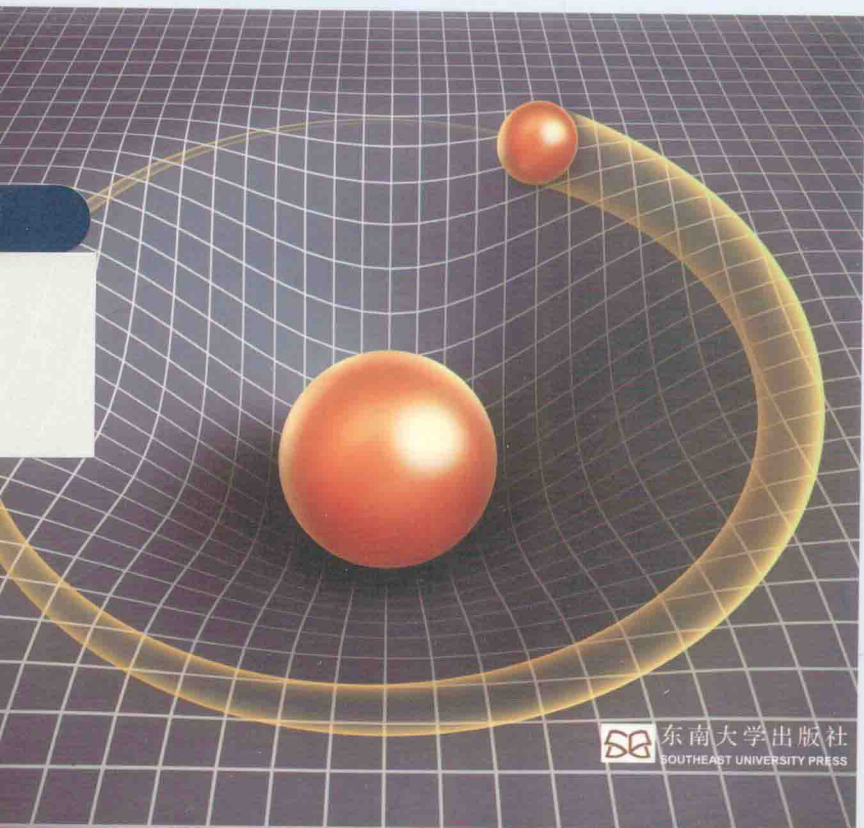


GUOJI DANWEIZHI YU
JIBEN WULI CHANGSHU

国际单位制与 基本物理常数

● 张常山 编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

国际单位制与基本 物理常数

张常山 编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内 容 提 要

本书首先从米制的创立出发,简要介绍了国际单位制的形成过程;然后就国际单位制中的三个基本单位——秒、米和千克的产生及演变情况作了较为详细的介绍,具体展示了基本计量单位是如何同基本物理常数发生关联的;最后就落实第二十四届国际计量大会所作出的关于采用基本物理常数重新定义国际单位制基本单位的决议所面临的问题进行了较为深入的阐述,并在结尾部分针对基本物理常数的取值问题提出了一点不同寻常的看法。

本书采用了科普式的书写方法,用词力求简单明了,便于阅读。对于从事与计量有关的工作人员和科技工作者而言,本书有助于了解国际单位制改制决定的由来、实施办法以及应该注意的问题等。对于非专业人士而言,通过阅读本书可以比较清楚地了解到日常生活中使用较多的时间单位秒、长度单位米以及质量单位千克的有关知识。

图书在版编目(CIP)数据

国际单位制与基本物理常数 / 张常山编著. —南京:
东南大学出版社, 2014. 12

ISBN 978-7-5641-5376-2

I. ①国… II. ①张… III. ①国际单位制②物理常数
IV. ①TB91②0346. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 280975 号

国际单位制与基本物理常数

出版发行 东南大学出版社

出 版 人 江建中

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 江苏省新华书店

刷 南京玉河印刷厂

开 本 880 mm×1230 mm 1/32

印 张 3.125

字 数 89 千字

版 次 2014 年 12 月第 1 版

印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-5376-2

定 价 20.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830)

