



中华人民共和国国家标准

GB/T 3101.7—2026/ISO 80000-7:2019

代替 GB/T 3102.6—1993

量和单位 第7部分:光和辐射

Quantities and units—Part 7: Light and radiation

(ISO 80000-7:2019, IDT)

2026-08-28 发布

2028-01-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

参考文献 27

索引 28

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 3101《量和单位》的第 7 部分。GB/T 3101 已经发布了以下部分：

- 第 2 部分：数学；
- 第 3 部分：空间和时间；
- 第 4 部分：力学；
- 第 5 部分：热力学；
- 第 6 部分：电磁学；
- 第 7 部分：光和辐射；
- 第 8 部分：声学；
- 第 9 部分：物理化学和分子物理学；
- 第 10 部分：原子物理学和核物理学。

本文件代替 GB/T 3102.6—1993《光及有关电磁辐射的量和单位》，与 GB/T 3102.6—1993 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了“明视觉量”(见 0.4)、“暗视觉量”(见 0.5)和“中间视觉量”(见 0.6)的定义和解释。
- b) 删除了量的名称：“频率”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-1)、“角频率”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-2)、“波长”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-3)、“波率”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-4)、“波数”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-4)、“角波率”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-5)、“角波数”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-5)、“电磁波在真空中的速度”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-6)、“辐[射]能流”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-11)、“辐[射]能流率”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-12)、“斯忒藩-玻尔兹曼常量”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-18)、“第一辐射常量”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-19)、“第二辐射常量”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-20)、“物距”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-45.1)、“像距”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-45.2)、“焦距”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-45.3)、“顶焦距”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-45.4)、“透镜焦度(光焦度)”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-46.1)、“顶焦度”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-46.2)。删除了对应单位名称：“赫[兹]”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-1.a)、“弧度每秒”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-2.a)、“每秒”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-2.b)、“负一次方秒”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-2.b)、“米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-3.a)、“每米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-4.a)、“负一次方米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-4.a)、“弧度每米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-5.a)、“每米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-5.b)、“负一次方米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-5.b)、“米每秒”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-6.a)、“焦[耳]每平方米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-11.a)、“瓦[特]每平方米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-12.a)、“瓦[特]每平方米四次方开[尔文]”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-18.a)、“瓦[特]平方米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-19.a)、“米开[尔文]”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-20.a)、“米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-45.a)“每米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-46.a)、“负一次方米”(见 GB/T 3102.6—1993 的 6-46.a)。
- c) 增加了量的名称：“介质中光速”(见表 1 中的 7-1.1)、“光谱辐[射]通量”(见表 1 中的 7-4.2)、“光谱辐[射]功率”(见表 1 中的 7-4.2)、“光谱辐[射]强度”(见表 1 中的 7-5.2)、“光谱辐射亮

度”(见表 1 中的 7-6.2)、“光谱辐[射]照度”(见表 1 中的 7-7.2)、“光谱辐[射]出[射]度”(见表 1 中的 7-8.2)、“光谱曝辐[射]量”(见表 1 中的 7-9.2)、“光源的发光效能”(见表 1 中的 7-11.4)、“光子能量”(见表 1 中的 7-19.2)、“色温”(见表 1 中的 7-29.1)、“相关色温”(见表 1 中的 7-29.2)、“纳皮尔吸光度”(见表 1 中的 7-32.2)、“光亮度因数”(见表 1 中的 7-33.2)、“质量衰减系数<辐射度学>”(见表 1 中的 7-36.1)、“质量吸收系数<辐射度学>”(见表 1 中的 7-36.2)。增加了对应单位名称:“米每秒”(见表 1 中的 7-1.1)、“瓦[特]每纳米”“千克米每三次方秒”(见表 1 中的 7-4.2)、“瓦[特]每球面度纳米”(见表 1 中的 7-5.2)、“瓦[特]每球面度平方米纳米”(见表 1 中的 7-6.2)、“瓦[特]每平方米纳米”(见表 1 中的 7-7.2)、“瓦[特]每平方厘米”(见表 1 中的 7-8.2)、“焦[耳]每平方米纳米”(见表 1 中的 7-9.2)、“流[明]每瓦[特]”(见表 1 中的 7-11.4)、“焦[耳]”(见表 1 中的 7-19.2)、“开[尔文]”(见表 1 中的 7-29.1)、“开[尔文]”(见表 1 中的 7-29.2)、“—”(见表 1 中的 7-32.2)、“—”(见表 1 中的 7-33.2)、“负一次方千克平方米”(见表 1 中的 7-36.1)。

