

备案号：20727—2007

WH

中华人民共和国文化行业标准

WH / T 26—2007
代替 WH / T 0204—1999

舞台灯具光度测试与标注

Measurement and Report of Photometric Performance Data for Luminaires Used in
Stage Lighting

2007—05—09 发布

2007—06—01 实施

中华人民共和国文化部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 舞台灯具应标注的光度参数	2
4 光度数据的测试	3
5 计算公式和曲线图绘制	5
附 录 A (资料性附录) 参考标准及文献	12

前 言

本标准以GB / T 1.1—2000为指导。

本标准附录A为资料性附录。

本标准由中华人民共和国文化部提出并归口。

本标准自实施之日起，废止WH / T 0204-1999《舞台灯具光学质量的测试与评价》。

本标准负责起草单位：中国演艺设备技术协会演出场馆设备专业委员会。

本标准参加起草单位：上海创联舞台设计顾问有限公司、珠江灯光音响实业有限公司、珠海泰立科技有限公司、成都奥罗拉舞台设备有限公司、佛山飞达影视器材有限公司。

本标准主要起草人：柳得安、石慰苍、姚涵春、王竹生、潘云辉、张义祥、陈庆刚。

舞台灯具光度测试与标注

1 范围

本标准规定了舞台灯具的光度测试方法及舞台灯具说明书中光度参数的标注要求。

本标准适用于舞台灯具，其他演艺灯具亦可参照使用。

本标准供舞台灯具生产厂对自产灯具进行光学设计、检验时使用。也可供舞台灯光工作者对灯具选型、灯光设计和第三方检测机构测试灯具时使用。

2 术语和定义

2.1 出光口 exit aperture

灯具的光束出射口。

2.2 投射距离（简称射距） throw distance(L)

灯具出光口中心至被照面之间的距离。

2.3 测试点 test points

测试时按一定规则选取的被测点。

2.4 光斑 spot

被照面上的有效照射区域。有明显分界线的光斑称为硬光斑；无明显分界线的光斑称为柔(软)光斑。

2.5 有效光斑 effective spot

硬光斑的全部为有效光斑。

柔(软)光斑中照度值不小于最高照度值10%的范围为有效光斑。

2.6 半峰值光斑 half-peak illuminance spot

光斑中照度值不小于最高照度值50%的范围为半峰值光斑。

2.7 有效光斑直径 diameter of effective spot(d)

圆形有效光斑的直径。

2.8 半峰值光斑直径 diameter of half-peak illuminance spot($d_{1/2}$)

圆形半峰值光斑的直径。

2.9 光斑角(十分之一峰值角) field angle或one-tenth-peak illuminance angle(θ)

圆形有效光斑的直径两端与出光口中心点连线所形成的夹角。

注：此定义与实际的角度可能会有一定的误差，当光线会聚点在灯体内部时，比实际值偏大；当光线会聚点在灯体外部时则比实际值偏小，但此误差对远射距灯具影响很小。

2.10 光束角(半峰值角) beam angle或half-peak illuminance angle($\theta_{1/2}$)

圆形半峰值光斑的直径两端与出光口中心点连线所形成的夹角。

注：此定义与实际的角度可能会有一定的误差，当光线会聚点在灯体内部时，比实际值偏大；当光线会聚点在灯体外部时则比实际值偏小，但此误差对远射距灯具影响很小。

2.11 有效光通量 effective lumen (F_e)

有效光斑范围内的总光通量。

2.12 平均照度 average illuminance(E_a)

有效光斑内照度的平均值。

2.13 照度均匀度 uniformity of illuminance(ξ)

