

国际单位制

(S I)

国际计量局



科学出版社

国际计量局

国际单位制

(SI)

姜友松译

科学出版社

1975

内 容 简 介

本书是国际计量局出版的《国际单位制》一书的全译本。书中系统而简明地阐述了国际单位制的历史、构成原则、国际制单位以及国际制倍数单位和分数单位的理论定义和实际应用规则，介绍了关于使用国际制以外的单位制和单位的一些建议。附录中摘录了有关国际组织关于计量单位的一些重要历史决议、建议以及主要单位的复现方法。

本书可供工农业生产、科学技术、文化教育、贸易经济、出版和计量等部门的工作人员了解和使用国际单位制及其它计量单位时参考。

Bureau International des Poids et Mesures
LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS (SI)
2^eÉdition, Durand, 1973

国 际 计 量 局
国 际 单 位 制
(SI)

姜 友 陆 译

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1975 年 3 月 第 一 版 开本：787 × 1092 1/32

1975 年 3 月 第 一 次 印 刷 印 张：1 3/4

印 数：0001—30,800 字 数：35,000

统一书号：13031 · 324

本社书号：495 · 13—18

定 价： 0.17 元

译者前言

国际单位制是一种比较先进的计量单位制，它是米制发展的现代形式。原来的米制实际上是多种单位制和单位并用，象米千克秒制，米千克力秒制（重力单位制或工程单位制）和厘米克秒制等都属于米制。因此，一个压力单位就有千克（公斤）/厘米²、克/厘米²、千克（公斤）/米²、标准大气压、毫米汞柱、毫米水柱、米水柱、巴、达因/厘米²等很多米制单位。为了消除这些缺点，国际计量委员会* 吸取米制优点，制定了国际单位制，代号为“SI”。国际单位制的构成原则比较科学，大部分单位都很实用，并且涉及所有专业领域，采用国际单位制可以废除几乎所有其它单位制和单位。例如，只用一个单位“帕斯卡”（牛顿/米²），就可以代替上述所有的压力单位。因此，在工农业生产、科学技术、文化教育和国内外贸易等方面使用唯一的一种单位制，就可以消除多种单位制和单位并存造成的混乱，节省大量的人力和物力，有利于促进国民经济和国际交往的发展。

目前绝大部分工业较发达国家都积极地推广国际单位制，原来采用英制的国家也大部分已决定放弃英制，采用或准备采用国际单位制。不少国家宣布在不长时间内完成向国际单位制的过渡。据不完全统计，到目前为止，采用或准备采用国际单位制的国家已有四十多个。

* 国际计量委员会过去的译为“国际权度委员会”或“国际度量衡委员会”，本书中一律改译为现名。为此“国际权度大会”，“国际权度局”等也改译成“国际计量大会”、“国际计量局”。

我国自 1959 年推行米制(当时称为“公制”)以来,计量单位得到了空前统一。但是,在商业和工农业生产方面还保留一些英制单位,同时还保留大量市制单位,这给使用部门带来很多不方便之处。因此,无论从发展国民经济和国际交往考虑,宣传与推广国际单位制都是刻不容缓的任务。

推行国际单位制的目的,在于统一全世界一般使用的计量单位,包括单位的尺度、名称和代号,以利于国际间的交往。本书是国际计量局为此目的而出版的关于国际单位制的完整资料,阐述了国际单位制的历史概况、结构原则和使用规则,并收集了有关的国际建议和决议等。

我们在译成中文时最大的问题,是如何对每个量和单位给予正确的易于为大多数人接受的名称。为了使计量单位名称、代号等尽量与原文相符,并有利于统一我国的译名,在翻译过程中遵循下列原则:

1. 书中的单位名称、概念、定义和决议,一般都采用直译法。
2. 选取译名兼顾科学性和习惯性。
3. 尽量使绝大部分的量和单位的译名符合原国家科委计量局拟定的“物理量符号和计量单位代号”草案第二稿的规定,该草案虽尚未经正式通过和公布,但曾吸收了全国大量有关单位和科技工作者的意见,可以作为统一我国计量单位名称的一个参考。

按照上述原则,有些单位名称的读写法有所变更,其中和习惯读写法差别较大的是,例如,速度单位的习惯读写法是“每秒米”,但新的读写法是“米每秒”。这种读写法的优点是与国际上的读写法相一致,而且更重要的是,“每”字可以表明单位中分子和分母的界线,它对应于单位表示式中的符号“/”或“—”。对于复杂单位,按这种读写法,可以立刻写出单位

