



玄武岩纤维材料在酸、碱性环境下的 耐久性试验研究*

张海波¹, 何军拥², 田承宇³

(1. 广州航海高等专科学校, 广东 广州 510330; 2. 广东工贸职业技术学院, 广东 广州 510510;
3. 中国水利水电第八工程局科研设计院, 湖南 长沙 410007)

摘要: 为了解玄武岩纤维本身的耐酸、耐碱性能, 对其在80℃ 2 mol/L盐酸和氢氧化钠溶液中腐蚀不同周期后的质量变化、单丝强度进行了试验研究, 并与聚丙烯纤维、耐碱玻璃纤维的耐酸碱性进行了对比。结果表明, 在耐酸性能方面, 玄武岩纤维最优, 其次是聚丙烯纤维, 耐碱玻璃纤维表现最差; 在耐碱性能方面, 表现优劣依次为聚丙烯纤维、玄武岩纤维和耐碱玻璃纤维。试验结果为玄武岩纤维新材料在水泥混凝土中的推广应用提供参考。

关键词: 玄武岩纤维; 耐酸性能; 耐碱性能; 质量损失; 单丝强度损失

中图分类号: TU 528

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)08-0069-04

Experimental study on durability of basalt fiber in acid and alkali conditions

ZAHNG Hai-bo¹, HE Jun-yong², TIAN Cheng-yu³

(1. Guangzhou Maritime College, Guangzhou 510330, China; 2. Guangdong College of Industry and Commerce, Guangzhou 510510, China; 3. Research Institute of Bajou Hydropower Construction of China, Changsha 410007, China)

Abstract: In order to understand the acid and alkali resistance performance of basalt fiber, tests are done to study the quality change and monofilament strength under the situation of 80℃, 2 mol/L hydrochloric acid and sodium hydroxide solution corrosion, and comparison is done for the polypropylene fiber, alkali glass fiber acid-proof alkaline. The results show that for the acid performance, basalt fiber is the optimal, followed by polypropylene fiber, alkali glass fiber. For the alkali resistance performance, quality performance in the consequence of polypropylene fiber, basalt fiber and alkali glass fiber. Test results provide the reference for basalt fiber and new materials in the popularization and application of cement concrete.

Key words: basalt fiber; acid resistance; alkali resistance; quality loss; monofilament strength loss

水泥与水泥基材料是当今使用量最大的人造建材, 但其具有抗拉强度低、脆性大、耐久性差等缺陷, 使其应用受到限制。在水泥基材料中掺入一定量的纤维材料可以有效提高其抗拉性能、韧性和耐久性能。一方面, 由于水泥是一种碱性材料, 所以要求增强纤维具有较好的耐碱性能, 才能保证其增强效果; 另一方面, 桥梁、隧道、

堤坝、楼板等混凝土结构, 以及沥青混凝土路面、机场飞机起落跑道和其它易受潮湿、盐类与酸、碱性介质腐蚀而导致金属钢筋腐蚀的结构, 对纤维的耐酸性也提出了较高的要求。现在常用的增强纤维有钢纤维、聚丙烯纤维、玄武岩纤维和碱玻璃纤维等。其中, 玄武岩纤维被誉为“石头变丝”的21世纪新型的环保型材料, 具有优异

收稿日期: 2012-12-27

*基金项目: 中国水利水电建设股份有限公司2010年科研资助项目(2010-H-002)

作者简介: 张海波(1977-), 男, 硕士, 讲师, 主要从事材料工程应用研究。

的综合性能，但玄武岩纤维在土木工程中的开发和应用研究在国内外尚处于起步阶段，国内关于玄武岩纤维织物的力学性能尤其是耐久性方面的研究还比较少^[1]，因此，有必要在同等条件下对玄武岩纤维、聚丙烯纤维和耐碱玻璃纤维的耐碱、耐酸稳定性能进行对比研究，为其在桥梁、隧道、堤坝、楼板等混凝土结构中的应用提供参考。

1 玄武岩纤维及其性能指标

1.1 玄武岩纤维简介

玄武岩连续纤维及其复合材料是以天然玄武岩矿石为原料，将矿石破碎后加入熔窑中，在1 450~1 500℃熔融后，通过喷丝板拉伸成连续纤维，并以玄武岩纤维为增强体制成的新型复合材料。玄武岩纤维具有一系列独特的优点：1) 从强度方面看，玄武岩纤维占有绝对优势，它的拉伸强度高于E-玻纤、碳纤维、Kevlar49芳纶纤维和钢纤维等已有的增强纤维材料，因此增强效果最好；2) 玄武岩纤维与混凝土具有基本相同的成分，密

