

土壤环境监测中分析化学的应用研究

赵若雨

中检科(北京)测试技术有限公司, 中国·北京 100176

摘要: 土壤环境监测是环境保护中至关重要的一环, 它不仅关系农作物的生长和食品安全, 还直接影响人类健康和生态系统的平衡。近年来, 随着工业化和城市化的快速发展, 土壤污染问题日益严重, 迫切需要科学有效的监测手段来评估和管理土壤环境质量。分析化学作为一门基础学科, 其在土壤环境监测中的应用, 为准确测定土壤中的污染物种类和含量提供了重要技术支持。论文旨在探讨分析化学在土壤环境监测中的具体应用及其发展趋势, 为相关领域的科研和实践提供借鉴。

关键词: 土壤; 环境监测; 分析化学; 应用研究

Research on the Application of Analytical Chemistry in Soil Environment Monitoring

Ruoyu Zhao

Zhongjianke (Beijing) Testing Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract: Soil environment monitoring is a crucial part of environmental protection, which not only relates to the growth of crops and food safety, but also directly affects human health and the balance of ecosystems. In recent years, with the rapid development of industrialization and urbanization, soil pollution has become increasingly serious, and there is an urgent need for scientific and effective monitoring methods to evaluate and manage soil environmental quality. As a fundamental discipline, analytical chemistry provides important technical support for accurately determining the types and contents of pollutants in soil through its application in soil environmental monitoring. This paper aims to explore the specific applications and development trends of analytical chemistry in soil environmental monitoring, providing reference for scientific research and practice in related fields.

Keywords: soil; environmental monitoring; analytical chemistry; application research

0 前言

土壤环境监测是了解和评估土壤环境质量的重要手段, 旨在防治土壤污染并掌握其发展趋势。通过定期监控土壤中的各类无机物、污染物和微生物, 来了解它们的总量、来源以及移动方式等, 为预防和控制土壤环境污染提供科学依据。土壤环境监测是指, 对土壤中各种污染物进行测定, 以判断土壤是否受到污染及其程度, 并分析污染物的来源、迁移途径和对生态环境的影响。

1 土壤污染的危害

土壤污染, 一个隐匿而严重的环境问题, 正悄然威胁着人们的生态环境和人类健康。土壤作为生态系统的重要组成部分, 一旦受到污染, 将带来一系列难以逆转的危害。

首先, 土壤污染直接影响农业生产。污染物通过灌溉水、农药和工业废弃物进入土壤, 导致土壤结构破坏, 肥力下降, 从而造成农作物减产和农产品质量下降。这不仅严重影响了农业的可持续发展, 还导致了食品安全的隐患。

其次, 土壤污染对人体健康构成严重威胁。污染物在土壤中积累, 并通过食物链进入人体, 引发各种疾病。尤其是重金属污染, 如铅、砷、铬、汞, 对食物造成的污染最为

严重。铅中毒可造成人体造血、神经和肾脏的损伤; 砷中毒可能导致皮肤癌、肺癌、结肠癌、膀胱癌等; 铬中毒会损害肾脏, 影响呼吸系统健康, 并导致钙等营养素的流失; 汞中毒则会升高血压, 增加成人心脏病突发的风险。日本富山县神通川流域的“痛痛病”事件就是由于镉污染土壤导致的, 居民长期食用被镉污染的大米, 最终引发严重的健康问题, 甚至导致多人死亡。

再次, 土壤污染破坏生态环境。土壤中的污染物具有迁移性和滞留性, 容易在风力和水力的作用下进入大气和水体, 导致大气污染、地表水污染、地下水污染和生态系统退化。生物多样性降低, 植被减少, 生态平衡被打破。例如, 切诺贝利事件后, 大面积的土地被迫闲置, 原因之一就是放射性污染严重, 危及动植物生存。

最后, 土壤污染还导致严重的经济损失和社会问题。治理土壤污染需要投入大量的人力、物力和财力, 且治理过程漫长而复杂。一些污染严重的地区, 耕地资源被迫闲置或改种非食用作物, 影响当地经济发展和居民生活。同时, 土壤污染引发的健康问题和环境问题, 容易引发社会矛盾和不安定因素。土壤污染的危害不容忽视, 它不仅影响农业生产和生态环境, 更直接威胁着人们的健康。只有全社会共同努

力, 加强防治措施, 才能保护人类的土壤资源, 保障食品安全和人体健康, 实现经济与环境的可持续发展。

2 在土壤环境监测中应用分析化学法的优势

随着环境污染问题的日益严重, 土壤环境监测变得尤为重要。分析化学法作为一种经典且广泛应用的环境监测手段, 在土壤环境监测中展示了诸多显著优势。分析化学法在土壤环境监测中具有极高的兼容性。它不仅适用于监测土壤中的重金属、有机污染物等不同类型的污染物, 还能在各种复杂的土壤环境下发挥作用。无论是城市工业区污染土壤, 还是农业用地中的农药残留, 分析化学法都能提供可靠的数据支持。这种广泛的适用性使得分析化学法在土壤环境监测中不可或缺。

