



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104129964 B

(45) 授权公告日 2016.06.29

(21) 申请号 201410394735.7

审查员 张春荣

(22) 申请日 2014.08.13

(73) 专利权人 福州大学

地址 362251 福建省泉州市晋江市金井镇七匹狼工业园区福州大学晋江研究院海洋工程研究中心

(72) 发明人 陈剑锋 陈浩 李娜

(74) 专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 蔡学俊

(51) Int. Cl.

*C04B 28/10*(2006.01)

*C04B 38/02*(2006.01)

*C04B 24/10*(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料

(57) 摘要

本发明提供了一种蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,涉及加气混凝土的绿色化学制备,属于新型环境友好精细化工材料和绿色建材领域。是以硅质和钙质材料为主要原料,掺入发气剂、调节剂和引气剂,经水化反应、浇注成模、预养成坯、切割成型、蒸压养护、出釜加工等工艺制成的蒸压加气混凝土制品。该制品干密度 $< 236\text{kg/m}^3$ 、抗压强度 $> 0.59\text{MPa}$ 、气孔平均直径 $< 0.48\text{mm}$ 、合格率 $> 90\%$ 。通过添加少量的皂苷类混凝土引气剂,可显著提高生产过程水料比、单位铝粉发气量和浇注稳定性,以及制品的体积、强度和品质。本发明构思新颖、原料丰富、工艺简单、成本低廉、便于实施,有较大推广性,该制品为新型填充材料,具有吸声隔音、保温隔热和水面漂浮用途。

1. 一种蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,其特征在于:总干料中各原料重量百分比:水泥18~19%、石灰18~19%、细砂60~61%、发气剂以铝计0.28~0.30%、石膏2.5~2.6%、皂苷类引气剂以皂素计0.042~0.050%,各原料的重量百分数之和为100%;拌合水与总干料的重量比0.82~0.84;

干密度 $<236 \text{ kg/m}^3$ 、抗压强度 $>0.59 \text{ MPa}$ 、气孔平均直径 $<0.48 \text{ mm}$ 、冻后质量损失率 $<4.9\%$ 、冻后抗压强度损失率 $<19.5\%$ 、干态导热系数 $<0.08 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、制品合格率 $>90\%$ 。

2. 根据权利要求1所述的蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,其特征在于:所述的发气剂为金属铝的粉剂或膏剂。

3. 根据权利要求2所述的蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,其特征在于:所述的发气剂为水溶性铝粉膏。

4. 根据权利要求1所述的蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,其特征在于:所述的细砂为海砂、江砂、河砂、机制砂、风化砂中的一种或几种。

5. 根据权利要求1所述的蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,其特征在于:作为填充材料应用于吸声隔音层、保温隔热层、浮体、浮标、浮球、浮筏式网箱的加工与施工。

6. 根据权利要求1所述的蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,其特征在于:将上述原材料混匀后,经水化反应、浇注成模、预养成坯、切割成型、蒸压养护、出釜加工,制得蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料。

## 蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料

### 技术领域

[0001] 本发明提供了一种蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,涉及加气混凝土的绿色化学制备,属于新型的环境友好精细化工材料和绿色环保节能建材领域。

### 背景技术

[0002] 开发新型墙体材料是推动我国经济社会可持续健康发展和建设生态型国家的战略需求。加气混凝土是一种新型绿色环保节能材料,是指以钙质材料和硅质材料为主要原料,掺入发气剂,经水化反应、浇注成型、预养切割、蒸压养护等工艺形成的多孔性新型墙体材料,是一种可实现资源、环境、性能和成本最佳组合的新型环保节能建材,是当今世界唯一一种能满足寒冷地区65%以上节能要求的单一墙体材料,也是我国“十二五”期间及未来较长时期内,国家大力推广的绿色建材新品种。

[0003] 加气混凝土生产过程通常包括原材料制备、配料、浇注、静停、切割、蒸压养护及出釜加工等工序,其关键在于浇注过程浆体要稳定、不出现塌模现象,静停过程坯体不出现收缩现象,蒸压养护后的砌块制品要容重低、砌体强度利用系数大、具有轻质多孔特征。

