

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.22.022

卫生填埋场穿坝管处防渗系统渗漏检测及修复案例

喻 青

(深圳市宝安排水有限公司, 广东 深圳 518100)

摘 要: 通过对设计资料进行分析及现场研判,结合现场试验措施,准确定位生活垃圾卫生填埋场堆体内部渗滤液渗漏事故点位置,通过定点导向开挖垃圾堆体露出渗漏点后,采取封堵渗滤液导排管道、设置斜管收集泵井提升填埋场内部蓄积渗滤液的组合方案进行了渗漏事故点的修复。修复措施完成后的监测结果表明,填埋场正常稳定运行,采取的工程措施达到了预期目的。

关键词: 垃圾卫生填埋场; 渗滤液渗漏; 定点导向开挖; 管道封堵; 斜管收集泵井

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)22-0133-04

A Leakage Detection and Repair Case of the Seepage Prevention System at the Dam Crossing Pipe in a Sanitary Landfill Site

YU Qing

(Shenzhen Bao'an Drainage Co. Ltd., Shenzhen 518100, China)

Abstract: Through the design data analysis, site research and judgment, combined with field test measures, the location of the leachate leakage point within the landfill body of domestic waste was accurately determined. After excavating the dumpling site at a designated location to expose the leakage point, a combination of measures was taken to repair the leakage point, including sealing the leachate pipeline and installing an inclined pipe collection well to lift the leachate within the landfill. After the repair measures were completed, monitoring results show that the landfill operates normally and stably, and the engineering measures have achieved the intended purpose.

Key words: waste sanitary landfill site; leachate leakage; designated excavation; pipeline sealing; inclined pipe collection well

1 填埋场总体概况

南方某山谷型垃圾卫生填埋场总占地面积 $32.8 \times 10^4 \text{ m}^2$,库区面积 $26.4 \times 10^4 \text{ m}^2$,设计库容 $1\,020 \times 10^4 \text{ m}^3$,共规划为东、中、西三个填埋区,逐区建设,分期投入使用。填埋场分区示意图见图1。

东区为首期工程,2011年动工建设,2013年初投入运营;中区2015年开工建设,2016年竣工。库区防渗系统采用单层HDPE膜(厚2.0 mm)与GCL复合衬层结构方案。东区与中区相邻,两库区间设置了分区垃圾坝(土坝),最大坝高6.0 m。根据防渗要求,东区防渗层覆盖翻越分区坝后与中区防渗

层衔接,渗滤液导排管则横穿防渗层、分区坝后至下游中区,导排管采用实壁HDPE柔性管,具体见图2。

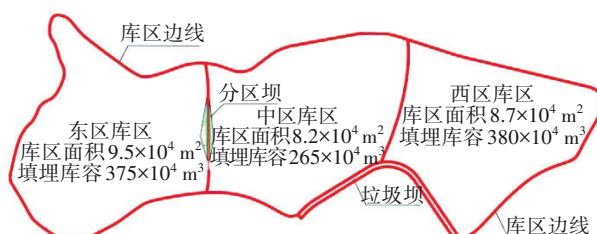


图1 填埋场分区示意

Fig.1 Landfill zoning diagram

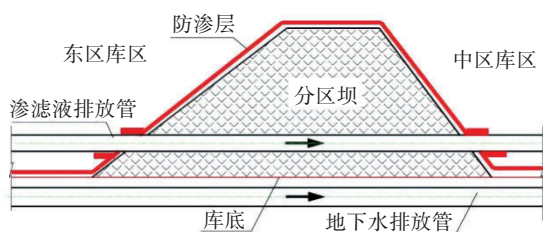


图2 分区坝横断面

Fig.2 Cross-section diagram of the zone dam

2 渗滤液的渗漏情况

至2020年8月,库区已填埋垃圾约 $450 \times 10^4 \text{ m}^3$,渗滤液产生量约 $400 \text{ m}^3/\text{d}$ 。自2020年8月开始,在中、东区地下水排放总管出水口的日常监测中发现地下水水量异常大幅增加(增加量约 $40 \sim 60 \text{ m}^3/\text{d}$),主要水质指标COD突增至 $2\,000 \text{ mg/L}$ 左右, $\text{NH}_3\text{-N}$ 突增至 $1\,000 \text{ mg/L}$ 左右。水质监测情况见表1,显然,库区渗滤液出现了严重的渗漏^[1]。

