

# 卫生填埋场伊-灰复合土防渗层抗渗性能 现场模拟试验研究

张波 苗群 冯林豹

(青岛建筑工程学院环境工程系, 青岛266033)

**摘要** 以伊(伊利土)-灰(粉煤灰)复合土和普通粘土作为对比进行了卫生填埋场防渗层抗渗性能现场模拟试验. 防渗层密实度 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ , 模拟降水强度 $1.7\text{--}2.1\text{mm}/\text{min}$ . 试验结果表明: 伊-灰复合土防渗层在抗渗性能上明显优于普通粘土防渗层; 模拟降水发生后, 卫生填埋场的渗滤液发生期可长达25d左右, 80%的渗滤液发生于前2/5时段.

**关键词** 卫生填埋, 防渗层, 伊-灰复合土, 渗滤行为, 模拟试验.

## A Site Simulating Test on Impermeability of the Illite-Coal Fly-Ash Compound Soil Used as Lining Material for Sanitary Fill

Zhang Bo Miao Qun Feng Linbao

(Qingdao Institute of Architecture and Engineering, Qingdao 266033)

**Abstract** A site test for the comparison of illite-coal fly-ash compound soil and ordinary clay using as lining material was conducted. When the density of lining material being as  $1.8\text{g}/\text{cm}^3$  and the rate of the mimic precipitation being as  $1.7\text{--}2.1\text{mm}/\text{min}$ , it was showed that the liner of illite-coal fly-ash compound soil has much better impermeability than that of the liner of clay and after the mimic precipitation happened, the leaching liquid period could be as long as 25 days and a volume of 80% of the leaching liquid was generated in the first 2/5 period.

**Keywords** sanitary fill, lining material, leaching behavior, mimic test.

在实验室筛选的基础上, 提出卫生填埋场伊-灰复合土防渗技术<sup>[1]</sup>. 本文报道于青岛市湖岛垃圾场进行的扩大规模的现场对比试验.

### 1 材料

试验所用伊利土取自青岛市棘洪滩地区, 粉煤灰取自青岛电厂, 粘土取自青岛当地建筑工地. 伊利土的膨胀性介于蒙脱土和高岭土之间<sup>[2]</sup>.

粉煤灰最小粒径小于 $0.2\mu\text{m}$ . 由于经过高温燃烧过程, 粉粒表面形成较多的孔隙结构, 因而具有一定的吸附性.

本试验确定混合比例为: 粉煤灰 伊利土 = 1 4

粘土是一种常见的黄褐色土壤.

### 2 方法

#### 2.1 试验系统

图1是建于湖岛垃圾场的试验系统. 它由填埋单元1, 取样井2, 循环水池3, 循环泵4和管道系统5等组成. 其中填埋单元对等设置2个, 分别以S和N命名. 2单元各长2.4m, 宽1.2m, 深3.6m. 试验时, 水泵4从循环水池3抽水, 通过可移动式布水架13, 按照一定的喷淋强度和喷淋历时, 对单元S、N轮换进行模拟降水. 降水量由阀门14控制. 降水一部分渗入覆土层, 一部分由表面径流, 汇入单元四周的集

水渠 15, 并通过软管导入循环水池. 渗入覆土层的降水, 大部分经泄水管 16 由软管导入水池, 少部分继续下渗进入防渗层, 并逐渐穿过垃圾层、砾石层、滤板, 进入集水室, 再经导出管 17 流入取样桶 18. 在喷水总管、溢流管和泄流管上, 还设置了流量计 19、20、21, 分别对喷淋量、表面径流量和泄流量进行记录.

作为对比, S 单元用伊-灰复合土防渗层, N 单元用粘土防渗层. 鉴于伊-灰复合土防渗层的渗透系数较粘土防渗层小 1—2 个数量级<sup>[1]</sup>, 为节省试验时间, 试验取 S 单元防渗层厚 20cm, N 单元防渗层厚 50cm. 表 1 给出了 2 单元自下而上的填埋情况. 其中垃圾层的密实度为  $1.0\text{t}/\text{m}^3$ , 防渗层的密实度为  $1.8\text{t}/\text{m}^3$ . 按照体积和密实度估算, 2 单元填埋内容总重约 20t.

