《线型光束感烟探测器滤光片》校准规范

（征求意见稿）

编制说明

2023年10月

目录

[1、任务来源 3](#_Toc3514)

[2、必要性（编制背景） 3](#_Toc23970)

[3. 制定的主要内容 4](#_Toc3935)

[3.1 使用范围 4](#_Toc18742)

[3.2 量值溯源链 5](#_Toc21562)

[3.3 具体制定内容 6](#_Toc22663)

[3.3.1 光谱曲线平直度 6](#_Toc26328)

[3.3.2 均匀性、正反差别、年变化量 7](#_Toc29432)

**1、任务来源**

依据市场监管总局办公厅关于下达《2023 年国家计量技术规范项目制定、修订及宣贯计划》的通知，受全国光学计量技术委员会的委托，由广西壮族自治区计量检测研究院负责，中国测试技术研究院、苏州市计量测试院、贵州省计量测试院共同参与完成《线型光束感烟探测器滤光片》的起草任务，定于2024年完成。在项目进行过程中，广西产研院新型功能材料研究所有限公司参与了数据的分析和材料的整理，对本项目具有贡献作用，因此广西产研院新型功能材料研究所有限公司作为参与起草人加入起草小组。

归口单位：全国光学计量技术委员会

**2、必要性（编制背景）**

线型光束感烟探测器滤光片（以下简称滤光片）是各级消防检测和监督机构用于检测线型光束感烟火灾探测器（以下简称探测器）的专业器具。利用滤光片的减光作用减少红外发光器发射到红外接收器的光束量，来模拟火灾条件下烟雾遮挡探测器的情况，通过探测器的响应情况来判定探测器的性能。探测器广泛应用于各种大型场所中，如大型库房、博物馆、发电厂、古建筑等。这些场所的消防安全保障有赖于探测器的响应性能CNCA-C18-01：2020《强制性产品认证实施规则 火灾报警产品》将线型光束感烟火灾探测器列入强制性产品，滤光片作为响应阈值的试验设备，其量值准确性是探测器性能测试结果准确可靠的基础。若滤光片偏离标称值过大，则会造成探测器响应阈值偏大或者偏小。如果达到了响应阈值，探测器未发出警报或者延迟警报，均会对人民的生命、财产安全造成不可估量的损失；若响应过于灵敏，则容易发生误报警。市场上流通的滤光片质量参差不齐，近两年检测的数据结果显示，偏离标称值大于±10%的产品占大于40%，这将直接导致消防检测结果的不可靠，给消防安全留下了巨大的隐患。因此，建立该类滤光片统一的计量特性和校准方法势在必行。

国际上涉及线型光束感烟探测器滤光片的标准有ISO 7240-12：2022《火灾探测和报警系统 第12部分：线型感烟探测器-透射光束》，EN 54-12：2015《火灾探测和报警系统 第12部分：感烟火灾探测器-线型光束》，BS 5839：1988《火灾探测和报警系统 第5部分：光束感烟火灾探测器的一般要求》，标准中均要求使用滤光片作为试验设备对探测器进行检测。我国涉及该滤光片的标准有GB 14003-2005《线型光束感烟火灾探测器》和GB 50166-2019《火灾自动报警系统施工及验收规范》，标准中均规定了用于探测器检测的配套滤光片。XF 1157-2014《消防技术服务机构设备配备》中5.2条款规定一级、二级消防设施维护保养检测设备必须包含减光值为0.4 dB和10 dB各一片。因此，该滤光片作为保障探测器性能可靠准确的专业设备，其量值的准确性意义重大。

目前，针对该滤光片的国家计量技术规范尚属空白，部分省市由于业务需求起草了地方校准规范，包括广西计量检测研究院、天津市计量监督检测科学研究院，但所起草的地方规范对滤光片的测量范围、计量特性及校准方法的规定存在一定的差异。因此，该滤光片的检测校准没有统一的依据，流通在市场上的产品质量参差不齐，无法保障被检测火灾探测器响应性能测量的可靠性。因此，亟需制定一部全国通用、可以科学评价该滤光片计量性能的技术规范，这对于保障使用线型光束感烟火灾探测器场所的消防安全具有重要意义。

**3. 制定的主要内容**

本次编制《线型光束感烟探测器滤光片校准规范》的目的是为了规范线型光束感烟探测器滤光片的技术性能，统一线型光束感烟探测器滤光片的校准方法。对于目前在消防领域应用的线型光束感烟探测器滤光片，本规范的制定也起到一定的指导作用。

本次编制《线型光束感烟探测器滤光片校准规范》中共分为9节，并附有3篇附录：

* 1. 介绍了规范使用的范围。
  2. 汇总了编写规范时所引用的文献。
  3. 介绍了减光值的概念。
  4. 介绍了线型光束感烟探测器滤光片的工作原理。
  5. 规定了计量性能要求。
  6. 提出对校准环境及测量标准的技术指标的要求。
  7. 校准项目及校准方法。这一节是整个校准规范的重点。
  8. 是对校准结果的表述。
  9. 是对复校间隔时间的建议。