有效光斑内平均照度值与最高照度值的比值。

- 2.14 灯具效率 luminaire efficiency (η_l)
灯具的有效光通量与所用光源总光通量的比值。
- 2.15 灯具发光效能 luminaire efficacy (η_e)
灯具的有效光通量与光源及保证光源正常工作所必需的全部电器附件消耗的总电功率的比值。
- 2.16 等照度曲线 iso-illuminance curve
表示测试面上各照度相等点的曲线。
- 2.17 等照度曲线图 iso-illuminance diagram
将一系列表示不同照度值的等照度曲线绘制在一起的图。
- 2.18 光强分布曲线图(配光曲线) candlepower distribution diagram
光强度随方向变化的关系曲线图。
- 2.19 照度分布曲线图 illuminance distribution diagram
光斑内照度与沿某一方向上至光斑中心距离的关系曲线图。
- 2.20 射距、光斑直径与照度关系图 distance-diameter-illuminance diagram
圆形光斑中心照度或平均照度与有效光斑直径随射距变化的关系图。
- 2.21 符合照度平方反比定律的灯具 luminaries according with the inverse-square law
使用距离大于等于出光口直径或对角线长度10倍的灯具。
- 2.22 光斑射距系数 throw distance multiplier (k)
圆形有效光斑的直径与射距的比值。
- 2.23 照度系数 ratio of illuminance
测试点的照度与有效光斑内最高照度的比值。
- 3 舞台灯具应标注的光度参数
- 3.1 光斑角 (θ)
- 3.2 光束角 ($\theta_{1/2}$)
- 3.3 有效光通量 (F_e)
注1: 对于光斑角可变的灯具应标注在最大光斑角、中等光斑角、最小光斑角三种情况下的有效光通量; 对于光强分布可调但光斑角不变的灯具, 应标注灯具调节在最大照度和最大均匀度两种状态下的有效光通量。
注2: 应注明测试用光源的规格、型号等参数。
- 3.4 平均照度值 (E_a)
- 3.5 照度均匀度 (ξ)
- 3.6 灯具效率 (η_l)
- 3.7 灯具发光效能 (η_e)
- 3.8 光斑射距系数 (k)
- 3.9 等照度曲线图
注: 对于光斑角可变的灯具应绘制在最大光斑角、中等光斑角、最小光斑角三种情况下的等照度曲线图; 对于光强分布可调但光斑角不变的灯具, 应绘制灯具调节在最大照度和最大均匀度两种状态下的等照度曲线图; 对于不符合照度平方反比定律的灯具, 应绘制最大射距、中等射距、最小射距下的三种等照度曲线图; 对于光分布基本呈轴对称并以一倾角照射投光面的矩形出光口灯具, 如天幕灯具, 应绘制其在应用范围内最佳投射倾角下的等照度曲线图。
- 3.10 光强分布曲线图
注: 仅对符合照度平方反比定律的灯具。
- 3.11 照度分布曲线图
注: 仅对不符合照度平方反比定律的灯具。
- 3.12 射距、光斑直径与照度关系图
注: 仅对符合照度平方反比定律的灯具。

4 光度数据的测试

4.1 测试条件

4.1.1 测试环境

测试场地的墙面、屋顶、地面及设备均应为无光泽黑色，测试人员的服装为不反光的深色，环境杂散光的照度应不大于被测灯具最高照度的1%，最高不大于20 lx。环境温度为25℃±3℃，空气洁净相对静止(无风)。

4.1.2 测试面的确定

测试面应为无光泽黑色平面。按表1的规定确定测试面大小。

表1

圆形光斑灯具		非圆形光斑灯具
光斑角 θ	测试有效光斑直径 d	测试有效光斑
$\theta < 10^\circ$	2 m	最大线度为 3 m
$10^\circ \leq \theta \leq 50^\circ$	3 m	
$\theta > 50^\circ$	根据实际需要确定	

注：非圆形光斑灯具测试有效光斑的最大线度为3 m，是指测试时非圆形光斑的某一最大尺寸达到3 m即可，如椭圆的长轴，矩形或正方形的对角线等，其他形状的光斑按此原则自行确定。

4.1.3 测试仪表

测试用照度计的精度不低于2级，电工仪表不低于0.5级。

4.1.4 测试电压

灯具测试用电源应经稳压装置稳定，额定电压为220 V的灯具其测试电压为220 V±1 V。对于光源额定电压为230 V或240 V的灯具，也应以此规定电压进行测试，如有需要可按光源的额定电压再进行测试(电压的波动范围为其额定电压的±0.5%)。非220 V系列灯具的测试电压波动范围为其额定电压的±0.5%。对于非白炽光源，电压各次谐波分量的均方根值总和不超过基波的3%。

4.1.5 测试前的准备和调整

测试用的白炽光源在测试前至少点燃15分钟，气体放电光源至少点燃30分钟，待其光输出稳定后将光斑调整至最佳状态；调整灯具的位置与投射方向，使灯具的光轴与被照射平面垂直；实际应用中以一倾斜角照射投光面的矩形出光口灯具，可根据原设计的使用情况确定一个或多个投射角度进行测试。

4.2 照度的测试

可采用下列两种方法测试。

4.2.1 简易坐标测试法

4.2.1.1 圆形光斑灯具的测试

4.2.1.1.1 光斑的几何中心与光斑最高照度点重合的灯具

以圆形光斑灯具的光轴在测试面上的垂足为光斑几何中心，测出光斑的中心照度 E_0 ，且 $E_0=E_m$ ，(E_m 为最高照度)。以光斑中心为起点作放射状测试点基准线，线间夹角相等，线数不少于12条，以光斑中心为出发点，沿各射线分别找出照度系数为0.9、0.8、……0.2、0.1的各点(图1)，并测量各测试点至光斑中心的距离r，计算出同一照度系数的各测试点至光斑中心的平均半径R，分别记作 $R_{0.9}$ 、 $R_{0.8}$ …… $R_{0.1}$ ，对于硬光斑，测量、计算至有效光斑内实际最小照度系数。

