 10^{-9}$;秒定义的最好复现的不确定度为 $\pm 5.3 \times 10^{-16}$;安培的国际基准是以电动势国际基准和电阻国际基准来体现的,其年变化率国际最高水平为 10^{-7} ;热力学温度单位开尔文,我国已能全部复现国际温标各固定点的温度;发光强度坎德拉按 1979 年前的定义,国际最好复现的不确定度为 $\pm 3 \times 10^{-3}$;物质的量单位摩尔,目前国际上还没有实物基准。

(7) 继承性 在 SI 中,基本单位的选用,除了物质的量摩尔以外,其余六个量都是米制单位原来所采用的,SI 是在米制的基础上发展起来的,也可说是现代米制。它在克服旧米制缺点的同时,继承了其合理部分,如采用十进制等。同时 SI 的许多国际基准就是原来米制

的国际基准,这就使原来采用米制的国家和地区,在贯彻 SI 的过程中较为顺利。

(8) 通用性 由于 SI 是米制的较完善形式,同时国际单位制可以代替几乎所有其他单位制,在不久的将来,它必将成为全世界统一、通用的单位制。国际单位制自 1960 年第十一届国际计量大会通过以来,经过二十多年的实践证明,它对科学技术和经济发展有着明显的促进作用,已有 85 个国家和地区由政府以法令或条例的形式宣布采用,几乎所有的国际政治、经济、技术、学术性组织都有决议决定采用它。

二、法定计量单位构成

1. 有关量和单位的基本概念

(1) 量(可测的量)——可定性区别和定量确定的现象、物体或物质的一种属性,是定性区别的含义,可通过比较确定出相比较的实物程度、大小。定量确定的含义,是通过测定能给出程度的值。两者必须同时具有才可称为量,对于量的定义这是第三次改变。

(2) 单位——公认数值为 1 的一个量,或者约定选取的特定的量,用以定量表示具有相同量纲的量。通俗地说,单位是一个特殊的量、参考量、标准量。也可说单位是量的单位。单位也称测量单位和计量单位。

法定计量单位——由国家以法令形式规定,强制使用或允许使用的计量单位。

(3) 单位制——为给定量制建立的一组单位。即单位制包括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。简言之,单位制是基本单位和导出单位的总和。

人们需要定量表示的量是非常多的。是否要给每一个量独立选定一种单位呢?经研究,不需那样,因为各种物理量并非互相独立无关,而是客观地存在着种种规律性的联系,即种种规律、定律、定理、公式等(如万有引力定律、库仑定律、牛顿第二定律、热力学第一定律等)。由于存在种种规律性的联系,就很自然地把所有的物理量串成了“链”和“网”。因此,只要独立地选定几个量的单位,就可以通过各种定律、

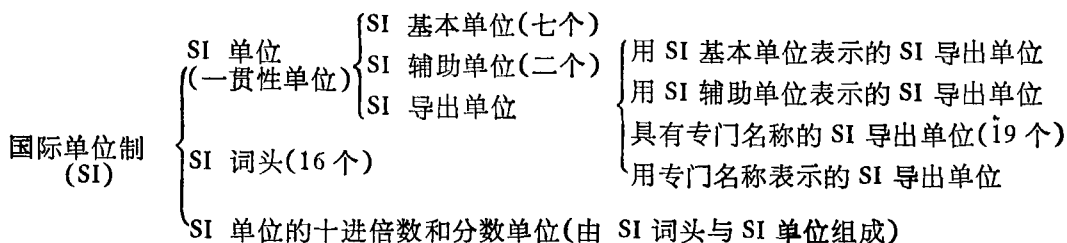
公式导出其它量的单位。所研究的领域愈广，需要独立选定单位的量愈多。由独立选定的单位和按某种方法导出的单位所组成的一系列单位就构成了单位系或单位制。目前 SI 独立选定了七个(基本)单位，从中就可导出所有自然