[0004] 目前,加气混凝土生产过程普遍存在浆体水料配合比低、浇注稳定性差、极易出现浆体塌模和坯体收缩现象,砌块制品普遍存在合格率低、容重高、抗压强度低、气孔大且不均匀、气孔量少、导热系数高、耐火极限短、耐久性差等问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,通过配料中掺入少量引气剂,能显著提高生产过程的浆体水料比和浇注稳定性、混凝土耐久性,可保证砌块制品的高合格率、低容重、高抗压强度及砌体强度利用系数,可充分体现加气混凝土砌块的轻质多孔特色,可为建设资源节约型和环保生态型社会提供精细化工材料和新型绿色环保节能墙体材料。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,总干料中各原料重量百分比为:钙质材料36~38%、硅质材料60~61%、发气剂以铝计0.28~0.30%、调节剂2.5~2.6%、引气剂以皂素计0.04~0.05%,各原料的重量百分数之和为100%;拌合水与总干料的质量比0.82~0.84。

[0008] 将上述原材料混匀后,经水化反应、浇注成模、预养成坯、切割成型、蒸压养护、出釜加工,制得蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料。

[0009] 制品干密度 $<236 \text{ kg/m}^3$ 、抗压强度 $>0.59 \text{ MPa}$ 、气孔平均直径 $<0.48 \text{ mm}$ 、冻后质量损失率 $<4.9\%$ 、冻后抗压强度损失率 $<19.5\%$ 、干态导热系数 $<0.08 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 、合格率 $>90\%$ 。

[0010] 所述的发气剂为金属铝、锌、镁的粉剂或膏剂中的一种或几种,优先选用水溶性铝粉膏。所述的调节剂为石膏。所述的引气剂为皂苷类混凝土引气剂。所述的钙质材料为水泥

和石灰。所述的硅质材料为细砂,包括海砂、江砂、河砂、机制砂、风化砂中的一种或几种。

[0011] 本发明各原材料的主要作用如下:铝粉的作用在于提供足够发气量、保证满模和产量、降低制品容重;水泥的作用在于调节坯体硬化速度和提高制品强度;石灰的作用在于调节浆体稠化速度、促进铝粉发气和提高制品强度;细砂的作用在于提供骨架和SiO<sub>2</sub>、使制品获得强度;石膏的作用在于调节水泥凝结时间和防止假凝现象、调控浇注稳定性、提高坯体强度;皂苷类引气剂的作用在于脱除铝粉膏表面硬脂酸保护剂、促进铝粉膏发气、稳泡、调控浆体浇注稳定性、提高制品合格率、提高铝粉和石灰的利用率;拌合水的作用在于提供足够的水化反应底物、提高铝粉和石灰的利用率。

[0012] 本发明能显著提高加气混凝土浇注稳定性的关键在于通过添加少量的皂苷类引气剂,来控制生产过程浆体的硬化速度、稠化速度和发气速度相匹配,不出现浆体塌模和坯体收缩现象。

[0013] 本发明能显著降低砌块制品容重和孔径的关键在于生产过程提供了足够的碱度和水分,保证铝粉的有效发气量,使释放出来的气泡能均匀扩散到浆体中形成微孔结构,还通过添加少量的皂苷类引气剂来提高单位铝粉发气量。

[0014] 本发明提高砌块制品强度的关键在于生产过程要提供足够的硅质和钙质材料,使在蒸压养护条件下能进一步生成水化硅酸钙和水化铝硅酸钙矿物结晶,提高制品后强度。

[0015] 本发明的有益效果在于:

[0016] 1、与普通混凝土相比,本发明的加气混凝土制品具有轻质多孔、耐久性强、长期荷载作用下的徐变值小、保温隔热性能优良、吸声隔音效果好、耐火耐热性佳、防震抗震性能优良、疏水抗渗性好、可加工性强、原料来源广泛、生产效率高、生产能耗低等优点,是国家大力推广的未来绿色建材新品种,能满足国家推进城镇化建设和节约环保型社会建设的需要。

