

问题探讨

污染场地修复技术分类研究与案例分析

赵宇明,谷小兵,李俊儒

(大唐环境产业集团股份有限公司,北京 100097)

摘要:污染场地修复是一项复杂的工程实践,包括场地调查、方案筛选、修复施工等多个环节。中国在该领域还处于起步阶段,因此全面了解污染场地修复技术的分类、筛选流程以及应用现状,对于在我国开展污染场地的修复工作具有重要意义。本文详细阐述了污染场地修复的各类技术、筛选程序和现阶段存在的问题,并以某化工厂治理工程为例,介绍土壤淋洗技术的应用现状,以期为该污染场地修复技术的筛选及工程应用提供参考。

关键词:污染场地;修复技术;分类;淋洗法

中图分类号:[X829]

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2016)06-0031-03

A CASE ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF CONTAMINATED SITE REMEDIATION TECHNOLOGY

ZHAO Yu-ming, GU Xiao-bing, LI Jun-ru

(DaTang Environment Industry Group Co.,Ltd. Beijing 100097, China)

Abstract: Soil remediation of contaminated site is a complicated process, including survey, screen program and remediation. China is only at its initial stage. Therefore, the knowledge of classification, selection process and application status is important for our country to carry out the remediation of contaminated sites. Various methods for remedial action classification were offered completely, selection and technology application status also discussed in detail. The article describes the status of the application of soil elution technology in a chemical factory to provide a reference for screening and engineering.

Key words: Contaminated Site; Remediation Technology; Classification; Soil Elution Technology

污染场地主要包含土壤、地下水、地表水以及该区域遗留的污染物;其界定要素为有害物质的浓度是否超过环境背景值,并对此空间或区域的人体健康及自然环境已经造成或可能造成负面影响^[1]。近年来,污染场地修复技术层出不穷,如何选择污染场地的修复技术是污染场地修复工程的关键环节,场地污染物的类别决定了采用的修复技术的选择。因此,对污染场地修复技术进行系统分类,对于修复技术的推广应用与修复过程中的技术选择非常必要。

针对污染场地治理,我国在场地修复管理和技术层面还相对不足,污染场地修复技术研发刚刚起步,且大多数属于理论研究,实际场地修复治理案例较少。鉴于此,本文以某典型化工厂有机物污染场地修复工程为实例,介绍污染场地修复技术筛选过程以及修复过程中所遇到的问题,以期为该污染场地修复技术筛选与应用提供参考。

1 场地修复技术的分类

污染场地修复技术的种类繁多,新型的修复技术不断出现。对污染场地修复技术进行分类,不仅有利于修复技术的识别与比较,而且有利于修复经验与修复技术的传播,也有利于在相似的污

收稿日期:2016-04-22

第一作者简介:赵宇明(1989-),女,硕士,研发工程师,主要从事环境科学专业工作。

染场地上迅速开展修复活动^[2]。

污染场地修复技术的定义是使遭受污染的土壤恢复正常功能的技术措施。修复技术的分类方法有多种：根据修复处理工程的位置可以分为原位修复技术与异位修复技术；根据修复介质的不同可分为污染源修复技术和地下水修复技术；根据修复原理可分为物理技术、化学技术、热处理技术、生物技术、自然衰减和其他技术等；根据修复

方式可分为对污染源的处理技术和对污染源的封装技术；根据污染场地修复技术运行和成本数据的充分性和可获得性，可分为成熟技术与创新技术^[3]。下面依据修复原理对场地修复技术进行分类分析，如表 1 所示。

