



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115417649 A

(43) 申请公布日 2022.12.02

(21) 申请号 202211007286.7

(22) 申请日 2022.08.22

(71) 申请人 北京安科兴业科技股份有限公司
地址 100083 北京市海淀区学院路30号科大天工大厦A座3层05室

(72) 发明人 梁晓杰 曲效成 苏岳威 王艳军
马建 蔺增元

(74) 专利代理机构 北京头头知识产权代理有限公司 11729
专利代理师 白芳仿 刘锋

(51) Int. Cl.

C04B 28/06 (2006.01)

C04B 24/42 (2006.01)

C09K 8/42 (2006.01)

C09K 8/46 (2006.01)

权利要求书2页 说明书10页

(54) 发明名称

用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料及使用方法

(57) 摘要

本发明涉及土木工程、煤矿及隧道工程技术领域,具体为一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料及使用方法。其中,包括闪凝早强型、速凝早强型、速凝超早强型和快凝高强型四个品种;以上四个品种均由A料和B料组成。本发明通过对硫铝酸盐水泥和硫铝酸盐熟料粉的搭配、氢氧化钙品位的控制及其他材料的配比调整,实现了材料的凝结时间、各龄期强度发挥和材料水化进程三者之间的关系的平衡,同时引入纳米碳酸钙促进水化和稳定水化矿物的晶型,配合针对硫铝酸盐水泥体系的裂纹自修复剂共同提高材料的耐久性,使本发明的材料具备性能可调、自修复及高耐久性的特点。

1. 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在於:包括闪凝早强型、速凝早强型、速凝超早强型和快凝高强型四个品种;所述四个品种均由A料和B料组成;

各品种的原材料组成的质量百分比具体为:

(1) 闪凝早强型

A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉70%~80%、52.5等级硫铝酸盐水泥19.5%~29.5%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.1%~0.2%;

B料:石膏粉15%~20%、工业高品位氢氧化钙粉30%~35%、高炉矿渣粉30%~35%、钢渣粉10%~15%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、硫酸钠2%~3%、减水剂0.6%~0.8%;

(2) 速凝早强型

A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉29%~35%、52.5等级硫铝酸盐水泥64%~70%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%;

B料:石膏粉15%~17%、工业低品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉35%~38%、钢渣粉15%~18%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、减水剂0.6%~0.8%;

(3) 速凝超早强型

A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉15%~17%、52.5等级硫铝酸盐水泥82%~84%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%;

B料:石膏粉15%~17%、工业高品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉37%~40%、钢渣粉12%~15%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、硫酸钠2%~3%、减水剂0.6%~0.8%;

(4) 快凝高强型

A料:52.5等级硫铝酸盐水泥99%~99.3%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%;

B料:石膏粉15%~17%、工业低品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉37%~40%、钢渣粉15%~18%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、减水剂0.6%~0.8%。

2. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在於:所述裂缝自修补剂,按照以下各原料质量百分比组成制得,甲基硅酸钠8%、轻质钙粉17%、速溶硅酸钠10%、硅酸镁钾20%、氟硅酸钠25%、氯化钙20%。

3. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在於:所述72.5等级硫铝酸盐熟料粉为72.5等级硫铝酸盐塑料经粉磨制得,其比表面积 $\geq 450\text{m}^2/\text{kg}$;所述52.5等级硫铝酸盐水泥,其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ 。

4. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在於:所述硼酸为缓凝剂,其含量 $\geq 95\%$,粉状;所述减水剂为粉状聚羧酸高效减水剂;所述石膏粉为二水石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 或硬石膏(CaSO_4)经粉磨制得,其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ 。

5. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在於:所述工业高品位氢氧化钙粉,为工业化生产,钙的含量90%~95%,比表面积 $\geq 500\text{m}^2/\text{kg}$;

所述工业低品位氢氧化钙粉,为工业化生产,钙的含量40%~50%,比表面积 $\geq 500\text{m}^2/\text{kg}$ 。

6. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在于:所述高炉矿渣粉为印巴法冲制经过粉磨而成,其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$,7d活性指数 $\geq 80\%$,28d活性指数 $\geq 105\%$ 。

7. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在于:所述钢渣粉为经热闷或风淬转炉渣处理,粉磨至比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$,7d活性指数 $\geq 65\%$,28d活性指数 $\geq 75\%$ 。

8. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在于:所述的硫酸钠 Na_2SO_4 ,含量达到90%以上。

9. 根据权利要求1所述的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,其特征在于:所述的纳米级碳酸钙,经沉淀法或者碳酸化法制得,碳酸钙含量 $\geq 95\%$,碳酸钙的晶体粒度 $\leq 1\mu\text{m}$ 。

10. 权利要求1-9任一所述高耐久性自修复无机材料的使用方法,其特征在于:A料和B料分别按照水灰比0.3~0.33添加水制得浆料,按照两种浆料的质量比1:1进行配合使用;进行材料养护时,采用湿气养护。

用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料及使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程、煤矿及隧道工程技术领域,特别是涉及一种用于加固及修补的性能可调的高耐久性自修复无机材料。

背景技术

[0002] 注浆加固及修补材料在建筑施工、煤矿开采及隧道开挖等土木工程中应用非常广泛。一方面,在某些特殊情况下,工程需要快速的修补加固,如机场道路等,需要尽快满足使用要求;在隧道开挖过程中,遇到特殊地层,出现涌水、涌砂等突涌自然灾害,需要快速的进行注浆加固和堵漏。另一方面,在煤矿开采过程中,需要对煤巷、采煤工作面等进行注浆加固。而煤矿行业常用的聚氨酯高分子注浆材料存在着反应温度高、易着火、有毒、有腐蚀性、遇水易发泡、价格高昂等问题。

[0003] 目前现有技术中,用于快速修补及注浆加固材料多为以下两种双液体系:硅酸盐水泥+水玻璃体系和硫铝酸盐水泥体系,但这两种体系存在如下问题:

[0004] (一) 硅酸盐水泥+水玻璃体系存在的问题

[0005] (1) 硅酸盐水泥+水玻璃体系的早期强度较低,1h抗压强度约为3~5MPa,无法满足特殊情况下早期高强的要求。

[0006] (2) 水玻璃含有大量的Na离子,易发生“碱骨料反应”导致硬化浆体出现体积膨胀和“返碱”导致环境污染的问题。

[0007] (二) 硫铝酸盐水泥体系存在的问题

[0008] 目前的硫铝酸盐水泥体系中,虽然水化反应快,但是无法有效的平衡凝结时间、各龄期的强度发挥和材料水化进程三者之间的关系,导致出现微裂纹产生和强度倒缩的问题,具体如下:

[0009] (1) 水化主要产物为钙矾石,但钙矾石晶体的形成使其体积膨胀120%,在硬化后浆体中,钙矾石晶体会持续不断的生成,导致硬化浆体内部承受较大的结晶应力,进而产生微裂纹,因其不具备裂缝修补的功能,导致硫铝酸盐水泥体系的后期强度倒缩及体积耐久性问题。

[0010] (2) 反应过程生成了大量的钙矾石,但是钙矾石易受环境温度等条件影响,导致其晶型转变为单硫型水化硫铝酸钙,进而导致强度倒缩问题。

[0011] (3) 硫铝酸盐水泥为低碱度水泥系列,无法提供较高的碱度用于激发硅铝质材料,导致其后期强度增长动力不足。

[0012] (4) 目前硫铝酸盐水泥双液体系性能较为单一,无法平衡凝结时间、早中后期强度发挥和材料水化进程三者之间的关系,导致无法满足不同工程的施工需求。

[0013] 因此,开发一种用于加固及修补的性能可调、自修复及高耐久性的无机材料成为了本领域亟需解决的技术难题之一。

发明内容

[0014] 为解决目前硅酸盐水泥+水玻璃体系存在的早期强度低、碱含量高可能导致“碱骨料反应”和“返碱”导致的工程耐久性和环境污染问题,以及硫铝酸盐水泥体系中钙矾石的后期膨胀裂纹、晶型不稳定、后期强度不足等耐久性和性能单一的问题,本发明提供一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料及使用方法。

