

# 污染场地环境风险的工程控制技术及其应用

马志盼

江苏环保产业技术研究院股份公司

DOI:10.12238/eep.v7i10.2297

**[摘要]** 随着经济社会的快速发展,污染场地环境风险问题日益突出,如何科学利用工程控制技术,有效控制与消除污染场地环境风险,备受业内关注。基于此,本文首先介绍了工程控制技术应用现状及其在实践领域中的优势特点,探讨了包括水平覆盖系统和垂直阻隔系统在内的工程控制技术类型及应用方式,最后结合相关实践经验,分别从科学运用虚拟技术,提升工程控制技术实效性等多个维度,研究了提升工程控制技术应用成效的方法路径。

**[关键词]** 污染场地; 环境风险; 工程控制技术; 应用策略

中图分类号: Q89 文献标识码: A

## Engineering control technology and its application of the environmental risk of polluted sites

Zhipan Ma

Jiangsu Environmental Protection Industry Technology Research Institute Co., Ltd.

**[Abstract]** With the rapid development of economy and society, the environmental risk of polluted sites has become increasingly prominent. How to scientifically use engineering control technology to effectively control and eliminate the environmental risk of polluted sites has attracted much attention in the industry. Based on this, this paper first introduces the present situation of engineering control technology application and its advantages in the field of practice, discusses the engineering control technology, including horizontal coverage system and vertical barrier system type and application way, finally combined with the relevant practical experience, respectively from the science using virtual technology, improve engineering control technology effectiveness, and other dimensions, studied the method of improving engineering control technology application path.

**[Key words]** the site pollution; environmental risk; engineering control technology and application strategy

### 引言

当今社会,污染场地环境风险涉及污染物类型、污染程度、暴露途径和受体敏感性等诸多要素,对工程控制技术的应用具有较高要求。当前形势下,技术人员应宏观审视工程控制技术的核心价值作用,精准把握其在实践应用中的关键要点,综合施策,全面提高污染场地环境风险治理综合成效。

### 1 工程控制技术应用现状

现代工程控制技术的创新发展与运用,为新时期污染场地环境风险治理提供了更为灵活多变的工具载体,使传统技术条件下难以取得的污染物切断或限制效果更具实现可能。工程控制技术具有多样性特点,可根据不同类型的污染场地或污染物等,予以灵活选择或组合使用<sup>[1]</sup>。近年来,国家相关部门高度重视工程控制技术的优化创新,在细化完善工程控制技术实施细则,修复技术设备研发与示范项目建设等方面制定并实施了诸多宏观政策策略,为新时期全面实现工程控制技术的时代价值提供了重要基础遵循。同时,广大工程技术人员同样在污染场地

环境风险评价,填埋和水泥窑协同处置技术应用等方面进行了诸多有益探索与总结,有效保障了污染物清除效果,积累了丰富而宝贵的实践经验,成效显著。尽管如此,受限于诸多主客观要素,当前污染场地环境风险中的工程控制技术水平尚有较大提升空间,具体技术措施的针对性有待进一步增强,亟需利用更具实效性的工程措施限制污染物转移,消除因污染物暴露而对环境和人类健康造成的风险。

### 2 工程控制技术的优势特点

#### 2.1 施工技术成熟,施工周期短

经过长期研究和实践,污染场地环境风险中的工程控制技术日臻成熟,所构造形成的技术体系更具灵活性与层次性特征,可在多种不同类型的污染场地环境中取得良好效果。依托于工程控制技术,污染场地环境风险解决方案更具可行性、稳定性和可靠性,能够快速响应污染场地的治理需求。得益于工程控制技术较短的施工周期,整个技术应用过程可在更短时间内完成更多数量的污染场地环境风险治理任务,使场地快速恢复并实现再利用。

