

# 探析土壤修复技术在土地工程中的应用

吴成昊

陕西省土地工程建设集团有限责任公司 陕西西安 710075

**摘要：**工业活动、农业实践、城市化进程等导致土壤污染问题日益严重。土壤污染不仅对农业生产、生态环境造成威胁，也对人类健康产生潜在影响。面对土壤污染的威胁，发展应用土壤修复技术成为迫切需求。土地是有限资源，保护和可持续利用土地资源对于维护生态平衡和实现可持续发展至关重要。土壤修复技术可以帮助恢复污损土地的功能，减少土地资源浪费及破坏，符合环境保护和可持续发展的要求。随着科学技术的不断进步，土壤修复技术得到了诸多创新和发展。例如，环境生物技术、地质工程技术、化学修复技术等方面的研究与应用为土壤修复提供了新的手段和方法。许多国家和地区都制定了相关的土壤环境保护法律法规，要求对受污染的土壤进行修复和管理。这促使研究人员和工程师开展土壤修复技术的研究，以满足法律法规的要求。污染土地的修复可以带来显著经济效益，例如，修复后的土地可以继续用于农业生产、工业开发或房地产建设，从而增加土地的价值和利用潜力，这也激励了对土壤修复技术的研究和应用。本文将围绕土壤修复技术在土地工程中的应用展开论述。

**关键词：**土壤修复技术；土地工程；土地资源

## Discussion on the application of soil remediation technology in land engineering

Chenghao Wu

Shaanxi Province Land Engineering Construction Group Co., Ltd. Shaanxi, Xi 'an, 710075

**Abstract:** Industrial activities, agricultural practices, and the process of urbanization have led to an increasingly severe problem of soil pollution. Soil pollution not only poses a threat to agricultural production and the ecological environment but also has potential impacts on human health. In the face of the threat of soil pollution, the development and application of soil remediation technologies have become an urgent need. Land is a limited resource, and protecting and sustainably utilizing land resources are crucial for maintaining ecological balance and achieving sustainable development. Soil remediation technologies can help restore the functionality of contaminated land, reduce land resource waste and degradation, and meet the requirements of environmental protection and sustainable development. With the continuous advancement of science and technology, soil remediation techniques have seen numerous innovations and developments. Research and applications in environmental biotechnology, geological engineering technology, chemical remediation technology, and other fields have provided new means and methods for soil remediation. Many countries and regions have formulated relevant soil environmental protection laws and regulations, requiring the remediation and management of polluted soil. This has driven researchers and engineers to carry out studies on soil remediation technologies to meet the requirements of these laws and regulations. The restoration of polluted land can bring significant economic benefits. For example, the remediated land can be further used for agricultural production, industrial development, or real estate construction, thereby increasing its value and utilization potential. This also stimulates the research and application of soil remediation technologies. This paper will focus on discussing the application of soil remediation technologies in land engineering.

**Keywords:** soil remediation technology; land engineering; land resources

## 引言：

土壤修复技术在过去几十年中取得了显著的发展，并且广泛应用。生物修复技术利用微生物、植物和生物化学过程来降解、转化或固定土壤中的污染物。其中包括生物激活、菌种改良、植物修复、生物堆肥等方法，生物修复技术因其环境友好、经济可行和可持续性而备受关注。地质工程技术主要包括土壤固化、封堵、土壤渗透等方法，这些技术通过添加材料、改变土壤结构或形成隔离层，减少或阻止污染物的迁移，从而修复受污染土壤。化学修复技术利用化学物质来改变土壤中污染物的化学性质，以减少其毒性或使其变得不溶于水。例如，化学固化剂、吸附剂和氧化剂等化学物质可以与污染物发生反应，将其转化为较低毒性的形式或固定在土壤中。热修复技术利用高温来分解、挥发或氧化土壤中的污染物，包括热脱附、热气化、热解和热化学氧化等方法。热修复技术在处理挥发性有机物和重金属等污染物方面表现出良好的效果<sup>[1]</sup>。电动力学修复技术利用电场和电流来促进土壤中污染物的迁移、去除和降解。通过在土壤中引入电流，可以改变污染物和土壤颗粒之间的相互作用，从而促使污染物迁移和去除。目前越来越多的研究关注集成修复技术，即综合应用多种修复技术的组合来处理复杂的土壤污染问题。通过综合利用不同技术的优势，可以提高修复效果并降低成本。

