

污染土壤修复方法在生态环境保护中的应用研究

张巧梅

运城市生态环境局临猗分局 山西 运城 044100

摘要：在全球生态环境问题日益凸显的当下，土壤污染已成为备受瞩目的焦点之一。其不仅严重威胁着生态系统的稳定平衡，对人类健康以及农业的可持续发展也构成了巨大挑战。本文全面且深入地剖析了污染土壤给生态环境带来的多维度危害，涵盖对土壤生态系统、植物生长、水体环境以及大气环境等方面的不良影响。同时，详尽阐述了物理修复、化学修复、生物修复以及联合修复等多种污染土壤修复方法的内在原理、显著特点以及适用范围。通过实际生动的案例，深入分析了这些修复方法在不同污染场景下的具体应用效果，进而探讨了当前污染土壤修复工作所面临的诸多挑战以及未来的发展趋势。本文旨在为科学合理地选择和应用污染土壤修复方法提供坚实的理论依据，为切实加强生态环境保护工作提供具有实践价值的参考。

关键词：污染土壤；修复方法；环境保护

1 引言

土壤作为生态系统不可或缺的关键组成部分，不仅为植物的生长提供了必要的支撑和丰富的养分，还在生态系统的物质循环和能量流动过程中扮演着举足轻重的角色。然而，随着工业化进程的迅猛推进以及城市化步伐的不断加快，加之农业生产中化肥、农药等化学物质的大量使用，土壤污染问题愈发严峻。重金属、有机污染物等有害物质在土壤中不断累积，不仅严重破坏了土壤自身的生态功能，导致农作物的质量和产量大幅下降，还通过食物链的传递，对人类健康构成了潜在的严重威胁。因此，积极开展污染土壤修复工作，对于有效保护生态环境、切实保障食品安全以及维护人类健康具有不可忽视的重要意义。

2 污染土壤对生态环境的危害

2.1 对土壤生态系统的破坏

土壤生态系统是一个由微生物、动物和植物共同构成的复杂而微妙的平衡体系。各类污染物质的侵入会显著抑制土壤微生物的活性，严重干扰其分解有机物、转化养分等重要功能，最终导致土壤肥力的持续下降。以重金属汞、镉为例，它们的存在会使土壤微生物的数量急剧减少，种类也变得单一，从而严重破坏土壤微生物群落的结构和功能。此外，土壤中的动物如蚯蚓等，对土壤环境的变化极为敏感。污染会致使蚯蚓等土壤动物的数量锐减，进而影响土壤的通气性和透水性，进一步破坏土壤生态系统的稳定。

2.2 对植物生长的影响

污染土壤中的有害物质极易被植物吸收并在体内积累，从而对植物的正常生长发育产生严重的负面影响。

重金属会干扰植物对营养元素的吸收和运输过程，使得植物出现生长缓慢、植株矮小、叶片发黄等明显的生长不良症状。而有机污染物如多环芳烃、农药等，则会对植物的光合作用、呼吸作用等重要生理过程造成干扰，降低植物的抗逆性，使其更容易受到病虫害的侵袭。更为严重的是，受污染植物所生产的农产品质量会大幅下降，其中可能含有超标的有害物质，一旦被人类食用，将对人体健康构成严重威胁。

2.3 对水体环境的污染

土壤中的污染物可以通过多种途径进入水体，从而引发水体污染问题。例如，在农田中过量使用的化肥和农药，会随着雨水的冲刷流入河流、湖泊等水体，导致水体富营养化，同时使水体中的有毒有害物质含量超标。对于重金属污染的土壤，在降雨条件下，重金属离子会随着渗滤液渗入地下，污染地下水资源，进而影响到饮用水的安全，对人类的生存和健康构成潜在威胁。

2.4 对大气环境的影响

污染土壤中的挥发性有机污染物具有较强的挥发性，会不断挥发到大气中，增加大气中污染物的浓度。此外，土壤扬尘也是大气颗粒物的重要来源之一。污染土壤中的有害物质会附着在扬尘颗粒上，随着扬尘进入大气环境，从而影响空气质量，对人类的呼吸系统等造成危害。

