

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2020.0006.018

弯曲 LED 矩形阵列的光斑特性*

刘 沁

(重庆工商大学 艺术学院,重庆 400067)

摘 要:引入弯曲度的概念建立了弯曲 LED 矩形阵列的模型,利用非相干光的叠加原理推导出计算弯曲 LED 矩形阵列的光斑半径公式、发散角公式和照度公式。研究了弯曲度对照度峰值、光斑半径、发散角的影响;通过计算得出:当弯曲度为 0 时照度峰值为 158.3 lx,随着弯曲度的增加照度峰值逐渐增大,当弯曲度增加到 0.25 时照度峰值增加为 168.74 lx;当弯曲度为 0 时,光斑半径为 1.847 m,随着弯曲度的增加光斑半径逐渐减小,当弯曲度增加到 0.25 时光斑半径减小为 1.775 m;当弯曲度为 0 时发散角为 19°,随着弯曲度的增加发散角逐渐减小,当弯曲度增加到 0.25 时发散角减小为 18°;计算结果表明阵列面的弯曲对照度、光斑半径、发散角都有明显的汇聚作用;结果的获得在理论上和方法上为利用弯曲 LED 矩形阵列来实现照明设计提供依据,弥补了之前在研究 LED 阵列中阵列面仅限于平面的不足。

关键词:发光二极管;弯曲矩形阵列;光斑;弯曲度

中图分类号:O435; O432.2

文献标志码:A

文章编号:1672-058X(2020)06-0120-07

0 引 言

LED(发光二极管)作为一种节能、耐用的新型光源,已在各种照明环境(包括公共场所照明、家庭照明、景观照明等)中广泛地使用^[1-3]。为了更加充分地发挥 LED 这种新型光源在照明领域的应用,从理论上对 LED 的照明特性进行研究显得越来越重要,并取得很多重要的研究成果。如罗晓霞等^[4]对单个 LED 光源的大视场角准直照明问题做了研究^[4],丁毅等^[5-6]研究了单个 LED 光源的均匀照明问题。由于单个 LED 光源的亮度较小,因此绝大多数的 LED 光源都是由多个 LED 灯芯构成的阵列来实现照明的。为了在理论上弄清楚 LED 阵列的照明特性,开展了对这个领域的研究。对方形阵列和

圆形阵列的照度特性做了研究^[7-10],得出了方形阵列和圆形阵列的光斑的发散规律和照度的变化规律。进而研究了圆形阵列和矩形阵列的照度均匀性^[11-12],得出这两种阵列的照度均匀性的特征和变化规律。

在上述对 LED 的阵列研究中,都是将 LED 阵列面固定在一个平面内。而实际的 LED 阵列光源,多数的 LED 灯芯的分布是在一个曲面上。因此研究曲面 LED 阵列的照度特性以及变化规律在理论上和应用上都有着非常重要的价值。将利用非相干光的叠加原理,针对弯曲 LED 矩形阵列这一对象,引入弯曲度的概念,推导出计算阵列的光斑半径公式、照度公式和发散角公式。利用这些公式研究弯曲 LED 矩形阵列的照度峰值随弯曲度的变化规律,光斑半径随弯曲度的变化规律,光斑发色角

收稿日期:2019-12-12;修回日期:2020-02-10.

* 基金项目:重庆市教委科技项目基金资助项目(KJ1500629);重庆工商大学科研项目基金资助项目(1552006).

作者简介:刘沁(1983—),女,副教授,重庆市人,从事照明设计的研究.

