



中华人民共和国国家标准

GB 30863—2014

个体防护装备 眼面部防护 激光防护镜

Personal protective equipment—Eye and face protection—Laser eye-protectors

2014-07-24 发布

2015-06-01 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 要求	2
4.1 滤光片和镜架的光谱透射比	2
4.2 滤光片的可见光透射比	2
4.3 滤光片和镜架防激光辐射性能	2
4.4 滤光片和防护镜的屈光力	3
4.5 滤光片的材料和表面质量	3
4.6 滤光片和防护镜紫外辐射和高温稳定性	3
4.7 滤光片和镜架阻燃性能	4
4.8 防护镜视野	4
4.9 滤光片和镜架的结构	4
4.10 滤光片和防护镜的机械强度	4
5 试验方法	5
5.1 通则	5
5.2 滤光片和镜架的光谱透射比	6
5.3 滤光片的可见光透射比	7
5.4 滤光片和镜架防激光辐射性能	7
5.5 球镜度和柱镜度	8
5.6 滤光片和防护镜的棱镜度互差	9
5.7 滤光片的材料和表面缺陷	10
5.8 广角散射(雾度)	11
5.9 狭角散射(光漫射)	11
5.10 紫外辐射稳定性	15
5.11 高温稳定性	15
5.12 滤光片和镜架阻燃性能	15
5.13 防护镜视野	15
5.14 防护范围的测定	16
5.15 镜架	16
5.16 机械强度	16
6 产品信息	18
7 标识	19
7.1 防护镜	19
7.2 滤光片	20

附录 A (资料性附录) 激光防护镜使用指南	21
附录 B (资料性附录) 原理	25
参考文献	27

整合精简专用

前 言

本标准第4章、第6章和第7章为强制性的,其余为推荐性的。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家安全生产监督管理总局提出。

本标准由全国个体防护装备标准化技术委员会眼面部防护标准化分技术委员会(SAC/TC 112/SC 1)归口。

本标准起草单位:上海市安全生产科学研究所、大恒新纪元科技股份有限公司、中国标准化研究院、中国安全生产科学研究院、太仓市锐杰实验仪器制造有限公司。

本标准主要起草人:商景林、张斌、李嘉、王翔、杨晓红、郭德华、黄帅、郭娅、童遂放、张翼、李曼、蒋瑞靓、唐一鸣、毛志康。

整合精简版

个体防护装备 眼面部防护

激光防护镜

1 范围

本标准规定了激光防护镜的要求、试验方法、产品信息和标识。

本标准适用于防意外激光辐射(激光辐射波长在 180 nm~1 000 μm 范围内)的眼护具。

本标准不适用于:

- 直接观察激光光束的眼护具;
- 作为观察窗用于激光设备上的激光防护产品,如激光防护屏(参见 GB/T 18151);
- 光学设备(如显微镜)中的激光防护滤光片。

注:按本标准选择激光防护镜之前,宜先进行风险评估(参见附录 A)。

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/T 2410 透明塑料透光率和雾度的测定

GB 7247(所有部分) 激光产品的安全

GB/T 15313—2008 激光术语

GB/T 23461—2009 成年男性头型三维尺寸

GB/T 30042—2013 个体防护装备 眼面部防护 名词术语(ISO 4007:2012,MOD)

ISO 11664-1 色度学 第 1 部分:CIE 标准色度观测者(Colorimetry—Part 1:CIE standard colorimetric observers)

ISO 11664-2 色度学 第 2 部分:CIE 标准照明体(Colorimetry—Part 2:CIE standard illuminants)

EU 指令 2006/25/EC 工人暴露于物理因素危险中的最低健康和安全要求(Directive 2006/25/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents)

3 术语和定义

GB/T 15313—2008 和 GB/T 30042—2013 界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

滤光片特性编号 scale number

防护等级 protection level, resistance class

表示滤光片的透射比(和吸收率)特性的编号,包括一个类型代码和一个遮光号。

注 1:类型代码 L 代表激光防护滤光片;

注 2:对于激光防护滤光片而言,遮光号 N 的计算公式为: $N = \text{Int}[-\log\tau(\lambda)]$,式中 $\tau(\lambda)$ 为滤光片在激光波长处的光谱透射比,“Int”表示将一个数值向下取整为最接近的整数。实际的防护等级还要由相应产品标准中的附加要求决定。

注 3:改写 GB/T 30042—2013,定义 9.1.3。

4 要求

4.1 滤光片和镜架的光谱透射比

在防护波长处或防护波段内滤光片和镜架的最大光谱透射比不应大于表 1 中防护等级对应的值。试验按 5.2 的规定进行。

表 1 滤光片和(或)激光防护镜的防护等级
(最大光谱透射比和防激光辐射性能)

防护等级	防护波长处的最大光谱透射比 $\tau(\lambda)$	在特定波长范围内,测试激光防护镜防护效果和防激光辐射用 功率密度(E)和能量密度(H)								
		180 nm~315 nm			>315 nm~1 400 nm			>1 400 nm~1 000 μm		
		测试条件和脉冲持续时间								
		s								
		连续(D) $\geq 3 \times 10^4$	脉冲/调 Q 脉冲(I/R) $10^{-9} \sim 3 \times 10^4$	锁模(M) $< 10^{-9}$	连续(D) $> 5 \times 10^{-4}$	脉冲/调 Q 脉冲(I/R) $10^{-9} \sim 5 \times 10^{-4}$	锁模(M) $< 10^{-9}$	连续(D) > 0.1	脉冲/调 Q 脉冲(I/R) $10^{-9} \sim 0.1$	锁模(M) $< 10^{-9}$
$E_D/$ (W/m^2)	$H_{I,R}/$ (J/m^2)	$E_M/$ (W/m^2)	$E_D/$ (W/m^2)	$H_{I,R}/$ (J/m^2)	$H_M/$ (J/m^2)	$E_D/$ (W/m^2)	$H_{I,R}/$ (J/m^2)	$E_M/$ (W/m^2)		
L1	10^{-1}	0.01	3×10^2	3×10^{11}	10^2	0.05	1.5×10^{-3}	10^4	10^3	10^{12}
L2	10^{-2}	0.1	3×10^3	3×10^{12}	10^3	0.5	1.5×10^{-2}	10^5	10^4	10^{13}
L3	10^{-3}	1	3×10^4	3×10^{13}	10^4	5	0.15	10^6	10^5	10^{14}
L4	10^{-4}	10	3×10^5	3×10^{14}	10^5	50	1.5	10^7	10^6	10^{15}
L5	10^{-5}	10^2	3×10^6	3×10^{15}	10^6	5×10^2	15	10^8	10^7	10^{16}
L6	10^{-6}	10^3	3×10^7	3×10^{16}	10^7	5×10^3	1.5×10^2	10^9	10^8	10^{17}
L7	10^{-7}	10^4	3×10^8	3×10^{17}	10^8	5×10^4	1.5×10^3	10^{10}	10^9	10^{18}
L8	10^{-8}	10^5	3×10^9	3×10^{18}	10^9	5×10^5	1.5×10^4	10^{11}	10^{10}	10^{19}
L9	10^{-9}	10^6	3×10^{10}	3×10^{19}	10^{10}	5×10^6	1.5×10^5	10^{12}	10^{11}	10^{20}
L10	10^{-10}	10^7	3×10^{11}	3×10^{20}	10^{11}	5×10^7	1.5×10^6	10^{13}	10^{12}	10^{21}

注 1: 符号 D、I、R 和 M 代表不同的测试条件(激光模式),其解释见表 4。
注 2: 功率密度和能量密度参见附录 B。

4.2 滤光片的可见光透射比

以 ISO 11664-2 中规定的 D65 光源作为标准光源,滤光片的可见光透射比一般不应低于 20%。当滤光片可见光透射比低于 20%时,产品应明示该“滤光片可见光透射比低于 20%”,并提示使用者在其工作场所“提高光照强度”[见第 6 章 b)]。试验按 5.3 的规定进行。

4.3 滤光片和镜架防激光辐射性能

滤光片和镜架应满足下列要求:

- a) 滤光片和镜架应满足 4.1 的要求；
- b) 在表 1 规定的激光功率密度(E)或能量密度(H)辐射下滤光片和镜架仍具有防护功能；
- c) 不应出现任何感生透射现象；
- d) 人眼一侧的滤光片不应产生任何碎片。

试验按 5.4 的规定进行,在测试过程中,即使滤光片或镜架仍具有防护功能,但只要试样表面有融化或产生其他损坏,则均判不合格。

4.4 滤光片和防护镜的屈光力

不带矫正效果的滤光片和防护镜屈光力最大值要求见表 2。试验按 5.5 和 5.6 的规定进行。

表 2 滤光片和防护镜屈光力最大值

球镜度 m^{-1}	柱镜度 m^{-1}	棱镜度互差		
		水平方向		垂直方向 cm/m
		基底朝外 cm/m	基底朝内 cm/m	
± 0.09	0.09	0.75	0.25	0.25

4.5 滤光片的材料和表面质量

4.5.1 材料和表面缺陷

在距滤光片边缘 5 mm 以内的区域里,滤光片不应有任何影响其使用的材料缺陷或表面缺陷,例如:气泡、划伤、杂质、暗点、磨具痕迹、划痕或其他源于生产加工过程的缺陷。滤光片的任何区域不应有孔。

试验按 5.7 的规定进行。

4.5.2 散射光

滤光片的广角散射值和狭角散射值应满足下列要求:

- a) 滤光片的广角散射值即雾度不应大于 2%；
- b) 滤光片的狭角散射值即简约光亮度系数不应大于 $0.50 \text{ cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$ 。

