

荧光法生物气溶胶监测仪校准规范

编制说明

(征求意见稿)

全国生物计量技术委员会

北京市计量检测科学研究院

规范编制组

2023.06

目 录

- 一、任务来源
- 二、编制规范的目的和意义
- 三、规范编制工作过程
- 四、规范编制的原则与依据
- 五、制定主要内容及技术关键
- 六、规范实施建议

全国生物计量技术委员会

一、任务来源

根据总局办公厅市监量函（2021）50号《市场监督管理总局办公厅关于做好国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划有关事项的通知》以及全国生物计量技术委员会（2021）023号《关于落实2021年国家计量技术法规制、修订计划的函》的要求，由北京市计量检测科学研究院、中国计量科学研究院、上海镭慎光电科技有限公司共同制定了《荧光法生物气溶胶监测仪校准规范》。

二、编制规范的目的和意义

生物气溶胶是指含有生物性成分的固体或液体微粒悬浮于气体介质中形成的稳定分散系。生物性成分包括细菌、病毒、真菌孢子、花粉、生物代谢物等。生物气溶胶粒子粒径一般在 $0.001\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}$ 之间。生物气溶胶广泛存在于室内外大气环境中，尤其是微生物气溶胶在空气中存活时间较长，传播迅速，可通过空气大面积扩散并迅速发展成为全球性流行病，对人类的健康和生活带来严重危害。研究表明新冠病毒在空气动力学直径约 $1\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$ 的气溶胶中保持病毒传染性和完整性可达16小时，生物气溶胶引发的人群健康风险已引起广泛关注。

目前，环境空气中气溶胶监测，特别是随着我国生态环境网格化监测建设，PM₁₀和PM_{2.5}都已经实现了在线实时监测和预报，为大污染防控和治理，维护民生健康提供了实时数据。荧光法生物气溶胶监测仪作为活性生物粒子的前端预警器，是一类能够实现快速、实时监测生物气溶胶的新兴仪器，对公共场所、室内空气质量进行监测与分

析，可对有害生物气溶胶进行预警，主要应用领域包括机场、地铁、口岸检验检疫、无菌车间监测、重要部门与重大活动安全保卫、反生物恐怖袭击、生物武器预警等。而传统的针对生物气溶胶采样监测的方法已无法适应大量、有限空间、危险区域的安全、实时污染状况监测。生物气溶胶监测仪原理是利用光散射技术和荧光光谱技术相结合实现对环境中发射特征波长的生物粒子进行监测。近些年，在人员密集的公共场所和室内场所的生物气溶胶在线实时监测预警设备，越来越受到关注和重视。

国内外已有大量关于生物气溶胶监测仪的相关研究，尤其是半导体激光诱导荧光技术在生物气溶胶监测仪的应用，为实时、便捷、快速监测有限空间生物气溶胶提供了发展空间。基于荧光光谱原理的生物气溶胶监测技术目前发展快速，市场上已经出现多种品牌的相关仪器，虽然都是基于激光激发微生物本征荧光来测量生物气溶胶数量浓度的仪器，但是，每一种仪器所采用的的激发光源的波长和检测发射波长的关键部件都不一样。因此，为解决针对这些仪器性能评价和量值的一致性，以及实现计量溯源，急需编制《荧光法生物气溶胶实时监测仪器》的校准规范。

三、规范编制工作过程

接到任务下达通知后，成立规范起草小组，起草小组成员由多年从事生物气溶胶监测仪计量校准和研发人员组成，落实各项具体工作，其中包括：制定规范编写实施计划，开展文献查阅和相关调研工作，购置试验耗材，对国内外生产厂家及技术指标进行调研等前期准备工

作。2022年3月初，通过文献梳理、标准查询、行业现状调研、实地考察以及咨询行业专家和企业工程师，确定了该项目的实验方案。2022年4月至2023年5月，对国内具有代表性的荧光法生物气溶胶监测仪进行技术指标测试。具体内容包括零点、流量示值误差、流量稳定性、计数效率等核心计量性能校准。通过参考国外相关标准以及国内现有的荧光法生物气溶胶监测的国家标准、环境标准等，形成征求意见稿，在该研究领域广泛征集意见。2023年6月，项目起草小组着手撰写征求意见稿并进行相关试验。

四、规范编制的原则与依据

本规范制定以国内实际情况为出发点，体现科学性、合理性、先进性、实用性。努力使规范校准项目、技术要求及校准方法与国际建议和国家（行业）标准、技术规范相符合。

本规范制定主要依据及参考了以下文件：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

GB/T 39990-2021 颗粒 生物气溶胶采样器 技术条件

JJF 1190-2008 尘埃粒子计数器校准规范

GB/T 6167-2007 尘埃粒子计数器性能试验方法

五、制定主要内容及技术关键

规范起草小组考虑荧光法生物气溶胶监测仪的产品使用特点、目前国内的制造技术水平等因素，确定了科学合理的技术指标和校准方

法。同时考虑到计量特性和校准方法上与现行有效的行业标准和国家标准之间的协调性与一致性。

(1) 技术关键

1、建立粒子计数校准装置。粒子的发生及混匀舱内粒子浓度稳定性是该装置的关键技术。研究稳定、连续、可调的粒子发生方法，在混匀舱产生并能调节的粒子浓度范围（100~3000）个/L，然后将仪器的测量值与标准尘埃粒子计数器测量值进行比对，从而实现对粒子计数效率的校准。