平均半径的计算公式：

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{i,j}$$

式中:

R_i —平均半径 (m);

r —测试点至光斑中心的距离 (m);

i —各照度系数值, 即0.9, 0.8, ……0.1;

n —测试基准线数 (≥ 12)。

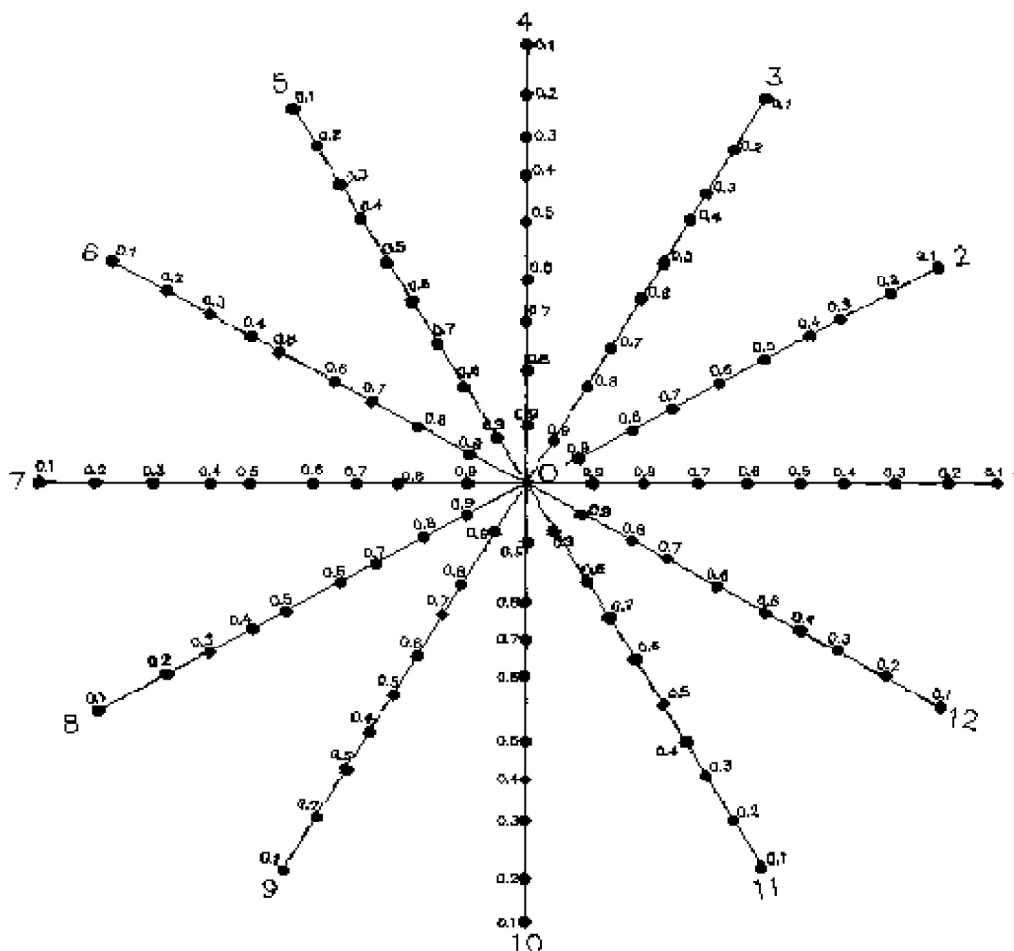


图1 测试基准线和测试点

4.2.1.1.2 光斑的几何中心与光斑最高照度点不重合的灯具

a. 对于光斑的几何中心与光斑最高照度点不重合、但光斑最高照度点偏离光斑几何中心的距离不大于光斑测试直径5%且同时不大于 $R_{0.9}$ 的灯具, 可按4.2.1.1.1规定的测试方法测试, 但 E_m 点的位置应如实记录和表示。

b. 对于光斑的几何中心与光斑最高照度点不重合且光斑最高照度点偏离光斑几何中心的距离大于光斑测试直径5%或大于 $R_{0.9}$ 的灯具, 以其光轴在测试面上的垂足为光斑几何中心, 测出光斑的中心照度 E_0 , 找出有效光斑的最高照度点, 记录最高照度值 E_m 及其位置。以光斑的几何中心为起点作放射状测试基准线, 线间夹角相等, 线数不少于12条, 然后以光斑中心为出发点, 沿各射线分别找出照度系数为0.9、0.8、……0.2、0.1的各点, 并测量各测试点至光斑中心的距离 r , 再按4.2.1.1.1计算出0.5和0.1系数的各测试点至光斑中心的平均半径 $R_{0.5}$ 和 $R_{0.1}$ (硬光斑以有效光斑内实际最小照度系数为准)。

