 DOI: https://doi.org/10.12349/ees.v5i11.3676

Application of Atomic Absorption Spectroscopy in Soil Environmental Monitoring

Xiulian Wang

Yunnan Huadu Ecological environment Monitoring Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

Atomic absorption analysis technology, atomic efficient spectrotechnology, is widely used in soil environmental monitoring. As the basic carrier of the ecosystem, the soil carries the rich element information. The detection and analysis of the heavy metal pollutants in the soil is an important means to ensure the environmental quality. This paper explores the application of AMS in soil environmental monitoring and analyzes its advantages and challenges in heavy metal detection. Through the analysis of the technical principle and the research progress in recent years, the technical characteristics of the technology in soil sample treatment, analytical accuracy and detection limit are discussed in detail.And the analysis of the factors such as the presence of interfering substances in soil and the complexity of sample pretreatment. Finally, the paper also prospects the future development trend of AS in soil environmental monitoring, and that with the continuous progress of technology, the application prospect in environmental protection, agricultural production and other fields will be broad.

Keywords

atomic absorption spectroscopy; soil monitoring; heavy metal pollution; environmental protection; analytical technology

原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用思考

王秀莲

云南华都生态环境监测有限公司，中国 · 云南 昆明 650000

摘　要

原子吸收光谱法作为一项高效的分析技术，广泛应用于土壤环境监测中。土壤作为生态系统的基础载体，承载着丰富的元素信息，对土壤中的重金属污染物进行检测和分析是保障环境质量的重要手段。论文探讨了原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用，并分析了其在重金属检测中的优势与挑战。通过对技术原理的剖析，结合近年来的研究进展，论文详细探讨了该技术在土壤样品处理、分析精度、检测限度等方面的技术特点。同时，分析了影响原子吸收光谱法应用效果的因素，如土壤中干扰物质的存在、样品前处理的复杂性等。最后，论文还对原子吸收光谱法在土壤环境监测中的未来发展趋势进行了展望，认为随着技术不断进步，在环境保护、农业生产等领域的应用前景广阔。

关键词

原子吸收光谱法；土壤监测；重金属污染；环境保护；分析技术

1 引言

土壤污染已成为当前全球面临的重大环境问题之一。随着工业化、城市化的推进，土壤中的重金属污染逐渐加剧，严重威胁到生态环境和人类健康。土壤环境监测是评估土壤质量和污染状况的重要手段，其中，重金属元素的检测尤为关键。原子吸收光谱法作为一种成熟的分析技术，以其高灵敏度、良好的选择性和广泛的应用范围，成为土壤重金属分析的重要工具。技术能够通过测量元素的吸光度来定量分析土壤样品中的金属元素浓度，从而为环境监测和土壤污染修复提供科学依据。论文将重点探讨原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用，分析其在实际操作中面临的挑战与解决方案，并展望其未来发展方向。

【作者简介】王秀莲（1985–），女，中国云南昆明人，本科，工程师，从事环境污染及监测分析等研究。

2 原子吸收光谱法原理与特点分析

2.1 原子吸收光谱法的工作原理

原子吸收光谱法基于元素在吸收光谱中的特征吸收线，通过对样品中元素原子吸光度的测量来定量分析元素的浓度。其工作原理是，将待测样品通过适当的预处理后，引入原子化器，在高温的燃烧器中将元素转化为自由原子。然后，采用特定波长的光源照射样品中的原子，原子吸收一部分光，经过光检测器测量吸光度，并根据比尔 - 朗伯定律计算出样品中元素的浓度。优点在于其高灵敏度和良好的选择性，适用于多种金属元素的检测，能够在复杂的土壤样品中有效分辨并定量分析目标元素。

2.2 技术在土壤监测中的应用

原子吸收光谱法在土壤监测中的主要应用集中在重金属污染物的检测上。土壤重金属污染主要来源于农业活动、工业废弃物排放以及交通运输等多种途径。土壤中常见的重金属污染物包括铅（Pb）、镉（Cd）、汞（Hg）、铬（Cr）等，这些金属元素的高浓度会对土壤生态系统造成严重危害，影响植物生长，进而影响食品安全。作为一种成熟的分析工具，能够高效、准确地检测土壤中这些重金属的浓度，并为污染源追溯和污染治理提供可靠的数据支持。

2.3 技术的优势与局限性

技术的优势在于其具有高灵敏度、较低的检测限、良好的元素选择性和较高的重复性，特别适用于低浓度元素的检测。然而，也存在一定的局限性，主要表现在样品前处理复杂、设备成本较高以及检测元素种类有限等方面。特别是在土壤样品中，常常会有其他干扰物质存在，这些干扰物质可能会影响光谱分析的准确性，因此需要通过合适的前处理方法来去除干扰。总的来说，作为一种强有力的分析工具，尽管存在一些局限性，但其在土壤环境监测中的应用仍具有广阔前景。