前言

在日常生活中,人们离不开各种各样的单位。譬如,在考查某个家庭的生活开销时,便会涉及该家庭在一个月之内消费了多少度电、多少立方米的水和多少千克的大米等。其中“度”“立方米”和“千克”就是不同的单位。

在物理学中存在着一类被人们称作基本物理常数的物理量。所谓基本,是指这些物理量往往出现在较多的物理现象之中,起到了将这些现象内在关联起来的作用,进而让自然界表现为一个和谐的整体。对于基本物理常数,人们普遍相信它们拥有一个不随时间、地点的改变而变化的数值。

当然,这一说法只有在基本物理常数所涉及的计量单位保持不变的情况下才是正确的。单位改变了,基本常数的数值也会跟着变化。譬如,当长度单位选用米时,真空中的光速值为 299 792 458 米/秒;而将米改为英尺时,光速值就变成了 983 571 056. 43 英尺/秒。数值与计量单位之间的这种关联性,使得人们可以通过约定一些基本物理常数数值的方法来定义某些计量单位。

事实上,于 2011 年 10 月召开的第二十四届国际计量大会就作出决定,待到时机成熟时,便通过约定几个特定常数的数值来重新定义国际单位制中的基本单位。届时,将国际科学技术数据委员会所推荐的有关结果指定为这些常数的绝对精确值,进而精确地定义出一些基本单位的大小。之所以选用国际科学技术数据委员会提供的数据,源于人们相信由该机构通过审慎评定而得出的结果最为可靠。

显然,上述方案并未顾及国际科学技术数据委员会所提供的数据也可能存在误差的问题。其原因是,这一误差的存在只是让新定义的单位在量值上与原有单位之间产生一定的偏离而已。由于单位的定义本来就不存在某种客观约束,仅仅取决于人们的主观意愿,因此新

旧单位之间即便出现了一些偏离也不是什么大问题。

不过,换个角度看,情况似乎有些不同。尽管一个基本物理常数可以出现在众多的物理现象之中,但从总体上看,每个常数都有其侧重的领域。这些领域作为大自然的一个个组成部分,彼此间应该存有一定程度或一定层面上的协调性。这种协调性本质上要求有关常数之间保持一种相互协同的关系,进而限制了对单个基本常数进行独立赋值的自由。如此说来,在协同性的框架下,有可能为基本物理常数确定出一个客观性数值,而不必仅仅依赖于实验测量。

本书简单介绍了国际单位制中与人们的日常生活息息相关的时间、长度和质量的基本单位的产生、发展及完善的大致情况,通过实例展示了基本物理常数同计量单位之间的密切联系。最后对于基本常数的实验测量和理论推算所涉及的一些问题进行了阐释,并介绍了几项观察结果。

目 录

第 1 章 国际单位制	(1)
1.1 单位与单位制	(1)
1.2 单位的选择	(2)
1.3 米制的建立	(4)
1.4 国际计量大会与国际单位制	(7)
第 2 章 秒的产生及演变	(11)
2.1 机械钟与约翰·哈里森的故事	(11)
2.2 长短不一的一天	(17)
2.3 世界时、历书时和原子时	(19)
2.4 相关链接——现代钟表与协调世界时	(23)
第 3 章 米与光速	(26)
3.1 曾经的米尺	(26)
3.2 伟大的思想	(27)
3.3 世代相传的努力	(29)
3.4 启迪	(34)
第 4 章 千克的再定义	(36)
4.1 变化着的千克原器	(36)
4.2 瓦特天平	(37)
4.3 谨慎的抉择	(40)
第 5 章 国际单位制的改制	(42)
5.1 与改制相关的决议	(42)

5.2	基本物理常数的评定	(43)
5.3	几个重要的物理常数	(45)
5.4	精细结构常数的可计算性	(54)
第 6 章	潜在的问题	(58)
6.1	是是非非的量子电动力学	(58)
6.2	来自实验的困惑	(64)
6.3	并非尾声的尾声	(66)
附录 I	历届国际计量大会的概况	(71)
附录 II	关于 SI 改制的决议	(79)
附录 III	历届基本物理常数推荐值(简表)	(88)

第 1 章 国际单位制

1.1 单位与单位制

所谓单位,简单地说,就是汉语中的量词。

追根溯源,单位产生于计数过程。

例如,要知道某只桶里装有多少水,就要对水进行计数。具体做法是选定一种小的容器,譬如一只小茶杯,用它将桶里的水一次次地舀出来,同时记下所舀的次数,直到水被舀完为止。最终的次数表示了水的数量,而小茶杯便是通常所说的单位。

何谓单位制?