度也较接近，所以玄武岩纤维在混凝土中的相容性和分散性均优于其它增强纤维；3) 玄武岩纤维在耐水性方面远远优于玻璃纤维，吸湿能力只有0.1%左右，而且其吸收能力不随时间变化，这就保证了它在使用过程中的稳定性；4) 玄武岩纤维是一种纯天然的无机非金属材料，具有绿色环保的特点。近年来，我国有意发展玄武岩纤维，开发连续玄武岩纤维已被列为2002年国家新材料领域的863计划^[2]，到目前为止已经投产的就有年产1万t的玄武岩生产基地。因此，为拓展新型玄武岩纤维在水泥基材料中的应用，对玄武岩纤维材料在酸、碱性环境下的化学稳定性进行试验研究十分必要。

1.2 纤维基本性能指标

玄武岩纤维为东莞市俄金玄武岩纤维有限公司连续玄武岩纤维，直径17 μm，长度为12 mm；聚丙烯纤维为张家港方大特种纤维制造有限公司生产，纤维直径为17 μm，长度12 mm；耐碱玻璃纤维直径为16 μm。纤维的基本性能见表1。

表1 聚丙烯纤维、玄武岩纤维和耐碱玻璃纤维基本性能指标

物理力学性能	密度/(g·cm ⁻³)	拉伸强度/MPa	拉伸模量/GPa	断裂伸长率/%	吸水率/%
聚丙烯纤维	0.91	642.5	5.20	13.2	1.0
玄武岩纤维	2.65	4 300.0	98.69	3.1	0.1
耐碱玻璃纤维	2.78	3 500.0	78.00	2.6	0.8

2 试验测试及结果分析

下面主要通过聚丙烯纤维、玄武岩纤维和耐碱玻璃纤维的耐碱性能和耐酸性能对比试验，分析3种纤维不同时间段内在2 mol/L HCl溶液、2 mol/L NaOH溶液等试验介质中的质量损失和单丝强度损失情况，考察3种纤维的耐碱、耐酸性能，为玄武岩纤维在水泥基材料中的应用提供参考。

2.1 试验环境

本试验介质为2 mol/L HCl溶液和2 mol/L NaOH溶液，腐蚀温度均为80℃，纤维丝腐蚀周期为2，4，6，8，12和24 h。

2.2 试验方法

本试验主要测试纤维在不同时间内、不同介质处理前后质量损失率和单丝强度损失率。其

中，纤维质量损失测试是指测试不同时间内各种纤维处理前后质量，然后计算质量损失率。所谓玄武岩纤维质量损失率，是指取20 g质量纤维原纱样品，在腐蚀温度均为80℃的不同介质中煮2，4，6，8，10和12 h后取出，在每次试验结束后取出试样用清水冲洗干净，放置在室温下干燥24 h，采用电子天平（误差范围0.001 g）称重，最后，计算质量损失率，每组有效试验数据不少于3个。而纤维单丝强度损失测试，是指玄武岩纤维腐蚀前后分出单丝，用电子单纤维强力仪测试单丝强度，每组实验不少于25个有效数据，最后计算其强度损失率^[3]。

2.3 耐酸稳定性试验研究

1) 纤维质量损失测试：在相同条件下测试3

种纤维不同时间段在 2 mol/L HCl 溶液中的质量损失曲线见图 1。

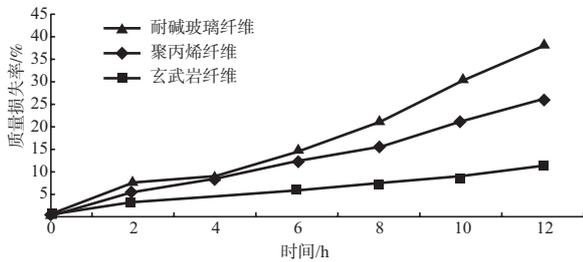


图 1 在 2 mol/L HCl 溶液中 3 种纤维不同时间段内质量损失率

从图 1 的试验结果中初步断定: 3 种纤维经酸溶液腐蚀后质量损失率均随时间的增加而增大, 其中玄武岩纤维在酸性介质中具有更加稳定的化学性, 其耐酸性能优于聚丙烯纤维, 且大大优于耐碱玻璃纤维。

