

LED 视角亮度关系及其对显示屏亮度均匀性的影响分析

宋新丽^{1,2}, 汪 洋^{1,2}, 李炳政^{1,2}, 刘 超^{1,2}, 张 鑫^{1,2}

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033;

2.中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要:LED 显示屏的均匀性有诸多因素决定,其中亮度均匀性是影响视觉效果的最主要因素。在分析亮度均匀性的过程中发现,LED 管发光特性所决定的其在沿光轴方向上光强最强,沿发光面向四周光强逐渐减弱,因此,以 LED 管为基本像素构成的 LED 显示屏在法线方向上的亮度也最高,当偏离法线方向时亮度会不同程度的降低,这样由于 LED 管的性能参数及制造工艺等的影响使 LED 显示屏出现麻点、马赛克等亮度不均匀现象。本文以 LED 单管和单元箱体为研究对象,通过实验得出了 LED 视角与亮度的变化关系,深入分析了影响 LED 显示屏亮度均匀性的原因,并对亮度数据的采集方法以及生产过程中须注意的问题提出了相关建议。

关键词:视角;亮度;光轴;均匀性

中图分类号:TN391.41 **文献标识码:**A

Analysis about the Relationship between LED Visual Angle and Luminance and the Influence of Which on LED Display Luminance Uniformity

SONG Xin-li^{1,2}, WANG Yang^{1,2}, LI Bing-zheng^{1,2}, LIU Chao^{1,2}, ZHANG Xin^{1,2}

(1. Changchun Institute of Optic Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China; 2. Graduated School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Among the factors which effect LED display panel uniformity, luminance uniformity is the key one. The characteristic of LED shows that its luminance is the strangest along the optical axis direction, and around it, the luminance is weakened. So the luminance of LED display panel is strangest along the normal direction, when the deviation from the normal direction, brightness will be reduced at different levels. Because of the LED manufacturing process and performance parameters, there are some mosaics of uneven brightness in the LED display panel. In this paper, to get the relations between LED luminance and visual angle, we take the LED single-tube and LED display module as the object to study. In-depth analysis the reasons which impact the LED display brightness

uniformity, then, gave some advice to the collection method of LED luminance data and some problem which need to pay attention to in the product processes.

Keywords: visual angle;luminance;optical axis;uniformity

引言

LED 显示屏技术发展到今天,亮色度均匀性已成为衡量显示屏优劣的重要指标。造成不均匀现象的根源主要有:LED 各项性能参数不一致;显示屏在生产、安装过程中组装精度不足;其他电子元器件的电参数一致性不够;模块、PCB 设计得不规范等。其中"LED 各项性能参数不一致"是主因。这些性能参数的不一致主要包括:光轴不一致、各基色光强分布曲线不一致、色坐标不一致及衰减特性不一致等^[1]。

其中,前两种因素决定了亮度不均匀性,这也是对显示屏视觉效果影响最大的因素。因此有必要对其光强分布特性进行研究,寻找 LED 管的光强分布曲线及 LED 模块的亮度分布曲线,从而客观地分析在不同观察角度 LED 显示屏亮度分布趋势,为 LED 显示屏在研发和生产过程中须注意的问题提供依据。

1 视角与亮度的关系

LED 显示屏亮度指其在法线方向的平均亮度。它主要取决于 LED 发光强度和 LED 点密度。在同等点密度下,LED 显示屏的发光强度取决于所采用的 LED 晶片的材质、封装形式和尺寸大小。视角指在水平和垂直两个方向的亮度分别为 LED 显示屏法线方向亮度的一半时,该观察方向与 LED 显示屏法线的夹角分别称为水平视角和垂直视角,一般以 \pm 表示左右和上下各多少度^[2]。

在视角范围内观看能使所有观众享受到最佳的观看效果。超出此范围,观众将可看到低于正常亮度 50%的视觉效果,这将使画面质量大大降低。LED 显示屏的视角越大,其受众群体越多,覆盖面积越广,反之越小。LED 晶片的封装方式决定 LED 显示屏的视角的大小,本文以椭圆形 $\phi 5$ LED 单灯 RGB 三基色和以其为基本像素点 P16 LED 室外屏为研

