

# 生态监测设备日常维护与校准实操法

李强

红河县生态环境监测站, 云南省红河州红河县, 654400;

**摘要:** 生态监测设备属于获取环境基本信息的手段, 其技术性能稳定以及测量结果准确, 对于保证监测数据科学价值十分重要。本文系统论述了该类设备的管理与质控体系, 主要包含日常维护、定期校准、数据处理这三个主要方面。日常维护是设备清洁、电气检测、传感器评价的标准化流程; 定期校准是按国家标准、用标准物质进行规范操作、分析结果; 数据处理是从采集存储、质量控制、校正报告构成的一条链。经过研究发现, 开展制度化、规范化的全流程管理, 能有效地提高设备的可靠性、数据的准确性以及长期的可比性, 给环境评价和科学决策赋予稳固的数据支撑。

**关键词:** 生态监测; 设备维护; 计量校准; 质量控制

**DOI:** 10.6979/3041-0673.26.04.051

准确、连续的生态环境监测数据是认识自然规律、评价环境状况、开展有效管理的前提。各种监测设备是数据产生的源头, 在野外复杂的环境中长时间工作, 其性能会受很多因素的影响而出现偏差。如果没有系统性的维护、校准和质量控制, 那么所得数据的可靠性以及科学性就难以保证, 进而影响后面分析决策的科学性。因此, 建立并实行一套严谨、可行的设备全生命周期质量管理体系, 是保证生态监测工作顺利进行的基础条件。本文主要从技术操作和管理规范相结合的角度出发, 对生态监测设备的维护、校准、数据质控等主要环节的技术要求、操作流程、实施要点进行系统的阐述, 以期为提高相关工作专业化水平, 保证监测数据长期质量及有效应用提供系统的技术参考和实践指导。

## 1 生态监测设备系统性日常维护

### 1.1 设备外部清洁与完整性查验

定期对设备外部进行清洁并做物理检查属于预防性维护的基础工作。用柔软无绒布、专用工具和合规清洁剂轻柔清除设备外壳、显示屏、传感器探头和防护罩表面的积尘、污渍、盐结晶等附着物。对光学镜头、窗口等部件用指定的清洁工具单向轻拭, 不能划伤。同时检查机壳有无裂纹、变形、锈蚀, 重点查看线缆接口、密封垫圈、通风滤网等部位的完好情况, 保证防尘防水等级满足设计要求。户外设备还要检查安装支架和立杆的牢固程度, 防止松动、锈蚀造成倾倒或者测量基准偏移。

### 1.2 供电系统与连接线路的检测评估

稳定的供电, 可靠的信号传输给设备的正常运转创造条件。维护时需要对供电状况做系统评价, 太阳能系

统检查光伏板表面清洁度、倾角、连接情况, 蓄电池测量端电压、检查电解液位(如适用)、测试实际容量, 市电接入设备检查稳压电源输出、线路接头牢固度、接地可靠性。所有连接线缆(电源线、通讯线、传感器信号线)都要仔细检查外皮有无龟裂老化, 内部导线有无裸露, 接头有无松动氧化或者腐蚀。应当用万用表来测量线路的导通性及绝缘电阻, 并要及时替换性能不好的线缆、接头, 以避免供电中断、信号衰减或者短路的发生<sup>[1]</sup>。

### 1.3 核心传感器性能状态诊断

传感器是监测设备的主要感知单元, 它的状态好坏直接影响数据的好坏。日常维护要检测温湿度传感器的响应速度和输出稳定性, 观察气体分析仪的预热时间、基线稳定性及对标准气体的初步响应, 检查水质多参数探头的pH电极、溶解氧电极的膜帽状况、电解液余量并进行简易斜率验证。同时要清理超声风速仪、雨量计感应面的附着物, 检查声学设备麦克风防风罩的状态。定期诊断可以记录传感器性能变化的规律, 给预测性维护、校准周期调整提供数据支持, 减少突发性失效造成的损失。

## 2 生态监测设备标准化校准方法

### 2.1 校准依据与标准物质选用

校准工作要以权威的技术文件为依据进行, 即国家计量检定规程、行业监测标准、仪器制造商的校准手册和已经验证过的作业指导书等, 保证计量溯源性。所用参考标准的准确度等级应高于被校准设备一个量级以上。常用标准器有检定合格的标准砝码、标准电阻箱、标准温湿度发生器等; 标准物质有有证标准气体、标准

