

# 土壤污染修复技术及其应用分析

赵博雅

陕西省地质矿产实验研究所有限公司 陕西 西安 710054

**摘要:** 随着工农业生产和城市化进程的不断推进,大量污染物被排放到自然环境中,最终富集在土壤中,土壤污染问题已经成为社会关切的重点问题,严重影响人类健康。随着国家和企业开始系统化的对土壤污染进行修复工作,土壤修复修复技术也开始得到进一步关注,针对有机污染和无机重金属污染的研究个工程实践也逐渐深入。

**关键词:** 土壤污染; 修复技术; 工程应用

## 1 土壤污染修复技术概述

### 1.1 土壤污染的定义与分类

土壤污染是指由人类活动引起的土壤中某种或某些物质浓度超过环境质量标准或具有环境风险的现象。这些污染物的来源多为化学工业、矿山、冶金、燃煤等工业和农业、畜牧业中使用的农药、化肥等。根据污染源不同,土壤污染可分为点源污染和非点源污染。点源污染常发生在化工、矿山、油田等工业场所和污水处理厂等废物处理设施,是易于追踪和定位的,其主要污染物是重金属、有机污染物等。非点源污染主要指城市发展、人口增长、交通运输等大规模人类活动所带来的污染,其污染源较分散,包括农田施用农药和化肥、排放废水等。此外,根据污染物种类不同,土壤污染还可以分为有机污染和无机污染。有机污染物包括石油及其衍生物、多环芳香烃和挥发性有机物等,其主要危害是对人体的毒性和生物环境的危害。无机污染指的是重金属、铵盐、硒、氰化物和氟化物等化学物质,其主要危害是对人体健康和生态环境的危害<sup>[1]</sup>。

### 1.2 土壤污染修复的基本原理

土壤污染修复是指通过一系列人为措施,将污染土壤的污染物降至一定水平,使其达到既能够满足人类生产和生活的需要,又能够保护环境和生态安全的状态。其基本原理包括物理、化学和生物修复等方法。物理修复是通过一系列物理手段,如分离、筛选、吸附等方法分离或吸附污染物,以降低检测出的污染物浓度,主要针对粒径大的沉积物和大型垃圾等。化学修复是通过化学反应,将污染物转化为不具有毒性的物质,或者将其转化为难以溶出的物质,从而降低其风险,包括化学还原、化学氧化、螯合等方法。生物修复则主要是利用微生物进行修复,它可以在光照、温度和水分等适宜的条件下分解、转化或吸附污染物,包括生物放大、生物提取、生物吸附等方法。土壤污染修复的基本原理是基于

污染物的化学性质、生物学性质和土壤环境的特点,综合采用多种修复方法来达到修复目的。在进行土壤污染修复时,应根据具体情况选择合适的修复技术,掌握正确的操作方法,逐步降低污染物的浓度,最终达到安全、稳定的修复效果。

## 2 常见土壤污染修复技术

### 2.1 土壤固化、固化/稳定技术

常见土壤污染修复技术包括土壤固化、固化/稳定技术等。土壤固化技术是指通过物理或化学方法将土壤中的污染物质固定,使其失去流动性,成为固体颗粒或岩石。该技术适用于重金属、有机物等污染物质的修复。其中,物理固化技术是指通过添加固化剂、土壤颗粒整形等方法将污染物质固定在土壤中;化学固化技术是指通过化学反应将污染物质转化为不易迁移的形式,如氧化、还原、沉淀等。固化/稳定技术是指通过化学或物理方法将污染物质转化为不易迁移、毒性较小的形式,使其失去对环境和人类健康的危害。该技术适用于重金属、有机物、无机物等污染物质的修复<sup>[2]</sup>。其中,化学固化技术是指通过添加化学物质与污染物质发生化学反应,将其转化为无害物质或不易迁移的形式;物理固化技术是指通过压缩、冻结、固化等方法将污染物质固定在土壤中。以上两种技术均可有效修复土壤污染,但在实际应用中应根据不同污染物质的特点和污染程度选择合适的修复方法。

### 2.2 土壤化学修复技术

土壤化学修复技术是指利用化学反应、化学溶剂或化学添加剂等手段,将污染物与固定剂结合,使其降解或转化为无害物质的一种修复技术。这种技术适用范围广泛,包括土壤中的重金属、有机物、养分和盐碱等污染物质。常见的土壤化学修复技术包括氧化还原、酸碱中和、置换和降解等。其中,氧化还原技术主要通过电化学反应来修复土壤污染,将土壤中的污染物氧化成无

