

城市垃圾填埋场水泥基防渗浆材的研究

靖向党, 于波, 代国忠, 彭第

(长春工程学院, 吉林 长春 130021)

摘要:针对垃圾填埋场防治沥出液渗漏的要求, 研制了一种水泥基膨润土-粉煤灰-水泥(BFS)防渗浆材, 该浆材具有渗透系数低、吸附阻滞性能好的特点。介绍了该浆材的材料及试验研究成果。

关键词:垃圾填埋场; 沥出液; 防渗; 浆材

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2006)10-0005-03

Research on Cement based Anti-seepage Slurry Used in Waste Landfill Site/JING Xiang-dang, YU Bo, DAI Guo-zhong, PENG Di (Changchun Institute of Technology, Changchun Jilin 130021, China)

Abstract: In order to prevent and stop seepage of leachate in waste landfill site, a bentonite-flyash cement (BFC) slurry based on cement has been researched. The slurry possesses low penetrability coefficient and good characteristic of adsorption retardation.

Key words: waste landfill site; leachate; anti-seepage; slurry

城市化是世界各国发展的必然趋势, 目前全球有一半左右的人口集中在城市, 经济发达的国家城市人口占全国人口 70% 以上。我国改革开放以来, 随着经济的高速发展和人民生活水平迅速提高, 城市的数量和规模大幅度增长。1978 年, 我国城市不到 200 座, 城市人口占 18% 左右; 到 2002 年, 全国城市有 660 座, 城市人口已达到 30% 以上。城市化进程不断加快, 大量人口相对集中, 从而造成城市生活垃圾日益增加。我国现存生活垃圾约 112 亿 t, 垃圾年产量约 1.4 亿 t, 约占世界总产量的 1/4, 是世界上垃圾“包袱”最重的国家。

目前, 世界各国的生活垃圾处理方法主要有堆放、填埋、焚烧、堆肥 4 种, 其中卫生填埋是各国最常用的、处理垃圾量最大的方法, 也是相对最经济、最安全的一种。美国用这种方法处理的垃圾占总量的 68%, 欧洲一般占 50% ~ 85%, 我国约占全部处置总量的 90% 以上。而且国家环保总局向社会公布的处理城市垃圾国家行动方案表明, 今后我国城市的大量垃圾将进行卫生填埋处理。

可见, 卫生填埋是目前城市垃圾处理的主要手段之一。卫生填埋场的重要标志是防渗系统安全化, 保护地下水、地表水和土壤不受沥出液的污染。在一些发达国家, 几乎在所有的填埋场工程中都需要采用垂直隔离墙^[1]。采用灌浆帷幕、高压喷射灌

浆板墙、深层搅拌桩墙及地下连续墙等技术方法形成垂直隔离体系是新建垃圾填埋场垂直防渗和既有垃圾场防渗治理的重要技术。但目前用于垃圾填埋场的垂直防渗技术基本是借用了水利工程、地质工程及土木工程的技术方法, 尚未形成针对垃圾填埋场沥出液防渗漏的理论与技术, 所以笔者提出针对垃圾填埋场渗漏防治研制低渗透性、对污染物具有吸附阻滞性能的浆材与工艺方法, 并于 2004 年在吉林省立项研究。

1 垃圾填埋场防渗对浆材性能的要求与浆材组成的选择

1.1 对浆材性能的要求

垃圾填埋场防渗灌浆的目的是防止沥出液中的有毒有害污染物对地下水、地表水和土壤造成污染, 因此对防渗浆材及其固结体性能的要求是: 可灌性好, 固结体渗透系数 $\geq 10^{-7}$ cm/s, 对沥出液中的有机和重金属污染物有吸附阻滞作用, 耐久性好等。

1.2 浆材组成的选择

在国外, 隔离墙一般用土-膨润土(SB)、水泥-膨润土(CB)和预制混凝土等材料做成。美国一般用土-膨润土作材料, 德国等欧洲国家一般用水泥-膨润土作材料, 而日本则用深层搅拌技术。通常在这些材料中掺入炉灰或粉煤灰等, 以使隔离墙

