



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39118—2020

## 激光指示器产品光辐射安全要求

Safety requirements of optical radiation for laser pointers products

2020-10-11 发布

2021-05-01 实施

国家市场监督管理总局  
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 安全分类 ..... 2

    4.1 概述 ..... 2

    4.2 分类职责 ..... 2

    4.3 分类规则 ..... 2

    4.4 类别 ..... 2

    4.5 可达发射极限 ..... 3

5 可达发射和危害评估 ..... 4

    5.1 确定可达发射水平 ..... 4

    5.2 危害评估 ..... 5

6 控制措施 ..... 8

    6.1 制造商的要求 ..... 8

    6.2 代理商的要求 ..... 10

    6.3 检测机构的要求 ..... 11

    6.4 使用者的要求 ..... 11

附录 A（资料性附录） 激光指示器光辐射的潜在危害 ..... 12

附录 B（资料性附录） MPE 和 NOHD 的计算示例 ..... 18

参考文献 ..... 20

图 1 辐照量与最大允许照射量的关系示意图 ..... 7

图 2 束内观察标称眼危害距离示意图 ..... 7

图 3 通过透镜聚焦光束标称眼危害距离示意图 ..... 7

图 4 通过透镜聚焦镜面反射光束标称眼危害距离示意图 ..... 8

图 5 激光指示器的说明标记 ..... 9

图 6 备选 1 类激光指示器标记 ..... 9

图 7 备选 1M 类激光指示器标记 ..... 10

图 8 备选 2 类激光指示器标记 ..... 10

图 9 备选 2M 类激光指示器标记 ..... 10

图 A.1 激光指示器视觉干扰场景的示意图 ..... 13

图 A.2 MDE 与 MPE 之间的关系示意图 ..... 14

表 1 1 类和 1M 类激光指示器的可达发射极限  $C_6=1^a$  ..... 3

表 2 2 类和 2M 类激光指示器的可达发射极限 ..... 4

GB/T 39118—2020

表 3 在 AEL 评估中使用的修正因子 ..... 4

表 4 点光源照射条件下人眼角膜处的 MPE 值 ..... 6

表 5 在 MPE 评估中使用的修正因子和转效点 ..... 6

表 A.1 视觉干扰水平 ..... 12

表 A.2 在夜间、黄昏以及白天不同环境光背景下眩目区域 MDE 值 ..... 14

表 A.3 明视觉光谱光视效率函数  $V(\lambda)$  ..... 15



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准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。

本标准起草单位:中国科学院光电研究院、北京工业大学、军事科学院军事医学研究院、中国计量科学研究院、国家激光器件质量监督检验中心、中国电子科技集团公司第十一研究所。

本标准主要起草人:吴爱平、麻云凤、陈虹、樊仲维、杨在富、廖利芬、程旺、马冲、戚燕、卢永红、常闪闪、王江、赵鹏。

# 激光指示器产品光辐射安全要求

## 1 范围

本标准规定了消费类激光指示器产品的光辐射安全要求,主要包括安全分类、可达发射和危害评估及控制措施。

本标准适用于标称波长在 400 nm~700 nm 可见光范围内的消费类激光指示器产品(以下简称激光指示器)生产、检测、销售和使用。

## 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。

GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第 1 部分:设备分类、要求

GB/T 7247.13—2018 激光产品的安全 第 13 部分:激光产品的分类测量

GB/T 7247.14—2012 激光产品的安全 第 14 部分:用户指南

IEC 60825-1:2014 激光产品的安全 第 1 部分:设备分类、要求(Safety of laser products—Part 1: Equipment classification and requirements)

## 3 术语和定义

GB 7247.1—2012、GB/T 7247.13—2018、GB/T 7247.14—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**激光指示器 laser pointer**

用于指示目标物体或空间位置的激光产品。

### 3.2

**消费类激光指示器 laser pointer for consumer**

预期在合理可预见的情况下供消费者使用的激光指示器。

注 1: 发射出低功率、小发散角可见光光辐射,一般手持使用,例如:激光笔。

注 2: 使用者通常不需要经过激光专业培训,按照产品使用说明书就可以正确使用的激光指示器。

### 3.3

**光束内视 intrabeam viewing**

眼睛受到直射或镜面反射(而不是漫反射)激光束辐射照射的状态。

### 3.4

**可达发射极限 accessible emission limit; AEL**

所规定类别内允许的最大可达发射。

### 3.5

**最大允许照射量 maximum permissible exposure; MPE**

正常情况下人员受到激光照射不会产生不良后果的激光辐射水平。



## GB/T 39118—2020

### 3.6

**标称眼危害距离** **nominal ocular hazard distance; NOHD**

光束辐照度或辐照量等于相应人眼角膜处最大允许照射量的距离。

### 3.7

**意外视觉干扰** **accidental visual interference**

当人眼意外被强光直接照射或被强散射光照射时,引起的暂时性视觉功能降低或丧失的生理现象。

注:例如失能性眩目、闪光盲和视后像,当强光消失即可得到缓解,但可能会因分散注意力或失控引发严重的事故。

## 4 安全分类

### 4.1 概述

建立类别是为了帮助使用者评估激光指示器其潜在危害,确定必要的控制措施。通常的激光产品分类是以正常运转条件下可能接触到的最大激光辐射水平为基础确定的。在 GB 7247.1—2012 中 3.18~3.21 所规定的激光产品的安全类别,仅针对激光辐射对眼睛和皮肤的危害。而消费类激光指示器的使用特点,除了因激光辐射照射产生的潜在危害外,激光辐射还可能会造成暂时性视力障碍,如眩目、闪光盲和视后像,这种影响依赖于使用条件和环境照度。因此本标准给出的激光指示器类别仅包括 1 类、1M 类、2 类、2M 类。