[0017] 2、为了克服现有技术缺陷,本发明通过配料中掺入少量皂苷类引气剂,就可使水泥硬化速度、石灰稠化速度与铝粉发气速度更加匹配,提高了浆体浇注稳定性、不易出现塌模和收缩现象,加气混凝土的制品合格率高、更加轻质、多孔、高强度,具有意想不到的实质性进步。与对比例相比,本发明可提高浇注过程水料比36~40%和单位铝粉发气量13~18%、可增加制品体积20%,制备的砌块制品在容重减少17.5~17.8%的同时,抗压强度还可增加13~19%。

[0018] 3、与现有的加气混凝土生产配方相比,本发明在配方中添加了具有自主知识产权的皂苷类混凝土引气剂(简称:皂苷类引气剂)(申请公布号CN 103466984 A)。该皂苷类引气剂提取自油茶、无患子、皂荚、木花生、文冠果等含皂苷的植物,其主要功能成分为皂素。皂素是由皂苷配基、糖类配体和有机酸三部分组成,含有亲水和亲油基团,是一类齐墩果烷型五环三萜类皂苷混合物,亲疏平衡值HLB高达16,水溶性很好。

[0019] 4、本发明在配方中添加皂苷类引气剂可带来如下显著优点:

[0020] (1)本发明采用的皂苷类引气剂同时也是一种非离子型表面活性剂,其亲水基团是由强电负性的含氧基团组成,其亲油基团是由非极性的碳氢环键构成,能使铝粉膏更易溶解于碱性介质中,发气量更大,铝粉膏利用率更大。

[0021] (2)本发明的皂苷类引气剂会吸附到有硬脂酸保护剂的铝粉颗粒表面,通过吸附、渗透、浸润、卷离作用,使硬脂酸从铝粉表面剥离下来,使铝粉表面较快裸露出来,更快发

气。

[0022] (3)本发明的皂苷类引气剂溶解在加气混凝土浆料中,能在气液界面形成单分子排列,使气泡的表面张力降低;由于皂素的分子量大,形成的水化层厚,稳泡效果好,皂素分子可覆盖在气泡表面,使气泡强度更大,更不易扩大和破裂,使坯体气孔更小、更均匀、更致密、更易形成非连通孔。

[0023] 5、与现有的加气混凝土生产工艺相比,本发明仅仅在配方中添加了少量皂苷类引气剂,就可大幅度提高生产过程的水料比,水料比的提高可带来如下显著优点:

[0024] (1)在碱性条件下,铝粉发气反应式为 $2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + 3H_2\uparrow$ ,水料比提高后,将有更多的水参与铝粉发气生成氢气,直至铝粉被耗尽为止,这样,铝粉发气将更完全,可显著提高铝粉利用率和制品产量,降低制品容重和生产成本。

[0025] (2)石灰消解反应式为 $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Ca^{2+} + OH^-$ ,石灰消解会产生大量的 $Ca(OH)_2$ 、 $Ca^{2+}$ 和 $OH^-$ ,水料比提高后,将有更多的水参与石灰消解,使石灰消解更完全、反应更深入,可显著提高浆体浇注温度、石灰利用率和制品强度,可明显降低制品生产成本;同时,在浆体稠化速度较高条件下,还有富余的水来调节浆体的稠度与扩展度,保证铝粉发气产生的氢气容易扩散到浆体的各个角落,形成更多的微小气泡且分布更均匀,可显著提高制品孔隙率、降低气孔大小。

[0026] (3)石灰消解过程会产生大量的 $Ca(OH)_2$ , $Ca(OH)_2 \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+} + 2OH^-$ ,由于水料比提高后,有更多的水可用于溶解 $Ca(OH)_2$ ,浆体中pH值更高,更有利于铝粉膏的 $Al_2O_3$ 氧化膜被碱液溶解, $Al_2O_3 + 2OH^- \rightarrow 2AlO_2^- + H_2O$ ,使铝粉表面较快裸露出来、更快发气,后续铝粉发气更完全、发气效率更高;同时,更有利于蒸压养护条件下,有更多的 $Ca(OH)_2$ 和 $Ca^{2+}$ 与含硅材料 $SiO_2$ 和 $Al_2O_3$ 发生作用,以水热合成方式生成水化硅酸钙和水化铝硅胶钙,共同促进制品后强度的发展。

