

### 4.3 规范环境监测和台账记录

企业需要规范环境监测工作,严格执行监测方案,确保为环境管理提供重要的依据。首先,企业要按照许可证明确的监测点位、项目、频次、方法和相关标准,编制详细完善的自行监测方案,落实到具体的工作中。同时委托有资质的第三方检测机构开展监测工作,获得更加真实可靠的数据。在应用在线监测设备时,要确保安装规范,可以正常运行。其次,企业建立完善的环境管理台账。台账中包含了诸多内容,例如生产设施运行状况、污染防治设施、运维记录、污染物排放监测数据、内部环保检查与整改记录等<sup>[5]</sup>。通过建立统一的数据管理平台,有效管理监测数据和台账信息,并提高数据信息的利用率,可以有效识别企业的排放规律,发现其中潜在的问题,评估达标状况,优化管理措施。

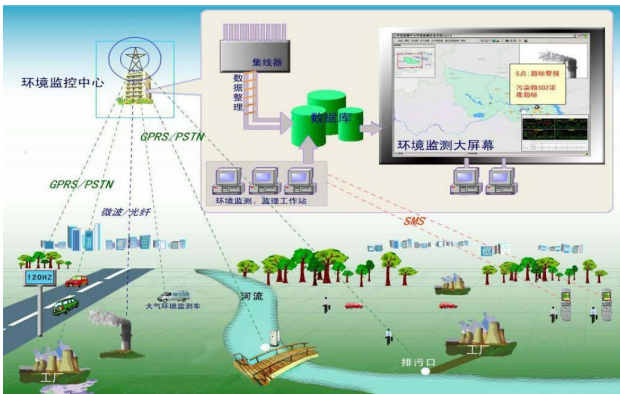


图2 智能化环境监测

### 4.4 信息公开

相关法律法规中,明确规定排污单位需要在全国排污许可证管理信息平台上,如实填报并公开排污许可证申请与核发情况,以及自行监测的相关内容。因此企业需要提高重视,定期公开相关信息,接受社会公众监督。严格按照许可证规定的时限和内容要求,编制并提交排污许可证执行报告。报告的内容需要真实准确完整,可以反映企业实际的排污情况、合规情况以及环境管理成效。对报告中反映的异常情况需要说明原因,加入已经采取或拟采取的整改措施。信息公开中,企业可以通过企业网站、环境信息平台等,及时有效地公开完整的环境信息,主动接受社会监督,回应公众关切。

### 4.5 加强应急管理和风险防控

企业需要制定完善的应急管理机制,有效应对各种风险问题。在环境管理工作中完善应急预案要根据环境风险评估结果与许可证的要求,修订应急预案的内容,明确应急组

织、响应程序、人员培训等方面的要求,定期组织演练,确保应急预案的可操作性。其次,企业强化风险隐患排查工作。定期排查各类风险问题,建立隐患台账,确保其符合排污许可证的相关要求。发现风险后,落实防范措施,排除风险定期检查,避免造成严重影响。

### 4.6 完善监督机制

企业建立完善的监督机制,用于评价环境管理的情况,定期评价、审核、持续改进创新,从而提高企业环境管理的效率。首先,企业开展内部环保检查工作。定期组织人员检查生产车间、污染治理设施、监测活动、台账记录等的基本情况。形成完整的记录,发现问题明确整改要求,责任人确保问题整改到位。定期开展内部审计工作,对整体的环境管理体系进行有效审核,确保其符合现阶段的企业特点。基于检查审核监测数据分析和评审结果,建立持续改进机制。推动新工艺新设备的应用,做好源头把控和过程管控,实现末端治理的技术升级。其次,企业还需要建立外部监管机制。企业需要积极配合环保部门监督检查所有的环境管理资料,并配合现场检查,要对监管部门提出的问题认真对待,及时整改。企业保持与生态环境主管部门的良好沟通关系,及时报告出现的重大变更、异常排放以及遇到的困难,获得主管部门的配合和指导,解决现阶段的环境问题。

## 5 结语

综上所述,企业在排污许可后开展环境监测工作,常见的工作中出现一些问题,因此需要提高认识,明确基本的工作内容,完善工作机制的建设。在环境管理中,企业需要开展精细化污染防治工作,并进行智能监测。做好信息公开应急管理和风险防控工作,建立完善的监督机制。可以提高环境管理的有效性和针对性,解决以往问题,确保企业符合排污许可证的相关标准要求,实现可持续发展。

### 参考文献

- [1] 彭雨虹. 浅析企业在排污许可后的环境管理工作[J]. 数码精品世界,2023(5):484-486.
- [2] 刘云,阮兵军,吕玉新. 浅析企业在排污许可后的环境管理工作[J]. 中小企业管理与科技,2021(30):143-145.
- [3] 叶涓谷. 浅析排污许可制度下的环境管理[J]. 文渊(小学版),2023(9):658-660.
- [4] 崔婉环. 关于排污单位排污许可证后管理的思考[J]. 生态与资源,2024(8):114-116.
- [5] 朱贤婷. 基于排污许可制的环境管理现状及对策研究[J]. 皮革制作与环保科技,2024,5(8):148-150.