表1 地下水水质

Tab.1 Groundwater quality $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD		$\text{NH}_3\text{-N}$	
	范围	月平均值	范围值	月平均值
2020年8月	1 421~2 046	1 773	823~1 012	974
2020年9月	1 130~1 822	1 479	882~1 268	973

3 渗滤液渗漏原因的分析研判

3.1 渗漏预判

库区地下水排放量、水质出现异常后,主管单位组织了原设计、施工单位相关技术人员与特邀专家成立专家组,在分析设计、施工等资料后,结合现场踏勘,认为:

① 根据监测数据,渗滤液的渗漏量约占总量的10%~15%,渗漏量较大,由此推断库区渗滤液输送管道系统干管部分出现破损导致渗漏的可能性较大。

② 现状已填埋库区的最低区域防渗层可能出现大面积破损导致渗漏。由于库区底部为挖方形成,为原状土层,因此库底出现不均匀突发性剧烈沉降的可能性较小,库底防渗层出现突发性大面积拉裂破损的可能性不大^[2]。基于此分析,专家一致判定渗滤液渗漏的原因极有可能是库区渗滤液输送管道系统干管部分出现破损,如受堆载垃圾外压,从而使管道接口脱节、管道开裂等。

3.2 事故点位置的初步确定

现状渗滤液输送干管系统上部已堆载垃圾厚

度为10~40 m,全部开挖寻找破损点是不可能的。因此,最终商定采用示踪剂法初步锁定事故点。即由下游依次往上,首先在干管本体沿线上导气石笼竖管内添加染色指示剂,然后扩大搜寻范围,即在干管沿线两侧50~80 m区域内实施,通过对地下水出水总口处水流颜色的观测分析判定事故点大致位置。

库区渗滤液收集管道系统见图3。

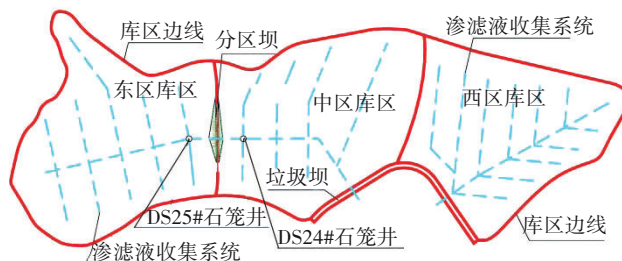


图3 库区渗滤液收集管道系统

Fig.3 Schematic diagram of the leachate collection pipeline system in a landfill area

按试验要求,由最下游垃圾坝处开始,先在干管本体沿线上导气石笼竖管内投加染色指示剂,由下游往上逐步推进,当在分区坝上游15 m处DS25#石笼井投加染色指示剂约20 min后,地下水出水总口出现红色水样。因此推断DS24#~DS25#导气石笼间长约35 m段管道出现破损,经进一步分析设计资料,该段渗滤液管为DN600的HDPE实壁管,穿库区防渗层、分区坝后至中区库区,由此初步判定可能为以下两种情况之一:

① 渗滤液输送管穿膜处防渗膜因管道拉扯而出现撕裂破坏,渗滤液受分区坝的阻拦而在此处蓄积,进而从破损点大量流出。

② 由于分区坝施工碾压等工序影响,渗滤液输送管穿分区坝段受到损伤或管道前后不均匀沉降,随着垃圾堆体填埋高度增加,管道出现断裂。

3.3 事故点的最终确定

根据分析研判及试验初步验证,决定在东区渗滤液总管上部进行开挖,即在渗滤液管穿坝入土点上部进行开挖以最终确定事故点。考虑到该处已填埋垃圾厚度超过10 m,且上游区域为高程更高的垃圾堆体,为确保施工安全,首先对开挖点周边的垃圾堆体进行挖除,卸载转运至下游区域,形成一处长宽均为30 m的工作平台,且确保上游堆体坡面坡度保持在1:4左右。