以光斑的几何中心为测试中心, 用4.2.1.2中的矩阵测试法作定点测试, 记录所有测试点的照度值。

4.2.1.2 非圆形光斑灯具的测试

a. 对于非圆形光斑灯具,包括以一倾斜角照射投光面的矩形出光口灯具,如天幕灯具,以最高照度点为光斑中心,按4.2.1.1.1的方法测试出各测试点至光斑中心的距离r。

b. 以光斑中心为直角坐标系的原点,在横轴的上、下和纵轴的左、右作等距离的平行线,它们的交点为测试点,形成测试矩阵(图2)。测试并记录不小于中心照度10%的所有测试点的照度值,各平行线的间距为4.1.2规定的光斑尺寸的八分之一。

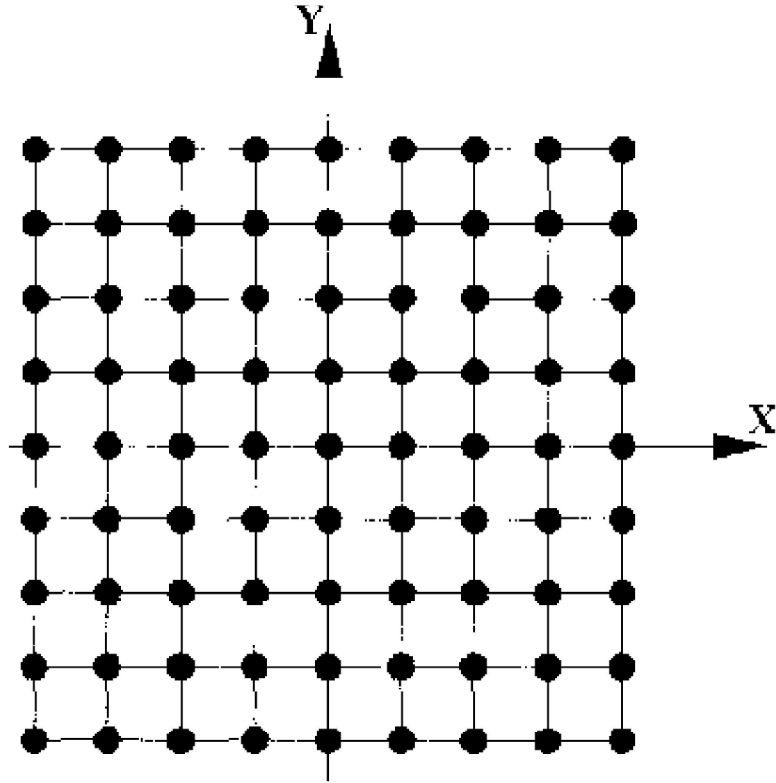


图2 矩阵测试点

4.2.2 专用设备测试法

用国家相关管理机构核准的专用测试设备对灯具进行测试、分析和计算,得出相关数据和曲线。

5 计算公式和曲线图绘制

5.1 光斑角的计算

$$\theta = 2\arctg \frac{d}{2L}$$

式中:

θ —光斑角($^{\circ}$);

d—圆形有效光斑的直径(m);

$d=2R_{0.1}$, 硬光斑按有效光斑内实际最小照度系数的平均半径计算;

L—射距(m)。

5.2 光束角的计算

$$\theta_{1/2} = 2\arctg \frac{d_{1/2}}{2L}$$

式中:

$\theta_{1/2}$ —光束角($^{\circ}$);

$D_{1/2}$ —圆形半峰值光斑的直径(m);

$D_{1/2}=2R_{0.5}$;

L—射距(m)。

5.3 有效光通量的计算

5.3.1 光斑的几何中心与光斑最高照度点重合的圆形光斑灯具

有效光通近似等于各圆环光通之和, 即

$$F_e = 0.17E_m (R_{0.9}^2 + R_{0.8}^2 + \dots + R_{0.1}^2 + \frac{2(0b+1)}{2} R_b^2)$$

式中:

F_e —有效光通量(lm);

E_m —光斑最高照度(lx);

