

电学渗漏检测在防渗土工膜施工质量保证中的应用

黄仁华¹,高 康²

(1.上海老港废弃物处置有限公司,上海 201302;2.上海朗得环境科技有限公司,上海 200092)

摘 要 探讨垃圾填埋场防渗土工膜施工破坏的各种情况以及施工保证措施,着重介绍了电学渗漏位置探测的原理及其在施工质量保证中的作用。

关键词 土工膜;施工破坏;电学渗漏检测

中图分类号:X705 文献标识码:B 文章编号:1004-4345(2007)02-0241-06

Application of Leak Detection with Electricity in Quality Assurance of Geomembrane Installation

HUANG Ren-hua¹, GAO Kang²

(1. Shanghai Laogang Waste Disposal Corporation, Shanghai 201302, China;

2. Shanghai Langde Environmental Science and Technology Corporation, Shanghai 200092, China)

Abstract The article had a discussion on different geomembrane breakage conditions in installation and their protective measures and described the philosophy of leak-position detection with electricity and its function in construction quality assurance

Keywords geomembrane; breakage in installation; leak detection with electricity

1 概述

目前国内的填埋场建设多用人工合成材料 HDPE 土工膜作为防渗层。HDPE 土工膜由于其耐化学腐蚀能力强、制造工艺成熟、易于现场焊接,并积累了比较成熟的工程实施经验,因此,成为广泛应用于填埋场的防渗衬层材料。

早在 1978 年,EPA(美国环境总署)就报道过所有的垃圾填埋场都会渗漏。1990 年一项填埋场衬层的监测表明,即使是在严密质量控制的工程中,HDPE 土工膜的渗漏率是 200L/(km²·d)。

填埋场传统的方式是采用监测井进行监测。采用这种方式对于监测来说比较滞后,往往是渗漏已经发生了一段时间,扩散进入地下水,并且对环境造成一定的污染后才能被发现。而且采用传统的方式只能定性的知道填埋场发生了渗漏,而不能确定漏洞的位置。

在防渗系统的设计和施工过程中,需要考虑各种合成材料的特性,采用正确的施工安装方法以及相应的现场施工质量保证程序。在施工过程中采用电学渗漏位置探测进行施工质量保证,将可能发现施工安装过程中产生的破损渗漏孔洞。

2 土工膜施工安装的可能破坏评估

用于防渗工程的土工膜在运输和施工过程中容易产生破损,破损的孔洞必然影响工程的防渗效果。对防渗土工膜的选材标准、施工焊接方法与要求等,都有专门的遵循标准。土工膜防渗材料的施工,需要严格科学的施工质量保证体系。根据调查表明,即使执行严格的施工质量保证规程(CQC/CQA),实际工程中土工膜的破损渗漏依然发生。常规的施工质量保证程序无法在项目施工完成后,发现存在的破损孔洞,在土工膜有上覆材料情况下,即使知道土工膜有渗漏,也无法准确定位。电学渗漏位置探测技术能够

收稿日期 2006-12-05

作者简介 黄仁华(1969—),男,上海人,高级工程师,上海老港废弃物处置有限公司副总经理;高康(1969—),男,云南人,工程师,上海朗得环境科技有限公司经理。

很好的解决这一问题。

清华大学刘建国等人(2002年)指出,根据国外的调查研究,填埋场防渗衬层施工时,在施工质量保证较好的情况下,复合衬层土工膜上存在 8~10 孔/公顷;质量保证较差的情况下,土工膜上存在 17 孔/公顷;即使在质量保证极好的情况下,土工膜上孔密度至少为 1~2 孔/公顷。这就决定了大多数的填埋场有可能发生渗漏,从而污染周围环境。

通过对大量的垃圾填埋场防渗土工膜的渗漏位置探测结果表明,大量破损是施工造成的。Nosko (1996 年)等、Nosko 和 Touze- Foltz (2000 年)的两篇论文总结了在全世界进行的 300 多个填埋场的电学渗漏位置探测的结果,11 个不同国家施工面积超过 3 000 000m² 土工膜安装中发现的土工膜损坏见表 1。