的正确表示式或代号,例如,比热单位的名称是“焦耳每千克开尔文”我们立即可以写出它的表示式和代号为“焦耳/(千克·开尔文)”和“ $J/(kg \cdot K)$ ”。但是,旧的读写名称则是“每千克开尔文·焦耳”,根据这个名称,它的表示式和代号可能被误写为“焦耳·开尔文/千克”和“ $J \cdot K/kg$ ”。

本书原根据 1972 年英文本译出,后来收到了 1973 年第二版法文修订本,又全按法文本进行了改译,只有少数单位名称译自英文,主要是为照顾大多数人的习惯。同时中译本中各单位的译名都没有注明简称,建议按一般习惯,取基本单位和导出单位专门名称的第一个字作为这些单位的简称,如“开尔文”简称“开”、“帕斯卡”简称“帕”等。

本书在翻译过程中得到了中国计量科学研究院各科室很多同志的帮助,在此表示谢意。由于译者水平所限,谬误之处在所难免,希读者批评指正。

原书修订版序

国际计量局为满足大量需要出版了本书⁽¹⁾。书中首先系统地收集了国际计量大会和国际计量委员会关于国际单位制的决议和建议的内容，并附加了说明，还从国际标准化组织(ISO)所通过的一般使用建议中摘录了实际应用规则。

国际计量委员会所属单位咨询委员会负责本书的编写工作。最后文本是由它审定的。

附录 I 按年代顺序收录了国际计量大会和国际计量委员会自 1889 年以来所通过的关于计量单位和国际单位制的决定(决议、建议和文告等)。

为了指明如何实现本书所述的理论定义，以便检定精密基准，附录 II 中概述了一些可供各计量研究所根据一些主要单位的定义条文进行物理测量的方法。

本书第二版根据第十四届国际计量大会(1971 年)的决定进行了重新修订，并考虑了单位咨询委员会提出的某些修改意见。

国际计量局局长 J. 泰里昂

单位咨询委员会主席 J. 德·鲍尔

1973 年 1 月

(1) 本书已用好几种文字出版。据我们所知，有英文版(英国文印局；美国国家标准局特刊 330)、德文版、西班牙文版、葡文版和捷文版等。

目 录

译者前言	i
原书修订版序	iv
1. 绪论	1
1.1. 沿革	1
1.2. 三类国际制单位	2
2. 国际制单位	4
2.1. 基本单位	4
1. 定义	4
2. 代号	8
2.2. 导出单位	8
1. 表示法	8
2. 建议	10
2.3. 辅助单位	12
3. 国际制单位的十进倍数单位与分数单位	14
3.1. 国际制词冠	14
3.2. 建议	15
3.3. 千克	16
4. 国际单位制外的单位	17
4.1. 与国际单位制并用的单位	17
4.2. 暂时允许使用的单位	18
4.3. 厘米克秒制单位	19
4.4. 其它单位	20
附录 I. 国际计量大会和国际计量委员会的决定	22
附录 II. 一些主要单位定义的实际复现	40
附录 III. 关于米制公约组织机构的历史资料	46

1. 绪 论

1.1. 沿革

1948年第九届国际计量大会(C. G. P. M.)根据其决议6, 责成国际计量委员会(C. I. P. M.)“研究制定一整套计量单位规则”;“为此,开始正式征询所有国家科学技术与教育界的意见”,并“对建立一种所有米制公约签字国都能接受的实用计量单位制提出建议”。

同届大会还通过了制定单位代号的一般原则的决议7(见§ 2.1, 2, 第8页),这个决议列出了一个单位专门名称表。

第十届国际计量大会(1954)根据其决议6和第十四届国际计量大会(1971)根据其决议3, 决定采用以下七个量:长度、质量、时间、电流强度、热力学温度、物质的量和发光强度的单位为“实用单位制”的基本单位(见§ 2.1, 第4页)。

第十一届国际计量大会(1960)按照其决议12, 把这种实用计量单位制的名称定名为国际单位制, 国际代号为SI⁽ⁱ⁾, 并制定了词冠(见§ 3.1 第14页)、导出单位和辅助单位(见§ 2.2 第8页和§ 2.3 第12页)的规则以及其它规定, 从而制定了一整套计量单位规则。

根据国际计量委员会的建议书1(1969), 本书采用了“国

(i) “SI”是大会通过的国际代号,它是法文 *Système International* (国际制)的缩写,因此,应该允许用 SI 代替“国际单位制”或它的简称“国际制”,即将“国际制单位”和“国际制词冠”等写成“SI 单位”和“SI 词冠”,SI 读成“爱司埃”。(凡用小罗马字标明的注文,均为译者注,以下同)

际制单位”、“国际制词冠”和“辅助单位”等名称。

1.2. 三类国际制单位

在国际单位制中,国际制单位分为三类:

- 1) 基本单位;
- 2) 导出单位;
- 3) 辅助单位.

