

## 前 言

本标准等效采用国际电工委员会 IEC 60825-4:1997《激光产品安全 第 4 部分:激光防护屏》,在技术内容上与 IEC 60825-4 保持一致,编写格式上略有变动。

通过本标准的制定,可以规范和发展我国激光加工机用的激光防护屏和其他专用激光防护屏的质量和品种,保证和提高各种激光防护屏及其工作区的安全性能,为我国有关激光产品进入国际市场和开展国际范围的竞争提供有利条件。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 都是提示的附录。

本标准由国家经济贸易委员会安全生产局提出并归口。

本标准起草单位:中国计量科学研究院。

本标准主要起草人:马 冲、徐大刚。

## IEC 前言

1) IEC(国际电工委员会)是一个由世界各国电工委员会(IEC 各国委员会)组成的世界性标准化组织。IEC 的目的是为了促进电气和电子领域各种有关标准化问题的国际合作。为此目的,除其他活动,IEC 出版国际标准。各标准的制定委托给各分技术委员会,任何一个对所研讨主题有兴趣的 IEC 各国分委员会,都可以参与该标准制定工作。凡是与 IEC 有联络关系的国际、政府和非政府组织也参与这项制定。IEC 与国际标准化组织(ISO)之间签有协议,密切合作。

2) 每个技术委员会均有来自各有关国的委员会代表,因而 IEC 有关技术问题的正式决议或协议尽可能地表达了国际间对有关主题的共同意见。

3) 这样产生的文件以标准、技术报告或导则的形式出版,并以推荐的方式在国际上使用,而且它们在这种意义上为各国委员会采纳。

4) 为了促进国际间的统一,IEC 各国委员会旗帜鲜明地着手把 IEC 国际标准尽可能最大程度地应用于他们的国家和地区标准。IEC 标准与相应的国家或地区标准之间的任何差异,均应在后一类标准中明确说明。

5) IEC 不提供任何表示认可的标志方法,对任何设备宣称其符合 IEC 委员会的某一标准不承担责任。

6) 提请注意的是本国际标准的个别处可能涉及到专利权。IEC 不负责验明任何一种或所有这些专利权。

国际标准 IEC 60825-4 是由 IEC 76“光学辐射安全和激光设备”技术委员会制定的。

本标准内容是以下列文件为基础:

草案	表决报告
76/159/FDIS	76/168/RVD

本标准投票表决通过的全部情况,可在上表所列表决报告中找到。

附录 A、附录 B 和附录 C 是提示的附录。

## 引 言

在低辐照度或低辐照量下,遮挡激光辐射的材料及其厚度选择,主要取决于所需的光学衰减量。然而,在高辐照度或高辐照量下,还要考虑激光辐射可能熔化、氧化或切削防护屏材料而使其消蚀。此过程可导致激光辐射穿透原先不能透过的材料。

GB 7247—1995 详述激光防护屏的有关问题,包括人员接触、联锁和标记,并给予高功率激光防护罩和围封设计的一般导则。

本标准仅涉及激光辐射的防护。材料加工中发生的二次辐射的危害则不涉及。

激光防护屏也可遵照激光防护镜的标准,但是这对于满足本标准的要求来说是不够的。

# 中华人民共和国国家标准

## 激光防护屏

GB 18151—2000  
eqv IEC 60825-4:1997

### Laser guards

## 1 总则

### 1.1 范围

本标准规定了各种长期和临时(如维修)用来围封激光加工机工作区的激光防护屏的要求以及专用激光防护屏的规格。

本标准适用于防护屏包括目视透明屏和视窗、激光(防护)帘和壁在内的所有组成部分。光路器件、光栏以及激光产品不围封加工区的防护罩等其它部分的要求包含在 GB 7247 内。

此外,本标准还指出了:

- a) 如何评价和规范激光防护屏的防护性质;
- b) 如何选择激光防护屏。

### 1.2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 7247—1995 激光产品的辐射安全、设备分类、要求和用户指南(IEC 60825-1:1984)

GB/T 15706.1—1995 机械安全 基本概念与设计通则 第1部分:基本术语、方法学  
(eqv ISO/TR 12100-1:1992)

GB/T 15706.2—1995 机械安全 基本概念与设计通则 第2部分:技术原则和规范  
(eqv ISO/TR 12100-2:1992)