# Optimization and effect evaluation of soil leaching remediation technology in contaminated sites

Chunhua Ma

Zhonglu Environmental Protection Technology (Hunan) Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

## Abstract

Soil remediation of contaminated sites is a critical component in safeguarding ecological security and human health. Leaching remediation technology has gained significant attention due to its high efficiency and broad applicability. This method achieves pollutant desorption and migration through the interaction between leaching agents and soil contaminants, thereby reducing harmful substance concentrations. Different types of leaching agents exhibit varying effectiveness in removing heavy metals, organic pollutants, and complex contaminants, with optimized selection and rational formulation being key to enhancing remediation efficiency. Recent advancements in composite leaching agent development, leaching fluid recovery, and secondary pollution prevention have significantly improved their feasibility in complex sites. Evaluating remediation effectiveness requires not only physical-chemical measurements but also ecological function restoration and economic benefit analysis to balance environmental protection with sustainable development. Therefore, systematic exploration of optimization pathways and effectiveness evaluation for leaching remediation technology holds both theoretical significance and practical value.

## Keywords

contaminated site; soil leaching; remediation technology; effectiveness assessment; optimization path

## 污染场地土壤淋洗修复技术优化与效果评估

马春花

中铝环保节能科技(湖南)有限公司, 中国·湖南长沙 410000

## 摘要

污染场地土壤修复是保障生态环境安全和人类健康的重要环节, 其中淋洗修复技术因具有高效性和适用范围广而受到广泛关注。该技术通过淋洗剂与土壤中污染物的作用, 实现污染物的解吸与迁移, 从而降低土壤中有害物质的浓度。不同类型的淋洗剂在重金属、有机污染物和复合污染物的去除效果上存在差异, 优化选择与合理配比是提升修复效率的关键。近年来, 研究者在复合淋洗剂研发、淋洗液回收与二次污染防控方面取得积极进展, 使其在复杂场地中的应用可行性进一步增强。修复效果评估不仅依赖理化指标的检测, 还需结合生态功能恢复与经济效益分析, 以实现环境保护与可持续发展的统一。因此, 系统探讨淋洗修复技术的优化路径与效果评价具有重要的理论价值与实践意义。

## 关键词

污染场地; 土壤淋洗; 修复技术; 效果评估; 优化路径

## 1 引言

随着工业化和城镇化进程的加快, 场地土壤污染问题日益严重, 对环境质量和人体健康造成潜在威胁。重金属、持久性有机污染物及复合污染物广泛存在于土壤中, 传统修复方法如固化稳定、热处理和植被修复在治理效果和经济性上存在一定局限。淋洗修复技术因能够高效去除污染物、缩短修复周期并具备较强的工程适应性, 逐渐成为国内外学术界和工程领域关注的重点。然而, 该技术在淋洗剂选择、土壤结构保持、修复后功能恢复以及二次污染控制等方面仍存在

挑战。针对不同污染类型与场地特征, 探索更为合理的工艺参数和优化路径, 构建完善的效果评估体系, 已成为推动其大规模应用的关键问题。本研究围绕淋洗修复技术的优化与效果评估展开, 旨在为污染场地治理提供理论支持与技术参考。

## 2 污染场地土壤淋洗修复技术的原理与适用性

### 2.1 污染物类型与淋洗修复机制的作用关系

土壤中的污染物种类复杂, 不同类型的污染物与淋洗修复机制存在差异性。重金属离子往往以吸附态、交换态或沉淀态存在, 淋洗剂通过络合、螯合或离子交换等作用促进其解吸和迁移, 从而实现从土壤颗粒表面脱附。有机污染物则因疏水性或亲脂性较强, 多聚集在有机质或粘土矿物表

【作者简介】马春花(1987-), 女, 中国河南信阳人, 硕士, 工程师, 从事环境工程研究。

面,通过表面活性剂或有机溶剂的乳化与增溶作用被转移至淋洗液中。复合污染场地中重金属与有机物常形成复合体或共存状态,其迁移转化机理更加复杂,需要兼顾多种作用路径。

## 2.2 淋洗剂选择与土壤理化性质的适配性分析

淋洗剂的种类和性质对修复效率起决定作用,其选择需考虑土壤的理化特征。酸性淋洗剂适用于碳酸盐含量高的土壤,通过降低 pH 促进重金属溶解与迁移,但可能导致土壤结构破坏和酸化风险。螯合剂如 EDTA、草酸等能与多种金属离子形成稳定络合物,在黏土矿物含量较高的土壤中具有较好效果。对于有机污染物,表面活性剂和有机溶剂型淋洗剂能显著增强溶解与分散作用,在有机质含量较高的土壤中表现突出。土壤质地影响淋洗液的渗透性和流动性,砂质土壤更利于淋洗液通过,但易造成营养元素流失,而黏重土壤则需要更高浓度或复配型淋洗剂以提升效率。

