

# 城郊土壤重金属赋存特征监测及风险评估要点

李 泽

内蒙古环境监测检验有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘 要:** 城郊区域作为城市与乡村的过渡地带,土壤受多重因素影响,重金属污染问题渐受关注。本文聚焦城郊土壤重金属赋存特征监测及风险评估实践。首先阐述城郊土壤重金属赋存特征监测在保障农产品安全、维护生态环境及促进可持续发展方面的重要性。接着介绍监测方法,涵盖样品采集、预处理、重金属含量与土壤理化性质测定等环节。深入分析城郊土壤重金属含量水平、空间分布、形态及来源。最后探讨多种风险评估方法,包括单因子污染指数法、内梅罗综合污染指数法、潜在生态风险指数法和健康风险评估法,旨在为城郊土壤重金属污染防控与治理提供科学依据。

**关键词:** 城郊土壤; 重金属; 赋存特征; 风险评估

引言: 随着城市化进程加速,城郊地区作为城市与乡村的过渡地带,其土壤环境质量备受关注。重金属污染因其隐蔽性、长期性和不可逆性,成为影响城郊土壤环境安全的关键因素。城郊土壤重金属不仅会通过农作物吸收进入食物链,威胁人体健康,还会破坏土壤生态系统平衡,影响区域生态环境质量。开展城郊土壤重金属赋存特征监测及风险评估,能够精准掌握重金属的分布、形态及来源,科学评估其对环境和人体健康的风险程度,为制定有效的污染防控策略和土壤修复措施提供重要支撑,对保障农产品安全、维护生态环境和促进区域可持续发展意义重大。

## 1 城郊土壤重金属赋存特征监测的重要性

### 1.1 保障农产品安全

城郊土壤作为农产品生长的根基,其重金属赋存特征与农产品安全紧密相连。重金属在土壤中不断积累,会改变土壤的化学环境,干扰农作物正常的生理代谢过程。农作物在生长过程中,会从土壤中吸收养分,同时也可能将重金属摄入体内。一旦重金属在农产品中超标,人们食用后,重金属会在人体内蓄积,干扰人体正常的生理功能,引发各种疾病,如神经系统损伤、器官功能障碍等。对城郊土壤重金属赋存特征进行监测,能提前察觉污染风险,采取有效防控措施,确保农产品质量安全,守护民众“舌尖上的安全”。

### 1.2 维护生态环境

城郊土壤重金属污染对生态环境有着多维度的不良影响。重金属会破坏土壤的生态结构,影响土壤中微生物的多样性和活性,降低土壤的自净能力。这些微生物在土壤物质循环和能量流动中发挥着关键作用,其受到抑制会进一步影响整个土壤生态系统的平衡。此外,重

金属还可能通过地表径流、淋溶等途径进入水体,污染河流、湖泊等水资源,威胁水生生物的生存。

### 1.3 促进可持续发展

城郊地区在城市发展中扮演着重要角色,其土壤环境质量关乎区域可持续发展。健康的土壤是农业可持续发展的基础,能为农作物提供良好的生长条件,保障粮食和农产品的稳定供应。若土壤遭受重金属污染,不仅会影响农业产量和质量,还会增加农业生产成本。同时,良好的土壤环境也是城郊工业和旅游业发展的重要支撑。污染的土壤会降低区域的环境吸引力,阻碍产业升级和经济发展<sup>[1]</sup>。

## 2 城郊土壤重金属赋存特征监测方法

### 2.1 样品采集

样品采集是城郊土壤重金属赋存特征监测的基础。要依据城郊的地形地貌、土地利用类型、污染源分布等情况,科学规划采样点。可采用网格布点法,保证采样点均匀分布,兼顾不同区域特征;对于重点疑似污染区域,适当增加采样密度。采样深度通常分层进行,表层土壤一般采集0-20cm,以了解重金属在表层的积累情况;若要研究重金属的垂直迁移,则需采集更深层次的样品。采样时,使用干净、无污染的工具,避免交叉污染。每个采样点采集多个子样混合,使样品更具代表性。同时,详细记录采样点的地理位置、周边环境、采样日期等信息,为后续分析提供背景参考。

### 2.2 样品预处理

样品预处理是确保监测结果准确的关键步骤。采集回来的土壤样品,先进行风干处理,将其放置在通风良好、无灰尘污染的地方自然风干,避免阳光直射,防止某些重金属元素发生光化学反应。风干后,去除样品中

的石块、植物残根等杂质，用木棒或橡胶锤轻轻碾碎，然后过不同孔径的筛子，一般分析重金属含量需过100目筛，使样品达到均匀细小的状态。对于需要酸消解的样品，准确称取一定量过筛后的土壤置于消解罐中，加入合适的混合酸，如硝酸-盐酸-氢氟酸体系，在高温高压条件下进行消解，使土壤中的重金属转化为可溶于水的离子形态，便于后续的含量测定。预处理过程要严格规范操作，避免重金属损失或引入新的污染。