## 2.2 成本相对较低, 适用性强

与传统污染物修复技术相比, 工程控制技术在经济性方面更具优势, 这主要得益于其较短的施工周期、较少的材料消耗和较低的人力需求。在工程控制技术应用中, 污染场地环境风险治理可制定详细可行的实施方案, 明确不同环节与步骤的具体要求, 有助于从整体范围上对成本要素进行分配, 同时保障治理效率。在适用性方面, 工程控制技术既可适用于重金属污染场地, 也可适用于有机污染场地和无机污染场地, 这也决定了其在未来发展中的广泛应用前景。

## 2.3 风险控制效果好, 环境扰动小

纵观以往污染场地环境风险治理实际, 普遍存在风险控制效果不佳, 治理过程对环境扰动影响明显等共性问题, 不利于取得最优化的实施效果。而通过运用工程控制技术, 则可在污染场地环境范围内有针对性地切断污染物的迁移路径, 最大限度上保护周边环境和居民安全, 有助于取得更为理想的风险控制效果。部分工程控制技术的整个实施过程对环境的扰动影响较小, 可在保持原有生态环境现状的基础上, 有效控制污染物的扩散和转移, 减少治理过程中的负面影响<sup>[2]</sup>。

# 3 污染场地环境风险的工程控制技术类型及应用探讨

## 3.1 水平覆盖系统

水平覆盖系统通常也被称作表层阻隔, 旨在根据污染场地环境条件, 利用抬高地面并在特定场地空间范围内构造形成适当坡度的方式, 将污染物与周边环境要素进行阻断隔离, 降低污染物与人、动物和植物的接触性影响。在当前工程控制技术条件下, 水平覆盖系统可分为表层、保护层、排水层、阻隔层、基础层和气体收集层等部分, 上述不同的构成部分在构造方式、功能条件、阻隔效果等方面存在明显差异, 共同构造形成完整有序的水平覆盖系统。水平覆盖系统的构造需要充分考量污染物的稳定性, 保障其对污染物所产生气体的管理能力。对于水分含量相对较少的偏干旱污染场地, 通常可不设置排水层。

## 3.2 垂直阻隔系统

### 3.2.1 泥浆墙

泥浆墙是垂直阻隔系统的常用技术类型之一, 通过在污染场地开挖特定宽度和深度的沟槽, 然后灌入由膨润土、水和黏土等材料混合而成的泥浆, 当膨润土膨胀并形成紧密屏障墙体后, 起到阻隔地下水或污染物渗透的作用, 具有低渗透性、耐久性和连续性等优势。在具体操作中, 首先根据污染场地条件, 对施工作业区域进行平整处理, 清除附着于地表的各类杂物或障碍物, 然后使用挖掘机械设备开挖沟槽。泥浆制备需严格掌握各项原材料质量, 准确核算其混合比例, 确保其各项性能参数符合泥浆墙作业要求。泥浆灌注应均匀有序, 使全部填满整个沟槽。为确保泥浆墙稳固性, 可使用钢制材料等进行边缘支撑, 同时在泥浆墙上方安装封盖。

### 3.2.2 灌浆墙

灌浆墙的应用需根据污染场地土壤类型和密度, 选用由水

泥、膨润土和混凝土等建筑材料制作而成的浆液, 对目标区域进行灌浆操作, 整个作业过程无需开挖, 作业人员暴露风险小, 对场地的扰动影响较低, 可应用于砾石到黏土等多类型土壤。根据泥浆喷灌方式的不同, 灌浆墙可采用的施工方法包括压力灌浆、喷射灌浆和化学灌浆等。压力灌浆通常采用特定强度的灌浆机械设备, 利用外部压力将浆液灌入作业区域, 使浆液注入到土壤或岩体的缝隙中<sup>[3]</sup>。喷射灌浆则采用专业喷射设备, 设定符合作业要求的喷射压力条件, 通过高速喷射使浆液均匀分布于作业区域。化学灌浆则利用浆液的化学特性, 使其与污染场地介质发生化学反应后, 形成阻隔墙。

