

《固定污染源激光氧气在线监测仪校准规范》 编制说明

固定污染源激光氧气在线监测仪校准规范起草组

2025 年 07 月

一、任务来源

根据国家市场监督管理总局市监计量发[2024]40号文件,《固定污染源激光氧气在线监测仪校准规范》制订任务由国家市场监督管理总局下达,归口全国生态环境在线监测计量技术委员会管理,由北京市计量检测科学研究院、鄂尔多斯市检验检测中心、中环协(北京)认证中心、北京大方科技有限责任公司、杭州泽天春来科技股份有限公司等单位共同承担制定工作。

二、目的意义

当前,我国正处于深入打好污染防治攻坚战、推进美丽中国建设的关键时期,污染源监测监督管理是深入打好污染防治攻坚战的基石,是精准治污、科学治污、依法治污的重要抓手。对发电厂、化工厂、钢铁厂等重点行业排放的气体污染物中的氧气浓度进行测量,可以更加准确的计算出排放物中二氧化硫和氮氧化物的真实含量,防止过量空气稀释造成的气态污染物浓度降低。此外,测量污染源中氧气的含量还可以使操作人员更好的了解并控制燃烧过程,提高燃料利用率,降低能耗损失,减少废气排放,符合“双碳”目标下绿色低碳的发展理念。

氧气浓度作为污染源监测中的一个重要参数,直接关系到其他气体污染物浓度测量结果的准确性。随着双碳战略目标的制定,未来污染源温室气体排放会成为排放单位碳税的重要来源,涉及到贸易检测时,对仪器监测准确度要求更高,此时传统 CEMS 系统中的电化学氧或氧化锆氧监测准确度已不能满足需求。近年来激光氧气监测仪因其具有选择性好、灵敏度高、响应速度快、对温湿度不敏感、抗干扰能力强等优点得到了越来越广泛的应用,特别适用于复杂情况下气体浓度的长期在线检测。然而,该类仪器目前没有国家校准规范,量值溯源依据问题长期无法解决,直接影响到了仪器的质量判定和测量数据的准确性。

通过制定《固定污染源激光氧气在线监测仪校准规范》,能够有效的保证激光氧气监测仪及其相关计量器具的发展符合市场监管要求,为生产企业、用户、法定计量机构提供统一的计量标准和校准依据,保证仪器的溯源性和产品质量,助力相关技术的不断发展和进步,为火力发电、钢铁冶炼、石油化工等重点排放行业的环境监测提供计量保障,推动形成保护环境和节约资源的生产方式、促进我国社会经济高质量发展。

一、国内外计量技术规范现状和发展趋势

目前，应用于污染源中氧气浓度测量的监测仪根据工作原理大致包括：氧化锆氧分析器、顺磁式氧分析器、电化学氧测定仪和激光氧气监测仪。现有的计量技术规范主要针对前三者，包括：JJG535-2004《氧化锆氧分析器检定规程》、JJG662-2005《顺磁式氧分析器》、JJG365-2008《电化学氧测定仪》等，而当前还没有针对激光氧气监测仪的校准规范。生产厂家主要参考国 GB/T25476-2010《可调谐激光气体分析仪》进行生产，但该标准中并未具体给出激光氧气监测仪的校准方法。而由于敏感元件的工作原理不同，针对氧化锆氧分析器、电化学氧测定仪和顺磁式氧分析器的计量技术规范并不能完全适用于激光氧气监测仪。这就使得该类仪器的量值溯源成为了难题，给相关生产企业和用户带来极大困扰。因此，制定《固定污染源激光氧气监测仪校准规范》，为该类仪器提供科学合理的量值溯源依据，保证量值溯源的统一性和准确性，十分迫切且必要。

激光氧气监测仪采用“单线光谱”技术和激光波长扫描技术具有更强的环境适应性，具有坚固耐用，可以在苛刻的工况环境中（例如高温、高压、背景气体有腐蚀性等）使用，不受粉尘与视窗污染的影响，响应速度快，可靠性高，稳定性强等优点，大大提升了在线过程氧气含量检测的水平。相比于氧化锆、电化学和顺磁式氧气分析仪更适合用于污染源等复杂情况下氧气浓度的在线检测。

国内固定污染源激光氧气监测仪厂家达 10 家以上，规模较大的生产商包括杭州聚光科技有限公司、杭州泽天春来科技股份有限公司、武汉晟诺仪器科技有限公司、武汉至盛环保科技有限公司、北京安荣信科技有限公司、北京大方科技有限责任公司、深圳一念传感科技有限公司等，广泛应用于工业、环保等污染源监测领域，总年产量在几百台以上，相关产品在国内已有近 10 年的成熟生产和现场应用经验。

社会效益和经济效益的预测分析：

本规范的制定将扩大现有国家计量技术规范的覆盖范围，为激光氧气监测仪的校准提供依据，有助于规范该类设备的生产和使用，保障仪器的准确性和可靠性，从而提高污染源氧气监测数据的有效性，为相关政府部门的科学决策和监管执法提供技术支撑，有利于推进污染源监测的数字化、智能化进程，不断提升我国生态环境治理水平，保障人民健康，社会效益显著。同时，本规范制定后，可以更好的引导企业提高产品质量，增强产品竞争力，规范市场竞争，促进仪器仪