2) 单丝纤维断裂强度损失测试: 3 种纤维在 2 mol/L HCl 溶液中的单丝断裂强度损失曲线见图 2。

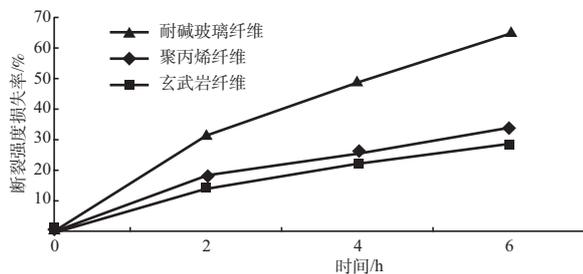


图 2 在 2 mol/L HCl 溶液中 3 种纤维单丝断裂强度损失率

从图 2 的试验结果可以发现: 在酸性介质中, 玄武岩纤维的耐酸性能优于聚丙烯纤维, 并大大优于耐碱玻璃纤维, 说明玄武岩纤维在酸性介质中具有更加稳定的化学性能。这是因为玄武岩纤维经酸腐蚀后 Na、Mg、K、Ca、Fe 等金属元素相对含量有所减少, 从而使其断裂强度有所降低, 但毕竟玄武岩纤维主要成分是 SiO₂, 经酸腐蚀后 SiO₂ 相对含量没有减少或减少很少, 所以酸性溶液对玄武岩纤维的损伤不大。

2.4 耐碱稳定性试验研究

1) 纤维质量损失测试: 方法同前。在相同条件下测试 3 种纤维不同时间段在 2 mol/L NaOH 溶液中的质量损失曲线见图 3。

从图 3 的对比中可以看出: 3 种纤维经氢氧

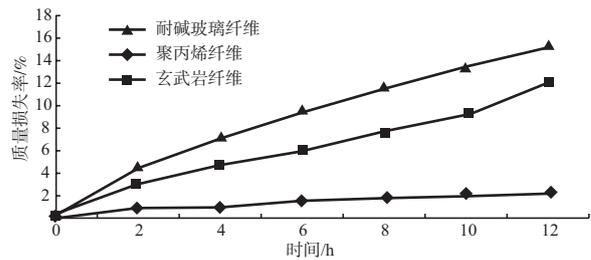


图 3 在 2 mol/L NaOH 溶液中 3 种纤维不同时间段内质量损失率

化钠溶液腐蚀后质量损失率均随时间的增加而增大, 但聚丙烯纤维耐碱性能优于玄武岩纤维, 玄武岩纤维略优于耐碱玻璃纤维。原因在于: 其质量损失主要由纤维的化学成分与碱液的反应程度所决定。由于聚丙烯纤维属于聚烯烃类纤维, 是一种具有表面无活性基团和表面能低等特性的憎水材料, 其分子结构式中没有与 OH⁻ 结合的基团, 因此具有优越的耐碱性能, 其质量经过碱液处理后有一定的损失或许是由于纤维表面具有一定质量的杂质; 另外也有可能制备聚丙烯纤维的原料中含有耐碱性能差的成分。以上 2 种因素使得其质量有所损失^[4]。

从图 3 还可以看出玄武岩纤维质量损失率的增加速度随时间的增加而增大, 由于耐碱玻璃和玄武岩纤维的化学成分基本相同, 能够与碱液反应的主要是 SiO₂, 其次是 Al₂O₃, 而 2 种纤维中 SiO₂ 和 Al₂O₃ 总含量相近, 因此, 从曲线上可以发现两者最终的质量损失率接近, 但玄武岩纤维抗碱性略优于耐碱玻璃纤维。

