

环境监测中 Icpms 技术的应用研究

王雅璇 邹昕 向文礼 彭显达

云南省生态环境监测中心

DOI:10.12238/eep.v8i7.2759

[摘要] 电感耦合等离子体质谱法(Icpms)技术可同时鉴定多种元素,被广泛应用于水样监测、土壤监测、固体废物监测中,此种检测方法具有检出限低、可测定同位素以及扫描速度快、进样量少和灵敏度高特点,有助于为技术人员即时获取检测数据并精准评估和掌握环境质量与变化趋势提供指导。本文针对在环境监测中Icpms的应用情况以及检测价值进行分析,从而为技术人员合理选择环境监测手段提供科学依据。

[关键词] 电感耦合等离子体质谱法技术; 环境监测; 环境质量; 变化趋势

中图分类号: X83 文献标识码: A

Research on the application of Icpms technology in environmental monitoring

Yaxuan Wang Xin Zou Wenli Xiang Xianda Peng

Yunnan Provincial Ecological Environment Monitoring Center

[Abstract] Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (Icpms) technology, capable of simultaneously identifying multiple elements, is widely applied in water sample monitoring, soil monitoring, and solid waste monitoring. This detection method boasts characteristics such as low detection limits, isotope measurement capability, fast scanning speed, low sample injection volume, and high sensitivity. It aids technical personnel in obtaining real-time detection data and provides guidance for accurately assessing and grasping environmental quality and change trends. This article analyzes the application and detection value of Icpms in environmental monitoring, thereby offering a scientific basis for technical personnel to make rational choices in selecting environmental monitoring methods.

[Key words] inductively coupled plasma mass spectrometry technology; environmental monitoring; environmental quality; trend of change

近年来,随着环境污染日益加重,污染防治攻坚战被提上日程且持续深入,生态环境质量获得了极大的改善。环境保护过程中生态环境监测技术占据着非常重要的地位,同时也是推动地区经济和社会可持续发展的重要力量。生态环境监测技术有助于人们对环境质量进行准确及持续的监控,除此之外,还能够准确评估环境风险并根据风险评估结果采取针对性的保护措施,及时对生产流程进行调节并对生产布局进行调整,可推动环境保护与经济、社会发展协调进行。电感耦合等离子体质谱法(Icpms)为常用环境监测技术,该技术可同时分析多种元素、有着较宽的动态范围且对检测样品的需求量较低、可鉴别和测定同位素,质谱检测器可按照离子质荷比定量和定性分析,此种检测技术不但被应用于环境监测中,在食品、医药等领域也有着非常广泛的应用^[1]。本文针对Icpms技术在环境监测中的价值进行分析。

1 加强环境监测的重要性分析

当前,环境污染以及破坏问题日益严重,环境保护工作刻不容缓,环境保护功在当代,利在千秋,同时也是一项长期性和系统性的艰巨工程。环境监测即为利用现有科学技术手段针对土壤、水体以及大气等环境要素中的污染物实施定量和定性分析与评价的技术,包括采样、测试以及数据处理等多项技术。早期环境监测主要通过手工方式采样,然后对采集样本进行实验室分析,存在误差大与效率低等问题,存在检测滞后等局限性。随着科学技术不断发展,环境监测技术的性能也不断获得提升,逐渐实现了网络化、智能化和自动化的检测模式,极大地提升了环境监测的效率与精度。环境监测能够为开展及落实多维度环保行动和措施提供技术支持与科学依据,通过对土壤、水体以及空气等关键要素进行持续监测的方式能够助力管理部门对环境质量进行全面了解和掌握,还可对污染源及污染范围进行精确识别,能够为管理部门制定切实可行的环保政策提供科学依据。

环境监测有助于促进经济发展与生态环境的和谐共生,能够及时发现经济及社会发展过程中所存在的环境风险及污染问题,为相关部门制定绿色经济政策提供数据支持。除此之外,通过环境监测还能够准确评估各项经济项目与经济政策对环境所产生的影响,有助于推动资源优化配置,促进经济结构发展方向的转变,同步提升环境治理效率与经济效益。环境监测还能够为执法部门打击环境污染犯罪提供具有较高可靠性及客观性的证据,通过动态和持续监测,可及时识别异常排放情况,对排放情况进行准确量化并通过技术创新的方式使执法监督的精准度获得提高。环境监测在突发性污染事件预防中也能够发挥重要作用,有利于相关部门立即锁定风险点和污染源并构建防控系统,积极采取污染扩散防控措施,以防污染范围扩大,维护广大人民群众群众的切身利益。

目前常用环境监测技术包括环境感知传感技术、遥感监测技术以及应急快速检测技术等,不但能够对环境污染物进行动态跟踪,还可进行远程监控,从而能够实现环境监测的实时性、全面性及准确性。

