

HDPE 土工膜在填埋场中的应用及施工工艺分析

王想平

(中城建胜义(深圳)环境科技有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要 本文阐述高密度聚乙烯(HDPE)土工膜基本特性,在明确其填埋场重要性的基础上,探讨了高密度聚乙烯(HDPE)土工膜在填埋场防渗工程中的应用,分析了高密度聚乙烯(HDPE)土工膜的施工工艺关键环节,包括施工准备、技术要点等。通过具体案例,评估HDPE土工膜的实际应用效果,对其未来在填埋场防渗中的应用进行展望,旨在为填埋场防渗工程提供理论支持,从而提高填埋场防渗性能。

关键词 HDPE 土工膜; 填埋场防渗; 施工质量检测; 后期维护

中图分类号: TU57

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0064-03

填埋场作为处理城市垃圾的重要方式,其防渗性能关系到环境保护和公共安全。高密度聚乙烯(HDPE)土工膜因其优异防渗性能,在填埋场防渗工程中得到广泛应用。本文深入探讨HDPE土工膜在填埋场中的应用,研究HDPE土工膜施工工艺,验证HDPE土工膜物理特性、化学稳定性以及施工工艺等关键指标,旨在为填埋场防渗工程设计和施工提供有益参考。

1 HDPE 土工膜概述

HDPE土工膜以高密度聚乙烯(HDPE)树脂为原料制成,其密度达到或超过 0.94 g/cm^3 ,具备良好的强度和耐用性。HDPE土工膜有理想的抵抗环境应力开裂能力,能在多变气候和环境条件下保持稳定性能,对大多数生活和工业化学品具有良好的耐腐蚀性,但某些强氧化剂和卤化烃会对其造成腐蚀。HDPE土工膜可在较宽温度范围内使用,温度从 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$,部分产品可在更高或更低温度下使用,显示出其出色的温度适应性。其使用寿命长达50年,一旦安装可达到长期且可靠的防水阻隔效果。由于其出色的防水阻隔性能,HDPE土工膜被广泛应用于各防渗工程,如生活垃圾填埋场、固废填埋场、污水处理厂等。HDPE土工膜由HDPE构成塑料卷材制成,具有高结晶度和非极性特点。原始状态HDPE外表呈乳白色,在微薄截面下呈一定程度的半透明状态。

2 HDPE 土工膜在填埋场防渗中的重要性

HDPE土工膜具有出色的防渗性能,其渗透系数极低,可阻止垃圾渗滤液和有害物质渗透到地下水中。填埋场中垃圾成分复杂,包含各种腐蚀性物质。HDPE

土工膜以其强大的耐腐蚀性,能长期抵御化学物质侵蚀,确保防渗层的有效性。在填埋场底部和周围铺设HDPE土工膜,可提高填埋场防渗能力,延长其使用寿命,节约土地资源,减少因频繁维修或更换防渗材料而产生成本。垃圾填埋过程中产生的渗滤液和有害气体对环境健康构成威胁,HDPE土工膜的应用能有效隔离有害物质,降低对周围环境的影响。HDPE土工膜使填埋场高效处理垃圾,减少因防渗问题导致的运营中断和额外维护成本。HDPE土工膜具有较强的适应性,可在不同地形施工,其施工相对方便,能减少施工难度,提高工程可行性。

3 HDPE 土工膜与其他防渗材料的比较分析

在填埋场防渗工程中,选择合适的防渗材料至关重要。以下是HDPE土工膜与其他几种常见防渗材料的比较分析,包括防渗性能、耐用性、成本及施工便捷性等方面的对比,如表1所示。

3.1 防渗性比较

HDPE土工膜防渗性能极佳,其渗透系数极低,能有效阻止水分和污染物渗透。黏土防渗层的防渗性能相对较差,渗透系数较高,且易受环境因素影响。膨润土防水毯(GCL)的防渗性能优于黏土,但不及HDPE土工膜。沥青混凝土和水泥混凝土防渗性能介于黏土和HDPE土工膜之间,但沥青混凝土更易受温度和湿度变化影响。

3.2 耐用性

HDPE土工膜设计使用寿命长达50年,表现出极高的耐用性。黏土防渗层使用寿命相对较短,需要定期

表 1 HDPE 土工膜与其他几种常见防渗材料的比较分析

防渗材料	防渗性能 (渗透系数)	耐用性 (设计使用寿命)	成本 (相对高低)	施工便捷性
HDPE 土工膜	$\leq 1 \times 10^{-13}$ cm/s	50 年以上	中等	高
黏土防渗层	约 1×10^{-7} cm/s	5 ~ 10 年	低	低
膨润土防水毯 (GCL)	$\leq 5 \times 10^{-9}$ cm/s	20 ~ 30 年	较高	中等
沥青混凝土	约 1×10^{-8} cm/s	10 ~ 20 年	高	较低
水泥混凝土	约 1×10^{-10} cm/s	30 ~ 50 年	非常高	低