$R_{0.9}$ 、 $R_{0.8}$ 、 \dots 、 $R_{0.1}$ —分别为各等照度测试中的平均半径(m);

b —有效光斑内实际最小照度系数。

5.3.2 非圆形光斑灯具以及光斑的几何中心与光斑最高照度点不重合的圆形光斑灯具

有效光通近似等于各照度值不小于最高照度10%的所有测试点所形成的正方形单元中光通量之和。每一正方形的光通量等于正方形四个顶点的照度测试值的平均值乘以正方形面积。即

$$F_e = \frac{a^2}{4} (4 \sum_{i=1}^m E_i + 3 \sum_{j=1}^n E_j + 2 \sum_{k=1}^p E_k + \sum_{l=1}^q E_l)$$

式中:

F_e —有效光通量(lm);

a —正方形光区的边长(m);

E_i —四周有4个正方形的测试点的照度(lx), m —四周有4个正方形的测试点个数;

E_j —四周有3个正方形的测试点的照度(lx), n —四周有3个正方形的测试点个数;

E_k —四周有2个正方形的测试点的照度(lx), p —四周有2个正方形的测试点个数;

E_l —四周有1个正方形的测试点的照度(lx), q —四周有1个正方形的测试点个数。

5.4 平均照度的计算

$$E_a = \frac{F_e}{S}$$

式中:

E_a —平均照度(lx);

F_e —有效光通量(lm);

S —有效光斑面积(m^2);

对于圆光斑灯具: $S = \frac{1}{4} \pi d^2$

对于采用矩阵测试法的非圆光斑灯具, S 等于各照度值不小于最高照度10%的测试点形成正方形单元面积之和。

5.5 照度均匀度的计算

$$\xi = \frac{E_a}{E_m}$$

式中:

- ξ —照度均匀度;
 E_a —平均照度(lx);
 E_m —有效光斑内最高照度(lx)。

5.6 灯具效率的计算

$$\eta = \frac{F_e}{F_t} \times 100\%$$

式中:

- η —灯具效率;
 F_e —有效光通量(lm);
 F_t —灯具所用光源的总光通量(lm) (由光源生产厂提供或经专业机构测试后确定)。

5.7 灯具发光效能的计算

$$\eta_e = \frac{F_e}{P}$$

式中:

- η_e —灯具发光效能(lm / W);
 F_e —有效光通量(lm);
 P —光源及保证光源正常工作所必需的全部电器附件消耗的总电功率(W)。

5.8 光斑射距系数的计算

式中:

$$k = \frac{d}{L} \quad \text{或} \quad k = 2 \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$$

- k —光斑射距系数;
 d —有效光斑直径(m);
 L —射距(m);
 θ —光斑角(°)。

5.9 等照度曲线图的绘制

将测得各等照度的点用弧线光滑连接, 得出等照度曲线图, 并标注最高照度值、射距以及以0.1 k、0.2 k……0.5 k(k为光斑射距系数)为分度的坐标刻度(图3)。非圆形光斑等照度曲线图的坐标刻度可用绝对尺寸(单位: m)表示。

