



照明用彩色 LED 及灯具的调色

目录

1. 前言	2
2. 日亚照明用彩色 LED	2
3. LED 的色域范围	3
4. 混色方法	4
5. 彩色 LED 的调色设计	5
6. 彩色 LED 使用中的注意事项	6
7. 最后	6

本应用指南中记载的型号 NCSRE17A、NCSGE17A、NCSCE17A 是日亚产品的型号名，和有（或可能有）商标权的其他公司产品不同（不类似）、也没有任何关联。

日本日亚化学工业株式会社

<http://www.nichiaco.jp>

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

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

1. 前言

近年彩色 LED^{*1}在灯具中的应用范围越来越广。其中既包括可以用智能手机遥控的室内照明，也包括建筑物景观演示的大功率投光灯等。

传统的投光灯、舞台照明主要采用大型白色卤素灯，通过将灯具组合红、绿、蓝色等彩色滤光片的方法对发光色进行调色（如图1）。与此相比，彩色LED因为尺寸比卤素灯小很多（小尺寸彩色LED只有数mm），所以在1台灯具上可以安装多种颜色LED，这样即使不使用彩色过滤片也可以对灯具进行全彩调色^{*2}。彩色LED的使用除了可以使灯具小型化，减少灯具数量以外，还可以节省能源、提高光色的忠实显色的性能。

日亚为了满足广大客户的需求，开发出了多系列、多颜色的LED。在本应用指南中，将对彩色LED的调色理念和设计方法进行介绍。

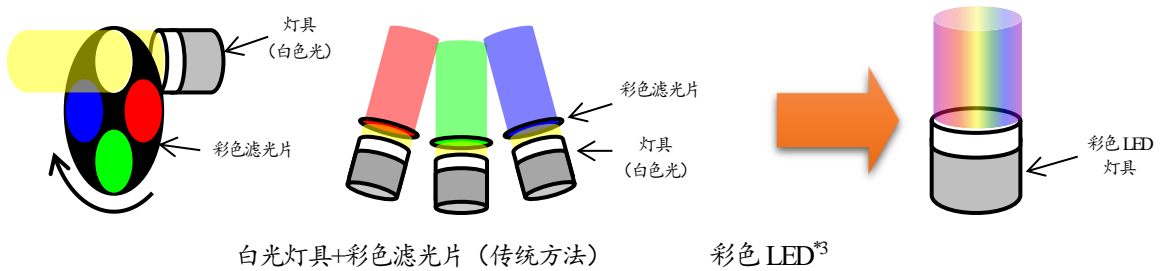


图1. 灯具的调色方法示意图

2. 日亚照明用彩色LED系列

日亚照明用单色LED的代表系列产品的特点和主要用途如表1所示，和图2所示。

表1. 照明用单色LED的特点和主要用途

LED 系列名	特点和主要用途
日亚 757 系列	具有低辉度（低眩光）的特点所以适用于室内照明和间接照明等。
日亚 E11A-V1 / E17A-V1 系列	封装尺寸小，适合灯具的小型化。
日亚 x19B-V1 / 219GL-L1 系列	具有高光输出、高可靠性，常用于户外投光灯等。

