

柔性垂直阻隔技术在危废污染应急治理项目中的应用

孙晓东¹, 周嘉宾², 郑峰¹, 刘力奇¹

(1. 北京高能时代环境技术股份有限公司, 北京 100095; 2. 河南省交通科学技术研究院有限公司, 河南 郑州 450006)

摘要:通过江苏省靖江市一危废污染应急治理项目,对比刚性垂直阻隔,采用柔性垂直阻隔可更好地阻断场地内填埋污染物与周边土壤及地下水的水力联系。柔性垂直阻隔具有防渗性能好、抗变形能力强、使用寿命长等特点,并重点阐述了其技术原理、施工工艺及施工要点,可为后续类似工程提供参考。

关键词:柔性垂直阻隔;污染应急治理;相对不透水层;HDPE土工膜

中图分类号:X53 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)10-0126-05

Application of Technology of Flexible Vertical Seepage Control Block in the Project of the Hazardous Waste Pollution Emergency Control/SUN Xiao-dong¹, ZHOU Jia-bin², ZHENG Feng¹, LIU Li-qi¹ (1. Beijing GeoEnviron Engineering & Technology, Inc, Beijing 100095, China; 2. Henan Transportation Research Institute Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450002, China)

Abstract: For the project of the hazardous waste pollution emergency control in Jingjiang of Jiangsu Province, compared with rigid vertical seepage control block, flexible vertical block can better effects to block hydraulic relation between the landfill pollution and the surrounding soil and groundwater. Flexible vertical seepage control block has the characteristics of good impervious performance, strong anti-deformation ability and long service life. This article introduces the technical principle, construction technology and key points of construction of flexible vertical block.

Key words: flexible vertical seepage control block; pollution emergency control; relative impermeable layer; high density polyethylene geomembrane

0 引言

目前,在我国随着人们对环境保护重视程度的日益增强^[1],以及由于社会经济的发展,涉及到的污染应急事故频发,亟需对污染源进行阻隔与防控,避免污染进一步扩大造成的物质和经济损失。阻隔控制后可采用原位修复等技术对污染的土壤和水体进行治理。

常见的垂直阻隔大部分以水泥基为主,如深层搅拌法、置换法、高压喷射灌浆法等^[2]。目前柔性垂直阻隔应用还不多,特别是国内污染应急工程中柔性垂直阻隔墙的施工工艺还不够成熟、施工水平参差不齐,具有专业的柔性垂直阻隔墙施工经验的单位也是少之又少。

本文结合在江苏靖江原侯河石油化工厂危废污染应急治理项目中应用柔性垂直阻隔技术的工程实例,重点介绍柔性垂直防渗阻隔的特点及施工工艺,

供类似工程参考。

1 工程概况

江苏省靖江市原侯河石油化工厂在生产经营期间非法填埋化工危险品废料,导致严重污染土壤和饮用水源。为彻底解决因非法填埋危废物质造成的污染问题,靖江市环保部门组织开展污染场地调查、污染源隔离控制及修复、危废安全处置等工作。

总体修复方案:对浅层(深度 ≤ 5 m)污染区域进行开挖、清理消除污染源头后,在确保做好四周对场地污染地下水良好阻隔的前提下,对深层(深度 > 5 m)的污染土壤及地下水采取原位修复技术进行处理。

基于以上修复方案,并根据厂区内划定的重污染区,首先对厂区内危险废物填埋的重污染区域四周设置“垂向防渗阻隔”,切断污染物扩散途径,为

收稿日期:2016-07-14;修回日期:2016-09-06

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目“土工建筑增强材料制备与应用”(编号:2016YFB0303200)课题5“土工材料在交通、矿山、垃圾填埋领域的应用示范研究”(编号:2016YFB0303205)

作者简介:孙晓东,男,汉族,1982年生,岩土工程专业,硕士,从事环境岩土、固废处理及环境修复等工作,北京市海淀区地锦路中关村环保科技园9号院高能环境,sunxiaodong2000@126.com。

