

国际单位制 和 中学物理

甘肃人民出版社



国际单位制和中学物理

严 洪

甘肃人民出版社

443052



国际单位制和中学物理

严 洪

甘肃人民出版社出版

(兰州庆阳路230号)

甘肃省新华书店发行 天水新华印刷厂印刷
开本 787×1092 1/32 印张 3.75 字数 78,000

1981年7月第1版 1981年7月第1次印刷

印数: 1 — 5,500

书号: 13096·71 定价: 0.32元

内 容 提 要

正确掌握和使用单位制,是物理教学中不可忽视的问题。本书以阐述国际单位制为主,概括地介绍了单位和单位制的产生过程和发展趋势;深入浅出地结合中学物理的具体内容详细讲述了国际单位制的正确应用。对中学生学习物理是一个有益的帮助,,也可供中学教师及物理爱好者全面掌握和使用国际单位制时参考。

目 录

第一章 单位和单位制	(1)
一、计量的产生和发展.....	(1)
二、计量单位及其基准.....	(3)
三、基本单位和导出单位.....	(5)
四、米原器和千克原器.....	(7)
五、一些常见的单位制.....	(10)
六、制外单位.....	(27)
七、量纲式.....	(34)
八、改革和统一单位制是人类科学 文化发展的必然趋势.....	(39)
九、世界上采用国际单位制的概况.....	(41)
十、我国的计量制度.....	(44)
第二章 国际单位制 (SI)	(46)
一、国际单位制的优点.....	(46)
二、国际单位制的组成.....	(47)
1. 国际制基本单位.....	(48)
2. 国际制辅助单位.....	(57)
3. 国际制导出单位.....	(58)
4. 国际制词冠.....	(62)
三、国际单位制的使用方法.....	(64)

四、允许与国际制单位并用 和暂时并用的单位.....	(68)
五、建议一般不用的单位.....	(72)
第三章 全面采用国际制后中学物理的面貌.....	(75)
面貌概述.....	(75)
1. 在力学方面.....	(76)
2. 在声学方面.....	(84)
3. 在热学方面.....	(89)
4. 在电磁学方面.....	(97)
5. 在光学及电磁辐射方面	(109)
结束语	(115)

第一章 单位和单位制

一、计量的产生和发展

古时候，人们在日常生活和生产活动中，逐步形成了大小、多少、长短、轻重等这些数与量的概念，随后产生了“伸掌为尺、手捧为升、迈步定亩”的原始计量方法。

随着生产力的发展、私有制和阶级社会的出现、产品交换的日趋频繁，这种以人体的器官来计量的手段，不能满足需要了，于是就出现了尺、升、秤等实物量具。

我国最早的量具，还是公元前五世纪春秋战国时期的遗物。从这些遗物看，有的精度还相当的高，如安徽寿县出土的、保存在中国历史博物馆中的两件铜质衡器，其感应量达0.1克，几乎可以与现代一般的托盘天平相媲美。在国外，量具的出现也很早，如古埃及和巴比伦的石刻上，已记录有天平的形象。有趣的是，在古希腊的荷马史诗中，也可找到天平的记载。

人类使用实物量具，起端虽然很早，但在其后漫长的岁月中，计量的内容一直停留在长度、面积、容积、重量、时间等范围内，直到十七世纪，世界上才出现气压计、温度计，使计量扩展到了其他领域。

十九世纪初叶，由于蒸汽机的发明和各种机械的广泛应用，产生了功、能、功率等概念，同时也就产生了量度这些

物理量的计量单位和相应的计量仪器；十九世纪中叶，由于电磁学的发展，电磁物理量的计量也有了发展；十九世纪末和二十世纪初，近代物理学的各个分支逐一形成，于是计量的触角就延伸到长度、温度、力学、电磁、声学、光学、无线电、放射性等各个学科，涉及到生活、生产、科研、贸易、国防等各个方面。