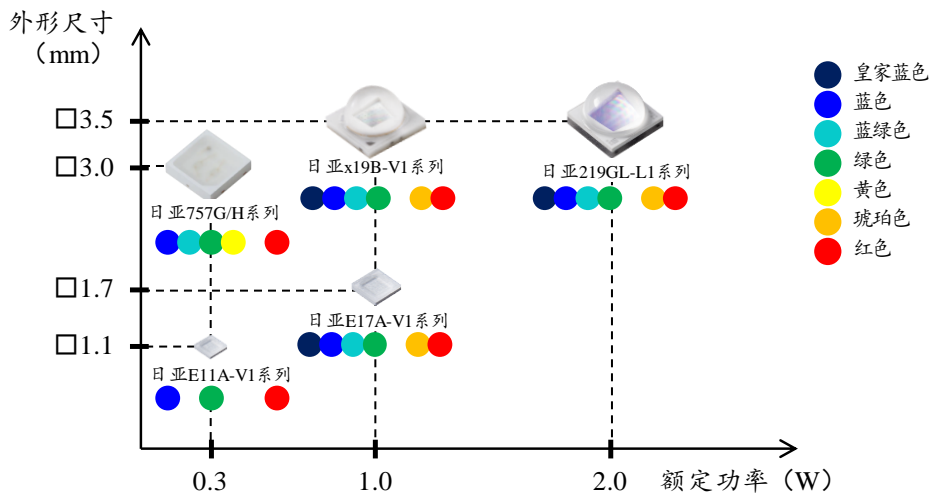


图2. 照明用单色LED系列^{*4}

*1: 白色外的红、绿、蓝等颜色，且色纯度高的LED。

*2: 例如使用RGB（红、绿、蓝）3种颜色的LED进行调色时，对各色进行256级的亮度调节，就可以得到256×256×256=1677万种发光色。

*3: 使用彩色LED发出全彩光时的示意图。

*4: 图中所示仅为部分产品系列。如需详细信息，请联系日亚当地营业所。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

3. LED的色域范围

关于色域范围，有以下几种常见的标准。

1) NTSC 标准

由美国国家电视系统委员会（National Television System Committee，缩写为 NTSC）制定的模拟电视广播标准。此标准的色域范围较广，但当时一般的模拟电视很难实现此标准的 100%色域，常通过“x%的 NTSC”的形式展示其色域性能。

2) sRGB 标准

由国际电工委员会（IEC）制定的国际标准。许多数字设备，如显示器、打印机和数码相机都支持该标准，当这些设备连接在一起时，可以减小设备之间的色差。虽然其可显示的颜色范围较窄，仅有 72%的 NTSC，但是和目前广泛普及的高清电视（HDTV）和蓝光光盘（BD）标准 BT.709 的色域范围几乎相同。

3) Adobe RGB 标准

色域范围比 sRGB 广，更接近 NTSC 制式。虽然它不是国际标准，但已成为出版和印刷行业的事实标准，并且很多显示器、数码相机等数码设备也支持该标准。

4) BT2020 标准

为新一代的 4K、8K 及超高清蓝光光盘（UHD BD）制定的高动态范围（HDR）标准。其色域范围非常广，传统的 HDTV 标准 BT.709 只能再现自然界中物体颜色的 74.4%，而 BT2020 可以实现 99.9%的颜色再现。

如图 3 所示，使用 LED 显示的色域范围比 NTSC 和 Adobe RGB 的色域标准覆盖的范围更广。因此和常见的彩色电视、显示器等全彩显示设备相比，LED 在色彩再现方面具有相当甚至更好的表现。