[0015] 本发明通过创新的对硫铝酸盐水泥双液体系原材料配比设计和原材料的选择,控制材料的凝结时间、早中后期强度发挥、水化进程三者之间的关系平衡,可将该发明的材料体系分为:(1)闪凝早强;(2)速凝早强;(3)速凝超早强;(4)快凝高强,共4个系列品种,使其具备凝结时间可调、早期和后期强度高、稳定水化矿物钙矾石晶型、裂缝自修复及耐久性高的特点,可用于注浆加固及快速修补工程。

[0016] 为了解决上述技术问题,本申请提供了如下技术方案:

[0017] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,包括闪凝早强型、速凝早强型、速凝超早强型和快凝高强型四个品种;所述四个品种均由A料和B料组成;

[0018] 各品种的原材料组成的质量百分比具体为:

[0019] (1) 闪凝早强型

[0020] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉70%~80%、52.5等级硫铝酸盐水泥19.5%~29.5%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.1%~0.2%;

[0021] B料:石膏粉15%~20%、工业高品位氢氧化钙粉30%~35%、高炉矿渣粉30%~35%、钢渣粉10%~15%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、硫酸钠2%~3%、减水剂 0.6%~0.8%;

[0022] (2) 速凝早强型

[0023] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉29%~35%、52.5等级硫铝酸盐水泥64%~70%、减水剂 0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%;

[0024] B料:石膏粉15%~17%、工业低品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉35%~38%、钢渣粉15%~18%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、减水剂0.6%~0.8%;

[0025] (3) 速凝超早强型

[0026] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉15%~17%、52.5等级硫铝酸盐水泥82%~84%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%;

[0027] B料:石膏粉15%~17%、工业高品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉37%~40%、钢渣粉12%~15%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、硫酸钠2%~3%、减水剂 0.6%~0.8%;

[0028] (4) 快凝高强型

[0029] A料:52.5等级硫铝酸盐水泥99%~99.3%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%;

[0030] B料:石膏粉15%~17%、工业低品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉37%~40%、钢渣粉15%~18%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、减水剂0.6%~0.8%。

[0031] 其中,所述裂缝自修补剂,按照以下各原料质量百分比组成制得,甲基硅酸钠8%、

轻质钙粉17%、速溶硅酸钠10%、硅酸镁钾20%、氟硅酸钠25%、氯化钙20%。所配制的裂缝自修补剂适合硫铝酸盐水泥水化体系,可以在硬化材料裂缝中与 Ca^{2+} 生成不溶于水的枝蔓状纤维结晶物,在裂缝内逐渐形成一个致密的区域,可以修补因材料快速水化和钙矾石膨胀产生的裂缝,避免材料强度的后期倒缩。

[0032] 其中,所述72.5等级硫铝酸盐熟料粉为72.5等级硫铝酸盐塑料经粉磨制得,其比表面积 $\geq 450\text{m}^2/\text{kg}$;所述52.5等级硫铝酸盐水泥,其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0033] 其中,所述硼酸为缓凝剂,其含量 $\geq 95\%$,粉状,用于控制水化进程。

[0034] 所述减水剂为粉状聚羧酸高效减水剂。

[0035] 所述石膏粉为二水石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 或硬石膏(CaSO_4)经粉磨制得,其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$,控制材料的水化进程。

[0036] 其中,所述工业高品位氢氧化钙粉,为工业化生产,钙的含量 $90\% \sim 95\%$,比表面积 $\geq 500\text{m}^2/\text{kg}$,提高材料体系的碱度,同时控制材料的水化进程。

[0037] 所述工业低品位氢氧化钙粉,为工业化生产,钙的含量 $40\% \sim 50\%$,比表面积 $\geq 500\text{m}^2/\text{kg}$,提高材料体系的碱度,同时控制材料的水化进程。

