



(21) 申请号 202110245001.2

(22) 申请日 2021.03.05

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112960954 A

(43) 申请公布日 2021.06.15

(73) 专利权人 安徽建筑大学  
地址 230601 安徽省合肥市经济技术开发  
区紫云路292号

(72) 发明人 王爱国 朱愿愿 孙道胜 刘开伟  
徐海燕 管艳梅 董伟伟 郝发军  
黄濛 杨雪雷

(74) 专利代理机构 西安汇恩知识产权代理事务  
所(普通合伙) 61244  
专利代理师 张延长

(51) Int. Cl.

C04B 28/04 (2006.01)

C04B 20/06 (2006.01)

C04B 18/12 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107382169 A, 2017.11.24

刘德慧等. 煅烧煤矸石再生细骨料混凝土徐  
变性能.《硅酸盐通报》.2020,第39卷(第9期),第  
2837-2846页.

审查员 苑海威

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂  
浆及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供了一种高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆,由煅烧煤矸石细骨料或者煅烧煤矸石复合细骨料、P. II 52.5硅酸盐水泥、聚羧酸减水剂和水制成,还提供了制备方法:将水和水泥搅拌混合得到水泥净浆,然后将煅烧煤矸石细骨料或者煅烧煤矸石复合细骨料分2次加入至所述水泥净浆中,经搅拌、振捣成型、预养24h后拆模、水养,得到高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆。本发明的全煤矸石骨料水泥砂浆抗压和抗折强度高、砂浆基体密实、界面结合好、抗干燥收缩性能优,可克服传统煤矸石骨料水泥砂浆强度低、干燥收缩大等问题,实现煤矸石资源化利用及高性能全煤矸石骨料水泥砂浆的制备。

1. 一种高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆,其特征在于,由以下重量份的原料制成:煅烧煤矸石细骨料或者煅烧煤矸石复合细骨料1195份~1222份、P. II 52.5硅酸盐水泥450份、聚羧酸减水剂5.4份和水225份;

所述煅烧煤矸石细骨料为粒径 $\leq 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石于温度为 $600^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

所述煅烧煤矸石复合细骨料由以下质量分数的原料组成:煅烧煤矸石细骨料a 20%、煅烧煤矸石细骨料b 70%,余量为煅烧煤矸石细骨料c;

所述煅烧煤矸石细骨料a为 $2.36\text{mm} \leq \text{粒度}d1 < 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $900^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

所述煅烧煤矸石细骨料b为 $0.15\text{mm} \leq \text{粒度}d2 < 2.36\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $750^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

所述煅烧煤矸石细骨料c为粒度 $d3 < 0.15\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $750^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

煅烧制度均为:以速率为 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至设定温度,保温4h后,自然冷却至室温;

所述的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的制备方法为:

将水和水泥搅拌混合得到水泥净浆,然后将煅烧煤矸石细骨料或者煅烧煤矸石复合细骨料分2次加入至所述水泥净浆中,搅拌、振捣成型、预养24h后,在温度为 $19^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$ 的条件下水养,得到高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆;

所述高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的90d的干燥收缩率为 $0.10\% \sim 0.16\%$ ;

所述高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d的抗压强度为 $35.5\text{MPa} \sim 49.8\text{MPa}$ ,28d的抗压强度为 $49.8\text{MPa} \sim 60.2\text{MPa}$ ;

所述高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d的抗折强度为 $7.7\text{MPa} \sim 10.9\text{MPa}$ ,28d的抗折强度为 $11.6\text{MPa} \sim 13.2\text{MPa}$ 。

## 一种高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于固废资源化利用和水泥砂浆技术领域，具体涉及一种高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 我国是世界最大的煤炭生产和消耗国，煤矸石是采煤和洗煤过程排放的固体废弃物，其产量约占采煤总量的10%~25%，是排放量最大的工业固体废弃物之一。目前，煤矸石的利用多集中在填埋、筑路、发电、制砖和化工等领域，但其利用率和附加值仍然不高，煤矸石的长期堆积不仅是资源的浪费，而且经自燃、淋溶后对空气、水源、土体和生态环境造成了严重污染。煤矸石丰富矿物资源，经煅烧活化、粉磨后可用作水泥混合材、混凝土掺合料和碱激发胶凝材料原料，但煤矸石组成复杂且波动大、掺量小等因素也限制了其大规模产业化应用。当下，天然砂石骨料日益短缺，过渡开采给生态环境造成了巨大压力，解决骨料资源供给、寻找砂石骨料替代原料成为重要研究领域。煤矸石作为大宗固废具有制备砂石骨料的巨大潜力。煤矸石中碳质等有机杂质较多、组成和结构复杂，更适合降低颗粒粒径作为细骨料使用。原状煤矸石作为粗骨料制备混凝土虽然能够减少破碎能耗，成本低，但是制备的混凝土普遍存在强度低、界面粘结差、耐久性差、干燥收缩大、体积稳定性不良等问题，不能充分发挥煤矸石中粘土矿物资源的独特优势。目前，砂石骨料日益短缺，未经处理的煤矸石作为骨料使用一般用于制备C20~C30等级普通混凝土/砂浆，虽可部分减少天然碎石开采、增加煤矸石利用率，但对煤矸石规模化应用以及制备高性能煤矸石混凝土/砂浆并无帮助。