当滤光片的可见光透射比大于或等于 20% 时,试验按 5.8 的规定进行。

当滤光片的可见光透射比小于 20% 时,试验按 5.9 的规定进行。

4.6 滤光片和防护镜紫外辐射和高温稳定性

4.6.1 紫外辐射稳定性

滤光片和防护镜经紫外辐射试验后仍应满足 4.1、4.2、4.4 和 4.5 的要求,其可见光透射比的相对变化不应大于 10%,按式(1)计算:

$$P = \left| \frac{\Delta\tau_v}{\tau_v} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

P ——可见光透射比的相对变化量;

$\Delta\tau_v$ ——可见光透射比的变化量;

τ_v ——可见光透射比。

滤光片和镜架的光谱透射比始终不应大于其防护等级对应的最大光谱透射比(见表 1)。

试验按 5.10 的规定进行。

4.6.2 高温稳定性

滤光片和防护镜经高温试验后仍应满足 4.1、4.2、4.4 和 4.5 的要求,其可见光透射比的相对变化不应大于 5%,按式(1)计算。滤光片和镜架的光谱透射比始终不应大于其防护等级对应的最大光谱透射比(见表 1)。

试验按 5.11 的规定进行。

4.7 滤光片和镜架阻燃性能

滤光片和镜架不应续燃或阴燃。试验按 5.12 的规定进行。

4.8 防护镜视野

每只眼睛在水平和垂直方向上至少 40°角范围内视野应清晰。试验按 5.13 的规定进行。

4.9 滤光片和镜架的结构

滤光片和镜架结构应符合下列要求:

- 部件配合牢固,无松动现象,金属部件不能与面部接触;
- 可调部件应灵活可靠;
- 如果防护镜的滤光片由多个独立滤光片构成,则装配这些滤光片时应保证它们之间不能互换;
- 不得替换镜架上的滤光片。除非滤光片单独具有防激光辐射性能,且其镜架的任何部分都不在防护范围内(见 4.9e)中规定的防护范围)。在这种情况下,防护镜的标识应标注在滤光片上,其镜架无须满足 4.3 的要求;
- 镜架的设计应保证激光辐射不会从防护镜的侧面进入,如满足此项要求,则当水平角度 α 从 -50° (鼻侧)~ $+90^\circ$ (太阳穴侧)之间变化时,其垂直角度 β 应在防护范围上限 β_u 和下限 β_l 之内:

- 防护范围上限 β_u 应至少为式(2):

$$\beta_u = 55 - 0.0013(\alpha - 12)^2 - 1.3 \times 10^{-6}(\alpha - 12)^4 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

α —— 防护范围的水平角度,单位为度($^\circ$);

β_u —— 防护范围上限,单位为度($^\circ$)。

- 防护范围下限 β_l 应至少为式(3):

$$\beta_l = -70 + 10^{-5}(\alpha - 22)^2 + 2.3 \times 10^{-6}(\alpha - 22)^4 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

α —— 防护范围的水平角度,单位为度($^\circ$);

β_l —— 防护范围下限,单位为度($^\circ$)。

试验按 5.14 和 5.15 的规定进行。

4.10 滤光片和防护镜的机械强度

4.10.1 滤光片

滤光片不应出现以下缺陷:

- 滤光片破损:滤光片完全裂开或者碎成两片或两片以上,或从钢球冲击的另一表面脱落大于 5 mg 的碎片,或钢球穿透镜片,则可视为滤光片已破损;
- 滤光片变形:经钢球撞击后,滤光片背面的白纸上出现斑点,则可视为变形。

试验按 5.16.1 的规定进行。

4.10.2 防护镜

防护镜不应出现以下缺陷:

- a) 滤光片破损:同 4.10.1 a);
- b) 滤光片变形:同 4.10.1 b);
- c) 防护镜框架破损:经钢球撞击后,防护镜框架分离成几个部分,或其不再具有装夹滤光片的能力,则可认为其破损。

试验按 5.16.2 的规定进行。

5 试验方法

5.1 通则

5.1.1 试验环境

除非特别说明,本标准所有试验均应在温度为 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度为 $30\%\sim 80\%$ 的室内环境中进行。

5.1.2 试验用头模

测试用头模应符合 GB/T 23461—2009 中成年男性头型三维尺寸的要求,除非特别说明,本标准测试用头模表面材质为聚氨酯,头模基体材质为金属。

5.1.3 参考点(测试用)

试验时,试样应置于佩戴位置处,如无法确定其佩戴位置且产品也未明示测试点,则应按如下方法确定测试参考点:

- a) 覆盖单眼的未装成镜片——覆盖单眼的且未装配到镜框上的单个镜片,测试参考点位于图 1 中标注的水平中心线和垂直中心线的交叉点 C(C 为矩形中心, a 为镜片矩形水平尺寸, b 为镜片矩形垂直尺寸)。
- b) 覆盖双眼的未装成镜片——覆盖双眼的且未装配到镜框上的单个镜片,测试参考点 V 位于镜片的水平中心线上,并与其垂直中心线各相距 $PD/2$ (PD 为瞳孔间距, b 为镜片高度,见图 2)。
- c) 装成镜片——装配到镜框或者是作为眼护具不可分割的装成镜片,测试参考点 V 位于佩戴位置处视线与镜片的交叉点(见图 3)。

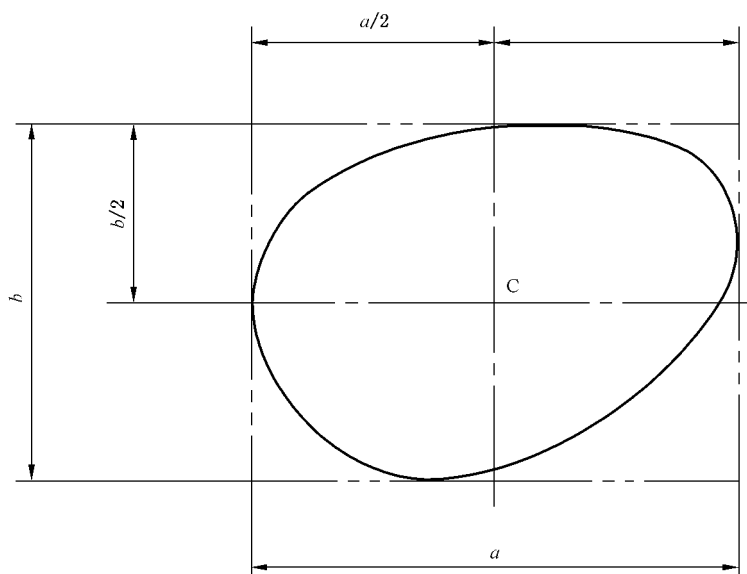


图 1 覆盖单眼的未装成镜片

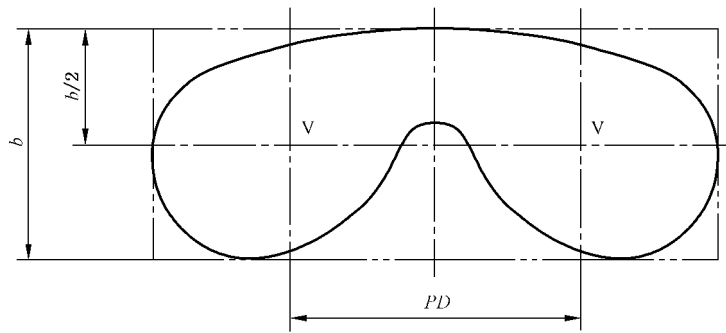


图 2 覆盖双眼的未装成镜片

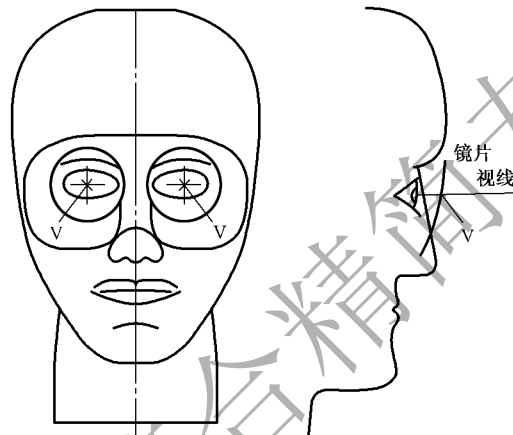


图 3 装成镜

5.2 滤光片和镜架的光谱透射比

滤光片和镜架的光谱透射比应在正入射条件下测试。但在 400 nm~1 400 nm 波长范围内,测试角度依赖性滤光片(如干涉层)的透射比时,入射光的入射角应在 0°~30°之间,入射光应采用偏振光,且其偏振方向应使透过滤光片的光谱透射比达最大。在 400 nm~1 400 nm 范围以外测试角度依赖性滤光片透射比时,入射光的入射角应在 0°~90°之间,且入射光应为偏振光,在这种情况下,滤光片防护等级应根据测试的最大光谱透射比确定。

测试仪器的光束发散角最大允许误差±5°;光谱半高宽不大于 10 nm;透射比测试最大允许相对误差见表 3。

表 3 透射比测试最大允许相对误差

透射比 %	相对误差 %
$100 > \tau \geq 17.8$	±5
$17.8 > \tau \geq 0.44$	±10
$0.44 > \tau \geq 0.023$	±15
$0.023 > \tau \geq 0.001 2$	±20
$0.001 2 > \tau \geq 0.000 023$	±30

5.3 滤光片的可见光透射比

滤光片的可见光透射比应在正入射条件下测试,光源采用 D65 标准光源,见 ISO 11664-1 和 ISO 11664-2。测试仪器的光束发散角最大允许误差 $\pm 5^\circ$;光谱半高宽不大于 10 nm;透射比测试最大允许误差见表 3。滤光片的可见光透射比按式(4)计算:

$$\tau_V = \frac{\int_{380}^{780} \tau_F(\lambda) \cdot S_{D65}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{380}^{780} S_{D65}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

