

全自动水质分析仪在环境水质监测中的应用分析

张建波

云南省地质矿产勘查开发局中心实验室，云南昆明，650217；

摘要：全自动水质分析仪作为一种高精度、高效率的水质监测设备，近年来在环境水质监测领域得到了广泛应用。本文通过分析仪在环境水质监测中的应用现状揭示了当前全自动水质分析仪在环境水质监测中应用存在的问题，如设备成本与维护复杂、数据标准化与整合困难、复杂环境适应性低等，本文提出了相应的应用策略，包括加快技术研发与国产化进程、推动标准统一与数据整合落地、强化政策引导与资金支持力度等，以期推动全自动水质分析仪在环境水质监测领域的广泛应用与持续发展。

关键词：全自动水质分析仪；环境监测；实时监控

DOI：10.69979/3041-0673.26.01.004

随着我国工业化和城镇化的不断推进，我国面临着越来越严重的水污染问题，而作为环保工作的中心，水质监测显得尤为重要。传统的手工采集和室内检测手段存在着效率低、时效性差、耗费大量人力等问题，已不能适应现代化环境管理中实时、全面的要求。全自动水质分析仪是一种将传感技术、自动控制和数据分析技术相结合的新型仪器，能够快速、精确地监测水质参数，是环境监测中的一种重要手段^[1]。文章通过对国内外实际情况的分析，对其技术特点、应用现状和今后的发展趋势进行了较为全面的分析，以期对提高我国水环境质量管理水平起到一定的借鉴作用。

1 全自动水质分析仪的技术原理与功能特点

1.1 技术原理

全自动水质分析仪的核心结构由四个主要部分组成：水样采集、前处理、分析检测和数据管理。其次，根据水质特点，设计了高温高压消化、紫外催化氧化和膜过滤等预处理装置，保证待测组分的高效释放和纯化；在检测方面，采用电化学、光学和色谱/质谱等多种方法，对样品进行多个参数的精确检测；在此基础上，利用4G/5G、NB-IoT等通讯技术，实现对原始信号的实时标定和误差校正，并将其加密传送到云平台，从而实现了从样本处理到结果

输出的闭环控制^[2]。本项目提出了一种适用于地表水、地下水和工业废水等多种环境监测的新技术体系，并通过规范的界面设计，实现了功能的扩充和设备的升级。

1.2 功能特点

全自动水质分析仪以智能化、高效化为核心，构建了覆盖监测全流程的技术优势。其一，高度自动化贯穿

采样、分析、质控全环节，可实现24小时无人值守运行，典型设备如武汉新普惠分析仪日均处理样品量达200个，较传统人工操作效率提升5倍以上，显著降低人力成本与人为误差；其二，多参数同步检测能力突出，HACH哈希等主流设备支持COD、氨氮、总磷、重金属等20余项指标的并行分析，单次检测时间压缩至15-30分钟，满足流域性监测的综合评估需求；其三，实时监控与预警功能通过内置阈值判定算法，可在水质参数超标时10分钟内触发声光报警并推送短信通知，为滇池流域等重点区域的突发污染事件提供快速响应支持；其四，数据管理体系具备全流程溯源能力，自动生成带电子签名的检测报告，支持历史数据曲线分析、设备状态远程诊断及多站点数据协同建模，助力环境管理部门实现从数据采集到决策应用的高效衔接^[3]。这些功能特性使其在饮用水源地保护、工业排污监管、河流水质预警等场景中展现出显著的技术优势。

2 全自动水质分析仪的应用分析

2.1 饮用水水源地监测

饮用水安全直接关系到公众健康，全自动水质分析仪在水源地监测中发挥关键作用。例如，湖北省生态环境监测中心站在涪水河口部署的全自动监测系统，通过实时监测氨氮、总磷等指标，及时发现因水闸放水导致的水质波动，并迅速采取应对措施^[4]。该系统的应用有效保障了水源地水质稳定，为居民饮水安全提供了技术支撑。

2.2 河流水质动态监控

河流作为重要的地表水体，其水质变化反映流域生态健康。全自动水质分析仪可实现对河流的长期连续监测，为污染溯源与治理提供科学依据。美国国家水质监

测网络通过在主要河流部署全自动设备,监测痕量有毒污染物及新型污染物(如微塑料),并结合生物监测评估生态系统健康^[5]。国内案例中,江西省九江市智慧水质监测实验室采用全自动AI水检系统,对河流水质进行全流程无人化测定,数据处理效率较传统方法提升5倍以上^[6]。

