

文章编号: 1674-2869(2016)03-0255-04

# 页岩掺入白水泥中制备文化石的工艺研究

危钰, 黄志良\*, 李紫谦, 黄小雨, 徐伟荣, 齐同刚

武汉工程大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉 430074

**摘要:**以废弃的胶磷矿伴生的页岩和白水泥为原料,加入适当的氧化铁系颜料和减水剂制备文化石,用硅胶复制母模作为成型模具制作了砖方型、鹅卵石型、竹子型、墙砖型文化石成品.研究了页岩水泥质量比和水与水泥的质量比(以下简称水灰比)对文化石抗压强度和弯曲强度的影响.结果表明:随着页岩水泥质量比的降低,文化石的抗压强度和弯曲强度逐渐升高;随着水灰比的升高,文化石早期抗压强度和弯曲强度提高比较明显,但后期抗压强度和弯曲强度提高不明显;确定了最佳页岩水泥质量比和最佳水灰比,当页岩水泥质量比为4:6,水灰质量比为0.55时,文化石试块标准养护28 d的抗压强度和弯曲强度相对最高,分别为12.12 MPa、4.5 MPa.

**关键词:**胶磷矿伴生的页岩;白水泥;文化石;抗压强度;弯曲强度

中图分类号:TD985

文献标识码:A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2016.03.010

## Preparation Technology of Culture Stones by Adding Shale into White Cement

WEI Yu, HUANG Zhiliang\*, LI Ziqian, HUANG Xiaoyu, XU Weirong, QI Tonggang

School of Materials and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract:** Culture stones were prepared by using collophanite bearing shale and white cement as raw materials with the addition of appropriate iron oxide pigments and water reducer. The finished products were made in shapes of brick, cobble, bamboo and wall by using silicone duplicate molds. The effect of shale-to-cement mass ratio and water-cement ratio on the compressive strength and bending strength of culture stones was investigated. The results reveal that the compressive strength and bending strength of shale-based culture stones gradually increases with the shale-to-cement mass ratio reducing; as the water-cement ratio increases, the compressive strength and bending strength of culture stones improves significantly at early stage, but they have little enhancement at later stage. Finally, the compressive strength and bending strength of culture stones with standard curing for 28 days reach 12.12 MPa and 4.5 MPa, respectively when the shale-to-cement mass ratio is 4:6 and the water-cement ratio is 0.55.

**Keywords:** collophanite bearing shale; white cement; culture stones; compressive strength; bending strength

## 1 引言

20世纪60年代,美国一个名叫梅森的石匠提出“人造文化石”的制作原理,后由Garrett和Floyd Brown采用浮石等材料开发出“人造文化石”产品,

质地较天然文化石更轻,发展至今,市面上流行的人造文化石则是以水泥基无机材料制成块状或片状的人造石材.最初这种装饰材料和饰面材料主要用于木结构的高级居所和庭院,以取得类似于美国西部古城堡的风貌,现已广泛应用于各类现

收稿日期:2016-03-05

基金项目:国家自然科学基金(51374155);湖北省科技支撑计划(2014BCB034);湖北省自然科学基金(2014CFB796);湖北省科技支撑计划(2015BAA105)

作者简介:危钰,硕士研究生. E-mail:765731959@qq.com

\*通讯作者:黄志良,博士,教授. E-mail:hzi6455@126.com

代建筑. 近年来,国内装修常将“人造文化石”用于现代建筑,大至办公楼的墙面,小至住宅内的壁炉、电视背景墙,体现自然之趣.市面上的人造文化石原料包括白水泥、河砂、陶粒等<sup>[1-2]</sup>.页岩是天然岩石中的一种,成分复杂,主要是由黏土沉积经压力和温度形成的岩石,其中混杂有石英、长石的碎屑.湖北省胶磷矿伴生页岩储量达20亿吨,在胶磷矿采矿过程中作为夹石被丢弃,造成巨大资源浪费<sup>[3-4]</sup>,页岩本身具有的结构致密、硬度高的特点<sup>[5-6]</sup>使其能够代替河砂和陶粒作为骨料掺入到白水泥中制备文化石,这既有利于水泥成型又避免资源浪费.通过抗压强度和弯曲强度测试,研究页岩的掺入和水灰比的改变对文化石强度的影响.选取其中适合的配方比去制作文化石样品,生产文化石,此联产工艺过程可以达到胶磷矿伴生页岩资源“零废弃”综合利用的目的.

