

不同治理技术对重金属污染土壤修复效果的比较分析

陈正炫

贵州星硕铭越环保科技有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i4.2647

[摘要] 重金属污染土壤的治理已成为全球环境保护与可持续发展中的重要课题。本研究聚焦于不同治理技术在修复重金属污染土壤方面的效果差异,对比分析了化学治理、生物治理和物理治理三种常用技术的特性及其应用效果。通过实际应用数据的汇总与技术原理的梳理,研究发现:化学治理技术能够快速降低土壤中重金属污染物的活性,但可能带来的次生污染风险需要进一步控制;生物治理技术具有生态友好和高效吸收的优势,但受制于修复周期较长及易受环境因子影响的局限;物理治理技术则以精准隔离或去除重金属为主,适用于较高浓度污染区域,但成本较高且修复面积有限。各技术之间差异显著,适用条件各异,研究结果强调了因地制宜选择治理技术的重要性,并指出联合技术应用可能成为未来提升修复效率的有效路径。本研究为重金属污染土壤治理技术的优化与创新提供了科学依据,并为相关政策制定与修复工程实践提供指导。

[关键词] 重金属污染; 土壤修复; 化学治理; 生物治理; 物理治理

中图分类号: Q938.1+3 文献标识码: A

Comparative analysis of remediation effects of different treatment technologies on heavy metal contaminated soil

Zhengxuan Chen

Guizhou Xingshuo Mingyue Environmental Protection Technology Co., Ltd

[Abstract] The treatment of heavy metal contaminated soil has become an important issue in global environmental protection and sustainable development. This study focuses on the differences in the effectiveness of different remediation techniques in repairing heavy metal contaminated soil, and compares and analyzes the characteristics and application effects of three commonly used techniques: chemical remediation, biological remediation, and physical remediation. Through the summary of practical application data and the sorting of technical principles, it was found that chemical treatment technology can quickly reduce the activity of heavy metal pollutants in soil, but the potential risk of secondary pollution needs to be further controlled; Biological governance technology has the advantages of ecological friendliness and efficient absorption, but is limited by the long restoration cycle and susceptibility to environmental factors; Physical remediation technology mainly focuses on precise isolation or removal of heavy metals, which is suitable for areas with high concentrations of pollution, but the cost is high and the remediation area is limited. The differences between various technologies are significant, and the applicable conditions vary. The research results emphasize the importance of selecting governance technologies according to local conditions, and point out that the application of joint technologies may become an effective path to improve repair efficiency in the future. This study provides a scientific basis for the optimization and innovation of heavy metal contaminated soil treatment technology, and provides guidance for the formulation of relevant policies and the practice of remediation projects.

[Key words] heavy metal pollution; Soil remediation; Chemical governance; Biological governance; Physical governance

引言

工业化和城市化加速,重金属污染成全球土壤环境难题,20%

农业土壤受污染,镉、铅、汞污染尤为严重。重金属分解难、具

有生物累积性和毒性,威胁生态系统、农业生产和人类健康。当

前治理技术主要有化学、生物、物理三类。化学治理通过添加药剂调整重金属形态,应用广;生物治理利用植物或微生物摄取污染物,生态友好且成效佳;物理治理则隔离或消除污染物质,适用于高污染浓度区域。不过,治理效果受土壤特性、污染程度和经济成本制约,差异大。需分析技术特点与效果,因地制宜确定修复策略。研究还应探索技术结合潜力,提升治理效能。本文旨在对比三种技术优缺点,研究创新方案,为技术创新、政策制定和工程实践提供参考,推动全球环保与可持续发展。

1 重金属污染土壤的现状与治理技术概述

1.1 重金属污染土壤的形成与危害

重金属污染土壤的形成一般是由于工业活动、农业施肥、矿业开采、污水排放等人类活动引起。使得大量重金属元素渗入土壤,包括铅、镉、汞、砷等,因此造成环境污染问题。重金属在土壤中拥有持久性,很难遭微生物分解,易于经由食物链积累,对生态系统和人类健康带来长时间威胁。重金属在土壤中能够更改土壤的理化性质,干扰土壤生物的多样性和功能,导致土壤肥力降低。污染土壤中的重金属经由地下水和地表径流传播,更进一步恶化了水体污染。人体触及或者吸入含有重金属的土壤或者农作物之后,或许导致严峻健康问题,例如神经系统损伤、肾功能衰竭以及乃至癌症。

1.2 当前主流治理技术的分类与特点

当前用来治理重金属污染土壤的主流技术能分成化学、生物和物理三类。化学治理技术借助化学剂的加入,更改土壤中重金属的化学形式或活性,拥有迅速缓解污染的特点。该技术或许引起次生污染,需整体治理措施施以调控。生物治理技术运用微生物、植物等生物体的吸纳、转换能力,自环境亲和的角度减少土壤重金属的浓度,相比化学方法,其治理周期更长并且容易受到外部环境因素干扰。物理治理技术包含土壤洗涤、固化与稳定等过程,借助机械手段精确分离或者降低重金属浓度,适合于浓度较高的污染场景,虽然拥有精确性,然而其执行成本较高并且治理面积受限。