式中:

λ ——波长,单位为纳米(nm);

$\tau_F(\lambda)$ ——防护镜或滤光片的光谱透射比;

$V(\lambda)$ ——明视觉光谱光视效率函数,见 GB/T 30042—2013 中表 A.2;

$S_{D65}(\lambda)$ ——CIE 标准光源 D65 的光谱分布,见 GB/T 30042—2013 中表 A.2。

5.4 滤光片和镜架防激光辐射性能

按照表 1 规定的激光辐射波长范围、功率密度和能量密度进行测试。

激光辐射测试中应测试激光器每一发射波长的光谱。当测试镜架的防激光辐射性能时,应选择镜架最薄处,如果镜架由两种或两种以上材料构成,则每种材料(头带除外)都应进行测试。

测试时,激光光束直径 d_{63} 一般应为 (1 ± 0.1) mm,而对于脉宽小于 1 ns 的激光,激光光束直径 d_{63} 则不应小于 0.5 mm;如果激光光束横截面为矩形,则取矩形的短边作为该光束的尺寸。

当测试滤光片或镜架抗脉冲激光器(I、R、M)辐射性能时,表 1 中的能量密度(H)应乘以修正系数 $N^{-1/4}$,其中 N 为 5 s 内的脉冲数。

滤光片和防护镜防激光辐射的测试时间见表 4。

表 4 滤光片和防护镜防激光辐射的测试时间

测试用激光模式	典型激光器种类	脉冲宽度 s	最少脉冲数量
D	连续激光器	5	1
I	脉冲激光器	$>10^{-6} \sim 0.25$	50
R	调 Q 脉冲激光器	$>10^{-9} \sim 10^{-6}$	50
M	锁模脉冲激光器	$<10^{-9}$	50

注:表中所示的脉宽范围是典型的激光器特性值,激光器模式 I、R 的脉宽范围之间有重叠,二者与激光器模式 D 的脉宽之间也有空白,测试时最好使用上表中所示脉宽范围的激光器。

所有激光防护滤光片和镜架都应在激光模式 D 下进行测试,且测试时间不应少于 5 s。如果没有可用的连续激光器,也可使用脉冲激光器,但其最小重复频率值 ν 不应低于 25 Hz,且测试脉冲数目不应少于 50 个脉冲。如果重复频率高于 25 Hz 的脉冲激光器也没有,则应使用最小重复频率 ν 不低于 5 Hz 的脉冲激光器进行激光模式 D 的测试,且测试脉冲数目不应少于 50 个脉冲。

如果对防脉冲激光器的产品有附加防护要求,滤光片和防护镜则应按照激光模式 I、R 或 M 中的一种模式或多种模式进行测试,且测试脉冲数目不应少于 50 个脉冲。测试时应在低重复频率(≤ 25 Hz)下进行,如果测试不能在低重复频率(≤ 25 Hz)下进行,测试用的激光能量密度应明示,且应按 7.1d) 的规定在产品上进行标注。

测试中,应使用发射初始不会形成尖峰的功率稳定的激光器,并记录所有激光模式光束的时间、空间分布,但激光模式 M 的时间分布除外。

5.5 球镜度和柱镜度

5.5.1 焦度计法

5.5.1.1 仪器

检定合格的焦度计。

5.5.1.2 试验步骤

将试样的后表面放在焦度计支座上,测试防护镜佩戴位置处或产品明示测试点的球镜度和柱镜度,如果无法确定其佩戴位置或产品未明示测试点,则应按 5.1.3 确定参考点后再测试。

5.5.2 望远镜法

5.5.2.1 仪器

仪器组成:

- 望远镜:使用标称孔径为 20 mm,放大倍率在 10 倍~30 倍之间,带有分划板且目镜可调的望远镜。
- 目标板:如图 4 所示,目标板为一个带有切割图案的黑片,将一亮度可调且带有聚光器的光源置于目标板后面,如果必要,可将光源的放大像聚焦在望远镜的物镜上。目标板的大圆环的外环直径为 (23.0 ± 0.1) mm,环孔为 (0.6 ± 0.1) mm,小圆环的内环直径为 (11.0 ± 0.1) mm,环孔为 (0.6 ± 0.1) mm。目标板中心孔的直径为 (0.6 ± 0.1) mm。长条靶的标称长度为 20 mm,宽为 2 mm,间隔为 2 mm。
- 滤光片:为了减小色差,可以使用在绿光光谱部分具有峰值透射比的滤光片。
- 校准片:使用球镜度为 0.06 m^{-1} , 0.12 m^{-1} 和 0.25 m^{-1} (允差为 $\pm 0.01 \text{ m}^{-1}$) 的正、负校验镜片。



图 4 目标板

5.5.2.2 试验步骤

试验按如下步骤进行:

- 将望远镜和被照明的目标板放置于同轴且相距 (4.60 ± 0.02) m 处;
- 调节望远镜,对分划板和目标板进行聚焦,直到获得清晰的目标板的像,该位置为望远镜调焦

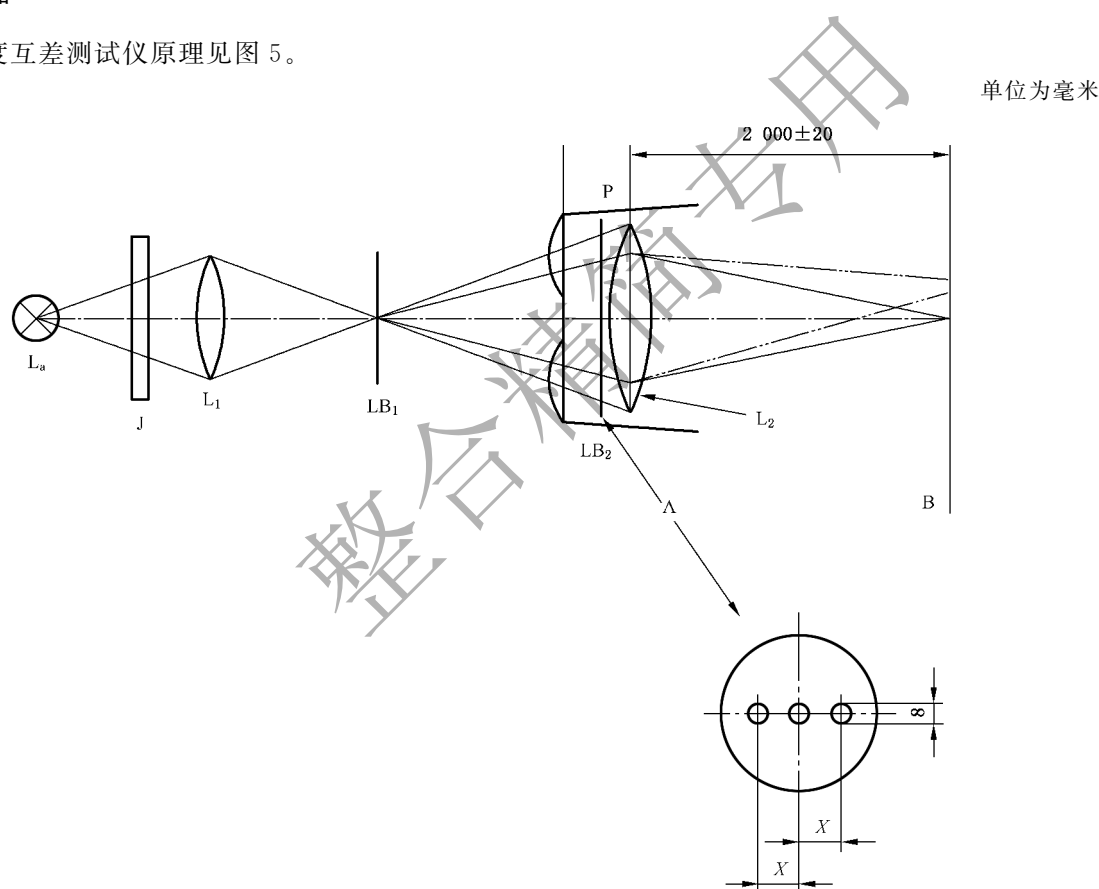
刻度的零位。调节望远镜,使目标板的中心孔成像在十字分划板的中心,该位置为棱镜刻度的零位;

- c) 把镜片放在望远镜前面,测试防护镜佩戴位置处或产品明示测试点的球镜度、柱镜度和棱镜度,如果无法确定其佩戴位置或产品未明示测试点,则应按 5.1.3 确定其参考点后再测试;
- d) 转动目标板或者试样,使试样的主子午面对齐目标板的长条靶。望远镜先对其中一组长条靶聚焦(测试值为 D_1),然后对与其垂直的另一组长条靶聚焦(测试值为 D_2)。两次测试结果的平均值 $[(D_1 + D_2)/2]$ 即为球镜度,两次测试结果之差的绝对值 $|D_1 - D_2|$ 即为柱镜度。

5.6 滤光片和防护镜的棱镜度互差

5.6.1 仪器

棱镜度互差测试仪原理见图 5。



说明:

- L_a ——光源,例如,小型白炽灯或波长为 (600 ± 70) nm 的激光;
- J ——在绿光区具有峰值透射比的干涉滤光片(仅在使用小型白炽灯作为光源时需要);
- L_1 ——消色差透镜,焦距范围在 20 mm~50 mm;
- LB_1 ——光阑,标称直径为 1 mm;
- P ——试样;
- LB_2 ——光阑,具体要求如 A 所示;
- L_2 ——消色差透镜,标称焦距为 1 000 mm,标称直径为 75 mm;
- B ——像屏;
- X —— $PD/2$ (PD 为头模的瞳孔间距)。