ISO 11553:1996 机械安全 激光加工机 安全要求

### 1.3 定义

本标准的下列定义旨在补充 GB 7247 已给出的定义。

#### 1.3.1 激光防护屏 laser guard

也称激光挡屏。通过防止其后表面可能接触超过1类可达发射极限(AEL)的激光辐射来限制危险区范围的物理挡屏。

#### 1.3.2 主动激光防护屏 active laser guard

作为安全控制系统的一个部分的激光防护屏。该控制系统能够在超过1类 AEL 激光辐射作用于激光防护屏前表面时,产生一个主动防护屏终止信号。

#### 1.3.3 被动激光防护屏 passive laser guard

仅依靠其本身物理性质工作的激光防护屏。

#### 1.3.4 专用激光防护屏 proprietary laser guard

厂家提供的具有特定防护照射限的非控或主动激光防护屏。

#### 1.3.5 临时激光防护屏 temporary laser guard

在激光加工机的某些操作运行中,限制危险区范围的替代或补充的受控或被动激光防护屏。

#### 1.3.6 前表面 front surface

激光防护屏用来曝露于激光辐射的表面。

### 1.3.7 后表面 rear surface

激光防护屏的远离相关激光束且通常可能接触使用者的表面。

### 1.3.8 防护照射限 protective exposure limit(PEL)

用来防止其后表面可接触超过 1 类 AEL 激光辐射的激光防护屏前表面的最大激光照射。

注

1 实际上,这可能大于一次激光最大照射。

2 不同 PEL 可专用于激光防护屏的不同部位,如果这些部位明显可辨的话(例如,构成激光防护屏一部分的观察窗口)。

### 1.3.9 预计照射限 foreseeable exposure limit(FEL)

在正常和合理的可预料故障的条件下估算的,激光防护屏前表面在维修检查期内的最大激光照射。

### 1.3.10 主动防护屏终止信号 active guard termination signal

主动防护屏应变其前表面的过量照射所发出的旨在自动终止激光辐射的信号。

注:安全联锁作用变为开路,视为本文中的信号。

### 1.3.11 主动防护屏的防护时间 active guard protection time

在主动激光防护屏前表面—给定激光照射下,从主动防护屏终止信号发出开始测量且该防护屏能够安全地防御在其后表面达到超过 1 类 AEL 激光辐射的最短时间。

### 1.3.12 激光终止时间 laser termination time

主动防护屏为终止激光辐射而发出终止信号所占有的最长时间。

注:激光终止时间与主动激光防护屏的响应时间无关,而与激光加工机,特别是激光安全快门的响应时间有关。

### 1.3.13 维修检查间隔时间 maintenance inspection interval

激光防护屏相继两次安全维修检查之间的时间。

### 1.3.14 激光加工机 laser processing machine

在 ISO 11553 规定范围内的,采用激光加工材料的机器。

### 1.3.15 加工区 process zone

激光束与被加工材料相互作用的区域。

### 1.3.16 合理预料的事件(或条件) reasonably foreseeable

可能发生和不能漠视其发生(或存在)可能性的事件(或条件)。

### 1.3.17 安全维修检查 safety maintenance inspection

按厂家说明书进行的记录在案的检查。

### 1.3.18 可达发射极限 accessible emission limit(AEL)

给定类别激光产品允许的最大发射水平。

## 2 激光加工机用防护屏

本章规定了激光加工机生产厂家为围封加工区所提供的激光防护屏的要求。

### 2.1 设计要求

激光防护屏应当满足 GB/T 15706.2—1995 关于防护屏的一般要求及其定位和固定方法的更为具体的要求。此外,应符合以下的特殊的激光要求。

#### 2.1.1 一般要求

激光防护屏在其预定位置,曝露于 FEL 以下的激光辐射时,处于防护屏后表面及其以外区域,应当不致发生各种有关危害。

注

1 有关危害的例子包括:高温,泄放有毒材料,着火,爆炸,静电。

2 见估算 FEL 的附录 B(提示的附录)。

### 2.1.2 激光防护屏的消耗部分

为了替换激光防护屏易受激光辐射损害的部分,应当提供备份。

注:例如试验或可更换的屏。

## 2.2 性能要求

### 2.2.1 通则

激光防护屏在维修检验期的任何时候,当其前表面暴露于 FEL 激光辐射时,均应防止透过其后表面的激光辐射超过 1 类 AEL。对于自动激光加工机来讲,维修检验间隔时间应不超过 8 h。

本要求在激光防护屏所期望的工作条件的预期寿命期间均应满足。

注

1 本要求包括激光辐射透射少和抗激光引发损伤两个方面。

2 由于老化、紫外辐射照射、某些气体、温度、湿度和其他环境条件,某些材料可能丧失其防护性质。此外,在高强度激光照射下,即使没有可见损伤(比如不可逆的漂白效应),某些材料也传输激光。

### 2.2.2 主动激光防护屏

a) 在 FEL 下,主动防护屏防护时间应当超过激光终止时间。

b) 主动防护屏终止信号发出一个看得见或听得到的警告。在激光发射重新开始以前需要用手使其复位。

注:见详释术语的附录 C(提示的附录)中 C2。

## 2.3 核验

如果激光加工机厂家愿意制作激光防护屏,则厂家应当证实该防护屏遵守 2.1 的设计要求,并能满足 2.2 给出的性能要求。

注:关于激光防护屏设计和选择导则见附录 A(提示的附录)。

### 2.3.1 性能核验

2.3.1.1 整个激光防护屏或其结构材料的合适样品,应当在所核验的每个 FEL 下进行检测。

注

1 综合各种激光和防护屏材料的预定 FEL 表以及适用的检测步骤,将作为本标准今后修正件中的资料附录发布。

2 关于 FEL 的估算见附录 B(提示的附录)。

2.3.1.2 对于检测目的来说,FEL 照射应当这样达到:

a) 通过计算和测量照射量,进而复现条件;或者

b) 营造激光加工机产生 FEL 的条件。

激光防护屏或样品应该复现常规检验要求范围和防护屏维修期内所允许的前表面物理条件,使得激光防护屏的激光防护性能大大降低的情形(例如破裂、划伤和表面污染)也包括在内(见 2.4.2)。