[0038] 其中,所述高炉矿渣粉为印巴法冲制经过粉磨而成,其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$,7d活性指数 $\geq 80\%$,28d活性指数 $\geq 105\%$ 。硫铝酸盐系列水泥为低碱度水泥,无法有效的激发矿渣粉,但在氢氧化钙提高碱度的情况下,可以在后期激发矿渣的活性,补充材料的后期强度。

[0039] 其中,所述钢渣粉为经热闷或风淬转炉渣处理,粉磨至比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$,7d活性指数 $\geq 65\%$,28d活性指数 $\geq 75\%$,用于提高材料的黏度和提高材料的后期碱度。

[0040] 其中,所述的硫酸钠 Na_2SO_4 ,为促凝剂,含量达到 90% 以上。

[0041] 其中,所述的纳米级碳酸钙,经沉淀法或者碳酸化法制得,碳酸钙含量 $\geq 95\%$,碳酸钙的晶体粒度 $\leq 1\mu\text{m}$ 。纳米级的碳酸钙晶体小,可以作为水化产物的“成核”核心,促进A料中硫铝酸盐水泥矿物的水化;同时可以与材料中的铝质水化产物(C-A-H)反应生成水合碳铝酸钙,水合碳铝酸钙的作用可以抑制钙矾石向单硫型水化硫铝酸钙转变,达到稳定钙矾石矿物晶型的目的,避免材料强度的后期倒缩。

[0042] 本发明所述高耐久性自修复无机材料的使用方法:A料和B料分别按照水灰比 $0.3 \sim 0.33$ 添加水制得浆料,按照两种浆料的质量比 $1:1$ 进行配合使用;进行材料养护时,采用湿气养护。

[0043] 其中,A料和B料单独配制成浆料,单独的浆料凝结时间 $\geq 60\text{min}$,下表为各类型的性能指标,引入了90d和270d的抗压强度数据来表征材料的耐久性,可根据不同工程需要,进行选择应用。

系列	凝结时间/s		抗压强度/MPa						
	初凝	终凝	1h	4h	1d	7d	28d	90d	270d
[0044] 闪凝早强型	≤ 10	≤ 15	≥ 25	≥ 30	≥ 35	≥ 40	≥ 45	≥ 48	≥ 52
速凝早强型	≤ 180	≤ 420	≥ 15	≥ 30	≥ 35	≥ 45	≥ 50	≥ 53	≥ 55
速凝超早强型	≤ 120	≤ 360	≥ 30	≥ 35	≥ 44	≥ 50	≥ 55	≥ 58	≥ 60
快凝高强型	≤ 1200	≤ 1800	≥ 15	≥ 25	≥ 45	≥ 60	≥ 65	≥ 70	≥ 72

[0045] 备注:上述类型材料的膨胀率在 $0.1\% \sim 0.3\%$ 。

[0046] 与现有技术相比,本发明的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料及使用方

法至少具有以下有益效果：

[0047] (1) 本发明通过硫铝酸盐水泥和硫铝酸盐熟料粉的搭配、氢氧化钙品位的控制及其他材料的配比调整,实现了凝结时间、早中后期强度发挥和材料水化进程三者之间的关系平衡。较传统的双组份材料具有凝结时间、早期和后期强度可调控的特点,同时性能优势显著,可分为不同的工程需要分为4种类型,解决了单一体系性能难以满足不同工程需要的问题。

[0048] (2) 本发明材料较传统的硅酸盐水泥+水玻璃体系,无大量的Na离子,解决了水玻璃中Na离子产生的“碱骨料反应”产生的工程安全性和耐久性的问题以及“返碱”产生的环境污染问题。

[0049] (3) 本发明材料较目前现有的硫铝酸盐水泥体系,添加的纳米碳酸钙可反应生成水合碳铝酸钙,稳定钙矾石的晶型,避免其受环境等条件的影响,转变为单硫型水化硫铝酸钙,因此避免了后期的强度倒缩。

[0050] (4) 本发明材料较目前现有的硫铝酸盐水泥体系,添加了设计的裂缝修补剂,用于修补硫铝酸盐水泥双液体系在快速的反应生成的钙矾石,产生的120%体积膨胀,导致硬化材料中产生的微裂纹,避免了材料后期的强度倒缩产生的耐久性问题。