从科学观点把国际制单位分为这三类,有一定程度的任意性,因为从物理学来说,并不唯一地要求这种分法.

然而,大会考虑到采用一种唯一的实用单位制具有能在全世界国际关系、教学和科学工作中使用的优点,决定选取七个严格定义的单位作为国际单位制的基础,这七个单位是:米、千克(公斤)⁽ⁱ⁾、秒、安培、开尔文、摩尔和坎德拉(见 § 2.1 第 4 页). 它们在量纲上是彼此独立的,这七个国际制单位称为基本单位.

国际制单位的第二类是导出单位,亦即是可由基本单位根据选定的联系相应量的代数式组合起来构成的单位. 由基本单位构成的这些代数式,有一些可以用专门名称和代号代替,这些专门名称和代号本身又可以用来构成其它导出单位(见 § 2.2, 第 8 页).

虽然认为,国际制单位只能是基本单位或导出单位,但是,第十一届国际计量大会(1960)还采纳了称为辅助单位的

(i) 这个单位的法文和英文分别是 kilogramme 和 kilogram, 按照原文字面,有“克的一千倍”的意思,中文译为“千克”,恰和原文在字面上吻合,这是多年来科学技术界习惯的译法. 这种译法从字面上明确了它与倍数单位和分数单位(如百克、毫克等)的关系. 如果译为“公斤”,不仅在字面上失去这些优点,不利于将市制过渡为国际单位制,而且也使本书 § 3.3 不易理解. 另外,国家标准“物理量符号和单位代号”草案第二稿中也采用了“千克”的名称,故本书也采用“千克”这一译法.

第三类国际制单位，而不规定它们是属于基本单位还是导出单位(见 § 2.3, 第 12 页)。

按照通常“一贯单位制”⁽ⁱ⁾的意义，这三类国际制单位构成一个一贯体系。

由国际制词冠构成的国际制单位的十进倍数单位与分数单位，如欲与国际制单位的一贯体系区分开，应该指明它们的全称国际制单位的倍数单位与分数单位。

(i) 通过系数为 1 的公式用基本单位表示的单位称为一贯单位；而由基本单位与一贯导出单位组成的单位制，称为一贯单位制（“一贯”以前常译为“协和”，也有人译为“相参”）。

2. 国际制单位

2.1. 基本单位

1. 定义

a) 长度单位——第十一届国际计量大会(1960)将1889年公布生效并于1927年严格规定的国际铂铱原器的米定义改成下列定义：“米的长度等于氪86原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁的辐射在真空中波长的1 650 763.73倍。”(1960年第十一届国际计量大会,决议6)。

1889年第一届国际计量大会批准的旧国际米原器,仍按1889年规定的条件保存在国际计量局。

b) 质量单位——第一届国际计量大会(1889年)批准了国际千克(公斤)原器,并宣布今后以这个原器为质量单位。

为了避免“重量”一词在通常使用中意义上发生含混,第三届国际计量大会(1901)在一项声明中规定:千克(公斤)是质量[而非重量或力]的单位,它等于国际千克(公斤)原器的质量。

这个铂铱国际原器按照1889年第一届国际计量大会规定的条件,保存在国际计量局。

c) 时间单位——最初时间单位“秒”被定义为平太阳日的 $1/86400$ 。“平太阳日”的精确定义留待天文学家制定。但是他们的测量表明,由于地球自转不规则,平太阳日不能保证必要的准确度。为了比较精确地定义时间单位,第十一届国际计量大会(1960)批准了国际天文学协会规定的以回归年