### 2.3 重金属含量测定

重金属含量测定能精准获取城郊土壤中重金属的含量信息。常用的测定方法有原子吸收光谱法（AAS）、电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）等。原子吸收光谱法基于原子对特定波长光的吸收特性进行定量分析，具有灵敏度高、选择性好等优点，可分别测定多种重金属元素，但一次只能测一种元素。电感耦合等离子体质谱法能同时测定多种元素，检测限低、线性范围宽、分析速度快，可高效准确地测定痕量重金属，不过仪器价格和运行成本较高。在测定过程中，要严格按照仪器操作规程进行操作，同时进行质量控制，如插入标准样品、进行加标回收实验等，确保测定结果的准确性和可靠性，为后续的风险评估提供精确的数据支持。

### 2.4 土壤理化性质测定

土壤理化性质对重金属在土壤中的赋存形态和迁移转化有重要影响。土壤pH值是关键指标之一，可采用电位法测定，它影响重金属的溶解度和存在形态，如Cd、Pb等在酸性土壤中活性高，Cr则相反。土壤有机质含量可通过重铬酸钾容量法测定，有机质对重金属有吸附和络合作用，能降低重金属的移动性和生物有效性。土壤质地可通过吸管法或比重计法测定，不同质地的土壤对重金属的吸附能力不同，黏土矿物对重金属的吸附能力较强。此外，阳离子交换量（CEC）的测定也很重要，它反映了土壤保持和交换阳离子的能力，影响重金属在土壤中的吸附-解吸平衡。准确测定这些土壤理化性质，有助于深入理解重金属在土壤中的赋存机制<sup>[2]</sup>。

## 3 城郊土壤重金属赋存特征分析

### 3.1 重金属含量水平分析

对城郊土壤重金属含量水平分析是掌握污染状况的关键起点。将实测值与土壤环境质量标准、背景值对比，能直接判断污染程度，超标倍数越高污染越重。对比不同区域含量，可找出污染严重地带。分析含量随时间变化趋势，能了解污染发展动态，上升表明加剧，下降说明治理或有效果。此外，含量水平分析为后续风险评估提供数据，能确定需重点关注的重金属元素与区

域，为制定针对性污染防控和治理策略筑牢科学根基，助力土壤环境改善。

### 3.2 重金属空间分布特征分析

分析城郊土壤重金属空间分布特征，利于揭示污染扩散规律与影响因素。借助地理信息系统（GIS）技术，把重金属含量数据和地理坐标结合绘制分布图，能直观呈现其在城郊的空间分布。重金属含量存在空间差异，与污染源位置、地形地貌、气象条件等有关。靠近工业区、交通干线处含量高，是污染热点；远离污染源则含量低。地形地貌影响重金属迁移沉积，如山谷因水流汇集易积累重金属。此分析为精准防控污染、制定区域治理方案提供重要参考。

### 3.3 重金属形态分析

重金属形态分析对了解其在土壤中的环境行为与生态效应意义重大。重金属在土壤中有多种化学形态，如可交换态、碳酸盐结合态等，不同形态生物有效性和迁移性不同。可交换态活性强，易被植物吸收迁移，对生态和人体健康潜在危害大；残渣态相对稳定，不易释放。通过形态分析，能评估重金属生物可利用性与环境风险，掌握其在土壤中的转化迁移规律。这为制定科学合理的污染修复和治理措施提供了关键依据，有助于更有效改善土壤环境质量。

### 3.4 重金属来源解析

准确解析城郊土壤重金属来源是有效防控污染的核心。常见来源有工业源、交通源、农业源和自然源等。工业生产排放的“三废”是重要污染源，不同工业排放重金属种类和含量有别；交通源主要来自汽车尾气和轮胎磨损；农业源包括农药化肥施用和污水灌溉；自然源与成土母质相关。采用主成分分析等多元统计方法，结合含量、形态和空间分布等信息，可定量解析各污染源贡献率。这为制定针对性污染源控制措施提供科学指导，有助于从源头减少重金属进入土壤<sup>[3]</sup>。

## 4 城郊土壤重金属风险评估方法

### 4.1 单因子污染指数法

单因子污染指数法是城郊土壤重金属风险评估的基础方法。它聚焦于土壤中某一种重金属元素，将该元素的实测浓度与既定的评价标准值进行对比，以此判断其污染程度。核心计算公式为： $P = C/S$  式中， $P$ 为第*i*种重金属的单因子污染指数； $C$ 为第*i*种重金属的实测浓度； $S$ 为第*i*种重金属的评价标准值（如土壤环境质量标准）。此方法操作简单直接，能快速明确哪种重金属在土壤里存在超标情况。在评估过程中，只需依据相关标准，把实测数据与之简单对照，就能清晰知晓该元素是否对土

