



中华人民共和国国家标准

GB 3609.2—2025

代替 GB/T 3609.2—2009

眼面部防护 焊接防护 第 2 部分：自动变光焊接滤光镜

Eye and face protection—Welding protection—Part 2: Automatic welding filter

2025-08-29 发布

2026-09-01 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
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	2
5 技术要求	3
6 装配使用的焊接防护具和激光防护具	8
7 试验方法	9
8 标识	17
9 包装和产品信息	18
附录 A (资料性) 遮光号的选择指南	19
附录 B (资料性) 自动变光滤光镜简介及测试注意事项	22
附录 C (规范性) 光谱分布函数	26
参考文献	28

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB 3609《眼面部防护 焊接防护》的第 2 部分。GB 3609 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：焊接防护具；
- 第 2 部分：自动变光焊接滤光镜。

本文件代替 GB/T 3609.2—2009《职业眼面部防护 焊接防护 第 2 部分：自动变光焊接滤光镜》；与 GB/T 3609.2—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了“分类”(见第 4 章)；
- 删除了“结构”(见 2009 年版的第 4 章)、“防紫外辐射”(见 2009 年版的 5.1.5 和 6.5)、“保护片的光学性能”(见 2009 年版的 5.1.9)和“表面疵病”(见 2009 年版的 5.2.2)；
- 将“材料质量”更改为“材料”，并更改了相应的技术内容(见 5.1, 2009 年版的 5.2.3.1)；
- 将“外观质量”更改为“结构”，并增加了相应的技术内容(见 5.2, 2009 年版的 5.2.3.2)；
- 更改了“暗态遮光号”的要求及其测试方法(见 5.2.3、5.15 和 7.10, 2009 年版的 5.1.6)；
- 将“最小视窗”更改为“规格”，并更改了相应的技术内容(见 5.3, 2009 年版的 5.2.1)；
- 将“光度”更改为“球镜度、散光度和棱镜度(平光镜片)”“棱镜度互差(平光镜片)”和“球镜度和柱镜度(矫正镜片)”(见 5.4~5.6, 2009 年版的 5.1.8)；
- 增加了“灯光信号的识别”的要求(见 5.7)；
- 更改了“透射比”的要求，增加了 $365\text{ nm} < \lambda \leq 400\text{ nm}$ 波段、近红外波段透射比和蓝光透射比的要求及相应的测试方法(见 5.8、7.1~7.4, 2009 年版的 5.1.1 和 6.1)；
- 增加了“可见光透射比随时间的变化”的要求及其测试方法(见 5.9 和 7.5)；
- 更改了“透射比均匀性”和“透射比的角度依赖性”的要求及其测试方法，并按产品分类分别进行了规定(见 5.10、5.11、7.6 和 7.7, 2009 年版的 5.1.2、5.1.3、6.2 和 6.3)；
- 更改了“转换时间”的要求及其测试方法(见 5.12 和 7.8, 2009 年版的 5.1.7 和 6.6)；
- 增加了“保持时间”的要求及其测试方法(见 5.13 和 7.9)；
- 将“漫射光”更改为“狭角散射”(见 5.14, 2009 年版的 5.1.4)；
- 增加了“侧视用 AWF”的规定(见 5.16)；
- 将“装配使用的焊工防护面罩”更改为“装配使用的焊接防护具和激光防护具”(见第 6 章, 2009 年版的 5.2.4)；
- 增加了试验方法的“通则”，并将“测量透射比的误差”中的内容更改后纳入(见 7.1, 2009 年版的 5.1.1.4)；
- 增加了测量“可见光透射比和遮光号”的方法，并将可见光透射比的计算公式更改后纳入(见 7.2, 2009 年版的 6.1 和附录 A)；
- 更改了“红外透射比”的计算公式(见 7.3, 2009 年版的附录 A)；
- 将“包装、标识、储运”更改为“标识”，并更改了相应的技术内容(见第 8 章, 2009 年版的第 7 章)。

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专利的责任。

GB 3609.2—2025

本文件由中华人民共和国应急管理部提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1983年首次发布为 GB/T 3609.2—1983, 2009年第一次修订；

——本次为第二次修订。



引 言

焊接是一种广泛应用于工业加工领域的制造工艺及技术,焊接作业中不仅会产生紫外线、可见光(包括蓝光)和近红外线等光辐射,还会产生火花、粉尘和熔融金属等有害因素。为了控制和减少职业危害、预防可能发生的生产安全事故,需要对焊接防护具进行标准化。由于固定遮光号滤光片和自动变光焊接滤光镜两种产品在功能原理、技术要求和试验方法上存在显著差异,因此将 GB 3609《眼面部防护焊接防护》分为两部分:第 1 部分作为基础通用的要求,第 2 部分在第 1 部分的基础上,规定了自动变光焊接滤光镜的特殊性能和试验方法。

GB 3609 拟由两部分构成。

- 第 1 部分:焊接防护具。目的在于规定对焊接眼镜、焊接眼罩、焊接面罩以及焊接滤光片(固定遮光号)的技术要求。
- 第 2 部分:自动变光焊接滤光镜。目的在于规定对自动变光焊接滤光镜(遮光号可变化)的技术要求。

眼面部防护 焊接防护

第 2 部分：自动变光焊接滤光镜

1 范围

本文件给出了自动变光焊接滤光镜的产品分类,规定了自动变光焊接滤光镜的材料、规格、结构、光学性能等技术要求以及标识、包装和产品信息,描述了相应的试验方法。

本文件适用于安装在焊接防护具上的自动变光焊接滤光镜。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 3609.1 眼面部防护 焊接防护 第 1 部分:焊接防护具

GB/T 30042—2013 个体防护装备 眼面部防护 名词术语

GB 30863 眼面部防护 激光防护具

GB/T 32166.2—2015 个体防护装备 眼面部防护 职业眼面部防护具 第 2 部分:测量方法

3 术语和定义

GB/T 30042—2013 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动变光焊接滤光镜 automatic welding filter; AWF

当焊接作业产生弧光时,能迅速(见 3.4“响应时间”)将遮光号从较低值(明态遮光号)转换到较高值(暗态遮光号),并且在有弧光时保持暗态的滤光镜。

[来源:GB/T 30042—2013,9.3.2,有修改]

3.2

手动设定暗态遮光号的自动变光焊接滤光镜 automatic welding filter with manual dark state shade number setting

需要手动调节和设定暗态遮光号大小的自动变光焊接滤光镜。

注:一般情况下,暗态遮光号有多个可选。

[来源:GB/T 30042—2013,9.3.4,有修改]

3.3

自动设定暗态遮光号的自动变光焊接滤光镜 automatic welding filter with automatic dark state shade number setting

根据焊接弧光的强弱自动调节暗态遮光号大小的自动变光焊接滤光镜。

[来源:GB/T 30042—2013,9.3.3,有修改]

3.4

响应时间 switching time

转换时间

t_s

当引弧后,AWF 从明态切换到暗态所需的时间。

注 1: 转换时间由式(1)表示:

$$t_s = \frac{1}{\tau_{V0}} \int_{t=0}^{t=t\{\tau_V(t)=3\tau_{V1}\}} \tau_V(t) dt \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- t_s —— 转换时间,单位为秒(s);
- $t=0$ —— 开始引弧时间,单位为秒(s);
- $t=t\{\tau_V(t)=3\tau_{V1}\}$ —— 可见光透射比下降到暗态透射比 τ_{V1} 的 3 倍时对应的的时间,单位为秒(s);
- $\tau_V(t)$ —— 引弧后在时间 t 时刻的可见光透射比;
- τ_{V0} —— 明态可见光透射比;
- τ_{V1} —— 暗态可见光透射比。

注 2: 当人眼短暂遭受光辐射时,其感受到的眩光近似正比于照度和时间的乘积。由于 AWF 变暗所需的时间差异很大,且取决于产品的结构和遮光号的设置。因此,将可见光透射比对时间求积分后再对可见光透射比取平均定义为转换时间,而不仅仅是由明态和暗态可见光透射比去定义转换时间。

[来源:GB/T 30042—2013,9.3.9,有修改]