激光指示器的电气部分应符合相关电气安全标准。

### 4.2 分类职责

正确确定激光指示器的安全类别是制造商(含代理商)的职责(见 6.1)。

### 4.3 分类规则

激光指示器仅在符合本标准对该类别的所有要求时,才能划分为某一特定类别:比如控制措施、标记和用户信息。作为分类规则,应使用以下类别等级(按照危害程度递增的顺序排列):1 类、1M 类、2 类和 2M 类。

要对标称波长外,工作波长内所有的波长统一进行评估,综合考虑达到如下要求:

- a) 原则上,可见光波长可达激光辐射应远远大于不可见光可达激光辐射,以避免消费者受到不可见光激光辐射照射。
- b) 不可见光的可达激光辐射应小于 0.1 mW。
- c) 本标准分类采用下列时间基准:
  - 1) 400 nm~700 nm 波长范围内,对 2 类、2M 类激光辐射的时间基准为 0.25 s;
  - 2) 400 nm~700 nm 波长范围内,除 1)中列举的情况外,时间基准为 100 s。

进行产品分类时,应考虑时间基准内每个可能的发射持续时间。

### 4.4 类别

#### 4.4.1 1 类

在合理可预见的使用条件下通常是安全的激光指示器。人员可接触的激光辐射不准许超过 1 类可达发射极限。

但在环境照度较低的情况下,光束内视时仍可能产生眩目的视觉效果,参见附录 A。

注:1 类可达发射极限详见表 1。

4.4.2 1M 类

在 400 nm~700 nm 波长范围内,不超过 1 类可达发射极限的激光指示器。如果使用光学仪器(眼用小型放大镜或望远镜)观察准直光束时,可能造成眼损伤。

在环境照度较低的情况下,光束内视时仍可能产生眩目的视觉效果。暂时的视觉干扰或受惊反应可引起间接的一般性安全问题。参见附录 A。

4.4.3 2 类

在 400 nm~700 nm 波长范围内,人员可接触的激光辐射不准许超过 2 类可达发射极限的激光指示器。人员可接触的激光辐射对皮肤是安全的,对眼睛本质上并非安全。一般情况下,人眼可通过对强光自然回避反应(0.25 s)而获得保护。

注:这种自然回避反应会在眼睛有意直视光束的情况下失效,也会因饮酒或吃药受到影响。

在环境照度较低的情况下,2 类激光指示器的激光束可引起眩目、闪光盲和视后像。暂时的视觉干扰或受惊反应可引起间接的一般性安全问题。参见附录 A。

4.4.4 2M 类

在一定测量条件下,不超过 2 类允许可达发射极限的激光指示器。如果使用光学仪器(眼用小型放大镜或望远镜)观察准直光束时,自然回避反应不能提供足够的保护,损伤仍可能发生。

在环境照度较低的情况下,2M 类激光指示器的激光束可引起眩目、闪光盲和视后像。暂时的视觉干扰或受惊反应可引起间接的一般性安全问题。参见附录 A。

4.5 可达发射极限

表 1 给出了 1 类和 1M 类激光指示器的可达发射极限,表 2 给出了 2 类和 2M 类激光指示器的可达发射极限。表 1 和表 2 中用到的修正因子  $C_3$  和  $C_6$  在表 3 中规定,它们是波长、发射持续时间和表观光源对向角的函数。

表 1 1 类和 1M 类激光指示器的可达发射极限  $C_6 = 1^a$

波长(λ) nm	发射持续时间(t)			
	s			
	$10^{-11} \sim 5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6} \sim 10$	$10 \sim 10^2$	$10^2 \sim 3 \times 10^4$
400~450	$7.7 \times 10^{-8} \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ J}$	$3.9 \times 10^{-3} \text{ J}$	$3.9 \times 10^{-5} C_3 \text{ W}$
450~500			$3.9 \times 10^{-3} C_3 \text{ J}$ 和 <sup>b</sup> $3.9 \times 10^{-4} \text{ W}$	
500~700			$3.9 \times 10^{-4} \text{ W}$	
<p>注：满足测量条件并达到 1 类要求的激光指示器,使用放大倍数大于 7 倍或物镜直径大于规定的光学仪器(诸如双筒望远镜之类的望远光学系统)观察时,可能会带来危害。</p>				
<p><sup>a</sup> 修正因子,见表 3。</p> <p><sup>b</sup> 波长范围在 450 nm~500 nm 时,双重极限值都适用,并且激光指示器的可达发射不能超过该类别所指定的任一适用极限值。</p>				

表 2 2 类和 2M 类激光指示器的可达发射极限

波长( $\lambda$ ) nm	发射持续时间( $t$ ) s	2 类 AEL
400~700	$t<0.25$	同 1 类 AEL
	$t\geq 0.25$	$C_6\times 10^{-3}\text{ W}$
注：满足测量条件并达到 2 类要求的激光指示器,使用放大倍数大于 7 倍或物镜直径大于规定的光学仪器(如双筒望远镜之类的望远光学系统)观察时,可能会带来危害。		

表 3 在 AEL 评估中使用的修正因子

参 数	光谱范围 nm
$C_3=1.0$	400~450
$C_3=10^{0.02(\lambda-450)}$	450~600
$C_6=1$ 对于 $\alpha\leq\alpha_{\min}^a$	400~700
$\alpha_{\min}=1.5\text{ mrad}$ 。 注：在表 1~表 2 中,对于在小区间边界的发射持续时间(例如 $t=10\text{ s}$ ),宜选择与该持续时间相应的两个极限值中较小的作为可达发射极限。	
<sup>a</sup> $C_6$ 仅适用于热效应视网膜极限值。	