维护^[1]。膨润土防水毯使用寿命较长,但受到安装质量和使用环境影响。沥青混凝土和水泥混凝土使用寿命相对较长,但维护成本较高^[2]。

3.3 成本

HDPE 土工膜成本属于中等水平,考虑到其优异的防渗性能和长寿命,性价比极高。黏土防渗层虽然初次投资较低,但需要频繁维护更换,长期成本上升。膨润土防水毯成本相对较高,但考虑到其较好的防渗性能和使用寿命,亦是性价比较高的选择。沥青混凝土和水泥混凝土成本高,尤其是水泥混凝土,用于对防渗要求极高的场合^[3]。

3.4 施工便捷性

HDPE 土工膜施工相对便捷,卷材易于搬运铺设,接缝处理较为简单。黏土防渗层需要大量人工挖掘铺设工作,施工效率较低。膨润土防水毯施工相对简单,但需要注意保护防水毯免受损坏。沥青混凝土和水泥混凝土施工较为复杂,需要专业施工设备^[4]。

4 HDPE 土工膜的施工工艺

4.1 施工前的准备工作

对填埋场地形进行详尽勘察,了解地面起伏、坡度以及存在地质构造特征。识别场地内是否存在湿地、沼泽地质条件,分析相关因素影响土工膜铺设最终效果。调查地下水位、水质及流向,评估其对土工膜施工和使用的潜在影响。分析土壤渗透性,确定是否需要额外地基处理措施。考察周边环境,包括邻近建筑物、道路、水体等,确保施工不会对设施造成损害。评估施工对生态环境产生的影响,制定相应的环保措施。清除施工区域内的石块、树根、废弃物等障碍物,确保施工面平整无障碍。对无法移除的大型障碍物做好标记,在施工设计时进行避让或特殊处理^[5]。

根据填埋场实际情况要求,选择合适的 HDPE 土工膜,确保其厚度、强度、耐腐蚀性等指标满足工程需要。对所选土工膜进行质量检测,确保其符合相关标准。准备足够的焊条、焊枪、热风枪等焊接工具,用于土工膜接缝处理。购置必要的固定材料,如沙袋、锚固

沟等,固定土工膜,防止其移位滑动。为施工人员配备安全帽、手套、防滑鞋等个人防护装备,确保施工安全。准备应急救援设备,应对发生意外情况。根据工程规模和施工进度要求,合理配置施工人员数量,包括土工膜铺设工、焊接工、质检员等。确保施工人员具备相应的专业技能,熟练掌握土工膜施工技术。在施工前对施工人员进行技术培训,提高其技能水平。强调施工过程注意事项和操作规程,确保施工安全。明确各施工人员职责分工,确保各环节都有专人负责,避免出现工作遗漏。加强团队协作沟通,确保施工过程中信息畅通和问题及时解决。

4.2 铺设过程中的技术要点

铺设前确保基础层面平整、无尖锐物,且已做好清洁工作。根据设计要求,在基础上铺设一层细沙或土工布作为垫层,保护土工膜不受损伤。将土工膜卷材平铺在预定位置,注意避免过度拉伸。土工膜铺设时应从低部位开始向高位延伸,应留有一定余幅(大约 1.5%),以备局部下沉拉伸。根据填埋场形状,合理规划土工膜铺设顺序,通常从一边开始,逐渐展开至整个区域。铺设过程中随时检查土工膜平整张力,确保铺设质量。接缝是土工膜铺设的关键环节,应提前设计好接缝位置,避免在弯角或复杂地形处设置接缝。接缝搭接宽度不小于 80 mm,且接缝排列方向应平行于最大坡度线,即沿坡度方向排列。进行接缝处理前必须对接缝处进行清理,确保无油污、灰尘、砂土等杂物。使用专用清洁剂或酒精擦拭接缝处,保证接缝面清洁度。根据工程要求和实际情况,选择适当的连接方式,如热熔焊接、土工膜专用胶带粘接或 KS 专用胶粘接。对热熔焊接,使用专业焊接设备,严格控制焊接温度,确保焊接质量。焊接完成后进行焊缝检测,确保无漏焊、虚焊等现象。使用沙袋、锚固沟或其他固定装置将土工膜牢固在地面,防止其移位。固定间距应根据风力和地形条件合理设置,确保土工膜稳定性。

焊接前应进行试焊,确保焊接参数(如温度、速度等)设置合理。焊接过程中保持稳定焊接速度,避免过快或过慢导致焊接质量下降。焊缝处应平整、无

气泡、无虚焊现象,焊接完成后应进行质量检查,确保焊缝强度。试焊前参考HDPE土工膜生产商提供的焊接指南,了解该材料推荐的焊接温度范围。考虑环境温度、风速等外部因素影响,需要适当调整焊接温度,保持焊缝质量。避免温度过高导致材料熔化过度,防止温度过低导致焊接不牢固。焊接速度根据HDPE土工膜厚度、焊接设备功率确定,过快的焊接速度会导致焊缝未充分熔化,形成虚焊,降低焊缝强度。过慢的焊接速度则会使焊缝区域过热,增加材料变形风险,导致焊缝表面粗糙。确保焊接设备提供的压力足够,促使焊缝紧密贴合排除气泡。规划合理焊接路径,避免在焊缝处产生尖锐转角突变,减少应力集中。焊接前确保焊接区域干净、无杂质,以免影响焊接质量。