危险废物的开挖清理及下一阶段土壤及地下水污染的修复和治理创造条件。

垂直防渗阻隔墙沿厂区四周布置(如图1所

示),长度约400 m。厂区西北侧有一河流,施工阻隔墙前采用旋喷桩进行加固支护。

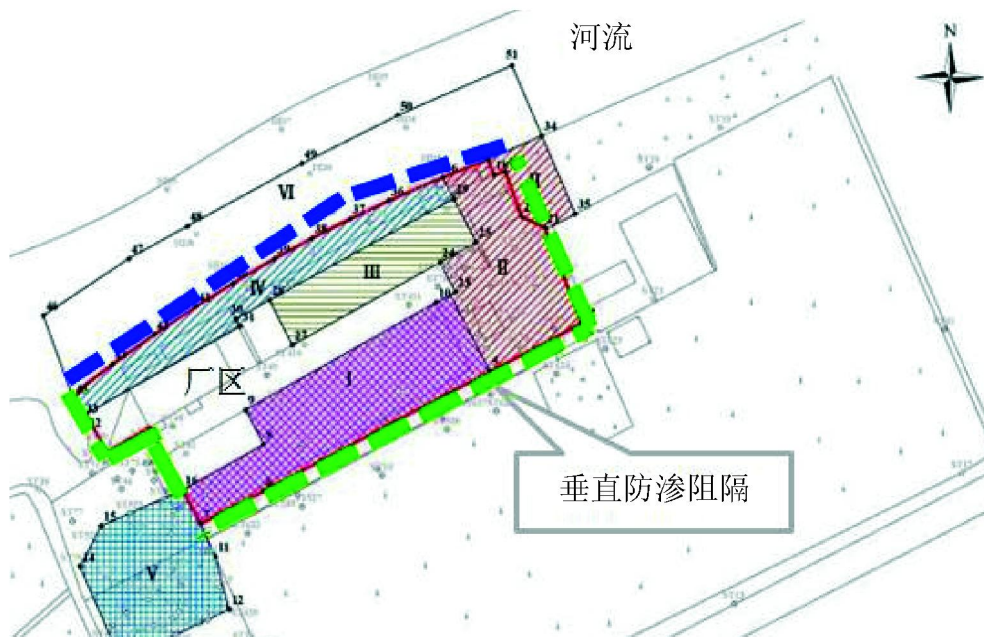


图1 垂直防渗阻隔平面布置图

2 工程与水文地质条件

2.1 地形地貌

场地地貌类型属长江三角洲冲积平原地貌单元,地形基本平坦。场地南侧为农田,北侧临河。

2.2 工程地质条件

场地地层主要由杂填土、粉质粘土夹粉土、粉砂夹粉土等组成,各土层间的强度,压缩变形差异性较大。根据沉积时代、成因类型及其土性可划分8个主要层次,见表1。

表1 地层一览表

层号	土层名称	地层描述及综合评述	厚度/m	层底埋深/m
①	杂填土	灰褐—灰黑色,土质不均,结构松散,含建筑垃圾	0.90~2.90	0.90~2.90
②	粉土夹粉质粘土	灰—灰棕黄色,松散—稍密,含云母、贝壳碎屑	0.50~2.10	2.10~3.50
③	粉砂夹粉土	灰—青灰色,饱和,稍密—中密,主要矿物成分为石英、长石、云母	7.20~9.60	10.10~12.00
④	粉质粘土夹粉土	灰色,软塑,具水平微层理,局部夹粉砂薄层	2.50~4.40	13.90~15.40
⑤	粉砂夹粉土	灰—青灰色,饱和,稍密,主要矿物成分为石英、长石、云母	8.90~9.80	23.40~24.40
⑥	粉砂夹粉土	灰—青灰色,饱和,稍密—中密,主要矿物成分为石英、长石、云母	17.20~17.90	40.90~41.30
⑦	粉质粘土夹粉土	灰—灰棕黄色,软塑,具水平微层理,局部夹粉砂薄层	4.90~6.00	46.20~47.10
⑧	粉砂夹粉土	灰—灰黄色,饱和,密实,主要矿物成分为石英、长石、云母	未穿透	未穿透

2.3 水文地质条件

靖江市多年平均最高地下水位为2.84 m,多年平均最低地下水位为1.29 m。场地地下水位埋深0.72~2.13 m。

拟建场地内地下水类型属第四系松散层中孔隙潜水。孔隙潜水主要赋存于①~③层土中,接受大气降水、地表水入参与侧向补给,径流滞缓,排泄方式以自然蒸发、侧向径流为主,水位动态受季节性变