随弯曲度的变化规律。研究结果的获得将进一步加深和丰富对LED阵列照明理论的认识,也为设计LED阵列的照明方案提供理论依据和研究方法。

1 模型与理论

首先建立这样一个弯曲的LED矩形阵列模型,矩形阵列在没有弯曲时,是由若干个边长为 a 的小方形网格构成,每个网格的节点上放置一个LED芯片。矩形阵列的长边为 $40a$,宽边为 $20a$,即长边方向上有41个节点,宽边方向上有21个节点,阵列的总芯片数为 $41 \times 21 = 861$ 。LED矩形阵列放置于 $z=0$ 平面内,阵列的中心坐标在 $(0,0,0)$ 处,长边沿 y 轴方向,宽边沿 x 轴方向。用 A_{ij} 标记在坐标为 (ia, ja) 节点处的芯片。目标平面置于 $z=h$ 处。现将矩形阵列的长边向 z 轴方向成圆弧弯曲,而宽边不发生弯曲,如图1所示。

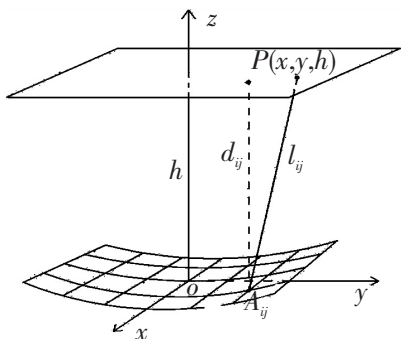


图1 弯曲LED矩形阵列

Fig. 1 The curved LED rectangular array

弯曲的LED矩形阵列在目标平面产生照度是由阵列上的每个LED芯片产生照度的非相干叠加。而单个LED芯片在视角 θ 方向上的光强 I 由下式确定^[7],如图2,芯片到 P 点的距离为 l 。

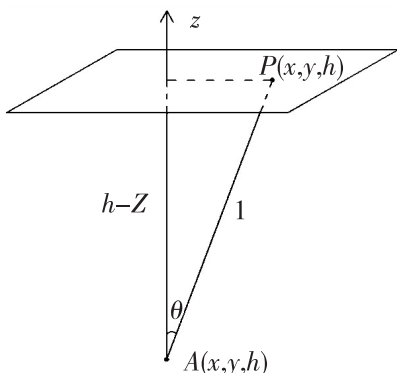


图2 芯片的照度

Fig. 2 The illuminance of LED

$$I = I_0 \cos^m \theta = I_0 \cos^m \frac{h-Z}{l} \quad (1)$$

其中 I_0 为 0° 角的光强, m 值由LED芯片的产生工艺确定。

若芯片的坐标在 (X, Y, Z) 处,目标平面上的照明点 P 的坐标在 (x, y, h) 处,则芯片在 P 点处产生的照度 E 由下式确定^[11]:

$$E(x, y, h) = \frac{I \cos \theta}{l^2} \quad (2)$$

由式(1)、式(2)得到单个芯片在 P 点的照度:

$$E(x, y, h) = \frac{I_0 (h-Z)^{m+1}}{[(x-X)^2 + (y-Y)^2 + (h-Z)^2]^{\frac{m+3}{2}}} \quad (3)$$

如果阵列是由 N 个芯片构成的,这 N 个芯片发出的光彼此是非相干光,由非相干光的叠加原理阵列在 P 点处产生的照度为^[12]:

$$E(x, y, h) = \sum_{n=1}^N \frac{I_0 (h-Z_n)^{m+1}}{[(x-X_n)^2 + (y-Y_n)^2 + (h-Z_n)^2]^{\frac{m+3}{2}}} \quad (4)$$

其中 X_n, Y_n, Z_n 为第 n 个LED芯片的坐标。

为了将式(4)应用于上述弯曲的LED矩形阵列,首先应引入长边成圆形弯曲的弯曲圆半径 R_K ,下标 K 是用来表示将矩形阵列的长边($40a$)弯曲为弯曲圆的 K 分之一周长,即 $40a = 2\pi R_K / K$ 。由此得弯曲圆半径 R_K 与 K 关系:

$$R_K = K \frac{20a}{\pi} \quad (5)$$

K 越大 R_K 越大,阵列长边弯曲的弯曲程度就越小。为了能用一个与弯曲程度成正比的量来描述长边的弯曲程度,引入弯曲度 D :

$$D = 1/K \quad (6)$$

弯曲度 D 越大,长边弯曲程度越大。 D 就是描述阵列长边的弯曲程度的量。当长边不弯曲时 $K = \infty$,对应的 $D = 0$ 。当长边弯曲为半圆周时 $K = 2$,对应的 $D = 1/2$ 。当长边弯曲为一个圆周时 $K = 1$,对应的 $D = 1$,弯曲度达到最大。

