

试论重金属污染土壤与地下水修复工程环境监测

秦海芝

宁波市华测检测技术有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 本文聚焦重金属污染土壤与地下水修复工程中的环境监测。分析重金属污染的来源与危害, 凸显环境监测在修复工程中的关键作用。随后, 详细阐述环境监测在修复过程中的实施方法, 包括定期采样、分析重金属含量等, 以实时监测修复效果。通过案例分析, 进一步展示环境监测在评估修复效果、优化方案方面的应用。文章总结环境监测的重要性, 并展望未来技术的发展方向和挑战。

关键词: 重金属污染; 土壤修复; 地下水修复; 环境监测

1 重金属污染现状及对土壤和地下水的危害

重金属污染, 已成为当前环境保护领域面临的一大严峻挑战。随着工业化进程的加速, 重金属如铅、汞、镉、铬等被大量排放到环境中, 对土壤和地下水造成了严重的危害。就土壤而言, 重金属污染的影响深远而持久, 重金属一旦进入土壤, 由于其不易被微生物分解的特性, 会长期积累并难以去除。这不仅改变土壤的理化性质, 破坏土壤结构, 还影响土壤微生物的活动和土壤肥力, 进而威胁到农作物的生长和品质。更为严重的是, 重金属会通过食物链进入人体, 对人类的健康造成潜在威胁, 如导致神经系统损伤、肝肾功能障碍等。重金属对地下水的污染同样不容忽视, 地下水是宝贵的淡水资源, 一旦受到重金属污染, 将严重影响其水质和可用性。重金属在地下水中难以自然降解, 且易于通过渗透、径流等方式在含水层中扩散, 造成污染范围的扩大。长期饮用受重金属污染的地下水, 可能导致人体出现各种慢性疾病, 如贫血、癌症等。重金属污染还会影响地下水的生态平衡, 破坏水生生物的生存环境。

2 环境监测在重金属污染修复工程中的重要性

环境监测在重金属污染修复工程中具有不可替代的重要性, 它是确保修复工作有效进行、保障环境安全的关键环节。第一、环境监测能够准确评估重金属污染的程度和范围, 为修复工程提供科学依据。通过对土壤、地下水等环境介质进行定期采样和分析, 可以了解污染物的种类、浓度和分布状况, 从而确定修复的重点和难点。这有助于制定针对性的修复方案, 提高修复效率, 避免盲目施工和资源浪费^[1]。第二、环境监测能够实时监测修复过程中的环境变化, 及时发现问题并采取相应措施, 在修复过程中, 污染物的迁移、转化和降解等过程都可能对周围环境产生影响。通过环境监测, 可以及时发现这些变化, 评估修复效果, 防止污染扩散和二次

污染的发生。监测数据还可以为修复方案的调整和优化提供依据, 确保修复工程顺利进行。第三、环境监测还有助于提升公众对重金属污染修复工程的信任度和参与度, 通过公开透明的环境监测数据和修复进度, 可以增强公众对修复工程的理解和信任, 提高他们参与环保工作的积极性。环境监测也有助于政府部门加强监管和决策, 确保修复工程符合环保法规和政策要求。

3 重金属污染土壤修复技术及其环境监测

3.1 化学修复技术

化学修复技术主要是通过向土壤中添加化学试剂, 使重金属发生沉淀、螯合或氧化还原反应, 从而降低其生物有效性和迁移性。这种方法在处理重金属污染土壤时具有灵活性和高效性。沉淀法是利用某些化学物质与重金属离子反应生成难溶沉淀物, 从而将其从土壤中去。常用的沉淀剂包括石灰、磷酸盐等。这种方法操作简单, 成本较低, 但可能会改变土壤的酸碱度和肥力, 影响植物的生长。螯合法则是利用螯合剂与重金属离子形成稳定的螯合物, 减少重金属在土壤中的迁移性和生物有效性。常见的螯合剂有有机酸、氨基酸等。这种方法能够显著降低重金属对环境的危害, 但螯合剂的选择和使用量需要严格控制, 以避免对土壤造成新的污染。氧化还原法则是通过改变土壤中的氧化还原条件, 使重金属发生价态变化, 从而改变其毒性和迁移性。例如, 通过添加还原剂将高价态的重金属还原为低价态, 降低其毒性。这种方法对处理某些特定类型的重金属污染具有较好的效果, 但操作过程较为复杂, 且可能产生有害气体。在化学修复技术的应用中, 环境监测同样具有重要意义。通过监测土壤中重金属的形态、价态和迁移性变化, 可以评估修复效果并优化修复方案^[2]。