化影响明显,丰水期水位较高,枯水期水位较低,与地表水联系密切。

勘察报告揭示④粉质粘土夹粉土层渗透系数在 $1.33 \times 10^{-6} \sim 4.96 \times 10^{-7}$ cm/s之间,埋深14.0 m左右,平均厚度约3.5 m,可以作为相对不透水层。垂直阻隔墙进入④粉质粘土夹粉土层 ≤ 1.0 m^[3],可以起到阻水、防止污染物扩散的作用。

2.4 水土腐蚀性

根据勘察报告,本厂区地下水和土对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具有强腐蚀性。

3 垂直阻隔技术方案比选

垂直阻隔技术与其施工工艺水平是紧密相关的,根据工程场地的隔水层条件、地质构造、地形及稳定性情况,并结合需要达到的渗透系数、深度和刚度选择与之相适应的垂直阻隔形式。总体说来垂直阻隔可以分为刚性垂直阻隔技术(以混凝土为主要材料)和柔性垂直阻隔技术(以HDPE膜^[4]为主要材料),优缺点比较见表2。

表2 垂直阻隔技术对比表

内容	刚性	柔性
防渗性能	渗透系数 1.0×10^{-5} ~ 1.0×10^{-6} cm/s	渗透系数 1.0×10^{-8} cm/s
施工性能	施工钻孔有一定偏差	连续防渗,无渗漏点
耐化学性	抗腐蚀性较差	卓越的抗化学性能
抗不均匀沉降	较差	材料的伸长率为700%
使用寿命	2个月至1年	20年以上

根据对比,结合本工程的性质、工程及水文地质情况,综合考虑选择柔性垂直阻隔技术。柔性垂直防渗阻隔环场区设置,进入相对不透水层深度 $\leq 1.0\text{ m}$。

4 柔性垂直阻隔施工

4.1 技术简介

柔性垂直阻隔是以高密度聚乙烯(HDPE)土工膜为主要防渗材料,侧面配有独特的互锁设计,内置止水条,同时底部灌注防绕渗材料与地质构造层中的相对不透水层相连,能全面封堵和阻隔污染现场,详见图2。本工程选用的HDPE土工膜厚度为3mm。

