



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109626908 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201910026479.9

(22)申请日 2019.01.11

(71)申请人 东南大学

地址 210000 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

申请人 南京彼卡斯建筑科技有限公司

(72)发明人 潘金龙 蔡景明 姜波

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51)Int.Cl.

C04B 28/04(2006.01)

C04B 111/94(2006.01)

C04B 111/34(2006.01)

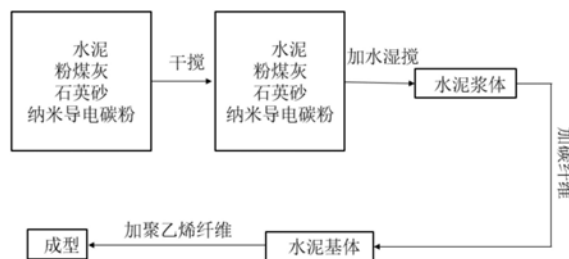
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

## (54)发明名称

一种导电超高延性的水泥基复合材料及其制备方法

## (57)摘要

本发明公开了一种导电超高延性的水泥基复合材料及其制备方法,所述水泥基复合材料按照重量份数包括以下组分:水泥40~45份、粉煤灰15~20份、石英砂10~15份、纳米导电碳粉3~5份,还包括按照体积掺量1.5%~2%的聚乙烯纤维和体积掺量0.5%~1%的碳纤维。其制备方法如下:1)按照比例称取各原料;2)将水泥、粉煤灰、石英砂和纳米导电碳粉干搅混合,之后加入水湿搅形成水泥基体;3)向水泥基体中加入碳纤维和聚乙烯纤维搅拌均匀,之后注模成型、脱模养护后即得到所述的导电超高延性的水泥基复合材料。该水泥基复合材料同时具有超高的导电率及裂缝控制能力,从而适用于路面融雪除冰。



1. 一种导电超高延性的水泥基复合材料,其特征在于:所述水泥基复合材料按照重量份数包括以下组分:

水泥	40~45 份
粉煤灰	15~20 份
石英砂	10~15 份
纳米导电碳粉	3~5 份

还包括按照体积掺量1.5%~2%的聚乙烯纤维和体积掺量0.5%~1%的碳纤维。

2. 如权利要求1所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料,其特征在于:所述的水泥为普通硅酸盐水泥或者复合硅酸盐水泥,其28天抗压强度 $\geq 52.5\text{MPa}$ ,28天抗折强度 $\geq 7.0\text{MPa}$ ,比表面积 $\geq 300\text{m}^2/\text{kg}$ ;所述的粉煤灰为一级粉煤灰,其比表面积 $\geq 700\text{m}^2/\text{kg}$ ,密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。

3. 如权利要求1所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料,其特征在于:所述的石英砂为超细石英砂,其规格为70~110目,粒径为0.1~0.15mm。

4. 如权利要求1所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料,其特征在于:所述的纳米导电碳粉的粒径在9~20nm,电阻率为 $0.5\sim 1.0\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

5. 如权利要求1所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料,其特征在于:所述的聚乙烯纤维长度为6mm~12mm,直径为12~39 $\mu\text{m}$ ,弹性模量 $\geq 100\text{GPa}$ ,极限抗拉强度 $\geq 2500\text{MPa}$ ,断裂伸长率为2%~6%。

6. 如权利要求1所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料,其特征在于:所述的碳纤维为短切碳纤维,其长度在3~9mm,直径在5~20 $\mu\text{m}$ ,电阻率为 $0.01\sim 0.1\ \Omega \cdot \text{m}$ ,抗拉强度为3000~5000MPa。

7. 一种如权利要求1~6任一所述的导电超高延性的水泥基复合材料的制备方法,其特征在于:该方法包括如下步骤:

1) 按照比例称取各原料;

2) 将水泥、粉煤灰、石英砂和纳米导电碳粉干搅混合,之后加入水湿搅形成水泥基体;

3) 向水泥基体中加入碳纤维和聚乙烯纤维搅拌均匀,之后注模成型、脱模养护后即得到所述的导电超高延性的水泥基复合材料。

8. 如权利要求7所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料的制备方法,其特征在于:步骤2)所述的干搅混合是指以100r/min~140r/min的转速干搅2~3min;步骤2)所述的加入水湿搅形成水泥基体中,加入的水与水泥按照重量份比为25~30:40~45,湿搅的条件为100r/min~140r/min的转速湿搅5~10min。

