

土工膜漏洞检测经验总结

高 康¹, 兰吉武²

(1. 上海甚致环保科技有限公司, 上海 200433; 2. 浙江大学 软弱土与环境土工教育部重点实验室, 浙江 杭州 310058)

【摘要】总结了 10 a 间, 采用 2 种不同漏洞检测方法, 对我国 100 多个垃圾填埋场以及矿山等工程开展土工膜的漏洞检测实践, 并对其结果进行统计分析表明: 土工膜产生漏洞的主要原因有施工不当、结构设计不当和原材料质量不合格。针对土工膜漏洞出现的原因, 分别从结构设计、施工质量控制等方面提出建议。

【关键词】 填埋场; 水土污染; 土工膜; 防渗; 漏洞检测

中图分类号 :X830.2; X705

文献标识码 B

文章编号 :1005-8206 (2017) 05-0077-04

Experience in Leak Location Survey of Geomembrane

Gao Kang¹, Lan Jiwu²

(1. Shanghai Shenzi Environmental Technology Co. Ltd., Shanghai 200433; 2. Key Laboratory of Soft Soils and Geoenvironmental Engineering of Ministry of Education, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310058)

【Abstract】 In the past ten years, two different methods were applied to the leak location survey of geomembrane in more than 100 municipal landfills and mines. According to the statistic analysis of the results, the reasons caused to leak in geomembrane including that improper construction measures, improper construction design and non-conforming materials. Some suggestions including structure design, construction quality control and other aspects were proposed.

【Key words】 landfill; soil and water pollution; geomembrane; impervious; leak location survey

1 土工膜漏洞检测技术

1.1 膜上有堆填工况的漏洞检测

常规的垃圾填埋场、矿山的堆浸场都需要在土工膜上铺设 1 层砂石垫层, 作为保护收集层。土工膜上摊铺砂石的过程中, 机械碾压和机械直接碰触必然会造成土工膜破损。土工膜上覆盖有砂石土料的情况下, 一般常规采用双电极电学漏洞检测法进行漏洞检测。双电极漏洞检测利用土工膜的绝缘特性, 在土工膜的上下施加电势, 存在漏洞的位置就会产生泄漏电流, 通过移动测量仪找到泄漏电流点, 即是破损点。土工膜上的覆盖砂石土料要求潮湿能够导电, 大部分情况下, 需要在砂石表面洒水, 保证检测仪表能够读取电势信号。

双电极漏洞检测标准为 ASTM D7007—2015 覆有水或土工材料的土工膜泄漏定位的电工法规程, 原理如图 1 所示^[1]。

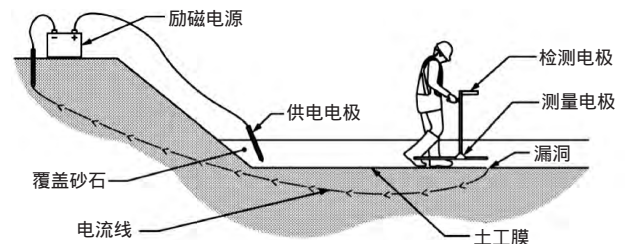


图 1 双电极漏洞检测原理示意

1.2 膜上无堆填工况的漏洞检测

裸露土工膜的漏洞检测原来选用的方法是水枪法, 标准为 ASTM D7002—2015, 但是水枪法的应用有很大的局限性。由于需要直接喷水到土工膜上, 需要连接供水水管, 相当于要拖着水管进行检测, 操作不是很方便。对于一些细小的破损孔洞, 如果喷水不能及时穿透土工膜, 就很难发现漏洞。对于土工膜上覆盖有土工布等情况, 水枪法不适用, 即使采用双电极法, 也很难检测到土工布覆盖的漏洞。

改进型的电弧漏洞检测技术, 不但可以用于裸露土工膜, 也可以用于土工膜上覆盖土工布或者土工复合排水网情况, 土工膜上的覆盖物要求干燥,

收稿日期 2016-09-30

厚度不超过 10 mm。电弧漏洞检测法能够通过超高压击穿很微小的破损漏洞，包括肉眼无法看到的焊缝缺陷，使用电弧漏洞检测法，检测的精度和准确度均大大提高，能够发现 1 mm 的微小漏洞。电弧漏洞检测已经在多个项目实践应用，对检测覆盖土工布的土工膜具有相当高的准确性。电弧漏洞检测参考 ASTM D7953—2014 标准，此标准只规定了裸露土工膜的情况，对土工膜上覆盖土工布并未涉及。电弧漏洞检测的原理如图 2 所示^[2]。

