(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113321476 A
(43)申请公布日 2021.08.31

(21)申请号 202110571376.8

(22)申请日 2021.05.25

(71)申请人 柳州欧维姆结构检测技术有限公司
地址 545006 广西壮族自治区柳州市阳和工业新区阳惠路1号缆索分厂103室

(72)发明人 陈竞 黄华甫 庞忠华 李永强 肖波 杨赓 杜艳韬 王晓琳 陆绍辉 韦福堂 区锡祥 王景鹏 张旭

(74)专利代理机构 柳州市荣久专利商标事务所(普通合伙) 45113
代理人 张荣玖

(51)Int.Cl.
C04B 28/06(2006.01)
C04B 18/14(2006.01)
C04B 14/38(2006.01)
C04B 14/06(2006.01)
C04B 24/24(2006.01)
C04B 103/30(2006.01)

权利要求书2页 说明书12页

(54)发明名称

一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法，该可负温施工的早强型超高性能混凝土是由重量份数材料组成的混合物；包括复配水泥：900～1450份，矿物掺合料：180～400份，骨料：1100～1500份，复配减水剂：8～20份，碱激发剂：0.3～3份，防冻剂：0.5～3份，功能组分：1～7份，混长型钢纤维：120～250份，水：250～330份；所述复配水泥由通用硅酸盐水泥与硫铝酸盐水泥复配而成；所述混长型钢纤维是由不同直径的平直型镀铜微丝钢纤维以两种不同长度按比例混合构成，所述骨料为再生铸造砂，该超高性能混凝土可在-10℃～10℃的环境下现场搅拌浇筑，施工性能好。

CN 113321476 A

1.一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于,该可负温施工的早强型超高性能混凝土是由以下组分组成的混合物,混合物中,各组分材料的含量按重量份数计算为:

复配水泥:900～1450份,　矿物掺合料:180～400份;

骨料:1100～1500份,　复配减水剂:8～20份;

碱激发剂:0.3～3份,　防冻剂:0.5～3份;

功能组分:1～7份,　混长型钢纤维:120～250份;

水:250～330份;

所述复配水泥为由800～1350份通用硅酸盐水泥与100～650份硫铝酸盐水泥复配而成,所述通用硅酸盐水泥为P.I 52.5、P.I 52.5R、P.II 52.5、P.II 52.5R、P.O 52.5、P.O 52.5R中的至少一种,所述硫铝酸盐水泥为L.SAC 42.5、L.SAC 52.5中的至少一种;

所述矿物掺合料为硅灰、矿粉、碳酸钙晶须、石英粉中的至少一种;

所述硅灰的二氧化硅含量≥92%,比表面积≥18㎡/g,活性指数≥105%;所述矿粉为S95、S105粒化高炉矿渣粉中的至少一种;

所述碳酸钙晶须为碳酸钙含量≥99%,直径0.1～1μm,长度10～100μm的文石型碳酸钙粉末;

所述石英粉的目数为200目～600目,二氧化硅含量≥95%;

所述混长型钢纤维是由直径为0.16mm～0.3mm的平直型镀铜微丝钢纤维以13mm和16～20mm两种不同长度按2～5:5～8的比例混合构成的混长型钢纤维,该平直型镀铜微丝钢纤维抗拉强度大于等于2000MPa。

2.根据权利要求1所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于:所述骨料为再生铸造砂,骨料目数为20～70目。

3.根据权利要求1所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于:所述复配减水剂为高减水型聚羧酸减水剂粉剂和早强型聚羧酸减水剂粉剂按6:4比例混合的复配减水剂;所述高减水型聚羧酸减水剂减水率≥45%,早强型聚羧酸减水剂粉剂减水率≥30%。

4.根据权利要求1所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于:所述碱激发剂为乙酸锂,纯度为工业级。

5.根据权利要求1所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于:所述防冻剂为亚硝酸钠、亚硝酸钙、硝酸钙中的至少一种,纯度为分析纯。

6.根据权利要求1所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于:所述功能组分是由0.2～1份消泡剂、1～5份可再分散乳胶粉和0.1～1.2份缓凝剂组成的混合物。

7.根据权利要求6所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于:所述消泡剂为P803消泡剂,所述可再分散乳胶粉为WACKER 316N/328N/5010N/5111L中的一种,所述缓凝剂为硼酸、葡萄糖酸钠或酒石酸中的至少一种,纯度为分析纯。

8.根据权利要求1所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土的制备方法,其特征在于:它是先制作超高性能混凝土干粉,然后在使用前再将超高性能混凝土干粉和水以及钢纤维混合,制得可负温施工的早强型超高性能混凝土,其具体步骤如下:

