

# 石灰石粉在预拌混凝土中的应用研究

徐志辉<sup>1</sup> 赵磊<sup>2</sup> 胡哲<sup>3</sup> 张起<sup>2</sup> 张鹏<sup>1</sup> 贺平祥<sup>1</sup>

1.湖南九华南方新材料科技有限公司 湖南 湘潭 410312

2.湖南株洲南方新材料科技有限公司 湖南 株洲 412000

3.湖南邵阳南方新材料科技有限公司 湖南 邵阳 422000

**【摘要】**：通过净浆流动度、混凝土坍落度和抗压强度测试，研究了石灰石粉分别取代粉煤灰和矿粉对水泥混凝土性能影响。实验结果表明：石粉在水泥净浆中具有滚珠效应，能提高浆体流动性；在混凝土中，石粉主要起到了填充作用，降低混凝土中微小孔隙，使混凝土更密实；石粉取代粉煤灰后，对混凝土工作性能影响比较大，但对强度影响较小；石粉取代矿粉后，早期强度有所增长，而后期强度不明显。

**【关键词】**：石灰石粉；预拌混凝土；工作性；强度

## 前言

在水泥混凝土生产与应用中，粉煤灰、矿粉等掺合料的用量越来越大，掺合料的品质也越来越低，而价格越来越高<sup>[1]</sup>，混凝土质量问题也频发。为解决此类问题，在水泥混凝土业内，使用磨细石灰石粉作为掺合料逐渐成为研究的热点。

石灰石粉是以石灰石质岩石经破碎、研磨等工艺处理后产生的颗粒粒径在 10 μm 的石粉细粉，其具有一定的活性，和颗粒填充作用，并且石灰石粉容易得到且廉价。研究表明<sup>[2-4]</sup>，在混凝土中，可以利用石灰石粉的活性，改善混凝土微细孔结构，改善混凝土的工作性能和力学性能<sup>[3-5]</sup>。因此，将石粉作为部分取代矿粉、粉煤灰等掺合料，具有一定技术可行性和经济效益<sup>[6]</sup>。

本文通过净浆流动度、混凝土坍落度和抗压强度表征测试，研究石灰石粉对水泥混凝土工作性能和力学性能的影响，为石灰石粉在预拌混凝土中的应用提供重要参考依据。

## 1 实验

### 1.1 实验原材料

- (1) 水泥采用湖南平塘南方水泥生产的 P·O·42.5 水泥。
- (2) 粉煤灰为长沙电厂生产的 II 级粉煤灰。
- (3) 矿粉使用湖南三泓生产的 S95 级粒化高炉矿渣粉。
- (4) 石粉为湖南临澧南方新材料生产的收尘石灰石粉，比表面积为 580 m<sup>2</sup>/kg，28d 活性指数为 62%。
- (5) 外加剂为苏博特高性能聚羧酸减水剂；细骨料为长沙地区生产的机制砂，骨料为湖南临澧南方新材料生产 5~25mm 碎石。

具体物化性能见表 1~2，石粉的粒度分布见图 1。

表 1 主要原材料的化学组成

| 材料  | 化学组成/(w/%)       |                                |                                |       |      |                 |                  |                   |      |
|-----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|-------------------|------|
|     | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | 烧失量  |
| 水泥  | 23.32            | 5.14                           | 4.83                           | 62.64 | 1.53 | 1.13            | -                | -                 | 1.31 |
| 粉煤灰 | 54.83            | 33.86                          | 5.45                           | 1.38  | 0.91 | 1.02            | 0.20             | 0.36              | 1.98 |
| 矿粉  | 36.41            | 19.20                          | 0.96                           | 34.21 | 8.53 | 0.08-           | -                | -                 | 0.37 |

表 2 水泥物理性能

| 标准稠度用水量/% | 凝结时间/min |     | 比表面积/(m <sup>2</sup> /kg) | 密度/(g/cm <sup>3</sup> ) | 抗折强度/MPa |     | 抗压强度/MPa |      |
|-----------|----------|-----|---------------------------|-------------------------|----------|-----|----------|------|
|           | 初凝       | 终凝  |                           |                         | 3d       | 28d | 3d       | 28d  |
| 26.1      | 100      | 148 | 335                       | 3.12                    | 7.1      | 9.8 | 30.5     | 50.4 |

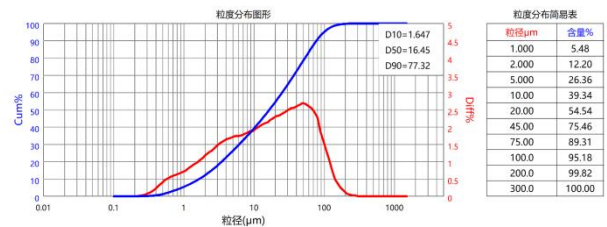


图 1 石粉粒度分布图

### 1.2 实验配比

在水泥净浆实验中，石粉掺量分别为水泥质量的 0%、10%、20%、30%、40%和 50%，具体配合比见表 3。并分别设计了在 C30 混凝土中，石灰石粉分别取代粉煤灰和矿粉对混凝土性能的影响，具体实验配合比见表 4-5。