## 2.4 用户须知

2.4.1 厂家应当提供文件,详述检验和测试方法、清洁、损伤件更换或修理,以及使用限制。并给用户以维修检验期。

2.4.2 厂家应当提供文件,告诉用户主动防护屏的安全控制系统启动后的操作、损坏原因和检查,重新恢复控制系统前的必要补救措施。

## 3 专用激光防护屏

本章规定了专用激光防护屏供应商所应满足的要求。

### 3.1 设计要求

专用激光防护屏按用户须知的规定使用,当其暴露于 FEL 以下的激光辐射时,在防护屏后表面不产生各种有关危害(见 3.6)。

### 3.2 性能要求

当其前表面承受规定 PEL 时,激光防护屏后表面可接触到的激光辐射应不超过 1 类 AEL。对于主

动激光防护屏,此要求应适用于主动激光防护屏防护期间接触到的激光辐射。

本要求在激光防护屏所期望工作条件的预期寿命期间均应满足。

### 3.3 规格要求

全部 PEL 规格应当包括以下内容:

- a) 在规定照射面积上限下,激光防护屏前表面上的辐照度和辐照量(分别以  $W/m^2$  或  $J/m^2$  为单位)的大小及其随时间的变化;
- b) 在上述条件下,总照射持续时间;
- c) 该 PEL 应用的波长;
- d) 激光辐射的入射角度和偏振性(如果有关的话);
- e) 辐照面积的最小尺寸(例如,若主动激光防护屏用分离传感元件,则直径小的激光束可能通过无探测器的防护屏);
- f) 主动激光防护屏的保护时间(对于主动激光防护屏)。

注

1 见术语详释 B1 节。

2 一般都说范围或一组值而不是一个值。

3 图形表示(例如,辐照度与持续时间,其它参数不变)。

### 3.4 检测要求

#### 3.4.1 概述

应当使用整个激光防护屏或其合适样品进行检测。不管那种方式检测,激光防护屏或样品的条件都应当复现或超过所允许前表面最坏的物理条件,包括表面反射减少和日常维修说明书范围允许的损伤(见 3.6)。

前表面辐照应当按规定使用 PEL,或者在样品检测的情况下,按后面 3.4.2 的规定。

当前表面处于 PEL 照射条件时,在激光防护屏后表面测得可接触到的激光辐射不应超过 1 类 AEL(检测按 GB 7247 中的规定)。这一要求适用于 PEL 规定的曝光持续时间或规定的主动防护屏防护时间。

#### 3.4.2 样品检测

3.4.2.1 样品厚度和成分均匀,圆形或方形,直径或边长不小于 50 mm。检测时,照射一面。样品用夹持器握住,夹持样品边缘不超过 2.5 mm。与样品接触的夹持材料应是低热导率的,至少 1 mm 厚,适宜在所产生的温度下使用。

3.4.2.2 引用 PEL 而不规定辐照面积的限制时[见 3.3 a)],则检测应曝露不小于 90% 样品面积,而投射在样品上的总激光功率或能量除以总辐照面积应不低于规定的辐照度或辐照量。

### 3.5 标牌要求

3.5.1 所有标牌都要放在防护屏的后表面。

3.5.2 若防护屏方位重要,则防护屏后表面应当明晰可辨。

3.5.3 如果仅是防护屏的部分前表面为激光防护屏,则这部分面积应当用醒目彩色轮廓和文字,以便于识别。

3.5.4 标牌应当说明全部 PEL 规格。

3.5.5 应当提供厂名、制造时间和地点,并声明是根据本标准。

### 3.6 用户须知

除了 3.3 所列规范外,专用激光防护屏的生产厂家还应给用户提供以下资料:

- a) 激光防护屏允许使用说明;
- b) 激光防护屏安放和连接方式说明;
- c) 激光防护屏的安装资料—对于主动激光防护屏,这将包括防护屏的接口和电源要求;

- d) 维修要求,包括检查和检测步骤、洁净、损坏件的替换和修理;
- e) 主动防护屏安全控制系统作用后的操作、损伤原因分析和检查,在重新启动控制系统前采取必要补救方法;
- f) 3.5 的标牌及其位置。如仅是防护屏的部分前表面是激光防护屏,则这一面积应当标识;
- g) 遵守本标准的声明。

附录 A

(提示的附录)

激光防护屏设计和选择的一般导则

A1 激光防护屏设计

A1.1 被动激光防护屏

被动激光防护屏示例如下:

a) 一基于热导原理的金属嵌板,若要增强其性能则通过强制风冷或水冷,在正常和合理的可预料故障的条件下,使表面温度保持在其熔点以下。

b) 一在激光波长下不透射的透明片,它在激光加工机正常工作情况下可承受弱激光照射。

A1.2 主动激光防护屏

主动激光防护屏示例如下:

a) 嵌有多个热传感器以探测过热的防护屏。

注:热传感器之间的间隔应当根据激光束飘移的最小尺寸而定。

b) 密封嵌板内装有液体或气体介质和压敏器件的激光防护屏,该压敏器件能探测防护屏前表面孔缝后的压力差。

A1.3 危险指示(被动防护屏)

