

## 贵州某玄武岩纤维耐腐蚀性研究

陈漫, 郜林丽, 侯凤, 陈鹏, 张谌虎, 王成勇

(六盘水师范学院化学与材料工程学院, 贵州 六盘水 553004)

**摘要:** 这是一篇陶瓷及复合材料领域的论文。为了探索玄武岩纤维耐酸碱腐蚀性, 分别利用 3 mol/L 硫酸溶液、氢氧化钠溶液浸泡有无浸润剂的玄武岩纤维, 并测试了纤维的质量损失率、断裂力保留率及纤维表面 SEM。结果表明, 随着浸泡时间的增加, 在硫酸溶液浸泡下, 有浸润剂玄武岩纤维的质量损失率由 1.42% 增加到 7.33%, 断裂力保留率由 95.34% 降至 66.49%, 无浸润剂玄武岩纤维的质量损失率由 3.69% 增加到 9.40%, 断裂力保留率由 88.39% 降至 53.64%; 在氢氧化钠溶液浸泡下, 有浸润剂玄武岩纤维的质量损失率由 0.40% 增加到 5.41%, 断裂力保留率由 97.37% 降至 79.82%, 无浸润剂玄武岩纤维的质量损失率由 1.50% 增加到 7.08%, 断裂力保留率由 93.42% 降至 69.85%; 酸碱腐蚀均造成纤维质量损失, 增加纤维表面缺陷, 降低纤维断裂力, 且相同浓度的硫酸溶液比氢氧化钠溶液, 对所用玄武岩纤维的腐蚀更严重。浸润剂对纤维具有保护作用, 能减缓酸碱对纤维的腐蚀。

**关键词:** 陶瓷及复合材料; 玄武岩纤维; 耐腐蚀性; 质量损失率; 断裂力保留率; 表面特性

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.02.015

中图分类号: TD985;TQ343.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 02-0096-04

**引用格式:** 陈漫, 郜林丽, 侯凤, 等. 贵州某玄武岩纤维耐腐蚀性研究[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(2): 96-99.

CHEN Man, GAO Linli, HOU Feng, et al. Study on corrosion resistance of basalt fiber in guizhou[J].

Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(2): 96-99.

玄武岩纤维由玄武岩矿石经高温熔融拉丝而来, 具有抗拉强度高、弹性模量高、耐高温、耐酸碱腐蚀、绝缘性好等特点<sup>[1-2]</sup>。目前, 已被广泛应用于水泥基、树脂基等纤维增韧复合材料<sup>[2-4]</sup>。这些复合材料经常工作于酸性、碱性环境中<sup>[5]</sup>, 而不同地区玄武岩纤维的耐酸碱性不同<sup>[6]</sup>, 因此研究玄武岩纤维的耐酸碱腐蚀特性, 对于玄武岩纤维的应用具有重要的意义。

有关玄武岩纤维耐酸碱腐蚀的研究较多<sup>[7-9]</sup>, 但是对于贵州玄武岩纤维耐酸碱腐蚀特性的报道较少, 尤其是浸润剂涂层对纤维耐酸碱腐蚀特性

影响的研究更少。本文以贵州某玄武岩纤维为例, 研究了硫酸溶液、氢氧化钠溶液浸泡时间及浸润剂涂层对该纤维的酸碱腐蚀性的影响。

## 1 实验

### 1.1 实验原料与试剂

玄武岩纤维取自贵州某玄武岩纤维科技有限公司, 纤维平均直径为 17  $\mu\text{m}$ , 硫酸、氢氧化钠、丙酮、石油醚、无水乙醇均为分析纯。

### 1.2 实验方法

分别利用丙酮、石油醚浸泡玄武岩纤维 72 h<sup>[10]</sup>,

**收稿日期:** 2022-06-29

**基金项目:** 贵州省教育厅基金项目 (黔教合 KY 字 [2019]140, 黔教合 KY 字 [2019]136); 六盘水市科技局项目 (52020-2019-05-04, 52020-2019-05-06, 52020-2019-05-07, 2020-2017-02-02); 六盘水师范学院硕士学位点培育项目 (LPSSYSSDPY201702); 六盘水师范学院科技创新团队 (LPSSYKJTD201906); 六盘水师范学院自然科学基金项目 (LPSSY201901, LPSSY201904); 六盘水师范学院大学生科研项目 (LPSSYDXS2004, LPSSYDXS2007); 六盘水师范学院卓越人才培养计划项目 (LPSSYzyjpyjh202001); 六盘水师范学院教学改革项目 (LPSSYjg2016)

