



光的明亮度及颜色

目录

- | | |
|-----------------|---|
| 1. 前言..... | 2 |
| 2. 光的属性..... | 2 |
| 3. 光亮的单位..... | 2 |
| 4. 颜色的表现方法..... | 6 |
| 5. 最后..... | 7 |

日本日亚化学工业株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

491 Oka, Kaminaka-Cho, Anan-Shi, TOKUSHIMA 774-8601, JAPAN

Phone: +81-884-22-2311 Fax: +81-884-21-0148

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

1. 前言

近年 LED 的应用范围遍及照明、家电、汽车等多种领域，根据用途的不同使用环境和方法也会发生变化。因此在性能上对 LED 的要求越来越多，越来越高。日本日亚化学工业株式会社（以下简称为“日亚”）为了让 LED 的性能可以得到最大程度的发挥，针对各种用途专门设计了与之相对应的高性能 LED。

LED 灯具的设计也应该和 LED 相同，根据用途选用最适合的设计。对此需要充分理解光的基本属性及单位，并能根据灯具用途选择正确的单位评价。

在本应用指南中将对光的基本属性中的“明亮度”和“颜色”进行说明。

2. 光的属性

光的基本属性包括“明亮度”和“颜色”。

“明亮度”是指从光源直接发出，或被地板、墙壁等反射后发出的光的强度。如果处于完全无光的黑暗环境中，人类因为不能对物体识别而不能自由行动。不仅如此，人类还需要根据所处环境和状况对明亮度进行选择。

物体的“颜色”是人类对物体表面的感官，是指从被照物表面反射出的各波长光的相对强度。因此颜色不仅和光的成分有关，也和被照物表面的反射特性有关。在居家和办公室等中通常都会使用白光照明，白光中包括有各种各样的波长（颜色），所以人眼容易对物体颜色进行识别。而在需要突出特定颜色时，则可以使用红色、蓝色等单色光照明。

在接下来的第 3 和 4 章中将对光的明亮度和颜色的单位及表现方法进行介绍。

3. 光亮的单位

3.1. 光通量（总光通量）

3.1.1. 关于光通量

通常使用光通量(lm：流明)评价从光源放射出的光量，是表示 LED、照明灯具的明亮度时最常用的单位。日亚也是使用此单位对 LED 明亮度进行管理（选别分档^{*1}）。

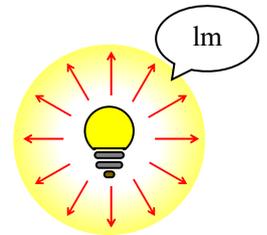


图 1. 光通量示意图

3.1.2. 光通量的定义

要想取得光通量，必须要测量光源发出的在单位时间内通过任意截面的放射能量，此放射能量被称为辐射通量(W)。此辐射通量中可以被人眼感知的可见光区域（波长 380~780nm）被称为光通量。也就是说对于同一光源发出的光，从能量的角度考虑时称为辐射通量，从人眼感度的角度考虑时称为光通量。光通量可以通过以下的方程式 1 计算，关于此方程式的计算方法示意图如图 3 所示。

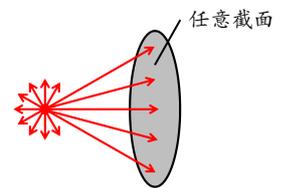


图 2. 光通量的定义

$$\text{光通量 } \Phi_v(\text{lm}) = K_m \int_{380}^{780} \Phi_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad \dots (\text{方程式 1})$$

方程式中的 K_m 代表最大光谱光视效能。明视觉条件下，光谱光视效率最大比值为 1.0（光波长 555nm）时的 $K_m=683\text{lm/W}$ 。另外 $\Phi_e(\lambda)$ 代表特定波长的辐射强度。 $V(\lambda)$ 代表特定波长的光谱光视效率。

^{*1} 并不是所有日亚产品都是根据光通量分档，详细请参照该产品规格书中的内容。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

