Restoration Technology of Heavy Metal Pollution in Soil Environment

Miao Guo Tao Li

Shaanxi Zhongsheng Green Remote Sensing Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

With the development of society, under the promotion of the concept of sustainable development, heavy metal pollution soil remediation work has become an important problem in the development of contemporary society, the key to solve the problem of heavy metal pollution in soil is pollution control technology. In the process of industrialization, through atmospheric settlement, solid waste, sewage and other ways, some heavy metals enter the soil and cause soil pollution. This pollution phenomenon cannot be biodegraded and seriously threatens people's health. This paper discusses the types of soil heavy metal pollution sources, introduces the remediation technology of soil environment, and analyzes the harm of heavy metal to soil pollution.

Keywords

heavy metal pollution; remediation; soil environment

土壤环境的重金属污染修复技术

郭苗 李涛

陕西中圣绿色遥感科技有限公司, 中国·陕西 西安 710000

摘要

随着社会的发展,在可持续发展理念的推动下,重金属污染土壤修复工作已经成为当代社会发展的重要问题,土壤中重金属污染问题的解决的关键是污染防治技术。在工业化进程中,通过大气沉降、固体废弃物、污水等方式,部分重金属进入土壤,对土壤造成污染,这种污染现象无法被生物降解,严重威胁到人们的健康。论文探讨了土壤重金属污染源类型,介绍了土壤环境的重金属污染修复技术分析了重金属对土壤污染的危害。

关键词

重金属污染;修复;土壤环境

1 概述

1.1 研究意义和背景

目前土壤重金属污染愈演愈烈已经成为了人们关注的焦点问题。在天然状况下,土壤中重金属绝大部分源自成土母质风化和风力等搬运迁移过程,通常情况下其背景含量非常低,不会对人体及生态系统造成威胁^[1]。在中国 GB15618—1995《土壤环境质量标准》中,规定了对铬、镉、砷等 8 种重金属进行检测。修复重金属污染土壤的途径有两种,一是直接将重金属从土壤中分离去除;二是改变重金属在土壤中的存在形态,使其活性下降达到降低其生物毒性的目的。目前常用的主要有三种方法:物理修复技术、生物修复技术和化学修复技术。

1.2 土壤环境重金属基本概念

1.2.1 定义和来源

土壤重金属污染是指由于人类活动,土壤中的微量有害元素在土壤中的含量超过背景值,过量沉积而引起的含量过高,统称为土壤重金属污染。污染土壤的重金属主要包括汞(Hg)、镉(Cd)、铅(Pb)、铬(Cr)和类金属砷(As)等生物毒性显著的元素,以及有一定毒性的锌(Zn)、铜(Cu)、镍(Ni)等元素。

其主要来自农药、废水、污泥和大气沉降等,如汞主要来自含汞废水,镉、铅污染主要来自冶炼排放和汽车废气沉降,砷则被大量用作杀虫剂、杀菌剂、杀鼠剂和除草剂。过量重金属可引起植物生理功能紊乱、营养失调,镉、汞等元素在作物籽实中富集系数较高,即使超过食品卫生标准,也不影响作物生长、发育和产量,此外汞、砷能减弱和抑制土壤中硝化、氨化细菌活动,影响氮素供应。重金属污染物在土壤中移动性很小,不易随水淋滤,不为微生物降解,通过食物链进入人体后,潜在危害极大,应特别注意防止重金

【作者简介】郭苗(1989-),女,中国陕西西安人,硕士,工程师,从事土壤环境污染研究。

属对土壤污染。

1.2.2 土壤重金属污染物的现状

土壤重金属污染是中国土壤污染的一个重要环节，中国大部分郊区的土壤都受到了不同程度的污染。中国土壤重金属污染的主要原因是污水灌溉。根据农业部开展的全国污水灌溉面积调查，在约 140 万公顷的污水灌溉面积中，遭受重金属污染的土地面积占污水灌区面积的 64.8%，其中轻度污染的占 46.7%，中度污染的占 9.7%，严重污染的占 8.4%^[2]。由于重金属污染，中国粮食年产量减少 1000 多万吨，每年粮食被重金属污染 1200 多万吨，总经济损失至少 200 亿元^[3]。

1.3 国内外污染土壤修复技术发展趋势

中国的土壤修复起步于 21 世纪初，虽然修复技术研发进步明显，但是现有的修复措施比较粗放，在修复技术、装备及规模化应用上与欧美等先进国家相比还存在较大差距，特别是浅地下水埋深的土壤修复、含水层中 DNAPL 污染物的去除、高粘土含量污染土壤的修复是当前的难点。目前，中国自主研发的快速原位修复技术和设备严重不足，缺乏适合中国国情的实用修复技术和工程施工经验，缺乏大规模应用的管理技术以及工业操作。