简单地说,就是关于各种单位如何选取的一种规定。

单位的选取,完全听凭于人们的喜好或习惯。以舀水为例,既可以选小茶杯,当然也可以选择其他的小型器具,如小酒盅或小瓷碗等。不同的选择意味着选取了不同的单位,进而形成不同的单位制。这方面的一个典型例子是长度。若将其单位取为“码”,是为英制;取为“尺”,是为市制;而取为“米”时,则为公制或米制。

就科学研究而言,单位制还包含着另一层意思。以物理学为例,在众多的分支领域中,涌现出了许许多多的物理量。粗略地看,似乎每一个物理量都应该被赋予一个独一无二的单位。实则不然。因为通过实践人们发现,虽然物理量众多,但是能够将不同物理量关联起来的物理学公式也很多,一一核算下来,真正具有独立性的物理量仅有少数几个。一旦选定了这几个物理量并赋予某个单位,那么其他物理量所带单位均可以利用这几个单位的特定组合表示出来。至于要将哪些物理量挑选出来作为独立性参量,又以何种方式规定其单位,同样听凭于人们的喜好或习惯。人们按照自己的意愿每作出一种选择,便给出了一种单位制。因此在物理学的发展进程中,曾经出现过

厘米·克·秒制(CGS制)、绝对静电制(CGSE制)、绝对静磁制(CGSM制)、高斯制、原子制等多种单位制。

1.2 单位的选择

在人类社会的发展进程中,最早被赋予单位的,是与人们的日常生活息息相关的长度、重量、时间等。那么早期的单位具有什么样的特点呢?

以长度为例。在三国时期(公元三世纪)王肃所编撰的《孔子家语》一书中就著有“布指知寸,布手知尺,舒肘知寻”。由此可见,早期的长度单位“寸”、“尺”和“寻”均取自人体上肢的某一部分。在西方同样如此。例如英制中的“码”(yard),原本取自手臂水平侧向伸直时,从一个男人的鼻尖到其中指指尖的距离。

以上述方式制定单位,其好处显而易见:每个人都可以身体力行地感知各种单位的实际大小,省却了权威部门为宣传、普及单位所需花费的大量人力和物力。就单位本身而言,则表现出了简便易行的优点。

不过,简便归简便,存在的问题也不小。以“码”为例,不同身材的男人,其鼻尖到中指指尖的距离必定不同,那么应该参照哪个男人的身体来制定“码”的长度呢?与此同时,选择这个男人的正当性又如何呢?

别的不说,这个男人最起码要具有足够高的权威性才行。如此说来,只有国王才有资格担此重任。可问题是,国王的寿命是有限的,一旦去世,支撑有关规定的原始依据便永远消失了。以后如果就单位问题产生纷争,将很难妥善解决。鉴于此,在公元1150年,苏格兰国王戴维一世就作出决定:将三个身材分别是高大、中等和矮小的男人的大拇指宽度的平均值设定为英寸,同时将36英寸指定为1码。

作出如此规定虽然解决了单位出自何处的问题,但并没有封堵住某些漏洞。例如,生活在不同地区的人们,其身材往往存在着整体性的差异。因此,按照上述办法确定出来的“码”不可避免地带有地区色彩。其结果是,虽然叫着同样的名字,但是此“码”非彼“码”也,从而导