收稿日期: 2006-04-24

基金项目: 吉林省应用基础研究项目(编号: 20040580)

作者简介: 靖向党(1957-), 男(汉族), 内蒙古包头人, 长春工程学院教授, 探矿工程专业, 从事岩土钻孔工艺与浆材研究工作, 吉林省长春市同志街 3066 号, (0431)6822377, jxd57@sohu.com。

的渗透系数 $< 10^{-7}$ cm/s,并使之有足够的强度和耐久性^[1]。而我国则主要用水泥浆、水泥粘土浆、塑性混凝土、水泥砂浆和化学水泥复合浆材等。

借鉴国内外应用成果,针对垃圾填埋场防渗对防渗浆材及其固结体性能的要求,笔者开展了膨润土-粉煤灰-水泥浆材(BFC)的研究,下面主要介绍水泥基防渗浆材。

1.2.1 膨润土

膨润土是以蒙脱石为主要成分的粘土岩,在我国的储量仅次于美国,居世界第二位,主要集中在东北和东部沿海各省^[2]。膨润土中蒙脱石的吸水膨胀性、分散悬浮性、离子交换性和对有机物的吸附性等特性有利于浆液的稳定及其固结体的低渗透性和对污染物的吸附。

1.2.2 粉煤灰

粉煤灰是燃煤电厂中磨细煤粉在锅炉中燃烧后从烟道排出并被收尘器收集的物质,其主要成分是 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 等,通常为球状颗粒,比表面积一般为 $2500 \sim 7000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 。根据赵雅芝^[3]、朱国营^[4]等的研究,粉煤灰对重金属离子具有一定的吸附能力,能有效地降低沥出液中 COD、BOD₅ 和三氮的浓度。同时加入粉煤灰可降低浆材固结体的渗透系数。

1.2.3 水泥

水泥用作浆材的骨架材料和胶凝材料,以提高浆材结石体的强度。

1.2.4 助剂

为了确保浆材的可灌性、稳定性和固结体的密实性,通过试验选用钠盐作分散剂,选用 FN、SFN 或 FLS 作稀释剂(减水剂),用于调节浆液的可泵期。

2 垃圾填埋场防渗浆材的试验研究

2.1 实验条件

实验研究采用吉林省九台市沸石矿业有限公司生产的粘土、长春二电厂产的粉煤灰、长春亚泰产的鼎鹿牌 32.5 普通硅酸盐水泥。

渗透性试验主要采用南京水利研究所制造的南-55 型渗透仪;抗压强度试验采用 CBR-1 型承载比试验仪;浆液可泵期采用流动度盘测试。

2.2 水泥基防渗浆材的试验研究

在初步试验的基础上,采用三水平四因素正交试验法优选浆材配方。正交试验的因素与水平见表 1,用 $L_9(3^4)$ 正交表安排实验,实验安排及其结果见表 2。

表 1 水泥基防渗浆材因素与水平表

| 水平 | 因素 | | | |
|----|-----------|-----------|------------|-----------|
| | A 水泥/% | B 粘土/% | C 粉煤灰/% | D 钠盐/% |
| 1 | 22 | 8 | 8 | 0.4 |
| 2 | 30 | 15 | 15 | 0.8 |
| 3 | 44 | 22 | 22 | 1.1 |

表 2 水泥基防渗浆材用 $L_9(3^4)$ 正交表安排实验及其实验结果表

| 编号 | 因素 | | | | 性能指标 | |
|-----|---------|---------|----------|---------|--|-------------------------------------|
| | A 水泥 | B 粘土 | C 粉煤灰 | D 钠盐 | $k(7\text{d}) / (\times 10^{-7} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1})$ | $\sigma_c(28\text{d}) / \text{kPa}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 504 | 478.947 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 27.4 | 1334.211 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1.12 | 2842.105 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 13 | 1000.000 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 9 | 3063.158 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4.47 | 2618.421 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 8.63 | 4460.526 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 11.4 | 3873.684 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 17.2 | 3342.105 |
| I | 177.51 | 175.21 | 173.29 | 176.73 | | |
| II | 8.82 | 15.93 | 19.20 | 13.50 | $k(7\text{d})$ | |
| III | 12.41 | 7.60 | 6.25 | 8.51 | | |
| R | 168.68 | 167.61 | 167.04 | 168.23 | | |
| I | 1551.75 | 1979.82 | 2323.68 | 2294.74 | | |
| II | 2227.19 | 2757.02 | 1892.11 | 2804.39 | $\sigma_c(28\text{d})$ | |
| III | 3892.11 | 2934.21 | 3455.26 | 2571.93 | | |
| R | 2340.35 | 954.39 | 1563.16 | 509.65 | | |