表行业的高质量发展，带动产业相关市场快速发展，预计未来经济效应显著，且还有持续增长的空间。

三、编写依据

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》
JJG 535-2004 《氧化锆氧分析器》
JJG 662-2005 《顺磁式氧分析器》
JJG 365-2008 《电化学氧测定仪》
GB 12358-2024 《作业场所环境气体检测报警仪器 通用技术要求》
GB/T 25476-2010 《可调谐激光气体分析仪》

目前尚未检索到固定污染源激光氧气在线监测仪相关的国家标准或建议。

四、制定内容说明

1. 仪器产品调研

固定污染源激光氧气在线监测仪产品技术已很成熟，国内外已有大量的应用。国外生产商有：挪威 NEO 公司、韩国 DXG Ltd 公司、德国 Endress+Hauser 公司、加拿大 Unisearch Associates 公司、英国 QLM Technology 公司等。

国内生产企业有：杭州聚光科技有限公司、杭州泽天春来科技股份有限公司、武汉晟诺仪器科技有限公司、武汉至盛环保科技有限公司、北京安荣信科技有限公司、北京大方科技有限责任公司、深圳一念传感科技有限公司等几十家。

查阅相关资料，从不同厂家、不同型号的仪器使用说明书及广告宣传网页中了解到相关仪器的主要性能指标见表 1。目前固定污染源激光氧气在线监测仪的测量范围多为（0.1~25）%。

表 1 调研不同厂家固定污染源激光氧气在线监测仪汇总

序号	生产厂家	仪器名称	型号	示值误差
1	杭州聚光	激光气体分析仪	LGA-4100	±1%FS
2	杭州泽天春来	激光气体分析仪	LGT-100	±1%FS
3	武汉至盛	激光气体分析仪	ZS8300	±1%FS
4	武汉晟诺	激光气体分析仪	xLAS-7000	±1%FS
5	四方光电仪器	激光氧气分析仪（对射式）	GasTDL-3100-O2	±1%FS
6	西安诺科仪器	激光气体分析仪	NK-800	≤1%FS

7	西安诺科仪器	防爆在线激光氧含量分析仪	NK-100LAG	$\leq 1\%FS$
8	成都鸿瑞韬科技	隔爆型激光在线气体分析仪	HT-FX740	$\leq 1\%FS$
9	成都鸿瑞韬科技	在线激光氧分析仪	HT-FX760	$\pm 1\%FS$
10	赢润环保	防爆型氧含量在线分析仪	ERUN-QZ9100S	$\pm 1\%FS$
11	赢润环保	原位对射式 TDLAS 激光气体分析仪	ERUN-QZ9100T	$\pm 1\%FS$
12	湖北锐意自控	激光氧分析仪	GAS-LAS 5000	$\pm 1\%FS$
13	北分麦哈克	激光氧含量分析系统	TDLAS-O2-200	$\pm 1\%FS$
14	安徽芯锃光电	TDLAS 激光氧气传感器	-	$\pm 1\%FS$
15	陕西卓宇佳创	TDLAS 激光 O ₂ 分析系统	-	$\pm 1\%FS$
16	深圳昂为电子	在线激光氧分析仪	AW-TDLAS-O2	$\pm 1.5\%FS$
17	上海昶艾电子	激光氧分析系统	CI-PLAS3000	$\pm 1\%FS$
18	北京凯尔科技	原位式激光氧分析仪	KY-TDLAS-O2	$\pm 0.5\%FS$
19	青岛佳明测控	激光氧气在线监测仪	JM-TDL-O2	$\pm 1\%FS$
20	杭州聚星仪器	防爆激光氧分析仪	JX-LO500	$\pm 1.2\%FS$
21	广州仪科检测	抽取式激光氧分析仪	YK-TDL-O2	$\pm 2\%FS$
22	山东新泽仪器	在线原位激光氧分析仪	SLAS-100	$\pm 1\%FS$

2、计量标准器的选择

2.1 校准用氮中氧气体标准物质

查询国家标准物质资源共享平台，氮中氧气体标准物质较多，摘选部分氮中氧气体标准物质，如表 2

表 2 氮中氧气体标准物质

研制单位	名称	标物编号	规格	不确定度
中国计量科学研究院	氮中氧气体标准物质	GBW08117	21%	$U_{rel}=0.1\%, k=2$
中国计量科学研究院	氮中氧气体标准物质	GBW08135	(0.1~7) %	$U_{rel}=(1 \sim 0.5)\%, k=2$
济南德洋特种气体有限公司	氮中氧气体标准物质	GBW(E)060500	(10~30) %	$U_{rel}=1\%, k=2$
济南德洋特种气体有限公司	氮中氧气体标准物质	GBW(E)061045	(1~10) %	$U_{rel}=1\%, k=2$
林德电子特种气体（苏州）有限公司	氮中氧气体标准物质	GBW(E)061204	(2~50) %	$U_{rel}=1\%, k=2$

