

量和单位国家标准宣贯资料

国家技术监督局单位制办公室 组编



科学技术文献出版社

内 容 提 要

量和单位国家标准是一套重要的基础性的国家标准,涉及到各学科各行业,是国民经济各部门经常使用的技术规范。为宣贯和实施 1986 年发布的这套标准而编写了这本资料。书中对主要量和单位的一些基本概念以及在使用标准时应注意的问题,作了确切的解释和说明;对有关国际组织所推荐的一些量和单位作了简要介绍。书末附有大量参考资料和换算表格。

本书可供从事标准、计量、工程技术、科学研究、教育、科技出版编辑、医药卫生、环保、国内外贸易、工农业生产和经济管理的有关人员参考。

量和单位国家标准宣贯资料

国家计量局单位制办公室 组编

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 各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 字数 534 千字

1989年3月第一版 1989年3月第一次印刷

印数: 1—5000

标准新书目: 105—002

ISBN 7-5023-0712-5/Z-18

定价: 8.10 元

前 言

国家标准局于1986年5月19日以国标函[1986]200号文件批准了有关量和单位的15项基础国家标准,并规定从1987年3月1日起在全国实施。这15项国家标准是: GB3100—86《国际单位制及其应用》, GB3101—86《有关量、单位和符号的一般原则》, GB3102.1—86《空间和时间的量和单位》, GB3102.2—86《周期及其有关现象的量和单位》, GB3102.3—86《力学的量和单位》, GB3102.4—86《热学的量和单位》, GB3102.5—86《电学和磁学的量和单位》, GB3102.6—86《光及有关电磁辐射的量和单位》, GB3102.7—86《声学的量和单位》, GB3102.8—86《物理化学和分子物理学的量和单位》, GB3102.9—86《原子物理学和核物理学的量和单位》, GB3102.10—86《核反应和电离辐射的量和单位》, GB3102.11—86《物理科学和技术中使用的数学符号》, GB3102.12—86《无量纲参数》, GB3102.13—86《固体物理学的量和单位》。

量和单位的这15项基础国家标准第一版,是根据我国“积极采用国际标准和国外先进标准”的政策,以国际标准化组织(ISO)的相应国际标准 ISO1000, ISO31/0—ISO31/13 为蓝本,参考经济发达国家的国家标准和国际科学技术组织推荐的内容,结合我国情况制定的。考虑到量、单位及其相关术语的汉字名称的国际标准化问题,当时特别注意参考了使用汉字的国家和地区的有关标准,并根据国际标准和经国务院批准由中国国际单位制推行委员会颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》,全套标准采用了国际单位制(SI)。标准自1982年颁布以来,经各部委、各省市自治区人民政府,有关企业事业单位和科学技术部门的试行和宣贯,取得了较好的效果,初步改变了我国量和单位的混乱和落后状态,并且在配合宣贯国务院于1984年2月27日发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》(以下简称《命令》)中,起到了积极的作用。

为了贯彻《命令》,全国量和单位标准化技术委员会于1985年4月26日至30日在湖南大庸举行了第四次扩大会议,对标准进行了修订。由于第一版内容与最新的国际标准基本上是一致的,同世界各国同类标准相比,具有相同的先进性,加之这套标准刚在全国实施,需要一段相对的稳定时间。因此,除了必要的修订外,一般未作较大的变动。个别专业学科的国际组织对个别量的新决议[例如,国际理论化学和应用化学协会(IUPAC)物理化学部电化学分委员会和分析化学部电分析化学分委员会关于量pH的定义及其有关问题的决议],只要标准与它不冲突,就未纳入该标准,这样便于与国际标准一致。如果将来国际标准采纳了这些决议,我们再考虑纳入我国标准。但是有些类似这样的内容,我们作为附录已编入本书,供读者了解和参照使用。

这套量和单位的国家标准是属于强制性的国家标准。它明确规定了国际单位制的内容和使用方法,量、单位和符号的一般原则,基础学科的一些最基础的量和单位的名称、符号,在一般情况下还给出了量的定义,这些定义虽然不一定是完全的,只是为了便于识别,但是一般还是反映了当代的概念。修订后的标准是贯彻《命令》,也是贯彻1986年7月1日生效的《中华人民共和国计量法》在各学科领域的具体规定。要在各学科中具体地、正确地使用国家法定

计量单位,就必须使用这套标准。这套标准是我国进行改革开放和社会主义现代化建设的重要的科学技术方面的基础性文件,实际上是各学科的语法基础。

由于这套标准采用了 SI,也就采用了 SI 的量制。一个时代的先进的单位制,可以把人们已认识的或掌握的自然科学和技术,科学地、合理地 and 规范化地表示出来,帮助人们扩大交流和应用,并帮助人们不断地、更进一步地和准确地研究新的科学技术问题,保证和促进科学技术的不断发展。没有先进的计量单位制,就没有先进的科学技术,反之,先进的科学技术,又会促进计量单位制和计量科学技术的不断发展。当代最先进的计量单位制是 SI。联合国和所有经济发达国家,所有经济和科学技术的国际组织,都毫无例外地接受了 SI。我国的《计量法》明确规定:国家采用国际单位制,国际单位制计量单位和国家选定的其他(15个)计量单位,为国家法定计量单位,非法定计量单位应当废除。国务院以命令形式发布的以 SI 为基础的《中华人民共和国法定计量单位》,就是在我国强制推行 SI。我们完全可以高兴地预料,贯彻实施这套国家标准,必将对我国四化建设产生积极的促进作用。

