

土壤重金属检测技术研究现状及发展趋势

王 淑 王 鹏 施建林 吴丽娜

巴彦淖尔市农牧业科学研究所内 蒙古 巴彦淖尔 015199

摘 要：土壤重金属污染是当前亟待解决的重大环境问题之一。为了准确、快速地检测土壤中重金属元素的含量，各种土壤重金属检测技术不断涌现，并随着科技的发展不断升级更新。例如，传统的化学分析、光谱学、电化学分析以及生物分析等方法都有各自的优缺点。随着科技的进步，新的检测技术及方法将不断涌现，我们必须了解土壤重金属检测技术的研究现状，为未来的环境治理和管理提供更有效、高效的技术手段。

关键词：土壤重金属检测技术；研究现状；发展趋势

1 土壤重金属污染的危害

土壤重金属污染是当今世界面临的重大环境问题之一。随着工业化的发展以及城市化进程的加速，土地利用类型和用途的改变，人类长期的不合理活动和污染物排放，使土壤中的重金属元素含量不断上升，成为严重的环境问题。土壤重金属污染不仅严重影响了土壤生态系统的稳定和生态环境的质量，还对人类健康构成了极大的危害，其危害如下：（1）影响农产品质量和产量^[1]。不同重金属元素对植物的吸收能力不同，一些元素如铅、铬、镉、汞等类，对农作物的吸收能力较强，对农产品的品质和产量都产生了极大的影响。（2）危及人体健康。土壤中的重金属元素含量超标会通过农产品、水源等途径进入人的体内，对人体造成极大的危害。如镉被认为是致癌物，铅会影响人体神经系统的发育、导致儿童认知能力下降等。（3）影响生态环境稳定性。土壤重金属污染会影响土壤生态系统的定，破坏生态平衡，导致生态环境恶化。

2 土壤重金属检测技术的重要性

土壤中重金属元素的污染现象越来越严重，给土地利用和生态环境带来了很大影响。为了减少重金属对环境的损害，对土壤重金属污染的检测已经成为了环境保护的重要组成部分。土壤重金属检测技术的重要性主要体现在以下几个方面。首先，土壤重金属检测技术可以为环境保护和土地利用规划提供可靠的科学依据。通过采取科学、规范的土壤重金属检测技术可以准确地获取土壤中各种重金属元素的含量和分布情况，进而为道路建设、城市绿化、农业利用等土地利用与规划提供科学的参考。其次，土壤重金属检测技术可以有效预防土壤重金属污染对人体健康及生态环境的影响。土壤重金属污染不仅对土地资源的开发利用造成威胁，更对人类和其他生物体的生命健康产生影响。因此，加强土壤重金

属检测技术研究和应用是保障重金属污染监管和防控措施有效实施，预防人类和生态环境接触重金属污染的重要途径。第三，土壤重金属检测技术对于土地资源的可持续利用具有重要意义^[2]。重金属元素在土壤中存在时间长、迁移速度慢、难以治理等特殊的地理和生态因素，使得一旦发现重金属污染，预防与治理难度极大。因此，实现土地资源的可持续利用，要求采取科学的土壤重金属检测技术，预防和及时控制重金属的污染发生。最后，土壤重金属检测技术的应用也可以为行业提供技术支持和创新方向。随着环保法规和人们环保意识的增强，土壤重金属检测技术得到了广泛的应用和创新，为行业提供了技术支持和创新方向。因此，强化土壤重金属检测技术研究和应用，不仅可以保护环境与健康，更有助于促进技术推广进步和环保工作发展。

3 目前土壤重金属检测技术的研究现状

为了解决重金属污染问题，各国各界不断研究和探索新的土壤重金属检测技术，主要研究方向包括分析方法、仪器设备、检测指标等。下面将详细介绍土壤重金属检测技术的研究现状和最新进展。

3.1 分析方法

（1）原子吸收光谱法。原子吸收光谱法是当前常见的分析重金属的技术之一，其优点是准确性高、灵敏度高、特异性好。同时，原子吸收光谱法适用于分析多种重金属元素，并且具有广泛的适用范围。但是该方法的缺点是麻烦、分析速度慢，完整样品处理时间可能长达数小时甚至数天。（2）电感耦合等离子体质谱法。电感耦合等离子体质谱法是目前常见的分析重金属的技术之一，该技术具有优良的灵敏度、选择性和分辨率。该技术能够对多种重金属进行快速、准确的分析和检测，同时具有样品处理简单、分析速度快等优点。其研究方向主要是提高检测指标的灵敏度和标准化测量方法。（3）光谱