2 场地修复技术方案的筛选

污染场地修复技术的筛选是场地监管中的重

表 1 场地修复技术分类

原理	污染处理技术类型	修复对象	适用对象	不适用对象
物理技术	稳定化技术	土壤	金属类、石棉、放射性物质、腐蚀性无机物、氰化物以及砷化合物等无机物；农药/除草剂、石油或多环芳烃类、多氯联苯类以及二噁英等有机化合物	挥发性有机化合物污染
	淋洗技术	土壤	重金属及半挥发性有机污染物、难挥发性有机污染物	黏土土壤
	土壤阻隔填埋技术	土壤	重金属、有机物及重金属有机物复合污染	污染物水溶性强或渗透率高的污染土壤
化学技术	多相抽提技术	土壤、地下水	处理易挥发、易流动的 NAPL(非水相液体)	渗透性差或者地下水水位变动较大的场地
	化学氧化/还原技术	土壤、地下水	石油烃、BTEX(苯、甲苯、乙苯、二甲苯)、酚类、MTBE(甲基叔丁基醚)、含氯有机溶液、多环芳烃、农药等大部分有机物	重金属
热处理技术	可渗透反应墙技术	地下水	BTEX(苯、甲苯、乙苯、二甲苯)、石油烃、氯代烃、金属、非金属、放射性物质等	层深度超过 10m 的非承压含水层
	热脱附技术	土壤	挥发及半挥发性有机污染物(如石油烃、农药、多氯联苯)和汞	无机物污染土壤(汞除外)
生物技术	生物堆技术	土壤	石油烃等易生物降解的有机物	重金属、难降解有机污染物污染土壤的修复
	原位生物通风技术	非饱和带污染土壤	挥发性、半挥发性有机物	重金属、难降解有机物污染土壤的修复,粘土等渗透系数较小的污染土壤修复。
自然衰减技术	植物修复技术	土壤	重金属(如砷、镉、铅、镍、铜、锌、钴、锰、铬、汞等)以及特定的有机污染物(如石油烃、五氯酚、多环芳烃等)	对修复时间要求较短的情况
	地下水监控自然衰减技术	地下水	BTEX(苯、甲苯、乙苯、二甲苯)、石油烃、多环芳烃、MTBE(甲基叔丁基醚)、氯代烃、硝基芳香烃、重金属类、非金属类(砷、硒)、含氧阴离子(如硝酸盐、过氯酸)等	对修复时间要求较短的情况
其他技术	水泥窑协同处置技术	土壤	有机污染物及重金属	汞、砷、铅等重金属污染较重的土壤

要环节，修复技术的适用性直接影响场地修复效果及费用。确定最适修复技术时需综合考虑污染物特征、场地条件、修复费用及时间等多种因素^[4]。

每种修复技术都有各自的适用性及优缺点，修复技术选择的主要任务就是全面衡量各种技术的优缺点，并充分考虑我国的经济、技术发展水平和环境保护的需要，找出对于特定场地最适用的技术或技术组合^[5]。USEPA 超级基金场地治理与修复的基本流程如图 1 所示，主要包括修复目标的确定、资料收集、污染场地调查、技术初筛、可行

性研究、确定修复技术及其方案等几个环节。

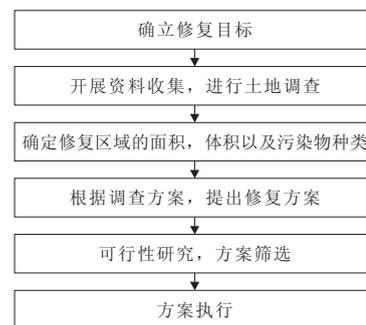


图 1 场地修复技术的筛选过程

3 我国场地修复的问题

3.1 场地类型不明确

土壤是一个十分复杂的系统,由固、液、气三相物质和有机体组成,是一种性质特别的环境要素,所以土壤污染防治十分复杂,只能以风险防控为主。土壤用途不同,风险防控目标也不相同^[6]。“土十条”核心是实现农用地和建设用地的安全保障和风险管控。

农用地主要管控农作物生长及食用安全风险,建设用地重点管控开发利用过程中的健康安全和污染扩散风险。两者实行分类管理,有各自的质量标准和评价技术规范,风险管控内容和侧重点有所不同。对于农用地土壤保护而言,不仅有污染的问题,还有农业生产过程中的生态破坏问题。将农用地和建设用地两者混为一谈,将保护和修复不加区分,都是十分片面的^[7]。

3.2 评价标准不准确

根据土壤的性质特点,严格来说,土壤环境质量应该综合物理、化学和生物等因素进行评价。但当前农用地土壤质量标准和评价技术规范,只有化学指标。事实上,土壤物理和生物因素对土壤环境质量有着重要影响^[8]。

