



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112479615 B

(45) 授权公告日 2021.09.28

(21) 申请号 202011331091.9

C04B 20/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.24

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 107074651 A, 2017.08.18

申请公布号 CN 112479615 A

审查员 王泽

(43) 申请公布日 2021.03.12

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街
道高新技术产业园南区粤兴一道18号
香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 戴建国 徐令宇 钱蓝萍

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事

务所(普通合伙) 44268

代理人 刘芙蓉

(51) Int. Cl.

C04B 18/02 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料及其制备方法。所述制备方法包括步骤:将胶凝材料、碱激发剂和水混合,并搅拌,得到浆体;将所述浆体进行第一次养护,得到硬化的地聚合物浆体;将所述地聚合物浆体进行破碎处理,得到地聚合物骨料颗粒;将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护,得到所述地聚合物人工骨料;其中,按质量百分比计,所述胶凝材料由主要材料50%-100%和次要材料0%-50%组成。本发明所采用的破碎技术操作简单,无需高耗能,且无需添加水泥,从而避免了水泥煅烧排放大量温室气体的问题。另外,本发明人工骨料强度随放置时间的增加而增长。

1. 一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其特征在于,包括步骤:

将胶凝材料、碱激发剂和水混合,并搅拌,得到浆体;

将所述浆体进行第一次养护,得到硬化的地聚合物浆体;

将所述地聚合物浆体进行破碎处理,得到地聚合物骨料颗粒;

将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护,得到所述地聚合物人工骨料;

其中,按质量百分比计,所述胶凝材料由主要材料50%-100%和次要材料0%-50%组成,其中所述主要材料包括具有火山灰活性的工业副产品,所述次要材料包括具有弱激发性的工业固体废弃物和城市生活垃圾焚烧灰中的至少一种;

所述碱激发剂为工业偏硅酸钠;

所述水与胶凝材料的质量比为0.3-0.4;

所述地聚合物人工骨料呈不规则状;

所述将所述浆体进行第一次养护的步骤,具体包括:将所述浆体在常温下养护24-48小时;

所述将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护的步骤,具体包括:将所述地聚合物骨料颗粒在60-105℃温度下养护24-48小时,再在常温下养护28天以上。

2. 根据权利要求1所述的基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其特征在于,所述主要材料为具有火山灰活性的工业副产品;或者,所述主要材料为具有火山灰活性的工业副产品和具有高激发性的钙相工业副产品的混合物。

3. 根据权利要求2所述的基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其特征在于,所述具有火山灰活性的工业副产品为粉煤灰,所述具有高激发性的钙相工业副产品为粒化高炉矿渣粉。

4. 根据权利要求1所述的基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其特征在于,所述工业固体废弃物为赤泥、锂渣、钢渣和废玻璃中的至少一种;所述城市生活垃圾焚烧灰为焚烧灰底灰和飞灰中的至少一种。

5. 根据权利要求1所述的基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其特征在于,所述工业偏硅酸钠中的氧化钠占胶凝材料的质量分数为5%-8%,所述工业偏硅酸钠中的二氧化硅与氧化钠的摩尔比为0.5-2.0。

6. 根据权利要求1所述的基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其特征在于,所述地聚合物骨料颗粒的粒径为0-20mm。

一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及建筑材料技术领域,尤其涉及一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料及其制备方法。

背景技术

[0002] 目前,随着建筑工程和房地产产业的不断发展,天然骨料已不再成为“无限”供给的自然资源。尽管部分工程师和研究人员意图采用再生骨料来解决这一问题,但是其存在着旧界面薄弱等技术问题,而这些问题的预处理需要耗费大量的能源。另一方面,工业副产品的大量堆积也引起了一系列环境问题,如何有效回收利用这些工业副产品也成为了当前生态可持续发展要求所需要解决的一大问题。

