



# 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 .....	7
7. 最后 .....	7

本应用指南中记载的型号 NxSx119B-V1, NxSx219B-V1, Nxxx757G, NF2E757H-F1, NCSxE17A 是日亚产品的型号, 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.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

近年彩色 LED<sup>\*1</sup> 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，多色彩的舞台灯，也包括建筑物景观照明用大功率投光灯等。

和到目前为止在灯具中使用的白色卤素灯泡外罩红、绿、蓝色等彩色滤光片的调色方法(如图 1 所示)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的 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<sup>\*2</sup> (如图 2 所示)。

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。

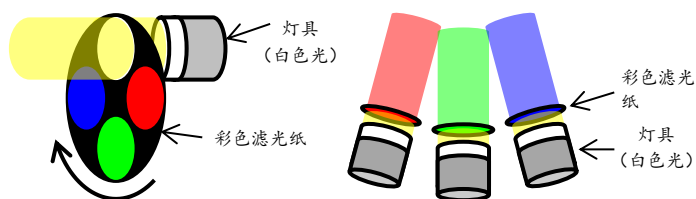


图 1. 白光灯具+彩色滤光纸的调色方法  
(到目前为止的常用方法)

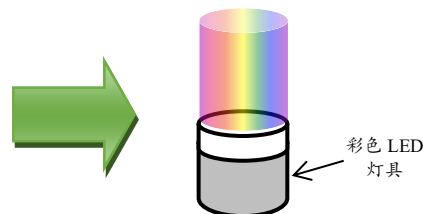


图 2. 彩色 LED 的调色方法<sup>\*3</sup>

## 2. 日亚照明用彩色 LED

日亚彩色 LED 中主要用于照明的 LED 如表 1 所示。其中不仅包括 RGB (红、绿、蓝) 的三种基本色，还包括其他如蓝绿色、橙色等少见的发光色，顾客可以根据需要向日亚当地营业所询问。

表 1. 照明用彩色 LED 一览

LED (外观)	规格							
119B-V1 /219B-V1  	型号 <sup>*4</sup>	NCSG119B-V1	NCSB119B-V1	NCSG119B-V1	NCSG119B-V1	NCSA119B-V1	NVSA119B-V1	NCSR119B-V1
	尺寸	3.5×3.5×2.0 mm						
	额定功率	1.0 W						
	用途·特征	光输出高，辉度高，因此适用于投光灯等。						
757G /757H  	型号 <sup>*4</sup>	NE2B757G	NF2E757GR	NF2E757H-F1	NE2G757G	NFSY757G	NE2R757G-P6	
	尺寸	757G: 3.0×3.0×0.65 mm			757H: 3.0×3.0×0.8 mm			
	额定功率	0.3 W						
	用途·特征	适用于室内的间接照明、广告照明等低辉度灯具。						
E17A  	型号 <sup>*4</sup>	NCSGE17A	NCSBE17A	NCSSE17A	NCSGE17A	NCSGE17A	NCSAE17A	NCSRE17A
	尺寸	1.7×1.7×0.35 mm						
	额定功率	1.0 W						
	用途·特征	尺寸小，可以实现灯具的小型化。 另外所有颜色的 LED 的正向电压值(V <sub>F</sub> )都相同，便于电路设计。						

备注:

※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: 日亚产品型号的第 4 位数表示发光色。例如 R: 红色、G: 绿色、B: 蓝色、C: 蓝色(皇家蓝)、E: 蓝绿色、A: 橙色、Y: 黄色

### 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 制式

由美国国家电视系统委员会 (National Television System Committee, 缩写为 NTSC) 制定的彩色电视广播标准。此标准的色域范围较广，但是当时的模拟电视等很难实现 100% 达到此色域范围，通常都是使用 x% NTSC 表示色域范围。