最高照度2200lx 射距12m

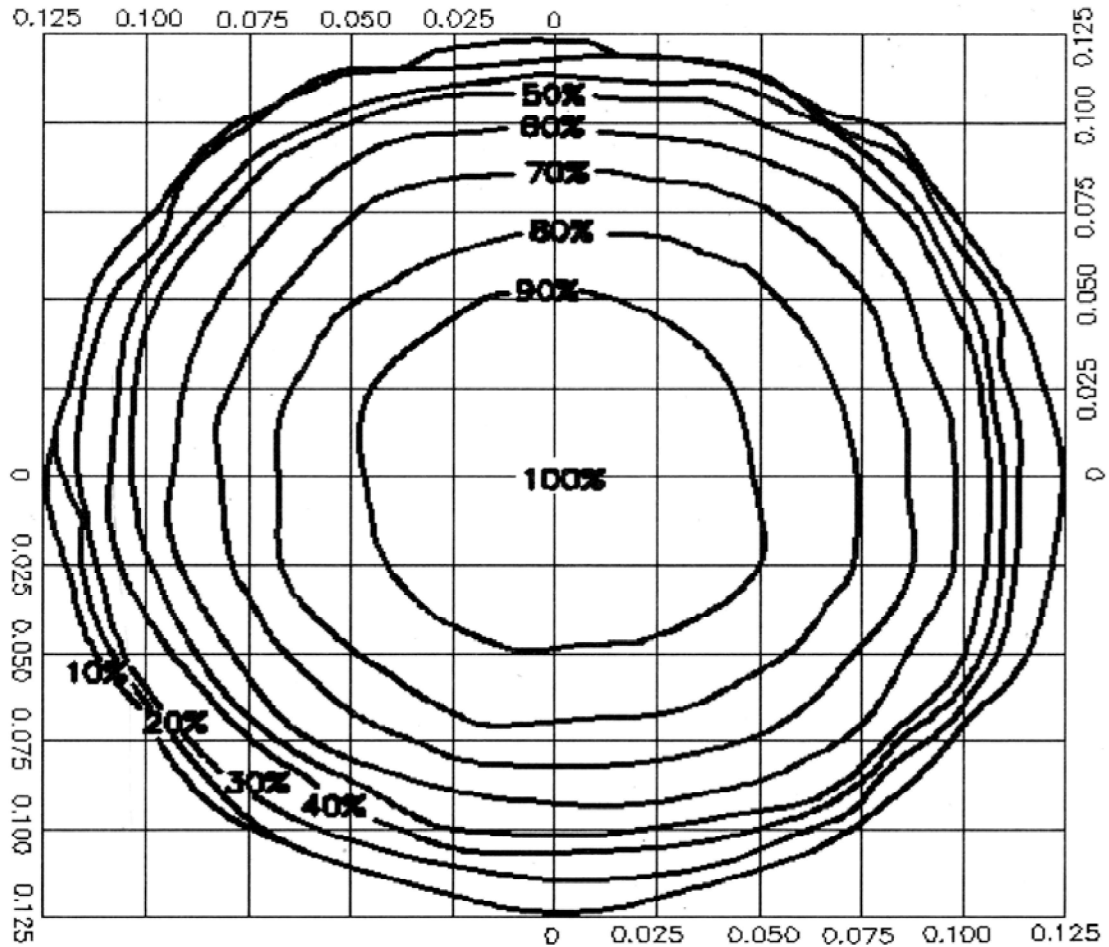


图3 等照度曲线图表示法

5.10 光强分布曲线图的绘制

对于符合照度平方反比定律的灯具应绘制光强分布曲线图，图中应包括灯具水平方向上的光强分布曲线和垂直方向上的光强分布曲线，对于光束具有良好中心对称分布的灯具可以只在一个象限中绘制一条光强分布曲线。光强分布曲线图的纵坐标表示光强，横坐标表示偏离光轴的角度。

用测试点的照度值 E_i 和测试点至光斑中心的距离 r_i 计算出角度 α_i 和相应光强 I_i (用光斑中心照度 E_0 计算光轴方向上的光强 $I_0=E_0L^2$)，绘制出光强分布曲线图(图4)。