### 3.2.3 板桩墙

板桩墙的基本构成单元为直立板条状构件, 在污染场地环境风险治理中可用于抵抗侧向土压力, 利用锚杆拉力和板桩下部的被动压力防止土体崩塌。根据构造方式和应用环境的差异, 板桩墙可分无支撑形式、单支撑形式和多支撑形式。在板桩墙构造过程中, 通常将钢板、预制混凝土、木材等垂直打入污染场地地基内部, 利用多构件要素之间的匹配连接效果, 形成稳固可靠的墙体结构, 用于阻隔污染物转移。需要注意的是, 板桩墙构造中板桩连接部位容易形成受力脆弱区域, 应采取有效加固措施和封口措施, 防止渗漏。定期对板桩墙进行检查、保养和维修, 保持土体监测, 重点处理容易出现的裂缝、变形或损坏等状况。

### 3.2.4 土壤原位搅拌

土壤原位搅拌以污染场地范围内的土壤为主要面向对象, 利用搅拌机或灌浆机等机械设备, 将化学制剂、水泥浆或其他固体材料进行混合搅拌, 使土壤与其实现有效混合, 以此改变土壤理化特征, 构造成为新的连续性土体结构, 提高土壤抗渗性。土壤原位搅拌的主要方法包括土壤搅拌法、土壤固化法和深层搅拌注入法等, 可同时实现较深地层的搅拌及注浆, 且不受土壤质地等要素影响。在施工中, 应在对现场条件进行全面勘察的同时配置性能稳定的作业设备, 调配相应药剂, 并保持对整个搅拌过程的质量检测, 必要时采用加固、防水等后续处理措施对搅拌效果进行强化提升。药剂的使用应保持适量, 避免过量或不足。

### 3.2.5 土工膜技术

土工膜以塑料薄膜为主要防渗基材, 可与无纺布等材料复合成为防水阻隔型材料, 具有良好耐化学腐蚀性能, 在多类型的污染场地条件下均具有较强适用性。根据性能差异, 土工膜可分为低密度聚乙烯土工膜、高密度聚乙烯土工膜和乙烯-醋酸乙烯共聚物土工膜等类型。在施工中, 应首先对污染场地现场进行勘测, 以准确确定土工膜材质、厚度和尺寸等参数, 并对施工现场进行压实和平整处理。按相关技术规范进行操作, 将土工膜从卷筒上依次展开, 平整地铺设在施工面上, 保持膜面平整并防止划伤。采用焊接、粘接或机械连接等方式对土工膜进行连接, 确保连接处牢固、无漏水, 满足土工膜质量标准要求。

### 3.2.6 阻隔填埋技术

实践表明,阻隔填埋技术具有广泛适用性,可处理包括重金属污染、有机物污染、复合污染等多种不同类型的污染场地土壤,其整个操作过程相对简便,且成本较低,尤其可采用适宜的隔离材料和覆盖层,防止环境中的水和气体渗透到土壤中,以减缓或消除污染物的扩散。在实施过程中,应评估污染场地的地质条件、水文条件和土壤类型等,制定详细可行的阻隔填埋技术方案,明确阻隔填埋作业各环节的具体要求,并合理选择处理区域<sup>[4]</sup>。在该基础上,开挖污染土壤,并对其进行分类运输和处理。采用低渗透性的粘土层、土工合成材料或其他适宜材料构造阻隔层,填埋污染土壤,并于其上覆盖一层清洁土壤形成覆盖层,以防止外界水和气体对污染土壤的持续性影响。

#### 4 提升工程控制技术应用成效的方法路径

##### 4.1 科学运用虚拟技术,提升工程控制技术实效性

在虚拟技术辅助下,工程控制技术的应用可选择具有代表性的虚拟参数,构建层次化与可视化的虚拟模型,使技术人员能够清晰完整地掌握污染场地的各项具体情况,为工程控制技术选择、实施与评估等环节提供决策依据,迎合高标准的工程控制技术应用需求。现代虚拟技术是基于计算机仿真技术、集成化技术与传感器技术衍生而来的专业技术方法,可为工程控制技术提供虚拟化的交互环境,增强对污染场地环境的客观有效评价,避免因人员进入污染场地现场而可能遭到的危害性影响。