2 实验部分

2.1 原材料

制作文化石的主要原料为胶磷矿伴生的页岩,浅黄色粉末状,来自河北灵寿,其X射线荧光分析化学组分见表1,其中主要矿物组成为云母、绿泥石和石英,并伴随有少量的斜长石和白云石,所选用的胶磷材料为白水泥,标号 po 425.

表 1 胶磷矿伴生页岩的化学成分

Tab. 1 Chemical compositions of collophanite bearing shale

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	F
w/%	42.4	15.1	20.1	8.15	2.8	9.17	0.25	2.2

2.2 测试方法

成型模具规格为70 mm×70 mm×70 mm,每组3个试样,文化石成型后在标准养护条件下养护<sup>[7-9]</sup>,抗压强度测试方法参照GB/T9966.1-2001《天然饰面石材试验方法 第1部分:干燥、水饱和、冻融循环后压缩强度试验方法》,弯曲强度测试方法参照GB/T9966.2-2001《天然饰面石材试验方法 第2部分:干燥、水饱和和弯曲强度试验方法》.

3 结果与讨论

3.1 页岩掺入比例对文化石强度的影响

测试不同页岩掺入比例(页岩水泥质量比分别为7:3、6:4、5:5、4:6)时文化石的抗压强度和弯曲强度,如图1、图2所示.以页岩水泥质量比7:3为例设置配合比如表2所示.

由图1可知,在实验范围内随着页岩水泥质量比的降低,28 d标准养护后文化石的抗压强度逐渐升高,在页岩水泥质量比为4:6时达到最高,为11.39 MPa,比页岩水泥质量比为7:3时3.40 MPa高出了7.99 MPa.

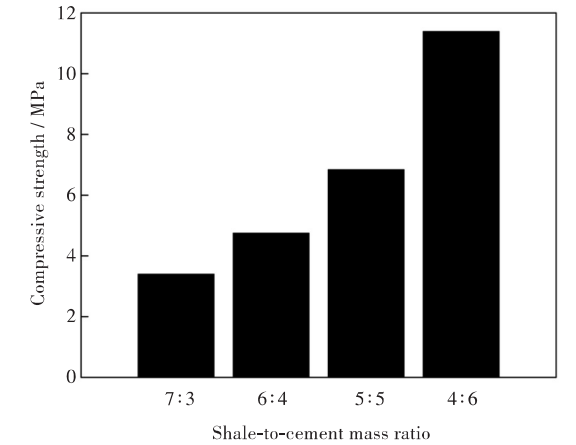


图1 文化石在不同页岩水泥比时的标准养护28 d抗压强度  
Fig. 1 Compressive strength of cultural stones at different shale-to-cement mass ratios on culture stones with standard curing for 28 days

由图2可知,在实验范围内随着页岩质量比的降低,28 d标准养护后文化石的弯曲强度逐渐升高,在页岩水泥质量比为4:6时达到最高,为4.3 MPa,比页岩水泥质量比为7:3时的2.2 MPa高出了2.1 MPa.

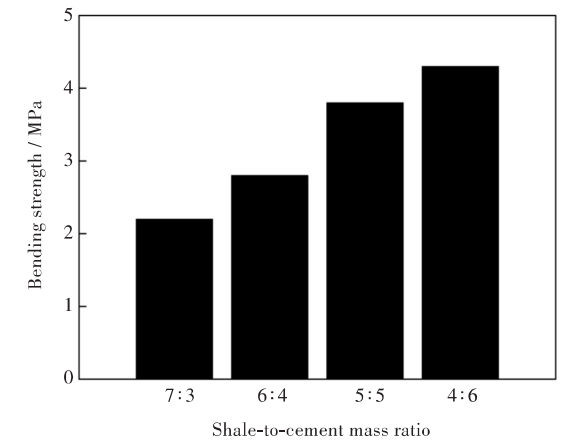


图2 文化石在不同页岩水泥比时的标准养护28 d天弯曲强度  
Fig. 2 Bending strength of different shale-to-cement mass ratios on culture stones with standard curing for 28 days

