

# Discussion on the Detection and Analysis Methods of Harmful Chemicals in Soil Environment

Yuanyuan Jin

Hebei PONY Testing Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

## Abstract

Conducting thorough detection and analysis of harmful chemical substances in soil environments enables a clearer understanding of actual soil pollution conditions, providing valuable references for soil remediation. Particularly, pollutants listed in the "Catalogue of Key Controlled Toxic and Harmful Substances in Soil" must be analyzed through specific detection methods to accurately assess their environmental impacts. Based on these findings, targeted soil remediation measures can be implemented to ensure sustainable improvement of soil quality and ecological security. Relevant institutions can enhance detection efficiency and quality by optimizing sample pretreatment, applying instrumental analysis techniques, and maintaining strict control over the detection process, thereby guaranteeing the accuracy and reliability of test results.

## Keywords

Soil environment; Toxic and hazardous chemicals; Detection and analysis methods; Environmental protection

## 浅论土壤环境中有害化学物质的检测与分析方法

金园园

河北谱尼测试科技有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

## 摘要

做好土壤环境中有害化学物质的检测与分析可以更好地明确土壤污染的实际状况, 为土壤治理提供更多的参考和借鉴。尤其是《重点控制的土壤有毒有害物质名录》中污染物质必须通过特定检测分析方法的有效应用明确其对土壤环境造成的危害和影响, 在此基础上针对性地落实土壤治理修复工作, 为土壤环境质量的持续改善与生态安全提供保障。相关单位可通过样品前处理、仪器分析技术的应用、检测过程的严格控制提高检测效率和检测质量, 保证检测结果的精确度和有效性。

## 关键词

土壤环境; 有毒有害化学物质; 检测分析方法; 环境保护

## 1 引言

土壤环境是生态环境的重要组成部分, 随着城市化加剧、工业产业的发展, 土壤污染问题日趋严峻。在这样的背景下做好土壤环境中有害化学物质的检测与分析明确土壤污染的实际状况并针对性地选择治理技术是十分必要的。而在土壤环境中有害化学物质检测之前首先需要做好样品处理。

## 2 土壤有害化学物质检测的样品处理技术

样品处理可以为土壤检测提供良好的支撑, 是确保检测结果准确、真实、消除基体干扰的重要手段, 而不同污染物的样品处理要点是存在鲜明差异的, 可以从重金属污染物样品处理和有机污染物样品处理两大维度来展开分析。

对于土壤中铬及铬化合物、六价铬化合物等重金属污染物, 在样品预处理环节可通过电热板消解法、微波消解法、碱性提取法等相应技术方法进行样品处理。电热板消解法是利用硝酸、盐酸、氢氟酸等相应混合酸体系的强氧化性和腐蚀性损坏土壤晶格结构, 进而溶出重金属元素, 可以满足大多数重金属总量检测的需求。但六价铬等形态敏感污染物, 在应用的过程中需控制升温速率。微波消解法则是利用微波的内加热效应快速升温、增压, 消解土壤基体, 为镉、汞等相应元素的含量检测提供必要帮助, 可满足批量样品处理需求。在微波消解的过程中需根据土壤有机质含量对酸体系和消解程序作出适当调整, 同时需要做好压力控制, 避免出现容器泄漏等相应问题。碱性提取法是在磷酸氢二钠和氢氧化钠缓冲体系中通过震荡来完成六价铬的提取, 避免在酸性环境下使其还原为三价铬, 仅适用于六价铬的样品处理, 无法满足其他重金属样品处理。在碱性提取法应用中需要做好避光和控温确保六价铬形态稳定性。

若在土壤环境检测中样品中含有苯、二氯甲烷等相应

【作者简介】金园园(1990—), 女, 中国河北邯郸人, 从事环境监测、环境保护方向研究。

的有机污染物,这时就可以采用吹扫捕集法、加速溶剂萃取法等不同技术方法来进行样品处理。吹扫捕集法是借助惰性气体吹扫土壤样品中的挥发性有机物,使其附着于捕集管中,配合高温解析,进入气相色谱分析。若挥发性有机物的沸点低于200℃,如二氯乙烯、三氯甲烷等,采用该项技术进行样品处理可以达到较好的处理效果,但需要注意对捕集管填料进行科学选择,并根据目标物的沸点对吹扫与解析温度做出优化。加速溶剂萃取法是利用高温高压提高溶