A、备料：

按以下重量份比例称量物料：

复配水泥:900～1450份， 矿物掺合料:180～400份；

骨料:1100～1500份， 复配减水剂:8～20份；

碱激发剂:0.3～3份， 防冻剂:0.5～3份；

功能组分:1～7份， 混长型钢纤维120～250份；

B、制备高性能混凝土干粉：

B1、将减水剂、激发剂、防冻剂和功能组分投入小型搅拌机中搅拌1分钟，得混合物I；

B2、将步骤1所得混合物I与复配水泥、矿物掺合料、骨料一起投入无重力式干粉砂浆生产线搅拌5分钟，制得超高性能混凝土干粉；

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土：

现场使用时，将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维按重量比100:10:5～8的比例称量；先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟，再投入混长型钢纤维，继续搅拌2分钟，即制得可负温施工的早强型超高性能混凝土。

9.根据权利要求8所述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土的制备方法，其特征在于：

所述复配水泥为由800～1350份通用硅酸盐水泥与100～650份硫铝酸盐水泥复配而成，所述通用硅酸盐水泥为P.I 52.5、P.I 52.5R、P.II 52.5、P.II 52.5R、P.O 52.5、P.O 52.5R中的至少一种，所述硫铝酸盐水泥为L.SAC 42.5、L.SAC 52.5中的至少一种；

所述矿物掺合料为硅灰、矿粉、碳酸钙晶须、石英粉中的至少一种；

所述硅灰的二氧化硅含量≥92%，比表面积≥18㎡/g，活性指数≥105%；所述矿粉为S95、S105粒化高炉矿渣粉中的至少一种；

所述碳酸钙晶须为碳酸钙含量≥99%，直径0.1～1μm，长度10～100μm的文石型碳酸钙粉末；

所述石英粉的目数为200目～600目，二氧化硅含量≥95%；

所述混长型钢纤维是由直径为0.16mm～0.3mm的平直型镀铜微丝钢纤维以13mm和16～20mm两种不同长度按2～5:5～8的比例混合构成的混长型钢纤维，该平直型镀铜微丝钢纤维抗拉强度大于等于2000MPa。

一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超高性能混凝土及其制备方法;特别是一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法。

背景技术

[0002] 超高性能混凝土,简称UHPC(Ultra-High Performance Concrete),也称作活性粉末混凝土(RPC,Reactive Powder Concrete),是过去三十年中最具创新性的水泥基工程材料,实现工程材料性能的大跨越。

[0003] 超高性能混凝土作为一种新型水泥基复合材料,与普通混凝土相比其胶凝材料用量、水胶比、骨料类型、掺杂纤维的种类等方面存在较大差异,具有高强度、高韧性、高耐久性的特点,能够增强结构强度与耐久性。近年来随着养护条件的突破,不再依赖于高温养护,开始在如装配式混凝土构件湿接缝浇筑、桥面板浇筑、混凝土结构加固等各类现浇工程中应用,但因新拌浆体中的水当温度降到0℃以下时,将由液相转变为固相,体积增大,发生早期受冻破坏,使得目前的超高性能混凝土需在正温环境施工,根据现行标准《活性粉末混凝土》GB/T 31387-2015中对于现浇类的养护条件,养护时环境平均温度宜高于10℃,当环境平均气温低于10℃或最低气温低于5℃时,应按冬季施工过程处理,采取保温措施,增加了施工成本和难度。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法,解决目前超高性能混凝土不能在负温环境浇筑养护的问题,并进一步提高其在低温养护条件下的强度和韧性。

[0005] 解决上述问题的技术方案是:一种可负温施工的早强型超高性能混凝土,其特征在于:该可负温施工的早强型超高性能混凝土是由以下组分组成的混合物,混合物中,各组分材料的含量按重量份数计算为:

复配水泥:900～1450份, 矿物掺合料:180～400份;

骨料:1100～1500份, 复配减水剂:8～20份;

碱激发剂:0.3～3份, 防冻剂:0.5～3份;

功能组分:1～7份, 混长型钢纤维:120～250份;

水:250～330份;

所述复配水泥为由800～1350份通用硅酸盐水泥与100～650份硫铝酸盐水泥复配而成,所述通用硅酸盐水泥为P.I 52.5、P.I 52.5R、P.II 52.5、P.II 52.5R、P.O 52.5、P.O 52.5R中的至少一种,所述硫铝酸盐水泥为L.SAC 42.5、L.SAC 52.5中的至少一种;

所述矿物掺合料为硅灰、矿粉、碳酸钙晶须、石英粉中的至少一种;

所述硅灰的二氧化硅含量≥92%,比表面积≥18㎡/g,活性指数≥105%;所述矿粉为S95、S105粒化高炉矿渣粉中的至少一种;