**作者简介:** 陈漫 (1999-), 女, 本科, 研究方向为矿物材料。

**通信作者:** 陈鹏 (1987-), 男, 副教授, 主要从事矿物加工与矿物材料方面的研究。

除去纤维表面的浸润剂，用无水乙醇及去离子水清洗纤维；将玄武岩纤维（有浸润剂）及纤维原丝（无浸润剂）在干燥箱中 25 °C 鼓风干燥 24 h，截取有、无浸润剂的纤维各 11 段，每段 10 cm；通过前期探索实验，确定配制 3 mol/L 的硫酸溶液与氢氧化钠溶液，分别用 25 mL 硫酸溶液与氢氧化钠溶液浸泡有、无浸润剂的纤维 1、3、5、7、9 h，并用无水乙醇及去离子水清洗纤维后，在干燥箱中 25 °C 鼓风干燥 24 h；称量各段纤维腐蚀前后的质量，依据 DB51/T 2321-2017 测试各段纤维的单丝断裂力。

### 1.3 纤维耐腐蚀性指标

分别利用纤维腐蚀后的质量损失率、断裂力保留率表示纤维的耐腐蚀特性。质量保留率计算公式见式（1），断裂力保留率计算公式见式（2）。

$$\gamma_1 = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

式中， $\gamma_1$ —质量损失率，%；

$m_0$ —腐蚀前纤维质量，g；

$m_1$ —腐蚀后纤维质量，g。

$$\gamma_2 = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100 \quad (2)$$

式中， $\gamma_2$ —断裂力保留率，%；

$F_0$ —腐蚀前纤维拉伸断裂力，N；

$F_1$ —腐蚀后纤维拉伸断裂力，N。

## 2 结果与讨论

### 2.1 纤维质量损失率

有、无浸润剂的玄武岩纤维质量损失率，随硫酸溶液浸泡时间的变化趋势见图 1，随氢氧化钠溶液浸泡时间的变化趋势见图 2。

由图 1 可知，随着硫酸溶液浸泡时间的增加，有、无浸润剂的玄武岩纤维质量损失率均增加，且二者的增加趋势相近；有浸润剂的纤维质量损失率随着浸泡时间的增加，由 1.42% 增加至 7.33%，无浸润剂的纤维质量损失率随着浸泡时间的增加，由 3.69% 增加至 9.40%；相同浸泡时间时，无浸润剂涂层的玄武岩纤维质量损失率比有浸润剂涂层的质量损失率大于 2%。

由图 2 可知，随着氢氧化钠溶液浸泡时间的增加，有、无浸润剂的玄武岩纤维质量损失率均增加，且二者的增加趋势相近；有浸润剂的纤维质量损失率随着浸泡时间的增加，由 0.40% 增加

至 5.41%，无浸润剂的纤维质量损失率随着浸泡时间的增加，由 1.50% 增加至 7.08%；相同浸泡时间时，无浸润剂涂层的玄武岩纤维质量损失率比有浸润剂涂层的质量损失率大于 1%。

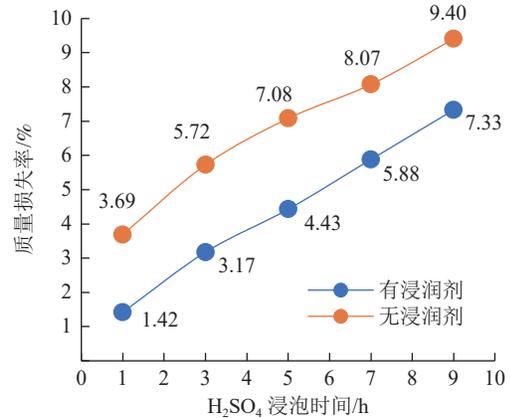


图 1 纤维质量损失随 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液浸泡时间变化规律  
Fig.1 Changes of fiber mass loss with soaking time of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution

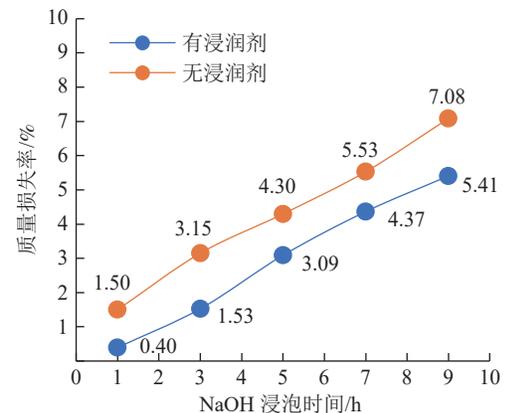


图 2 纤维质量损失随 NaOH 溶液浸泡时间变化规律  
Fig.2 Changes of fiber mass loss with soaking time of NaOH solution

图 1、2 可知，无论纤维表面有无浸润剂涂层，相同浓度、相同时间条件下，硫酸溶液造成的纤维质量损失率，均大于氢氧化钠溶液造成的纤维质量损失率；有浸润剂涂层的玄武岩纤维，在相同浸泡时间时，硫酸溶液比氢氧化钠溶液造成的质量损失率高大于 1%；无浸润剂涂层的玄武岩纤维，在相同浸泡时间时，硫酸溶液比氢氧化钠溶液造成的质量损失率大于 2%。

### 2.2 纤维断裂力保留率

有、无浸润剂的玄武岩纤维断裂力保留率，随硫酸溶液浸泡时间的变化趋势见图 3，随氢氧化钠溶液浸泡时间的变化趋势见图 4。

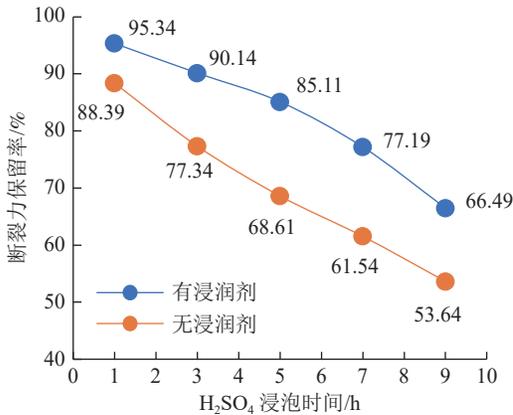


图3 纤维断裂力保留率随 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液浸泡时间变化规律

Fig.3 Retention rate of fiber breaking force varies with the soaking time of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution

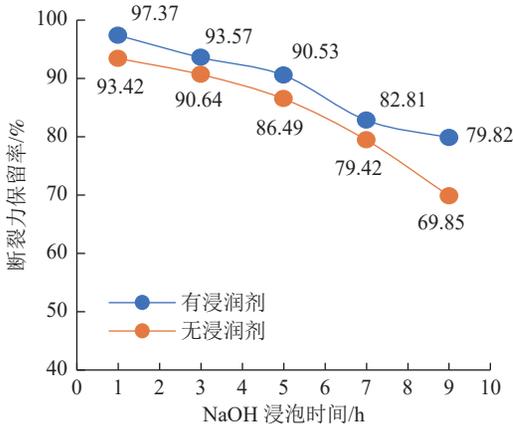


图4 纤维断裂力保留率随 NaOH 溶液浸泡时间变化规律

Fig.4 Retention rate of fiber breaking force varies with the soaking time of NaOH solution

由图3可知，随着硫酸溶液浸泡时间的增加，有、无浸润剂的玄武岩纤维断裂力保留率均迅速降低；有浸润剂的纤维断裂力保留率随着浸泡时间的增加，由95.34%迅速降至66.49%，无浸润剂的纤维断裂力保留率随着浸泡时间的增加，由88.39%迅速降至53.64%；相同浸泡时间时，无浸润剂涂层的玄武岩纤维断裂力保留率比有浸润剂涂层的断裂力保留率低于6%，在浸泡时间为5h时二者差距较大，为16.50%。