工作平台形成后,采用放坡开挖方式进行机械挖掘,作业点按安全作业专项方案设置了大功率鼓风机、检测报警仪等安全设施^[3-4],以确保现场施工作业安全。

开挖至渗滤液排放管穿膜处露出后,未发现该处防渗层出现撕裂破损现象,于是专家组现场查勘后决定,在DN600的HDPE实壁管上部切割开口,采用机器人对管道内部进行CCTV检测。结果显示,在分区坝中线位置,DN600的HDPE实壁管底部出现了长约1.0 m的纵向裂缝,大量渗滤液在此处渗漏,由于该处管道穿分区坝位于防渗层下方,渗漏渗滤液直接进入下部的地下水导排花管。DN600的HDPE实壁管出现开裂的原因初步分析如下:穿分区坝的入土点、出土点的管道下方基础未按要求施工,受堆载垃圾高强度外压时,坝内外段管道沉降量差异大,从而导致管道变形过大、破裂。

4 渗漏修复方案

由于分区坝表面敷设有防渗结构层,加之现场施工作业面小、垃圾堆体量大且深、现场易燃易爆气体浓度高等因素,因此开挖分区坝露出HDPE管进行更换或修复是不可行的。针对这种情况,提出了以下3种修复方案:①管道内套DN400的HDPE管。②在HDPE管现状切割开孔处将HDPE管切断,利用气囊在管道开裂点下游位置进行封堵形成堵点,堵点至上游切割管口段采用密封剂填充,而后用盲板封堵管口以防下游渗滤液反冒渗漏。处理完成后,东区渗滤液被分区坝阻隔蓄积,当液位高于分区坝顶时,渗滤液溢流过坝顶进入中区,经中区渗滤液收集系统收集后至调节池。③管道封堵同方案2,而后在东区开挖处设置渗滤液提升设施,将东区蓄积渗滤液提升压力输送至调节池。三种修复方案的比选见表2。

表2 渗漏事故点修复方案比选

Tab.2 Comparison of selecting the remediation plan for a leakage accident site

修复方案	优点	缺点
方案1	① 造价低,工程量小; ② 能有效利用现状管道,修复实施后,渗滤液收集系统能100%恢复原设计功能	① 现状管道存在变形及起伏情况,内套DN400的HDPE管施工难度大; ② 需在HDPE管穿分区坝出土处开挖以露出现状管道,施工作业难度大、安全风险高
方案2	① 修复效果保障率高; ② 施工难度较小; ③ 造价低,工程量小	① 东区渗滤液排放不畅,随着蓄积渗滤液液位的升高,对填埋场堆体的稳定性、内部好氧化矿化等均产生了不利影响; ② 随着蓄积渗滤液液位的升高,防渗层受水压增大,东区渗漏概率增大
方案3	① 修复效果保障率高; ② 未对现状库区的正常运行产生不利影响	① 总体造价高,工程量大; ② 增加了日常运行费用

经综合比选,确定采用方案3。

提升泵站有两种型式:一是立式收集泵井,二是斜管收集泵井。考虑到垃圾堆体远未达到设计高程,如采用立式收集泵井,需随填埋堆体的升高同步改造提升泵井及部分设备,后期改建维护工作量大、施工难度高、投入大,因此最终选择斜管收集泵井。

完成渗漏管道修复后,在开挖区域建设长×宽×高为8.0 m×5.0 m×4.0 m的渗滤液收集井,采用级配卵石(粒径40~60 mm,外围小,内部大)堆砌形成,在集液井中间位置距库底1.0 m高程处水平埋设长5.0 m、直径DN1 000的开孔不锈钢花管,末端接DN800不锈钢管,DN800不锈钢管直线斜向铺设至填埋场边线。DN1 000开孔不锈钢花管内设置不锈钢耐腐蚀潜水泵1台(1台库备, $Q=50\text{ m}^3/\text{h}$, $H=500$