利用图1可以得到芯片 A_{ij} 的3个坐标分别为

$$X_n = ia, Y_n = R_K \sin \frac{j\pi}{20K}$$

$$Z_n = R_K \left(1 - \cos \frac{j\pi}{20K}\right) \quad -10 \leq i \leq 10, -20 \leq j \leq 20$$

(7)

将式(7)代入式(4)可得弯曲 LED 矩形阵列在目标平面上的照度公式:

$$E(x, y, h) = \sum_{i=-10}^{10} \sum_{j=-20}^{20} \frac{I_0 \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^{m+1}}{\left[(x - ia)^2 + \left(y - R_K \sin \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right)^2 + \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^2 \right]^{\frac{m+3}{2}}} \quad (8)$$

式(8)就是计算弯曲 LED 矩形阵列的照度公式。

x 轴和 y 轴上的照度分布 E_x 和 E_y , 可以分别将式(8)中的 y 取为 0 和 x 取为 0 而得到:

$$E_x = \sum_{i=-10}^{10} \sum_{j=-20}^{20} \frac{I_0 \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^{m+1}}{\left[(x - ia)^2 + \left(0 - R_K \sin \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right)^2 + \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^2 \right]^{\frac{m+3}{2}}}$$

$$E_y = \sum_{i=-10}^{10} \sum_{j=-20}^{20} \frac{I_0 \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^{m+1}}{\left[(0 - ia)^2 + \left(y - R_K \sin \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right)^2 + \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^2 \right]^{\frac{m+3}{2}}} \quad (9)$$

光斑中心的照度(照度峰值) E_0 , 可以将式(8)中的 y 和 x 取为 0 得到:

$$E_0 = \sum_{i=-10}^{10} \sum_{j=-20}^{20} \frac{I_0 \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^{m+1}}{\left[(0 - ia)^2 + \left(0 - R_K \sin \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right)^2 + \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^2 \right]^{\frac{m+3}{2}}} \quad (10)$$

LED 阵列在目标平面上形成的光斑大小由下列关系确定^[12]:

$$E \geq 0.2E_0 \quad (11)$$

x 轴和 y 轴上的光斑半径 R_x 和 R_y 由于芯片在 x 轴和 y 轴上分布的不同而不同。由式(9)和

式(11)可求出 R_x 和 R_y :

$$\sum_{i=-10}^{10} \sum_{j=-20}^{20} \frac{I_0 \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^{m+1}}{\left[(R_x - ia)^2 + \left(0 - R_K \sin \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right)^2 + \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^2 \right]^{\frac{m+3}{2}}} = 0.2E_0$$

$$\sum_{i=-10}^{10} \sum_{j=-20}^{20} \frac{I_0 \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^{m+1}}{\left[(0 - ia)^2 + \left(R_y - R_K \sin \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right)^2 + \left(h - R_K \left(1 - \cos \left(\frac{j\pi}{20K} \right) \right) \right)^2 \right]^{\frac{m+3}{2}}} = 0.2E_0 \quad (12)$$

光斑在 x 轴和 y 轴上的发散角 φ_x 和 φ_y 可以由公式求得^[10]:

$$\varphi_x = \left(\arctg \frac{R_x - 10a}{h} \right) \times \frac{180}{\pi}$$

$$\varphi_y = \left(\arctg \frac{R_y - 20a}{h} \right) \times \frac{180}{\pi} \quad (13)$$