[0003] 砂浆和混凝土在低湿度环境下易产生干燥收缩变形，干燥收缩率大将加速砂浆和混凝土收缩开裂，造成其耐久性不良、降低其服役期限和安全性。骨料粒形、强度和骨料-基体的界面结构是约束其收缩的关键因素，煤矸石砂浆除需具备一定的力学性能外，还应具有优良的体积稳定性。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术的不足，提供一种高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆及其制备方法，该全煤矸石骨料水泥砂浆抗压和抗折强度高、砂浆基体密实、界面结合好、抗干燥收缩性能优，有利于将煤矸石资源利益最大化，煤矸石细骨料中碳粉的燃烧可充分释放热能，同发电和供暖系统形成产业链，促进煤矸石无害化、零污染利用，全面提升煤矸石利用率和附加值，解决煤矸石长期大量堆积产生的环境污染问题，也能够进一步弥补砂石骨料资源短缺的现状，并且克服混凝土/砂浆强度低、干燥收缩大等问题，实现煤矸石资源化利用及高性能全煤矸石骨料水泥砂浆的制备。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：一种高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆，由以下重量份的原料制成：煅烧煤矸石细骨料或者煅烧煤矸石复合细骨料1195份~1222份、P. II 52.5硅酸盐水泥450份、聚羧酸减水剂5.4份和水225份；

[0006] 所述煅烧煤矸石细骨料为粒径 $\leq 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石于温度为 $600^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成；

[0007] 所述煅烧煤矸石复合细骨料由以下质量分数的原料组成：煅烧煤矸石细骨料a 20%、煅烧煤矸石细骨料b 70%，余量为煅烧煤矸石细骨料c；

[0008] 所述煅烧煤矸石细骨料a为 $2.36\text{mm}\leq \text{粒度}d_1 < 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $900^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成；

[0009] 所述煅烧煤矸石细骨料b为 $0.15\text{mm}\leq \text{粒度}d_2 < 2.36\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $750^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成；

[0010] 所述煅烧煤矸石细骨料c为粒度 $d_3 < 0.15\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $750^{\circ}\text{C}$ 的条件下煅烧而成；

[0011] 煅烧制度均为：以速率为 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至设定温度，保温4h后，自然冷却至室温。

[0012] 本发明还提供了制备上述的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的方法，该方法为：

[0013] 将水和水泥搅拌混合得到水泥净浆，然后将煅烧煤矸石细骨料或者煅烧煤矸石复合细骨料分2次加入至所述水泥净浆中，搅拌、振捣成型、预养24h后拆模，在温度为 $19^{\circ}\text{C}\sim 21^{\circ}\text{C}$ 的条件下水养，得到高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆。

[0014] 优选地，所述高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的90d的干燥收缩率为 $0.10\%\sim 0.16\%$ 。

[0015] 优选地，所述高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d的抗压强度为 $35.5\text{MPa}\sim 49.8\text{MPa}$ ，28d的抗压强度为 $49.8\text{MPa}\sim 60.2\text{MPa}$ 。

[0016] 优选地，所述高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d的抗折强度为 $7.7\text{MPa}\sim 10.9\text{MPa}$ ，28d的抗折强度为 $11.6\text{MPa}\sim 13.2\text{MPa}$ 。

[0017] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0018] 1、本发明的全煤矸石骨料水泥砂浆抗压和抗折强度高、砂浆基体密实、界面结合好、抗干燥收缩性能优，有利于将煤矸石资源利益最大化，煤矸石细骨料中碳粉的燃烧可充分释放热能，同发电和供暖系统形成产业链，促进煤矸石无害化、零污染利用，全面提升煤矸石利用率和附加值，解决煤矸石长期大量堆积产生的环境污染问题，也能够进一步弥补砂石骨料资源短缺的现状，并且克服混凝土/砂浆强度低、干燥收缩大等问题，实现煤矸石资源化利用及高性能全煤矸石骨料水泥砂浆的制备。