目前，国外土壤修复的趋势有着明显的发展方向。在污染土壤修复决策中，基于污染物总量控制的修复目标已发展成为基于污染风险评价的修复方向；在工程设备和仪器的维修中，从固定设备的非现场维修发展到移动设备的现场维修；在污染土壤修复技术方面，从修复周期短的物理修复，化学修复和物理化学修复发展到基于生物修复，植物修复和监测的自然修复，即从单一的修复技术发展而来，最终到联合修复技术；从适用于工业企业场地污染土壤的离位肥力破坏性物化修复技术发展到适用于农田污染土壤的原位肥力维持性绿色修复技术。

2 物理修复技术

物理修复方法主要有客土法，换土法，翻土法，电动力修复法、热脱修复法等。作为土壤重金属污染修复常见技术手段，物理修复技术在土壤整改中起到非常重要的作用。一般来说，应用于土壤重金属污染修复中的物理技术还分为改土法和土壤固化法这两种。对于改土法来说，主要表现在改变土壤条件和周边环境状态上。对于土壤固化法来说，主要表现在对土壤中危险性废弃物集中处理上，从而降低重金属等污染物对土壤产生的影响。由于这两种方法各有各的优势和弊端，这就应结合土壤现状和重金属污染程度等方面选取适当的物理修复方法，避免土壤重金属修复过程中出现问题，进一步提升土壤整体安全性。

2.1 客土法、换土法、翻土法

客土法、换土法、翻土法是较为常见的物理修复措施，是一种使用外来洁净土壤更换或稀释受污染土壤，以达到降低土壤污染效果的方法。污染较轻的地方，可以加入洁净土

并深层混匀，达到稀释的目的；针对污染严重的地区，则直接将原有受污染土壤挖出，替换洁净土。挖出的高污染土壤转移至固废填埋场所进行稳定化处理并填埋，这种方法虽然简单快捷，但是工程量较大，相关处置费用高昂，目前仅应用于小面积、高污染土壤的修复。

2.2 热脱附法

热脱附法是指通过微波、蒸汽、红外辐射等方式对污染土壤进行加热升温，使土壤中的污染物（如 Hg、As、Se 等）挥发并进行收集处理，从而减少土壤中易挥发的重金属，达到土壤修复效果的技术。该技术工艺简单技术成熟，且对土壤中易挥发重金属去除效果好，可以对重金属再利用。Kunkel 等研究表明，在低于土壤沸点的温度下，用原位热脱附技术可以去除污染土壤中 99.8% 的 Hg，但该技术能耗过高，在加热过程中对土壤营养成分及生产性能。

3 生物修复技术

土壤生物修复技术是指一切以利用生物为主体的土壤污染修复技术，包括利用植物、动物和微生物吸收、转化土壤中的污染物，使污染物的浓度降低到可接受的水平，或将有毒有害的污染物转化为无毒无害的物质，也包括将污染物固定或稳定，以减少其向周围环境的扩散。论文对植物修复法和微生物修复法进行介绍。

3.1 植物修复法

植物修复法植物修复技术是利用植物的吸收、降解、转化、固定作用，对土壤中的重金属进行处理修复技术。主要有以下几种修复方式：植物提取、植物挥发和植物固定，其中以植物提取技术的应用范围最广。在植物提取技术、植物挥发技术、植物稳定技术的作用下，对土壤中所含有的重金属进行处理与整合。其中，植物提取技术是将土壤中呈现一种富集状态的重金属通过积累或者是超积累的方式将重金属物质转移到植物体内，收获的植物将土壤中重金属的剔除，以此达到修复土壤的目的。试验研究显示，绝大多数超富集植物的生长速度较缓慢，生物总量较少，无法实施机械操作，应用面积较小。植物挥发技术是借助植物的吸收作用，将土壤中的固态金属转化成气态，在植物光合作用下，把土壤中的重金属释放出来。但是，这种技术在实际运用中仅是将重金属的固相转变成气相，从土壤污染转变成大气污染，导致重金属对生态环境带来二次污染。植物稳定技术是借助耐重金属植物和耐重金属植物根际微生物，在分解、沉淀、氧化还原等反应的作用下，对土壤中的金属物质产生抑制作用，使重金属物质变成惰性化重金属。

3.2 微生物修复技术

微生物不能降解和破坏重金属，但可通过转化作用和固定作用改变重金属在土壤中的化学形态，从而改变其毒性、移动性和生物可利用性。微生物对重金属的转化作用包括氧化还原作用和去甲基化作用。土壤中的一些重金属元素

可以多种价态和形态存在,不同价态和形态的溶解性和毒性不同,可通过微生物的氧化还原作用改变其价态和形态,从而改变其毒性和移动性。土壤中重金属离子有5种形态:可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态、有机结合态、残渣态。前3种形态稳定性差,后2种形态稳定性强。重金属污染物的危害主要来自前3种不稳定的重金属形态。微生物固定作用可将重金属离子转化为后2种形态或积累在微生物体内,从而使土壤中重金属的浓度降低或毒性减小。