下面就制定线型光束感烟探测器滤光片校准规范的主要计量技术指标做充分必要说明。

**3.1 使用范围**

线型光束感烟探测器滤光片主要用于线型光束感烟火灾探测器性能的检测。探测器主要包括红外发射器和红外接收器，市面上常见的红外发射管发射峰值波长为850 nm和940 nm，850 nm发射功率大，照射距离远，主要用在安防领域。在王舵的论文《线型光束感烟探测器滤光片的校准方法及合理性分析》中给出了红外发射器与接收器的响应曲线，如图1所示，探测器主要响应区间在800nm~1000nm波段。

|  |
| --- |
|  |
| 图1 红外发射器与 接收器响应曲线（虚线为发射曲线，实线为接收曲线） |

与此同时，选取不同型号的几套线型光束感烟探测器滤光片进行光谱扫描，对滤光片在（190~2500）nm波长范围内的透射比进行全扫，如图2所示。截取（800~1100）nm范围内的透射比进行放大，其中透射比接近90%的线为标称值0.4dB的滤光片，接近10%的滤光片为标称值10dB的滤光片，如图3所示所示。

|  |  |
| --- | --- |
| (标称值0.4dB)  (标称值10dB) | (标称值10dB)  (标称值0.4dB) |
| 图2 滤光片透射比扫描图（190 nm ~2500 nm） | 图3滤光片透射比扫描图（800 nm ~1100 nm） |

根据扫描结果，滤光片在探测器响应区间（800~1000）nm波段的透射比曲线较为平稳。

综上，选择（800~1000）nm作为滤光片测量的波段。

**3.2 量值溯源链**

测量核心参数为透射比。

量值溯源：透射比可溯源至测量范围涵盖近红外波段的分光光度计。近红外波段透射比的溯源目前可采取测量审核的方式，即与中国计量科学研究院进行近红外波段透射比的测量审核，实现该波段的溯源性。其次可购买近红外波段透射比滤光片进行溯源。量值源头稳定可靠。

在中国计量科学研究院开展的滤光片测量审核中，滤光片在近红外透射比的扩展不确定度为0.0037，与此同时，在售的近红外透射比滤光片含扩展不确定度范围为0.005的滤光片，向该滤光片溯源的分光光度计可满足亦满足规范6.2中“透射比最大允许误差不超过±0.006”的要求。

因此近红外区透射比具备可溯源性。量值溯源链条完备。

**3.3 具体制定内容**

详细内容参见《线型光束感烟探测器滤光片》校准规范(征求意见稿)。

下文将针对线型光束感烟探测器滤光片计量特性指标的制定部分进行说明。

## 光谱曲线平直度

减光值标称值<1 dB时：光谱曲线平直度不超过±2%；

减光值标称值10 dB时：光谱曲线平直度不超过±20%。

## 均匀性

减光值标称值<1 dB时：均匀性不超过±0.1 dB；

减光值标称值10 dB时：均匀性不超过±1.0 dB。

## 正反差别

减光值标称值<1 dB时：正反差别不超过±0.1 dB；

减光值标称值10 dB时：正反差别不超过±1.0 dB。

## 年变化量

减光值标称值<1 dB时：年变化量不超过±0.1 dB；

减光值标称值10 dB时：年变化量不超过±1.0 dB。

**3.3.1 光谱曲线平直度**

探测器的响应区间主要在（850~910）nm（>50%)，如图4，而滤光片测量区间为（800~1000）nm波段，规范采用平均值法计算减光值，如果光谱曲线平直度过大，则会造成测量值与探测器响应值偏差过大，在实际使用中可能形成误判。10 dB滤光片的透射比接近10%，其平直度指标制定参考JJG 536-2015 旋光仪及旋光糖量检定规程，6.1.2中对低透过率模拟器的要求：其衰减相对变化不超过20%。预先制定20%和10%的指标，根据实验数据（见《线型光束感烟探测器滤光片》校准规范（征求意见稿）实验报告），对比光谱曲线平直度不超过20%的目标符合率为87.5%，不超过10%的目标符合率为53.1%。0.4dB滤光片对应的透射比值约为90%，相应的制定光谱曲线平直度不超过2%和光谱曲线平直度不超过1%的指标，实验结果显示不超过20%的目标符合率为90.9%，不超过10%的目标符合率为59.4%。

综上，指标“减光值标称值<1 dB时：光谱曲线平直度不超过2%；减光值标称值10 dB时：光谱曲线平直度不超过20%”符合预期。

|  |
| --- |
|  |
| 图4 探测器响应曲线 |

**3.3.2 均匀性、正反差别、年变化量**

滤光片常见的指标为均匀性、正反差别、年变化量。本规范将这三项列入了待校准项目，进行实验考察。由于滤光片一般为圆形状物体，尺寸有5cm、6cm等，如图5所示。滤光片在使用时不固定在某点某面，因此有必要测量滤光片均匀性和正反差别，而年变化量有助于指导客户在使用过程中发现滤光片状况的变化，因此有必要计算年变化量。

|  |
| --- |
| C:/Users/herimei/AppData/Local/Temp/picturecompress_20211008230912/output_1.pngoutput_1C:/Users/herimei/AppData/Local/Temp/picturecompress_20211008231007/output_1.pngoutput_1 |
| 图5 滤光片尺寸示意图 |

