

· 来信选登 ·

关于光度学和辐射度学的一些技术名词的意见*

编者按：中国科学院上海技术物理研究所汤定元同志给本刊编辑部来信，对于光度学和辐射度学的一些基本术语的中文名词及其对应的物理意义提出了一些看法。现发表出来，以供有关方面的工作人员参考。

近年来，国内有关光学方面的出版物逐渐多起来了。各作者或译者所用的术语很不一致，增加了读者的负担。特别是光度学和辐射度学方面的术语，情况特别严重。产生这种情况的原因，一方面是由于光学这门古老的学科在近十多年来发展特别迅速，旧的术语已不适用，新的术语不断产生出来，而国外作者所用术语又多不一致；另一方面是由于国内公布的《物理学名词》比较早，新的名词没有及时地收集，各译著者不得不自己创制译名。这就增加了这方面复杂情况。本文想对光度学与辐射度学的一些基本术语的中文名词提出一些看法，希望能有助于名词的统一。

本文所根据的外文术语是1960年10月在巴黎召开的第十一届国际度量衡会议所采纳的《国际单位系统》(SI)的术语。表1A和表1B分别列出辐射度学和光度学的基本术语的英文名、单位、建议用的中文名、符号，以及1953年公布，1965年出版的《物理学名词》(简称《名词》)和1970年出版的《物理学名词补篇》(简称《补篇》)所规定的名词。表2是一些与光度学和辐射度学有牵连的一些名词，由于感觉到《名词》中所规定的译名不能适合目前的需要，建议在以后修订《名词》时能考虑修改。

表1A 辐射度学术语 (M.K.S. 单位)

	符号 ⁽¹⁾	建议译名	单位名称	单位缩写	《名词》或《补篇》译名
1. Radiant energy	Q	辐射能	焦耳	J	《名词》同
2. Radiant energy density	w	辐射能密度	焦耳/米 ³	J/m ³	
3. Radiant power (Radiant flux)	ϕ	辐射功率 (辐射通量)	瓦特	W	《名词》辐射通量
4. Radiant intensity	I	辐射强度	瓦/球面度	W/sr	《名词》同
5. Radiant exitance	M	辐射出射度	瓦/米 ²	W/m ²	
6. Radiance	L	辐射率	瓦/米 ² ·球面度	W/m ² ·sr	
7. Irradiance	E	辐照度	瓦/米 ²	W/m ²	《补篇》同

(1) 有必要区别辐射度与光度时用脚标“e”表明辐射度学的量，如 Q_e , w_e … 等。

* 1973年2月12日收到。

表1B 光度学术语 (M.K.S. 单位)

英 文 名	符号 ⁽¹⁾	建议译名	单 位 名 称	单位缩写	«名词»或«补篇»译名
1. Luminous energy	Q	光能	塔耳波特 ⁽²⁾		
2. Luminous energy density	w	光能密度	塔耳波特/米 ³	$\text{lm} \cdot \text{s}/\text{m}^3$	
3. Luminous power (Luminous flux)	ϕ	光功率 (光通量)	流明	lm	«名词»光通量
4. Luminous intensity	I	发光强度	烛光	$\frac{\text{cd}}{\text{lm}/\text{sr}}$	«名词»同
5. Luminous exitance	M	光出射度	流明/米 ²	lm/m^2	
6. Luminance	L	发光率	烛光/米 ² 流明/米 ² ·球面度	$\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$ $\text{lm}/\text{m}^2 \cdot \text{sr}$	«补篇»亮度
7. Illuminance	E	光照度	勒克司(流明/米 ²)	$\frac{\text{m} \cdot \text{cd}}{\text{lm}/\text{m}^2}$	«补篇»施照度
8. Luminous efficacy	K	光视效能	流明/瓦特	lm/W	
9. Luminous efficiency	V	光视效率			«名词»发光效率

