

HDPE 土工膜作为污水蒸发池防渗层的应用研究

龚柏瑜¹ 李瑞宁²

1. 成都建筑材料工业设计研究院有限公司, 四川 成都 610021;

2. 中国国机集团中机中联工程有限公司, 重庆 400039

摘 要: HDPE 土工膜全称高密度聚乙烯膜, 也被称为 HDPE 防渗膜, 是以 (中) 高密度聚乙烯树脂为原料生产的一种防水阻隔型材料。HDPE 土工膜抗撕裂物理力学性能优良, 耐低温、抗老化、耐腐蚀, 且具有较长使用寿命, 现已被广泛使用在污水处理厂防渗、人工湖防渗、污水蒸发池防渗、隔油池防渗、沉淀池的内衬和二次衬层等防渗工程。以土库曼斯坦南约洛坦气田某天然气处理厂的污水蒸发池为例, 对 2 mm HDPE 土工膜作为污水蒸发池防渗层的优越性进行了技术探讨, 为以后工程中采用 HDPE 土工膜作为污水蒸发池防渗层提供了工程经验。

关键词: 污水蒸发池; HDPE 土工膜; 防渗层; 优越性

DOI: 10.3696/j.issn.1006-5539.2014.01.010

0 前言

土库曼斯坦南约洛坦气田某天然气处理厂在运行过程中, 每天产生大量的生产和生活污水。这些污水主要来自于: 生产运行时工艺装置、循环水场和锅炉房等处排出的污水; 处理厂工艺装置开 / 停工时排出的检修污水; 厂区综合楼、门卫值班室等处排出的生活污水。整个厂区污水量约为 $1\,447\text{ m}^3/\text{d}$, 经过处理后外排进入污水蒸发池, 污水水质情况为: $\text{TDS} \leq 50\,000\text{ mg/L}$; $\text{SS} \leq 100\text{ mg/L}$; $\text{oil} \leq 5\text{ mg/L}$; $6 < \text{pH 值} < 9$ 。

污水蒸发池所需面积为 $1\,447 \times 330 \div 1.6 \approx 30 \times 10^4\text{ m}^2$, 蒸发量按 1.6 m/a 计, 共设计 2 个 $500\text{ m} \times 300\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的污水蒸发池。

1 HDPE 土工膜作为防渗层的优越性

1.1 污水蒸发池防渗材料的选择

传统的水池设计一般采用钢筋混凝土结构, 但钢筋混凝土结构水池的缺点在于:

a) 大小受到一定限制;

b) 混凝土材料的收缩性要求在设计过程设置伸缩缝, 水池的抗渗性因此受到严重影响;

c) 混凝土工程量巨大, 成本非常高。本处理厂的污水蒸发池尺寸为 $500\text{ m} \times 300\text{ m} \times 2\text{ m}$, 体积较大, 无法采用钢筋混凝土结构, 故需考虑选用其他结构形式。

本处理厂位于沙漠, 地质情况单一, 均为砂壤土, 开挖非常方便。经研究, 就地开挖一个大坑作为蒸发池的方案可行, 根据《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》^[1], 污水蒸发池的防渗层设计应符合下列要求:

a) 能有效阻止渗沥液透过, 以保护地下水不被污染;

b) 具有相应的物理力学性能;

c) 具有相应的抗化学腐蚀性能;

d) 具有相应的抗老化能力;

e) 应覆盖整个池底及四周边坡, 形成完整、有效的防水屏障。

在渗透材料的选用上, 经探索发现 HDPE 土工膜^[2]抗撕裂物理力学性能优良, 耐低温、抗老化、耐腐蚀,

收稿日期: 2013-12-02

基金项目: 中国石油天然气集团公司重点工程资助项目 (S2010-14E)

