

Research on Remediation Strategy of Lead-zinc Contaminated Soil

Pingting Fu^{1,2}

1. Chongqing Academy of Ecological and Environmental Sciences (Southwest Branch, Chinese Academy of Environmental Sciences), Chongqing, 401147, China

2. Chongqing Huitian Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400084, China

Abstract

Under the situation that the level of urban economic development in our country is constantly improving, environmental pollution problems are also becoming more and more serious. In particular, the pollution of heavy metals such as lead and zinc to the soil environment not only destroys the ecological balance of the soil environment, but also threatens the health of the population. Compared with other pollution problems, the remediation of soil pollution is more difficult, the remediation cost is higher, and the application requirements of technical methods are more stringent. Starting from the sources and hazards of lead-zinc contaminated soil, this paper analyzed several of the most commonly used remediation and treatment techniques for lead-zinc contaminated soil, and proposed strategies to strengthen soil remediation and treatment effects, aiming at restoring the original appearance of contaminated soil with the help of scientific and reasonable technical measures, and promoting the coordinated development of urban economy, natural environment and human beings.

Keywords

lead and zinc; soil pollution; remediation

铅锌污染土壤修复治理策略研究

付娉婷^{1,2}

1. 重庆市生态环境科学研究院（中国环境科学研究院西南分院），中国·重庆 401147

2. 重庆汇天环保工程有限公司，中国·重庆 400084

摘要

在中国城市经济发展水平不断提高的形势下，环境污染问题也越来越严重。尤其是铅锌等重金属物质对土壤环境的污染，不仅对土壤环境的生态平衡产生了破坏，还对人群健康产生了威胁。与其他污染问题相比，土壤污染问题的修复治理难度更大，修复治理成本更高，对于技术的应用要求也更为苛刻。论文从铅锌污染土壤的来源与危害入手，分析了目前最常用的几种铅锌污染土壤修复治理技术方法，并给出了强化土壤修复治理效果的策略，旨在借助科学合理的技术措施，恢复污染土壤的原貌，促进城市经济、自然环境与人类的协同发展。

关键词

铅锌；土壤污染；修复治理

1 引言

近年来，随着人们环保意识的不断觉醒，对土壤环境污染问题也越来越关注。但受到多方面因素的影响，中国土壤环境受到铅锌污染的情况却越来越严重。再加上铅锌污染土壤的特殊性，决定了土壤污染的修复治理难度非常大。在这种情况下，必须对铅锌污染土壤的修复治理予以高度的重视，并加强相关修复治理技术策略的研究与应用。

2 土壤铅锌污染的来源与危害

对土壤造成污染的铅锌等重金属主要来源于以下两方面。首先，是自然环境。但自然环境中的铅锌污染对于土壤环境的影响微乎其微。其次，是人类活动。例如矿山开采、尾气排放、工业三废排放、污水灌溉、化肥农药的不合理使用等。这些活动的实施，将大量的铅锌等重金属物质排放到土壤环境当中，对水稻、谷物等植物的健康生长产生影响^[1]。另外，如果铅锌等重金属物质在土壤环境、大气环境或者水环境中的时间过长，不仅会通过消化系统和呼吸系统，对人体的身体健康产生影响，还有可能通过食物链的方式，对人类的生存与发展产生威胁。所以，必须对铅锌污染土壤的修复与治理予以高度的重视。

【作者简介】付娉婷（1991-），女，中国重庆人，硕士，工程师，从事环境咨询研究。

3 铅锌污染土壤修复治理技术

3.1 铅锌污染土壤修复治理技术分类

如果土壤环境遭到铅锌等重金属物质的污染，那么在土壤修复与治理过程中，不仅要對土壤中的污染物进行有效的清除，还要对土壤环境中的铅锌形态进行改变，或者将铅锌等重金属固定在土壤环境中，以免因为重金属离子迁移，而对更大范围的土壤环境产生影响。目前，最常用的土壤修复治理方法主要有三类，即物理修复法、化学修复法和生物修复法，具体如表 1 所示。不同的土壤修复治理方法有着不同的优势和劣势。某些土壤修复治理方法的应用，不仅要使用到各种复杂的仪器设备，还需要投入较高的成本，无法实现规模化应用。

表 1 常用的土壤修复治理方法

土壤修复治理方法	分类
物理修复法	客土、土壤淋洗、电动修复技术、固化 / 稳定化技术、热力学修复技术等
化学修复法	土壤性能改良、化学淋洗等
生物修复法	植物修复技术等