为根据的定义。同时实验研究指出，能够实现以原子或分子的两个能级之间跃迁为基础的时间间隔的原子基准，而且能以更高的精度复现。第十三届国际计量大会（1967）考虑到，为满足高等计量学的要求，需要一个非常精确的国际制时间单位“秒”的定义，决定将秒的定义改成下列定义：秒是铯¹³³原子基态的二个超精细能级之间跃迁的辐射周期的 $9\,192\,631\,770$ 倍的持续时间（第十三届国际计量大会，1967，决议 1）。

d) 电流强度单位——电流和电阻的所谓“国际”电学单位，是 1893 年在芝加哥召开的国际电学大会引用的，“国际”安培和“国际”欧姆的定义，则是 1908 年伦敦国际代表会议批准的。

虽然在第八届国际计量大会（1933）期间，已十分明显地一致要求采用所谓“绝对”单位来代替这些“国际”单位，但是直到第九届国际计量大会（1948）才正式决定废除这些“国际”单位，而采用下列电流强度单位——安培：安培是一恒定电流强度，若保持在真空内相距 1 米的两无限长的圆截面极小的平行直导线内，这电流在这两导线之间每米长度上产生的力等于 2×10^{-7} 牛顿（1946 年国际计量委员会决议 2，1948 年第九届国际计量大会批准）。

这里已将原条文中“米千克秒 (M. K. S.) 制力的单位”改成了第九届国际计量大会所通过的“牛顿”（1948，决议 7）。

e) 热力学温度单位——热力学温度单位的定义实际上是第十届国际计量大会（1954，决议 3）规定的，它选取水的三相点为基本定点，并定义其温度为 273.16°K 。第十三届国际计量大会通过以开尔文的名称（代号 K）代替“开氏度”（代号 $^\circ\text{K}$ ）（1967，决议 3），在其决议 4 中，热力学温度单位的定义叙述如下：热力学温度单位开尔文是水三相点热力学温度

的 $1/273.16$ 。

第十三届国际计量大会(1967, 决议 3) 也决定用单位开尔文及其代号 K 表示温度间隔或温差。

注 除以开尔文表示的热力学温度(符号 T) 外, 也使用由式

$$t = T - T_0$$

所定义的摄氏温度(符号 t), 按定义, 式中 $T_0 = 273.15\text{K}^{(i)}$ 。摄氏温度用摄氏度(代号 $^{\circ}\text{C}$) 表示。因此, “摄氏度” 这个单位与单位“开尔文” 相等, 而且摄氏温度间隔或温差也可以用摄氏度表示。

f) 物质的量单位——自从发现了一些化学基本定律以来, 就已经用物质的量单位(例如“克原子”和“克分子”) 来表明各种化学元素或化合物的量了。这些单位和“原子量”与“分子量”(实际上是相对质量) 有直接联系。最初, “原子量” 是以化学元素氧的原子量(规定为 16) 为标准。但是, 在物理学家利用质谱仪分离出了各种同位素, 并且只把氧的一种同位素的数值定为 16 后, 化学家却把同位素 16、17、18 的混合物, 即天然氧元素的数值定为 16 (实际上稍有差异)。1959—1960 年, 国际理论与应用物理协会 (IUPAP) 和国际理论与应用化学协会 (IUPAC) 取得一致协议后, 结束了这种不一致的局面⁽ⁱⁱ⁾。自此以后, 物理学家和化学家都同意将碳同位素 12 的值定为 12, 由这样统一的标度给出“相对原子质量” 的数值。

余下的问题是通过确定碳 12 的相应质量以定义物质的

(i) T_0 是水的冰点的热力学温度, 它与水三相点的热力学温度相差 0.01 开尔文。

(ii) 长期以来, 物理学和化学界采用了两种原子量标准, 从而有两套原子量并存, 即物理原子量和化学原子量。一些依赖原子量的基本物理常数(如阿佛加德罗数等) 也因采取不同的原子量标准而具有不同的数值。

量的单位;根据国际协议,这个质量已定为 0.012 千克,而“物质的量”⁽¹⁾这个量的单位取名为摩尔 (mole) (代号 mol)。

国际计量委员会根据国际理论与应用物理协会、国际理论与应用化学协会及国际标准化组织的建议,于 1967 年制定并于 1969 年批准了摩尔的定义,最后由第十四届国际计量大会通过 (1971, 决议 3):