土壤物理和生物因素包含土壤质地、结构、基质、微生物等,对土壤中水、热、气和溶质等物质运动和能量转换产生重要影响,决定土壤导水、保肥、溶质迁移性能。所以,不同种类土壤,甚至同种类型土壤不同理化性质对重金属、有机物等污染物的吸附固定作用可能会存在较大差异,导致土壤对污染物的吸纳能力即土壤环境容量也有所区别^[9]。

3.3 防控措施不全面

“土十条”第三条要求“实施农用地分类管理,保障农业生产环境安全”。农用地保护上不仅要重视企业污染防控,更不能忽视农业生产和管理中造成的土壤破坏。要切实加大农用地土壤环保力度,转变粗放农业生产方式,推行秸秆还田、增施有机肥、少耕免耕、粮豆轮作、农膜减量与回收利用等措施。避免因过度施肥、滥用农药等掠夺式农业生产方式造成土壤环境质量下降^[10]。

4 某化工厂修复案例

4.1 场地调查

某城市化工厂蒸发池出现管涌事件,由于蒸发池内存储物为该厂的工业废水,必须进行场地修复。经过资料查阅和场地调查,发现该区域土壤多为栗钙土,土壤矿质部分几乎全由细砂颗粒组成,有机物含量低。地下水的含水层分布不连续,厚度变化大,工业、城乡居民几乎全部使用地下水。

通过钻探公司,在有潜在污染物区域钻井采样,布设共64个点位,井深约2~20米,其中10~15个钻孔安插地下水监测井。调查组每0.6米进行土壤样品垂直方向上的采集,并采集地下水样送实验室检测,CMA实验报告得出该区域高锰酸盐浓度超标。

4.2 方案选取

根据该地区土壤和地下水的调研结果,确定使用淋洗法进行该区域场地修复工作。土壤淋洗法是将附着在粗粒土壤上的高锰酸盐类污染物冲洗干净后回填,污染黏土将作为废渣处置。淋洗土壤废水进入厂区原有的污水处理系统进行处理。在淋洗之前可以先将污染土壤进行粒径筛分,游离的氯离子多附着在小粒径的黏土颗粒表面。通过旋流、离心等装备,可以有效的将含有高盐分的细颗粒黏土完全分离出来,大量的降低淋洗量,有效节省费用。土壤进行筛分后,将需要淋洗的沙土加入洗砂机,并混入一定量来自净水储罐的清水,在双螺旋叶片搅拌下对沙土进行清洗,清洗后的砂土被送至水平搅拌单元,污水被排至泥浆缓冲罐。水平搅拌单元接受洗砂机输送的砂土,并混入一定量的清水,在水平搅拌器的搅拌下再次清洗。砂水混合物由水平搅拌单元流入脱水格栅,在振动电机作用下,进入泥浆缓冲罐,脱水后的砂土最终由传送带传送至指定地点。污水处理系统将泥浆缓冲罐中的水进行无害化处理,其中回用部分水被输送至净水储罐。如图2所示。

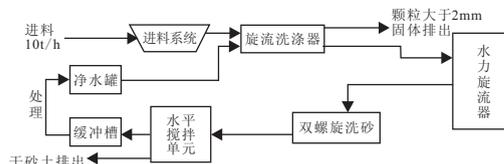


图2 土壤淋洗流程

4.3 修复效果

现场将经过淋洗处理后的土壤随机取样进行

(下转第9页)

表3 废水处理效果

处理单元	污染物	pH	COD _C (mg/L)	SS (mg/L)	石油类 (mg/L)	色度 (倍)
喷漆废水		5~7	3298	536	42	358
隔油池+调节池+芬顿氧化池+混凝沉淀	出水	6~9	1320	107	13	72
	去除率	/	60%	80%	70%	80%
SBR 反应器	出水	6~9	102	54	7.8	43
	去除率	/	92%	50%	40%	40%
砂滤器+活性炭过滤器	出水	6~9	91	6	4	22
	去除率	/	10%	90%	50%	50%