2) 单丝纤维断裂强度损失测试: 方法同前。3 种纤维在 2 mol/L NaOH 溶液中的单丝强度损失曲线见图 4。

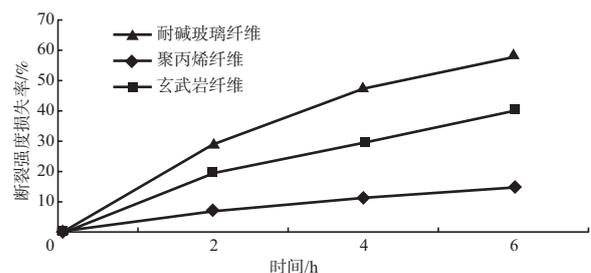


图 4 在 2 mol/L NaOH 溶液中 3 种纤维单丝断裂强度损失率

从图 4 可以看出: 在碱溶液中聚丙烯纤维的单

丝断裂强度损失率最小。经过6 h的高温腐蚀后，聚丙烯纤维、玄武岩纤维和耐碱玻璃纤维的断裂强度损失率分别为14.87%、40.45%和58.47%，因此，3种纤维耐碱性能排序为：聚丙烯纤维>玄武岩纤维>耐碱玻璃纤维。从图3和图4可知：断裂强度损失率变化规律与质量损失率的变化规律基本相同，玄武岩纤维断裂强度损失率的增长速度逐渐增大，而耐碱玻璃纤维由于辅料中的氧化锆逐渐形成一层保护膜，使其增长的速率有所减小。

总之，从上述试验结果可知，在碱性介质中，聚丙烯纤维耐碱性能最优，其次是玄武岩纤维，然后是耐碱玻璃纤维。

3 结论

1) 玄武岩纤维在酸性介质中具有更加稳定的化学性能。在酸性介质中，3种纤维经酸溶液腐蚀后质量损失和单丝纤维断裂强度损失均随时间的增加而增大，但玄武岩纤维在酸性介质中具有更加稳定的化学性能，其耐酸性能优于聚丙烯纤维，并大大优于耐碱玻璃纤维。

2) 在碱性介质中，3种纤维经NaOH溶液腐蚀后质量损失和单丝纤维断裂强度损失均随时间的增加而增大，但结果表明，聚丙烯纤维耐碱性能优于玄武岩纤维，玄武岩纤维略优于耐碱玻璃纤维。原因在于：其质量损失主要由纤维的化学成分与碱液的反应程度所决定。

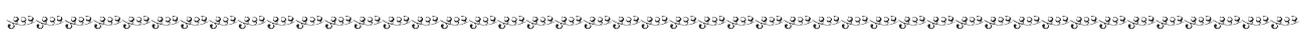
3) 本次试验的研究方法存在一定的局限性。需要指出的是，上述3种纤维均是直接置于各种侵蚀性溶液中，与纤维在水泥浆体中的真实情况存在一定差异，而且衡量指标有限。因此，本文的试验方法和试验结果仅供工程应用参考。

总之，目前大量的混凝土设施包括堤坝、港口深水码头、跨海大桥、机场跑道等经常受到高湿度、酸、碱、盐类介质的作用，暴露出化学稳定性差和钢筋锈蚀等一系列问题。从本文试验研究结果来看，玄武岩纤维在酸、碱性溶液中有较好的化学稳定性，其防水性能好，而且其成本与碳纤维相比低很多，优越性十分明显，因此，新型玄武岩纤维在堤坝、港口深水码头、跨海大桥、机场跑道等混凝土结构增强方面具有广阔的应用前景。

参考文献：

- [1] 梁凤静, 杨彩云. 玄武岩纤维织物耐酸碱性试验研究[J]. 产业用纺织品, 2010(4): 21-23.
- [2] 胡显奇, 董国义, 鄢宏. 玄武岩纤维在建筑和基础设施中的应用[J]. 工业建筑, 2004(S1): 21-26.
- [3] 霍文静, 张佐光, 王明超, 等. 复合材料用玄武岩纤维耐酸碱性实验研究[J]. 复合材料学报, 2007, 24(6): 77-82.
- [4] 高鹏锷, 胡微微, 赵党锋, 等. 聚丙烯、玄武岩纤维和耐碱玻璃纤维耐碱性能对比分析[J]. 天津纺织科技, 2011(1): 19-21.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

曹妃甸多用途泊位通过验收

近日，唐山港曹妃甸港区多用途泊位工程通过验收。一航局承建的该工程，码头岸线长440 m，设计2个5万吨级集装箱泊位，年通过能力325万t（含10万TEU）。该工程投产后，不仅将扩大曹妃甸港区件杂货泊位的通过能力，还兼顾集装箱运输需求。

摘编自《交通建设报》