- d) 更改了部分量的名称,如:将“辐[射]能密度的光谱密集度”改为“以波长表示的光谱辐[射]能密度”(见表 1 中的 7-3.2,GB/T 3102.6—1993 的 6-9)、将“光量”改为“光能量”(见表 1 中的 7-12,GB/T 3102.6—1993 的 6-31)、将“CIE 色度函数”“CIE 光谱三刺激值”改为“CIE 1931 标准色度观察者的三刺激值”“CIE 1964 标准色度观察者的三刺激值”“CIE 1931 标准色度观察者的 CIE 色匹配函数”“CIE 1964 标准色度观察者的 CIE 色匹配函数”(见表 1 中的 7-26.1、7-26.2、7-27.1、7-27.2,GB/T 3102.6—1993 的 6-38)、将“色品坐标”“三色坐标”修改为“CIE 1931 标准色度系统中的色品坐标”“CIE 1964 标准色度系统中的色品坐标”(见表 1 中的 7-28.1、7-28.2,GB/T 3102.6—1993 的 6-39)、将“[光谱]光密度”修改为“透射光学密度”“光学密度”“透射密度”“十进制吸光度”(见表 1 中的 7-32.1,GB/T 3102.6—1993 的 6-41)。

本文件等同采用 ISO 80000-7:2019《量和单位 第 7 部分:光和辐射》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动:

- 纳入了 ISO 80000-7:2019/Amd 1:2025 的修正内容,所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直双线(∥)进行了标示;
- 部分词条备注添加了说明性注(见表 1 中的 7-3.1、7-3.2、7-7.1、7-11.3)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国量和单位标准化技术委员会(SAC/TC 16)提出并归口。

本文件起草单位:中国计量科学研究院、中国光学学会、浙江大学、山东北方光学电子有限公司。

本文件主要起草人:甘海勇、赵伟强、代彩虹、邓玉强、刘慧、林延东、徐海松、王振亮。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 1982 年首次发布为 GB 3102.6—1982,1986 年第一次修订,1993 年第二次修订;
- 本次为第三次修订,标准编号及名称调整为 GB/T 3101.7—2026《量和单位 第 7 部分:光和辐射》。

引言

0.1 概述

量和单位的规范性是我国科技进步和社会发展的基石。为进一步促进量和单位的名称、符号、定义在我国科研、教学、生产经营和新闻出版等领域的规范应用,更好支撑相关领域国际交流,服务国家科技创新和国民经济发展,制定本文件。

GB/T 3101《量和单位》旨在规范量和单位的名称、符号、定义等内容,拟由 13 个部分构成。

- 第 1 部分:总则。目的在于提供有关量、量制、单位、量和单位符号以及一贯单位制的一般信息和定义,特别是国际量制(ISQ)。
- 第 2 部分:数学。目的在于给出在自然科学和技术领域以及使用数学的其他领域的数学符号,解释其含义,并给出文字等效表述和应用。
- 第 3 部分:空间和时间。目的在于给出空间和时间量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 4 部分:力学。目的在于给出力学量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 5 部分:热力学。目的在于给出热力学量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 6 部分:电磁学。目的在于给出电磁学量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 7 部分:光和辐射。目的在于给出波长约为 1 nm 至 1 mm 范围内用于光和光辐射的量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 8 部分:声学。目的在于给出声学量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 9 部分:物理化学和分子物理学。目的在于给出物理化学和分子物理学中量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 10 部分:原子物理学和核物理学。目的在于给出原子物理学和核物理学中量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 11 部分:特征数。目的在于给出用来描述传递现象的特征数的名称、符号和定义。
- 第 12 部分:凝聚态物理学。目的在于给出凝聚态物理学中量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子。
- 第 13 部分:信息科学与技术。目的在于给出信息科学与技术中量的名称、符号、定义和单位,适当情况下还给出了转换因子和二进制倍数的词头。