注:一般成年男性的瞳孔间距为 64 mm。

图 5 棱镜度互差测试仪

5.6.2 试验步骤

测试试样佩戴位置处或产品明示测试点的棱镜度,如果无法确定其佩戴位置或产品未明示测试点,则应按 5.1.3 确定其参考测试点后再测试。试验按如下步骤进行:

- 在未放入试样(P)之前,调整被光源照明的光阑 LB_1 ,使其在像屏 B 上成一个像;
- 将试样放在头模的佩戴位置处,并置于透镜 L_2 之前;
- 调节试样以满足镜片与测试系统的光轴垂直;
- 测试两镜片所成的像之间在垂直和水平方向的位移。

测得的位移距离以厘米为单位,除以 2 以后即可得到以棱镜度($\text{cm}/\text{m}, \Delta$)为单位的水平和垂直方向上的棱镜度互差。

如果通过左右眼的光束发生交叉,称为棱镜度底朝内,如果光束未发生交叉,称为棱镜度底朝外。

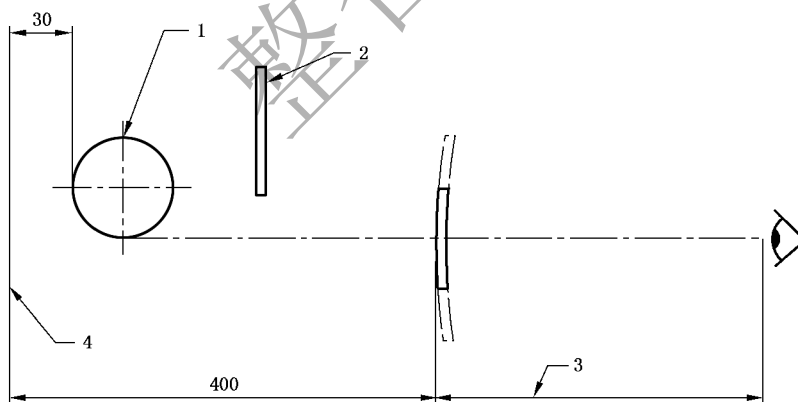
5.7 滤光片的材料和表面缺陷

5.7.1 仪器

对材料和表面质量的检测一般借助“灯箱”或被照明的网格进行目视检查。

目前常用的一种方法是将滤光片放置于人眼和被照明的网格背景之间,通过改变人眼和镜片之间的距离,目测滤光片材料和表面质量。另一种方法是用暗箱内的日光灯照亮滤光片,通过调节滤光片和日光灯之间的不透明遮光板来照亮滤光片,同时避免光源的光直射人眼,然后目测滤光片材料和表面质量,仪器原理见图 6。

单位为毫米



说明:

- 光源;
- 可调节不透明遮光板;
- 明视视距($\approx 300 \text{ mm}$);
- 黑色无反光背景($200 \text{ mm} \times 360 \text{ mm}$)。

图 6 材料和表面缺陷试验原理图

5.7.2 试验步骤

人眼距离暗箱背景约 700 mm 处,打开暗箱内的日光灯并将待检测滤光片置于距离暗箱背景 400 mm 处,调节滤光片和日光灯之间的不透明遮光板,以获取滤光片达到最佳亮度,同时遮住光源的光直射到人眼,然后目测滤光片边缘 5 mm 以内区域的材料和表面质量。

如对材料和表面缺陷的检测结果有异议,可用标称直径为 5 mm 的光束照射有异议的区域,测量其可见光透射比(见 5.3)、屈光力(见 5.5 和 5.6)和散射光(见 5.8 和 5.9)。

注:仔细检查表面涂覆或镀制有薄膜的滤光片,因其表面缺陷(划痕和针孔)可能影响防护镜对激光辐射的防护性能。

5.8 广角散射(雾度)

试验按 GB/T 2410 的规定进行。

5.9 狭角散射(光漫射)

5.9.1 原理

如果用光亮度(L_s)来表示被照亮镜片的漫射, E 表示入射到滤光片上的光照度,则 L_s 是与 E 成正比的,其比例系数即为光亮度系数 $l=L_s/E$,光亮度系数 l 的单位为 $[\text{cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})]$ 。为了得到与滤光片透射比无关的简约光亮度系数 l^* ,需要将亮度系数再除以透射比 τ ,即式(5):

$$l^* = \frac{L_s}{\tau E} = \frac{l}{\tau} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

l^* ——简约光亮度系数,单位为坎德拉每平方米勒克斯 $[\text{cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})]$;

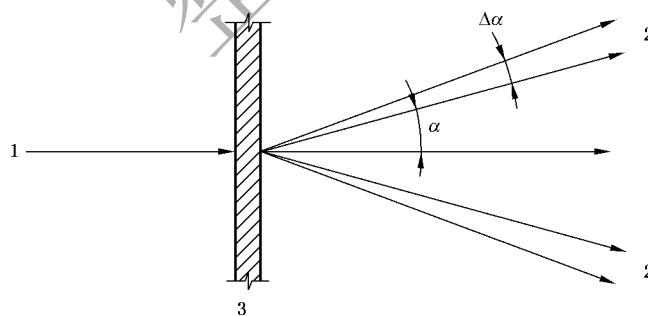
l ——光亮度系数,单位为坎德拉每平方米勒克斯 $[\text{cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})]$;

L_s ——光亮度,单位为坎德拉每平方米 (cd/m^2) ;

E ——光照度,单位为勒克斯 (lx) ;

τ ——透射比。

多数滤光片的光散射特性都是与其光轴对称的,对这些滤光片而言,通过测量图 7 中两个圆锥体之间散射光即可得到简约光亮度系数的平均值,显然,简约光亮度系数的平均值是与 α 和 $\Delta\alpha$ 相关的。



说明:

1 ——沿入射光轴的入射光;

2 ——散射光;

3 ——滤光片;

α ——确定散射光测量区域时的基准圆锥角;

$\Delta\alpha$ ——确定散射光测量区域时的圆锥角增量。

图 7 散射角

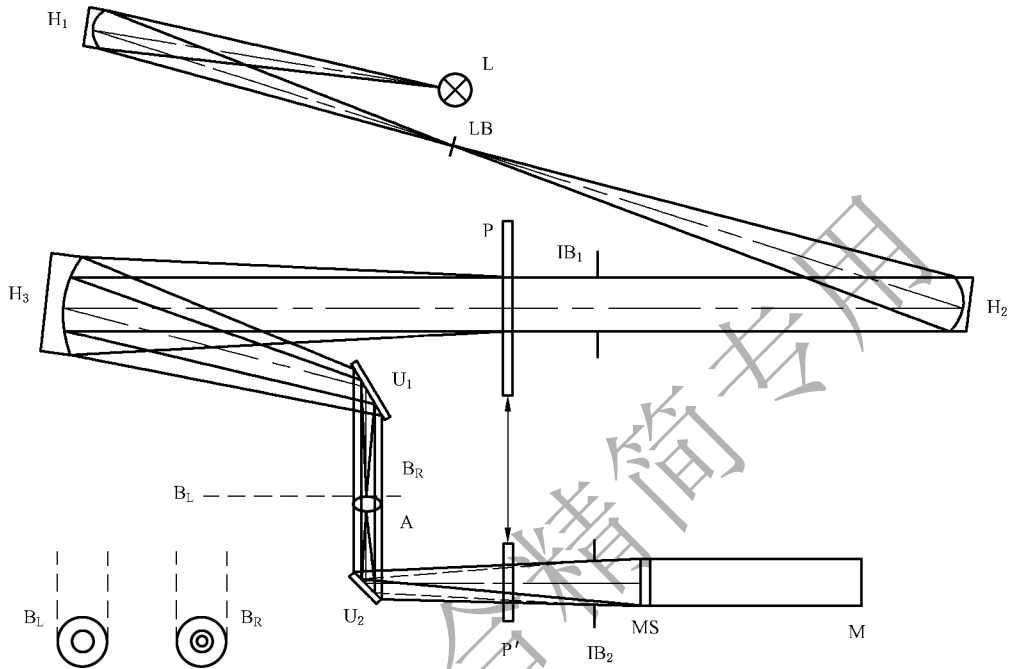
5.9.2 通则

基于 5.9.1 中的原理,5.9.3 和 5.9.4 规定的方法皆可用来测试滤光片的简约光亮度系数,且这两种方法测得的结果是等效的。如果滤光片的光谱透射比太低而不能按 5.9.3 规定的方法进行试验,则应按 5.9.4 的规定进行。

5.9.3 基本方法

5.9.3.1 仪器

漫射光测试仪,原理见图 8。



说明:

- L —— 高压汞灯;
- H₁ —— 凹球面镜,标称焦距 150 mm,标称直径 40 mm;
- H₂ —— 凹球面镜,标称焦距 300 mm,标称直径 40 mm;
- H₃ —— 凹球面镜,标称焦距 300 mm,标称直径 70 mm;
- A —— 消色差透镜,标称焦距 200 mm,标称直径 30 mm;
- U₁,U₂ —— 平面镜;
- B_R —— 环形光阑,外圈直径(21.0±0.1)mm,内圈直径(15.75±0.10)mm;
- B_L —— 圆形光阑,通光直径(7.5±0.1)mm;
- M —— 根据明视觉光谱光视效率函数 V(λ)修正过的光电探测器;
- IB₁ —— 调节测量区域直径的束光光阑;
- IB₂ —— 消除来自 IB₁ 边缘效应的束光光阑;
- LB —— 圆形光阑,通光直径(1.0±0.1)mm;
- MS —— 漫射屏幕;
- P、P' —— 待测试样位置。

