

环境空气自动监测站运维管理与质量保证研究

田冠军

凯乐检测认证集团（绵阳）有限公司，四川绵阳

DOI:10.62836/environment.v3i3.1466

摘要：环境空气自动监测站是掌握区域空气质量变化、支撑污染预警和环境管理决策的重要技术平台，运行质量直接关系到PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、O₃等监测数据的准确性、连续性和可比性，围绕采样系统、气路系统、分析仪器、站房环境、供电通信、标准气体和运维台账等环节开展规范化管理，通过零点检查、跨度检查、流量核查、量值溯源、比对监测和数据审核等质量控制措施，以期自动监测站规范运行提供参考。

关键词：环境空气；自动监测站；运维管理；质量保证；质量控制；数据审核

Study on Operation and Maintenance Management and Quality Assurance of Ambient Air Automatic Monitoring Stations

Guanjun Tian

Kaile Testing and Certification Group (Mianyang) Co., Ltd., Mianyang, Sichuan

Abstract: Ambient air automatic monitoring stations are important technical platforms for tracking regional air quality changes, supporting pollution early warning, and assisting environmental management decision-making. Their operational quality is directly related to the accuracy, continuity, and comparability of monitoring data for PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, and O₃. This paper focuses on standardized management of key links, including the sampling system, gas path system, analytical instruments, station environment, power supply and communication, standard gases, and operation and maintenance records. Quality control measures such as zero checks, span checks, flow verification, metrological traceability, comparative monitoring, and data review are discussed, aiming to provide reference for the standardized operation of automatic monitoring stations.

Keywords: ambient air; automatic monitoring station; operation and maintenance management; quality assurance; quality control; data review

*作者简介：田冠军（1993年—），男，汉族，四川德阳，大专，助理工程师，研究方向：环境监测。

1 引言

环境空气自动监测站具有连续监测、实时传输、响应速度快等优势,能够动态反映污染物浓度变化趋势,为空气质量评价、污染过程研判和应急管控提供基础数据支撑,站点运维质量、仪器稳定性和数据审核要求也随之提高。因此,有必要建立覆盖设备巡检、校准核查、耗材更换、质控记录和数据留痕的全过程管理机制,确保监测数据真实、准确、完整、可追溯。

2 环境空气自动监测站运行管理概述

环境空气自动监测站运行管理是保障监测设备稳定运行、数据连续获取和监测结果准确可靠的基础工作,自动监测站通常由采样系统、气路系统、颗粒物分析仪、气态污染物分析仪、动态校准仪、零气发生器、数据采集与传输系统、站房温湿度控制系统及供电安全设施等组成,可连续监测 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 等环境空气质量指标。实际工作中保持采样口畅通、气路密封、仪器参数稳定和数据传输正常,避免因滤膜堵塞、流量漂移、光学污染、温湿度异常或通信中断影响数据质量,建立定期维护、预防性检修和异常数据快速响应机制,使自动监测站始终处于受控运行状态,为空气质量评价、污染过程分析和环境管理决策提供可靠数据支撑[1]。

3 环境空气自动监测站日常运维管理要点

3.1 采样系统与气路系统维护管理

采样系统与气路系统是环境空气自动监测站获取真实样品的前端环节,采样总管应垂直安装,采样口距站房屋顶一般保持1.5m以上,周边应避免排气口、空调外机、树枝和遮挡物影响。颗粒物采样切割器、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 采样头应定期清洁,通常每7–15d检查一次,在沙尘、扬尘或高湿天气后应适当增加清理频次,防止切割器积尘、虫网堵塞或冷凝水滞留造成采样偏差。气态污染物采样管路应使用聚四氟乙烯等惰性材料,管路长度宜尽量缩短,

接头处应保持紧固,避免 SO_2 、 NO_2 、 O_3 等气体在管壁吸附或发生反应[2]。气路系统维护中检查采样泵负压、流量稳定性和排气通畅情况,颗粒物仪器采样流量常见设定为16.7L/min,气态污染物分析仪采样流量多控制在0.5–1.0L/min范围内,发现流量波动超过设定值 $\pm 5\%$ 时应及时检查滤膜、限流孔、泵膜和管路漏气情况。冷凝水、粉尘和油污是气路故障的常见原因,因此应定期更换颗粒物采样滤膜、泵前过滤器和干燥管,保持采样系统处于洁净、稳定、无泄漏状态。