如果可能的话,应当在激光防护屏曝露于危险激光辐射时给出可见指示(比如在激光防护屏两面涂一层合适的漆)。

A1.4 电源(主动防护屏)

如果主动防护屏本身功能需要电源,应予配备以保证其激光防护的正常工作。

A2 激光防护屏的选择

简便的选择过程如下:

a) 为激光防护屏确定所选位置并估计在该位置的 FEL。附录 B(提示的附录)给出 FEL 值估算导则。

b) 若有必要,把故障条件下的 FEL 降到最低,这特别适于有自动监视功能的激光加工机,它能探测故障条件并限制曝光时间。

另一些例子有:

——确证激光防护屏离开聚焦光学系统产生的焦点足够远;

——把激光防护屏的易受损伤部分(如视窗)安放在远离可能曝露于高辐照度的区域;

——把激光防护屏移到远离激光加工区;

——对于临时性的激光防护屏,还需在主要的维修文件上增加,诸如:

- 一人或多人参与监督激光防护屏的前表面状态,以减少被动防护屏的估算辐照时间;
- 持续工作(hold-operate)控制器用来监督激光防护屏的前表面状态,以减少被动防护屏的估算辐照时间;
- 采用另外的临时局部防护屏、光栏和光束清洁剂,吸收各种较强的漂移激光束;
- 危区用漂移激光警告器,防护屏放在危区外,以减少估算的辐照时间;

——若使用临时激光防护屏时,在机器设计中添加光束控制功能,以便于维修时改善激光束的控制,如:

- 精密定位夹持器,这是供给维修时附加的光束成形件(比如转镜)用的;

- 只让光束在有限范围调整的装置。
- 三种选择如下,其顺序与是否优先选择无关。

**A2.1 选择 1:被动激光防护屏**

这是最简便的选择。

注:在少数添加剂(如塑料中的染料)支配激光波长处的吸收时,设计和质量控制更应重点考虑。在这种情况下,材料制造商不说明吸收体的浓度或激光波长处的材料光学衰减,同一批材料样品首先应按 2.3.1 所述进行测试。

**A2.2 选择 2:主动激光防护屏**

如果 FEL 不能降低到以普通无源防护屏形式提供合适防护,一般要用主动激光防护屏。

**A2.3 选择 3:专用激光防护屏**

如果估算的 FEL 值低于激光防护屏厂家标注的 PEL 值,可使用专用激光防护屏。

**附 录 B**

(提示的附录)

**可预计辐照限的估算**

**B1 概述**

FEL 值可通过测量或计算加以确定。

危险估算应该考虑在维修检验期正常运行(如机器每次加工)的累计辐照。应当从计算中辨识最需要的辐照度、辐照面积和持续时间的组合情况。很可能要识别这几种 FEL:例如,一种情况是在相当低的辐照度下使辐照时间尽可能长,而另一种情况是在较短辐照时间下使辐照度尽可能高。

全部 FEL 特性包含下列数据和有关信息:

a) 激光防护屏前表面上的最大辐照度(或辐照量)。

注:辐照度(辐照量)表示为整个功率或能量除以防护屏前表面面积,或特定面积。

b) 防护屏前表面在该辐照度级下的辐照面积上限。

注:无面积限制对于防御散射激光来说是合适的,然而对于激光束直接照射来讲限制辐照面积是适宜的。

c) 脉冲激光的单脉冲持续时间和脉冲重复率。

d) 全部辐照的时间。

注:见详述照射持续时间的 B4 节。

e) 辐射波长。

f) 入射角和辐射偏振(如果有关的话)。

注

1 对于利用干涉层反射外来激光辐射的激光防护屏来说,入射角的规定特别重要。

2 注意:在布鲁斯特角入射下,“p”偏振辐射强耦合于防护屏表面。

g) 最小辐照面积(由于用带有分离传感元的主动激光防护屏,可能使束径甚小的激光束通过而未被探测到)。

h) 主动激光防护屏的防护时间。

**B2 激光辐射的反射**

**B2.1 漫反射**

假定朗伯反射体具有 100%反射率

$$E_A = \frac{P_0}{\pi} \cdot \frac{\cos\theta}{R^2} \cdot \cos\varphi \quad \dots\dots\dots(B1)$$

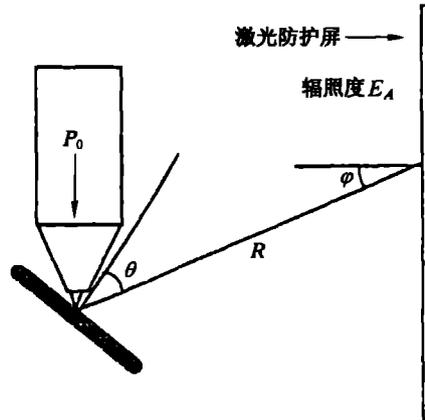


图 B1 漫反射计算

**B2.2 镜反射**

对于具有高斯分布、功率  $P_0$ 、聚焦透镜处直径  $d_{63}$ 、焦距  $f$  的圆对称激光束，从焦点到平面的垂直距离  $R$  的最大辐照度(在高斯分布中心)

$$E_{AA'} = \frac{4P_0\rho}{\pi d_{63}^2} \cdot \left(\frac{f}{R}\right)^2 \dots\dots\dots (B2)$$