剂的渗透能力,完成目标物的溶解与释放,多应用于半挥发有机物样品处理中,如二硝基甲苯等。在加速溶剂萃取法应用的过程中应当根据目标物特性来对溶剂进行适当选择,并做好萃取温度、压力的控制,一般情况下可将前者设置为80~150℃,后者可以设置为10~20MPa。

不同土壤有害化学物质样品处理环节适用的技术方法存在鲜明差异,需根据实际情况来明确适用类型及应用要点提高应用成效,如表1所示。

表1 土壤有害化学物质样品处理、适用污染物及应用要点

技术类型	核心原理	适用污染物
微波消解法	微波内加热密闭消解	镉、铅、砷等重金属总量
碱性提取法	碱性缓冲体系保护六价铬形态	六价铬化合物
吹扫捕集法	惰性气体吹扫+吸附解析	苯、二氯甲烷等挥发性有机物
加速溶剂萃取法	高温高压增强溶剂渗透	苯并[a]芘等半挥发性有机物

### 3 土壤有害化学物质的仪器分析技术

在土壤环境监测中想要更好地明确有害化学物质的分布情况,针对性地选择治理技术,就需要通过仪器分析技术来完成实现定性定量检测,而不同污染物适配的仪器分析技术是存在鲜明差异的,可以紧抓重金属分析技术和有机污染物分析技术两大关键方向来选择技术方法。

#### 3.1 重金属分析技术

在重金属分析领域,电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)、原子荧光光谱法(AFS)与离子色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术(IC-ICP-MS)都是较为主流的技术。电感耦合等离子体质谱技术是通过电感耦合等离子体完成样品离子化,借助质谱仪进行质荷比分离,然后实现多元素同步检测,可以同时完成镉、铅、砷、汞等不同重金属元素的总量检测,其检出限低至0.001mg/kg。在该项技术应用期间需注意等离子体参数的控制和质谱分辨率的调整,避免多原子离子干扰检测结果。电感耦合等离子体技术的应用优势十分鲜明,可满足多元素同步检测的需求,大幅提高检测效率,其灵敏度较高,线性范围较宽。但缺陷则是设备购买成本较大且维修损耗较大、维修难度较高,同时对于高盐基质样品的耐受力相对较差。

原子荧光光谱法是借助汞、砷等相应元素的氢化物在特定波长下的荧光发射特性来完成定性定量检测,多应用于汞及汞化合物、砷及砷化合物的痕量检测中,其检出限可以达到0.0001mg/kg。在原子荧光光谱法应用中需加强氢化物发生条件的控制,避免因共存离子干扰检测结果。原子荧光光谱法的优势在于灵敏度高、选择性强且设备购买成本较低。但缺陷则在于仅能够满足特定元素的检测需求,同时也无法实现多元素同步检测,会影响检测效率<sup>[1]</sup>。

离子色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术是借助离子色谱柱完成六价铬与三价铬的分离,配合电感耦合等离子体质谱检测实现精准的定量分析,多应用于六价铬化合物形

态分析当中。在该项技术应用中需做好分离条件的控制并且科学选择色谱柱和流动相。优势在于可以更好地保障分离的精准性,提高抗干扰能力。但缺陷则在于设备采购成本较高,分析周期较长,无法满足批量样品检测的需求。

#### 3.2 有机污染物分析技术

在有机污染物分析中常用的技术包含气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)、高效液相色谱-质谱联用技术(HPLC-MS)与吹扫捕集-气相色谱-质谱联用技术(P&T-GC-MS)。气相色谱-质谱联用技术是通过气相色谱柱来完成复杂有机混合物的分离,然后借助质谱仪进行定性定量分析,在苯、三氯乙烯、四氯乙烯等挥发性有机物检测中应用可以达到较好的应用效果。在该项技术应用中需要着重关注目标物的沸点,然后对色谱柱进行选择,同时对升温程序做出适当优化,以此来发挥其分离效率高、定性准确、适用范围广的优势。但是气相色谱-质谱联用技术也存在着一定的欠缺和不足,即对热不稳定、高沸点有机物的分析效果相对较差,需通过衍生化处理进行解决。

高效液相色谱-质谱联用技术是借助高效液相色谱对极性、热不稳定的有机物进行分离,配合质谱仪检测获得准确数据,多应用于二硝基甲苯等半挥发性、高沸点有机物分析当中。在该项技术应用期间需合理选择色谱柱和电离源,并通过流动相比例的优化获得准确数据。高效液相色谱-质谱联用技术的优势在于土壤样品分析中并不需要对样品进行高温汽化,可直接分析,但缺陷则在于分离效率略低,且设施的维护成本相对较高<sup>[2]</sup>。

