



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107285709 B

(45)授权公告日 2019.11.08

(21)申请号 201710703546.7

(22)申请日 2017.08.16

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107285709 A

(43)申请公布日 2017.10.24

(73)专利权人 西安建筑科技大学  
地址 710055 陕西省西安市碑林区雁塔路  
13号

(72)发明人 郑山锁 张艺欣 董方园 郑捷  
王斌 侯丕吉 王帆 郑跃  
牛丽华 曹琛 荣先亮 黄威曾

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200  
代理人 姚咏华

(51)Int.Cl.

C04B 28/04(2006.01)

C04B 111/20(2006.01)

(56)对比文件

CN 105819734 A,2016.08.03,

CN 106396555 A,2017.02.15,

CN 104030634 A,2014.09.10,

CN 1843904 A,2006.10.11,

王建雷等.碳纳米管对混凝土性能的影响研  
究.《硅酸盐通报》.2016,第35卷(第7期),

审查员 周洋

权利要求书2页 说明书7页

(54)发明名称

一种C120强度等级的高性能纤维混凝土及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种C120强度等级的高性能纤维混凝土及其制备方法,所述混凝土的质量份组成如下:水泥440-460份、水110-120份、河砂720-750份、碎石1010-1050份、粉煤灰65-100份、稻壳灰45-65份、硅灰45-65份、减水剂10-12份、激发剂13-14份、纤维素纤维1.1-1.8份、羟基改性碳纳米管分散液24-26份、消泡剂2.2-2.4份。制备的混凝土具有较高的韧性和优异的耐久性能,与型钢之间具有较高的粘结强度,其抗折强度不小于27.19MPa,28d立方体抗压强度不小于122.07MPa,劈拉强度不小于10.82MPa,与型钢之间的粘结强度不小于5.24MPa,28d非稳态氯离子迁移系数 $D_{RCM}$ 不大于 $21 \times 10^{-14} m^2/s$ 。用于型钢混凝土组合结构中,能够有效发挥型钢与混凝土之间的协同工作性能,弥补型钢与混凝土粘结性能差、无法充分发挥二者各自的力学性能的不足。

1. 一种C120强度等级的高性能纤维混凝土,其特征在于,纤维混凝土包括下述质量份数的原料:

水泥440-460份、水110-120份、河砂720-750份、碎石1010-1050份、粉煤灰65-100份、稻壳灰45-65份、硅灰45-65份、减水剂10-12份、激发剂13-14份、纤维素纤维1.1-1.8份、羟基改性碳纳米管分散液24-26份、消泡剂2.2-2.4份;

所述稻壳灰是由稻壳在650-800℃的温度下焚烧、使用球磨机研磨20-30min制得灰色粉末,其二氧化硅含量为90%以上,粒径为10-75 $\mu\text{m}$ ,比表面积在40-100 $\text{m}^2/\text{g}$ 之间;

所述纤维素纤维为UF500纤维素纤维,长度为2-3mm,直径为15-20 $\mu\text{m}$ ,抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$ ,弹性模量 $\geq 8.5\text{GPa}$ ,断裂延伸率达到10%,比重为1.1 $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2. 根据权利要求1所述的C120强度等级的高性能纤维混凝土,其特征在于,所述混凝土中各组分以质量份数计算配合比含量为:

水泥445份、水114份、河砂740份、碎石1030份、粉煤灰75份、稻壳灰60份、硅灰60份、减水剂11.2份、激发剂13.3份、纤维素纤维1.6份、羟基改性碳纳米管分散液26份、消泡剂2.4份。

3. 根据权利要求1所述的C120强度等级的高性能纤维混凝土,其特征在于,所述水泥为P•052.5R级普通硅酸盐水泥;

所述河砂选择级配良好的中粗河砂,细度模数为2.8-3.2;

所述碎石选择石灰石为主的人工碎石,粒径范围为5-16mm,按照连续粒级级配;

所述的粉煤灰采用电厂优质I级粉煤灰,其45 $\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于12%,需水量比不大于95%,比表面积应大于400 $\text{m}^2/\text{kg}$ ;

所述硅灰中二氧化硅的质量百分比不小于93%,火山灰活性指数大于90%,平均粒径0.1 $\mu\text{m}$ -0.15 $\mu\text{m}$ ,比表面积大于15 $\text{m}^2/\text{g}$ ;

