

射水造墙技术在平原型垃圾填埋场防渗补救中的应用

王进安¹, 刘学建¹, 夏立江², 杜巍¹

(1.北京市四清环卫集团工程有限公司,北京 100029; 2.中国农业大学 环境工程系,北京 100094)

摘要: 通过北京市阿苏卫填埋场防渗补救工程实例,探讨了射水造墙技术在平原型垃圾场防渗补救中的设计、施工及注意问题。结果表明,采用射水造墙技术补救阿苏卫填埋场的防渗系统是经济、安全、可行的。

关键词: 填埋场; 防渗; 补救; 射水造墙

中图分类号: X705 文献标识码: A 文章编号: 1001-6929(2003)04-0047-03

The Case Study of Remediating Anti-Permeable System Using the Water Jet Grouting Curtain Process in a Landfill Site

WANG Jin-an¹, LIU Xue-jian¹, XIA Li-jiang², DU Wei¹

(1. Beijing Siqing Environment Engineering Group Company Limited, Beijing 100029, China;

2. Department of Environmental Engineering, China Agriculture University, Beijing 100094, China)

Abstract: The problems in design and construction for the water jet grouting curtain process, which is to remedy a plain landfill site, was discussed via the real remediation engineering in Asuwei landfill site. It was concluded that the water jet grouting curtain process is economical, safe and available for remediating the anti-permeable system in a landfill site.

Key words: landfill; anti-permeable; remediation; grouting

卫生填埋是目前城市垃圾处理的主要手段之一,我国早期建设的填埋场大部分没有严格的防渗措施,而垃圾渗滤液的渗漏是引起地下水和下游地表水被污染的主要原因^[1]。因此,对于早期建设的填埋场,尤其是没有防渗措施或防渗措施不完善的老填埋场就需要进行防渗补救。对于平原型填埋场,需要采取四周垂直防参与水平防渗相结合的综合防渗措施。北京市阿苏卫填埋场是我国最早建设的平原型卫生填埋场之一,主要采取挖坑填埋与平地填埋相结合的工艺,一期工程防渗采用黏土天然防参与局部膨润土板人工防渗相结合的办法。由于场区周边浅层滞水较为丰富,为防患于未然,该场决定采用射水造墙技术对一期工程的防渗进行补救。在一期工程四周建设一道抵达不透水层的连续防渗墙,形成帷幕灌浆加天然多重水平防渗相结合的立体防渗,确保渗滤液不对周围地下水环境造成污染。试验检测结果初步表明,利用射水造墙技术改造填埋场防渗是可行的。

1 场区水文地质概况

根据对一期工程四周150个先导孔勘探表明:在29.00 m深度范围内,地层主要为第四系全新统冲积洪积层,地层结构简单,自上而下可分为9个工程地质层。其中有2个稳定的相

对隔水层,即上部第⑤层粉质粘土-粘土层、下部第⑧层灰绿色粘土和第⑨层棕红色粘土层,由于⑧、⑨紧邻⑨上部,在各条剖面均有揭露,厚度由北向南逐渐变深,厚度大于2 m,⑧和⑨层的渗透系数平均值为 3.40×10^{-8} cm/s(见表1),可以将⑧和⑨层作为一层隔水底板。

表1 室内渗透实验有关土的渗透系数统计表

Table 1 The statistics of the permeability coefficient for soil in the lab

层号	岩性	渗透系数/($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)			备注
		最大值	最小值	平均值	
⑧	粘土	4.92×10^{-8}	4.74×10^{-8}	4.85×10^{-8}	隔水底板
⑨	粘土	4.84×10^{-8}	1.08×10^{-8}	2.77×10^{-8}	隔水底板

根据勘探,场区埋藏有孔隙潜水型地下水,水位埋深2.25~5.80 m,径流方向由西北向东南。主要由大气降水及区域径流补给。地下水为 $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+}$ II(6)型及 $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+}$ II(5)型水。pH值为7.15~7.61,呈碱性, SO_4^{2-} 含量小于150 mg/L。根据《岩土工程勘探规范》(GB50021-2001),该处的地下水对混凝土没有腐蚀性。