[0003] 针对上述的骨料紧缺问题,人工骨料的制备提供了一种十分经济有效的技术手段。目前,采用的人工骨料形式主要包括煅烧骨料和冷固结骨料两种形式。前者在制备时需要将原材料放入高于1000℃环境下煅烧结晶化,虽然生成的骨料具有轻质高强等优点,但其耗能巨大,不利于工业化生产。而后者采用粘结材料(通常采用20%的水泥)对工业副产品进行粘结,在水环境下硬化,进而破碎形成人工骨料。该形式耗能低,但是受到粘结材料强度的局限性,最终产物制备的混凝土强度一般较低,同时水泥的使用会导致大量二氧化碳的排放,从而产生温室效应。

发明内容

[0004] 针对上述提及的环境问题,当前的一种碱激发地聚合物胶凝材料成为了一种合理有效的解决办法。地聚合物的制备是由碱在水环境下对硅-铝-钙相材料进行激发,从而该材料可较快硬化形成具有一定强度的胶凝材料。由于该材料具有低耗能、低二氧化碳排放、耐腐蚀,高强度、可固化重金属离子等优点,是一种典型的绿色建材。本发明利用破碎方法对碱激发地聚合物浆体进行破碎,从而制备出一种高强度、高耐久性、强度可持续增长的地聚合物人工骨料。

[0005] 本发明的技术方案如下:

[0006] 第一方面,本发明提供一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其中,包括步骤:

[0007] 将胶凝材料、碱激发剂和水混合,并搅拌,得到浆体;

[0008] 将所述浆体进行第一次养护,得到硬化的地聚合物浆体;

[0009] 将所述地聚合物浆体进行破碎处理,得到地聚合物骨料颗粒;

[0010] 将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护,得到所述地聚合物人工骨料;

[0011] 其中,按质量百分比计,所述胶凝材料由主要材料50%-100%和次要材料0%-50%组成,其中所述主要材料包括具有火山灰活性的工业副产品,所述次要材料包括具有弱激发性的工业固体废弃物和城市生活垃圾焚烧灰中的至少一种。

[0012] 可选地,所述主要材料为具有火山灰活性的工业副产品;或者,所述主要材料为具

有火山灰活性的工业副产品和具有高激发性的钙相工业副产品的混合物。

[0013] 可选地,所述具有火山灰活性的工业副产品为粉煤灰,所述具有高激发性的钙相工业副产品为粒化高炉矿渣粉。

[0014] 可选地,所述工业固体废弃物为赤泥、锂渣、钢渣和废玻璃中的至少一种;

[0015] 所述城市生活垃圾焚烧灰为焚烧灰底灰和飞灰中的至少一种。

[0016] 可选地,所述碱激发剂为工业偏硅酸钠;

[0017] 所述工业偏硅酸钠中的氧化钠占胶凝材料的质量分数为5%-8%,所述工业偏硅酸钠中的二氧化硅与氧化钠的摩尔比为0.5-2.0。

[0018] 可选地,所述水与胶凝材料的质量比为0.3-0.4。

[0019] 可选地,所述地聚合物骨料颗粒的粒径为0-20mm。

[0020] 可选地,所述将所述浆体进行第一次养护的步骤,具体包括:将所述浆体在常温下养护24-48小时。

[0021] 可选地,所述将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护的步骤,具体包括:将所述地聚合物骨料颗粒在60-105℃温度下养护24-48小时,再在常温下养护28天以上。

[0022] 第二方面,本发明提供一种地聚合物人工骨料,其中,采用本发明所述的基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法制备得到。

[0023] 有益效果:本发明采用工业副产品为主要原料,或辅以部分具有弱激发性能的工业固体废弃物或城市生活垃圾焚烧灰,采用碱激发剂进行碱激发,从而获得具有一定凝胶能力和硬化强度的地聚合物浆体,接着利用破碎方式将地聚合物浆体破碎成骨料形式,经过养护后即可得到具有良好力学性能(包括高强度、强度可持续增长)以及优异的耐久性能的地聚合物人工骨料。本发明人工骨料为天然骨料的替代提供了新的可能,在一定程度上解决了骨料紧缺以及工业副产品堆积方面的环境问题。同时,若添加次要材料,具有重金属固结能力的主要材料可固结次要材料中的有毒金属。相比传统废弃物处理技术,本发明在具有良好环境效应的同时,大大降低了成本。另外,本发明破碎方法耗能低,且无需添加水泥,从而避免了水泥煅烧排放大量温室气体问题。此外,本发明方法,操作便利,无需复杂特殊生产装置,工艺简单,生产成本低。

