

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 30117.2—2013/IEC TR 62471-2:2009

---

## 灯和灯系统的光生物安全 第2部分：非激光光辐射安全 相关的制造要求指南

Photobiological safety of lamps and lamp systems—  
Part 2: Guidance on manufacturing requirements relating to  
non-laser optical radiation safety

(IEC TR 62471-2:2009, IDT)

2013-12-17 发布

2014-07-15 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 用于光辐射安全评估的危险等级 .....	3
5 灯和灯系统制造商如何应用 IEC 62471 的指南 .....	4
6 安全措施 .....	9
附录 A (资料性附录) 扩展光源的辐亮度和眼睛危害 .....	11
附录 B (资料性附录) 危害距离的确定 .....	16
附录 C (资料性附录) 用于普通照明的光源 .....	24
附录 D (资料性附录) 一体化的或带附加的光束整形或投射光学元件的灯和灯系统 .....	28
图 1 危害值相对距离的变化曲线示例 .....	7
图 2 具有多个危害光谱波段灯的警告标识示例 .....	9
图 A.1 扩展光源的辐亮度随距离的不变性 .....	11
图 A.2 常用的辐亮度和时间积分辐亮度的测量条件 .....	13
图 A.3 光源尺寸 .....	13
图 A.4 单芯片白光 LED 模组蓝光加权函数 $B(\lambda)$ 分布 .....	14
图 B.1 不同光源尺寸和测量距离下的辐亮度 $L$ 和辐照度 $E$ 的归一化关系 .....	17
图 B.2 电弧探照灯的实际电弧放大的直接光束内视图 .....	18
图 B.3 依据空间辐射的半峰边角计算得到的 LED 的闪亮距离 .....	19
图 B.4 辐射体实例的光化学紫外危害安全使用条件 .....	20
图 B.5 直径为 7 mm 卤素灯的距离依赖性无危险类别限值的空间平均辐亮度 .....	22
图 C.1 空间平均辐亮度测量 .....	25
图 C.2 多个光源尺寸的 500 lx 照度与光源亮度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) 和一些典型亮度的距离之间的关系 情况 .....	26
图 D.1 投射光学元件对紫外及红外的过滤 .....	28
图 D.2 白炽投影灯中放大了表观光源尺寸的灯丝 .....	28
图 D.3 投影光学元件实例 .....	29
图 D.4 集成透镜形成的虚拟 LED 芯片图像 .....	30
图 D.5 表观光源的成像和带有内置或附带的投影光学元件的光源评估测量条件 .....	30
表 1 危害有关的危险等级灯系统标识 .....	8
表 2 控制措施的标识信息和指南说明 .....	8
表 3 特定条件下对观察者相关危险所评估的产品可接受的最大危险等级 .....	10

表 B.1	空间平均辐亮度 .....	22
表 C.1	危险等级相关的平方反比定律和危害距离 .....	25
表 C.2	直径为 7 mm、亮度为 $3 \times 10^7 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 的卤素灯的与危险类别相关的危害距离 .....	26

## 前 言

GB/T 30117《灯和灯系统的光生物安全》分为 5 个部分。

- 第 1 部分:灯和灯系统的光生物安全;
- 第 2 部分:非激光光辐射安全相关的制造要求指南;
- 第 3 部分:对人体的强脉冲光源设备的安全使用准则;
- 第 4 部分:测量方法;
- 第 5 部分:投影仪灯系统的光生物安全。

本部分为 GB/T 30117 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用国际电工委员会发布的 IEC TR 62471-2:2009《灯和灯系统的光生物安全 第 2 部分:非激光光辐射安全相关的制造要求指南》。

与本部分中规范性引用文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 20145—2006 灯和灯系统的光生物安全性 (CIE S 009/E:2002, IDT)
- GB/T 2900.65—2004 电工术语 照明 (IEC 60050-845:1987, MOD)
- GB/T 5465.2—2008 电气设备用图形符号 第 2 部分:图形符号 (IEC 60417 DB:2007, IDT)

注: CIE S:009-2002 于 2006 年作为 IEC 标准 IEC 62471:2006 发布。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国光辐射安全和激光设备标准化技术委员会(SAC/TC 284)归口。

本部分起草单位:杭州浙大三色仪器有限公司、广东省惠州市质量计量监督检测所、浙江省医疗器械。

本部分主要起草人:王建平、叶祥平、乔波、李俊凯、罗勇军、牟同升、郑健。

# 灯和灯系统的光生物安全

## 第2部分:非激光光辐射安全

### 相关的制造要求指南

#### 1 范围

GB/T 30117 的本部分规定了非激光产品光辐射安全要求的基本原则,指导相应的通用产品规范对安全要求作出规定,同时为灯系统制造商利用灯制造商提供的安全信息提供依据。

本部分规定了下列指导原则:

- 光辐射安全评估要求;
- 安全措施;
- 产品标识。

本部分不涉及日光浴设备、眼科仪器及其他医疗/美容设备等有意辐照的光辐射安全要求,其特定的安全问题由相应的标准解决。

#### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 62471 灯和灯系统的光生物安全(Photobiological safety of lamps and lamp systems)

IEC 60825-1 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求和使用指南(Safety of laser products—Part 1; Equipment classification, requirements and user's guide)

IEC 60825-2 激光产品的安全 第2部分:光纤通信系统的安全(Safety of laser products—Part 2; Safety of optical fiber communication systems)

IEC 60050-845 电工术语照明(International electrotechnical vocabulary)

IEC 60417-1 电气设备用图形符号 第1部分:综览和使用(Graphical symbols for use on equipment—Part 2: Overview and application)

#### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1

**受控区域 controlled access location**

经工程和(或)管理上控制措施限制的区域,经相应安全培训的授权人员除外。

##### 3.2

**曝辐危害值 exposure hazard value; EHV**

由以下公式定义:

$$EHV(\text{距离,曝辐时间}) = \text{曝辐射量}(\text{距离,曝辐时间}) / \text{曝辐限值}$$

当曝辐射量(3.3)超过曝辐限值(3.4)时,EHV 大于 1。

3.3

**曝辐量 exposure level; EL**

一个光源在规定的时间内对空间某区域的曝辐大小。

3.4

**曝辐限值 exposure limit value; ELV**

预期不会导致不良的生物效应,眼睛或皮肤所允许的最大辐射限值。根据可预见的光生物效应由曝辐限值可确定危害距离。

3.5

**危害距离 hazard distance; HD**

曝辐量等于相应的曝辐限值所对应的位置与光源之间的距离。

3.6

**预期观看 intended viewing**

对光辐射源或虚光源(如反射器)有意的观看行为。

3.7

**预期使用 intended use**

根据制造商和供应商提供的规格、说明和信息,对产品、方法和服务的使用。

3.8

**灯 lamp**

光辐射波长范围在 200 nm 和 3 000 nm 之间的电力驱动装置,激光除外。

3.9

**灯系统 lamp system**

由一个或多个灯组成的电器产品,包括结构件和相关的电气或电子元件,一般用于照明目的(如灯具)。

注 1: 灯系统可能包括漫射器、外壳和/或改变光束的光学元件。

注 2: 对于本部分,灯系统也可能包含不作为产品主要功能部件的灯,例如,冰箱内的指示灯或照明灯。

3.10

**光调节元件 modifying optics**

当灯集成至灯系统时,用于改变其光辐射特性的光学元件,如滤光片、透镜和反射器。

3.11

**非激光光辐射 non-laser optical radiation**

由非受激辐射产生的非相干光辐射。

3.12

**限制接近的区域 restricted access location**

通常通过工程或管理手段控制的,不允许普通人群(包括工作人员、参观者和居民等)进入的区域,但经授权的人员(不一定经过专门的安全培训)可以进入。

3.13

**小光源 small source**

根据危险评估或分类,对对角小于所对应接收角  $\gamma$  的光源或表观光源。

注: 其结果可能是光源或表观光源的空间平均辐亮度(3.15)的视场角要大于光源辐亮度(3.14)所采用的视场角。

3.14

**光源辐亮度 source radiance**

$L$

光源发光部分的辐射亮度(参见 IEC 845-01-34)。但可用的接收角不应小于 1.7 mrad。

注: 该定义用以区别空间平均辐亮度(3.15)。

## 3.15

**空间平均辐亮度 spatially averaged radiance**L<sub>sa</sub>

由于眼球运动等生理因素,空间平均辐亮度是在指定接收角内辐射亮度的平均值(有时被称为“生理辐射亮度”);空间平均辐射亮度值往往低于光源辐亮度值(见 3.14)。

## 3.16

**超辐射发光二极管 superluminescent diode**

基于超发光的边发光半导体光源。它结合了激光二极管的大功率和高亮度以及传统发光二极管的低相干特性,发射带宽为 20 nm~100 nm。

## 3.17

**非预期观看 unintentional viewing**

眼睛非有意接触到光辐射的情况。

## 3.18

**非预期的皮肤接触 unintentional skin exposure**

皮肤非有意接触光辐射的情况。

## 3.19

**观察者相关的危险 viewer-related risk**

在特定的应用条件下,光源对有意或无意观察者造成的危险。

注:为了不受使用条件影响,灯和灯系统的危险等级分类是基于曝辐时间、瞳孔大小和观看距离处于最坏情况下的假设。然而灯的出射光往往是多种多样的,而且当一个灯被整合成一个产品时,依据产品的设计和应用,这些评估条件也可能变得不适用。这种情况下,为了可预见的特定应用条件,产品可采用最近距离和最长曝辐时间进行评估。

## 4 用于光辐射安全评估的危险等级

## 4.1 光辐射安全分类的基础

IEC 62471 提供了确定各种灯或任何含有灯的产品危险等级的方法。IEC 62471 中的危险等级指出了潜在光辐射危害的危险程度,并尽量减少进一步的测量。危险分类是基于数十年使用灯的经验和相关光辐射的意外损伤分析(一般来说,除紫外灯或弧光灯外,会产生损伤的极少)制定的。共有四种基本危险等级:

- 无危险类(RG0):在合理的、可预见的条件下,没有光危害;甚至可连续、无限制的使用。最典型的例子为家用磨砂白炽灯和荧光灯;
- 1类危险(RG1):产品在大部分的应用情况下是安全的;除非长时间辐照,而眼睛可能直接受到辐照,如:家用手电筒;
- 2类危险(RG2):如果灰光反应限制了辐照的持续时间或实质上不会存在长时间辐照时,该等级产品通常不构成实质性的光危害;
- 3类危险(RG3):该等级产品即使短暂的辐照也会有潜在的危害,且一般必需有系统安全要求。

IEC 62471 没有对制造要求和控制措施进行规定。这些问题应在特定的应用产品标准中进行规定(见 4.3.3)。但是,为了使不同产品实施一致,本部分对标识要求(非规范性)作了概述(见 5.4)。

## 4.2 评估准则

标准测量条件应考虑发射光谱,并根据危害的类型,通过辐照度或空间平均辐亮度检测对眼睛和

(或)皮肤的危害。测量条件与潜在危害的观察条件有关,同时应考虑眼睛的生理因素,如调节、瞳孔缩放、灰光反应及眼球运动(眼跳)。

IEC 62471 对普通照明用灯和其他功能用灯(如杀菌、取暖、信号、数据传输等)有所区别,这两个类别的评估和测量条件不同:

- a) 普通照明用灯——危害值为 500 lx 照度所在位置的辐照度或空间平均辐亮度值;
- b) 其他应用——危害值应在距光源 200 mm 处测得。

不同的应用类别定义了一系列操作、维护和服务条件。如果在不同的应用类别产品通用规范中进行评价,那么 IEC 62471 的测量条件可根据特定的应用类别作相应调整。

### 4.3 与应用相关的问题

#### 4.3.1 近红外光源

红外光谱区域的限制设置原本是针对带大量 IR-A 和 IR-B 辐射的大型红外辐射器,这些限制用以保护眼睛的角膜或晶状体不受长期的热效应(如白内障)所影响。因此,这些限制适用于可能会对眼睛造成超过 1 000 s 照射时长及日均辐照度至少为  $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  的慢性和长时间曝光的情况。其主要目的是将晶状体和角膜的热效应减到最小。

#### 4.3.2 点光源

可能会有少数情况,非相干光辐射源以几乎单色的“点”光源出现,这种情况应考虑在激光安全标准体系内。通常这只适用于类似于“点光源”的超辐射发光二极管(SLDs)(见 3.16);以及用于光纤通讯的 LED 灯(此时光纤源也类似于一个点光源)。针对超辐射发光二极管,一般参照 IEC 60825-1;而针对光纤通讯系统,一般参照 IEC 60825-2。