2.3 工业废水排放监管

工业废水是水环境污染的重要来源,全自动水质分析仪可实时监控企业排污口水质,助力环保部门执法^[7]。浙江某化工厂引入泽铭科技HQ3000系列氨氮和总氮分析仪后,通过每4小时一次的自动检测,及时发现处理工艺中的异常并调整参数,确保废水达标排放。此外,设备内置的质控功能可自动进行零点核查与标样比对,提升数据可靠性^[8]。

2.4 应急监测与污染预警

在突发环境事件中,全自动水质分析仪可快速响应,为应急处置提供决策支持。例如,昆明市滇池流域外河道水质自动监测站点通过实时数据传输与远程监控,在水质异常时15分钟内触发预警,运维人员2小时内抵达现场排查原因,有效缩短了污染事件的响应时间^[9]。

3 全自动水质分析仪在环境水质监测中应用存在的问题

3.1 设备成本与维护复杂

自动化水质分析仪器设备的初投资和长期运行维护费用是制约其推广应用的关键因素。国外的高端仪器价格一般在15-50万元之间,比如哈希DR3900型仪器,一台就需要32万元,而与之相匹配的试剂和耗材,一年花费在5-8万元左右,远远超过了传统的手工测定法费用^[10]。装备维修主要依靠专业的技术支撑,其内部的高精度传感器需要定期校验,一些关键零部件的服役年限只有6-12月,且需要由厂商提供专业的技术人员进行更换,这给基层监控机构带来了巨大的人力和财力压力。比如,一个县的环保监测站,在购买了三台自动分析仪器之后,每年的运行费用比常规的检测仪器要高出40%,并且由于维修不及时,每年的设备停工期超过20天,严重影响了数据的连续性^[11]。尽管目前国内装备的价格比国外便宜30%-40%(武汉新普惠),但其核心传感器的稳定性和软件算法的成熟度还不够理想,这就使得成本和性能难以兼顾的问题更加突出。

3.2 数据标准化与整合困难

由于缺乏统一的数据格式、检测方法的差异和质量

管理的缺乏,阻碍了跨地域、跨设备的数据共享和协作分析。由于不同厂家生产的产品,其输出的数据包含ASCII,MODBUS,JSON等各种格式,有些企业为了与省监测平台建立通讯协议,需要另外开发一个数据变换界面,这就加大了系统的整合成本。目前,对于化学需氧量的分析,主要是基于重铬酸钾溶蚀-分光光度法(HJ828-2017)和紫外(HJ/T191-2019)两种方法,其测量值之间的系统误差为10%-15%。四川省已于2024年颁布了一套标准(T/SEEPLA06-2024),虽然已对方法确认过程进行了标准化,但尚未形成一个统一的国家标准,这已成为环保领域大数据分析和决策应用的瓶颈。另外,现有的仪器自带质量控制模块实施频次和判断依据不够一致,有些仪器只能人工进行质量控制,很难达到环保部门《水污染源在线监测系统数据有效性判别技术规范》对自动化的要求。

3.3 复杂环境适应性低

在高盐(海水养殖)、高浊度(黄河流域)、强腐蚀性(化工园区污水)等特定工况下,仪器的性能极易受到外界因素的影响,造成探测精度降低,乃至失效。当海水盐度大于30‰时,该方法容易出现电极极化,导致测量结果的误差大于15%;高浑浊水体(含悬浮物>500mg/L)中的颗粒物易阻塞取样管线,或附着于容器内壁,导致光谱探测结果出现偏差。一些装置在较低温度(<0℃)、较高温度(>40℃)下会发生线路失效、试剂凝结等问题,严重制约了对装置的持续监控。为了解决上述问题,有几家公司进行了针对性的技术研究:慕迪科技采用表面镀层的方法提高了传感器的耐腐蚀性能,将其应用于近海核电厂的排污监控中,将设备的使用寿命提高到原来的两倍;蓝景仪表研制出了一种新型的超声自动清洗方法,使高浑浊水样管道的阻塞次数由一周三次减少到一个月一次。但总体上,该产业缺少一套系统的环境适应能力评估准则,在选择装备时很难与真实水质状况相结合,造成了一些监测点可用而数据不准确的问题。

4 全自动水质分析仪在环境水质监测中的应用策略

4.1 加快技术研发与国产化进程

需加快推进技术研发与设备国产化进程,突破高精度传感器、智能预处理模块及数据校准算法等核心技术瓶颈。国内企业已在关键领域取得进展:武汉新普惠科技研发的紫外-可见分光传感器,通过纳米涂层技术将检测下限降至0.01mg/L,性能接近国际先进水平;慕迪