由表 1 和表 2 可得到各因素水平对浆材固结体渗透性和强度的影响趋势,见图 1~8。

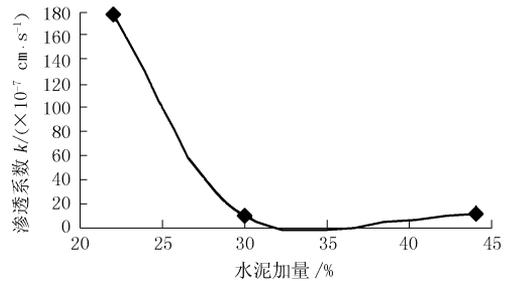


图 1 A(水泥)因素水平对渗透性的影响趋势图

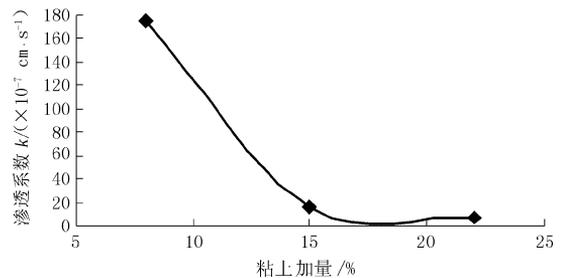


图 2 B(粘土)因素水平对渗透性的影响趋势图

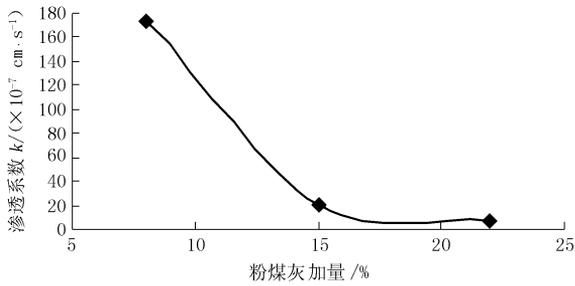


图3 C(粉煤灰)因素水平对渗透性的影响趋势图

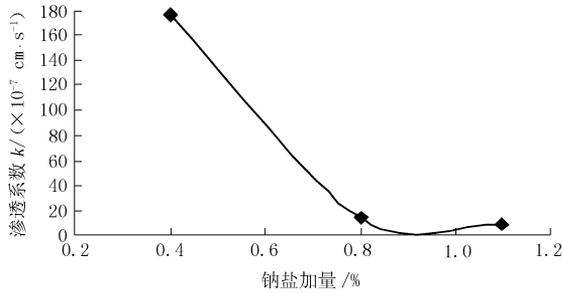


图4 D(钠盐)因素水平对渗透性的影响趋势图

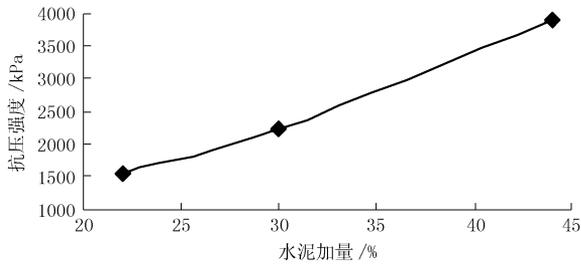


图5 A(水泥)因素水平对抗压强度的影响趋势图

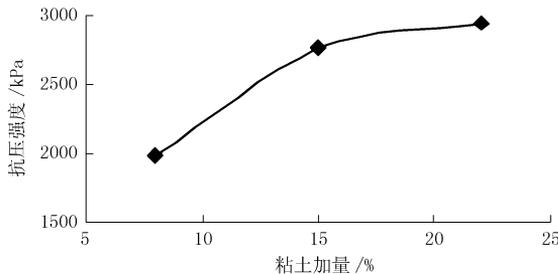


图6 B(粘土)因素水平对抗压强度的影响趋势图

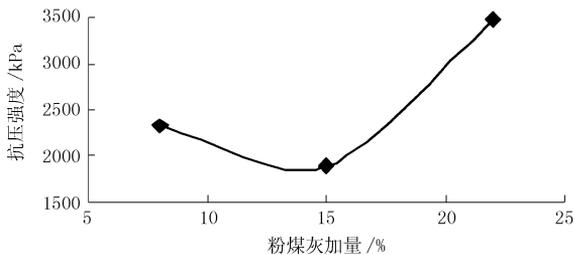


图7 C(粉煤灰)因素水平对抗压强度的影响趋势图

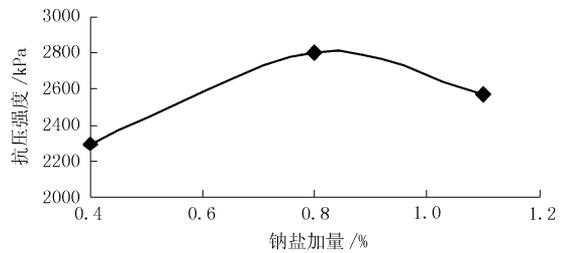


