

[补充信息]

## 玄武岩纤维增强泡沫混凝土响应面多目标优化

王静文<sup>1,✉</sup>, 王伟<sup>2</sup>

1 鄂尔多斯应用技术学院土木工程系, 鄂尔多斯 017000

2 东南大学电气工程学院, 南京 210096

[Supplementary Information]

## Response Surface Based Multi-objective Optimization of Basalt Fiber Reinforced Foamed Concrete

WANG Jingwen<sup>1,✉</sup>, WANG Wei<sup>2</sup>

1 Department of civil engineering, Ordos Institute of Technology, Ordos 017010

2 Department of electrical engineering, Southeast university, Nanjing 210096

### BFFC 制备原料选用

泡沫混凝土原料由水泥基复合材料和泡沫剂组成, 每一种原料的种类及含量都会对目标产品的性能产生影响。

水泥基复合材料包括胶凝材料、矿物掺合料、骨料、水及外加剂。选用熟料比例最高的 P-I 型硅酸盐水泥作为胶凝材料以最大可能降低混合材对成品性能的影响; 添加粉煤灰部分取代水泥以减少干缩, 改善和易性并节约造价。因粉煤灰细度会直接影响泡沫混凝土强度, 粉煤灰越细, 比表面积越大, 水化反应越快, 活性越高, 抗干缩能力越强, 故选用细度等级最高的 I 级粉煤灰; 硅粉与高效减水剂的配合使用意在提高泡沫混凝土料浆黏度, 有益于泡沫在料浆中的均匀分散及稳定, 并提高泡沫混凝土的和易性及强度; 选用粒径不超过 0.46 mm 级配均匀的细砂作骨料以在适当提高成品强度的同时减轻沉淀及泡沫灭失现象。



图 S1 动物蹄脚蛋白泡沫剂产生的成品湿泡沫

Fig.S1 Fresh foam produced by Animal foot protein foaming agent

目前市场上应用较多的物理泡沫剂主要有表面活性剂类及蛋白类。虽然蛋白类泡沫剂的发泡能力

不及合成阴离子表面活性剂，但也有着比较满意的发泡倍数。而且蛋白类泡沫剂生产的泡沫特别稳定，完全消泡时间大多长于 24h，是其他类型泡沫剂难以相比的。蛋白类泡沫剂中属动物蹄脚泡沫剂性能最佳，故选此作为 BFFC 制备泡沫剂，产出湿泡沫如图 S1。

## BFFC 质量控制

除制备工艺外，泡沫质量是 BFFC 质量控制的关键，一般泡沫混凝土性能离散性大往往是由于泡沫稳泡能力不佳而导致的。泡沫质量通常用沉降距以及泌水率来衡量，测量方法参照 JGJ/T 341-2014《泡沫混凝土应用技术规程》，测量仪器如图 S2 所示。



图 S2 湿泡沫沉降距、泌水率测量仪器

Fig.S2 Device used for testing settlement distance and bleeding rate of fresh foam

## 通用旋转组合设计 $r$ 的取值

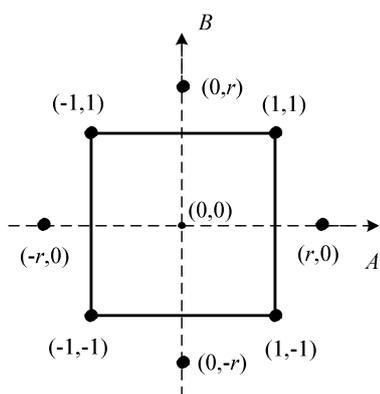


图 S3 通用旋转组合设计试验点空间安排

Fig.S3 Spatial distribution of design points of general rotary unitized design

在试验设计中，由于预测点位置不同而极易导致设计在各个方向上不能提供等精度的估计，即预测值的方差强烈依赖于试验点在因子空间中的位置。通用旋转组合设计的预测值的方差在以一球心为原点、半径为  $r$  的球体内为一个常数，所以在寻找最优生产过程中应用该方法可以直接比较预测值的好坏，易于找到相对较优的区域，这便是设计可旋转性的意义。恰当选择  $r$  可以使设计呈可旋转性： $r=(n_f)^{1/4}$ ，其中  $n_f$  是全面试验点个数。本文  $n_f=2^2=4$ ， $r=(4)^{1/4}$ ，试验点空间安排见图 S3。