## 2.3 工艺流程与关键操作参数的控制要点

土壤淋洗修复工艺通常包括污染土壤开挖、筛分、淋洗、固液分离和淋洗液处理等环节,每一步均对最终效果产生显著影响。粒径较小的土壤颗粒往往吸附污染物更多,需在筛分过程中予以重点处理。淋洗环节的液固比是关键参数,液固比过低会降低污染物迁移效率,过高则增加能耗与废液量。淋洗时间与流速影响污染物的解吸动力学,合理延长作用时间可提升去除率,但过长可能造成淋洗剂消耗过大。温度与 pH 调控在工艺中同样重要,适宜的温度可加速反应速率, pH 的变化则直接影响污染物形态及淋洗效率。固液分离过程中的离心或过滤技术决定修复效率与操作稳定性,而废液的处理方式关系到是否会引发二次污染。

# 3 土壤淋洗修复技术的优化路径

## 3.1 高效复合淋洗剂的研发与应用前景

复合型淋洗剂通过多组分协同作用,可同时针对不同类型污染物发挥去除作用,显著提升修复效率。螯合剂与表面活性剂的复配能够在同一体系中兼顾重金属和有机污染物的去除效果,同时避免单一淋洗剂作用不足的问题。天然有机酸与生物基表面活性剂的组合不仅降低了环境风险,还增强了可降解性,为绿色修复提供了可能。近年来,研究者还开发了功能化纳米材料与复合淋洗体系,提高了对难降解污染物的处理能力。复合淋洗剂的应用前景不仅体现在效率提升,还在于其在不同土壤质地中的适应性增强,以及在降低淋洗剂投加量和废液产量方面的潜力。未来的发展方向是结合土壤环境条件与污染物特性,构建智能化、可控释放的复合体系,以实现修复技术的高效、安全与可持续化。

## 3.2 土壤结构保持与生态功能保护的优化措施

土壤淋洗修复虽然能有效去除污染物,但过程可能造成土壤团聚体破坏、养分流失和微生物群落失衡,进而影响土壤生态功能。优化措施需在提高污染物去除率的同时,

维持土壤理化结构和生物活性。通过在淋洗过程中引入缓冲剂,可以减轻酸碱波动对土壤质地的破坏。修复完成后,施加有机肥料和生物炭有助于恢复土壤有机质含量,改善团聚体稳定性,促进生物多样性重建。联合应用植物修复技术,不仅可以吸收残留污染物,还能加快土壤结构与功能的自然恢复。在修复过程中嵌入生态调控手段,使污染去除与生态保护形成统一,能够实现环境修复与资源功能利用的双重目标。这种兼顾污染控制与生态修复的优化路径,有助于提升技术的应用推广价值和长期可持续性。

## 3.3 淋洗过程废液回收与二次污染控制策略

淋洗修复过程中产生的废液含有高浓度污染物与残余淋洗剂,如果处理不当将带来新的环境风险。废液回收与二次污染控制是技术优化的核心环节。常用方法包括沉淀法、吸附法和膜分离技术,用于去除重金属和有机物,降低废液的毒性水平。部分淋洗剂可通过化学沉淀或电化学方法回收再利用,减少资源消耗并降低运行成本。对于含有多种污染物的复杂废液,联合工艺如吸附与膜分离结合的方式能够实现高效净化。废液处理过程还需结合能耗控制与副产物处置,确保在全生命周期内避免新的环境负担。建立完善的废液回收与循环利用体系,不仅能够降低二次污染风险,还能提高修复工程的整体经济性与环境友好性,为淋洗修复的推广应用提供坚实保障。

# 4 淋洗修复技术在典型污染场地中的应用实践

## 4.1 重金属污染场地土壤淋洗修复的效果评估

在重金属污染场地的修复实践中,淋洗技术表现出较高的去除效率。研究表明,在液固比为 10 : 1 的条件下,采用 EDTA 作为淋洗剂对铅的去除率达到 85%,对镉的去除率为 78%,对锌的去除率为 72%。通过复配柠檬酸和草酸,修复效率进一步提高,铅的去除率达到 90% 以上,镉和锌的去除率分别为 82% 和 76%。淋洗处理后,土壤中铅的残留浓度由 450mg/kg 下降至 60mg/kg,镉由 12mg/kg 下降至 2mg/kg,基本接近土壤环境质量 II 类标准限值。修复过程中, pH 由 6.5 下降至 5.8,显示淋洗剂对土壤酸化有一定影响,但通过后期施用石灰粉, pH 可恢复至 6.4,维持了土壤基本理化性质的稳定性,验证了该方法在重金属场地修复中的可行性与有效性。

## 4.2 有机污染物场地土壤淋洗修复的效果评价

在有机污染物修复实验中,表面活性剂淋洗对多环芳烃表现出较好效果。在污染土壤初始苯并[a]芘含量为 15mg/kg 的条件下,采用阴离子表面活性剂 SDS 进行处理,其去除率可达 68%,当与非离子表面活性剂 TX-100 复配时,去除率提升至 83%。对多氯联苯的淋洗实验显示,单一表面活性剂处理后去除率为 55%,而采用环糊精类增溶剂联合 SDS 处理,去除率可达到 79%。经过三次淋洗循环,土壤中总有机污染物浓度由 450mg/kg 下降至 95mg/kg,去除