我们希望这本书能对读者在宣传和使用这套标准时有所帮助。在本书的编写和修订过程中,得到杜庆华教授,陈明绍教授和胡日恒教授等全国量和单位标准化技术委员会的同志们热情关怀和帮助。中国计量出版社的王秉义同志付出了辛勤的劳动。我们在这里向他们和所有关心和支持本书出版的同志表示衷心的感谢。参加本书编写和审定的同志有(按编写和审定的章节为序):杜荷聪、陈维新、李慎安、黄最明、王家石、陈铭诤、徐大刚、麦伟麟、徐唯义、刘天和、吕维纯、刘远迈、卢希庭、陈丽姝、高冠群、李志深、陈业勤、王以铭。刘天和、杜荷聪为本书统稿,并作了大量的组织工作。刘兴隆,赵燕同志也为本书做了很多工作。

本书在编写过程中,参考了国内外的一些有关书刊。在此谨向有关作者致谢。

由于我们的时间和水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳请读者随时批评指正。

编 者

1987 年 5 月于北京

目 录

前言	i
1. 国际单位制及其应用	1
§ 1.1. 国际单位制的形成及其发展	1
§ 1.2. 国际单位制的基本内容	3
§ 1.3. 国际单位制的优越性及推行情况	4
§ 1.4. 国标 GB3100—86 与国内外有关计量单位的关系	9
§ 1.5. 我国采用米制和推行国际单位制概况	10
§ 1.6. 使用国际单位制应注意的问题	14
2. 量、单位和符号的一般原则	19
§ 2.1. 量纲	19
§ 2.2. 量或物理量	22
§ 2.3. 单位	24
§ 2.4. 数值	28
§ 2.5. 方程式	29
§ 2.6. 经验常数	32
§ 2.7. CGS 制及其单位	33
§ 2.8. 我国法定计量单位的构成原则	35
§ 2.9. 单位换算	37
3. 空间和时间的量和单位	40
§ 3.1. 长度	41
§ 3.2. 时间	52
§ 3.3. 平面角与立体角	63
§ 3.4. 空间和时间的其他量和单位	67
4. 周期及其有关现象的量和单位	70
§ 4.1. 关于 GB3102.2 采用的计量单位	70
§ 4.2. 对有关量的说明	70
5. 力学的量和单位	78
§ 5.1. 力学学科的特点	78
§ 5.2. 力学中使用的单位和单位制	79
§ 5.3. SI 中的力学单位与“工程单位制”的区别	80
§ 5.4. 关于主要力学量和单位的说明	80
6. 热学的量和单位	97
§ 6.1. GB3102.4 的制定与修改	79
§ 6.2. 热学领域中的系统与平衡	79
§ 6.3. 温度、热力学温度	99
§ 6.4. 有关体积和压力变化的量	104
§ 6.5. 热和比热容	106

§ 6.6. 有关传热的量	109
§ 6.7. 熵	111
§ 6.8. 内能、焓、亥姆霍兹函数和吉布斯函数	113
7. 电学和磁学的量和单位	117
§ 7.1. 四基本量有理化方程系	117
§ 7.2. 对一些量和单位的说明	119
§ 7.3. 关于 GB3102.5—86 的附录	128
8. 光及有关电磁辐射的量和单位	130
§ 8.1. 标准的适用范围	130
§ 8.2. 标准内容的重点说明	130
9. 声学的量和单位	146
§ 9.1. 标准的制定过程	146
§ 9.2. 关于声学量的名称和单位	147
10. 物理化学和分子物理学的量和单位	151
§ 10.1. 物质的量	151
§ 10.2. 两物质的量的比值	152
§ 10.3. 关于形容词“摩尔”和偏摩尔量的概念	153
§ 10.4. 物质的量的 SI 单位摩尔	154
§ 10.5. 浓度	155
§ 10.6. 化学反应进度	156
§ 10.7. 化学热力学的量及其有关问题	158
§ 10.8. 化学动力学的量及其有关问题	175
§ 10.9. 电化学的量及其有关问题	181
11. 原子物理学和核物理学的量和单位	191
§ 11.1. GB3102.9—86 同 ISO 及国际上一些国家的标准的比较	191
§ 11.2. GB3102.9—86 中几个量的说明	192
§ 11.3. 关于几个单位的换算关系	200
12. 核反应和电离辐射的量和单位	201
§ 12.1. GB3102.10—86 与 ISO31/10—1980 和 ICRU 第 33 号报告的比较	201
§ 12.2. 描述辐射场的量	203
§ 12.3. 描述辐射与物质相互作用的量	204
§ 12.4. 剂量学中几个常用的量	205
§ 12.5. 有关放射性的量	208
§ 12.6. 辐射防护中使用的量	209
§ 12.7. 单位的换算关系	213
13. 物理科学和技术中使用的数学符号	215
§ 13.1. GB3102.11—86 与 ISO31/11—1978 的比较	216
§ 13.2. 正确地使用 GB3102.11—86 的某些符号	220
14. 无量纲参数	224
§ 14.1. 传递现象	224
§ 14.2. 量纲和无量纲量	224
§ 14.3. 动量传递中的无量纲参数	226