究对象,在测试 LED 显示屏视角与亮度分布关系的基础上,分析视角对亮度均匀性的影响,并对 LED 亮度测试方法提出一些建议。

1.1 单管 LED 光强角测试与分析

LED 封装时所采用的出光面形状和 LED 芯片距顶部透镜的位置决定了 LED 视角和光强分布。一般来说相同的 LED 视角越大,最大发光强度越小,但在整个立体半球面上累计的光通量不变^[3]。

理论上,点光源光强在空间各方向上均匀分布,但椭圆形 $\phi 5$ LED 管其发光面形状为扁椭球形,即发光面在水平方向上较宽,在垂直方向上较窄,因此,在水平和垂直方向上该管的视角是不同的。本文随机抽取椭圆形 $\phi 5$ LED 管 RGB 三基色各 5 支,用光强仪对其进行光强分布测试,其光强分布基本一致。取水平方向 $\pm 55^\circ$ 、垂直方向 $\pm 30^\circ$,有代表性的 RGB 三基色管子的测试结果如图 1 和图 2 所示。在原始亮度条件下,绿管的法线方向光强最强,红管次之,蓝管最弱;在视角范围内,红绿色管子光强变化比较明显,蓝色光强变化比较缓慢;水平视角明显大于垂直视角。表 1 和表 2 列出了测试结果中 RGB 三基色光强分布的几项关键性能指标,其中在光强降低为法向光强的 95%时对应的水平角度约为 R: 11° , G: 26° , B: 23° , 垂直角度约为 R: 6° , G: 11° , B: 12° , 水平视角约为 R: 100° , G: 106° , B: 96° , 垂直视角约为 R: 50° , G: 48° , B: 44° 。

表 1 水平单管亮度角

| | 最大亮度值(mcd) | 95%亮度角 | 视角半亮度角 |
|---|------------|---------------------------|----------------------------|
| R | 1,279 | $-5^\circ \sim 6^\circ$ | $-51^\circ \sim 49^\circ$ |
| G | 2,214 | $-11^\circ \sim 15^\circ$ | $-53^\circ \sim +53^\circ$ |
| B | 607 | $-8^\circ \sim 15^\circ$ | $-46^\circ \sim 50^\circ$ |

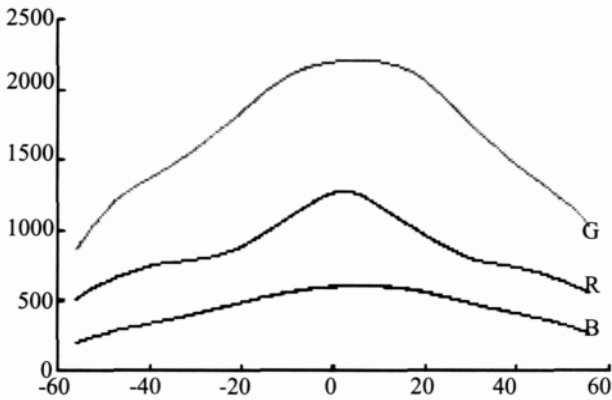


图 1 单管水平亮度角分布曲线

表 2 垂直单管亮度角

| | 最大亮度值(mcd) | 95%亮度角 | 视角半亮度角 |
|---|------------|--------|-----------|
| R | 1,293 | -3°~3° | -25°~+25° |
| G | 2,211 | -6°~5° | -25°~+23° |
| B | 602 | -7°~5° | -23°~+21° |