[0051] (5) 本发明材料较目前现有的硫铝酸盐水泥体系,通过在B料中添加不同品位的工业级氢氧化钙来控制该材料的水化进程和性能,同时提高了材料体系的碱度,激发矿渣粉的水化活性,提高了材料的后期强度和耐久性。

[0052] 下面对本发明的用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料及使用方法作进一步说明。

具体实施方式

[0053] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料,由A料和B料组成,根据原材料配比和原材料品位的调控,可分为:(1)闪凝早强型;(2)速凝早强型;(3)速凝超早强型;(4)快凝高强型,共4个系列品种,各材料品种的原材料组成的质量百分比如下:

[0054] (1) 闪凝早强型

[0055] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉70%~80%、52.5等级硫铝酸盐水泥19.5%~29.5%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.1%~0.2%;

[0056] B料:石膏粉15%~20%、工业高品位氢氧化钙粉30%~35%、高炉矿渣粉30%~35%、钢渣粉10%~15%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、硫酸钠2%~3%、减水剂 0.6%~0.8%;

[0057] (2) 速凝早强型

[0058] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉29%~35%、52.5等级硫铝酸盐水泥64%~70%、减水剂 0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%;

[0059] B料:石膏粉15%~17%、工业低品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉35%~38%、钢渣粉15%~18%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、减水剂0.6%~0.8%;

[0060] (3) 速凝超早强型

[0061] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉15%~17%、52.5等级硫铝酸盐水泥82%~84%、

减水剂 0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%；

[0062] B料：石膏粉15%~17%、工业高品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉37%~40%、钢渣粉12%~15%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、硫酸钠2%~3%、减水剂 0.6%~0.8%；

[0063] (4) 快凝高强型

[0064] A料：52.5等级硫铝酸盐水泥99%~99.3%、减水剂0.4%~0.6%、硼酸0.3%~0.4%；

[0065] B料：石膏粉15%~17%、工业低品位氢氧化钙粉22%~24%、高炉矿渣粉37%~40%、钢渣粉15%~18%、纳米级碳酸钙3%~5%、裂缝自修补剂1%~1.5%、减水剂0.6%~0.8%。

[0066] 其中，裂缝自修补剂，按照以下各原料质量百分比组成制得，甲基硅酸钠8%、轻质钙粉17%、速溶硅酸钠10%、硅酸镁钾20%、氟硅酸钠25%、氯化钙20%。

[0067] 72.5等级硫铝酸盐熟料粉为72.5等级硫铝酸盐塑料经粉磨制得，其比表面积 $\geq 450\text{m}^2/\text{kg}$ ；所述52.5等级硫铝酸盐水泥，其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0068] 硼酸为缓凝剂，其含量 $\geq 95\%$ ，粉状。

[0069] 减水剂为粉状聚羧酸高效减水剂。

[0070] 石膏粉为二水石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 或硬石膏(CaSO_4)经粉磨制得，其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0071] 工业高品位氢氧化钙粉，为工业化生产，钙的含量90%~95%，比表面积 $\geq 500\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0072] 工业低品位氢氧化钙粉，为工业化生产，钙的含量40%~50%，比表面积 $\geq 500\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0073] 高炉矿渣粉为印巴法冲制经过粉磨而成，其比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ ，7d活性指数 $\geq 80\%$ ，28d活性指数 $\geq 105\%$ 。

[0074] 钢渣粉为经热闷或风淬转炉渣处理，粉磨至比表面积 $\geq 400\text{m}^2/\text{kg}$ ，7d活性指数 $\geq 65\%$ ，28d活性指数 $\geq 75\%$ 。