### 具体实施方式

[0027] 一种蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,总干料中各原料重量百分比:水泥18~19%、石灰18~19%、细砂60~61%、发气剂以铝计0.28~0.30%、调节剂2.5~2.6%、皂苷类引气剂以皂素计0.042~0.050%,各原料的重量百分数之和为100%;拌合水与总干料比(水料比)0.82~0.84,上述原材料混匀后,经水化反应、浇注成模、预养成坯、切割成型、蒸压养护、出釜加工,制得蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料。该制品干密度 $<236 \text{ kg/m}^3$ 、抗压强度 $>0.59 \text{ MPa}$ 、气孔平均直径 $<0.48 \text{ mm}$ 、冻后质量损失率 $<4.9\%$ 、冻后抗压强度损失率 $<19.5\%$ 、干态导热系数 $<0.08 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 、合格率 $>90\%$ ,可作为新型填充材料,应用于吸声隔音层、保温隔热层、浮体、浮标、浮球、浮筏式网箱的加工与施工。

[0028] 所述的发气剂为金属铝、锌、镁的粉剂或膏剂中的一种或几种,优先选用水溶性铝粉膏。所述调节剂为石膏。所述的引气剂为皂苷类混凝土引气剂,提取自油茶、无患子、皂荚、木花生、文冠果等含皂苷的植物,其主要功能成分为皂素。所述细砂为海砂、江砂、河砂、机制砂、风化砂中的一种或几种。

[0029] 当模具内容积为 $3.24 \text{ m}^3$ 时,原料组分及其配方为:水泥130~150 kg、石灰130~150 kg、细砂460 kg、石膏19.0 kg、发气剂(以铝计2.2~2.3 kg)、皂苷类混凝土引气剂(以皂素计0.30~0.35 kg)、拌合水625~640 kg。

[0030] 混凝土配合比设计根据《混凝土外加剂》(GB 8076-2008)规范和《普通混凝土设计规程》(JGJ 55-2011)进行。

[0031] 加气混凝土制品的品质和性能参数测定按照《蒸压加气混凝土砌块》(GB 11968-2006)进行。引气剂的皂素含量采用香兰素-浓硫酸比色法检测(申请公布号CN 103466984 A)。

[0032] 扩展度为表征浆体流动性的参数,采用圆筒模测定法。将内径50 mm、高度100 mm的圆筒模,置于水平放置的洁净玻璃板中心,注满浆体后,匀速垂直提起圆筒模,待浆体流延稳定后,测量浆体两个互相垂直方向的扩展直径,其平均值就是浆体扩展度。

[0033] 本发明各实施例与对比例的配合比设计见表1,各制品的主要性能参数汇总见表2。

[0034] 表1 各实施例与对比例的配合比设计(模具内容积3.24 m<sup>3</sup>)

[0035]

	石灰 kg	水泥 kg	细砂 kg	石膏 kg	铝粉 kg	皂素 kg	拌合水 kg
实施例1	150.1	130.5	460.3	19.0	2.3	0.35	640.5
实施例2	140.2	140.3	463.8	19.6	2.25	0.325	636.2
实施例3	129.9	150.3	462.1	19.0	2.2	0.3	626.3
对比例	140.5	141.9	470.3	19.8	2.3	0	464.9

[0036] 表2 各实施例与对比例的制品主要性能参数

[0037]

	体积 m <sup>3</sup>	水料比	容重 kg/m <sup>3</sup>	抗压强度 MPa	单位铝粉发气量 m <sup>3</sup> /kg
实施例1	3.24	0.84	235	0.62	0.986
实施例2	3.25	0.83	236	0.6	1.005
实施例3	3.25	0.82	235	0.59	1.029
对比例	2.71	0.60	286	0.52	0.871