5 可达发射和危害评估

5.1 确定可达发射水平



5.1.1 一般要求

激光指示器在出厂前要综合考虑人员在任何时候使用时,可接触的全部辐射波长的范围和输出功率的可达发射,并将其划分到相应的最高类别上。为防止人员受到意外视觉干扰的影响,对于所有合理可预见的光束方向变化单一故障事件,都要纳入激光指示器结构设计的安全防范措施之中,以避免产生不可预期的人眼伤害和各种事故。评估应将激光指示器使用中可能发生的任何合理可预见的单一故障条件考虑在内。

5.1.2 测量条件

- 本标准分类采用的测量条件：
- 1 类和 1M 类依据 IEC 60825-1:2014 中 5.3 a)；
  - 2 类和 2M 类依据 IEC 60825-1:2014 中 5.3 c)；
  - 在 400 nm~700 nm 范围内的所有波长上,一般测量的最短距离为 100 mm；
  - 对于发射光束外部有实焦点(光束束腰)的激光指示器,应在其焦点处进行测量评估。

5.1.3 可达发射

基于激光指示器在使用时,其输出的最高可达发射水平(根据 5.1.2 的条件确定)与相应类别的可



达发射极限作比较,以确定激光指示器的安全类别。不论光束的总能量多大,分类时仅考虑通过给定测量距离处限制孔径内的能量。为此采用在距离  $L$  处,使用孔径光阑或限制孔径确定的辐射能量,与总辐射能量的比值用系数  $\eta$  表示,其公式为:

$$\eta = 1 - e^{-\frac{D_f^2}{D_L^2}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$D_f$ ——孔径光阑或限制孔径的直径,单位为厘米(cm);

$D_L$ ——距离  $L$  处的光束直径,单位为厘米(cm)。

注:公式中  $D_L$  值是距离  $L$  处可达激光辐射总能量中心能量的 63.2%(相当于  $1/e$ )的直径。

其中距离  $L$  处的光束直径由公式(2)给出:

$$D_L = \sqrt{D_0^2 + L^2 \phi^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$D_0$ ——光束束腰直径,单位为厘米(cm);

$L$  ——测量距离,单位为厘米(cm);

$\phi$  ——光束发散角,单位为弧度(rad)。

可达发射(AE)由公式(3)给出:

$$AE = \eta \times Q \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$Q$ ——辐射能量,单位为焦耳(J)。

得出可达发射(AE)值与可达发射极限(AEL)值进行比较,确定激光指示器相应的类别。

## 5.2 危害评估

### 5.2.1 概述

通常有必要对所有可预见条件下可能出现的激光照射水平进行评估。以确保人员受到激光辐射照射时,在合理可预见条件下其照射水平不超过 MPE。

评估也要考虑能产生危害的任何物理环境条件,环境因素的重要性因激光指示器安全类别的不同而不同。环境因素包括室内及户外使用情况,室内环境包括教室、车间、封闭的实验室以及工厂生产线等,尤其应考虑环境照度较低情况下使用。如果使用者在安全要求苛刻的工作条件下,比如操纵机器、在高处工作、有高电压的工作环境或在驾驶中,视觉干扰的影响应引起足够重视。

合理可预见单一故障条件包括但不限于:

- 预期不供消费者使用,但可能会被消费者在合理可预见条件下使用的激光指示器;
- 在光线暗的环境条件下,直接或通过镜面反射的物体(如不锈钢材料表面、玻璃表面等)照射人员;
- 在公共和娱乐场所、舞台表演以及影视剧院作为警告和指示器随意照射人员和物体;
- 在公共安全区域使用。

### 5.2.2 最大允许照射量

当眼睛或皮肤受到激光辐射照射后,瞬间或长时间的情况下无损伤发生的最大照射水平。MPE 值的确定需要已知以下参数:

- 波长;
- 照射持续时间;

GB/T 39118—2020

c) 照射条件。

用辐照量( $H$ )表达的 MPE 值  $H_{\text{MPE}}$  以  $\text{J}/\text{cm}^2$  为单位,用辐照度( $E$ )表达的 MPE 值  $E_{\text{MPE}}$  以  $\text{W}/\text{cm}^2$  为单位,两者之间的变换由公式(4)给出:

$$E_{\text{MPE}} = \frac{H_{\text{MPE}}}{t} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$t$ ——照射持续时间,单位为秒(s)。

推荐计算 MPE 值的时间基准依据漫反射观察和束内观察而不同,在可见光光谱范围,漫反射观察的时间基准为 600 s,束内观察的时间基准为 0.25 s。在表 4 中给出了点光源对人眼角膜处的最大允许照射量,表 5 中给出了在该光谱范围的修正因子  $C_3$  和转效点  $T_1$ (s)的赋值。

表 4 点光源照射条件下人眼角膜处的 MPE 值

波长( $\lambda$ ) nm	照射持续时间( $t$ ) s	MPE	
		$\text{J}/\text{cm}^2$	$\text{W}/\text{cm}^2$
400~700	$10^{-11} \sim 5 \times 10^{-6}$	$2.0 \times 10^{-7}$	—
400~700	$5 \times 10^{-6} \sim 10$	$1.8t^{0.75} \times 10^{-3}$	—
400~450	10~100	$1.0 \times 10^{-2}$	—
400~450	$100 \sim 3 \times 10^4$	—	$C_3 \times 10^{-4}$
450~500	$10 \sim T_1$	—	$1.0 \times 10^{-3}$
450~500	$T_1 \sim 100$	$C_3 \times 10^{-2}$	—
450~500	$100 \sim 3 \times 10^4$	—	$C_3 \times 10^{-4}$
500~700	$10 \sim 3 \times 10^4$	—	$1.0 \times 10^{-3}$