#### 4.3.3 与应用相关的产品通用规范

产品通用规范的要求可包括:

- 限制在给定应用中光源的危险等级;
- 基于危险等级规定的特定性能要求;
- 规定特定应用情况的控制措施。

基于直视光源的可能性的基本指南见第 6 章。产品通用规范应遵循不必降低光辐射至比实际可达到程度还低的原则。但是作为一般指南,不必要的人体辐照应尽量最小。采用的安全措施应遵循国际公认的制造商的安全措施优先次序。即工程控制(如滤光、屏蔽等)的优先级最高,其次是管理措施(如警告和标识,见 5.4),个人防护装备作为最后的手段。详细信息应在特定应用情况的产品通用规范中给出。

## 5 灯和灯系统制造商如何应用 IEC 62471 的指南

### 5.1 限值

#### 5.1.1 概述

应当指出,IEC 62471 的危险等级分类系统主要是针对灯。但是在产品安全方面,灯系统制造商有责任评估最终灯系统产品。由于不同的技术任务和需求,灯系统或灯具制造商可能在测试和测量的能力方面有限,他们通常依赖灯或 LED 制造商提供的灯或 LED 的数据。因此,指南给出了灯系统制造商如何及何时可能要依靠灯制造商提供的数据。

预期用途已知的灯有很多种,例如,对于传统光源,灯系统制造商对一体化灯与安全相关的光学特



性的修改一般都不重要。在大多数情况下是单独一个传统灯泡用在灯具上,而灯系统制造商仅添加一个结构件和一个电源。在这类情况下,灯的数据通常直接转给灯系统。灯系统制造商可以将灯的评估和危险等级分类用于灯系统分类。但是,其他类型的灯可能需要详细考虑。

安全标准的限值以两种不同类型的参数描述,需要分别进行考虑。

### 5.1.2 辐照度或曝辐值对应的限值

在 IEC 62471 中,200 nm~400 nm 和 1 400 nm~3 000 nm 的光谱范围内的发射限值以辐照度和曝辐值给出,单个灯的测量结果不能简单地直接传递给灯系统,需要进行光学综合分析以确定灯系统的危险等级。

当灯采用另外一体化的或带附加的光束整形或投影光学元件时,该灯系统应被视为不同的产品,灯系统制造商应提供一个新的安全分类等级。

注:增加的光学元件主要改变光源的辐照度(即对于根据辐照度或曝辐值要求进行的分类,可能会有明显的影响),而辐亮度可能保持不变(即对于辐亮度的分类影响小)。

### 5.1.3 辐亮度(或时间积分)对应的限值

在 IEC 62471 的发射限值以空间平均辐亮度或时间积分空间平均辐亮度给出的情况下,辐射亮度守恒定律应谨慎使用;即按照辐射亮度守恒定律,如果一只灯或单个 LED 的发射值低于每个危险等级规定的辐亮度,最后灯系统或 LED 阵列也不会超过发射限值。但是,IEC 62471 所要求的空间平均辐亮度(3.15)值的测量结果,其结果为视场和光源区域之间的关系,因为这是用于单个元件的表征,可能会因为将单个灯或 LED 整合至灯具(阵列)中,或附带有光束整形的光学元件而发生变化。

在特定条件下(见 5.2.2),单灯或 LED 的评价直接转移至灯系统或灯具。危险等级将保持不变,或可能降低(如通过滤光等)。

注:由于增加的光学元件主要用于改变(增加)光源的辐照度,而不是辐亮度,因此不应改变评估时以最严格的分类标准来验证灯系统(由辐亮度到辐照度)。

## 5.2 灯/LED 制造商指南

### 5.2.1 概述

灯或 LED 制造商对灯进行危险等级分类的主要目的是告知用户或最终产品制造商在最终产品的安全设计中其潜在危害可能有待处理。因此,当灯处于 1 类、2 类或 3 类危险时,对用户而言重要的是告知其哪些潜在的危害需要控制。如果制造商提供灯的曝辐危害值或危害距离(见 5.3.4),那么相应的控制措施就可以简化。

### 5.2.2 测量条件

在 IEC 62471 中,200 nm~400 nm 和 1 400 nm~3 000 nm 的光谱范围内的发射限值以辐照度和曝辐值给出,并根据 IEC 62471 进行测量。

在 200 nm~400 nm 或 1 400 nm~3 000 nm 的光谱范围内,IEC 62471 的限值以辐照度或曝辐值给出,测量应按照 IEC 62471 进行。如果 IEC 62471 的限值以空间平均辐亮度或时间积分辐亮度给出,则光源的辐亮度(根据 3.14)数据应根据 IEC 62471 进行检测(对于 LED 应在最大工作条件下工作,如最大电流)。在任何情况下接收角均应固定在 1.7 mrad。

注:这些值应与危险等级规定的限值进行比较(而不是用不同的接收角)。在这些条件下,它可以保证组件的危险等级在任何情况下都可直接转移并有利于最后的灯系统的评价。

如果产品的用途是已知并明确的,应采用特定的应用需求(即产品通用规范),如果有的话,或者应该采用 4.2 和 4.3。

如果是多功能灯或不存在特定应用的要求(如产品通用规范),单个灯和组件应在 200 mm 的距离测量,同时危险等级和数值应出现在用户信息中。

危险等级的分类和评估应基于这些数值。

### 5.2.3 用户信息

用户信息应包括灯的危险等级分类,这可以用于灯系统危险等级分类。

危险等级分类的信息应由预期用途给定。如果应用中有规定条件或要求(在 4.2 和 4.3 中指出,或在产品通用规范中规定),则应给出信息。应注意如果灯用于其他应用情况时应重新进行分类。

在 200 nm~400 nm 或 1 400 nm~3 000 nm 范围内,基于辐照度或曝辐值的分类,应注意单支灯的评价不能直接转移至最终灯系统。但是,如果灯集成至灯系统并未改变灯的出射性能,灯系统的危险等级分类可以与灯的相同。

## 5.3 灯系统/灯具制造商指南

### 5.3.1 概述

灯危险等级的分类指出了在产品通用规范中规定的应用场合所需的,用以减少危险所需的安全措施。如果灯的危险明显低于应用场合的最大值(见表 3),制造商应保证灯的危险分类等级可直接过渡至灯系统。

灯制造商生产一些具有特定应用目的(4.2 和 4.3,或按产品通用规范)的灯,这些产品应该由灯制造商在指定应用条件下进行分类。如果这些光源被修改或作其他用途销售,灯系统制造商应对其进行重新评估,并给出相应的危险分类等级。

### 5.3.2 普通照明光源

IEC 62471 指出,用于普通照明的灯和灯系统,应以产生 500 lx 照度的距离下的辐照度或空间平均辐亮度值作为危害值。只有在 500 lx 照度位置上被评价为对皮肤危害为无危险类的灯和灯系统,一般才被用于普通照明。并且,如果皮肤需要接近光源光辐射,且照度可能超过 500 lx,照射时长超过 1 h,应警告用户需要进行曝辐评价。

注:以上是旨在确保考虑到紫外线辐射限值过量等应用场合。这可能要考虑一些辐射限值不超过 500 lx,但在可能在手上产生更高的照度,例如,可能在精细工作的照明中,头部位置相对照度为 500 lx 的工作面更接近光源。

普通照明用灯系统所需的照度测量应考虑灯系统中所有部件的贡献。相对于危险分类等级确定的辐亮度测量,普通照明光源照度测量时的接收角是不受限的。当多个灯或调整光学元件应用于普通照明产品时,在许多情况下,产品的紫外及红外辐射可能会减少。因此,相应的危险也会降低。此外,如果透镜或阵列增加 500 lx 的距离,组件光源的对边角会减小(同时空间平均辐亮度降低),从而使危险仍然不变。

如果灯制造商的分类是基于辐亮度或时间积分辐亮度,且基于辐照度的危害可以忽略不计(LED 或通过使用合适的滤光片),则普通照明光源的分类可直接转移至灯系统或灯具。

### 5.3.3 多功能灯

在确定灯系统的危险等级时,应该遵循下列通用原则。在灯的危险分类基于最严格的辐亮度或时间积分的辐亮度标准的情况下,这些数值保持不变或通过将灯一体化至系统及加入光学元件而降低。这些措施或要素相反可能会改变光源的辐照度或曝辐值,同时在基于这些标准的情况下应考虑一体化灯的危险分类。然而,如果一体化灯是基于亮度的分类则应考虑最严格的分类标准的可能变化(即由辐亮度到辐照度)。

### 5.3.4 危害距离的确定

为了使灯和灯系统的危险等级分类不依赖于使用条件,对曝辐时间,瞳孔大小和观察距离作了最严酷的假设。但是,灯的辐射往往是发散的,在一个合理的距离下,产品危险分类可能无法真实反映与观察者相关的危险程度,即实际的危险低一些。

曝辐危害值 EHV,即超过适用的曝辐限值,具有重大的实际意义(见 3.2)。这个定义在考虑适当控制措施时有用,用以适当地限制光源的曝辐时间或接近程度。

曝辐危害值 EHV 可以图形化地显示距离相关数值,即随着距离增加,灯或灯系统对应的危害值下降(见图 1)。在距离  $X_1$  处,  $EHV = 1$ ,即 EHV 等于对应的发射限值。距离  $X_1$  是该灯系统的危害距离(HD)。在距离  $X_2$  处,光辐射危害的数值通过 A 系数超过适用的发射限值,在这个距离下,过量的光辐射可能会通过系数 A 限制曝辐时间降低(如果发射限值以曝辐或时间积分的辐亮度来表示),或通过使用工程控制(如滤光片)衰减发射量和/或个人防护(如眼镜、服装),这将限制潜在的出射能量。

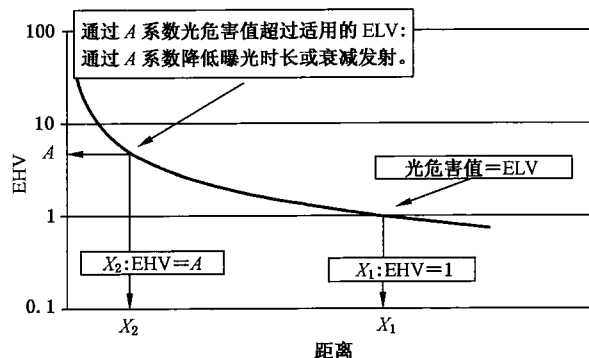


图 1 危害值相对距离的变化曲线示例

类似于灯或灯系统危险等级的分类,这些危害的距离值也可以分类,以确定实际使用条件下的有效的观察者相关危险(3.19)。例如,对于一个 3 类危险的灯系统(在 200 mm 的测量距离下得到的分类)来说,随着距离的增加,逐步降低为 2 类危险(图 1  $X_2$ )、1 类危险(图 1  $X_1$ ),直至无危险类,所测得的辐照度或辐亮度会降至危险分类等级所对应的发射限值以下。

因此,除了指定灯系统危险等级外,灯系统制造商还应提供此类数据。危险等级在无危险类以上的灯系统,制造商应至少提供给定危险等级以下所有等级的危害距离(HD)。这些危险等级相关的危害距离可以用来确定适用的安全措施,参见表 3。

注:以上的示例和图 1 应用于一个限值(“危害”)和特定的曝辐时间。对于所有相关的危害限值,与不同曝辐时间一样需要类似的数据。

### 5.4 标识

通常情况下,制造商需要使用主要的工程控制措施,使产品“安全设计”。具体细节取决于应用情况,并应在指定应用的产品通用规范中注明。为了提供一个适用于各种应用情况的通用方法,本部分规定了标识要求作为二级(管理)控制措施的主要部分。灯系统应由供应商根据表 1 的要求进行标记。

以下指南给出了现有应用指定的产品通用规范中未涵盖的产品。除了只在 400 nm~780 nm 光谱范围出射的免除危险等级和 1 类危险的灯系统,危险等级应标识在产品上。如果产品的大小或设计导致不能粘贴标识,则标识应包含于包装和用户手册中。警告标志应符合 IEC 60417-1 规定。

外壳上的标识应永久固定,在维护和服务时清晰可见,同时应位于使用者无需处于光辐射超出适用的曝辐限值的情况下即可看到的位置。文本和边框应为黑色,且背景为黄色。标识尺寸应适合于产品的尺寸。所有需要的标识均应再现于用户手册中。