表 1 防渗土工膜各阶段施工破损比例 %

| 土工膜安装 施工阶段 | 排水层/保护层 铺设施工阶段 | 后期运营 阶段 | 土工膜焊缝 测试 |
|---------------|-------------------|------------|-------------|
| 24 | 73 | 2 | 1 |

对于在土工膜安装最初阶段出现的损坏,勘察数据显示:

- (1)61%的土工膜破损位于在“T”和“Y”接头处或管道入口周围的挤出焊接处;
- (2)18%的损坏是由于过热和贯穿熔化造成的;
- (3)17%的缺陷是由于地基中的石头刺穿土工膜造成的;
- (4)4%的缺陷是由于在安装中,没有留意或修理土工膜中的切口造成的。

施工的最后阶段是铺设保护/排水层到土工膜上面。一般来说,关于土工膜衬垫的传统 CQC/CQA 要求在此时停止。土工膜电学渗漏位置探测技术可以在铺设上层覆盖之后检测和评估土工膜的完整性。1996 年渗漏探测数据说明,在此施工阶段,当保护/排水覆盖层置于土工膜上时,土工膜出现大多数损坏,占总破坏的 73%。探测数据的辩论性结果解开了在此施工阶段的损坏原因如下: 68%的损坏是由于石头锋利、石头尺寸不合适、铺设上覆盖层或砾石层技术不正确或者没有规定用于保护土工膜的土工织物衬垫材料造成的; 16%的损坏是由于铺设上覆盖土层或砾石材料在平面和斜面上的重型设备造成的。损坏位置通常出现在土工膜热膨胀以及不正确的摊铺覆盖层造成的皱纹/波浪形位置; 16%的损坏是由于使用控制填土层厚度的坡度桩造成的。

各种位置所产生的破损原因和几率如表 2 所示。

表 2 各种位置产生破损的原因和几率 %

| 位置 | 破坏原因 | 几率 |
|-------|---------|----|
| 场底 | | 78 |
| | 其中:石头 | 81 |
| | 重型机械 | 13 |
| 角落、边缘 | | 9 |
| | 其中:石头 | 59 |
| | 重型机械 | 19 |
| 排水管下 | | 4 |
| | 其中:石头 | 30 |
| | 焊接 | 27 |
| | 重型机械 | 14 |
| | 工人 | 15 |
| | 切割 | 14 |
| 管穿透 | | 2 |
| | 其中:焊接 | 91 |
| | 工人 | 8 |
| | 切割 | 1 |
| | | 7 |
| | 其中:重型机械 | 43 |
| | 石头 | 21 |
| | 工人 | 19 |
| | 焊接 | 17 |

由上表可以看出,土工膜破损比例最大的是场底,破损的最大原因是铺设覆盖排水砾石/保护砂土造成的。高达 97%的土工膜缺陷是在垃圾场施工过程中造成的,传统的质量保证(CQA)程序更多的关注焊缝质量,无法对整个面积的防渗土工膜进行必要的检测。以上表的数据引用和分析,可以得出未来的土工膜施工质量保证,应该关注的重点是防渗层渗漏位置的勘察,而电学渗漏位置探测是保证防渗工程品质较有效、较经济的手段。

3 土工膜渗漏位置探测技术

电学渗漏位置探测法是目前国际上常用的土工膜渗漏探测方法,是防渗土工膜渗漏位置探测最可靠和有效的方法。电学渗漏位置探测法参考的技术

标准是 ASTM D 6747 “土工膜电学渗漏位置探测方法选择与技术标准”,标准规定了具体工程可以选择检测仪器、方法和程序。

土工膜电学渗漏位置探测基本原理简单来说是在土工膜上施加电压,通过在电势场内移动探测设备探测有回路的位置,从而找到渗漏点。用于土工膜电学渗漏位置探测的主要两种方式:双电极法和水枪法。双电极法用于土工膜上有砂石/泥土覆盖情况下的渗漏位置探测,水枪法适用于没有任何覆盖的