3.2 分析仪器运行状态巡检与性能核查

分析仪器运行状态巡检应围绕仪器显示参数、响应稳定性、报警信息、工作温度、泵运行状态和数据输出情况开展。 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 分析仪应重点检查 β 射线源或振荡天平系统、采样流量、滤带走纸、喷嘴密封、切割器状态和浓度曲线是否连续; SO_2 分析仪应关注紫外灯能量、反应室污染和零点漂移, NO_x 分析仪应检查臭氧发生器、钼炉或光解转换器、反应室压力和化学发光信号, CO 分析仪应关注红外光源、检测池压力和基线稳定性, O_3 分析仪应检查紫外灯强度、吸收池洁净度和采样管路残留。日常巡检频次宜每日远程查看一次数据状态,每周现场巡检不少于1次,污染过程、极端天气或仪器报警期间应增加巡检频次[3]。性能核查时关注零点漂移、跨度漂移、响应时间和重复性等指标,零点检查后仪器读数应接近零点范围,跨度检查读数与标准值偏差一般宜控制在 $\pm 5\%$ 以内。仪器维护应包括定期清洁光学部件、更换泵膜、检查电磁阀、清理风扇滤网和更新仪器软件参数,对故障处理应遵循“先查看报警、再检查气路、后核查仪器核心部件”的顺序,避免盲目调整参数导致数据失真。

3.3 站房环境、供电通信与安全设施管理

站房温度一般宜控制在15–30℃,相对湿度宜控制在30%–70%,温湿度波动过大时容易造成仪器光学系统漂移、电子元件受潮、管路冷凝和标准气输出不稳定。空调应设置自动运行模式并定期清洗

滤网、检查排水管和室外机运行状态，夏季高温或冬季低温地区应配置备用空调或温控报警装置，防止站房温度长时间超过 35°C 或低于 5°C ，自动监测站应采用稳定电源，关键设备接入UPS，UPS后备时间一般不低于30min，重要站点可配置1-2h备用能力，以应对短时停电和电压波动[4]。电源线路应定期检查接地、漏电保护、插座负荷和防雷模块状态，安全设施管理包括灭火器、烟感、门禁、视频监控、防雷接地和站房防水检查，灭火器压力应处于有效范围，站房接地电阻满足设备安全运行要求，减少非仪器性故障造成的数据中断。

3.4 标准气体、耗材备件与运维台账管理

标准气体、耗材备件和运维台账是自动监测站规范运行的重要保障。标准气体应按照污染物类型和仪器量程配置，常用标准气包括 SO_2 、 NO 、 CO 以及零气， O_3 通常由臭氧校准仪动态发生。标准气瓶应固定存放在阴凉、通风、避光位置，远离热源和腐蚀性物质，使用前应检查气瓶标签、浓度值、不确定度、有效期、压力和减压阀状态，气瓶压力低于1MPa或接近有效期时，应提前更换，避免校准过程中压力不足造成输出不稳定。建立最低库存量，常用耗材包括颗粒物滤带、滤膜、泵膜、活性炭、干燥剂、过滤器、密封圈、电磁阀、采样管、切割器密封垫和打印纸等，其中滤膜、滤带和过滤器应根据污染负荷定期更换，在高颗粒物天气后应缩短更换周期[5]。备件管理应兼顾易损件和关键部件，采样泵、风扇、电源模块、数据采集模块等应有适量备用，减少故障停机时间。运维台账应真实、完整、连续记录巡检时间、仪器状态、校准情况、故障现象、处理措施、耗材更换、标准气使用、数据异常和责任人员等内容，台账管理应做到纸质记录与电子记录一致，重要操作留存照片或系统截图，便于后续数据审核、质量追溯和运维责任核查。