计量特性指标受到标准器不确定度和探测器使用场景的影响。

首先对标准器引入的不确定度进行分析。根据V规则，初定均匀性、正反差别、年变化量的计量特性指标。

1. 标准器引入的不确定度
2. 由光谱光度计波长误差引入的标准不确定度*u*2(*A*)

标称值<1 dB时：滤光片透射比约为90%，光谱光度计在取样间隔为10 nm时波长引起的光谱透射比变化为0.005，而光谱光度计波长最大允许误差不超过±2.0 nm，则：

*u*2(*T*)=0.005/10×2.0=0.001

*u*2(*A*)0.4dB=0.0048 dB

标称值10 dB时：滤光片透射比约为10%，光谱光度计在取样间隔为10 nm时波长引起的光谱透射比变化为0.01，而光谱光度计波长最大允许误差不超过±0.5 nm，则：

*u*2(*T*)=0.01/10×2.0=0.002

*u*2(*A*)10dB=0.0097 dB

1. 光谱光度计光谱透射比测量误差引入的标准不确定度*u*3(*A*)

光谱光度计透射比最大允许误差为±0.006，按均匀分布考虑，则：

*u*3(*T*)=0.006/=0.0035



标称值<1 dB：*u*3(*A*)0.4dB=0.0167 dB

标称值10 dB：*u*3(*A*)10dB=0.150 dB

标准器引入的合成不确定度和扩展不确定度如下表所示，如表1所示。

表1 标准器引入的合成不确定度和扩展不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 波长误差引入的不确定度/dB | 0.0048 | 0.0097 |
| 光谱透射比测量误差引入的标准不确定度/dB | 0.0167 | 0.150 |
| 合成标准不确定度/dB | 0.0174 | 0.151 |
| 扩展不确定度/dB | 0.033 | 0.30 |
| MPEV（MPEV=3U）/dB | 0.1 | 0.9 |

根据V，MPEV≥3U，则标称值<1 dB、标称值10 dB均匀性、正反差别、年变化量的计量特性指标初定为不超过±0.1dB和±1.0 dB。

其次，根据GB 14003-2005《线型光束感烟火灾探测器》A.2.4的规定：放置一减光 0. 9 dB的滤光片在光路中并尽可能靠近接收器（以减少滤光片内的散射影响）。如果 30 s内探测器发出火灾报警信号，记录其减光值小于 1. 0 dB，结束试验。当滤光片的减光值增加到 10 dB时，探测器在 1 min内仍不能发出火灾报警信号 ，则记录其减光值大于 10 dB，并结束试验。标称值<1 dB、标称值10 dB的滤光片，其均匀性、正反差别、年变化量的计量特性指标定为不超过±0.1dB和±1.0 dB能够满足其使用需求。

最后，通过实验结果进行验证，见《线型光束感烟探测器滤光片》校准规范（征求意见稿）实验报告，形成统计分析图（图6、图7）。

图6 不同指标下，均匀性、正反面差、年变化量的目标符合率（标称值10dB）

图7 不同指标下，均匀性、正反面差、年变化量的目标符合率（标称值<1dB）

图6、图7结果标明，在规定的指标下，滤光片相关指标的目标符合率大于90%。因此，该实验结果结合综合标准器不确定度和应用需求，标明标称值<1 dB、标称值10 dB的滤光片，其均匀性、正反差别、年变化量的计量特性指标定为不超过±0.1dB和±1.0 dB较为合理。

综上，将近两年均匀性、正反差别、年变化量、光谱曲线平直度项目的目标符合率统计如表2所示。

表2 校准结果统计分析表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值10dB | | | | |
| 校准项目 | 均匀性 | 正反面差 | 年变化量 | 光谱曲线平直度 |
| 超差数量 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 总数 | 45 | 45 | 24 | 64 |
| 超差率 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 12.5% |
| 目标符合率 | **100.0%** | **100.0%** | **100.0%** | **87.5%** |
| 标称值<1dB | | | | |
| 校准项目 | 均匀性 | 正反面差 | 年变化量 | 光谱曲线平直度 |
| 超差数量 | 1 | 2 | 0 | 5 |
| 总数 | 44 | 44 | 21 | 62 |
| 超差率 | 2.3% | 4.5% | 0.0% | 8.1% |
| 目标符合率 | **97.7%** | **95.5%** | **100.0%** | **91.9%** |

按照规范所制定的方法和指标对市场的线型光束感烟探测器滤光片进行实验检测，根据统计结果，标称值10dB的滤光片均符合均匀性、正反差别、年变化量均符合要求，光谱曲线平直度项目的目标符合率为87.5%，标称值<1dB的滤光片均匀性项目的目标符合率为95.7%，正反差别要求的目标符合率为91.5%，年变化量要求的目标符合率为100%，光谱曲线平直度项目的目标符合率为90.9%。所制定校准项目目标符合率接近90%或大于90%，因此验证了所制定校准项目和计量特性指标的有效性和可行性。