1. 摩尔是一物系的物质的量,该物系中所包含的结构粒子数与 0.012 千克(公斤)碳 12 的原子数目相等。

2. 在使用摩尔时应指明结构粒子,它可以是原子、分子、离子、电子以及其它粒子;或是这些粒子的特定组合体。

摩尔的这个定义同时严格明确了以摩尔为单位的量的性质。

g) 发光强度单位——各国所用的以火焰或白炽灯丝基准为根据的发光强度单位,于 1948 年改为“新烛光”。这一决定是国际照明委员会 (CIE) 和国际计量委员会在 1937 年以前作出的,国际计量委员会根据 1933 年第八届国际计量大会授予的权力,在 1946 年的会议上予以颁布。1948 年第九届国际计量大会批准了国际计量委员会的这一决定,并同意给这个发光强度单位一个新的国际名称“坎德拉” (candela, 代号 cd)⁽¹⁾。1967 年修订的坎德拉的定义如下:

坎德拉是在 101 325 牛顿每平方米压力下,处于铂凝固温度的黑体的 1/600 000 平方米表面在垂直方向上的发光

(1) IUPAP、IUPAC 和 ISO 通过的这个量的名称,法文是“quantité de matière”英文是“amount of substance”(德文与俄文为“stoffmenge”和“количество вещества”)。这个法文名称使人想起“quantitas materiae”,这个名称过去是指现在称为质量的量。应该抛弃这个旧含义,因为质量和物质的量是完全不同的两个量(这个量的日文译名是“物质の量”——译者)。

(i) 这个单位的旧英文名称是 candle,中文名称是“烛光”。新旧单位虽然相差很小,但 candela 不应译为“烛光”,故本书中一律改译为“坎德拉”。

强度⁽ⁱ⁾(1967年第十三届国际计量大会决议5)。

2. 代号

国际制基本单位及其名称和代号列于表1(第十届国际计量大会, 1954, 决议6; 第十一届国际计量大会, 1960, 决议12; 第十三届国际计量大会, 1967, 决议3; 第十四届国际计量大会, 1971, 决议3)。

表1 国际单位制基本单位

量	名称	代号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流强度	安培	A
热力学温度 ⁽ⁱ⁾	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol
发光强度	坎德拉	cd

(i) 摄氏温度用摄氏度(代号°C)表示(见第6页)。

关于书写单位代号的一般原则已由第九届国际计量大会通过(1948, 决议7)。按此原则, 单位代号用罗马字体表示⁽ⁱⁱ⁾, 一般用小写; 但是, 如果代号来自专有名称, 则用大写罗马字体(第一个字母)。这些代号后面都不加标点。

在复数场合, 单位代号仍不变。

2.2. 导出单位

1. 表示法

导出单位借助乘和除的数学符号通过代数式用基本单位

- (i) 该定义中的压力单位“牛顿每平方米”, 按第十四届国际计量大会的决议(见本书附录I)应为“帕斯卡”。
- (ii) 罗马字体指西文的正体。根据国际规定, 物理量或数字的符号用斜体(即意大利体)表示, 而单位代号用正体(即罗马体)。书刊等印刷也应遵守这项规定。

表示。有些导出单位已具有专门名称和特有代号,这些专门名称和代号本身又可以用来表示其它导出单位,从而比用基本单位表示更简单一些。

因此,导出单位可分为三种。表 2、表 3 和表 4 列出了这些单位的一部分。

表 2 基本单位表示的国际单位制导出单位示例

量	国际制单位	
	名称	代号
面积	平方米	m^2
体积	立方米	m^3
速度	米每秒	m/s
加速度	米每平方秒	m/s^2
波数	1 每米 ⁽ⁱ⁾	m^{-1}
密度	千克(公斤)每立方米	kg/m^3
电流密度	安培每平方米	A/m^2
磁场强度 ⁽ⁱⁱ⁾	安培每米	A/m
(物质的量)浓度	摩尔每立方米	mol/m^3
放射性强度	1 每秒 ⁽ⁱⁱⁱ⁾	s^{-1}
比体积 ^(iv)	立方米每千克(公斤)	m^3/kg
光亮度	坎德拉每平方米	cd/m^2

(i) 1 每米这个波数单位指每米长度有一个波长,即 1/米。

(ii) 原文是 champ magnetique, 原意为“磁场”,但法文也表示“磁场强度”。

(iii) 1 每秒这个放射性强度单位,指放射源在每秒钟内有一个原子核衰变。

(iv) 见表 4 注 (ii)。

注 a) 有些所谓无量纲的量,例如折射率、相对磁导率或相对电容率,它们的数值用纯数表示。在这种情况下,相应的国际制单位是两个相同的国际制单位之比,可用数值 1 表示。

b) 虽然导出单位可以用基本单位名称和导出单位的专门名称以几种相当方式表示,但为了使相同量纲的量比较易