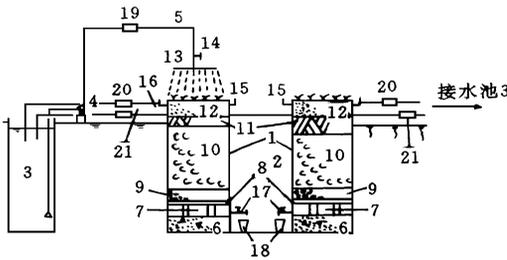


图 1 现场模拟试验系统

1. 填埋单元 2. 取样井 3. 循环水池 4. 水泵 5. 管道系统
6. 防水混凝土基础 7. 集水室 8. 滤板 9. 砾石层 10. 垃圾层 11. 防渗层 12. 覆土层 13. 布水架 14. 阀门 15. 集水渠 16. 泄水管 17. 滤液导出管 18. 取样桶 19. 总管水表
20. 溢流水表 21. 泄流水表

表 1 单元填埋情况

填埋内容(自滤板由下而上)	S 单元/m	N 单元/m
砾石层(直径 5—20mm)	0.20	0.20
旧垃圾(埋龄约 2.5a)	1.00	1.00
旧垃圾(埋龄约 2.5a)	1.30	0.30
新鲜垃圾	0.20	0.20
旧垃圾(埋龄约 2.5a)	0.70	0.40
防渗层(密实度 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.20	0.50
覆土层(透水性较好)	0.50	0.50
总厚度	3.10	3.10

## 2.2 模拟降水

模拟降水与自然降水有一定差别. 首先, 穿孔布水架喷淋需要一个起始的最小水量( $1.7—2.1\text{mm}/\text{min}$ ). 这相对于自然降水强度来说是

偏大的. 这种差别对试验产生了 2 种不同的影响. 一方面, 模拟降水水量较大, 历时较短, 对填埋单元的防渗层是一种考验, 增加了试验的安全性. 另一方面, 在较大的喷淋强度下, 地表和地下径流都会比自然情况大一些. 这对于试验结果的安全性又产生了一定的不利影响. 为了降低这一影响, 试验通过对覆土层做表面处理把表面径流系数由一般草地的  $0.15^{[3]}$  降至  $0.05$  以下. 试验把模拟降水的有关参数定为, 喷淋强度:  $1.7—2.1\text{mm}/\text{min}$ ; 喷淋历时:  $2—3\text{h}/\text{次}$ ; 覆土层表面径流系数: 小于  $0.05$ .

模拟降水在 2 单元之间轮换进行, 各分别进行 2 次. S 单元的 2 次降水时间间隔 3d, N 单元的 2 次降水间隔 1d. 降水发生后, 每天由取样井测定并记录渗滤液的发生情况, 结果见图 2.

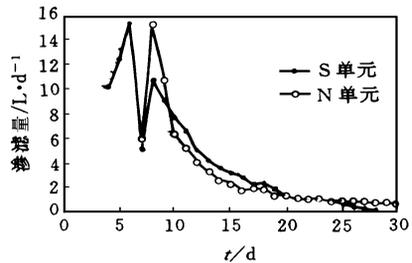


图 2 模拟降水后渗滤行为

为了便于讨论, 表 2 对 2 单元的模拟降水条件进行了比较.

表 2 2 单元模拟降水条件分析

单元	降水量 $/\text{m}^3$	平均降水强度 $/\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	径流 系数	泄流 系数	降水间隔 时间/d
S	1.827	2.04	0.29	0.36	3
N	1.823	1.88	0.02	0.68	1

## 3 结果与讨论

由图 2 可以看出, 渗滤液在降水结束后的第 1 至第 4d 开始发生. 2 单元的降水量均为  $1.82\text{m}^3$  (相当于  $632\text{mm}$ ). S 单元于第 1 次降水后的第 4d 出现渗滤液, 并于第 2 次降水后的第 4d 出现渗滤液流量回升. 而 N 单元则于降水后的第 1d 出现渗滤液, 且第 2 次降水后没有出现明显的渗滤液回升迹象. 因此, S 单元的渗滤曲

线上有 2 个峰值, 而 N 单元却只有 1 个。

渗滤液发生后, 流量很快达到最大值. 此后渗滤液迅速衰减, 大约 10d 后, 其衰减速度明显降低. 试验表明, 从渗滤液发生到完全断流需要经历近一个月的时间. 图 3 是对渗滤液流量的累积分析, 可以看出, 大约 80% 的渗滤液发生在前 2/5 滤期, 大约 50% 的渗滤液发生在前 1/6—1/5 滤期. 这说明, 降水后渗滤液的发生是比较集中的.