科技开发的抗污染电极,在高盐环境中稳定性提升 50%,使用寿命延长至 18 个月^[12]。建议构建产学研用协同创新机制,依托国家重点研发计划设立专项基金,支持企业与科研机构联合攻关,针对高浊度、高盐度、强腐蚀等复杂环境,开展耐候性传感器、自适应预处理装置等特种技术研发,形成覆盖全场景的产品体系^[13]。

4.2 推动标准统一与数据整合落地

数据互通壁垒与标准不统一问题显著,迫切需要建立技术规范、接口规范和质量控制体系三位一体的标准体系。首先,提出《全自动水质分析仪数据接口技术规范》,由国家环保部门牵头,建立统一的数据格式(OML)和通讯(MQTT/TCP-IP)的标准,以解决不同品牌间的兼容性问题。其次,构建检验方法的等效性评估机制,以 COD、氨氮等为核心指标,研究不同工艺原理(如电化学和光谱分析)之间的比对校正规律,并参考四川省“T/SEEPLA06-2024”行业标准,将方法检验纳入到装备鉴定系统中;最后,构建“等效”评估机制^[14]。最终,完善自动质量控制标准,实现零位漂移($\leq \pm 5\%$ F. S. S. S.)和范围漂移($\leq \pm 10\%$)的判定准则,促进仪器自身质量控制模块与各省监测平台之间的实时数据交互。

4.3 强化政策引导与资金支持力度

政策导向和资金支持是促进技术交流的重要手段,需要从三个方面来建设支持系统:一是开展国产仪器设备推广计划,对基层检测机构购买国产仪器的费用,按照 30%-50%的标准进行补助;二是借鉴桐乡市重点污染源改造的经验,利用环保专项债券对饮用水源地、工业园区等重点地区进行设备配置,构建稳定的运行经费支持机制,将设备校验、耗材更换等成本纳入当地政府财政预算,推动“设备租赁”、“运营管理”的模式,解决基层“重购置轻维修”的问题^[15]。第三,加强政策协调,把自动检测装置的安装和使用与排污许可制度、环保税征收、环保信用等政策相结合,明确重点排污企业必须装备达标的在线监控装置,形成“制度约束—技术支持—经济效益”的闭环管理机制。

5 结论

全自动水质分析仪以其智能化、高效化的技术优势,在环境水质监测领域展现出巨大的应用潜力。通过技术原理的不断创新与功能特点的持续优化,全自动水质分析仪不仅提升了水质监测的精准度与时效性,还为环境保护与水资源管理提供了强有力的数据支持。未来,随着技术研发的深入推进、标准体系的逐步完善以及政策

引导的持续加强,全自动水质分析仪将在更广泛的场景中发挥重要作用,为构建生态文明、保障水质安全贡献力量。

参考文献

- [1] 卢永博. 水质环境监测中存在的问题及优化措施[J]. 清洗世界, 2025, 41(05): 150-152.
- [2] 包明忠. 全自动水质分析仪在环境水质监测中的应用探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(06): 54-56.
- [3] 王晓霞. 基于全自动水质分析仪的锅炉用水中正磷酸盐测定分析[J]. 化学工程与装备, 2023, (11): 201-203.
- [4] 王学峰, 李朦朦, 陈雪梅. 全自动水质分析仪测定锅炉用水中的正磷酸盐[J]. 石化技术, 2021, 28(08): 91-92+49.
- [5] 王晓, 王艳. 全自动水质分析仪在环境水质监测中的应用[J]. 黑龙江环境通报, 2020, 33(03): 20-21.
- [6] 倪莹, 朱明龙. 水质监测与水环境污染治理技术研究[J]. 清洗世界, 2025, 41(02): 64-66.
- [7] 覃苗. 水质监测技术在环境保护中的应用及优势分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(03): 81-83.
- [8] 阎莉. 水质监测在环境工程中的意义及环节分析[J]. 清洗世界, 2025, 41(01): 142-144.
- [9] 康利华, 曹媛媛, 仲晓芳, 等. 环境监测中水质采样的质量控制方法研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(02): 42-44.
- [10] 季鹏飞. 水质环境监测中微生物检测技术及其质量控制分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(02): 53-55.
- [11] 周光华. 水质监测与水环境污染治理技术研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(01): 113-115.
- [12] 张娜. 水质监测在水环境保护中的作用及优化措施[J]. 黑龙江环境通报, 2025, 38(01): 92-94.
- [13] 王亚东. 水质监测对水环境的保护作用研究[J]. 清洗世界, 2024, 40(12): 97-99.
- [14] 高海燕. 水质监测数据在水环境管理中的应用分析[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(12): 190-192.
- [15] 郭俊歆. 水质监测对水环境的保护作用分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(20): 34-36.

作者姓名: 张建波(1988.6-), 男, 汉族, 陕西商洛人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 实验分析测试、生态环境监测。