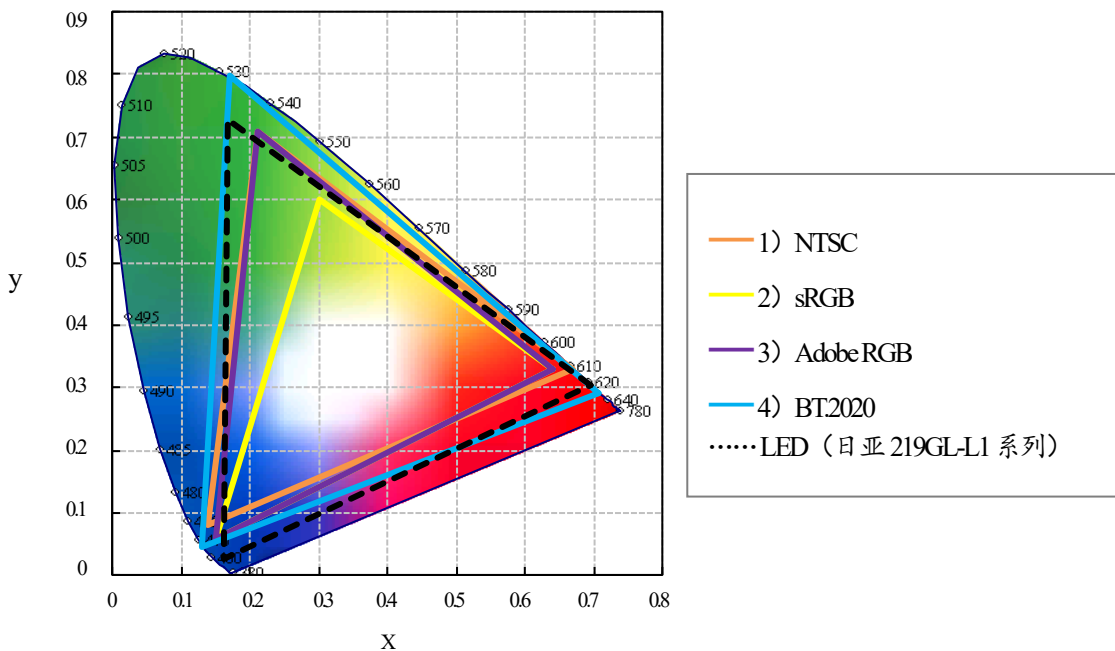


图 3. LED 色域和标准色域的比较

4. 混色方法

将 2 种以上颜色（即原色）进行混合被称为混色。在发光色的混色中，根据原色颜色和各色亮度的搭配，可以产生任意的颜色。混色的方法大致可以分为以下 2 类。

4.1. 加法混色

加法混色是通过光的叠加表达颜色的方法，主要用于照明和显示器等，使用的是 RGB（红、绿、蓝）3 原色的光。叠加的光数越多，亮度就越高。如果将 3 原色全部重叠，则可以得到白光（如图 4）。

例：

将 3 原色中的红光和蓝光叠加在一起混合后的品红光中包括有红光和蓝光的两种发光光谱（如图 5）。

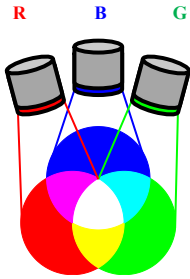


图 4. 加法混色示意图

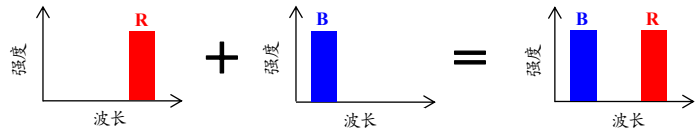


图 5. 加法混色例

4.2. 减法混色

减法混色是光经过吸收介质的叠加表达颜色的方法，主要用于印刷油墨、彩色滤光片等，使用的是 CMY（青、品红、黄）3 原色。和加法混色相反，减法混色是基于光的吸收特性，叠加的颜色越多颜色越深。如果将 3 原色全部重叠，则会因所有光都被吸收无法发出而产生黑色（如图 6）。

例：

当白光通过叠放青色滤光片和黄色滤光片时，白光中的红光被青色滤光片吸收，蓝光被黄色滤光片吸收，只有绿光透过滤光片发出（如图 7）。

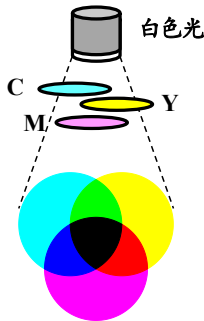


图 6. 减法混色示意图

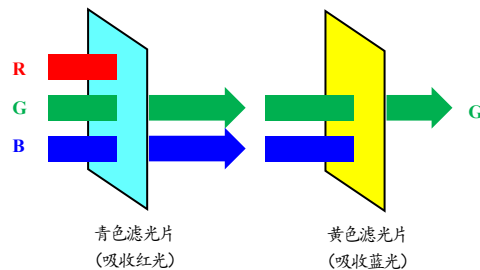


图 7. 减法混色例

5. 彩色LED的调色设计

5.1. 加法混色

使用彩色 LED 进行调色时可以将其视为光的混色，即加法混色。如果在 XYZ 色彩空间^{*5}中进行加法混色，混色光可以用原色光的三刺激值 (X、Y、Z) 的总和来表示。假设原色 1 的 LED 的三刺激值为 X_1 、 Y_1 、 Z_1 ；原色 2 的 LED 的三刺激值为 X_2 、 Y_2 、 Z_2 ；原色 3 的 LED 的三刺激值为 X_3 、 Y_3 、 Z_3 ；……原色 n 的 LED 的三刺激值为 X_n 、 Y_n 、 Z_n 时，那么混色后的三刺激值 (X、Y、Z) 可以用以下的公式 1 表示。

$$\begin{cases} X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \\ Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n \\ Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n \end{cases} \quad (\text{公式 1})$$

此外，三刺激值 (X、Y、Z)、色度坐标(x,y)以及亮度 Y 之间存在以下转换关系 (公式 2)。

$$\begin{cases} X = \frac{Y}{y} x \\ Y = Y \quad \text{※亮度 (光通量或释度)} \\ Z = \frac{Y}{y} (1 - x - y) \end{cases} \quad (\text{公式 2})$$

