

A stylized globe graphic with a grid of latitude and longitude lines, rendered in a light brown color against a darker brown background. The globe is centered behind the main title text.

国际单位制

(SI)

第 三 版

国 际 计 量 局

科 学 出 版 社

国际计量局

国际单位制

(SI)

第三版

李慎安 房玉生 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是国际计量局编辑出版的《国际单位制 (SI)》一书 1981 年第四版的全译本。书中系统而简明地阐述了国际单位制的历史、构成原则、SI 单位以及 SI 单位的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单位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实现方法,最后附有索引,以便查阅。

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)
4^e Édition, Durand, 1981

国 际 计 量 局 国 际 单 位 制 (SI)

第 三 版

李慎安 房玉生 译

责任编辑 荣毓敏

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

1983 年 7 月第 二 版 印张: 2 1/4

1983 年 7 月第三次印刷 字数: 47,000

印数: 30,801—46,400

统一书号: 13031·2206

本社书号: 3016·13—3

定价: 0.38 元

译者前言

在八十年代,国际上无论是一贯采用米制的国家,还是传统采用英制的国家,都积极向采用国际单位制(SI)过渡。这不仅有助于解决国际上单位的统一问题,也有利于科学技术的发展。现在除极个别专门领域可能暂时保留个别非 SI 的单位外,将统一采用 SI 单位,这样就结束了以往多种单位并存的混乱局面。

SI 是 1960 年由国际计量大会通过的。二、三十年来,它能如此广泛地得到传播和推广,这与它的构成原则比较科学,简单实用,涉及各个科学领域以及易于掌握等特点是分不开的。采用 SI 几乎可以代替所有其它的单位制和单位。

本书是国际计量局全面介绍有关 SI 历史、构成原则,使用规则而编辑出版的,我国曾翻译出版了其第二版与第三版。本版系根据其 1981 年第四版译出,该书在这一版中作了较多的修改与补充。

我国在 1981 年经国务院批准,由中国国际单位制推行委员会颁布了《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》。因此,我们在翻译本书过程中曾采用了该方案中的规定,并在单位表格中不再列出中文符号。

为了便于读者了解和熟悉 SI,在本译本中有些章节标题附注了原文(法文)。至于各个单位表的名称、表中物理量的名称以及其中单位的名称,也都附上法文,并参考国际标准化组织的有关标准加注了英文。在法文与英文之间用分号隔开。这对翻译工作者或许是有用的。

原书第四版序

鉴于大量需要,国际计量局出版了本书。书中首先系统地收集了国际计量大会和国际计量委员会有关国际单位制的决议和建议的内容。补充了说明性的注释,还从国际标准化组织(ISO)通过的国际通用标准中摘录了实际使用规则。

国际计量委员会所属单位咨询委员会负责编辑本书,最后文本也由它审定。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 年以来所作出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,以便检定精密的基准器,附录 II 概述了可供一些大的计量研究部门根据一些主要单位的定义条文进行物理测量的方法。

本版本是 1977 年第三版的修订版,在本版中考虑了 1979 年第十六届国际计量大会和 1977 年、1978 年、1979 年国际计量委员会的决定以及 1978 年、1980 年单位咨询委员会提出的修改意见。

国际计量局局长 P. Giacomo

单位咨询委员会主席 J. de Boer

1981 年 1 月

附 表

部分 SI 词头的译名对照

SI 词头的 法文原文 及 因 数	符 号	《国际单 位制及使 用方法》 规定的名 称及简称	中国古代数词名 称 (括弧内为其 古意 ⁽¹⁾)	目前尚有 人使用的 重要数词 或词头	英语 译名	德语 译名	日语 译名	俄语 译名
exa, 10^{18}	E	艾[可萨] ⁽¹¹⁾	壤(10^{10} , 10^{12} , 10^{14})	兆兆兆	exa	Exa	えくさ	экса
peta, 10^{15}	P	拍[它]	秭(10^9 , 10^{11} , 10^{13})	千兆兆	peta	Peta	ぺた	пета
tera, 10^{12}	T	太[拉]	垓(10^8 , 10^{10} , 10^{12})	兆兆	tera	Tera	てら	тера
giga, 10^9	G	吉[咖]	京(10^7 , 10^{11} , 10^{13})	千兆	giga	Giga	ぎが	гига
nano, 10^{-9}	n	纳[诺]	纤(10^{-7})	毫微	nano	Nano	なの	нано
pico, 10^{-12}	P	皮[可]	沙(10^{-8})	微微	pico	Piko	びこ	пико
femto, 10^{-15}	f	飞[母托]	尘(10^{-10})	毫微微	femto	Femto	ふえむと	фемто
atto, 10^{-18}	a	阿[托]	渺(10^{-16})	微微微	atto	Atto	すと	атто