所述碳酸钙晶须为碳酸钙含量≥99%,直径0.1～1μm,长度10～100μm的文石型碳酸钙粉末;

所述石英粉的目数为200目～600目,二氧化硅含量≥95%;

所述混长型钢纤维是由直径为0.16mm～0.3mm的平直型镀铜微丝钢纤维以13mm和16～20mm两种不同长度按2～5:5～8的比例混合构成的混长型钢纤维,该平直型镀铜微丝钢纤维抗拉强度大于等于2000MPa。

[0006] 其进一步技术方案是:所述骨料为再生铸造砂,骨料目数为20～70目。

[0007] 所述复配减水剂为高减水型聚羧酸减水剂粉剂和早强型聚羧酸减水剂粉剂按6:4比例混合的复配减水剂;所述高减水型聚羧酸减水剂减水率≥45%,早强型聚羧酸减水剂粉剂减水率≥30%。

[0008] 所述碱激发剂为乙酸锂,纯度为工业级。

[0009] 所述防冻剂为亚硝酸钠、亚硝酸钙、硝酸钙中的至少一种,纯度为分析纯。

[0010] 所述功能组分是由0.2～1份消泡剂、1～5份可再分散乳胶粉和0.1～1.2份缓凝剂组成的混合物。

[0011] 更进一步:所述消泡剂为P803消泡剂,所述可再分散乳胶粉为WACKER 316N/328N/5010N/5111L中的一种,所述缓凝剂为硼酸、葡萄糖酸钠或酒石酸中的至少一种,纯度为分析纯。

[0012] 相关的另一技术方案是:一种可负温施工的早强型超高性能混凝土的制备方法,它是先制作超高性能混凝土干粉,然后在使用前再将超高性能混凝土干粉和水以及钢纤维混合,制得可负温施工的早强型超高性能混凝土,其具体步骤如下:

A、备料:

按以下重量份比例称量物料:

复配水泥:900～1450份, 矿物掺合料:180～400份;

骨料:1100～1500份, 复配减水剂:8～20份;

碱激发剂:0.3～3份, 防冻剂:0.5～3份;

功能组分:1～7份, 混长型钢纤维120～250份;

B、制备高性能混凝土干粉:

B1、将减水剂、激发剂、防冻剂和功能组分投入小型搅拌机中搅拌1分钟,得混合物I;

B2、将步骤1所得混合物I与复配水泥、矿物掺合料、骨料一起投入无重力式干粉砂浆生产线搅拌5分钟,制得超高性能混凝土干粉;

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土:

现场使用时,将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维按重量比100:10:5～8的比例称量;先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟,再投入混长型钢纤维,继续搅拌2分钟,即制得可负温施工的早强型超高性能混凝土。

[0013] 所述一种可负温施工的早强型超高性能混凝土的制备方法的进一步技术方案是:所述复配水泥为由800～1350份通用硅酸盐水泥与100～650份硫铝酸盐水泥复配而成,所述通用硅酸盐水泥为P.I 52.5、P.I 52.5R、P.II 52.5、P.II 52.5R、P.O 52.5、P.O 52.5R中的至少一种,所述硫铝酸盐水泥为L.SAC 42.5、L.SAC 52.5中的至少一种;

所述矿物掺合料为硅灰、矿粉、碳酸钙晶须、石英粉中的至少一种；

所述硅灰的二氧化硅含量≥92%，比表面积≥18㎡/g，活性指数≥105%；所述矿粉为S95、S105粒化高炉矿渣粉中的至少一种；

所述碳酸钙晶须为碳酸钙含量≥99%，直径0.1～1μm，长度10～100μm的文石型碳酸钙粉末；

所述石英粉的目数为200目～600目，二氧化硅含量≥95%；

所述混长型钢纤维是由直径为0.16mm～0.3mm的平直型镀铜微丝钢纤维以13mm和16～20mm两种不同长度按2～5:5～8的比例混合构成的混长型钢纤维，该平直型镀铜微丝钢纤维抗拉强度大于等于2000MPa。

[0014] 由于采用上述技术方案，本发明之一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法具有以下特点和有益效果：

一、本发明之一种可负温施工的早强型超高性能混凝土强度高、韧性高。

[0015] 1、本发明之一种可负温施工的早强型超高性能混凝土中采用的复配水泥是由800～1350份通用硅酸盐水泥与100～650份硫铝酸盐水泥复配而成，高后期强度的硅酸盐水泥和高早期强度的硫铝酸盐水泥按一定比例复配，混合材料在复合效应和碱激发剂的激发作用下，获得比纯硫铝酸盐水泥更高的早期强度和比纯硅酸盐水泥更高的后期强度。

