

有机污染土壤修复技术综述

周婷¹ 余祺² 龚雁³

1. 湖北格物生态环境科技有限公司, 中国·湖北 武汉 430000
2. 武汉智汇元环保科技有限公司, 中国·湖北 武汉 430000
3. 武汉市硚口区生态环境事务服务站, 中国·湖北 武汉 430000

摘要: 随着人类社会的不断发展, 工业化、城市化的不断推进, 土壤污染问题日益凸显, 目前土壤重金属污染、有机物污染和放射性污染等问题已成为全球关注的热点环境问题。论文全面介绍了当前有机污染土壤的修复技术, 并较全面的分析比对了各修复技术的修复原理和优缺点等。笔者认为, 污染土壤修复将是一项非常具有挑战和前途的工作, 将会对人类健康和经济可持续发展发挥重要作用。

关键词: 土壤污染; 有机污染土壤; 土壤修复技术

Review of Organic Polluted Soil Remediation Technologies

Ting Zhou¹ Qi Yu² Yan Gong³

1. Hubei Gewu Ecological Environment Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China
2. Wuhan Zhihuiyuan Environmental Protection Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China
3. Wuhan Qiaokou District Ecological Environment Affairs Service Station, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: With the continuous development of human society, industrialization, and urbanization, soil pollution problems are becoming increasingly prominent. Currently, soil heavy metal pollution, organic matter pollution, and radioactive pollution have become hot environmental issues of global concern. The paper comprehensively introduces the current remediation technologies for organic contaminated soil, and comprehensively analyzes and compares the remediation principles and advantages and disadvantages of each remediation technology. The author believes that the remediation of polluted soil will be a very challenging and promising task, which will play an important role in human health and sustainable economic development.

Keywords: soil pollution; organic contaminated soil; soil remediation technology

1 引言

土壤是人类赖以生存的主要自然资源之一, 目前土壤有机污染随着社会经济的发展已成为全球关注的生态环境问题。有机化合物具有较高的土壤-水分配系数, 进入土壤以后, 其绝大多数积聚在土壤里, 由于其难降解, 且毒性大, 所以关于有机污染土壤的修复技术成为污染土壤修复技术领域的一大研究热点。

2 有机污染土壤来源及危害

2.1 有机污染土壤及其来源

土壤中的有机污染物主要包括人为生产加工使用造成的污染以及自然界产生从而形成的污染, 主要为多环芳烃、农药、甲烷、三氯乙醛、石油等, 其中最主要的有机污染物是农药。按降解性难易程度, 土壤中的有机污染物可分成易分解类(酚、有机磷农药、氰等)和难分解类(有机氯等)。

土壤中的有机污染物的来源主要包括: 工业污染源、交通运输污染源、农业污染源、生活污染源等。其中, 工业

污染源包括工业区周围工业“三废”、污水灌溉等; 交通运输污染源包括尾气等; 农业污染源包括农业生产中的农药、化肥以及动物废弃物等; 生活污染源包括生活垃圾、废水等废弃物。

2.2 有机污染土壤危害

第一, 受污染的场地会造成土壤的理化及生物特性变异, 对赖以生存的生物产生刺激和生理毒性, 对生物数量及物种产生一定的选择及诱导作用。同时, 还会对周边环境产生一定的间接影响。

第二, 在土壤环境中, 有机污染物质通过复杂的环境行为进行降解代谢以及吸附吸解, 其可以进入其他环境体系当中, 主要进入方式包括挥发、淋滤、地表径流携带等; 土壤污染导致的土层中有害物质的积累, 会经过地下水循环系统进入江河, 也会进入农作物中, 最终通过食物链进入人体内, 引发各种疾病, 危害人类健康。同时, 对于长期直接暴露于污染地块的工人, 会因接触受污染的土壤而中毒, 甚至产生较大的致癌风险, 严重威胁人体健康。

3 有机污染土壤修复技术

有机污染土壤修复技术主要包括水泥窑协同处置、土壤洗脱、热脱附、化学氧化、常温解析、生物堆技术等。

3.1 水泥窑协同处置技术

水泥窑协同处置技术主要利用水泥回转窑内的高温、气体长时间停留、热稳定性好、热容量大、碱性环境、无废渣排放等特点，在生产水泥熟料的同时，焚烧固化处理污染土壤。有机污染土壤从窑尾烟气室进入水泥回转窑，窑内气相温度最高可达到 1800℃，物料温度约为 1450℃，有机污染物在水泥窑的高温条件下转变为无机化合物，高温气流与高细度、高均匀性、高浓度、高吸附性分布的碱性物料（CaO、CaCO₃ 等）充分接触，有效抑制酸性物质的释放，将氯和硫等转化成无机盐类固定下来。

3.2 土壤洗脱技术

土壤洗脱是采用增效洗脱或物理分离等方法，通过加水或适合的增效剂，将重污染土壤组分分离或将污染物从土壤相转移到液相的技术。通过洗脱处理，可有效地降低污染土壤的处置量，实现减量。