利用式(12)和式(13)可以研究弯曲 LED 矩形阵列的光斑半径和发色角的变化特征。

2 光斑特性

利用式(5)一式(13), 采用数值计算法研究弯曲 LED 矩形阵列的照度峰值、光斑半径、发色角随矩形的弯曲度的变化规律。

2.1 照度峰值与弯曲度的关系

固定 $I_0 = 2cd$, $m = 10$, $a = 0.04$ m, $h = 3$ m, 研究照

度峰值随弯曲度的变化关系。取 $K = \infty, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4$ 共 10 组数据, 计算出对应的弯曲度 D 和照度峰值 E_0 的数据, 见表 1。利用表 1 中的

数据绘出照度峰值 E_0 随弯曲度 D 的响应曲线, 如图 3 所示。图 3 中把 10 个数据点用线连接。

表 1 不同弯曲度下的照度峰值 E_0

Table 1 E_0 under different curvature

K	∞	20	18	16	14	12	10	8	6	4
D	0	0.050	0.056	0.063	0.071	0.083	0.10	0.125	0.167	0.25
E_0/lx	158.30	159.88	160.07	160.31	160.62	161.06	161.68	162.68	164.50	168.74

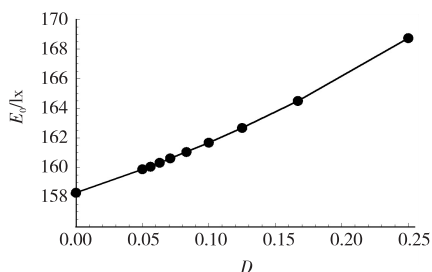


图 3 照度峰值随弯曲度的响应曲线

Fig. 3 Response curves of E_0 versus D

分析表 1 和图 3 可知: 当长边不弯曲 ($K = \infty$) 时, 其弯曲度 $D = 0$, 光斑中心的照度 (照度峰值) $E_0 = 158.3 \text{ lx}$ 。随着长边弯曲度的增加, 光斑中心的照度成非线性增大。当长边弯曲为四分之一圆周时 ($K = 4, D = 1/4$), 中心的照度 E_0 增加为 168.74 lx 。照度峰值随弯曲度的这一变化规律表明, 弯曲 LED 矩形阵列对照度有聚光的作用, 弯曲度越大对照度的聚光效果越明显。在照明设计中, 利用这一规律可以到达提高目标中心亮度的效果。

2.2 光斑半径与弯曲度的关系

固定 $I_0 = 2cd, m = 10, a = 0.04 \text{ m}, h = 3 \text{ m}$, 研究光斑半径随弯曲度的变化关系。仍取 $K = \infty, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4$ 共 10 组数据, 计算出对应的弯

曲度 D 以及光斑在 x 轴和 y 轴上的半径 R_x 和 R_y , 见表 2。为了直观地反映光斑的变化情况, 计算出长边不弯曲 ($K = \infty$) 时的光斑和长边弯曲为 $1/4$ 周长 ($K = 4$) 时的光斑, 如图 4。由图 4(a)、(b) 可知: 长边不弯曲时的光斑和长边弯曲为 $1/4$ 周长时的光斑都是椭圆形, R_x 都小于 R_y 。长边不弯曲时的光斑大于长边弯曲为 $1/4$ 周长的光斑。

由表 2 中的数据, 计算出 R_x 和 R_y 随弯曲度 D 的变化曲线, 如图 5 所示。图 5 中实线连接的曲线是 R_y 随弯曲度 D 的响应曲线, 虚线连接的曲线是 R_x 随弯曲度 D 的响应曲线。分析表 2 和图 5 可知: 当长边不弯曲时, 光斑是长轴在 y 轴上的椭圆, 其 $R_x = 1.672 \text{ m}, R_y = 1.847 \text{ m}, R_y/R_x = 1.11$ 。随着长边弯曲度的增加, R_x 和 R_y 都缓慢减小。当长边弯曲为 $1/4$ 圆周时其 R_x 减小为 $1.621 \text{ m}, R_y$ 减小为 $1.775 \text{ m}, R_y/R_x$ 减小为 1.09 , 光斑更接近于圆形。光斑半径随弯曲度的这一变化规律表明: 弯曲 LED 矩形阵列对光斑大小有汇聚的作用, 弯曲度越大对光斑大小的汇聚效果越明显。在照明设计中, 利用这一规律可以控制光斑的大小。