[0019] 2、本发明在选材上使用工业固体废弃物煤矸石作为原料，经活化煅烧处理后制成的细骨料制备高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆，改善了骨料和砂浆品质，解决了原状煤矸石细骨料低强、碳等有机杂质多、骨料级配差、砂浆强度低及干燥收缩大等问题。活化煅烧煤矸石骨料碳质等弱组分得到有效去除，骨料强度显著提升，骨料表面硅铝组分活化、砂浆基体密实度和界面结构改善。通过改善和优化煤矸石特性来提升砂浆力学和抗干燥收缩性能。

[0020] 下面结合实施例对本发明作进一步详细说明。

## 具体实施方式

### [0021] 实施例1

[0022] 本实施例的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆,由以下重量份的原料制成:煅烧煤矸石复合细骨料1220份、P. II 52.5硅酸盐水泥450份、聚羧酸减水剂5.4份和水225份;

[0023] 所述煅烧煤矸石复合细骨料由以下质量分数的原料组成:煅烧煤矸石细骨料a 20%、煅烧煤矸石细骨料b 70%,余量为煅烧煤矸石细骨料c;

[0024] 所述煅烧煤矸石细骨料a为 $2.36\text{mm} \leq \text{粒度}d_1 < 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $900^\circ\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

[0025] 所述煅烧煤矸石细骨料b为 $0.15\text{mm} \leq \text{粒度}d_2 < 2.36\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $750^\circ\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

[0026] 所述煅烧煤矸石细骨料c为 $\text{粒度}d_3 < 0.15\text{mm}$ 的原状煤矸石在温度为 $750^\circ\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

[0027] 煅烧制度均为:以速率为 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至设定温度,保温4h后,自然冷却至室温。

[0028] 本实施例还提供了制备上述的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的方法,该方法为:

[0029] 将水和水泥搅拌混合得到水泥净浆,然后将煅烧煤矸石复合细骨料分2次加入至所述水泥净浆中,搅拌、振捣成型、预养24h后拆模,在温度为 $20^\circ\text{C}$ 的条件下水养,得到高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆。

### [0030] 实施例2

[0031] 本实施例的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆,由以下重量份的原料制成:煅烧煤矸石细骨料1222份、P. II 52.5硅酸盐水泥450份、聚羧酸减水剂5.4份和水225份;

[0032] 所述煅烧煤矸石细骨料为 $\text{粒径} \leq 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石于温度为 $900^\circ\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

[0033] 煅烧制度为:以速率为 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 $900^\circ\text{C}$ ,保温4h后,自然冷却至室温。

[0034] 本实施例还提供了制备上述的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的方法,该方法为:

[0035] 将水和水泥搅拌混合得到水泥净浆,然后将煅烧煤矸石细骨料分2次加入至所述水泥净浆中,搅拌、振捣成型、预养24h后拆模,在温度为 $20^\circ\text{C}$ 的条件下水养,得到高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆。

### [0036] 实施例3

[0037] 本实施例的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆,由以下重量份的原料制成:煅烧煤矸石细骨料1195份、P. II 52.5硅酸盐水泥450份、聚羧酸减水剂5.4份和水225份;

[0038] 所述煅烧煤矸石细骨料为 $\text{粒径} \leq 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石于温度为 $750^\circ\text{C}$ 的条件下煅烧而成;

[0039] 煅烧制度为:以速率为 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 $750^\circ\text{C}$ ,保温4h后,自然冷却至室温。

[0040] 本实施例还提供了制备上述的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的方法,该方法为:

[0041] 将水和水泥搅拌混合得到水泥净浆,然后将煅烧煤矸石细骨料分2次加入至所述水泥净浆中,搅拌、振捣成型、预养24h后拆模,在温度为19℃的条件下水养,得到高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆。

[0042] 实施例4

[0043] 本实施例的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆,由以下重量份的原料制成:煅烧煤矸石细骨料1219份、P. II 52.5硅酸盐水泥450份、聚羧酸减水剂5.4份和水225份;

[0044] 所述煅烧煤矸石细骨料为粒径 $\leq 4.75\text{mm}$ 的原状煤矸石于温度为600℃的条件下煅烧而成;

[0045] 煅烧制度为:以速率为5℃/min的升温速率升温至600℃,保温4h后,自然冷却至室温。

[0046] 本实施例还提供了制备上述的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的方法,该方法为:

[0047] 将水和水泥搅拌混合得到水泥净浆,然后将煅烧煤矸石细骨料分2次加入至所述水泥净浆中,搅拌、振捣成型、预养24h后拆模,在温度为19℃的条件下水养,得到高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆。

[0048] 实施例1-4中所用的煅烧煤矸石细骨料的物理性能如表1所示,对照1所用的细骨料为原状全煤矸石细骨料,对照2所用的细骨料为天然河砂。测试原状全煤矸石细骨料水泥砂浆(对照1)、天然河砂砂浆(对照2)和实施例1-4得到的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d抗压强度、3d和28d的抗折强度、90d干燥收缩率,试验结果如表1和表2所示:

[0049] 表1骨料的物理性能

细骨料	堆积密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	表观密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	空隙率 (%)	压碎值 (%)	吸水率 (%)
实施例 1	1450	2588	44.0	18.0	7.0
实施例 2	1260	2590	51.4	17.6	6.6
[0050] 实施例 3	1240	2585	52.0	19.3	7.4
实施例 4	1245	2530	50.8	20.5	7.1
对照 1	1385	2510	44.8	24.0	2.2
对照 2	1570	2630	40.3	5.6	1.6

[0051] 由表1可知,实施例2-4中煅烧煤矸石骨料的表观密度均因碳质等弱组分的烧去较原状煤矸石骨料(对照1)提升,骨料压碎值下降、强度提高,煅烧除碳留下的孔隙导致骨料吸水率上升,制备砂浆时有利于骨料吸收部分拌和水,降低砂浆有效水灰比,释水后对砂浆基体内部养护,有利于提高砂浆密实度、强度和干燥收缩性能。实施例1不仅具有实施例2-4骨料所具有的特性,同时通过级配复合优化显著提高了骨料的堆积密度,降低了骨料的空隙率。其中,煅烧煤矸石复合细骨料中的细骨料a(占煅烧煤矸石复合细骨料质量分数的20%)强度高,更有助于发挥骨料的骨架作用,细骨料c(占煅烧煤矸石复合细骨料质量分数

的10%)活性高,更有利于发挥颗粒的火山灰效应。

[0052] 表2砂浆抗压强度、抗折强度和干燥收缩率的测试结果

项目	3d 抗压强度 (MPa)	28d 抗压强度 (MPa)	3d 抗折强度 (MPa)	28d 抗折强度 (MPa)	干燥收缩率 (%)
实施例 1	49.8	60.2	10.9	13.2	0.10
实施例 2	47.2	54.8	10.4	12.8	0.10
实施例 3	42.5	52.2	9.4	12	0.13
实施例 4	35.5	49.8	7.7	11.6	0.16
对照 1	25.8	27.1	6.8	8	0.34
对照 2	29.2	52	6.9	9	0.11

[0054] 实施例1-4的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆的抗压和抗折强度高、干燥收缩小。

[0055] 其中,实施例1的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d抗压强度分别达到49.8MPa和60.2MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗压强度分别提高了93.0%和122.1%。3d和28d抗折强度分别达到10.9MPa和13.2MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗折强度分别提高了60.3%和65.0%,较天然河砂砂浆的抗折强度分别提高了58.0%和46.7%。90d干燥收缩率仅有0.10%,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆干燥收缩率降低了70.6%,较天然河砂砂浆具有更强的抗干燥收缩能力,降低了9.1%。

[0056] 实施例2的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d抗压强度分别达到47.2MPa和54.8MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗压强度分别提高了82.9%和102.2%。3d和28d抗折强度分别达到10.4MPa和12.8MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗折强度分别提高了52.9%和60.0%,较天然河砂砂浆的抗折强度分别提高了50.7%和42.2%。90d干燥收缩率仅有0.10%,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆干燥收缩率降低了70.6%,较天然河砂砂浆具有更强的抗干燥收缩能力,降低了9.1%。

[0057] 实施例3的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d抗压强度分别达到42.5MPa和52.2MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗压强度分别提高了64.7%和92.6%。3d和28d抗折强度分别达到9.4MPa和12MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗折强度分别提高了38.2%和50.0%,较天然河砂砂浆的抗折强度分别提高了36.2%和33.3%。90d干燥收缩率仅有0.13%,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆干燥收缩率降低了61.8%。

[0058] 实施例4的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d抗压强度分别达到35.5MPa和49.8MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗压强度分别提高了37.6%和83.8%。3d和28d抗折强度分别达到7.7MPa和11.6MPa,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆3d和28d的抗折强度分别提高了13.2%和45.0%,较天然河砂砂浆的抗折强度分别提高了11.6%和28.9%。90d干燥收缩率仅有0.16%,较原状全煤矸石骨料水泥砂浆干燥收缩率降低了52.9%。

[0059] 本发明的高强低干燥收缩全煤矸石骨料水泥砂浆有利于解决原状煤矸石利用率低、工业化批量消耗难等问题,并且克服了原状全煤矸石骨料水泥砂浆强度低、干燥收缩大等缺点,也能很好兼顾煤矸石堆积污染和天然砂石资源短缺等问题的解决,实现煤矸石的大宗化资源利用。

[0060] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制。凡是根据发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。