

水利工程土工合成材料的化学性能检测分析

张毅红

河北金涛建设工程质量检测有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i8.4912

[摘要] 文章研究土工合成材料的化学性能检测分析,保障水利工程土工合成材料的可靠与长期稳定性。文章阐述了材料定义、分类、化学性能重要性及国内外检测标准,通过化学分析、耐腐、抗老化、抗紫外线测试等方法开展检测,剖析材料组成、加工工艺、环境因素对其化学性能的具体影响。研究发现各类材料化学性能差异显著,加工工艺与环境因素的影响突出,研究结果为水利工程设计施工提供科学支撑,也推动了相关材料的研发与改进。

[关键词] 土工合成材料; 化学性能检测; 耐久性; 影响因素分析

中图分类号: TV49 文献标识码: A

Chemical Performance Testing and Analysis of Geosynthetics in Hydraulic Engineering

Yihong Zhang

Hebei Jintao Construction Engineering Quality Testing Co., Ltd.

[Abstract] This paper studies the chemical performance testing and analysis of geosynthetics to ensure their reliability and long-term stability in hydraulic engineering. It elaborates on the definition, classification, importance of chemical properties, and domestic and international testing standards. Testing is carried out through methods such as chemical analysis, corrosion resistance testing, aging resistance testing, and ultraviolet resistance testing. The specific effects of material composition, processing technology, and environmental factors on chemical properties are analyzed. The study finds significant differences in chemical properties among various materials, with processing technology and environmental factors having prominent effects. The results provide scientific support for the design and construction of hydraulic engineering and promote the research, development, and improvement of related materials.

[Key words] geosynthetics; chemical performance testing; durability; analysis of influencing factors

引言

土工合成材料在水利工程里扮演着关键功能材料的角色,其化学性能是否稳定,直接关乎工程结构的耐久程度与安全状况。在复杂的水文地质环境中,材料的抗老化性、耐化学腐蚀性、抗紫外线性能等化学特性,是决定其能否长期维持设计功能的核心要素^[1]。土工合成材料的化学性能受其分子结构、添加剂配方及加工工艺等多因素耦合影响^[2]。聚合物基材料,其抗氧化性能和主链结构里不饱和键的含量紧密相连;金属基材料呢,耐腐蚀性由表面钝化膜的形成机制决定^[3]。构建科学的检测分析体系能精准评估材料在特定工程环境里化学稳定性,给材料选型、设计参数优化以及施工工艺改进提供量化的参考依据。

1 土工合成材料化学性能概述

1.1 土工合成材料的定义与分类

土工合成材料是具备特定工程功能的合成材料体系。从材

料科学视角分析,其核心功能包括增强土体结构强度、实现流体隔离、优化颗粒过滤效率以及提供防护屏障等^[4]。从材料的化学组成以及分子结构特征来看,其能够被系统地划分为三大类别:聚合物基材料,如聚乙烯、聚丙烯这类热塑性聚合物就属于此类;金属基材料,例如镀锌钢丝网等;还有无机非金属基材料,玻璃纤维格栅便是其中一员。这种分类方式搭建起了后续化学性能研究的坚实基础框架,不同基材间分子键能的差异直接对材料的化学稳定性阈值起到决定作用。

1.2 土工合成材料化学性能的重要性

化学性能方面的指标体系是评估土工合成材料耐久性的核心维度。抗老化性能反映的是材料在光、热、氧等各类环境因素共同作用下,分子结构保持稳定的程度;耐化学腐蚀性,体现的是材料在酸、碱、盐等不同介质里所展现出的化学惰性特征;抗紫外线性能,展现的则是材料对于太阳辐射中高能光子的吸收与散射的作用机制。这些性能参数对材料分子链的断裂速率、

官能团被氧化的程度,还有晶区结构的完整性产生影响,进而最终决定了材料在水利工程里的服役时间长短。

1.3 土工合成材料化学性能的检测标准

国际标准化组织 (ISO) 携手美国材料与试验协会 (ASTM), 共同搭建起检测标准体系, 给土工合成材料化学性能评估带来科学、规范的指引。国际标准化组织推出的 ISO 12960 标准, 界定了聚合物材料热重分析的具体操作流程, 借助测定材料在程序升温时质量损失所形成的曲线, 能够精准地量化出其热稳定性参数; 美国材料与试验协会制定的 ASTM D5731 标准, 明确规定了土工布耐化学腐蚀性浸泡试验的具体办法, 要求把土工布放在特定浓度的化学溶液里持续浸泡 28 天, 之后通过拉伸强度保持率来评估材料的耐蚀性能。这些标准将检测环境参数 (像温度、溶液浓度、试验周期这些) 以及评价指标 (例如质量损失率、强度衰减系数) 进行统一, 保证了不同实验室检测结果能够相互比较, 给材料选型以及工程应用提供了坚实可靠的依据。