(i) 我国古数词系列: 十百千万兆亿京垓秭壤漭, 洞, 正, 载...自万以上, 有上、中、下三等的进位。下数 10 进, 中数万进, 上数自乘倍进。因此, 京, 垓, 秭, 壤...自古其含义亦有三等, 列于括弧内。

(ii) 凡单位名称与词头名称中, 有方括号者, 其中的字是可省略的字, 下同。

目 录*

I. 绪论.....	1
I. 1. 历史	1
I. 2. 三类 SI 单位	1
I. 3. SI 词头	3
I. 4. 量制	3
I. 5. 关于单位的立法	3
II. SI 单位	4
II. 1. 基本的 SI 单位.....	4
II. 1. 1. 定义	4
II. 1. 2. 符号	10
II. 2. 导出的 SI 单位.....	10
II. 3. 辅助的 SI 单位.....	16
II. 4. SI 单位符号的书写与使用规则	17
III. SI 单位的十进倍数与分数单位	19
III. 1. SI 词头.....	19
III. 2. SI 词头的使用规则.....	20
III. 3. 千克.....	20
IV. 国际单位制外的单位	21
IV. 1. 与国际单位制并用的单位	21
IV. 2. 暂时留用的单位	22
IV. 3. CGS 单位	23
IV. 4. 其它单位	26

*) 已采用多种语言, 特别是用德语、英语、保加利亚语、汉语、西班牙语、日语、葡萄牙语、罗马尼亚语、捷克语出版了这本小册子(或其前版本)的全译本或是摘译本, 不少国家还出版了有关国际单位制使用的指南。

附录 I 国际计量大会和国际计量委员会的决定	27
附录 II 一些主要单位定义的实际实现	52
附录 III 关于米制公约组织机构的历史资料	59
索引	62

1. 国际单位制 (SI) 的构成	63
2. SI 单位的导出	64
3. SI 单位的符号	65
4. SI 单位的名称	66
5. SI 单位的倍数	67
6. SI 单位的换算	68
7. SI 单位的测量	69
8. SI 单位的定义	70
9. SI 单位的实现	71
10. SI 单位的测量	72
11. SI 单位的定义	73
12. SI 单位的实现	74
13. SI 单位的测量	75
14. SI 单位的定义	76
15. SI 单位的实现	77
16. SI 单位的测量	78
17. SI 单位的定义	79
18. SI 单位的实现	80
19. SI 单位的测量	81
20. SI 单位的定义	82
21. SI 单位的实现	83
22. SI 单位的测量	84
23. SI 单位的定义	85
24. SI 单位的实现	86
25. SI 单位的测量	87
26. SI 单位的定义	88
27. SI 单位的实现	89
28. SI 单位的测量	90
29. SI 单位的定义	91
30. SI 单位的实现	92
31. SI 单位的测量	93
32. SI 单位的定义	94
33. SI 单位的实现	95
34. SI 单位的测量	96
35. SI 单位的定义	97
36. SI 单位的实现	98
37. SI 单位的测量	99
38. SI 单位的定义	100
39. SI 单位的实现	101
40. SI 单位的测量	102
41. SI 单位的定义	103
42. SI 单位的实现	104
43. SI 单位的测量	105
44. SI 单位的定义	106
45. SI 单位的实现	107
46. SI 单位的测量	108
47. SI 单位的定义	109
48. SI 单位的实现	110
49. SI 单位的测量	111
50. SI 单位的定义	112
51. SI 单位的实现	113
52. SI 单位的测量	114
53. SI 单位的定义	115
54. SI 单位的实现	116
55. SI 单位的测量	117
56. SI 单位的定义	118
57. SI 单位的实现	119
58. SI 单位的测量	120
59. SI 单位的定义	121
60. SI 单位的实现	122
61. SI 单位的测量	123
62. SI 单位的定义	124
63. SI 单位的实现	125
64. SI 单位的测量	126
65. SI 单位的定义	127
66. SI 单位的实现	128
67. SI 单位的测量	129
68. SI 单位的定义	130
69. SI 单位的实现	131
70. SI 单位的测量	132
71. SI 单位的定义	133
72. SI 单位的实现	134
73. SI 单位的测量	135
74. SI 单位的定义	136
75. SI 单位的实现	137
76. SI 单位的测量	138
77. SI 单位的定义	139
78. SI 单位的实现	140
79. SI 单位的测量	141
80. SI 单位的定义	142
81. SI 单位的实现	143
82. SI 单位的测量	144
83. SI 单位的定义	145
84. SI 单位的实现	146
85. SI 单位的测量	147
86. SI 单位的定义	148
87. SI 单位的实现	149
88. SI 单位的测量	150
89. SI 单位的定义	151
90. SI 单位的实现	152
91. SI 单位的测量	153
92. SI 单位的定义	154
93. SI 单位的实现	155
94. SI 单位的测量	156
95. SI 单位的定义	157
96. SI 单位的实现	158
97. SI 单位的测量	159
98. SI 单位的定义	160
99. SI 单位的实现	161
100. SI 单位的测量	162