致不同地区的人们实际上使用着大小不一的单位。而单位的不统一,轻则给人们的日常生活带来不便,重则将造成一些比较严重的后果。关于后者,十多年前就曾出现过一例。

1998年12月11日,美国国家航空航天局在佛罗里达州卡纳维拉尔角发射场,用德耳塔火箭将一个用于研究火星气候和气象的宇宙飞船——火星气候轨道器(MCO)发射升空。经过长达九个半月的长途飞行后,飞船于1999年9月23日进入到环绕火星的轨道。这时,按照预先制订的计划,飞船的主引擎被再次启动,目的是让飞船改变运动姿态,斜向下方以掠过火星表面的方式飞出去,以便发回有关火星大气层及其气候的重要数据。但是点火指令发出后,地面人员迟迟未能接收到预期中的数据。不久之后,与飞船之间的通信联系也中断了。事后查明,飞船再次点火后并没有像预先计划的那样紧挨着火星的表面飞出去,而是坠毁在了火星上。之所以出现这样的结果,直接的原因是飞船距离火星表面的实际高度比预先设计的数值偏低了96.6千米。

为什么会出现这样的结果?难道预先制定的方案有问题吗?

于是,美国国家航空航天局组建起一个调查委员会来分析事故产生的原因。结果发现,事故源于控制飞船日常运转的洛克希德马丁公司提供给美国航天飞行控制中心的有关火箭助推器的数据使用的是英制单位,而控制中心以为自己接收到的数据像国际间通行的做法那样,使用的是国际制单位。结果存在于英制与国际单位制之间本不算很大的偏差,直接导致了飞船偏离预定轨道96.6千米,进到一条自杀性轨道里去了,并最终坠毁在火星的表面上。事故调查委员会给出的结论称:

火星气候轨道飞行器事故调查委员会已确认,火星气候轨道器飞船失败的根本原因是用错了度量单位。

就这样,价值1.25亿美元的航天器,九个半月的测控努力,以及之前为这个项目所开展的大量预备性工作就因为计量单位上出现的差错而报废掉了。

关于计量单位,生活在两千多年前的秦始皇就认识到了“字同文,

车同轨”的重要性。在他消灭了其他六国之后,便开始致力于在全国范围内推广统一的度量衡制度。为此,秦始皇采取了一种本质上属于强加于人的方法,其结果是用时短、见效快。但是这种带有强权色彩的办法对于一般的统治阶层而言,轻易不会使用。于是,如何让人们放弃久已习惯的计量单位,转而接受一套陌生的度量衡制度是一个颇费思量的问题。

对此,发生在十八世纪末的法国大革命催生出了一个很好的想法:让度量衡拥有普适性的特点,它既不是某个国家、地区或民族的特定物,也不存在让某个国家、地区或民族占有某种先机的可能性,因而实施起来就不会让人产生强烈的抗拒心理。能够集中表达出以上想法的,是夏尔·莫里斯·德塔列朗-佩里戈尔(C. M. de Talleyrand-Périgord)所发表的如下声明:

为了能够实现度量衡的一致性,就必须制定自然的和不变的质量单位。而将这种一致性推广到其他国家并敦促他们也赞成这一计量系统,唯一的办法就是让所选取的单位不是任意的,而且不含地球上任何民族的任何特定物。

创生于十八世纪末的米制很好地实现了上述构想。

1.3 米制的建立

所谓米制,是指长度用米,质量用源于米的千克作单位的一种计量制度。

米制起源于法国。

法国人之所以能够率先建立起米制这一计量制度,其原因有两个:第一,在十八世纪的法国,各个地区所使用的计量单位均不相同。一个曾经去过英国的英国人就抱怨说:“法国计量单位的混乱简直令人难以想象,不仅各个省不同,各个地区不同,就连各个城、镇都不尽相同。”根据有关资料,当时出现在法国境内的计量单位多达 25 万个。这种状况给生活在不同地区的人们开展文化交流和贸易往来造成极大的不便。因此在大革命前的 1788 年,大约有 128 份地区会议报告要求统一计量单位,约有上千份的村镇会议报告支持在法国全境建立

起统一的度量衡制度。第二,1789年爆发的大革命,在法国各地营造出了一种前所未有的狂热气氛。普通民众所表现出来的高涨的革命热情为科技工作者摆脱传统束缚,建立起新的计量体系提供了一个千载难逢的大好机会。

因此,在大革命爆发后的次年,即1790年,德塔列朗-佩里戈尔就向新成立的法国国民议会建议,将摆动周期为1秒的单摆(简称秒摆)摆线的长度规定为长度的基本单位。不过,从物理学的有关知识中可以了解到,在摆动周期保持一定的情况下,摆线的长度与单摆所处位置的重力加速度密切相关。而影响重力加速度的因素有很多。因此从一个比较广阔的区域来看,秒摆的线长并不具有统一性,不适合作为长度基准。