4.2 施工工艺

根据工程和水文地质条件及设计的安装深度等,柔性垂直阻隔选用开槽式安装工法,主要工艺流程见图3。

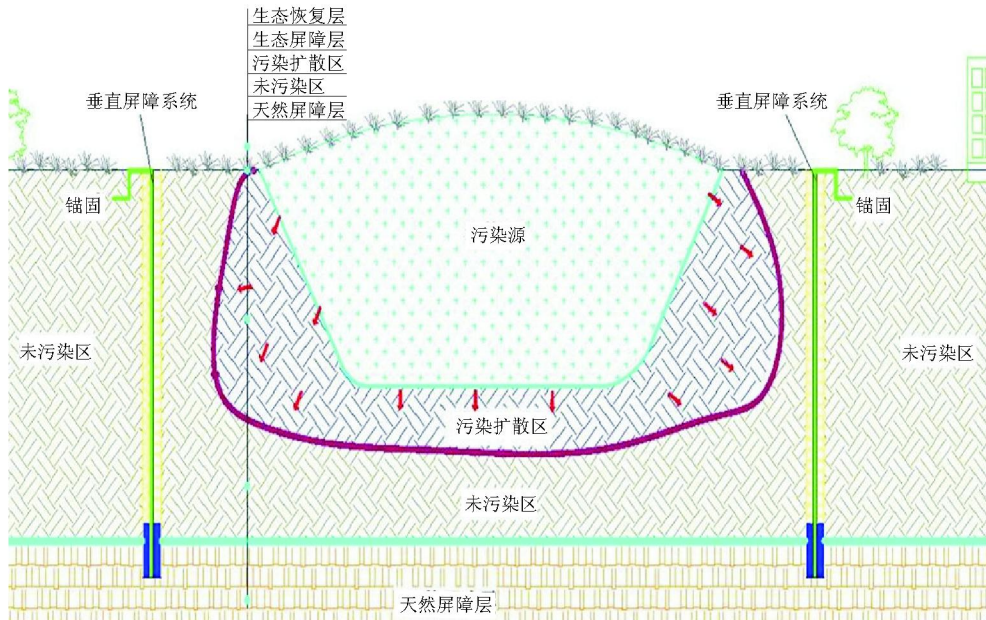


图2 柔性垂直阻隔示意图

(1)平整施工平台:施工平台开工前应推压平坦、坚实、稳定,防止不均匀沉陷,便于通行和导墙浇筑施工。

(2)平面定位:根据设计图纸测放垂直阻隔墙轴线控制点,并经监理复核。

(3)导墙开挖及支护:导墙主要起为成槽机成槽时导向及维持护壁泥浆一定高度的作用,另外还

承担支撑挡土箱、插膜等辅助作用。

(4)便道施工:沿平行于垂直阻隔墙中心线铺设施工便道,进行密实碾压,确保能承受机械设备施工荷载。本场地施工便道宽度 $\leq 6\text{ m}$。

(5)机械就位:本场地选用SG35型液压抓斗机进行成槽施工。

(6)泥浆配制:泥浆具有支撑孔壁,稳定地层,

悬浮、携带沉渣,冷却和润滑钻具等作用^[5-6]。本工程泥浆具体配比及控制指标见表 3、表 4。

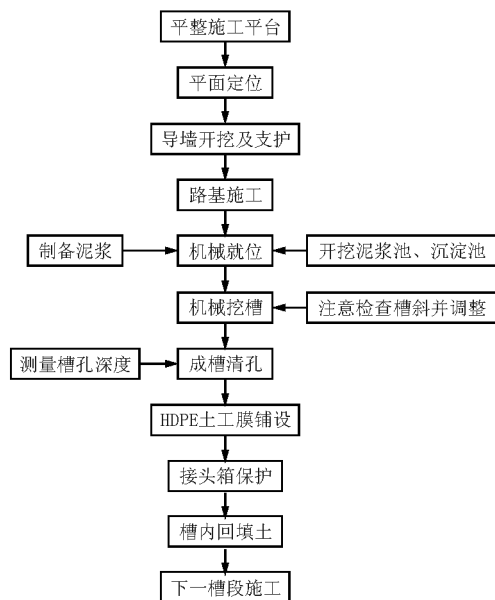


图 3 柔性垂直阻隔施工流程图

表 3 泥浆配比表

土层类型	膨润土/%	CMC/%	纯碱/%
粘性土	8 ~ 10	0 ~ 0.02	0 ~ 0.5
砂性土	10 ~ 12	0 ~ 0.05	0 ~ 0.5

表 4 泥浆性能控制指标表

泥浆种类	密度/ (g· cm ⁻³)	漏斗 粘度/ s	pH 值	失水量/ [mL·(30 min) ⁻¹]	泥皮 厚度/ mm	含砂 率/ %
新制泥浆	1.03 ~ 1.10	≥30	9 ~ 10	≤15	≤1	
循环泥浆	1.05 ~ 1.20	≥30	9 ~ 10	≤15	1 ~ 3	<4
清基后泥浆	≤1.15	20 ~ 30				≤7

(7)机械开槽:当导槽中充满泥浆时,即可进行挖土成槽。挖槽过程中随时进行垂直度、泥浆密度等的检测,并密切注意成槽过程中的异常情况,发现问题及时处理^[5-6]。本工程单幅开槽长度 4 m,最大开槽深度 12.5 m 左右,槽宽 0.6 m。每天开槽长度 10 m,满足下 2 幅膜的施工要求。

(8)成槽清孔:本工程采用液压抓斗直接清孔,将槽内的石渣和泥块等沉渣抓出,并用斗体提取粘稠物,利用下设潜水排污泵抽浆,并及时用新鲜泥浆补充直至满足设计要求。成槽深度检测用测绳,误差要保证在 0 ~ 30 cm;沉渣厚度检测用测绳,沉渣厚度 ≥10 cm。