1.3 土壤修复技术研究的挑战与发展趋势

土壤修复技术研究遇到很多困难,需协调整治效率和成本,技术需调整以适应不同多种污染特点和土壤种类。当前技术必须有效消除重金属并维持土壤环境功能来实施改善。修复过程产生的次生风险管理与持续稳定性测试是必须急需解决的问题。可持续发展需求促进全新第三代整治技术创新,采用智能监测和精准调节系统。

2 化学治理技术的特点与应用效果

2.1 化学技术的作用机理与修复机制

化学治理技术处于重金属污染土壤修复中,用更改土壤中金属离子的化学状态和活性作为核心,经由加入化学试剂以达成金属离子的沉淀、络合和固定。酸碱调节剂、沉淀剂和络合剂为常用的化学修复材料,能调整土壤酸碱度或者生成难溶性化合物,把重金属转化为稳定形式,减少其移动性和生物可利用性。该技术的修复机制主要包含两个方面,一是经由沉淀反应,

令重金属生成不溶性盐类,降低其溶解度。二是经由络合反应,把金属离子和有机螯合剂整合,稳固在土壤中,降低其遭植物摄取或伴随水转移的风险。处于实际利用中,化学治理拥有实施简单、生效迅速的特点,适合于多个重金属污染的场景。

2.2 化学治理的适用范围与优势分析

化学治理技术在重金属污染土壤修复中具有明显的优势,其适用范围包括多种污染物类型和不同土壤。化学治理通过添加化学试剂能快速减少土壤中重金属的活性,降低其的迁移性和生物可利用的性的该技术尤其在高污染浓度区域的区域非常高效,可以实现治理目标的化学方法的操控,适用于广泛的应用,快速能够污染土壤的基本性质的化学治理的优势不只的局的能力,亦体现在其广泛的适用范围,包括了从轻度到重度的土壤污染化学治理过程期间,选用适宜的药剂可以降低重金属的活性,保持土壤结构的稳定性的化学治理技术于土壤的重金属污染修复中拥有独特的应用优势。

2.3 次生污染风险及其控制方法

化学治理技术于整治重金属污染土壤期间可能造成的次生污染风险主要涵盖药剂残留和土壤物化性质的变化。药剂在土壤中的残留会干扰土壤的生物活性和结构稳定性,从而影响周边生态系统。调控方法包含挑选低危害药剂、改进施加量和频率、并且整合监测与评估系统。执行整体治理策略,如协同运用化学与生物技术,能减少次生污染的出现概率而且提升土壤生态恢复能力,给化学治理技术的无害应用提供保障。

3 生物治理技术的生态适应性与效能评估

3.1 生物治理技术的核心原理与策略

生物治理技术通过生物吸附、植物修复及微生物降解等策略,在重金属污染土壤治理中成效显著。其核心原理是利用植物和微生物的自然生长繁殖能力,吸纳、转变或稳定土壤中的重金属,降低其生物有效性与环境风险。植物修复依赖超积累植物,通过根系吸收并在地上部分积累重金属,减少土壤污染。微生物治理则借助菌株代谢特性,将重金属转化为稳定形态或通过沉淀作用稳定。实际应用中,需根据土壤和环境条件挑选适配的植物与菌株,以提升修复效率。

3.2 生态友好特性及对环境因子的适应性

生物科技于生态治理技术于生态友好性方面展现显著,其关键在于其依靠自然生物体,减少土壤中的重金属。这种技术借助植物富集、微生物降解和动物聚集等,减少对土壤生态系统的毒性。因为这些方法非输入外来化学物质,因此防止了次生污染,保持了土壤的自然状态。生物技术对于环境因子的适应能力好,能够于不同的土壤类型和气候条件下高效运行。其修复效果或许受重金属浓度、pH值、温度等环境因子的影响,需于具体应用中统筹考量这些因素,以改善修复效果。

3.3 修复周期与长期稳定性的讨论

生物治理技术在修复土壤中的应用拥有周期比较久的特性,这主要受制于植被生长速度和微生物活动效率的影响。虽然修复过程稍迟缓,生物修复可以在生态系统内达成持久稳固的正

面效果。这种技术借助自然界自行调整机制,对于重金属的吸收与分解达成可维持治理。生物修复的持久稳固性受限于环境因子的制约,例如气候变化、水分含量及土壤酸碱度等等,调整这些变化对确保修复效果的持久性极为关键。

4 物理治理技术的精准性与可操作性探讨

4.1 物理技术的隔离与去除机制

物理治理技术在重金属污染土壤修复中发挥关键作用,核心机制是通过工程措施实现污染物的隔离与分离。层面隔离常用稳定化固化法,使重金属形成难溶性矿物或化合物,降低其环境迁移性,适用于污染浓度高、需紧急抑制重金属排放的区域。层面分离则主要依靠土壤冲洗和电动修复等方法。土壤冲洗利用化学药剂或水流溶出并抽取重金属;电动修复借助电场使重金属离子转移至电极区域聚集分离。这些技术高效精准,能显著降低土壤重金属浓度,但成本高、设备需求大,适用于污染严重但范围较小的土壤。

