

# 环境工程中土壤污染修复技术研究

张启凯

河北广韵环保科技有限公司

**摘要:** 本论文旨在探讨环境工程领域中土壤污染修复技术的研究进展及应用现状。首先介绍了土壤污染的危害和成因,然后系统总结了常见的土壤污染修复技术,包括生物修复、物理修复和化学修复等方法。接着分析了不同修复技术的优缺点和适用范围,最后探讨了未来土壤污染修复技术的发展趋势和挑战。

**关键词:** 环境工程; 土壤污染; 修复技术; 生物修复; 物理修复

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6261.2022.10.200

## 引言

土壤污染是环境工程领域一个严重的问题,对土壤质量和生态环境造成了严重影响。针对土壤污染问题,各界积极探索和研究各种修复技术,旨在减轻污染对环境的危害。本文旨在系统回顾和分析当前环境工程领域中针对土壤污染的修复技术,为相关研究提供参考和借鉴。

### 一、土壤污染的危害和成因

#### 1. 环境工程中土壤污染的定义和分类

环境工程中对土壤污染的定义主要包括土壤中某些化学物质或物理性质的浓度超过环境质量标准或对生态环境产生危害的状态,通常可分为有机污染、无机污染、放射性污染等类型。不同类型的土壤污染物对土壤和生态系统的影响各不相同。有机污染物如石油烃类可能降低土壤通气性,导致土壤呼吸作用减弱;无机污染物如重金属可能积累于土壤中,影响植物吸收和生长;放射性污染物可能对生物体产生辐射危害,导致基因突变和遗传疾病。

#### 2. 不同污染物对土壤和生态系统的影响

首先,土壤污染对人类健康产生直接影响。当土壤中含有有毒有害物质时,这些物质可能通过农作物的吸收进入食物链,最终进入人体,导致健康问题,如癌症、呼吸系统疾病等。长期接触污染土壤可能会造成慢性中毒,危害人体健康。其次,土壤污染对生态系统产生严重影响。土壤是生态系统重要的组成部分,承载着植物生长、微生物活动等重要功能。当土壤受到污染,会破坏土壤中微生物群落的平衡,抑制植物生长,影响生态系统的稳定性和健康发展。土壤污染还可能导致生物多样性减少,影响生态平衡。

#### 3. 主要的土壤污染来源和成因

土壤污染作为一个严重的环境问题,给人类社会和

生态系统带来了巨大的危害。其主要来源和成因是多种多样的,涉及工业生产、农业活动、城市化进程以及人类生活方式等多个方面。工业活动是导致土壤污染的重要来源之一。工业生产中排放的废水、废气和固体废物中含有大量的有毒物质和化学物质,这些物质可能渗入土壤中,导致土壤污染。例如,工业废水中的重金属、有机溶剂和化学物质,一旦渗透到土壤中,会对土壤质量造成严重破坏,影响土壤中微生物的生存和植物的生长。农业活动也是造成土壤污染的重要因素之一。化肥、农药、除草剂等农业化学药剂的过度使用,可能导致这些化学物质在土壤中积累超标,造成土壤污染。此外,畜禽养殖中产生的粪便、养殖污水等也可能含有富集的有机物和微生物,一旦排放不当,会对土壤质量产生影响,引起土壤污染。城市化进程和人类生活方式也在一定程度上导致了土壤污染。城市工业废物排放、垃圾填埋场渗滤液、汽车尾气排放等大量排放物都可能直接或间接导致土壤受到污染。此外,家庭生活中使用的清洁剂、化妆品、药物等产品中的化学物质也可能通过排放或废弃物处理进入土壤,对土壤环境造成压力和危害。

综上所述,土壤污染的来源和成因十分复杂,涉及多个方面的人类活动。为有效控制和减轻土壤污染带来的危害,需要采取综合的管理和治理措施,减少污染物的排放,促进可持续土壤利用和保护。只有通过科学有效的措施,才能保护好我们赖以生存的土地资源,实现环境和人类社会的可持续发展。