3.2 生物修复技术

生物修复技术是利用微生物、植物或动物等生物体

的代谢活动来降低或去除土壤中的重金属污染。这种方法具有环保、可持续和成本较低的优点，近年来在重金属污染土壤修复领域得到了广泛关注和应用。微生物修复是利用微生物对重金属的吸附、转化或降解作用来去除土壤中的重金属。某些微生物能够产生特殊的酶或代谢产物，与重金属发生络合或氧化还原反应，从而降低其毒性。微生物还可以通过改变土壤理化性质，影响重金属的迁移和转化过程。植物修复则是利用植物对重金属的吸收、积累或转化能力来修复污染土壤。一些特殊的植物种类，如超富集植物，能够大量吸收土壤中的重金属并储存在其体内，从而达到去除重金属的目的。植物根系还能分泌一些有机物质，与重金属形成络合物，降低其生物有效性。动物修复则是利用土壤中的动物（如蚯蚓、线虫等）对重金属进行吸收和转化。这些动物通过摄食和代谢活动，能够改变重金属在土壤中的分布和形态，从而减轻其对环境的危害。在生物修复技术的应用过程中，环境监测同样发挥着至关重要的作用，通过对修复过程中土壤生物群落结构、功能以及重金属含量和形态的变化进行监测，可以评估修复效果并优化修复方案。环境监测还可以帮助发现生物修复过程中可能出现的问题，如生物种群失衡、重金属二次释放等，从而采取相应的措施进行防范和治理。

3.3 修复监测指标选取

在重金属污染土壤修复的过程中，对土壤pH值和有机质等关键参数的监测是一项至关重要的任务。第一，土壤pH值是决定重金属存在形态和生物有效性的关键因素。重金属在土壤中的溶解度、迁移性和生物可利用性都受到土壤pH值的强烈影响。例如，当土壤pH值较低时，某些重金属如铅、镉等可能以更加可溶的离子形态存在，增加了它们进入地下水或食物链的风险。因此，通过定期监测土壤pH值，可以及时了解土壤酸碱环境的变化，从而判断重金属的释放风险。第二，土壤有机质是土壤中最重要的重要组成部分之一，对重金属具有极强的吸附能力。有机质通过与重金属离子形成络合物或沉淀物，将重金属固定在土壤中，减少其迁移性和生物可利用性。监测土壤有机质的含量变化，可以评估重金属与有机物之间的相互作用及其对重金属迁移转化的影响。同时，有机质的变化也能够反映土壤生物活动的情况，为评估土壤修复过程中微生物修复的效果提供依据。因此，在重金属污染土壤修复过程中，对土壤pH值和有机质等参数的持续监测至关重要。通过综合分析这些监测数据，可以更加准确地评估修复效果，发现潜在的环境风险，并采取相应的措施加以应对。

4 重金属污染地下水修复工程及其环境监测

4.1 抽水-处理技术

抽水-处理技术是一种直接有效的地下水重金属污染修复方法。其核心思想是通过抽取受污染的地下水，将其输送到处理设施进行净化处理，然后再将处理后的水回灌到地下含水层中，或者用于其他合适的用途。这种方法可以快速降低地下水中的重金属浓度，减轻对环境和人体的危害。在实施抽水-处理技术时，需要确定污染范围和污染程度，以便合理布置抽水井和处理设施。通过持续抽水，将受污染的地下水引出，并经过物理、化学或生物处理手段去除其中的重金属。这些处理手段可能包括沉淀、过滤、吸附、离子交换等，具体选择取决于污染物的种类和浓度。处理后的水经过严格检测，确保达到相关水质标准后，方可回灌或利用。抽水-处理技术也存在一些局限性。例如，对于大范围或深层次的污染，抽水效果可能受到限制，且处理成本可能较高。如果处理不当或回灌水质不符合要求，还可能对地下含水层造成二次污染。在应用该技术时，需要综合考虑多种因素，制定科学合理的修复方案^[3]。

4.2 原地修复技术

原地修复技术是指在不改变地下水自然流动状态的情况下，通过向地下含水层中添加特定的修复剂或利用自然生物过程来去除或固定重金属污染物。这种方法具有成本低、操作简便等优点，特别适用于污染范围较小或污染程度较轻的场地。常见的原地修复技术包括化学修复和生物修复。化学修复主要是通过添加化学试剂，如沉淀剂、螯合剂等，使重金属发生沉淀或螯合反应，从而降低其迁移性和生物有效性。生物修复则是利用微生物的代谢活动来去除或转化重金属，如通过生物吸附、生物降解等过程来降低重金属浓度。原地修复技术的成功应用关键在于选择合适的修复剂和修复方法，以及确保修复过程中的环境安全和效果稳定性。由于修复过程相对缓慢，需要长时间持续监测和评估修复效果。在实施原地修复技术时，环境监测同样不可或缺。通过对地下水中的重金属浓度、水质参数以及生物群落结构等进行定期监测，可以及时了解修复效果和环境变化。此外，对于修复剂的添加量和使用频率等关键参数也需要进行严格控制和监测，以确保修复过程的安全性和有效性。