9. 如权利要求7所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料的制备方法,其特征在于:步骤3)所述向水泥基体中加入碳纤维和聚乙烯纤维搅拌均匀的具体过程如下:

①向水泥基体中先加入碳纤维,以100r/min~140r/min的转速湿搅5~10min,再以200r/min~280r/min的转速湿搅5~10min;

②之后加入聚乙烯纤维,以100r/min~140r/min的转速湿搅5~10min,再以200r/min~280r/min的转速湿搅5~10min。

10. 如权利要求7所述的一种导电超高延性的水泥基复合材料的制备方法,其特征在

于:步骤3)所述注模成型、脱模养护是指浇筑模具后振动成型,静置12~24h后脱模,之后在标准养护室养护28~30天。

## 一种导电超高延性的水泥基复合材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种导电超高延性的水泥基复合材料及其制备方法,属于建筑工程技术领域。

### 背景技术

[0002] 在冬季,城市道路、高速公路及城市立交桥的积雪结冰往往会对交通运输产生极为不利的影 响,严重影响道路交通安全。在清理道路积雪结冰的方法上,传统的方法是采用人工或者机械的物理除冰法,但是往往需要耗时费力,清除的不彻底、效率较低,且该方法本身也具有安全性方面的问题。此外还有化学除冰法,比如向道路喷洒盐溶液等融化积雪,但这些化学喷剂往往会严重腐蚀混凝土路面钢筋,使得路面易剥蚀破坏,降低路面的使用寿命。

[0003] 近年来,道路工程师开始尝试研究设计导电混凝土路面,在路面积雪结冰时通过路面导电发热消除溶解路面积雪。目前通常通过掺加金属纤维、碳纤维及炭黑、石墨等材料提高水泥基材料的导电率。

[0004] 文献1(“Y.Sherif,CY.Tuan,ACI Materials Journal,1999,96(3):382-390.”)公开了一种在混凝土中掺入钢纤维和钢屑的导电混凝土,通电之后可以达到良好的除冰目标。但是在混凝土的碱性环境中,钢纤维和钢屑表面会产生氧化钝化层,使钢纤维混凝土导电性能降低,随着时间延长,钢纤维钢屑混凝土的电阻率明显增加。

[0005] 文献2(“韩宝国;王云洋;张立卿等;导电水泥基符合材料及其制备方法和应用;公开号:CN105067164A”)公开了一种基于碳纳米管及纳米炭黑制备的导电水泥基材料,具有灵敏度高及静态电阻率小的特点。但是水泥基是一种准脆性材料,裂缝宽度往往较大,在实际应用过程中一旦开裂将使得导电网络立刻断开,水泥基材料脆性的特点严重影响了水泥基材料的导电特性。

[0006] 文献3(“G.Faneca,I.Segura,JM.Torrents et al,Cement and Concrete Composites,2018,92:135-144.”)公开了一种采用碳纤维增强水泥基材料导电率的方法,结果表明碳纤维可以明显提高水泥基材料的导电性,相比钢纤维具有更好的长期耐久性。但是仅掺加碳纤维的水泥基材料依然具有主裂缝开裂的特点,降低了水泥基材料导电性能的持续性和稳定性。

### 发明内容

[0007] 技术问题:本发明提供了一种导电超高延性的水泥基复合材料及其制备方法,该水泥基复合材料同时具有超高的导电率及裂缝控制能力,从而具备较强的通电发热能力及持续稳定的导电网络连接可靠性;通过在水泥基材料中掺加纳米导电碳粉、碳纤维及聚乙烯纤维,大幅度提高水泥基材料的导电率及裂缝控制能力,确保水泥基体内部形成稳定持续的导电网络,从而适用于路面融雪除冰。

[0008] 技术方案:本发明提供了一种导电超高延性的水泥基复合材料,所述水泥基复合

材料按照重量份数包括以下组分：

	水泥	40~45 份
	粉煤灰	15~20 份
[0009]	石英砂	10~15 份
	纳米导电碳粉	3~5 份

[0010] 还包括按照体积掺量1.5%~2%的聚乙烯纤维和体积掺量0.5%~1%的碳纤维。

[0011] 其中：

[0012] 所述的水泥为普通硅酸盐水泥或者复合硅酸盐水泥，其28天抗压强度 $\geq 52.5\text{MPa}$ ，28天抗折强度 $\geq 7.0\text{MPa}$ ，比表面积 $\geq 300\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0013] 所述的粉煤灰为一级粉煤灰，其比表面积 $\geq 700\text{m}^2/\text{kg}$ ，密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0014] 所述的石英砂为超细石英砂，其规格为70~110目，粒径为0.1~0.15mm。