于是德塔列朗-佩里戈尔的建议遭到了法国科学院的反对,该院倾向于另一项建议——将长度基准与地球子午弧的长度联系起来。经过慎重考虑,法国科学院于1791年3月19日正式决定,将法国敦刻尔克海口与西班牙巴塞罗那连线所在的地球子午弧长度的一千万分之一作为长度的基本单位,取名“米”。同月的26日,法国国民议会批准了科学院作出的上述决定。

接下来便是对指定的子午弧展开测长工作。1792年4月,法国外交部就有关事项与西班牙政府达成一致。科学院方面,为加快工作进度,同时也是为了让测量结果有个内部参照,决定将拟定的子午弧划分为南、北两段。其中南段位于罗德兹和巴塞罗那之间,由麦卡恩(Méchain)负责;北段位于罗德兹和敦刻尔克之间,由德拉布里(Delambre)负责。1792年9月7日,法国国民议会通过投票,正式任命德拉布里和麦卡恩为人民政府特使,同时命令各地方政府对他们的测量工作予以积极配合。之所以提出这样的要求,是因为当时的法国正处于大革命时期,政局比较混乱,村镇一级的民兵组织活动猖獗。如果得不到地方政府强有力的支持,不要说测量工作能否正常开展起来需要打个问号,就连测量人员的人身安全能否得到保障都是一个问题。事实上,由德拉布里率领的测量队就曾经几次置身于非常危险的境地。

尽管事先有了一定的思想准备,但是测量任务实际的艰巨性还是大大出乎当事人的意料。例如,作为南线负责人的麦卡恩,在动身前往西班牙时,曾预计用时7个月就能够完成任务而回到巴黎。结果耗费了7年时间,直到1799年才得以完成任务。

作为整个工作的一部分,在此之前的1798年6月,在数学兼天文学家拉普拉斯(Laplace)的催促下,法国科学院向荷兰、丹麦、瑞士、西班牙和意大利等国的有关学者们发出了信函,邀请他们来巴黎一同商讨“米”的产生问题。法国科学院之所以邀请来外国学者,目的是为了防止其他国家对于由法国单独确定出“米”的长度心怀忌妒或不满,进而懈怠于“米”的宣传和推广工作。

1798年的9、10月间,受到邀请的各国学者们陆续来到巴黎。但是直到1799年的2月份,他们才见到由德拉布里提交的敦刻尔克至罗德兹一线的测量数据。麦卡恩提交数据的时间则更晚,拖延到了3月22日。此后,学者们对两个人的测量数据进行了仔细的计算分析,结果发现了一些问题。例如,从新数据中得出的地球偏心率约为 $1/150$,是原有数值 $1/334$ 的两倍多。面对这个意想不到的新情况,学者们经过激烈讨论,最终认定 $1/150$ 的偏心率只是反映了所测子午弧的个别情况,而原有数值 $1/334$ 更符合地球的整体情况,因此应该选用 $1/334$ 而非 $1/150$ 的偏心率来确定“米”的长度。最终得出该长度若采用巴黎当时使用的长度单位“分”来表示的话,等于443.296分。

接下来便需要制造出表征“米”长度的实物器具。这项工作又涉及一些具体问题。譬如,该器具应该选用何种材质打造,外形上应采取怎样的几何形制等。学者们最终决定,选用金属铂,打造出横截面为矩形,左、右两端之间的距离正好等于1米的长杆状物件。打造任务最终交给英国人勒努瓦。因为此人不仅是伦敦城里最好的仪器建造师,而且更为重要的是,由他发明的比长仪的精度能够达到百万分之一“突阿斯”,即现今的1.8微米。勒努瓦花费了两个多月的时间才将法国科学院提供的4根铂杆打造成了长度均为1米的尺子,并从中挑选出最接近“米”的规定值、相对误差仅有0.001%的那根作为标准用尺。

1799年6月22日,法国科学院举行盛大仪式,将勒努瓦选取的标准米尺交给法国国民议会。国民议会随后将该尺存放于法国档案局,史称“档案米”(Metre des Archives)。1799年12月10日,国民议会颁布法律,将“档案米”规定为长度原器。至此完成了对长度单位米的定义工作。

关于质量,其实早在1795年4月7日,法国国民议会就曾颁布过一项法律,规定在冰点(即 0°C)时体积为1立方厘米的纯水所具有的绝对质量为1克。所谓厘米,乃1米长度的百分之一。不过,那时子午弧的测量工作远没有完成,米的精确长度还是个未知数,出现在上述规定中的厘米是如何得来的呢?