[0075] 硫酸钠 Na_2SO_4 ，含量达到90%以上。

[0076] 纳米级碳酸钙，经沉淀法或者碳酸化法制得，碳酸钙含量 $\geq 95\%$ ，碳酸钙的晶体粒度 $\leq 1\mu\text{m}$ 。

[0077] 使用时，A料和B料按照分别按照水灰比0.3~0.33添加水制得浆料，按照A料与B料的质量比1:1进行使用，进行材料养护时，须采用湿气养护。

[0078] 针对上述4种系列品种，例举以下具体实施例。

[0079] (1) 闪凝早强型品种的具体实施例

[0080] 实施例1-1

[0081] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(闪凝早强型)，由以下质量百分比原料组成：

[0082] A料：72.5等级硫铝酸盐熟料粉80%、52.5等级硫铝酸盐水泥19.3%、减水剂0.6%、硼酸0.1%；

[0083] B料：石膏粉15%、工业高品位氢氧化钙粉30%、高炉矿渣粉35.2%、钢渣粉

10.5%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠2%、减水剂0.8%。

[0084] 实施例1-1中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SHNZQ-1。

[0085] 实施例1-2

[0086] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(闪凝早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0087] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉78%、52.5等级硫铝酸盐水泥21.4%、减水剂0.5%、硼酸0.1%;

[0088] B料:石膏粉15%、工业高品位氢氧化钙粉30%、高炉矿渣粉35.2%、钢渣粉10.6%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠2%、减水剂0.7%。

[0089] 实施例1-2中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SHNZQ-2。

[0090] 实施例1-3

[0091] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(闪凝早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0092] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉76%、52.5等级硫铝酸盐水泥23.4%、减水剂0.4%、硼酸0.2%;

[0093] B料:石膏粉17%、工业高品位氢氧化钙粉30%、高炉矿渣粉32.4%、钢渣粉10.5%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠3%、减水剂0.6%。

[0094] 实施例1-3中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SHNZQ-3。

[0095] 实施例4

[0096] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(闪凝早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0097] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉75%、52.5等级硫铝酸盐水泥24.4%、减水剂0.4%、硼酸0.2%;

[0098] B料:石膏粉17%、工业高品位氢氧化钙粉30%、高炉矿渣粉32.4%、钢渣粉10.5%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠3%、减水剂0.6%。

[0099] 实施例1-4中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SHNZQ-4。

[0100] (2) 速凝早强型品种的具体实施例

[0101] 实施例2-1

[0102] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0103] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉29%、52.5等级硫铝酸盐水泥70%、减水剂0.6%、硼酸0.4%;

[0104] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉38%、钢渣粉15.7%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、减水剂0.8%。

[0105] 实施例2-1中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该

材料标记为SUNZQ-1。

[0106] 实施例2-2

[0107] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0108] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉31%、52.5等级硫铝酸盐水泥68.1%、减水剂0.5%、硼酸0.4%;

[0109] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉38%、钢渣粉15.8%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、减水剂0.7%。

[0110] 实施例2-2中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SUNZQ-2。

[0111] 实施例2-3

[0112] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0113] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉33%、52.5等级硫铝酸盐水泥66.3%、减水剂0.4%、硼酸0.3%;

[0114] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉38.2%、钢渣粉15.7%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、减水剂0.6%。

[0115] 实施例2-3中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SUNZQ-3。

[0116] 实施例2-4

[0117] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0118] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉35%、52.5等级硫铝酸盐水泥64.3%、减水剂0.4%、硼酸0.3%;

[0119] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉38.0%、钢渣粉15.9%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、减水剂0.6%。

[0120] 实施例2-4中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SUNZQ-4。

[0121] (3) 速凝超早强型品种的具体实施例

[0122] 实施例3-1

[0123] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝超早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0124] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉15%、52.5等级硫铝酸盐水泥84%、减水剂0.6%、硼酸0.4%;

[0125] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉39%、钢渣粉12.7%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠2%、减水剂0.8%。

[0126] 实施例3-1中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SNCZQ-1。

[0127] 实施例3-2

[0128] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝超早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0129] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉16%、52.5等级硫铝酸盐水泥83.1%、减水剂0.5%、硼酸0.4%;

[0130] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉39%、钢渣粉12.8%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠2%、减水剂0.7%。

[0131] 实施例3-2中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SNCZQ-2。

[0132] 实施例3-3

[0133] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝超早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0134] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉16.5%、52.5等级硫铝酸盐水泥82.7%、减水剂0.4%、硼酸0.4%;