2 Icpms检测原理及优缺点分析

Icpms主要组成部分包括电脑、检测器、真空系统、离子透镜、进样系统、射频发生器以及动态反应池等,主要可分析样本中无机元素。Icpms所具有的独立技术共计两种,电感耦合等离子体可适宜引入样品转化为带正电荷离子,转化过程包括解离-原子化-电离等,离子可经传输透镜向质谱检测器传达。质谱法的检测模式为两种,有着较为广泛的检测的线性范围,涵盖范围包括微克级至皮克级。自由电子可通过与高频振荡磁场电感进行耦合的方式促进电荷放电,经能量碰撞后转移向氩气,气体温度在短时间内迅速升高,继而可形成等离子体。样品气溶胶随氩气向等离子体中进入,在高温(温度可达6000-8000℃)作用下,样品在经历解离-原子化-离子化多次后离子形成,转化后的离子可通过离子采集系统进至质谱检测器,质谱仪核心部件质量分析器可根据质荷比(m/z)的方式对离子进行分离,通过改变参数的方式可使在一定范围内的质荷比离子进入检测器,离子经检测器转化成为电信号,离子数量与强度具有正相关性,通过检测电信号的方式即可获取元素含量^[2]。

Icpms具有非常显著的检测优势,主要体现在以下方面:操作难度较低,即便样品量较少,也能够迅速检测多种元素;不但有着极宽的动态范围,也有着极低的检出限(可达到次皮克级),同时还涵盖超过10个数量级的动态范围;有着相对较少的干扰因素而且消除难度较低;可实施半定量扫描,扫描能力较强;可鉴别并测定同位素;仅需少量样品即可进行检测;有着较高的检测灵敏度;谱线简单;可针对多个领域进行检测,包括环境、药品、食品以及地矿等。

Icpms同时也存在一定的检测局限性,主要包括以下方面:仪器成本较高;仪器结构位置有着相对较窄的直径,故障发生率较高且会增加维修成本;对高纯氩消耗量较高,会增加运行成本;对实验室环境有着较高的要求;对所用试剂有着较高的纯度要求。

3 影响Icpms技术检测结果准确性的相关因素及校正分析

Icpms检测性能与多种影响因素存在关联,包括质谱型干扰及物理性/基体型干扰,其中,包括本底离子干扰和基体分子离子在内的多原子离子干扰、双电荷干扰及同量异位素干扰等为主要质谱型干扰类别,物理性/基体型干扰与溶剂有着较强的相关性,如物理效应干扰等。针对基体效应干扰可通过对样品进行稀释的方式使干扰获得消除;通过对样品导入系统进行清洗的方式可消除记忆干扰;应用内标物可消除基体抑制干扰与物理效应干扰;利用干扰校正方程并对等离子体条件进行调节等方式可消除双电荷干扰;通过对仪器参数进行调整等方式可使氧化物干扰获得消除;通过应用碰撞反应池技术、应用干扰校正方程以及仪器自动校正等方式可消除多原子离子干扰通过应用干扰校正方程以及仪器自动校正等方式可使同量异位素干扰获得消除。

应用Icpms时需要结合原因选择和使用内标:内标物因为不存在于样品中的组分为内标物;内标物需为已知纯净化合物且理化性质均需与被分析物无限接近;内标物需要完全溶解于被测样品或溶剂中,不会出现与被测样品产生化学反应的现象;内标物加入量应接近被测组分含量;内标元素质量数需与被测物质质量数无限接近。

4 Icpms技术在环境监测中应用情况分析

4.1 土壤监测

随着我国城市化进程不断加快,环境污染问题日益突出,影响因素包括粉尘、工业废弃物及汽车尾气等,废弃物中的各类重金属(如铅、铬、铜、砷等)可进入至土壤中,使得土壤中富集重金属,对土质可产生不良影响,可加重土壤问题。土壤重金属污染有着非常广泛的来源及较强的隐蔽性,而且评价难度较高,同时还有着较大的治疗难度及较长的治疗时间等问题,一旦土壤中污染物超出了土壤风险筛选值,土壤生态环境即可受到不良影响,妨碍农作物生长,无法保证农产品质量安全。Icpms技术可针对土壤中多种元素进行分析,在土壤监测中的应用价值较高,消解属于Icpms检测土壤中金属元素的关键性环节,消解土壤样品的主要方法包括微波消解、水浴消解、电热板消解以及石墨仪消解等,技术人员可根据消解效率与消解效果合理选择消解体系及消解方法。通过对称样量、消解压力、消解温度以及消解时间、消解液体体系等进行优化的方式构建微波消解Icpms,可针对土壤中铅、镉、铬、锌等多种元素进行检测,也可检测硒、铜、砷、汞等易挥发或者难挥发元素^[3]。

4.2 水质监测

环境保护部于2014年发布的《水质质量65种元素测定-电感耦合等离子体质谱法》针对Icpms样品的前处理方法作出了明确规定,同时针对干扰校正方程及干扰消除等也有着详细的规定,适用范围包括浓度较低的地下水、地表水、生活污水,工业废水也可作为检测对象,可检测水体中的各类元素。该检测方法以0.08-78.40 μg/L为检测下限范围,以0.02-19.60 μg/L为检出