(1) 有必要区别辐射度与光度时用脚标“ v ”表明光度学的量,如 $Q_v, w_v \dots$ 等。

(2) 塔耳波特 (talbot) 等于流明-秒。

表2 辐射与实物交互作用的几个名词

英 文 名	符 号	建 议 译 名	«名词»或«补篇»译名
Emissivity	ϵ	比辐射率(比辐射)	«名词»发射率
Absorptance	α	吸收比	«名词»吸收比
Absorptivity	α	吸收率	«名词»吸收比
Reflectance	ρ	反射比	«名词»反射比
Reflectivity	ρ	反射率	«名词»反射比
Transmittance	τ	透射比	«名词»透射比
Transmissivity	τ	透射率	«名词»透射比

下面将顺次地对这些术语的意义以及建议这些译名的理由作必要的说明。

(1) 辐射度学的测量是要确定辐射的功率,功率已有传统的单位,测量辐射时必须采用它,不能另行制订。光度学的任务则是根据辐射对视觉的作用来测量辐射的有关量,它的单位应根据辐射对人眼的生理学实验来制订。一种是用已有的功率单位来测量辐射,一种是用特别制订的视觉单位来测量辐射,两种单位尽管迥然不同,但所用的术语应当是完全平行的。表1A和表1B就是采用完全平行的术语。两类术语采用同一种符号。在大多数情况下,这两类术语不会碰在一起,用同一种符号不会引起什么困难。在少数必须同时使用这两类术语的情况下,可以加脚标以示区别。例如用“ e ”代表辐射度学的量,用“ v ”代表光度学的量。 Q_e 代表辐射能, Q_v 就代表光能。

(2) 我们把“光”的用法限制在指对视觉起作用的那部分辐射,不用“红外光”“紫外光”之类的说法,则“光”与“辐射”成为光度学和辐射度学中地位完全相当的两个名词。把辐射度学的术语中“辐射”两字换成“光”字就得到光度学中的相应术语。如表1中的1,2,3项。

不过“辐射”两字一般讲来既可代表电磁波的各种形态,也可代表物理过程。而“光”只能指电磁波的一种,没有过程的含义。如要指物理过程则必须用“发光”两字,表1中的4,6两项就反映出这一看法。

(3) 光度学中“瓦特”相当的单位叫做流明(lumen),因此流明是一个很重要的单位。一个标准光源——1烛光在单位立体角内所发射的光功率就叫做1流明。如果点光源的发射是各向均匀的,则1烛光共发射 4π 流明的光功率。

1967年10月第十三届国际度量衡会议新制订了一个发光强度的单位,叫做Candela,我们仍旧把它译成“烛光”。它的定义是:面积为 $\frac{1}{60}$ cm²的黑体在铂的凝固点2042°K和101 325牛顿/米²的气压下、在法线方向上的发光强度。

人眼对不同波长的辐射具有不同的敏感性,对555nm(毫微米)的波长最为敏感。我们把555nm波长对视觉的效率Luminous efficiency,叫做1,建议把这一效率译成“光视效率”,不用《名词》中的“发光效率”,以区别于“Luminescence efficiency,即发光效率”(见《补篇》)。这两个术语的意义根本不相同。光视效率与通常用于机器的“效率”一词相似,

最大为1。其他波长的辐射的光视效率都是相对于555nm而言,都小于1。图1是国际照明委员会(CIE)规定的在2°视角的条件下对正常的白昼视觉的光视效率曲线,或称“视觉灵敏度曲线”。

对于555nm的辐射,1瓦特相当于680流明。其他波长的辐射所能产生的光功率都要小于此数。图1中也标出了各种波长所能产生的光功率。输出的光功率与输入的辐射功率之比就叫做“光视效能”,它的单位是流明/瓦(lm/W)。

