

Application of chemical analysis method in environmental engineering testing

Ruilu Zhang Feng Li

Beijing Municipal Vehicle Emission Management Center, Beijing, 100027, China

Abstract

In the field of environmental engineering testing, the application of chemical analysis methods is crucial for the precise prevention and control of environmental pollution. This article provides a systematic overview of the current status of chemical analysis methods in environmental engineering testing, thoroughly examines the shortcomings in their current application, and proposes targeted improvement strategies by considering industry trends and technical needs. The research findings indicate that both traditional chemical analysis methods and modern instrumental analysis technologies play a vital role in environmental monitoring. However, both methods face technical limitations and management challenges in practical applications. By promoting technological innovation, standardizing testing procedures, and enhancing professional talent development, the accuracy and operational efficiency of chemical analysis methods in environmental engineering testing can be significantly improved, thereby providing strong support for the ongoing advancement of environmental engineering testing technology.

Keywords

environmental engineering testing; chemical analysis method; application status; technical bottleneck; optimization path

环境工程检测中化学分析方法的应用

章瑞露 李峰

浙江中通检测科技有限公司, 中国·浙江 宁波 315000

摘要

在环境工程检测领域, 化学分析方法的应用对于环境污染的精准防控具有不可忽视的重要意义。本文以系统性视角, 对化学分析方法在环境工程检测中的应用现状展开全面探讨, 深入剖析当前应用过程中存在的不足, 并结合行业发展趋势与技术需求, 提出具有针对性的改进策略。研究结果显示, 传统化学分析方法与现代仪器分析技术在环境监测工作中共同发挥着关键作用, 然而, 两类技术在实际应用中均面临着技术层面的局限性以及管理层面的挑战。通过推进技术创新、统一检测标准以及加强专业人才培养等具体措施, 能够有效提升化学分析方法在环境工程检测中的准确性与运行效率, 进而为环境工程检测技术的持续发展提供有力支撑。

关键词

环境工程检测; 化学分析方法; 应用现状; 技术瓶颈; 优化路径

1 引言

环境工程检测是环境科学与工程的关键环节, 通过化学分析对大气、水体、土壤等样品进行定性定量检测, 为污染治理提供科学依据。随着全球工业化推进, 环境问题日趋复杂, 新型污染物不断出现, 传统污染物特性改变, 亟需优化创新化学分析方法。本文将分析其应用现状、现存问题并提出改进措施, 助力环境工程检测技术发展。

2 环境工程检测中化学分析方法的应用现状

化学分析方法在环境工程检测中的应用呈现技术多元

化与体系复杂化特征, 可从传统技术应用、现代仪器分析、新型技术拓展及智能化融合四个维度展开分析。

2.1 传统化学分析方法的应用

传统化学分析法是环境工程检测的基础技术手段之一, 主要包括容量分析、重量分析等经典方法。酸碱滴定法是基于标准溶液的定量反应来测定水体的酸碱度以及污染物浓度的一种常用方法, 且操作步骤较简单, 成本低, 可用于对地表水、工业废水等进行常用的水质快速筛查; 沉淀法利用的是溶度积原理, 通过生成难溶性化合物沉淀以达到富集目标污染物的目的, 适用于土壤和底泥中重金属离子的初步筛查。

然而, 传统的检测方式都有明显的技术局限性, 检测灵敏度一般是在几毫克级别, 很难达到痕量污染物的要求; 复杂样品基质易产生相互干扰, 要获得较高的准确度就需要

【作者简介】章瑞露 (1995-), 女, 中国浙江慈溪人, 本科, 助理工程师, 从事环境工程研究。

经过繁多的前处理过程；通常情况下，其检测周期较长，因此很难保证对于应急监测的要求。

2.2 现代仪器分析技术的应用

现代仪器分析技术能够达到高灵敏度和精准定性的要求，在复杂环境样品检测方面占有非常重要的地位。依据光谱分析的基本原理，基于物质和电磁辐射的相互作用而形成的各种分析方法构成了不同维度的检测模式，其中包括：采用紫外-可见分光光度法 (UV-VIs) 对水体中硝酸盐、亚硝酸盐等物质进行定量检测；采用原子吸收光谱法 (AAS) 通过对基态原子在特定波长下的吸收作用来检测土壤中铅 (Pb)、镉 (Cd) 等金属元素的含量；采用电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 可以同时测定数十种元素，检测限可低达纳克级别，适用于大气颗粒物成分的分析^[1]。

色谱分离技术和质谱检测的结合形成高通量分析平台。气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 对挥发性有机物 (VOCs) 分离检测效果非常好，能有效的把空气中的苯系物、卤代烃等分离出来，液相色谱-质谱联用 (LC-MS/MS) 能够有效区分各种极性和易挥发化合物，对水体中农药残留、抗生素的测定均有较好的应用前景。该类方法利用保留时间和质荷比对目标物进行定性，并结合外标法或内标法定量，适用于复杂基质中目标物的准确测定。