表 1 危害有关的危险等级灯系统标识

危害	无危险类	1类危险	2类危险	3类危险
200 nm~400 nm 紫外危害	不需要	注意 该产品有紫外辐射	警示 该产品有紫外辐射	警告 该产品有紫外辐射
300 nm~400 nm 视网膜蓝光损伤	不需要	不需要	警示 该产品可能有光辐射危害	警告 该产品可能有光辐射
400 nm~780 nm 视网膜蓝光损伤或热损伤	不需要	不需要	警示 该产品可能有光辐射危害	警告 该产品可能有光辐射危害
780 nm~3 000 nm 角膜/晶状体红外损伤	不需要	注意 该产品有红外辐射	警示 该产品有红外辐射	警告 该产品有红外辐射
780 nm~1 400 nm 视网膜热损伤,微小视觉刺激	不需要	警告 该产品有红外辐射	警告 该产品有红外辐射	警告 该产品有红外辐射

5.5 其他信息

对于免除等级以外的灯和灯系统,用户信息应包含:

- a) 明确声明该灯或灯系统超过免除等级,以及观察者相关危险与用户安装和使用情况有关;
- b) 无危险类最严重的光辐射危害类型,以及超过无危险类的其他光辐射危害类型(见表 1);
- c) 曝幅危害值(EHVs)和危害距离,可用 EHV 与距离的关系图表示;
- d) 与所有观察者有关的,低于给定危险等级(有关信息见表 1 和表 2)的危害距离(HD);
- e) 用于正确装配、安装、维修和安全使用的合适的操作说明,包括有关预防可能有有害的光辐射的明确警告;
- f) 安全操作步骤的建议,以及可预见的误操作、故障及危险的失效模式警告;详细描述维护步骤,还应明确说明遵循的安全步骤;
- g) 5.4 要求的标识和表 2 对其意义的解释;
- h) 需用户考虑的控制类型的信息。

表 2 控制措施的标识信息和指南说明

危害	免除	1类危险	2类危险	3类危险
200 nm~400 nm 紫外危害	不需要	使眼睛和皮肤的 辐照最小 采用合适的防护	辐照可能会对眼睛或 皮肤造成刺激。 使用合适的防护	避免眼睛和皮肤受到 无防护产品的辐照
300 nm~400 nm 视网膜蓝光损伤	不需要	不需要	灯工作时不得注视, 可能伤害眼睛	灯工作时不得注视, 可能损伤眼睛
400 nm~780 nm 视网膜蓝光损伤或热损伤	不需要	不需要	灯工作时不得注视, 可能伤害眼睛	灯工作时不得注视, 可能损伤眼睛
780 nm~3 000 nm 角膜/晶状体红外损伤	不需要	采用合适的遮蔽防护或 采取眼睛防护措施	避免直接暴露在眼前。 采用合适的遮蔽防护 或采取眼睛防护措施	避免眼睛直接辐射。 采用合适的遮蔽防护 或采取眼睛防护措施
780 nm~1 400 nm 视网膜热损伤,弱视觉刺激	不需要	灯工作时不得注视	灯工作时不得注视	灯工作时不得注视

当灯或灯系统在一个以上的危害光谱区域产生光辐射时,该灯或灯系统应归类为最严格的情况。如果在任何光谱范围内光辐射均超过其免除危险等级的限制,那么适当的警告字句应在产品标识上注明。例如,一只视网膜红外 3 类危险且紫外 2 类危险的灯,标识图示应以相应“警告”文本指出分类等级 3 类,并给出紫外 2 类危险的“警示”提示,但不应该再提及 2 类危险,如图 2 所示。

<b>3 类危险</b>
<p><b>警告:</b>本产品有红外辐射,请勿直视。</p> <p><b>警示:</b>本产品有紫外辐射。直接照射可能会刺激眼睛或皮肤,请使用合适的遮挡物。</p>

图 2 具有多个危害光谱波段灯的警告标识示例

## 6 安全措施

### 6.1 概述

灯或灯系统制造商应进行危险分析,以确定应采取的必要安全措施及对用户的残余危险,提出必要的警告并建议用户进行安全防范。危险等级分类有助于制造商对工程控制进行设计,使灯和灯系统达到一个可接受的安全水平。产品的类型和预期用途确定了辐射的可接受水平、预期的曝辐时间及预期的接近距离。

应通过控制光源减少不必要的光辐射,例如通过光谱滤光或外罩遮挡。应尽可能避免不需要的有害紫外和红外线辐射,或通过适当的滤光装置进行衰减。

注:在可见光谱范围内对非预期光谱成分进行选择性的控制更具有挑战性,因为光谱滤光可能会改变灯系统的基本颜色或强度。

制造商应向用户提供安全信息,并应说明需用户考虑的控制类型的信息。根据产品应用,所需的控制措施可能包括限制和受控进入的区域。

室内限制进入区域的例子有:

- 设备柜放在加锁或专用的房间内;
- 服务/维护人员专用区域;
- 需要专用设备方可进入的区域(如道路照明、体育场馆照明等)。

限制进入区域的指定是根据产品而定的,应在产品通用规范中给出。

受控进入区域的例子包括严格受控进入的上锁房间,围栏/安保区域,和需要专用工具或钥匙才能进入的设备内部区域。受控进入区域的要求由产品规定,应在产品通用规范中给出。

一般而言,在工作场所条件下使用的专用产品仅在其他控制方式不恰当或不能实行时,才考虑培训、限制进入危险区域和配备个人防护设备。规定产品类型的安全性应在对应的产品通用规范中给出。

### 6.2 与观察者相关的最大可接受的危险

将一只灯分类至一个特定的危险等级是基于这个灯在 200 mm 的距离和适用的危险等级曝辐时间下的辐射,但是当一只灯组装成一个产品时,根据产品的设计和应用,这些评价条件可能变得不具代表性。在这种情况下,产品可能在最小的距离和最大的曝辐时间下进行评价,以代表预期使用的特定应用条件(观察者相关的危险)。

根据在光束内观察的可能性这些应用可分为三类:

- 非预期短暂照射(汽车灯、射灯、闪光灯、投影灯);
- 间歇,偶尔(或可能)短期(儿童正常短暂注视的许多玩具、实验室设备、家居用灯、信号灯)照射;

——故意的(或可能)长期(显示器)照射。

当一个产品在规定的条件下进行评估时,这种观察者相关的危险等级分类可能与灯整合至该产品的危险等级有所区别。

表 3 提供了特定应用条件下产品最大允许危险等级的指南。

因此,如果 3 类危险的灯做成显示器(预期长期接触),只有显示器观察者相关的危险类别为无危险类时才可接受。

如果 3 类危险的灯做成信号装置(预期短期接触),只有信号装置的可预见的辐照受接近距离和/或最大曝辐时间控制,对观察者属于 1 类危险才可接受。

如果 3 类危险的灯做成汽车前灯时(非预期短期接触),只有汽车前灯对可预见的辐照受到最小接近距离的控制,对观察者属于 2 类危险才可接受接近距离。

表 3 特定条件下对观察者相关危险所评估的产品可接受的最大危险等级

灯系统的危险等级	特定条件下评估的危险等级——观察者相关的危险		
	非预期 短期	预期 短期	预期(可能)长期
无危险类	无危险类	无危险类	无危险类
1 类危险	1 类危险	1 类危险	无危险类——通过接近距离或受控接触进行限制
2 类危险	2 类危险	1 类危险——通过接近距离或曝辐时间限制 曝光或在规定区域使用该产品	无危险类——通过接近距离或受控接触进行限制
3 类危险	2 类危险——通过接近距离或在 规定区域使用该产品限制	1 类危险——通过接近距离和/或 曝辐时间,或在规定区域使用该产品限制	无危险类——通过接近距离或受控接触进行限制

表 3 为指南。应用相关的产品通用规范可能提供所需评估的更多细节,并指定可能需要考虑的安全控制措施。

应用特定条件下的分类仅适用于该产品的预期用途。提供给维修人员和维护人员的安全措施应基于灯的危险等级,而不应取决于灯系统。

附 录 A  
(资料性附录)  
扩展光源的辐亮度和眼睛危害

### A.1 概述

辐射光谱范围为 400 nm~1 400 nm 的扩展光源,属于视网膜危害区域(在 400 nm~1 400 nm 光谱的视网膜危害区域发射光辐射的扩展光源)。所以,利用辐亮度描述光源和进行辐射计算,以及确定是否存在视网膜危害是非常有用的。

在讨论有益的辐射之前,首先要确定那些不可能是有益辐射的光源类型和曝辐情况。由于点光源的辐亮度不明确,因此对激光的光束内视以及任何对边角为 1.7 mrad 或小于 1.7 mrad 的光源的注视,采用其他辐射数量的测量和讨论会更好,例如在特定距离的辐照度。如果上述光源可以利用光学放大元件进行观察,则其对边角可能增大到 1.7 mrad 以上。因此,应考虑此种光源成为扩展光源的可能性。然而,在这种情况下,光源的危害仍然可以通过沿用辐照度这一类的方法得以更好的整体解决,这一方法同时囊括了对同一类光源的点光源和扩展光源的处理。

对于输出光谱在视网膜危害区域以外的光源,辐亮度不足以描述其危害性。此时,更多的是利用辐照度和曝辐量来描述。测量几何图形之间的转换是复杂的,而且可能引入误差。因此,作为一般性的规则,辐亮度只用于可见光和近红外光源的评估。亮度是可见光源辐亮度的光照度模拟值,因此,IEC 62471使用较高的亮度值作为确定无危险类的灯的指南。

### A.2 辐亮度几何原理

同观察者相关的光源假设几何条件与辐射亮度、对应的光度量-亮度一同使用。这对于危害分析和光度测定都会非常有用。亮度经常被用来形容发光表面的明亮程度如显示器;同理,辐亮度也可用来定义发光表面的危害。辐亮度表示为单位面积每立体角内的辐射强度( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ )。几何辐亮度的主要结论之一,例如扩展光源的距离不变性,如图 A.1 所示。当观察者或探测器逐渐远离扩展光源,平方反比的损失会由于光源取样面积的增加而得到补偿。

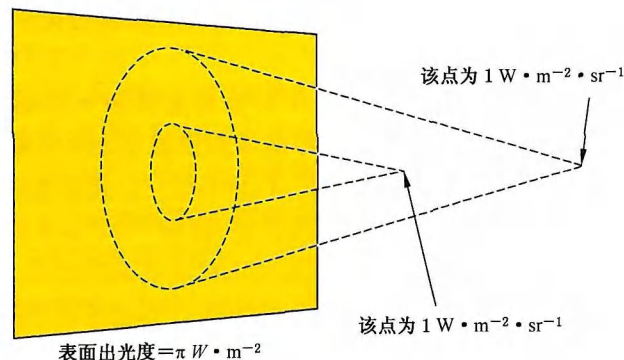


图 A.1 扩展光源的辐亮度随距离的不变性

当将折射、反射放大或缩小的光学元件插入到扩展源和观察者之间时,相同的辐亮度数据表明它是守恒的(吸收会造成损失)。换言之,尽管放大或缩小光学元件可能会改变表观光源可视角,也可能会通

过改变单位面积上的表观光源能量来补偿,因此辐亮度只取决于光学元件的吸收和出瞳耦合问题。

### A.3 视网膜阈值与光源参数之间的关系

视网膜损伤阈值的试验测定通常是测量视网膜的辐照度值,单位为  $W \cdot m^{-2}$ 。对比光源特性的视网膜损伤阈值,将涉及复杂的辐照度转换,且对于扩展光源,需要考虑距离依赖性。采用辐亮度重新表述视网膜阈值,考虑到了眼睛的光学系统,以及外加中间光学系统的情况,这将大大简化危害性评估步骤。

### A.4 辐亮度用于危害评价的局限性

利用辐亮度来表征光源的局限性在 A.1 中已经提及。

此外,由于灯和照明行业的关联性,通过测量辐亮度来表征光源的方式,对于某些特定封装和封闭的光源来说是困难的。由于“ $m^{-2}$ ”是辐亮度单位“ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ ”的组成部分,所以问题常常出现在光源的界定区域上。虽然辐射通量的测量通常是直接的,而且光源立体角的定义没有太大困难。但是利用测量仪表测量光源面积或采样面积可能会非常困难。一种可能的解决方案是同时定义在光学系统中光源的实像或虚像的立体角和面积,如果存在的话。如果立体角和面积在同一平面下测得,其有效性应符合辐亮度守恒原理。然而,利用上述方法须避免立体角和面积不是在同一平面下测得的错误。

### A.5 非均匀光源

对于存在局部辐射差异的光源(即非均匀光源)的辐亮度测量,应该在 IEC 62471 中规定的立体角内进行积分。在考虑到眼球运动和眼睛像差的情况下,这样可以保证测量得到的辐亮度与试验性的视网膜损伤阈值进行正确的比较。