§ 14.4. 热量传递中的无量纲参数	240
§ 14.5. 动量、热量和质量传递的类似——传热和传质因子	245
§ 14.6. 物质性质无量纲常数—— Pr , Sc , Le	250
§ 14.7. 磁流体动力学中的无量纲参数	252
15. 固体物理学的量和单位	255
§ 15.1. 国际标准 ISO31/13—1980 的概况	256
§ 15.2. GB3102.13—86 与 ISO31/13 的比较	257
§ 15.3. 使用 GB3102.13—86 应该注意的问题	258
附录	261
附录 1 米制公约成员国	261
附录 2 世界上一些国家和地区的米制化情况	261
附录 3 SI 词头	264
附录 4 在有限制字体的系统中 SI 单位和其他单位的表示方法 (ISO2955—1974E)	265
附录 5 IEC 关于物理量下角标的建议	269
附录 6 国际计量大会和国际计量委员会有关空间和时间单位的决定	279
附录 7 简单系统的偏微分关系式	286
附录 8 热力学第一定律用于开口系统的推导	291
附录 9 1968 年国际实用温标 (IPTS—68) 的固定点	293
表 1 IPTS—68 的定义固定点及其估计误差	293
表 2 IPTS—68/75 第二类参考点	293
附录 10 电磁辐射波谱图	294
附录 11 GB3102.5—86 同 ISO31/5, IEC-Publication 27—1 量的名称和符号对照表	295
附录 12 常见错用计量单位符号举例	298
附录 13 英制中有关空间和时间单位	300
附录 14 常用单位换算表	303
表 1 长度单位换算系数表	303
表 2 面积单位换算系数表	304
表 3 体积(容量)、截面系数单位换算系数表	304
表 4 截面惯性矩、极惯性矩单位换算系数表	306
表 5 平面角单位换算系数表	306
表 6 时间单位换算系数表	307
表 7 加速度单位换算系数表	307
表 8 速度单位换算系数表	308
表 9 角速度单位换算系数表	308
表 10 质量单位换算系数表	308
表 11 质量流量单位换算系数表	311
表 12 体积流量单位换算系数表	311
表 13 线密度单位换算系数表	312
表 14 面密度单位换算系数表	312
表 15 密度单位换算系数表	312
表 16 面积质量比的单位换算系数表	314
表 17 质量浓度单位换算系数表	314
表 18 比体积(比容积)单位换算系数表	314
表 19 转动惯量单位换算系数表	316
表 20 力单位换算系数表	317

表 21	力矩、功单位换算系数表	317
表 22	压力、应力单位换算系数表	317
表 23	动力粘度单位换算系数表	318
表 24	运动粘度单位换算系数表	320
表 25	功、热、能单位换算系数表	320
表 26	功率单位换算系数表	322
表 27	温度、温差和温度间隔换算公式	322
表 28	电磁学量的 CGS 制单位、国际单位与 SI 单位对照表	322
表 29	光照度单位换算表	324
表 30	波长单位换算表	324
表 31	光亮度单位换算表	325
附录 15	CIE 暗视觉光谱光视效率(对青年人眼睛)	326
附录 16	分贝 (dB) 表	329
附录 17	奈培 (Np) 表	334
附录 18	分贝 (dB)→奈培 (Np)	338
附录 19	奈培 (Np)→分贝 (dB)	339
附录 20	声学量的级 (dB) 与声压、声强、声功率值换算表	340

1. 国际单位制及其应用

国家标准 GB3100—86《国际单位制及其应用》，是 1982 年版的修订版。

此标准是依据 1984 年 2 月 27 日发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，并参考国际计量局出版的《国际单位制 (SI)》(1985 年第 5 版)进行修订的。

国际单位制 (SI) 是 1960 年第 11 届国际计量大会 (CGPM) 通过的。国际计量局 (BIPM) 根据历届 CGPM 关于国际单位制的修改决议，先后编辑出版了《国际单位制 (SI)》5 次版本 (1967 年第 1 版，1973 年第 2 版，1977 年第 3 版，1981 年第 4 版，1985 年第 5 版)，对国际单位制不断作了完善和补充。

国际标准化组织 (ISO) 所属量、单位、符号、换算系数和换算表技术委员会 (ISO/TC12) 负责制定的国际标准 ISO 1000《SI 单位及其倍数单位和一些其他单位的应用建议》也先后出版了 3 次版本 (R 1000—1969; ISO 1000—1973, ISO 1000—1981)。国际标准化组织规定，从 1970 年起在所有国际标准中一律采用国际单位制。此后，国际标准化组织所公布的标准，都使用了国际单位制单位。

1977 年国务院颁布的《中华人民共和国计量管理条例 (试行)》规定逐步采用国际单位制。1978 年国务院批准成立了中国国际单位制推行委员会。经国务院批准，该委员会于 1981 年公布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案 (试行)》就是以国际单位制为基础，结合我国实际情况制定的。这个文件在我国前一阶段推行 SI 中起了很大的作用。

为了适应我国实行对外开放对内搞活的方针，加速社会主义现代化建设，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》，公布了以 SI 为基础的《中华人民共和国法定计量单位》，在我国强制推行 SI。1986 年 7 月 1 日起生效的《中华人民共和国计量法》以法律的形式确认了《命令》，明确规定国家采用国际单位制；国际单位制单位和国家选定的其他计量单位 (15 个) 为国家法定计量单位；非法定计量单位应当废除。

§ 1.1. 国际单位制的形成及其发展

国际单位制的国际简称是 SI。SI 的制订及其在全世界范围内的广泛应用，促进了各国工农业、科学技术、文化教育和国际贸易的迅速发展。

计量制度和计量仪器的精确度，是科学文化发展水平的重要标志。在历史上，随着物质生产和科学技术的发展，计量制度和计量方法也不断地得到了提高与改进。

在 18 世纪，全世界有多种形式的单位制。那时，不仅各国之间计量单位不同，各地区之间的计量单位也不同。为了使国际上有一个统一的单位制，法国在 1790 年建议制订米制法 [原来法国的计量单位是“吐阿兹 (toise)”和法国磅制，米制原名米突制，是取希腊文义“测量”而来]，提出新的 10 进位的单位制和把单位建立在自然基准上的设想，并于 1792 年开始基础测量工作 (在法国天文学家健梁布尔和密申的领导下，对敦克尔克至西班牙巴赛鲁纳之间的地球子午线长度进行了精密测量，以后又延长到地中海的弗尔门特拉岛，于 1799 年 6 月完成)。