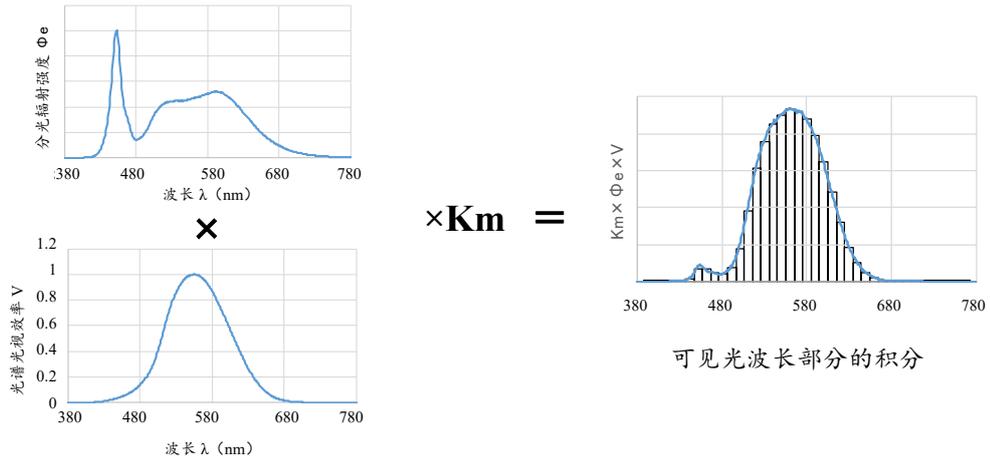


图 3. 光通量计算方法示意图

另外以光源为中心向所有方向上照射的光通量被称为总光通量，通常所说的光通量都是指“总光通量”。

发光效率大多是指从光源发出的总光通量和所消耗的电功率的比（如方程式 2 所示）。

$$\text{发光效率}(\text{lm/W}) = \text{总光通量}(\text{lm}) / \text{消耗电功率}(\text{W}) \quad \dots (\text{方程式 2})$$

3.2. 光强度

3.2.1. 关于光强度

在评价光源向特定方向发出的光的强度时通常使用光强度(cd: 坎德拉)。例如手电筒等发光方向性较强的光源，可以使用光强度对任意照射方向下的光亮度是否达到预期值进行评价。

LED 的发光具有方向性，并且 LED 的种类不同配光特性也可能存在差异。相关日亚产品的配光特性，可以在该产品的规格书中得到确认。另外日亚大多数产品的规格书中记载的光强度都是在和 LED 发光面相垂直方向上测量到的最大值（代表值）。

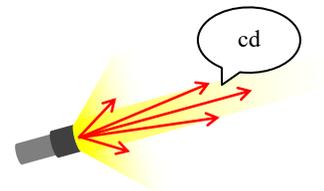


图 4. 光强度示意图

3.2.2. 光强度的定义

光强度是指通过单位立体角范围内的光通量（如图 5 所示）。而立体角 ω (sr: 球面度)是由半径 r 的球面的面积 $A(\text{m}^2)$ 除以 r^2 所得到的结果（如方程式 3 所示），另外单位立体角指的是 1sr 的立体角。

$$\text{立体角 } \omega(\text{sr}) = \text{面积 } A(\text{m}^2) / \text{半径 } r^2 (\text{m}) \quad \dots (\text{方程式 3})$$

因为球面整体的表面积为 $4\pi r^2(\text{m}^2)$ ，所以根据以上方程式，立体角 ω 为 $4\pi(\text{sr})$ 。假设光源照射在所有方向上的亮度均一，让总光通量除以 4π 就可以得到 1sr 的光通量，即 1sr 的光强度。（如方程式 4 所示）

$$\text{无方向性光源的光强度}(\text{cd}) = \text{总光通量 } \phi_v(\text{lm}) / 4\pi(\text{sr}) \quad \dots (\text{方程式 4})$$

对于光强度不均一，且有方向性的光源，不能按照方程式 4 的方法根据总光通量计算出光强度，但是可以使用相反的方法，也就是通过测量所有方向上的光强度，然后将所有方向上的光强度相加后得到总光通量。

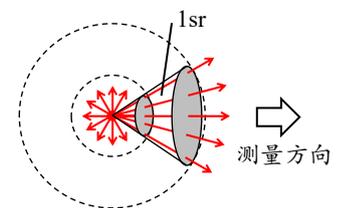


图 5. 光强度的定义

3.3. 照度

3.3.1. 关于照度

通常使用“照度(lx: 勒克斯)”对被光照射面的亮度进行评价。照度和光通量、光强度不同，不是评价光源性能的单位，而是评价被光源照射的地板、墙壁和桌面的亮度的单位，常用于室内照明设计中。