表3 石粉取代水泥的净浆配合比

| 编号  | 水泥/g | 石粉/g | 水/g | 减水剂/g | 初始净浆流动度/mm | 石灰石粉代替水泥比例/% |
|-----|------|------|-----|-------|------------|--------------|
| C-0 | 300  | 0    | 78  | 6.0   | 215        | 0            |
| C-1 | 270  | 30   | 78  | 6.0   | 235        | 10           |
| C-2 | 240  | 60   | 78  | 6.0   | 260        | 20           |
| C-3 | 210  | 90   | 78  | 6.0   | 270        | 30           |
| C-4 | 180  | 120  | 78  | 6.0   | 290        | 40           |
| C-5 | 150  | 150  | 78  | 6.0   | 300        | 50           |

表4 石粉取代粉煤灰配合比(kg/m<sup>3</sup>)

| 编号            | F-0 | F-1 | F-2 | F-3 | F-4 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 水泥            | 227 | 227 | 227 | 227 | 227 |
| 矿粉            | 62  | 62  | 62  | 62  | 62  |
| 粉煤灰           | 55  | 41  | 27  | 14  | 0   |
| 石粉            | 0   | 14  | 28  | 41  | 55  |
| 机制砂1          | 645 | 645 | 645 | 645 | 645 |
| 机制砂2          | 323 | 323 | 323 | 323 | 323 |
| 1-2石          | 893 | 893 | 893 | 893 | 893 |
| 外加剂           | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.3 |
| 水             | 165 | 165 | 165 | 165 | 165 |
| 石灰石粉代替粉煤灰比例/% | 0   | 25  | 50  | 75  | 100 |

表5 石粉取代矿粉配合比(kg/m<sup>3</sup>)

| 编号           | K-0 | K-1 | K-2 | K-3 | K-4 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 水泥           | 227 | 227 | 227 | 227 | 227 |
| 矿粉           | 62  | 47  | 31  | 16  | 0   |
| 粉煤灰          | 55  | 55  | 55  | 55  | 55  |
| 石粉           | 0   | 16  | 31  | 47  | 62  |
| 机制砂1         | 645 | 645 | 645 | 645 | 645 |
| 机制砂2         | 323 | 323 | 323 | 323 | 323 |
| 1-2石         | 893 | 893 | 893 | 893 | 893 |
| 外加剂          | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.3 |
| 水            | 165 | 165 | 165 | 165 | 165 |
| 石灰石粉代替矿粉比例/% | 0   | 25  | 50  | 75  | 100 |

## 2 实验结果与分析

### 2.1 石粉对水泥净浆流动度的影响

从上图可看出,在水泥净浆中,随着石粉掺量的增加,浆体流动度也在增加,从0%时的215mm,增加至50%掺量时的300mm。此时的石粉作用与粉煤灰在净浆的作用相似。即经磨细的石粉,颗粒形貌与粉煤灰相似,具有较好的滚珠效应,对提高浆体流动性有一定作用。

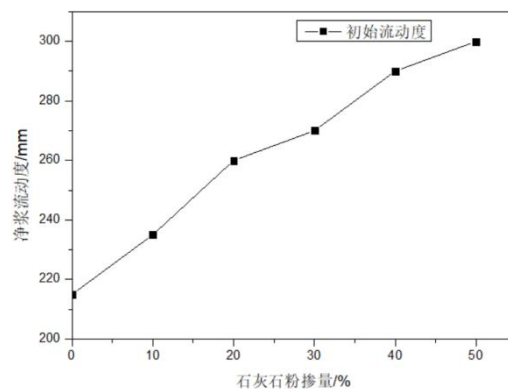


图2 石粉掺量对水泥净浆流动度的影响

### 2.2 石粉取代粉煤灰对混凝土性能的影响

为研究石灰石粉取代粉煤灰后对混凝土工作性能与力学性能的影响,实验中,设计了用石灰石粉分别取代0%、25%、50%、75%和100%粉煤灰掺量,并测试C30混凝土的初始坍落度和1h后坍落度等工作性能以及混凝土各龄期抗压强度。具体实验结果见下。

#### (1) 对工作性能的影响

从图3实验结果可看出,石粉取代粉煤灰后,混凝土流动性明显降低,且随着石粉取代比例增加,混凝土坍落度快速降低,初始坍落度从0%时210mm大幅降低至100%取代时的165mm;且石粉取代粉煤灰后,混凝土1h后的坍落度损失有比较明显加大趋势,从0%时的5mm降至100%取代时的25mm。这与砂浆实验的影响规律相一致。即石粉在砂浆和混凝土中,更多起到填充作用,滚珠作用较粉煤灰的差。因此,在使用石粉时,需适当提高外加剂中保坍成分和外加剂掺量。