裸露土工膜表面的渗漏位置探测。

3.1 双电极法渗漏位置探测

在双电极土工膜电学渗漏位置探测方法中,将不同电势施加到土工膜(泥土或水)上面及其下面。覆盖土工膜的泥土或水的电势场相对均匀。土工膜为一种极其有效的绝缘体,只能在存在孔洞时才能建立的一种电流路径,导致电势场变化。通过分析电势数值,可以精确定位产生渗漏孔洞的位置。原理如图 1:

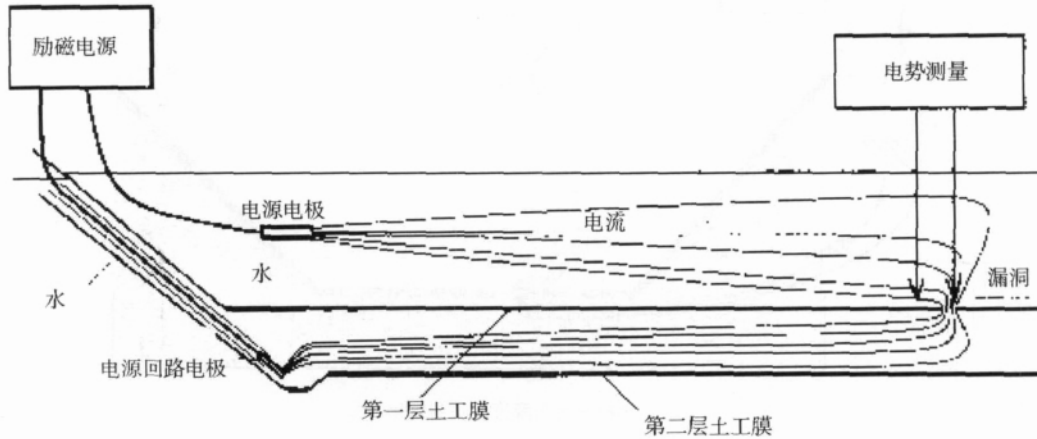


图 1 双电极法土工膜渗漏位置探测原理

当渗漏孔位于地下 h 深度时,地电流分布不是辐射状,由于地表电流密度的法向分量应等于零。假设土工膜以上充满电阻率为 P 的介质,离开渗漏点的任何一点 M 的电位为:

$$U = \frac{I}{2R} = \frac{I}{2} \frac{1}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$

式中 x 为 M 点距渗漏点 A 在地表投影点 O 的距离; h 为渗漏点距地表的深度。从上式可以得出沿 X 方向的电场强度 E_x 和电流密度为 j_x 。

$$E_x = \frac{I}{2} \frac{x}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$j_x = \frac{I}{2} \frac{x}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

电位分布如图 2 所示,在 A 的正上方电位具有最大值,向两边逐渐减小,在 $x = \pm\sqrt{3}h$ 的两点上,电位等于极大值的一半,在 $x = \pm\frac{h}{\sqrt{2}}$ 的两点为电位曲线拐点位置。可以想象,在地面上的等位线是以 O 为圆点的同心圆簇。如果相邻等位线间的点位差相等,则等位线在拐点附近密集,在 O 点附近和远处渐稀。

在 $x=0$ 处,电场强度等于零,两侧的电场强度 E 曲线以 O 点反对称,这是电流自 O 点向两侧流出造

成的。在点位曲线的拐点处,电场强度出现极值。在 $x=0$ 和 $\pm\sqrt{\frac{3}{2}}h$ 的地方 E 有三个拐点。电流密度的分布规律与电场强度完全相同,两者只在量值上差一个系数。通过对电位电势的分析,可以判断出渗漏位置点。由于孔洞处有电流传过,越靠近孔洞,电势场增加,在孔洞处达到最大。通过等电势曲线可以判断准确的孔洞位置。