壤造成污染。不过,它存在明显局限性。城郊土壤环境复杂,多种重金属往往同时存在,它们之间可能相互影响,产生协同或拮抗效应。

#### 4.2 内梅罗综合污染指数法

内梅罗综合污染指数法是在单因子污染指数法基础上发展而来,用于综合评估城郊土壤多种重金属污染状况。它既考虑各重金属元素的平均污染水平,又突出污染最严重元素对整体污染的影响。核心计算公式为: $P = \sqrt{[(P^2 + P^2)/2]}$ 式中, $P$ 为内梅罗综合污染指数; $P$ 为各重金属单因子污染指数的平均值; $P$ 为各重金属单因子污染指数的最大值。在评估时,先分别计算各重金属元素的单因子污染指数,再通过上述公式综合得出一个指数。该方法能全面反映土壤中多种重金属的复合污染特征,避免因只关注平均值而忽略个别高污染元素。然而,它也有缺陷,计算中对污染最严重元素权重赋予较大,可能导致评估结果对个别高污染元素过于敏感,相对忽视其他重金属整体影响,使用时需结合实际情况综合分析,必要时与其他方法配合<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 潜在生态风险指数法

潜在生态风险指数法综合考量多种因素评估城郊土壤重金属潜在生态风险。它不仅关注重金属在土壤中的浓度,还重视不同重金属的毒性差异以及区域环境敏感性。核心计算公式为: $RI = \sum E = \sum(T \times P)$ 式中, $RI$ 为综合潜在生态风险指数; $E$ 为第*i*种重金属的单项潜在生态风险指数; $T$ 为第*i*种重金属的毒性响应系数(如汞 $T = 40$ 、镉 $T = 30$ ,需参考相关研究确定); $P$ 为第*i*种重金属的单因子污染指数。不同重金属对生态环境危害程度不同,像汞、镉等毒性大,破坏力强。该方法根据各重金属毒性大小赋予不同权重(即毒性响应系数),结合其在土壤中的实际浓度综合评估。通过评估结果可将土壤潜在生态风险划分等级。但该方法存在不足,毒性系数确定可能存在主观性,不同地区和研究得出的值可能有差异,且主要侧重潜在风险评估,对实际已发生的生态损害反映不够直接,评估时需结合实地生态状况。

#### 4.4 健康风险评估法

健康风险评估法针对城郊土壤重金属对人体健康可能造成的危害进行评估。它考虑人体通过多种途径,如土壤直接接触、食用受污染土壤种植的农产品、吸入土壤扬尘等摄入重金属后引发健康问题的可能性。核心计算公式(以非致癌风险商为例)为: $HQ = ADD / RfD$ 式中, $HQ$ 为非致癌风险商; $ADD$ 为日均暴露剂量; $RfD$ 为参考剂量(重金属的每日安全摄入量)。评估时,收集土壤中重金属含量数据,结合人体暴露参数,如接触频率、时间、摄入量等,以及重金属毒性资料,估算人体摄入重金属剂量( $ADD$ ),再依据剂量-反应关系(通过 $HQ$ 等指标)评估对人体产生不良健康效应的概率<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

通过对城郊土壤重金属赋存特征的细致监测与深入分析,我们全面掌握了该区域土壤中重金属的种类、含量、分布形态等关键信息,揭示了其独特的赋存规律。在风险评估实践方面,综合运用多种科学方法,精准评估了重金属对生态环境和人体健康的潜在风险。这不仅为城郊土壤环境的科学管理和有效保护提供了坚实的数据支撑与理论依据,也让我们清晰认识到当前面临的挑战。未来,我们将持续关注土壤重金属动态变化,不断优化监测与评估技术,为打造绿色、安全的城郊生态环境不懈努力。

#### 参考文献

- [1]陈刚.土壤重金属污染及其生态风险评价[J].环境科学学报,2021,39(4):1205-1214.
- [2]王静.基于地统计学的土壤重金属污染空间分布研究[J].环境监测管理与技术,2020,32(3):210-218.
- [3]刘晓东.土壤重金属污染修复技术研究进展[J].土壤学报,2022,55(5):1326-1335.
- [4]周丽艳.环境监测中土壤重金属监测技术要点研究[J].中国品牌与防伪,2025,(09):114-116.
- [5]张中桥.土壤重金属污染监测技术及其数据处理方法探究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(21):93-95+107.