3.5

保持时间 holding time

延迟时间

当熄弧后,AWF 从暗态恢复到 3 倍暗态可见光透射比所需的时间。

3.6

直视用自动变光焊接滤光镜 automatic welding filter for direct view

安装于焊接头盔或焊接面罩正面的自动变光焊接滤光镜。

3.7

侧视用自动变光焊接滤光镜 automatic welding filter for side view

用于焊工观察周围环境(不用于直视焊接弧光),安装于焊接头盔或焊接面罩周围的自动变光焊接滤光镜。

注: 未焊接时,较低遮光号的侧视滤光镜有助于焊工观察周围的环境(此时,正视用焊接滤光镜处于明态);焊接时,较高遮光号的侧视滤光镜用于阻挡从侧面辐射过来的不适眩光(此时,正视用焊接滤光镜处于暗态)。

3.8

散光度 astigmatic power

镜片两主子午面上球镜度之差的绝对值。

注: 柱镜度的绝对值等于散光度,柱镜度通常用符号 C 表示。

4 分类

- 4.1 按工作方式进行分类,分为手动设定暗态遮光号的 AWF 和自动设定暗态遮光号的 AWF。
- 4.2 按外形结构进行分类,分为平面型 AWF 和曲面型 AWF。
- 4.3 按功能用途进行分类,分为直视用 AWF 和侧视用 AWF。

5 技术要求

5.1 材料

5.1.1 与焊工皮肤相接触的部分不应使用造成皮肤过敏或刺激的材料。

5.1.2 除镜片边缘 5 mm 宽以外的区域,应着色均匀,无划痕、条纹、气泡、异物或有损光学性能的其他缺陷。

5.2 结构

5.2.1 表面应光滑,无毛刺、锐角或引起眼面部不适的其他缺陷。

5.2.2 可调或可更换零件、结构组件,应易于调节和更换。

5.2.3 手动设定暗态遮光号的 AWF,应在设定位置处清晰地以整数数字的形式标识或显示各暗态遮光号。

5.2.4 自动设定暗态遮光号的 AWF,若有遮光号补偿功能,则应在补偿设定处以整数数字的形式标识或显示各补偿量。

5.3 规格

5.3.1 覆盖单眼的 AWF:透光区域的尺寸(即其外切矩形的尺寸)不应小于 30 mm×25 mm。

5.3.2 覆盖双眼的 AWF:透光区域的尺寸(即其外切矩形的尺寸)不应小于 80 mm×30 mm。

5.4 球镜度、散光度和棱镜度(平光镜片)

按 GB/T 32166.2—2015 中 5.1 规定的方法,只对 AWF 的明态进行测试,测试结果应符合表 1 的要求。望远镜法为仲裁法。

注:平光(plano)镜片,也称无矫正效果或无焦(afocal)镜片,是指球镜度、散光度和棱镜度标称值为零的镜片。

表 1 平光镜片球镜度、散光度和棱镜度

球镜度(镜片两主子午面上球镜度的平均值) m^{-1}	球镜度互差(镜片左右眼球镜度之差的绝对值) m^{-1}	单眼散光度 m^{-1}	单眼棱镜度 cm/m
-0.12~+0.12	≤ 0.18	≤ 0.12	≤ 0.25

5.5 棱镜度互差(平光镜片)

按 GB/T 32166.2—2015 中 5.2 规定的方法,只对 AWF 的明态进行测试,测试结果不应超过表 2 的要求。



表 2 平光镜片棱镜度互差

水平方向棱镜度互差		垂直方向棱镜度互差 cm/m
基底朝外 cm/m	基底朝内 cm/m	
≤ 1.00	≤ 0.25	≤ 0.25

5.6 球镜度和柱镜度(矫正镜片)

按 GB/T 32166.2—2015 中 5.1.1 规定的焦度计法进行测试,矫正镜片的球镜度和柱镜度应符合表 3 的要求。

注:矫正镜片(corrective lens)是指用于矫正佩戴者屈光不正,有矫正效果的镜片。

表 3 矫正镜片球镜度和柱镜度允差

单位为每米

主子午面球镜度绝对值的最大值	每主子午面球镜度允差	柱镜度绝对值			
		0.00~0.75	>0.75~4.00	>4.00~6.00	>6.00
		柱镜度允差			
0.00~3.00	±0.12	±0.09	±0.12	±0.18	±0.25
>3.00~6.00		±0.12			
>6.00~9.00			±0.12	±0.25	
>9.00~12.00	±0.18	±0.25	±0.25		
>12.00~20.00	±0.25			±0.25	
>20.00	±0.37	±0.25	±0.37		

5.7 灯光信号的识别

若 AWF 具有识别灯光信号的功能,则在其明态下按 7.1 和 7.2.2 进行测试,测试结果应符合以下要求:

- a) $475\text{ nm} \leq \lambda \leq 650\text{ nm}$,光谱透射比不应小于 0.2 倍的可见光透射比;
- b) 红、黄、绿和蓝四种灯光信号颜色的相对视觉衰减因子(Q)均不应小于 0.8。相对视觉衰减因子的计算方法见 GB/T 30042—2013 中 9.1.20。

5.8 透射比和遮光号

遮光号是用来表示滤光片暗度的编号,由可见光透射比计算所得,遮光号的选择见附录 A。AWF 除符合表 4 的通用要求以外,还符合下列规定。

- a) 分别在 $(-5 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $(23 \pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $(55 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ 下,按 7.1 和 7.2.3 测试 AWF 在明态下的可见光透射比,测试结果不应小于 1.2%。
- b) 在 $(23 \pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$ 下,按 7.1 和 7.2 测试 AWF 在明态和所有暗态下的可见光透射比,测试结果应符合表 4 的要求。
- c) 在 $(-5 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $(55 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ 下,按 7.1 和 7.2.3 测试 AWF 在明态和所有暗态下的遮光号,其暗态遮光号允差不应超过±1,明态遮光号应符合表 4 的要求。

示例:若暗态遮光号标称为“10”,则实测遮光号不小于“9.0”且不大于“11.0”。

- d) 在 $(23 \pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$ 下,按 7.1 和 7.3 测试 AWF 在明态下紫外($200\text{ nm} \leq \lambda \leq 313\text{ nm}$ 和 $313\text{ nm} < \lambda \leq 365\text{ nm}$)、红外 A($780\text{ nm} \leq \lambda \leq 1\,400\text{ nm}$)和近红外($780\text{ nm} \leq \lambda \leq 3\,000\text{ nm}$)透射比,测试结果应符合该产品最暗态遮光号对应的透射比要求(见表 4)。
- e) 在 $(23 \pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$ 下,按 7.1 测试 AWF 在明态下 $365\text{ nm} < \lambda \leq 380\text{ nm}$ 之间的透射比,其测试结果

应不大于 0.1%。此外,在所有暗态下,AWF 在上述波段范围内的透射比也应小于其暗态遮光号对应的可见光透射比。若明态下的透射比也能符合最暗态遮光号对应的要求,则可不测试暗态下的透射比。

- f) 在(23±5)℃下,按 7.1 和 7.4 测试 AWF 在明态和暗态下的蓝光透射比 τ_B ,测试结果应小于其对应的可见光透射比。若明态下的蓝光透射比也能符合最暗态遮光号对应的要求,则可不测试暗态下的蓝光透射比。

表 4 透射比通用要求

滤光片特性编号		紫外透射比最大值 τ_λ			可见光透射比范围 τ_V	红外 A 波段平均透射比最大值 τ_{IRA}	近红外平均透射比最大值 ^a τ_{NIR}
类型代码	遮光号	200 nm ≤ λ ≤ 313 nm %	313 nm < λ ≤ 365 nm %	365 nm < λ ≤ 400 nm %	380 nm ≤ λ ≤ 780 nm %	780 nm ≤ λ ≤ 1 400 nm %	780 nm ≤ λ ≤ 3 000 nm %
W	1.2	0.000 3	50	τ_V	74.4 ≤ τ_V < 100	30	30
	1.4	0.000 3	35		58.1 ≤ τ_V < 74.4	25	25
	1.7	0.000 3	22		43.2 ≤ τ_V < 58.1	20	20
	2	0.000 3	14		29.1 ≤ τ_V < 43.2	15	15
	2.5	0.000 3	6.4		17.8 ≤ τ_V < 29.1	12	12
	3	0.000 3	2.8		8.5 ≤ τ_V < 17.8	9	9
	4	0.000 3	0.95		3.2 ≤ τ_V < 8.5	5	5
	5	0.000 3	0.30		1.2 ≤ τ_V < 3.2	3.5	3.5
	6	0.000 3	0.10		0.44 ≤ τ_V < 1.2	1.5	1.5
	7	0.000 3	0.050		0.16 ≤ τ_V < 0.44	1	1
	8	0.000 3	0.025		0.061 ≤ τ_V < 0.16	1	1
	9	0.000 3	0.012		0.023 ≤ τ_V < 0.061	1	1
	10	0.000 3	0.006		0.008 5 ≤ τ_V < 0.023	1	1
	11	0.000 3	0.003 2		0.003 2 ≤ τ_V < 0.008 5	1	1
	12	0.000 3	0.001 2		0.001 2 ≤ τ_V < 0.003 2	1	1
	13	0.000 3	0.000 44		0.000 44 ≤ τ_V < 0.001 2	1	1
14	0.000 16	0.000 16	0.000 16 ≤ τ_V < 0.000 44	1	1		
15	0.000 061	0.000 061	0.000 061 ≤ τ_V < 0.000 16	1	1		
16	0.000 023	0.000 023	0.000 023 ≤ τ_V < 0.000 061	1	1		