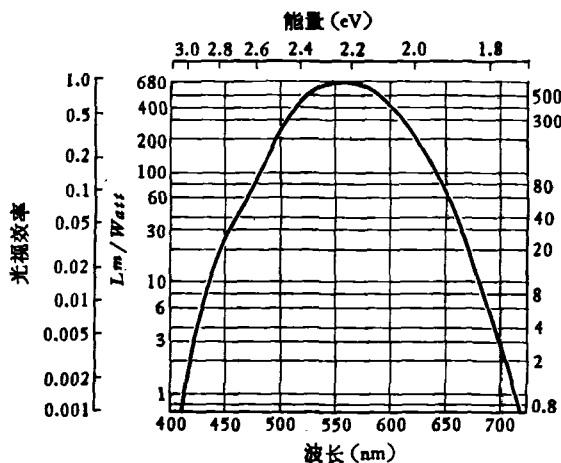


图1 国际照明委员会(CIE)规定的在2°视角的条件下,正常的白昼视觉的光视效率曲线(视觉灵敏度曲线)

(4) 辐射源和光源都有点源和扩

展源两种,描写点源的发射能力的量比较简单。一个点辐射源在某一方向的单位立体角内辐射功率叫做“辐射强度”,单位是瓦/球面度(W/sr),即

$$I = \frac{\partial \phi}{\partial \omega} \quad (\omega \text{ 为立体角}).$$

光度学中相应的量为“发光强度”,单位是流明/球面度(lm/sr),或者用“烛光”。

当辐射源或光源的尺寸比起观察者到源的距离来可以忽略不计时,都可用“辐射强度”“发光强度”来描述源的发射能力。

(5) 扩展源的情况比点源的情况要复杂得多,因为这里有两个变数——方向性和源面积。从源的单位面积出来的辐射功率,叫做 Radiant exitance,即

$$M = \frac{\partial \phi}{\partial A} \quad (A \text{ 为面积}),$$

它的单位是瓦/米² (W/m²)。这个术语是指从单位面积的源出来的辐射功率,可以用于物体本身的辐射,也可用于物体反射的辐射。这个术语是用来替代旧的术语 Radiant emittance (《补篇》“辐射度”)的。因此建议用“辐射出射度”。

描述扩展源的最重要的量叫做 Radiance。它的定义是: 在扩展源的 θ 方向上, 单位投影面积向单位立体角内发出的辐射功率, 即

$$L = \frac{\partial^2 \phi}{\partial A \partial \omega \cos \theta},$$

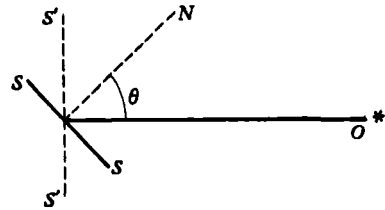


图2 面源的定义

由于这个量是最基本的, 又是最常用的, 建议把它译成“辐射率”, 因为它属于单位立体角单位面积, 用“率”字表明这类意义。《补篇》中用的是“面辐射强度”。由于辐射度学中所处理的问题绝大部分是扩展源的问题, Radiance 经常出现, 每次都要指明它是“面”的量, 总觉得有些不恰当。

如果从面元 ∂A 出发, 在任何方向 θ 的单位立体角内的辐射功率与 $\cos \theta$ 成正比, 这样的表面称为“朗伯型”面, 或理想的漫辐射(反射)面。由于上述的定义中用了 $\partial A \cos \theta$, 对于朗伯型面, 辐射率与视线方向无关。辐射率的单位是瓦/米²·球面度 (W/m²·sr)。

辐射率对立体角的积分就是辐射出射度。辐射率对源面的积分就相当于点源的辐射强度, 它代表整个源在所指定的方向上单位立体角内的辐射功率。

(6) 在光度学中“辐射出射度”相当的术语是“光出射度”(Luminous exitance)。这两个译名都不太令人满意, 最好能有更恰当的译名。

在光度学中 Radiance 相对应的术语是 Luminance, 它的定义也是

$$L = \frac{\partial^2 \phi}{\partial A \partial \omega \cos \theta},$$

这里的 ϕ 是光功率, 所以单位是流明/米²·球面度 (lm/m²·sr)。不过更常见的是烛光/米² (cd/m²), 因为 1 烛光 = 1 流明/球面度。建议把 Luminance 译成“发光率”。名词《补篇》中规定为“亮度”。《名词》中的 Brightness 译成“亮度”。一个表面的 Brightness 与 Luminance 不完全一样, 前者可能是光照度与反射率的函数。国外对 Brightness 一词的用法也比较乱, 有时与 Luminance 等同, 有时又有区别。因此建议: 具有上述严格的定义的 Luminance 译成“发光率”, Brightness 仍为“亮度”。

