

# 环境空气监测仪器运行维护要点研究

张宏伟

山西省忻州生态环境监测中心

DOI:10.32629/eep.v9i1.3014

**[摘要]** 本文对环境空气监测仪器的运行维护技术及管理要点进行了系统的分析。本文先对监测仪器的工作原理及技术特点进行了阐述,并分析了光学吸收、电化学传感、色谱分析等主要技术的检测机理以及它们在污染物浓度测量中所起的作用。在此基础上,论文对仪器运行过程中出现的常见问题及性能的影响因素进行了分析,从运行管理规范、预防性维护策略、故障诊断技术等方面创建起完善的运行维护体系。经过研究发现科学规范的运行维护是保证监测数据准确、可靠并长期可比的前提条件。通过分析智能化维护技术的发展趋势可知,本文给环境空气监测工作规范化、精细化管理提供了一个系统的技术支持和实践指导,对于提高环境空气质量监测体系整体效率有重大的理论以及实践意义。

**[关键词]** 环境空气监测仪器; 运行维护管理; 数据质量控制; 智能维护

中图分类号: DF468 文献标识码: A

## Research on the Key Points of Operation and Maintenance of Environmental Air Monitoring Instruments

Hongwei Zhang

Shanxi Xinzhou Ecological Environment Monitoring Center

**[Abstract]** This article systematically analyzes the operation and maintenance techniques and management points of environmental air monitoring instruments. This article first elaborates on the working principle and technical characteristics of monitoring instruments, and analyzes the detection mechanisms of major technologies such as optical absorption, electrochemical sensing, and chromatographic analysis, as well as their roles in measuring pollutant concentrations. On this basis, the paper analyzed the common problems and performance influencing factors that occur during the operation of the instrument, and created a comprehensive operation and maintenance system from the aspects of operation management standards, preventive maintenance strategies, and fault diagnosis techniques. Through research, it has been found that scientific and standardized operation and maintenance are prerequisites for ensuring the accuracy, reliability, and long-term comparability of monitoring data. By analyzing the development trend of intelligent maintenance technology, it can be seen that this article provides a systematic technical support and practical guidance for standardized and refined management of environmental air monitoring work, which has significant theoretical and practical significance for improving the overall efficiency of the environmental air quality monitoring system.

**[Key words]** environmental air monitoring instruments; Operation and maintenance management; Data quality control; Intelligent Maintenance

环境空气监测仪器是获取空气质量数据的主要设备,它的运行状况以及技术性能决定着监测结果是否准确可靠。随着我国环境治理体系不断健全和发展,对监测数据的准确性和代表性以及可比性提出前所未有的高要求。在此背景下,保证监测仪器长期稳定、可靠地运行,创建起系统化、规范化运行维护管理体系,成为环境监测领域一项十分关键的基础性工作。本文以技术原理为基础,依据运行实践,对环境空气监测仪器的运行维护关键环节和主要技术点进行梳理,目的是创建起一个包含运行

管理、质量控制、维护保养和技术发展在内的综合框架,给保证监测数据的质量、提高环境监测的能力、支撑科学决策提供切实可行的技术途径和管理思路。

### 1 环境空气监测仪器的工作原理与技术特性

环境空气监测主要是利用物理和化学原理来测定污染物。光学技术(DOAS、TDLAS等)利用气体对于一定波长光的吸收特性,通过光强衰减来反演浓度。电化学传感器利用气体在电极表面的氧化还原反应产生电信号,常用来测定SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>等无机物。复

杂的组分,比如VOCs,一般采用色谱-质谱联用法来完成准确的分析。多种技术在监测网络中可以互相配合。现代设备追求高灵敏度、高选择性和长时间的稳定性,但会受到温度、湿度、采样系统状况、校准规范以及部件老化等因素的影响。需要创建起预防性维护机制,依靠定期检查、清理和计划更换来保证数据的连续准确性。

## 2 环境空气监测仪器的运行管理规范体系

### 2.1 制度构建与日常执行的标准化

为了保证监测工作的规范化和数据质量可控,需要建立完善的运行管理制度体系。该体系的主要文件应包含规范仪器操作全过程的《标准操作规程》、明确质控要求和异常处置的《质量控制程序》、界定数据处理全周期的《数据管理规程》,并制定应对突发事件的《应急预案》。制度效力需依靠配套的培训、监督和考核机制。日常工作中,操作人员要按规范开展采样系统检查、仪器状态监控以及数据传输验证工作,周期性地校准、线性检查和精密度检测。所有操作及结果都要详细记录,建立完整的可追溯质量档案。