2 土工合成材料化学性能检测方法

2.1 化学分析法

化学分析法是检测土工合成材料化学性能的基础方法, 其关键在于借助元素分析与官能团分析这类定量技术, 精确测定材料里的化学成分以及结构特征。借助质谱仪、原子吸收光谱等设备开展元素分析, 能够确定材料中各类元素的种类以及具体含量, 进而为评估材料的化学稳定性提供必不可少的基础数据。官能团分析借助红外光谱、核磁共振等先进技术手段, 对材料分子中存在的特定官能团进行精准识别, 进一步推断出材料的化学性质以及反应活性。这些分析手段, 给材料性能评估带来了科学支撑, 也为后续开展耐化学腐蚀性、抗老化性能等方面的测试筑牢了理论根基。化学分析法在实际应用中, 严格依照标准化操作流程来执行, 确保检测结果具备准确性与可靠性。以元素分析为例, 过程中要对样品做预处理消除干扰物质, 挑选合适的分析条件来提升检测灵敏度。进行官能团分析时根据材料的具体类型, 挑选适宜的溶剂以及测试参数, 如此才能保证官能团的特征峰可以被精准地识别出来。

2.2 耐化学腐蚀性测试

耐化学腐蚀性测试作为评估土工合成材料在特定化学介质环境里稳定性的重要环节。该测试模拟实际工况里遇到的化学腐蚀环境, 像酸性、碱性或者盐溶液之类的, 对材料展开长期浸泡或是循环腐蚀试验, 观察其质量有无变化、力学性能是否衰减以及微观结构有没有损伤等状况。测试时, 必须精准把控化学介质的浓度、温度, 还有腐蚀时间这些关键参数, 以此保证测试结果能重复且具有可比性。耐化学腐蚀性测试能确定材料身处不同化学环境时所具备的耐腐蚀等级, 为工程选材提供坚实可靠的科学依据。耐化学腐蚀性测试得出的结果受到诸多不同因素的共同影响, 如材料的化学组成、微观结构以及加工工艺等方面。聚合物基土工合成材料, 由于分子链结构存在差异, 在化学介质里展现出的稳定性各不相同。

2.3 抗老化性能测试

抗老化性能测试能够模拟土工合成材料在自然环境里经历的长期老化过程。该测试借助热老化、光老化这类加速老化试验手段, 模拟材料处于高温、紫外线照射等环境条件下的老化表现, 进而评估其耐老化性能。在热老化试验里, 把材料放置于高温环境之中, 观测其质量有无改变、力学性能是否衰减以及颜色出现何种变化等状况, 进而评估材料的热稳定性。光老化试验借助紫外线加速老化试验机, 模拟太阳光里紫外线的照射情况, 对材料展开长期的照射试验, 评估材料的抗紫外线老化性能。抗老化性能测试可以了解到材料在不同老化环境下的性能衰减具体规律, 为工程材料长期性能的精准预测提供有力依据。材料抗老化性能测试的结果, 会受到材料组成成分、加工工艺方式以及环境因素变化等多重条件的共同影响。

2.4 抗紫外线性能测试

抗紫外线性能测试, 乃是评估土工合成材料于紫外线照射下稳定性的至关重要的环节。该测试模拟太阳光里紫外线的照射情形, 对材料展开长时间的照射试验, 观察其质量有无改变、力学性能是否衰减以及颜色有无变化等情况。在测试过程中, 必须对紫外线的波长、强度以及照射时间等关键参数进行严格把控, 确保测试结果准确且可靠。抗紫外线性能测试得出的结果, 会受到材料组成、加工工艺以及添加剂种类等诸多因素的共同影响。含有紫外线吸收剂或者稳定剂的土工合成材料, 在接受抗紫外线性能测试时, 展现出了更为优良的稳定性表现。此外, 像拉伸强度、热处理温度这类与材料加工工艺相关的因素, 同样会对材料的抗紫外线性能产生影响。

3 土工合成材料化学性能的影响因素分析

3.1 材料组成对化学性能的影响

土工合成材料的化学组成是决定其化学性能最为核心的因素。在聚合物基土工合成材料里, 聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP) 这些高分子链所具备的结构特性, 会对其抗化学腐蚀能力以及抗老化能力产生直接的影响。例如, 支链化程度较高的聚丙烯分子链易受紫外线辐射引发链断裂, 导致材料表面脆化; 而聚乙烯分子链规整性较高, 在酸性介质中的化学稳定性显著优于聚丙烯。另外, 像镀锌钢丝网这类金属基土工合成材料, 其耐腐蚀性强弱, 主要看金属基体的电化学活性以及镀层是否均匀, 要是镀层有孔隙或者厚度不够, 在潮湿环境里就容易产生原电池反应, 进而加快金属基体被腐蚀的速度。材料组成里添加剂的种类以及含量, 会对化学性能产生颇为显著的影响。抗氧化剂的加入可抑制聚合物在热氧环境下的氧化降解反应, 延长材料使用寿命; 紫外线吸收剂则通过吸收或反射紫外线能量, 降低光老化对分子链的破坏作用。添加剂的迁移与析出问题务必引起重视, 部分低分子量抗氧化剂长时间浸泡在水中时, 可能从材料内部迁移到表面, 致使局部防护作用丧失。