表 5 在 MPE 评估中使用的修正因子和转效点

波长( $\lambda$ ) nm	修正因子和转效点	
400~450	$C_3$	1.0
450~600		$10^{0.02(\lambda-450)}$
450	$T_1/\text{s}$	10
450~500		$10\times 10^{0.02(\lambda-450)}$
500		100
注: $\lambda=450\text{ nm}$ 时, $T_1=10\text{ s}$ ; $\lambda=500\text{ nm}$ 时, $T_1=100\text{ s}$ 。		

5.2.3 标称眼危害距离

NOHD 指在正常情况观察下,无论直射、反射或散射光束的辐照度或辐照量在空间某位置应至少等于相应 MPE 值的距离,如图 1 所示。

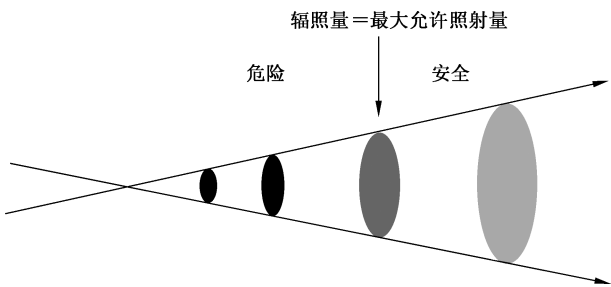


图 1 辐照量与最大允许照射量的关系示意图

标称眼危害距离的计算根据使用的情况有不同的计算公式,参见附录 B。主要包括以下三种情况:  
a) 束内观察的 NOHD(见图 2)。

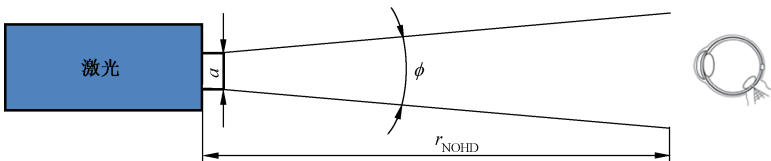


图 2 束内观察标称眼危害距离示意图

束内观察标称眼危害距离的计算由公式(5)给出:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{1}{\phi} \left[ \left( \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \right) - a^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- $r_{\text{NOHD}}$ ——标称眼危害距离,单位为厘米(cm);
- $\phi$ ——光束发散角,单位为弧度(rad);
- $\Phi$ ——辐射通量(辐射功率),单位为瓦(W);
- $a$ ——激光指示器出光口的光束直径,单位为厘米(cm);
- $E_{\text{MPE}}$ ——以辐照度表示的最大允许照射量(见表 4),单位为瓦每平方米(W/cm<sup>2</sup>)。

b) 通过透镜聚焦光束的 NOHD(见图 3)。

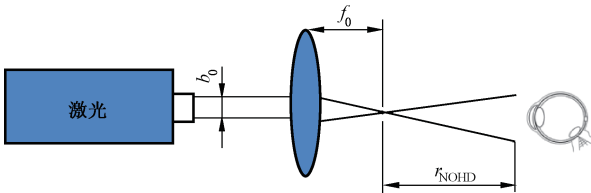


图 3 通过透镜聚焦光束标称眼危害距离示意图

通过透镜聚焦光束标称眼危害距离的计算由公式(6)给出:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $r_{\text{NOHD}}$ ——标称眼危害距离,单位为厘米(cm);
- $f_0$ ——聚焦镜的焦距,单位为厘米(cm);
- $\Phi$ ——辐射通量(辐射功率),单位为瓦(W);
- $b_0$ ——光束到达透镜表面的直径,单位为厘米(cm);

## GB/T 39118—2020

$E_{\text{MPE}}$  ——以辐照度表示的最大允许照射量(见表 4),单位为瓦每平方厘米( $\text{W}/\text{cm}^2$ )。

c) 通过透镜聚焦镜面反射光束的 NOHD(见图 4)。

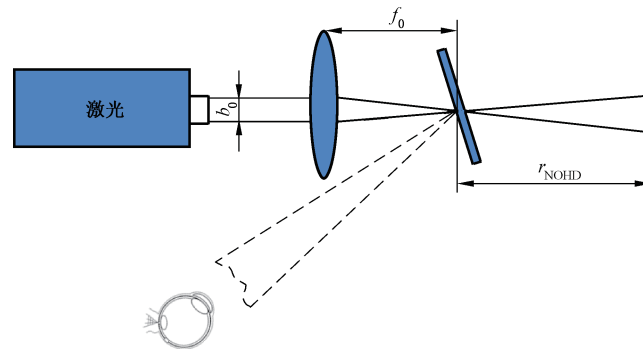


图 4 通过透镜聚焦镜面反射光束标称眼危害距离示意图

通过透镜聚焦镜面反射光束标称眼危害距离的计算由公式(7)给出:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi\rho}{\pi E_{\text{MPE}}} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$r_{\text{NOHD}}$  ——标称眼危害距离,单位为厘米(cm);

$f_0$  ——聚焦镜的焦距,单位为厘米(cm);

$\Phi$  ——辐射通量(辐射功率),单位为瓦(W);

$b_0$  ——光束到达透镜表面的直径,单位为厘米(cm);

$\rho$  ——光学元件的反射率;

$E_{\text{MPE}}$  ——以辐照度表示的最大允许照射量(见表 4),单位为瓦每平方厘米( $\text{W}/\text{cm}^2$ )。

公式(5)至公式(7)中的激光辐射功率  $\Phi$  若被辐射能量  $Q$  所替代,则相应的  $E_{\text{MPE}}$  将采用以辐照量表示的最大允许照射量  $H_{\text{MPE}}$ ,单位为焦耳每平方厘米( $\text{J}/\text{cm}^2$ )。

## 6 控制措施

### 6.1 制造商的要求

#### 6.1.1 产品的制造

在研制和生产激光指示器时应采取控制措施,包括但不限于:

- 儿童可接触的消费类激光指示器不超过 1 类激光指示器的可达发射极限;
- 由两个以上波长输出的激光指示器(如不可见光转换为可见光),需采取必要的措施(如使用滤光片等)降低不可见光的可达激光辐射小于 0.1 mW,或消除不可见光的存在;
- 开关不能有持续开状态的功能;
- 具有安全互锁开关功能;
- 只能使用专用工具,才能拆卸激光指示器;
- 需在激光指示器适当位置上粘贴符合相应激光类别的标识(具体要求见 6.1.3);
- 妥善保存相关技术标准和检查记录备查;
- 其他特殊说明。

#### 6.1.2 说明书信息

制造商应在激光指示器说明书中提供以下安全告知信息:

- a) 明确给出产品波长和类别,并按照 6.1.3 标注警告标记和说明标记;
- b) 给出产品的标称眼危害距离和安全距离;
- c) 产品类别大于 1 类,标注不准许 14 岁以下儿童使用;
- d) a)和 b)需要通过技术措施予以保障;
- e) 给出产品安全互锁开关说明或图示;
- f) 提供光辐射安全告知信息,包括但不限于以下内容:
  - 1) 不同类别的安全风险;
  - 2) 警告标识的含义。

6.1.3 警告标记和说明标记

每个激光指示器应根据 IEC 60825-1:2014 的标识规定(见 7.1 和 7.2、7.4 和 7.9)进行标记。在使用期间,标记应耐用,永久固定,字迹清楚,明显可见。标记应放置在人员不受到超过 1 类 AEL 的激光辐射照射就能看到的位置。标记的边框及符号应在黄底面上涂成黑色,但 1 类激光指示器不必用此颜色组合。

除给出的以下警告标记和类别标记外,还应提供各类别说明标记,如图 5 所示。依据 IEC 60825-1:2014 的标记尺寸规定(见 IEC 60825-1:2014 的图 4),提供每一类激光指示器的说明内容,并将该内容填写在说明标记中,粘贴在激光指示器适宜的位置上。

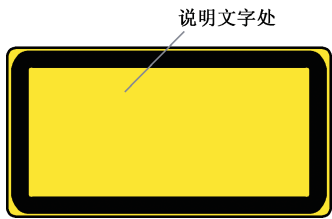


图 5 激光指示器的说明标记

各类激光指示器的警告标记和说明标记按照危害程度递增的顺序示例如下:

- a) 1 类激光指示器应具有激光标记并在说明标记中注明:

激光辐射  
勿直视光束或指向他人  
1 类激光指示器

图 6 中给出的备选图形标记可粘贴在激光指示器适宜的位置上。



图 6 备选 1 类激光指示器标记

- b) 1M 类激光指示器应具有警告标记并在说明标记中注明:

激光辐射  
勿直视光束或指向他人  
勿使用光学仪器直接观看光束  
1M 类激光指示器

图 7 中给出的备选图形标记可粘贴在激光指示器适宜的位置上。

GB/T 39118—2020



图 7 备选 1M 类激光指示器标记

c) 2 类激光指示器应具有警告标记并在说明标记中注明：

激光辐射  
勿直视光束或指向他人  
2 类激光指示器

图 8 中给出的备选图形标记可粘贴在激光指示器适宜的位置上。



图 8 备选 2 类激光指示器标记

d) 2M 类激光指示器应具有警告标记并在说明标记中注明：

激光辐射  
勿直视光束或指向他人  
勿使用光学仪器直接观看光束  
2M 类激光指示器

图 9 中给出的备选图形标记可粘贴在激光指示器适宜的位置上。



图 9 备选 2M 类激光指示器标记

6.2 代理商的要求

对分销的各类代理商应采取相应的安全措施,使他们具备以下基本条件,包括但不限于:

- a) 经过专业的光辐射安全培训;
- b) 获得具有资质生产商的销售授权;
- c) 能够正确检查,符合相应类别的消费类激光指示器必备的配套标识和产品说明书;
- d) 清晰了解用于 14 岁以下儿童使用的产品类别;
- e) 能够向消费者提供必要的光辐射安全信息和建议。

### 6.3 检测机构的要求

检测机构应具有国家或相关机构认可的技术能力或相应的资质,以确保测量结果准确。

### 6.4 使用者的要求

使用者应按照生产商提供的说明书正确使用:

- a) 任何情况下都不能将激光束指向他人,包括通过镜面反射照射他人;
- b) 任何情况下都不宜裸眼或使用光学仪器(例如望远镜或放大镜)观察激光束;
- c) 避免激光束随意指向各类光学反射面;
- d) 儿童可接触的激光指示器,在成人监督下使用;
- e) 不准许在公共安全区域使用;
- f) 在公共和娱乐场所、舞台表演以及影视剧院不准许作为警告和指示器随意照射人员和物体。

附 录 A  
(资料性附录)  
激光指示器光辐射的潜在危害

A 背景介绍

A.1 概述

激光指示器对眼睛损伤的危害,一方面在于可造成轻度视网膜损伤,另一方面是对人员的视觉认知及心理行为造成干扰。这种干扰只要眼睛瞬间受到激光指示器照射即可发生,在环境光线不完全充足的条件下尤其严重。这种干扰对于公共场所的各类工作人员的作业能力和心理会造成影响,甚至导致严重事故发生。本附录主要对意外视觉干扰光提供了相关资料性文件供参考。

A.2 瞬时视觉效应

可见的激光辐射在照射水平明显低于最大允许照射量限值时,也能引起干扰效应和潜在危险的眩目效应,并能引起非直接生理性损害,尤其是 2 类、2M 类和 3R 类激光辐射照射。因此不宜将其有意或无意地指向人眼,否则会导致被照射人员受到惊吓、分散注意力和不专心,这对那些正在执行重要安全任务(例如驾驶员和控制机器)的人员会造成严重后果。在表 A.1 中给出了民用航空港飞行保护区视觉干扰水平。