表 2 文化石的原料配比

Tab. 2 Ratios of shale-based culture stones

shale	white cement	water reducer	iron oxide pigments
7	3	0.01	0.02

随着页岩水泥质量比的降低,文化石抗压强度与弯曲强度逐渐升高,试验到页岩水泥质量比为4:6时之所以不再继续后面的比例,是因为页岩水泥质量比4:6时文化石28 d强度已接近ASTM对天然饰面石材的技术规范,为了尽可能的达到资源利用最大化,同时提高文化石的抗压强度和弯曲强度,故不再继续页岩水泥质量比低于4:6的实验,且后续试验以页岩水泥质量比为4:6进行。

### 3.2 水灰比及养护时间对文化石强度的影响

文化石成型后在标准条件下养护后,测试并比较页岩水泥质量比为4:6时,不同水灰比下(0.5、0.55、0.6、0.7,质量比,下同)文化石抗压强度和弯曲强度(实验过程中发现,水灰比低于0.5时,文化石难以成型),结果见图3、图4。

由图3可知,在实验的28 d内,随着水灰比的增加,文化石早期抗压强度提高比较明显,3 d抗压强度从3.41 MPa提高到了7.59 MPa,但后期抗压强度提高不明显,仅从10.51 MPa提高到12.12 MPa。同时相同龄期内水灰比为0.55的试块抗压强度均是最高,且在28 d抗压强度达到最大值,为12.12 MPa。

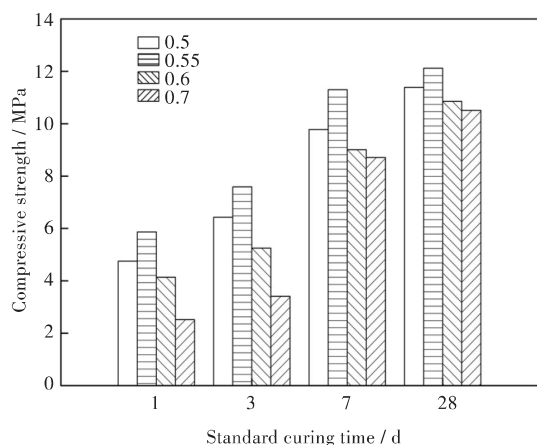


图3 不同水灰比时标准养护时间对文化石抗压强度的影响

Fig. 3 Effect of different water-cement ratios and curing times on compressive strength of culture stones

由图4可知,在实验的28 d内,随着水灰比的增加,文化石早期弯曲强度提高比较明显,3 d弯曲强度从2.6 MPa提高到了3.4 MPa,但后期弯曲强度提高不明显,仅从4.2 MPa提高到4.5 MPa,同时相同龄期内水灰比为0.55的试块弯曲强度均是最高,且在28 d弯曲强度达到最大值,为4.5 MPa。

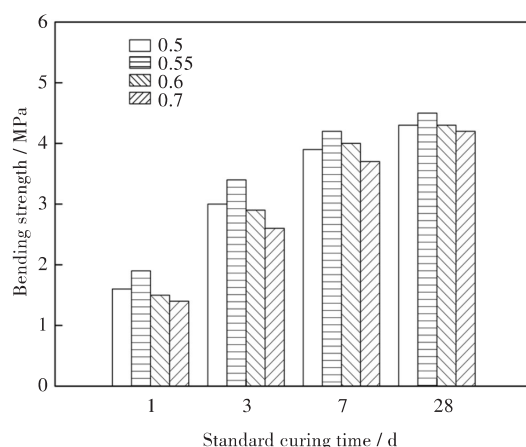


图4 不同水灰比时标准养护时间对文化石弯曲强度的影响

Fig. 4 Effect of different water-cement ratios and curing times on bending strength of culture stones

### 3.3 文化石成型原理

水泥与一定量水调和后,能很快生成塑性的胶状物质,具有粘结性能,可以用来胶结页岩;这种胶状物质,随着养护时间的延长会逐渐失去其塑性,硬化成为具有一定强度的石状物体,而与其所胶结的页岩一起变成坚固的整体,加入的水过少文化石不易成型,过多则会降低文化石强度;水泥含量升高时,这种胶状物质的含量相应升高,胶结作用就越强,宏观上测试页岩基文化石抗压强度及弯曲强度就越大。