### 一、土壤修复技术概述

土壤修复技术是指通过各种方法和技术手段，恢复受到污染或破坏的土壤的功能和质量，使其重新成为适宜农业、生态环境或其他用途利用的土壤。土壤修复技术旨在减少或消除土壤中的污染物，并改善土壤的理化性质、生物活性和生态功能<sup>[2]</sup>。

技术名称	技术实例
生物修复技术	通过菌种改良、土壤通气增氧、菌根植物种植等方法来提高土壤中污染物的降解能力。
地质工程技术	通过添加固化剂、渗透屏障材料等来改变土壤结构，减少或阻止污染物的迁移。
化学修复技术	例如，使用吸附剂、还原剂、氧化剂等化学物质来吸附、还原或氧化污染物。
物理修复技术	例如，通过挖掘、筛分、沉淀、蒸发等方法来清除或分离污染物。
电动力学修复技术	利用电场和电流来促进土壤中污染物的迁移、去除和降解。通过在土壤中引入电流，可以改变污染物和土壤颗粒之间的相互作用，从而促使污染物迁移和去除。 <sup>[3]</sup>

## 二、土壤修复技术在土地工程中的必要性

从环境保护角度来说，土壤污染对生态环境和人类健康造成严重影响。受污染的土壤可能释放有害物质到地下水、河流和大气中，影响生物多样性和生态系统的健康。土壤修复技术的应用可以有效减少土壤污染物的迁移和扩散，保护环境质量和生态平衡。从农业生产角度来说，农业是人类的重要经济活动，而受污染的土壤会对农作物的生长和产量产生负面影响。通过土壤修复技术，可以减少土壤中有毒物质的含量，提高土壤肥力和适宜农作物生长的能力，从而保障农业生产的稳定性和可持续性。从土地再利用角度来说，修复受污染的土地后，可以将其重新用于农业、工业、建设或其他目的。这有助于减少对原生态土地的开垦和资源消耗，最大限度地利用土地资源，提高土地的经济价值和社会效益。从法律法规角度来说，许多国家和地区都制定了土壤环境保护法律法规，要求对受污染的土壤进行修复和管理。土壤修复技术的应用是履行环境法规和规范要求的重要举措，有助于保障土地资源的可持续利用和环境保护。从社会责任角度来说，作为社会责任的一部分，土壤修复技术的应用可以改善受污染土地周边居民的生活环境和健康状况。通过修复受污染的土地，减少对人类健康和社区的潜在风险，增强社会的可持续发展。

### 三、土壤修复技术在土地工程中的实际应用情况

#### 1. 物理化学土壤修复技术在土地工程中的应用

吸附剂应用、氧化还原技术、热处理技术、电动力学技术、超声波技术这些物理化学土壤修复技术在土地工程中的应用可以根据具体情况和污染物的性质进行选择 and 组合，以实现有效的土壤修复和污染物的治理。这些技术在降低土壤污染物浓度、改善土壤质量、保护环境和人类健康方面有着广泛应用。例如：中国在沙尘暴频发的北方地区进行了大规模的土壤修复工作。通过利用物理技术如喷洒抑尘剂和覆盖物、建设风力固沙林带等，以及化学技术如添加植物营养物质和改良土壤结构等，成功恢复了沙化土壤的生产力和生态环境。加拿大 Alberta 地区发生了一起严重的石油泄漏事故，导致大面积的土壤污染。通过物理化学土壤修复技术，包括热解和吸附剂的使用，成功将石油污染物从土壤中去除或降低到安全水平，恢复了土壤的质量和可用性。这些事件和案例表明，在土壤修复领域，物理化学技术在解决不同类型的土壤污染问题方面发挥着重要作用。