作者简介: 龚柏瑜 (1983-), 男, 四川中江人, 工程师, 学士, 主要从事土木工程结构、水工保护等设计工作。

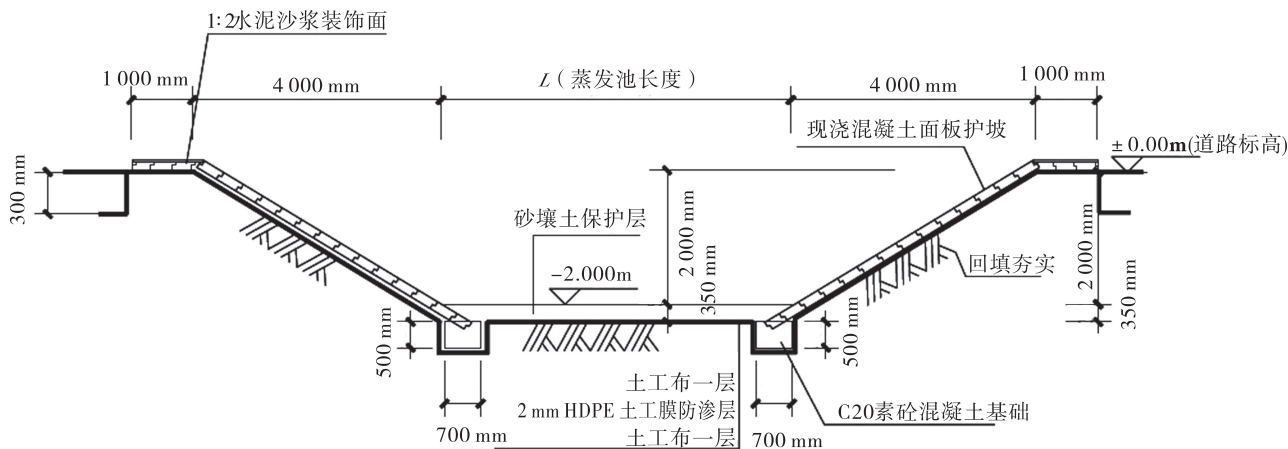


图 1 蒸发池断面图

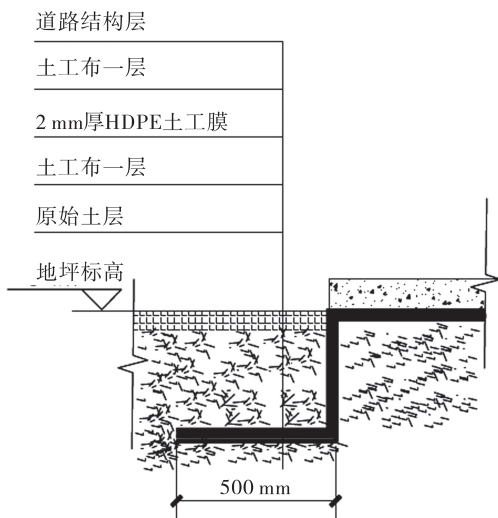


图 2 与道路相连处的大样图

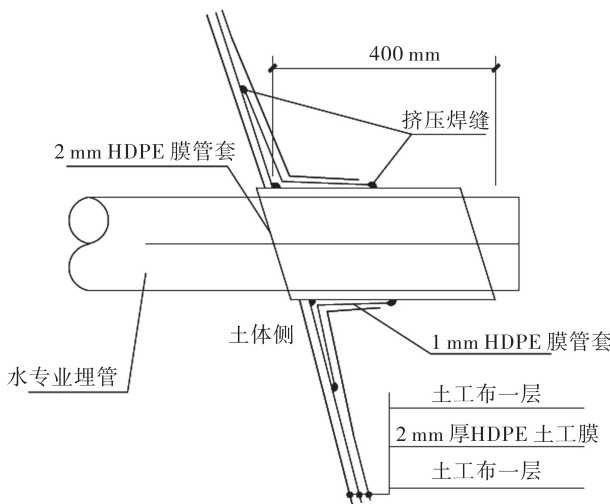


图 3 管道穿池壁的防渗大样图

且具有较长的使用寿命，在污水处理厂防渗、人工湖防渗、污水蒸发池防渗、隔油池防渗、沉淀池的内衬和二次衬层等防渗工程应用广泛。因此 HDPE 土工膜成为污水蒸发池抗渗材料的首选。