[0016] 2、本发明之一种可负温施工的早强型超高性能混凝土中的钢纤维采用抗拉强度大于等于2000MPa的平直型镀铜微丝钢纤维，将直径为0.16mm～0.3mm的平直型镀铜微丝钢纤维以13mm和16～20mm两种不同长度按2～5:5～8的比例混合构成混长型钢纤维，长钢纤维使超高性能混凝土获得更高的抗拉强度和韧性，短钢纤维的掺杂解决了长钢纤维在浆体中易结团的问题，一定长径比的高强度长、短钢纤维混掺比单一尺寸钢纤维更易打散混合均匀，并在超高性能混凝土中形成三维骨架，使其获得高强度、高韧性。

[0017] 3、本发明之一种可负温施工的早强型超高性能混凝土中的矿物掺合料为硅灰、矿粉、碳酸钙晶须、石英粉中的至少一种；所述硅灰的二氧化硅含量≥92%，比表面积≥18㎡/g，活性指数≥105%；所述矿粉为S95、S105粒化高炉矿渣粉中的至少一种；所述碳酸钙晶须为碳酸钙含量≥99%，直径0.1～1μm，长度10～100μm的文石型碳酸钙粉末；所述石英粉的目数为200目～600目，二氧化硅含量≥95%；通过各粒径矿物掺合料的组合，优化微观孔结构，达到紧密堆积效果，并在碱激发剂的作用下，硅灰与氢氧化钙生成水化硅酸钙，矿粉中的氧化钙、氧化铝与水生成新的氢氧化钙、氢氧化铝，新生成的氢氧化钙、氢氧化铝继续与硅灰生成具有水硬性的水化硅酸钙及水化铝酸钙；碳酸钙晶须为长度微米级、直径纳米级的针状微粉，在拌合物中能填充纳米级孔隙，一定的长径比使其具有微纤维作用，在钢纤维增强增韧的基础上，进一步提高超高性能混凝土的力学性能和韧性。

[0018] 二、可在-10℃～10℃的环境下现场搅拌浇筑，无需振捣及保温预养护、施工性能好、具有良好的应用前景和经济价值：强度高、韧性高

1、本发明之可负温施工的早强型超高性能混凝土通过硅酸盐水泥和硫铝酸盐水泥的合理配比组合，并在碱激发剂的催化下，在浇筑后快速反应，释放反应热，短时间内生成大量钙矾石，结合钢纤维骨架，两小时即可达到40～50MPa的早期强度，获得足够的抵御冻害的强度；在防冻剂的作用下，降低了浆体中水的冰点，确保了后期持续水化反应所需的液态水，使后期强度能在负温环境下持续增长，无需保温措施，施工简单，且节约了保温措

施费，具有良好的应用前景和经济价值。

[0019] 2、本发明之可负温施工的早强型超高性能混凝土中的减水剂为高减水型聚羧酸减水剂粉剂和早强型聚羧酸减水剂粉剂按6:4比例混合的复配减水剂；所述高减水型聚羧酸减水剂减水率≥45%，早强型聚羧酸减水剂粉剂减水率≥30%；两种功能型减水剂的复配，使得浆体兼有自流平和早强的性能，获得良好的施工性，并进一步提高早期强度。

[0020] 由于各组分的共同作用，本发明之可负温施工的早强型超高性能混凝土在低温环境下搅拌浇筑，自然养护1天抗压强度可达50～70MPa，28天抗压强度140～180MPa，抗折强度30～40MPa，抗拉强度9～13MPa，坍落扩展度700～800mm(参见附表二：可负温施工的早强型超高性能混凝土抗压抗折抗拉强度一览表)，达到自密实的效果，现场浇筑无需振捣及保温预养护等措施，具有良好的施工性能和高强度、高韧性，较好地解决了已有技术存在的目前超高性能混凝土不能在负温环境浇筑养护的问题。

[0021] 三、节约施工成本：

1、现场浇筑无需振捣及保温预养护等措施，节省人力物力，大大降低了施工成本。

[0022] 2、骨料采用再生铸造砂，尤其是且经过低温焙烧处理的铸造树脂砂，其强度和新砂无区别，成本仅为筛洗烘干河砂、石英砂、淡化海砂等常规细骨料的一半；且在目前天然砂限采禁采越来越严，价格日益走高，机制砂棱角多，易破碎，不宜用于拌制超高性能混凝土的背景下，再生铸造砂具有良好的经济效益和环境效益。