### A.6 光源辐亮度和平均辐亮度之间的关系

由辐亮度或时间积分辐亮度中给出的曝辐限值可以推导出,根据辐亮度守恒原理,如果灯的辐射量低于特定的辐亮度水平(对于给定的危险等级),那么最终的灯具的辐射量也不会超过可以其可达到的辐射限值。因此,为了避免重复测量,光源制造商应该描述他们的设备的安全性能(单灯),并提供其所属的危险等级。

通常,辐亮度  $L(W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1})$  定义为(如图 A.2)在给定距离  $r$  处通过孔径光阑的辐射功率  $P(W)$ 。光圈直径  $d$  定义了立体角  $\Omega(sr)$ ,以及探测器前端圆形视场光阑所确定的接收角  $\gamma$  所对应的测量面积  $A_{FOV}$ [此处是根据视场“field of view”来定义,  $FOV(m^2)$ ]。通常情况下,光源会超出视场,如图 A.2 所示(即  $\alpha > \gamma$ )。光源辐亮度计算的是通过测量孔径、视场 FOV 和立体角  $\Omega$  的光功率值( $P$ ):

$$L(W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}) = P[W]/(\Omega(sr) \times A_{FOV}(m^2))$$

时间积分的辐亮度采用同一方法测量。但是,测量光功率  $P$  用测量辐射能量  $Q$  代替。

注 1: 辐亮度  $L$  具有不同的定义:

$$L_e = \frac{d\phi_e}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

因此,必须指出上述的视场和立体角已经是经过积分的数值,而且上述公式求得的功率也是积分后的数值(参照 IEC 845-01-34)。



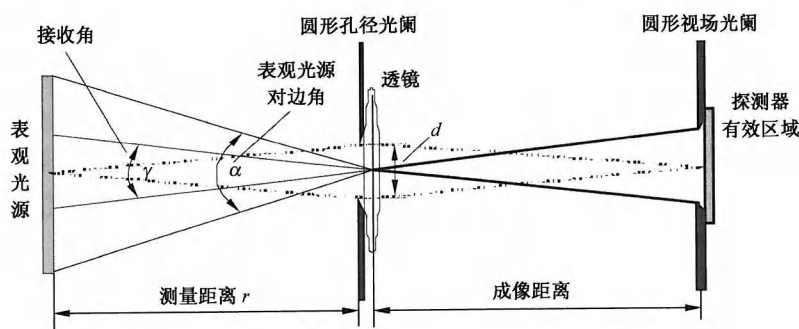


图 A.2 常用的辐亮度和时间积分辐亮度的测量条件

IEC 62471 要求测量空间平均辐亮度时需考虑眼球的移动和成像性能。采用此种方式测得的辐亮度会不同于传统测量方式得到的结果,但该结果更能反映光源对于眼球的危害。空间平均辐亮度的测量需要指定接收角  $\gamma$ ,且该角度很大程度上取决于曝辐时间。因此,测量装置的相应视场可能小于光源[溢出,如图 A.3a)所示],或者大于光源[不足,如图 A.3b)所示],这取决于每个光源的尺寸以及危险类别确定的曝辐时间。辐亮度限值仅取决于视场限定的区域,而与光源的实际尺寸无关,这与光源必须超出测量面积的传统测量辐亮度的方法之间存在很大的差异。

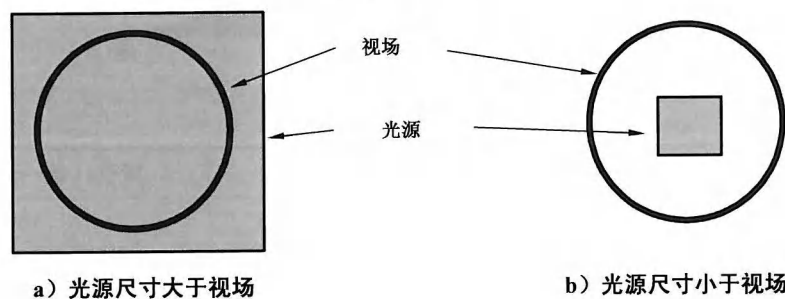


图 A.3 光源尺寸

辐亮度守恒原则适用于单个光源的对边角  $\alpha$  大于接收角[实际光源辐亮度值,如图 A.3a)所示]的情况。若光源小于视场,只要视场和光源区域之间的关系保持不变,则基于辐亮度守恒原则的安全声明仍然是有效的。当对单个灯进行集成或将 LED 整合成灯具(阵列)以及使用放大光学元件时,上述的关系可能发生改变(附录 D)。

注 2: 对于对边角大于视场的光源,辐亮度守恒原理成立的条件是光源是规则的,即光源辐亮度在光源区域内是恒定的。对于非规则光源,则需测量最坏情况下的视场。

特别是当该设备属于无危险类,对于最严苛蓝光危害,最大接收角为 100 mrad。最坏情况下的评估距离为 200 mm,对应的 100 mrad 的平均视场直径为 20 mm。LED 芯片、单颗 LED 或普通灯丝的尺寸通常很小。当使用空间平均辐亮度将其归为无危险类时,这意味着这些小模组的实际辐亮度从理论上可能会因为  $(\gamma/\alpha)^2$  因子而变大。因此,当这些小模组组合成为一个灯系统时,它有可能会超过无危险类曝辐限值,例如:高密度 LED 阵列。

另一种情况是附带有光束整形光学元件的模组。在这种情况下,一个小的表观光源经过放大或扩束(如附录 D 所示)后通常会超过视场区域。然而,此时得到的光源辐亮度的近似值与真值相比,不会发生改变。

一般情况下,属于无危险类的光源,当曝辐时间为 10 000 s 时它是安全的话,则更短的曝辐时间或观察时间也是安全的,即该光源相对于 1 类危险和 2 类危险的评判准则是安全的。因此,至少对于模组

来说,机械地遵循灯具安全标准的分类要求是不恰当的。

注 3: 视场取决于危险类别,这可能意味着一个模组符合无危险类的要求,但却不符合 1 类危险和 2 类危险的要求。

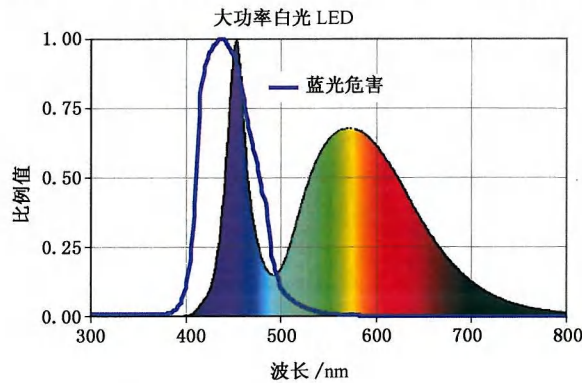
这种情况下,划分至无危险类可能是正确的。

灯和 LED 的制造商在比较限值与分类的时候,应该确定“实际的”辐亮度,在此应该使用 1.7 mrad 的最小接收角。

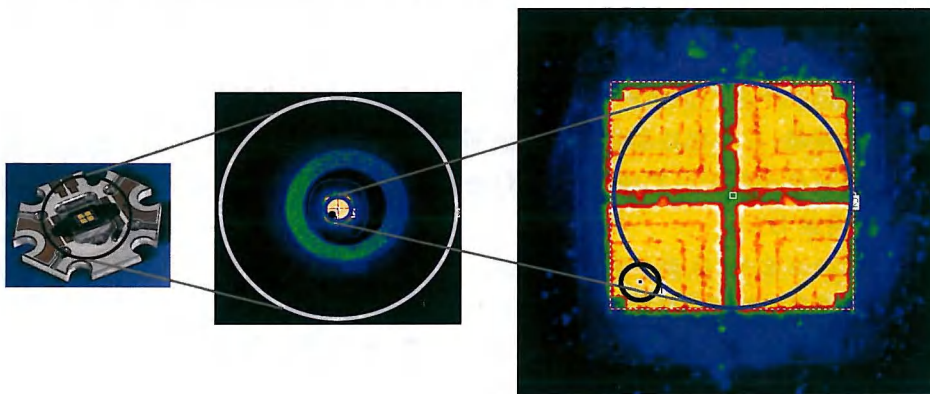
对于会超出视场[图 A.3a)]的大尺寸光源,所产生的辐亮度值应独立于视场。

对于小尺寸光源[图 A.3b)],模组的最坏情况是可以转移的,这对于最终灯系统的分类等级会有帮助。然而,这对于最终产品、灯系统或灯具的评价来说可能会过于严格。这种情况下,制造商需要在不同的视场下对其进行评估。

图 A.4 给出了一个采用成像辐亮度计测量的蓝光加权函数  $B(\lambda)$  的单芯片白光 LED 示例。



$\gamma_{FOV}/\text{mrad}$	测量值/ $(\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1})$	限值/ $(\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1})$
100(无危险类)	250	100
11(1类危险)	$7.5 \times 10^3$	$1 \times 10^4$
1.7(2类危险)	$1.1 \times 10^4$	$4 \times 10^6$



$\gamma_{FOV}$ :            100 mrad                            11 mrad                            1.7 mrad 11 mrad

在 200 mm 的距离处用 3 个合适的视场进行的测量(即,将来的应用是未知的)

来源:Source: W. Halbritter e.a. Proc. CIE Expert Symposium 2008 on Advances in Photometry and Colorimetry.

图 A.4 单芯片白光 LED 模组蓝光加权函数  $B(\lambda)$  分布

根据危险等级分类,三种接收角被应用于一个或相同的装置中。图 A.4 的表格显示了不同  $\gamma_{FOV}$  条件下的辐亮度测量值,以及所对应的限值。

如上所述,如果一个装置作为模组在接收角为 1.7 mrad 的情况下被评估,当其组合成一个复杂的

系统时,它可能超过 1 类危险限值( $1 \times 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ )而属于 2 类危险。这种最严苛条件下的分类是非常保守的,灯系统制造商在任何情况下也不能增加这种等级。

然而,如果一个装置作为最终的产品且危险等级得到了限制(因为最终的产品可能已经附带了安全措施),则应该按照 IEC 62471 进行全面的分析。当采用合适的视场进行辐亮度测量时蓝光加权函数  $B(\lambda)$  仅会超过无危险类的限值,在这种情况下,最终的产品可能归为 1 类危险。

**附录 B**  
(资料性附录)  
**危害距离的确定**

**B.1 概述**

通常,为了不受限于使用条件,对于光源的危险分类等级通常是假设曝辐时间、瞳孔大小和观察距离等处于最坏的情况。因此,灯的安全标准所需的测量距离通常是 200 mm,相当于人的一个合理的最小观察距离。然而,灯具的空间辐射往往是发散的,所以灯在最坏情况下的分类可能无法正确反映有意或无意的观察者在合理的距离所受到的真正危害。因此,灯系统的最低安全距离就显得非常重要。在这种背景下,危害距离被定义为测得的光源辐射值等于相应的曝辐限值的位置与光源的之间距离。由于辐射限值是提供给不同的危险类别的,因此为了确定对有意或无意观察者的危害,可以为每个危险类别确定相应的危害距离。第 6 章中对产品通用规范发展的粗略指南基本上就是基于这个概念。因此,其取决于应用(如直视光源),特定情况(见表 3)下的观察者相关的危险(在各自的危害距离)是可接受的。相应的安全距离可用于部署适当的安全措施,例如,预防近距离地接近光源。

IEC 62471 的限值在两个不同的条款中提及,需要分别进行考虑。对于辐照度的限值(视网膜危害区域以外),可以把测量值与光源距离的平方反比假设为第一近似值。这通常不适用于按照时间积分辐亮度给出的视网膜限值,因为由此得到的辐亮度值不应随测量距离的变化而改变。

**B.2 辐照度限值****B.2.1 一般关系**

在视网膜危害波长区域(400 nm~1 400 nm)以外,灯安全标准的曝辐限值以辐照度( $W \cdot m^{-2}$ )的形式给出。对于这些辐照度限值,可以利用辐射测量的平方反比定律确定观看的安全距离。然而,这只能应用于光源尺寸小于测试距离,在远场的发散光源。一般来说,测试距离是光源尺寸的 5 倍以上。给定光源的辐亮度与不同距离处对应的辐照度之间的普遍关系以及不同光源尺寸见图 B.1。

从图 B.1 中的箭头可知,当测试距离是光源尺寸的 5 倍以上时,利用简单的平方反比定律求出的值(黑线)与  $L$  和  $E$ (蓝线)的相互关系之间的误差小于 1%。品红线表示在考虑之中的对边角的相应范围( $\alpha_{\min}$  和  $\alpha_{\max}$  之间),它表明了根据 IEC 62471 所做的危害评估,一般采用远场条件。因此,进行光度和辐射度测量时,基础的平方反比定律可用于危害距离的确定。