4.3 施工质量检测与控制

4.3.1 渗漏检测

1. 电学原理检测:利用电学原理,通过检测土工膜上的电信号变化判断是否存在渗漏。准确找出漏点位置,以便进行修复。在土工膜铺设完成后,使用专业检测设备对土工膜进行全面扫描。当扫描到漏点时,设备发出警报并指示漏点具体位置。

2. 地下水检测:定期监测填埋场周边地下水水质,间接判断土工膜防渗效果。如地下水中出现污染物,意味着土工膜渗漏。

3. 土壤检测:对填埋场周边土壤定期采样分析,检测土壤中是否含有渗漏出污染物,判断土工膜完好性。

4.3.2 接缝强度测试

1. 充气法:在焊缝双条之间留有空腔,充气并观察气压变化,检测接缝密封性。将待测段两端封死,插入气针充气至一定压力(如0.05~0.2 MPa),静观30秒,如气压不下降,表明接缝质量良好。

2. 目测法与抽样测试法:观察接缝外观质量,例如焊缝是否透明、均匀,有无褶皱、空洞等缺陷。每1000 m²取一试样进行拉伸强度试验,强度不低于母材80%,试样断裂不得在接缝处,否则接缝质量不合格。

3. 真空法:利用真空泵和真空机等设备在接缝处刷净并涂上肥皂水,放上吸盘压紧后抽真空,观察吸盘内有无肥皂水泡产生判断接缝是否漏气。抽真空至一定负压(如-0.02~0.03 MPa),关闭气泵后静观30秒。

4.4 后期维护与修复

根据填埋场使用情况和相关规范,每季度进行全面检查,根据实际需要调整检查频率。检查土工膜是否有破损、老化、开裂等现象。对接缝进行细致检查,确保接缝处无渗漏、无分离。定期检查地下水水质,监测渗漏情况。使用专业渗漏检测设备,如渗漏检测

仪,对接缝和土工膜进行全面扫描。记录扫描结果,以便后续进行集中比对。例如KODIN-7DJ土工膜渗漏破损检测仪,确保渗漏检测仪处于良好的工作状态,电池电量充足,各部件连接紧密,无损坏松动现象。扫描前清理土工膜表面及接缝处杂物、泥土等,确保检测区域干净无遮挡。打开渗漏检测仪,根据使用说明书设置合适检测电压。对接缝处全面扫描,由于接缝是土工膜上容易出现渗漏的部位,因此应特别注意。将检测探杆沿接缝缓慢移动,注意观察仪器显示屏电压变化。完成接缝扫描后,对土工膜表面全面扫描。采用网格化扫描方式,按照一定的间距(如1×0.5 m)逐点检测,确保无遗漏。若出现破损,确定破损位置和范围。准备相应修补材料,如土工膜修补片、焊接机等。小面积破损采用土工膜修补片进行贴补,将破损处清理干净后贴上修补片,使用焊接机将修补片与原有土工膜牢固焊接。大面积破损或老化的土工膜,需要更换整块土工膜。将破损部分切割,随后铺设新土工膜,确保新旧土工膜之间接缝焊接牢固。修补完成后,需对修补部位进行质量检测,确保修补效果符合要求。使用渗漏检测仪对修补部位进行检测,确认无渗漏现象。清理填埋场杂物和废弃物,避免对土工膜造成二次损伤。每次检查修补后做好详细记录,建立维护档案,以便追踪问题和进行后续维护。

5 结束语

HDPE土工膜在填埋场中的应用展现出其卓越的防渗性能,为环境保护提供了坚实的保障。相关单位应科学开展施工,实现材料的精确选择,对地基处理、铺设焊接技术进行改进,确保HDPE土工膜有效隔离污染物,防止渗漏,保护地下水及周边环境不受污染。HDPE土工膜是填埋场防渗工程的理想选择,优化施工工艺是实现工程目标、确保长期稳定运行的关键。

参考文献:

- [1] 甄耀祖.高寒、高海拔地区HDPE土工膜应用研究[J].四川水力发电,2023,42(03):58-62.
- [2] 吕莹,杨光,谭云鹏,等.运用QC方法提高HDPE土工膜焊接合格率[J].工程建设与设计,2022(03):209-212.
- [3] 汪武,黄和文.HDPE土工膜柔性垂直防渗墙在污染治理项目中的应用[J].中国建筑防水,2022(10):38-43.
- [4] 雒恩璞.HDPE土工膜在市政园林工程中的应用[J].丝路视野,2022(34):190-192.
- [5] 夏雄,谢献锟,仇宏勇,等.高密度聚乙烯(HDPE)土工膜覆盖层对垃圾填埋体中期稳定性影响分析[J].常州大学学报:自然科学版,2022,34(03):74-80.