[0023] 说明书附图(无)。

具体实施方式

[0024] 一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法：

所述的可负温施工的早强型超高性能混凝土是由以下组分组成的混合物，混合物中，各组分材料的含量按重量份数计算为：

复配水泥：900～1450份， 矿物掺合料：180～400份；

骨料：1100～1500份， 复配减水剂：8～20份；

碱激发剂：0.3～3份， 防冻剂：0.5～3份；

功能组分：1～7份， 钢纤维：120～250份；

水：250～330份；

所述复配水泥为由800～1350份通用硅酸盐水泥与100～650份硫铝酸盐水泥复配而成，所述通用硅酸盐水泥为P.I 52.5、P.I 52.5R、P.II 52.5、P.II 52.5R、P.O 52.5、P.O 52.5R中的至少一种，所述硫铝酸盐水泥为L.SAC 42.5、L.SAC 52.5中的至少一种；

高后期强度的硅酸盐水泥和高早期强度的硫铝酸盐水泥按一定比例复配，混合材料在复合效应和激发作用下，获得比纯硫铝酸盐水泥更高的早期强度和比硅酸盐水泥更高的后期强度。

[0025] 所述矿物掺合料为硅灰、矿粉、碳酸钙晶须或石英粉中的至少一种；

所述硅灰的二氧化硅含量≥92%，比表面积≥18㎡/g，活性指数≥105%；

所述矿粉为S95、S105粒化高炉矿渣粉中的至少一种；

所述碳酸钙晶须为碳酸钙含量≥99%，直径0.1～1μm，长度10～100μm的文石型碳酸钙粉末；

所述石英粉的目数为200目～600目，二氧化硅含量≥95%。

[0026] 通过各粒径矿物掺合料的组合，优化微观孔结构，达到紧密堆积效果，并在碱激发剂的作用下，硅灰与氢氧化钙生成水化硅酸钙，矿粉中的氧化钙、氧化铝与水生成新的氢氧化钙、氢氧化铝，新生成的氢氧化钙、氢氧化铝继续与硅灰生成具有水硬性的水化硅酸钙及水化铝酸钙。碳酸钙晶须为长度微米级，直径纳米级的针状微粉，在拌合物中能填充纳米级孔隙，一定的长径比使其具有微纤维作用，在钢纤维增强增韧的基础上，进一步提高超高性能混凝土的力学性能和韧性。

[0027] 所述骨料为再生铸造砂，优选的，为铸造废树脂砂经过低温焙烧处理的再生砂，骨料目数为20～70目，铸造树脂砂都为洁净烘干天然砂，颗粒圆滑，强度高，经500～700℃低温焙烧除掉表面固化树脂等残余物，对砂本身性能完全无影响，经济环保实用。

[0028] 所述复配减水剂为高减水型聚羧酸减水剂粉剂和早强型聚羧酸减水剂粉剂按6:4比例混合的复配减水剂；所述高减水型聚羧酸减水剂减水率≥45%，早强型聚羧酸减水剂粉剂减水率≥30%；两种功能型减水剂的复配，使得浆体兼有自流平和早强的性能，获得良好的施工性，并进一步提高早期强度。

[0029] 所述碱激发剂为乙酸锂，纯度为工业级；与常用的碳酸锂、硫酸锂等锂盐碱激发剂相比较，乙酸锂除了锂离子极化作用强、缩短水化诱导期等早强作用外，乙酸根离子降低了溶液pH值，加速了硅酸三钙的水化，进一步加快了反应速率。且因为乙酸锂具有更高的溶解度，在低温下催化效率更高，价格成本更低，经济实用。

[0030] 所述防冻剂为亚硝酸钠、亚硝酸钙、硝酸钙中的至少一种，纯度为分析纯。在组合物中用以降低溶液的冰点，使其在一定范围的负温环境下不结冰，水化反应能持续进行。

[0031] 所述功能组分是由0.2～1份消泡剂、1～5份可再分散乳胶粉和0.1～1.2份缓凝剂组成的混合物。

[0032] 优选的，所述消泡剂为P803消泡剂，所述可再分散乳胶粉为WACKER 316N/328N/5010N/5111L中的一种，所述缓凝剂为硼酸、葡萄糖酸钠或酒石酸中的至少一种，纯度为分析纯。

[0033] 所述混长型钢纤维是由直径为0.16mm～0.3mm的平直型镀铜微丝钢纤维以13mm和16～20mm两种不同长度按2～5:5～8的比例混合构成的混长型钢纤维，该平直型镀铜微丝钢纤维抗拉强度大于等于2000MPa。

[0034] 该混长型钢纤维中的长钢纤维使超高性能混凝土获得更高的抗拉强度和韧性，短钢纤维的掺杂解决了长钢纤维在浆体中易结团的问题，一定长径比的高强度长、短钢纤维混掺比单一尺寸更易打散混合均匀，在超高性能混凝土中形成三维骨架，使其获得高强度、高韧性。