在此情况下,测试距离  $r_1$  下的辐照度  $E_1$  以及测试距离  $r_2$  下的辐照度  $E_2$  的关系如下:

$$E_1 r_1^2 = E_2 r_2^2$$

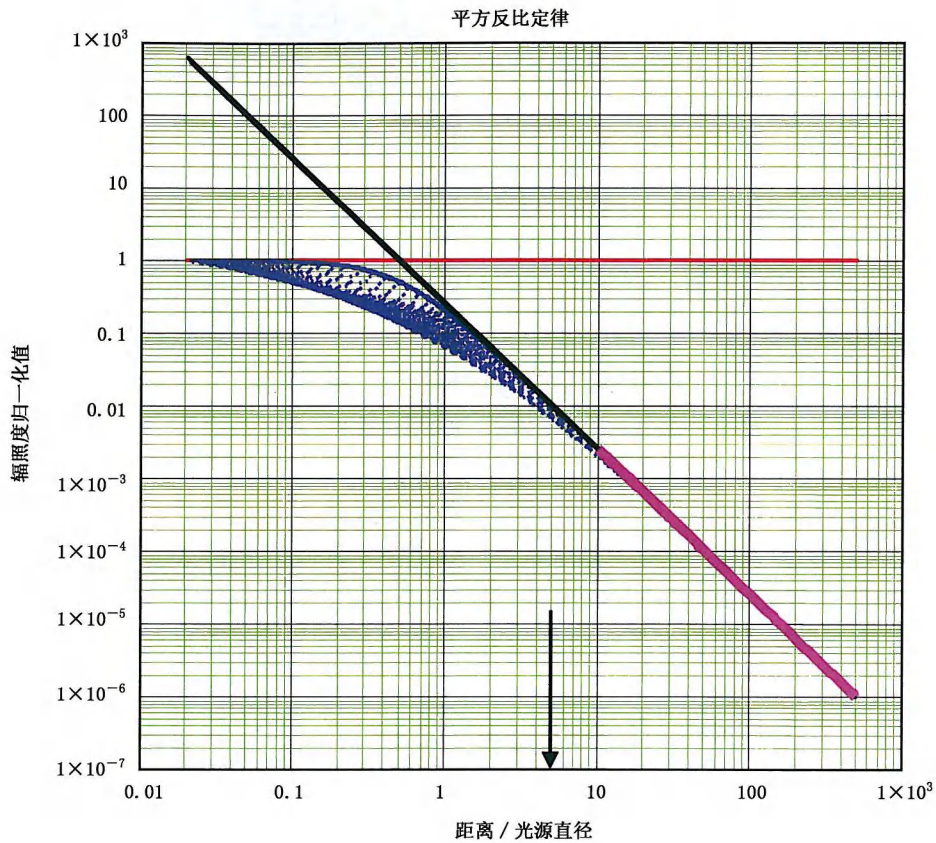
这意味着,如果光谱加权辐照度曝辐限值超过了  $r_1$  距离下所得的  $E_1$  值,则相应的危害距离可计算为

$$HD = \sqrt{\frac{E_1 \cdot r_1^2}{ELV}}$$

因此,如果  $r_1 = 200$  mm:

$$HD = \sqrt{\frac{E_1 \cdot 0.04}{ELV}} \text{ (m)}$$

各个危险类别的辐照度曝辐限值都可根据上式进行计算。



说明：

$x$  轴：测试距离与光源尺寸比值，即  $\sim 1/\alpha$ 。

蓝线： $L$  与  $E$  之间的关系（光源尺寸与距离的范围非常宽），因此有多条蓝线。

红线：辐亮度守恒（ $E$  与  $L$  成比例）。

黑线：平方反比定律（ $E$  与  $L/r^2$  成比例）。

品红线：考虑了与之对应的对边角的情况。

图 B.1 不同光源尺寸和测量距离下的辐亮度  $L$  和辐照度  $E$  的归一化关系

## B.2.2 光束整形元件的影响

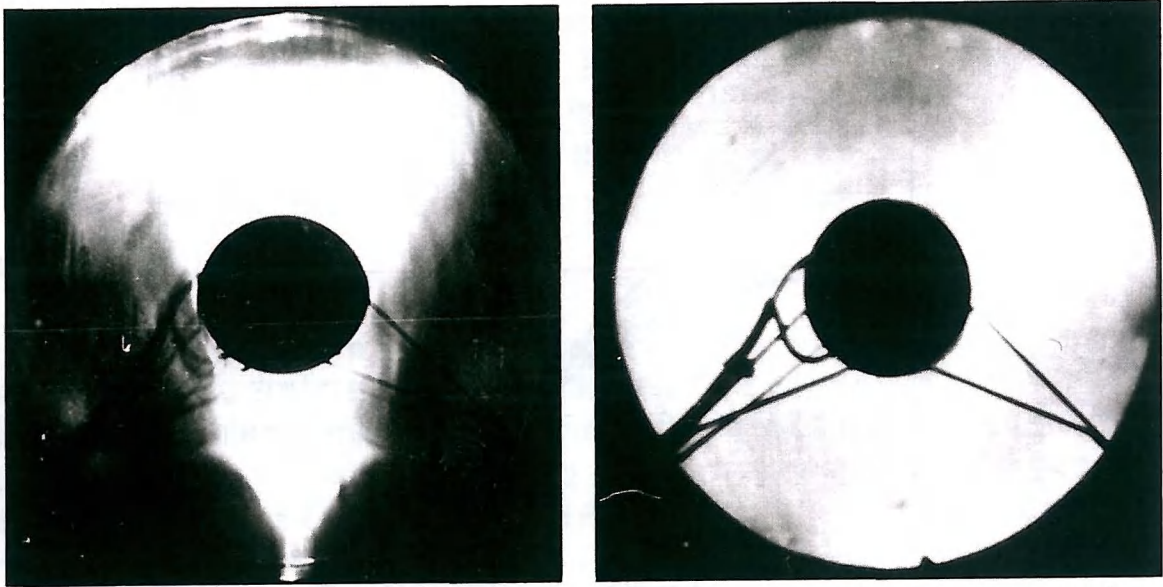
### B.2.2.1 投影灯

通常，应谨慎考虑带有光束整形元件的光源，参见附录 D。尽管如图 B.1 所示的基本关系仍然成立，但是含有光束整形元件的光源可能会被放大，如图 B.2 所示（然而，辐照度增大了）。这意味着辐亮度  $L$  和辐照度  $E$ （红线）的线性关系在较大的光源距离处也适用，而平方反比定律适用的远场条件，往往起始于一个更大的光源距离（有时也称之为“闪亮距离”）。

如果已知投影系统中反射镜或透镜的焦距  $f$ 、光源的直径  $D$  和反射镜（或透镜）光圈直径  $a$ ，则可计算出该闪亮距离  $r_f$ ：

$$r_f \approx a \times f / D$$

事实上，光圈尺寸通常是反射镜直径的 50%~70%。



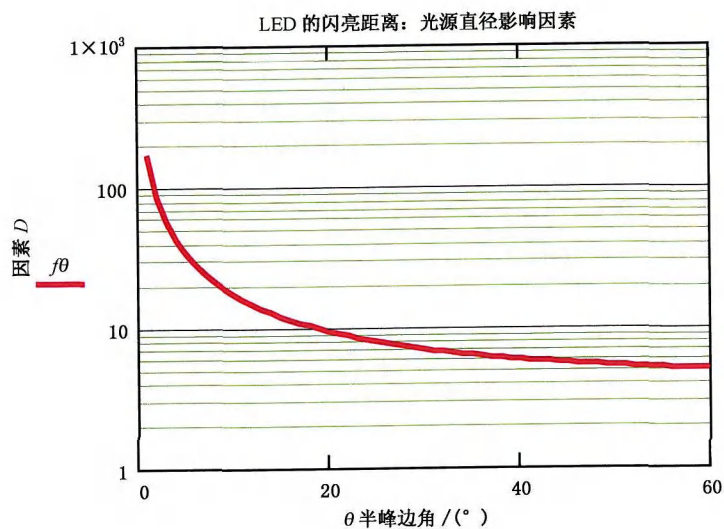
在相对近的观察距离下可以观察到电弧的三角形,但在更远的距离下,反射元件被完全照亮,根据距离平方反比定律,辐照值会相应下降。(来源: Sliney and Wolbarsht, Safety with Lasers and Other Optical Sources, New York, Plenum, 1980)

图 B.2 电弧探照灯的实际电弧放大的直接光束内视图

### B.2.2.2 塑料封装的 LED 集成光学元件

由于 LED 或多或少存在定向辐射,因此闪光距离可能相当于光源直径的 60 倍,这取决于空间辐射分布的半峰边角( $\theta$ )。

对于符合理想朗伯余弦分布的 LED 芯片,“经验法则”同样适用:到光源的距离应该是光源尺寸的 5 倍以上。但是,如果封装 LED 的辐射是根据半峰边角(来自数据表)由反射器或透镜定向的,则光源尺寸焦距  $f$  会增加。这可以计算得到,图 B.3 显示了 LED 光源直径  $D$  的系数范围与半峰边角之间的关系。



说明:

y 轴——光源直径参量。

图 B.3 依据空间辐射的半峰边角计算得到的 LED 的闪亮距离

如图 B.3 所示,由上述经验公式可知,对于  $\theta=60^\circ$  的理想朗伯光源,其所对应的  $f$  为 5。

例如:当  $\theta=5^\circ$  时,  $f \geq 34$ ; 因此,对于直径  $D=10$  mm 的光源,应用平方反比定律得出的最小  $r_f$  为 340 mm,这大于标准所规定的 200 mm 的测量距离。

如果闪亮距离大于 200 mm 的测量距离,进行危害距离计算时,可将上式中的  $r_1$  换为相应“闪亮距离”的  $r_f$ 。

### B.2.3 举例:为推导出安全措施,将最大允许曝辐时间与最小安全距离作图

根据 IEC 62471,光化学紫外危害的曝辐限值为  $30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ ,或者用辐照度表示为  $\text{ELV}(t) = 30/t \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  (曝辐时间  $t$  的单位为秒)。

因此与危险分类有关的辐照度限值(单位为  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )为:

$$\begin{aligned} \text{无危险类}(t=30\,000 \text{ s}): & \quad \text{ELV}_{\text{EX}}=0.001 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \\ \text{1 类危险}(t=10\,000 \text{ s}): & \quad \text{ELV}_{\text{RG1}}=0.003 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \\ \text{2 类危险}(t=1\,000 \text{ s}): & \quad \text{ELV}_{\text{RG2}}=0.03 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

对于紫外危害评价,需要紫外危害的光谱加权函数  $S(\lambda)$ 。这个加权通常在分光测量之后进行。相反的,它也可能通过光谱加权函数对光源光谱的指定限值进行计算。所得的这些值相应的积分值,即不分光测量。

以一个色温为 5 800 K 的普朗克辐射体光源模型为例,经过加权函数  $S(\lambda)$  进行加权后,特定光源的光化学紫外危害的适用限值由  $30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$  (有效值)变为  $250 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$  (不加权)。因此,对此例来说:

$$\begin{aligned} \text{无危险类}(t=30\,000 \text{ s}): & \quad \text{ELV}_{\text{EX}}=0.008 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \\ \text{1 类危险}(t=10\,000 \text{ s}): & \quad \text{ELV}_{\text{RG1}}=0.025 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \\ \text{2 类危险}(t=1\,000 \text{ s}): & \quad \text{ELV}_{\text{RG2}}=0.25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

在这个例子中,在波长范围为 200 nm~400 nm,测试距离为  $r_1=200$  mm 的情况下,测量辐照度所得的值为  $E_s=10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  (3 类危险)。

对于辐照度的最小安全观察距离(危害距离)可按下式进行计算:

$$\text{HD} = \sqrt{\frac{E_1 \times 0.04}{\text{ELV}}}$$

由此可得各个危险等级的危害距离分别为:

$$\begin{aligned} \text{无危险类}: & \quad \text{HD}_{\text{EX}}=7 \text{ m} \\ \text{1 类危险}: & \quad \text{HD}_{\text{RG1}}=4 \text{ m} \\ \text{2 类危险}: & \quad \text{HD}_{\text{RG2}}=1.3 \text{ m} \end{aligned}$$