图8 D(钠盐)因素水平对抗压强度的影响趋势图

素对固结体渗透系数影响程度相当。对固结体强度影响最大的是A(水泥)因素,其次依次为粉煤灰、粘土和分散剂。考虑到防治垃圾填埋场沥出液渗漏浆材的主要性能是低渗透性,所以优选配方为:水泥30%~35%、膨润土18%~20%、粉煤灰18%~20%、钠盐0.9%~1.0%。根据施工方法的不同,为了浆材能有较好的流动性和可灌性,还应加入适量的减水剂。不同类型减水剂的加量与可泵期的关系见图9和图10。

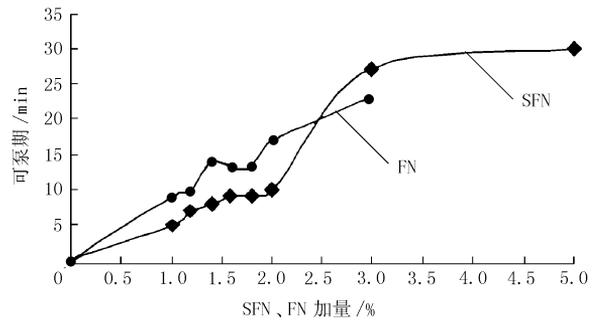


图9 SFN、FN加量与可泵期的关系曲线

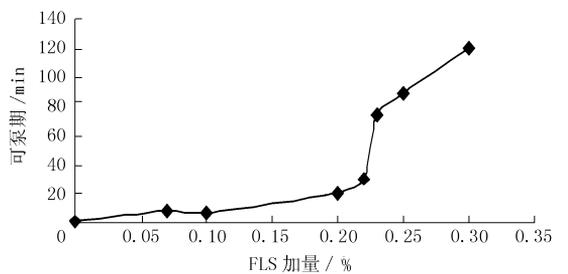


图10 FLS加量与可泵期的关系曲线

2.3 浆材性能

通过试验优选出的浆材配方具有良好的可灌性和稳定性,其固结体7天的渗透系数和无侧限抗压强度分别为 $(1.05 \sim 3.50) \times 10^{-7}$ cm/s 和 0.89 ~ 2.40 MPa,28天的分别为 $<0.8 \times 10^{-8}$ cm/s 和 3.05 ~ 3.85 MPa,完全可以满足垃圾填埋场沥出液防渗的要求。

(下转第13页)