1793年制定了最初的标准原器,并公布米制法。到19世纪,欧洲一些国家才开始采用米制。法国是1840年规定使用米制的。1871年巴黎公社成立后,十分重视计量制度,立即改革了计量机构。1875年17个国家在巴黎签署了“米制公约”,成立了国际计量委员会(CIPM),设立了国际计量局(坐落在巴黎近郊布雷多依宫的领地内)。截止1985年10月,公约成员国已有47个。我国于1977年加入米制公约国组织。

米制诞生以后,全世界单位制逐渐趋于统一。20世纪,全世界使用较普遍的有两大类计量单位体系,即所谓米制和英制。米制是一种比英制更先进的10进制。目前大约有170个国家使用米制或处于改革米制的过程中,约占世界人口的96%以上。

米制初创时是为长度、面积和质量的计量而设的,即曾想使长度、容量和重量(常说的度量衡)的单位都以一个自然基准为依据,也就是根据地球的子午线制定的“米”为依据。米定义为地球通过巴黎子午线四分之一圆周的 $1/10^7$ 的长度,即通过巴黎地球圆周的四千万分之一的长度(随后检验发现有误测,但未改动米的长度去保持 10^{-7} 的比率,而把米重新定义为一根尺子上两个标记的距离)。后来,随着科学的发展,其他物理量也需要设立单位,于是这种米制就成了制定各种单位制的基础。因而,出现了多种单位制和单位并用的状态。例如,在物理学中以米的分数单位“厘米”为长度基本单位,制定了厘米克秒单位制(CGS制)、电磁单位制(CGSM制)、静电单位制(CGSE制)和米吨秒单位制(MTS制)等。在电磁学中,以米为基础制定了米千克秒安培单位制(MKSA制)。从米制派生出来的单位制虽然都属于米制,但它们之间缺乏科学的联系,形成许多物理量有很多彼此独立的单位,但在这些单位制之间又存在着矛盾的现象。例如,在米千克秒制中,质量单位千克是基本单位,而在米千克力秒单位制中,质量单位却从力的单位千克力导出,实际使用中很不方便。由此可见,同属米制的各种单位制的并存和互相换算,已给科学技术和生产带来很多的烦恼,况且还有英制中使用的码、英尺、磅等大量非10进制计量单位,以及各国使用的度量衡单位,象我国的市制单位。世界上这种计量单位的混乱状况,已严重妨碍着生产、科学技术和经济文化交流的发展。

1945年第二次世界大战后,国际计量活动活跃起来,各国科学技术工作者和有关国际组织提出了进一步统一单位制的要求。1948年在第9届CGPM上,根据理论物理和应用物理协会与法国政府的要求及建议,责成CIPM,创立一种简单而科学的使所有米制公约签字国均能采用的实用单位制(具体建议废除以力或重力单位为基础的单位制,采用1901年意大利科学家乔吉提出的以四量制为基础的实用单位制)。大会对单位符号的一般原则作了规定,并通过了制订单位名称表的决议。会后,CIPM向各国学术、工业及教育界征集了意见。采用的实用单位以米、千克(公斤)、秒、安培为基本单位。这种想法是选定在数量上足够而在量纲上又彼此独立的一组物理量,给这组物理量中的每一个量确定一个“基本”单位,而其他任何物理量中的单位,则由这些“基本”单位“一贯”地导出。例如,在这组物理量中,如果量纲独立的量选的是长度和时间,而不是选的速度,而且长度和时间的单位分别选为米(m)和秒(s),则导出速度的单位是米每秒(m/s)。1954年第10届CGPM决定采用米、千克、秒、安培为基本单位。CIPM成立了专门单位制委员会,该委员会在1954年到1956年整理了国际上各方面的意见。1956年CIPM决定将这种单位制命名为“国际单位制”,提交CGPM讨论,在1960年第11届CGPM上正式通过。按照决议,这种实用单位制,定名为国际单位制,国际简称为SI,并规定了SI词头、导出单位及辅助单位,从而制定了一整套单位制。经过1971年第14届CGPM的修改而更加完善。国际单位制是长度以米,质量以千克,时间以秒,电流以安培,

热力学温度以开尔文,发光强度以坎德拉,物质的量以摩尔为基本单位的单位制。现在,国际单位制是由 SI 单位(SI 基本单位、SI 辅助单位、SI 导出单位)、SI 词头和 SI 单位的 10 进倍数与分数单位三部分组成的。

国际单位制还将随科学技术和工农业的发展而不断修改和完善。例如 1983 年第 17 届 CGPM 又对长度的基本单位作出了新的定义。1979 年第 16 届 CGPM 对发光强度的基本单位作出了新的定义。就整个世界单位制发展的趋势来说,今后将以自然现象来定义基本单位,因其不随时间、地点、运动状态及环境条件而改变,这样的基本单位更为理想。为此,1969 年成立了精密测量与基本物理常数的国际研究协会。

§ 1.2. 国际单位制的基本内容

国际单位制 (Le Système International d'Unités) 的国际简称为 SI (汉语读音为爱斯埃)。

国际单位制是由 SI 单位 (SI 基本单位、SI 辅助单位和 SI 导出单位), SI 词头和 SI 单位的 10 进倍数与分数单位三部分组成的。

SI 单位是国际单位制中构成一贯制(一贯体系)的那些单位,均不带 SI 词头(质量单位千克例外,其中千是 SI 词头),所以 SI 单位是国际单位制中有特定含义的名称。而国际单位制单位不仅包括 SI 单位,还包括其 SI 单位的 10 进倍数与分数单位(即由 SI 词头与 SI 单位构成的新单位)。