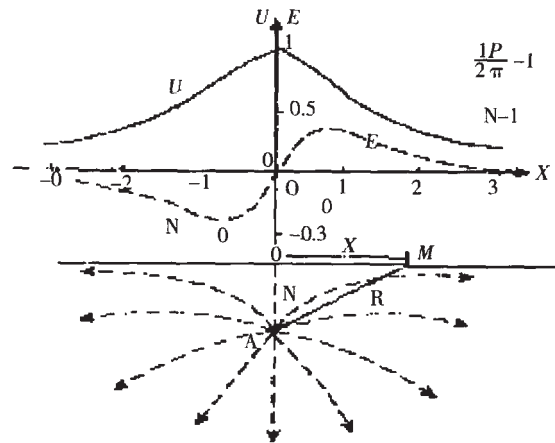


图 2 渗漏点电位分布示意

双电极法土工膜渗漏位置探测, 需要注意特殊的工矿条件。如果位置探测区域外部泥土存在电接触, 则需要进行必要的绝缘处理; 砂砾石层覆盖的土工膜, 需要将砂砾石打湿, 保证其导电性; 如果碰到下雨天, 不宜进行渗漏勘查。

双电极法适用于土工膜上覆盖有水、泥浆、砂、有机泥土以及砾石和粘土。

3.2 水枪法土工膜渗漏位置探测

水枪法土工膜渗漏位置探测, 可以对没有覆盖(防护泥土、土工织物等)的土工膜进行渗漏检测。在土工膜安装期间或在清洁之后特别适合于使用这种技术, 水枪法土工膜渗漏位置探测是土工膜安装工程质量保证的重要措施, 原理如图 3 所示。

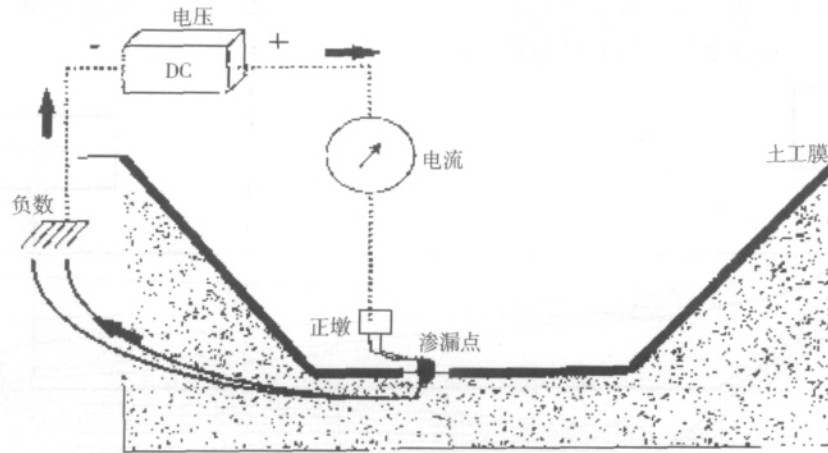


图 3 水枪法土工膜渗漏位置探测原理

水枪法渗漏位置探测需要根据各种不同实际情况, 采用不同的探测措施, 保证土工膜和基础层有良好的接触。

4 电学渗漏位置探测实例

电学渗漏位置探测, 是防渗土工膜施工质量控制的最末保证环节, 通过渗漏位置勘查, 找到可能的漏洞进行修补, 达到最大限制减少渗漏污染的目的。



4.1 香港迪斯尼水上乐园

香港迪斯尼公园于 2004 年建成, 其水上乐园使用 1.5mm 的 HDPE 土工膜作为防渗层, 土工膜上面是 600g/m² 的土工织物保护层, 上面覆盖 300mm 的砂土和 300mm 的碎石垫层, 膜上砂土和碎石铺设施工过程中可能会对防渗土工膜产生破坏。2004 年 3 月, 通过对水上娱乐中心电学渗漏位置探测, 发现的最大的孔洞为 300mm, 典型的孔洞如图 4。