##### 4.2 聚焦末端受体,对污染场地环境风险分类评估

对污染场地环境风险进行分类评估的过程同时也是全面了解场地基本条件的过程,所形成的分类评估结论可为工程控制技术的组织实施提供科学参考。我国污染场地环境风险分类评估起步较晚,该领域的相关规范、标准、规则等尚不完善,可从末端受体角度考量,围绕前期积累的土壤背景值调查和土壤环境容量调查等成果,利用环境风险评价模型与模型参数,提高场地环境风险评估技术体系的完整性,使科学制定与实施工程控制技术措施提供评估指南。

##### 4.3 借鉴发达国家技术经验,提升施工工艺

与污染场地环境风险治理中的修复技术不同,工程控制技术更侧重于切断污染物的迁移途径,同时对多种污染物实施阻隔,而非降低污染物浓度,其在发达国家已形成成熟经验。比如,美国国家环境保护局(US EPA)早期在对化工厂、金属加工厂、废弃物填埋等多个污染场地进行全面调查的基础上,通过表层覆盖和垂直阻隔相结合的方法对场地进行了治理,有效提高了

技术应用成效<sup>[5]</sup>。因此,可结合我国污染场地实际,通过示范研究等方式,借鉴探索更为适宜的施工工艺。

##### 4.4 有效把握工程控制技术关键环节

在当前工程控制技术条件下,污染场地环境风险治理可细化分为若干子环节,不同环节包括诸多关键技术环节,如何对这些关键环节进行把握与控制,关乎最终整体治理成效。因此,可设定工程控制技术的预期效果分级目标,划定优于预期目标、达到预期目标、未达到预期目标和无法确定等多个层次,分别实施具有差异化的工程控制技术策略,提高污染场地环境风险治理成效。根据场地调查结论,分析污染种类和污染程度,通过兼容性测试等方式优化技术应用效果。

#### 5 结语

综上所述,工程控制技术的核心价值优势决定了其在污染场地环境风险治理中的关键地位。因此,技术人员应摒弃传统陈旧技术模式制约,建立健全基于全要素的工程控制技术框架体系,在宏观层次范围内优化整合工程控制技术要素,积极有效运用计算机模拟技术,丰富工程控制技术的应用路径,强化对污染场地环境风险的辨识与分析,保持对工程控制技术应用成效的跟踪评价,为全面彰显工程控制技术的价值效用奠定基础,为促进污染场地环境风险治理工程技术高质量发展创造良好条件。

#### 【参考文献】

- [1]罗华.基于生态安全格局的含能材料污染场地土壤可持续修复研究[J].环境科学与管理,2024,49(09):184-188.
- [2]方静.某化肥厂污染场地及周边土壤地下水特征污染物分布及健康风险评估[J].西部探矿工程,2024,36(9):102-105.
- [3]周慧娣,李海明,肖瀚.石化场地污染土壤和地下水修复技术组合研究与应用进展[J].应用化工,2024,53(8):1880-1885.
- [4]王积才,秦登.污染场地土壤及地下水绿色低碳修复现状问题及对策分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(12):90-92.
- [5]张琳琳,郑晓笛,张心怡,等.从顶层设计到实践路径——英美污染场地风险管理与再利用体系研究与启示[J].环境污染与防治,2024,46(05):741-749+759.

#### 作者简介:

马志盼(1990--),女,汉族,江苏盐城人,江苏环保产业技术研究院股份公司,中级工程师,硕士研究生,研究方向:区域污染源与环境风险全过程控制技术,海洋污染防治技术等环境管理领域。