害物质,如Fenton技术、电漂白技术等;酸碱中和技术则通过控制土壤pH值,改变化学反应平衡,使其降解或转化为无害物质;置换技术利用低毒性盐类取代土壤中高毒性元素,使污染物转化为无毒或低毒物质;降解技术则是通过加入生物和化学除污剂,使污染物质分解成能被土壤微生物利用的简单化合物,如 $H_2O_2$ 、 $Fe(III)$ 、EDTA等。土壤化学修复技术是一种高效、迅速、经济的土壤污染修复技术,适用于大规模重度污染土壤的修复,但操作复杂,唯一性差,还需充分考虑化学添加剂的不良影响,如产生二次污染、对环境和生物造成危害等问题,因此需加强技术研究和监管<sup>[3]</sup>。

### 2.3 土壤生物修复技术

土壤生物修复技术是一种利用生物体或微生物修复土壤污染的技术。该技术的原理在于利用生物体和微生物来分解、降解或转化土壤中的污染物质,将其转化为无害物质或减少其毒性,从而达到修复效果。常见的土壤生物修复技术包括生物修复和植物修复。生物修复是一种利用生物体来修复土壤污染的技术。该技术通常使用微生物、植物或动物等生物体来进行土壤修复。微生物是指土壤中存在的单细胞微生物,其中包括细菌、真菌和原生动物等。这些微生物可以通过分解、降解和转化土壤中的有害物质来达到修复效果。植物是指直接在污染土壤上种植植物来修复土壤。植物通过吸收有害物质和水分,使其一部分通过蒸腾作用释放,另一部分以植物体内沉积或分解,从而达到修复效果。植物修复是一种利用植物来修复土壤污染的技术。该技术通常通过植物的吸收、转运和转化等方式来修复土壤污染。比如,植物可以通过吸收有害物质来将其积累在体内,并通过生长过程中分解有害物质,从而达到修复效果。此外,植物还可以与土壤中的微生物协同作用,促进土壤中微生物的繁殖和生长,提高土壤的生命力和修复能力<sup>[4]</sup>。虽然土壤生物修复技术是一种可行的修复技术,但其修复效率和速度相对较低,需要一定的时间来达到修复效果。另外,该技术要严格控制修复过程中的环境变化和生物体的使用,以保证修复效果和环境安全。

## 3 土壤污染修复技术的应用分析

### 3.1 现有土壤污染修复案例分析

土壤污染修复技术逐渐成为解决土壤污染问题的重要手段。应用土壤污染修复技术可以实现土地的再利用、改善环境质量和提高土地的生产力。目前,土壤污染修复技术主要应用于电镀、塑料制品、废水处理和化学工业等行业的土壤污染修复中。尤其是在污染严重的城市区域,人们正在采取多种修复技术对土壤进行修

复,以改善环境质量。例如北京市直接投入了数千万元人民币用于修复受污染的土地。而在美国纽约市,政府在工厂关闭后修还了大片土地,利用化学剂和微生物的种植、生长等技术实现了将污染土地恢复为贫穷的野生动物、遍布着翠绿草坪的山坡等生态环境。此外,国内外也有很多成功的土壤污染修复案例,例如,2008年汶川地震灾后,地震遗址大量建设在用地污染区域。在龙门山国家森林公园、石梓山国家森林公园等多个地区都进行了土壤污染修复项目,并在后期利用成为自然生态教育基地。虽然土壤污染修复技术有广泛应用,但是实施技术方案中存在着缺陷和漏洞和技术上的难点和问题<sup>[5]</sup>。例如,修复的时间长、成本高、技术难度大等。因此在运用上,需要根据不同情况进行科学化的决策和采取科学化的运用,以最大限度地达到修复效果,并且降低经济成本和环境风险。

### 3.2 土壤污染修复技术在农业领域的应用

土壤污染对农业生产和环境造成巨大的影响,因此,在农业领域应用土壤污染修复技术具有重要的意义。土壤污染修复技术的应用可以提高农作物产量和品质、改善土壤结构、恢复土壤生态系统,重新规划土地的使用和开发。在农业领域,土壤污染修复技术主要应用于有机化学污染、重金属污染等方面。常见的土壤污染修复技术包括生物修复技术、土壤物理化学修复技术和植物修复技术。例如,生物修复技术常采用微生物途径进行修复,有助于促进土壤中自然分解和生物转换有机化合物的速度;土壤物理化学修复技术主要用于重金属污染修复,采用物理化学方案去除污染物质;植物修复技术适用于有机和无机污染物污染的土壤,利用植物的吸收作用降低土壤中的污染物浓度。除了以上的技术外,到土壤污染修复技术在农业领域的应用还包括研发环保种植技术、制定土壤修复“食品安全法规”等,为生产、生态、健康提供支持<sup>[1]</sup>。