式中： $\rho$ ——工作面的反射率。

注意：某些曲面可能增大反射的危害。

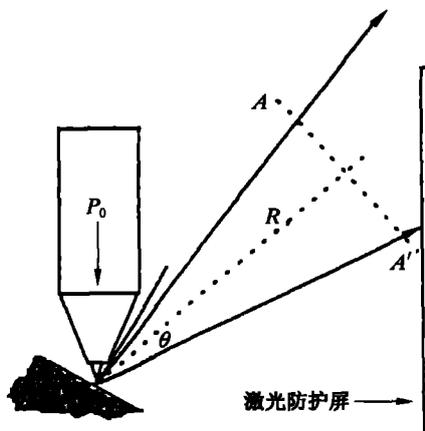


图 B2 镜反射计算

**B3 估算条件的例子**

可借助常用的激光参数、工作材料、几何结构和过程及其可能的最坏组合对于正常工作时易于发生的各种 FEL 进行估算(IEC 60825-1 附录 E 提供一份普通故障状态表)

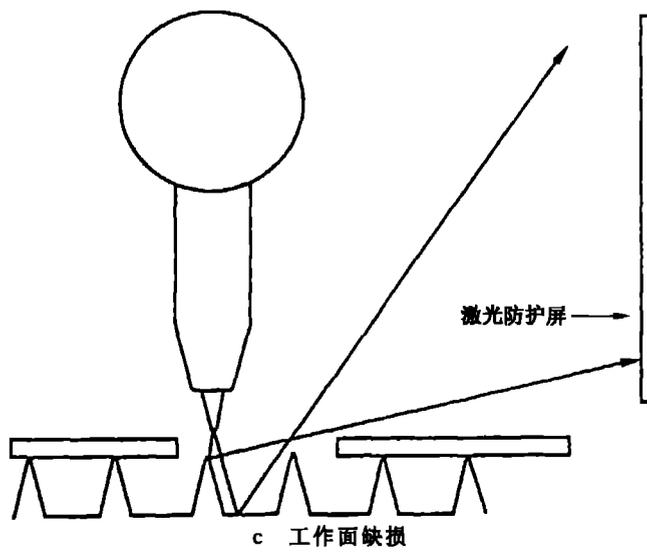
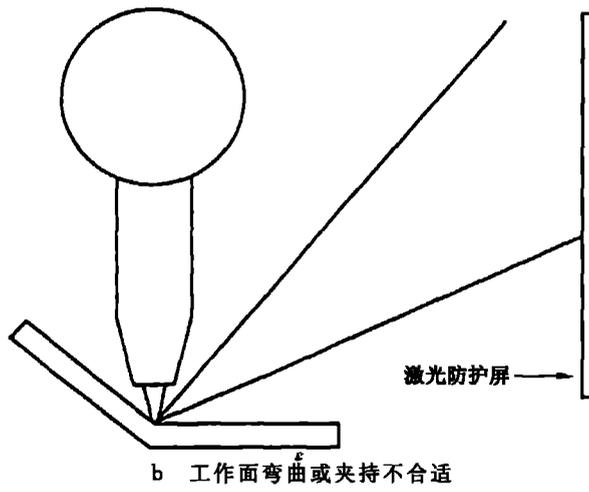
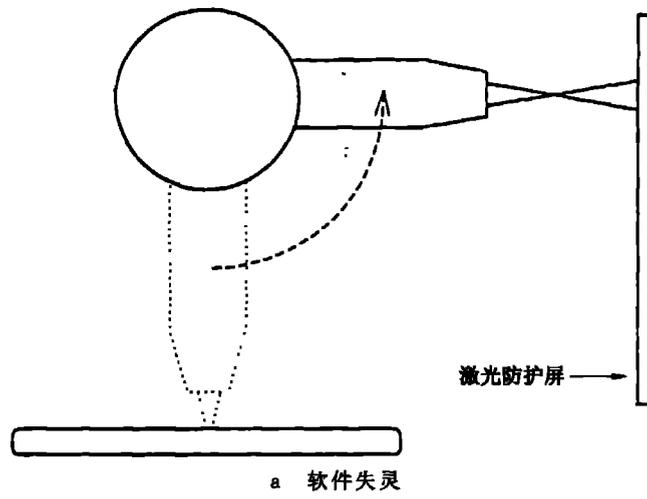