3 污染土壤修复方法

3.1 物理修复方法

在污染土壤的表面覆盖一层未受污染的土壤，以此来稀释土壤中污染物的浓度；或是将污染土壤挖出，然后换上未受污染的土壤。这两种方法能够直观且较为彻

底地解决土壤污染问题,但它们也存在明显的弊端,如工程量巨大、成本高昂,并且需要大量的未污染土壤资源。此外,在实施过程中还可能对周边环境造成一定程度的破坏和影响;热修复法对于处理挥发性有机污染物和一些半挥发性有机污染物具有较高的修复效率。通过对污染土壤进行加热处理,使其中的有机污染物挥发或分解,从而达到修复土壤的目的。然而,热修复法能耗较大,并且在加热过程中可能会产生二次污染,例如产生的废气需要进行专门的处理,以防止对环境造成进一步的危害;电动修复法利用电场的作用,使土壤中的污染物在电场力的驱动下向电极附近迁移,然后对迁移到电极附近的污染物进行集中处理。这种方法对重金属离子和一些带电有机污染物具有较好的修复效果,尤其适用于低渗透性土壤。但电动修复法的修复成本较高,并且在修复过程中可能会对土壤结构和微生物产生一定的负面影响。

3.2 化学修复方法

化学淋洗法适用于处理重金属和有机污染物,具有修复速度快的优点,使用化学淋洗剂,如酸、碱、表面活性剂等,将土壤中的污染物溶解或络合,然后通过淋洗的方式将污染物从土壤中去。该方法在使用化学淋洗剂时需要谨慎选择和控制在,以避免对土壤和地下水造成二次污染。

向污染土壤中添加稳定剂或固化剂,使污染物与稳定剂或固化剂发生化学反应,形成稳定的化合物或固化体,从而降低污染物的迁移性和生物有效性。这种方法常用于处理重金属污染土壤,操作相对简单。但需要注意的是,只是将污染物固定在土壤中,并没有真正去除污染物,因此存在长期稳定性方面的问题。

氧化还原法是利用氧化剂,如高锰酸钾、过氧化氢等,或还原剂,如硫化钠、亚硫酸盐等,与土壤中的污染物发生氧化还原反应,将污染物转化为无害或低毒的物质。该方法对有机污染物和一些重金属具有较好的修复效果,但需要根据污染物的具体性质选择合适的氧化剂或还原剂,并且在修复过程中可能会对土壤环境产生一定的影响。

3.3 生物修复方法

植物修复法:植物修复法是利用植物对污染物的吸收、积累、转化和降解等功能来实现对污染土壤的修复。具体可分为植物提取、植物稳定、植物挥发等类型。植物提取是利用超富集植物将土壤中的重金属吸收并积累在地上部分,然后通过收获植物来进行处理;植物稳定是通过植物根系分泌的物质或与土壤中的物质相

互作用,使污染物在土壤达到稳定化的状态;植物挥发是利用植物将挥发性污染物吸收并转化为气态物质释放到大气中。植物修复法具有成本低、环境友好等优点,但修复周期较长,并且对植物的选择和种植条件有较高的要求。

微生物修复法:微生物修复法是利用微生物的代谢活动将土壤中的有机污染物分解为无害的物质,如二氧化碳和水。该方法包括原位修复和异位修复两种方式。原位修复是在污染土壤的原位添加微生物菌剂、营养物质等,以促进微生物的生长和代谢;异位修复则是将污染土壤挖出,在专门的反应器中进行微生物处理。微生物修复法具有成本低、效果好、无二次污染等显著优点,但修复过程受土壤环境条件,如温度、湿度、pH 值等的影响较大。

动物修复法:一些土壤动物,如蚯蚓、线虫等,可以通过摄食、消化和排泄等生理活动,改变土壤的物理和化学性质,进而促进污染物的降解和转化。例如,蚯蚓能够通过吞食土壤和有机物,将其消化分解,同时分泌一些酶和有机物质,这些物质可以促进土壤微生物的活动,从而加速污染物的降解。然而,动物修复法相对较少单独使用,通常需要与其他修复方法结合起来,以发挥更好的修复效果。

3.4 联合修复方法

联合修复方法是将两种或两种以上的修复方法有机结合起来,充分发挥各自的优势,以提高修复效果。例如,物理化学联合修复法可以先采用物理方法,如热修复,去除土壤中的挥发性有机污染物,然后再用化学方法,如化学淋洗,处理残留的污染物;生物化学联合修复法可以在微生物修复过程中添加适当的化学药剂,以促进微生物的代谢活动,提高有机污染物的降解效率。联合修复方法能够根据污染土壤的具体特点和污染物的性质,灵活选择合适的修复方法组合,具有针对性强、修复效率高突出优点。

4 污染土壤修复方法的应用案例分析

4.1 重金属污染土壤修复案例

某有色金属矿周边的土壤受到了镉、铅等重金属的严重污染。在修复过程中,首先采用了植物修复法,精心选择了对镉、铅具有较强富集能力的植物进行大规模种植。经过多年的持续种植和定期收获,土壤中的重金属含量逐渐呈现出下降的趋势。与此同时,结合微生物修复法,向土壤中添加能够有效促进植物生长和重金属吸收的微生物菌剂,显著提高了植物的修复效率。此外,还采用了稳定化/固化法,向土壤中添加石灰等稳定