4.2 技术应用中的成本效益比较

物理治理技术处理重金属污染土壤时,分离和消除污染物,成本和收益需要谨慎思考。使用方法采用繁琐设备,操作成本昂贵,例如重金属含量高区域挖掘土壤、替换土壤或固化土壤,虽然能够消除污染,设备购买、维护和运行费用不可忽略。修复面积限制多,只有小范围污染地块适用。技术短期效果突出,成本昂贵、操作范围小,大面积污染场地不适用。实际应用场景,衡量技术优点和成本,思考结合其他治理技术,获得更好修复效果。

4.3 物理治理技术的局限性及未来优化方向

物理治理技术处于重金属污染土壤修复中由于它的精准隔离和清除能力赢得关注,然而它的局限性明显。主要体现是成本较昂贵,制约大面积应用。修复过程中所需的设备和技术复杂性提升作业难度。物理技术或许不能完全清除所有重金属,具有隐性的持久环境风险。未来优化方向或许包含提升材料和设备的经济性,研制更加高效率的隔离材料,和同化学或生物治理技术的协同应用,以达成更加完备的修复效果。

5 综合讨论与技术应用的未来方向

5.1 不同技术的优劣对比与适用场景

选择重金属污染土壤的修复技术时,需统筹评估每种技术的优劣以及适用场景。化学治理技术用迅速减少土壤之中重金属污染物活性作为它的明显优势,适宜短时之内需明显效果的场合,其造成的次生污染风险需慎重使用。生物治理技术突出环境亲和特性,借助植株或微生物的吸收达成修复,适合环境敏感区域并且更加契合可持续发展的理念,然而修复周期较久和容易受到环境影响为其局限所在。物理治理技术的精确阻隔和清除能力令其适宜应对高强浓度污染区域,其局限体现于偏高成本和受限的修复面积。不同技术应用必须科学合理地结合污染程度、地质条件和生态要求挑选适宜方法,完成土壤修复既合理又节约成本。

5.2 联合技术模式提升修复效率的潜力

提高重金属污染土壤整治效率的期间,协同技术模式显示出明显潜力。化学、生物和物理治理技术各有优势,经由整合使用能构成互补效应,达成高效率、可持久的整治。化学技术能快速减弱污染物活性,给生物技术的高效率吸收营造合适条件,便可以缓解化学处理造成的二次污染风险。物理技术的精确消除或者分离功能,利于在高污染浓度区域达成短期有效调控,并且辅助其余技术在低浓度环境中的长时间发挥作用。不但增强了治理效果,也减少了单一技术使用中的局限性以及成本负担,给政策制定与实际工程延长新的解决方案。

5.3 对政策与工程实践的建议

重金属污染土壤的修复任务必须依靠政府政策的帮助,同时要求工程实践方面的团队合作奋斗。比如在制定政策时,要清楚说明各种治理技术的使用范围,鼓励技术上的新突破,寻找更多实用办法,探索如何把各种应用策略整合起来并进行推广。加大修复工程的规范化管理力度,保证每一项措施都能落实到位,避免敷衍塞责的情况发生。资金补贴和技术研发的投入需要结合起来,激发技术研发工作的改进和升级,争取攻克技术难题。建立一个完整的公众参与体系,让社区居民更明白污染修复工作的意义,激发参与的积极性,增强责任感。

6 结束语

本次研究分析了化学、生物、物理治理技术处理重金属污染土壤的效果,指出其优缺点及实际使用限制。化学治理能降低重金属活性危害,但可能带来额外污染;生物治理对环境伤害小、效果佳,却受外界环境条件和所需时间限制;物理治理效果好但成本高、适用场景有限。研究强调,选择治理技术应因地制宜,依据当地实际情况和治理目标合理规划。建议未来优化治理技术参数与组合方式,搭建合作机制提升治理效率;加强环境评估与成本效益分析,实现标准化管理并控制生态风险;通过多学科联合研发创新治理技术,推动政策完善与工程可持续发展,构建高效完整的土壤治理体系,为全球土壤环境保护与可持续发展提供科学依据和实用支持。

【参考文献】

- [1] 赵俊龙.土壤重金属污染治理和生态修复[J].区域治理,2021,(28):76-77.
- [2] 邓娟冯婧.土壤重金属污染治理修复技术探讨[J].资源节约与环保,2020,(08):93.
- [3] 刘彦宏.重金属污染土壤植物修复治理技术[J].环境与发展,2020,32(10):85.
- [4] 熊从洲.土壤重金属污染治理修复技术[J].数字农业与智能农机,2023,(03):31-33.
- [5] 王琦.基于重金属污染土壤修复治理技术现状分析[J].区域治理,2020,(17):0146.

作者简介:

陈正炫(1995--),女,汉族,贵州贵阳人,本科,助理工程师,研究方向:土壤污染防治、土壤重金属防控及治理。