例如，在 JIS（日本工业标准）中规定通常的办公室在灯具设置的数量和间隔上，必须让办公桌上的照度达到 750lx。

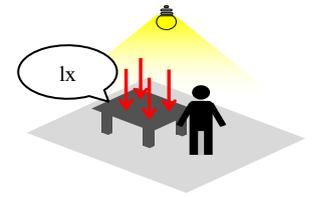


图 6. 照度示意图

3.3.2. 照度的定义

照度是指被照物在单位面积 1m^2 上接受的光通量。但是从图 7 可以看出，对于点光源^{*2}，被照物距离光源越远，单位面积上接受的光通量就会越少，照度就越低。

为了求证照度和距离的关系，假设光源在所有方位上的光强度均一，并且总光通量为 1lm （如图 8 所示）。

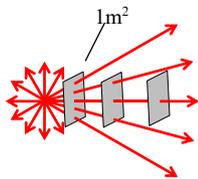


图 7. 照度的定义

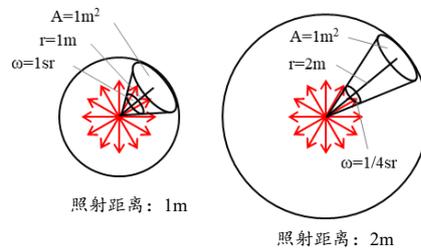


图 8. 照度计算例

首先计算出照射距离为 1m 时的照度。假设球面的照射面积为 1m^2 ，而球体半径为照射距离的 1m，这时单位面积 A 的立体角 ω 通过以下立体角计算方程式得出的结果为 1sr。

$$\omega(\text{sr}) = A/r^2 = 1/1^2 = 1 (\text{sr}) \quad \dots (\text{方程式 5})$$

因为照度是指通过立体角的单位面积上接受的光通量。这时总光通量为 1lm ，立体角的积分为 $4\pi(\text{sr})$ ，所以立体角 1sr 的照度为总光通量 1lm 除以立体角积分 $4\pi(\text{sr})$ ，因此照射距离 1m 时的照度为 $1/4\pi(\text{lx})$ 。

接下来使用相同方法计算距离光源 2m 处的照度。半径 r 为 2m 时，通过方程式 5 计算出的单位面积 A 的立体角 ω 为 $1/4\text{sr}$ 。所以立体角 $1/4\text{sr}$ 的照度为总光通量 1lm 除以立体角积分的 $4\pi(\text{sr})$ 的 $1/4$ ，因此照射距离 2m 时的照度为 $1/16\pi(\text{lx})$ 。

由此可以看出将照射距离从 1m 变为 2 倍的 2m 时，照度就会从 $1/4\pi(\text{lx})$ 变为 $1/4$ 倍的 $1/16\pi(\text{lx})$ 。因此照度的倍数是照射距离倍数的平方的反比数，此现象被称为“光照度的平方反比定律”。但是对于方向性强的光源，或者测量距离过近等时不一定满足以上的定律。

*2 即使光源有一定面积的发光面，只要测量距离相对光源大小达到一定程度，也可以将此光源视为点光源。

3.4. 亮度

3.4.1. 关于亮度

通常使用亮度(cd/m^2 : 坎德拉/平方米)对光源发光面的明亮程度进行评价。此单位用于有一定面积发光面、并且需要对发光面直视的光源。亮度虽然和光强度一样表示光源发光的强度,但是亮度不用于评价点光源,而只用于评价如显示屏等的面光源,这是亮度和光强度间最大的差异。

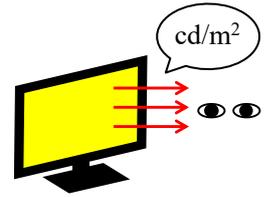


图 9. 亮度示意图

另外,评价显示屏发光面明亮程度时也有使用单位 nit(尼特),这和 cd/m^2 (坎德拉/平方米)完全相同,只是称呼不同 ($1\text{nit} = 1\text{cd}/\text{m}^2$)。

3.4.2. 亮度的定义

亮度(cd/m^2 : 坎德拉/平方米)是指有一定面积的面光源在单位面积上的光强度。如图 10 所示,面光源由点光源聚集而成,是向特定方向发出的光强度除以所视面积的结果。

$$\text{亮度}(\text{cd}/\text{m}^2) = \text{光强度}(\text{cd}) / \text{所视面积}(\text{m}^2) \quad \dots (\text{方程式 } 6)$$