剂,进一步降低了重金属的迁移性和生物有效性。通过综合运用这些修复方法,有效地降低了土壤中重金属的污染程度,成功保护了周边的生态环境和农作物的安全生长。

4.2 有机污染土壤修复案例

某化工企业场地的土壤受到了多环芳烃等有机污染物的污染。在修复过程中,首先采用热修复法,对污染土壤进行加热处理,使大部分多环芳烃挥发或分解。随后,采用化学淋洗法,使用表面活性剂溶液对残留的污染物进行淋洗,进一步去除土壤中的有机污染物。最后,采用微生物修复法,向土壤中添加能够降解多环芳烃的微生物菌剂,对土壤进行进一步的深度净化。经过联合修复,该场地土壤中的有机污染物含量大幅降低,达到了预期的修复目标,为该场地的后续再开发利用提供了有力的条件保障。

5 污染土壤修复面临的挑战及发展趋势

5.1 面临的挑战

修复成本高:许多污染土壤修复方法,如热修复法、电动修复法等,在实施过程中需要消耗大量的能源和材料,这使得修复成本居高不下。高额的修复成本导致一些污染场地由于缺乏足够的资金支持而无法得到及时有效的修复,从而延误了土壤修复的进程。

修复周期长:生物修复方法虽然具有环境友好的显著特点,但修复周期通常较长,可能需要数年甚至数十年的时间才能达到理想的修复效果。在漫长的修复期间,污染土壤仍然存在潜在的环境风险,对周边生态环境和人类健康构成持续的威胁。

二次污染问题:一些修复方法,如化学淋洗法、热修复法等,在修复过程中可能会产生二次污染,如淋洗剂的残留、废气的排放等。为了避免二次污染对环境造成进一步的危害,需要对二次污染进行有效的控制和处理,这无疑增加了修复工作的复杂性和成本。

修复技术的适应性:不同地区的土壤性质和污染状况存在较大的差异,一种修复技术在某些地区可能具有良好的修复效果,但在其他地区可能效果不佳。因此,在实际应用中,需要根据具体的土壤情况和污染特点,选择合适的修复技术,并对技术进行优化和改进,以提高修复效果。

5.2 发展趋势

未来的研究将集中致力于开发更加经济实惠、高效

快捷的污染土壤修复技术,如新型的生物修复技术、纳米修复技术等。这些新兴技术具有修复效率高、成本低、环境友好等诸多优点,有望成为未来污染土壤修复领域的主要技术手段,为土壤修复工作提供更有力的支持;加强联合修复技术的研究和应用提高修复效果。未来将进一步加强对联合修复技术的研究,深入探索如何优化修复方法的组合和应用顺序,以提高修复的针对性和有效性,实现对不同类型污染土壤的精准修复。

在追求修复效果的同时,未来的污染土壤修复工作将更加注重修复过程的环境友好性,致力于减少对土壤生态系统的破坏和二次污染的产生。例如,开发绿色环保的修复药剂和材料,采用生态友好的修复方法等,以实现土壤修复与生态保护的协调发展。

建立污染土壤修复的标准和规范:目前,我国污染土壤修复的标准和规范还不够完善,这给修复工作的开展带来了一定的困难。未来需要建立统一、科学、完善的污染土壤修复标准和规范,为修复工作提供明确的指导和依据,确保修复工作的质量和效果。

6 结论

污染土壤修复作为生态环境保护工作的重要组成部分,对于维护生态系统的平衡、保障人类健康以及促进农业的可持续发展具有不可替代的重要意义。物理修复、化学修复、生物修复以及联合修复等多种修复方法各有其优缺点,在实际应用中,需要综合考虑污染土壤的特点、污染物的性质、修复目标以及成本等多方面因素,科学合理地选择合适的修复方法或方法组合。尽管当前污染土壤修复工作面临着修复成本高、周期长、二次污染等诸多挑战,但随着科学技术的不断进步和创新,开发低成本、高效、环境友好的修复技术,加强联合修复技术的应用,建立完善的标准和规范将成为未来的发展方向。通过不懈的努力,有望实现污染土壤的有效修复,从而保护和改善生态环境质量,为人类创造更加美好的生存和发展空间。

参考文献

- [1]董楠楠,妥翔.污染场地土壤修复技术与修复效果研究[J].山西化工.2022,42(4)
- [2]薛晓东,冷艳秋,李浩.对污染土壤修复技术研究现状与趋势分析[J].清洗世界.2022,38(9).
- [3]吴敏,施柯廷,陈全,等.有机污染土壤生物修复效果的限制因素及提升措施[J].农业环境科学报.2022,41(5).