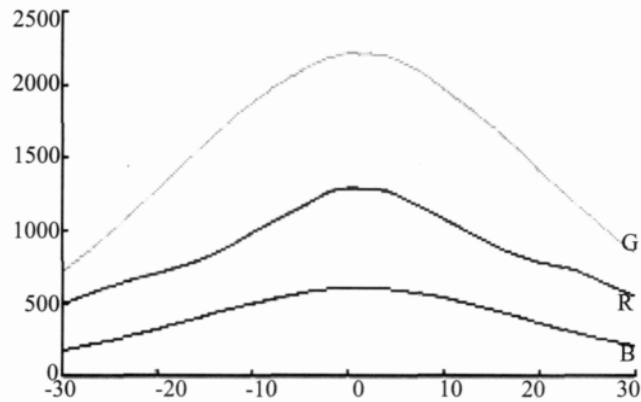


图 2 单管垂直亮度角分布曲线

1.2 LED 显示单元箱体光强角测试与分析

由于 CCD 成像的灰度值与测试对象的亮度成线性关系，所以利用 CCD 传感器获取 LED 显示屏像素的亮度信息是可靠的。本文对 P16 LED 室外屏箱体亮度信息的获取就是利用单色 CCD 传感器。在不同的电流和灰度控制下由 CCD 传感器获得的 LED 显示屏箱体模组的亮度信息是相对值^[4]。取 RGB 每种基色箱体各像素亮度均值为研究对象，通过转台在水平方向上左右各转动 55°，保持箱体正面朝前侧转 90° 使其垂直放置于转台。在垂直方向上，由于像素点受面罩的影响，只能右转 30° 进行测试，转动间隔均为 5°。本文共测试了 9 个箱体，并对每个箱体在各角度上的对应亮度信息求均值，所得结果如图 3 和图 4 所示。表 3 和表 4 列出了测试结果中 RGB 三基色亮度分布的几项关键性能指标，其中在亮度降低为法向亮度的 95% 时对应的水平角度约为 R:8°，G:22°，B:22°，垂直半角度约为 R:2°，G:2°，B:3°；水平视角约为 R:98°，G:102°，B:100°，垂直半视角约为 R:23°，G:17°，B:19°。

测试，转动间隔均为 5°。本文共测试了 9 个箱体，并对每个箱体在各角度上的对应亮度信息求均值，所得结果如图 3 和图 4 所示。表 3 和表 4 列出了测试结果中 RGB 三基色亮度分布的几项关键性能指标，其中在亮度降低为法向亮度的 95% 时对应的水平角度约为 R:8°，G:22°，B:22°，垂直半角度约为 R:2°，G:2°，B:3°；水平视角约为 R:98°，G:102°，B:100°，垂直半视角约为 R:23°，G:17°，B:19°。

表 3 单元箱体水平亮度角

| | 最大亮度值(mcd) | 95%亮度角 | 视角半亮度角 |
|---|------------|----------|-----------|
| R | 2,408 | -4°~4° | -47°~+51° |
| G | 2,006 | -10°~12° | -47°~+55° |
| B | 1,446 | -12°~10° | -52°~+48° |

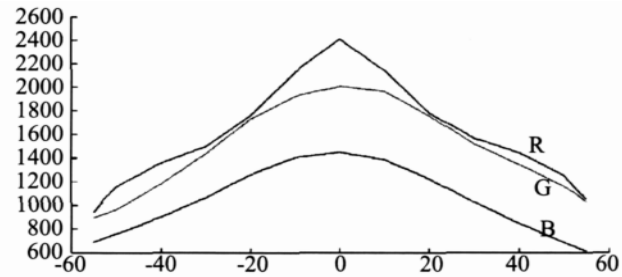


图 3 箱体水平亮度角分布曲线

表 4 单元箱体垂直亮度角

| | 最大亮度值(mcd) | 95%亮度角 | 视角半亮度角 |
|---|------------|--------|--------|
| R | 2,355 | ~2° | ~+23° |
| G | 2,018 | ~2° | ~+17° |
| B | 1,464 | ~3° | ~+19° |