现在，不仅计量的范围越来越大，精度也越来越高。以纺织厂用的喷丝头为例，在直径40毫米的喷丝头上，要打12000个喷丝孔，每个喷丝孔的直径只有0.06毫米，公差不得超过6微米。而柴油机上的喷油咀，轴孔的精度要达到0.5微米，不到通常一根头发直径的万分之一。一种特殊的测长仪器——双频激光干涉仪，在测量长度为60米时，最小的分辨率能达到0.08微米；最精密的原子钟，即使连续走时500万年，误差也不会超过1秒。

现代的科学技术，越来越离不开精密计量。美国在宇宙飞船上天的试验中，曾连续发生过四次失败，究其原因，是测量仪器不够精密，某部分的高频电压没有测准，经过校正，在第五次才获得了成功。采用精度高、技术性能好的计量标准和测试仪器，也是提高产品质量和降低生产成本的关键因素。美国在研制洲际导弹固体燃料发动机时曾计算过，如果所使用的计量器具误差减少25%，每台发动机的成本可因此而节约120万美元，而且体积和重量也可相应减少。在我国，由于提高了计量的精度，产品的质量与产量得以猛增的事实，也不乏其例。

生产和科学技术的发展，促使计量本身也逐渐成了一门独立的科学——计量科学。

我国专门研究计量科学的机构是中国计量科学院及其分院，以及全国各省、市、自治区的计量技术研究所。

二、计量单位及其基准

象长度、质量、时间、速度、功、温度、电流强度这些表述物质属性或物质运动状态的量叫物理量。所谓计量，就是将某一个物理量与作为该物理量的计量单位相比较，以确定该物理量为它的单位量值的多少倍数。

任何物理量计量的结果，都包含两个组成部分：数值和单位。例如用米做单位来计量物体的长度 L ，当 L 恰恰是米这个单位量值的10倍时，这个物体的长度便是10米，即 $L = 10$ 米。如果上式中只有数值10而无单位米，这个表示式就会失去计量的意义。同时，式中数值的大小，不仅取决于被计量的物体的大小，而且还和选用的单位量值有关，例如当用尺做单位时，上述 L 的计量结果便为： $L = 30$ 尺，数值为前者的3倍。由此可见，计量单位是计量所不可缺少的部分。

因此，要对物理量进行计量，首先要确定作为该物理量的单位；其次，必须具备根据该物理量单位的量值制作的量具或计量仪器。如果所选定的单位不同，同一量值的物理量的数值也是不同的。

任何物理量的单位，从名称到数值，是可以任意确定的，正因为如此，同一个物理量，在历史上，世界各国用过种种不同的单位。拿长度单位来说，英美用英尺（1英尺 = 0.3048米），旧俄用阿耳申（1阿耳申 = 0.7112米），日本用日尺（1日尺 = 10/33米）；拿重量单位来说，英美用磅

(1 磅 = 0.45359 公斤)，旧俄用普特 (1 普特 = 16.380496 公斤)，日本用贯 (1 贯 = 15/4 公斤)；拿容积单位来说，英美用加仑 (1 英国加仑 = 4.5459631 升)，旧俄在量度颗粒物体的体积时用俄升 (1 俄升 = 3.279842 升)，在量度液体的体积时用维德罗 (1 维德罗 = 12.29941 升)，日本则用日升 (1 日升 = 2401/1331 升)。

就是同一个国家，不同的地区，不同的部门，也往往用不同的单位。如在我国清末，拿长度单位来说，有营造尺 (1 营造尺 = 0.32 米) 和海关尺 (1 海关尺 = 0.35814 米) 的区别；拿重量单位来说，也有库平斤 (1 库平斤 = 0.596816 公斤)，关平斤 (1 关平斤 = 0.6047899 公斤) 和广东司马斤 (1 广东司马斤 = 0.6 公斤) 的区别。如果考虑到不同的历史时期，不同的民族，那情况就更为复杂。