3.2 铅锌污染土壤修复治理技术的应用

近几年来，最受欢迎的铅锌污染土壤修复治理方法主要有以下四种：第一电动修复技术；第二含磷物质修复技术；第三植物修复技术；第四微生物修复技术等。

3.2.1 电动修复技术

电动修复技术是一种具有创新意义的铅锌土壤修复治理技术，强调在土壤环境的两端构建一个直流电场梯度，然后使土壤环境中的铅锌等重金属与无机离子发生电迁移，然后再对聚集在一端的铅锌等重金属物质进行集中收集和处理，以降低铅锌等重金属对土壤环境的影响。电动修复技术应用中产生的电效应，不受土壤透水性的影响，所以在低渗透性黏土或淤泥土中的应用效果非常好。

3.2.2 含磷物质修复技术

磷是中国农业生产过程中最重要的一种肥料。在铅锌污染土壤的修复治理中，含磷物质的应用能够起到原位修复的作用。首先，含磷物质中的磷与土壤环境中的铅离子接触后，就会发生化学反应，生成不容易被溶解的磷铅矿沉淀物。这一磷铅矿沉淀物不能被植物吸收，也就无法通过食物链的方式，对人们的身体健康产生威胁^[2]。以磷的来源为参照，可以将能够用于铅锌污染土壤的修复技术分为五类，即磷酸与磷酸盐、磷肥、磷灰石、磷矿石、骨粉等。对市场上的含磷物质进行分析，发现在铅锌污染土壤的修复治理方面，钙镁磷肥的应用效果最佳，效果偏差的为过磷酸钙。其次，含磷物质中的磷与土壤环境中的锌离子接触，能够通过表面配位、离子交换或者生成磷酸盐沉淀物等方式，降低锌对土壤环境的影响。在农业生产过程中，将可溶性含磷物质施加到土壤环境中，不仅可以吸附土壤中的锌，还可以降低农作物体内的锌含量。

3.2.3 植物修复技术

植物修复是利用植物的特性，对土壤环境中的铅锌等污染物进行提取、吸收、分解、转化、固定的一种土壤修复治理技术。以植物修复原理的差异为参照，可以将植物修复技术分为以下三种。首先，是植物萃取技术，指的是利用植物根系，将土壤环境中的重金属物质进行吸收，然后再对植物进行收割，集中去除植物中的重金属元素的技术。其次，是植物固定技术，指的是利用植物根系的特殊成分，将土壤环境中的铅锌等重金属物质转化为性质更为稳定，或者毒性更小的物质，以达到降低铅锌等重金属对土壤环境危害目的的技术。最后，是根系过滤技术，指的是利用植物根系，将土壤环境中的铅锌等重金属物质吸附出来的技术。根系过滤技术通常用于水环境中重金属物质的处理，选择的植物也以根系发达的水生植物为主^[3]。

在中国矿区重金属污染区域，主要是利用污染物超富集植物、耐性植物等对土壤环境中的铅锌等物质进行控制。但是，国际上关于植物修复技术的研究，以镍和锌超富集植物的生理与分子机制为主，其他重金属研究方面尚未获得巨大突破。所以，关于铅的超富集植物研究力度还有待进一步加强。目前，虽然已经发现了多种铅超富集植物，但是如何应用铅超富集植物，还需要进行更为深入的研究。

3.2.4 微生物修复技术

微生物修复技术指的是借助土壤环境中的微生物，对各类重金属物质进行妥善处理，降低重金属毒性的一种技术。因为土壤环境中的很多微生物，都能够对土壤溶液的 pH 值和土壤结构进行改变，对植物的根系分泌性能进行干扰，使重金属的生物有效性明显降低。目前，常用的微生物修复技术主要有两种，一种是失活菌体修复技术，另一种是活性菌株修复技术。

①失活菌体修复技术。将微生物生长后的菌体作为生物吸附剂，添加到污染土壤环境当中，就可以利用各种物理作用和化学作用，对土壤环境中的重金属离子进行吸附。因为失活菌体的细胞壁上存在很多配位基团，例如羧基、羟基、酰胺基、烷基等。这些基团就会与重金属离子形成共价键，并附着在细胞表面^[4]。另外，某些重金属离子也会在沉淀作用或结晶作用的影响下，被固定到细胞表面上。失活菌体修复技术的应用，不仅可以忽略污染环境对细胞的毒性作用，还不会在吸附重金属物质的过程中产生营养物质的消耗，所以受到社会各界的高度关注。根据研究，地衣芽孢杆菌，对土壤环境中的铅元素吸收量可以高达 224.8mg/g。

②活性菌株修复技术。胞外吸附和胞内积累，是活性菌株修复技术的两个主要修复机理。其中，胞外吸附与失活菌体修复技术的应用原理具有较高的相似度，而胞内积累，指的是菌株的转运系统，将重金属物质转移到细胞内，并与细胞内的某些分子相结合。微生物的新陈代谢，直接影响着活性菌株对重金属离子的吸附能力。微生物细胞构造及细胞