由图4可知，随着氢氧化钠溶液浸泡时间的增加，有、无浸润剂的玄武岩纤维断裂力保留率均降低；有浸润剂的纤维断裂力保留率随着浸泡时间的增加，由97.37%降至79.82%，无浸润剂的纤维断裂力保留率随着浸泡时间的增加，由93.42%降至69.85%；相同浸泡时间时，无浸润剂涂层的玄武岩纤维断裂力保留率比有浸润剂涂层的断裂

力保留率低于2.5%，在浸泡时间为9h时二者差距较大，达9.97%。

由以上分析并结合图3、4可知，无论纤维表面有无浸润剂涂层，相同浓度、相同时间条件下，硫酸溶液浸泡后的纤维断裂力保留率，均低于氢氧化钠溶液浸泡后的纤维断裂力保留率；有浸润剂涂层的玄武岩纤维，在相同浸泡时间时，硫酸溶液浸泡后的纤维比氢氧化钠溶液浸泡后的纤维断裂力保留率低于2%；无浸润剂涂层的玄武岩纤维，在相同浸泡时间时，硫酸溶液浸泡后的纤维比氢氧化钠溶液浸泡后的纤维断裂力保留率低于5%。

### 2.3 纤维表面变化

无浸润剂的玄武岩纤维在腐蚀前表面较为光滑，而经过硫酸溶液腐蚀5h后，玄武岩纤维表面出现裂缝，这将加剧纤维表面的应力集中现象，经过氢氧化钠溶液腐蚀5h后，纤维表面析出很多颗粒，这是氢氧化钠与纤维中的硅酸盐矿物反应生成的，同时纤维表面也出现了小孔，这也会加剧纤维表面的应力集中。酸碱腐蚀增加了纤维表面的缺陷，造成了纤维拉伸断裂力降低，但碱溶液浸泡过程中，纤维表面析出的颗粒可能会对纤维起一定的保护作用，从而减缓碱溶液的腐蚀。

## 3 结论

(1) 从质量损失率与断裂力保留率的角度可以看出，相同浓度的硫酸溶液比氢氧化钠溶液，对玄武岩纤维造成的腐蚀更严重；无论酸碱环境下，浸润剂涂层均对纤维起到一定的保护作用。

(2) 经3 mol/L 硫酸溶液腐蚀7h后，有、无浸润剂的玄武岩纤维质量损失率分别为9.40%、7.33%，断裂力保留率分别为66.49%、53.64%。

(3) 经3 mol/L 氢氧化钠溶液腐蚀7h后，有、无浸润剂的玄武岩纤维质量损失率分别为7.08%、5.41%，断裂力保留率分别为79.82%、69.85%。

(4) 酸碱腐蚀均造成纤维质量损失，增加纤维表面缺陷，降低纤维断裂力。

### 参考文献:

[1] 张凯军, 霍冀川, 黄阳, 等. 攀西地区某用于制造纤维的玄武岩工艺矿物学研究[J]. 矿产综合利用, 2021(2):163-167.  
ZHANG K J, HUO J C, HUANG Y, et al. Research on process mineralogy of a basalt ore used to manufacturing fiber in Panxi[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(2):163-167.