^a 当测量 2 800 nm~3 000 nm 的光谱透射比时,用干燥的氮气吹扫分光光度计可降低空气中的水分子对上述波段透射比的影响。

5.9 可见光透射比随时间的变化

在(23±5)℃下,按 7.5 对所有暗态进行测试,测试结果均应符合表 5 的要求。

表 5 可见光透射比随时间的变化

可见光透射比范围 τ_v 380 nm $\leq\lambda\leq$ 780 nm %	最大相对变化量 r %
17.8 $\leq\tau_v<$ 100	-20 $\leq r\leq$ 20
0.44 $\leq\tau_v<$ 17.8	-25 $\leq r\leq$ 25
0.023 $\leq\tau_v<$ 0.44	-30 $\leq r\leq$ 30
0.001 2 $\leq\tau_v<$ 0.023	-45 $\leq r\leq$ 45
0.000 023 $\leq\tau_v<$ 0.001 2	-60 $\leq r\leq$ 60

5.10 平面型 AWF 的均匀性和角度依赖性

5.10.1 均匀性

在(23±5)℃下,按 7.6.1 对明态和所有暗态进行测试,测试结果均不应超过表 6 的要求。

表 6 均匀性(平面型)

可见光透射比范围 τ_v 380 nm $\leq\lambda\leq$ 780 nm %	ΔF_R 和 ΔF_L %	ΔP %
17.8 $\leq\tau_v<$ 100	20	15
0.44 $\leq\tau_v<$ 17.8	25	20
0.023 $\leq\tau_v<$ 0.44	30	20
0.001 2 $\leq\tau_v<$ 0.023	45	30
0.000 023 $\leq\tau_v<$ 0.001 2	60	40

5.10.2 角度依赖性

在(23±5)℃下,按 7.6.2 对明态和所有暗态进行测试,角度依赖性系数 V_{15} 和 V_{30} 均不应超过表 7 的要求。

表 7 角度依赖性(平面型)

等级	V_{15}	V_{30}
V_1	2.68(对应于 1 个遮光号)	19.31(对应于 3 个遮光号)
V_2	7.20(对应于 2 个遮光号)	51.75(对应于 4 个遮光号)
V_3	19.31(对应于 3 个遮光号)	138.95(对应于 5 个遮光号)

5.11 曲面型 AWF 的均匀性和角度依赖性

在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下,按 7.7 对明态和所有暗态进行测试,左眼和右眼的 C_{15} 和 C_{30} 均不应超过表 8 的要求;左眼和右眼的相对变化率 ΔP 不应超过表 6 的要求。

表 8 角度依赖性(曲面型)

等级	C_{15}	C_{30}
C_1	2.68(对应于 1 个遮光号)	19.31(对应于 3 个遮光号)
C_2	7.20(对应于 2 个遮光号)	51.75(对应于 4 个遮光号)
C_3	19.31(对应于 3 个遮光号)	138.95(对应于 5 个遮光号)

5.12 转换时间

分别在 $(-5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,按 7.8 对明态到所有暗态的转换时间进行测试,测试结果均不应超过表 9 的要求。

表 9 转换时间

单位为毫秒

暗态遮光号	明态遮光号					
	1.7	2	2.5	3	4	5
5	2 200	2 700	3 700	5 200	10 000	—
6	800	1 000	1 400	1 900	3 700	7 200
7	300	400	500	700	1 000	2 600
8	100	150	200	300	500	1 000
9	40	50	70	100	200	400
10	20	20	30	40	70	100
11	6	7	10	15	30	50
12	2	3	4	5	10	20
13	0.8	1	1.5	2	4	7
14	0.3	0.4	0.5	0.7	1	3
15	0.10	0.15	0.2	0.3	0.5	1
16	0.04	0.05	0.07	0.1	0.2	0.4

注:本表中的转换时间是基于以下假设(见参考文献[8]和[9]):

- 焊接弧光的持续时间为 0.5 s;
- 焊接场所的亮度为 $0.3 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

5.13 保持时间

分别在 $(-5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下,按 7.9 测试其从最暗态到明态的保持时间,测试结果不应小于 20 ms。

5.14 狭角散射

按 GB/T 32166.2—2015 中 5.5 的规定,对明态和所有暗态进行测试,AWF 的简约光亮度系数不应超过 $3.0 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 。

注:滤光镜对光的散射会降低焊接作业的对比度,因此简约光亮度系数越小越好。

5.15 自动设定暗态遮光号的 AWF

自动设定暗态遮光号的 AWF,应先将产品调至手动挡进行 5.1~5.14 的测试,然后再将产品调至自动挡进行测试,测试结果应满足以下要求。

a) 暗态遮光号按式(2)计算:

$$N(E_v) = 2.93 + 2.25 \lg(E_v / E_0) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$N(E_v)$ ——暗态遮光号;

E_v ——AWF 表面照度,单位为勒克斯(lx);

E_0 ——为固定值 1,单位为勒克斯(lx)。

示例:根据式(2),暗态遮光号 8~14 对应的照度见表 10。

表 10 暗态遮光号与照度的对应关系(自动设定暗态遮光号的 AWF)

暗态遮光号	8	9	10	11	12	13	14
照度 lx	180	500	1 400	3 900	10 700	30 000	83 000

b) 在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下,按 7.10 测试 AWF 在不同照度下的暗态遮光号,其暗态遮光号允差不应超过 ± 1 。当照度提高到最暗态遮光号对应照度值两倍时,实测暗态遮光号仍不应大于 AWF 标称的最暗态遮光号。

c) 若 AWF 具有遮光号补偿功能,补偿量不应超过 ± 2 个遮光号,且应清晰标识 -2、-1、0、+1 或 +2 等整数补偿量,在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下按 7.10 测试。

示例:当照度值为 1 400 lx 时,遮光号为 10,如选择补偿量为 1,则其补偿后的遮光号可为 11;如选择补偿量为 -2,则其补偿后的遮光号可为 8。

5.16 侧视用 AWF

侧视用 AWF 除了应满足表 4 的通用要求以外,还应符合以下要求:

a) 侧视用 AWF 明态和暗态的蓝光透射比 τ_B 小于其对应的可见光透射比,按 7.1 和 7.4 进行测试;

b) 侧视用 AWF 的紫外透射比最大值和近红外平均透射比分别小于直视用 AWF 最暗态对应的要求,按 7.1 和 7.3.2 进行测试。

6 装配使用的焊接防护具和激光防护具

本文件规定的 AWF 应装配到合适的焊接防护具上,且装配使用的焊接防护具及其全套产品应符合 GB 3609.1 中相关要求。在激光焊接作业中,本产品及其装配使用的焊接防护具还应符合 GB 30863 的要求。

7 试验方法

7.1 通则

为了便于理解和测试,附录 B 给出了 AWF 的简介及测试过程中应注意的事项。除非另有规定,AWF 的测试还需符合下列规则:

- a) 测试时应在标准要求的明态或暗态下进行,且 AWF 应始终保持在其设定的状态;
- b) 测试时的环境的照度应在 100 lx~200 lx 之间;如果 AWF 没有太阳能电池或其他光电池,则无要求环境的照度;
- c) 在测试 AWF 的透射比时,光束垂直入射到 AWF 的几何中心处;紫外和可见光波段的测量间隔不大于 5 nm,红外波段的测量间隔不大于 10 nm;
- d) 在测试 AWF 的紫外透射比时,应尽可能消除因样品或测试方法导致的荧光效应;
- e) 在测试 AWF 的可见光透射比时,建议考虑 AWF 和分光光度计光源的偏振;
- f) 在测试 AWF 的可见光透射比时,平面型 AWF 的测量点应在其几何中心处;曲面型 AWF 的测量点应在其参考点后 50 mm 处;
- g) 测试之前,AWF 应在标准要求的温度下保温至少 1 h;
- h) 光谱透射比的测量误差不应超过表 11 的规定;
- i) 测试环境的温度应在 16 °C~32 °C 之间,相对湿度应保持在(50±20)%。