所述减水剂是聚羧酸系高性能减水剂,固含量为20%,减水率在25%以上;

所述消泡剂采用美国瀚森AXILAT DF6352DD消泡剂。

4. 根据权利要求1所述的C120强度等级的高性能纤维混凝土,其特征在于,所述激发剂采用有机-无机复合激发剂,复合激发剂按照下述质量百分比计的原料复配而成:

硫酸钠60-68%、氯化钙30-38%、三乙醇胺1.5-2%。

5. 根据权利要求1所述的C120强度等级的高性能纤维混凝土,其特征在于,所述羟基改性碳纳米管分散液是通过下述方法制得的:

1) 配制浓度为2.0M的NaOH水溶液,称取2份多壁碳纳米管加入100份配制的NaOH水溶液中,超声处理5min;将碳纳米管分散液倒入高压反应釜,密封后180℃反应120min;后冷却至室温,离心分离,加入去离子水稀释并洗涤,除去清液;再超声10min,搅拌,偏氯乙烯滤膜过滤,所得固态产物水洗至滤液为中性;40℃下干燥12h,得到表面含羟基含氧官能团的改性多壁碳纳米管;

2) 称取步骤1)中制备的表面含羟基含氧官能团的改性多壁碳纳米管、表面活性剂0.5份、消泡剂0.1份和去离子水98份,将表面活性剂、消泡剂和改性碳纳米管依次分散到去离子水中,搅拌,使碳纳米管被表面活性剂水溶液完全浸湿;超声处理30min;之后对分散液进行离心沉降;

3) 将上层液体过300目滤布,得到碳纳米管分散液1;将底部沉淀团聚的碳纳米管按照

步骤2)再次进行超声60min,得到碳纳米管分散液2,碳纳米管分散液1和2中羟基改性多壁碳纳米管在水中能够均匀稳定分散;

所述多壁碳纳米管平均管径为40-50nm,长度为10-20 $\mu\text{m}$ ,纯度 $\geq 98\%$ ;

所述表面活性剂为聚乙二醇辛基苯基醚;所述消泡剂为美国瀚森AXILAT DF6352DD消泡剂。

6.根据权利要求1所述的C120强度等级的高性能纤维混凝土,其特征在于,所述高性能纤维混凝土的抗折强度不小于27.19MPa,28d立方体抗压强度不小于122.07MPa,劈拉强度不小于10.82MPa,与型钢之间的粘结强度不小于5.24MPa,28d非稳态氯离子迁移系数 $D_{RCM}$ 不大于 $21 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$ 。

7.一种权利要求1-6任一项所述的C120强度等级的高性能纤维混凝土的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

1)将10-12份减水剂和24-26份羟基改性碳纳米管分散液加入到总水量25%的水中,记为水溶液1;将称量好的2.2-2.4份消泡剂加入到总水量25%的水中,记为水溶液2;

2)将按质量比称取720-750份河砂、1010-1050份碎石、1.1-1.8份纤维素纤维加入到搅拌机中,均匀搅拌2-3min;

3)然后,依次加入440-460份水泥、65-100份粉煤灰、45-65份稻壳灰、45-65份硅灰和13-14份激发剂,再将总水量剩余的50%的水加入到搅拌机中,均匀搅拌2-3min;

4)随后向搅拌机中加入步骤1)中的水溶液1,均匀搅拌3-4min;

5)最后观察拌合物的流动性,继续将步骤1)中配制的水溶液2,均匀搅拌3-5min,出料,得到所制备的混凝土拌合料;并成型、养护。

8.一种权利要求1-6任一项所述的C120强度等级的高性能纤维混凝土的成型养护方法,其特征在于,采用水中养护方法,具体如下:

将混凝土拌和物浇筑到铸铁模具中成型、振实,置于温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 的环境中,在试块表面覆盖润湿的土工布,静置1d,拆模,然后在标准养护室的饱和石灰水溶液的水池中养护至所需龄期。