表 A.1 视觉干扰水平<sup>a</sup>

视觉干扰区域 <sup>b</sup>	视觉干扰水平		
	有效辐照量 <sup>c</sup> $t_{\max} \leq 0.25 \text{ s}$	有效辐照度 <sup>c</sup> $t_{\max} > 0.25 \text{ s}$	照度 <sup>d</sup> $t_{\max} > 0.25 \text{ s}$
敏感区	$2.50 \times 10^{-1} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$680 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$
临界区	$1.25 \times 10^{-2} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$34 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$
无激光区	$1.25 \times 10^{-4} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$3.40 \times 10^{-1} \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$
注: $t_{\max}$ ——最大允许照射时间。			
<sup>a</sup> 列出了在黄昏或夜晚使用可见激光照射的水平。			
<sup>b</sup> 正常区域受 MPE 限制,在可见光谱中与波长无关。以有效辐照度或辐照量表示的 MPE 适用于该区域。			
<sup>c</sup> 为了校正人眼的视觉灵敏度,将测量到的(或计算出的)辐照度水平乘以从表 A.3 获得的明视觉光谱光视效率函数。无法使用 $V(\lambda)$ 校正 MPE,因为这些水平对应于损伤阈值,而不是视觉干扰。公式提供了 $18 \mu\text{s} \sim 0.25 \text{ s}$ 照射持续时间的 MPE。即使视觉干扰水平较高,只要辐照度超过 MPE,优先 MPE。			
<sup>d</sup> 列出的照度值仅适用于波长为 550 nm 的激光产品。其他波长的视觉干扰水平可以通过提供的数值乘以表 A.3 中的 $V(\lambda)$ 来计算。			

意外视觉干扰有以下几种表现形式:

- a) 失能性眩目,是强光直接照射或强散射光照射引起的中心视野视觉功能部分或完全丧失,类似



于在夜间观看迎面而来的车灯眩目效应,随强光束脱离视野而消除。眩目效应虽然不会对眼睛造成永久伤害,但会引起严重的注意力分散或恐慌。

- b) 闪光盲,是高强度闪光引起的暂时性光敏感度下降,即在低或正常照明环境下已经适应的眼睛,若在短时间内受到高亮度闪光照射后,眼睛将突然处于非常高的明适应状态,从而短暂丧失低照明环境下的视觉。这种视觉功能损害可持续数分钟。
- c) 视后像,或者视觉后像,是强光刺激作用于视觉器官时,细胞的兴奋并不随着刺激的终止而消失,并能保留一段时间的现象。这种在刺激停止后所保留下来的视觉影像称为视后像。例如白炽灯灯丝造成的视后像。



A.3 产生的原因

激光视觉干扰场景的示意图如图 A.1 所示,没有激光源时,视场中的目标物体图像聚焦在视网膜上,观察者可以清楚地看到目标物体。当有激光源照射时,由此而产生的瞬间视觉效应使得光线在眼睛里不聚焦,发生散射,在视网膜方向上的散射会起到类似光幕作用叠加在清晰的图像上。在这种情况下,这种效应会减少视网膜上物象的对比度,造成较差的视觉效果,即对人员的视觉认知及心理行为造成干扰。

图 A.1 中的  $\alpha$  是实体椭圆目标物对眼睛的张角, $\theta$  是激光源偏离光轴的夹角。

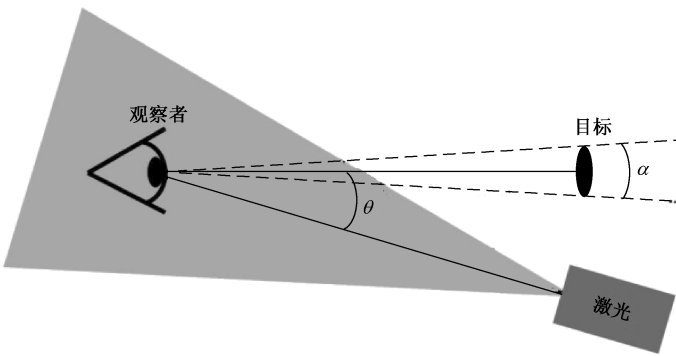


图 A.1 激光指示器视觉干扰场景的示意图

A.4 意外视觉干扰的评价

A.4.1 最大眩目照射量

由可见光波长激光指示器引起的意外视觉干扰,对人体眼部功能的暂时性损害,随着每年各国数千起针对特殊人员的恶性激光眩目事件的发生,意外视觉干扰越来越受到重视。现有的激光安全标准并没有给出对意外视觉干扰的普遍指导,为此需要一个新的安全框架来理解和量化激光眩目的影响。此外,还需要这种指导,以便为那些处于危险中的人员提供必要的保护措施,并确保激光眩目装置的安全和有效性。

最大眩目照射量(maximum dazzle exposure,MDE)是可分辨到某一特定目标物时,人眼处的激光辐照度阈值。这是对 MPE 的补充,MPE 决定了激光辐射照射对人眼的安全限值,在这种水平以下,不会有永久性眼睛损伤的危险。MDE 不仅适用于连续波激光源,也可用于重复脉冲激光源的平均功率计算。

在激光辐照度高于 MDE 的情况下,激光造成的眩目区域阻止了观察者分辨物体,而在低于 MDE

的情况下,观察者能够看清物体。表 A.2 中给出的 MDE 值是在夜间(0.1 cd/m<sup>2</sup>)、黄昏(10 cd/m<sup>2</sup>)和白天(1 000 cd/m<sup>2</sup>)不同环境光背景水平下的眩目区域的近似极限值,相应的明视觉光谱光视效率函数 V(λ)在表 A.3 中给出。