发光率的单位很多。《名词》和《补篇》中见到的有: 尼特 (nit)、熙提 (stilb)、阿熙提 (apostilb) 和朗伯 (lambert)。国际标准是烛光/米², 称作“尼特”; 烛光/厘米²称作“熙提”; 所以 1 尼特 = 10⁻⁴ 熙提, 1/π (烛光/米²) 称作“阿熙提”; 而 1/π (烛光/厘米²) 则称作“朗伯”。因此 1 阿熙提 = 0.3183 尼特 = 10⁻⁴ 朗伯 = 0.1 毫朗伯。其实这些名词并不都是必要的。

(7) 描述表面接受辐射或光照射的量分别为 irradiance 和 illuminance, 前者译成“辐照度”, 后者为“光照度”。《补篇》把后者译成“施照度”, “施”字对辐射和光都可以用, 不如“光照度”恰当。辐照度的单位是瓦/米² (W/m²)。光照度的单位是流明/米² (lm/m²), 叫做勒克司 (lux)。1 勒克司就等于距离 1 烛光光源 1 米远的表面所接受的光照, 也称作米·烛光, 即 1 勒克司 = 1m·cd·“米·烛光”的量纲并不是米乘上烛光。使用时应当

注意,这是这个单位名称的缺点。

(8) 表 1 中各量都可在前面加一形容词 spectral 变成表明在波长间隔 $\Delta\lambda$ 或频率间隔 $\Delta\nu$ 之间的相应量。用脚标的办法,如 X_λ , X_ν 来代表 X 量在波长 λ 处单位波长间隔或频率 ν 处的单位频率间隔的值,即

$$X_\lambda = \frac{\partial X}{\partial \lambda}, \quad X_\nu = \frac{\partial X}{\partial \nu}.$$

把 $X(\lambda)$, $X(\nu)$ 的写法用来代表作为 λ 或 ν 的函数的 X 量。

关于 spectral 一词的译名,《名词》中只用了“光谱”一词。事实上,有些术语无论是前面加“光谱”两字或是后面加“光谱”两字都不很恰当。因此建议增加两个译法,即“分谱”的和“单色”的。例如 spectral photoconductivity, 实际上表明光电导与波长(或频率)的关系的曲线。译成“光谱光电导”或“光电导光谱”都不妥当,不如用“分谱光电导”明确些。又如红外探测器对峰值波长的探测率称为 spectral detectivity, 译成“光谱探测率”很不妥当,不如用“单色探测率”来得明确。

(9) Emissivity 在《名词》中译成“发射率”,由于我们已把 Radiance 译成“辐射率”,两者容易混淆。而且这一词所指的是物体的发射辐射的本领与理想黑体的相比,因此建议把它改译成“比辐射率”或简称“比辐射”。

(10) 表 2 中列出常用的三对名词,“名词”上没有把它们区分开来。事实上,例如 Reflectivity 与 Reflectance 两词的意义并不一样。Reflectivity 是指单个表面对投射辐射的反射功率与入射功率之比。报导一种材料的反射系数时都是用这个量。而 Reflectance 是指一个具体的样品(例如平板样品)的反射功率与入射功率之比。由于辐射在平板样品中的多次反射, Reflectance 要比 Reflectivity 大些。例如锗对 $4\mu\text{m}$ 辐射的 Reflectivity $\rho = 36\%$, 而用平板样品所测得的 Reflectance 由于多次反射而变成 53% 。因此建议用“反射比”代表 Reflectance, 把 Reflectivity 译成“反射率”,指单个面的反射系数。

同理,把 Absorptivity 和 transmissivity 分别译成“吸收率”和“透射率”表明辐射在样品中传播时单次行程的吸收比和透射比。不过这两个词的用处不大,因此在一般文献中吸收比与吸收率、透射比与透射率常常是混用的。

汤定元

1973年2月8日