

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 7 月 7 日 (07.07.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/142137 A1

(51) 国际专利分类号:

C04B 7/24 (2006.01) *C04B 18/02* (2006.01)
C04B 7/21 (2006.01) *C04B 28/02* (2006.01)
C04B 7/38 (2006.01) *C04B 18/04* (2006.01)
C04B 7/42 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/098461

(22) 国际申请日: 2021 年 6 月 4 日 (04.06.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

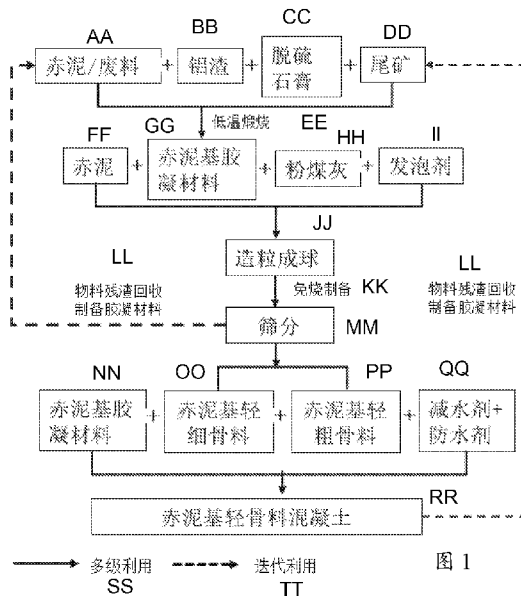
202011603760.3 2020 年 12 月 29 日 (29.12.2020) CN

(71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路
17923 号, Shandong 250061 (CN)。

(72) 发明人: 王文龙 (WANG, Wenlong); 中国山东省
济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061
(CN)。 张超 (ZHANG, Chao); 中国山东省济南市
历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。
王旭江 (WANG, Xujiang); 中国山东省济南市历
下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 李
敬伟 (LI, Jingwei); 中国山东省济南市历下区
经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 吴长
亮 (WU, Changliang); 中国山东省济南市历下
区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 蒋
稳 (JIANG, Wen); 中国山东省济南市历下区
经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 王冠

(54) Title: RED MUD-BASED CEMENTING MATERIAL, RED MUD-BASED LIGHTWEIGHT AGGREGATE, RED MUD-BASED LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 赤泥基胶凝材料、赤泥基轻骨料、赤泥基轻骨料混凝土及其制备方法



AA Red mud/waste material
BB Aluminum slag
CC Desulfurized gypsum
DD Tailings
EE Low temperature calcination
FF Red mud
GG Red mud-based cementing material
HH Fly ash
II Foaming agent
JJ Granulate into balls
KK Uncalcined preparation
LL Recover material slag and prepare cementing material
MM Screen
NN Red mud-based cementing material
OO Red mud-based lightweight fine aggregate
PP Red mud-based lightweight coarse aggregate
QQ Superplasticizer + waterproofing agent
RR Red mud-based lightweight aggregate concrete
SS Multilevel utilization
TT Iterative utilization

(57) Abstract: Disclosed in the present invention are a red mud-based cementing material, red mud-based lightweight aggregate, red mud-based lightweight aggregate concrete and a preparation method therefor. The red mud-based cementing material having a high performance and a low cost, a geopolymer cementing material, a foaming agent and an organosilicon waterproofing agent material are used, improving the performance of the red mud-based lightweight aggregate, and thus improving the performance of the lightweight aggregate concrete, i.e., improving the strength of the red mud-based lightweight aggregate/lightweight aggregate concrete, and improving the durability of

(WANG, Guan); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司(JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国山东省济南市历下区经十路17703号华特广场B510室, Shandong 250061 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

the red mud-based lightweight aggregate/lightweight aggregate concrete. The red mud-based cementing material is a sulfur-aluminum-based cementing material having a low alkalinity, and a geopolymer such as sodium aluminosilicate/calcium aluminosilicate formed in the preparation process of the red mud-based lightweight aggregate, and Na^+ can be cured. In the combination of the red mud-based cementing material and Na^+ , the alkalinity of the concrete is reduced while the strength of the uncalcined lightweight aggregate is improved, alleviating the alkali aggregate reaction of the lightweight aggregate concrete, and improving the durability of the lightweight aggregate concrete. The addition of the hydrogen peroxide foaming agent can reduce the density of the uncalcined lightweight aggregate, and the organosilicon waterproofing agent can reduce the water absorption rate of the uncalcined lightweight aggregate.

(57) 摘要: 本发明公开了赤泥基胶凝材料、赤泥基轻骨料、赤泥基轻骨料混凝土及其制备方法, 利用高性能低成本的赤泥基胶凝材料、地聚物胶结材料、发泡剂及有机硅防水剂材料, 实现赤泥基轻骨料性能的提升, 进而实现轻骨料混凝土性能的提升, 不仅提高赤泥基轻骨料/轻骨料混凝土的强度, 而且提高其耐久性。赤泥基胶凝材料为低碱度硫铝系胶凝材料、赤泥基轻骨料制备过程形成铝硅酸钠/铝硅酸钙等地质聚合物, 可实现 Na^+ 固化, 两者结合在提高免烧轻骨料强度的同时, 降低了混凝土碱度, 从而缓解轻骨料混凝土碱骨料反应, 提高其耐久性。双氧水发泡剂的加入可降低免烧轻骨料密度, 有机硅防水剂了降低其吸水率。

赤泥基胶凝材料、赤泥基轻骨料、赤泥基轻骨料混凝土及其制备方法

技术领域

本发明涉及固废利用技术领域，尤其是一种赤泥基胶凝材料、赤泥基轻骨料、赤泥基轻骨料混凝土及其制备方法，通过赤泥的多级迭代利用和综合化利用，大幅提高了赤泥的利用率，同时使得赤泥基产品具备良好的使用性能。

背景技术

公开该背景技术部分的信息仅仅旨在增加对本发明的总体背景的理解，而不必然被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已经成为本领域一般技术人员所公知的现有技术。