[0015] 所述的纳米导电碳粉的粒径在9~20nm，电阻率为 $0.5\sim 1.0\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

[0016] 所述的聚乙烯纤维长度为6mm~12mm，直径为12~39 $\mu\text{m}$ ，弹性模量 $\geq 100\text{GPa}$ ，极限抗拉强度 $\geq 2500\text{MPa}$ ，断裂伸长率为2%~6%。

[0017] 所述的碳纤维为短切碳纤维，其长度在3~9mm，直径在5~20 $\mu\text{m}$ ，电阻率为 $0.01\sim 0.1\ \Omega \cdot \text{m}$ ，抗拉强度为3000~5000MPa。

[0018] 本发明还提供了一种导电超高延性的水泥基复合材料的方法，该方法包括如下步骤：

[0019] 1) 按照比例称取各原料；

[0020] 2) 将水泥、粉煤灰、石英砂和纳米导电碳粉干搅混合，之后加入水湿搅形成水泥基体；

[0021] 3) 向水泥基体中加入碳纤维和聚乙烯纤维搅拌均匀，之后注模成型、脱模养护后即得到所述的导电超高延性的水泥基复合材料。

[0022] 其中：

[0023] 步骤2) 所述的干搅混合是指以100r/min~140r/min的转速干搅2~3min；步骤2) 所述的加入水湿搅形成水泥基体中，加入的水与水泥按照重量份比为25~30:40~45，湿搅的条件为100r/min~140r/min的转速湿搅5~10min。

[0024] 步骤3) 所述向水泥基体中加入碳纤维和聚乙烯纤维搅拌均匀的具体过程如下：

[0025] ①向水泥基体中先加入碳纤维，以100r/min~140r/min的转速湿搅5~10min，再以200r/min~280r/min的转速湿搅5~10min；

[0026] ②之后加入聚乙烯纤维，以100r/min~140r/min的转速湿搅5~10min，再以200r/min~280r/min的转速湿搅5~10min。

[0027] 步骤3) 所述注模成型、脱模养护是指浇筑模具后振动成型，静置12~24h后脱模，之后在标准养护室养护28-30天。

[0028] 有益效果：与现有技术相比，本发明具有以下优势：

[0029] 1、本发明提供的导电超高延性的水泥基复合材料具有超高的导电率及裂缝控制能力，从而具备较强的通电发热能力及持续稳定的导电网络连接可靠性；

[0030] 2、本发明提供的导电超高延性的水泥基复合材料中，纳米导电碳粉和碳纤维可以

在水泥基体中形成零维及一维的导电网络,大幅度提高了水泥材料的导电性能;

[0031] 3、本发明提供的导电超高延性的水泥基复合材料中,碳纤维及聚乙烯纤维在水泥基体中起到良好的桥接作用,提高水泥基材料的延性及耐久性,控制裂缝的开裂宽度,防止出现局部大裂缝造成导电网络的中断;

[0032] 4、本发明提供的导电超高延性的水泥基复合材料的制备方法,通过在水泥基材料中掺加纳米导电碳粉、碳纤维及聚乙烯纤维,大幅度提高水泥基材料的导电率及裂缝控制能力,确保水泥基体内部形成稳定持续的导电网络,从而适用于路面融雪除冰;

[0033] 5、本发明提供的导电超高延性水泥基复合材料可以用于高速公路及城市立交桥路面的重点防滑除冰路段,增加交通安全性。

## 附图说明

[0034] 图1是本发明提出的导电超高延性水泥基复合材料的制备方法流程图;

[0035] 图2是本发明提出的导电超高延性水泥基复合材料的单轴拉伸应力应变曲线;

[0036] 图3是掺加碳纤维及纳米导电碳粉对水泥基材料导电网络的影响示意图;