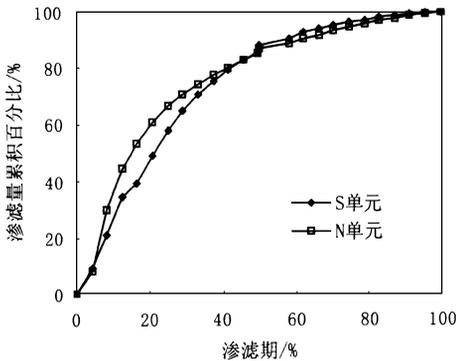


图 3 渗滤液发生量累积分析

S 单元对降水反应明显缓于 N 单元表明, 20cm 厚的伊-灰复合土防渗层在抗渗性能上明显优于 50cm 厚的普通粘土防渗层.

由表 2 知, 2 单元的降水量是相同的. 但是图 2 表明, S 单元的渗滤总量却比 N 单元大. 这一现象与前面的结论似乎矛盾. 因为既然伊-灰复合土的抗渗性能远远优于普通粘土, 就不应出现 S 单元滤液量大于 N 单元的情况. 从防渗层表面的泄流能力上进行分析, 由表 2 知, S 单元的泄流能力很差, 其泄流系数仅约为 N 单元的 50%. S 单元的泄流困难可以用粉煤灰的吸附性质进行解释: 在防渗层装填的夯砸过程中, 一部分粉煤灰被从伊利土的孔隙中震了出来, 覆在表面. 它们与透水性较好的覆土颗粒接触后, 由于其具有一定的吸附能力, 极易包裹在覆土颗粒周围, 从而增加了降水在防渗层与覆土层交界面的横向流动阻力. 在经过预先处理并长满小草的疏松的覆土层表面, 径流系数竟高达 0.29(比经同样处理的 N 单元径流系数高出 14.5 倍), 正是泄流不畅造成的. 试验观察到,

这种现象严重时甚至可以将泄水孔完全阻塞. 显然, 在这种泄流条件下, S 单元的防渗层上方将存在一个滞留时间远较 N 单元长, 厚度也远较 N 单元大的含水层. 另一方面, S 单元较强的抗渗性能迫使降水只能缓缓地透过防渗层. 这就是为什么在同样的降水条件下 S 单元的反应缓于 N 单元, 而 S 单元的渗滤总量却又大于 N 单元的原因. 在图 2 的渗滤曲线上, 2 单元在  $t=14\text{d}$  时均出现了一次微弱的渗滤量回升. 这是  $t=16\text{d}$  青岛当地有一次降雨造成的. 从第 21d 开始, 原先处于落后状态的 N 单元渗滤曲线, 在滤液量上超过了 S 单元, 并持续至 S 单元首先断流. 即出现了 S 单元淋雨多却渗滤液少, N 单元淋雨少却渗滤液多的结果, 是对实验室研究结论一次意外的验证.

#### 4 结论

(1) 在模拟降水对比试验中, 20cm 厚的伊-灰复合土防渗层在抗渗性能上明显优于 50cm 厚的青岛当地普通粘土防渗层.

(2) 降水发生后, 填埋场的渗滤液发生期可持续近 1 个月的时间, 滤液发生量也相对集中. 80% 的渗滤液发生于前 2/5 渗滤期, 50% 的渗滤液发生于前 1/6~1/5 渗滤期. 建议卫生填埋场渗滤液收集、处理设施的设计应充分考虑这一特点.

(3) 填埋场覆土层和防渗层的表面处理十分重要. 径流能力太小, 会使渗滤液发生总量明显增加, 表面处理不仅要有一定的坡度, 还应根据具体情况铺垫适当的透水性良好的材料, 以最大限度地增大填埋场覆土层和防渗层表面的泄水能力.

#### 参 考 文 献

- 1 张波, 冯林豹, 苗群. 卫生填埋场伊-灰复合土防渗技术实验研究. 环境工程, 1994, 12(6): 57—60
- 2 陈仲颐, 周景星, 王洪瑾. 土力学. 北京: 清华大学出版社, 1994: 3—10
- 3 张中和, 常慎主编. 简明排水设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986: 160