目前，现有制备轻骨料混凝土技术大多以天然骨料、烧结陶粒作为轻骨料制备，而对于赤泥的利用仅局限于作为掺合料使用。而采用赤泥基轻骨料作为原料制备轻骨料混凝土的所用赤泥基骨料也大多采用烧结赤泥骨料。

发明人发现，现有技术中采用赤泥资源化利用的相关技术存在以下问题：

(1) 在赤泥资源化利用制备建材过程中，仅针对某一制备环节实现了赤泥的利用，并未实现赤泥多级迭代及综合利用，导致赤泥利用率低。(2) 目前制备轻骨料混凝土过程中主要采用烧结轻骨料或天然轻骨料及普硅水泥为原料，碱骨料反应对混凝土耐久性影响较大；(3) 现阶段赤泥制备轻骨料的技术主要为烧结法制备，部分采用免烧制备，而免烧制备的赤泥基轻骨料普遍存在密度高，强度较低，吸水率高等问题。

发明内容

针对现有技术中存在的技术问题，本发明提供一种赤泥基胶凝材料、赤泥

基轻骨料、赤泥基轻骨料混凝土及其制备方法。

为解决以上技术问题，本发明的以下一个或多个实施例提供了如下技术方案：

第一方面，本发明提供一种赤泥基胶凝材料的制备方法，包括如下步骤：

将赤泥或赤泥基废渣、铝渣、脱硫石膏以及石灰石尾矿烘干后，按质量比为 15-25：20-35：20-30：25-35 混合研磨；

将研磨后的混合粉体经过煅烧制备赤泥基胶凝材料熟料；

赤泥基胶凝材料熟料与脱硫石膏混合粉磨，制备赤泥基胶凝材料。

第二方面，本发明提供一种赤泥基胶凝材料，由以上赤泥基胶凝材料的制备方法制备而成。

第三方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料的制备方法，包括如下步骤：

将所述赤泥基胶凝材料、粉煤灰和赤泥按设定比例混合粉磨后，过筛，得混合粉料；

将混合粉料进行造粒，造粒过程中喷洒双氧水发泡剂溶液；

将造粒后的混合物颗粒养护后，在其表面喷洒防水剂，即得赤泥基轻骨料。

第四方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料，由以上赤泥基轻骨料的制备方法制备而成。

第五方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料混凝土的制备方法，包括如下步骤：

从制备得到的赤泥基轻骨料中筛分得到 0.15-1mm 轻细骨料代替普通轻砂，5-20mm 连续级配轻粗骨料代替石灰石骨料备用；

将所述赤泥基胶凝材料、赤泥基轻细骨料和赤泥基轻粗骨料预混后，再加入水和减水剂，混合均匀，即得赤泥基轻骨料混凝土。

第六方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料混凝土，由以上赤泥基轻骨料混凝土的制备方法制备而成。

与现有技术相比，本发明的以上实施例的有益效果为：

1、实现赤泥的多级迭代利用和综合化利用，大幅提高赤泥的利用率，使赤泥的利用率达到 80%以上。

2、利用高性能低成本的赤泥基胶凝材料、地聚物胶结材料、发泡剂及有机硅防水剂材料，实现赤泥基轻骨料性能的提升，进而实现轻骨料混凝土性能的提升，不仅提高赤泥基轻骨料/轻骨料混凝土的强度，而且提高其耐久性。

赤泥基胶凝材料为低碱度硫铝系胶凝材料、赤泥基轻骨料制备过程形成铝硅酸钠/铝硅酸钙等地质聚合物，可实现 Na^+ 固化，两者结合在提高免烧轻骨料强度的同时，降低了混凝土碱度，从而缓解轻骨料混凝土碱骨料反应，提高其耐久性。双氧水发泡剂的加入可降低免烧轻骨料密度，有机硅防水剂了降低其吸水率。

3、本发明所制备的免烧轻骨料产品及轻骨料混凝土产品均无需蒸养。

4、本发明所制备赤泥基免烧轻骨料产品的堆积密度在 $710\text{-}1080\text{Kg/m}^3$ ，筒压强度为 $3.8\text{-}8.6\text{Mpa}$ ，吸水率为 $7.2\text{-}10\%$ ，软化系数为 $0.66\text{-}0.71$ ， Na_2O 含量为 $2.5\text{-}3\%$ 。

附图说明

构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。

图 1 为本发明实施例的赤泥多级迭代利用制备轻骨料混凝土的工艺流程图；

图 2 为本发明实施例 1 制备的赤泥基胶凝材料 XRD 图；

图3为本发明实施例1制备的赤泥基轻骨料的形貌图；

图4为本发明实施例1-3、参照组制备的赤泥基轻骨料混凝土的抗压强度对比图。

具体实施方式

应该指出，以下详细说明都是示例性的，旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

第一方面，本发明提供一种赤泥基胶凝材料的制备方法，包括如下步骤：

将赤泥或赤泥基废渣、铝渣、脱硫石膏以及石灰石尾矿烘干后，按质量比为15-25：20-35：20-30：25-35混合研磨；

将研磨后的混合粉体经过煅烧制备赤泥基胶凝材料熟料；

赤泥基胶凝材料熟料与脱硫石膏混合粉磨，制备赤泥基胶凝材料。

赤泥基胶凝材料制备为硅铝铁基固废与硫酸钙基固废的协同互补，其中赤泥、铝渣作为硅铝铁基固废可为赤泥基胶凝材料的制备提供Si源和Al源，而石灰石尾矿及脱硫石膏作为硫酸钙基固废可为材料制备提供Ca源，石灰石尾矿含有丰富的碳酸钙，可为材料的制备提供充足的钙源。