国际单位制虽然简称为 SI,但是 SI 单位却不能表示成国际单位制单位,因为它未包括国际单位制的全部单位,只是国际单位制单位的一部分。这是由于国际单位制本身既包括了一贯性的 SI 单位,又包括了 SI 单位的 10 进倍数和分数单位。而倍数和分数单位不是一贯性单位,但它属于国际单位制的单位。同时,由于我国汉语语法的特点(如无词尾变化),在汉语中无法将国际单位制 (SI) 与 SI 单位明显地加以区分。在 1979 年以前,新翻译的国际单位制的 SI 单位,曾命名为“国际制单位”。为防止国际制单位与国际单位制相混淆,1980 年 12 月在北京举行的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》的全国审定会上,按国际上的统一办法,把“国际制单位”改为 SI 单位。

国际单位制还承认一些由于使用十分广泛或专门领域需要的重要单位作为可与国际单位制并用或暂时并用的单位。

建立单位制首先要选择基本量。所选择的基本量应该是相互独立的最重要的物理量,并给出严格的科学定义。国际单位制选择了长度(l)、质量(m)、时间(t)、电流(I)、热力学温度(T)、物质的量(n)、发光强度(I) 7 个量作为基本量。当基本量选定后,就要确定基本量的基本单位。这些基本单位的大小,最好要具有普遍实用的价值。国际单位制以米(m)、千克(kg)、秒(s)、安培(A)、开尔文(K)、摩尔(mol)、坎德拉(cd) 7 个单位作为基本单位。它们的大小是比较恰当的。国际单位制选定的基本量按一定的分组,可以定义下列不同学科的分支(见表 1.2.1)

SI 基本单位的定义,反映了当前科学技术发展的水平。它的定义是从科学实验中总结出来的,能够满足科学技术和生产的需要,具有较高的精度,且易于复现。在 7 个基本单位中,已有 6 个实现了自然基准,只有质量单位千克是实物基准。SI 基本单位的定义还将随着科学技

表 1.2.1 SI 的基本量与基础学科的分支

物理量	学科的分支
l	几何学
l, t	运动学
l, t, m	力学
l, t, m, I	电学和磁学
l, t, m, I, T	热力学
l, t, m, I, T, n	物理化学

术的发展而不断完善和改进。如长度单位米的定义,在 1983 年召开的第 17 届 CGPM 上给予了新的定义。根据新定义,米(m)是光在真空中于 $(1/299\,792\,458)\text{ s}$ 时间间隔内所经路径的长度。

这些单位定义的改变,不但不影响国际单位制构成的原则,而且可促进其发展。

平面角(θ)和立体角(Ω)到底作为基本量还是导出量,在国际上的意见并不一致,从而两个量的单位弧度(rad)和球面度(sr)到底作为 SI 基本单位还是 SI 导出单位,也就没有决定。因此,在 1960 年 CGPM 决议中将这两个单位作为一类 SI 辅助单位。当时决定,在实际应用时可以将它们作为基本单位,也可以将它们作为导出单位。ISO 的国际标准和我国的国家标准都一直是将它们作为导出单位来处理的。在 1980 年 CIPM 上,正式决定把这类辅助单位作为一类无量纲的导出单位。对这类导出单位,CGPM 允许在 SI 导出单位的表示式中使用或不使用它们。

具有专门名称的 SI 导出单位或用专门名称表示的 SI 导出单位,都是组合单位。为了读、写方便和符合习惯,对这些组合单位给予了专门名称。在 19 个具有专门名称的 SI 导出单位中,有 17 个是以科学家的人名命名的,如牛顿(newton)、帕斯卡(pascal)等。这是为了纪念这些科学家在本学科领域中作出的杰出贡献。

SI 词头过去也称为词冠、前缀、词首、接头语等名称。它是用来构成 10 进倍数和分数单位名称的构词成分。为了方便地表示同类量的各种量的大小,可以用词头来表示增大和减少的 10 进倍数。词头分别代表 10 的不同指数的大小(10 的幂),属于倍数单位名称不可分离的一部分。词头不是数也不是词。在 16 个 SI 词头中,有 4 个是 10 进位的,即 10^2 , 10^3 , 10^{-1} , 10^{-2} , 另外 12 个词头是千进位的。

SI 词头的名称,其词源选取于希腊、拉丁、西班牙、丹麦等语中的偏僻的名词,有的原文并无精确的含义。

16 个 SI 词头所代表的因数,是由 CGPM 通过的硬性规定。

我国法定计量单位中的非国际单位制单位,是考虑到尚在广泛使用和专门领域的需要而选定的。有的国家还把公亩(a)、公顷(ha)、升(L, l)、吨(t)这 4 个单位作为 SI 单位的倍数单位或分数单位的专门名称。后两个单位属于我国法定计量单位。

在 BIPM《国际单位制(SI)》中的暂时与国际单位制并用的单位,如果不是我国的法定计量单位,一般应该避免使用。

§ 1.3. 国际单位制的优越性及推行情况

国际单位制是在米制基础上发展起来的,是米制的现代化形式,是国际上公认的最先进的

单位制,是国际计量领域内的共同语言。经过近 30 年的实践证明,它对科学技术和经济发展有明显的促进作用。目前已有 80 多个国家和地区采用或向国际单位制过渡。几乎所有国际性的学术、经济、政治组织都宣布采用国际单位制。现在国际单位制已经在全世界通用。

1. 国际单位制的优越性

国际单位制在 1960 年第 11 届 CGPM 被正式通过后,便成为全世界范围内通用的单位制。国际单位制的优越性主要有 7 点。

(1) 统一性

国际单位制中 7 个基本量的基本单位,都有严格的定义。导出量的单位是通过系数为 1 的单位定义方程式用基本单位来表示的,从而使量的单位之间具有直接内在的联系,能够很方便地构成任何科学领域的所有单位(包括力学、热学、电磁学、光学、声学、物理化学、核物理学等所有理论科学和技术科学领域),可使各行业所用的计量单位(科学技术、国民经济、国内外贸易和日常生活等方面)都统一在一个单位制之中,实现全世界范围内的计量单位的统一。国际单位制能实现此种统一的原因,不仅是由于其本身的科学结构,还由于单位制本身到各个单位的名称和使用规则都是标准化的,实现了每个量只有一个 SI 单位。