分析化学法包含多种监测技术, 如分光光度法、发射光谱法、中子活化法等, 这些方法在土壤环境监测中各有千秋。分光光度法因其成本低廉、操作简便、灵敏度高而被广泛应用于土壤中的微量元素和有机污染物的监测。发射光谱法则在测定土壤中的金属元素时表现出极高的灵敏度。中子活化法能够无损监测土壤中的痕量元素, 避免了样品处理过程中的污染和损失。这些多样化的监测方法为土壤环境监测提供了灵活多样的选择。分析化学法在土壤环境监测中能够提供高精度性和可靠性的数据。通过使用先进的仪器设备和标准化的分析方法, 如离子探针分析仪和高效液相色谱仪, 可以准确测定土壤中的污染物成分和含量。这种高精度性的监测结果不仅为环境评估提供了科学依据, 也为制定环境保护措施提供了重要的数据支持。

分析化学法不仅可以监测土壤中的无机污染物, 如重金属元素, 还可以分析有机污染物, 如农药残留、多环芳烃等。这种监测内容的多样性使得分析化学法能够全面地评估土壤环境质量, 为综合治理土壤污染提供更为全面的视角。随着分析化学技术的不断发展, 在线监测技术在土壤环境监测中的应用也日益广泛。在线监测技术能够实时监测土壤中的污染物变化, 对土壤环境进行动态监控。这不仅提高了监测效率, 还能够及时发现和处理土壤污染问题, 有效预防污染事件的扩大。在土壤环境监测中, 分析化学法注重方法的标准化和环境标准物质的应用。通过制定统一的标准分析方法, 可以保障监测数据的可比性和一致性。环境标准物质的使用则进一步提高了监测结果的准确性和可靠性, 为土壤环境监测提供了科学的依据。

3 分析化学应用于土壤环境监测的主要方法

3.1 分光光度法

分光光度法是一种广泛应用于化学、生物、环境等领域的重要分析技术, 其基本原理是基于物质对特定波长光的吸收特性进行测定。土壤中的重金属如铅、镉、汞等是主要的环境污染物之一。分光光度法可以通过特定的显色反应, 将这些金属离子转化为有色化合物, 再通过测定其吸光度来

定量分析其浓度。例如, 利用双硫脲分光光度法测定土壤中铅的含量, 通过形成红色络合物, 在波长 530nm 下进行测定。分光光度法同样适用于土壤中有有机污染物的测定, 如多环芳烃、农药残留等。这些有机物在紫外光区有特征吸收峰, 通过测定其吸光度, 可以评估其污染水平。例如, 利用紫外分光光度法测定土壤中苯并芘的含量, 通过其在波长 254nm 处的强吸收峰进行定量分析。土壤中的营养元素如氮、磷、钾等对植物生长至关重要。分光光度法可以用于测定这些元素的含量, 从而评估土壤肥力状况。例如, 利用钼锑抗分光光度法测定土壤中有效磷的含量, 通过形成蓝色络合物, 在波长 700nm 下进行测定。

分光光度法不需要复杂的前处理步骤, 操作简便, 适合大批量样品的快速分析, 能够监测出低浓度的污染物, 满足环境监测的灵敏度要求。分光光度法仪器成本相对较低, 且适用于各种类型的样品和分析需求。选择合适的波长是保证测量准确性的关键, 应根据分析物的吸收光谱选择合适的波长。定期对仪器进行校准, 确保测量结果的准确性和可靠性。样品的前处理对测量结果有重要影响, 应确保样品均匀、无杂质, 避免干扰。

3.2 发射光谱法

发射光谱法, 亦称原子发射光谱法, 是一种通过测量物质在激发态时发射的光谱来进行元素定性和定量分析的技术。发射光谱法基于原子或分子内部能态的电子跃迁过程。当样品受到热能或电能激发时, 原子或分子中的电子跃迁至高电子能态, 随后再跃迁回低电子能态时会释放光能。不同元素的原子或分子在跃迁过程中释放的光谱具有特定的波长和强度, 因此通过测量这些光谱特征, 可以识别样品中的元素种类及其含量。

发射光谱法能够同时测定土壤中的多种金属元素, 如铅、镉、汞、铬等, 这些元素是土壤污染的重要指标。通过分析这些元素的含量, 可以评估土壤的污染程度。对于固体土壤样品, 通常需要进行前处理, 如消解, 将固体样品转化为液态溶液, 以便于光谱分析。常用的消解方法包括酸消解和微波消解。通过与标准样品的光谱对比, 可以定量分析土壤中元素的含量。常用的定量分析方法包括标准曲线法和内标法。发射光谱法具有灵敏度高、选择性好、分析速度快、样品用量少等优点, 适用于大批量土壤样品的分析。此外, 该方法能够直接分析液体和固体样品, 减少了样品前处理的复杂性。