0.2 量

本文件包含了一组关于光和其他电磁辐射的量。与辐射度有关的辐射量一般在整个电磁辐射范围内有效,而光度量只适用于可见辐射。

有时同一符号可能对应三组量,分别属于辐射度、光度和光子量。为避免混淆,通常采用加下标区分,“e”表示辐射度的能量,“v”表示光度的“可见光”,“p”表示光子量的光子数。

关于电离辐射量,见 ISO 80000-10。

本文件中一些量被定义用于单色辐射,即仅为单个频率 ν 的辐射量。这些量用参考量[如 $q(\nu)$]来表示。例如,介质中光速 $c(\nu)$,或介质中的折射率 $n(\nu)=c_0/c(\nu)$ 。其中,有些量是某个量的导数:

$$q'(\lambda) = \frac{dq(\lambda)}{d\lambda} = \lim_{\Delta\lambda \rightarrow 0} \frac{q(\lambda + \Delta\lambda) - q(\lambda)}{\Delta\lambda}$$

这些量也经常被描述为辐射量 q 对应于指定波长间隔 $[\lambda, \lambda + \Delta\lambda]$ 的微元 $\Delta q(\lambda)$ 除以该间隔大小 $\Delta\lambda$,以表明其来源的物理测量过程。这些分数是可相加的,以便积分产生总量,例如辐射亮度(7-6.1)和光谱辐射亮度(7-6.2)。这些量的导数称为光谱量,用下标 λ 表示。

另一方面,一些多维度量,如辐射强度 $I_e(\vartheta, \varphi)$ 、辐射照度 $E_e(x, y)$ 及辐射亮度 $L_e(x, y, \vartheta, \varphi)$ 等,严格定义为空间中某一点、某方向或某一点和方向的导数值的量。因此,根据 ISO 80000-2,例如最复杂的术语“辐[射]亮度”(7-6.1)最基本的定义为:

“在一个实体曲面或假想表面的给定点 (x_1, y_1) 上,在给定的方向 (ϑ_1, φ_1) 上,

$$L_e(x, y, \vartheta, \varphi) = \frac{\partial^2 \Phi_e(x, y, \vartheta, \varphi)}{\partial A(x, y) \cdot \cos \epsilon \cdot \partial \Omega(\vartheta, \varphi)} = \left(\frac{\partial^2 \Phi_e}{\partial A \cdot \cos \epsilon \cdot \partial \Omega} \right)_{\substack{x=x_1 \\ y=y_1 \\ \vartheta=\vartheta_1 \\ \varphi=\varphi_1}}$$

式中:

$\Phi_e(x, y, \vartheta, \varphi)$ ——在给定点 (x_1, y_1) 通过区域 $A(x, y)$ 并在给定方向 (ϑ_1, φ_1) 传播的辐射通量值;

ϵ ——在给定点的该区域法线 $\overline{A(x_1, y_1)}$ 和给定方向 (ϑ_1, φ_1) 之间的夹角。”

为了方便第 3 章表格的使用,本文件使用了简化的定义(如 7-6.1 的辐射亮度)。这些定义假设了量的分数总是各向同性、均匀和连续的。在这种情况下,给出的定义等价于上述基本定义。

除了频率 ν ,还能使用其他参考量:角频率 $\omega = 2\pi\nu$,在介质中的波长 $\lambda = c_0/(n\nu)$,在真空中的波长 $\lambda_0 = c_0/\nu$,在介质中波数 $\sigma = 1/\lambda$,在真空中的波数 $\tilde{\nu} = \nu/c_0 = \sigma/n = 1/\lambda_0$ 等。例如,折射率表示为 $n(\lambda = 555 \text{ nm}) \approx 1.333$ 。

与不同参考量对应的光谱量是相关的,例如

$$dq = q_\nu(\nu) d\nu = q_\omega(\omega) d\omega = q_{\tilde{\nu}}(\tilde{\nu}) d\tilde{\nu} = q_\lambda(\lambda) d\lambda = q_\sigma(\sigma) d\sigma$$

所以

$$q_\nu(\nu) = 2\pi q_\omega(\omega) = q_{\tilde{\nu}}(\tilde{\nu})/c_0 = q_\lambda(\lambda) \cdot c_0/n = q_\sigma(\sigma) \cdot n/c_0$$