研制单位	名称	标物编号	规格	不确定度
中国船舶重工集团公司 第七一八研究所	氮中氧气体标准物质	GBW(E)060912	(0.5~25) %	$U_{rel}=1\%, k=2$
西南化工研究设计院	氮中氧气体标准物质	GBW(E)061183	(1~25) %	$U_{rel}=1\%, k=2$
上海基量标准气体有限公司	氮中氧气体标准物质	GBW(E)061346	(0.5~30) %	$U_{rel}=1\%, k=2$
邯郸市洲洋特种气体有限公司	氮中氧气体标准物质	GBW(E)061702	(1~25) %	$U_{rel}=1\%, k=2$

本规范规定氧气体标准物质的相对扩展不确定度不大于 1% ($k=2$), 国内生产的氧气体标准物质可以满足要求。

2.2 配套设备:减压器及管路

考虑到氧气体性能稳定, 其腐蚀性和吸附性较小, 可以忽略, 因此可以选择使用普通的减压阀和气体管路。

五、制定内容说明

依据对不同型号厂家的固定污染源激光氧气在线监测仪的调研情况, 结合大多数生产厂家的生产能力和现有技术水平, 在调研数据和试验数据的基础上, 综合仪器和标准器具的现有的性能水平, 确定仪器的计量性能要求。

1、范围: “本规范适用于测量范围 (0.1~25) % 的固定污染源激光氧气在线监测仪的校准”, 限定了规范的适用范围。经市场调研, 目前现有的固定污染源激光氧气在线监测仪的量程主要为 (0.1~25) %。本规程制定过程中, 在 (0.1~25) % 量程范围内, 做了全面调研试验, 因此本规范限定测量范围 (0.1~25) %。

2、校准测量浓度值的确定

取测量上限约 20%、50% 和 80% 的三个校准测量浓度, 可以较均匀覆盖仪器量程, 满足考察计量特性的通用要求, 并有有证标准物质的支持。

3、计量特性

(1) JJG 365-2008 《电化学氧测定仪》

量程 (0.1~25) %, 示值误差 $\pm 2\%FS$, 重复性 $\leq 1\%$, 响应时间 泵吸式 $\leq$

30s, 扩散式 ≤ 60 s, 零点和量程漂移: 不超过示值误差 1/3;

(2) JJG 662-2005 《顺磁式氧分析器》

仪器 1~5 级, 示值误差 (1~5) %FS, 重复性不超过示值误差 1/2, 响应时间 ≤ 30 s, 量程漂移不超过示值误差;

(3) JJG 535-2004 《氧化锆氧分析器》

量程 (0.1~100) %, 示值误差 $\pm 5\%$ FS, 重复性 $\leq 1.5\%$, 响应时间 ≤ 20 s, 零点和量程漂移: 不超过示值误差 1/2;

(4) GB 12358-2024 《作业场所环境气体检测报警仪器 通用技术要求》规定氧气示值误差 $\pm 2\%$ FS, 重复性 $\leq 1\%$, 响应时间 泵吸式 ≤ 30 s, 扩散式 ≤ 60 s, 非接触式 ≤ 20 s, 零点和量程漂移 $\pm 1\%$ FS。

(5) GB/T 25476-2010 《可调谐激光气体分析仪》

仪器线性误差为 $\pm (1\sim 3)\%$ FS, 重复性 (0.5~2.5) %, 上升时间 1/2/10/20s, 漂移 $\pm (1\sim 3)\%$ FS。

大多数厂家仪器说明书中示值误差为 $\pm 2\%$ FS。实验数据也表明, 大部分仪器测量的示值误差小于 $\pm 2\%$ FS。

综合上述情况, 本规范规定, 示值误差 $\pm 2\%$ FS, 重复性 $\leq 1\%$, 响应时间泵吸式 ≤ 30 s, 扩散式 ≤ 60 s, 非接触式 ≤ 20 s, 零点和量程漂移 $\pm 1\%$ FS。

六、实验说明

在 2025 年 5 月至 2025 年 7 月间, 按照本规范方法、步骤和要求, 对 6 台固定污染源激光氧气在线监测仪进行实验验证, 符合率 90%以上, 详见《固定污染源激光氧气在线监测仪校准规范实验报告》。

七、不确定度说明

以某台仪器为例, 评价了校准点 20.0%、12.5%和 5.0%对应的扩展不确定度分别为 0.8%FS、0.6%FS 和 0.4%FS。因为规范示值误差为 $\pm 2\%$ FS, 该不确定度满足不超过示值误差的二分之一或三分之一, 所以规范示值误差指标制定合理。

八、总结

在本规范的制定过程中, 编制小组依据相关标准、相关资料和大量试验数据,

本着科学合理、易于操作和普遍适用的原则，制定完成了固定污染源激光氧气在线监测仪校准规范。本规范制定以实际情况为出发点，努力使规范的校准项目、技术要求及校准方法与国家（行业）标准、技术规范相契合，体现出新编规范的科学性、合理性和可操作性。