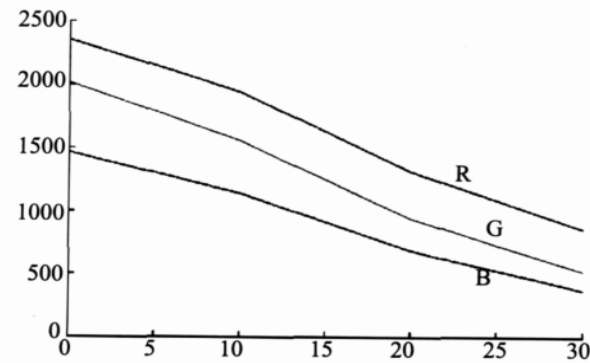


图 4 箱体垂直亮度角分布曲线

(下转第 8 页)

让我们秉承“更高、更快、更强”的奥运精神，冲出亚洲，走向世界，早日实现我国半导体照明产业的腾飞！

2 影响 LED 显示屏视角变化及亮度不均匀性原因分析

同理,对于箱体来讲,在水平 $R \leq \pm 4^\circ$, $G \leq \pm 11^\circ$, $B \leq \pm 11^\circ$,垂直 $R \leq \pm 2^\circ$, $G \leq \pm 2^\circ$, $B \leq \pm 3^\circ$ 范围内观察和采集数据才不会使亮度均匀性受到影响。因此,在用 CCD 相机进行远距离亮度数据采集时,镜头与 LED 显示屏的水平边界的夹角最好在 5° 范围内,与垂直边界的夹角最好在 2° 范围内,这样可以尽可能避免由采集方式引起的亮度误差,在对 LED 显示屏进行亮度均匀性评估时,使所采集到的亮度信息尽可能接近实际亮度分布情况。

特别是对于箱体，在组装成大屏时通常作为户外屏要放置在一定高度，这对受众者而言，观察到的显示屏的亮度比法向亮度小得多，大部分的亮度都消失在茫茫天空中。从节能的角度考虑，对于户外屏除了保证各像素点的均匀平整排列之外，还可以考虑根据实际情况将 LED 管在垂直方向上向下倾斜一定的角度，这样在同样电流驱动下，观察者所看到的显示屏的亮度将大大提高。

3 视角亮度变化对亮度测量及均匀性评估的影响

通过以上分析可以发现,观察角对 LED 显示屏的亮度均匀性存在较大影响,除了在生产工艺上精益求精之外,在对 LED 显示屏亮度信息的获取和评估中 also 需要注意角度的问题。《LED 显示屏测试方法》中给出的评估标准中,显示屏无可觉察的亮度差,相邻像素(模块)亮度差小于 5%。在上述测试数据中,单管光强降低 5% 的水平角度约为 $R:11^{\circ}$, $G:26^{\circ}$, $B:23^{\circ}$, 垂直角度约为 $R:6^{\circ}$, $G:11^{\circ}$, $B:12^{\circ}$ 。即对单管来说在水平 $R \leq \pm 5.5^{\circ}$, $G \leq \pm 13^{\circ}$, $B \leq \pm 11.5^{\circ}$, 垂直 $R \leq \pm 3^{\circ}$, $G \leq \pm 5.5^{\circ}$, $B \leq \pm 6^{\circ}$ 范围内观察和采集数据才不会使亮度均匀性受到影响。

- [1] 程德诗.LED 制造应用相辅相成 五大因素决定显示屏质量[N].中国电子报基础电子,51:9.
- [2] 南京洛普公司. LED 显示屏测试方法 (讨论修改稿) [J].现代显示,2003,(4):54-59.
- [3] 丁铁夫,汪洋,郝亚茹.视角对 LED 显示屏亮度均匀性的影响[J].现代显示,2008,(S0):13-15.
- [4] 郑喜凤,宋新丽,刘贵华.一种基于区域最大值的 LED 显示屏亮度特征数据提取方法[J].液晶与显示,2008,23(4):388-392.

作者简介:宋新丽(1979-),女,河南漯河人,硕士,主要研究方向为数字图像处理,LED显示屏亮度均匀性评估,E-mail: sxl1979703@sina.com。