由图1~8和正交试验极差分析可知:渗透系数随水泥、粘土、粉煤灰及分散剂的增加而减小,各因

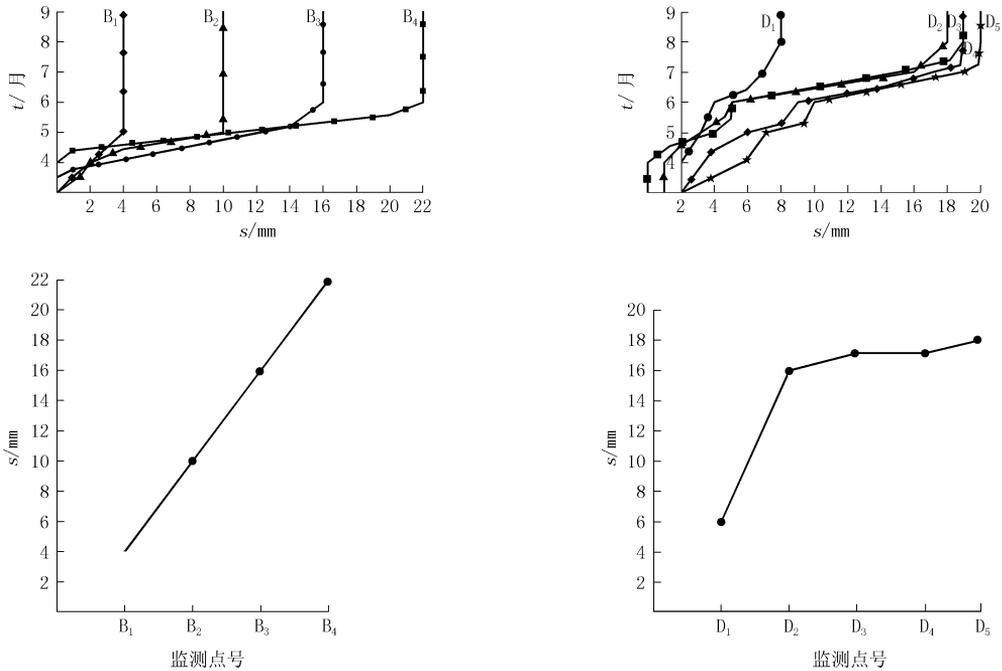


图 11 基坑典型监测点位移与时间曲线及各监测点最终位移对比图

试采用上部土钉墙下部桩锚结合的支护结构是可行的,并取得了较好的经济效益。本工程中上部土钉墙较桩锚支护结构节约成本单价 737.55 元/m²。

7 经济效益

实践证明,对于北京地区的超大深基坑支护,尝

(上接第 7 页)

3 结语

(1) 针对防治垃圾填埋场沥出液渗漏的特点,研究的一种水泥基膨润土-粉煤灰-水泥浆材(BFC)具有良好的可灌性和稳定性,其固结体渗透性低,符合规范要求。但固结体对沥出液中污染物的吸附阻滞性的强弱有待实验测试。

(2) 针对垃圾填埋场沥出液防渗漏的特点,笔者已开始研究另一种抗压强度低、塑性好的粘土基膨润土-粉煤灰-水泥浆材(BFC),并已取得了较好的效果。

(3) 为了提高浆材固结体对垃圾填埋场沥出液中污染物的吸附阻滞性,特别对有机污染物的吸附

阻滞性能,笔者着手开展掺入有机膨润土的垃圾填埋场防渗浆材研究。

(4) 针对所研究的浆材应进行污染物阻滞机理和其在结石体内运移规律的研究。

参考文献:

- [1] 熊孝波,施斌,等. 国外城市垃圾填埋场岩土工程研究的最新进展[J]. 工程地质学报,2000,8(3):345-350.
- [2] 姜桂兰,张培萍. 膨润土加工与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [3] 赵雅芝,杨凤林,等. 粉煤灰、建筑垃圾、粘土对垃圾渗透液吸附行为的研究[J]. 环境保护科学,1994,20(4):32-36.
- [4] 朱国营,赵永胜. 粉煤灰在垃圾淋滤液循环处理中的作用[J]. 长春科技大学学报,2000,30(3):262-265.
- [5] 靖向党. 钻孔工程[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.