3 土壤样品的预处理与分析方法优化

3.1 土壤样品的预处理方法

土壤样品的预处理是确保原子吸收光谱法分析准确性的关键步骤。土壤样品通常需要经过干燥、粉碎、筛分、酸消化等处理，以去除土壤中的水分、杂质以及其他可能干扰分析的成分。特别是酸消化步骤，能够将土壤中的金属元素有效地溶解到溶液中，为后续的分析提供适合的样品基质。常用的消化方法包括强酸湿法消化、微波消化等。在选择预处理方法时，需要综合考虑土壤样品的性质以及待测元素的特点，以确保样品处理的效率和分析的准确性。

3.2 影响分析精度的因素

在土壤环境监测中，影响原子吸收光谱法分析精度的因素很多，除了样品前处理外，仪器的操作条件、分析波长的选择、燃烧器的温度等也会对结果产生影响。为了提高分析的准确性，需要严格控制这些操作参数。此外，土壤中的有机物质、盐类以及其他元素的干扰可能导致分析误差，因此必须采取适当的措施进行干扰物质的抑制或去除。例如，使用背景校正技术、选择合适的内标元素等，都可以有效提高技术在土壤样品分析中的精度。

3.3 方法的优化与创新

随着土壤监测技术的不断发展，技术在方法学上也有了很多创新。近年来，许多研究者提出了通过改进分析方法，提升其在土壤样品分析中的适用性。例如，通过采用火焰光度计法（FLAME）、电热原子吸收法（ET）等新型原子化方法，能够提高低浓度元素的检测精度。此外，结合多元素分析技术，将与其他分析技术如电感耦合等离子体光谱法（ICP-OES）、质谱法（ICP-MS）等相结合，有望进一步提高土壤环境监测的灵敏度和分析效率。

4 重金属污染分析与环境影响

4.1 土壤重金属污染的来源与分布

土壤中重金属污染的来源主要包括工业废水排放、农业活动、矿产开采及交通运输等。工业生产过程中，大量的重金属废物被不当排放到环境中，直接或间接进入土壤。农业活动中的化肥、农药使用，也会导致土壤中重金属的积累，尤其是某些化肥中含有较高浓度的重金属元素。矿产开采、冶炼及钢铁、铝土矿等工业也常常向周围环境排放污染物，造成土壤污染。交通运输，特别是汽车排放的尾气和道路尘土，亦成为土壤重金属污染的重要来源。土壤中重金属污染的分布存在区域差异，主要取决于污染源的分布和土壤的特性。

4.2 土壤重金属污染的影响评估

土壤中重金属的积累对环境和生态系统构成了显著的威胁，尤其是对土壤生物和植物的危害。重金属会改变土壤的物理化学性质，抑制微生物的活性，进而影响土壤的生态功能。植物吸收土壤中的重金属后，会导致生长受抑，甚至死亡，影响作物产量和质量。部分重金属还会通过食物链进入动物体内，最终危及人类健康。重金属污染的长期影响包括水源污染、土壤酸化以及农业生产环境的恶化。通过土壤重金属浓度的监测，可以对土壤污染的程度进行评估，帮助制定污染防治策略。评估方法通常通过采样、实验室分析和风险评估相结合，建立土壤污染的标准和指南，最终为环境保护和土壤修复提供依据。

4.3 土壤修复技术与的结合

土壤重金属污染的修复技术多种多样，包括物理法、化学法和生物法等。其中，物理法通过改变土壤的物理性质，减少污染物的生物可利用性；化学法则通过添加化学药剂，使重金属元素稳定或转化为不易被植物吸收的形态；生物法则利用植物或微生物的生物吸附或生物降解作用，修复污染土壤。在土壤修复过程中，原子吸收光谱法作为一种灵敏度高、准确性强的分析技术，广泛用于土壤污染物的定量分析。能够精确测量土壤中重金属元素的浓度，评估修复效果。通过与修复技术的结合，不仅能够监测污染土壤中金属的变化，还能为优化修复措施提供数据支持。

5 原子吸收光谱法在土壤环境监测中的挑战与前景

5.1 原子吸收光谱法在土壤监测中的挑战与解决方案

尽管原子吸收光谱法具有广泛的应用潜力，但在实际操作中仍面临诸多挑战。首先，土壤样品的复杂性使得样品预处理变得尤为重要。土壤样品中常常含有有机物质、矿物质及其他干扰物质，这些物质可能影响元素的准确检测，导致分析结果不准确。为了解决这一问题，研究者们提出了