科学领域中的所有量的单位。即所有自然科学的各个领域的现象，都可用 SI 来描述。

2. 国际单位制的构成

(1) 国际单位制的构成

国际单位制是由 SI 单位、SI 词头、SI 单



位的十进倍数和分数单位三部分组成。

其中 SI 单位为未加词头的主单位，它分为三类，其中的 SI 基本单位是选定的相互独立的七个量的基本单位。每个 SI 基本单位都以当代第一流科学手段加以严格定义。SI 辅助单位共有二个，它们是无量纲的纯几何量。SI 导出单位是依据反映自然规律的公式，由 SI 基本单位导出。其中具有专门名称的共 19 个。

SI 词头共有 16 个，它们分别代表 10 的不同次方(即 10 的幂)。SI 单位的十进倍数和分数单位，是由 SI 词头加上 SI 单位构成的。

这里要说明的是，“国际单位制单位”与“SI 单位”这两个词的含义是有区别的。“国际单位制单位”是指国际单位制的全部单位，它包括 SI 单位，SI 单位的十进倍数和分数单位。而 SI 单位是 SI 主单位的简称，它仅包括 SI 基本单位，SI 辅助单位和 SI 导出单位。

(2) SI 基本单位 基本单位定义的科学性、严密性及其复现精确度和保存的稳定性等影响到导出单位的同类性质。所以，应以当代第一流科技水平对基本单位加以科学的选择，其原则应有以下几项：

(i) 基本单位的定义应该是科学的、严密的和明确的。

(ii) 基本单位的数量愈少愈好，但需方便合理地导出所有量的单位。

(iii) 基本单位应便于和导出单位建立联系，即便于用它来检验导出单位的精确度。

(iv) 基本单位能以很高的精确度复现并

能长期保持高度稳定性。

经过各方面的考虑，国际单位制选定了七个相互独立的量的(主)单位为 SI 基本单位。

(3) SI 导出单位 国际单位制的导出单位，是通过换算系数为 1 的反映自然规律的公式，由 SI 基本单位和 SI 辅助单位导出并用它们表示的单位。

这种换算系数为 1 的原则称为一贯性原则。有些导出单位已经给出专门名称和特定符号。这些专门名称和符号又可用来表示其它有关的导出单位，从而比用基本单位表示更简单一些。

导出单位分为四类。SI 导出单位很多，但是具有专门名称的导出单位只有 19 个，其原因有两方面：一方面由于这些单位常常用到，如果用 SI 基本单位表示就很复杂。例如，力的单位表式为 $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。为了简化，给以专门名称“牛顿”和符号“N”。另一方面，由于有些不同的物理量共有相同的量纲，它们用 SI 基本单位构成的单位表式是相同的。例如，频率单位和放射性活动单位都可表示为 s^{-1} 。为区别这两个量，就分别给出赫兹(Hz)和贝可勒尔(Bq)两个专门名称。

在 19 个具有专门名称的导出单位中，除流明、勒克斯以外，其余 17 个都是以科学家命名的，我国都给出了音译的中文名称。

3. 中华人民共和国法定计量单位的构成

中华人民共和国法定计量单位由下列单位构成：

- (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) 由词头和以上单位构成的十进倍数和

分数单位。

对我国法定计量单位的构成情况可以具体理解为: (1) 国际单位制单位; (2) 国家选定非国际单位制单位(15个); (3) 由国际单位制单位和国家选定的非国际单位制单位构成的组合单位; (4) 国家选定的非国际单位制单位与 SI 词头构成的十进倍数和分数单位。

重 夸 克 物 理

在基本粒子理论的标准模型中,有三代夸克。第一代由上夸克和下夸克(记为 u 和 d)组成,第二代由奇异夸克和粲夸克(记为 s 和 c)组成,第三代由顶夸克和底夸克(记为 t 和 b)组成。重夸克物理专门研究 c , b 和 t 夸克,这项研究始于 1974 年 c 夸克的发现。开展对重夸克粒子(含有重夸克的基本粒子)谱的研究,能使人们获得有关夸克之间强相互作用的短距离行为的知识。此外,含重夸克的介子的衰变则是检验弱衰变理论的重要手段之一。近来,一大批有关这些弱衰变的实验结果已经陆续发表,从而使人们有可能对各种理论模型进行更严格的检验。

c 夸克是三个重夸克中最轻的,也是最早被人们发现的,因此是研究得最清楚的。粲粒子(含有一个 c 夸克的基本粒子)的寿命是 10^{-13} 到 10^{-12} s,这是弱衰变的特征寿命。最初,人们认为介子中的反夸克不过是充当一个旁观者而已,对粲粒子的衰变没有影响。这一模型(简单旁观者模型)预言各种粲介子的弱衰变寿命是相等的。这些粲介子是 D^0, D^+ 和 F^+ ,它们分别是 c 夸克和反 n , d 和 s 夸克组成的束缚态。首次对 D^0 和 D^+ 寿命的测量结果表明,它们的寿命并不相等,因此与简单旁观者模型的预言相矛盾。