表 11 光谱透射比的测量误差

光谱透射比范围 %	透射比相对误差 %
$17.8 \leq \tau < 100$	-5~5
$0.44 \leq \tau < 17.8$	-10~10
$0.023 \leq \tau < 0.44$	-15~15
$0.0012 \leq \tau < 0.023$	-20~20
$0.00023 \leq \tau < 0.0012$	-30~30

7.2 可见光透射比和遮光号

7.2.1 一般要求

可见光透射比的测量按 7.2.2 分光光度计法的规定进行,也可采用 7.2.3 中规定的宽波段法。分光光度计法为仲裁法。

7.2.2 分光光度计法

将测量得到的光谱透射比与标准观察者的明视觉光谱光视效率函数及标准光源的光谱分布函数进行加权平均,即为可见光透射比。标准色度观察者采用 CIE 2°标准色度观察者,可见光透射比按式(3)计算:

$$\tau_v = \frac{\sum_{380}^{780} \tau(\lambda) \cdot S_A(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\sum_{380}^{780} S_A(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- τ_v ——采用 CIE 标准照明体 A 时的可见光透射比；
- $\tau(\lambda)$ ——光谱透射比；
- λ ——波长,单位为纳米(nm)；
- $V(\lambda)$ ——明视觉光谱光视效率函数,按附录 C 中 C.1；
- $S_A(\lambda)$ ——CIE 标准照明体 A 的光谱分布函数,按 C.1。

注：CIE1931 标准色度观察者色度特性与 CIE1931 标准色度系统中的色匹配函数 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 一致,适用于1°~4°的视场范围,且 CIE 规定 $\bar{y}(\lambda)$ 值与明视觉光谱光视效率函数 $V(\lambda)$ 相同。CIE1931 标准色度观察者也被称为2°标准色度观察者。

7.2.3 宽波段法

光源采用 CIE 规定的标准照明体 A,光电探测器的光谱响应符合 CIE 2°标准色度观测者的要求。将光源发出的光束准直到光电探测器上,透过镜片的光通量与入射光通量的比,即为可见光透射比(τ_v)。

7.2.4 遮光号

遮光号是表示滤光片暗度的编号,按式(4)计算：

$$N = 1 - \frac{7}{3} \lg \tau_v \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- N ——遮光号。

7.3 红外透射比

7.3.1 红外 A 波段平均透射比

红外 A 波段平均透射比按式(5)计算：

$$\tau_{IRA} = \frac{\sum_{780}^{1400} \tau(\lambda) \cdot d\lambda}{\sum_{780}^{1400} d\lambda} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- τ_{IRA} ——红外 A 波段平均透射比；
- $\tau(\lambda)$ ——光谱透射比；
- λ ——波长,单位为纳米(nm)。

7.3.2 近红外平均透射比

近红外平均透射比按式(6)计算：

$$\tau_{NIR} = \frac{\sum_{780}^{3000} \tau(\lambda) \cdot d\lambda}{\sum_{780}^{3000} d\lambda} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

τ_{NIR} —— 近红外平均透射比；

$\tau(\lambda)$ —— 光谱透射比；

λ —— 波长，单位为纳米(nm)。

7.4 蓝光透射比

蓝光透射比 τ_{B} 按式(7)计算：

$$\tau_{\text{B}} = \frac{\sum_{380}^{500} \tau(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda}{\sum_{380}^{500} B(\lambda) \cdot d\lambda} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中：

τ_{B} —— 蓝光透射比；

$\tau(\lambda)$ —— 光谱透射比；

$B(\lambda)$ —— 蓝光危害加权函数，按 C.2；

λ —— 波长，单位为纳米(nm)。

7.5 可见光透射比随时间的变化

7.5.1 仪器设备

选择 7.2.3 宽波段法测量 AWF 的可见光透射比，且能实时采样。一般在每 1 s 的采样间隔内选取其中的 100 ms 计算一次可见光透射比，并在 1 min 内至少输出 60 次可见光透射比的值。此外，还需有一个用来模拟焊接弧光且能触发 AWF 工作的触发光源。

注：本项测试规定了如何在 1 min 时间内，测量 AWF 可见光透射比的变化；测试仪器为专用设备，非通用的设备。

7.5.2 试验步骤

按 7.1f) 的要求放置样品，在触发 AWF 变光 3 s 后开始测试。在测量过程中 AWF 应始终被触发。可见光透射比随时间的变化量(r)按式(8)计算：

$$r = \left(1 - \frac{\tau_{\text{min}}}{\tau_{\text{max}}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中：

r —— 可见光透射比随时间的变化量；

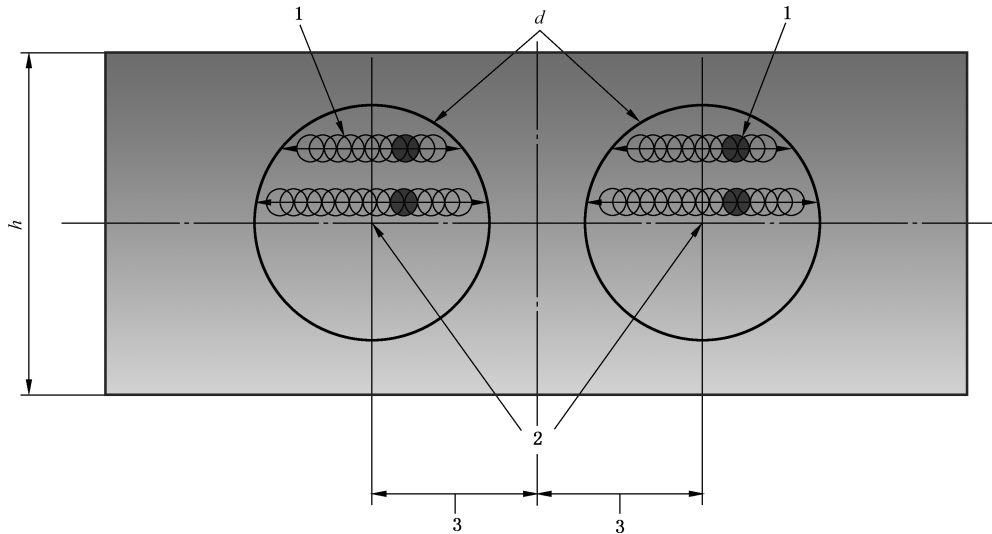
τ_{min} —— 1 min 内所测可见光透射比最小值；

τ_{max} —— 1 min 内所测可见光透射比最大值。

7.6 平面型 AWF 的均匀性和角度依赖性

7.6.1 均匀性测试

使用 7.2.3 中的宽波段法，也可将宽波段法中的光源替换为中心波长在(555±25) nm 的窄带光源。光源垂直入射到 AWF 上且两次测量点的间隔不超过 5 mm。均匀性测试的示意图见图 1。



标引序(符)号说明:

- 1——测量光束的光斑,直径为 5 mm;
- 2——测量参考点;
- 3——标称瞳距的一半,默认瞳距为 64 mm;
- d——所测量圆形区域的直径;
- h——待测滤光片的高度。

图 1 均匀性测试示意图

试验按以下步骤进行。

- a) 按 GB/T 32166.2—2015 中 4.3 定位样品的参考点,然后分别以左右眼参考点为圆心确定需要测量的圆形区域,圆形区域的直径 d 按下述方法计算:
 - 当待测滤光片的高度 h 不小于 50 mm 时, $d = (40.0 \pm 0.5)$ mm;
 - 当待测滤光片的高度 h 小于 50 mm 时, $d = [(h - 10) \pm 0.5]$ mm。
- b) 用直径为 5 mm 的光束扫描上述圆形区域 d ,同时测量并记录可见光透射比。距镜片边缘 5 mm 范围内的区域除外。
- c) 分别记录左右眼圆形区域可见光透射比的最大值 $\tau_{V,max}$ 和最小值 $\tau_{V,min}$,并按式(9)分别计算其相对变化率 ΔF_R 和 ΔF_L 。

$$\Delta F = \frac{(\tau_{V,max} - \tau_{V,min})}{\tau_{V,max}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- ΔF ——圆形区域可见光透射比的相对变化率;
- $\tau_{V,min}$ ——圆形区域可见光透射比的最小值;
- $\tau_{V,max}$ ——圆形区域可见光透射比的最大值。