1.2 HDPE 土工膜性能

HDPE 土工膜也被称为高密度聚乙烯膜^[2]，它是以结晶度高、非极性的热塑性中（高）密度聚乙烯树脂为原料生产的，密度为 0.94 g/cm³ 或以上的塑料卷材。HDPE 土工膜具有如下优异性能：

- a) 是一种具有很高防渗系数（ 1×10^{-17} cm/s）的柔性防水材料，正好满足污水蒸发池抗渗的需要；
- b) 具有良好的温度适应性，在高温 110℃ 和低温 -70℃ 的环境下都可以使用，满足了污水排出温度要求并能适应土库曼斯坦恶劣的自然气候；
- c) 具有良好的防腐性能，能抗强酸、碱、油等化学性的腐蚀，是很好的防腐材料，满足污水排放 $\text{oil} \leq 5 \text{ mg/L}$ 、 $6 < \text{pH 值} < 9$ 的要求；
- d) 具有很高的拉伸强度^[3]，使 HDPE 土工膜能

够在土库曼斯坦恶劣的地质与气候条件下使用，在地质不均匀沉降的情况下的抗应变能力强，满足高标准工程的需要；

- e) 在恶劣自然环境下的抗老化、抗紫外线^[4]性能好，能长时间裸露使用，不易被分解且保持其原来的性能；
- f) 采用优质原生塑料与碳黑粒子，不含任何防腐剂，是一种非常环保的材料；
- g) 抵抗植物根系穿透的能力强；
- h) 施工方便快捷，规格多、铺设形式多样化，可以满足不同工程防渗要求，采用热熔焊接的方式，焊缝强度较高，施工方便、快速环保。

2 HDPE 土工膜的应用

污水蒸发池的设计及施工包括基础层的设计、防渗层的结构设计、污水蒸发池施工、HDPE 土工膜施工质量保证、HDPE 土工膜缺陷修补五个主要部分。

2.1 基础层设计

根据天然气处理厂及配套工程天然气处理厂岩土工

程详细勘察报告,污水蒸发池位于挖方区,以原状中等密度砂土层(地基承载力特征值不小于 180 kPa)为持力层;基坑底部预留 10 cm 厚土层采取人工清理平整。

污水蒸发池深 2 m,为保证边坡稳定,采取自然放坡,坡度 30°。

2.2 防渗层结构设计

污水蒸发池的防渗系统工程应在工程设计使用年限内有效地发挥其功能,必须选用合理的保护层对防渗结构层^[5]进行保护。

本工程的防渗结构采用单层防渗结构,即两布一膜的复合土工膜(复合防渗膜)形式,其抗拉、抗撕裂、抗顶破等物理力学性能指标高,具有强度高、延伸性能好、变形模量大、防渗性能好、耐酸碱、抗腐蚀、耐老化等特点,能满足污水蒸发池的防渗需要。

土工布作为土工膜的保护层,保护防渗层不受损坏。为减少紫外线照射,增强抗老化性能,在池底部分的上层土工布表面铺设 350 mm 厚的砂壤土保护层;在池壁部分采用现浇混凝土面板护坡的形式对土工布进行保护。污水蒸发池结构设计见图 1~3。

2.3 污水蒸发池施工

HDPE 土工膜铺设过程包括材料裁剪、试焊、调试焊接设备、锚固、检查验收等。

在 HDPE 土工膜铺设前,应根据设计及现场情况,编制铺膜图,然后根据铺膜图进行膜材的裁剪和铺设。铺膜图要考虑工作面地形情况,对于凹凸不平的部分和场地拐角部位更需要详细计算,减少十字焊缝以及应力集中。