2 射水法防渗墙设计

2.1 射水造墙设计

射水法建造地下防渗墙技术是一种成熟的地基处理工艺,

适用于密实粘土、亚粘土、淤泥、砂土及粗砂的多种地基。在长江大堤防渗等应用较多。其施工工艺成熟,造价不高,每平方米造价150~170元(22 cm厚素混凝土)^[2]。其原理是利用水泵和特制成槽器中高压水流的冲击力,淘刷地基,并将所形成的泥砂泵出地面;通过成槽器修整,泥浆护壁,形成规矩尺寸的槽孔;灌注混凝土建成单块混凝土槽板,并采用一定技术措施将单块槽板相互紧密衔接,形成一道混凝土地下连续防渗墙。

射水法造墙机由造孔机、浇注机、混凝土搅拌机三部分组成。

射水法造墙的主要设计参数:塑性砼防渗墙体厚度 ≥ 25 cm;槽段间墙体搭接处厚度不小于18 cm(垂直度 $\leq 0.4\%$);弹性模量 ≤ 1000 MPa;墙体渗透系数 $k \leq 1 \times 10^{-7}$ cm/s。

2.2 成墙材料

成墙材料为塑性混凝土,塑性混凝土是最近十几年发展起来的一种新型防渗材料,按原材料具体可分为风化沙骨料塑性混凝土(简称柔性材料)和天然骨料塑性混凝土(简称塑性混凝土)。其主要优势在于适应变形能力强,可克服常规(刚性)混凝土的许多缺陷^[3]。

这一成墙材料的物理特性指标要求如下:混凝土入孔时坍塌度为18~22 cm,任何情况下不得低于15 cm;扩散度为34~40 cm;混凝土的初凝时间应不小于6 h,终凝时间应不大于24 h。

配制塑性混凝土的原材料为:水泥采用强度等级为32.5矿渣水泥;二级粉煤灰(采用标准为GB1596-91);细-粗砂(采用JGJ-92标准);二级膨润土(采用标准为SY/T5060-93或JQ/592-1995);FE系列高效减水剂;以及符合配制砼用水要求的水。

3 射水法防渗墙施工

3.1 施工准备

施工场地准备,要求物料齐全;铺轨地基要求平整、无坡,轨道与墙体轴线误差不大于 ± 3 cm;造孔机移机就位,安装钻杆垂直偏斜度 $< 0.4\%$ 。

3.2 射水造墙施工

利用水泵送高压水到箱型成槽器中,形成高速射流,利用导水管和成槽器本身的重量,产生向下的压力以及成槽器下移时其上刀片的切削作用,破坏土层结构,水土混合后,用泥砂泵泵出地面。利用卷扬机操作成槽器不断上下移动,切削修整孔壁,以形成规则的槽孔,并利用一定浓度的泥浆固壁,防止孔壁坍塌。成孔后采用常规水下直升导管法浇注混凝土,形成一段墙体,然后进行下一段槽段(见图1)。先施工I序槽,再施工II序槽,成槽器长度2 m, I序槽段长度2 m, II序槽段2.04 m。在进行II序槽段施工时,利用成槽器侧向水嘴冲洗I序槽孔混凝土的侧面,并在侧面全宽安装3~5 cm长的钢刷刷洗I序槽孔砼表面,使I序II序混凝土连接紧密,形成地下连续防渗墙。

造孔机钻头形状为长2 m左右,厚0.24 m,高1.75 m的成槽器。成槽器中空,四周壁厚1 cm,下端有刃脚。利用成槽器下落的冲击力和高压射水同时作用造孔。往复作用向下进尺,成孔后进行水下塑性砼浇灌。由于机械在铁轨上操作,从而保证了轴线的精度。