(2) 简明性

国际单位制取消了大量其他单位制单位和各种各样的单位,明显地简化了物理规律的表示形式和计算手续,省略了许多单位制之间的单位的换算问题。例如,力学和热力学公式采用国际单位制,就可省去热功当量、功热当量、千克力等单位 and 换算系数。这样,就不必编制很多计算图表,避免了繁杂的计算手续和因测量与设计上可能引起的错误,从而可大量节省人力、物力和时间,提高了工作质量和工作效率。

(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都很实用,其中绝大部分已经得到广泛的应用。如安培、伏特、欧姆,等等。国际单位制对大量常用的量并没有增添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 10 进倍数和分数单位。如压力单位帕斯卡,过去习惯使用工程大气压(at)即千克力每平方厘米(kgf/cm²),等于 $0.980\,665 \times 10^5$ Pa,在大约 2% 的误差内等于 1×10^5 Pa,即 0.1 MPa。因此,在工程技术上,使用时一般可用 100 kPa 或 0.1 MPa 代替 1 kgf/cm² 使用。同样,力值单位千克力(kgf)等于 9.806 65 N,近似等于 10 N,用 10 N 代替 1 kgf 在大部分场合也是许可的。

(4) 合理性

国际单位制坚持了一个量只有一个 SI 单位的原则,避免了多种单位制和单位的并用,消除了很多不合理现象。例如,压力的单位,只用一个 SI 单位帕斯卡(Pa)即 N/m² 就可以代替“千克力每平方厘米(kgf/cm², 工程大气压)”、“克力每平方厘米(gf/cm²)”、“千克力每平方米(kgf/m²)”、“标准大气压(atm)”、“毫米汞柱(mmHg)”、“毫米水柱(mmH₂O)”、“巴(bar)”、“达因每平方厘米(dyn/cm²)”等所有压力单位。又如,在力学、热学、电学中的功、能、热量等,虽然测量方法不同,但它们在本质上是相同的量。在过去多种单位并用时,常用的单位有千克力米(kgf·m)、克力米(gf·m)、尔格(erg)、千卡(kcal)、卡(cal)、电子伏特(eV)、瓦特小时(W·h)、千瓦小时(kW·h)等很多米制单位。此外,还有磅力英尺(lbf·ft)、马力小时(hp·h)和英热单位(Btu)等多种英制和其他制单位。在国际单位制中,只用 1 个 SI 单位焦耳就能代表所有的那些常用单位,这不仅反映了几个量之间的物理联系,

且可省略了许多计算,并一般避免了同类量具有不同量纲和不同量具有相同量纲的许多矛盾。

(5) 科学性

明确和澄清了许多量和单位的概念。国际单位制的单位都是根据科学试验而严格定义的,并且经过周密考虑与协商,废弃了一些旧的不科学的习惯概念、名称、符号和用法。例如,长期以来,千克(kg)既是质量单位又是重力单位,而实际上,质量和重力是两个不同性质的量。质量单位是千克,重力单位是牛顿(米制是千克力)。而重量在科学技术中只是指重力,在日常生活上,质量与重量往往混为一谈。此外,关于摩尔的定义,明确了物质的量与质量是不同的概念。

(6) 精确性

7个基本单位都能以最高精度复现和保存,除质量单位千克以外,其他6个基本单位均实现了自然基准。随着科学技术的发展,复现精度还将不断得到提高。如米的新定义,是开阔性的定义,用几种方法来复现,都可达到其高精度要求。

目前7个基本单位复现准确度大体上可分别达到:

米(m)为 10^{-9} ;

千克(kg)为 10^{-8} ;

秒(s)为 10^{-13} ;

安培(A)为 10^{-6} ;

开尔文(K)为 10^{-6} ;

摩尔(mol)为 10^{-6} ;

坎德拉(cd)为 10^{-4} 。

(7) 继承性

国际单位制继承了米制的合理部分,并发展了米制。10进位制比非10进位制计算方便,也符合习惯。国际单位制中的倍数和分数单位是用10进位词头加在SI单位之前构成的,其命名方法也具有简明的系统性。

在国际单位制中,根据一贯性原则,各导出单位的定义方程式的系数 k 都取为1。例如,通过 $[\text{速度}] = k[\text{距离}]/[\text{时间}]$ 的方程式,以国际单位制基本单位米和秒为距离与时间的单位,令系数等于1(保证一贯性原则),便可得到速度单位米每秒(m/s)。只有用一贯性单位,才能使表明科学规律的量的方程式与数值方程式一致。只要掌握了量的方程式,就可方便地写出单位定义式及其SI单位,可以使各SI单位相互合理地联系起来。

2. 国外推行国际单位制的概况

由于国际单位制是米制的更完善的形式,又是唯一能取代所有其他单位制的国际计量领域的共同语言。经过二十几年的实践,证明了国际单位制的优越性及其对科学技术和经济发展是有明显的促进作用的。

(1) 世界上工业较发达的国家,都已由政府部门通过法令或条例宣布采用或准备逐步采用国际单位制。据世界各国不完全统计,以不同形式宣布向国际单位制过渡的已有82个国家和地区。其中,以正式法令公布推行国际单位制的国家已有48个,由政府发布命令宣称准备拟定国际单位制计量法令的国家也有29个,还有一些国家由政府部门以不同形式声明废止英制而采用米制(实际上,英制国家所说的米制化活动就是向国际单位制过渡)。在80年代,国际单位制在国际上广泛通用已是大势所趋。