表 2 不同弯曲度下的光斑半径 R_x 和 R_y

Table 2 R_x and R_y under different curvature

K	∞	20	18	16	14	12	10	8	6	4
D	0	0.050	0.056	0.063	0.071	0.083	0.10	0.125	0.167	0.25
R_x/m	1.672	1.662	1.661	1.660	1.658	1.656	1.652	1.647	1.639	1.621
R_y/m	1.847	1.830	1.829	1.827	1.826	1.823	1.820	1.814	1.803	1.775

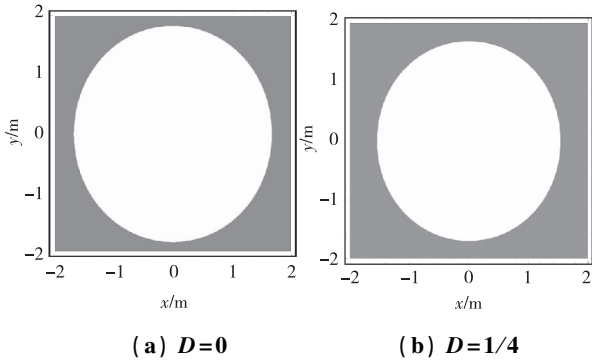


图 4 光斑图

Fig. 4 Light spot

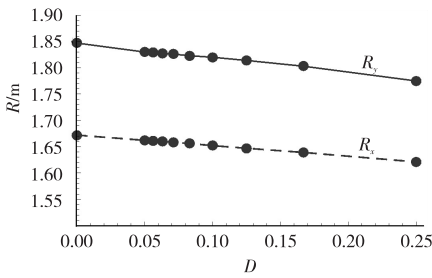


图 5 光斑半径随弯曲度的响应曲线

Fig. 5 Response curves of R_x and R_y versus D

2.3 发散角与弯曲度的关系

固定 $I_0 = 2cd, m = 10, a = 0.04 \text{ m}, h = 3 \text{ m}$, 研究光

斑发散角随弯曲度的变化关系。仍取 $K = \infty, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4$ 共 10 组数据, 计算出对应的弯曲度 D 以及光斑在 x 轴和 y 轴上的发散角 φ_x 和 φ_y , 见表 3。由表 3 中的数据, 计算出光斑的发散角 φ_x 和 φ_y , 随弯曲度 D 的变化曲线, 如图 6 所示。图 6 中实线连接的曲线是 φ_y 随弯曲度 D 的响应曲线, 虚线连接的曲线是 φ_x 随弯曲度 D 的响应曲线。分析表 3 和图 6 可知: 当长边不弯曲时, 两个轴上的发散角分别是 $\varphi_x = 22.977^\circ, \varphi_y = 19.069^\circ, \varphi_y/\varphi_x = 0.83$, 光斑在 y 轴上的发散小于在 x 轴上的发散。随着长边弯曲度的增加, φ_x 和 φ_y 都缓慢减小。当长边弯曲为 1/4 圆周时其 φ_x 减小为 $22.154^\circ, \varphi_y$ 减小为 $18.003^\circ, \varphi_y/\varphi_x$ 减小为 0.81, 即光斑在 y 轴上发散角的减小更快。光斑发散角随弯曲度的这一变化规律进一步表明: 弯曲 LED 矩形阵列对光斑的发散角也有汇聚作用, 弯曲度越大对光斑发散角的汇聚效果越明显。

表 3 不同弯曲度下的发散角 φ_x 和 φ_y

Table 3 φ_x and φ_y under different curvature

K	∞	20	18	16	14	12	10	8	6	4
D	0	0.050	0.056	0.063	0.071	0.083	0.10	0.125	0.167	0.25
$\varphi_x/^\circ$	22.977	22.821	22.803	22.781	22.752	22.714	22.660	22.577	22.439	22.154
$\varphi_y/^\circ$	19.069	18.944	18.927	18.906	18.877	18.836	18.775	18.674	18.481	18.003