图 8 漫射光测试仪(基本方法)

凹球面镜 H₁ 将光源 L 的像成在圆形光阑 LB 上,凹球面镜 H₃ 将光阑 LB 的像成在 B_L 或 B_R 的平面上,消色差透镜 A 紧贴 B_L 或 B_R 光阑后面放置,使 P 处被测试样的缩小像成在漫射屏 MS 上,同时,可变光阑 IB₁ 的像和 IB₂ 的像也成在 MS 上。

该测试仪收集了所有通过镜片且与入射光轴夹角在 $\alpha = 1.5^\circ$ 和 $\alpha + \Delta\alpha = 2^\circ$ 之间的散射光。环形光阑直径的测量误差不应超过 0.01 mm,以保证立体角 ω 精确的测定,由光阑直径而导致的误差应在计算中予以修正。

5.9.3.2 试验步骤

测试时,先将试样置于图 8 中的 P 位置,同时选用 B_L 圆形光阑,光电探测器上得到的光通量 Φ_{1L} 对应于透过试样的非散射光光通量。然后将 B_L 圆形光阑换成 B_R 环形光阑,光电探测器检测到由试样和装置共同引起的散射光光通量 Φ_{1R} 。最后将试样置于 P' 位置,光电探测器检测到仅由装置引起的散射光光通量 Φ_{2R} 。差值($\Phi_{1R} - \Phi_{2R}$)则表示通过被测试样所产生的散射光,立体角 ω 内的平均简约光亮度系数见式(6):

$$l^* = \frac{1}{\omega} \times \frac{\Phi_{1R} - \Phi_{2R}}{\Phi_{1L}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

l^* ——简约光亮度系数,单位为坎德拉每平方米勒克斯[$\text{cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$];

Φ_{1R} ——试样在 P 位置时环形光阑的光通量,单位为流明(lm);

Φ_{2R} ——试样在 P' 位置时环形光阑的光通量,单位为流明(lm);

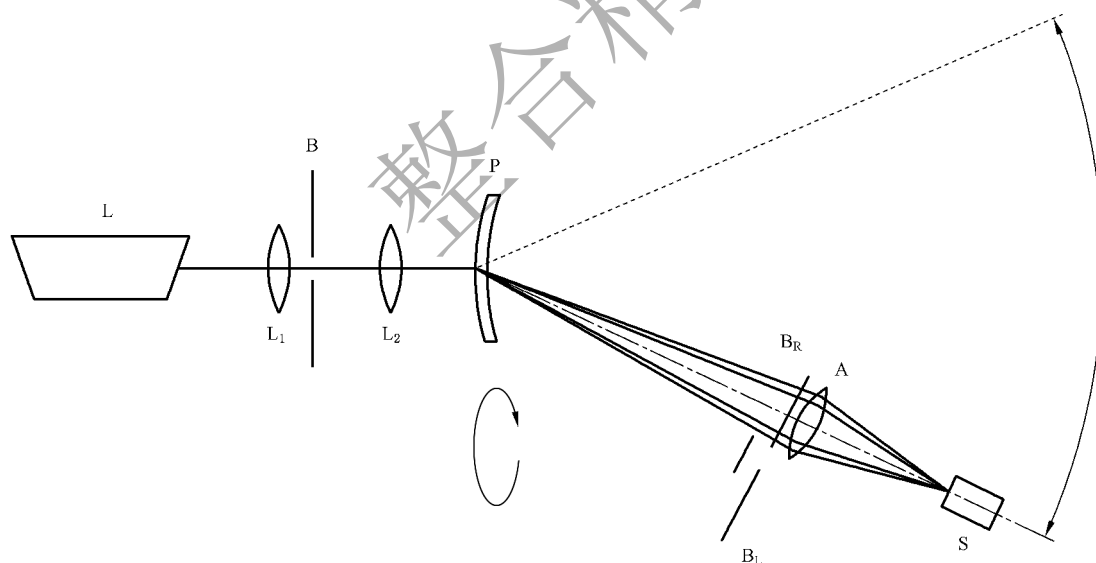
Φ_{1L} ——试样在 P 位置时圆形光阑的光通量,单位为流明(lm);

ω ——根据环形光阑测定的立体角,单位为球面度(sr)。

5.9.4 简化方法

5.9.4.1 仪器

漫射光测试仪,原理见图 9。



说明:

L ——波长为(600±70)nm 的激光光源;

注:推荐使用 2 类激光产品,功率小于 1 mW,光束直径在 0.6 mm~1.0 mm 之间。

L_1 ——标称焦距为 10 mm 的透镜;

L_2 ——标称焦距为 30 mm 的透镜;

B ——圆形光阑(孔径为 0.1 mm,可产生均匀的光束);

P ——试样;

B_R ——环形光阑,外圈直径(28.0±0.1)mm,内圈直径(21.0±0.1)mm;

B_L ——圆形光阑,通光直径 10 mm;

A ——标称直径为 30 mm 和标称焦距为 200 mm 的透镜;

S ——探测器。

图 9 漫射光测试仪(简化方法)

使用透镜 L_1 和 L_2 将激光(L)的光束进行扩展并准直于滤光片(P)的测试点,滤光片(P)能够绕光轴旋转。

滤光片测试点处光束的偏离程度是滤光片棱镜度的函数。

圆形或环形光阑应距离滤光片中心点 (400 ± 2) mm。

透镜(A)将滤光片中心的像成在光电探测器(S)上。

测试仪的光阑(B_R 、 B_L)、透镜和探测器应能绕与滤光片中心垂直的轴线旋转。

如果滤光片有矫正效果,为了消除滤光片的棱镜效应,滤光片和探测器应能在中轴上转动。

环形光阑直径的测量误差不应超过 0.01 mm,以保证立体角 ω 精确的测定,由光阑直径而导致的误差应在计算中予以修正。

5.9.4.2 试验步骤

5.9.4.2.1 仪器的简约光亮度系数

仪器的简约光亮度系数按如下步骤进行试验:

- a) 按图 9 的方式搭建测试仪,P 处不放待测试样;
- b) 将环形光阑 B_R 放置于图示位置处;
- c) 以 P 为中心水平旋转探测器 S、透镜 A 和环形光阑 B_R ,直到通过 L_1 、 L_2 和 B 的扩展光束与环形光阑 B_R 的中心在一条直线上;
- d) 探测器 S 上测得的光通量 Φ_{1R} 对应于总散射光光通量;
- e) 将 B_R 环形光阑换成 B_L 圆形光阑;
- f) 探测器 S 上测得的光通量 Φ_{1L} 对应于总的非散射光光通量。
- g) 由仪器产生的简约光亮度系数按式(7)计算:

$$l_a^* = \frac{1}{\omega} \times \frac{\Phi_{1R}}{\Phi_{1L}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- Φ_{1R} ——无试样时环形光阑 B_R 的光通量,单位为流明(lm);
- Φ_{1L} ——无试样时圆形光阑 B_L 的光通量,单位为流明(lm);
- ω ——由环形光阑 B_R 测定的立体角,单位为球面度(sr)。

5.9.4.2.2 总简约光亮度系数

由滤光片和仪器共同产生的总简约光亮度系数按如下步骤进行试验:

- a) 将待测滤光片放置于 P 处(见图 9);
- b) 重复 5.9.4.2.1 中的过程并旋转滤光片,直到由滤光片而导致的棱镜偏离水平为止;
- c) 旋转仪器的探测器部分,直到光束落在 B_R 环形光阑的中心处;
- d) 由滤光片和装置产生的总简约光亮度系数按式(8)计算:

$$l_g^* = \frac{1}{\omega} \times \frac{\Phi_{2R}}{\Phi_{2L}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- Φ_{2R} ——有试样时环形光阑 B_R 的光通量,单位为流明(lm);
- Φ_{2L} ——有试样时圆形光阑 B_L 的光通量,单位为流明(lm);
- ω ——由环形光阑 B_R 测定的立体角,单位为球面度(sr)。

5.9.4.2.3 滤光片的简约光亮度系数

由滤光片产生的简约光亮度系数按式(9)计算:

$$l^* = l_g^* - l_a^* \dots\dots\dots (9)$$

5.10 紫外辐射稳定性

5.10.1 仪器

紫外线照射箱内应设计合理,保证试样表面与紫外线照射方向垂直,且试样不触及箱体的内壁。

紫外线照射源应为高压汞灯,在工作状态下,灯内汞气的压强应稳定在 100 kPa 左右。高压汞灯的功率宜选择在 400 W~500 W 之间。高压汞灯的外罩应为石英玻璃,其在 200 nm 处的透射率不小于 30%。

5.10.2 照射时间与距离

试样在紫外照射箱里的曝光时间应为 (48.0 ± 0.5) h,试样表面与高压汞灯的距离按式(10)计算:

$$D = 15.7 \sqrt{P} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

D ——试样表面与高压汞灯的距离,单位为毫米(mm);

P ——高压汞灯的功率,单位为瓦(W)。

示例:

当高压汞灯的功率为 500 W 时,试样表面与高压汞灯的距离为 351 mm。

5.10.3 试验步骤

将试样的表面与高压汞灯的辐射方向垂直放置,试样表面到高压汞灯的距离按式(10)计算。如果照射试样的厚度不均匀,则将试样较薄处朝向高压汞灯放置。

5.11 高温稳定性

滤光片和防护镜应置于温度 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和相对湿度大于 60%的环境下至少 7 h,然后再置于室温下至少 2 h。

5.12 滤光片和镜架阻燃性能

5.12.1 仪器

试验仪器包括:

- 长 (300 ± 3) mm、直径为 6 mm 的钢棒,底部为平面且垂直于钢棒的轴向;
- 热源;
- 热电偶温度计及显示装置;
- 计时器,最大允许误差 ± 0.1 s。