### 3.4 文化石装饰品的简单制作工艺

3.4.1 成型模具制作 实验借鉴实际文化石联产工艺,采用硅胶复制母模作为成型模具;母模选择了规则方砖、不规则鹅卵石、竹子、印花墙砖等。

3.4.2 成型效果展示 4种不同样式的页岩基文化石标准养护28 d后成型效果如图5~图8所示。

3.4.3 工艺评定 按照国家建材工业石材质量监督中心所采用的美国ASTM对天然饰面石材的技术规范<sup>[10]</sup>,试验制备的文化石强度(抗压强度



图5 方砖型文化石

Fig. 5 Brick shape of culture stones



图6 鹅卵石型文化石

Fig. 6 Cobble shape of culture stones



图7 竹子型文化石

Fig. 7 Bamboo shape of culture stones



图8 墙砖型文化石

Fig. 8 Wall shape of culture stones

12.12 MPa, 弯曲强度 4.5 MPa) 达到了石灰石类天然文化石的抗压强度与压缩强度标准, 可以用于室内装饰。“方砖型文化石”的成型比较容易且整体铺排效果较其他文化石要好, 但过于规则缺乏自然美感; “鹅卵石型文化石”铺排效果好, 错落有致, 适合作为屋内家具的背景墙; “竹子型文化石”欣赏度高但不易铺排; “墙砖型文化石”形貌精致易铺排但缺点在于制作耗时长且不易成型。

#### 4 结 语

本实验旨在充分利用废弃的胶磷矿伴生的页岩, 在避免造成资源浪费的同时, 提供一种新的制备文化石的方法, 并且通过抗压强度和弯曲强度测试, 得到最佳页岩水泥质量比和最佳水灰比。结果表明, 页岩水泥质量比为 4:6, 水灰比为 0.55 时, 文化石试块标准养护 28 d 的抗压强度和弯曲强度相对最高, 抗压强度达到 12.12 MPa、弯曲强度达到 4.5 MPa。通过不同硅胶模具制作了砖方型、鹅

卵石型、竹子型、墙砖型等文化石成品, 对工艺进行简单评定, 所制备的文化石可用于室内装饰。

#### 参考文献:

- [1] 曹素改, 赵风清, 张志国, 等. 利用固体废弃物制备干粉砂浆的应用研究[J]. 现代矿业, 2009(2): 85-88.  
CAO S G, ZHAO F Q, ZHANG Z G, et al. Research on preparing dry powder mortar by solid [J]. Modern mining, 2009(2): 85-88.
- [2] 夏艺, 周仁道, 蔡世凯, 等. 文化石基本性能的试验研究[J]. 新型建筑材料, 2009(2): 34-39.  
XIA Y, ZHOU R D, CAI S K, et al. Experimental study on performance of culture stones [J]. New building materials, 2009(2): 34-39.
- [3] 李耀基, 欧志兵. 胶磷矿开发利用技术创新的回顾与展望[J]. 武汉工程大学学报, 2011, 33(3): 107-110.  
LI Y J, OU Z B. A review and a prospect of colophonite exploitation and utilization of technology innovation [J]. Journal of Wuhan institute of technology, 2011, 33(3): 107-110.
- [4] 刘艺玮. 宜昌地区磷钾伴生矿及磷尾矿的矿物学研究及浮选工艺[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2014.
- [5] 杜令攀, 钟晋, 郭永杰. 云南风化低镁胶磷矿选矿试验研究[J]. 化工矿物与加工, 2014(2): 5-7.  
DU L P, ZHONG J, GUO Y J. Beneficiation test research on weathered low magnesium colophonite from yunnan [J]. Industrial minerals & processing, 2014(2): 5-7
- [6] 田兴, 石和彬, 赵静, 等. 湖北某中低品位硅质磷矿工艺矿物学研究[J]. 武汉工程大学学报, 2012, 34(3): 45-50.  
TIAN X, SHI H B, ZHAO J, et al. Process mineralogy study of siliceous mid-low grade phosphate rocks in Hubei province [J]. Journal of Wuhan institute of technology, 2012, 34(3): 45-50
- [7] 中华人民共和国国家技术监督局. 天然饰面石材试验方法 GB/T9966-2001 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [8] YOSHIOKA K, TAZAWA E, KAWAI K, et al. Adsorption characteristics of superplasticizers on cement component minerals [J]. Cement & concrete research, 2002, 32(10): 1507-1513.
- [9] JOLICOEUR C, SIMARD M A. Chemical admixture-cement interactions: phenomenology and physico-chemical concepts [J]. Cement & concrete composites, 1998, 20(2): 87-101.
- [10] 武英伟, 周俊兴. 天然饰面石材分类及其性能技术指标[J]. 北京: 石材, 2004(7): 30-31.

本文编辑: 龚晓宁