4 环境空气自动监测站质量保证与质量控制方法

4.1 零点检查、跨度检查与校准周期控制

零点检查、跨度检查与校准周期控制是判断自动监测仪器是否处于稳定受控状态的核心方法。零点检查主要用于确认仪器在无目标污染物输入条件下的基线响应，通常通过零气发生器或高纯零气输入分析仪，观察 SO_2 、 NO_x 、 CO 、 O_3 等仪器零点读数是否稳定，跨度检查则通过输入已知浓度标准气体，判断仪器响应值与标准值之间的偏差，设置每日自动零点检查、每周跨度检查、每月多点校准的质控周期，重点污染季节或仪器漂移明显时应适当缩短检查间隔，跨度检查相对误差宜控制在 $\pm 5\%$ 以内，连续两次超过 $\pm 5\%$ 或零点漂移超过仪器控制限，应暂停异常数据使用并对采样管路、标准气、动态校准仪、零气发生器和分析仪检测单元进行排查[6]。例如，某空气自动监测站 NO_2 数据连续3d夜间偏高且与周边站点变化趋势不一致。运维人员开展零点检查后发现 NO_x 分析仪零点读数由 0.5nmol/mol 升至 4.8nmol/mol ，跨度检查相对误差达到7.2%，检查发现零气发生器净化柱吸附能力下降，导致零气中残留氮氧化物干扰仪器基线，更换净化柱并重新进行零点、跨度检查后跨度误差降至2.1%，仪器响应恢复稳定，保证监测数据有效性。

4.2 流量、温压、湿度等关键参数核查

流量、温度、压力和湿度是影响自动监测数据准确性的关键参数，质量控制中应将其纳入定期核查范围。颗粒物监测仪采样流量直接影响 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 质量浓度计算，常见采样流量为 16.7L/min ，核查时可使用经检定或校准的流量计进行比对，流量偏差宜控制在设定值 $\pm 5\%$ 以内。气态污染物分析仪采样流量一般为 $0.5\text{--}1.0\text{L/min}$ ，若流量过低，可能导致响应迟缓和浓度偏低；若流量过高，则可能造成采样泵负荷增大、气路压力异常或样品停留时间不足。温度和压力参数会影响气体体积换算，站房温度宜控制在 $15\text{--}30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度宜控制在30%–70%，颗粒物采样系统还应避免高湿条件下滤膜吸湿或管路冷凝[7]。

例如，某站 $\text{PM}_{2.5}$ 监测数据在连续阴雨天气中明显高于邻近站点，日均浓度达到 $76\mu\text{g/m}^3$ ，而周边站点多为 $45\text{--}52\mu\text{g/m}^3$ 。现场核查发现站房相对湿度长

期超过80%，颗粒物采样管内壁有冷凝水痕迹，滤带受潮后造成 β 射线衰减异常，导致浓度偏高。运维人员对采样管路进行干燥处理，更换受潮滤带，检修空调除湿功能，并将站房湿度稳定控制在55%左右。复核后 $PM_{2.5}$ 浓度变化趋势与周边站点基本一致。该案例表明，自动监测质量控制不能只关注分析仪读数，还应重视流量、温压、湿度等基础参数，因为这些参数一旦失控，会直接造成系统性误差。

4.3 标准物质使用、量值溯源与比对监测

标准物质使用和量值溯源是保证自动监测数据准确可比的重要基础。自动监测站所用标准气体应具有有效证书，证书中应明确组分名称、浓度值、不确定度、有效期、生产批号和溯源信息。 SO_2 、 NO 、 CO 等标准气体使用前应检查气瓶压力、减压阀密封性和管路洁净情况，避免因标准气过期、压力不足或管路吸附造成校准误差。 O_3 标准通常由臭氧校准仪动态发生，臭氧校准仪本身应定期送检或与上级标准进行传递比对。标准物质更换后，应及时开展仪器响应核查，并在台账中记录标准气编号、浓度、有效期、使用时间和对应仪器。