2.3 新型分析技术的拓展应用

材料科学和分析化学的交叉创新孕育出了新式的前处理和检测技术。固相微萃取 (SPME) 技术可以直接进行固相萃取与上机检测分析，将样品前处理时间从小时级减少到 10~30 min, 实现了极短时间内的现场采样与测定，能够极大地提升工作效率^[2]。同时由于采用石英纤维表面涂层吸附法进行分离富集、不需要溶剂萃取，也具有较好的绿色环保优势。搅拌棒吸附萃取 (SBSE) 技术以更高吸附容量的涂层材料作为萃取介质，提高痕量污染物的富集倍数，用于土壤淋洗液中半挥发性有机物的检测。

高分辨质谱 (HRMS) 和非靶向分析技术结合能突破已知污染物种类，飞行时间质谱 (TOF-MS) 和轨道阱质谱 (Orbitrap-MS) 均具有高分辨率，可以将分子质量测到百万分之一，并结合代谢组学数据分析方法，用于环境样品中未知物的筛选和结构鉴定，在内分泌干扰物和 PFAS 类新兴污染物的发现中发挥重要作用；而顶空气相色谱 (HS-GC) 法则是在一定温度下使土壤样品中所有挥发性组分与液体分离后达到平衡，再以顶空形式注入气相色谱 (GC)，这样一方面可避免对试样的基质干扰，另一方面又不会损失挥发组分，其是土壤中挥发性卤代烃分析的一种常用方法。

2.4 智能化技术与数据分析的融合

环境监测的智能化使得化学分析方法朝向自动化和信息化的方向发展，相关技术已进入常规应用。在线监测仪器实现采样、分析和数据传输的一体化，可以得到污染物质的质量浓度数据。以大气自动监测站的紫外差分吸收光谱仪

(DOAS) 为例，它可实现 24h 实时在线监测 SO₂、NO₂ 等气态污染物，并且每分钟形成 1 组有效数据^[3]；水质在线分析仪应用了流动注射分析 (FIA) 技术，完成了从样品前处理到自动完成测定的过程，也能够用于地表水环境质量实时预警中。

人工智能和大数据技术改变了数据的处理方式，利用机器学习算法 (比如随机森林、梯度提升树) 可以从大量监测数据中找到关键数据，进而建立污染源解析模型。通过数据可视化技术结合地理信息系统 (GIS)，实现污染物分布的可视化和污染物分布预测，使环境管理具有可视化的支撑作用。

3 环境工程检测中化学分析方法应用的不足

3.1 技术应用瓶颈

目前化学分析方法应用到环境工程检测还存在一定技术难度。传统分析技术由于具有耗时长及准确性低等弊端，在应对一些环境样品高通量检测的要求时，无法满足实际需求；而基于现代仪器的分析方式具有高灵敏度及检测下限的优势，但由于仪器设备价格昂贵且仪器操作较繁琐，所以对于工作人员的操作水平要求极高。如：液相色谱-质谱联用仪器需要经常进行维护校准才能保证数据的可靠性，大量的检测数据还要经过专业的数据分析软件来完成相应的数据解析和质量评估等工作。

3.2 数据管理与标准体系缺陷

目前，中国环境工程检测中仍然存在着较为严重标准异质化问题，因为各检测机构采用的技术规范和质量控制体系并不相同，所以不同的检测机构采集到的监测数据之间没有可比性。另外，有关新污染物检测技术体系还未有成熟成果，其代表性污染物全氟碘烷 (PFIs) 还暂无明确的标准化检测方法，现阶段的分析工作多采用各实验室根据自身情况进行的技术路线开展；最后是数据共享存在的制度性障碍，即缺少统一的数据接口标准和安全共享框架，监测数据散落在各个机构分散孤立的状态下进行保存、利用和管理，并且监测单位出于利益等方面的考虑，不愿或不能将监测数据与其他单位进行共享。

3.3 现场检测能力短板

现场检测效能瓶颈显著：传统化学分析技术体系是以实验室为场地的检测系统，由于样品前处理过程复杂且受空间局限，很难建立快速、实时的在线监测模式。例如对环境激素检测时，水体样品要经过固相萃取、衍生化等多步样品前处理的过程后才能进行进一步分析，如此会拉长分析时间；对于如突发性环境污染事件应急监测的工而言，是无法满足的；尽管 ToxY-PAM 等便携式生物毒性检测仪可以实现短时间内对现场总毒性的筛查，但是在污染物成分的定性分析方面仍存在一些不足，不能完全胜任污染源排查和污染程度判断的工作。