壁上的官能团种类、菌体本身的抗性大小与代谢产物,都会对微生物的吸附能力产生影响。另外,土壤环境中的重金属浓度,也会对活性菌株的吸附效果产生影响。

4 强化铅锌污染土壤修复治理效果的策略

4.1 加强相关法律法规的贯彻与执行

要想强化铅锌污染土壤的修复治理效果,需要加强相关法律法规的贯彻与执行,并对土壤污染修复治理时间过长、难度过高等问题进行妥善处理与解决。上文提到,能够应用到铅锌污染土壤修复治理中的技术方法主要有三类,即物理修复法、化学修复法和生物修复法。但是,地域的差异性决定了同一种修复治理技术在不同地区的应用效果也不同。在对各类土壤修复治理技术进行组合应用的过程中,只有加强相关法律法规的贯彻与执行,并做好土壤污染物调查与勘测工作,才能够保证土壤环境修复治理目标有效达成^[5]。对此,无论是各级环境监测部门,还是地方政府机关,都要做好地质勘察与环境监测工作,并从勘察数据与监测数据中,及时发现土壤环境的异常现象。对造成土壤环境污染问题的主观因素和客观因素进行深入的分析,并采取针对性的污染物防治措施。另外,国家层面,也要加强铅锌等重金属污染案件的制定,围绕重金属污染排放、重金属污染防治等制定完善的法律法规体系,加强铅锌等重金属污染防治目标的明确,以及防治方案的创新,来提高铅锌等重金属污染治理成效。

4.2 加强铅锌等重金属污染源头的监督与治理

要想强化铅锌污染土壤的修复治理效果,需要对铅锌等重金属污染源头进行严格的监督与治理,通过铅锌等重金属污染企业的排查与管理,违规排放铅锌等重金属污染行为的处罚,来提高土壤修复治理水平。首先,对城市中心的重金属企业进行规劝和引导,使其将厂址迁移到人口稀少的郊区。同时,相关部门要加强这些重金属企业生产建设的管理与监督^[6]。其次,对每一家企业的铅锌等重金属污染问题进行分析,然后根据实际情况对企业领导进行思想教育,增强企业环保意识。最后,帮助企业制定严格的铅锌等重金属污染排查与管理制度,加强企业员工生产行为的规范,加强企业生产及污染排放的定期检查。

4.3 加强铅锌污染土壤修复治理的宣传

土壤的修复与治理是一个系统的过程,并非某一个人、某一部门或某一机构能够独立完成。只有将社会群众的参与与积极性调动起来,让更多的人参与到土壤的修复与治理过程中,相互监督、相互督促,才能够从整体上提高铅锌污染土壤的修复治理效果。首先,地方监管部门要做好土壤环境与污染的治理宣传工作,通过宣传视频、宣传手册和宣传条幅等方式,让更多的人意识到铅锌污染土壤修复治理的必要性^[7]。其次,相关部门要鼓励社会群众参与到土壤修复治理工作当中,发挥其在土壤修复与治理工作中的监督权。最后,加强投诉站、信箱等设施的建设,通过保密投诉等方式,加强违法违规污染排放行为的举报,为铅锌污染土壤修复治理效率的提高提供保证。

5 结语

综上所述,铅锌等重金属对于土壤环境的污染非常严重。要想加强土壤环境的修复与治理,不仅要结合土壤污染的实际情况,科学选择修复治理技术,还要加强相关法律法规的贯彻与执行,加强污染源头的监督与治理,并通过各种宣传方式增强全民的环境保护意识,让更多的人参与到土壤修复治理工作当中。

参考文献

- [1] 邸文瑞,冯雯.铅锌污染土壤修复治理应用技术分析[J].皮革制作与环保科技,2023,4(5):133-135.
- [2] 李进.铅锌污染土壤修复治理应用技术分析[J].环境与发展,2019,31(7):35-36.
- [3] 佟雪娇.铅锌污染土壤修复治理应用技术分析[J].建筑工程技术与设计,2020(2):3283.
- [4] 何孝磊.铅锌污染土壤修复治理应用技术分析[J].科学与信息化,2020(18):67-71.
- [5] 李金林.铅锌污染土壤修复治理应用技术研究[J].资源节约与环保,2020(2):53-54.
- [6] 李晓娟,辛秀.铅锌矿区土壤重金属污染修复治理技术研究[J].中国金属通报,2019(6):164-166.
- [7] 许杨东,黄小林.铅锌矿区土壤重金属污染特征研究[J].中国金属通报,2023(14):204-206.