铺设 HDPE 土工膜的表平面应该平整,没有废渣、树根、棱角锋利的岩石等。所有填料都必须级配良好,无有机物、垃圾或其他有害杂质。完工地基的上部 15 cm 内不应包含直径大于 4 cm 的石头或碎屑,地基土不应产生压痕或受到其它有害影响。地基性质不应有大的变化或等级上的突变。基层密实度达到 90% 以上。完工后的地基不受雨雪、冰冻以及其它恶劣气候条件的影响。若有地基开裂、明显膨胀、突起或类似情况都应该重新整理以消除这些不利因素^[1]。

HDPE 土工膜的接缝处理是一个关键工序,直接影响其防渗效果。一般接缝方式有:搭接,搭接宽度宜大于 15 cm;热焊,宜于稍厚的土工膜基材,焊缝搭接宽度不小于 5 cm。不推荐胶接,因长时间水浸泡易开胶,防渗效果差^[6]。

本工程采用的是 2 mm HDPE 土工膜,焊接技术可采用双缝热合焊机焊接或挤压熔焊机焊接。

2.3.1 双缝热合焊机焊接

HDPE 膜焊接接缝搭接长度为 100 mm。焊接前应

对搭接的 20 mm 左右范围内的膜面进行清理,用湿抹布擦掉灰尘、污物,使搭接部分保持清洁、干燥。焊接部位不得有划伤、污点、水分、灰尘或其它妨碍焊接和影响施工质量的杂质。在正式焊接操作之前,应根据经验先设定设备参数,取 300 mm × 600 mm 的小块膜进行试焊^[1]。

2.3.2 挤压熔焊机焊接

铺设前应检查接缝处基层是否平整、坚实,如有异物,应事先处理妥善。检查焊缝处的搭接宽度不小于 60 mm,接缝处的膜面应平整且松紧适中。定位黏接时黏接点的间距不宜大于 60~80 mm。应控制热风的温度,既不可烫坏土工膜,又要使其不能被轻易撕开。用打毛机将焊缝处 30~40 mm 宽度范围内的膜面打毛,达到彻底清洁,形成糙面,其深度不可超过膜厚的 10%,不损伤膜面。在正式焊接之前,要取不小于 300 mm × 600 mm 的小样,初定设备参数进行试焊。切取试件进行剪切和剥离试验。

焊接时不得焊偏,不允许滑焊、跳焊。焊缝中心厚度为垫衬厚度的 2.5 倍,且不低于 3 mm。一条接缝不能连续焊完时,接茬部分已焊焊缝要至少打毛 50 mm,然后进行搭接。使用的焊条入机前必须保持清洁、干燥,不得用有油污或脏物的手套、脏布、棉纱等擦拭焊条。根据气温情况,对焊缝及时进行冷却处理。挤压熔焊作业因故中断时,必须慢慢减少焊条挤出量,不可突然中断焊接,重新施工时应从中断处进行打毛后再焊接^[1]。

2.4 HDPE 土工膜施工质量保证

2.4.1 HDPE 土工膜焊缝非破坏性检测

热合双焊缝的非破坏性检测采用充气法,挤压熔焊单焊缝的检漏采用真空法和电火花法^[1]。

2.4.1.1 充气(正压)法检验

检验步骤一:将拟检验的焊缝段 A、B 点的焊缝上层膜切开,并将 A、B 点处空腔封闭;插入针头并封闭;启动空压机或其它加压装置,在 0.21 MPa 压力下稳定 3~5 min,压降不超过 1/15,则检验通过。

检验步骤二:将 B 点的焊缝上层膜的封闭处切开,根据气体泄出的声音判断 A、B 间气道是否连续、通畅;