图 B3 可预料故障情况的若干例子

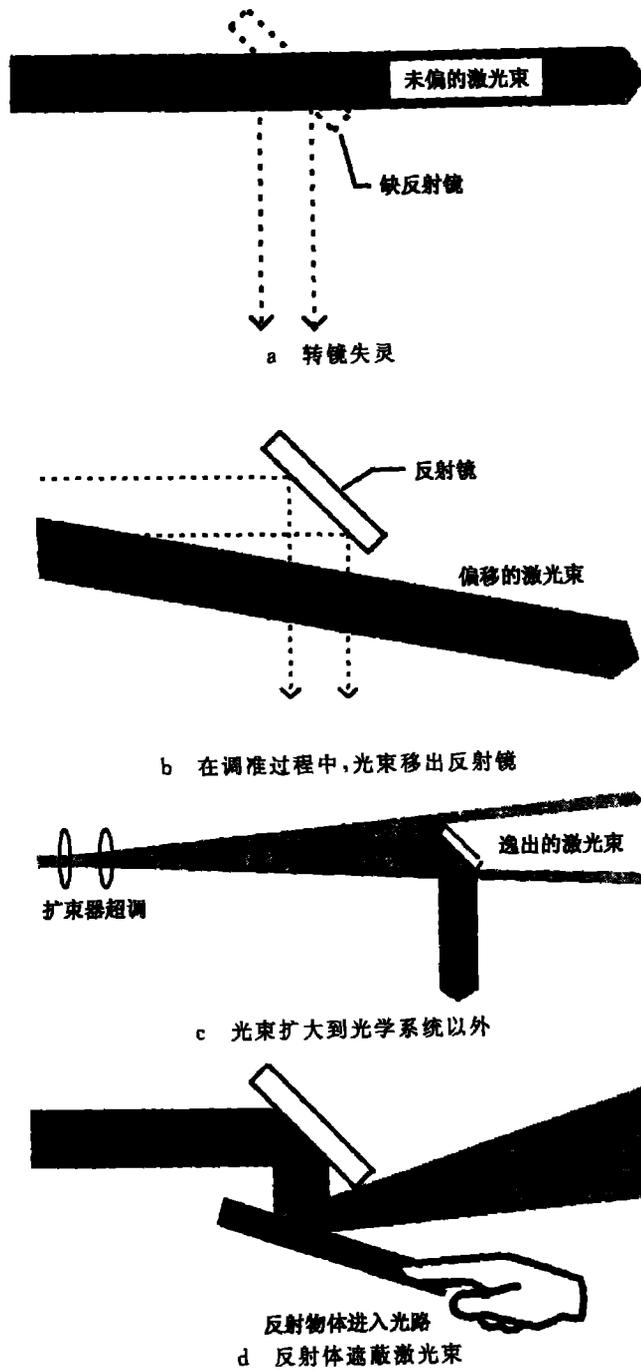


图 B4 检修时要用临时激光防护屏防止漂移激光束的四个例子

## B4 照射时间

### B4.1 正常工作

激光防护屏在无故障工作时的照射可能包含机器每次运行重复的低量级反射、散射和透射的辐射。在这种情况下,无故障工作估算的 FEL 将包括防护屏机器安全维修检验期运行最多次期间防护屏的辐照度变化。

### B4.2 故障情况

配备监视器件的安全控制系统可以减少防护屏必须安全地承受故障状态下的辐射危害的时间。以下给出两个例子。

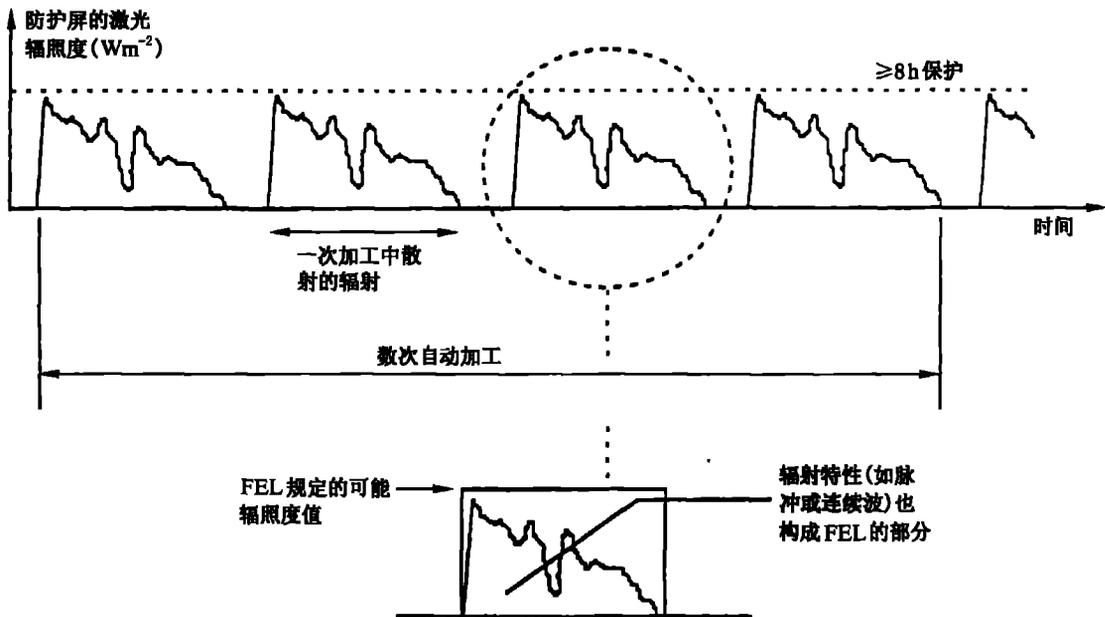
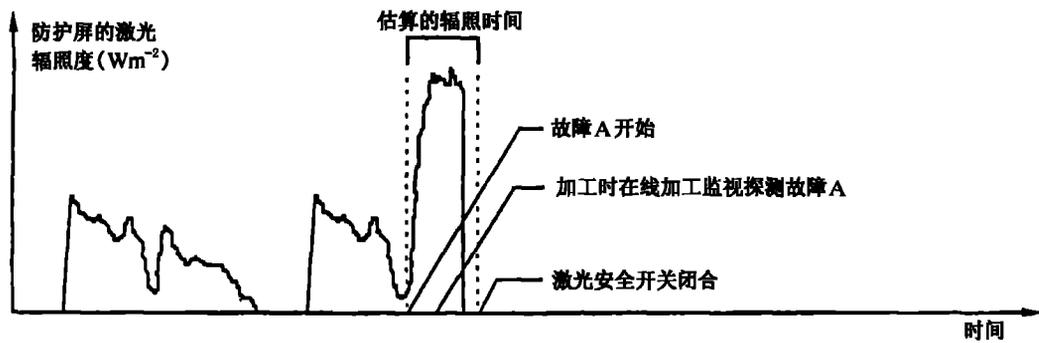
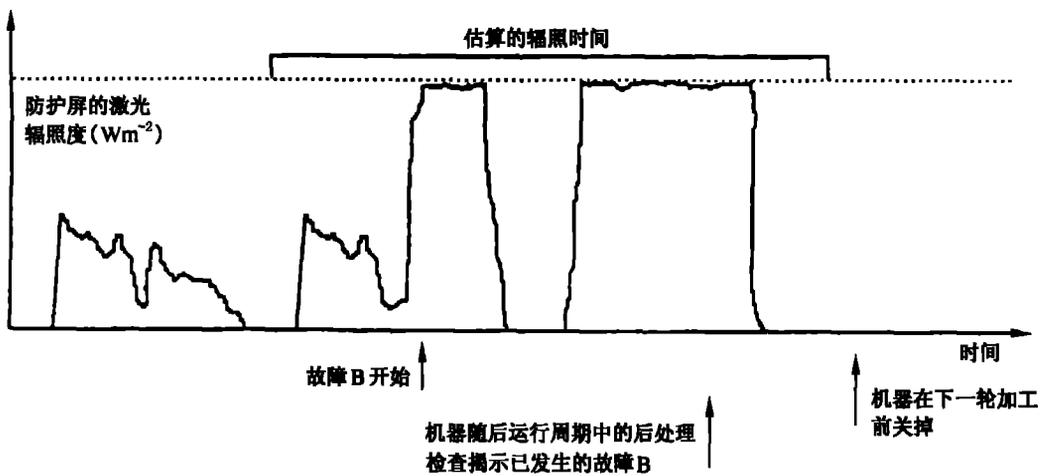