## 一种C120强度等级的高性能纤维混凝土及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于新型建筑材料领域,是一种掺稻壳灰、纤维素纤维以及改性碳纳米管的高强度、高韧性和高耐久性混凝土,具体涉及一种具有高韧性的C120强度等级的高性能纤维混凝土及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 普通混凝土和水泥基材料的抗拉强度低,韧性差,硬化过程中或外部荷载作用下会产生大量微裂缝,严重影响混凝土或水泥基复合材料结构的耐久性,降低结构服役寿命。为了克服普通混凝土和高性能混凝土的脆性,具有增韧作用的石棉纤维、钢纤维、碳纤维、聚乙烯醇纤维、聚丙烯纤维以及玄武岩纤维等长度较大的纤维被用于混凝土中,但是上述长纤维的大量使用容易在混凝土成团,不利于骨料的均匀分散,限制了纤维在含粗骨料混凝土中的应用。

[0003] 碳纳米管是一种具有纳米级别直径和微米级别长度的一维纤维材料,其长径比高达100-1000,弹性模量(可达到1TPa左右)大约是钢材的5倍而密度却只是钢材的1/6;碳纳米管的拉伸强度则可达到60GPa-150GPa,压缩强度为100GPa-170GPa,断裂应变在30%-50%范围。因其优异的物理、力学性能,使碳纳米管成为理想的复合材料增强纤维。但是,由于碳纳米管表面完整光滑、缺陷少、缺少活性基团,在水及各种溶液或复合材料中的相对溶解度较低,加之碳纳米管之间存在较大的范德华力、表面处存在很大的表面自由能,因此碳纳米管之间极易发生自发的团聚或缠绕,严重影响碳纳米管在某些聚合物中的均匀分散。本发明使用表面活性剂对多壁碳纳米管进行分散和超声处理,在不切断碳纳米管且不破坏其表面结构的基础上,得到能够在水中稳定分散的改性多壁碳纳米管分散液,从而使其能够用于混凝土中,充分发挥其微纤维增韧作用。

[0004] 采用具有蓄水功能和增韧作用的纤维素纤维以及具有超细微孔结构的稻壳灰(具有多孔结构的稻壳灰可吸收水分),两种材料的“内养护作用”能够促进胶凝材料的水化进程;另外,通过在混凝土中加入改性碳纳米管这两种组分,以改善混凝土的韧性,并使胶凝材料在水化过程中水化的更加充分,改善水化产物的晶体形状乃至混凝土内部结构的致密程度,减少 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_2$ 等有害离子的侵入,最终达到提高混凝土的强度和耐久性能,并提升其韧性、塑性和抗拉强度之目标。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种C120强度等级的高性能纤维混凝土及其制备方法,本发明首次使用纤维素纤维、稻壳灰、改性碳纳米管、水泥、粉煤灰、河砂、碎石、化学外加剂(包括减水剂、激发剂、消泡剂)、水制备了一种具有高体积稳定性、高韧性、高耐久性、超高强度的C120强度等级的纤维高性能混凝土,克服了普通混凝土脆性大、易开裂、耐久性差等不足。通过添加具有火山灰效应、物理填充效应和“内养护作用”的稻壳灰,具有增韧作用和“内养护作用”的纤维素纤维,以及可发挥微纤维填充增韧效应的改性碳纳米管等,各组分

之间协同改善混凝土性能,进而配制成一种具有高强度、高体积稳定性、高耐久性 & 较高韧性的C120强度等级的高性能纤维混凝土。

[0006] 为实现上述目的,本发明公开的技术方案是:

[0007] 一种C120强度等级的高性能纤维混凝土,包括下述质量份数的原料:

[0008] 水泥440-460份、水110-120份、河砂720-750份、碎石1010-1050份、粉煤灰65-100份、稻壳灰45-65份、硅灰45-65份、减水剂10-12份、激发剂13-14份、纤维素纤维1.1-1.8份、羟基改性碳纳米管分散液24-26份、消泡剂2.2-2.4份。

[0009] 优选的,所述混凝土中各组分以质量分数计算最优的配合比含量为:

[0010] 水泥445份、水114份、河砂740份、碎石1030份、粉煤灰75份、稻壳灰60份、硅灰60份、减水剂11.2份、激发剂13.3份、纤维素纤维1.6份、羟基改性碳纳米管分散液26份、消泡剂2.4份。