3.2 加工工艺对化学性能的影响

聚合工艺在土工合成材料加工中, 是影响其化学性能的关键首要环节。聚合反应进行时, 温度的高低、压力的大小以及催化剂类型的差异, 会直接对聚合物分子链的分子量分布与支化

度起到决定作用。以齐格勒-纳塔催化剂合成的聚丙烯,等规度颇高,分子链排列得极为规整,结晶度能够达到70%以上,提升了这种材料抵抗化学腐蚀的能力以及机械强度;自由基聚合工艺所合成的聚丙烯,由于支链较多,结晶度较低,化学稳定性也就相对弱一些。拉伸工艺能改变材料的微观结构,进而对其化学性能产生进一步影响,双向拉伸土工膜在拉伸时,会形成高度取向的分子链结构,这种结构可有效阻挡化学介质的渗透,其拉伸方向的收缩率一定要严格控制,不然在温度变化或者应力作用下,很容易产生微观裂纹,给介质渗透提供通道。热处理工艺在调控材料化学性能方面,主要显现于对结晶度的提升以及残余应力的有效消除。聚乙烯土工膜在接受退火处理之后,晶区尺寸会变大且分布得更加均匀,非晶区的分子链运动受到阻碍,进而增强了材料在高温环境中的化学稳定性;退火过度会使晶区过度生长,导致材料变脆。

3.3 环境因素对化学性能的影响

温度对土工合成材料的化学性能有着显著影响。在高温环境下,聚合物分子的热运动会明显加快,分子间作用力随之降低,这会使材料出现软化、蠕变增大的情况,同时还会加速氧化降解反应的进行。以聚丙烯土工格栅为例,在温度超过60℃的环境中长期使用,其抗拉强度或许会降低30%;低温环境则可能致使材料变脆,如聚乙烯土工膜在温度低于-20℃的环境里,容易因受到冲击载荷而出现裂纹。湿度在材料化学性能方面的影响,主要显现于不同材料间吸湿性的差别上,聚酯(PET)土工布的分子链里含有酯基,吸湿率能够达到0.5%以上,处于潮湿环境时,容易发生水解反应,进而造成分子链断裂以及强度降低;聚丙烯的分子链没有极性基团,吸湿率在0.01%以下,化学稳定性受湿度的作用相对较小。硫酸、盐酸等酸性介质借助氢离子(H⁺)的催化力量,让聚合物的水解与氧化反应速度加快,聚乙烯身处pH<2的强酸环境里,或许会因主链断裂,在短短数月内就完全失去效

用;碱性介质会通过皂化反应,对酯类聚合物的分子结构造成破坏,聚酯土工布在pH>12的碱液中浸泡长达1年之后,其抗拉强度可能会下降超过50%。氯化钠、硫酸钠等盐类介质对材料产生影响的机制颇为复杂。氯离子(Cl⁻)能凭借渗透作用,破坏金属基材料表面的钝化膜引发点蚀现象;而硫酸根离子(SO₄²⁻)在混凝土环境里,或许会参与到硫酸盐侵蚀反应中,最终致使土工合成材料与基体之间的粘结强度降低。

4 结论

水利工程土工合成材料的化学性能检测分析是保障工程安全耐久的重要技术手段,核心通过系统化检测与多维度影响因素分析,探究材料在复杂环境中的化学稳定性。化学分析法、耐化学腐蚀及抗老化、抗紫外线性能测试等,为材料性能定量评估提供科学依据;材料组成、加工工艺与环境因素的耦合作用,进一步明晰了材料性能的演变规律。未来研究需结合工程实际数据,构建多环境下材料性能退化模型,推动检测技术标准化、智能化发展,为水利工程全生命周期安全提供更精准的技术支撑。

[参考文献]

- [1]李广信,张丙印,于玉贞.土工合成材料的工程应用与性能研究[J].岩土工程学报,2002,24(03):363-367.
- [2]刘军,黄晓明,朱湘.土工合成材料的耐久性影响因素分析[J].公路交通科技,2005,22(08):1-4+10.
- [3]陈云敏,贾宁,陈仁朋.土工合成材料在环境工程中的应用与研究进展[J].岩土工程学报,2006,28(0增刊):1467-1472.
- [4]杨明辉,龚晓南,俞建霖.土工合成材料耐化学腐蚀性能试验研究[J].岩土力学,2008,29(02):423-426+432.
- [5]王钊,卢浩,杨爱武.土工合成材料抗老化性能测试方法与评价指标[J].水利学报,2010,41(09):1146-1152.