### 二、常见的土壤污染修复技术

#### 1. 生物修复技术

常见的土壤污染修复技术中,生物修复技术是一种环保友好且有效的方法,包括植物修复和微生物修复两种主要方法。植物修复技术利用植物的吸收、转运、蓄

积、降解等生理生态作用，通过植物本身或与微生物共同协同作用，达到修复土壤污染的目的。这项技术的优势在于能够在污染土壤中加速有机、无机污染物的降解、转移，提高土壤环境的稳定性。各种植物都对不同类型的污染物具有不同的修复效果，例如，一些植物能够吸收重金属，污染物随植物生长期间不断富集在根部，甚至沉积在地上部分，其部分或整体植物均可作为资源再次利用；另一些植物能够分泌特定物质促进土壤中的细菌、真菌等微生物群落对污染物进行降解。例如，某些植物的根系能够分泌有机酸或其他溶解物质，加速土壤中毒物的溶解和吸收，进而减轻土壤中毒物的危害。微生物修复技术则利用微生物降解、转化有机和无机污染物的特性，通过添加天然微生物、工程微生物等方式，促进土壤中有毒物质的降解分解过程。微生物修复技术可针对各类污染物，如石油烃、PAHs（多环芳烃）、重金属等，通过土壤中微生物的代谢作用降解这些有害物质。在微生物的作用下，一些有机污染物能够被迅速降解成无毒或较低毒的物质，从而减少对土壤和生态环境的影响。微生物修复技术具有操作简便、成本低、对土壤本身破坏小等优点，因此在实际土壤污染修复中得到了广泛应用。

总的来说，生物修复技术作为一种环保、可持续的土壤修复方法，能够有效地处理不同类型的土壤污染问题，为保护土壤环境和生态系统健康发展提供了重要的技术支持。

## 2. 物理修复技术

物理修复技术是土壤污染修复中的重要手段，主要包括热解吸和土壤氧化两种常见方法。热解吸是一种通过加热土壤使污染物挥发脱附的技术。在这个过程中，土壤中的污染物在高温下会变得挥发性增强，从而从土壤中挥发出来，被吸附收集设备捕获。这种方法可以有效处理一些挥发性有机化合物（VOCs）等污染物，将其从土壤中移除，实现土壤修复的效果。热解吸技术操作简单、效果显著，特别适用于处理特定类型的污染物。土壤氧化是利用氧化剂改变土壤中有机和无机物质的化学结构，使之分解为无害或较低毒性的物质的修复技术。通过添加氧化剂，如过氧化氢、高锰酸钾等，促进土壤中的有害物质氧化还原反应，降解有机化合物或氧化重金属等污染物。这种技术适用于处理具有氧化还原潜力的有机和无机化合物，将其转化为较为稳定和无害

的物质，提高土壤质量。物理修复技术在土壤污染修复中发挥着重要作用，特别适用于一些特定类型的污染物和污染场地。它们通常与生物修复技术、化学修复技术等方法结合使用，形成综合修复方案，以达到更好的修复效果。选择合适的修复技术结合具体情况制定修复方案，对于有效修复污染土壤、恢复生态环境具有重要意义。

## 3. 化学修复技术

化学还原是一种利用还原剂将土壤中氧化态的有害物质还原为较为无害或难溶的物质的修复方法。在这一过程中，还原剂可以与土壤中的有害物质发生化学反应，将其转化为相对无害的物质，有效降低污染程度。常用的还原剂包括亚铁离子、亚硫酸氢钠等，它们能够与氧化态的重金属离子结合形成难溶的化合物，或者将有机物的氧化态还原成较为稳定和无害的状态，从而实现土壤污染的修复。化学还原可以有效地处理土壤中的重金属污染和部分有机污染物，具有修复速度快、效果显著的特点。化学氧化是利用氧化剂将土壤中有机污染物或难降解有害物质氧化降解的技术。通过添加氧化剂如过氧化氢、高锰酸钾等，在土壤中引发氧化反应，将有机物氧化为二氧化碳、水和无害物质，或者将难降解有机物降解为较为容易分解的产物。化学氧化技术可以有效处理一些难降解的有机物质，如苯系物、氯代烃等，具有快速、高效的特点。但需要注意选择适当的氧化剂和操作条件，以确保修复效果最大化。

化学修复技术在土壤污染修复中发挥着重要作用，通常与其他修复技术结合使用，形成综合修复方案。选择合适的化学修复方法可以根据土壤污染物的种类和程度，制定相应的处理方案，从而实现对土壤污染源的有效控制和减轻，促进土壤环境的恢复和重建。这些技术的应用使得土壤污染修复工作更加全面和多样化，为解决土壤污染带来的环境问题提供了有力支持。

## 三、修复技术的优缺点和适用范围

### 1. 不同修复技术的优势和局限性

生物修复技术是一种环保友好的修复方法，能够促进土壤中污染物的降解和转化，与自然环境相辅相成。该技术成本相对较低，操作简便，且对土壤生态系统影响较小。植物修复和微生物修复能够有效地针对不同类型的污染物进行修复。然而，生物修复技术可能受限于环境条件，修复效率较慢，特别针对难降解的有机污染