#### 2. 生物土壤修复技术在土地工程中的应用

生物土壤修复技术是指利用微生物、植物及其相互

作用来修复受污染土壤的一种方法。这些生物修复技术在土地工程中应用广泛，包括以下几个方面：

①生物降解：通过利用土壤中的微生物来降解有机污染物。微生物通过代谢和降解作用将有机污染物转化为无害物质，如二氧化碳和水。这包括土壤中的细菌、真菌和放线菌等微生物的利用。②菌根植物修复：菌根植物根系与特定菌根真菌共生。菌根植物修复可以通过增加土壤中的菌根植物种植，促进菌根真菌与植物根系的相互作用，提高土壤的抗污染能力和生物活性。③植物吸附：通过植物的根系和地上部分来吸收土壤中的污染物。植物吸附技术可用于重金属和有机污染物的修复。植物根系吸附污染物后，污染物可以通过植物的生物过程进行转移和转化<sup>[4]</sup>。④微生物修复：利用特定微生物来修复受污染土壤。这些微生物可以降解、转化或吸附土壤中的污染物。常见的微生物修复技术包括生物堆肥、微生物菌剂的施用等。⑤植物酶活性：通过利用植物根系和土壤中的酶活性来修复受污染土壤。土壤酶可以降解有机物，改善土壤结构，并促进污染物的降解和转化。

生物土壤修复技术在土地工程领域可以提供一种经济、环保的修复方法，与传统的物理化学修复技术相比具有许多优势，如成本较低、环境友好、可持续性较强等。然而，生物修复技术的应用需要考虑到微生物和植物的适应性、适宜的环境条件和长期维护等因素，以确保修复效果的稳定和持久。如美国某石油泄漏事件中，通过注入具有石油降解能力的微生物菌种，促进土壤中石油化合物的生物降解，成功修复了受污染的土壤。生物土壤修复技术在解决不同类型的土壤污染问题上具有广泛的应用潜力，尤其是石油污染土壤。<sup>[5]</sup>通过利用特定的微生物、植物或其代谢产物来促进土壤污染物的生物降解、吸附或转化，可以有效恢复受污染土壤的质量和功能。生物修复技术在保护环境和生态修复方面发挥着重要作用。

### 3. 联合土壤修复技术在土地工程中的应用

联合土壤修复技术是指将多种不同的土壤修复技术结合起来应用，以达到更好的修复效果。在土地工程中，联合土壤修复技术的应用可以针对复杂的土壤污染情况，提高修复效率和修复质量。以下是一些常见的联合土壤修复技术的应用：①生物理化联合修复：结合生物修复技术和物理化学修复技术。例如，利用生物修复技术降解有机污染物，然后结合物理化学技术进一步去除或转化残余的污染物。这种联合修复可以充分利用不

同修复技术的优势，提高修复效果。②生物植被联合修复：结合植物修复技术和生物修复技术。通过种植具有吸附、生物降解和菌根作用能力的植物，结合土壤中的微生物进行共生作用，同时利用植物根系增加土壤通气性和水分保持能力，促进土壤中有害物质的去除和降解。③生物物理联合修复：结合生物修复技术和物理修复技术。例如，通过使用吸附剂、热处理或超声波等物理修复技术，提高土壤中有害物质的可移动性，然后利用微生物降解或吸附这些移动的污染物。④生物化学联合修复：结合生物修复技术和化学修复技术。通过施加氧化剂、还原剂或酸碱调节剂等化学物质，改变土壤中的环境条件，促进微生物的生长和降解有害物质。