[0011] 所述水泥为P·052.5R级普通硅酸盐水泥。

[0012] 所述河砂选择级配良好的中粗河砂,细度模数为2.8-3.2。

[0013] 所述碎石选择石灰石为主的人工碎石,粒径范围为5-16mm,按照连续粒级级配。

[0014] 所述的粉煤灰采用电厂优质I级粉煤灰,其45 $\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于12%,需水量比不大于95%,比表面积应大于400 $\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0015] 所述硅灰中二氧化硅的质量百分比不小于93%,火山灰活性指数大于90%,平均粒径0.1-0.15 $\mu\text{m}$ ,比表面积大于15 $\text{m}^2/\text{g}$ 。

[0016] 所述减水剂是聚羧酸系减水剂,固含量为20%,减水率在25%以上。

[0017] 所述消泡剂采用美国瀚森AXILAT DF6352DD消泡剂。

[0018] 所述稻壳灰是由稻壳在650-800 $^{\circ}\text{C}$ 的温度下焚烧、使用球磨机研磨20-30min制得粉灰色粉末,其二氧化硅含量为90%以上,粒径为10-75 $\mu\text{m}$ ,比表面积在40-100 $\text{m}^2/\text{g}$ 之间。

[0019] 所述激发剂采用有机-无机复合激发剂,复合激发剂按照下述质量百分比计的原料复配而成:

[0020] 硫酸钠60-68%、氯化钙30-38%、三乙醇胺1.5-2%。

[0021] 所述纤维素纤维为UF500纤维素纤维,长度为2-3mm,直径为15-20 $\mu\text{m}$ ,抗拉强度 $\geq$ 900MPa,弹性模量 $\geq$ 8.5GPa,断裂延伸率达到10%,比重为1.1 $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0022] 所述羟基改性碳纳米管分散液是通过下述方法制得的:

[0023] 1) 配制浓度为2.0M的NaOH水溶液,称取2份多壁碳纳米管加入100份配制的NaOH水溶液中,超声处理5min;将碳纳米管分散液倒入高压反应釜,密封后180 $^{\circ}\text{C}$ 反应120min;后冷却至室温,离心分离,加入去离子水稀释并洗涤,除去清液;再超声10min,搅拌,偏氯乙烯滤膜过滤,所得固态产物水洗至滤液为中性;40 $^{\circ}\text{C}$ 下干燥12h,得到表面含羟基等含氧官能团的改性多壁碳纳米管;

[0024] 2) 称取步骤1)中制备的表面含羟基等含氧官能团的改性多壁碳纳米管、表面活性剂0.5份、消泡剂0.1份和去离子水98份,将表面活性剂、消泡剂和改性碳纳米管依次分散到去离子水中,搅拌,使碳纳米管被表面活性剂水溶液完全浸湿;超声处理30min;之后对分散液进行离心沉降;

[0025] 3) 将上层液体过300目滤布,得到碳纳米管分散液1;将底部沉淀团聚的碳纳米管按照步骤2)再次进行超声60min,得到碳纳米管分散液2,碳纳米管分散液1和2中羟基改性

多壁碳纳米管在水中能够均匀稳定分散。

[0026] 所述多壁碳纳米管平均管径为40-50nm,长度为10-20 $\mu\text{m}$ ,纯度 $\geq 98\%$ ;

[0027] 所述表面活性剂为聚乙二醇辛基苯基醚;所述消泡剂采用美国瀚森AXILAT DF6352DD消泡剂。

[0028] 本发明还提供了一种C120强度等级的高性能纤维混凝土的制备方法,包括如下步骤:

[0029] 1) 将10-12份减水剂和24-26份羟基改性碳纳米管分散液加入到总水量25%的水中,记为水溶液1;将称量好的2.2-2.4份消泡剂加入到总水量25%的水中,记为水溶液2;

[0030] 2) 将按质量比称取720-750份河砂、1010-1050份碎石、1.1-1.8份纤维素纤维加入到搅拌机中,均匀搅拌2-3min;

[0031] 3) 然后,依次加入440-460份水泥、65-100份粉煤灰、45-65份稻壳灰、45-65份硅灰和13-14份激发剂,再将总水量剩余的50%的水加入到搅拌机中,均匀搅拌2-3min;

[0032] 4) 随后向搅拌机中加入步骤1)中的水溶液1,均匀搅拌3-4min;