3.3 热脱附技术

热脱附技术是利用间接或直接的加热方式将污染土壤加热至有机物沸点以上，通过控制物料停留时间和系统温度，使吸附土壤中的有机物挥发成气态后再分离处理。

3.4 化学氧化技术

通过向污染场地中投加化学试剂，依靠其氧化能力分解破坏有机物结构，使土壤中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质，达到去除污染物的目的。常见的氧化剂为过氧化氢、过硫酸盐、臭氧、高锰酸盐等。常见的还原剂为连二亚硫酸钠、硫化氢、零价铁、亚硫酸氢钠、二价铁和硫酸

亚铁等。

3.5 常温解吸技术

常温解吸技术是利用土壤有机污染物易挥发的特性，在常温下通过使用土壤解吸机械设备（如筛分机、土壤改良机、翻抛机等）对污染土壤进行强制扰动，必要时需将常温解吸用剂均匀混入污染的土壤中，以此来增大土壤孔隙度，使吸附于污染土壤中的污染物解吸、挥发，最后通过尾气处理系统进行收集去除。

3.6 生物堆技术

对污染土壤堆体采用人工强化手段，促进土壤中具有污染物降解能力的土著微生物或外源微生物的生长，降解土壤中污染物。

4 有机污染土壤修复技术比对

有机污染土壤修复技术在具体应用中受到诸多因素的制约，因此需要结合污染地块的实际情况，选择合适的有机污染土壤修复技术，设计符合污染地块需求的土壤修复方案。

污染土壤生物修复技术筛选的基本原则应为：以场地前期污染调查与风险评估工作为基础，充分借鉴国外在污染场地修复领域的先进经验，满足中国现阶段污染场地修复技术的研发、应用与管理水平，有效去除或降低场地土壤中污染物的浓度和风险，提高修复效率，减少二次污染，确保人体安全。同时，应针对场地污染物特性和污染特征、场地地质和水文地质条件，场地未来规划等重要因素，因地制宜选择修复技术。

下面将对常用有机污染土壤修复技术的优、缺点及适用性等进行比对分析（见表 1）。

表 1 有机物污染土壤修复技术对比一览表

序号	修复技术	适用性	成熟性	优点	缺点
1	水泥窑协同处置	适用于重金属和有机污染土壤	技术成熟，中国常用技术	修复成本中等；修复周期较短；二次污染影响较小	污染土壤需要外运，转运过程需要严格监管
2	异位热脱附	适用于 VOCs 和 SVOCs 污染土壤	技术成熟，中国常用技术	修复成本中等；修复周期中等	存在二次污染
3	原位热脱附	适用于 VOCs 和 SVOCs 污染土壤	技术成熟，中国偶有应用	土壤中污染物去除彻底	修复成本高，修复周期较长，存在二次污染
4	化学氧化	对于大于 4 环及以上的多环芳烃化学氧化效果一般；渗透性较差的粘性土壤不适用	技术成熟	修复成本中等	修复周期较长，存在二次污染
5	土壤洗脱	适用于重金属和有机污染土壤；粉质黏土不适用	技术较成熟	修复周期中等	修复成本高，二次污染风险较大
6	常温解吸	适用于污染程度较轻、挥发性较强的 VOCs 污染土壤。对污染程度较重、挥发性较差的污染土壤修复效果无法保证。含水率高和渗透性较差的黏土类污染土壤修复效果较差	技术较成熟	修复成本低，修复周期短，二次污染风险较小	适用性一般
7	生物堆	适用于石油烃污染土壤	技术较成熟	修复成本低，修复周期中等，二次污染风险较小	微生物生长环境控制要求较高

5 结语

污染土壤修复技术将污染场地修复治理为符合规划土壤环境质量要求的土地,土地由不可用变为可用,土地价值得到极大提升。同时,将有限资金投入土壤治理修复行业,将促进该产业发展,提高土壤污染治理与修复产业化水平,并提供了新的就业机会,拉动了经济的发展。随着时间的推移,越来越多的人已经开始关注污染土壤的修复。土壤污染治理工作是一个长期的过程,需要不断扩大其在环境治理中的影响,针对不同类型的污染土壤采取不同的修复方法,能更好地实现修复效果。各种修复技术的结合及时回收所修复的土壤资源是一个有效的方式,它能为全球环境资源的可持续发展奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 段明杰.土壤污染调查与防治技术分析[J].皮革制作与环保科技,2023(10):48-55.
- [2] 郭晓玲.土壤修复措施综述[J].资源节约与环保,2021(2):20-21.
- [3] 侯愷.污染土壤修复技术综述[J].江西化工,2019(4):26-29.
- [4] 陈慧.水泥窑协同处置污染土技术及应用探讨[J].水泥工程,2019(1):40-41.
- [5] 环境保护部,国土资源部.全国土壤污染状况调查公报[R].2014.
- [6] 环境保护部.污染场地修复技术目录(第一批)[Z].北京:2014.

作者简介:周婷(1989-),女,中国湖北武汉人,硕士,工程师,从事生态环境保护研究。