图 4 香港迪斯尼水上乐园防渗土工膜渗漏检测找到的破损孔洞

4.2 国内某垃圾填埋场现场探测

某垃圾处理场库底面积约为 6.5 万 m², 防渗层采用的是 2.0mm 厚 HDPE 土工膜, 土工膜下是一层

GCL 组成复合防渗衬垫, 土工膜上铺设 2 层长丝土工布作为保护层, 渗滤液导排层为 600mm 的碎石垫层。

2006年3月份以后,垃圾场开始接收垃圾,经过一个月的试运行,填埋垃圾约1万多立方米,发现地下水监测井COD值高出正常范围,初步怀疑是土工膜破损导致渗滤液污染地下水所致。需要对土工膜防渗层进行渗漏位置探测,找出所有潜在的破损,在

修补完成后再投入运营。业主委托上海朗得环境科技有限公司对项目进行渗漏位置探测,结果找到最大1.5m,最小6mm的破损孔洞,典型的孔洞如图5和图6。



图5 较大机械破损孔洞



图6 细小破损孔洞

4.3 国内某大型垃圾填埋场现场探测

国内某大型垃圾填埋场一期工程场底面积约为8万 m^2 ,防渗层采用300mm粘性土和2.0mm厚土工膜组成复合防渗层,土工膜上铺设1000g/ m^2 长丝土工布作为保护层,渗滤液导排层为600mm的卵

石垫层。

2006年9月,在填埋垃圾前,业主委托上海朗得环境科技有限公司进行渗漏检测。通过实际现场的渗漏位置探测,结果找到了破损孔洞,典型的破损孔洞如图7。

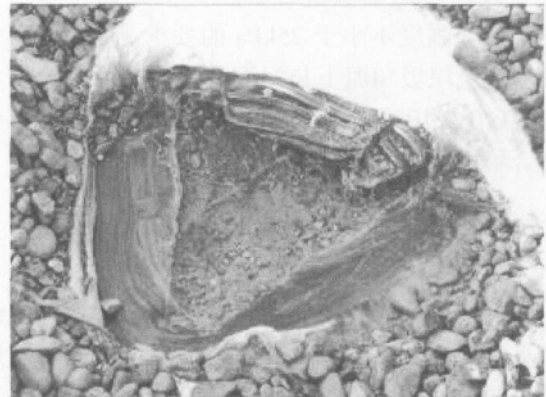


图7 典型的破损孔洞

5 结论

土工膜大量用于垃圾填埋场等防渗结构工程中,是一种非常有效地质量稳定的防渗材料,但在施工过程中必然会产生破损孔洞,必须进行科学的规划施工,严格施工程序,在施工完成后,需要有相应的措施,保证土工膜防渗系统的完整性。常规的质量控制保证(CQA)标准程序在土工膜被覆盖后,就不能得到土工膜的完整信息。使用土工膜电学渗漏位置探测技术,使得实现质量控制保证就像土工膜裸露没

有覆盖一样。

实践证明,土工膜电学渗漏位置探测是一种有效而经济的土工膜整体质量保证手段,可以作为施工质量评判的一个标准依据。电学渗漏位置探测进行最后的质量控制,是传统的质量控制的补充。能够完整地发现土工膜的可能潜在破损孔洞,确保土工膜的水力防渗性,提高工程项目的安全性,减少可能的环境损坏。

参考文献]

- [1] Rollin A.L.Marcotte M. Jacquelin T. and Chaput L. (1999). Leak

Location in Exposed Geomembrane Liners Using an Electrical Leak Detection Technique, Proceedings of Geosynthetics' 99, Boston, pp 615-626.