#### 2) sRGB 色彩空间

由国际电工委员会 (IEC) 制定的国际 sRGB 标准。虽然可能显示的颜色和 NTSC 相比，范围更窄，只有 72% NTSC，但是和现在广泛使用的 HDTV (高清晰电视) 和 BD (蓝光播放器) 的规格 BT.709 的色域范围相差并不大。

#### 3) Adobe RGB 色彩空间

Adobe RGB 色彩空间是由 Adobe Systems 开发的。色域范围比 sRGB 更广，接近 NTSC 制式。虽然不是国际法定标准，但是在出版、打印领域已经成了事实标准，并且还已经深入到了数码显示器、数码照相机等数码机器中。

#### 4) BT.2020 色域标准

BT.2020 色域标准是对应新一代的 4K、8K 及 UHD 蓝光播放器的 HDR (高动态范围) 的视频标准。色域范围非常广，和之前的 HDTV 的标准 BT.709 只能再现自然界所有颜色的 74.4% 相比，BT.2020 可以再现接近 99.9% 的颜色。

如果将以上标准的色域范围和 LED 的色域范围相重叠，会发现 LED 的色域比 NTSC、sRGB 和 Adobe RGB 的范围更广。因此彩色 LED 所能表现的色域范围并不比彩色电视、电脑等表现出的全彩范围更窄。

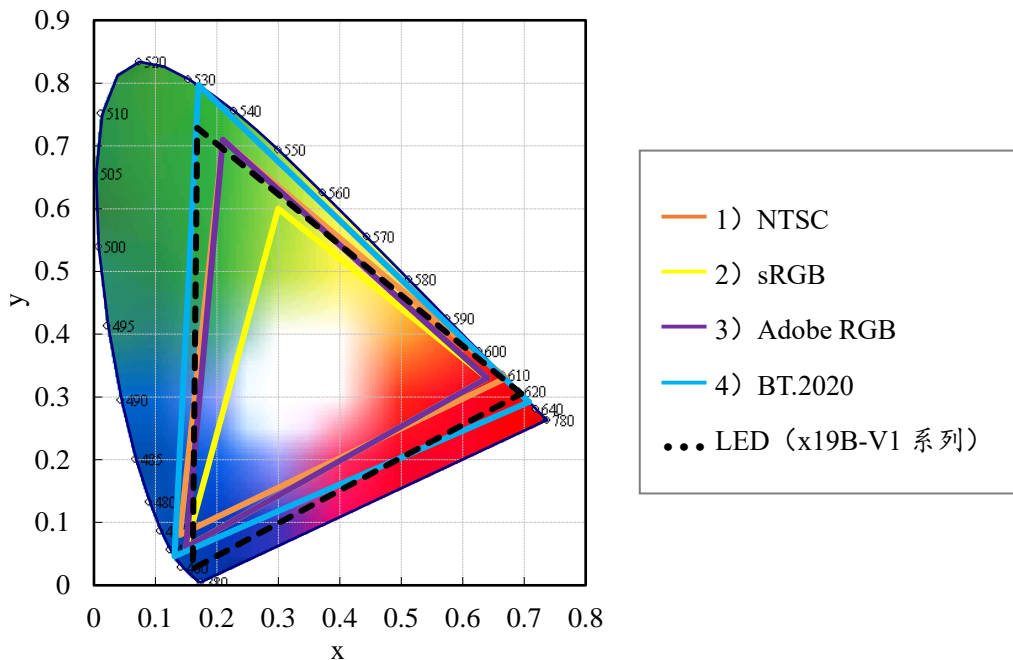


图 2. LED 色域和标准色域的比较

## 4. 混色方法

2种以上颜色<sup>※5</sup>的混合，被称为混色。在发光色的混色中，根据混合的原色颜色和各原色亮度的搭配，可以任意组合成多种颜色。混色的方法大致可以分为以下2种。