相同的计算可广泛运用于时间相关的曝辐限值:

$$\text{HD}(t) = \sqrt{\frac{E_1 \times 0.04}{\text{ELV}(t)}}$$

结合该计算公式,可以图示推导危害距离下的最大允许曝辐时间(图 B.4)。

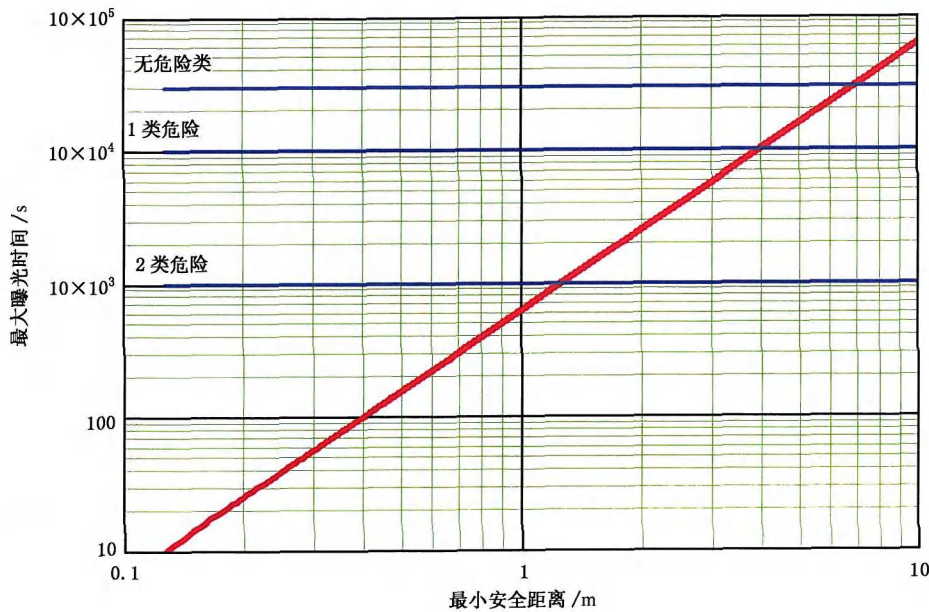


图 B.4 显示了当曝辐时间和危害距离的参数组合在红线以下的安全使用条件。由图 B.4 可知,适当的安全参数集合也许也是根据危险类别来选择的。

图 B.4 辐射体实例的光化学紫外危害安全使用条件

与视场观察者有关的危险类别在确定危害距离时,取决于灯系统的应用场合(可能是直视光源)。如果一个灯系统用于发信号(偶然观察),则对于有意的观察者来说,其最大危险类别为 1 类危险(参见表格 3)。然而,这样的分级依赖于使用者如何安装和使用该产品。任何情况下,适当的危险类别所规定的条件必须在可控的措施之下(例如合适的安装位置),从而确保预期观察者不进入 1 类危险所规定的 4 m 的危害距离范围。

有些情况下(如图 B.4 所示),还有另一种可能性。以光化学紫外危害为例,1 类危险所规定的曝辐时间为 10 000 s。如果有可能减短曝辐时间或直视时间(例如限值了信息显示板的接通时间),则危害距离可以相应的缩短。通常情况下,长时间地直视一个信号或信息显示板是不现实的,应该将其限制在获取信息的必要时间之内。在这种情况下,用危害距离与曝光时间作图是很有帮助的。例如,最大持续观察时间限定为 100 s,则其相应的危害距离即为 40 cm。然而,其可能性依赖于主要(最严格的)危害和相关的时间。更详细的说明可以在应用相关的产品通用规范中给出。

### B.3 时间积分辐亮度限值

#### B.3.1 一般关系

在 380 nm~780 nm 的波长范围内,曝辐限值是以辐亮度( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ )的形式给出。因此,视网膜的曝辐线性依赖于光源的辐亮度。

如上所述,与辐照度不同,辐亮度的测量值与测量距离无关。

然而,与通常的光学元件分类方法相比,IEC 62471 的一个主要和突出的特征就是利用空间平均辐亮度来代替光源辐亮度的“真实值”(参见本部分的附录 A)。该测量方法不受真实的光源对边角限制,是限定其所应用的光源平面区域的特定接收角  $\gamma$  内辐亮度的平均值。因此,尽管测量距离增大到了危



害距离的位置,但接收角必须保持不变(不受限于与光源之间的距离),否则光源的对边角  $\alpha$  会减小。换言之,尽管光源面积本身保持不变,但相应的光源平面的视场会增加;即光源尺寸和随距离改变的平均视场之间的关系。这里没有肯定的结论,只要光源面积大于所采用的视场的面积即可。

然而,尤其是对于无危险类的蓝光危害,最大接收角为 100 mrad;在 200 mm 距离处视场相当于 20 mm 的光源直径。这个尺寸已经超过了大多数的灯丝或单颗 LED 灯。从一定的距离开始,随着与光源之间距离的增加,对边角开始小于接收角。从距离光源的此特定位置开始,光源和空间平均辐亮度成平方反比关系  $r_{IS}$ 。通常这对于确定危害距离来说非常重要,对于普通照明用灯,则假设其为 500 lx 的距离(参见附录 C)。在此规定下,对于一个辐亮度不变的光源来说,依据关系  $(\gamma/\alpha)^2$ ,空间平均辐亮度测量值会随着测量距离的增加而减小。由于空间平均辐亮度限值与未填满(参见附录 A)的视场区域有关,该视场为扩展和增加面积的平均值。而光源的真实尺寸未发生改变。

从一定的距离开始,随着与光源之间距离的增加,对边角开始小于接收角。在视网膜危害辐亮度限值最严格的情况下,也能确定危害距离。光源尺寸越小,危害距离越短。空间平均辐亮度随测量距离的增加而减小,而且在空间平均辐亮度等于特定危险等级限值的位置,可以确定相应的危害距离。应当指出的是,每个限值都结合了特定的接收角。如果将  $\gamma$  随着采用的限值的增加也考虑在内的话,那么空间平均辐亮度随着距离增加而减小的现象会更加显著。

如果需要,可以计算出光源特定的距离  $r_{IS}$ ,在这种计算过程中,光源与空间平均辐亮度之间不再是线性关系而是平方反比的关系。因此,与辐照度限值方程类似,辐亮度限值的危害距离可由下式进行计算:

$$HD = \sqrt{\frac{L_s \cdot r_{IS}^2}{ELV}}$$

式中:

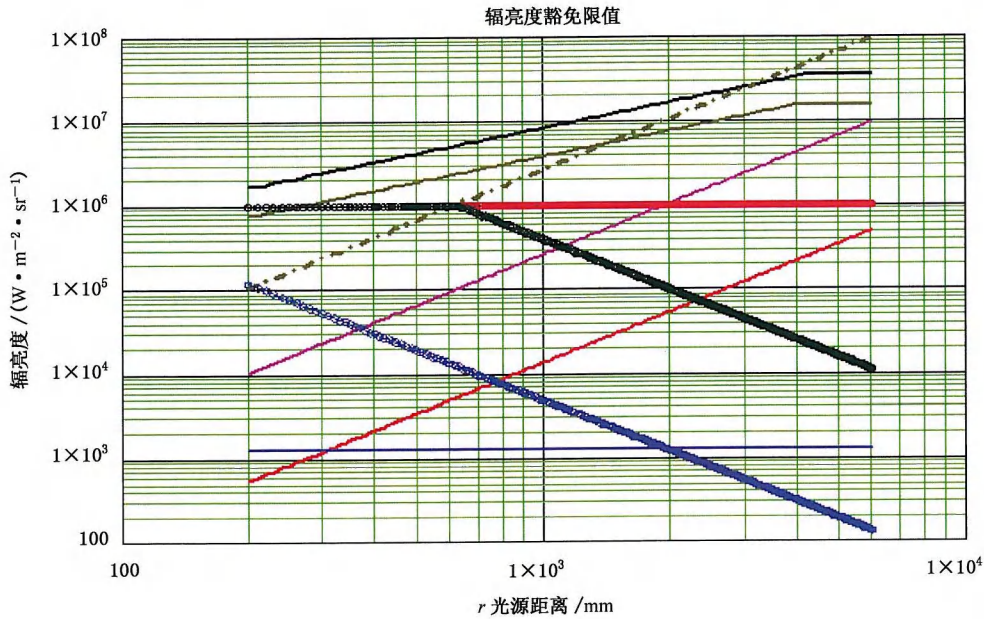
$L_s$  ——光源辐亮度;

ELV——给定危险类别和危害的空间平均辐亮度所采用的曝辐限值。

上述关系式在危害距离计算值大于  $r_{IS}$  时是有效的。每个危害组别都可以计算出各自的危害距离。由于  $\gamma$  取决于危险类别,则其所对应的值应该适用于  $r_{IS}$  的确定。

### B.3.2 实例

蓝光危害辐亮度的例子和白光 LED 的限值如附录 C 所述。确定危害距离时,需要考虑光源可能含有扩展发射频谱、其他危害,以及随着距离的增加可能会重叠或相交的情况。这是具有挑战性的,图 B.5 的理论分析指出了这一点。该图表示了直径为 7 mm 的卤素灯所有适用的无危险类限值。为了能在一张图上对多个限值进行比较,辐照度限值(参见 B.2)都被转换为相应的辐亮度限值,这取决于光源尺寸与距离(参见图 B.1)。由于对边角会随着距离的增加而减小,视网膜热危害的辐亮度限值变为依赖于距离,直到对边角等于  $\alpha_{min}$ ,如图 B.5 所示:褐色和黑色的实线缠绕在一起。为完整起见,依据危险类别的要求,假设光源的亮度为  $3 \times 10^7 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ,则可能需要测量的结合距离的不同空间平均辐亮度理论模型也同时给出。



说明：

蓝色：蓝光危害；

红色：光化学紫外危害；

品红：眼睛紫外危害；

褐色：视网膜热危害（微弱视觉刺激）；

黑色：视网膜热危害；

褐色点画线：角膜/晶状体的危害。

依据光源的实际辐亮度  $1 \times 10^6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ ，随着距离增加的生理学辐亮度值也同时给出：

——蓝圈：蓝光危害（在  $\gamma=100 \text{ mrad}$  下测量）；

——黑圈：视网膜热危害（在  $\gamma=11 \text{ mrad}$  下测量）；

——红圈：相应辐亮度（不变）——为了与最初以辐照度给出的限值做比较。

图 B.5 直径为 7 mm 卤素灯的距离依赖性无危险类别限值的空间平均辐亮度

如果考虑其他危险类别的限值和空间平均辐亮度的不同距离（由于接收角不同或不适用），则该图形会更加复杂。

一个卤素灯的合理的亮度为  $3 \times 10^7 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在考虑了合适的光度—辐射度转换因素的情况下，该值可用于相应的空间平均辐亮度的计算，如图 B.5 所示。可以计算出下面的危害距离，如表 B.1 所示，单位为 m：

表 B.1 空间平均辐亮度

单位为米

	光化学 紫外危害	眼睛 近紫外危害	蓝光危害	视网膜 热危害	视网膜热危害 (微弱视觉刺激)	角膜 晶状体
2 类危险	0.69	0.27	0.20	0.20	0.20	0.20
1 类危险	2.2	0.47	0.78	0.20	0.20	0.20
无危险类(见图 B.5)	3.8	0.85	0.86	0.20	0.20	0.27

在这个实例中,光化学紫外危害提供了最严苛的准则,因为每个危险类别的距离都超过了200 mm。然而,需要指出的是,提出了最严苛的分类标准的危害并不一定也会对应着最大的危害距离。

这可能会导致该卤素灯在最严苛条件下的光化学紫外危险等级属于3类危险。如果过滤了紫外危害,则剩余的最大限制准则将为蓝光危害。基于危害距离的基础之上,此种情况属于2类危险。正如第6.2所讨论的,卤素灯主要用于无意的短暂照射(汽车灯、射灯、闪光灯、投影灯)。如表3所示,在基于厌恶情绪反应的情况下,相关观察者所能接受的最大危险为2类危险。因此,如果过滤了紫外辐射的话,这个样品灯可用于这种情况之下,而不带有其他额外的安全要求,然而,6.2也同时指出,如果样品灯用于有意的短期接触(实验室设备、家居、信号灯)则相关观察者所能接受的最大危险为1类危险。因此,应该确定适当的控制措施使最小的观察距离为0.78 m。如果可达到的观察距离大于0.86 m,则没有进一步限制的必要。

如果这个卤素灯仅仅用于普通照明且进行评价的距离对应于照度为500 lx的位置,则基于“蓝光”的危害类别甚至可以为RG0(无危害类),参见附录C。

附 录 C  
(资料性附录)  
用于普通照明的光源

虽然 IEC 62471 是一个系列标准,但是它提供了与应用相关的要求。特别是对于专门用于普通照明的光源来说,不能像应用于其他光源那样在最严苛条件下的 200 mm 测量距离进行评估。在这些情况下,“……危害值应该以照度为 500 lx 的测量距离下的辐照度或辐亮度给出(500 lx 为办公室或车间典型的最低工作照度)。对于所有其他光源或灯系统,包括脉冲灯光源,危害值应在 200 mm 的测量距离下给出……”。