另外所视面积是指从测量方向观察到的发光面大小。如图 11 所示,即使是同一光源,根据观察角度的不同,观察到的发光面面积也会有差异。

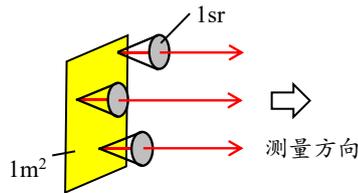


图 10. 亮度的定义

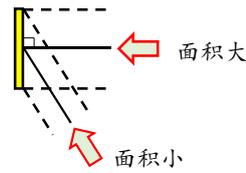
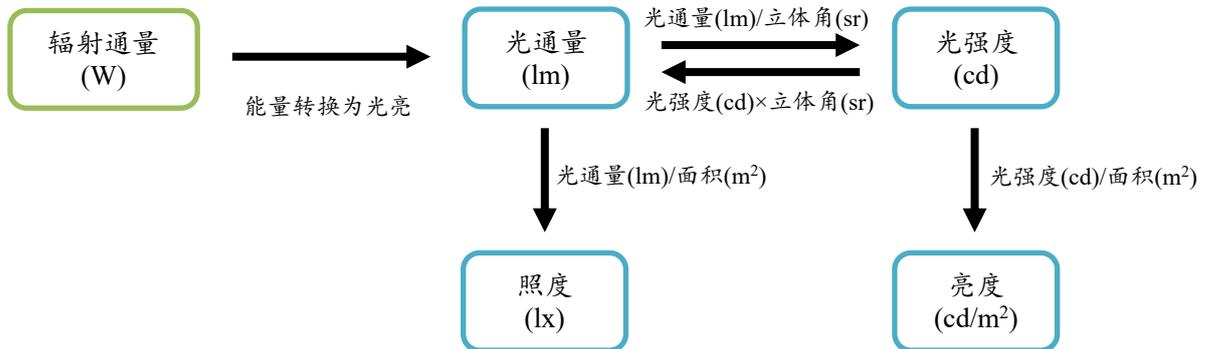


图 11. 所视面积

3.5. 单位间的关系

单位间存在以下的关系。



※亮度仅对面光源评价

图 12. 单位间的关系

4. 颜色的表现方法

4.1. XYZ 表色系统 (xy 色度图)

在表示光源的发光颜色时最常用的是 XYZ 表色系统的 xy 色度图。日亚也是使用此 xy 色度坐标对 LED 的色度进行管理。

XYZ 表色系统就是 1931CIE-XYZ 系统。此系统最早是使用光的三原色 RGB (红、绿、蓝) 定义的表色系统, 但是之后出现了负值等问题, 被修订为 XYZ 表色系统, 并于 1931 年被国际照明委员会 (CIE) 认可。XYZ 三刺激值转换为 xyz 色度, 省略了 z 并在坐标上标注的色度图为 xy 色度图。

此 xy 色度图几乎包括自然界中的所有颜色, 这些颜色都存在于如图 13 所示的吊钟型范围内, 并且离吊钟边缘越近的颜色纯度越高, 而越靠近中心的颜色纯度越低也就是越接近白色的颜色。

xy 色度图虽然可以使用坐标表现颜色, 但是 xy 色度图上 2 种颜色间的坐标距离并不一定和人眼感知的色差一致。例如在对绿色区域中的 2 种不同颜色及对蓝色区域中的 2 种不同颜色比较时, 即使在 xy 色度图上绿色区域和蓝色区域中的 2 色度坐标间的距离相同, 但是人眼会更不容易感知绿色区域中 2 色间的差异。对此也有将 XYZ 表色系统改良制作其他的表色方法, 但是现在 xy 色度图仍然是最为常用的表色系统。

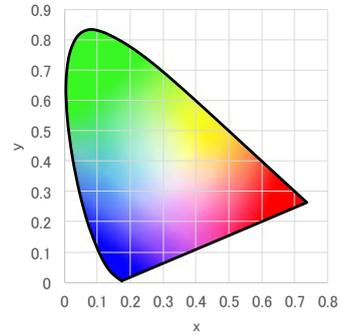


图 13. xy 色度图^{※3}

4.2. 色温

常用“色温(K: 开尔文)”对白光进行评价。色温是指黑体^{※4}被加热后逐渐呈现的不同颜色。如图 14 所示, 随着黑体温度的升高, 颜色按照红色→黄色→白色→蓝色的顺序发生变化。因为色温只用 1 个数值就可以表示出颜色, 所以和其他表色系统相比更容易对颜色进行理解, 在简单对白光说明时常使用此单位。

