

金属进入土壤和地表水体；六是矿业活动与重金属污染。矿业活动可能会对周边土壤和地下水造成重金属污染。例如，矿山开采过程中，矿石中的重金属可能进入地表水和土壤，进而导致污染。此外，矿业废弃物的堆放和处置过程中，也可能产生重金属污染。此外，土壤重金属污染原因还与相关部门监管不利密切相关。比如土壤重金属污染相关的法律法规不完善。虽然有一些针对性的法律法规，但在执行和监管方面仍需进一步完善，以确保有效治理重金属污染。在重金属污染治理中，责任主体不明确，导致监管难度加大。污染者往往不能承担应有的法律责任，而监管部门的职责也难以落实到位。监管力量薄弱，尤其是在基层和边远地区。监管力量不足、人员素质不高、监管设施不完善等问题，使得污染治理效果受到影响。我国重金属污染治理技术相对滞后，缺乏高效、经济、环保的治理技术。此外，重金属污染的监管涉及多个部门和领域，需要实现信息共享和协调。但是，目前的信息共享与协调机制仍然不完善，导致监管工作效率低下，治理效果不佳。加上公众在重金属污染治理过程中的参与度较低，这可能导致信息不对称、公众需求难以满足等问题。此外，公众对重金属污染的危害认识不足，也使得治理工作难以得到广泛支持^[2]。

二、重金属污染土壤修复技术及其修复实践

2.1 生物修复技术

生物修复技术主要是利用生物的趋光性和趋温性来实现重金属污染物的降解与固定。对于土壤中存在的重金属污染物，可以利用植物、微生物等生物来对其进行降解和固定。这一修复技术是由美国的一位土壤修复专家提出的，这项技术目前在世界上已经得到了广泛应用。但是由于我国的土壤类型多样，因此，要想采用该技术来对重金属污染土壤进行修复，还需要将其进行适当的改造。

2.1.1 生物吸附与富集

生物吸附与富集是利用某些生物体对重金属的特殊亲和力，将重金属从土壤、水体等污染源中吸附并富集到生物体内。常用的吸附剂有细菌、真菌、藻类等，富集剂有生物膜、生物吸附剂等。例如，铜绿假单胞菌和胶质芽孢杆菌能够有效吸附和富集重金属。

2.1.2 生物降解

生物降解是利用微生物将重金属降解为无机物质或低毒化合物的过程。常见的重金属生物降解菌包括细菌、真菌和藻类。如微生物可以通过硫酸盐还原菌将重金属（如铅、锌、铜、镉等）还原为金属离子，然后通过其他生物（如硫酸盐还原菌、细菌、真菌等）进行生物氧化，最终将重金属

转化为低毒的化合物。

2.1.3 联合生物修复

联合生物修复是指将生物吸附与富集、生物降解等两种或多种生物修复技术相结合，以提高修复效率。例如，在对铅污染土壤进行修复时，可采用硫化细菌和硫酸盐还原菌联合修复，使铅离子被还原为硫化铅，然后通过细菌的生物降解作用将硫化铅降解为无害的硫酸盐。

2.1.4 植物修复

植物修复是利用植物对重金属的吸收、富集和代谢能力，将土壤、水体等污染源中的重金属吸收到植物体内，然后通过植物的凋落、生长、收获等过程将重金属转移到植物地上部分，最终将重金属从土壤中移除。常见的植物修复技术包括植物富集^[3-4]。

2.2 化学氧化修复法

化学氧化修复法是通过向土壤中加入氧化剂来对重金属进行氧化，从而降低土壤中重金属的毒性。通常情况下，氧化剂主要有过氧化氢、臭氧、过氧化氢以及过氧自由基等。在重金属污染土壤的修复过程中，由于氧化作用的存在，使得污染物中的重金属能够发生反应，从而减少它们对环境造成的危害。因此，在化学氧化修复法的应用过程中，通常是以氧化剂为催化剂来降低污染物中的重金属含量。其中过氧化氢能够起到还原作用，从而降低土壤中重金属含量；臭氧则能够将土壤中的某些重金属元素氧化成无害的物质，从而降低重金属对人体造成的危害；过氧自由基则能够将重金属元素氧化成无害物质。一般来说，采用这种方法来进行修复时，需要消耗大量的氧气，所以在实际应用过程中还存在一定的局限性。

2.3 电动修复法

电动修复法是指通过施加一定的电流，使得土壤中的重金属离子在电场的作用下发生定向移动，从而达到修复重金属污染土壤的目的。在电动修复法中，可以利用的电极主要有阴极和阳极两种，其中，阴极主要是指锌、镉、铅等金属离子，阳极主要是指铜、铁等金属离子。而在实际应用中，由于阴极与阳极之间存在着电场，因此，在施加电场之后就会导致土壤中重金属离子出现定向移动的现象。通过这样的方式来实现对重金属污染土壤进行修复的目的。例如在修复某一地区重金属污染土壤的过程中，通过施加电流后，土壤中重金属离子会向阳极移动。此外，由于阳极与阴极之间存在着电场，因此，当施加电流后就会导致阳极上产生电动势。在这样的作用下，重金属离子就会被阳极吸附到阳极上。电动修复法在土壤重金属污染修复中具有重要应用价值。该方