[0037] 图4是导电超高延性水泥基复合材料的通电升温曲线。

## 具体实施方式

[0038] 本发明提供了一种导电超高延性的水泥基复合材料及其制备方法,该水泥基复合材料中纳米导电碳粉及碳纤维可以提高水泥基材料的电导率,使得水泥基材料基体内部形成导电网络,具有通电发热的特点;聚乙烯纤维用于提高水泥基材料的延性,使得水泥基材料具有多裂缝开裂的特点,维持水泥基材料导电网络的有效连接。下面结合附图对本发明作进一步的详述,以更好地理解本发明的内容,但本发明并不限于以下实施例。

[0039] 实施例1:

[0040] 本实施实例用于检验所制备的导电超高延性水泥基复合材料的单轴拉伸性能,按照重量份数包括以下组分:

水泥 40 份

[0041] 粉煤灰 15 份

石英砂 10 份

[0042] 纳米导电碳粉 3 份

[0043] 还包括按照体积掺量1.5%的聚乙烯纤维和体积掺量0.5%的碳纤维。

[0044] 水泥为普通硅酸盐水泥或者复合硅酸盐水泥,其28天抗压强度 $\geq 52.5\text{MPa}$ ,28天抗折强度 $\geq 7.0\text{MPa}$ ,比表面积 $\geq 300\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0045] 粉煤灰为一级粉煤灰,其比表面积 $\geq 700\text{m}^2/\text{kg}$ ,密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0046] 石英砂为超细石英砂,其规格为70~110目,粒径为0.1~0.15mm。

[0047] 纳米导电碳粉的粒径在9~20nm,电阻率为 $0.5\sim 1.0\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

[0048] 聚乙烯纤维长度为6mm~12mm,直径为12~39 $\mu\text{m}$ ,弹性模量 $\geq 100\text{GPa}$ ,极限抗拉强度 $\geq 2500\text{MPa}$ ,断裂伸长率为2%~6%。

[0049] 碳纤维为短切碳纤维,其长度在3~9mm,直径在5~20 $\mu\text{m}$ ,电阻率为 $0.01\sim 0.1\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

m,抗拉强度为3000~5000MPa。

[0050] 其制备过程包括如下步骤:

[0051] 1) 按照比例称取各原料;

[0052] 2) 将水泥、粉煤灰、石英砂和纳米导电碳粉在水泥砂浆搅拌机中混合,以140r/min的转速干搅2min;然后加入量取好的水(水的重量份为25份),以140r/min的转速湿搅5min,形成水泥基体;

[0053] 3) 向水泥基体中先加入碳纤维,以140r/min的转速湿搅5min,再以280r/min的转速湿搅5min;之后加入聚乙烯纤维,以140r/min的转速湿搅5min,再以280r/min的转速湿搅5min,然后取规格尺寸的模具,浇筑振动成型,静置12小时后脱模,再在标准养护室养护28天,即得到导电超高延性的水泥基复合材料。

[0054] 实施例2:

[0055] 本实施实例用于检验所制备的导电超高延性水泥基复合材料的单轴拉伸性能,按照重量份数包括以下组分:

[0056]	水泥	43 份
	粉煤灰	17 份
	石英砂	13 份
	纳米导电碳粉	4 份

[0057] 还包括按照体积掺量1.7%的聚乙烯纤维和体积掺量0.8%的碳纤维。

[0058] 水泥为普通硅酸盐水泥或者复合硅酸盐水泥,其28天抗压强度 $\geq 52.5$ MPa,28天抗折强度 $\geq 7.0$ MPa,比表面积 $\geq 300$ m<sup>2</sup>/kg。

[0059] 粉煤灰为一级粉煤灰,其比表面积 $\geq 700$ m<sup>2</sup>/kg,密度为2.6g/cm<sup>3</sup>。

[0060] 石英砂为超细石英砂,其规格为70~110目,粒径为0.1~0.15mm。

[0061] 纳米导电碳粉的粒径在9~20nm,电阻率为0.5~1.0  $\Omega \cdot m$ 。

[0062] 聚乙烯纤维长度为6mm~12mm,直径为12~39 $\mu m$ ,弹性模量 $\geq 100$ GPa,极限抗拉强度 $\geq 2500$ MPa,断裂伸长率为2%~6%。

[0063] 碳纤维为短切碳纤维,其长度在3~9mm,直径在5~20 $\mu m$ ,电阻率为0.01~0.1  $\Omega \cdot m$ ,抗拉强度为3000~5000MPa。

