

HDPE 土工膜在垃圾填埋场中的应用

刘好武

(山东宏祥化纤集团有限公司,山东 陵县 253500)

摘要 针对垃圾填埋场施工中出现渗漏、防漏材料老化等问题,建议将 HDPE 土工膜应用于垃圾填埋场的衬垫系统及覆盖层,可以有效地隔绝垃圾体和周围环境,使之对环境的影响降到最低。介绍了 HDPE 土工膜施工技术、铺设步骤和施工要点,分析影响塑料老化的因素,提出工程应用中需注意的问题。

关键词 HDPE 土工膜;垃圾填埋场;设计与选用;施工技术;耐久性和防护

中图分类号 X53 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2009)S1-0199-04

卫生填埋作为目前最常见的垃圾处理方法,具有投资少、处理费用低、处理量大、操作简便等特点,在许多国家得到广泛应用,如美、英等国生活垃圾处理都以卫生填埋法为主。

高密度聚乙烯(HDPE)土工膜是垃圾填埋场中应用最广泛的防渗材料。土工膜按目前国际国内普遍采用的材料可分为聚乙烯类、聚氯乙烯类、氯化聚乙烯类等,其中聚乙烯类为主流产品,市场占有份额在 50% 以上,而其中 HDPE(高密度聚乙烯)以其更加优越的高强度、稳定的化学性能、优异的耐长期老化性及良好的生产加工性能,在聚乙烯系列产品中尤为突出,是目前该行业中最受设计单位和用户青睐的产品。

1 防渗材料的设计与选用

用作填埋场衬层的防渗材料必须具备 3 个功能:①良好的防渗性能,以阻止渗透液的泄漏。②较好的吸附或降解性能,去除悬浮或溶解的污染成分。③优异的力学性能、焊接性能、耐久性和密封性,以保证材料的使用强度和使用寿命^[1]。

材料的使用寿命是决定工程寿命的主要因素,材料在工程中的使用条件,称为工程环境。工程环境是异常复杂的,它包括力的因素、热的因素、介质和时间等因素。这些因素常常是叠加的,它们同时对土工膜发生作用,其结果是对工程材料的固有特性造成不可逆转的影响,直至破坏。表面活性剂是去氧剂、除垢剂、洗涤剂等重要成分,在污水池、污水处理厂、垃圾填埋场的防渗漏工程中,土工膜都必

然会接触到此类介质,由于普通 PE 土工膜抵抗表面活性剂的能力极差,因此不能用于污水池、垃圾填埋场等防渗漏工程,GB/T17643—1998《土工合成材料—聚乙烯土工膜》中有环保用高(中)密度聚乙烯土工膜品种,其抵抗表面活性剂的能力很强,该标准规定:环保用高(中)密度聚乙烯土工膜的耐环境应力开裂性(ESCR) $F_{20} \geq 1500h$,美国 NSF54 号标准“柔性衬垫膜”规定,用于垃圾填埋场的 PE 土工膜,其 ESCR 按 ASTM D1693C 测试 $F_{20} \geq 1000h$ ^[2]。

用于垃圾填埋场防渗系统工程的土工膜除应符合国家现行标准 CJ/T234—2006《垃圾填埋场用高密度聚乙烯土工膜》的有关规定外,还应符合下列要求:①厚度不应小于 1.5 mm。填埋场的规章要求,土工膜对于 HDPE GM 最小厚度为 1.5 mm,GM 和 GCL 构成复合衬垫^[3]。②膜的幅宽不宜小于 6.5 m。土工膜的宽度越来越宽,人们希望通过增加土工膜的宽度以减少土工膜的拼接工作量,提高施工效率。更为重要的还在于拼接缝越少,工程的防渗漏可靠性越高。

2 HDPE 土工膜施工技术要求

土工膜施工是防渗工程的关键环节之一,土工膜施工工艺的优劣直接影响土工膜的施工质量。施工不当会导致土工合成材料功能不能完全发挥,精心施工是保证土工合成材料工程发挥良好作用的重要环节。