[0035] 上述的一种可负温施工的早强型超高性能混凝土的制备方法，它是先制作超高性能混凝土干粉，然后在使用前再将超高性能混凝土干粉和水以及钢纤维混合，制得可负温施工的早强型超高性能混凝土，其具体步骤如下：

A、备料：

按以下重量份比例称量物料：

复配水泥:900～1450份， 矿物掺合料:180～400份；

骨料:1100～1500份， 复配减水剂:8～20份；

碱激发剂:0.3～3份， 防冻剂:0.5～3份；

功能组分:1～7份， 混长型钢纤维120～250份；

水:250～330份；

B、制备高性能混凝土干粉：

B1、将减水剂、激发剂、防冻剂和功能组分投入小型搅拌机中搅拌1分钟,得混合物I；

B2、将步骤B1所得混合物I与复配水泥、矿物掺合料、骨料一起投入无重力式干粉砂浆生产线搅拌5分钟,制得超高性能混凝土干粉；

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土：

现场使用时,将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维按重量比100:10:5～8的比例称量;先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟,再投入混长型钢纤维,继续搅拌2分钟,即制得可负温施工的早强型超高性能混凝土。

[0036] 根据该可负温施工的早强型超高性能混凝土混合物中,各组分材料:包括复配水泥、矿物掺合料、骨料、复配减水剂、碱激发剂、防冻剂、混长型钢纤维的的比例不同以及矿物掺合料、骨料、复配减水剂、碱激发剂、防冻剂具体选取的材料的不同、以及各组分之间的重量比例不同,可以有多种不同的实施方式,以下列举几个典型实施例(参见附表一)。

[0037] 实施例一：

一种可负温施工的早强型超高性能混凝土I及其制备方法：

该可负温施工的早强型超高性能混凝土I是由以下组分组成的混合物,混合物中,各组分材料的含量按重量份数计算为：

复配水泥:1300份， 其中P.II 52.5R硅酸盐水泥1100份,L.SAC 42.5硫铝酸盐水泥200份；

矿物掺合料——265份,包括:S105矿粉95份,硅灰140份,碳酸钙晶须30份；

骨料——再生铸造砂1400份;复配减水剂12份，

碱激发剂——乙酸锂0.6份;防冻剂——亚硝酸钠1.3份；

功能组份5.5份,包括:P803消泡剂0.5份、5010N可再分散乳胶粉4份、和硼酸1份混合而成；

混长型钢纤维130份;水:280份。所述混长型钢纤维是用直径0.18mm、长13mm的镀铜微丝钢纤维和直径为0.18mm、长19mm的镀铜微丝钢纤维按3:7比例称量混合而成,该镀铜微丝钢纤维抗拉强度≥2000MPa；

其制作方法如下：

A、备料：

按上述可负温施工的早强型超高性能混凝土I中各组分的重量份比例称量各组分物料：

B、制备高性能混凝土干粉：

B1、将复配减水剂,碱激发剂——乙酸锂,防冻剂——亚硝酸钠和由P803消泡剂、5010N可再分散乳胶粉和硼酸混合而成的功能组分投入小型搅拌机中搅拌1分钟得混合物I；

B2、将步骤1所得混合物I与复配水泥、矿物掺合料—包括:S105矿粉、硅灰和碳酸

钙晶须,骨料—再生铸造砂一起投入无重力式干粉砂浆生产线搅拌5分钟,制得超高性能混凝土干粉;

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土:

现场使用时,先将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维称量备用;先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟,再投入钢纤维,继续搅拌2分钟,即制得可负温施工的早强型超高性能混凝土I。

[0038] 将制得的超高性能混凝土浆体在-5℃环境下浇筑,自然养护,无需振动。按GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》检测坍落扩展度为760mm,按GB/T 50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》检测28天的抗压强度为142.8MPa、抗折强度为31.2MPa、抗拉强度为8.7MPa(参见附表二)。

[0039] 实施例二:

一种可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅱ及其制备方法:

该可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅱ是由以下组分组成的混合物,混合物中,各组分材料的含量按重量份数计算为:

复配水泥:1150份, 其中P.II 52.5R硅酸盐水泥1000份,L.SAC 42.5硫铝酸盐水泥300份;

矿物掺合料——305份,包括:S105矿粉77份,硅灰150份,碳酸钙晶须25份,石英粉53份;

骨料——再生铸造砂1350份;复配减水剂15份;

碱激发剂——乙酸锂1.8份;防冻剂——硝酸钙0.8份;

功能组份4.7份,包括:P803消泡剂0.5份、328N可再分散乳胶粉3份、葡萄糖酸钠0.7份和硼酸0.5份混合而成;