I. 绪 论

I.1. 历史

1948年第九届国际计量大会(CGPM)根据其决议6, 责成国际计量委员会(CIPM):

“研究制订一整套计量单位规则”;

“为此, 开始正式征询所有国家科学、技术和教育界的意见”; 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 (*Système pratique d'unités de mesure*) 提出建议。”

同届大会还通过了决议7, 规定了制定单位符号的一般原则, 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)通过的决议6和第十四届国际计量大会(1971)通过的决议3, 决定采用以下七个量: 长度、质量、时间、电流、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。

第十一届国际计量大会(1960)通过的决议12, 把这种实用计量单位制的名称定名为国际单位制 (*Système International d'unités*), 其国际简称为SI, 同时给出了词头、导出单位和辅助单位的规则以及其他一些规定, 由此建立了关于计量单位的一整套规则。

I.2. 三类SI单位 (*Les trois classes d'unités SI*)

在国际单位制中, SI单位分为三类:

基本单位 (unités de base);

导出单位 (unités dérivées);

辅助单位 (unités supplémentaires).

从科学观点把 SI 单位分为这三类,有一定程度的任意性,因为从物理学的角度来说,并不唯一地要求这种分法。

然而,国际计量大会考虑到采用一种唯一的实用的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,在量纲上彼此独立的单位作为国际单位制的基础,这七个单位是:米、千克⁽¹⁾、秒、安培、开尔文、摩尔与坎德拉(见 II. 1.)。这七个 SI 单位称为基本单位。

SI 单位的第二类是导出单位,就是说,可以按照选定的联系相应量的代数式由基本单位构成的单位。由基本单位构成的这些单位,有一些可用专门名称和符号代替;这些专门名称和符号又可以用来构成其他导出单位的表示式和符号(见 II.2.)

第十一届国际计量大会(1960)还采纳了称为辅助单位的第三类 SI 单位,它不具有确切性质(见 II. 3.)

按照通常“一贯性”(cohérent)这个词的含义,这三类 SI 单位构成了一个一贯单位体系(un ensemble cohérent d'unités),就是说,按照乘、除法规则相互联系的没有任何数字系数的单位制,按照国际计量委员会的建议书 1(1969),这种一贯单位体系中的单位称为 SI 单位。

强调指明每个物理量只有一个 SI 单位是很重要的,尽管这个单位可以有不同的表示形式,但不能反过来讲。一个 SI 单位可以对应于几个不同的量(见 II. 2. 表 4 后所述)。

(1) 我国颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》中规定“公斤”可做为“千克”的同义语使用(凡用小罗马数字标明的注释,均系译者注,下同)。

1.3. SI 词头(Les préfixes SI)

国际计量大会采纳了一组词头,构成 SI 单位的十进倍数和分数单位(见 III. 1),按照国际计量委员会建议书 1(1969),这些词头称之为 SI 词头。

根据 SI 词头构成的 SI 单位的倍数与分数单位,为了与狭义的一贯体系的 SI 单位区分开,应该用它们的全称表示,即 SI 单位的倍数与分数单位(*multiples et sous-multiples des unités SI*)

1.4. 量制 (Système de grandeurs)

本书没有论述与 SI 单位一起使用的量制,这属于国际标准化组织 (ISO) 第 12 技术委员会的工作范围。自 1955 年以来,ISO 公布了一系列有关量和单位的国际标准,并积极建议采用国际单位制⁽¹⁾。

在这些国际标准中,ISO 采用了根据七个基本量:长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量和发光强度建立的物理量制。其余的量——导出量,则根据这七个基本量给予定义;导出量与基本量之间的关系用方程组表达。这种量制与方程组适于与 SI 单位一起使用。

1.5. 关于单位的立法 (Législations sur les unités)

有些国家以立法形式制定了在全国,或只在某些领域如商业,卫生或公共安全,教育等方面使用单位的规则。越来越多的国家颁布了采用国际单位制的法令。

1955 年成立的国际法制计量组织 (*L'organisation Internationale de Metrologie Légale*) 从事这些立法的国际协调工作。

(1) ISO 标准汇编 2 «计量单位», ISO, 日内瓦, 1979, 共 243 页(技术标准出版社已出版其中文译本——译者)