吹扫捕集-气相色谱-质谱联用技术是利用吹扫捕集的富集功能配合气相色谱-质谱技术分析完成挥发性有机物的一体化检测,多应用于二氯丙烷、三氯甲烷等挥发性有机物检测当中。在该项技术应用期间需抓住吹扫时间、解析温度、色谱条件等相应关键要素加强技术控制。该项技术的技术优势在于无溶剂富集,可以满足定性定量检测需求和痕量检测

需求。但对高沸点有机物富集效果较差，且很容易会出现捕集管残留污染的情况。如表2所示为土壤有害化学物质仪器

分析技术的技术原理和适用污染物，可根据实际情况来进行技术选择。

表2 土壤有害化学物质仪器分析技术对比

技术类型	核心原理	适用污染物
ICP-MS	等离子体离子化+质谱检测	镉、铅、砷等重金属
原子荧光光谱法	氢化物发生+荧光检测	汞、砷等痕量重金属
IC-ICP-MS	离子色谱分离+ICP-MS检测	六价铬化合物
GC-MS	气相色谱分离+质谱检测	苯、苯并[a]芘等有机污染物
HPLC-MS	液相色谱分离+质谱检测	二硝基甲苯等半挥发性有机物
P&T-GC-MS	吹扫捕集+GC-MS检测	二氯丙烷等挥发性有机物

#### 4 土壤有害化学物质检测的质量控制

为更好地保障土壤检测结果的准确性、真实性、可靠性，为土壤治理提供更多的帮助，还需要通过质量控制工作的开展规避检测问题，可以从样品采集阶段、实验室分析阶段两大关键阶段明确质量控制要点。

在样品采集阶段需确保样品具有代表性，能够有效反馈该地区的实际情况，可根据土壤类型和污染特征采用多点混合和分层采样的方法，控制采样深度与密度，避免单点采样偶然性过大影响检测结果。一般情况下表层土壤需取0~20cm处的土壤作为样品，亚表层土壤需取20~60cm处的样品。在样品采集期间还需要做好样品采集体量的控制，确保其能够满足后续实验分析的需求。

样品采集结束以后则进入到了样品运输与保存环节，需根据样品特性、监测需求明确样品运输与保存要求，如样品是否需要避光保存、冷藏保存、密封保存等。例如挥发性有机物样品则需要采用棕色密封瓶，保证环境温度在4℃以下进行运输。同时需要根据样品特性明确运输周期，合理规划运输路线，避免因运输周期过长导致样品理化性质发生变化。如挥发性有机物样品的保存时间不宜超过7天，因此需通过运输路线优化确保在一周内将样品送至实验室<sup>[3]</sup>。

在实验室分析阶段需要通过空白实验、平行样测定和标准物质质控来保障测定结果的准确性。空白实验可以有效消除试剂和环境对试验结果所产生的干扰，可每批次样品中设置两个以上的试剂空白。平行样品测定中需要确保相对偏

差小于10%，每10个样品中就需要设置一组平行样。标准物质回收率需要控制在80~120%的范围内，每批次样品中需要通过插入1~2个有证标准物质，及时地发现实验问题。此外，若出现复杂土壤基质干扰问题可通过处理参数的优化配合基质匹配标准溶液降低基质效应确保检测结果的准确性、真实性和可靠性。

#### 5 结语

在土壤环境监测中 Toxic 有害化学物质的检测可以为后续的土壤污染治理提供更多的帮助，可通过电热板消解法、微波消解法、碱性提取法、吹扫捕集法、加速溶剂萃取法等相应样品处理方法进行样品预处理。然后借助电感耦合等离子体质谱法、原子荧光光谱法与离子色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术进行重金属元素检测。还可借助气相色谱-质谱联用技术、高效液相色谱-质谱联用技术、吹扫捕集-气相色谱-质谱联用技术进行有机污染物检测。最后通过采样阶段及实验阶段的质量控制获得准确的信息数据。

#### 参考文献

- [1] 杨静芝. 土壤环境有机有害化学物质残留检测分析 [J]. 山西化工, 2024, 44 (08): 77-78+110.
- [2] 李平艳. 土壤环境中有害化学物质的检测及分析策略 [J]. 农村科学实验, 2024, (11): 31-33.
- [3] 孔小禹. 土壤环境中有害化学物质的检测与分析方法研究 [J]. 当代化工研究, 2023, (17): 60-62