例如色温为 2700~4000K 的偏红的暖白色等可以让氛围比较温暖, 适用于家居照明。而色温为 5000K~6500K 的偏蓝的日光色等可以让人的精力集中, 适用于办公室、工厂等工作场所。

在如图 15 所示的黑体辐射轨迹上表示了具有理想辐射特性的黑体所呈现的颜色, 但是现实生活中的各种各样的白光的辐射特性都和黑体不同, 色度坐标会远离图上的黑体轨迹。在色温的定义上, 色温仅限于使用在黑体轨迹上的颜色, 但是对于轨迹外的颜色也可以使用与其最近的黑体轨迹上的色温, 也就是“相关色温”说明。另外在使用相关色温时使用表示光源和黑体轨迹距离的色偏差值 (duv), 可以更加正确地表现出白光的颜色。

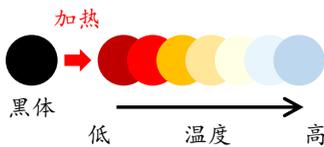


图 14. 黑体颜色示意图

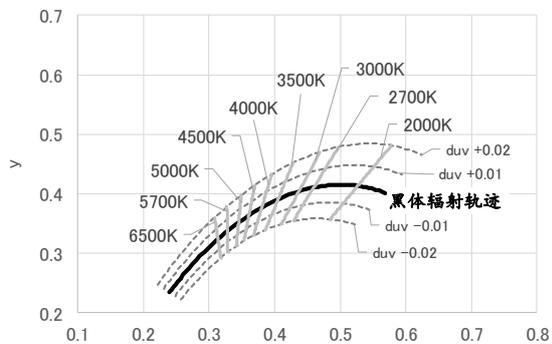


图 15. xy 色度坐标和色温

※3 此色度图仅供参考。

※4 是可以完全吸收任何波长电磁波黑色物体。

4.3. 显色性

显色性不是表示光源发光色的单位，而是表示光源对被照物颜色的忠实反映程度的单位。是以与太阳光特性相近的光源照射下的颜色作为基准，通过和此颜色相比较以对光源的再现性进行评价。颜色的再现性越高显色性的数值越高，最大为 100。如果是一般家居的 LED 照明灯具，平均显色性指数 Ra 通常为 80，近年也有 Ra 接近 100 的超高显色性的照明灯具。

关于显色性的详细内容，请参考日亚的应用指南《照明用 LED 的显色性》。

5. 最后

本应用指南中介绍了相关光的明亮度和颜色的单位。这些单位对于所有 LED 灯具设计来说都非常重要。只有充分理解这些单位的含义和差异，才能在灯具设计中最大限度地发挥出 LED 的性能。

日亚产品种类丰富，适用于各种各样的用途。其中也包括适用于照明灯具的高光通量（高光效）LED 及用于显示屏的高辉度 LED。如果客户有任何需要，可以通过日亚当地营业所咨询。

参考文献

- JIS C 8152 照明用白光发光二极管（LED）的测光方法
- JIS Z 8113 照明术语
- JIS Z 8781 测色
- JIS Z 9110 照明基准总则

免责声明

本应用指南由日亚提供，是日亚制作及管理的技术参考资料。

在使用本应用指南时，应注意以下几点。

- 本应用指南中的内容仅供参考，日亚并不对其做任何保证。
- 本应用指南中记载的信息只是例举了产品的代表性能和应用例，并不代表日亚对日亚及第三者的知识产权及其他权利进行保证，也不代表同意对知识产权授权。
- 关于本应用指南内容，虽然日亚有注意保证其正确性，但是日亚仍然不能对其完整性，正确性和有用性进行保证。
- 因本应用指南的利用、使用及下载等所受的损失，日亚不负任何责任。
- 本应用指南的内容可能被日亚修改，并且可能在变更前、后都不予通告。
- 本应用指南的信息的著作权及其他权利归日亚或许可日亚使用的权利人所有。未经日亚事先书面同意，禁止擅自转载、复制本应用指南的部分或所有内容等（包括更改本应用指南内容进行转载、复制等）。