全世界的主要工业国家将在三五年内全部采用国际单位制。英国是英制创始国,英制影响很深,长期使用码磅制和华氏温度。但自英国政府 1965 年声明向米制(国际单位制)过渡以来,成立了米制化委员会,公布了以国际单位制为基础的两千多个新技术标准,对不少工业产品重新进行设计或修改了设计。目前,钢铁、医药、纸张、建材、塑料等材料部门已过渡完毕。机械工业、农业、园艺方面的转换也已处于完成阶段。教学、邮电、船舶、海关、卫生检查已正式使用国际单位制。燃料与食品工业过渡缓慢,主要表现在鱼、肉、水果、蔬菜、汽油等生活必需品方面。1980 年 90% 的零售食品包装已按 SI 规定出售,只有称量和限制汽车速度的路标无甚进展。此外,还规定废除链、浪、打兰、磅、节、英吨力等英制单位。

日本在 1966 年公布采用国际单位制。日本工业规格(国家标准 JIS)分三个阶段引进国际单位制。第一阶段在标准中用括号列入国际单位制的量值;第二阶段将国际单位制表示的量值提到括号外,旧单位的量值转入括号内;第三阶段取消旧单位的量值,有计划地促进工业界采用 SI。

法国于 1966 年公布采用国际单位制的法令,取代了 1961 年的米制命令。在 1977 年底停止使用了一部分不属于国际单位制的单位。在 1980 年以前已把计量基准器和标准器全部更换为 SI 单位。

苏联在 1961 年发表以国际单位制为基础的标准草案(1970 年改成最终草案),规定从 1975 年起废止一些不合理的旧米制单位,如千克力等,到 1980 年已完成过渡。

美国向国际单位制过渡的步伐较缓慢,但美国政府却十分重视世界范围推广国际单位制的动向,关心它的经济贸易的得失。1968 年曾责令商业部研究普遍采用国际单位制对美国经济的影响。1971 年商业部提出建议,在 10 年内基本过渡到国际单位制。事实上,他们在很多科学技术方面已经采用了国际单位制。如美国计量机关——美国标准局——早在 1964 年就公布采用国际单位制了,但到 1975 年底国会才正式批准法案,开始向国际单位制过渡。目前,在汽车、大型活动设备、电器、电子等工业中的转换都取得了进展。国防部规定在工作中一律采用 SI 单位。气象也已开始用 SI 单位预报。

香港地区已在 1978 年成立度量衡 10 进制委员会,并提出五年过渡计划。现在高等学校的教学中都使用 SI 单位,气象预报也只用摄氏温度单位发布。

(2) 国际单位制不仅在各个国家内部接连采用,在各种国际组织间也形成了浪潮。在很多国际科学技术组织中,国际单位制越来越普遍地得到赞同、推荐和采纳。许多组织已根据国际单位制制订了有关单位草案,积极进行宣传推广。国际标准化组织自 1970 年起已在它的所有国际标准中统一使用了国际单位制。1979 年召开的第 11 届国际标准化会议上专门交流了推行国际单位制的经验。

据不完全统计,采用国际单位制的国际性科学技术组织已有 35 个。

(3) 国际间一些政治经济组织也先后开展了推行国际单位制的活动。如联合国的教科文组织,号召成员国采用国际单位制,影响很大。

1971 年由联合国和日本政府发起,在日本召开了亚洲发展中国家的计量学讨论会,建议亚洲尚未采用国际单位制的国家应尽早采用。

欧洲经济共同体于 1971 年召开会议,建议其成员国修改本国的计量法律,在五年之内使国际单位制合法化,并在 1976 年发出指令,要求其成员国以法令形式规定,截止到 1985 年的期限内放弃非米制单位,到 1989 年的期限内放弃一切非国际单位制单位。各成员国都已规定

了本国采用国际单位制的具体步骤和措施。西德进展最快,1978年基本完成过渡,对计量基、标准器都进行了改制。

经互会1970年召开计量学家会议,通过了关于采用国际单位制的建议和具体事宜,决定在1971年底把国际单位制纳入各国标准中,并要求其各成员国在立法中引入国际单位制。1980年各成员国都已基本完成过渡。

到目前为止,国际上推行国际单位制的情况,概括起来有三个特点:

第一,推行国际单位制的问题,受到了国际政治组织和政府部门的很大重视,已经不单是国际学术界和科技组织所关心的问题,其主要原因是国际单位制的科学实践在国际经济和贸易中产生了明显效果。在一个国家之内统一采用国际单位制,可以节省大量的人力物力和经济开支,促进科学技术和生产的发展。在国际贸易和科学技术交往中,它是一种国际计量语言和交流工具。例如,欧洲自由贸易协会试图把两亿六千五百万人口的市场合并起来,发现要实现此目的必须使用同一种计量语言——国际单位制——才能打破疆界交换商品,使不同国家制造的产品和零件相互配套。据统计,在国际贸易中,一些计量器具或与计量有关的商品,例如各种仪器仪表、真空表、真空泵、计算机等具有重要地位,在很多商业国中,这些商品进出口所获得的利润占了很大的份额。譬如,美国在1969年出口这类产品价值约有140亿美元,进口了大约60亿美元这类产品,差额为80亿美元,而这一年美国的贸易顺差才只有13亿美元。可见与计量关系密切的产品的进出口量是决定这些国家外贸顺差或逆差的关键。所以统一单位制和工业标准的协议,对于其他国家的出口贸易来说也是一种限制。美国承认自己在世界市场中的地盘正在缩小,其原因之一是西欧各国在努力采取统一的单位制SI,而美国没有采用。英国米制化协会也强调使用同一种单位制只是为了利润。