[2] Darilek G.T. Laine D. & Parra J.O. (1989). The Electrical Leak Location Method for Geomembrane Liners, Proceeding of Geosynthetics ' 89, IFAI, pp 456-462, San Diego.

[3] Laine D.L. & Darilek G.T. (1993). Locating Leaks in Geomembrane

Liners of Landfills Covered with a Protective Soil, Proceed. Geosynthetics '93, vol 3, pp 1403-1412, April.

[4] ASTM D6747, Standard Guide for Selection of Techniques for Electrical Detection of Potential Leak Paths in Geomembranes, November 2002, ASTM International.

[5] 李鸿江.垃圾填埋场地下环境污染三维在线监测技术研究[D].上海:同济大学,2006.



(上接第 225 页)

根据《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB16889-1997)中对生活垃圾填埋场大气污染物排放控制项目和《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)中恶臭污染物厂界标准值,采用适用范围较广的二级标准值中新扩改建项目执行的标准值——硫化氢浓度 0.06mg/m³。若采用六级臭度法评判,相应的臭度级别为 3 级。要达到改性后污泥的臭度降低到三级以下,所需添加的粉煤灰、矿化垃圾、建筑垃圾和泥土的最低比例分别为 3:10、4:10、7:10 和 8:10。而研究表明,为满足改性污泥的填埋时要达到抗压强度不小于 50kPa、抗剪强度不小于 25kPa 的要求,粉煤灰、矿化垃圾、建筑垃圾和泥土与污泥的最低混合比分别为 6:10、10:10、7:10 和 9:10。此时四种改性污泥的臭度都符合填埋场恶臭污染物排放标准。

4 结论

通过四种改性剂与污泥混合,可有效地降低污泥的臭度,对污泥臭度的改善能力由强到弱的顺序是粉煤灰、矿化垃圾、建筑垃圾和泥土。将污泥处置于已有垃圾填埋场时,可以优先考虑采用矿化垃圾与污泥混合填埋的方法。矿化垃圾混合比例的增大,有利于改性污泥的臭度降低,但污泥臭气中硫化氢浓度的降低幅度越来越小,添加量为 7:10 时,硫化氢的去除率达 96%。按满足改性污泥的填埋强度要求

的最低混合比例添加四种改性剂后,污泥的臭度降低到三级以下,都符合填埋场恶臭污染物排放标准。

参考文献

[1] USAEPA, 1995. Process Design Manual : Surface Disposal of Sewage Sludge and Domestic Septage. Washington, DC 20460: US-AEPA (EPA/625/K- 95/002).

[2] 何品晶,顾国维,李笃中. 城市污泥处理与利用[M].北京:科学出版社,2003.

[3] 徐 强,张春敏,赵丽君. 污泥处理处置技术及装置[M].北京:化学工业出版社,2003.

[4] Irene M.C.Lo,W.W.Zhou,and K.M.Lee. Geotechnical characterization of dewatered sewage sludge for landfill disposal [J]. Canada Geotech.January,2002,39:1139-1149.

[5] A. Koenig, J.N.Key, I.M.Wan. Physical properties of dewatered wastewater sludge for landfilling [J]. Water Science and Technology, v 34, n 3-4, 1996, p533-540.

[6] A. Koenig, Q.H. Bari. Vane shear strength of dewatered sludge from Hong Kong[J]. Water Science and Technology, v 44, n 2-3, 2001, p389-397.

[7] 赵由才,黄仁华,赵爱华.大型垃圾填埋场稳定化过程与再利用[J]. 中国城市环境卫生,2000,(1):20-24.

[8] 王保田.土工测试技术[M].南京:河海大学出版社,2000.

[9] 南京水利科学研究所土工研究所.土工试验技术手册[M].北京:人民交通出版社,2003.

[10] 胡明操.环境保护实用数据手册[M].北京:机械工业出版社,1990.

[11] 国家环境保护总局.空气和废气监测分析方法[M].第四版.北京:中国环境科学出版社,2003.