限范围,可溶性元素为经0.45 μm滤膜过滤后所得到的元素含量,元素总量即为未经过滤的样品消解后获得的元素。在针对砷、镉、镉等剧毒致癌物质标准溶液进行配制时严禁与皮肤接触。在配制硝酸、盐酸具有较强刺激的或者有较强腐蚀性的溶液时需佩戴防护器具,以防酸雾与衣物或者呼吸道接触。

Icpms可检测水中汞、钛、钾等多种元素,适用于检测水源水与饮用水中金属与类金属。Icpms仪(型号:安捷伦7900)灵敏度较高,可精确分析生活饮用水中多种元素,设置射频功率为1500W,有助于充分电离饮用水中多种元素。设置雾化室温度为2℃并应用同心雾化器,可使雾化效率获得提高。应用镍采样锥并设置采样深度为0.8mm。将调谐液调至最优后进行参数编辑,以使干扰获得消除。分别检测空白样品、标准系列样品及试样,每10个样品插入标准溶液进行校准,能够保证检测结果的准确性。采用安捷伦7900 Icpms仪可针对生活饮用水中Zn、Cr、Cd、Sr、Se、As、K等多种低浓度元素进行检测,而且多次检测有着较高的一致性,有助于使检测结果误差得到减少,能够提高检测结果的可信度。Icpms技术可及时发现饮用水中超标元素,对于保障饮用水的安全性有重要意义。

4.3 固体废物监测

产生于生产、生活等活动中的原有利用价值丧失以及被人为放弃或者抛弃的固体或者气态物质、物品等均属于固体废物。针对固体废弃物应用四酸体系-微波消解进行预处理并对铜、镍、铬进行分析,结果显示Icpms所测得的固体废弃物中铜、镍、铬标准曲线相关系数R值为0.9999,以0.10mg/kg为检出限,以1.2%-7.1%为相对标准差,标准物质测量值准确性处于不确定性范围内,检测准确性、精确度、检出限及线性关系均达到《固体废物金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》(HJ 766-2015)要求^[4]。

4.4 空气与颗粒物监测

大气颗粒物为大气中的液体以及固体颗粒,根据颗粒物粒径不同可分为细颗粒物、可吸入颗粒物与总悬浮颗粒物,Icpms分析颗粒物中金属元素。环境空气样品采集可经石英或剥离纤维滤膜,可于氢氟酸及浓硝酸溶液中消解澄清后应用Icpms测定含量,进口滤膜有着均一的重金属本底值,可对环境空气中重金属进行检测。标准滤膜E023-1125测定值接近于认定值,加标回

收率与相对误差分别为95.7%-105.7%、0.308%-4.960%,以0.115-3.980ng/m³为检出限,符合日常环境监测分析要求。通过聚四氟乙烯膜采集样本后以硝酸-过氧化氢-氢氟酸微波消解样品,能够对环境PM_{2.5}中多种元素进行分析。Icpms技术具有测量线性度宽、检出限低及灵敏度高特点可同时对多种元素进行检测,有着较高的工作效率。

4.5 环境应急监测

环境应急监测要求在短时间内迅速获取污染物和浓度等信息,Icpms有着较快的检测速度,还可实施定量检测,环境应急检测中有着较高的精确度,能够对大多数元素浓度实施精准检测,与应急监测要求相符。通过Icpms半定量分析方式全谱图扫描应急监测水样,可初步判断质量数范围为6-260的重金属离子,也可判断和分析同位素浓度,重金属污染物能够及时发现,可为技术人员分析未知水样与复杂基体水样等提供有效信息。

5 结语

Icpms技术在环境监测中的应用价值较高,该技术不但操作简单,仅需少量样品即可检测,同时还存在检出限低、灵敏度高以及可鉴别和测定同位素等优势,可为技术人员及相关部门加强生态环境监测提供支持参考,可针对水质、土壤以及空气中多种元素进行检测,能够及时发现污染情况、锁定污染源并及时采取相应的处理措施,对于改善生态环境质量有重要意义。

[参考文献]

- [1]沈吉宾.探究生态环境监测在生态环境保护工作中的应用[J].皮革制作与环保科技,2024,5(7):27-28,31.
- [2]余媛媛,李利霞,张晓华,等.微波消解-电感耦合等离子体质谱法同时测定土壤中8种易挥发和难挥发元素[J].资源环境与工程,2023,37(5):613-619.
- [3]顾信娜,丁建平.基于电感耦合等离子体质谱法的农田土壤环境质量监测研究[J].资源节约与环保,2024(7):77-80.
- [4]张文良.ICP-MS测得固体废弃物中三种金属元素方法验证[J].化学工程师,2020,34(9):26-28.

作者简介:

王雅璇(1989--),女,傣族,云南景洪人,硕士,工程师,研究方向:生态环境监测分析。