### 2.2 数据全流程质量管控

监测数据的质量需依靠标准化的多级审核程序进行全周期控制。数据产生之后依次经过三级审核:现场操作人员进行一级审核,保证数据连续完整并初步标识异常;质量控制人员做二级技术审核,综合仪器状况、质控数据和关联信息判断数据的有效性;数据管理员最后进行三级管理审核并予以批准。问题数据必须注明原因,并按照授权程序进行处理。核准数据要安全存储且有可靠备份。定期对整体质量进行评价,从数据捕获率、有效率、精密度等方面综合考虑,形成评估报告以提高监测系统质量<sup>[1]</sup>。

## 3 环境空气监测仪器的预防性维护与保养策略

### 3.1 预防性维护计划的制定与实施

为了从根本上消除故障,需将工作重点从被动修复转移到主动预防,科学制定并落实预防性维护计划。该计划应结合设备厂家技术手册的建议、现场环境条件、运行强度和历史运维记录等进行个性化设计。计划要明确各个维护项目的内容、执行标准、周期频次(例如日、周、月、季、年检)、需要的工具耗材和人员资质要求。典型的项目包括滤材更换、光路和气路清洁、电气连接检查、易损件(泵膜、阀膜等)更新、传感器试剂补充以及所有功能校验和光学校准。每次维护都要详细记录,建立设备“健康档案”,为优化维护周期、预测部件寿命提供决策依据。

### 3.2 系统化故障诊断与修复流程

面对突发故障,要建立系统的诊断和排除流程。故障发生时,应先停止运行并记录报警信息。诊断应按照由外向内、由简单到复杂的顺序进行:首先排除外部的电源、通讯、耗材、采样口等因素,然后检查有无外部可见的部件故障,即泵、流量是否正常,有无漏液或异响等情况,再通过仪器自检、历史数据分析和专业设备检测,对光源、检测器、传感器等核心单元做详细的

检测。对于复杂的故障要及时与技术支持联系,将故障现象、报警代码以及已采取的排查措施详细情况一并提交,以便工程师能快速找到问题并解决。

### 3.3 关键部件的专项维护技术要点

根据仪器不同的核心部件原理,需要采取专项的维护措施。光学类仪器的维护重点是光学镜面的清洁,需要使用专门的工具和高纯度试剂,在一定方向上轻柔操作,不能造成损坏。光源强度要经常检测,及时更换衰减模块。电化学类仪器的核心是传感单元的维护,即定期更换电解液、执行电极活化程序以恢复活性、校验参比电极稳定性。采样系统的维护具有共性,核心就是保证气路洁净、密封,需要定期更换各种过滤器,使用无油泵并且检查其膜片的状态,对管路和阀门做气密性检查,可以采用伴热或者惰性化处理来减少气体的吸附。

## 4 智能化技术在运行维护中的应用与发展趋势

### 4.1 远程监控与诊断系统的构建

物联网、云计算和大数据技术相结合,正在促使环境空气监测仪器的运行维护方式由原来的传统走向智能化的深层次转变。远程监控和诊断系统把分布在仪器上的智能数据采集终端安装到仪器旁边,实时地将仪器的各种运行状况参数(电压、电流、温度、压力、流量、关键信号强度等)、质控数据、报警日志以及原始监测数据传送到云端平台。平台自带的专家规则库和算法模型可以对大量的数据进行实时分析,从而达到对仪器健康状况实行在线评价、预知故障(通过趋势分析预测泵膜寿命)、远程初步诊断的目的。这就使得维护人员可以由原来的“定期巡检”、“被动响应”的方式转变为“按需维护”、“主动干预”,大大提高了运维的响应速度和效率,减少了非计划停机时间。

### 4.2 预测性维护与数字孪生技术的探索

预测性维护属于智能维护的高阶层次。核心就是用机器学习、深度学习等人工智能算法来对仪器长时间运行积累起来的各种各样的历史数据(状态数据、性能数据、维护记录、环境数据)进行深度挖掘和学习,建立可以预测关键部件剩余使用寿命(RUL)或者未来性能衰减趋势的模型<sup>[2]</sup>。通过对光学光源光强衰减的历史数据和运行时间、环境温度之间的关系进行分析,可以预测出下一次需要更换的时间点。数字孪生技术给预测性维护提供了一个更加强大的虚拟仿真环境,创建起和物理仪器完全映射的、高精度的虚拟模型,在数字空间里可以实时地模拟仪器的工作状态,对各种维护策略进行推演和优化,从而得出最经济的、最佳的个性化维护方案,实现由“预防”向“预测”的转变。

### 4.3 增强现实与自动化维护工具的应用前景

在现场维护作业层面,增强现实(AR)技术和自动化工具相结合显示出巨大的潜力。维护人员使用佩戴AR眼镜的方式,在眼前出现设备内部结构三维模型、拆装动画指引、历史维修记录、当前操作步骤提示等数字信息,极大地降低了复杂维护作业的技术难度,提高了操作的准确性和安全性,有利于新员工快速培训。自动化维护机器人或者机械臂也被探索出来用以完成一些