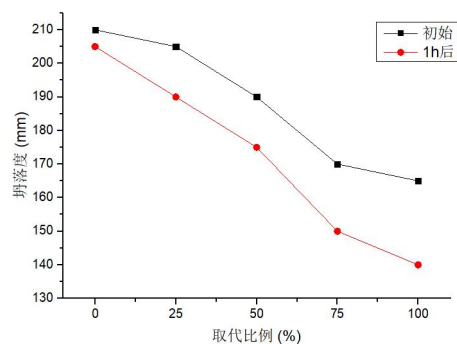


图3 石粉代替粉煤灰对混凝土工作性能的影响

#### (2) 对力学性能的影响

从图4可以看出,石粉取代粉煤灰后,混凝土各龄期抗压强度变化曲线呈现先随着取代量的增加而小幅增加,幅度在6MPa以内,在取代75%时,达到峰值,强度增加5.6MPa,强度较空白组提高14%;而在100%取代时有明显降低的变

化, 但与空白组只降低 2 MPa, 降低 4.7%不明显。

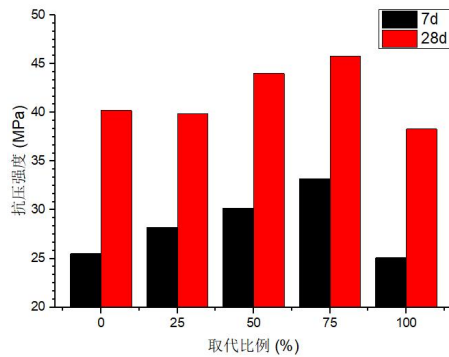


图4 石粉取代粉煤灰对混凝土抗压强度的影响

### 2.3 石粉取代矿粉对混凝土性能的影响

为研究石灰石粉取代矿粉后对 C30 混凝土工作性能与力学性能的影响, 实验中, 设计了用石灰石粉分别取代 0%、25%、50%、75%和 100%矿粉掺量, 并测试混凝土各龄期抗压强度。具体实验结果见下。

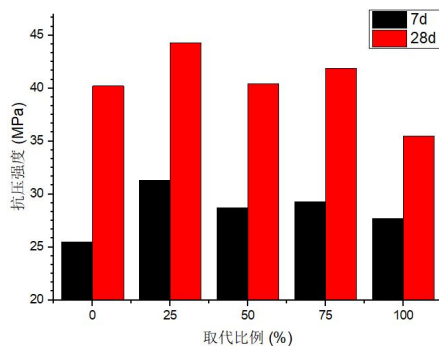


图5 石粉取代矿粉对混凝土抗压强度的影响

从图5可看出, 用石粉取代矿粉后, 7天强度均有了一定程度的提高, 其中, 取代量为25%时, 强度提高5MPa, 提升19%, 50%、75%和100%取代时, 提高了3~4 MPa, 石粉的使用对增加混凝土早期强度明显。而在100%取代时, 混凝土28d抗压强度降低明显, 下降5MPa(12.5%)。这是因为, 石粉在混凝土中, 主要起到了填充作用, 降低混凝土中是微小孔隙, 使混凝土更密实; 而矿粉不仅有填充作用, 更主要的是有较强的活性, 且活性反应主要在中后期, 从而掺石粉的早期强度有所增长, 而后期强度不明显。

### 3 结论

(1) 石粉在水泥净浆中具有滚珠效应, 能提高浆体流动性; 而在混凝土中, 更多起到填充作用, 滚珠作用较粉煤灰的差, 在石粉混凝土中, 需有相应的改善流动性措施。

(2) 在 C30 混凝土中, 石粉取代粉煤灰后, 对混凝土工作性能影响比较大, 但对强度影响较小, 在使用中, 需调整外加剂后, 可100%取代粉煤灰。

(3) 在混凝土中, 石粉取代矿粉后, 石粉主要起到了填充作用, 降低混凝土中是微小孔隙, 使混凝土更密实; 从而掺石粉的早期强度有所增长, 而后期强度不明显。

### 参考文献:

- [1] 赵海红.石粉作矿物掺合料的研究[D].重庆:重庆大学,2013.
- [2] 张大康.高细石灰石粉与矿渣粉复合配制高强水泥试验研究[J].水泥,2005(9):1-7.
- [3] 马焯红,吴笑梅,樊粤明.石灰石粉作掺合料对混凝土工作性能的影响[J].混凝土,2007,06:56-59.
- [4] 袁航,谢友均.石灰石粉细度对混凝土性能的影响[J].粉煤灰,2009,21(2):13-15.
- [5] 谢慧东,张云飞,栾佳春.石灰石粉对水泥—粉煤灰混凝土性能的影响[J].硅酸盐通报,2012,31(2):371-376.
- [6] 张静.石灰石粉复合掺合料的制备及其对混凝土性能影响的研究[D].重庆大学,2016.

作者简介: 徐志辉 (1988-), 硕士研究生学历, 工程师, 主要从事水泥基复合材料、新型建筑材料研究与应用, 技术质量管理等工作。