表 A.2 在夜间、黄昏以及白天不同环境光背景下眩目区域的 MDE 值

眩目等级	MDE 值 W · m <sup>-2</sup>			
	夜间	黄昏	白天	÷ V(λ)
很低	0.000 01	0.006	0.4	
低	0.000 4	0.3	20	
中等	0.001 6	1.2	80	
高	0.006	4.5	300	

MDE 值提供了一个有用的近似值,可以快速了解特定激光辐照的可能影响,因此将其使用在整体安全框架的考虑以及对 MPE 值的补充,图 A.2 给出了 MDE 与 MPE 之间的关系。对于不同的人、不同的应用场景和不同的视觉任务,眩目效果是不同的,给定的数字是从一系列人员受试者的平均场景中得出的。

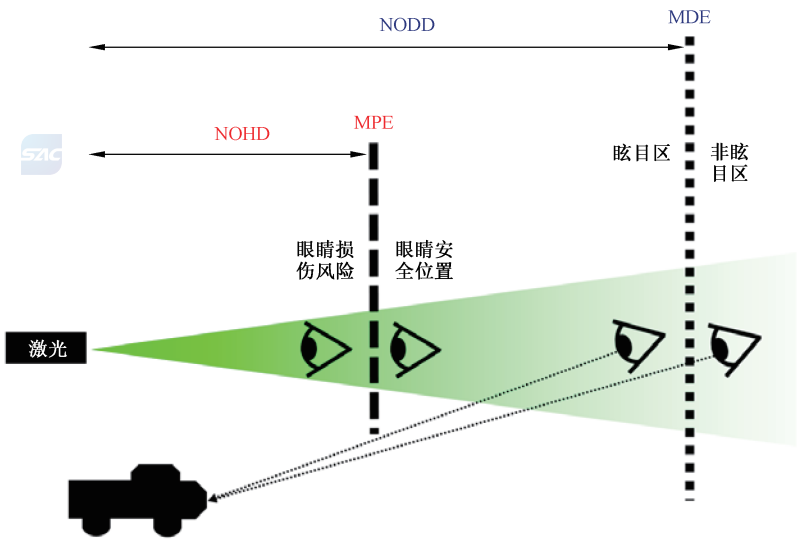


图 A.2 MDE 与 MPE 之间的关系示意图

A.4.2 标称眼眩目距离

给定光照环境下,光束辐照度等于人眼分辨目标物的最小距离,称为标称眼眩目距离(nominal ocular dazzle distance,NODD)。在接近于 NODD 的距离上,未超过 MDE,即眼睛处于 MDE 的眩目区,此时眼睛无法直观地分辨目标物;而在距离 NODD 更远的地方,辐照度低于 MDE,眼睛将可以清晰地分辨目标物。NODD 可以根据公式(A.1)计算:

$$NODD = \sqrt{\frac{4P}{\pi d^2 MDE}}$$

.....( A.1 )

式中：  
 $P$  ——激光功率，单位为瓦(W)；  
 $d$  ——光束发散角，单位为毫弧度(mrad)；  
MDE——最大眩目照射量，单位为瓦每平方米( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )。

使用表 A.2 中的 MDE 值作为照射限值，NODD 确定最小的观察激光范围，以便将眩目区域限制在给定环境光条件下指定的眩目等级(dazzle level,DL)内。

MDE 值和 NODD 值的计算为快速评价眩目效应提供了有益的指导。它们帮助用户量化视觉模糊的程度，然后指定安全操作范围以保持视觉能力。同时为那些存在眩目危险的人员提供选择适宜地激光眼保护装备，并确保眩目装置的安全性和有效性。

表 A.3 明视觉光谱光视效率函数  $V(\lambda)$

波长 nm	明视觉光谱光视效率函数 $V(\lambda)$
400	0.000 396
405	0.000 64
410	0.001 21
415	0.002 18
420	0.004
425	0.007 3
430	0.011 6
435	0.016 84
440	0.023
445	0.029 8
450	0.038
455	0.048
460	0.06
465	0.073 9
470	0.090 98
475	0.112 6
480	0.139 02
485	0.169 3
490	0.208 02
495	0.258 6
500	0.323
505	0.407 3

GB/T 39118—2020

表 A.3 (续)

波长 nm	明视觉光谱光视效率函数 $V(\lambda)$
510	0.503
515	0.608 2
520	0.71
525	0.793 2
530	0.862
535	0.914 85
540	0.954
545	0.980 3
550	0.994 95
555	1
560	0.995
565	0.978 6
570	0.952
575	0.915 4
580	0.87
585	0.816 3
590	0.757
595	0.694 9
600	0.631
605	0.566 8
610	0.503
615	0.441 2
620	0.381
625	0.321
630	0.265
635	0.217
640	0.175
645	0.138 2
650	0.107

表 A.3（续）

波长 nm	明视觉光谱光视效率函数 $V(\lambda)$
655	0.081 6
660	0.061
665	0.044 58
670	0.032
675	0.023 2
680	0.017
685	0.011 92
690	0.008 21
695	0.005 723
700	0.004 102



附 录 B  
(资料性附录)  
MPE 和 NOHD 的计算示例

B.1 计算 MPE

示例 1: 一支红光半导体激光指示器,波长在 630 nm~670 nm 范围内,激光输出功率 $\leq 5$  mW,计算其 MPE。

解答:

由于激光指示器是在可见光谱范围,并且非有意观察,宜采用由回避反应(眨眼)限定的照射持续时间  $t = 0.25$  s。MPE 值可在表 4 中查找,即在波长范围 400 nm~700 nm 和照射持续时间  $t = 5 \times 10^{-6}$  s~10 s 查到以辐照量表示的 MPE 为  $1.8t^{0.75} \times 10^{-3}$  J/cm<sup>2</sup>,则

$$\begin{aligned} H_{\text{MPE}} &= 1.8 \times 0.25^{0.75} \times 10^{-3} \\ &= 1.8 \times 0.354 \times 10^{-3} \\ &= 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2 \end{aligned}$$