5.12.2 试验步骤

将钢棒的一端加热,至少有 50 mm 长度的钢棒应达到 $(650 \pm 20)^\circ\text{C}$,测温点距离钢棒加热端 (20 ± 1) mm。将钢棒与试样表面垂直接触且不施加外力,持续 (5.0 ± 0.5) s 后移去钢棒。

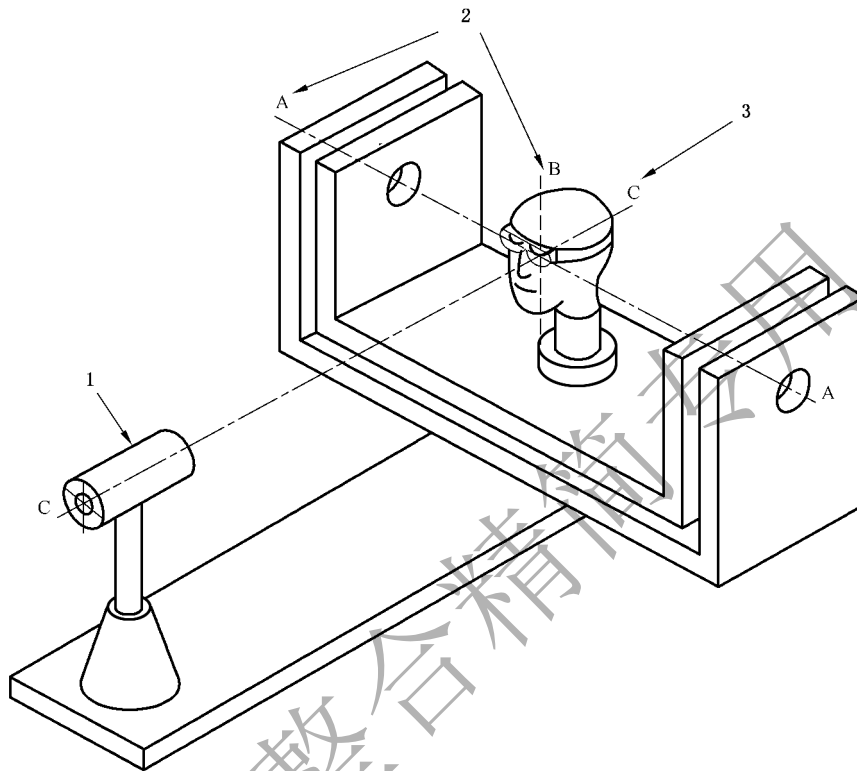
移除钢棒后观察试样是否有续燃或阴燃现象。

除弹性头带和边缘的织物外,防护镜的所有外露部分都应做此项试验。

5.13 防护镜视野

将未装配滤光片的防护镜按正常使用的位置戴于头模上,同时,使旋转轴 A、B 和光轴 C 的交点位

于头模左眼或右眼中心点处,如图 10 所示。激光光束直径不应大于 (1.0 ± 0.5) mm,且激光应沿光轴 C 入射。将测试装置绕 A 轴旋转,当激光光束照射不到眼睛时的角度差为垂直视野。将测试装置绕 B 轴顺时针旋转,当激光光束照射不到眼睛时光轴 C 与头模左眼或右眼水平视线的夹角为水平视野的一半。



说明:

- 1——激光器;
- 2——旋转轴 A 和 B;
- 3——光轴 C。

图 10 视野测试装置

5.14 防护范围的测定

采用 5.13 中所示装置(见图 10),防护镜应至少覆盖 β_0 和 β_1 规定的范围。

5.15 镜架

通过目视检查和手动检查的方式检查滤光片是否可替换。

试验按 5.13 规定的方法进行,当测试装置的旋转轴 A、B 与 C 轴相互垂直时, α 和 β 的值应为零。

5.16 机械强度

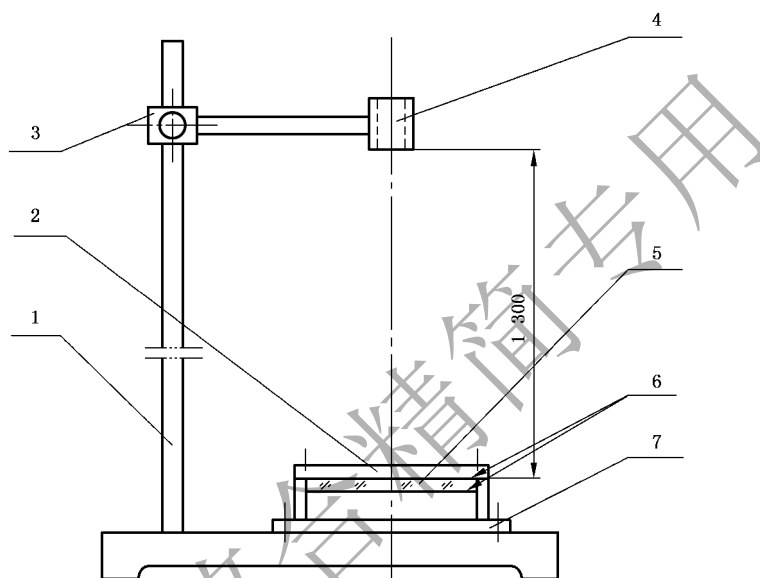
5.16.1 滤光片

5.16.1.1 仪器

试验仪器见图 11。基本结构可分上下两个部分,上半部是标高柱,与标高柱连接的部分是定位尺,

并可任意调节,上下自由滑动。所需高度可用固定螺栓定位,定位尺的外端有一钢球投放孔,孔中心的正上方固定一准直激光,用于对准钢球投放孔的中心与基座上滤光片的中心。下半部分为试样基座,有钢制圆筒和压圈组成,圆筒的内径比待测滤光片的直径小约 5 mm,压圈的质量约为 250 g,其内径与圆筒的内径相同,外径略大于圆筒。待测滤光片的上、下两个表面各放有一厚度约为 3 mm,国际橡胶硬度为 (40 ± 5) 的橡胶垫圈,其内径与圆筒相同。对于有曲率的滤光片,则圆筒和压圈的曲率应分别与镜片的凹凸面相符。

单位为毫米



说明:

- 1——标高柱;
- 2——压圈;
- 3——定位支架;
- 4——钢球投放孔;
- 5——滤光片;
- 6——橡胶垫圈;
- 7——试样基座。

图 11 抗冲击性能试验仪器(滤光片)

5.16.1.2 试验步骤

把垫有橡胶垫圈的滤光片安放在圆筒上,把一张白纸和复写纸衬于滤光片下,复写纸位于滤光片一侧,再用压圈和螺栓固定滤光片的位置。调节装置到所需高度,激光发射的光斑投影到滤光片中心位置,然后,不施加任何动能,使一直径为 22 mm,重约 45 g 的钢球从 1.3 m 高处垂直下落到待测滤光片上。钢球撞击点:以 5.1.3 确定的参考点为中心,半径为 10 mm 的圆形区域。

冲击试验在分别进行下述条件预处理后实施:

- a) 试样加热到 $(55\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 并至少保温 1 h;
- b) 试样冷却到 $(-5\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 并至少保温 1 h。

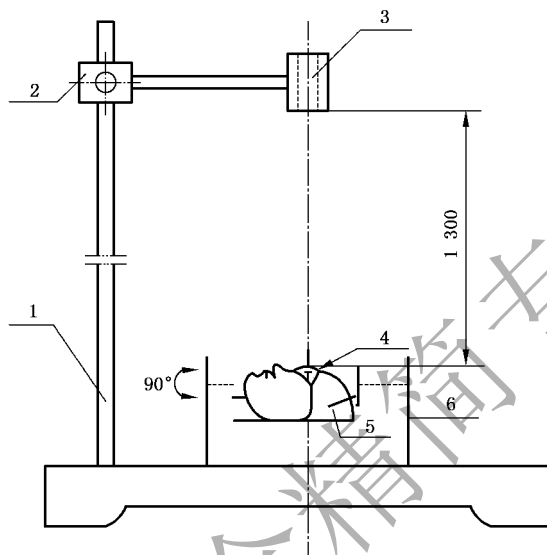
每次冲击试验和每种预处理条件下均应使用新的试样,试验应在完成保温后 30 s 内实施。

5.16.2 防护镜

5.16.2.1 仪器

试验仪器见图 12。基本结构可分为上下两个部分。上半部分同 5.16.1.1 中仪器的上半部分；下半部分为装配有头模的基座。头模可绕基座一水平轴旋转 90°。

单位为毫米



说明：

- 1——标高柱；
- 2——定位支架；
- 3——钢球投放孔；
- 4——防护镜；
- 5——头模；
- 6——装配有头模的基座。

图 12 抗冲击性能试验仪器(防护镜)

5.16.2.2 试验步骤

将待测试样按正常使用的位置戴在头模上。头模和试样间插入一张白纸和复写纸,白纸在头模一方,复写纸在滤光片一方,钢球投放点在试样的正上方,钢球撞击点:以 5.1.3 确定的参考点为中心,半径为 10 mm 的圆形区域。如试样带有侧面保护,则还应对其侧护板进行冲击试验,钢球撞击点:以头模眼外角点为中心,半径为 10 mm 的圆形侧面保护区域。

冲击试验在分别进行下述条件预处理后实施:

- a) 试样加热到 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ 并至少保温 1 h;
- b) 试样冷却到 $(-5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 并至少保温 1 h。

每次冲击试验和每种预处理条件下均应使用新的试样,试验应在完成保温后 30 s 内实施。

6 产品信息

产品应至少提供如下信息:

- a) 可见光透射比;