联合土壤修复技术的应用可以根据具体的土壤污染情况和修复目标进行选择 and 组合。通过综合利用不同的修复技术，可以更全面地解决土壤污染问题，提高修复效率和修复质量。然而，联合修复技术的应用需要综合考虑技术适用性、修复效果评估和经济可行性等因素，确保修复方案的可行性和可持续性。澳大利亚的一个矿山地区进行了联合土壤修复技术的应用，以恢复受矿山开采活动影响的土壤。该项目采用了生物修复、物理修复和化学修复的综合方法。首先，通过引入具有生物降解能力的细菌和植物来降解和吸收土壤中的有害物质。其次，利用物理方法，如覆盖层和排水系统，控制土壤侵蚀和水管理。最后，采用化学修复技术，如添加吸附剂和土壤改良剂，稳定土壤中的有害物质并提高土壤质量。通过综合运用这些修复技术，成功恢复了矿山土壤的质量和生态功能，改善了当地环境。

### 4. 热修复技术在土地工程中的应用

热修复技术是一种利用高温进行热处理土壤以去除或降低土壤中有机污染物浓度的方法。在土地工程中，热修复技术被广泛应用于处理有机污染物，主要有以下应用方面：①热解吸附：热解吸附是将有机污染物通过加热分解为气体或蒸汽，并将其吸附到吸附材料上的过程。通过施加高温，有机污染物可以挥发出来，并被吸附剂捕获。常用的吸附剂包括活性炭、沸石等。②蒸汽提取：蒸汽提取是通过注入高温高压蒸汽到土壤中，使污染物挥发并被收集的过程。蒸汽可以通过土壤孔隙的扩散作用将挥发性有机污染物带到土壤表面，然后通过收集和处理来去除污染物。③热脱附：热脱附是通过加热土壤来分解和去除吸附在土壤颗粒表面的有机污染物。高温可以破坏有机污染物与土壤颗粒之间的吸附力，使其从土壤颗粒上释放出来，从而提高污染物的可移动性

和可提取性。④热化学氧化：热化学氧化是指在高温和氧化剂存在下对有机污染物进行氧化分解的过程。通过施加高温和氧化剂，有机污染物可以在短时间内进行氧化反应，将其转化为无害或低毒的产物。

应用热修复技术进行土壤修复的典型案例，如美国在处理石油污染土壤方面采用了热修复技术，以加速污染物的降解和去除，过程中应用热修复技术的热解吸附。该技术通过将加热元件埋入土壤中，提高土壤温度，以促进石油污染物的挥发和分解。随后，使用吸附材料吸附和收集挥发的污染物，从而减少土壤的污染程度。在石油泄漏事故的修复过程中，热解吸附技术被广泛应用，有效地修复了受污染土壤，并降低了环境风险。热修复技术在土地工程中的应用可以快速降低有机污染物的浓度，提高修复效率。然而，热修复技术也需要考虑能源消耗、土壤结构破坏和可能的二次污染等问题。因此，在实际应用中，应根据具体情况综合考虑热修复技术的可行性和可持续性，结合其他修复技术进行综合修复方

案的制定。

#### 四、结语

土壤修复技术在土地工程中的应用显著实现了环境保护效益，助力农业生产，有效提升土地再利用，有助于维护生态平衡、保护环境质量和实现可持续发展。

#### 参考文献：

- [1]刘莹莹.原位燃气热脱附技术在有机污染土壤修复工程中的应用[J].中国资源综合利用, 2021, 39(6): 56-58.
- [2]金晶.土壤污染修复技术及其应用分析[J].农机市场, 2023(5): 63-64.
- [3]涂啸宇.原位电动修复技术在无机氯离子污染土壤修复工程中的应用研究[D].合肥工业大学, 2020.
- [4]刘兵.不同植物种类对土壤重金属污染修复及应用前景[J].新农业, 2023(3): 21-22.
- [5]卢蕾.微生物修复技术在石油烃类污染场地的应用研究[J].石油化工技术与经济, 2023, 39(2): 49-52.