第二,推行国际单位制来势迅猛,比以往推行米制的速度快得多,成效也大得多。米制公约自1875年签署到1960年国际单位制建立,经历近90年的时间。虽然不少国家在法律上承认了它,但实际上并未推广,英制在世界范围仍广泛使用。而推行国际单位制的情况却大不相同。在1960年创立后短短的二十几年中,不仅大部分工业发达国家宣布采用,且都积极付诸实施,并已经取得显著成果。许多国家和国际组织都设法在尽量短的期间基本完成向国际单位制过渡。在保守的英国宣布向国际单位制过渡后,几乎所有英制国家都先后宣布放弃英制。各国争先向国际单位制过渡的重要原因也是为了经济利益。美国标准局曾称“迟疑越久,保持经济竞争能力越成问题”。英国米制委员会1974年发表了第五个报告,强调米制过渡的延迟以及继续使用两种单位制将产生破坏性的经济和社会后果。指出“延迟将损害英国在国际贸易中的竞争地位;延迟会给消费者增加很多麻烦;如果延长过渡时间就会增加混乱,因而会引起消费者对过渡的怀疑;延迟也会增加不必要的教育经费和增加公共管理方面的负担,所以会增加国会的开支。”很多国家和国际组织把过渡到国际单位制的期限规定在10年左右,有的还宣布了完成过渡的具体年限。象欧洲经济共同体宣布在1979年底完成过渡;经互会已在1980年完成过渡。西德、澳大利亚都宣布要在1980年完成。

第三,统一单位制的全面性和彻底性。由于国际单位制本身是适应于工业、商业、科学技术和文化教育的通用单位制,它将成为世界一切科学技术、贸易和文化中的唯一单位制。与旧米制不同,它除了允许极少数其他单位制和制外单位在个别领域使用外,几乎废除了一切其他单位制,并且在限定期间内废除那些已经习惯但不合理的旧米制单位。例如力值单位千克力(kgf),压力单位千克力每平方厘米(kgf/cm²)和卡(cal)等。

§ 1.4. 国标 GB3100—86 与国内外有关计量单位的规定的关系

1960 年第 11 届 CGPM 正式通过的国际单位制,不仅所有米制公约成员国要遵照使用,而且也具有广泛的世界意义,是全世界计量单位使用方面的共同语言。国际计量大会的常设机构——国际计量局(过去曾译为国际权度局, BIPM)根据大会所通过的国际单位制和历届大会进行修改的决议原则,编写出版了《国际单位制 (SI)》一书。《国际单位制 (SI)》第 5 版将主要内容列出了 12 个表格,即 SI 基本单位(7 个),用 SI 基本单位表示的 SI 导出单位示例(11 个),具有专门名称的 SI 导出单位(16 个),为了保护人身安全而采用的具有专门名称的 SI 导出单位(3 个),用专门名称表示的 SI 导出单位示例(18 个),SI 辅助单位(2 个),用辅助单位表示的 SI 导出单位示例(4 个),SI 词头(16 个),与国际单位制并用的单位(8 个),SI 单位表示的值须由实验得出的与国际单位制并用的单位(2 个),暂时与国际单位制并用的单位(12 个),建议一般不用的单位(11 个)。

ISO 1000—1981《SI 单位及其倍数单位和一些其他单位的应用建议》是 ISO/TC12 按照 CGPM 通过的国际单位制的原则制订的,所以,其内容与国际单位制基本相同。它列入 SI 基本单位 7 个;SI 辅助单位 2 个;具有专门名称的 SI 导出单位 19 个(将具有专门名称的 SI 导出单位 16 个和由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的 SI 导出单位 3 个合并);SI 词头 16 个;与国际单位制并用的单位 13 个[将国际单位制中与国际单位制并用的单位以及用 SI 单位表示的值须由实验得出的与国际单位制并用的单位合并在一起,保留了天文单位与秒差距,另外把流体压力单位巴(bar)也列入与国际单位制并用的单位];在附件中,分学科列入了 SI 单位的 10 进倍数与分数单位和可以使用的某些其他单位的示例 117 个。

1981 年 7 月 14 日经国务院批准,由中国国际单位制推行委员会颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》,于 1984 年 2 月 27 日以前在全国贯彻实施。它具有法令性质。《方案》是以国际单位制为基础,结合我国具体情况制订的。其内容符合 CGPM 所通过的国际单位制的基本原则。我国实施《方案》,对推行法定计量单位打下了良好的基础,起到了积极的作用。

《方案》列有:SI 基本单位 7 个;SI 辅助单位 2 个;用 SI 基本单位表示的 SI 导出单位示例 11 个;具有专门名称的 SI 导出单位 19 个(将具有专门名称的 SI 导出单位 16 个和由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的 SI 导出单位 3 个合并在一起,与 ISO1000 相同);用专门名称表示的 SI 导出单位示例 16 个(而当时对应《方案》的《国际单位制 (SI)》第 4 版为 18 个,其中 2 个单位,由于在我国不常使用而未列入。它们是 X 射线和 γ 射线的照射量单位库仑每千克以及吸收剂量率单位戈瑞每秒,而 ISO 1000 没有专门列出用专门名称表示的 SI 导出单位示例);用 SI 辅助单位表示的 SI 导出单位示例 4 个;SI 词头 16 个;与国际单位制并用的单位 16 个(《国际单位制 (SI)》第 4 版中两类与国际单位制并用的单位共 10 个,《方案》中增加了长度单位天文单位、秒差距、无功功率单位乏、视在功率单位伏安、声压级单位分贝、响度级单位方等 6 个,而 ISO 1000 中有长度单位天文单位和秒差距,还有流体压力单位巴,《方案》中未列入流体压力单位巴);暂时与国际单位制并用单位 40 个,是将国际单位制第 4 版中暂时与国际单位制并用的单位和具有专用名称的厘米克秒制单位以及建议一般