[0135] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉39%、钢渣粉12.9%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠2%、减水剂0.6%。

[0136] 实施例3中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SNCZQ-3。

[0137] 实施例3-4

[0138] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(速凝超早强型),由以下质量百分比原料组成:

[0139] A料:72.5等级硫铝酸盐熟料粉17%、52.5等级硫铝酸盐水泥82.2%、减水剂0.4%、硼酸0.4%;

[0140] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉39%、钢渣粉12.9%、纳米级碳酸钙5%、裂缝自修补剂1.5%、硫酸钠2%、减水剂0.6%。

[0141] 实施例3-4中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为SNCZQ-4。

[0142] (4)快凝高强型品种的具体实施例

[0143] 实施例4-1

[0144] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(快凝高强型),由以下质量百分比原料组成:

[0145] A料:52.5等级硫铝酸盐水泥99.0%、减水剂0.6%、硼酸0.4%;

[0146] B料:石膏粉15%、工业低品位氢氧化钙粉24%、高炉矿渣粉40.2%、钢渣粉16%、纳米级碳酸钙3%、裂缝自修补剂1.0%、减水剂0.8%。

[0147] 实施例4-1中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为KNGQ-1。

[0148] 实施例4-2

[0149] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(快凝高强型),由以下质量百分比原料组成:

[0150] A料:52.5等级硫铝酸盐水泥99.1%、减水剂0.5%、硼酸0.4%;

[0151] B料:石膏粉16%、工业低品位氢氧化钙粉23%、高炉矿渣粉40.3%、钢渣粉16%、纳米级碳酸钙3%、裂缝自修补剂1.0%、减水剂0.7%。

[0152] 实施例4-2中的A料和B料应用的水灰比均为0.3,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为KNGQ-2。

[0153] 实施例4-3

[0154] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(快凝高强型),由以下质量百分比原料组成:

[0155] A料:52.5等级硫铝酸盐水泥99.2%、减水剂0.4%、硼酸0.4%;

[0156] B料:石膏粉17%、工业低品位氢氧化钙粉23%、高炉矿渣粉39.4%、钢渣粉16%、纳米级碳酸钙3%、裂缝自修补剂1.0%、减水剂0.6%。

[0157] 实施例4-3中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为KNGQ-3。

[0158] 实施例4-4

[0159] 一种用于加固及修补的高耐久性自修复无机材料(快凝高强型),由以下质量百分比原料组成:

[0160] A料:52.5等级硫铝酸盐水泥99.3%、减水剂0.3%、硼酸0.4%;

[0161] B料:石膏粉17%、工业低品位氢氧化钙粉22%、高炉矿渣粉40.4%、钢渣粉16%、纳米级碳酸钙3%、裂缝自修补剂1.0%、减水剂0.6%。

[0162] 实施例4-4中的A料和B料应用的水灰比均为0.33,按照A料与B料质量比1:1使用,该材料标记为KNGQ-4。

[0163] 为明确本发明产品和应用产品的性能特点,以常用的P042.5水泥+水玻璃体系作为对比样。其各原料的质量百分比组成为:A料为P042.5水泥99.8%、聚羧酸减水剂0.2%,A料水灰比为0.5。B料为波美度为38Be'的水玻璃溶液。使用时按照A料与B料的体积比为1:1,将该材料标记为CGSY-1。

[0164] 以申请号为CN2021116093773《一种双液速凝注浆加固无机材料及施工工艺》中实施例1中的配料方法,制得双液速凝注浆加固无机材料,包括A料和B料的双组分无机材料,按照各原料质量百分比组成为:其中A料包括20%的硫铝酸盐水泥、30%的堵漏剂、5%的水泥基渗透结晶活性母料、44%的粉煤灰和0.3%的纤维素醚;B料包括40%的氧化钙、50%的滑石粉、9%的速凝剂和0.5%的萘系高效减水剂,A料和B料水灰比都按照0.35,将该材料标记为CGSY-2。