在一些实施例中，煅烧的温度为1210-1230℃，煅烧时间1.5-2.5h。

进一步的，煅烧的温度为1215-1225℃，煅烧时间1.7-2.2h。

更进一步的，煅烧的温度为 1220℃，煅烧时间 2h。

在一些实施例中，赤泥基胶凝材料熟料与脱硫石膏的质量比为 90-96:4:10。

第二方面，本发明提供一种赤泥基胶凝材料，由以上赤泥基胶凝材料的制备方法制备而成。

第三方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料的制备方法，包括如下步骤：

将所述赤泥基胶凝材料、粉煤灰和赤泥按设定比例混合粉磨后，过筛，得混合粉料；

将混合粉料进行造粒，造粒过程中喷洒双氧水发泡剂溶液；

将造粒后的混合物颗粒养护后，在其表面喷洒防水剂，即得赤泥基轻骨料。

粉煤灰的容重只有水泥的 2/3 左右，而且粒形好，并且粉煤灰中含有大量玻璃微珠，可以起到微集料作用使轻骨料更加密实，适当添加粉煤灰，在降低密度的同时可提升轻骨料强度；此外粉煤灰富含活性硅铝成分，具有碱激发活性，而赤泥中碱金属 Na_2O 含量较高，碱性较强，两者协同作用可形成致密的铝硅酸钠/铝硅酸钙等地聚物胶凝材料，在增加轻骨料强度的同时可实现 Na^+ 有效固化，从而降低轻骨料碱度，缓解赤泥基骨料的泛霜现象。

所制备赤泥基胶凝材料为早强快硬胶凝材料，初凝时间 10-15min，而在制备轻骨料过程中需实现同步造粒同步发泡的动态发泡过程，因此需选用活性较好的过氧化氢为发泡剂，可在材料凝结前完成发泡过程。

在一些实施例中，所述赤泥基胶凝材料、粉煤灰和赤泥的质量比为 10-30:5-15:70-90。

进一步的，过筛的目数为 140-160 目。

在一些实施例中，双氧水发泡剂溶液中双氧水的质量百分数为 0.2%-1%。

在一些实施例中，造粒机的参数为：直径：70-100cm，转速 30-40rpm，角

度 40°-50°，造粒时间 8-12min，所述发泡剂溶液喷洒以轻骨料表面带水渍，水灰比控制 0.3-0.38。

在一些实施例中，将造粒后的混合物颗粒养护的时间为 5-10d，优选为 7d。

常温常压养护，温度 25°C，湿度 99%。

在一些实施例中，有机硅防水剂的质量浓度为 4-9%，优选为 5%。

第四方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料，由以上赤泥基轻骨料的制备方法制备而成。

第五方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料混凝土的制备方法，包括如下步骤：

从制备得到的赤泥基轻骨料中筛分得到 0.15-1mm 轻细骨料代替普通轻砂，5-20mm 连续级配轻粗骨料代替石灰石骨料备用；

将所述赤泥基胶凝材料、赤泥基轻细骨料和赤泥基轻粗骨料预混后，再加入水和减水剂，混合均匀，即得赤泥基轻骨料混凝土。

在一些实施例中，所述减水剂为聚羧酸减水剂。

在一些实施例中，还包括将制备过程中的残渣收集、破碎、粉磨，作为原料用于赤泥基胶凝材料制备的步骤。

第六方面，本发明提供一种赤泥基轻骨料混凝土，由以上赤泥基轻骨料混凝土的制备方法制备而成。

实施例 1

如图 1 所示，所述赤泥基胶凝材料制备步骤如下：(1) 将赤泥、铝渣、脱硫石膏、石灰石尾矿烘干备用；(2) 分别取赤泥 15 份；石灰石尾矿 35 份；脱硫石膏 30 份；铝渣 20 份，将赤泥协同石灰石尾矿、铝渣、脱硫石膏经研磨混合均匀后煅烧制备赤泥基胶凝材料熟料，煅烧温度 1220°C，煅烧时间 2h。制

备的赤泥基胶凝材料 XRD 图，如图 2 所示。

将赤泥基胶凝材料熟料按质量份计，赤泥基胶凝材料熟料：脱硫石膏 95%：5%，混合粉磨均匀制得赤泥基胶凝材料。

赤泥基轻骨料制备步骤如下：（1）按质量分数计数将赤泥基胶凝材料 20 份、粉煤灰 10 份、赤泥 70 份均匀混合粉磨过 150 目筛；（2）取质量分数 30% 的 H_2O_2 溶液 15ml 加入 1.455L 水中稀释制得发泡剂溶液；（3）将上述混合料置于圆盘造粒机中，喷洒发泡剂溶液制备赤泥基轻骨料；所述造粒机参数：直径：80cm，转速 33rpm，角度 45° ，造粒时间 10min，所述发泡剂溶液喷洒以轻骨料表面略带水渍为宜，水灰比控制 0.3-0.38 为宜；（4）上述赤泥基轻骨料常温常压养护 7d；（5）按质量分数计：取有机硅防水剂 5%，喷涂于轻骨料表面备用；（6）将赤泥基轻骨料筛分为 0.15-1mm 轻细骨料代替普通轻砂，5-20mm 连续级配轻粗骨料代替石灰石骨料备用。制备的赤泥基轻骨料的形貌图如图 3 所示。

所述轻骨料混凝土制备步骤如下：将本实施例前述步骤制备的赤泥基胶凝材料 520 份，赤泥基轻细骨料 707 份，赤泥基轻粗骨料 575 份，放入滚筒式搅拌机搅拌 15min，再倒入水 168 份及 4 份聚羧酸减水剂配制成的混合液，混合均匀即得到赤泥基轻骨料混凝土。

所制备赤泥基胶凝材料性能：砂浆强度抗压 3d 49.6Mpa，28d 58.3Mpa，抗折强度 3d 6.9Mpa，28d 7.6Mpa。密度 $2.83g/cm^3$ ，比表面积 $373m^2/kg$ ，凝结时间：初凝 25min，终凝 60min。

所制备赤泥基轻骨料性能：堆积密度： $1080kg/m^3$ ，表观密度： $1820kg/m^3$ ，吸水率：7.2%，筒压强度：8.6Mpa，软化系数 0.66， Na_2O 含量 1.15%。