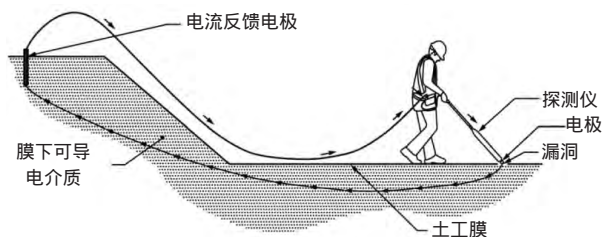


图 2 电弧漏洞检测原理

土工膜下是具有导电性能的黏土或者膨润土垫 GCL，检测时将供电的地线接到膜下导电层，电荷通过导线传到土工膜下。在土工膜上表面移动另一导电元件，以检查是否存在潜在孔洞。当出现破损孔洞时，高压形成闭合回路并产生电弧，产生声光报警，由此发现漏洞。电弧漏洞检测要求检测表面干燥无异物，由于不需要供水，检测更为方便快捷。

2 土工膜漏洞产生原因分析

2.1 施工不当

上海某垃圾填埋场分为 4 个阶段建设，1、2 阶段 1 个施工土建承包商，3、4 阶段换成另外土建承包商。在此选取 3、4 阶段的漏洞检测结果，见表 1。本垃圾填埋场采用双层防渗结构，主次防渗层均为 1.5 mm 土工膜，2 层土工膜间放置 1 层 GCL 作为复合防渗层。主防渗土工膜上有 600 g/m² 的土工布保护层，渗沥液导排层为 600 mm 碎石垫层。3 阶段一共发现 16 个破损漏洞，小的只有 5 mm 左右，大的为 70 mm。在众多填埋场项目中，1.5 × 10⁵ m² 的面积只有 16 个破损漏洞，已经算得上优秀等级。对于施工产生的破损孔洞，需要由施工承包商支付 15 000 元/洞，监理方支付 5 000 元/洞。在 4 阶段土建施工承包商执行了严格的质量控制，使得破损漏洞的数量大量减少，最终只发现 3 个破损，其中 2 个是 GCL 的断针刺破土工膜，实际施工破损仅为 1 个。而在上海浦东某填埋场工程，项目采用单层复合结构，1.5 mm 土工膜下面为 GCL，土工膜上为 800 g/m² 土工布，渗

沥液导排层为 30 cm 卵石，此项目几乎没有施工质量控制，1.4 × 10⁵ m² 左右的面积，共计破损漏洞为 238 个，最大的漏洞达到 1.6 m 宽，6 m 长。上海浦东某垃圾场发现的大型孔洞见图 3。

表 1 填埋场质量控制与漏洞关系

| 项目 | 严格质量控制 | 良好质量控制 | 质量控制不当 |
|-------------|---|--|---|
| 上海某垃圾场 3 阶段 | | 16 洞 (1.5 × 10 ⁵) m ² | |
| 上海某垃圾场 4 阶段 | 1 洞 (1.5 × 10 ⁵) m ² | | |
| 上海浦东某垃圾场 | | | 238 洞 (1.4 × 10 ⁵) m ² |



图 3 上海某垃圾填埋场机械破损孔洞

通过对比上海 2 个垃圾填埋场的填埋单元的土工膜施工破损情况可以看出，严格的施工质量控制可以减少施工对土工膜的损坏。一部分垃圾填埋场的渗沥液导排层厚度不够也是造成施工机械破损的 1 个因素。

2.2 结构设计不当

垃圾填埋的设计要求考虑填埋区域的水文地质情况、填埋垃圾的性质和填埋高度等等因素，根据实际情况选择合适的防渗结构，而不是照抄或者死套规范。贵州某垃圾填埋场，不设膜上保护层而在土工膜上直接铺设碎石，最终造成土工膜失效而重新铺设土工膜。一些垃圾填埋场设计不考虑边坡的稳定和地基的承载力，最终由于滑坡和地基沉降造成土工膜破坏。良好的结构设计可以从根本上保证土工膜的安全性。

浙江某垃圾填埋场原设计土工膜上采用单层防渗结构，土工膜上采用 600 g/m² 土工布作为防护层（见图 4），由于此项目出现使用假冒土工膜要更换正品土工膜，需要调整结构以降低造价，降低换膜产生的损失。经过对填埋场库区地质情况等综合分析，优化防渗结构（见图 5），使其更加合理。土工膜上使用复合排水网作为防护层兼渗沥液导排层，土工网的刚度和厚度对保护土工膜免受施工破坏有很大的好处。