法能够有效地降低土壤中重金属的浓度,提高土壤质量,减少对环境 and 人类健康的潜在危害。电动修复法在土壤重金属污染中的应用具体表现在以下方面。

一是电动修复法可以有效去除污染物。此种修复技术可通过施加直流电压将土壤中的重金属离子还原为金属单质,然后通过沉淀或气浮等方法将金属沉积下来,从而实现土壤中重金属的去除。例如,在修复铅污染土壤时,可将硝酸铅作为电解质,施加直流电压,将铅还原为金属铅,并将其沉积在土壤表面,从而实现铅的去除。

二是电动修复法可以有效降低土壤 pH 值。此种修复技术产生的电流可使土壤中的有机质氧化分解,促进土壤酸化。酸化的土壤有利于重金属的溶解和迁移,提高重金属的修复效率。例如,在修复含镉土壤时,可通过施加直流电压使土壤酸化,提高镉的溶解度,加速其迁移和转化。

三是电动修复法可以显著提高土壤微生物活性。此种修复技术产生的电流可以促进土壤微生物的生长和繁殖,从而提高土壤生物活性。微生物在土壤修复过程中发挥着重要作用,可通过生物吸附、生物降解等途径降低土壤中的重金属浓度。

四是电动修复法与其他修复方法联合使用,比如与生物修复、化学修复等方法相结合,可以提高土壤重金属污染修复效果。例如,在修复含镉污染土壤时,可采用 ECRM 技术降低镉的浓度,然后结合植物修复技术,通过植物的吸收、富集和转化作用,将镉从土壤中移除。土壤重金属污染修复中采用电动修复法具有重要应用价值。通过电动修复法,可以有效地降低土壤中重金属的浓度,提高土壤质量,减少对环境 and 人类健康的潜在危害^[5-6]。

三、全面落实土壤重金属污染监管的措施分析

3.1 完善法律法规体系

制定和完善针对土壤重金属污染防治的法律法规,明确土壤污染防治的基本原则、防治对象、防治责任、管理制度、监测评估、风险管理、信息公开、处罚标准等。同时,加强与其他环境保护法律法规的衔接,形成完整的土壤污染防治法律法规体系。

3.2 实施科技创新

加强土壤重金属污染治理技术研究,推动技术创新和转化应用,提高土壤污染治理效率。例如,加大对生物修复、化学修复等技术的研发投入,提高其在土壤重金属污染治理中的应用效果。

3.3 提高公众参与度

加强土壤重金属污染防治宣传教育,提高公众对土壤污染防治工作的认识和重视程度。同时,鼓励公众参与土壤污染防治工作,形成全社会共同关注、共同参与的良好氛围。

3.4 强化政策支持与保障

制定和完善土壤重金属污染防治的财政、税收、金融等政策,为土壤污染防治工作提供资金支持和保障。同时,加大对土壤污染防治技术研究、产业化和应用的扶持力度,推动土壤污染防治工作的可持续发展。

3.5 完善信息管理与共享机制

建立健全土壤重金属污染信息的收集、整理、分析和共享机制,实现各部门之间的信息共享和协同监管。加强对土壤污染数据的整合与分析,为政府决策和社会公众提供有效的信息服务^[7-8]。

四、结语

综上所述,在我国工业化发展速度不断加快的背景下,土壤重金属污染程度也越来越严重。全面落实土壤重金属污染治理是相关部门非常关注的问题。重金属污染土壤修复技术较多,采取合适的修复技术可以减轻土壤重金属污染。此外,在落实土壤重金属修复的过程中加大监管力度,调动起社会公众的积极参与意识,也可以高效解决土壤重金属污染。以上就是本文对重金属污染土壤修复技术相关内容的分析,希望对该方面研究有一定帮助。

参考文献:

- [1]张益硕,周仲魁,杨顺景,等.重金属污染土壤修复原理与技术[J].有色金属(冶炼部分),2022(10):124-134.
- [2]李旭,晁赢,阎祥慧,等.植物修复技术治理农田土壤重金属污染的研究进展[J].河南农业科学,2022,51(12):10-18.
- [3]柴凤兰,张帆,吕颖捷.重金属污染土壤生物修复技术研究进展[J].安徽农业科学,2022,50(20):9-11,17.
- [4]简彦涛,齐劭乾,靳潇锐,等.国内重金属污染土壤修复技术研究进展[J].中国金属通报,2022(5):176-178.
- [5]肖满.重金属污染土壤的修复技术与措施[J].皮革制作与环保科技,2022,3(11):118-120.
- [6]于德义.某地块重金属污染土壤范围划定及其修复技术筛选[J].皮革制作与环保科技,2022,3(24):138-140.
- [7]刘瑞凡.重金属污染土壤修复技术及其修复实践探讨[J].大众标准化,2022(19):52-54.
- [8]张春鑫,魏勇,钟卫红,等.贵州重金属污染土壤修复技术的研究进展[J].资源节约与环保,2022(10):89-92.