2.1 土工膜施工人员岗前培训

目前,土工膜的拼接技术已很成熟。对热塑性

塑料主要采用焊接的方法,速度较快、可靠性高。

在工厂进行土工膜拼接,接缝的质量相对容易控制,而对于现场施工的接缝来说,质量起伏大,不容易控制,要考虑膜厚度、膜的柔韧性、环境温度、湿度、风速、坡度及施工人员的技术水平等诸多因素的影响。

土工膜施工为精细施工,需要长期积累经验,施工人员必须既掌握土工膜的工程应用原理,又能根据施工条件处置各种复杂情况。

2.2 场地地基处理

a. 铺设防渗材料前应对铺设基底进行全面检查,铺设基底应坚实、平整,垂直深度 25 mm 内不得有树根、瓦砾、石子、混凝土颗粒、钢筋头、玻璃屑等有可能损伤防渗材料的杂物。用滚轮压实机压实以除去地面的车印、脚印和凹凸。另外,大于 12 mm 的地面凸起也要铲碎或压实。

b. 防渗材料铺设于回填土上时,其回填土的压实度不应小于 95%。

c. 场地地基应无渗水、淤泥、集水、有机物残渣和有可能造成环境污染的有害物质,基底拐角处应圆滑,一般情况下,其圆弧半径不应小于 500 mm。

2.3 HDPE 土工膜施工技术要求

a. 铺设 HDPE 土工膜前应有土建工程相应的合格验收证明文件。

b. HDPE 土工膜室外铺设和焊接施工宜在气温 5℃ 以上,风力 4 级以下并无雨、无雪的天气进行。

c. HDPE 土工膜施工工艺顺序:土工膜铺设→搭齐焊接缝→焊接→现场检测→修补→再检→回填土。

d. 膜与膜之间接缝的搭接宽度应大于或等于 100 mm,通常应使接缝排列方向平行于最大坡度线,即沿坡度方向排列。

e. 通常在拐角及畸形地段应使接缝长度尽量减短。除特殊要求外,在坡度大于 1:6 的斜坡上距坡顶或应力集中区域 1.5 m 范围内,不应有水平夹角小于 45° 的接缝。

f. HDPE 土工膜在铺设中应避免产生人为的折皱。铺设 HDPE 土工膜时,应根据当地气温变化幅度和 HDPE 土工膜的性能要求,预留出温度变化引起的伸缩变形量;另外根据现场地形和土工膜铺设的情况应预留土工膜伸缩量。

g. HDPE 土工膜铺设完后,应尽量减少在膜面上行走、搬运工具等,凡能对 HDPE 土工膜造成危害的物件,均不应放在土工膜上或携带在土工膜上行走,以免对 HDPE 膜造成意外损伤。