物或重金属等效果有限。化学修复技术操作简单，修复速度较快，能够立即减少土壤中污染物的浓度。化学还原和化学氧化等方法具有针对性，可以有效处理特定类型的污染物，如重金属、挥发性有机化合物等。然而，化学修复技术中使用的化学剂可能对土壤生态系统产生影响，存在一定环境风险，且成本较高。物理修复技术对土壤生态系统干扰小，不会引入额外的化学物质，较为环保。热解吸等物理技术操作简单，效果显著，能够迅速将污染物从土壤中挥发出来。然而，物理修复技术通常适用于特定类型的污染物，对于一些有机污染物、重金属等效果可能不尽如人意，而且设备投资和运行成本较高。综合来看，不同修复技术各有优势和局限性，通常需要根据具体情况和需求综合选择并结合使用，制定科学合理的修复方案才能取得最佳的修复效果。在实际的土壤污染修复工作中，综合利用多种技术手段，因地制宜地开展修复工作是至关重要的。

### 2. 适用于不同类型污染物和污染程度的修复方法比较

生物修复技术适用于有机污染物和部分重金属等污染物的修复。通过植物修复和微生物修复，可以降解有机物、稳定化合物或还原转化重金属等，对于轻度至中度的污染具有一定修复效果。生物修复技术环保友好，但需较长时间，适用于对修复速度要求不高、重视生态恢复的场景。化学修复技术适用于有机污染物和重金属等特定污染物的修复。化学还原和化学氧化可以迅速减少污染物浓度，对于中度至重度的污染具有较好效果。然而，化学修复技术可能对土壤生态系统造成一定影响，且成本较高，适用于对修复速度有要求的、污染程度较严重的情况。物理修复技术适用于挥发性有机化合物和一些特定污染物的修复。热解吸、气相抽取等物理技术能够迅速将污染物从土壤中去除，适用于中度污染且对生态系统影响要求较低的情况。但物理修复技术通常只能将污染物转移至另一地点或将其挥发掉，对于彻底降解有机物等挑战较大。

### 四、未来土壤污染修复技术的发展趋势和挑战

首先，在发展趋势方面，未来土壤污染修复技术有望朝着更加智能化和高效化的方向发展。随着科技的不断进步，人工智能、大数据分析等技术的应用将为土壤污染修复提供更多可能性。智能化的修复系统将能够实

现实时监测和调控，提高修复效率，降低成本。同时，对于不同类型污染物的修复技术将会不断完善和创新，以满足不同污染环境的需求。另外，未来土壤污染修复技术也将更加注重可持续性和生态友好性。在修复过程中，将会重点考虑资源的循环利用和土壤生态系统的恢复，打造出更加健康、可持续的土壤环境。多学科的交叉合作将会促进土壤修复技术的创新和发展，实现多方共赢。然而，未来土壤污染修复技术也面临着一些挑战。首先，土壤污染程度的不同和污染物种类的繁多使得修复工作更加复杂和困难，需要针对性更强的修复方案。此外，修复过程中可能会受到地方政府政策限制、资金投入不足等问题的影响，加大了修复工作的难度和不确定性。同时，对于修复效果的监测和评估也是一项挑战，需要建立科学的评估体系，确保修复效果的可靠性和持久性。

### 结束语

本文系统总结了环境工程中土壤污染修复技术的研究现状和进展，探讨了不同修复技术的优缺点及适用范围，展望了未来修复技术的发展方向。通过对土壤污染修复技术的深入研究，将有助于提高对土壤污染问题的认识，促进环境保护和资源可持续利用的发展。

### 参考文献

- [1] 张建广, 陈全, 田路萍, 等. 环境友好型土壤重金属修复技术及其应用[J]. 材料导报, 2021, 37(5): 191-201.
- [2] 边归国. 土壤污染修复环境监理技术规范的现状与展望[J]. 青海环境, 2020, 33(3): 110-115.
- [3] 李沅宁, 郭渊明, 侯晓松, 等. 石油污染土壤原位修复技术的研究进展[J]. 应用化工, 2021, 51(6): 1736-1740.
- [4] 郭军康, 赵隽隽, 李怡凡, 等. 矿区土壤重金属污染修复技术研究进展[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 40(2): 249-260.
- [5] 陈欣欣, 曲明哲. 生物修复技术在电子垃圾污染治理中的应用[J]. 环境工程, 2020, 41(2): 后插1-后插3.
- [6] 靳马超, 任慧文, 于洋, 等. 岩土工程深基坑施工中的环境污染修复技术研究[J]. 环境科学与管理, 2020, 47(7): 118-122.