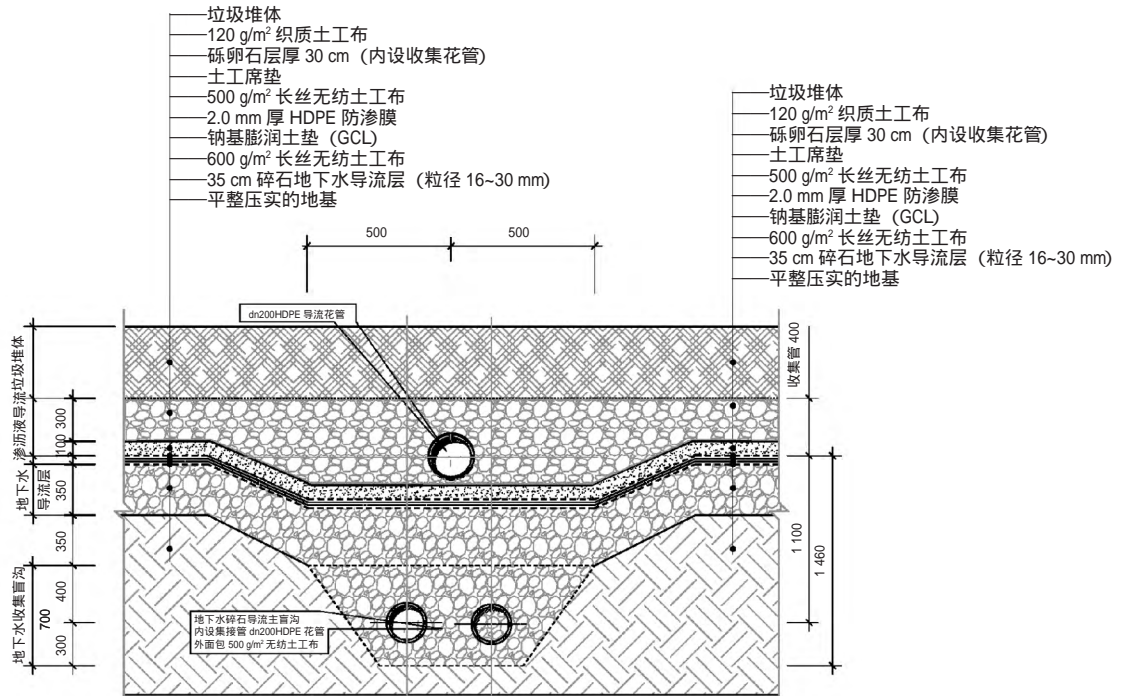


图4 浙江某垃圾填埋场原设计防护层

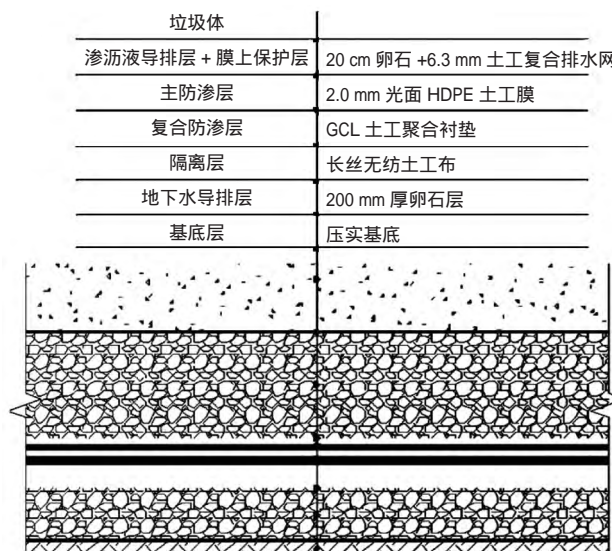


图5 浙江某垃圾填埋场变更设计防护层

相比原设计，变更设计将土工膜上的土工布和土工席垫换成土工复合排水网，降低了造价，增加了复合排水网对土工膜的保护，增加了对渗沥液的导排能力。工程施工完成后，对防渗库区和调节池进行漏洞检测。由于项目施工为非专业施工单位，施工过程中基本没有施工质量控制，检测结果如表2所示。从表2可以看出，破损漏洞主要是焊接缺陷，另外的孔洞属于机械直接破坏，没有机械碾压碎石造成的破损。而调节池的焊接缺陷超过100个。

表2 土工膜漏洞原因及个数统计结果

| 破损描述 | 破损缺陷数量 |
|-----------------------|--------|
| 100 mm 左右修补焊缝破裂 | 1 |
| 70 mm 左右焊缝丁字接头部分没有焊牢 | 1 |
| 10 mm 左右焊缝没有焊牢 | 2 |
| 150 mm 左右焊缝丁字接头部分没有焊牢 | 1 |
| 100 mm 左右长条形破裂 | 1 |
| 10 mm 左右近似圆形破损孔洞 | 3 |