h. HDPE 土工膜施工现场的所有人员都不能抽

烟,不得穿带铁钉的鞋或高跟硬底鞋到膜面上行走,不允许从事有可能破坏防渗膜的一切活动。

i. HDPE 土工膜铺设完毕、未覆盖保护层前,应在膜的边角处每隔 2~5 m 放 1 个 20~40 kg 的砂袋,防止土工膜被风刮起。

j. 土工膜分段施工时,膜铺设后应及时完成上层覆盖,裸露在空气中的时间不应超过 30 d。

k. HDPE 土工膜应自然松弛,与支持层贴实,不应皱褶、悬空。

l. HDPE 土工膜锚固须根据设计进行施工,工程中地形较复杂的地方,如果施工单位提出采用其他的锚固方式,应取得设计单位和监理单位的同意后方可进行。

m. 铺膜过程中应随时检查膜的外观有无破损、水纹、麻点、孔眼和折痕等缺陷,发现不合格产品应及时进行更换。

n. HDPE 土工膜焊接要求:①HDPE 土工膜焊缝搭接面不得有污垢、砂土、积水(包括露水)等影响焊接质量的杂质存在,在焊接时应清理干净。②焊接开始时(每天清晨及午休后),必须在现场先进行试焊,并进行拉力试验,定量测试撕裂强度和焊缝抗剪强度。在监理工程师确认试件合格后,才可以正式焊接。试件需标明日期、时刻、环境温度。③焊接机械有双轨热熔焊机和挤压焊机 2 种。④HDPE 土工膜的焊接宜采用双轨热熔焊机焊接,挤压焊接仅用在修复、覆盖或热熔焊机达不到的地方。⑤施工时应根据气温和材料性能,随时调整和控制焊机的工作温度、速度。⑥焊缝处 HDPE 膜应熔结为一个整体,不得出现虚焊、漏焊或超量焊。连接的 2 层 HDPE 土工膜必须搭接平展、舒缓。⑦横向焊缝间错位尺寸应大于或等于 500 mm。⑧T 字形接头宜采用母材补疤,补疤尺寸为 300 mm × 300 mm。疤的直角应修圆。

o. 土工膜焊接质量检验是土工膜施工中极为关键的一个环节。随着施工的进展,要求及时检查 HDPE 土工膜与膜焊接质量,每道焊缝完成后,随即进行质量检查。对焊缝百分之百进行检验,其目的在于确保土工膜的施工质量。焊接质量的检测与试验:①剥离试验。充气检漏:此法仅适用于热楔焊缝质量的检验。检测仪器为充气检漏仪。当焊缝完全冷却后,将欲测焊缝气道两端热熔封堵,将充气检漏仪的针头插入气道内并充以压缩空气,压缩空气压力为 0.2 MPa 时充气气道应鼓起,但不得开裂。将充气压力降至 0.05 MPa,并保压 5 min 以上,可判断该焊缝焊接质量为合格。用拉力机进行拉伸剥离试验:垂直于焊缝取样,样条宽度为 20 mm,拉伸时拉伸速度为 50 mm/min。对于较薄的 LDPE 土工膜、

EVA 土工膜、PVC 土工膜、PB 土工膜焊缝不可剥离为合格。对于较厚、硬的 HDPE 土工膜或 MDPE 土工膜,焊缝不是干干净净的剥离,即为合格。所谓“干干净净的剥离”,系指焊接界面被剥离后,两片土工膜焊接处均未留下对方的尸肉。此法对热楔焊接和挤压焊接试样同样适用。②抽气试验。此法不仅对焊缝,而且对土工膜平面上任何疑点处均适用。抽气试验仪器为真空检漏仪。真空检漏的原理很简单,即在土工膜的焊缝处,或土工膜面上有渗漏点,将该处先涂以肥皂水,将真空检漏仪盖在其上,开启真空泵,透明罩内形成负压,漏点处将有肥皂泡产生,这可由透明罩外观察到。若观察不到肥皂泡,则说明该处并无渗漏点。采用此法时,有 2 点需要说明:其一是透明罩内边缘产生肥皂泡,不能说明土工膜有渗漏点。其二是当透明罩骑在挤压焊接的焊缝上时,焊包处必须用泥子抹成缓慢过滤的坡,才可以保证泡沫橡胶密封的可靠性。采用真空漏检时,一般真空度为 160~533.3 MPa,需要保压观察时,一般压力为 200~240 MPa,保压 30 s 即可。③拉伸试验。使用万能材料试验机可以测试土工膜的拉伸强度、伸长率、撕裂强度以及焊缝的剥离强度和剪切强度。为了保证拼接质量,HDPE 土工膜与膜焊接缝强度不得小于母材强度的 80%^[2]。

3 HDPE 土工膜的耐久性和防护保养

目前,从国内外的实践来看,垃圾卫生填埋场应用最广泛、最成功的是高密度聚乙烯(HDPE)膜,与其他防渗材料相比,它具有最好的耐久性。

高分子材料在户外暴露于太阳光和大气的作用下,因吸收紫外线光而产生一系列复杂而有害的过程,人们常称这种过程为大气环境中的光氧老化(光氧降解过程),实质上就是高分子链发生了种种物理和化学变化的结果。如表现在外观变色、表面龟裂、物理力学和电性能变坏等。由于表面龟裂或变脆往往会导致材料韧性和强度急剧下降,以致最终丧失力学性能^[4]。