具体实施方式

[0024] 本发明提供一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料及其制备方法,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0025] 本发明实施例提供一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法,其中,包括步骤:

[0026] S10、将胶凝材料、碱激发剂和水混合,并搅拌,得到浆体;

[0027] S20、将所述浆体进行第一次养护,得到硬化的地聚合物浆体;

[0028] S30、将所述地聚合物浆体进行破碎处理,得到地聚合物骨料颗粒;

[0029] S40、将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护,得到所述地聚合物人工骨料;

[0030] 其中,按质量百分比计,所述胶凝材料由主要材料50%-100%和次要材料0%-50%组成,其中所述主要材料包括具有火山灰活性的工业副产品,所述次要材料包括具有

弱激发性的工业固体废弃物和城市生活垃圾焚烧灰中的至少一种。

[0031] 本实施例采用工业副产品为主要材料,可添加或不添加次要材料(如工业固体废弃物或城市垃圾焚烧灰),采用碱激发剂(如工业偏硅酸钠)进行碱激发,从而获得具有一定凝胶能力和硬化强度的地聚合物浆体,接着利用破碎方式将地聚合物浆体破碎成骨料形式,经过养护后即可得到具有良好力学性能(包括高强度、强度可持续增长)以及优异的耐久性能的地聚合物人工骨料。

[0032] 本实施例中,胶凝材料可以全部采用主要材料,也可以采用具有弱激发性的工业固体废弃物和城市生活垃圾焚烧灰中的至少一种作为次要材料替代部分主要材料,次要材料中的重金属(由于未经分拣处理,通常工业固体废弃物和城市生活垃圾焚烧灰中存留有有毒的重金属)可被具有重金属固结能力的碱激发后的主要材料高效固结,其主要在于主要材料激发形成的地聚合物浆体在分子层面上呈三维网络结构状,有毒的重金属则可被固结于该三维网络结构中,相比传统废弃物处理技术而言成本大大降低,同时可帮助解决工业固体废弃物或城市生活垃圾焚烧灰的填埋和堆积问题。

[0033] 本实施例还具有以下优势:

[0034] 1、本实施例以工业副产品作为主要材料,或辅以部分具有弱激发性能的工业固体废弃物或城市生活垃圾焚烧灰为次要材料,采用廉价碱激发剂,生产成本低,具有很好的经济效益的同时,可固化重金属元素,具有绿色环保的优点,且化废为宝,大大解决了工业副产品、废料和垃圾堆积方面的环境问题。

[0035] 2、与大多数采用水泥粘结的制备工艺大大不同,本实施例采用碱激发方式制备人工骨料,无需添加水泥,从而降低了二氧化碳排放量。

[0036] 3、本实施例人工骨料为天然骨料的替代提供了新的可能,在一定程度上解决了骨料紧缺的问题。

[0037] 4、本实施例所采用的破碎技术操作简单,无需高耗能。此外,本实施例方法操作便利,工艺简单。

[0038] 5、本实施例人工骨料强度随放置时间的增加而增长,这是主要由于工业副产品的火山灰性能在长期过程中不断被激发。该骨料强度要求可根据产品性能要求而进行调整,调整方法可包括:改变主要材料含量以及进行表面处理,改变次要材料含量,改变用水量,改变碱激发剂含量,改变碱激发剂种类,改变养护方式等。另外,骨料的碱度、吸水率等性能也可根据产品性能要求而进行调整,且同样可以采用上述方法进行调整。

[0039] 6、本实施例破碎得到的地聚合物人工骨料呈不规则状,根据破碎的地聚合物骨料的粒径范围,最终制备得到的地聚合物人工骨料可以作为粗骨料(4.75-20mm)进行应用,也可以作为河砂替代品(0-4.75mm)进行应用。

[0040] 步骤S10中,在一种实施方式中,所述主要材料为具有火山灰活性的工业副产品;或者,所述主要材料为具有火山灰活性的工业副产品和具有高激发性的钙相工业副产品的混合物。