3.3 中子活化法

中子活化法是一种高灵敏度的分析技术, 广泛应用于环境监测中, 特别是在土壤污染物的监测方面。中子活化法, 又称中子活化分析, 是一种基于核反应的分析方法。样品在反应堆或加速器中子源照射下, 其中的元素通过俘获中子转变为放射性核素。这些放射性核素会衰变并发射出特定的射线, 通过探测这些射线的性质和强度, 可以定量分析样品中

元素的种类和浓度。中子活化法具有极高的灵敏度和准确度,能够监测到痕量甚至超痕量水平的元素。

将土壤样品进行干燥、粉碎和均匀化处理,以确保中子照射的均匀性。将制备好的样品置于中子源中进行照射,样品中的元素通过俘获中子生成放射性核素。照射后的样品需要冷却一段时间,以降低放射性强度,便于后续操作。对于复杂样品,可能需要进行放射化学分离,以去除干扰元素,提高测量精度。使用高分辨率的 γ 谱仪等设备测量样品中放射性核素发射的 γ 射线。根据测量结果和已知的标准曲线,计算样品中各元素的浓度。中子活化法在土壤环境监测中已得到广泛应用。例如,通过中子活化分析可以监测土壤中铅、汞、镉等重金属污染物的含量,评估土壤污染程度。此外,该方法还用于土壤背景值调查、污染源识别以及土壤修复效果评估等方面。

3.4 离子色谱法

离子色谱法主要依赖离子交换原理进行分离。离子交换树脂上分布有固定的带电荷基团和可移动的配位离子,当样品进入离子交换色谱柱后,样品离子与树脂上的可移动离子进行交换,通过连续的交换吸附和解吸过程,最终达到吸附平衡。不同离子因电荷数、离子半径等性质差异,在树脂上的保留时间不同,从而实现分离。离子色谱法能够监测土壤中的无机阴离子、阳离子、有机酸及重金属离子等,广泛应用于土壤环境监测中。

土壤样品需经过消解、提取等前处理步骤,将目标离子转化为溶液形式。常用的前处理方法包括超声波提取、微波消解等。将处理后的样品溶液注入离子色谱仪,通过离子交换柱进行分离。常用的监测器为电导监测器,能够灵敏地监测出各种离子的浓度。通过标准曲线法或内标法进行定量分析,获得土壤中各种离子的含量。离子色谱法能够监测到微克/升甚至更低浓度的离子,适用于土壤环境中痕量污染物的监测。一次进样可在短时间内同时分析多种离子,大大提高了分析效率。相对于其他分析方法,离子色谱法对样品的前处理要求较低,减少了样品处理过程中的污染和损失。离子色谱仪可以与自动进样系统联用,实现全自动化操作,降低了人工操作的误差。

3.5 原子吸收法

原子吸收法的基本原理基于原子能级跃迁的吸收光谱学。当原子吸收特定波长的光时,其电子从基态跃迁到激发

态,此时光能量被吸收,导致透射光的强度减弱。通过测量透射光强度与入射光强度的比值,可以得到原子蒸气的浓度。由于不同元素具有不同的吸收光谱特征,因此可以通过测量不同波长的光吸收来确定各种元素的含量。原子吸收法能够监测痕量元素,甚至达到 PPB 级别,适用于土壤环境中重金属污染的监测。不同元素具有不同的光谱特征,原子吸收法能够选择性地测定所需元素,避免其他元素的干扰。原子吸收法可以监测周期表中 70 多种元素,包括金属元素和部分非金属元素,广泛应用于土壤环境监测中。原子吸收法样品前处理相对简单,能够实现自动化操作,提高分析效率。

原子吸收法在土壤环境监测中广泛应用于重金属污染的评价和监测。例如,通过火焰原子吸收光谱法测定土壤中的铅、镉、铜、锌等重金属元素,评估土壤污染程度,为土壤修复和环境保护提供科学依据。石墨炉原子吸收光谱法则用于监测土壤中痕量重金属,如汞、砷等,确保监测结果的准确性和可靠性。

4 结语

综上所述,土壤环境监测是一项复杂而重要的系统工程,对于防治土壤污染、保护生态环境和保障人类健康具有重要意义。分析化学在土壤环境监测中发挥了重要作用,为土壤污染防治和生态保护提供了科学依据和技术支持。未来,随着分析技术的不断进步和创新,其在土壤环境监测中的应用前景将更加广阔。

参考文献:

- [1] 纪轶,李媛媛,房宁宁,等.土壤环境监测中分析化学的应用研究[J].冶金管理,2024(10):77-80.
- [2] 张耀.土壤环境监测中分析化学的应用研究[J].清洗世界,2023,39(6):90-92.
- [3] 彭庆.土壤环境监测的重要性及发展趋势分析[J].资源节约与环保,2023(3):85-88.
- [4] 李泽源.浅析土壤环境监测中分析化学的应用[J].现代盐化工,2021,48(4):77-78.
- [5] 谢寅凯.我国土壤环境监测技术的现状及发展趋势[J].资源节约与环保,2014(3):80.

作者简介: 赵若雨(1994-),女,蒙古族,中国内蒙古人,本科,从事环境检测、分析化学研究。