混长型钢纤维205份;水:290份。所述混长型钢纤维是用直径0.18mm、长13mm的镀铜微丝钢纤维和直径为0.18mm、长20mm的镀铜微丝钢纤维按3:7比例称量混合而成,该镀铜微丝钢纤维抗拉强度≥2000MPa。

[0040] 其制作方法与实施例一相同,具体步骤如下:

A、备料:

按上述可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅱ中各组分的重量份比例称量各组分物料:

B、制备高性能混凝土干粉:

B1、将复配减水剂,碱激发剂——乙酸锂,防冻剂——硝酸钙和由P803消泡剂、328N可再分散乳胶粉、葡萄糖酸钠和硼酸混合而成的功能组分投入小型搅拌机中搅拌1分钟得混合物I;

B2、将步骤1所得混合物I与复配水泥、矿物掺合料—包括:S105矿粉、硅灰和碳酸钙晶须,骨料—再生铸造砂一起投入无重力式干粉砂浆生产线搅拌5分钟,制得超高性能混凝土干粉;

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土:

现场使用时,先将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维称量备用;先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟,再投入钢纤维,继续搅拌2分钟,

即制得可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅱ。

[0041] 将制得的超高性能混凝土浆体在-5℃环境下浇筑，自然养护，无需振动。按GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》检测坍落扩展度为745mm，按GB/T 50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》检测28天的抗压强度为156.3MPa、抗折强度为35.7MPa、抗拉强度为9.5MPa(参见附表二)。

[0042] 实施例三：

一种可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅲ及其制备方法：

该可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅲ是由以下组分组成的混合物，混合物中，各组分材料的含量按重量份数计算为：

复配水泥：900份， 其中P.I 52.5R硅酸盐水泥800份，L.SAC 52.5硫铝酸盐水泥100份；

矿物掺合料——400份，包括：S95矿粉178份，硅灰180份，碳酸钙晶须42份；

骨料——再生铸造砂1200份；复配减水剂8份，

碱激发剂——乙酸锂2.1份；防冻剂——亚硝酸钠1.8份；

功能组份5.2份，包括：P803消泡剂0.6份、5010N可再分散乳胶粉3.5份、葡萄糖酸钠0.6份和硼酸0.5份混合而成；

混长型钢纤维126份；水251份。所述混长型钢纤维是用直径0.20mm、长13mm的镀铜微丝钢纤维和直径为0.2mm、长19mm的镀铜微丝钢纤维按3:7比例称量混合而成，该镀铜微丝钢纤维抗拉强度≥2000MPa。

[0043] 其制作方法与实施例一相同，对于步骤A、B此处不再赘述：

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土：

现场使用时，先将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维称量备用；先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟，再投入钢纤维，继续搅拌2分钟，即制得可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅲ。

[0044] 将制得的超高性能混凝土浆体在-10℃环境下浇筑，自然养护，无需振动。按GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》检测坍落扩展度为660mm，按GB/T 50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》检测28天的抗压强度为137.5MPa、抗折强度为30.8MPa、抗拉强度为8.4MPa(参见附表二)。

[0045] 实施例四：

一种可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅳ及其制备方法：

该可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅳ是由以下组分组成的混合物，混合物中，各组分材料的含量按重量份数计算为：

复配水泥：1270份， 其中P.O 52.5R普通硅酸盐水泥1150份，L.SAC 42.5硫铝酸盐水泥120份；

矿物掺合料——225份，包括：S105矿粉110份，硅灰115份；

骨料——再生铸造砂1260份；复配减水剂13份；

碱激发剂——乙酸锂0.3份；防冻剂——亚硝酸钙1.27份；

功能组份1.2份，包括：P803消泡剂0.3份、5111L可再分散乳胶粉0.5份和硼酸0.4份混合而成；

混长型钢纤维193份;水:276份;所述混长型钢纤维是用直径0.18mm、长13mm的镀铜微丝钢纤维和直径为0.18mm、长16mm的镀铜微丝钢纤维按2:8比例称量混合而成,该镀铜微丝钢纤维抗拉强度≥2000MPa。

[0046] 其制作方法与实施例一相同,对于步骤A、B此处不再赘述;

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土:

现场使用时,先将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维称量备用;先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟,再投入钢纤维,继续搅拌2分钟,即制得可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅳ。

[0047] 将制得的超高性能混凝土浆体在0℃环境下浇筑,自然养护,无需振动。按GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》检测坍落扩展度为755mm,按GB/T 50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》检测28天的抗压强度为148.3MPa、抗折强度为32.6MPa、抗拉强度为8.9MPa(参见附表二)。

[0048] 实施例五:

一种可负温施工的早强型超高性能混凝土及其制备方法:

该可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅴ是由以下组分组成的混合物,混合物中,各组分材料的含量按重量份数计算为:

复配水泥:1450份, 其中P.O 52.5普通硅酸盐水泥1300份,L.SAC 42.5硫铝酸盐水泥150份;

矿物掺合料——200份,包括:硅灰165份,碳酸钙晶须35份;

骨料——再生铸造砂1150份;复配减水剂18份;

碱激发剂——乙酸锂2.7份;防冻剂——亚硝酸钠2.9份;

功能组份3.9份,由P803消泡剂0.6份、5010N可再分散乳胶粉2.5份、酒石酸0.3份和硼酸0.5份混合而成;

混长型钢纤维:226份;水:269份;所述混长型钢纤维是用直径0.22mm、长12mm的镀铜微丝钢纤维和直径为0.22mm、长25mm的镀铜微丝钢纤维按按5:5 比例称量混合而成,该镀铜微丝钢纤维抗拉强度≥2000MPa。

[0049] 其制作方法与实施例一相同,对于步骤A、B此处不再赘述:

C、制备可负温施工的早强型超高性能混凝土:

现场使用时,先将步骤B制取的超高性能混凝土干粉、水和混长型钢纤维将所述干粉、水和钢纤维称量备用,先将干粉和水投入强制式混凝土搅拌机搅拌2～4分钟,再投入钢纤维,继续搅拌2分钟,制得可负温施工的早强型超高性能混凝土Ⅴ。

[0050] 将制得的超高性能混凝土浆体在0℃环境下浇筑,自然养护,无需振动。按GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》检测坍落扩展度为755mm,按GB/T 50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》检测28天的抗压强度为160.8MPa、抗折强度为36.2MPa、抗拉强度为10.5MPa(参见附表二)。

附表一：一种可负温施工的早强型超高性能混凝土各组分含量一览表-1

[0051]

数量（重量份数） 实施例 组分名	实施例总述范围	实施例一	实施例二	实施例三	实施例四	实施例五
复配水泥		1300	1150	900	1270	1450
其中：	硅酸盐水泥	1100	1000	800	1150	1300
	硫铝酸盐水泥	200	300	100	120	150
矿物掺合料	180～400	265	305	400	225	200
其中：	S105矿粉	95	77	178	110	
	硅灰	140	150	180	115	165
	碳酸钙晶须	30	25	42		35
	石英粉		53			
骨料—再生铸造砂	1100～1500	1400	1350	1200	1260	1150
复配减水剂	8～20	12	15	8	13	18
碱激发剂—乙酸锂	0.3～3	0.6	1.8	2.1	0.3	2.7

附表一：一种可负温施工的早强型超高性能混凝土各组分含量一览表-2						
防冻剂-亚硝酸钠、硝酸钙或亚硝酸钙之一	0.5～3	1.3	0.8	1.8	1.27	2.9
功能组份	1～7	5.5	4.7	5.2	1.2	3.9
其中：	P803消泡剂	0.5份	0.5	0.6	0.3	0.6
	5010N可再分散乳胶粉	4份	3	3.5	0.5	2.5
	葡萄糖酸钠		0.7	0.6		
	硼酸	1	0.5	0.5	0.4	0.5
	酒石酸					0.3
混长型钢纤维	120～250	130	205	126	193	226
水	250～330	280	290	251	276	269

附表二：本发明一种可负温施工的早强型超高性能混凝土性能一览表

测试值 实施例 / 指标	实施例一	实施例二	实施例三	实施例四	实施例五
坍落扩展度（mm）	760	745	660	755	755
28天抗压强度（MPa）	142.8	156.3	137.5	148.3	160.8
28天抗折强度（MPa）	31.2	35.7	30.8	32.6	36.2
28天抗拉强度（MPa）	8.7	9.5	8.4	8.9	10.5

[0052] 注1:坍落扩展度(单位mm)是按GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》检测数据。

[0053] 注2:抗压强度、抗折强度和抗拉强度(单位MPa)是按GB/T 50081-2019《混凝土物

理力学性能试验方法标准》检测浇注后28天的数据。

[0054] 注3:因国内尚无负温环境自然养护的混凝土标准,冬季施工都需要根据现行标准JGJ 104《建筑工程冬期施工规程》实施保温措施,而超高性能混凝土相关国标GB/T 31387-2015《活性粉末混凝土》以及瑞士标准SIA 2052《Ultra-High Performance Fibre Reinforced Cement-based composites (UHPFRC)--Construction material, dimensioning und application 》均要求施工环境不低于5℃,故无负温环境养护标准进行比对。国家现行标准中,水泥基材料负温养护条件的最高抗压强度标准为JG/T 408-2019《钢筋连接用套筒灌浆料》,其要求为试件在-5℃环境养护7天后,转至20℃养护21天,检测28天抗压强度≥85MPa,本发明远高于该标准。