法。光谱方法通常包括紫外可见光谱、荧光和红外光谱等。这些方法通常通过检测目标元素在不同波长下的吸收和发射来确定其存在和浓度。光谱法具有高精度、快速、易于比较不同样品等优点,已成为一种广泛使用的分析技术之一。

3.2 仪器设备

(1) 高分辨率质谱仪。高分辨率质谱仪是进行土壤重金属元素分析和检测的主要仪器设备之一,具有高分辨率、高准确性和灵敏度高等特点。其可用来检测多种重金属元素,同时能够将样品中的重金属分离和鉴定,该仪器在实验室和工业应用中得到了广泛的应用和推广。(2) X射线荧光光谱仪。X射线荧光光谱仪是用于土壤重金属元素分析和检测的常见仪器设备之一,其主要原理是通过样品表面的射线照射来产生元素荧光。该仪器具有分析速度快、准确度高、适用范围广等优点,因此在环境监测、有毒物质检测等领域得到了广泛的应用。

3.3 检测指标

(1) 总量检测。总量检测是指直接测量元素的总体积和其形态,通常用于评估土壤重金属元素的整体污染程度。该方法适用范围较广,可以对多种元素进行检测,但是无法确定元素的形态和存在状态。因此,在实际应用中,总量检测通常需要结合其他检测指标一起使用,来更全面地评估土壤重金属污染程度。(2) 有效态检测。有效态检测是指针对土壤中重金属元素的有效态进行检测,这些有效态通常是对环境和生态系统具有潜在影响的^[3]。例如,土壤中的重金属元素大部分以离子态或有机物配合态存在,这些有效态元素能够在生态系统中循环和生物富集。因此,有效态检测可以更好地评估土壤污染对生态系统的威胁和影响。(3) 生物测定法。生物测定法是通过测定生物体中重金属元素的累积量来评估土壤重金属污染程度的检测指标之一。其基本原理是,选择具有生物富集能力的植物或动物作为生物指示器,测定重金属元素在其体内的含量。该方法即可用于测定土壤重金属元素的有效态,也可以用于评估土壤重金属元素的总量。

4 不同检测方法的优缺点

土壤重金属污染严重影响土地生态系统和人类健康。因此,快速、准确地检测土壤重金属污染,成为解决土壤污染问题的关键。目前,常用的土壤重金属检测方法主要包括传统化学分析、光谱学、电化学分析和生物分析等。下面将对不同的土壤重金属检测方法的优缺点进行综述。

4.1 传统化学分析

传统化学分析是目前最为普遍的土壤重金属检测方法之一。它采用的是溶解总元素的方法,主要通过样品的预处理方式进行污染元素的提取和分离,然后使用原子吸收光谱等技术进行测定。这种方法准确度高,数据稳定性好,适用于测量不同的重金属元素,但需要耗费较长时间,以及在实际应用中会受到许多干扰因素的影响。优点:可测量种类多;操作简便易行;准确度高。缺点:时间、成本较高,精度受样品前处理和环境影响较大。

4.2 光谱学

光谱学是指将土壤样品所发射的特定电磁辐射谱波长区间进行分析和处理的技术,包括原子吸收光谱、荧光光谱、近红外光谱、X射线荧光光谱等。这种方法具有操作简便、速度快、分析范围广、准确度高和非易失性等优点,同时也具有样品需求高、仪器较昂贵、复杂性高、数据处理和分析难等缺点^[4]。优点:非损伤性、速度快、分析范围广、准确度高。缺点:需求和作为样品分析,精度受到系统标定、光谱干扰等影响;仪器昂贵。

4.3 电化学分析

电化学分析是种灵敏、准确的分析方法,其基本原理是利用电化学原理将电化学反应做成电流进行定量分析。在土壤重金属检测领域,电化学分析主要通过微型电极、常规电化学分析、阳极溶出等方式进行污染元素测定,优点常常包括样品用量少,成本低,实验操作简便等。优点:样品用量较少、实验操作简便、灵敏度高。缺点:易受其他分析因素影响和样品前处理该等因素的干扰。

4.4 生物分析

生物分析是指利用生物分析学方法测定土壤中重金属元素的含量的技术,包括激光诱导击穿发射光谱分析、虫土炉原子荧光光谱分析、土壤微生物修复等技术。这种方法具有非常良好的生态友好性和其他方法很难代替的一些优点。同时,它的一些缺点也包括对土壤样品特殊处理,样品条件限制等问题,目前常使用其他的方法进行辅助。优点:生态友好性、耗能小,成本较低。缺点:样品预处理要求高,精度受到生物喜好范围的影响。