[0033] 5) 最后观察拌合物的流动性,继续将步骤1)中配制的水溶液2,均匀搅拌3-5min,出料,得到所制备的混凝土拌合料;并成型、养护。

[0034] 制备方法中混凝土养护方法为水中养护:将混凝土拌和物浇筑到铸铁模具中成型、振实,置于温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 的环境中,在试块表面覆盖润湿的土工布,静置1d,拆模,然后在标准养护室的饱和石灰水溶液的水池中养护至所需龄期。

[0035] 本发明的创新性系在在混凝土中掺入了具有增韧和内养护作用的纤维素纤维、具有内养护作用的一种新型活性矿物掺合料无碳稻壳灰,以及具有增韧和纳米填充效应的改性多壁碳纳米管。各组分之间的协同作用能够促进胶凝材料水化更加充分,改善混凝土内部的微观组成,减少有害孔隙数量,使混凝土内部结构更加密实,最终制备出具有高强度、高韧性、高耐久性、高体积稳定性的新型高性能纤维混凝土材料。

[0036] 与已有技术相比,本发明的有益效果是:

[0037] 1) 本发明中使用的纤维素纤维具有天然的亲水性和高弹模特点,能够有效抑制混凝土塑性收缩、干缩、温度变化等因素引起的微裂缝的形成及发展;纤维素纤维表面具有很强的握裹力,与水泥基体具有良好的粘结能力,在混凝土开裂时防止纤维拔出,阻止裂缝的进一步发展,且纤维的断裂能够增加混凝土的耗能能力;另外,纤维素纤维具有独特的纤维空腔结构和巨大的比表面积,其空腔结构能够储存部分水分,起到“内养护作用”,促进混凝土的水化进程。因此,纤维素纤维能够提高混凝土的力学性能以及抗裂、抗渗和抗冻融等耐久性能。

[0038] 2) 本发明中由稻壳燃烧、研磨得到的稻壳灰含有90%以上的二氧化硅,具有较高的火山灰活性,稻壳灰的颗粒细小(颗粒为10-75 $\mu\text{m}$ ),稻壳灰颗粒内部的多孔隙和网道结构使其具有巨大的比表面积,能够达到40-100 $\text{m}^2/\text{g}$ 。因此,掺入稻壳灰可使胶凝材料颗粒更加均匀,级配良好,可起到填充密实效应,进而增加混凝土的粘聚性;其次,由于稻壳灰内部大量的微孔结构能够蓄水,起到“内养护作用”;另外,由于稻壳灰具有与硅灰相似的火山灰活性,能够代替部分甚至全部硅灰,与混凝土体系中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成致密坚硬的水化硫铝酸钙,提高混凝土的抗折强度、抗压强度、劈裂抗拉强度、耐久性能;最后,稻壳灰作为农业废料,将其处理后作为建筑材料替代部分水泥,可减少由于稻壳焚烧和水泥生产过程中的

CO<sub>2</sub>排放量,进而降低混凝土造价,实现农业废物的再利用,达到节能环保的目的。

[0039] 3) 本发明使用表面活性剂对多壁碳纳米管进行分散和超声处理,在不切断碳纳米管且不破坏其表面结构的基础上,得到能够在水中稳定分散的改性多壁碳纳米管分散液。由于碳纳米管的纳米尺寸效应和表面效应,作为纳米级纤维起到桥联作用,控制纳米级裂缝的出现和发展,增加了水泥基体材料的强度等;另外,碳纳米管的微填充效应,能够填充混凝土内部的大部分有害孔隙,增加混凝土的密实度,改善混凝土韧性、耐久性能等各方面性能。

[0040] 上述措施均能有效提高混凝土的抗压强度、韧性、变形能力、耐久性能等,并增强混凝土与型钢之间的粘结强度和协同变形能力。通过本发明所述方法制备得到的C120等级的高性能纤维混凝土,抗折强度不小于27.19MPa,28d立方体抗压强度不小于122.07MPa,劈拉强度不小于10.82MPa,与型钢之间的粘结强度不小于5.24MPa,28d非稳态氯离子迁移系数 $D_{RCM}$ 不大于 $21 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$ 。本发明制备出了具有超高强度、高体积稳定性、高耐久性和高韧性的高性能纤维混凝土,其原材料易得、制备工艺简单,符合可持续发展和现代绿色建筑材料应用及推广的要求,是一种绿色环保的新型高性能纤维混凝土材料。