图 B5 激光防护屏在机器重复工作时的照射图解



a 在线加工机安全监视的关机过程



b 非在线加工机安全监视的关机过程

图 B6 估算辐照时间的两个例子

对于未被安全控制系统探测到的可预料的合理故障来说,估算的照射时间是整个安全维修检查期。

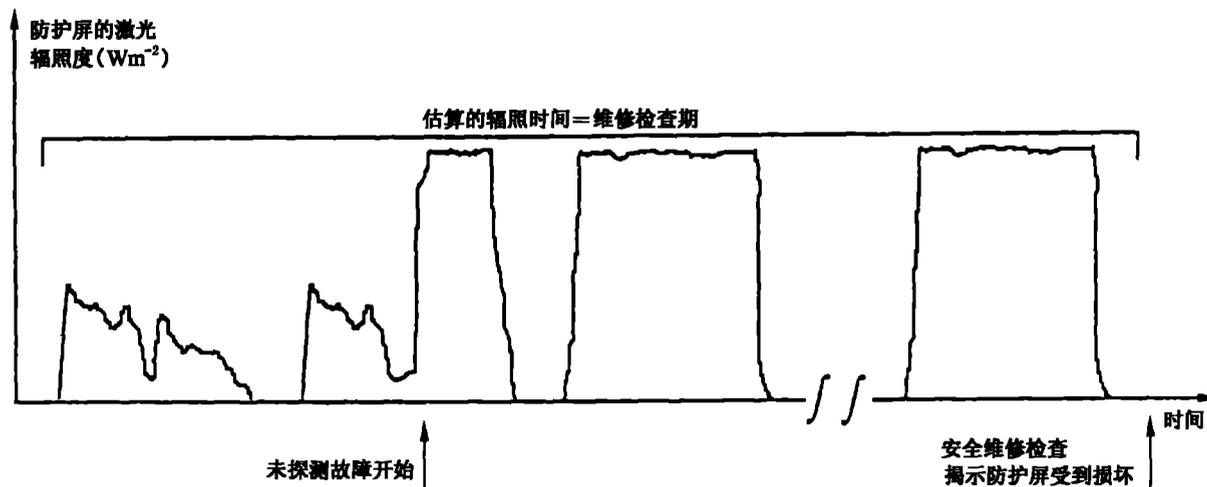


图 B7 机器无安全监视设备时估算的照射时间

### B4.3 维修作业

在维修作业期间,直接影响激光终止时间(从临时防护屏受激光照射开始计时)的各种因素包括:

- 是否使用预置激光定时(开关);
- 故障状态下的控制程度;
- 是否由人监督防护屏状态(无源防护屏);
- 提供保持操作控制器;
- 防护屏在过多激光照射时的警觉程度(无源防护屏);
- 防护屏前表面的隐蔽程度(无源防护屏);
- 防护屏监督的总面积(无源防护屏);
- 维护人员的受训程度