3.1 塑料气候老化的因素

影响塑料气候老化的主要因素有太阳紫外辐射、太阳紫外光能量、氧和臭氧、温度、雨水与相对湿度、微生物^[4]。

3.2 HDPE 土工膜防老化设计

聚合物的耐老化性能是表征该材料使用寿命的最重要的特征之一,其老化的动因和形式有很多种,最常见的动因和形式是光、热和氧等的作用导致其光(氧)老化、热(氧)老化。土工膜在储存、运输、施工及使用过程中很难避免与光、热和氧接触,因此,关于土

工膜的老化一直是设计和使用者最为关注的问题。

为保证土工膜的成型、储存、运输、热熔焊接及使用寿命,土工膜配方中通常都必须添加足量的抗氧化剂、光稳定剂和热稳定剂等。

考虑 HDPE 土工膜配方设计时,应先考虑膜的使用环境和各类防老化剂的应用效果,以及其他助剂之间的协同配合,使生产的 HDPE 土工膜质量优良且耐候性持久。

炭黑是一种非常优良的光屏蔽剂和热氧稳定剂,它几乎能全部地吸收可见光,强烈地反射紫外光,而且通过能量在其多核芳烃结构中的水平转移,显示良好的紫外线吸收功能。试验与经验表明,炭黑的光屏蔽效果与其粒度、分散性和用量等因素有关,一般情况下,炭黑的粒度以 15~25 nm 为最佳,质量分数以 2%~5% 为宜,当炭黑量很低时,不能发挥其屏蔽紫外线功能,只有炭黑的质量分数达到 2% 以上时,材料方具有优良的防老化作用,当添加炭黑质量分数为 2% 时,土工膜的抗老化能力可提高 20~30 倍,质量分数超过 5% 时,对塑料的物理性能有不良影响。作为光稳定剂使用的炭黑品种以槽法炭黑为上品,特别是易混槽黑的效果尤佳,聚乙烯耐候性比较见表 1^[2]。

表 1 聚乙烯耐候性比较

塑料	表面达到明显破坏的时间/a
聚乙烯(不加炭黑)	1~1.5
聚乙烯(加 1 份槽法炭黑)	>25

我国地域辽阔,区域气温差别很大,在我国低纬度地区如万宁与广州,塑料的气候老化速度远远高于其他地区,主要是因为南方气候严酷,高温、高湿以及高紫外辐射。HDPE 土工膜防老剂添加炭黑(质量分数为 2%~3%)与硫酚类抗氧化剂(质量分数为 0.1%~0.5%)并用,能发挥很好的协同作用。耐环境应力开裂能力(ESCR)定义为产品在环境诱发条件下所表现出来的抗应力开裂能力,是表征片材产品使用寿命的重要指标之一。北方地区严寒,冬季气温低,为提高普通 PE 的耐环境应力开裂性可在配方中添加适量的聚丁烯-1 树脂,但最好选用耐环境应力开裂性好的共聚树脂。如齐鲁石化的燃气管道专用料 2480,耐环境应力开裂性就十分优异,制造 GH-2 环保用高(中)密度聚乙烯土工膜,性能是十分可靠的^[2]。

3.3 HDPE 土工膜的工程防护

老化是高分子材料的固有特性之一,不能完全消除,但如果采取有效措施,可以大大延缓土工膜老化,延缓老化的措施可以从两方面着手:①在原材料中加入防老化剂,抑制光、氧、热等外界因素对材料

的作用,如添加适量的抗氧剂、光稳定剂和深色炭黑等。②在工程中采取防护措施,如尽量缩短材料在日光中的暴露时间,用岩土(厚度在30 cm以上)或深水覆盖等^[5]。

垃圾填埋场用HDPE土工膜防渗,防渗系统工程施工完成后应采取有效的保护措施。分段施工时,土工膜铺设后应及时完成上层覆盖,裸露在空气中的时间不应超过30 d。边坡保护层可用袋装土、废旧轮胎等加以保护。

4 结 语

HDPE土工膜在垃圾填埋场中的应用:①合理的设计。使用的场合和部位要正确,所选的材料要满足工程环境使用要求。②精心的施工。HDPE土工膜的热胀冷缩会影响其安装和使用性能,故在施工中应为材料的热胀冷缩留出一定的余地,HDPE土工膜不宜拉得过紧,否则会因局部应力过大而造成HDPE土工膜破坏。HDPE土工膜铺设、焊接、质量检测严格按规范施工。③HDPE土工膜生产应与用户密切沟通,加强协调,可通过添加抗氧化剂、光