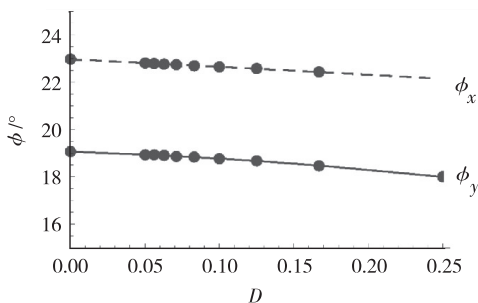


图 6 发散角随弯曲度的响应曲线

Fig. 6 Response curves of φ_x and φ_y versus D

3 结 论

建立了弯曲 LED 矩形阵列的模型, 引入弯曲度来描述矩形阵列的弯曲程度。利用非相干光的叠加原理, 推导出计算弯曲 LED 矩形阵列的光斑半径公式、照度公式和光斑发散角公式。研究了弯曲度对照度峰值、光斑半径、发散角的影响。通过数值计算研究了照度峰值随弯曲度的变化规律、光斑半

径随弯曲度的变化规律、发散角随弯曲度的变化规律。通过计算得出:当弯曲度为0时照度峰值为158.3 lx,随着弯曲度的增加照度峰值逐渐增大,当弯曲度增加到0.25时照度峰值增加为168.74 lx;当弯曲度为0时,光斑半径为1.847 m,随着弯曲度的增加光斑半径逐渐减小,当弯曲度增加到0.25时光斑半径减小为1.775 m;当弯曲度为0时发散角为 19° ,随着弯曲度的增加发散角逐渐减小,当弯曲度增加到0.25时发散角减小为 18° 。计算结果表明阵列面的弯曲对照度、光斑半径、发散角都有明显的汇聚作用。结果的获得在理论上和方法上为利用弯曲LED矩形阵列来实现照明设计提供依据,弥补了之前在研究LED阵列中阵列面仅限于平面的不足。主要创新为

(1) 建立了弯曲LED矩形阵列的模型,引弯曲度来描述矩形阵列的弯曲程度,弥补了之前在研究LED阵列中阵列面仅限于平面的不足。

(2) 推导出计算弯曲LED矩形阵列的光斑半径公式、照度公式以及光斑发散角的公式。在理论上和方法上为利用弯曲LED矩形阵列来实现照明设计提供依据。

(3) 计算出弯曲LED矩形阵列的照度峰值随弯曲度的变化规律、光斑半径随弯曲度的变化规律、发散角随弯曲度的变化规律。研究结果表明阵列面的弯曲对照度、光斑半径、发散角都有明显的汇聚作用。

参考文献(References):

[1] DING Y, LIU X, ZHENG Z R, Freeform LED Lens For uniform Illumination [J]. Optics Express, 2008, 16 (17): 12958—12966

[2] SUN C C, CHEN C Y, HE H Y, Precise Optical Modeling for Silicate-based White LEDs [J]. Optics Express, 2008, 16: 20060—20065

[3] SUN C C, CHIEN W T, MORENO I. Analysis of the Far-field Region of LEDs [J]. Optics Express, 2009, 17