所制备赤泥基轻骨料混凝土性能：塌落度：95mm，28d 抗压强度 51.8Mpa。

抗折强度：5.07Mpa，抗劈拉强度 4.22Mpa，干密度：1916Kg/m³。

实施例 2

所述赤泥基胶凝材料制备步骤如下：(1) 将赤泥、铝渣、脱硫石膏、尾矿烘干备用；(2) 分别取赤泥 20 份；石灰石尾矿 30 份；脱硫石膏 25 份；铝渣 25 份，将赤泥协同石灰石尾矿、铝渣、脱硫石膏经研磨混合均匀后煅烧制备赤泥基胶凝材料熟料，煅烧温度 1220℃，煅烧时间 2h。

将赤泥基胶凝材料熟料按质量份计，赤泥基胶凝材料熟料：脱硫石膏 95%：5%，混合粉磨均匀制得赤泥基胶凝材料。

所述赤泥基轻骨料制备步骤如下：(1) 按质量分数计数将赤泥基胶凝材料 20 份、粉煤灰 15 份、赤泥 65 份均匀混合粉磨过 150 目筛；(2) 取质量分数 30%的 H₂O₂ 溶液 45ml 加入 1.455L 水中稀释制得发泡剂溶液；(3) 将上述混合料置于圆盘造粒机中，喷洒发泡剂溶液制备赤泥基轻骨料（所述造粒机参数：直径：80cm，转速 33rpm，角度 45°，造粒时间 10min，所述发泡剂溶液喷洒以轻骨料表面略带水渍为宜，水灰比控制 0.3-0.38 为宜）；(4) 上述赤泥基轻骨料常温常压养护 7d；(5) 按质量分数计：取有机硅防水剂 5%，喷涂于轻骨料表面备用；(6) 将赤泥基轻骨料筛分为 0.15-1mm 轻细骨料代替普通轻砂，5-20mm 连续级配轻粗骨料代替石灰石骨料备用。

所述轻骨料混凝土制备步骤如下：将本实施案例前述步骤制备的赤泥基胶凝材料 520 份，赤泥基轻细骨料 707 份，赤泥基轻粗骨料 575 份，放入滚筒式搅拌机搅拌 15min，再倒入水 160 份及 4 份聚羧酸减水剂配制成的混合液，混合均匀即得到赤泥基轻骨料混凝土。

所制备赤泥基胶凝材料性能：砂浆强度抗压 3d 52.8Mpa，28d 68.5Mpa，抗折强度 3d 7.2Mpa，28d 8.3Mpa。密度 2.88g/cm³，比表面积 385m²/kg，凝结

时间：初凝 20min，终凝 50min。

所制备赤泥基轻骨料性能：堆积密度：830kg/m³，表观密度：1700 kg/m³，吸水率：9.1%，筒压强度：5.8Mpa，软化系数 0.71 Na₂O，含量 1.1%。

所制备赤泥基轻骨料混凝土性能：塌落度：98mm，28d 抗压强度 52.2Mpa。抗折强度：5.5Mpa，抗劈拉强度 4.5Mpa，干密度：1830Kg/m³。

实施例 3

所述赤泥基胶凝材料制备步骤如下：(1) 将赤泥、铝渣、脱硫石膏、尾矿烘干备用；(2) 分别取赤泥 20 份；石灰石尾矿 30 份；脱硫石膏 25 份；铝渣 25 份，将赤泥协同石灰石尾矿、铝渣、脱硫石膏经研磨混合均匀后煅烧制备赤泥基胶凝材料熟料，煅烧温度 1220℃，煅烧时间 2h。将赤泥基胶凝材料熟料按质量份计，赤泥基胶凝材料熟料：脱硫石膏 95：5，混合粉磨均匀制得赤泥基胶凝材料。

所述赤泥基轻骨料制备步骤如下：(1) 按质量分数计数，将赤泥基胶凝材料 20 份、粉煤灰 15 份、赤泥 65 份均匀混合粉磨过 150 目筛；(2) 取质量分数 30%的 H₂O₂ 溶液 75ml 加入 1.455L 水中稀释制得发泡剂溶液；(3) 将上述混合料置于圆盘造粒机中，喷洒发泡剂溶液制备赤泥基轻骨料；所述造粒机参数：直径：80cm，转速 33rpm，角度 45°，造粒时间 10min，所述发泡剂溶液喷洒以轻骨料表面略带水渍为宜，水灰比控制 0.3-0.38 为宜；(4) 上述赤泥基轻骨料常温常压养护 7d；(5) 按质量分数计：取有机硅防水剂 5%，喷涂于轻骨料表面备用；(6) 将赤泥基轻骨料筛分为 0.15-1mm 轻细骨料代替普通轻砂，5-20mm 连续级配轻粗骨料代替石灰石骨料备用。

所述轻骨料混凝土制备步骤如下：将本实施例前述步骤制备的赤泥基胶凝材料 450-520 份，赤泥基轻细骨料 650-750 份，赤泥基轻粗骨料 500-600 份，

放入滚筒式搅拌机搅拌 15min, 再倒入水 160 份及 4 份聚羧酸减水剂配制成的混合液, 混合均匀, 即得到赤泥基轻骨料混凝土。

所制备赤泥基胶凝材料性能: 砂浆强度抗压 3d 52.8Mpa, 28d 68.5Mpa, 抗折强度 3d 7.2Mpa, 28d 8.3Mpa。密度 2.88g/cm^3 , 比表面积 $385\text{m}^2/\text{kg}$, 凝结时间: 初凝 20min, 终凝 50min。

所制备赤泥基轻骨料性能: 堆积密度: 710kg/m^3 , 表观密度: 1620kg/m^3 , 吸水率: 10%, 筒压强度: 3.2Mpa, 软化系数 0.71 Na_2O , 含量 1.15%。