3.3 墙体垂直度控制

墙体垂直度一致可以保证相连槽块搭接处厚度符合要求,

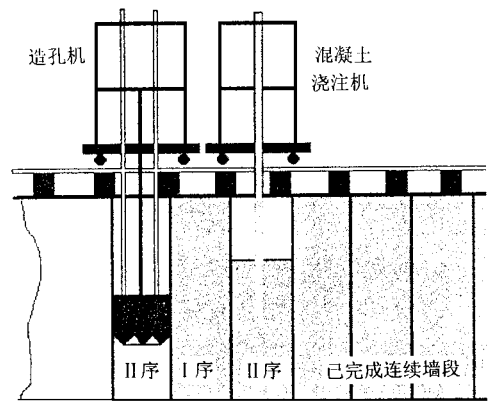


图1 射水造墙流程示意图

Fig.1 The scheme of the water jet grouting curtain process

垂直度可以通过槽孔偏斜度来控制。成槽前将钻机水平放置,钻机相对轨道位置误差 ≤ 1 cm,记录槽孔与成槽器钢丝绳距离以及钢丝绳与轨道距离(见图2),钻机工作一段时间后,重新调整水平,测定成槽器钢丝绳偏移量,按下式计算槽孔偏斜度。

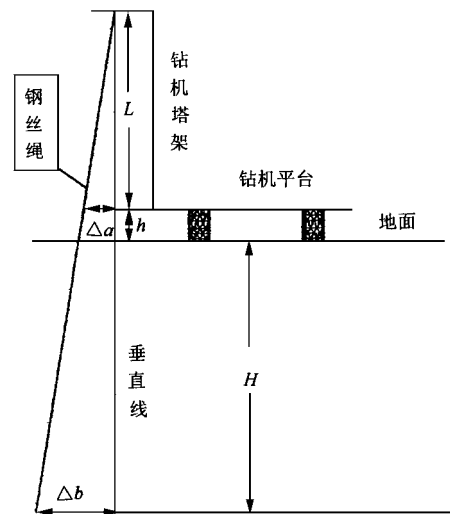


图2 孔斜度测量示意图

Fig.2 To measure the verticality for the drill hole

$$\Delta a / \Delta b = L / (L + h + H) \quad (1)$$

$$\text{孔斜度} = \Delta b / H \quad (2)$$

$$\Delta a \leq 0.4\% HL / (H + h + L)$$

式中, Δa 为实测钢丝绳的偏移量; Δb 为计算出的孔底偏移量; L 为钻机平台以上塔架的高度; h 为钻机平台高度; H 为孔深。

孔斜度的合格标准为:防渗墙深大于20 m,孔斜度不大于0.4%,且相邻槽段搭接处厚度不小于18 cm为合格;墙深小于20 m,以相邻槽段搭接处厚度不小于18 cm为合格。

4 效果分析

4.1 防渗补救主要工程量

根据总体设计布置,北京阿苏卫填埋场先导孔勘探 150 个,总进尺 3 946.5 m。取原状土样 606 件,地下水样 3 件,利用塑性混凝土射水造墙面积 37 682.3 m²,轴线长度 2 139 m,防渗墙最深 26.10 m,最浅 13.78 m。

4.2 生产性试验

整个防渗工程大面积施工前首先进行生产性试验。生产性试验确定采用 B7(渗透系数为 1.3×10^{-8} cm/s)塑性混凝土配方在现场进行试验段施工,试验段长 4.04 m。施工 28 d 后开挖钻芯取样检测,检测渗透系数为 6.93×10^{-8} cm/s。