[0064] 其制备过程包括如下步骤:

[0065] 1) 按照比例称取各原料;

[0066] 2) 将水泥、粉煤灰、石英砂和纳米导电碳粉在水泥砂浆搅拌机中混合,以100r/min的转速干搅3min;然后加入量取好的水(水的重量份为30份),以100r/min的转速湿搅20min,形成水泥基体;

[0067] 3) 向水泥基体中先加入碳纤维,以100r/min的转速湿搅10min,再以200r/min的转速湿搅10min;之后加入聚乙烯纤维,以100r/min的转速湿搅10min,再以200r/min的转速湿搅10min,然后取规格尺寸的模具,浇筑振动成型,静置24小时后脱模,再在标准养护室养护28天,即得到导电超高延性的水泥基复合材料。

[0068] 实施例3:

[0069] 本实施实例用于检验所制备的导电超高延性水泥基复合材料的单轴拉伸性能,按

照重量份数包括以下组分：

	水泥	45 份
	粉煤灰	20 份
[0070]	石英砂	15 份
	纳米导电碳粉	5 份

[0071] 还包括按照体积掺量2%的聚乙烯纤维和体积掺量1%的碳纤维。

[0072] 水泥为普通硅酸盐水泥或者复合硅酸盐水泥,其28天抗压强度 $\geq 52.5\text{MPa}$ ,28天抗折强度 $\geq 7.0\text{MPa}$ ,比表面积 $\geq 300\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0073] 粉煤灰为一级粉煤灰,其比表面积 $\geq 700\text{m}^2/\text{kg}$ ,密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0074] 石英砂为超细石英砂,其规格为70~110目,粒径为 $0.1\sim 0.15\text{mm}$ 。纳米导电碳粉的粒径在 $9\sim 20\text{nm}$ ,电阻率为 $0.5\sim 1.0\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

[0075] 聚乙烯纤维长度为 $6\text{mm}\sim 12\text{mm}$ ,直径为 $12\sim 39\ \mu\text{m}$ ,弹性模量 $\geq 100\text{GPa}$ ,极限抗拉强度 $\geq 2500\text{MPa}$ ,断裂伸长率为 $2\%\sim 6\%$ 。

[0076] 碳纤维为短切碳纤维,其长度在 $3\sim 9\text{mm}$ ,直径在 $5\sim 20\ \mu\text{m}$ ,电阻率为 $0.01\sim 0.1\ \Omega \cdot \text{m}$ ,抗拉强度为 $3000\sim 5000\text{MPa}$ 。

[0077] 其制备过程包括如下步骤：

[0078] 1) 按照比例称取各原料；

[0079] 2) 将水泥、粉煤灰、石英砂和纳米导电碳粉在水泥砂浆搅拌机中混合,以 $120\text{r}/\text{min}$ 的转速干搅 $2.5\text{min}$ ;然后加入量取好的水(水的重量份为25份),以 $120\text{r}/\text{min}$ 的转速湿搅 $7\text{min}$ ,形成水泥基体；

[0080] 3) 向水泥基体中先加入碳纤维,以 $120\text{r}/\text{min}$ 的转速湿搅 $7\text{min}$ ,再以 $260\text{r}/\text{min}$ 的转速湿搅 $7\text{min}$ ;之后加入聚乙烯纤维,以 $120\text{r}/\text{min}$ 的转速湿搅 $7\text{min}$ ,再以 $260\text{r}/\text{min}$ 的转速湿搅 $7\text{min}$ ,然后取规格尺寸的模具,浇筑振动成型,静置16小时后脱模,再在标准养护室养护28天,即得到导电超高延性的水泥基复合材料。

[0081] 在MTS万能单轴拉伸机上对实施例1、例2及例3制备的导电超高延性的水泥基复合材料进行单轴拉伸性能测试,结果如图2所示。从图中可以看出,开始加载后,力传感器的读数迅速增加而应变则增加较为缓慢。当荷载增加到约 $2\text{kN}$ 左右时,试件上出现第一条裂缝,荷载随之出现小幅度下降,此时裂缝处的桥接纤维开始发挥作用,提高了截面的承载能力,使裂缝宽度逐渐趋于平稳而不是继续开展。这样的开裂模式将有利于水泥基内部的导电网络保持连接,而不是因为大裂缝突然发展造成导电网络的中断。所有实施例配置的材料极限应变均可以保持在2%以上,是普通混凝土的200多倍。