[0041] 在一种实施方式中,所述具有火山灰活性的工业副产品为粉煤灰。

[0042] 在一种实施方式中,所述具有高激发性的钙相工业副产品为粒化高炉矿渣粉。

[0043] 在一种实施方式中,所述工业固体废弃物为赤泥、锂渣、钢渣和废玻璃等中的至少一种。

[0044] 在一种实施方式中,所述城市生活垃圾焚烧灰为焚烧灰底灰和飞灰中的至少一种。

[0045] 在一种实施方式中,所述碱激发剂为工业偏硅酸钠等。本实施例采用廉价工业偏硅酸钠作为碱激发剂进行碱激发,生产成本低,具有很好的经济效益。

[0046] 在一种实施方式中,所述工业偏硅酸钠中的氧化钠占胶凝材料的质量分数为5%-8%,该选取范围既可以确保工业副产品的充分激发,又可以尽量避免含碱量过高时的泛碱现象;所述工业偏硅酸钠中的二氧化硅与氧化钠的摩尔比为0.5-2.0。

[0047] 在一种实施方式中,所述水与胶凝材料的质量比为0.3-0.4,该用水量可确保地聚合物浆体的充分拌和,同时较低的水灰比可产生较高强度的地聚合物。

[0048] 步骤S20中,在一种实施方式中,所述将所述浆体进行第一次养护的步骤,具体包括:将所述浆体在常温(20-30℃)下养护24-48小时。通过该养护,可以得到强度适宜的地聚合物浆体,具体地聚合物浆体的强度在0.3-35MPa范围内。因为强度过高会耗费后续破碎的能量,而强度过低则难以破碎成好的骨料形状。

[0049] 步骤S30中,在一种实施方式中,所述地聚合物骨料颗粒的粒径为0-20mm。当地聚合物骨料颗粒的粒径为0-4.75mm时,最终制备得到的地聚合物人工骨料可以作为河砂进行应用;当地聚合物骨料颗粒的粒径为4.75-20mm时,最终制备得到的地聚合物人工骨料可以作为粗骨料进行应用,从而使得材料可以做到充分利用。

[0050] 步骤S40中,在一种实施方式中,所述将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护的步骤,具体包括:将所述地聚合物骨料颗粒在60-105℃温度下养护24-48小时,再在常温(20-30℃)下养护28天以上。在60-105℃温度下养护,有利于加强火山灰活性的反应。

[0051] 在一种实施方式中,所述将所述地聚合物骨料颗粒进行第二次养护的步骤,具体包括:将所述地聚合物骨料颗粒在60-105℃温度下养护24小时,再进行常温养护28天,经过该养护后即可投入使用。

[0052] 本实施例以工业副产品作为制备原料,或辅以部分具有弱激发性能的工业固体废弃物或城市生活垃圾焚烧灰为次要材料,采用廉价碱激发剂,生产成本低,具有很好的经济效益的同时,反应过程不产生有毒气体,也可固化废弃物或垃圾中的重金属元素,具有绿色环保的优点。同时,本实施例人工骨料为天然骨料的替代提供了新的可能,且该人工骨料强度等要求也可根据产品性能要求而进行调整,调整方法可包括:改变主要材料含量以及进行表面处理,改变次要材料含量,改变用水量,改变碱激发剂含量,改变碱激发剂种类,改变养护方式等。

[0053] 本发明实施例提供一种地聚合物人工骨料,其中,采用如上所述的基于破碎方法的地聚合物人工骨料的制备方法制备得到。

[0054] 本实施例人工骨料强度随放置时间的增加而增长。该骨料强度要求可根据产品性能要求而进行调整,调整方法可包括:改变主要材料含量以及进行表面处理,改变次要材料含量,改变用水量,改变碱激发剂含量,改变碱激发剂种类,改变养护方式等。

[0055] 下面通过具体的实施例对本发明作进一步地说明。

[0056] 实施例1

[0057] 基于破碎方法的地聚合物人工骨料,其组成如下:

[0058] (1) 胶凝材料采用粉煤灰,占胶凝材料总量的100%,无次要材料;