4 化学修复技术

化学修复技术是土壤重金属污染修复技术的重要组成部分,在土壤重金属污染修复工作中占据不容忽视的地位。通常情况下,常见的化学修复技术有三种方式,即化学萃取技术、离子拮抗技术、化学改良技术对于应用于土壤污染修复中的化学修复技术来说,主要包括浸出、钝化、稳定和有机改良等方法。为此,应从土壤污染现状的角度出发选取适当的技术手段。一般来说,污染很严重的土壤环境,一般采用的是浸出的方法,这个方法可以处理大量的土壤,但因为有土壤性质的因素问题,它的成本高低也受到比较大的影响。对于污染较为小的土壤环境,采用的技术是钝化和稳定化,主要是由于钝化和稳定化并不特别复杂,成本也不高。

4.1 土壤淋洗法

土壤淋洗法是利用装置向重金属污染的土壤中注入淋洗剂,其与重金属发生一系列的离子交换、沉淀、螯合、吸附等反应,最后把重金属从固相转移到液相中去除,再用清水清除残余淋洗剂的技术。土壤淋洗法设备简单,操作周期短,修复效果好,但其对土壤的渗透系数有一定要求,且存在淋洗剂的再处理问题,适用于大面积、重度污染土壤的治理,在轻质土和砂质土中应用效果较好。目前常用的淋洗剂有无机酸、螯合剂和天然有机酸。无机酸易改变土壤pH,破坏土壤结构;螯合剂难降解,使用过量易造成二次污染;天然有机酸去除重金属的效果较好且易降解,无残留。找到合适的淋洗剂是土壤淋洗法的关键。有研究者发现用柠檬酸淋洗砷污染的土壤,砷的去除率超过70%;鼠李糖脂和柠檬酸联用对土壤中Cd的淋洗率可以达到60%;NaOH和乙二胺四乙酸二钠(EDTA)联合淋洗As污染土壤,As去除率可达91.83%。

4.2 化学萃取技术

在土壤重金属污染修复中,化学萃取技术主要利用化学试剂处理受到重金属污染的土壤,使土壤中的重金属能够由固相转化成液相。因化学萃取技术操作流程复杂、多样,需要消耗昂贵的操作费用,同时在重金属污染土壤处理工作中极易引发二次污染现象。因此,在运用化学萃取技术对重金属污染的土壤进行修复处理时,需要寻找到一种萃取性能极佳的办法,防止萃取过程对土壤结构产生破坏。与此同时,

研究人员还需要在保证萃取性能的基础上,不断提升萃取剂的经济性,确保萃取技术能够在重金属污染土壤修复工作中广泛运用。

5 中国污染土壤修复技术的发展趋势

5.1 向绿色、安全与经济的生物修复技术发展

植物修复、微生物修复、土壤动物修复以及基于监测的综合土壤生态功能的自然修复,都是未来修复污染土壤的主要研究方向。筛选合适的修复品种,发展适用于不同土壤类型的根际生态修复技术已成为一种趋势,应用基因工程、酶工程、细胞工程发展土壤生物修复技术,有助于提高修复效率。

5.2 向多技术组合的修复技术发展

土壤中的污染物一般种类复杂、不同场地的污染程度差异大、土壤再利用方式不同等因素导致单一修复技术往往很难达到修复目标,多技术组合的土壤修复模式就成为今后土壤污染修复的研究方向。例如,降解菌—超积累植物的组合修复、微生物—植物组合修复、真菌—植物组合修复、土壤动物—微生物—植物组合修复、电动—生物组合修复等。

5.3 向土壤—地下水联合修复发展

污染物在土壤中不是固定不变的,随着土壤水分、土壤生物的活动等影响,污染物的状态、性质及位置都可能发生变化,由于污染物的迁,土壤污染和地下水污染往往密不可分,因此,在修复土壤污染时,往往也要考虑地下水污染情况。

6 结果与展望

生活水平的进步和时代的发展带给人类舒适和享受的同时也带来了健康风险和各种环境问题,而土壤与人类生活息息相关,一旦出现大面积难以挽回的污染,其导致的后果和损失都难以估量。同时由于污染土壤中的重金属来源广泛,形态各异,每种修复技术又有其适应条件和限制范围,所以根据不同情况发展相关修复技术和研发经济高效的设备将是今后重金属污染土壤修复研究工作的重点关于土壤污染修复技术的研究,中国虽然起步较晚,但目前也取得了不错的成绩。每种土壤污染修复技术都存在各自的特点,都有其特定的应用范围和局限性。在进行修复技术的选择时,需综合考虑土壤性特性、污染物类型、经济实力等因素,合理选择修复技术和工艺。

参考文献

- [1] 陈文亮,滕东晓,张燕,等.重金属污染土壤修复技术研究进展[J].世界有色金属,2020(6):178-180.
- [2] 王确,张今大,陈哲晗,等.重金属污染土壤修复技术研究进展[J].能源环境保护,2019,33(3):5-9.
- [3] 侯愷.污染土壤修复技术综述[J].江西化工,2019(4):26-29.