溶液、标准滤光片、标准声源。所有的标准器具和物质均按其证书所规定的使用环境条件规范使用和妥善保管，以保证量值传递的准确、可靠。

## 2.2 标准校准流程与操作要点

校准一定要按照科学规范的标准程序进行，一般包括准备、预调、标定、验校、记录等步骤。多参数水质在线分析仪校准前需要取出传感器，用去离子水等清洁介质冲洗探头。接着从低到高浓度依次把传感器浸入一系列的标准溶液中进行标定，如用 pH 缓冲液、梯度 KCl 溶液或者饱和空气水等。校准点要待示数稳定之后记录，过程中不能振动、不能直接接触传感器，保持环境温度稳定。标定完毕之后，仪器就会自动计算并更新校准系数。

## 2.3 校准结果分析与调整

校准数据需要进行系统的分析，主要评价示值误差、重复性、线性度等指标。将示值误差与设备规定的最大允许误差进行比较，如果各点都在允许范围内，则判定设备合格，记录此时参数。出现超差，首先要排查操作、标准物和环境等各方面因素。确认非操作原因之后，具备软件校准功能的设备可以将标准值输入到相应的点上，由系统自动更新系数；硬件可调设备需要按照手册进行物理调节。调整后应重新验证直至合格，所有校准过程、条件、结果、调整信息均要完整、客观地记入校准记录，形成可追溯档案。

# 3 监测数据处理与质量控制体系

## 3.1 数据采集与存储规范

为了保证数据的完整性、可追溯性，应制定统一的数据采集、存储程序，确定采样频率、数据平均的方法、记录格式（时间戳、数值、质量标志、设备状态等）、文件命名规则。原始数据应该由采集器自动保存，再经由可靠的通信方式上传到中心数据库。数据库系统应有严格的访问控制、自动备份、防止被篡改等措施。所有原始数据不论质量好坏都必须永久保存，不得随意删除。对中断、异常或者人为干预（维护、校准）等，在数据中应加上标记并做说明性注释<sup>[2]</sup>。

## 3.2 数据质量控制方法

原始数据要经过系统性质控制流程，识别并标记可疑或者无效的记录。质控有多个层次的处理，首先做实时自动检查，即范围检查、梯度检查和持续性检查，看数据是否符合物理规律和仪器量程。第二，采用统计方法识别离群值，移动平均、标准差法等。再次，根据参数之间物理化学的关系来验证相关性。另外，用临近站

点、历史同期数据对比进行时空一致性分析。所有被标记的数据都要和设备日志、维护记录等一起进行人工复核，最后确定其质量等级（有效、可疑、无效）。

## 3.3 数据校正与报告生成

判定为有效但存在系统误差的数据要根据校准结果进行校正。利用校准得到的斜率和截距来对传感器的输出做线性修正，或者对温度敏感的参数做温度补偿。校正要使用经过验证的算法，且要保持完整的记录。校正后的数据可以用于后面的分析以及报告的编制。监测报告应结构规范，内容包括：站点、时段信息，仪器、校准状态，数据处理、质控方法，关键参数统计结果（均值、极值、达标率等），趋势分析，影响数据质量的情况说明。规范透明的报告才是数据价值的最终呈现，给管理决策、科学研究和社会公开提供可靠的支撑。

# 4 维护与校准计划的制度化与执行

## 4.1 计划制定与周期确定

维护与校准工作应该从应急处理转变为制度化、计划性的管理，并且要制订年度、季度、月度详细的计划。制定依据有设备制造商的技术建议和手册要求、国家或者行业规范规定的最低频率、设备历史运行状况、故障率、漂移特性、部署环境的严苛程度（高盐雾、工业污染区应缩短周期）、监测任务的重要性、数据用途、可用资源。计划要确定每台设备的任务内容、执行周期、责任人、所用工具和耗材，纳入机构整体工作安排。

## 4.2 记录管理与文档化

完整的、规范的记录就是工作价值和质量可以追溯的中心。每台重要的设备都应该有完整的设备档案，档案中包含设备的基本信息、安装调试记录、日常维护和校准的详细记录（留存副本）、故障修理、大修重要部件更换的详细记录。所有的记录都要用统一的表格，由操作人员现场如实填写操作日期、时间、人员、步骤、观察现象、测量数据、所用标准物质及结论等，并签字确认<sup>[3]</sup>。推行电子记录系统能提高管理效率和统计分析的便利性。这些档案就构成设备的健康历史，是进行质量审计、性能评价、维修策略优化等的依据。

# 5 人员培训与能力建设

## 5.1 系统化培训体系构建

再完善的制度也需要有合格的人去执行。操作、维护人员的专业技能、质量意识直接决定着维护校准工作的好坏。因此必须创建起系统的培训体系。培训内容应包含设备基本原理、结构、操作规程、具体维护、校准技能、安全注意事项、数据质量控制思想、相关计量、