原来,在更早的1793年,应大革命政府的要求,法国科学院计量委员会就拟议中的米计算出了一个大致数值。1793年8月1日,国民议会将该数值规定为“临时米”。既有了“临时米”,自然就有了分米、厘米等单位。

事后人们发现,水的密度在 4°C 时具有最大值。于是法国国民议会便修改了原先的规定,转而将 4°C 时体积为1立方分米的纯水所具有的绝对质量规定为1千克,并作为质量的基本单位使用。1799年6月22日,纯铂材质的千克砝码制作完成,后来送存于法国档案局,史称“档案千克”(Kilogramme des Archives)。同年的12月10日,法国国民议会颁布法律,将“档案千克”规定为质量原器。就这样,关于质量单位的定义工作也宣告完成了。与此同时,也宣告了米制的诞生。

1.4 国际计量大会与国际单位制

自诞生之日起,米制就缓慢而坚定地在全世界各地推广开来。

首先是在欧洲的几个低地国家实行,如荷兰、比利时、卢森堡等,紧接着在西班牙、葡萄牙、意大利等国实行。1848年至1863年间,位于美洲的智利、哥伦比亚、厄瓜多尔、墨西哥、巴西、秘鲁和阿根廷等相继实行了米制。1864年,英国开始允许米制与英制单位并行使用。到了1868年,德国也宣布自1872年1月1日起采用米制。

但在学术界,米制的情况却不容乐观。诸如这一计量制度究竟是

法国的还是世界的？是自然的还是历史的？是科学的产物还是法律规定的结果？是来自地球抑或只是人造的一根尺子和一块砝码？诸如此类的问题，在每年召开的国际大地测量会议上，都引起学者们的激烈争论。除此之外，还有一个很现实的问题。由于作为基准的“档案米”与“档案千克”被法国国家档案馆保存着，因此凡是采取了米制的国家若想检验自己保存的长度和质量基准是否准确，都不得不请求法国人帮忙。久而久之，有人便产生了成立一个国际性机构来负责处理与计量有关的问题的想法。

1867年，在法国巴黎举办的世界博览会期间，一些学者自发创建了度量衡与货币委员会，负责推动度量衡与货币制度在全世界范围内的统一。鉴于此，1869年，由法国政府出面，邀请多个国家派出代表来巴黎一同商讨“如何维护米制的普遍性，如何为这种普遍性确定出一个国际化的运作模式，如何在与‘档案米’和‘档案千克’保持一致的基础上满足各国科学发展的需要”等问题。

然而，计划中的国际会议尚未召开，法国与普鲁士之间就爆发了战争。其结果是法国战败，拿破仑三世被迫下台，法国又恢复了共和体制。1872年，新成立的法兰西共和国再一次邀请各国学者来巴黎商讨与米制有关的问题，结果有30个国家派出了代表团。通过讨论，代表们最终决定，参照巴黎档案局所保存的“档案米”和“档案千克”制造出一批新的米尺和千克砝码，分发给与会各国作为原器使用。

关于拟议中的米尺和千克砝码，代表们决定采用含铱10%的熔融铂铱合金来打造它们，并且米尺的横截面要采取近似于“X”的形状。所谓近似，是指对应于“X”中的交点是一个水平的平台，其上刻有两条平行线段，彼此间的距离正好等于1米。这样的设计相对于原先的“档案米”而言有了很大的改动。之所以如此，是因为人们发现“档案米”在与各种工作基准进行频繁比较的过程中，左、右两个端面均受到了轻微的磨损。