[0082] 实施例4：

[0083] 本实施实例用于检验所制备的仅掺加碳纤维的水泥基复合材料的导电升温功能,按照重量份数包括以下组分：

[0084]	水泥	40份
[0085]	粉煤灰	15份
[0086]	石英砂	10份

[0087] 还包括按照体积掺量1.5%的聚乙烯纤维和体积掺量0.5%的碳纤维。



[0088] 水泥为普通硅酸盐水泥或者复合硅酸盐水泥,其28天抗压强度 $\geq 52.5\text{MPa}$ ,28天抗折强度 $\geq 7.0\text{MPa}$ ,比表面积 $\geq 300\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0089] 粉煤灰为一级粉煤灰,其比表面积 $\geq 700\text{m}^2/\text{kg}$ ,密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。石英砂为超细石英砂,其规格为70~110目,粒径为0.1~0.15mm。

[0090] 纳米导电碳粉的粒径在9~20nm,电阻率为 $0.5\sim 1.0\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

[0091] 聚乙烯纤维长度为6mm~12mm,直径为12~39 $\mu\text{m}$ ,弹性模量 $\geq 100\text{GPa}$ ,极限抗拉强度 $\geq 2500\text{MPa}$ ,断裂伸长率为2%~6%。

[0092] 碳纤维为短切碳纤维,其长度在3~9mm,直径在5~20 $\mu\text{m}$ ,电阻率为 $0.01\sim 0.1\ \Omega \cdot \text{m}$ ,抗拉强度为3000~5000MPa。

[0093] 其制备过程包括如下步骤:

[0094] 1) 按照比例称取各原料;

[0095] 2) 将水泥、粉煤灰和石英砂在水泥砂浆搅拌机中混合,以140r/min的转速干搅2min;然后加入量取好的水(水的重量份为30份),以140r/min的转速湿搅5min,形成水泥基体;

[0096] 3) 向水泥基体中先加入碳纤维,以140r/min的转速湿搅5min,再以280r/min的转速湿搅5min;之后加入聚乙烯纤维,以140r/min的转速湿搅5min,再以280r/min的转速湿搅5min,然后取规格尺寸的模具,浇筑振动成型,静置24小时后脱模,再在标准养护室养护28天,即得到导电超高延性的水泥基复合材料。

[0097] 实施例5:

[0098] 本实施实例用于检验所制备的掺加碳纤维及纳米导电碳粉的水泥基复合材料的导电升温功能,按照重量份数包括以下组分:

	水泥	40 份
	粉煤灰	15 份
[0099]	石英砂	10 份
	纳米导电碳粉	3 份

[0100] 还包括按照体积掺量1.5%的聚乙烯纤维和体积掺量0.5%的碳纤维。

[0101] 水泥为普通硅酸盐水泥或者复合硅酸盐水泥,其28天抗压强度 $\geq 52.5\text{MPa}$ ,28天抗折强度 $\geq 7.0\text{MPa}$ ,比表面积 $\geq 300\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0102] 粉煤灰为一级粉煤灰,其比表面积 $\geq 700\text{m}^2/\text{kg}$ ,密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。石英砂为超细石英砂,其规格为70~110目,粒径为0.1~0.15mm。

[0103] 纳米导电碳粉的粒径在9~20nm,电阻率为 $0.5\sim 1.0\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

[0104] 聚乙烯纤维长度为6mm~12mm,直径为12~39 $\mu\text{m}$ ,弹性模量 $\geq 100\text{GPa}$ ,极限抗拉强度 $\geq 2500\text{MPa}$ ,断裂伸长率为2%~6%。

[0105] 碳纤维为短切碳纤维,其长度在3~9mm,直径在5~20 $\mu\text{m}$ ,电阻率为 $0.01\sim 0.1\ \Omega \cdot \text{m}$ ,抗拉强度为3000~5000MPa。

[0106] 其制备过程包括如下步骤:

[0107] 1) 按照比例称取各原料;

[0108] 2) 将水泥、粉煤灰、石英砂和纳米导电碳粉在水泥砂浆搅拌机中混合,以140r/min

的转速干搅2min;然后加入量取好的水(水的重量份为30份),以140r/min的转速湿搅5min,形成水泥基体;