5 重金属污染土壤与地下水修复工程中的环境监测案例分析

5.1 污染土壤环境监测案例分析

某工业区域因长期排放含重金属废水，导致周边土

壤遭受严重污染。为了有效修复这片污染土壤，当地环保部门决定实施一系列修复工程，并在整个过程中进行严格的环境监测。修复工程开始前，环保部门对污染土壤进行全面的调查和采样。通过采集不同深度和位置的土壤样本，并对其中的重金属含量、种类和形态进行分析，初步确定污染程度和范围。这为后续的修复方案制定提供重要依据。在修复过程中，环保部门采用物理修复和化学修复相结合的方法。物理修复主要包括土壤换土和电动修复，而化学修复则利用了沉淀和氧化还原等反应来降低土壤中的重金属含量。在整个修复过程中，环境监测人员定期对修复区域进行采样和检测，以监测重金属含量的变化。监测结果显示，经过一段时间的修复工程，土壤中的重金属含量得到明显降低，特别是在采用化学修复的区域，重金属的形态和价态也发生显著变化，降低其生物有效性和迁移性。这表明修复工程取得显著成效。通过此次案例分析，可以看到环境监测在污染土壤修复工程中的重要性。它不仅能够帮助我们准确了解污染程度和范围，为修复方案制定提供科学依据，还能够实时监测修复过程中的环境变化，评估修复效果，确保修复工作的顺利进行。

5.2 污染地下水环境监测案例分析

另一地区因历史原因，地下水受到了重金属的严重污染。为了保障当地居民的饮水安全，当地政府决定启动地下水修复工程，并同步开展环境监测工作。在修复工程开始前，环境监测部门对受污染区域进行详细的地下水水质调查。通过采集不同深度的水样，并对其中的重金属种类、浓度和迁移性进行分析，确定了污染物的分布和扩散情况^[4]。这为后续的修复工作提供关键数据支持。在修复过程中，环境监测部门采用了抽水-处理技术和原地修复技术相结合的方式，通过抽水将受污染的地下水引出，经过一系列物理、化学和生物处理手段去除其中的重金属，然后再将处理后的水回灌到地下含水层中。在污染较为严重的区域，还采用了添加修复剂的原地修复方法，通过生物或化学作用降低重金属的迁移性和生物有效性。在修复工程进行期间，环境监测部门对处理前后的地下水水质进行持续监测。监测数据显示，

经过修复处理后的地下水，重金属含量明显降低，水质得到了显著改善。这表明修复工程取得了明显成效，有效降低了重金属对地下水环境的危害。通过此次案例分析，可以看到环境监测在污染地下水修复工程中的关键作用。它不仅能够帮助我们准确掌握污染状况，为修复方案制定提供科学依据，还能够实时监测修复过程中的水质变化，评估修复效果，确保修复工作的有效性。

5.3 监测数据对修复效果的评估

在上述两个案例中，环境监测数据为修复效果的评估提供了重要依据。通过对修复过程中和修复后的土壤和地下水进行定期采样和检测，我们可以清晰地看到重金属含量的变化趋势和修复效果。在土壤修复工程中，监测数据显示重金属含量在修复后明显降低，表明修复措施取得了显著成效。通过分析重金属的形态和价态变化，还可以进一步了解修复机制，为今后的修复工作提供经验借鉴。在地下水修复工程中，监测数据同样显示了修复效果的明显改善。处理后的地下水重金属含量大幅降低，水质得到了显著提升，满足了相关标准和居民的饮水需求。

结束语

综上所述，环境监测在重金属污染修复工程中至关重要。它提供了科学依据，实时评估修复效果，确保工程安全有效。随着技术不断进步，我们将能实施更精准、高效的修复措施，保护生态和人类健康。也需面对诸多挑战，如提高监测精度、降低成本等。未来需加大科研投入，推动技术创新，以更好地应对环境问题。

参考文献

- [1] 缪晓伟.土壤重金属污染治理与修复方法[J].资源节约与环保,2020(11):107-108.
- [2] 黄昕.土壤重金属污染治理与修复方法研究进展[J].清洗世界,2019,35(12):33-35.
- [3] 沈明霞,李道进.浅谈污染场地土壤及地下水修复工程施工监理[J].资源节约与环保,2016(08):176.
- [4] 李强.农用地土壤污染治理与修复成效评估的方法及实证研究[J].化工管理,2020(16):69-71.