1875年3月1日，法国政府再一次召集了有20个国家参加的“米制外交会议”。此次会议不仅批准了前次会议所作出的有关决定，而且在会议的最后阶段，继续留在会议上的17个国家的代表正式签署

了《米制公约》。公约规定从此以后通过召开国际计量大会的方式处理与计量有关的重大问题,并决定组建国际计量委员会,下设国际计量局作为其常务机构。出于种种考虑,法国方面慷慨地将位于巴黎的布雷特依宫捐献出来,用作拟成立的国际计量局的办公场所。

国际计量委员会一成立便立即着手打造原计划中的米尺和千克砝码。关于米尺,截止到1887年,一共打造出了31件样品。通过检定,发现编号为No. 6的那根在 0°C 时最接近“档案米”的长度,于是国际计量委员会将其确定为国际米原器,简称“国际米”。其余30件样品,虽然在准确性上略逊于“国际米”,但是其刻线间距与1米之间的偏差均极其微小。

关于千克砝码,前后共制作了两批。第一批仅有3件,分别称为K I、K II和K III(从理论上讲,千克砝码应该被设计成圆球形,因为在同等体积下,球体的表面积最小,意味着外界的影响面也最小。但是鉴于球体在加工、调准以及使用方面的诸多不便,千克砝码最终被设计成了高度和直径均为39毫米的圆柱体)。1880年,由四位观察员在巴黎天文台将经过抛光及校准后的K I、K II和K III与“档案千克”分别进行了比较,发现其中的K III最接近“档案千克”的质量。1883年,国际计量委员会决定将K III选为千克基准,起名“国际千克”。其余两件以及第二批制作出来的40件砝码与“国际千克”之间的偏差均未超过1毫克。

1889年9月24日至28日,第一届国际计量大会在法国巴黎顺利召开。大会批准了以“国际米”和“国际千克”为基础的长度和质量单位的定义。大会期间,国际计量委员会决定将K I和编号为No. 1的砝码作为“国际千克”的两个作证原器,并按照“国际千克”的条件予以保存;将编号为No. 9和No. 31的这两块砝码交给国际计量局作为工作原器;将No. 7、No. 8、No. 29和No. 32这4个编号的砝码留作备用;其余34件(包括K II)连同30根米尺一起通过抽签的办法分发给《米制公约》的签约国,充当这些国家的长度和质量基准。

在第一届大会之后,又陆续召开了20多次国际计量大会,针对不同时期出现在计量领域里的特定问题展开讨论并作出相关决议。历

届会议的大致情况汇总于附录 I。

从单位制的角度看,第一届国际计量大会批准了以“国际米”和“国际千克”为基础的长度和质量单位的定义,意味着基于米和千克的米·千克·秒制(MKS)就被正式建立起来了。此后的主要进展发生在 1948 年,于该年 10 月 12 日至 21 日召开的第九届国际计量大会责成国际计量委员会制定出一种所有《米制公约》签约国都愿意采用的实用型单位制。6 年后召开的第十届国际计量大会决定,采用长度,米(m);质量,千克(kg);时间,秒(s);电流,安培(A);热力学温度,开氏度(K)和发光强度,坎德拉(cd)这 6 个物理量及其单位组成“实用单位制”。1960 年,在第十一届国际计量大会上,“实用单位制”被正式命名为“国际单位制”,简称 SI。

再往后,出于对化学现象根植于分子、原子和离子的个体实在性,因而对于化学物质而言,其含有的基本组成单元的数量是一个比其质量更为重要的概念这一考虑,有学者建议在国际单位制中添加上描述化学物质所含基元的多少这样一个物理量。最终,于 1971 年召开的第十四届国际计量大会决定将“物质的量”及其单位“摩尔”吸收进国际单位制。至此,包含着 7 个基础物理量及其单位的国际单位制就被定型下来了。

从 1971 年至今,40 多年的时间过去了,虽然从形制上看,国际单位制并未发生任何变化,但在具体内容上,却有了很大的改变。回顾一些单位,特别是与人们的日常生活息息相关的时间、长度和质量单位的产生、发展直至完善的过程,可以从一个侧面很好地了解近现代以来计量技术所取得的长足发展,以及物理学在这一发展进程中所发挥的巨大作用。