[0059] (2) 碱激发剂为工业偏硅酸钠,模数(碱激发剂中二氧化硅与氧化钠的摩尔比)为0.94,碱激发剂中氧化钠含量占胶凝材料的质量分数为5.2%;

[0060] (3) 水与胶凝材料的质量比为0.3。

[0061] 本实施例中基于破碎方法制备地聚合物人工骨料的过程如下:

[0062] 首先,将粉煤灰、工业偏硅酸钠搅拌均匀,进而加入水,从而得到浆体;待形成浆体后浇入模具,在常温下养护24小时,得到硬化的地聚合物浆体;随后,将该地聚合物浆体取出并采用破碎机破碎,破碎得到的地聚合物骨料颗粒尺寸为0~20mm;最后,将地聚合物骨料颗粒放在105℃烘箱中养护24小时,取出进行常温养护28天。

[0063] 将制备得到的地聚合物人工骨料进行基本性能测试,测试方法根据《中华人民共和国国家标准GB/T 17431.2-2010轻集料及其试验方法第二部分:轻集料试验方法》,测试结果如下:

[0064] 24h吸水率:22.4%;

[0065] 表观密度:1536.4kg/m³;

[0066] 堆积密度:770.9kg/m³;

[0067] 筒压强度:2.615MPa。

[0068] 实施例2

[0069] 基于破碎方法的地聚合物人工骨料,其组成如下:

[0070] (1) 胶凝材料主要采用粉煤灰和粒化高炉矿渣粉,分别占胶凝材料总量的90%和10%,无次要材料;

[0071] (2) 碱激发剂为工业偏硅酸钠,模数(激发剂中二氧化硅与氧化钠的摩尔比)为0.94,碱激发剂中氧化钠含量占胶凝材料的质量分数为5.2%;

[0072] (3) 水与胶凝材料的质量比为0.3。

[0073] 本实施例中基于破碎方法制备地聚合物人工骨料的过程如下:

[0074] 首先,将粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、工业偏硅酸钠搅拌均匀,进而加入水,从而得到浆体,待形成浆体后浇入模具,在常温下养护24小时,得到硬化的地聚合物浆体;随后,将该地聚合物浆体取出并采用破碎机破碎,破碎得到的地聚合物骨料颗粒尺寸为0~20mm;最后,将地聚合物骨料颗粒放在105℃烘箱中养护24小时,取出进行常温养护28天。

[0075] 将制备得到的地聚合物人工骨料进行基本性能测试,测试方法根据《中华人民共和国国家标准GB/T 17431.2-2010轻集料及其试验方法第二部分:轻集料试验方法》,测试结果如下:

[0076] 24h吸水率:18.6%;

[0077] 表观密度:1663.0kg/m³;

[0078] 堆积密度:760.8kg/m³;

[0079] 筒压强度:3.154MPa。

[0080] 实施例3

[0081] 基于破碎方法的地聚合物人工骨料,其组成如下:

[0082] (1) 胶凝材料采用粉煤灰,占胶凝材料总量的100%,无次要材料;

[0083] (2) 碱激发剂为工业偏硅酸钠,模数(激发剂中二氧化硅与氧化钠的摩尔比)为0.94,激发剂中氧化钠占胶凝材料的质量分数为7.3%;

[0084] (3) 水与胶凝材料的质量比为0.3。

[0085] 本实施例中基于破碎方法制备地聚合物人工骨料的过程如下：

[0086] 首先，将粉煤灰、工业偏硅酸钠搅拌均匀，进而加入水，从而得到浆体，待形成浆体后浇入模具，在常温下养护24小时，得到硬化的地聚合物浆体；随后，将该地聚合物浆体取出并采用破碎机破碎，破碎得到的地聚合物骨料颗粒尺寸为0~20mm；最后，将地聚合物骨料颗粒放在105℃烘箱中养护24小时，取出进行常温养护28天。

[0087] 将制备得到的地聚合物人工骨料进行基本性能测试，测试方法根据《中华人民共和国国家标准GB/T 17431.2-2010轻集料及其试验方法第二部分：轻集料试验方法》，测试结果如下：