以辐照量表示的 MPE( $H_{\text{MPE}}$ )还可以表示为 MPE:H,从而得到:

$$\text{MPE:H} = 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$$

为了得到按辐照度表示的 MPE( $E_{\text{MPE}}$ ),除以照射持续时间  $t = 0.25$  s,所以

$$\begin{aligned} \text{MPE:E} &= (0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2) / (0.25 \text{ s}) \\ &= 2.55 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \\ E_{\text{MPE}} &= 25.5 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

示例 2: 一支绿光固体激光指示器,波长为 532 nm,激光输出功率 $\leq 5$  mW,计算其 MPE。

解答:

由于激光指示器是在可见光光谱范围,并且非有意观察,宜采用由回避反应(眨眼)限定的照射持续时间  $t = 0.25$  s。MPE 值可在表 4 中查找,即在波长范围 400 nm~700 nm 和照射持续时间  $t = 5 \times 10^{-6}$  s~10 s 查到以辐照量表示的 MPE 为  $1.8t^{0.75} \times 10^{-3}$  J/cm<sup>2</sup>,则

$$\begin{aligned} H_{\text{MPE}} &= 1.8 \times 0.25^{0.75} \times 10^{-3} \\ &= 1.8 \times 0.354 \times 10^{-3} \\ &= 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2 \end{aligned}$$

以辐照量表示的 MPE( $H_{\text{MPE}}$ )还可以表示为 MPE:H,从而得到:

$$\text{MPE:H} = 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$$

为了得到按辐照度表示的 MPE( $E_{\text{MPE}}$ ),除以照射持续时间  $t = 0.25$  s,所以

$$\begin{aligned} \text{MPE:E} &= (0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2) / (0.25 \text{ s}) \\ &= 2.55 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \\ E_{\text{MPE}} &= 25.5 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

从以上两个示例可以看到,红光激光指示器和绿光激光指示器对眼睛的 MPE 值是一致的。为此得出这一 MPE 值适用于所有可见光激光辐射的结论。

B.2 计算 NOHD

示例: 一支绿光激光指示器,波长为 532 nm,激光输出功率 $\leq 5$  mW,光束发散角为 1 mrad,激光出射光斑直径 1 mm,计算其束内观察 NOHD、透镜聚焦 NOHD 以及透镜聚焦镜面反射 NOHD。

解答:

由于激光指示器是在可见光光谱范围,并且非有意观察,宜采用由回避反应(眨眼)限定的照射持续时间  $t = 0.25$  s。MPE 值可在表 4 中查找,即在波长范围 400 nm~700 nm 和照射持续时间  $t = 5 \times 10^{-6}$  s~10 s 查到以辐照量表示的 MPE 为  $H_{\text{MPE}} = 1.8 \times t^{0.75} \times 10^{-3}$  J/cm<sup>2</sup>。

- a) 束内观察 NOHD,其计算公式按公式(5),即:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{1}{\phi} \left[ \left( \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \right) - a^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中: $\Phi$  为辐射通量,即输出功率 5 mW, $a$  为出射光斑直径 1 mm, $\phi$  为光束发散角 1 mrad。已由 B.1 的 MPE 计算得知:可见光波长 532 nm 激光在非有意观察时,时间基准为 0.25 s 的  $\text{MPE} = 2.55 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ ,代入公式(5),注意单位变换。得到:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{1}{0.001} \left[ \left( \frac{4 \times 0.005}{3.14 \times 2.55 \times 10^{-3}} \right) - 1.0^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 1\,580 \text{ cm} = 15.8 \text{ m}$$

- b) 透镜聚焦光束的 NOHD,其计算公式按公式(6),即:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

式中: $\Phi$  为辐射通量,即输出功率 5 mW, $b_0$  为光束到达透镜表面的直径 1 mm。已由 B.1 的 MPE 计算得知:可见光波长 532 nm 激光在非有意观察时,时间基准为 0.25 s 的  $\text{MPE} = 2.55 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ ,假设透镜焦距  $f_0 = 100 \text{ mm}$ ,代入公式(6),注意单位变换。得到:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{100}{1} \left( \frac{4 \times 0.005}{3.14 \times 2.55 \times 10^{-3}} \right)^{\frac{1}{2}} = 158 \text{ cm} = 1.58 \text{ m}$$

- c) 透镜聚焦镜面反射光束的 NOHD,其计算公式按公式(7),即:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi\rho}{\pi E_{\text{MPE}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

假设透镜焦距为  $f_0 = 100 \text{ mm}$ ,反射率为  $\rho = 60\%$ ,其他条件与 a) 相同,代入公式(7),注意单位变换。得到:

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{100}{1} \left( \frac{4 \times 0.005 \times 0.6}{3.14 \times 2.55 \times 10^{-3}} \right)^{\frac{1}{2}} = 122 \text{ cm} = 1.22 \text{ m}$$



GB/T 39118—2020

## 参 考 文 献

- [1] ANSI Z136.1 American National Standard for Safe Use of Lasers
  - [2] IEC 60204-1 Safety of machinery—Electrical equipment of machines—Part 1:General requirements
  - [3] IEC TR 60825-5 Safety of laser products—Part 5:Manufacturer's checklist for IEC 60825-1
  - [4] IEC TR 60825-8 Safety of laser products—Part 8:Guidelines for the safe use of laser beams on humans
  - [5] IEC 61010-1 Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use—Part 1:General requirements
  - [6] ISO 11146-1 Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios—Part 1:Stigmatic and simple astigmatic beams
  - [7] ISO 13694 Optics and optical instruments—Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam power(energy)density distribution
-