因此，如果知道原色光的色度(x,y)和亮度 Y，就可以计算混色后的色度和亮度。另外也可以进行反向计算，如果先确定混色后得到的色度和亮度，就可以计算出每粒 LED 的亮度应设置为多少。

5.2. 加法混色的计算事例

本节将以日亚 E17A 系列产品为例介绍获取目标色度和亮度的混色计算方法。

试算条件 (如图 8) 如下所示：

使用 LED：NCSRE17A (红)、NCSGE17A (绿)、NCSCE17A (蓝) 各 1 粒

混色后的目标值：色度(x,y)=(0.345,0.355)、色温 5000K、光通量 100lm

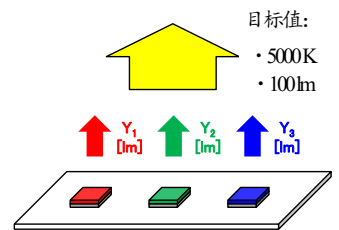


图 8. 试算条件

步骤①：

对 E17A 系列各色 LED 的色度 x,y 的典型值进行确认 (如表 2)。各色 LED 的亮度用变量 $Y_1 \sim Y_3$ 表示。

表 2. E17A 系列的色度典型值 (Typ.)

	色度		亮度 Y
	x	y	
型号 NCSRE17A (红)	0.683	0.313	Y_1
型号 NCSGE17A (绿)	0.252	0.651	Y_2
型号 NCSCE17A (蓝)	0.157	0.021	Y_3
混色后 (目标值: 5000K)	0.345	0.355	100lm

*5: 详细请参考国际照明委员会制定的“CIE 1931XYZ 色彩空间”。

步骤②:

使用色度典型值，根据公式2的转换式计算各色LED的三刺激值(X、Y、Z)，转换后的数值如表3所示。

表3. 转换为三刺激值后

	三刺激值		
	X	Y	Z
型号: NCSRE17A (红色)	2.182Y ₁	Y ₁	0.013Y ₁
型号: NCSGE17A (绿色)	0.387Y ₂	Y ₂	0.149Y ₂
型号: NCSCE17A (蓝色)	7.476Y ₃	Y ₃	39.143Y ₃
混色后 (目标值: 5000K)	97.183	100	84.507

步骤③:

将得到的三刺激值(X、Y、Z)代入公式1，可以得到以下方程组。

$$\begin{cases} 97.183 = 2.182Y_1 + 0.387Y_2 + 7.476Y_3 \\ 100 = Y_1 + Y_2 + Y_3 \\ 84.507 = 0.013Y_1 + 0.149Y_2 + 39.143Y_3 \end{cases} \quad (\text{公式3})$$

步骤④:

通过求解此方程组，可以得出各色LED的亮度Y₁、Y₂、Y₃。本例中得到的亮度结果如下所示。

$$\cdot Y_1 (\text{红}) = 25.2\text{lm}、Y_2 (\text{绿}) = 72.9\text{lm}、Y_3 (\text{蓝}) = 1.9\text{lm}$$

本示例使用的是RGB三色，但同样的步骤也适用于两种白光LED（高色温白色和低色温白色）创建混色。如果使用此方法进行4色以上的调色，由于可能存在多个得数，需要事先确定1种或多种颜色的亮度，将求解的变量（目标亮度）限制在三个以下。

6. 彩色LED使用中的注意事项

在使用彩色LED的调色设计中必须注意以下几点。

- 在任何情况下所有LED的电流都不得超过绝对最大额定值。
- 在任何情况下所有LED的T_J都不得超过绝对最大额定值(T_{JMAX})。
- 各LED具有自身的电流和温度特性，光通量或色度的实测值可能和设计值不同。
- 在设计电源电路和LED电路时，注意部分系列产品因发光色不同，LED间的正向电压值差异较大。
- 灯具中的LED配置状态和使用部件等可能使灯具照射面出现光色差异，因此应该事先在灯具状态下对光色分布进行确认。
- LED的焊接安装应该参照各系列产品的安装资料。

7. 最后

本应用指南中介绍的调色设计方案仅供参考，日亚对此方案调色的灯具性能等不做任何保证。希望客户在参考本应用指南的基础上，自行进行调色设计，并在最终产品的状态下对性能等进行事先验证。

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本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后进行转载、复制等）。