- b) 如果防护镜的可见光透射比低于 20%，应明确标示该信息并建议用户提高工作区域的光照强度；
- c) 如果滤光片是有色镜片，应警示用户其在辨识报警灯或报警信号时可能会受到影响；
- d) 应注明该类防护镜只适用于意外激光辐射的防护，极限值和防激光辐射性能的测试都是在最长周期 5 s 下完成的；
- e) 应有如下类似的警示语：“当激光防护镜已损坏、镜片有划痕或镜片颜色已变化时，禁止使用该防护镜”；
- f) 应对标识符号进行解释或说明；
- g) 应有可适用的清洁防护镜的方法；
- h) 如果滤光片为角度依赖性滤光片即滤光片的透射比随入射光角度的变化而变化，则应注明入射光在 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 范围以内入射时防护是有效的；
- i) 应注明时效期；
- j) 说明书应包含如下风险警示语：“注意由反射部件(包括防护镜)、光学元件的倾斜或偏移而造成的激光辐射”；
- k) 说明书应包含如下建议：“处于激光辐射风险区域的所有工作人员宜佩戴合适的激光防护镜”；
- l) 应提供防护镜的透射比曲线。

7 标识

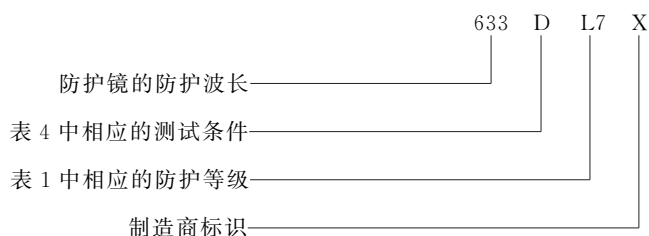
7.1 防护镜

应在镜架、滤光片、标签、产品最小包装或四者任意组合的方式提供如下信息：

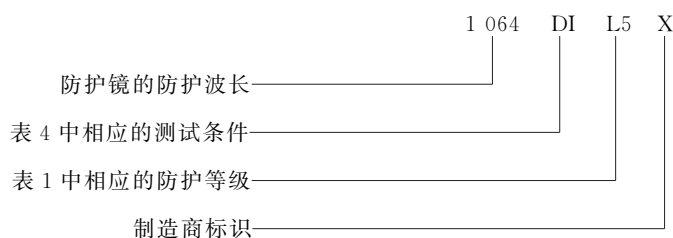
- a) 滤光片防护波长或波长范围[以纳米(nm)为单位]；
- b) 测试条件(激光模式)符号(见表 4)；
- c) 防护等级。如果滤光片可对一个或多个光谱范围起到防护作用，应标注各个光谱范围的最小防护等级；
- d) 如果防护镜未使用低重复频率(≤ 25 Hz)进行测试，字母 Y 应加在防护等级的后面，例如：RL5Y；
- e) 制造商的标识；
- f) 生产日期。

滤光片上的标识不应影响视觉和防护功能。

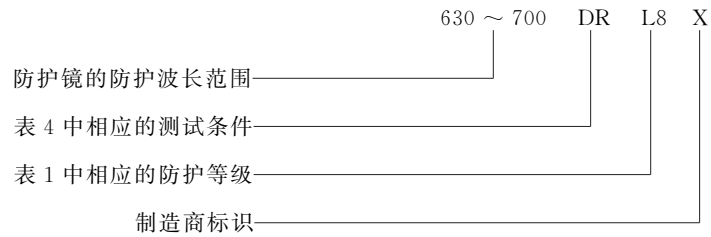
示例 1：



示例 2：



示例 3:



如果一个激光防护镜有多个标识,所有这些标识都应标出。或者制造商标识和认证标识只标注一次,而其他标识应以“+”分开。

示例 4:

如果一个滤光片或镜框可以防护多个波长,防护标识会比较长,在这种情况下可按如下方式标出:

10 600 D L3+IR L4

1 064 DI L8+R L9

633 D L4+IR L5

X

上述符号的意义与示例 1、2、3 中的相同。

7.2 滤光片

由于激光防护镜中的滤光片不允许替换,因此,当整个防护镜已有标识,单个滤光片就不必分别标识。

作为装置和设备中可视窗的滤光片应根据 7.1 标注。

附 录 A
(资料性附录)
激光防护镜使用指南

A.1 概述

基于特定的激光类型和工作环境,本附录介绍了激光防护镜的选择和使用指南。

在选择激光防护镜之前,首先宜进行风险评估,并采用工程技术和管理控制措施将风险降到最低,这些控制措施和方法可见 GB 7247 或相关国家法律法规。

宜选择能够承受总照射时间的滤光片作为可视窗口的滤光片。

A.2 激光器的工作模式

根据激光器的照射时间和脉冲宽度可将激光器分为不同的类型,符号 D、I、R、和 M 的含义见表 4。

A.3 滤光片防护等级的测定

A.3.1 概述

在本附录功率密度或能量密度的计算中,宜采用实际光束面积(即为包含 63% 的激光功率和能量所对应的最小圆面积)进行计算。对非圆形光束,宜采用包含 63% 的激光功率和能量所对应的最小矩形面积。

防护等级是根据不同激光模式 D、I、R 和 M 来测定。对脉冲激光而言,脉冲模式 I、R 或 M 对应一个防护等级,模式 D 也对应一个防护等级。对于上述两种不同模式的防护可分别使用其对应的防护等级,或使用其中最大的防护等级。

如果不采用直径为 1 mm 的光束(测试激光辐射防护能力的直径)来确定相应滤光片的防护等级,根据防护滤光片的基底材质,表 1 中的功率密度和能量密度宜乘以式(A.1)(玻璃材质的滤光片)或式(A.2)(塑料材质的滤光片):

$$F(d) = d^{1.1693} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$F(d)$ ——功率密度和能量密度的修正系数;

d ——光束直径,单位为毫米(mm)。

$$F(d) = d^{1.2233} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$F(d)$ ——功率密度和能量密度的修正系数;

d ——光束直径,单位为毫米(mm)。

注:由于散热,对激光辐射的防护能力不仅与功率和能量密度有关,还与激光辐射面的直径有关。

A.3.2 连续激光模式(D)

此类激光器的光束功率密度 E 按式(A.3)计算:

$$E = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

E —— 光束功率密度,单位为瓦每平方米(W/m^2);

P —— 光束功率,单位为瓦(W);

A —— 光束面积,单位为平方米(m^2)。

根据表 1 中的 D 列可以导出对应激光波长所需的防护等级,此类激光模式的符号为 D。

A.3.3 脉冲激光模式(I,R),脉冲宽度大于或等于 10^{-9} s

A.3.3.1 概述

脉冲激光模式(I,R)防护等级的确定主要采用两种方法:脉冲方法和平均功率方法,具体计算方法参见 A.3.3.2 和 A.3.3.3。用脉冲方法计算的防护等级对应激光模式 I 或 R(与激光的脉冲宽度有关),平均功率方法计算出的防护等级对应激光模式 D。

A.3.3.2 脉冲方法的计算

激光光束的能量密度 H 按式(A.4)计算:

$$H = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

H —— 光束能量密度,单位为焦耳每平方米(J/m^2);

Q —— 脉冲能量,单位为焦耳(J);

A —— 光束面积,单位为平方米(m^2)。

对于波长范围在 400 nm~ 10^6 nm 的激光器,脉冲宽度小于 0.25 s,脉冲重复频率 ν 大于 1 Hz,其能量密度按式(A.5)计算。

$$H' = H \times k \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

H' —— 修正后的光束能量密度,单位为焦耳每平方米(J/m^2);

H —— 光束能量密度,单位为焦耳每平方米(J/m^2);

k —— 修正系数。

其中, k 按式(A.6)计算:

$$k = N^{1/4} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

k —— 修正系数;

N —— 在照射时间 $T=5$ s 内的激光脉冲数。

用 H 和 H' 二者中的最大值,根据表 1 中的防护波长和 I 或 R 列则可找出对应的防护等级。对于激光脉冲宽度小于 10^{-6} s 时,用符号 R 表示,其他情况则用符号 I 表示。如果脉冲宽度大于表 1 表头中标示的范围时,不能使用 I 对应的防护等级,应根据 A.3.3.3 算出激光模式 D 对应的防护等级。

如果 ν 为激光器的重复频率,则对于照射时间所对应的总脉冲数按式(A.7)计算:

$$N = \nu \times T \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

N —— 激光脉冲数;

ν —— 激光器的重复频率,单位为赫兹(Hz);

T —— 照射时间, $T=5$ s。

而修正系数 k 则由式(A.6)计算。

如果连续的两个脉冲的时间间隔($\delta T = 1/\nu$)大于表 A.1 给出的与波长有关的周期 T_i 时,应使用式(A.7)计算。如果脉冲时间间隔低于 T_i 时,在 T_i 时间内所有的单个脉冲能量都要考虑,最大重复频率 ν_{\max} 为 T_i 的倒数。在此情况下,单个激光脉冲的能量的修正系数分别使用 k 和附加系数 k_{T_i} , k_{T_i} 要计算时间周期 T_i 内的所有脉冲数。

表 A.1 低于时间周期 T_i 内的所有单个脉冲能量都要计算, 利用式(A.6)计算最大重复频率 $\nu_{\max} = 1/T_i$

λ/nm	T_i/s	ν_{\max}/Hz
$400 \leq \lambda < 1\ 050$	18×10^{-6}	55.56×10^3
$1\ 050 \leq \lambda < 1\ 400$	50×10^{-6}	20×10^3
$1\ 400 \leq \lambda < 1\ 500$	10^{-3}	10^3
$1\ 500 \leq \lambda < 1\ 800$	10	0.1
$1\ 800 \leq \lambda < 2\ 600$	10^{-3}	10^3
$2\ 600 \leq \lambda < 10^6$	10^{-7}	10^7