2、选取有代表性的产品，通过对上海镭慎光电科技有限公司，天津创盾智能科技有限公司、北京蛙鸣华清环保科技有限公司等众多国内品牌的荧光法生物气溶胶监测仪进行试验和论证，确立核心计量特性。

(2) 制定主要内容

1. 适用范围

通过起草小组查阅文献资料、开展相关校准工作，和市场调研所得到的结果，本规范的内容适用于市面上目前主要在售的荧光法生物气溶胶监测仪。所以，本规范适用范围定为：“本规范适用于荧光法生物气溶胶监测仪的校准。”

2. 概述

概述表述了荧光法生物气溶胶监测仪的使用目的、工作原理及产品形式。

具体为：“生物粒子内部含有氨基酸、核黄素和烟酰胺腺嘌呤二

核苷酸等表征生物活性的有机分子，在激光或紫外光诱导下会产生生物本征荧光，这种荧光是区分生物粒子与非生物粒子的重要特征。生物气溶胶监测仪（下文简称“仪器”）是基于生物本征荧光的激光诱导荧光技术和光散射技术开发的一类生物粒子监测仪器，用于监测环境空气中生物粒子浓度和粒径大小，在生物安全、公共卫生等领域有广泛应用。仪器主要由检测单元、采样控制单元和数据处理单元等组成。”

4、计量特性

（1）零点

将高效过滤器（对不小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 粒子的过滤效率优于 99.99%）连接到仪器的泵入口处，将仪器调节到累积计数模式，连续运行 5 min 以上，空抽三分钟后，记录 5 min 内仪器最低粒径档的粒子计数测量值 C_0 ，并以 C_0 作为仪器的零点。零点不大于 1 个。

（2）流量示值误差

采样流量是影响粒子计数准确性的重要因素，本规范参考了 JJF 1190-2008《尘埃粒子计数器校准规范》和 GB/T 39990-2021《颗粒 生物气溶胶采样器 技术条件》中的流量误差的试验方法。采用流量标准装置，选取仪器采样流量值为校准点，结合相关企业的调研情况和数据分析，以及不同品牌样机相关的实验，采样流量的示值误差不超过 $\pm 5\%$ 。

（3）流量稳定性

稳定性反应了仪器的实际工作稳定状态，仪器稳定后，在 30 min

内连续测量 6 个点。实验数据显示，仪器的稳定性不大于 15%。

(4) 计数效率

为评估总粒子通道和荧光通道的计数效率，仪器总粒子通道粒子计数原理是利用光散射技术，荧光通道计数原理是利用生物粒子在激光激发下能产生荧光实现对环境中发射特征波长的生物粒子进行监测，因此规范编制组分别采用不同的发生装置和粒子标准物质，粒子计数校准装置参考了 JJF1190-2008 《尘埃粒子计数器校准规范》和 GB/T 6167-2007 《尘埃粒子计数器性能试验方法》中相关计量特性，主要由发尘装置、干燥舱、混匀舱组成，粒子在校准装置沉降过程中实现干燥，将仪器的测量值与标准尘埃粒子计数器测量值进行比对，从而实现对粒子计数效率的校准。针对荧光通道计数效率，编制组同时考虑了生物计数效率，在生物气溶胶模拟舱中，雾化萎缩芽孢杆菌标准菌液，同时开启仪器和标准生物采样器，通过菌落计数法得到采样器的测量值，将仪器的测量值和标准生物采样器的数值进行比较，从而实现对生物计数效率的校准。通过对不同企业生物气溶胶监测仪的测试结果，将计数效率定为：总粒子通道 $(100\pm 20)\%$ ，生物粒子计数效率： $(100\pm 50)\%$ 。

(5) 伪粒子计数效率

将无荧光聚苯乙烯粒子或其他无荧光粒子作为粒度标准物质，按照总粒子计数效率实验过程雾化，测得的荧光通道计数效率，这个指标比较重要，代表着仪器对无荧光颗粒物的识别能力。按照总粒子计数效率实验过程，荧光通道粒子计数效率即伪粒子计数率不大于 3%。

六、规范实施建议

在本规范的制定过程中，起草小组以国内外技术资料及相关标准、大量实验数据为技术依据，本着科学合理、易于操作和普遍适用的原则，制定完成了荧光法生物气溶胶监测仪校准规范。

全国生物计量技术委员会