$$\alpha_i = \arctg \frac{I_i}{I_0}$$

$$I_i = E_i \frac{\sqrt{(r_i^2 + L^2)^3}}{L}$$

式中：

α_i —测试点和出光口中心的连线与光轴的夹角(°)；

I_i — α_i 向上的光强(cd)；

r_i —测试点至光斑中心的距离(m)；

(光斑水平右方向和垂直上方向 r_i 取正，光斑水平左方向和垂直下方向 r_i 取负)；

L —射距(m)；

E_i —测试点的照度(lx)。

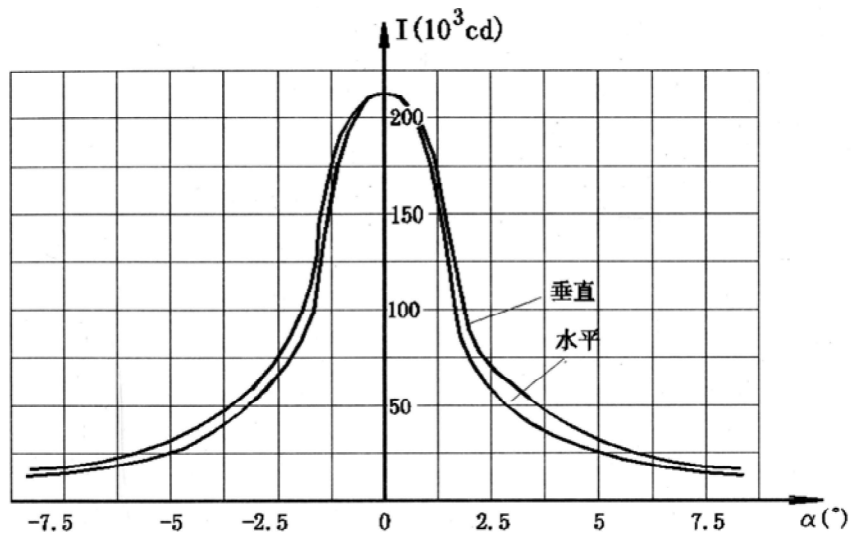


图4 光强分布曲线图表示法

5.11 照度分布曲线图的绘制

对于不符合照度平方反比定律的灯具，应分别绘制照度纵向分布和横向分布曲线图，照度纵向分布曲线图的横坐标为照度，纵坐标为高度，最高照度点为坐标原点(图5a)；照度横向分布曲线图为过最高照度点(即光斑中心)的水平线上的照度分布，其横坐标为测试点距光斑中心的距离，纵坐标为照度(图5b)。以倾角照射投光面的灯具，如天幕灯具，需标注灯具出光口法线与测试面法线的夹角($\leq 90^\circ$)和灯具出光口中心至测试面的距离。

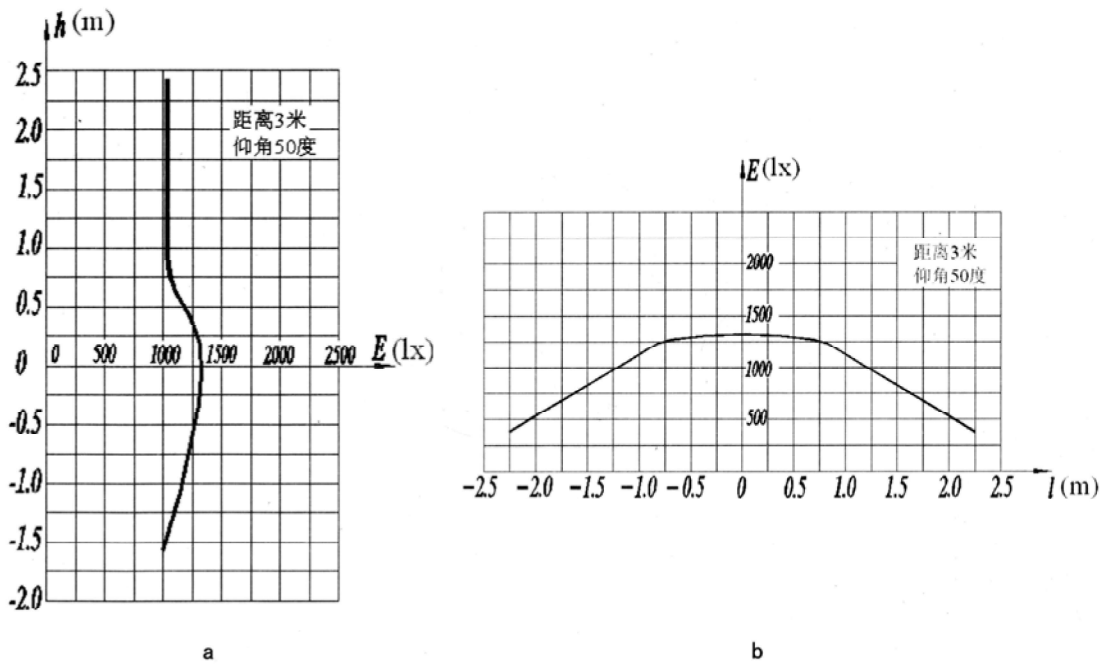


图5 照度分布曲线图表示法

5.12 射距、光斑直径与照度关系图的绘制

对于符合照度平方反比定律的灯具，应绘制射距、光斑直径与中心照度或平均照度关系图，图中应标注灯具在实际使用时一个或多个射距下的射距、光斑直径与中心照度或平均照度的关系(图6)。根据测量所得到的有效光斑中心照度或计算的平均照度、光斑直径和测量时的射距，计算出各射距下的光斑直径和中心照度或平均照度。计算方法如下：