- d) 分别记录左右眼参考点处的可见光透射比 $\tau_{V,R}$ 和 $\tau_{V,L}$,并按式(10)计算其相对变化率 ΔP 。

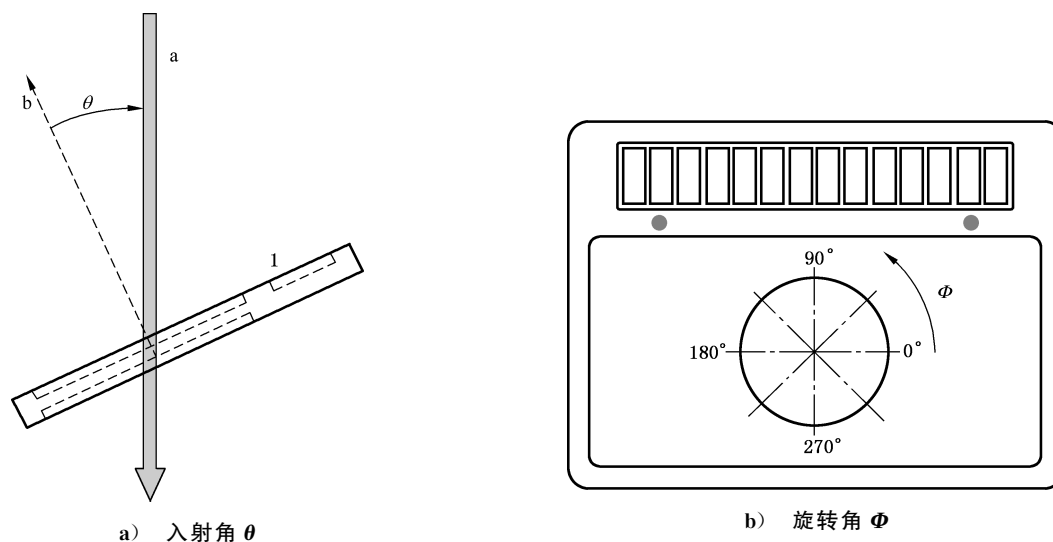
$$\Delta P = \frac{|\tau_{V,R} - \tau_{V,L}|}{\max(\tau_{V,R}, \tau_{V,L})} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- ΔP ——滤光片左右参考点处可见光透射比的相对变化率;
- $\tau_{V,R}$ ——滤光片右眼参考点处可见光透射比;
- $\tau_{V,L}$ ——滤光片左眼参考点处可见光透射比。

7.6.2 角度依赖性测试

使用 7.2.3 中的宽波段法,并注意光束的方向和发散角。有合适的夹具,既能保证 AWF 的入射角在 0° 和 30° 之间连续变化[见图 2 a) 中的 θ],又能保证 AWF 绕垂直于样品表面的轴自由旋转[见图 2 b) 中的 Φ]。



标引序(符号)说明:

- 1——待测样品;
- a——入射光;
- b——垂直样品表面的法线;
- θ ——入射角;
- Φ ——旋转角。

图 2 AWF 旋转示意图

测量点或光线入射点位于 AWF 的几何中心处,入射角 θ 的间隔为 2.5° ,旋转角 Φ 的间隔见图 3 和表 12。

V_{15} 和 V_{30} 分别按式(11)和式(12)计算:

$$V_{15} = \max \left[\frac{\max(\tau_{\theta,\Phi})}{\tau_{0,0}}, \frac{\tau_{0,0}}{\min(\tau_{\theta,\Phi})} \right] \dots\dots\dots(11)$$

式中:

- V_{15} ——角度依赖性系数;
- $\tau_{\theta,\Phi}$ ——在 (θ, Φ) 角度时 AWF 的可见光透射比, $0^\circ < \theta \leq 15^\circ$;
- $\tau_{0,0}$ ——在 $(0^\circ, 0^\circ)$ 角度时 AWF 的可见光透射比。

$$V_{30} = \frac{\max(\tau_{\theta,\Phi})}{\tau_{0,0}} \dots\dots\dots(12)$$

式中:

- V_{30} ——角度依赖性系数;
- $\tau_{\theta,\Phi}$ ——在 (θ, Φ) 角度时 AWF 的可见光透射比, $0^\circ < \theta \leq 30^\circ$;
- $\tau_{0,0}$ ——在 $(0^\circ, 0^\circ)$ 角度时 AWF 的可见光透射比。

单位为度

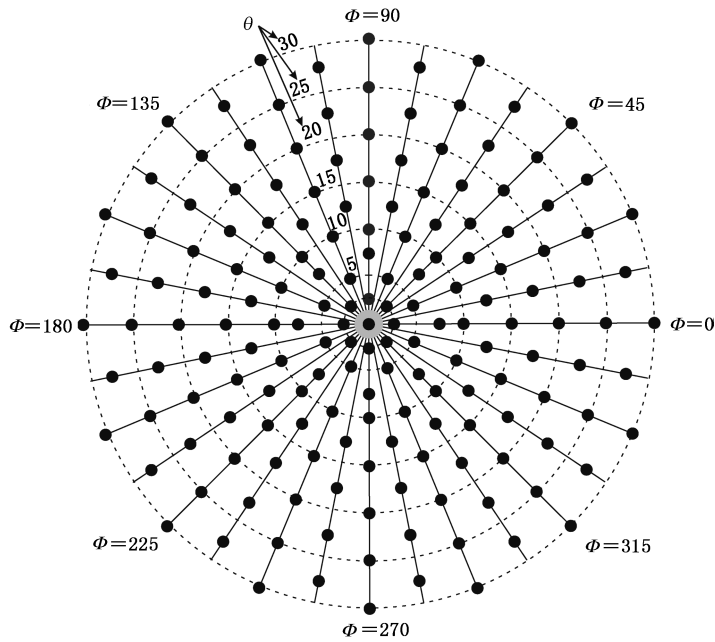


图 3 角度依赖性测试中需要测试的角度

V_{15} 和 V_{30} 也可按式(13)和式(14)计算和表示:

$$V_{15} = \max [10^{\frac{3}{7} | N_{0,0} - N_{\theta,\phi} |}] \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- V_{15} —— 角度依赖性系数;
- $N_{\theta,\phi}$ —— 在 (θ, Φ) 角度时 AWF 的遮光号, $0^\circ < \theta \leq 15^\circ$;
- $N_{0,0}$ —— 在 $(0^\circ, 0^\circ)$ 角度时 AWF 的遮光号。

$$V_{30} = 10^{\frac{3}{7} [N_{0,0} - \min(N_{\theta,\phi})]} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- V_{30} —— 角度依赖性系数;
- $N_{\theta,\phi}$ —— 在 (θ, Φ) 角度时 AWF 的遮光号, $0^\circ < \theta \leq 30^\circ$;
- $N_{0,0}$ —— 在 $(0^\circ, 0^\circ)$ 角度时 AWF 的遮光号。

表 12 角度依赖性测试中需要测试的角度

单位为度

旋转角 Φ		入射角 θ												
		0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
0	—	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	—	+
11.25	191.25	—	—	—	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—
22.5	202.50	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+
33.75	213.75	—	—	—	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—
45.0	225.00	—	+	—	+	+	—	+	—	+	—	+	—	+

表 12 角度依赖性测试中需要测试的角度 (续)

单位为度

旋转角 Φ		入射角 θ												
		0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
56.25	236.25	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
67.50	247.50	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
78.75	258.75	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
90.0	270.00	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+
101.25	281.25	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
112.50	292.50	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
123.75	303.75	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
135.00	315.00	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+
146.25	326.25	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
157.50	337.50	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
168.75	348.75	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
180.00	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+

注：“+”为角度依赖性测试中需要测试的角度，“-”表示不需测试的角度。

7.7 曲面型 AWF 的均匀性和角度依赖性

使用 7.2.3 中的宽波段法,并注意光束的方向和发散角。用合适的夹具,既能保证测量光束的入射角在 $0^\circ \sim 30^\circ$ 之间连续变化,又能保证 AWF 绕视线旋转,曲面型 AWF 均匀性和角度依赖性测试示意图见图 4。

按 GB/T 32166.2—2015 中 4.3 定位样品的参考点,测量点(见图 4 中的 c)位于参考点后面 50 mm 处且在入射光和视线上。入射角 θ 的间隔为 2.5° ,旋转角 Φ 的间隔见图 3 和表 12,距镜片边缘 5 mm 范围内的区域和镜片以外的区域不测。