[0038] 实施例 1

[0039] 按表1配方,定量称取各原料,先往浇注池中打入机制砂和风化砂混合物460.3 kg、石膏19.0 kg和地表水300 kg,搅匀形成砂膏浆,再打入石灰150.1 kg、水泥130.5 kg和余量拌合水,搅匀若干时间、控制浆体温度,温度 $\geq 49^{\circ}\text{C}$ 时,再流加水溶性铝粉膏(以铝计2.3 kg)和引气剂水剂(以皂素计0.35 kg)形成的混悬液,搅拌若干时间控制浆体扩展度,扩展度 $\geq 50$  cm时,浆体注入内容积为3.24 m<sup>3</sup>的模具,浇注完成后,模具移到静停室养护若干时间,坯体满足凝固要求后,移出静停室,按商品规格切割成型后腾出模具,坯体移到蒸压釜高温养护若干时间、使加速生成水化矿物、促进坯体的后强度发展,制品出釜后在仓库静养7天,制成蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料,可进一步应用于吸声隔音层、保温隔热层、浮体、浮标、浮球、浮筏式网箱的加工与施工。

[0040] 经检测,浇注过程水料比达0.84、单位铝粉发气量0.986 m<sup>3</sup>/kg,静停养护后坯体

体积达 $3.24\text{ m}^3$ ,所得制品干密度 $235\text{ kg/m}^3$ 、抗压强度 $0.62\text{ MPa}$ 、气孔平均直径 $<0.48\text{ mm}$ 、冻后质量损失率 $<4.9\%$ 、冻后抗压强度损失率 $<19.5\%$ 、干态导热系数 $<0.08\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 、合格率 $>90\%$ 。与对比例相比,浇注过程水料比和单位铝粉发气量分别提高了 $40\%$ 和 $13.15\%$ 、所制备的制品,体积增加了 $19.75\%$ 、容重减少了 $17.83\%$ 、抗压强度增加了 $19.23\%$ 。

#### [0041] 实施例 2

[0042] 按表1配方,定量称取各原料,先往浇注池中打入河砂 $163.8\text{ kg}$ 、石膏 $19.6\text{ kg}$ 和江河水 $300\text{ kg}$ ,搅匀形成砂膏浆,再打入石灰 $140.2\text{ kg}$ 、水泥 $140.3\text{ kg}$ 和余量拌合水,搅匀若干时间、控制浆体温度,温度 $\geq 49^\circ\text{C}$ 时,再直接倒入铝粉 $2.25\text{ kg}$ 和引气剂粉剂(以皂素计 $0.325\text{ kg}$ ),搅拌若干时间控制浆体扩展度,扩展度 $\geq 50\text{ cm}$ 时,浆体注入内容积为 $3.24\text{ m}^3$ 的模具,浇注完成后,模具移到静停室养护若干时间,坯体满足凝固要求后,移出静停室,按商品规格切割成型后腾出模具,坯体移到蒸压釜高温养护若干时间、使加速生成水化矿物、促进坯体的后强度发展,制品出釜后在仓库静养7天,制成蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料。

[0043] 经检测,浇注过程水料比达 $0.83$ 、单位铝粉发气量 $1.005\text{ m}^3/\text{kg}$ ,坯体体积达 $3.25\text{ m}^3$ ,所得制品干密度 $236\text{ kg/m}^3$ 、抗压强度 $0.6\text{ MPa}$ 、气孔平均直径 $<0.48\text{ mm}$ 、冻后质量损失率 $<4.9\%$ 、冻后抗压强度损失率 $<19.5\%$ 、干态导热系数 $<0.08\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 、合格率 $>90\%$ 。与对比例相比,浇注过程水料比和单位铝粉发气量分别提高了 $38.33\%$ 和 $15.38\%$ 、所制备的制品,体积增加了 $19.84\%$ 、容重减少了 $17.48\%$ 、抗压强度增加了 $15.38\%$ 。