质量体系基础知识。培训的方式可以多样化,可以是制造商提供的现场培训、机构内部组织的专题培训、老带新实践指导、标准文件的宣贯学习等。关键岗位人员如校准人员应该经过考核获得相应的内部或者外部资质认证。培训不能是一次性的,应该定期进行复训,尤其是设备更新、规程修改或者出现普遍性的操作问题的时候。

## 5.2 质量意识与文化培养

员工的质量意识、严谨的工作作风同样不能缺少,除技能培训外。应使每一位相关人员明白,其每一次的维护、每一次的校准、每一次的数据检查,都直接关系到最终的监测数据是否科学、机构是否有专业性。用案例教学法展示因维护不当或者校准错误造成数据失真,进而导致错误结论或者错误决策的例子。倡导员工对工作中所发现的问题及隐患进行报告,形成无惩罚性的报告文化。定期开展内部质量评审会,就设备运行情况和数据质量趋势展开研究讨论,一起面对出现的问题。将维护校准工作质量作为相关人员绩效考核的内容,用制度引导、强化正确的行为。

## 6 新技术应用与发展趋势

### 6.1 自动化与智能化维护校准

技术进步给生态监测设备的维护校准提供新的可能性。远程诊断技术可以使得技术支持人员通过网络对设备的状态信息进行访问,从而对故障做出初步的判断。具有自诊断功能的设备可以对自身的重要参数(光源强度、检测器噪声、泵压等)进行实时监测,当这些参数超出设定的阈值时就会发出报警<sup>[4]</sup>。自动校准装置,比如带有标准气瓶和多通阀的气体分析仪、带有标准液和进样泵的水质分析仪,可以按照预先设定的程序定期、自动地完成零点和跨度校准,大大减少了人工干预,特别适合于偏远、难以频繁到达的监测站点。虽然一次性投入较大,但是从长期的数据质量以及运维成本来说,自动化是发展的方向。

### 6.2 物联网与大数据辅助管理

物联网技术使得分散的监测设备可以被集中控制、精细化管理。通过无线网络,中心平台可以实时获取设备的状态信息(电压、内部温度、运行时间、错误代码等),实现对设备健康状况的在线监测。使用大数据分析技术可以从海量设备状态数据及监测数据中进行关联挖掘,可以对设备是否发生故障的可能性进行预测性维护或者对数据的合理性做出科学的判断。根据传感器读数的历史漂移规律来动态改变校准周期,将同一区域

多台同类设备的数据进行对比,辅助判断单台设备是否异常。这些技术的应用正在使设备管理由“定期预防”、“故障后响应”向“基于状态的预测”模式转变。

## 7 结论与展望

### 7.1 结论

生态监测设备稳定运行、数据质量好是环境监测工作好坏的保证。本文通过对设备日常维护、科学校准、数据质控全过程的阐述,形成了一套包含从设备状态维护、计量溯源保障、数据质量控制等各方面内容的完整技术框架。从研究结果可以看出,规范的预防性维护是基础,严格的定期校准是保证,全过程的数据质量管理是目的。只有把它们融合起来,创建起制度化、常态化的运作体系,才能较好地削减设备故障的风险,保证持续获得准确可靠的监测数据,从而给环境管理决策以及科学研究赋予强有力的支撑。

### 7.2 展望

生态监测设备运维管理发展大势是智能化、自动化。物联网、大数据、人工智能等新技术的融合应用将会使得远程诊断、自动校准、预测性维护、智能质控等新模式得以普及。不仅可以提高运维效率、降低人工成本,而且会大大增强对于复杂监测需求的响应能力。同时行业标准化体系的建设、专业人员能力的提高、跨领域技术融合也成了发展重点。最终目的就是创建起技术先进、管理高效、运行可靠的现代化生态监测运维体系,更好的服务于生态文明建设以及全球环境治理。

### 参考文献

- [1] 高新金. 生态环境监测设备协同运行方法及其优化研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(07): 184-186.
- [2] 王强. 生态环境监测仪器领域热点难点及应对措施[J]. 中国环保产业, 2024, (12): 22-23.
- [3] 王庆庆, 高刚, 刘彪, 等. 生态环境监测机构现场监测仪器设备综合管理模式的研究与探讨[J]. 中国仪器仪表, 2024, (10): 22-25.
- [4] 宋娇, 陈科. 探讨环境监测仪器设备管理程序和存在问题——以四川省雅安市生态环境监测机构为例[J]. 环境保护与循环经济, 2023, 43(11): 69-71.

作者简介: 李强(1987.09-), 男, 哈尼族, 籍贯: 云南元阳, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 生态环境监测。