分别记录入射角在 0° 时,左右眼参考点处的可见光透射比 $\tau_{V,R}$ 和 $\tau_{V,L}$,并按式(10)计算其相对变化率 ΔP 。

左眼和右眼的角度依赖性系数(C_{15} 和 C_{30})分别按式(15)和式(16)计算:

$$C_{15} = \max \left[\frac{\max(\tau_{\theta,\Phi})}{\tau_{0,0}}, \frac{\tau_{0,0}}{\min(\tau_{\theta,\Phi})} \right] \dots\dots\dots (15)$$

式中:

C_{15} ——角度依赖性系数;

$\tau_{\theta,\Phi}$ ——在 (θ, Φ) 角度时 AWF 的可见光透射比, $0^\circ < \theta \leq 15^\circ$;

$\tau_{0,0}$ ——在 $(0^\circ, 0^\circ)$ 角度时 AWF 的可见光透射比。

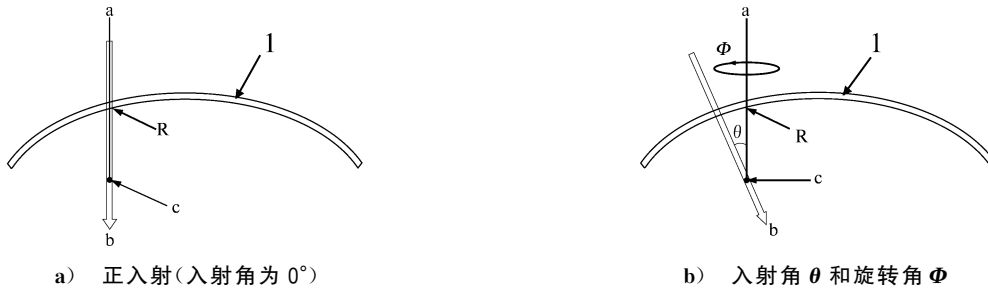
$$C_{30} = \frac{\max(\tau_{\theta,\Phi})}{\tau_{0,0}} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

C_{30} ——角度依赖性系数;

$\tau_{\theta,\Phi}$ ——在 (θ, Φ) 角度时 AWF 的可见光透射比, $0^\circ < \theta \leq 30^\circ$;

$\tau_{0,0}$ ——在 $(0^\circ, 0^\circ)$ 角度时 AWF 的可见光透射比。



标引序(符)号说明:

- l —— 待测样品;
- a —— 视线;
- b —— 入射光;
- c —— 测量点;
- R —— 参考点;
- θ —— 入射角, 入射光与视线的夹角;
- Φ —— 旋转角。

图 4 曲面型 AWF 均匀性和角度依赖性测试示意图

7.8 转换时间

7.8.1 仪器设备

仪器至少包含测量光源、触发光源、探测器、记录装置和恒温箱。

测量光源为 CIE 标准照明体 A;触发光源是用来模拟焊接弧光的,可以是交流驱动的紫外、可见或红外二极管中的一种,但应能触发 AWF 从明态转换到暗态,且触发光源的点亮时间或上升时间不大于转换时间的 10%。仪器的分辨率不应大于转换时间的 10%,且应能够探测和记录 AWF 可见光透射比的变化情况。

为了能够测量 AWF 在不同温度下的转换时间,样品和检测仪器的部分元器件也应置于恒温箱中。

7.8.2 试验步骤

试验按以下步骤进行。

- a) 取一个样品置于恒温箱里的样品台上,保证测量光束与样品表面垂直。调节恒温箱的温度至 $(-5 \pm 2)^\circ\text{C}$,至少保温 1 h 后打开测量光源,待其稳定后再开启触发光源。开启触发光源的同时记录样品可见光透射比的变化,然后根据式(1)计算转换时间。
- b) 更换一个新的样品并置于恒温箱的样品台上,调节恒温箱的温度至 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$,至少保温 1 h。开启触发光源的同时记录样品可见光透射比的变化,然后根据式(1)计算转换时间。
- c) 更换一个新的样品并置于恒温箱的样品台上,调节恒温箱的温度至 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$,至少保温 1 h。开启触发光源的同时记录样品可见光透射比的变化,然后根据式(1)计算转换时间。

7.9 保持时间

有多个暗态遮光号的样品,应测量最暗态到明态的保持时间,如保持时间可调,将保持时间调到最短后进行测量。

测量时的环境照度不应超过 200 lx,仪器设备同 7.8.1,测量步骤紧接着 7.8.2 进行,即关掉触发光

源的同时,再次记录样品可见光透射比的变化,然后按 3.5 的定义计算保持时间。

7.10 自动设定暗态遮光号的 AWF

7.10.1 仪器设备

为了测量自动设定暗态遮光号的 AWF 在不同照度下的遮光号,按 7.2.3 中规定的宽波段法测量可见光透射比,仪器包含以下三个光源:

- a) 一个用来测量 AWF 可见光透射比的 CIE 标准 A 光源;
- b) 一个用来模拟焊接弧光且能触发 AWF 变暗的触发光源;
- c) 一个照度可调的 CIE 标准 A 光源,照度范围应符合相应的要求,见 7.10.2 d)、式(2)和表 10。

7.10.2 试验步骤

试验按以下步骤进行。

- a) 测量光束垂直于 AWF 光电传感器所在平面,将测量可见光透射比的 CIE 标准 A 光源与可调照度的光源进行隔离。
- b) 根据式(2)(或表 10)和产品标称的遮光号,得到各暗态遮光号对应的照度,调节可调照度光源到上述照度,照度的允差不宜超过 $\pm 10\%$;然后分别测量 AWF 在不同照度下的可见光透射比。若 AWF 具有遮光号补偿功能,还应在每个暗态遮光号下,分别测试其所有整数补偿量处的可见光透射比。
- c) 按式(4)计算遮光号。
- d) 根据式(2)(或表 10)和产品标称的最暗态遮光号,得到其对应的照度,调节可调照度光源到上述照度值的两倍,测试 AWF 的可见光透射比和遮光号。若 AWF 具有遮光号补偿功能,置补偿于零位。

8 标识

在产品不影响视线的地方,应清晰、永久标识以下各项:

- a) 标准编号(GB 3609.2—2025);
- b) 特性编号,包括类型代码“W”和明/暗态遮光号“N”,如“W 4/9”;
- c) 若满足 5.7 的要求,还应标识信号灯识别功能“L”,如“L W 4/9”;
- d) 角度依赖性等级,“V1、V2 或 V3”,“C1、C2 或 C3”;
- e) 若 AWF 为自动设定暗态遮光号的,还应标识“Auto”或“自动”字样。

示例 1:

GB 3609.2—2025 L W 4/5~9/9~13 V1

示例说明:

GB 3609.2—2025 —— 标准编号;

L —— 信号灯识别功能(如适用);

W —— 滤光片类型代码;

4/5~9/9~13 —— 4 为明态遮光号,5~9 和 9~13 为暗态遮光号范围(2 段式);

V1 —— 角度依赖性等级。

示例 2:

GB 3609.2—2025 W 4/5~13 V1 Auto

示例说明:

GB 3609.2—2025 —— 标准编号;

W	——滤光片类型代码；
4/5~13	——4 为明态遮光号,5~13 为暗态遮光号范围；
V1	——角度依赖性等级；
Auto	——自动设定暗态遮光号的 AWF。

9 包装和产品信息

产品应有合适的包装,且应附有合格证和使用说明书,合格证和使用说明书也可用电子的方式提供,但应保证易于获取;使用说明书应至少包括但不限于以下内容:

- a) 中文标明的产品名称、制造商或经销商名称、地址和联系方式;
- b) 产品规格型号;
- c) 生产日期和存储期限;
- d) 产品执行的标准编号及标准名称;
- e) 产品材料的生物相容性申明;
- f) 选择、使用、维护、判废条件和储存说明;
- g) 清洗和/或消毒说明;
- h) 永久性标识的说明;
- i) 警示标志或者中文警示说明,如“未按使用说明书操作或产品在焊接时未能变光到设定的暗态遮光号,可能会造成永久性的眼伤害和视力损失”等。



附录 A
(资料性)
遮光号的选择指南

A.1 概述

选择 AWF 的遮光号,宜综合考虑以下因素:

- 气焊的工艺条件,如,钎焊中气体的流量;
- 电弧焊、气体切割及等离子切割中电流的大小、电弧的种类和焊件的材料等;
- 焊工与熔池的相对位置,如,焊工是在离熔池较近的位置进行焊接,还是在一臂远的位置进行焊接,这就可能会产生一个遮光号的变化;
- 环境照度;
- 个体差异。

正是由于上述这些错综复杂的因素,本附录的选择指南是基于通常情况下,在特定类型的操作下对遮光号的选择指导。

本附录表格中推荐的遮光号,其依据的工作条件是:焊工的眼睛到熔池的距离约为 50 cm,环境照度为 100 lx。

A.2 气焊和钎焊宜选择的遮光号

表 A.1 中给出了气焊和钎焊宜选择的遮光号,具体宜按照操作条件或环境,可选择大一号或小一号的遮光号。

表 A.1 气焊和钎焊宜选择的遮光号

作业类型	乙炔流量 q L/h			
	$q \leq 70$	$70 < q \leq 200$	$200 < q \leq 800$	$q > 800$
气焊和钎焊	4	5	6	7

A.3 氧气切割宜选择的遮光号

表 A.2 中给出了氧气切割宜选择的遮光号,具体宜按照操作条件或环境,可选择大一号或小一号的遮光号。

表 A.2 氧气切割宜选择的遮光号

作业类型	氧气流量 q L/h		
	$900 \leq q \leq 2\,000$	$2\,000 < q \leq 4\,000$	$4\,000 < q \leq 8\,000$
氧气切割	5	6	7

A.4 其他焊接和切割作业宜选择的遮光号

表 A.3 中给出了其他焊接和切割作业遮光号的选择指南。

表 A.3 其他焊接或切割作业宜选择的遮光号

作业类型	电流 A																						
	1.5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600		
药皮焊条焊接 ^a	8						9			10			11			12			13			14	
MAG ^b	8						9		10			11			12			13			14		
TIG ^c	—		8		9			10			11			12			13		—				
重金属 MIG ^e	—						9			10			11			12			13		14		—
轻合金 MIG	—						10			11			12			13			14		—		
气体切割	10										11		12		13			14		15			
等离子切割	—						9		10	11	12			13			—						
微束等离子焊	—	4	5	6	7	8	9	10		11		12			—								

^a 药皮焊条焊接包括 MMA(手弧焊)。
^b MAG 代表熔化极活性气体保护电弧焊。
^c TIG 代表钨极惰性气体保护电弧焊。
^d 重金属指钢、合金钢、铜以及铜合金等。
^e MIG 代表熔化极惰性气体保护电弧焊。

A.5 焊接辅助工宜选择的遮光号

焊接辅助工和焊接操作区内的其他人员一样,也应得到保护。焊接辅助工可选择遮光号为 1.2 至 4 号的产品。如果现场的风险评估需要更高遮光号的产品,则应根据实际情况选择。特别是当焊接辅助工与电弧的距离与焊工一样时,两者应选择相同的遮光号。

A.6 非焊接作业人员的眼面防护

非焊接作业人员(既不是焊工也不是焊接辅助工)途经焊接区域或在焊接区域附近短暂停留的人员也应做好眼面防护。

A.7 视觉工效学

影响生产效率和焊接质量的一个重要因素是视觉感受,而影响佩戴者视觉感受的光学指标有视野、球镜度、棱镜度、色彩感知或颜色识别、反射、遮光号的变化等。当 AWF 与眼护具或动力送风呼吸器组合使用时,较大的视窗和亮态下更高的透射比会带来更好的视觉感受。响应时间为 0.1 ms 左右的

AWF 可有效减少眩光、余像等影响视觉舒适性的现象。

A.8 通风和温度

在进行焊接作业时,焊接面罩内的烟尘和 CO_2 易发生积聚,焊接烟尘是 1 类致癌物质,过高的 CO_2 浓度容易造成焊工疲劳和头痛;当在低温下进行焊接作业时,人呼出的热空气又容易导致焊接滤光片起雾;高温环境下的焊接作业更易造成焊工的不适和疲劳,甚至诱发安全生产事故。为了解决上述问题,推荐使用符合 GB 30864,且同时符合 GB 3609(所有部分)的产品。

附录 B

(资料性)

自动变光滤光镜简介及测试注意事项

B.1 概述

本附录给出了自动变光焊接滤光镜(AWF,旧称 ADF)的结构和功能介绍,以及在测试的过程中如何使其工作在标准要求的状态(如遮光号为 13 的暗态)。

B.2 AWF 简介

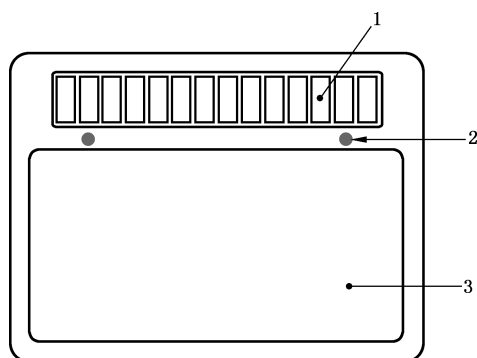
AWF 是一种可防御焊接作业中有害强光的光电子产品。当焊接产生电弧的瞬间,AWF 探测到弧光信号后通过控制电路将滤光镜的遮光号以毫秒级的速度从较低值(如明态遮光号 4)转换成较高值(如暗态遮光号 13),且当焊接作业持续产生电弧时,AWF 能够维持在暗态。AWF 明、暗态遮光号及其对应的可见光透射比的说明见表 B.1。AWF 中用于控制遮光号变化的部件是滤光镜,由液晶、偏光片、导电玻璃、定向层、镀膜片等组成。液晶是一种介于固体与液体之间,具有规则性分子排列的有机化合物,在不同电场作用下,具有旋光特性的液晶分子会做规则旋转 90° 排列,产生透射比的变化。不同的驱动电压将影响液晶分子排列的改变程度,最终影响 AWF 的可见光透射比和遮光号。

表 B.1 AWF 明、暗态遮光号及其对应的可见光透射比的说明

4	9	10	11	12	13
明态遮光号	最亮的暗态遮光号	居中的暗态遮光号			最暗的暗态遮光号
	暗态遮光号 ^a				
τ_{V0}	τ_{V1}				
注:以一个明态遮光号为 4,暗态遮光号在 9~13 之间的 AWF 为例进行说明。					
^a 暗态遮光号可以是 1 个,也可以有多个。					

B.2.1 电源

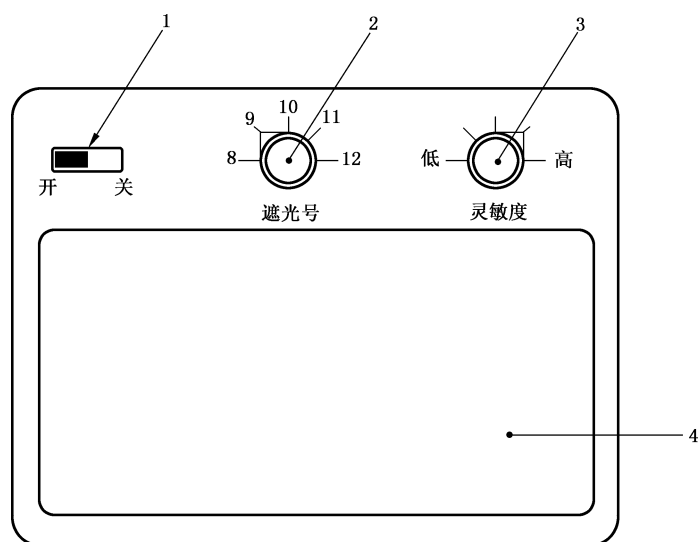
一般情况下,AWF 是由电池和/或太阳能电池提供电源。电源的控制可以是自动的,也可以是手动的。图 B.1 是由太阳能电池提供电源的 AWF,图 B.2 是手动控制电源的 AWF。当打开电源开关且无焊接弧光(触发光源)的情况下,AWF 通常会处于明态,也就是可见光透射比较大的状态。