所制备赤泥基轻骨料混凝土性能: 塌落度: 98mm, 28d 抗压强度 45.5Mpa. 抗折强度: 4.3Mpa, 抗劈拉强度 3.2Mpa, 干密度 1720Kg/m^3 。

参照组:

所述胶凝材料未采用本发明所用赤泥基胶凝材料, 本参照组胶凝材料采用 425 普通硅酸盐水泥。本参照组细骨料采用普通轻砂, 粗骨料采用连续级配的烧结陶粒。所述轻骨料混凝土制备步骤如下: 将普通硅酸盐水泥 520 份, 赤轻砂骨料 707 份, 5-25 连续级配烧结陶粒 575 份, 放入滚筒式搅拌机搅拌 15min, 再倒入水 168 份及 4 份聚羧酸减水剂配制成的混合液, 混合均匀即得到轻骨料混凝土。

所选用普通硅酸盐水泥性能: 砂浆强度抗压 3d 28.9Mpa, 28d 46.5Mpa, 抗折强度 3d 6.3Mpa, 28d 8.2 Mpa。密度 2.85g/cm^3 , 比表面积 $423\text{m}^2/\text{kg}$, 凝结时间: 初凝 190min, 终凝 248min。

所选用烧结陶粒性能: 堆积密度: 850kg/m^3 , 表观密度: 1650kg/m^3 , 吸水率: 11%, 筒压强度: 5.5 Mpa, 软化系数 0.66。

所制备赤泥基轻骨料混凝土性能: 塌落度: 95mm, 28d 抗压强度 48.2Mpa。抗折强度: 4.3Mpa, 抗劈拉强度 3.56Mpa, 干密度: 1730Kg/m^3 。

对比例 1

与实施例 1 相比，将石灰石尾矿替换为铁尾矿，其他均与实施例 1 相同。

所制备赤泥基胶凝材料性能：砂浆强度抗压 3d 35.6Mpa，28d 45.8Mpa，抗折强度 3d 6.1Mpa，28d 6.3Mpa。密度 2.95g/cm^3 ，比表面积 $353\text{m}^2/\text{kg}$ ，凝结时间：初凝 20min，终凝 60min。

所制备赤泥基轻骨料性能：堆积密度： 1100kg/m^3 ，表观密度： 1920kg/m^3 ，吸水率：7.2%，筒压强度：7.6Mpa，软化系数 0.72， Na_2O 含量 2.25%。

所制备赤泥基轻骨料混凝土性能：塌落度：95mm，28d 抗压强度 46.5Mpa。抗折强度：4.8Mpa，抗劈拉强度 3.6Mpa，干密度： 1950Kg/m^3 。

对比例 2

与实施例 1 相比，将双氧水发泡剂溶液替换为 Al 粉发泡剂，其他均与实施例 1 相同。

所制备赤泥基轻骨料性能：堆积密度： 1150kg/m^3 ，表观密度： 2002kg/m^3 ，吸水率：6.5%，筒压强度：9.1Mpa，软化系数 0.56， Na_2O 含量 1.15%。

所制备赤泥基轻骨料混凝土性能：塌落度：95mm，28d 抗压强度 54.8Mpa。抗折强度：6.1Mpa，抗劈拉强度 4.8Mpa，干密度： 2100Kg/m^3 。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种赤泥基胶凝材料的制备方法，其特征在于：包括如下步骤：

将赤泥或赤泥基废渣、铝渣、脱硫石膏以及石灰石尾矿烘干后，按质量比为 15-25：20-35：20-30：25-35 混合研磨；

将研磨后的混合粉体经过煅烧制备赤泥基胶凝材料熟料；

赤泥基胶凝材料熟料与脱硫石膏混合粉磨，制备赤泥基胶凝材料。

2、根据权利要求 1 所述的赤泥基胶凝材料的制备方法，其特征在于：煅烧的温度为 1210-1230℃，煅烧时间 1.5-2.5h；

进一步的，煅烧的温度为 1215-1225℃，煅烧时间 1.7-2.2h；

更进一步的，煅烧的温度为 1220℃，煅烧时间 2h；

进一步的，赤泥基胶凝材料熟料与脱硫石膏的质量比为 90-96:4:10。

3、一种赤泥基胶凝材料，其特征在于：由权利要求 1 或 2 任一所述赤泥基胶凝材料的制备方法制备而成。

4、一种赤泥基轻骨料的制备方法，其特征在于：包括如下步骤：

将权利要求 3 所述赤泥基胶凝材料、粉煤灰和赤泥按设定比例混合粉磨后，过筛，得混合粉料；

将混合粉料进行造粒，造粒过程中喷洒双氧水发泡剂溶液；

将造粒后的混合物颗粒养护后，在其表面喷洒防水剂，即得赤泥基轻骨料。

5、根据权利要求 4 所述的赤泥基轻骨料的制备方法，其特征在于：所述赤泥基胶凝材料、粉煤灰和赤泥的质量比为 10-30：5-15：70-90；

进一步的，过筛的目数为 140-160 目；

在一些实施例中，双氧水发泡剂溶液中双氧水的质量百分数为 0.2%-1%；

在一些实施例中，造粒机的参数为：直径：70-100cm，转速 30-40rpm，角度 40°-50°，造粒时间 8-12min，所述发泡剂溶液喷洒以轻骨料表面带水渍，

水灰比控制 0.3-0.38;

进一步的, 将造粒后的混合物颗粒养护的时间为 5-10d, 优选为 7d。

6、根据权利要求 4 所述的赤泥基轻骨料的制备方法, 其特征在于: 有机硅防水剂的质量浓度为 4-9%, 优选为 5%。

7、一种赤泥基轻骨料, 其特征在于: 由权利要求 4-6 任一所述赤泥基轻骨料的制备方法制备而成。

8、一种赤泥基轻骨料混凝土的制备方法, 其特征在于: 包括如下步骤:

从制备得到的赤泥基轻骨料中筛分得到 0.15-1mm 轻细骨料代替普通轻砂, 5-20mm 连续级配轻粗骨料代替石灰石骨料备用;