### 4.1. 加法混色

加法混色是通常用于照明、显示器等中将光相加的方法。加法混色的3原色为RGB（红色、绿色、蓝色），相加的原色光数越多，亮度就越高，如果将3原色都加在一起，则可以得到白光。

例：

将3原色中的红色光和蓝色光相重合时，重合后得到的品红色光中包括有红色和蓝色光的两种光的发光光谱。如图4所示。

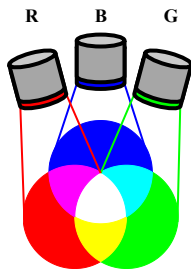


图3. 加法混色示意图

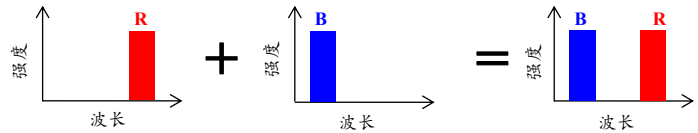


图4. 加法混色例

### 4.2. 减法混色

光经过彩色滤光片、印刷油墨等光吸收介质后而产生的不同于原色的色光混合现象，被称为减法混色。减法混色的3原色为CMY（青色、品红色、黄色），和加法混色相反，由于光的吸收特性，介质的原色数越多颜色越深，将3原色全部都重叠时，因为所有发光波长都被吸收，所以变为黑色（无光发出）。如图5所示。

例：

让白光通过重叠摆放的青色滤光片和黄色滤光片时，白光中的红光波长被青色滤光片吸收，另外白光中的蓝光波长被黄色滤光片吸收。因此只有白光中的绿光波长通过滤光片，所以只有绿色光照射出来。如图6所示。

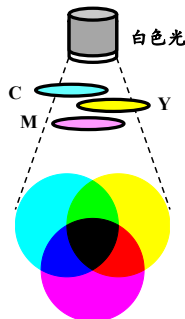


图5. 减法混色示意图

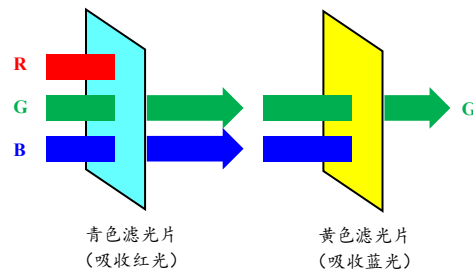


图6. 减法混色例

备注：

※5：在混色中被称为“原色”。

## 5. 彩色 LED 的调色设计

### 5.1. 加色混色计算

对彩色 LED 的混色，是对光的混色，所以应该使用加法混色。在 XYZ 色彩空间<sup>※6</sup>中，混色后的光谱三刺激值 (X, Y, Z) 应该是所有原色 LED 的该当刺激值的总和。例如将原色 1 的 LED 的三刺激值作为  $X_1, Y_1, Z_1$ ，将原色 2 的 LED 的三刺激值作为  $X_2, Y_2, Z_2$ ，将原色 3 的 LED 的三刺激值作为  $X_3, Y_3, Z_3$  ··· 原色 n 的 LED 的三刺激值作为  $X_n, Y_n, Z_n$  时，混色后的光谱的三刺激值 (X, Y, Z) 可以用以下的计算方程式 1 表示出来。

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

另外三刺激值(X, Y, Z)、色度(x,y)及亮度 Y 间可以使用以下的计算方程式 (方程式 2) 进行互换。

$$\begin{cases} X = \frac{Y}{y} x \\ Y = Y \quad \text{※亮度 Y 可以是光强度，也可以是光通量或辉度。} \\ Z = \frac{Y}{y} (1 - x - y) \end{cases} \quad \dots \text{(计算方程式 2)}$$

因此如果知道原色的色度(x,y)和亮度 Y，就可以对混色后的色度和亮度进行计算。另外也可以进行反算，例如先决定混色后的色度和亮度，由此反算出大概需要多大亮度的彩色 LED。