### 具体实施方式

[0041] 下面结合具体实施方式,利用实施例进一步详述本发明,以使本发明的优势更易于被本领域技术人员理解,但并不用于限制本发明的保护范围。

[0042] 本发明C120等级的高性能纤维混凝土,采用以下方法制备:

[0043] 1) 将10-12份减水剂和24-26份羟基改性碳纳米管分散液加入到总水量25%的水溶液中,记为水溶液1;将称量好的2.2-2.4份消泡剂加入到总水量25%的水中,记为水溶液2;

[0044] 2) 把将按质量比称取720-750份河砂、1010-1050份碎石、1.1-1.8份纤维素纤维加入到搅拌机中,均匀搅拌2-3min;

[0045] 3) 然后,依次加入份440-460份水泥、65-100份粉煤灰、45-65份稻壳灰、45-65份硅灰和13-14份激发剂,把再将总水量剩余的50%的水加入到搅拌机中,均匀搅拌2-3min;

[0046] 4) 随后向搅拌机中加入步骤1)中的水溶液1,均匀搅拌3-4min;

[0047] 5) 最后观察拌合物的流动性,继续将步骤1)中配制的水溶液2,均匀搅拌3-5min,出料,得到所制备的混凝土拌合料,;并成型、养护。

[0048] 其中:

[0049] 所用水泥为P·052.5R级普通硅酸盐水泥,其与聚羧酸系减水剂相容性良好。

[0050] 所用河砂选择级配良好的中粗河砂,细度模数为2.8-3.2,优选为细度模数为2.9,表观密度为 $2.59 \text{g}/\text{cm}^3$ ,堆积密度为 $1.48 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0051] 所用碎石选择石灰石为主的人工碎石,粒径范围为5-16mm,按照连续粒级级配,表观密度为 $2.7 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0052] 所用粉煤灰采用电厂优质I级粉煤灰,其 $45 \mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于12%,需水量比不大于95%,比表面积大于 $400 \text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0053] 所述硅灰中二氧化硅的质量百分比不小于93%,火山灰活性指数大于90%,平均粒径 $0.1 \mu\text{m}-0.15 \mu\text{m}$ ,比表面积大于 $15 \text{m}^2/\text{g}$ 。

[0054] 所用稻壳灰是由稻壳在650-800℃的温度下经过焚烧、使用球磨机研磨20-30min制得,其二氧化硅含量为93.6%,粒径为10-75 $\mu\text{m}$ ,比表面积在40-100 $\text{m}^2/\text{g}$ 之间。

[0055] 所用减水剂为聚羧酸系高性能减水剂,固含量为20%,pH值为8.0左右,减水率在25%以上,7d、28d抗压强度比不小于150%。

[0056] 所用激发剂采用有机-无机复合激发剂,按照下述质量百分比计的原料复配而成:

[0057] 硫酸钠60-68%、氯化钙30-38%、三乙醇胺1.5-2%。

[0058] 所用消泡剂为美国瀚森AXILAT DF6352DD消泡剂。

[0059] 所用纤维素纤维为美国Burkeye公司研发的UF500纤维素纤维,长度2-3mm,抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$ ,弹性模量为8.5GPa,比重为1.1 $\text{g}/\text{cm}^3$ ,具有良好的亲水性,较高的握裹力和耐酸碱性能。

[0060] 所用碳纳米管分散液是羟基改性碳纳米管分散液,是由多壁碳纳米管依次经过碱性条件下的水热反应得到羟基改性多壁碳纳米管粉末,然后与表面活性剂和助剂在去离子水中分散处理后得到。制备方法如下:

[0061] 1) 配制浓度为2.0M的氢氧化钠水溶液,称取2份多壁碳纳米管加入100份配制的氢氧化钠水溶液中,超声处理5min;将碳纳米管分散液倒入带有聚四氟乙烯内衬的不锈钢高压反应釜,密封后180℃反应120min;结束后冷却至室温进行离心分离(离心速率为2000r/min,离心时间30min),然后加入去离子水稀释并洗涤,除去清液,反复2次;随后再超声10min,搅拌后通过直径为0.2 $\mu\text{m}$ 的偏氯乙烯滤膜过滤,所得固态产物用去离子水清洗至滤液pH=7;在真空烘箱中40℃下干燥12h,得到表面含羟基等含氧官能团的改性多壁碳纳米管。