去年,人们对粲粒子的寿命进行了较为精确的测量。与原先测量寿命的实验相比,过去的实验仅用了不到 50 个 D 粒子的衰变事例,而现在的结果则用到了多得多的事例。在 Fermilab 进行的实验对 D^0 和 D^+ 寿命进行了测量,分析了约 4000 个衰变事例,测量得到 D^+ 的寿命是 1.0×10^{-12} s, D^0 和 F^+ 的寿命大约是 4×10^{-13} s。对粲量子寿命的测量结果表明, A_c 的寿命比 D^0 和 F^+ 的还要短。在有些模型中,粲介子的差别是这样解释的:在 D^0 和 F^+ , c 夸克和反夸克的湮灭速率较在 D^+ 中的要高,因而寿命就较短。在另外一些模型中,这种差别是用仅在 D^+ 中能够发生的相消干涉来解释的。因此,不断精确地测量所有这些粲粒子的弱衰变寿命,将会对这些模型提出更多更严格的限制,也有助于获得一个更为确切的夸克基本相互作用图象。

描述粲粒子衰变的另外一些实验参数是各种不同衰变模式的分支比。在 Standard 的 SPEAR 对撞机

上工作的 Mark III 实验组,重新分析了 D^0 和 D^+ 的主要衰变模式。他们通过收集大量可靠的粲粒子的衰变事例,精确地测量了衰变的绝对分支比,得到结果是所有分支比都比原来的高,分支比之和几乎是 100%。此外,三组实验还观察到了衰变模式 $D^0 \rightarrow \phi \bar{K}^0$,这在简单旁观者模型中是不容许的。无论在实验方面还是在理论方面,现在都致力于研究这一新观察到的衰变模式是否就是由 D^0 中夸克-反夸克湮灭引起的。

夸克之间的弱相互作用的主体部分,是同一代夸克之间的相互作用。但是,不同代夸克间的耦合虽然很弱却仍是很重要的。只有这种耦合才可以使 K 介子弱衰变,因为 K 介子是含第二代夸克的最轻介子。类似地, B 介子(含底夸克的最轻介子)的弱衰变也是由代间的耦合作用引起的。在 B 介子的衰变中, b 夸克可以转变为 c 夸克,也可以少量地转变为 u 夸克。 b 夸克和 u 夸克之间的耦合非常弱, CP 破坏的大小就是由这种耦合决定的,因此 CP 破坏是很小的。目前,在 Cornell 加速器和 Hamburg 的 DESY 加速器上工作的物理学家通过仔细分析这些 B 介子衰变事例的终态产物,正致力于寻找那些没有 c 夸克——也就是 b 到 u 转变的衰变事例。实验结果给出的上限约有 10% 是按这种方式衰变的。探测更多的 b 到 u 转变的衰变事例,不断提高探测器的灵敏度,将是今后这一研究领域的中心课题。

最后提一下关于第六个夸克,也就是 t 夸克的情况:现在仍然没有找到 t 夸克。在 1983 年和 1984 年, CERN 的 UA1 实验曾看到过与质量为 30—50 GeV/c^2 的顶夸克衰变自洽的衰变事例。现在虽然积累了更多的数据,并作了更详细的分析,但是确认顶夸克的图象并没有多大改进。因此,在顶夸克被确认以前,还有大量的实验工作需要人们去做。重夸克物理研究努力的一个方向将是不断提高对撞机的能量以寻找新夸克,并研究其性质。但是,在较低能量下仔细研究 c 夸克和 b 夸克的性质也是不容忽视的。在这方面, BEPC(北京正负电子对撞机)以其亮度高等特点必将会对重夸克物理的研究作出应有的贡献。

(朱传界 编译自 Physics Today, Jun., 1987)