II. SI 单 位

II. 1. 基本的 SI 单位⁽ⁱ⁾ (Unités SI de base)

II. 1. 1. 定义 (Définitions)

a) 长度单位(米)——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:

“米等于氪-86原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁所对应的辐射在真空中的 1 650 763.73 个波长的长度。”

(第十一届国际计量大会, 1960, 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(千克)——第一届国际计量大会(1889)批准了国际千克原器, 并宣布今后以这个原器为质量单位。

为了避免“重量”⁽ⁱⁱ⁾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:

“千克是质量的单位, 等于国际千克原器的质量”(见本书附录 I. 1901 年第三届国际计量大会声明)。

这个铂铱国际原器按照 1889 年第一届国际计量大会规

(i) 也译作 SI 基本单位。考虑到 SI 单位作为一个有特定含义的词组, 这样译更符合法文原意。以下 SI 导出单位同。

(ii) 根据我国政府 1959 年《统一计量制度的命令》中规定, “重量”一词的含义应与“质量”相同, 使用相同的单位。因此, 应该只是“重力”才是力的单位。这与 1901 年第三届国际计量大会的声明不符。

定的条件,保存在国际计量局。

c) 时间单位(秒)——最初,时间单位“秒”被定义为平太阳日的 $1/86\,400$ 。“平太阳日”的精确定义留给天文学家制定,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 SI 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 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期的持续时间。”

(第十三届国际计量大会,1967,决议 1)

d) 电流单位(安培)——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,若保持在处于真空中相距 1 米的两无限长而圆截面可忽略的平行直导线内,则此两导线之间产生的力在每米长度上等于 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)。

c) 热力学温度单位(开尔文)——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(符号 K)代替“开氏度”(符号 $^{\circ}\text{K}$)(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的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 4)

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符号 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

$$t = T - T_0$$

定义的摄氏温度(符号 t), 按定义, 式中 $T_0 = 273.15\text{K}$ 。“摄氏度”这个单位与单位“开尔文”相等, 而“摄氏度”是一个专门名称, 用来代替“开尔文”表示摄氏温度。摄氏温度间隔或温差, 既可以用摄氏度表示, 也可以用开尔文表示。

f) 物质的量单位(摩尔)——自从发现一些化学基本定律以后, 就已用物质的量单位(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”以及“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, 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，结束了这种不一致局面。此后，物理学家和化学家都同意将碳同位素 12 的恒定为 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（符号 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) 摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与 0.012 千克碳-12 的原子数目相等。

(2) 在使用摩尔时应指明基本单元，它可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子，或是这些粒子的特定组合。”

在摩尔定义中所参照的应是非结合的，静止的，并处于基态的碳 12 原子。

摩尔这个定义同时严格地明确了以摩尔为单位的量的性质。

g) 发光强度单位（坎德拉）——1948 年前各国采用的依据火焰或白炽灯丝基准建立的发光强度单位首先改为“新烛光”，“新烛光”是根据铂凝固温度下普朗克辐射体（黑体）的亮

(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。

度建立的。这一决定是由国际照明委员会 (CIE) 和国际计量委员会在 1937 年前做出的, 1946 年由 CIPM 予以颁布, 然后, 第九届国际计量大会在 1948 年批准了这一决定, 并给这个单位一个新的国际名称“坎德拉”(符号 cd); 1967 年第十三届国际计量大会对 1946 年所下定义又做了形式上的修改。

鉴于温度升高时实现普朗克辐射体有实验上的困难, 以及由于利用辐射测量法, 即光辐射的功率测量有了新的可能性, 于是, 第十六届国际计量大会在 1979 年通过了以下新定义:

表 1 基本的 SI 单位
(Unités SI de base; SI base units)

量	名 称	符 号
长度 (longueur; length)	米 (mètre; metre)	m
质量 (masse; mass)	千克 (kilogramme; kilogram)	kg
时间 (temps; time)	秒 (seconde; second)	s
电流 (intensité de courant électrique; electric current)	安[培] ⁽¹⁾ (ampère; ampere)	A
热力学温度 (température thermodynamique; thermodynamic temperature)	开[尔文] (kelvin; kelvin)	K
物质的量 (quantité de matière; amount of substance)	摩[尔] (mole; mole)	mol
发光强度 (intensité lumineuse; luminous intensity)	坎[德拉] (candela; candela)	cd

- (1) 单位名称中, 凡有方括号者, 去掉方括号及其中的字, 即成为该单位的简称。必要时可作为中文符号使用。凡没有方括号者, 其简称与其全称同。按我国现行规定, 推荐使用国际符号。中文符号只能在中小学课本及一般科普书刊中使用。本译本不列出中文符号。