[0088] 24h吸水率：17.1%；

[0089] 表观密度：1689.3kg/m³；

[0090] 堆积密度：761.8kg/m³；

[0091] 筒压强度：4.683MPa。

[0092] 实施例4

[0093] 基于破碎方法的地聚合物人工骨料，其组成如下：

[0094] (1) 主要材料采用粉煤灰，占胶凝材料总量的80%，次要材料为城市垃圾焚烧底灰，占胶凝材料总量的20%；

[0095] (2) 碱激发剂为工业偏硅酸钠，模数(激发剂中二氧化硅与氧化钠的摩尔比)为0.94，激发剂中氧化钠占胶凝材料的质量分数为6.3%；

[0096] (3) 水与胶凝材料的质量比为0.3。

[0097] 本实施例中基于破碎方法制备地聚合物人工骨料的过程如下：

[0098] 首先，将粉煤灰、城市垃圾焚烧底灰及工业偏硅酸钠搅拌均匀，进而加入水，从而得到浆体，待形成浆体后浇入模具，在常温下养护48小时，得到硬化的地聚合物浆体；随后，将该地聚合物浆体取出并采用破碎机破碎，破碎得到的地聚合物骨料颗粒尺寸为0~20mm；最后，将地聚合物骨料颗粒放在105℃烘箱中养护24小时，取出进行常温养护28天。

[0099] 将制备得到的地聚合物人工骨料进行基本性能测试，测试方法根据《中华人民共和国国家标准GB/T 17431.2-2010轻集料及其试验方法第二部分：轻集料试验方法》，测试结果如下：

[0100] 24h吸水率：18.5%；

[0101] 表观密度：1394.3kg/m³；

[0102] 堆积密度：611.4kg/m³；

[0103] 筒压强度：2.216MPa。

[0104] 以上实施例1-4制备得到的地聚合物人工骨料，其骨料粒径范围为0-20mm。选取粒径范围为5-20mm的骨料，其吸水率大于天然砂石，表观密度大约在1300-1700kg/m³范围内，相比天然岩石骨料具有轻质的优点，而28天时筒压强度也能达到冷固结人工骨料的层次，且随着时间增长，由于火山灰反应的不断进行，骨料强度依然会得到提高。当城市生活垃圾焚烧底灰掺入时，虽然可能会牺牲部分强度，但是材料会更加轻质，一方面可以减少主要材料用量，另一方面在实际运用中可以降低运输成本。

[0105] 综上所述，本发明提供一种基于破碎方法的地聚合物人工骨料及其制备方法，

本发明采用工业副产品(如粉煤灰和粒化高炉矿渣粉)为主要胶凝材料,可添加或不添加次要胶凝材料(如工业固体废弃物或城市垃圾焚烧灰),采用碱激发剂(如工业偏硅酸钠)进行碱激发,从而获得具有一定凝胶能力和硬化强度的地聚合物浆体,接着利用破碎方式将地聚合物浆体破碎成骨料形式,经过养护后即可得到具有良好力学性能(包括高强度、强度可持续增长)以及优异的耐久性能的地聚合物人工骨料。本发明以工业副产品作为主要胶凝材料,或辅以部分具有弱激发性能的工业固体废弃物或城市生活垃圾焚烧灰为次要胶凝材料,采用廉价工业固体或液体碱等作为碱激发剂,生产成本低,具有很好的经济效益的同时,可固化重金属元素,具有绿色环保的优点。同时,本发明人工骨料为天然骨料的替代提供了新的可能,在一定程度上解决了骨料紧缺的问题,且本实施例化废为宝,大大解决了工业副产品、废料和垃圾堆积方面的环境问题。另外,本发明所采用的破碎技术操作简单,无需高耗能,且无需添加水泥,从而避免了水泥煅烧排放大量温室气体的问题。此外,本发明人工骨料强度随放置时间的增加而增长。该骨料强度要求可根据产品性能要求而进行调整,调整方法可包括:改变粒化高炉矿渣粉含量以及进行表面处理,改变用水量,改变碱激发剂含量,改变碱激发剂种类,改变养护方式等。

[0106] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。