比对监测可用于检验自动监测站运行数据与参比方法或上级质控设备之间的一致性。颗粒物可采用手工滤膜称重法与自动仪器进行比对，气态污染物可采用便携式标准传递仪、动态校准仪或实验室方法进行核查。一般可按季度或半年开展一次比对监测，对污染过程明显、数据异常或设备大修后的站点应增加比对频次。例如，某站 SO_2 自动监测数据长期低于区域背景水平，月均值仅为 $3\mu g/m^3$ ，而邻近站点为 $7-10\mu g/m^3$ 。比对监测发现该站 SO_2 分析仪响应偏低约12%。经排查，采样管路老化且内壁污染，对 SO_2 产生吸附损失。更换聚四氟乙烯采样管并重新校准后，比对误差降至3%以内。该案例说明，标准物质和比对监测可以有效发现仪器自身不易报警的隐性偏差，是质量保证体系中不可缺少的技术环节。

4.4 质控记录、校准记录与数据留痕管理

质控记录、校准记录与数据留痕管理是实现监

测数据可追溯的重要控制方法。自动监测站每一次零点检查、跨度检查、流量核查、标准气更换、耗材更换、故障维修、数据修约和异常标识都应形成完整记录。记录内容应包括操作时间、仪器名称、仪器编号、操作人员、检查项目、标准物质编号、校准前后读数、偏差计算结果、故障原因、处理措施和数据影响时段。对于自动监测数据，应保留原始数据、审核数据和最终上报数据，不能随意覆盖原始记录。发生停电、通信中断、仪器维护、校准测试和故障维修时，对相应时段数据进行标识，明确其是否参与统计评价[8]。例如，某站 O_3 小时浓度在一次校准期间出现异常高值，最高达到 $238\mu g/m^3$ ，若不进行数据留痕和状态标识，该数值可能被误判为臭氧污染过程，影响日评价结果，经查阅运维记录发现，该时段正在进行 O_3 跨度检查，标准臭氧气体直接进入分析仪，运维人员依据校准记录、仪器状态码和现场操作记录，对该时段数据进行无效标识并保留原始数据及处理说明，数据质量控制不仅是仪器层面的技术管理，也包括数据全过程管理，保证自动监测数据在污染评价、执法监管和趋势分析中的公信力。

4 结束语

环境空气自动监测站运维管理与质量保证直接关系到监测数据的真实性、准确性和连续性。实际运行中围绕采样系统、气路系统、分析仪器、站房环境、供电通信、标准气体和耗材备件等环节建立规范化运维机制，及时发现并处理采样堵塞、流量漂移、仪器响应异常、温湿度失控和数据传输中断等问题，将零点检查、跨度检查、流量核查、标准物质质量值溯源、比对监测和数据留痕作为质量控制重点，确保每一项监测数据都有来源、有记录、可核查、可追溯，为空气质量评价、污染过程研判和环境管理决策提供可靠技术支撑。

参考文献

- [1]张媛.环境空气自动监测站 SO_2 分析仪动态校准技术的优化研究[J].标准生活,2025(6):164-166.
- [2]吕晨,王治非,边萌.环境空气自动监测站运行维护路径分析[J].

- 黑龙江环境通报,2025,38(8):52-54. DOI:10.16647/j.cnki.cn15-1369/X.2022.04.017.
- [3]申恒梅,阴璐璐,魏征,等.环境空气自动监测站运维管理策略分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(11):53-55. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-11-18.
- [4]王侃,任腾希,朱艺婷,等.海岛辐射环境空气自动监测站运行维护技术初探[J].环境与发展,2023,35(3):48-51. DOI:10.16647/j.cnki.cn15-1369/X.2023.03.008.
- [5]王侃,杨维耿,赵顺平,等.辐射环境空气自动监测站建设和运行问题分析及对策[J].环境与发展,2022,34(4):117-120.
- [6]梁国平.环境空气自动站智慧运维平台建设实践探索[J].科技与创新,2020(14):138-139.DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2020.14.058.
- [7]吴健文.环境空气自动监测站运维存在的问题及对策探讨[J].海峡科学,2020(4):45-46.
- [8]缪尔康.对辐射环境空气自动监测站系统开展数据化运维的探讨[J].四川环境,2019,38(6):59-64.DOI:10.14034/j.cnki.schj.2019.06.011.