2.3 原材料质量不合格

我国大量垃圾填埋场使用了回收料生产的土

工膜，主要集中在县级的垃圾填埋场。图 6 左为贵州某垃圾填埋场使用回料土工膜焊缝很容易被撕开，右为河北靠近内蒙古某县垃圾填埋场使用回料膜被风撕裂。图 7 为陕西某垃圾填埋场使用的回料土工膜，标称 1.5 mm 的土工膜最多 1 mm，土工膜很容易撕开，撕裂强度低于同等厚度的纸张。

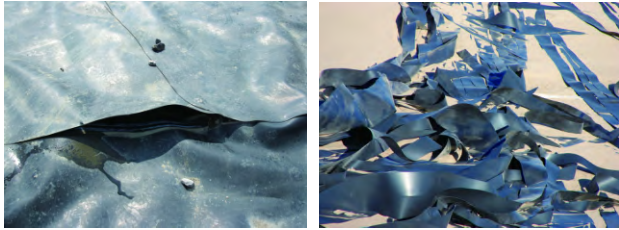


图 6 使用回料土工膜的破损

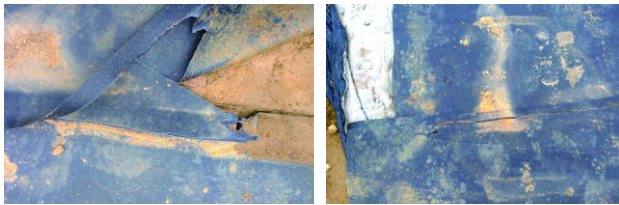


图 7 陕西某垃圾填埋场使用的回料膜

土工膜的品质直接决定垃圾填埋场等防渗工程防渗效果。回料土工膜的大量使用，给填埋场的环保带来相当大的风险。虽然没有证据显示回料膜的耐久性有多长，但是回料膜强度低，焊不牢直接造成防渗失效，产生渗漏污染。在北方地

区，由于土工膜的热胀冷缩特性，会造成回料土工膜在冬天被撕裂，特别是焊缝。

3 结论

1) 电学漏洞检测是垃圾填埋场建成后的成品检测，是减少甚至避免土工膜漏洞的最有效手段。

2) 对 100 多个填埋场开展土工膜的漏洞检测结果分析表明，产生漏洞的主要原因有施工不当、结构设计不当和原材料质量不合格。

3) 严格的施工质量控制、良好的结构设计以及使用优质土工膜是保证土工膜完整性的最有效手段，结合漏洞检测辅助手段可以有效保障土工膜完整性。

参考文献：

[1] Standard Practices for Electrical Methods for Locating Leaks in Geomembranes Covered with Water or Earthen Materials :ASTM D7007—2015[S]. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

[2] Electrical Leak Location on Exposed Geomembranes Using the Arc Testing Method :ASTM D7953—2014 [S]. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.

作者简介 高康(1969—) 现任上海甚致环保科技有限公司总经理，主要从事垃圾填埋场的相关技术工作。

(上接第 76 页)

4 结论与建议

1) 以上海老港综合填埋场为例，介绍了垃圾填埋场恶臭综合控制措施，主要工艺有：精细化填埋、堆体边坡围挡、场界除臭幕墙、风炮喷雾除臭、导气管同步喷药、库区预覆膜、膜下集气和 RTO 蓄热燃烧处理恶臭气体、源头恶臭控制等，实现了全过程、全方位的恶臭控制，降低了垃圾填埋场恶臭气体的产生、释放和扩散。

2) 对 2014 年、2015 年老港综合填埋场场界臭气浓度的分析可知，尽管 2015 年增加了约 2 000 t/d 的垃圾处理量，但其全年的臭气浓度超标次数及恶臭排放浓度较 2014 年有明显下降，说明实施恶臭综合控制措施取得了较好的效果，对其他垃圾填埋场恶臭控制有很好的借鉴作用。

参考文献：

[1] 国家统计局. 2015 中国统计年鉴[J]. 北京 :中国统计出版社, 2015.

[2] 唐估. 上海老港综合填埋场运营关键工艺分析与评估[J]. 环境卫生工程 2016 24(3) 25-27.

[3] 王奇,余召辉,王志国,等. 生活垃圾卫生填埋场精细化填埋作业工艺研究[J]. 科技资讯 2013(28) :113-114.

[4] 施庆燕. 填埋作业面臭气收集处理系统设计[J]. 环境卫生工程 2016 24(2) 59-63.

[5] 袁文祥. 填埋场作业面恶臭气体覆膜收集-蓄热式净化系统研究[J]. 环境卫生工程 2014 22(1) :16-21.

作者简介 陈善平(1972—) 正高级工程师,主要从事固废处理相关工作。

通讯作者 郇俊(1980—) 高级工程师,主要从事固废处理相关工作。
E-mail taijun8011@163.com。