#### [0044] 实施例 3

[0045] 按表1配方,定量称取各原料,先往浇注池中打入海砂 $462.1\text{ kg}$ 、石膏 $19.0\text{ kg}$ 和海水 $300\text{ kg}$ ,搅匀形成砂膏浆,再打入石灰 $129.9\text{ kg}$ 、水泥 $150.3\text{ kg}$ 和余量拌合水,搅匀若干时间、控制浆体温度,温度 $\geq 49^\circ\text{C}$ 时,再流加水溶性铝粉膏(以铝计 $2.2\text{ kg}$ )、引气剂粉剂(以皂素计 $0.30\text{ kg}$ )和水 $3.5\text{ kg}$ 形成的混悬液,搅拌若干时间控制浆体扩展度,扩展度 $\geq 50\text{ cm}$ 时,浆体注入内容积为 $3.24\text{ m}^3$ 的模具,浇注完成后,模具移到静停室养护若干时间,坯体满足凝固要求后,移出静停室,按商品规格切割成型后腾出模具,坯体移到蒸压釜高温养护若干时间、使加速生成水化矿物、促进坯体的后强度发展,制品出釜后在仓库静养7天,制成蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料。

[0046] 经检测,浇注过程水料比达 $0.82$ 、单位铝粉发气量 $1.029\text{ m}^3/\text{kg}$ ,坯体体积达 $3.25\text{ m}^3$ ,所得制品干密度 $235\text{ kg/m}^3$ 、抗压强度 $0.59\text{ MPa}$ 、气孔平均直径 $<0.48\text{ mm}$ 、冻后质量损失率 $<4.9\%$ 、冻后抗压强度损失率 $<19.5\%$ 、干态导热系数 $<0.08\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 、合格率 $>90\%$ 。与对比例相比,浇注过程水料比和单位铝粉发气量分别提高了 $36.67\%$ 和 $18.26\%$ 、所制备的制品,体积增加了 $20.11\%$ 、容重减少了 $17.83\%$ 、抗压强度增加了 $13.46\%$ 。

#### [0047] 对比例

[0048] 按表1配方,定量称取各原料,先往浇注池中打入河砂 $470.3\text{ kg}$ 、石膏 $19.8\text{ kg}$ 和江河水 $300\text{ kg}$ ,搅匀形成砂膏浆,再打入石灰 $140.5\text{ kg}$ 、水泥 $141.9\text{ kg}$ 和余量拌合水,搅匀若干时间、控制浆体温度,温度 $\geq 49^\circ\text{C}$ 时,再直接倒入铝粉 $2.3\text{ kg}$ ,搅拌若干时间控制浆体扩展度,扩展度 $\geq 50\text{ cm}$ 时,浆体注入内容积为 $3.24\text{ m}^3$ 的模具,浇注完成后,模具移到静停室养护若干时间,坯体满足凝固要求后,移出静停室,按商品规格切割成型后腾出模具,坯体移到蒸压釜高温养护若干时间、使加速生成水化矿物、促进坯体的后强度发展,制品出釜后在

仓库静养7天,制成蒸压加气混凝土型轻质多孔填充材料。

[0049] 经检测,与实施例2相同配方条件下,未添加皂苷类引气剂时,浇注过程水料比最大只能达到0.60,超过此极限会出现塌模,最优工艺状态下,单位铝粉发气量 $0.871 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,坯体体积达 $2.71 \text{ m}^3$ 、仍无法满模,所得制品干密度 $286 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、抗压强度 $0.52 \text{ MPa}$ 、气孔平均直径 $>0.5 \text{ mm}$ 、干燥收缩值 $>0.5 \text{ mm}/\text{m}$ 、冻后质量损失率 $>5\%$ 、冻后抗压强度损失率 $>20\%$ 、干态导热系数 $>0.10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、合格率 $<75\%$ 。

[0050] 以上实施例旨在进一步举例描述本发明,而不是以任何方式限制本发明。凡依本发明专利申请范围所做的均等变化与修饰,或直接或间接运用在其它相关技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。