应当进行危险评定,以辨识危害情况并估算可预料的照射级,当需要人介入以限制临时防护屏的照射时间时,则应采用不少于 10 s 的值。应提供各种实际合理的工程和行政控制手段,以减少对临时提供保护屏的依赖。

## 附录 C

(提示的附录)

定义术语的详释

### C1 FEL 和 PEL 的区别

激光防护屏所在特定位置上的预计照射限(FEL)是激光加工机厂家在正常和合理预料故障情况下估算的最大照射。FEL 值定义为激光防护屏可用在该位置的防护照射限(PEL)的最大值。

PEL 指出激光防护屏防御入射激光辐射的能力。激光加工机厂家应该进行实验来证实激光防护屏是否合适。这可以通过直接检测、测定防护屏 PEL 或购置指定 PEL 的专用防护屏来完成。

### C2 主动防护屏参量

主动防护屏有两个主件:

- a) 一块在激光波长下高度衰减的物理隔板,对低量级的激光辐射(如漫散射辐射)起着被动激光防

护屏的作用,仅在有限(短的)时间抗住危险量级的人射辐射的穿透;

b) 一个装有传感器的安全控制系统,该器件直接或间接地(例如通过测量温度或探测激光辐射在激光防护屏某部分引起的某一其它效应)探测入射激光辐射的危害量级,然后发出终止激光发射的信号。

激光防护屏在激光加工机正常运行期间,将频繁地承受低值激光辐照度。既然防护屏不怕这种辐射,则传感器将不反应。反之,传感器仅在超过激光防护屏完整性受到威胁的阈值时才有反应。在入射激光辐射照射超过阈值和主动激光防护屏产生激光防护屏终止信号瞬间之间有一时间延迟。与此类似,在主动防护屏终止信号产生和激光辐射终止瞬间之间有一名为激光终止时间的时间延迟。

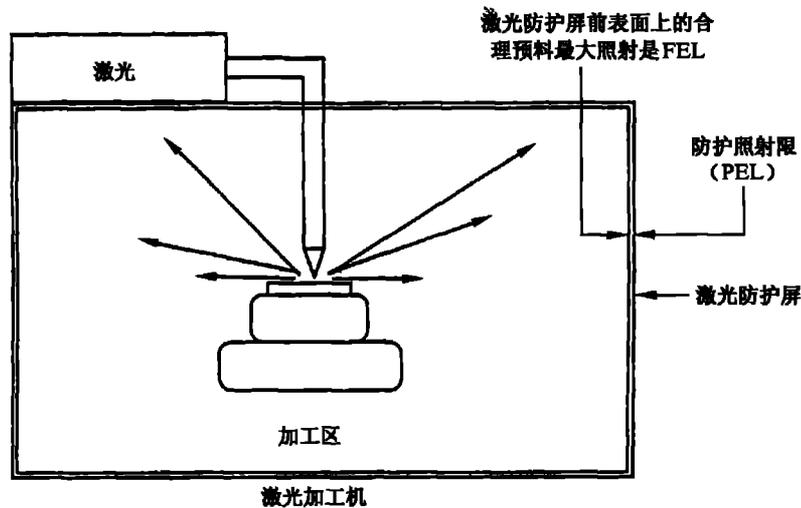


图 C1 激光加工机周围防护屏的图解

对于本标准要求来说,必不可少的是

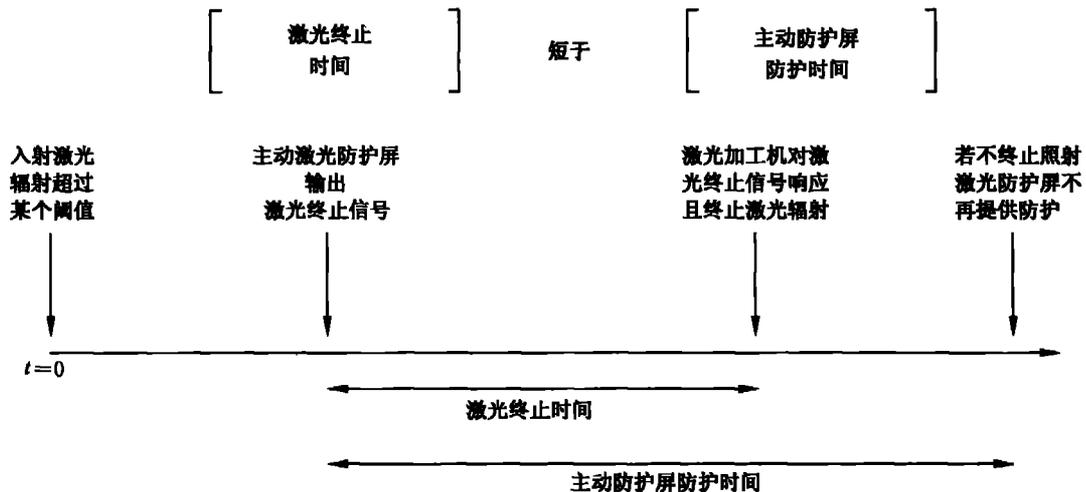


图 C2 主动激光防护屏参量图解