然而,在许多情况下,一只灯的制造商可能不知道一个特定的灯是否用于普通照明,而单灯或 LED 的分类应在 200 mm 的测量距离下进行。需要在 500 lx 处测量的主要是最终的灯具。况且,将此项要求应用于单灯通常是没有意义的,因为单灯通常要与其他灯(例如构成阵列)或光束整形元件结合在一起,等等。因此,最终普通照明用灯照度测量的需要考虑到了整个灯具。与危险类别测量不同,对普通照明用光源照度测量的接收角不应进行限制。

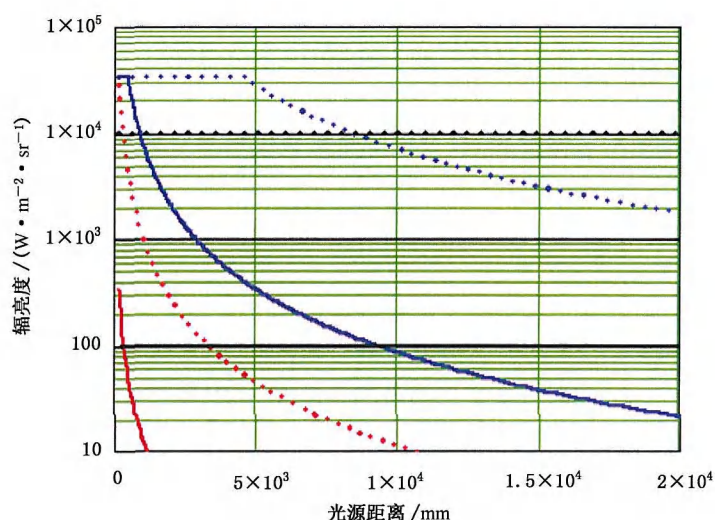
与 200 mm 的评估距离相比,将距离扩展到 500 lx 处最重要的含义在于光源的辐照度,即也就是说,好像在以辐照度限值作为分类依据的情况下展现出优势。依据 ANSI/IESNA RP-27 灯或灯系统的光生物安全推荐条款,引入这一标准的背景是利用辐照度来描述紫外限值。根据平方反比定律,辐照度通常会随着距离的增加而减小,但是辐亮度实质上会保持不变。因此,如果集成的灯依据最严苛的辐亮度限值进行分级,则增加评估距离的优势无从体现。

IEC 62471 认为应用空间平均辐亮度来代替物理辐亮度(参见附录 A)。独立于光源的对边角进行曝辐限值的比较,曝辐水平在一个特定限制的接收角  $\gamma$  内的平均值,而这个限值适用于相应确定的视场。因此,尽管评估距离增加至 500 lx 的位置,但接收角必须保持不变(独立于与光源的距离),否则光源的对边角  $\alpha$  会减小。从某一位置开始,随着与光源之间距离的增加,对边角开始小于接收角。从光源的这个特定的距离  $r_{is}$  开始,光源与空间平均辐亮度满足平方反比关系。这个问题对于危害距离的确定(见附录 B)非常重要,而对于普通照明用灯,可能也适用于 500 lx 距离处的情况。

500 lx 准则也放宽了最严苛情况下的视网膜危害辐亮度限值:光源越小,限值放的越宽。另一个实例如图 C.1 所示:一个白光 LED 有两个不同的光源尺寸,一个是单颗,另一个是阵列。因为不存在紫外危害的情况下,蓝光危害占据了主导地位。经过光谱函数  $B(\lambda)$  加权后的 200 mm 距离下的光源辐亮度总和为  $3.4 \times 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ 。

图 C.1 显示了距离光源更远的位置上的空间平均辐亮度。为了突出辐亮度测量值对光源尺寸的依赖性,本实例中考虑了两种不同的光源尺寸:2 mm(单颗 LED;红线)和 50 mm(LED 阵列;蓝线)。IEC 62471 的曝辐限值以黑线表示:无危险类由实线表示,1 类危险由虚线表示。

需要指出的是,为了确定特定危险类别的危害距离,本图使用了适用于危险类别的两个特定的接收角(参见附录 B)。在不同情况下,危险类别相关的危害距离就是虚线或实线相互交叉处的距离。由于无危险类适用的蓝光危害限值为  $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ ,对于 1 类危险来说为  $1 \times 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ ,如果按照标准的 200 mm 的测量距离进行评估,则白光 LED 光源属于 2 类危险。危害距离的计算得出表 C.1 所示的距离,在图 C.1 中也有表述。



说明:

对于给定的“实际”辐亮度值(属于 2 类危险):随着离开光源的距离增加,空间平均辐亮度的测量预期平均值(超过 11 mrad 的接收角:虚线;超过 100 mrad 的接收角:实线)的发展趋势:2 mm(红线),50 mm(蓝线)。

图 C.1 空间平均辐亮度测量

表 C.1 危险等级相关的平方反比定律和危害距离

光源直径	2 mm		500 mm	
	$r_{15}$	HD	$r_{15}$	HD
1 类危险	0.02	0.34	4.5	8.4
无危险类	0.18	0.37	0.5	9.2

本表显示了图 C.1 中两个白光 LED(辐亮度相同,但光源尺寸不同)的与危险等级相关的平方反比定律和危害距离(单位为 m)。

由于光源面积和视场限定的面积之间的关系,扩展后的 LED(阵列)的危害距离变大。在这种情况下,危险类别不能由 1 类危险转变为无危险类,直到与光源之间的距离大于 8 m。然而,由于增大了视场,无危险类的下一个危害距离会缩短(图 C.1 也表示了)。为了核对普通照明用灯的要求,该光源 500 lx 的距离同样需要计算。对于单个光源的照度  $E$ 、距离光源的特定距离  $r$  和亮度  $L$  (对于圆形光源)之间的一般关系为:

$$E = \pi \cdot L \frac{D^2}{(D^2 + 4r^2)}$$

式中:

$D$  ——光源直径;

$r$  ——与光源之间的距离;

$L$  ——光源的总亮度;

$E$  ——光源平面的辐照度。

经过调整之后,对于  $E$  等于 500 lx 的距离可由光源直径  $D$  和亮度  $L$  计算得到,如图 C.2 所示。

对于单个尺寸为  $D$  的光源,500 lx 的距离仅与光源的亮度有关。

上述的一般关系不受光源类型的限制。同样,IEC 62471 提供的辐亮度限值也不受光源类型的限制,但是以辐射度的单位形式给出。如果辐亮度限值被用于计算 500 lx 的距离,则特定光源的辐射度/光度转换因子也必需使用。普通照明用灯准则对于一些光源类型产生不同的影响主要是由于辐射度/

光度转换因子(单位为  $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ )和加权数  $B(\lambda)$ 的光谱效力不同。

结合图 C.2 和各自的准则,并通过对该白光 LED 使用适当的辐射度/光度转换因子,在有两种光源的情况下可以确定 500 lx 的距离:

2 mm 光源:0.42 m;

50 mm 光源:10.05 m。

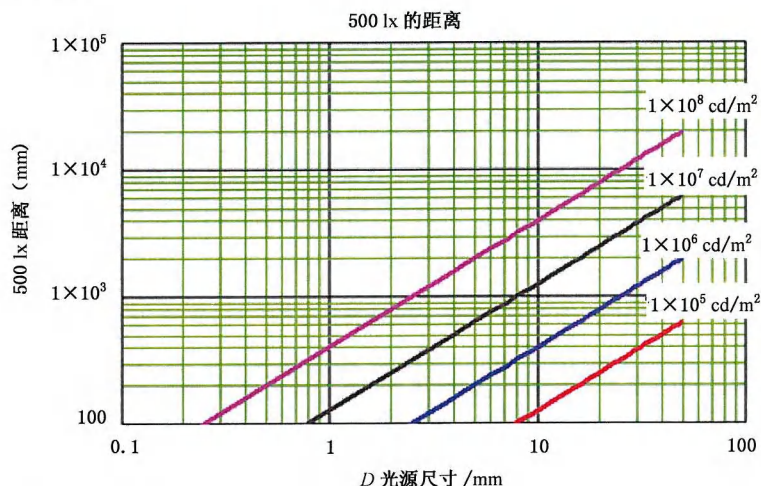


图 C.2 多个光源尺寸的 500 lx 照度与光源亮度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) 和一些典型亮度的距离之间的关系情况

对比每个光源的这两个值与表 C.1 所示的值,可知在两种情况下 500 lx 的距离均大于按照平方反比定律计算出的值,更重要的是,危害距离被划分至较低一级的危害类别中。因此,使用了普通照明用灯要求之后,最初的危险类别由 1 类危险转为无危险类。

在各种情况下,如果辐照度仅来源于单个的光源,则计算出的 500 lx 的距离是有效的;通常情况下,由于这种测量不限定视场,因此辐照度也包含从其他光源组件或光源引入的部分。这些距离表示了最近的 500 lx 距离的最严苛情况。这些距离越大,空间平均辐亮度测量值与“真实的”辐亮度就越接近:见图 C.1。

应当指出,上述讨论的仅限于光化学危害,在需要考虑视网膜热危害的情况下,需要特别小心。特别是对于无危险类,依据 IEC 62471 测量空间平均辐亮度所采用的接收角,不同于进行光化学危害测量时所使用的接收角。

有可能需要额外测量在 500 lx 距离下热危害的相应光源辐亮度,而对于蓝光危害上述  $(\gamma/\alpha)^2$  放宽处理可以适用。此外,虽然在这些条件下测得的视网膜热危害辐亮度保持不变,但是在这种情况下,使用的曝辐限值会增加,因为它与对边角成反比。与蓝光准则相比,此举会补偿部分缺陷,在普通照明用灯的 500 lx 准则和确定安全视距的情况下,这可能会导致最严苛条件下危害距离发生交叉。此外,如果考虑辐照度曝辐限值(同紫外危害),则该情况将会更加复杂。这些问题结合一般依赖于参数的距离在附录 B 中进行了讨论。表 C.2 再次列出了附录 B 所述的直径为 7 mm、亮度合理测量值为  $3 \times 10^7 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$  的卤素灯危害距离的计算值。

表 C.2 直径为 7 mm、亮度为  $3 \times 10^7 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$  的卤素灯的与危险类别相关的危害距离

	光化学 紫外危害	眼睛 近紫外危害	蓝光危害	视网膜 热危害	视网膜热危害 (微弱视觉刺激)	角膜 晶状体
2 类危险	0.69	0.27	0.20	0.20	0.20	0.20
1 类危险	2.2	0.47	0.78	0.20	0.20	0.20
无危险类	3.8	0.85	0.86	0.20	0.20	0.27

由于光谱分布广泛,因此当与 LED 实例相比时,必须考虑更多的光辐射危害(表 C.1)。在最严苛条件下,该卤素灯的光化学紫外危害被归为 3 类危险。如果滤除了紫外危害,则最受限制的准则将会是蓝光危害。根据表 C.2 所示的危害距离,在这种情况下,该灯属于 2 类危险。然而,上述分类是基于 200 mm 的标准评估距离。该光源只能作为普通照明用灯,危害类别评估应该在更大的距离下进行,在此距离下照度等于 500 lx。

如果照度仅来自于单个光源,则该卤素灯所对应的最近的 500 lx 距离在最严苛的情况下为 1.5 m (参见图 C.2)。对于表 C.2 所示的光化学紫外危害来说,这个距离可能会小于 1 类危险和无危险类所规定的危害距离。因此,危险类别可能会从 3 类危险转变为 2 类危险。在这个方面,普通照明用灯评估要求没有任何优势。如果紫外辐射被滤掉,剩余的蓝光危害情况会改善。

500 lx 距离大于所有的危害距离,则会使其被归为无危险类。

这是一种基于计算的最严苛情况的分析。在实践中,测得的 500 lx 也包含了来自其他光源组件或测量环境的部分,而 500 lx 可能会在更远的距离测得。

总之,对于基于辐亮度的占主导地位的危害,普通照明用灯准则提供了非常宽松的要求,但是在其他情况下并非如此。这可能依赖于特定光源的辐射度/光度转换和加权函数  $B(\lambda)$  的效力。500 lx 准则像有时声称的那样,不能确保满足任何情形下的无危险类要求。然而,需要指出的是普通照明用灯中的白光 LED 应该始终将其作为无危险类的产品来考虑。