稳定剂、热稳定剂提高HDPE土工膜的耐久性和防老化能力。④添加抗氧化剂、光稳定剂于塑料材料中只是提高塑料材料耐热、耐氧、耐光稳定性的方法之一。塑料在使用过程中,光照强度及温度等众多的因素都可直接或间接地削弱或抑制抗氧剂、光稳定剂的作用功能和效果。在工程中采取有效的保护措施延缓材料老化,提高工程使用寿命是土工合成材料工程应用的重要环节。

参考文献:

[1] 李忠海.土工合成材料系列国家标准宣贯教材[M].北京:中国标准出版社,1999:203.
[2] 周大纲.土工合成材料制造技术及性能[M].北京:中国轻工业出版社,2001:207-208,272-275,48,215.
[3] 王钊.国外土工合成材料的应用研究[M].香港:现代知识出版社,2002:262.
[4] 周大纲,谢鸽成.塑料老化与防老化技术[M].北京:中国轻工业出版社,1998:18-13.
[5] 陈述,曹瑜.土工合成材料及其制品设计开发、质量检测与工程应用新技术规范实务全书[M].北京:银声音像出版社,2004:7.

(收稿日期 2009-08-22 编辑:方宇彤)

(上接第189页)

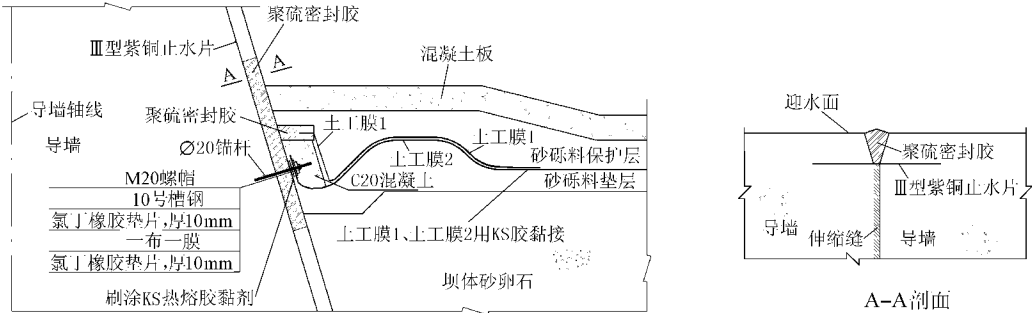


图5 土工膜与左右门库和上游左右导墙的连接示意图

工较困难,为防止由于施工或门库和导墙与土石坝填筑体之间的不均匀沉降过大等因素导致拉裂土工膜,增加了1层土工膜1(见图5),用KS胶黏接在坝体土工膜2上。与混凝土连接时土工膜1端部为光膜,用KS胶与聚硫密封胶连接,再黏接在门库和导墙混凝土上。土工膜2端部为一布一膜与混凝土建筑物锚固,膜面在混凝土建筑物一侧,并用KS胶加强黏接。

2 结 语

- a. 西霞院电站工程2007年6月下闸蓄水以来,土工膜防渗效果良好,说明土工膜与周边结构的连接可靠。
- b. 土工膜与聚硫密封胶之间不黏接,KS胶与

土工膜和聚硫密封胶黏接良好。因此土工膜在与混凝土建筑物伸缩缝聚硫密封胶衔接的部位可采用KS胶黏接。

c. 西霞院电站工程土石坝土工膜与上游导墙和门库连接,由于门库的倒悬面和导墙的圆弧体形增加了施工程序和施工难度,因此设计时可局部修改周边建筑物体型,以适应其与土工膜连接。

d. 在不均匀沉降大的部位,土工膜需设伸缩节,伸缩节必须能够适应变形。

参考文献:

[1] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.土工合成材料工程应用手册[S].2版.北京:中国建筑工业出版社,2000.

(收稿日期 2009-07-28 编辑:高建群)