多种预处理技术，如微波消解技术和固相萃取技术等，这些方法能够有效去除样品中的干扰物质，从而提高检测的准确性。其次，土壤中可能存在较高的盐分和有机物，这些成分会影响测量的灵敏度和稳定性。特别是火焰原子吸收法在面对高盐分或高有机质含量时容易出现信号干扰。为了克服这一问题，许多研究已开始探索通过优化操作参数、使用更高效的内标元素或采用电热原子吸收法等新技术来提高测量的精确度。最后，土壤中不同元素的含量差异较大，且不同区域的污染程度差异较大，这使得土壤重金属污染监测的范围更加复杂。针对这一问题，结合其他分析技术，如电感耦合等离子体质谱法和 X 射线荧光光谱法（XRF），能够进行多元素的同时分析，提高检测效率和准确性，图 1 为原子光谱法实验的主要部件。

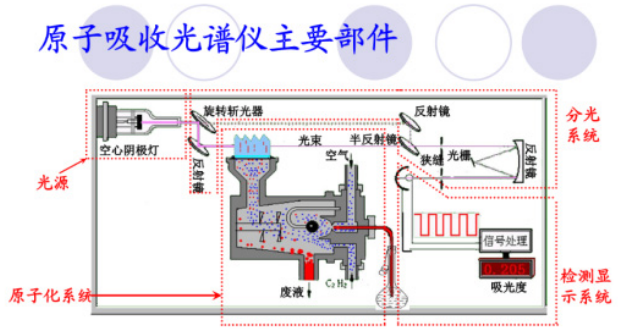

图 1 原子吸收光谱仪的主要构成部件

5.2 与其他技术结合的前景

随着土壤环境监测需求的不断增加，技术正逐渐与其他分析技术进行结合，以提高其在土壤污染监测中的应用效能。例如，原子吸收光谱法和电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）的结合，能够进行多元素快速定量分析，并且极大地提高了低浓度重金属元素的检测限度。在这种组合分析中，负责检测一些容易被火焰原子化的元素，而 ICP-MS 则能够弥补在检测元素种类上的不足。另一个潜在的方向是结合微波消解技术与分析。微波消解技术能够有效提高土壤样品中重金属元素的溶解效率，使得能够得到更为准确的分析结果。此外，微波消解还能够减少消解时间，提高实验效率。因此，微波消解与结合有望成为未来土壤重金属分析的重要技术方案。

5.3 技术的未来发展方向

原子吸收光谱法在土壤环境监测中的应用前景广阔。随着技术的不断进步，的性能将不断得到提升，特别是在检测灵敏度、准确性和自动化方面。未来的仪器可能会更加便于操作，同时具备更高的分辨率和更低的检测限。此外，随着环境保护和生态恢复的需求不断增长，技术将在土壤污染修复中的应用变得更加重要。通过与环境修复技术的结合，能够帮助精确监测土壤中污染物的去除情况，为污染治理提供科学依据。随着技术的不断发展，其在土壤环境监测中的应用将更加广泛，不仅能够用于土壤中的金属元素分析，还可能扩展到更多环境领域，如水质监测、大气污染检测等。随着检测仪器的更新换代，检测范围和检测能力将得到更大提升，这也为土壤重金属污染的快速检测和治理提供了新的机遇。

6 结语

原子吸收光谱法作为一种成熟的分析技术，在土壤环境监测中具有重要应用价值。它能够快速、准确地检测土壤中的重金属污染情况，为环境污染评估、农业生产安全、生态修复等提供有力的数据支持。尽管在土壤监测中存在一些挑战，如样品前处理复杂、干扰物质的影响等，但随着技术的发展，与其他分析方法的结合、仪器性能的提升将使得其在土壤污染检测中的应用更加广泛。未来，技术在土壤监测中的应用前景将更加广阔，为全球环境保护与可持续发展做出更大贡献。

参考文献

[1] 陈俊峰,李志刚.土壤中重金属污染的分析与控制技术研究[J].环境科学与技术,2023,42(8):58-65.

[2] 张艳萍,周晓明.原子吸收光谱法在土壤中铅、镉分析中的应用研究[J].环境监测管理与技术,2024,30(3):112-118.

[3] 王涛,冯丽娜.微波消解与原子吸收光谱法结合应用于土壤重金属分析的研究[J].土壤学报,2023,60(5):982-989.

[4] 韩鹏飞,高欣.电感耦合等离子体质谱法与原子吸收光谱法结合应用研究[J].分析化学,2024,52(6):92-98.

[5] 刘洪波,林志成.原子吸收光谱法在环境监测中的应用进展[J].环境化学,2024,43(2):45-51.