检验步骤三:将 B 点的焊缝切开以及针孔处焊接封闭。

2.4.1.2 真空(负压)法检验

将焊缝检测区域涂肥皂水(要超出真空盒以外 100 mm),然后放置真空盒并压紧;开启真空泵或其它抽气装置,当真空度达到 -0.035 MPa 表压,坚持 10 s,观察是否有气泡产生,无气泡产生为合格;下一段焊缝检测时,真空盒要和前一段重叠 100 mm;直径 $D \leq 300$

mm 的补丁或局部焊缝可用圆形真空罩进行负压检测。

2.4.1.3 电火花检验

焊接前在焊缝中置入导线；用电火花仪对焊缝进行扫描，合格的焊缝为火花束无变化；有空隙或薄弱的焊缝处将出现明亮火花，火花束集中进入，以此判定不严密部位。

2.4.2 HDPE 土工膜焊缝破坏性检测

工程验收时应进行焊缝的强度检验，包括剪切强度和剥离强度。自检时按照 150 m 焊缝检测一组的频率进行，见证取样检验按每 10^4 m^2 取样件一块的标准，由监理指定或随机取样，送国家质量监督部门授权的塑料制品检验、鉴定单位予以检测。焊缝的剪切和剥离强度，不得低于相关规定的标准。土工膜检测指标详见表 1^[1]。

表 1 HDPE 土工膜检测指标

材料种类	断裂强度/(N · mm ⁻¹)	穿刺强度/N	直角撕裂强度/N
2 mmHDPE	53	640	249

2.5 HDPE 土工膜缺陷修补

对焊接检验切除样件部位、铺焊后发现的材料破损与缺陷、焊接缺陷以及检验时发现的不合格部位等，均应进行修补。

修补的方法：点焊，对材料上小于 5 mm 的孔洞及局部焊缝的修补完善，可用挤压熔焊机进行点焊；加盖，对不够厚度或不够严密的挤出焊缝，可用挤压熔焊机补焊一层；补丁，对大的孔洞、刺破处、膜面严重损伤处、取样处、十字缝交叉处以及其它各种因素造成的缺损部位，均可用加盖补丁方法来修补。补丁尺寸：十字缝处为切角的方形 300 mm × 300 mm，或直径 $D=300 \text{ mm}$ 。其余情况下，一般边长不小于 200 mm，补丁边距缺陷处不小于 80 mm；修补后要对成品抽样做检漏实验^[1]。

3 结论

根据天然气处理厂多个污水蒸发池实践证明，蒸发池用 HDPE 土工膜厚度不应小于 0.25 mm，太薄的土工膜可能产生气孔，且施工过程中容易受损而降低防渗效果。施工过程中，要特别注意做到铺设不宜太紧，不得

打皱，拼接要牢固。要严格按现行相关技术规范施工，把握好准备、铺设、拼接、检验和回填五道质量关。

综上所述，使用 2 mm HDPE 土工膜作为污水蒸发池的防渗层结构材料是非常可行的，该方法具有施工简便快速、耐基础变形、效果好、成本低的特点，经济效益和社会效益明显，为以后类似工程提供了借鉴。

参考文献：

- [1] CJJ 113-2007, 生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范 [S].
CJJ 113-2007, Technical Code for Liner System of Municipal Solid Waste Landfill [S].
- [2] CJ/T-234-2006, 垃圾填埋场用高密度聚乙烯土工膜 [S].
CJ/T-234-2006, High Density Polyethylene Geomembrane for Landfills [S].
- [3] GB/T 1040, 塑料拉伸性能的测定 [S].
GB/T 1040, Plastics—Determination of Tensile Properties [S].
- [4] GB/T 16422.3, 塑料实验室光源暴露实验方法 第三部分：荧光紫外线 [S].
GB/T 16422.3, Plastics—Methods of Exposure to Laboratory Light Sources Part 3: Fluorescent UV Lamps [S].
- [5] 周敬超. HDPE 土工膜在城市生活垃圾卫生填埋场中的应用 [J]. 水利水电科技进展, 2013, 23(3): 53-56.
Zhou Jingchao. Application of HDPE Geomembrane to the Urban Domestic Solid Waste Landfills [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2013, 23(3): 53-56.
- [6] 邓君富. 巴格德雷天然气处理厂工程土工膜施工工艺 [J]. 钻采工艺, 2010, 33(z1): 182-184.
Deng Junfu. Bargh DE Lay Natural Gas Processing Plant Engineering Construction Technology for Geomembrane [J]. Drilling & Production Technology, 2010, 33(z1): 182-184.