将所述赤泥基胶凝材料、赤泥基轻细骨料和赤泥基轻粗骨料预混后, 再加入水和减水剂, 混合均匀, 即得赤泥基轻骨料混凝土。

9、根据权利要求 8 所述的赤泥基轻骨料混凝土的制备方法, 其特征在于: 所述减水剂为聚羧酸减水剂;

进一步的, 还包括将制备过程中的残渣收集、破碎、粉磨, 作为原料用于赤泥基胶凝材料制备的步骤。

10、一种赤泥基轻骨料混凝土, 其特征在于: 由权利要求 8 或 9 所述赤泥基轻骨料混凝土的制备方法制备而成。

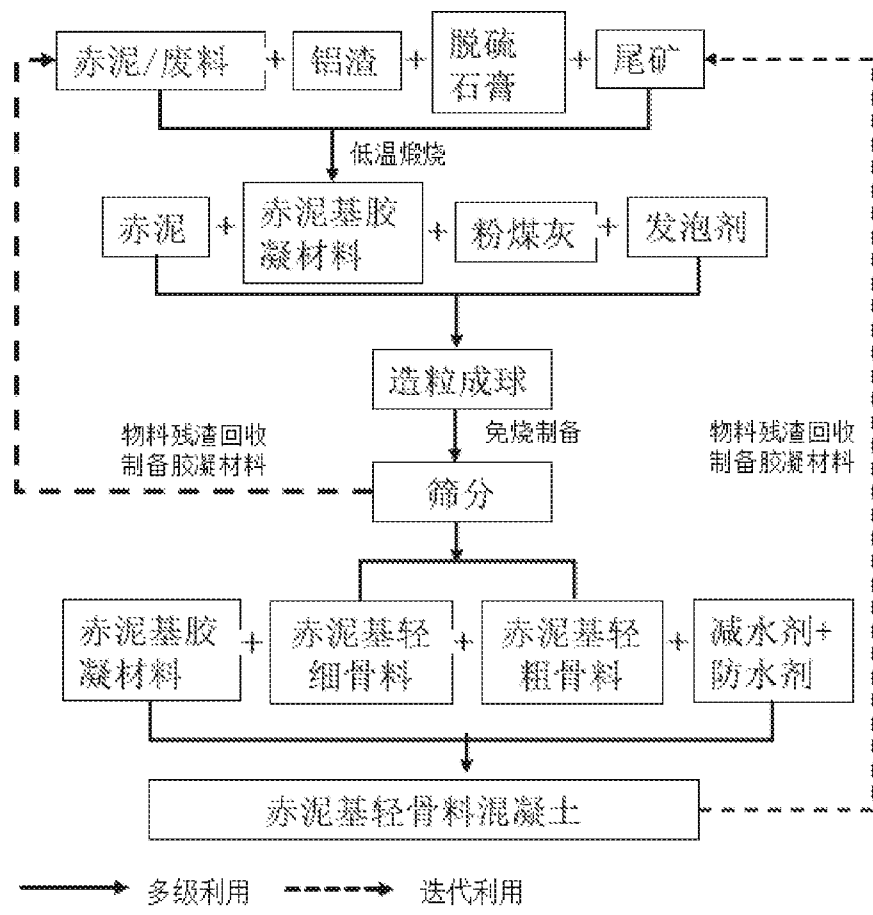


图 1

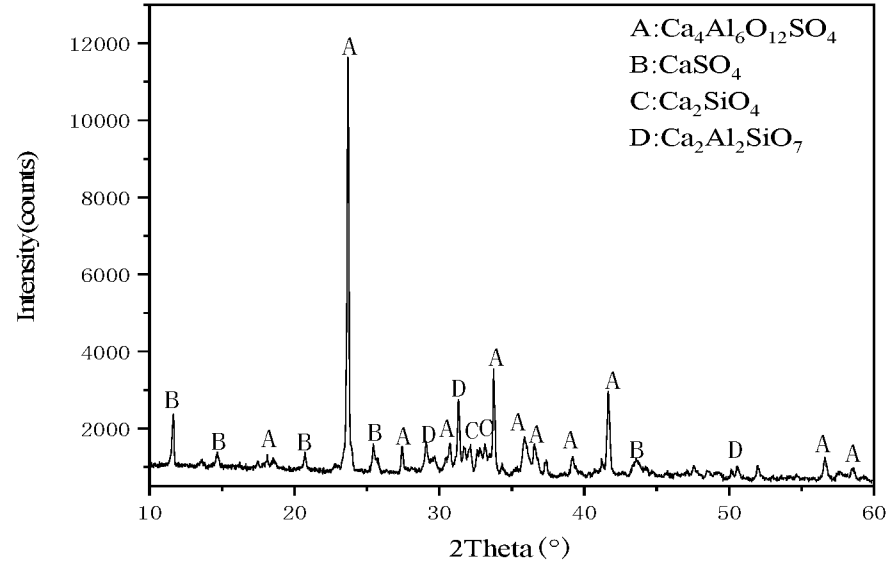


图 2

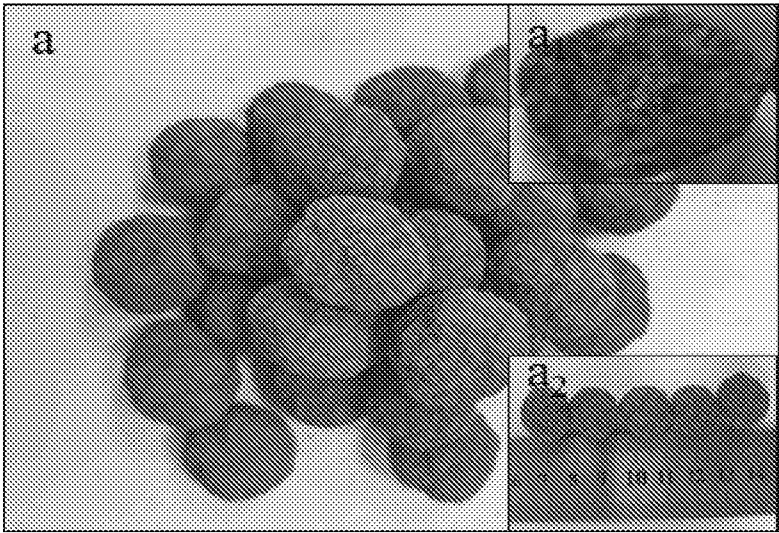


图 3

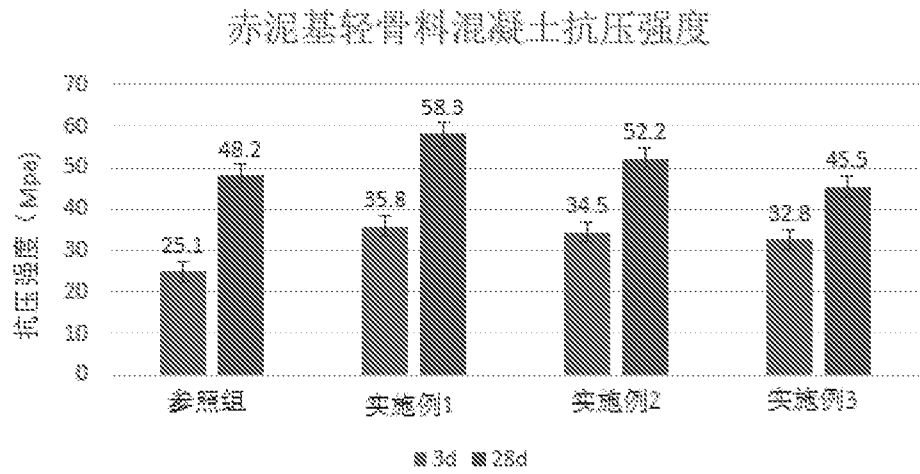


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/098461

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C04B 7/24(2006.01)i; C04B 7/21(2006.01)i; C04B 7/38(2006.01)i; C04B 7/42(2006.01)i; C04B 18/02(2006.01)i; C04B 28/02(2006.01)i; C04B 18/04(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C04B 7/-; C04B 18/-; C04B 28/- Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS, CNTXT, VEN, CNKI, WEB OF SCIENCE: 水泥, 胶凝材料, 赤泥, 石膏, 硫酸钙, CaSO ₄ , 轻骨料, 发泡, 双氧水, 过氧化氢, H ₂ O ₂ , cement, red mud, gypsum, calcium sulfate, calcium sulphate, light aggregate, foam, hydrogen peroxide																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 112723764 A (SHANDONG UNIVERSITY) 30 April 2021 (2021-04-30) claims 1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>王文龙 等 (WANG, Wenlong et al.). "完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用 (Research and Application of Preparation for Sulphur Aluminate based on Industrial Solid Waste Completely as Raw Material)" 《水泥工程》 (Cement Engineering), No. 6, 31 December 2015 (2015-12-31), pp. 12-15</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>王文龙 等 (WANG, Wenlong et al.). "完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用 (Research and Application of Preparation for Sulphur Aluminate based on Industrial Solid Waste Completely as Raw Material)" 《水泥工程》 (Cement Engineering), No. 6, 31 December 2015 (2015-12-31), pp. 12-15</td> <td>4-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106986568 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 28 July 2017 (2017-07-28) description paragraphs [0011] and [0014]-[0056]</td> <td>4-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 111533473 A (ZHOUJI ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE (GUANGZHOU) CO., LTD.) 14 August 2020 (2020-08-14) description, paragraphs [0005]-[0024]</td> <td>1-3</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	PX	CN 112723764 A (SHANDONG UNIVERSITY) 30 April 2021 (2021-04-30) claims 1-10	1-10	X	王文龙 等 (WANG, Wenlong et al.). "完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用 (Research and Application of Preparation for Sulphur Aluminate based on Industrial Solid Waste Completely as Raw Material)" 《水泥工程》 (Cement Engineering), No. 6, 31 December 2015 (2015-12-31), pp. 12-15	1-3	Y	王文龙 等 (WANG, Wenlong et al.). "完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用 (Research and Application of Preparation for Sulphur Aluminate based on Industrial Solid Waste Completely as Raw Material)" 《水泥工程》 (Cement Engineering), No. 6, 31 December 2015 (2015-12-31), pp. 12-15	4-10	Y	CN 106986568 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 28 July 2017 (2017-07-28) description paragraphs [0011] and [0014]-[0056]	4-10	X	CN 111533473 A (ZHOUJI ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE (GUANGZHOU) CO., LTD.) 14 August 2020 (2020-08-14) description, paragraphs [0005]-[0024]	1-3
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
PX	CN 112723764 A (SHANDONG UNIVERSITY) 30 April 2021 (2021-04-30) claims 1-10	1-10																		
X	王文龙 等 (WANG, Wenlong et al.). "完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用 (Research and Application of Preparation for Sulphur Aluminate based on Industrial Solid Waste Completely as Raw Material)" 《水泥工程》 (Cement Engineering), No. 6, 31 December 2015 (2015-12-31), pp. 12-15	1-3																		
Y	王文龙 等 (WANG, Wenlong et al.). "完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用 (Research and Application of Preparation for Sulphur Aluminate based on Industrial Solid Waste Completely as Raw Material)" 《水泥工程》 (Cement Engineering), No. 6, 31 December 2015 (2015-12-31), pp. 12-15	4-10																		
Y	CN 106986568 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 28 July 2017 (2017-07-28) description paragraphs [0011] and [0014]-[0056]	4-10																		
X	CN 111533473 A (ZHOUJI ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE (GUANGZHOU) CO., LTD.) 14 August 2020 (2020-08-14) description, paragraphs [0005]-[0024]	1-3																		
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																				
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																				
Date of the actual completion of the international search 15 September 2021		Date of mailing of the international search report 09 October 2021																		
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/098461