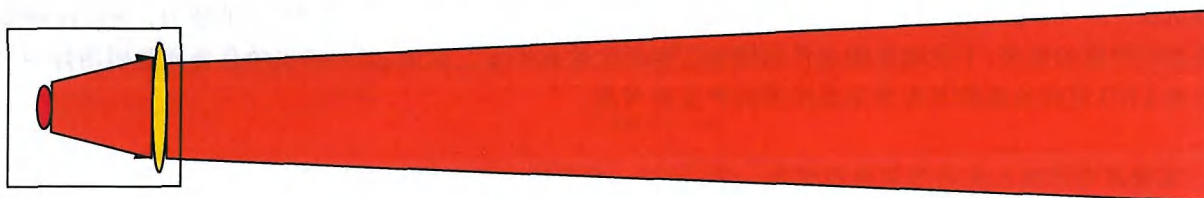
附录 D

(资料性附录)

一体化的或带附加的光束整形或投射光学元件的灯和灯系统

D.1 背景

国际非电离辐射防护委员会对非相干宽带光源的指南及衍生的灯安全标准中的默认适用条件是裸光源。但是,很多灯都应用在如视听应用的投射系统中、以及应用在探照灯、外科手术照明及剧院照明等场合。在一些应用场合中,紫外和红外辐射通常都会特意地用投射光学元件过滤掉(如图 D.1 所示),但是在构成灯系统产品时应由灯系统制造商对其重新进行评估。另外,很多 LED 都内置有投射(光束整形)元件,与发散的朗伯尔表面发光的 LED 芯片相比,辐射或发光强度会有所增加。



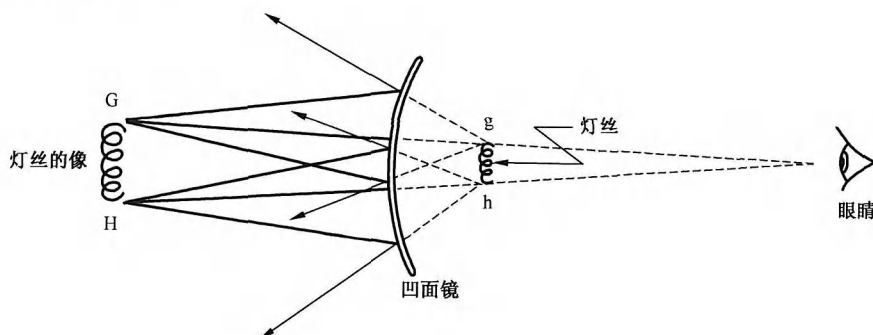
说明:

辐亮度不变,但视网膜图像尺寸会由于大多数投影光学元件的存在而增加。

图 D.1 投射光学元件对紫外及红外的过滤

在这些情况下常见的问题是,这种光学元件可能会扭曲光源的尺寸和位置,从而对直接观察者而言形成一个虚拟的光源。这种表观光源的尺寸和位置应该根据可能的视网膜危害来评估。至少在热危害占主导的情况下,为了确定的合适的限值,需要知道表观光源对边角  $\alpha$ 。而且在此情况下,视网膜危害合适的测量距离(200 mm 或 500 lx 距离)也可以是表观光源的位置。

注:这不适用于评估角膜/晶状体的红外危害。对于图 D.2 所示的凹面镜的实例,表观光源的距离为 200 mm,但是灯丝直接与角膜接触。



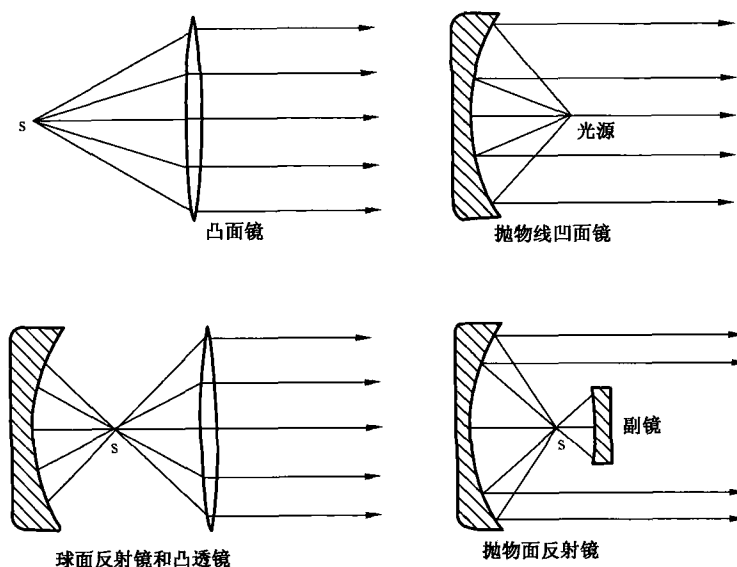
说明:

辐亮度保持不变但视网膜成像的尺寸有所增加(来源:Sloney and Wolbarsht, *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, New York, Plenum, 1980)。

图 D.2 白炽投影灯中放大了表观光源尺寸的灯丝



投影光学元件的实例如图 D.3 所示。



说明：

不同投影光学系统增加了眼睛的表观光源尺寸,但是在每种情况下,辐亮度限制在灯源的发光组件内。

图 D.3 投影光学元件实例

## D.2 LED

内置有投影光学元件的灯具的一个常见例子是塑料封装 LED。对于此类 LED,虚拟发光面积不仅取决于芯片尺寸,还取决于内置有透镜、反射镜和散射镜在内的外壳。塑料封装 LED 的表观光源区域需要根据可能的视网膜危害来进行评估。IEC 62471 规定的测量或者评估距离与表观光源的位置有关,即,不但尺寸  $d$ ,还需要知道他们的相对位置  $I$ (见图 D.4)。芯片到透镜的距离和半球半径都会使此种 LED 的集束性发生改变,此时表观光源的尺寸和位置也会相应地改变。随着光束变窄,表观光源的位置也移到更远的距离(见图 D.4)。在视网膜热危害占主导的情况下,表观光源对边角  $\alpha$  的确定需要依靠图 D.4 所示的 50% 发光点的尺寸  $d$  和合适的评估距离。这通常需要某种成像和强度分析。任何情况下都需确定相对位置  $I$ 。一个测量实例如图 D.5 所示。

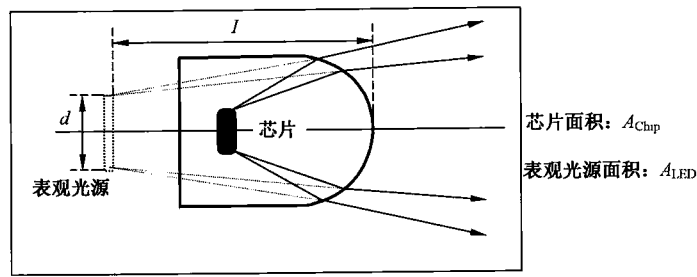
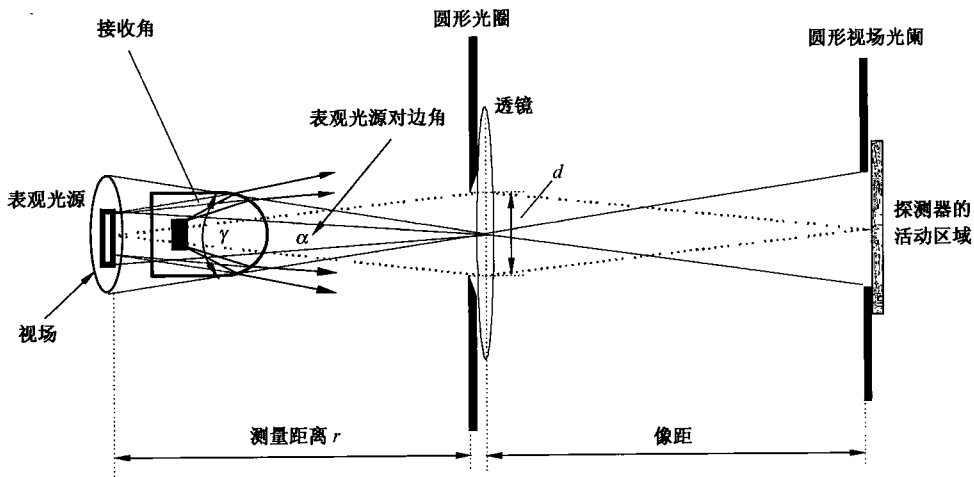


图 D.4 集成透镜形成的虚拟 LED 芯片图像



说明：

在此例中，空间平均辐亮度测量采用的视场(取决于危险类别)是未充满的。

图 D.5 表观光源的成像和带有内置或附带的投影光学元件的光源评估测量条件

### D.3 结论

#### D.3.1 危险类别的划分

在大多数情况下，光束整形元件将灯丝或 LED 芯片的朗伯出射光束进行会聚以产生更多的定向出射。真实辐亮度作为光源的一项属性不能随着光学元件模块的使用而有所增加(变得更亮)。除了在特定方向上改变发光或辐射强度外，这些光学元件系统还会放大观察者眼睛上的投影光源尺寸(见图 D.4)。以图 D.4 的 LED 为例，实际芯片的面积  $A_{Chip}$ 、光源的投影面积  $A_{LED}$ 、相关的发光强度初始值  $I_{Chip}$  和改变值  $I_{LED}$  满足辐亮度守恒定律，可以用来作为修正或确定表观光源尺寸的第一近似值，分别为：

$$\frac{A_{LED}}{A_{Chip}} = \frac{I_{LED}}{I_{Chip}}$$

注：很多情况下在一个成像系统中，投影系统的光学元件会限制光源的部分角分布，这些损失会减少辐亮度。

更加集中/平行的辐射意味着光束内的能量密度增加，因此增加了相应的辐照度。依据 IEC 62471，与裸光源或灯特性相比，这可能会对附带有光束整形或投影光学元件的灯和集成灯系统危害评估的产生一定影响：

在非视网膜危害占主导的情况下(特别是波长在 380 nm~780 nm 以外的和通常的皮肤危害)，限

值以辐照度给出,相比之下由于增加了光学元件,辐照度值有所增加。此外,光学元件可能会使表观光源或投影光源发生凹陷(至无限大),则测量距离相应的进行调整,即在大多数情况下,测量孔径发生变化,更接近于与“物理”光源。应当承认,它可以达到零位置甚至是负数。

如果利用本部分评估灯(确定光源的辐亮度而不是空间平均值),在蓝光危害占主导的情况下,由于光源辐亮度保持不变,第一顺序的危险等级分类在增加光学元件的情况下也不会受到影响。其危险类别保持不变,或由于过滤而减小等。

在视网膜热危害占主导的情况下,限值由辐亮度描述。在此情况下,他们依赖于光源对边角,会随着因放大而导致的光源尺寸的增加而减小,而光源辐亮度保持不变。在此情况下,分级可能会由于增加了光学的元件而受到影响。

增加的光学元件可能会改变光源的辐照度,则依赖于辐照度或曝幅限值准则的分级会受到显著的影响,然而,基于辐亮度准则的分级会受到较小的影响,而且辐亮度不会发生改变。然而,在后一种情况下,如果由于辐照度的增加而未使灯系统在最严苛条件下的分类标准发生改变(从辐亮度到辐照度准则),则应当进行核实。

### D.3.2 危害距离的确定

如果光源在附加额外的光学元件前后的情况都被考虑的话,上述的危险等级分类是有效的,即可将裸灯的数据转移到灯系统。大多数的实际情况下,下一步需要确定危害距离。光束整形元件对于辐亮度相关危害距离的主要影响如图 C.1 所示。两个具有相同辐亮度的 LED,可以认为一个是原始的(2 mm 直径),另一个是放大的(50 mm 直径)。在光源被放大的情况下,由于光源对边角和接收角之间的关系发生改变,使得危害距离变得更远。

同样,在辐照度限值占主要地位的情况下,由于增加了能量密度,使危害距离变的更远。在使用平方反比定律确定危害距离以前,可能还需要考虑闪亮距离(参见 B.1.2)。

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
灯和灯系统的光生物安全  
第 2 部分:非激光光辐射安全  
相关的制造要求指南

GB/T 30117.2—2013/IEC TR 62471-2:2009

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

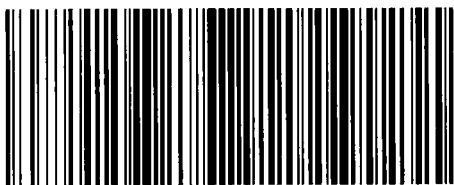
\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 64 千字  
2014 年 4 月第一版 2014 年 4 月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-48383 定价 45.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 30117.2-2013