$$d_x = \frac{L_x}{L} d$$

$$E_x = \frac{L^2}{L_x^2} E_0$$

或

$$E_{xa} = \frac{L^2}{L_x^2} E_a$$

式中：

d_x —射距 L_x 处的有效光斑直径(m)；

d —实测时的有效光斑直径(m)；

L_x —所需标注的射距(m)；

L —实测时的射距(m)；

E_x —射距 L_x 处的有效光斑的中心照度(lx)；

E_0 —实测所得有效光斑的中心照度(lx)；

E_{xa} —射距 L_x 处的有效光斑的平均照度(lx)；

E_a —射距 L 处的有效光斑的平均照度(lx)。

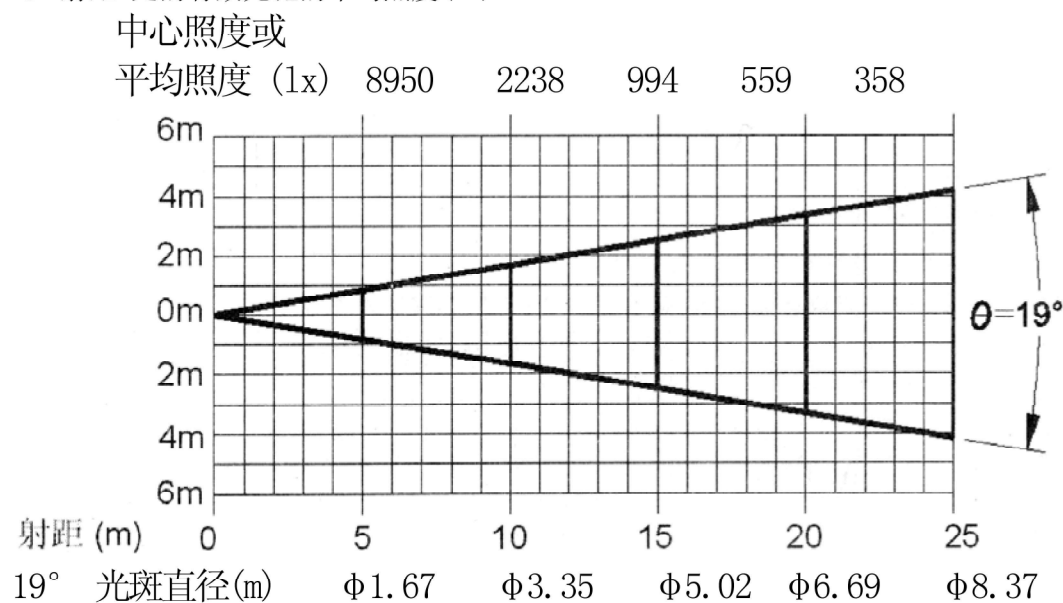


图6 射距、光斑直径与照度关系图

根据需要可在图中增加光束角 $\theta_{1/2}$ 及相应的半峰值光斑直径 $d_{1/2}$ 的标注。

对于光斑角可变的灯具，其射距、光斑直径与照度关系图中应包含最大光斑角和最小光斑角两种状态(图7)。

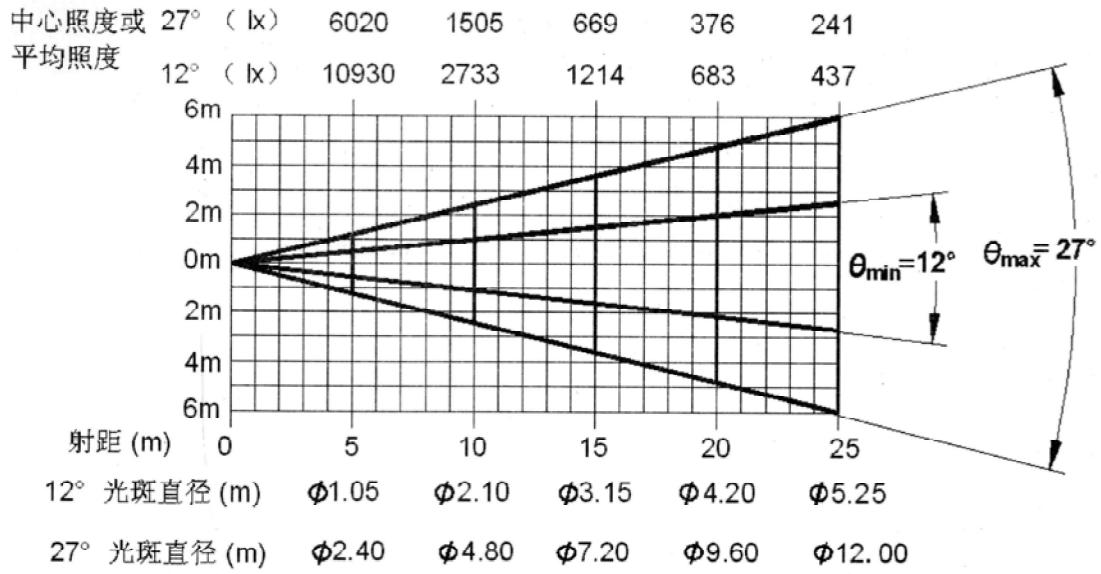


图7 可变光斑角灯具的射距、光斑直径与照度关系图

附录 A
(资料性附录)
参考标准及文献

- [1]GB / T 2900.65—2004 电工术语 照明
 - [2]GB 7002—86 投光照明灯具光度测试
 - [3]ANSI E1.9—2001 Reporting Photometric Performance Data for Luminaires Used in Entertainment Lighting
-