[0165] 按照上述16种实施例产品SHNZQ-1、SHNZQ-2、SHNZQ-3、SHNZQ-4、SUNZQ-1、SUNZQ-2、SUNZQ-3、SUNZQ-4、SNCZQ-1、SNCZQ-2、SNCZQ-3、SNCZQ-4、KNGQ-1、KNGQ-2、KNGQ-3、KNGQ-4和常规对比的CGSY-1、CGSY-2,将18种产品按照对应水灰比和使用方法,使用维卡仪检测凝结时间,分别成型40mm×40mm×40mm的立方试模中,试件拆模后分别置于标准气养护制度下,并于1h、4h、1d、7d、28d、90d、270d进行抗压强度测试,结果见表1所示。

[0166] 表1十八种实例产品性能检测指标

标记号	凝结时间/s		各龄期抗压强度/MPa						
	初凝	终凝	1h	4h	1d	7d	28d	90d	270d
CGSY-1	181	480	4.5	7.8	11.2	18.4	23.1	21.1	17.5
CGSY-2	186	430	27.3	33.2	39.5	45.1	52.2	47.7	45.3
SHNZQ-1	4	7	25.3	33.1	38.3	42.1	46.2	49.7	53.8
SHNZQ-2	5	9	24.2	32.2	37.6	42.2	46.1	49.2	53.2
SHNZQ-3	8	12	22.8	30.4	35.4	41.1	45.5	48.6	52.4
SHNZQ-4	10	15	21.5	30.2	35.5	41.0	45.7	48.4	52.5
SUNZQ-1	180	420	15.3	30.2	35.5	47.4	52.4	54.1	57.3
SUNZQ-2	174	410	17.5	31.3	36.7	45.8	51.2	53.8	56.7
SUNZQ-3	167	400	19.3	32.5	37.2	45.6	50.6	53.4	55.8
SUNZQ-4	150	390	21.2	33.2	38.1	45.1	50.2	53.3	55.2
SNCZQ-1	103	331	33.1	37.5	45.2	54.3	57.5	59.3	63.4
SNCZQ-2	110	340	32.7	37.1	44.7	53.5	56.9	59.0	62.6
SNCZQ-3	115	351	31.5	36.3	44.5	52.8	55.6	58.5	61.5
SNCZQ-4	120	360	30.6	35.5	44.3	51.6	55.2	58.1	60.7
KNGQ-1	1160	1680	17.7	28.3	49.5	64.3	68.3	73.2	74.1
KNGQ-2	1180	1720	17.1	27.7	48.1	63.7	67.1	72.5	73.2
KNGQ-3	1192	1780	15.6	27.1	47.5	62.5	66.4	71.3	72.5
KNGQ-4	1200	1800	15.3	26.5	46.8	62.3	65.3	70.3	72.2

[0168] 由表1的数据对比可知,标记号为CGSY-1的硅酸盐水泥+水玻璃体系早期和后期强度低,龄期发展到90d和270d时出现不同程度的强度倒缩。

[0169] 标记号为CGSY-2的硫铝酸盐水泥双液浆体系,凝结时间较短,在龄期1h~28d强度逐渐增长,但是到90d和280d的龄期后,强度出现小幅度的倒缩。

[0170] 对比上述标记号为CGSY-1和CGSY-2材料,本发明的材料系列90d和270d龄期持续增长,未发现强度倒缩的问题,具备凝结时间可调、抗压强度高、耐久性高的明显性能优势。

[0171] 本发明通过对硫铝酸盐水泥和硫铝酸盐熟料粉的搭配、氢氧化钙品位及含量、石膏含量、硫酸钠含量、硼酸含量其他材料的含量调控,实现了该发明材料的凝结时间、各龄期强度发挥和水化进程三者之间的关系平衡,同时创新的引入纳米碳酸钙促进水化和稳定水化矿物的晶型,配合针对硫铝酸盐水泥体系的裂纹自修补剂共同提高材料的耐久性,使本发明的材料具备性能可调、自修复及高耐久性的特点。

[0172] 以上所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案作出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。