[0062] 2) 称取步骤1)中制备的表面含羟基等含氧官能团的改性多壁碳纳米管、表面活性剂0.5份、消泡剂0.1份和去离子水98份,将表面活性剂、消泡剂和改性碳纳米管依次分散到去离子水中,搅拌,使碳纳米管被表面活性剂水溶液完全浸湿;超声处理30min;之后对分散液进行离心沉降(离心速率为2000r/min,离心时间30min)。

[0063] 3) 离心结束后,将上层液体过300目滤布,得到碳纳米管分散液1;将底部沉淀(即团聚的碳纳米管)按照步骤2)再次进行超声60min,得到碳纳米管分散液2,碳纳米管分散液1和2中羟基改性多壁碳纳米管在水中能够均匀稳定分散。

[0064] 所用多壁碳纳米管平均管径为40-50nm,长度为10-20 $\mu\text{m}$ ,纯度 $\geq 98\%$ 。

[0065] 所用表面活性剂为聚乙二醇辛基苯基醚,pH=7.0,浊点63℃,是一种非离子型表面活性剂;所用助剂为美国瀚森AXILAT DF6352DD消泡剂。

[0066] 所用的制备方法中混凝土养护方法为水中养护:将混凝土拌和物浇筑到铸铁模具中成型、振实,置于温度为20℃ $\pm$ 2℃的环境中,在试块表面覆盖润湿的土工布,静置1d,拆模,然后在标准养护室的饱和石灰水溶液的水池中养护至所需龄期。

[0067] 下面给出具体实施例来进一步说明本发明制备方法。

[0068] 表1实施例1-3中高性能纤维混凝土的配合比(以各组分的质量份数计)



[0069]

材料		实 施 例			
		实施例 1	实施例 2	实施例 3	
高性能纤维混凝土	P·O52.5R 普通硅酸盐水泥	440	445	460	
	水	120	114	110	
	碎石	1050	1030	1010	
	河砂	720	740	750	
	粉煤灰	100	75	65	
	稻壳灰	45	60	65	
	硅灰	45	60	65	
	减水剂	10	11.2	12	
	纤维素纤维	1.1	1.6	1.8	
	激发剂中各组分的百分比含量	硫酸钠/%	68	63	60
		氯化钙/%	30	35.5	38
		三乙醇胺/%	2	1.5	2
	激发剂		14	13.3	13
	羟基改性碳纳米管分散液		24	26	25
消泡剂		2.2	2.4	2.3	

[0070] 实施例1-3中高性能纤维混凝土的性能对比结果如表2所示。

[0071] 表2实施例1-3中高性能混凝土的性能

[0072]

性能 实施例	坍落度 /mm	28d 立方体抗压强度/MPa	抗折强度 /MPa	劈拉强度 /MPa	与型钢之间的粘结强度/MPa	非稳态氯离子迁移系数 $D_{RCM}$ ( $10^{-14}m^2/s$ )
实施例 1	140	122.07	27.19	10.82	5.24	21
实施例 2	150	128.97	30.62	11.89	5.96	15
实施例 3	150	124.31	28.98	11.41	5.76	17

[0073] 从上述表2可以看出,本发明C120强度等级的高性能纤维混凝土,28d立方体抗压强度不小于122.07MPa,劈拉强度不小于10.82MPa,抗折强度不小于27.19MPa,与型钢之间的粘结强度不小于5.24MPa,非稳态氯离子迁移系数 $D_{RCM}$ 不大于 $21 \times 10^{-14}m^2/s$ 。由此可以看出,本发明制备的C120强度等级的高性能纤维混凝土是一种性能良好的混凝土,适用于在现代绿色建筑材料应用。

[0074] 以上所述仅为本发明的实施例,是结合具体的优化实施方式对本发明的进一步详

细说明,不能因此限制本发明的保护范围,本领域相关的技术人员利用本发明公开的内容与方法,或者不脱离本发明构思的前提下,做出简单的变化或替换,都应当视为在本发明的保护范围内。本发明的保护范围应当以所公开权利要求界定的保护范围为准。