A.3.3.3 平均功率方法的计算

激光光束的平均功率密度 E_m 按式(A.8)计算:

$$E_m = \frac{P_m}{A} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

- E_m —— 激光光束的平均功率密度,单位为瓦每平方米(W/m^2);
- P_m —— 激光功率,单位为瓦(W);
- A —— 光束面积,单位为平方米(m^2)。

或者,如果仅知道单个脉冲能量,则按式(A.9)计算:

$$E_m = \frac{Q \times (N/T)}{A} \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

- E_m —— 平均功率密度,单位为瓦每平方米(W/m^2);
- Q —— 脉冲能量,单位为焦耳(J);
- N —— 激光脉冲数;
- T —— $T = 5\ \text{s}$;
- A —— 光束面积,单位为平方米(m^2)。

其中, N 为照射时间内的脉冲数, Q 为单个脉冲能量。对于规则脉冲的激光器,($N/5\ \text{s}$)则是根据式(A.7)得出的激光重复频率。

其防护波长对应的防护等级则可以从表 1 中 D 列导出,激光模式符号为 D。

A.3.4 锁模脉冲激光模式(M),脉冲宽度小于 $10^{-9}\ \text{s}$

A.3.4.1 概述

锁模脉冲激光模式(M)防护等级的确定主要采用两种方法:脉冲方法和平均功率方法,具体计算方法参见 A.3.4.2 和 A.3.4.3。用脉冲方法计算的防护等级对应激光模式 M,平均功率方法计算出的防护等级对应激光模式 D。

A.3.4.2 脉冲方法的计算

A.3.4.2.1 波长范围从 400 nm~1 400 nm

方法同 A.3.3.2。对于值 H 和 H' 中的最大值,其防护波长对应的防护等级可由表 1 中 M 列得出,激光模式符号为 M。

A.3.4.2.2 波长范围:小于 400 nm,大于 1 400 nm

峰值功率密度按式(A.10)计算:

$$E_p = \frac{P_p}{A} \dots\dots\dots(A.10)$$

式中:

E_p ——峰值功率密度,单位为瓦每平方米(W/m²);

P_p ——单个脉冲的峰值功率,单位为瓦(W);

A ——光束面积,单位为平方米(m²)。

其防护波长对应的防护等级可由表 1 中 M 列得出,激光模式符号为 M。

A.3.4.3 平均功率方法的计算

方法同 A.3.3.3。

其防护波长对应的防护等级可由表 1 中 D 列得出,激光模式符号为 D。

A.4 时间基准

表 1 所列的激光辐射防护不适用于被激光光束连续照射情况的防护。激光防护镜对激光光束的衰减程度是基于照射时间为 5 s 和 315 nm 以上波长范围而设计制造的,除此以外的设计基准是 30 000 s。而防激光辐射性能的测试时间基准都是 5 s。

在特殊情况下,如果用户可能出现长于 5 s 时间的激光照射,即使波长大于 315 nm,根据 GB 7247 中合适的最大允许照射量(MPE 值),宜选择更大的防护等级。

A.5 设备中的滤光片

激光辐射防护滤光片可用于防护帘和激光设备中的观察窗。根据采用的时间基准(参见 A.4)和激光模式(参见 5.4),该类滤光片应主要用于意外辐射照射时的防护。

如果要求滤光片将激光辐射降低到对应于连续辐射的极限值以下,根据 GB 7247,滤光片的防护等级宜选择再大一号的防护等级。设备制造商应保证在整个操作期间内其对激光辐射的防护能力。

附 录 B
(资料性附录)
原 理

B.1 极限值和时间基数

极限值是指人眼角膜对激光辐射可承受的最大允许照射量(MPE)。极限值与时间和波长有复杂的关系,本标准采用较简化的极限值表示,其结果部分与 MPE 一致,部分比 MPE 更为严格。在波长 180 nm~315 nm 范围内,允许极限值采用 30 000 s 内累积辐射的值,其他波段则是 5 s 的累积辐射值。简化后的人眼角膜最大允许照射量列于表 B.1。

图 B.1 显示在人工辐射照射的情况下表 B.1 中数值与欧盟指令 2006/25/EC 的比较,可以看出,表 B.1 中的数值比欧盟指令更为严格。

表 B.1 简化后的人眼角膜最大允许照射量(MPE)

波长范围 nm	功率密度 E				能量密度 H			
	D		M		M		I,R	
	脉冲宽度 s	功率密度 W/m^2	脉冲宽度 s	功率密度 W/m^2	脉冲宽度 s	能量密度 J/m^2	脉冲宽度 s	能量密度 J/m^2
180~315	30 000	0.001	$<10^{-9}$	3×10^{10}	—	—	$>10^{-9} \sim 3 \times 10^4$	30
$>315 \sim 1\ 400$	$>5 \times 10^{-4} \sim 10$	10	—	—	$<10^{-9}$	1.5×10^{-4}	$>10^{-9} \sim 5 \times 10^{-4}$	0.005
$>1\ 400 \sim 10^6$	$>0.1 \sim 10$	1 000	$<10^{-9}$	10^{11}	—	—	$>10^{-9} \sim 0.1$	100

对于重复脉冲激光器,见 GB 7247 和 A.3.3。

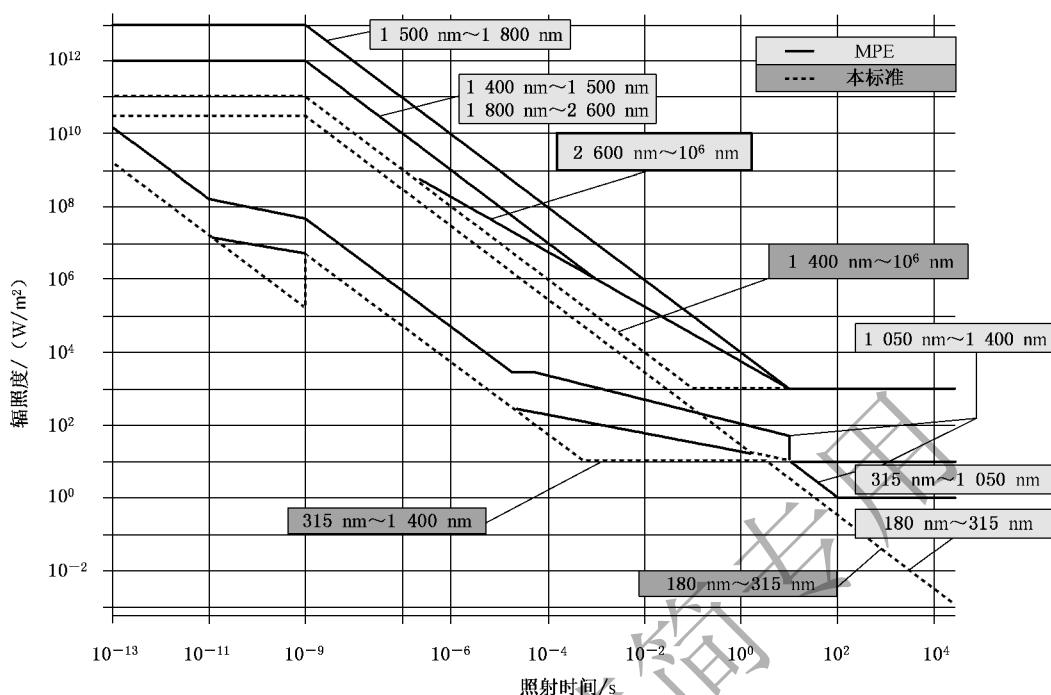


图 B.1 欧盟指令中的 MPE 值与本标准的简化极限值的比较
(MPE 值是欧洲标准认可的安全的累积照射量)

B.2 光束面积

GB 7247 中用于计算能量密度和功率密度的直径为平均值。在波长 400 nm~1 400 nm 范围内,该直径平均值为 7 mm,其对应面积为 38.5 mm²。由于在此波长范围内,很多典型激光器(如:氩离子激光器,氦氖激光器和 Nd-YAG 激光器)的光束直径约为 1 mm,激光光束的功率或能量密度实际值将会高于采用 38.5 mm² 截面积来计算的值。滤光片的防护性能不是受其吸收的限制,而是受其阻止激光辐射能力的限制。在该标准中,当计算功率或能量密度时,光束面积(A)是采用实际的光束直径进行计算。

一般来说,采用可接受的最小光束直径进行计算。

对于发散激光辐射(如:从光学光纤或二极管激光器的输出),采用在发散点处的光束直径 10 cm 来计算功率密度和能量密度。

B.3 角度依赖性

对于覆盖波长 400 nm~1 400 nm 范围内的滤光片,其光谱透射比与角度依赖关系的测试只限于在 0°~30° 范围内。这一角度的限制是因为人眼对物体定睛时最大张角为 15°。对位于更大张角处的物体,人的头部需参与转动才能看到该物体。

参 考 文 献

- [1] GB/T 18151—2008 激光防护屏
- [2] ISO 16321-1/CD Eye and face protection—Eye and face protectors for occupational use—Requirements
- [3] CSA Z94.3-07 UPD 3-2009 Eye and face protectors
- [4] EN 166:2001 Personal eye-protection—Specifications
- [5] EN 167:2001 Personal eye-protection—Optical test methods
- [6] EN 168:2001 Personal eye-protection—Non-optical test methods
- [7] EN 207:2009 Personal eye protection equipment—Filters and eye protectors against laser radiation(laser eye-protectors)
- [8] EN 379:2003+A1:2009 Personal eye-protection—Automatic welding filters
-