### 5.2. 计算示例

接下来将以日亚的 E17A 系列产品举例，对为了达到混色后的色度和亮度的目标值，需要使用多大亮度的彩色 LED 的计算方法进行介绍。

使用 LED:

红色 LED (NCSRE17A)、绿色 LED (NCSGE17A)、蓝色 LED (NCSCE17A) 各 1 粒。

混色后目标值:

混色后的目标色度(x,y) = (0.345, 0.355)、光通量 100lm、色温 5000K。(如图 7 所示)

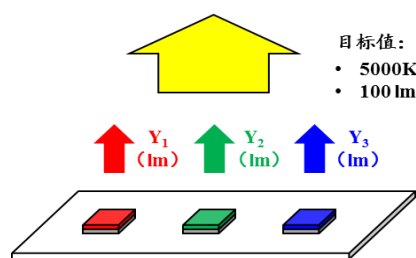


图 7. 调色条件 and 目标值

备注:

※6: 详情请参考国际照明委员会制定的“CIE 1931XYZ 色彩空间”。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

对 E17A 系列各色 LED 的色度 (x,y) 的典型值 (Typ.) 进行确认。确认到的色度典型值和目标值如表 2 所示, 另外各色 LED 的亮度用 Y<sub>1</sub>~Y<sub>3</sub> 表示。

表 2. E17A 系列的色度典型值 (Typ.)

	色度		亮度
	x	y	Y
NCSRE17A (红色)	0.683	0.313	Y <sub>1</sub>
NCSGE17A (绿色)	0.252	0.651	Y <sub>2</sub>
NCSCE17A (蓝色)	0.157	0.021	Y <sub>3</sub>
混色后 (目标值: 5000K)	0.345	0.355	100 lm

使用色度典型值, 根据计算方程式 2 分别算出各色 LED 的三刺激值 (X, Y, Z) 和混色后的三刺激值 (X, Y, Z) 的目标值。如表 3 所示。

表 3. 转换为三刺激值后

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

将得到的所有三刺激值 (X, Y, Z) 放入计算方程式 1 中, 可以得到了以下的方程组。

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

通过以上的方程组, 计算出各色 LED 的亮度 Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>、Y<sub>3</sub>。得到的亮度结果如下所示。

- Y<sub>1</sub> (红色) = 25.2lm
- Y<sub>2</sub> (绿色) = 72.9lm
- Y<sub>3</sub> (蓝色) = 1.9lm

本次是使用 RGB 的 3 色进行的计算, 但是对于同样是白色, 但是色温不同, 比如对高色温和低色温的 LED 进行调色时也可以采用相同的方法计算。

如果使用以上方法对 4 色以上进行调色, 因为会有多个答案, 所以需要事先至少决定 1 种颜色的亮度 (目标亮度), 让未知数在 3 个以内。

## 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。

- 在电源电路和 LED 电路的设计中，避免让任何 LED 被施加超过绝对最大额定值的过电流。
- 在电源电路和 LED 电路的设计中，避免让任何 LED 的 TJ 超过绝对最大额定值 (TJMAX)。
- 日亚部分系列产品因发光色不同，LED 间的正向电流值差异较大。
- 因为 LED 的电流温度特性，设计值和实测值间可能出现差异\*7。
- 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《安装指南\*8》。

## 7. 最后

本应用指南中介绍的调色设计方案仅供客户参考，对于使用此方案调色的灯具性能等，日亚不做任何进行保证。希望客户在参照本应用指南的基础上，自行进行调色设计，并且事先在最终产品的状态下对性能等进行验证。

备注：

※7：由本应用指南中的调色设计方法没有考虑到原色 LED 的电流温度特性，所以计算结果（设计值）可能和实测值不同。另外关于 LED 的电流温度特性，请参考各型号的规格书。

※8：日亚针对各系列产品的安装制作了安装指南，对安装中的注意事项进行了总结。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

## 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）。