表4 废水水样实例

处理单元	水样	水样 1	水样 2	水样 3
原水		3962	2360	3402
预处理		1585	1120	1361
SBR		108	96	102
出水		96	87	92

注:处理单元出水 COD 值,单位 mg/L。

4 污泥处理系统

污泥处理:混凝沉淀池污泥和 SBR 反应器剩

(上接第 33 页)

实验室检测,结果显示污染物去除率达到 99% 以上,处理后的土壤可以进行回填再次利用,淋洗法对于该地区土壤修复效果良好。

5 小结

污染场地修复之前应制定科学合理的修复目标,对土地未来的利用途径有充分的了解,区别对待不同的土地利用途径对土地质量的要求,使修复目标科学合理,避免花费巨资对污染场地进行过度修复,同时综合考虑技术应用时的环境可行性、时间周期、经济成本等因素。

淋洗技术采用物理分离或增效洗脱等手段,通过添加水或合适的增效剂,分离重污染土壤组分或使污染物从土壤相转移到液相,并有效地减少污染土壤的处理量,实现减量化。淋洗系统废水应处理去除污染物后回用或达标排放。该技术对于处理重金属及半挥发性有机污染物、难挥发性有机污染物的土壤效果良好,缺点是单位体积的土壤处理费用较高。

余污泥进入污泥浓缩池,浓缩污泥经 PAM 调理后进入板框压滤机,滤液回调节池,泥饼外运填埋处置。

5 结论

家具生产排放的喷漆废水根据厂家实际排放情况的不同,综合废水的 COD 值波动可能会很大,但是经过芬顿氧化+SBR 为主处理系统的,能够把喷漆废水处理达到《污水综合排放标准》GB8978-1996 中的一级排放标准(标准见表 5)。

表5 废水排放标准

处理单元	污染物	pH	COD _C (mg/L)	SS (mg/L)	石油类 (mg/L)	色度 (倍)
排放标准		6~9	≤100	≤70	≤10	≤50

参考文献

- [1] 王罗春,闻人勤,丁桓如.Fenton 试剂处理难降解有机废水及其应用.环境保护科学.2001,105(27):11-14
- [2] 程丽华,黄君礼,王丽等.Fenton 试剂的特性及其废水处理中的应用.化学工程师.2001 6(3):24-25

参考文献

- [1] 谷庆宝,颜增光,周友亚,等.美国超级基金制度及其污染场地管理[J].环境科学研究,2007,20(5):84-88.
- [2] 杜平,张跃进,杜晓明,等.某锌厂周围表层土壤及典型剖面镉污染特征[J].环境科学研究,2006,19(5):113-117.
- [3] 王庆仁,刘秀梅,崔岩山,等.我国几个工矿与污灌区土壤重金属污染状况及原因探讨[J].环境科学学报,2002,22(3):354-358.
- [4] 邵学新,黄标,孙维侠,等.长江三角洲典型地区工业企业的分布对土壤重金属污染的影响[J].土壤学报,2006,43(3):397-404.
- [5] 李社锋,李先旺,朱文渊,覃慧,刘更生.污染场地土壤修复技术及其产业经营模式分析[J].环境工程.2013(06):96-103.
- [6] 姜林,樊艳玲,李婷婷,钟茂生.加利福尼亚州"地下储油罐低风险结案政策"及其对中国的启示[J].环境污染与防治.2013(10):86-92.
- [7] 周启星.污染土壤修复标准建立的方法体系研究[J].应用生态学报,2004,15(2):312-316.
- [8] 聂静茹,马友华,徐露露,付欢欢,马铁铮.我国《土壤环境质量标准》中重金属污染相关问题探讨[J].农业资源与环境学报.2013(06):44-49.
- [9] 高艳丽,刘世伟,李书鹏.城市化引发的污染场地问题详解与分析-看污染场地修复这十年[J].世界环境.2013(02):40-41.
- [10] 杨宾,李慧颖,伍斌,杜平,李发生.污染场地中挥发性有机污染工程修复技术及应用[J].环境工程技术学报.2013(01):78-84.