标引序号说明：

- 1——太阳能电池；
- 2——弧光探测器；
- 3——滤光镜。

图 B.1 AWF 朝向焊接弧光的一面



标引序号说明：

- 1——电源开关；
- 2——暗态遮光号控制按钮；
- 3——灵敏度控制按钮；
- 4——滤光镜。

图 B.2 AWF 朝向焊接工的一面

B.2.2 焊接弧光的探测

弧光探测器通常是由两个对称的光电二极管构成,用于检测焊接弧光,见图 B.1 中的 2。

B.2.3 灵敏度

AWF 灵敏度的控制方式可以是固定值的,也可以是手动调节或自动调节。图 B.2 中的灵敏度控制按钮 3 是手动调节的。

B.2.4 暗态遮光号

AWF 暗态遮光号的设定方式可以是固定值的,也可手动调节的或全自动的。图 B.2 给出的是手动调节暗态遮光号的 AWF。

B.3 测试 AWF 所需的光源

测试 AWF 时,不同类型的光源有不同的用途,一般有三类光源:一个用于为太阳能电池提供光照的照明光源(见图 B.3 中的 1);一个用于模拟焊接弧光并能触发 AWF 变暗的触发光源(见图 B.3 中的 2);一个用于测量 AWF 可见光透射比的标准光源(见图 B.3 中的 3)。

B.3.1 明态

当 AWF 通电,但探测弧光的光电二极管未被触发时,通常为明态。有时 AWF 未通电的状态与通电状态一样,这种情况下无需通电即可测试样品明态的特性。

有时太阳能电池需要外界光照,从而为 AWF 提供足够的电能(见图 B.3)。为了不影响测量结果,还需要将测量光束与环境光进行隔离。如果测试样品没有太阳能电池,则无需环境光。

B.3.2 暗态



模拟焊接弧光的触发光源可使 AWF 由明态变到暗态。触发光源可以是交流驱动的紫外、可见或红外发光二极管。探测焊接弧光的光电探测器的功能因产品而异,因此,测试机构就需要与产品制造厂进行沟通,如何找到一种合适的方法去激活弧光探测器,从而确保 AWF 能工作在标准所要求的状态。有些 AWF 即使在暗态,也可能还需要去照明太阳能电池。在这种情况下,为了不影响测量,需要将测量光束与照明光源进行隔离。

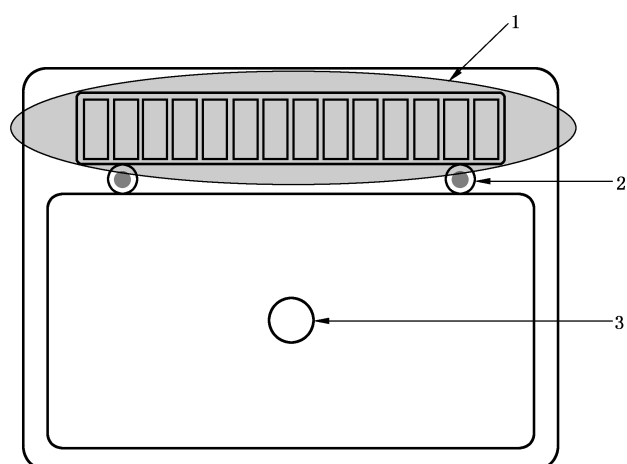
B.3.3 测量

图 B.3 给出了测试中不同光源投影到样品上的不同位置。测量光束一般是垂直入射在滤光镜的几何中心或参考点处(视觉中心),且平行于视线(视轴)。标准或测量方法也可能规定其他特殊的入射角度和测量点。AWF 受测量光束入射角的影响很大,因此测量光束的准直性就显得非常重要。

在测量不确定度的计算和评估中,光束的发散或收敛以及入射角的精度都需要考虑进去。

在用分光光度计法测量 AWF 的透射比时,还需考虑样品的偏振效应,可通过旋转样品 90° ,测量两个不同位置的透射比,然后取均值来提高测量的精度。

在进行透射比和狭角散射两个参数的测量时,其对杂散光很敏感。因此,屏蔽其他光的干扰非常重要,而且要避免来自不同器件表面的反射。



标引序号说明：

- 1——照射在太阳能电池上的照明光源；
- 2——触发弧光探测器的触发光源；
- 3——测量样品可见光透射比的标准光源。

图 B.3 测量中不同光源照射到样品不同区域示意图

附录 C
(规范性)
光谱分布函数

C.1 CIE 标准照明体 A 的光谱分布函数和明视觉光谱光视效率函数列于表 C.1。

表 C.1 CIE 标准照明体 A 的光谱分布函数和明视觉光谱光视效率函数

波长 λ nm	$S_A(\lambda) \cdot V(\lambda)$	波长 λ nm	$S_A(\lambda) \cdot V(\lambda)$	波长 λ nm	$S_A(\lambda) \cdot V(\lambda)$
380	0.000 0	515	1.951 9	650	0.818 3
385	0.000 0	520	2.385 3	655	0.637 2
390	0.000 1	525	2.785 9	660	0.486 1
395	0.000 1	530	3.161 0	665	0.362 3
400	0.000 3	535	3.498 4	670	0.265 1
405	0.000 5	540	3.799 7	675	0.195 8
410	0.001 0	545	4.061 9	680	0.146 1
415	0.001 9	550	4.283 9	685	0.104 2
420	0.003 9	555	4.469 3	690	0.073 0
425	0.007 7	560	4.611 0	695	0.051 7
430	0.013 3	565	4.697 4	700	0.037 7
435	0.020 8	570	4.728 6	705	0.027 3
440	0.030 6	575	4.700 4	710	0.019 8
445	0.042 6	580	4.613 7	715	0.014 3
450	0.058 3	585	4.466 8	720	0.010 2
455	0.078 8	590	4.270 4	725	0.007 3
460	0.105 1	595	4.037 7	730	0.005 2
465	0.138 0	600	3.773 4	735	0.003 7
470	0.180 7	605	3.485 4	740	0.002 6
475	0.237 5	610	3.178 2	745	0.001 8
480	0.310 8	615	2.862 2	750	0.001 3

表 C.1 CIE 标准照明体 A 的光谱分布函数和明视觉光谱光视效率函数 (续)

波长 λ nm	$S_A(\lambda) \cdot V(\lambda)$	波长 λ nm	$S_A(\lambda) \cdot V(\lambda)$	波长 λ nm	$S_A(\lambda) \cdot V(\lambda)$
485	0.400 5	620	2.535 7	755	0.000 9
490	0.519 7	625	2.190 2	760	0.000 6
495	0.681 3	630	1.852 3	765	0.000 5
500	0.896 0	635	1.552 8	770	0.000 3
505	1.187 8	640	1.281 2	775	0.000 2
510	1.539 9	645	1.034 4	780	0.000 2
累计					100.000 0

C.2 蓝光危害加权函数列于表 C.2。

表 C.2 蓝光危害加权函数

波长 λ nm	蓝光危害加权函数 $B(\lambda)$	波长 λ nm	蓝光危害加权函数 $B(\lambda)$	波长 λ nm	蓝光危害加权函数 $B(\lambda)$
300~380	0.01	450	0.94	520	0.040
385	0.013	455	0.90	525	0.032
390	0.025	460	0.80	530	0.025
395	0.05	465	0.70	535	0.020
400	0.10	470	0.62	540	0.016
405	0.20	475	0.55	545	0.013
410	0.40	480	0.45	550	0.010
415	0.80	485	0.40	555	0.008
420	0.90	490	0.22	560	0.006
425	0.95	495	0.16	565	0.005
430	0.98	500	0.10	570	0.004
435	1.00	505	0.079	575	0.003
440	1.00	510	0.063	580	0.002
445	0.97	515	0.050	585~700	0.001

参 考 文 献

- [1] GB/T 8417—2003 灯光信号颜色
- [2] GB 30864 呼吸防护 动力送风过滤式呼吸器
- [3] GB 45185—2024 眼视光产品 成品眼镜安全技术规范
- [4] ISO 18526-2:2020 Eye and face protection—Test methods—Part 2:Physical optical properties
- [5] ISO 18526-3:2020 Eye and face protection—Test methods—Part 3:Physical and mechanical properties
- [6] ISO 16321-1:2021 Eye and face protection for occupational use—Part 1: General requirements
- [7] ISO 16321-2:2021 Eye and face protection for occupational use—Part 2: Additional requirements for protectors used during welding and related techniques
- [8] ISO 19734:2021 Eye and face protection—Guidance on selection,use and maintenance
- [9] E.Buhr, E.Sutter. Dynamic filter for protection devices. Proc.SPIE 10305, Dosimetry of laser radiation in medicine and biology, 103050G(10 January 1989)
- [10] Jinglin Shang, Shiling Chen & Yuewen Cao(2022), Derivation of maximum permissive switching time for automatic welding filter based on retinal thermal and blue light exposure limits, Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 19: 9, 558-567, DOI: 10.1080/15459624.2022.2100405