- [2] 欧阳利军, 许峰, 陆洲导. 玄武岩纤维布增强树脂基复合材料约束高温损伤混凝土轴压力学性能[J]. 复合材料学报, 2018, 35(8): 2002-2013.
- OUYANG L J, XU F, LU Z D. Axial compressive behavior of basalt fiber reinforced polymer-confined damaged concrete after exposed to elevated temperatures [J]. *Acta Materiae Compositae Sinica*, 2018, 35(8): 2002-2013.
- [3] 陈峰宾, 许斌, 焦华喆, 等. 玄武岩纤维混凝土纤维分布及孔隙结构表征[J]. 中国矿业大学学报, 2021, 50(2):273-280.
- CHEN F B, XU B, JIAO H Z, et al. Fiber distribution and pore structure characterization of basalt fiber reinforced concrete[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2021, 50(2):273-280.
- [4] 华云涛, 尹世平, 王璐晨. 玄武岩纤维筋海水海砂混凝土梁承载性能及使用性能影响因素研究[J]. 建筑结构学报, 2021, 42(2):166-177.
- HUA Y T, YIN S P, WANG L C. Study on influence factors of bearing capacity and serviceability of BFRP reinforced seawater and sea-sand concrete beams[J]. *Journal of Building Structures*, 2021, 42(2):166-177.
- [5] 左颖. 酸碱环境对玄武岩纤维混凝土力学性能的影响[J]. *新型建筑材料*, 2021, 48(4):44-46.
- ZUO Y. Influence of acid and alkali environment on mechanical properties of basalt fiber reinforced concrete[J]. *New Building Materials*, 2021, 48(4):44-46.
- [6] 姚勇, 徐鹏, 刘静, 等. 国内外玄武岩纤维耐腐蚀性能对比研究[J]. *合成纤维工业*, 2015, 38(5):9-11+15.
- YAO Y, XU P, LIU J. Comparative study on corrosion resistance of basalt fibers in China and abroad[J]. *China Synthetic Fiber Industry*, 2015, 38(5):9-11+15.
- [7] 霍倩, 刘姝瑞, 谭艳君, 等. 连续玄武岩纤维改性方法的研究进展[J]. *纺织科学与工程学报*, 2021, 38(1):73-78.
- HUO Q, LIU S R, TAN Y J, et al. Research progress on modification methods of continuous basalt fiber[J]. *Journal of Textile Science and Engineering*, 2021, 38(1):73-78.
- [8] 王梦尧. 短切玄武岩纤维表面改性及其对水泥基材料性能的影响[D]. 北京: 北京建筑大学, 2020.
- WANG M Y. Study on modified basalt fibers and its cementitious [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2020.
- [9] 高杰. 玄武岩纤维在酸碱及相对湿度环境下的老化性研究[D]. 上海: 东华大学, 2016.
- GAO J. Research on basalt fibers aged in acid, alkali and relative humidity environment [D]. Shanghai: Donghua University, 2016.
- [10] Xing Dan, Xi Xiongyu, Ma Pengcheng. Factors governing the tensile strength of basalt fibre[J]. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2019, 119:127-133.

## Study on Corrosion Resistance of Basalt Fiber in Guizhou

CHEN Man, GAO Linli, HOU Feng, CHEN Peng, ZHANG Chenhu, WANG Chengyong  
(School of Chemistry and Materials Engineering, Liupanshui Normal University, Liupanshui 553004, Guizhou, China)

**Abstract:** This is an article in the field of ceramics and composites. In order to explore the resistance of basalt fiber to acid and alkali corrosion, basalt fiber with or without wetting agent was soaked in 3 mol/L sulfuric acid solution and sodium hydroxide solution, respectively, and the mass loss rate, fracture force retention rate and SEM image of fiber surface were tested. The results showed that with the increase of soaking time, the mass loss rate of basalt fiber with infiltrating agent increased from 1.42% to 7.33%, the fracture force retention rate decreased from 95.34% to 66.49%, the mass loss rate of basalt fiber without infiltrating agent increased from 3.69% to 9.40% and the fracture force retention rate decreased from 88.39% to 53.64%. After soaking in sodium hydroxide solution, the mass loss rate of basalt fiber with wetting-agent increased from 0.40% to 5.41%, the fracture force retention rate decreased from 97.37% to 79.82%, the mass loss rate of basalt fiber without wetting-agent increased from 1.50% to 7.08%, and the fracture force retention rate decreased from 93.42% to 69.85%. Both acid-alkaline corrosion cause fiber quality loss, increase fiber surface defects and reduce fiber breaking force. Sulfuric acid solution with the same concentration corrodes basalt fiber more seriously than sodium hydroxide solution. The soaking agent has a protective effect on the fiber and can slow down the corrosion of acid and alkali on the fiber.

**Keywords:** Ceramics and composites; Basalt fiber; Corrosion resistance; Mass loss rate; Retention rate of fracture force; Surface characteristic