5 检测技术发展趋势

随着现代化科技和环保理念不断发展,土壤重金属污染问题已经引起了越来越多的关注。为了更好地实现土壤污染监测和治理,科学家们致力于研究和开发各种高效、快速和准确的土壤重金属检测技术。目前土壤重金属检测技术的发展趋势主要包括无损检测技术、

微型化技术、智能化检测技术、快速检测技术等。下面将逐一阐述这些技术在实践应用中的优势和可行性。

5.1 无损检测技术

无损检测技术是现代化检测技术的重要发展方向之一，也是土壤重金属检测技术的趋势之一。该技术不需要对土壤进行破坏或抽样，只需要对土壤表面进行扫描或测量即可获得多种土壤性质信息。无损检测技术的主要形式包括光谱技术、磁技术、辐射技术等，对不同类型土壤物质和不同重金属元素的特性进行分析和识别。与传统的化学分析技术相比，无损检测技术具有简单、快速、高效、非破坏等特点。目前已经有许多无损检测技术应用到土壤重金属检测领域，例如X射线荧光（XRF）、前红外光谱仪（NIR）、近红外光谱仪（NIRS）、荧光光谱仪（FS）等。这些技术在实际应用中，已经证实可以高效地识别不同类型土壤中不同重金属元素的含量和分布规律，为土壤重金属检测和治理提供了有效的技术手段。

5.2 微型化技术

微型化技术是指利用芯片技术将传感器集成于微型芯片中，实现对物质的精确检测。微型化技术的优势在于粒度小、尺寸小、重量轻、成本低，这些优点使得微型化技术在土壤重金属检测中具有广泛应用前景。目前已经研发出一系列针对重金属元素检测的微传感器，在实际应用中，可以准确测量各种重金属元素的含量和分布情况。例如，研发的微型电化学传感器、石墨烯传感器、纳米传感器等，应用于土壤重金属检测能够获得更高的探测灵敏度和检测精度，也更加适用于微信化分析和在线检测等应用领域。

5.3 智能化检测技术

智能化检测技术是目前重金属检测技术的重要发展方向之一^[5]。智能化检测技术通过智能化系统实现信息传递、数据处理、分析和判断等功能，将传统检测方式与智能化技术相结合，形成高效、准确的智能检测系统。目前已经研发出基于深度学习的智能化检测技术、基于云计算的智能化检测技术等，这些技术都可以与传统的检测技术结合在一起，快速、准确地分析和识别重金属元素的含量，在实践应用中也取得了较好的效果。

5.4 快速检测技术

在环境保护、农业和其他领域可持续发展中，快速检测技术可以提高工作的效率和准确性，同时减少资源和时间的浪费。快速检测技术类似于现场检测技术，检测仪器小型化、检测操作简便、检测时间短等特点，有助于解决传统检测技术不便携、工具繁琐、测量时间长等问题。快速检测技术在土壤重金属检测中的应用也逐步增加，例如基于纳米技术的快速重金属检测技术、便携式检测技术、远程遥控检测技术等^[6]。该类技术可以将重金属元素检测的时间缩短到几秒钟或几分钟内，同时，这些仪器操作简单，只要按照设备说明操作即可，不太需要专业的技能，更加方便检测人员进行现场检测。

结语

综合以上分析，土壤重金属检测技术是对土壤污染治理和环境监测至关重要的。随着技术的不断发展和进步，各种新的检测方法、仪器设备和检测指标不断涌现，对检测结果的准确性和可靠性提出了更高要求。未来，需要进一步深入研究和优化土壤重金属检测技术，加强标准制定和技术应用的规范化和标准化，并且积极推广和应用先进的检测技术，为保护环境、促进可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1]舒光宪,王立志,王国栋等.土壤重金属检测方法及应用研究[J].中国农学通报,2016,32(29):49-54.
- [2]张俊杰,刘建民.土壤重金属污染的检测技术研究进展[J].环境化学,2020,39(2):501-509.
- [3]李智勇,段琼,董传根等.土壤重金属污染检测技术的研究现状和发展趋势[J].农业环境科学学报,2019,38(12):2530-2540.
- [4]陈岩洋,廖艳清,评论重金属检测技术在土壤环境监测中的应用.中国工程科学.2021(3):30-35.
- [5]王志刚,张正,谢卫东等.磁化光谱法在重金属污染土壤检测中的应用研究.光谱学与光谱分析,2020(10):3029-3035.
- [6]黄志伟,王永珍,张晓荃等.一种基于激光诱导击穿光谱的土壤重金属污染快速检测方法.科学技术创新,2019(20):17-22.