### 3.3 土壤污染修复技术在工业领域的应用

工业领域是土壤污染的主要来源之一,因此采用土壤污染修复技术进行修复和重建已成为必要的措施和趋势。工业领域中常见的土壤污染物主要包括有机物、重金属等,这些污染物如果得不到有效处理会对人类和生态系统造成不可逆转的影响。在工业领域,土壤污染修复技术主要应用于土壤中的有机物和重金属污染的修复。其中,生物修复技术是一种有效的方法,它可以通过运用微生物使得有机物的分解加速,使得土壤污染物得以有效地消除,并在侵袭更深层土壤之前,将污染物分解为无毒、无害物质。重金属污染较重的地区,化学

修复、植物修复等技术可以大幅降低重金属浓度,减少环境污染。此外,在工业领域中,深度清洗、高温烧结、物化法修复等技术也被广泛应用<sup>[2]</sup>。这些方法在清洗过程中可解决一些逆向影响;烧结技术采用高温下的掩护剂,在熔融状态下将污染物高化、降低危险性;物化法修复则表现出高速修复和低成本性质,可以有效地减小工程中成本投入,获得工艺效益。

### 3.4 土壤污染修复技术的经济与环境效益评估

土壤污染修复技术的经济与环境效益评价是衡量技术方案是否可行和对社会、经济、环境等领域带来利益的重要手段。在土壤污染修复工程中,要针对不同的修复技术,在经济成本和环境效益方面进行评价,并对结果进行比较和分析,以实现最佳技术经济效益的平衡。在经济效益评价方面,主要是以修复投入与修复效益的比例做为评估指标。投入成本包括设备费、人员费用、医疗费用、土地成本等方面;效益则可以通过生态、经济环境等领域效益进行统计计算,如提高了耕作面积,增加了农作物产量,减少了治理成本等。在环境效益评价方面,则需要从同一修复技术在治理经济和环境两个方面的成果进行评估统计,以获得修复技术对环境产生的实际效果。效益评估包括了环境质量、公民健康、自然和生态多样性的保护等,对社会、经济产生的积极影响变得更加重要。同时,在固化过程中可随时测量、调整,可大幅减少二次污染和环境风险的产生。评估是帮助治理方案决策者设计并采取最佳的土壤污染修复技术的重要步骤,同时也是对治理成效进行评估的有效手段<sup>[3]</sup>。在评估过程中,要充分考虑生态、环境、社会、经济等多方面的因素,使评价结果更有科学性、公正性和实用性,从而更好地保护土地和人类生存环境。

### 4 土壤污染修复技术发展的前景与展望

随着人类经济的发展和人口的增加,土壤污染问题日益严重,土壤污染修复技术逐步受到关注和推广。土壤污染修复技术的发展前景仍然广阔,主要体现在以

下几个方面。首先,技术创新是土壤污染修复技术的关键。当前,土壤污染修复技术已经涵盖了多种不同的技术和手段,但仍然存在很大的提升空间。未来,应不断推进技术创新,探索更加高效、经济、可持续的修复技术,例如植物修复利用资源,铁锈菌修复等技术突破。其次,政府的政策支持和法规制定对于土壤污染修复技术的发展具有重要的促进作用。政策上的支持和法律法规的制订,可以为土壤污染的治理和修复创造更加有利的环境,给企业和个人以更加积极的激励,加快土壤污染治理的进程<sup>[4]</sup>。最后,社会公众的参与和环境保护意识的提高是土壤污染修复技术长期发展的关键。近年来,社会公众对于环境保护的重视程度日益提高,对于土壤污染修复技术的支持也越来越大。

### 结束语

随着我国经济社会的不断发展,土壤污染问题逐渐引起社会的广泛关注。土壤污染修复技术应运而生,各种技术不断创新和完善。本文对土壤污染修复技术进行了系统、全面的介绍和分析,从中可以看出,每种技术都有其优劣势和适用范围,需要根据不同的污染情况和要求选择适当的技术进行修复。

### 参考文献

- [1]贾宁.不同污染程度农田土壤重金属修复技术研究[J].环境科学与管理,2020,45(12):85-89.
- [2]张思翰.农田土壤重金属污染状况及修复技术研究[J].冶金管理,2020(21):133-134.
- [3]周欣张代荣李萍.多环芳烃污染土壤化学氧化修复技术应用研究[J].环境与发展,2020(2):89-90.
- [4]李书鹏,焦文涛,李鸿炫等.燃气热脱附技术修复有机污染场地研究与应用[J].环境工程学报,2019,13(9):2037-2048.
- [5]叶萌.土壤重金属污染修复及淋洗技术研究[J].中国资源综合利用,2021,39(05):144-146.