kPa,变频),潜水泵带有滑轮,可通过牵引绳在DN800不锈钢管道内升降进行维护,通过De110 mm弹性加筋橡胶软管将渗滤液输送至场外管道。具体方案见图4。

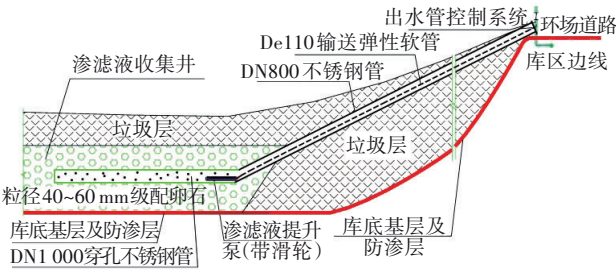


图4 斜管收集泵井示意

Fig.4 Schematic diagram of inclined pipe collection pump well

修复完成后,按原状进行回填处理,及时恢复填埋场的相关功能。

5 实施效果分析

该修复工程历时约1个月,2020年11月完成,运营单位持续对地下水水质及库区渗滤液水位进行了监测。监测结果显示,随着修复工程的完成,分区坝上游的渗滤液水位持续降低,地下水的COD、NH₃-N分别由2 000、1 000 mg/L降至80、40 mg/L左右。监测数据见表3。

表3 修复后的地下水水质

Tab.3 Groundwater quality after remediation

mg·L⁻¹

时 间	COD		NH ₃ -N	
	范围值	月平均值	范围值	月平均值
2020年12月	118~490	206	52~220	106
2021年1月	72~142	102	18~72	58
2021年2月	80~124	88	35~42	39
2021年3月	57~108	84	38~50	44
2021年4月	53~95	76	31~38	35

由表3可知,修复工程完工后,地下水污染物指标持续下降至日常水平,修复工程实施效果良好,达到了预期效果。

6 结论

① 应严格按照规范对城市垃圾卫生填埋场进行环境监测,及时发现问题,及时处理处置。

② 针对渗滤液渗漏事故,应先结合设计、施工等资料进行分析研判,再结合现场试验来初步确定事故原因及事故点位置,有针对性地采取处置措施。

③ 在未封场的填埋堆体内部设置斜管收集泵井,可一次性建成,具有结构简单、投资小、后期维护量小等优点。

④ 对管道、构筑物等设施穿防渗层处的防渗处理应严格按防渗要求设计并采取加强措施,尤其是要防止穿越防渗层的设施产生不均匀沉降而破坏防渗层。

⑤ 填埋场防渗系统施工应严格按照规范要求实施与检测,从本项目的日常监测数据分析,地下水受到微污染,这表明防渗层存在细小点状渗

漏点。

参考文献:

- [1] 潘颖雅,李昀涛. 广州市兴丰生活垃圾卫生填埋场扩容工程设计[J]. 环境卫生工程,2015(1):69-72.
PAN Yingya, LI Yuntao. Expansion engineering design of Guangzhou Xingfeng domestic waste sanitary landfill site [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2015 (1): 69-72(in Chinese).
- [2] 韩智勇,许模,刘国,等. 生活垃圾填埋场地下水污染物识别与质量评价[J]. 中国环境科学,2015(9): 2843-2852.
HAN Zhiyong, XU Mo, LIU Guo, et al. Pollutant identification and quality assessment of groundwater near municipal solid waste landfills in China [J]. China Environmental Science, 2015 (9): 2843-2852 (in Chinese).
- [3] 周晓霞,邓方,张智源,等. 生活垃圾卫生填埋场污染问题分析及建议[J]. 资源节约与环保,2022(4): 91-94.
ZHOU Xiaoxia, DENG Fang, ZHANG Zhiyuan, et al. The analysis and suggestions for pollution problems in household waste sanitary landfills [J]. Resource Economization & Environmental Protection, 2022 (4): 91-94(in Chinese).
- [4] 乔稳,王新峰,刘艳霞. 生活垃圾填埋场污染防控监管问题及解决办法[J]. 环境与发展,2020(7): 231-232.
QIAO Wen, WANG Xinfeng, LIU Yanxia. Supervision problems and solutions of pollution prevention and control in domestic waste landfill [J]. Journal of Environment and Development, 2020 (7): 231-232 (in Chinese).

作者简介:喻青(1982-),女,四川乐山人,硕士,工程师,主要从事水处理、智慧水务、环境卫生工程设计与管理工作。

E-mail:32447470@qq.com

收稿日期:2023-03-29

修回日期:2023-05-05

(编辑:衣春敏)