4 提高环境工程检测中化学分析方法应用的方式

4.1 技术创新驱动检测效能提升

创新技术是提高环境工程检测的技术途径,也是推动检测技术体系建设的重要措施;样品前处理技术创新维度上基于纳米材料的固相萃取(SolidPhaseExtraction, SPE)技术取得了重大的突破,利用纳米材料拥有大的比表面积、高表面活性以及选择性的吸附特性来达到对复杂环境介质中痕量污染物的萃取效果,并且可将检出限降一个或两个数量级,有助于环境污染物检测的精准化;针对分析仪器的研发,开发出便携式的气相色谱-质谱联用(GC-MS)装置,突破原来只能在固定场所做定性定量分析的局限性,将测定的取样点提高到多种不同的地理位置,即能当场就地开展应急监测和实时监测,十分方便。将人工智能与环境检测深度融合后产生的影响是巨大的,在数据处理和分析的过程中出现颠覆性的变化。基于大语言模型构建的智能审核系统,使机器学习对海量监测数据进行挖掘和识别模式,环境监测报告生成和质量审核环节能有效地提高工作效率,人工智能的优势得到了最大化发挥。

4.2 标准体系建设强化质量控制

由于标准体系的优化和完善是保证环境工程检测质量的核心关键点,只有充分借鉴国内外现有检测标准的基础上对其进行全面梳理,并在此基础上进行深入分析,制订出具有较高适用性和公信力的统一的方法规范体系,才能有效保障检测结果的准确性以及可比性。生态环境部发布的《环境空气和废气吡啶的测定气相色谱法》(HJ1219-2021)就是一个规范化的检测方法的操作流程标准,能有效地规范有关检测程序,保证检测结果的正确可靠。

此外,抓紧做好标准物质研发、国际互认等工作,对环境检测领域促进国际合作尤为重要。以中国为支撑全球新污染物环境行为开展的相关研究提供准确可靠标准物质为例,中国计量科学研究院开发了河流沉积物中多溴二苯醚(PBDEs)标准物质,填补了中国新污染物监测标准物质研究的空白,并可用于校准检测机构相关仪器设备、评价仪器设备检测准确性,可作为环境样品检测实验室的溯源标物,为相关实验结果或监测结果参与国际互认以及科研活动协同推进提供重要基础保障。

4.3 人才培养与国际合作推动协同发展

人才培养体系与国际合作机制是促进环境工程检测技

术的创新与发展的两大内生动力,二者的融合相互促进作用将逐步凸显出来。为了建立系统化的人才培养体系,需要严格遵循阶梯式的培养模式,在标准化培训课程的基础上,系统提升检测技术人员的相关专业知识水平以及实际操作的能力,并且可以熟练的应用分析仪器的标准流程来进行科学的操作,并且能够利用多元化的统计分析方法来进行复杂数据的挖掘分析。

完善国际化的工程建设质量管理中,加快中国工程建设质量领域的主导权和话语权建设,对于形成有中国特色的建设标准十分重要,例如由华能集团牵头编制,2024年发布的固定源汞排放检测国际标准(ISO5409:2024),填补了目前缺乏的针对部分污染物检测的技术规范空白,为全球环境检测技术的标准化、规范化发展作出了十分重要的示范和技术支撑作用。

此外,跨学科交叉融合是突破技术发展瓶颈的一条重要途径。通过对生物学和化学分析等基础理论、先进技术、方法的有机融合,构建以生物标志物为基础的新的检测方法学体系,在分子水平上达到环境污染物的高灵敏、高特异性检测的目的,是环境工程检测技术发展的新突破方向。

5 结语

化学分析方法是一种在环境检测中广泛应用的科学方法,其能够测量和分析多种环境污染物的种类、含量、来源和分布等特征,对于保护人类健康和环境质量具有非常重要的作用。推进技术创新,研发具备高灵敏度、高选择性、低损耗特点的新技术和新仪器设备,提升复杂样品环境下的检测能力;完善监测标准和监测制度,提升监测规范性和数据有效性;加强监测和科研人才队伍建设及国际合作交流,调动和发挥产学研各方积极性。在今后,绿色分析化学、智能化、交叉学科不断渗透等必然趋势下,化学分析方法将呈现更为高效、精准、绿色、智能的发展模式,也将助力全球绿色化发展迈上新台阶,向建设美丽中国目标迈进,有力支撑世界绿色地球实现美好蓝图。

参考文献

- [1] 梁曼玲.化学分析方法在环境检测中的应用[J].现代盐化工,2025,52(02):66-68.
- [2] 毛元凤,孙均均.环境检测中化学分析方法的应用研讨[J].中国轮胎资源综合利用,2024,(12):40-42.
- [3] 薄乐.化学分析方法在环境检测中的应用[J].清洗世界,2024,40(06):147-149.