理论上,频率 ν 是更基本的参考量,当光束通过不同折射率 n 的介质时,其值保持不变。但由于历史原因,波长 λ 仍然被用作主要参考量,因为过去它是最精确的被测量。在这方面,光谱量具有光谱的“密集度”的含义,如光谱辐射亮度(7-6.2) $L_{e,\lambda}(\lambda)$ 对应于其积分量辐射亮度 $L_e(\lambda)$ (7-6.1):

$$L_{e,\lambda} = \frac{\partial L_e}{\partial \lambda}$$

0.3 单位

在光度和辐射度领域中,为便利保留了立体角单位。

0.4 明视觉量

在绝大多数情况下,使用明视觉(由人类视觉系统中的视锥细胞提供,用于白天的视觉)。明视觉的光谱光视效率函数 $V(\lambda)$ 的标准值最初是由国际照明委员会(CIE)在 1924 年采用的。这些值已被国际计量委员会(CIPM)采用(见参考文献[14]中的 BIPM 专著)。

0.5 暗视觉量

对于暗视觉(由视杆细胞提供,用于夜间视觉),对应的量的定义与明视觉(7-10~7-18)相同,使用

上标“'”符号表示。

对于术语“光谱光视效率”(7-10.2),其备注内容如下:

“暗视觉的光谱光视效率函数 $V'(\lambda)$ 的标准值最初是由 CIE 在 1951 年采用的。其后来被 CIPM 采用(见参考文献[14])。”

对于术语“最大光视效能”(7-11.3),其定义如下:

“<对于暗视觉>暗视觉的光谱光视效能的最大值。”

其备注内容如下:

“这个值计算如下:

$$K'_m = \frac{683 \text{ lm W}^{-1}}{V'(\lambda_{\text{cd}})} \approx 1\,700 \text{ lm W}^{-1}$$

其中 $V'(\lambda)$ 是用波长 λ 来表示的暗视觉光谱光视效率,而波长 λ_{cd} 在 SI 单位坎德拉的定义中给出的、在空气中对应于频率 540×10^{12} Hz 的波长值。”

注:在 2019 年的坎[德拉]定义中,683 lm W⁻¹ 定义为常数 K_{cd} 。

0.6 中间视觉量

对于中视视觉(由视锥细胞和视杆细胞提供,介于明视觉和暗视觉之间的视觉),相对应的量的定义与明视觉(7-10~7-18)相同,使用下标“mes”符号表示。

对于术语“光谱光视效率”(7-10.2),其备注如下:

“中间视觉的光谱光视效率函数 $V_{\text{mes}}(\lambda)$ 依赖于所使用的适应水平参数 m ,最初是由 CIE 在 2010 年推荐使用(见参考文献[12]),其后来被 CIPM 采用(见参考文献[14])。”

对于术语“最大光视效能”(7-11.3),其定义如下:

“<对于中间视觉>中间视觉光谱光视效能最大值是适应水平参数 m 的因变量。”

其备注内容如下:

“这个值计算如下:

$$K_{m, \text{mes}; m} = \frac{683 \text{ lm W}^{-1}}{V_{\text{mes}; m}(\lambda_{\text{cd}})}$$

其中 $V_{\text{mes}; m}(\lambda)$ 是适应水平参数为 m 时的中间视觉的光谱光视效率,而波长 λ_{cd} 是由 SI 单位坎[德拉]的定义中给出的、对应于频率 540×10^{12} Hz 的空气中的波长值。”

量和单位 第7部分:光和辐射

1 范围

本文件给出了波长约为 1 nm~1 mm 范围内光和辐射的量和单位的名称、符号、定义。在适当的情况下,也给出了转换因子。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

国际计量局.国际单位制(SI)(第9版).2019(BIPM, The international system of units(SI), 9th ed., 2019)

3 术语和定义

表1和《国际单位制(SI)》(第9版)给出了光和光辐射中使用的量的名称、符号、定义和单位。ISO和IEC维护的用于标准化的术语数据库网址如下:

——ISO 在线浏览平台:<https://www.iso.org/obp>;

——IEC 电工百科:<https://www.electropedia.org/>。

在光领域,CIE维护的电子国际照明词汇表,可在<http://eiv.cie.co.at/>上获得。