[0109] 3)向水泥基体中先加入碳纤维,以140r/min的转速湿搅5min,再以280r/min的转速湿搅5min;之后加入聚乙烯纤维,以140r/min的转速湿搅5min,再以280r/min的转速湿搅5min,然后取规格尺寸的模具,浇筑振动成型,静置24小时后脱模,再在标准养护室养护28天,即得到导电超高延性的水泥基复合材料。

[0110] 分别对实施例4和实施例5所配制的水泥基复合材料进行升温实试验:在通电之前,在试件两端涂刷银浆并包裹铜片,以减少端部电阻效应;然后利用直流稳压电源可调电源(HY3005F-3型)在试件两端提供30V电压,使试件通电发热;在加热过程中,利用Omega热电偶及高性能数字万用表(34410A型)获得试件在通电加热过程中产生的电流及温度。

[0111] 试验结果如图4所示,相比于仅掺加碳纤维的水泥基复合材料,本发明设计的导电超高延性水泥基复合材料在20min内表面温度可以上升至50℃,并且具有较强的稳定性,已经初步具备了冬季路面除冰的性能。

[0112] 以上所述仅为本发明的一种实施方式,不是全部或唯一的实施方式,本领域普通技术人员通过阅读本发明说明书而对本发明技术方案采取任何等效或者掺加剂量上的变化,为本发明权利要求所覆盖。