为确保工程质量,大面积施工时将混凝土配方由 B7 改为 B8,B8 的渗透系数为 1.1×10^{-9} cm/s,B8 配方见表 2。

4.3 墙体质量检测

防渗墙施工质量检测结果分别见表 3,4 和 5。

表 4,5 中钻孔取芯位置及注水孔位置见图 3。

根据试验检测结果可以看出,墙体弹性模量小于 1 000 MPa,渗透系数小于 1×10^{-7} cm/s,满足了国家标准要求。

表 2 B8 塑性混凝土配方表

Table 2 The formula schema for B8 plastic concrete

kg/m ³					
水泥	粉煤灰	砂子	膨润土	外加剂	水
220	70	1 450	80	0.33	331

表 3 塑性混凝土试块检验结果

Table 3 The inspection data of the test block for plastic concrete

	最大	最小	平均
渗透系数/(cm·s ⁻¹)	9.8×10^{-8}	2.10×10^{-9}	3.83×10^{-8}
弹性模量/MPa	998	369	809.48
抗压强度/MPa	11.3	2.42	5.07

表 4 钻孔注水试验结果

Table 4 The test data of inject water

注水孔位置	注水段长度/m	地下水位深度/m	孔口水头高度/m	稳定渗透流量/(cm ³ ·s ⁻¹)	渗透系数/(cm·s ⁻¹)
E9-8	21.8	6.00	0.90	0.025	2.89×10^{-8}
SI3-1	16.7	6.5	0.90	0.017	2.29×10^{-8}
W8-9	14.45	6.00	0.90	0.030	4.88×10^{-8}

表 5 墙体钻孔取芯检测结果

Table 5 The inspection data of drill core in the grouting curtain

钻孔取芯位置	样号	钻孔深度/m	芯样总长度/m	岩芯采样率/%	取样深度/m	渗透系数/(10^{-8} cm·s ⁻¹)	
						测定值	平均值
E9-8	1	21.8	20.71	95	3.7	2.5	6.9
	2				12	9.4	
	3				17	8.7	
SI3-1	4	16.7	15.87	95	4.5	9.5	5.1
	5				8.3	6.5	
	6				5.5	7.8	
W8-9	7	14.5	14.21	98	3.5	2.2	4.3
	8				8.9	6.2	
	9				14.1	4.5	
N7-7	10	14.5	13.49	93	3.5	8.1	8.5
	11				8.5	8.8	
	12				14.4	8.2	
SI4-4	13	12.00	11.40	95	4.7	7.8	8.2
	14				10	8.7	

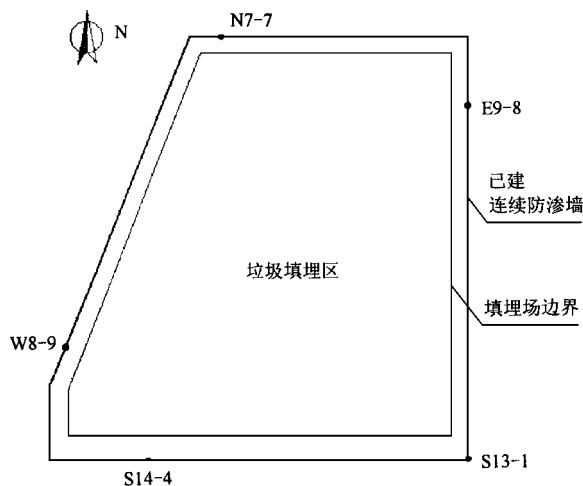


图 3 钻孔取芯位置及注水孔位置示意

Fig.3 The scheme for drill core location and jet hole

5 结语

北京阿苏卫填埋场一期防渗补救工程采用的射水造墙技术,是首次在国内填埋场渗漏补救中得到应用,表现了较好的适应性、安全性和经济性,对国内其他类似地质条件的老填埋场补救有参考意义。通过一系列工程检验,渗透系数小于 1×10^{-7} cm/s,满足国家标准并基本达到了设计目的。该工程的建设为国内其他类似的工程建设提供了良好的借鉴作用。

参考文献:

[1] 郑建民.帷幕灌浆法防渗技术在垃圾填埋场建设中的应用[J].环境卫生工程,2000,8(1):11-16.
 [2] 梅梅,袁小勇,高波,等.国内外建造地下防渗技术[J].地质装备,2002,3(3):12-13.
 [3] 史德亮,陈如华,刘思君.塑性混凝土在二期围堰中的应用[J].中国三峡建设,1999,(5).