单位一经选定，就要求它的量值能很好地保存起来，以便精确地复现，否则人们将莫衷一是；不仅要很好地保存起来，还要给予权威。没有权威性，人们将自行其是，引起计量工作的混乱。这是说，单位一经选定，就要有一个权威的、能体现单位量值的基准。所以在我国历史上，秦始皇为了统一全国的长度、容积、重量的单位，制造了大量体现这些单位量值的基准器具，铜尺、方升、秦权，分发全国各地，并在某些基准器具上刻上“诏书”^{*}，以示其无上的权威。

作为单位的基准，在那样的历史条件下，不可能很好保存并精确复现的，所以尽管我国自秦汉以来，度量衡的制度是承袭了秦制的，但自秦代到清代，同样是 1 尺，从 0.231 米逐渐增大到了 0.32 米；同样是 1 升，从 202 毫升增大到了 1035.5 毫升；同样是 1 斤，也从 256.25 克增大到了 596.816

克,发生了很大的变化。在其他国家的历史上,也有类似的情况。

同一个物理量的同一个单位,即使在同一个时期,在不同的部门,量值也往往是不同的。如在英国,工业上使用时,1英寸=25.399978毫米,在科学上使用时,1英寸=25.400051毫米。同样是磅,在英国,1磅=0.453592338公斤;在美国,1磅=0.453594277公斤。同样是加仑,在英国,1加仑=4.5459631升;在美国,1加仑=3.78533升。

现在,各国的计量制度,大多是由政府以法令的形式加以确定的,各种单位量值的保存、复现以及传递,计量量具和仪器的生产、鉴定,一般都由专门的机构统一管理的。我国专门管理计量工作的机构是国家计量总局以及全国各省、市、自治区的计量管理局。

三、基本单位和导出单位

随着科学技术的发展,新的物理量不断产生,为了量度这些物理量,如果各自独立地、任意地选定它们的单位,则必然会造成极为复杂的局面。

由于绝大多数物理量之间存在着客观联系,我们不应该、也不必要为每一个物理量任意选定它们各自独立的单位的,例如选定了长度的单位为米,则面积和体积的单位可以

*我国考古工作者发现的刻在方升上的秦始皇的“诏书”全文是:
“廿六年,皇帝尽并兼天下诸侯,黔首大安,立号为皇帝。乃诏丞相状(隗状)、绾(王绾),法度量,则不壹,歆疑者,皆明壹之。”

根据它们的定义方程式 $S = L^2$ 、 $V = L^3$ ，确定它们的单位分别为米²、米³；如果还同时选定了时间的单位为秒，则速度、加速度的单位可根据速度、加速度的定义方程式 $V = \frac{S}{t}$ 、

$a = \frac{V_t - V_0}{t}$ 确定它们的单位分别为米/秒、米/秒²，这就不

仅使计算和有关公式的形式得到简化，而且只要作出了长度、时间单位的基准，就不必再作出诸如面积、体积、速度、加速度的基准了。

秦代的容积单位方升，本来是可以由长度单位——尺的基准来确定的，但当时并没有这样做。根据上海市计量管理局的测量，秦代方升内口的长度为12.4774厘米，宽度为6.9742厘米，深度为2.323厘米，而秦代的尺，相当于23.1厘米。显然，方升的量值是直接以方升本身来体现的，并不是由长、宽、深各是多少尺、多少寸来体现的。那是因为当时要计量的项目极为有限，远不能和今天的情况相比。

正由于绝大多数物理量之间有着客观的联系，我们可以只选定少数物理量及其单位作为推导其他物理量及其单位的基础。这些少数的、任意选定的、各自独立的物理量叫基本量，它们的单位叫基本单位。那些根据定义方程式、用基本量推导出来的物理量叫导出量，它们的单位叫导出单位。

应选定多少物理量作为基本量才能满足现代的计量要求呢？理论和实践证明，在力学中，只要选定如长度、质量、时间三个物理量作为基本量，就可以推导出力学中所有的其他物理量；在热学中，除了三个力学基本量外，只要再选定一个热学量作为第四个基本量，就可推导出其他一切热学量；