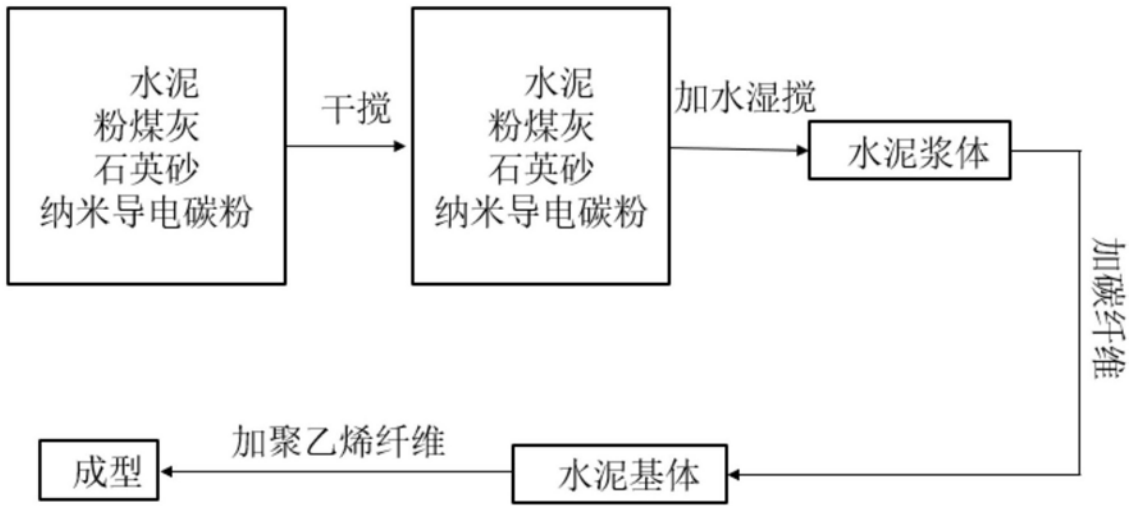


图1

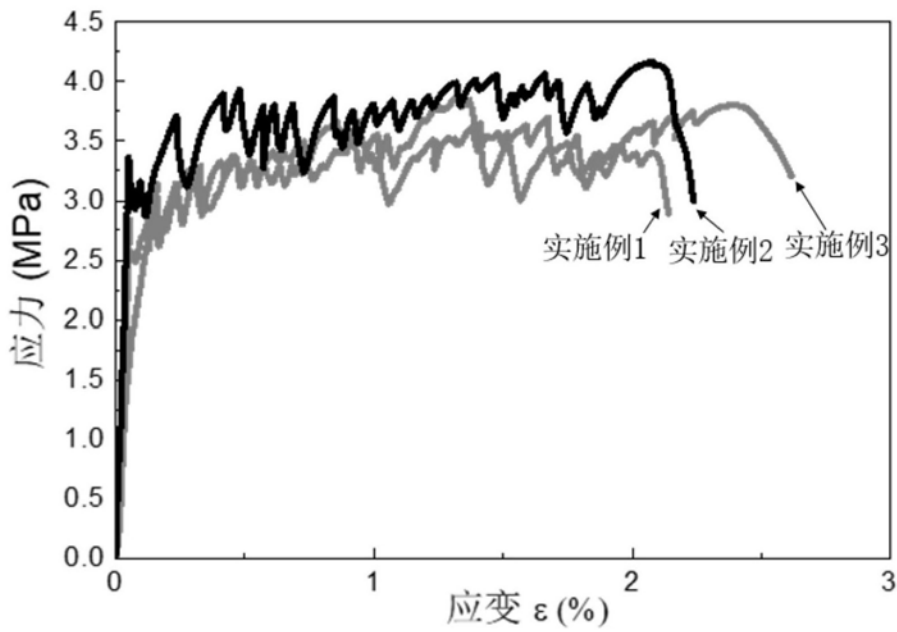


图2

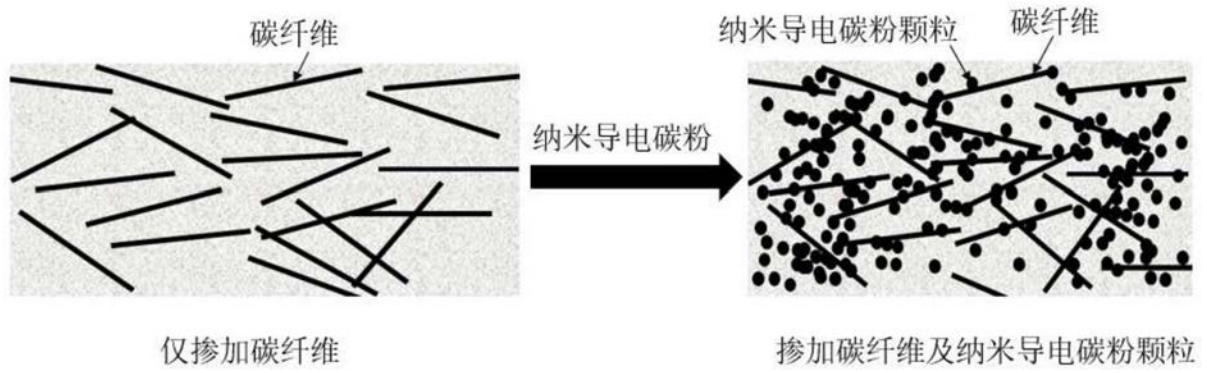


图3

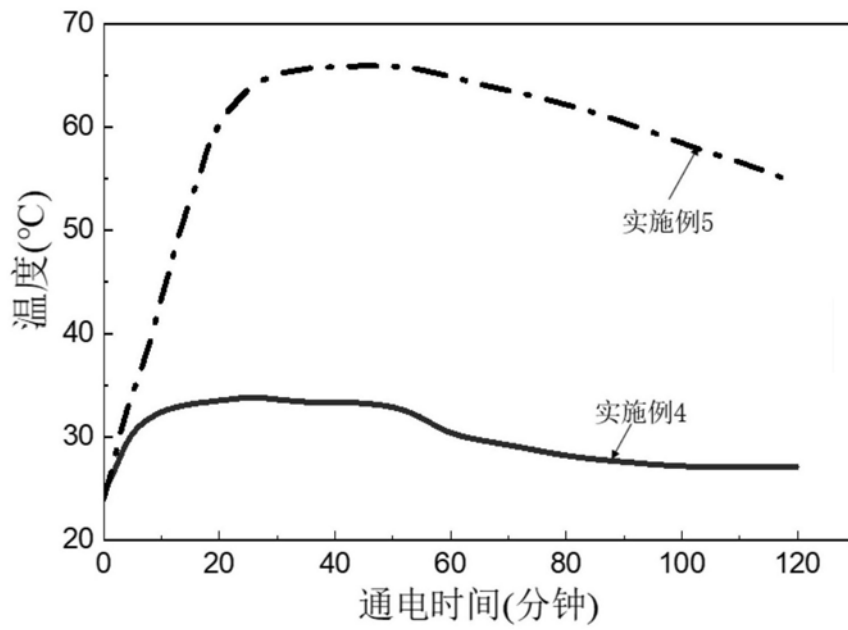


图4