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103833245 A (GUILIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 04 June 2014 (2014-06-04) description, paragraphs [0005]-[0017]	1-3
X	CN 106746802 A (SHANDONG ZHUOLIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs [0006]-[0046]	1-3
X	CN 1837121 A (CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES, BEIJING) 27 September 2006 (2006-09-27) description, page 1 paragraph 4 to page 2 paragraph 4	1-3
X	Wenlong Wang et al. "Experimental Investigation and Modeling of Sulfoaluminate Cement Preparation Using Desulfurization Gypsum and Red Mud" 《Ind. Eng. Chem. Res.》, Vol. 52, 02 January 2013 (2013-01-02), pp. 1261-1266	1-3
X	CN 101891406 A (SHANDONG UNIVERSITY) 24 November 2010 (2010-11-24) description, paragraphs [0007]-[0014]	1-3
Y	CN 104261757 A (JIANGSU MINGHE GROUP CO., LTD.) 07 January 2015 (2015-01-07) description, paragraphs [0004]-[0012]	4-7
Y	CN 108706932 A (GUIZHOU XIN YUAN DAO BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO., LTD.) 26 October 2018 (2018-10-26) description, paragraphs [0003]-[0009]	4-7
A	CN 107129238 A (HENAN POLYTECHNIC UNIVERSITY) 05 September 2017 (2017-09-05) entire document	1-10
A	CN 106518151 A (SHAANXI SHENGMAI PETROLEUM CO., LTD.) 22 March 2017 (2017-03-22) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/098461

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	112723764	A	30 April 2021	None	
CN	106986568	A	28 July 2017	CN 106986568	B 16 July 2019
CN	111533473	A	14 August 2020	None	
CN	103833245	A	04 June 2014	CN 103833245	B 13 January 2016
CN	106746802	A	31 May 2017	CN 106746802	B 20 August 2019
CN	1837121	A	27 September 2006	CN 100360451	C 09 January 2008
CN	101891406	A	24 November 2010	CN 101891406	B 25 April 2012
CN	104261757	A	07 January 2015	None	
CN	108706932	A	26 October 2018	None	
CN	107129238	A	05 September 2017	None	
CN	106518151	A	22 March 2017	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/098461

A. 主题的分类 C04B 7/24(2006.01)i; C04B 7/21(2006.01)i; C04B 7/38(2006.01)i; C04B 7/42(2006.01)i; C04B 18/02(2006.01)i; C04B 28/02(2006.01)i; C04B 18/04(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) C04B 7/-; C04B 18/-; C04B 28/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS、CNTXT、VEN、CNKI、WEB OF SCIENCE: 水泥、胶凝材料、赤泥、石膏、硫酸钙、CaSO ₄ 、轻骨料、发泡、双氧水、过氧化氢、H ₂ O ₂ 、cement、red mud、gypsum、calcium sulfate、calcium sulphate、light aggregate、foam、hydrogen peroxide		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 112723764 A (山东大学) 2021年 4月 30日 (2021 - 04 - 30) 权利要求1-10	1-10
X	王文龙等. “完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用” 《水泥工程》, 第6期, 2015年 12月 31日 (2015 - 12 - 31), 第12-15页	1-3
Y	王文龙等. “完全以工业固废为原料制备硫铝酸盐水泥的研究与应用” 《水泥工程》, 第6期, 2015年 12月 31日 (2015 - 12 - 31), 第12-15页	4-10
Y	CN 106986568 A (中南大学) 2017年 7月 28日 (2017 - 07 - 28) 说明书第[0011]和[0014]-[0056]段	4-10
X	CN 111533473 A (洲际环境科学研究院广州有限公司) 2020年 8月 14日 (2020 - 08 - 14) 说明书第[0005]-[0024]段	1-3
X	CN 103833245 A (桂林理工大学) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 说明书第[0005]-[0017]段	1-3
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2021年 9月 15日		国际检索报告邮寄日期 2021年 10月 9日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 徐东勇 电话号码 62084852

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 106746802 A (山东卓联环保科技有限公司等) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0006]-[0046]段	1-3
X	CN 1837121 A (中国地质大学北京) 2006年 9月 27日 (2006 - 09 - 27) 说明书第1页第4段到第2页第4段	1-3
X	Wenlong Wang等. "Experimental Investigation and Modeling of Sulfoaluminate Cement Preparation Using Desulfurization Gypsum and Red Mud" 《Ind. Eng. Chem. Res.》, 第52卷, 2013年 1月 2日 (2013 - 01 - 02), 第1261-1266页	1-3
X	CN 101891406 A (山东大学) 2010年 11月 24日 (2010 - 11 - 24) 说明书第[0007]-[0014]段	1-3
Y	CN 104261757 A (江苏名和集团有限公司) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 说明书第[0004]-[0012]段	4-7
Y	CN 108706932 A (贵州鑫源道建材科技有限公司) 2018年 10月 26日 (2018 - 10 - 26) 说明书第[0003]-[0009]段	4-7
A	CN 107129238 A (河南理工大学) 2017年 9月 5日 (2017 - 09 - 05) 全文	1-10
A	CN 106518151 A (陕西盛迈石油有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/098461

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	112723764	A	2021年 4月 30日	无	
CN	106986568	A	2017年 7月 28日	CN 106986568	B 2019年 7月 16日
CN	111533473	A	2020年 8月 14日	无	
CN	103833245	A	2014年 6月 4日	CN 103833245	B 2016年 1月 13日
CN	106746802	A	2017年 5月 31日	CN 106746802	B 2019年 8月 20日
CN	1837121	A	2006年 9月 27日	CN 100360451	C 2008年 1月 9日
CN	101891406	A	2010年 11月 24日	CN 101891406	B 2012年 4月 25日
CN	104261757	A	2015年 1月 7日	无	
CN	108706932	A	2018年 10月 26日	无	
CN	107129238	A	2017年 9月 5日	无	
CN	106518151	A	2017年 3月 22日	无	