同样，在电学中、光学中……都只要三个力学基本量再加上一个电学量或光学量……就可以推导出各学科中其他一切物理量；在所有的计量领域中，总共也只要选定六、七个基本量。

四、米原器和千克原器

历史上世界各国的长度、质量等等的单位，不仅名称不同，量值不同，而且精度也不同。为了方便国际间的贸易和科学技术的交流，早在十七世纪，法国科学界就开始设想在自然界中选取可在国际间通用的单位了，因为自然界的量值可以看成是不变的，这就使单位的量值便以校核，而且当原基准器损坏或丧失时，也能够重新精确复制。

十七世纪末叶，有人提出以秒摆的摆长作为长度的单位，有人则提出以地球子午线每分的长度为长度的单位。1790年，法国科学家鲍尔德、康道而赛、拉普拉斯、孟奇等人组成的特别委员会建议把通过巴黎的地球子午线的四千万分之一作为长度单位。这个建议在1791年3月得到了法国国民议会的批准，于是它就成了长度单位的定义，取名“米突”（metre*），在我国译为“米”。

但通过巴黎的地球子午线究竟有多长呢？为了制造出表征米的量值的基准器，必须对该子午线的长度进行测量。1792年到1799年，在法国天文学家捷梁布尔和密伸的领导下，对法国敦克尔克至西班牙巴塞罗那之间的子午线长度作了测量，这个测量以后又延伸到地中海的弗尔门特拉岛，最后制造出

* 来源于希腊文“测量”一词。

长度单位米的基准器，并把它交给法国档案局保管，因而这个基准器后来称之为“档案米”。

随着测量技术的发展，发现所制作的“档案米”的量值不到地球子午线的四千万分之一（据现代的测量，地球子午线长度的四千万分之一为1.0002288米），于是发生了这样一个问题：是根据精密测量的结果重新制造米的基准器呢还是放弃米的原来定义、以“档案米”作为长度的法定单位？如果采用前者，则接着就会出现第二个问题，如果以后的测量技术进步了——这是必然趋势，对子午线长度的测量更精确，那就得重新制作米的基准器，这样的话，米就没有定值了。由于这个缘故，1872年法国决定废除米的原来定义，而以“档案米”作为长度的法定单位。但“档案米”并不是现在所讲的那根著名的“国际米原器”。“国际米原器”是指在1889年第1届国际计量大会上通过的、根据“档案米”的长度、由瑞士SIP工厂制造的、经国际计量局鉴定的那根第6号米原器。

米原器的制作，是早在1869年就开始的，但直到1889年第1届国际计量大会前不久才定成。当时一共制造了31根，但在与“档案米”比较时，发现第6号米原器在0℃时的长度最接近“档案米”的长度，因此被选作“国际米原器”，作为世界上最权威的国际基准器，其余30根米原器，则通过抽签的办法，分发给参加签署“米制公约”的国家，作为“国家米原器”。

米原器是由90%的铂和10%的铱制成的，纵截面成X形。在它中间横肋的两端垂直于轴线方向各刻有三条彼此相距0.5毫米的细线，顺着轴线方向则刻有彼此相距0.2毫米的两

条较粗的线，在周围空气温度为 0°C 时，一端的三条细线中间的那一条细线和另一端相应的那条细线之间的距离便是米的法定的量值。

米原器的精度为 0.1 微米，这在当时来说，精度是相当高的，但随着科学技术的发展，精密仪器的不断产生，对计量精度的要求越来越高，它的精度显得不够了。

1791年，法国决定采用在 4°C 时的 1 分米³ 的纯水的重量称为千克，并在1799年制造出千克的基准器，由于当时也是把它保存在档案局的，所以叫“档案千克”。1872年，经过比较精确的测量发现重量为 1 “档案千克”的纯水在 4°C 时的体积并不是 1 分米³，而是 1.000028 分米³，这是说，“档案千克”的实际重量并不是原来定义的量值，于是和米的原来定义一样，产生了相同的问题。经过反复的研究和讨论，觉得还是废除原来的定义比较妥当，于是决定把“档案千克”作为重量单位千克的法定量值。