(12): 13918—13922

- [4] 罗晓霞, 刘华, 卢振武, 等. 实现LED准直照明的优化设计[J]. 2011, 40(9): 1351—1355
LUO X X, LIU H, LU Z W, et al.. Automated Optimization of Free-form Surface Lens for LED Collimation [J]. Acta Photonica Sinica, 2011, 40(9): 1351—1355 (in Chinese)
- [5] 丁毅, 顾培夫, 实现均匀照明的自由曲面反射器[J]. 光学学报, 2007, 27(3): 540—544
DING Y, GU P F, Freeform Reflector for Uniform Illumination [J]. Acta Optica Sinica, 2007, 27(3): 540—544 (in Chinese)
- [6] 丁毅, 郑臻荣, 顾培夫, 实现LED照明的自由曲面透镜设计[J]. 光子学报, 2009, 38(6): 1486—1490
DING Y, ZHENG Z R, GU P F. Freeform Lens Design for LED Illumination [J]. Acta Photonica Sinica, 2009, 38(6): 1486—1490 (in Chinese)
- [7] 刘沁, 刘启能, 圆形LED阵列的照度特性及其应用[J]. 激光杂志, 2014, 35(6): 21—23
LIU Q, LIU Q N, Illumination Characteristic and Application of LED Roundness Array [J]. Laser Magazine, 2014, 35(6): 21—23 (in Chinese)
- [8] 刘沁, 刘启能, 方形LED阵列光斑发散特性的幂函数拟合[J]. 光子学报, 2015, 44(1): 56—60
LIN Q, LIU Q N, Power Function Fitting Methods of Light Spot Divergence Characteristics of LED Square Array [J]. Acta Photonica Sinica, 2015, 44(1): 56—60 (in Chinese)
- [9] 刘沁, 刘启能, 圆形LED阵列的光斑发散特性研究[J]. 激光技术, 2015, 39(6): 701—704
LIN Q, LIU Q N, Divergence Characteristics of Light Spot of LED Roundness Array [J]. Laser Technology, 2015, 39(6): 701—704 (in Chinese)
- [10] 刘启能, 代洪霞. 幂函数拟合研究LED圆形阵列光斑的发散特性[J]. 人工晶体学报, 2015, 44(5): 685—689
LIU Q N, DAI H X. Power Function Fitting Methods of Light Spot Divergence Characteristics of LED Circular

- Array[J]. Journal of Synthetic Crystals, 2015, (44) 5: 685—689 (in Chinese)
- [11] 刘沁,刘启能,LED 大型圆形阵列光斑照度的均匀性[J]. 人工晶体学报,2018,47(1):213—217
- LIN Q, LIU Q N. Uniformity of Illumination of Large LED Circular Array[J]. Journal of Synthetic Crystals, 2018, (47)1:213—217 (in Chinese)
- [12] 刘启能,刘沁. 大型 LED 矩形阵列光斑照度的均匀性研究[J]. 发光学报,2018,39(5):699—703
- LIU Q N, LIN Q. Uniformity of Illumination of Large LED Rectangular Array[J]. Chinese Journal of Luminescence, 2018,39(5):699—703 (in Chinese)

Light Spot Characteristics of Curved LED Rectangular Array

LIU Qin

(Institute of Design and Art, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The concept of bending degree is introduced to establish the model of curved LED rectangular array, the divergence angle formula of the curved LED rectangular array, the illumination formula and the illumination formula are derived from the superposition principle of incoherent light. The influence of curvature on peak illuminance, spot radius and divergence angle is studied. By calculation, when the curvature is 0, the peak illumination is 158.3lx. As the curvature increases, the peak value of the illuminance gradually increases. When the curvature increases to 0.25, the peak illumination increases to 168.74lx. When the curvature is 0, the spot radius is 1.847 m. With the increase of the curvature, the spot radius gradually decreases. When the curvature increases to 0.25, the spot radius decreases to 1.775m; When the bending degree is 0, the divergence angle is 19° and decreases with the increase of the bending degree. When the curvature increases to 0.25, the divergence angle decreases to 18° . The results show that the curvature of the array surface has obvious convergence effect on illumination, spot radius and divergence angle. These results provide a theoretical and methodological basis for lighting design with bent LED rectangular array, It makes up for the deficiency that the array surface is limited to a plane on LED array in the past research.

Key words: LED; curved rectangular array; facula; curvature;

责任编辑:田静

引用本文/Cite this paper:

刘沁. 弯曲 LED 矩形阵列的光斑特性[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2020, 37(6):120—126

LIU Q. Light Spot Characteristics of Curved LED Rectangular Array[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2020, 37(6):120—126