重复性的、高精度的或者是危险环境下的标准化维护工作,比如自动更换滤膜、自动进行光学镜面清洁、自动执行多点校准等。由此可知,未来环境监测站点运行维护将会更加智能、无人化和高效。

## 5 运行维护工作的质量管理与持续改进

### 5.1 基于全过程的质量管理体系

高质量的运行维护工作本身就要求有一个完善的质量管理体系(QMS)来保证。该体系采用PDCA循环的方式,即计划、执行、检查、处理(PDCA)的过程,包括维护需求的识别、计划的制定、资源的准备、作业的实施、效果的验证、记录归档、绩效评价、改进等全部过程<sup>[3]</sup>。体系文件包含有质量手册、程序文件、作业指导书以及大量的质量记录表单。质量目标要分解到具体的运维活动当中,比如设置仪器数据有效捕获率、预防性维护计划完成率、故障平均修复时间等可以度量的关键绩效指标。通过对内部审核和管理评审来检查QMS的运行是否符合要求以及有效性的过程,保证运维活动一直处在受控的状态并且不断改善。

### 5.2 人员能力建设与专业化发展

仪器运维的最终执行人是技术人员,技术能力是决定运维质量的关键因素。必须建立系统的人员培训和资格认证制度。培训内容包含环境监测基础理论知识、具体仪器工作原理与结构、标准操作程序、质量控制方法、维护保养技术、故障诊断办法、安全要求等。培训形式可以多样化的开展,有理论授课、现场实操、跟班学习、技能比武、外部技术交流等。关键岗位人员,包括仪器负责人、质量审核员等,必须经过考核并获得相应上岗资格。同时要创建技术人员职业发展通道及激励制度,促使他们学习技术、积累经验、共享知识,造就一个稳定的、专业的、敬业的高水平运维团队,这也是保证监测事业可持续发展的基础。

## 6 运行维护工作的标准化与规范化推进

### 6.1 标准规范体系的完善与执行

推进运行维护工作的标准化和规范化,是提高整个行业的水平,保证数据的可比性的一种方法。这就需要建立健全国家和行业的标准体系,该体系的内容要包含仪器技术规范、运维通用要求、质控指南以及数据处理规则。基层运维单位要以该为依据,根据具体的设备和工况来制定出符合实际的本地化标准作业程序,把宏观的要求转化为可以执行、可以核查、可以记录的具体步骤。另外要加大标准的宣传培训和执行监督力度,用实验室比对、飞行检查、能力验证等手段来评价并督促标准实际落

实的情况,防止规范流于形式,保证它成为指导日常工作的重要依据<sup>[4]</sup>。

### 6.2 运维信息共享与行业协作机制

在标准化的基础上,创建起开放、共享的行业合作机制对于整体提高运维水平具有重要的意义。可以创建起区域性或者全国性的运维信息共享平台,在保证商业秘密不被泄露的情况下,实现非敏感的运维经验、典型的故障案例、部件寿命数据以及最佳实践指南等的交流。定期举办行业技术研讨会及经验交流会,有利于各个机构、企业和研究单位之间实现信息的流通与资源共享。对于一般的、普遍的技术难题,可以组织联合攻关。这样一种合作生态可以打破信息壁垒,把单个站点所遇到的困难迅速转化为行业集体智慧的成果,加快新技术、新方法的应用和推广,从而从根本上提高环境空气监测网络的运维保障能力及技术储备。

## 7 结束语

环境空气监测仪器的规范化运行和科学维护,是保证监测数据准确、可靠、可比的基本条件。本文对仪器原理认知、日常运行管理、预防性维护和智能化技术应用等各个方面的要点进行了系统的整理,形成了一个包含制度、技术、管理的综合运维体系。实践证明,实行以预防为主、用数据为依据的主动维护方式,并积极推进标准化和智能化改造,可以大大提高监测网络整体效能以及数据质量。未来要继续深入地应用预测性维护、数字孪生等智能技术,并且加强行业间的合作和标准的建立,给环境管理决策赋予更加坚实的数据基础,促进监测工作向精细化、智能化方向发展。

### [参考文献]

- [1]韩佃钧.环境空气质量监测流程的质量控制分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(17):68-70.
- [2]罗武文.环境监测企业创新能力提升研究[D].北京化工大学,2023.
- [3]黄维山,李立,田俊良.环境空气监测全程质量控制路径研讨[J].皮革制作与环保科技,2022,3(08):53-55.
- [4]周泽义,周云畅,郭亮,等.环境空气监测气体分析仪在线校准装置研制[J].化学分析计量,2022,31(03):78-82.

### 作者简介:

张宏伟(1984--),男,汉族,山西原平人,本科,中级十级,研究方向:环境空气预警预报、环境空气数据审核、环境空气监测仪器等。