(9)HDPE 土工膜铺设:初始成槽后将已焊接成整体的 HDPE 土工膜置入槽内,为了保证铺膜深度,

要求 HDPE 土工膜底进入下部相对隔水层深度 < 1.0 m。在上一幅 HDPE 土工膜铺设完成之前,将下一幅 HDPE 土工膜置入槽内,与上一幅土工膜进行互锁连接。同时底部灌注防绕渗材料,全面的封堵和阻隔污染区域。本工程 HDPE 土工膜幅宽 4 m,幅间采用“E”型连接锁扣进行连接,锁扣间孔洞插入膨胀止水条,锁扣形式见图 4。下膜完成后在膜两侧下放注浆管至膜的底部,灌注防绕渗密封剂,密封剂灌注厚度 < 1 m。



图 4 连接锁扣

(10)回填成墙:HDPE 土工膜铺设完成后及时从膜的两侧向槽内回填土。现场选用不含大粒径石子及有棱尖锐的物品的粘土或砂土进行回填,防止将膜刮伤。回填要分层、均匀、多次回填,确保回填后墙体稳定。如工后沉降要求严格,宜采用砂土回填。

5 检测及监测

5.1 防渗漏检测

在柔性垂直防渗膜铺设过程中,在 HDPE 膜一侧放置一个发射电极,土工膜另一侧中放置一个接收电极,两电极分别连接至信号源两端(详见图 5)。土工膜一侧利用多路分布式检测电极对 HDPE 膜铺设过程中实时扫描,以发现破损点。在土工膜铺设区以外埋设一个参比电极,其检测电极与参比电极联接;给两个供电电极加上交流信号输出,当 HDPE 膜本体单元有破损漏洞或者 HDPE 膜连接件拉锁未有效闭合时,电流以泥浆液为导体穿过漏洞形成回路,使得膜两侧介质中的电势分布发生变化;采集检测电极和参比电极之间的电势差,得到 HDPE 土工膜附近介质中的电势分布图,根据电势分布的变化判断漏洞的位置,及时采取补救措施。本工程待每幅膜下放完成后均进行电法整体扫描,合格率 100%。

5.2 监测井

柔性垂直阻隔防渗墙前后,沿地下水扩散方向

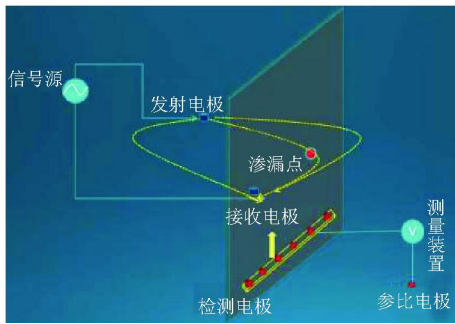


图5 防渗漏检测示意图

设置地下水监测井,井深等效于阻隔墙安装深度,实时监测上下游地下水水质,验证阻隔效果,具体监测要求按文献[8]执行。本工程监测井深度12 m,井径300 mm,在阻隔墙内外沿厂区四周共设置8口监测井。目前工程完工已接近3个月,阻隔墙以外监测水样的特征因子污染浓度已明显下降,阻隔效果良好。图6为监测井实例图。



图6 监测井

6 结语

(1)在危废污染应急治理项目中采用柔性垂直阻隔技术是非常有效的一种隔污和应急处理手段。

(2)柔性垂直防渗阻隔以HDPE土工膜为主材,膜间采用“E”型锁扣连接,底部灌注防绕密封材料,阻隔墙连续无漏点,防渗性能及抗腐蚀性能均符合现行环保规范要求。

(3)柔性垂直防渗阻隔采用开槽法进行施工,施工设备及工艺成熟。

(4)柔性垂直阻隔有完善的检测和监测方法,可实时有效跟踪上下游地下水水位和水质,阻隔效果真实可靠。

参考文献:

- [1] 姚有朝,鲍忠伟.垂直防渗帷幕在平原型卫生填埋场中的运用[J].环境工程,2008,26(3):29-32.
- [2] 赵智平,揭炳国.若干常见垂直防渗技术的比较分析[J].黑龙江水利科技,2011,39(2):188-189.
- [3] CJJ 176-2012,生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范[S].
- [4] GB/T 17643-2011,土工合成材料聚乙烯土工膜[S].
- [5] DG/TJ 08-2073-2010,地下连续墙施工规程[S].
- [6] 丛霁森.地下连续墙的设计施工与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2000.
- [7] DB 29-112-2004,钻孔灌注桩成孔、地下连续墙成槽检测技术规程[S].
- [8] GB 18598-2001,危险废物填埋污染控制标准[S].