1889年第1届国际计量大会上通过的“千克原器”是仿照“档案千克”制定的，当时一共制作了41个，除选定一个作为“国际千克原器”外，其余40个也用抽签的办法分发给各签署“米制公约”的国家，作为“国家千克原器”。国际千克原器是高度和直径都为39毫米的铂铱合金圆柱体。

应该指出的是：“档案千克”是作为重量单位的基准的，而千克原器则是质量单位的基准。也正由于这个历史原因，在国际上力和质量的单位常混淆不清，在国内，特别是1959年国务院在关于统一我国计量制度的命令中，把力的单位和质量单位统一使用“公斤”之后，情况更为严重。

值得注意的是：在国际单位制中，长度单位米的定义，

已不再使用米原器，但质量单位千克，仍以“国际千克原器”为基准。

第1届国际计量大会，不只对长度、质量，而且对时间、温度等等一些最基本的物理量单位的定义，也作了重要的决议，使人类在历史上，第一次有了在国际上通用的、量值比较精确的单位，为其后的各种单位制的建立奠定了基础。

五、一些常见的单位制

为了解决某一学科或者解决整个工农业生产、科学技术、国民经济、日常生活各方面的计量问题而建立的一套有关基本单位和导出单位构成的单位系统，叫单位系或单位制。

由于所采用的基本量不同，基本单位不同，以及用来推导出量的定义方程式不同，历史上有过多种单位制，其中有的还广泛地流行在现在的一些科学技术部门、报章杂志和课本之中。如力学中的厘米·克·秒制（CGS制）、米·千克·秒制（MKS制）、重力单位制（工程单位制）、电学中的静电系单位制（CGSE制）、电磁单位制（CGSM制）、高斯制、实用单位制（MKSA制）等等。这些单位制，大都以长度、质量、时间为其主要基本量，以米、千克、秒或者这些单位的分单位为其主要基本单位的，因而都属于“米制”范围的，或者说成是“米制”的派生单位制。在声学、热学、光学等方面，虽然没有如力学、电学中那样有专门名称的、比较严密的单位制，但也各有一系列自成系统的单位。除此之外，还有英制以及各国国内使用的种种单位制，如我国国内日常生活中使用的市制。

(1) 厘米·克·秒制 (CGS制)

厘米·克·秒制是由英国学者贝·汤姆生提出来的。在1881年巴黎召开的第1届国际电学家会议上通过以后,曾在科学、教育部门广为流传,直到现在还到处都可以看到它的踪迹。

厘米·克·秒制以厘米、克、秒三个单位为基本单位的单位制,它的力单位是达因,压强单位为微巴(达因/厘米²),功的单位为尔格(达因·厘米),密度的单位为克/厘米³。它主要的导出量和所采用的定义方程式以及它们的导出单位,如表1所示。

(2) 米·千克·秒制 (MKS制)

米·千克·秒制是由意大利学者乔治在1901年提出来的,因为它的基本单位和大多数导出单位的尺度比较实用,所以比厘米·克·秒制使用得更广泛。在这个单位制中,力的单位是牛顿,压强的单位是牛顿/米²,功的单位是焦耳,密度的单位是千克/米³。其主要的导出量和采用的定义方程式和单位如表2所示。

(3) 重力单位制 (工程单位制)

重力单位制是在19世纪后半期提出来的,它的基本量是长度、力、时间,基本单位是米、千克力、秒。

在这个单位制中,力是基本量,质量是导出量。质量的定义方程式是: $m = \frac{F}{a}$, 单位的名称是“质量工程单位”——当物体受到的力为1千克力、所发生的加速度为1米/秒²时,这个物体的质量量值便是1“质量工程单位”。

由于力以千克力为单位,这个单位制中压强的单位为千