

(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 2022/142136 A1

(51) 国际专利分类号:
C04B 7/32 (2006.01) C04B 111/24 (2006.01)
C04B 28/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/098460

(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:
202011620345.9 2020 年 12 月 30 日 (30.12.2020) 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: 王旭江 (WANG, Xujiang); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 张子良 (ZHANG, Ziliang); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 王文龙 (WANG, Wenlong); 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)。 蒋稳 (JIANG, Wen); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 毛岩鹏 (MAO, Yanpeng); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 宋占龙 (SONG, Zhanlong); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 孙静 (SUN, Jing); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。 赵希强

(54) Title: SULFUR-ALUMINUM-IRON CEMENT, PREPARATION METHOD THEREFOR, SYSTEM THEREOF, AND USE THEREOF IN MARINE ENGINEERING MATERIAL

(54) 发明名称: 一种硫铝铁系水泥、其制备方法、系统和其在海洋工程材料中的应用

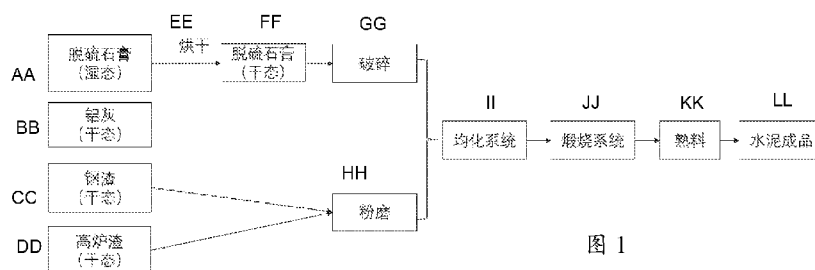


图 1

AA Desulfurized gypsum (wet state)
BB Aluminum ash (dry state)
CC Steel slag (dry state)
DD Blast furnace slag (dry state)
EE Oven dry
FF Desulfurized gypsum (dry state)
GG Crush
HH Grind
II Homogenization system
JJ Calcination system
KK Clinker
LL Finished cement

(57) Abstract: Provided are a sulfur-aluminum-iron cement, a preparation method therefor, a system thereof, and the use thereof in a marine engineering material. Raw materials for the sulfur-aluminum-iron cement of the present invention comprise or consist of blast furnace slag, desulfurized gypsum, aluminum ash and steel slag, and the raw meal alkalinity coefficient is 0.81-0.9. The sulfur-aluminum-iron cement has performance advantages such as early strength, high strength, frost resistance, and impermeability, is particularly excellent in terms of seawater corrosion resistance, and is very suitable for serving as a marine engineering material. Moreover, in the present invention, the sulfur-aluminum-iron cement produced by using blast furnace slag has relatively low requirements regarding

(ZHAO, Xiqiang); 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))。

raw materials, the calcinating temperature is much lower than that of a traditional sulfoaluminate cement, and the cost can be reduced by about 30%.

(57) 摘要: 本发明提供一种硫铝铁系水泥、其制备方法、系统和其在海洋工程材料中的应用。本发明的硫铝铁系水泥其原料包括或由高炉渣、脱硫石膏、铝灰和钢渣组成, 生料碱度系数为0.81-0.9。该硫铝铁系水泥具有早强、高强、抗冻、抗渗等性能优势, 尤其是耐海水腐蚀性能特别优异, 非常适合用作海洋工程材料, 并且本发明使用高炉渣生产的硫铝铁系水泥对原料要求较低, 且煅烧温度远低于传统硫铝酸盐水泥, 成本可以降低30%左右。

一种硫铝铁系水泥、其制备方法、系统和其在海洋工程材料中的应用

技术领域

本发明涉及固体废弃物利用领域，具体涉及一种硫铝铁系水泥、其制备方法、系统和其在海洋工程材料中的应用。

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。

当今世界各国在海洋工程建设中都采用通用硅酸盐水泥或改性的硅酸盐水泥，比如通过掺加硅灰、超细矿粉等各类添加剂来增强水泥耐久性。硅酸盐水泥水化产物主要是 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，容易受到海水的腐蚀破坏，导致该种水泥的耐海水腐蚀性能较差，这是海洋工程中水泥混凝土产生腐蚀现象的基本因素。掺加硅灰、超细矿粉等添加剂的改性硅酸盐水泥的耐久性略强于普通硅酸盐水泥，但超细矿粉的研磨要消耗大量能源，掺加硅灰和添加剂会增加水泥的成本，而且改性硅酸盐水泥的性能提升并不明显。

在传统的硫铝酸盐水泥生产中，主要原料为高品质铝矾土、石灰石和石膏，经过生料选择、配料、破碎、粉磨、煅烧（1300-1350℃）和熟料粉磨等一系列环节制备得到硫铝酸盐水泥。硫铝酸盐水泥熟料主要矿物物相

为硫铝酸钙、硅酸二钙和铁相，要求熟料中 Al_2O_3 在 28~40%wt，而且传统工艺中，为保证固相反应完全、生成有效矿相，需保证生料中高 CaO 含量，但这也提高了对原料的品质要求，提高了成本。

发明内容

为了改善现有技术的不足，本申请提供了一种硫铝铁系水泥（高铁硫铝酸盐水泥）、其制备方法、系统和其在海洋工程材料中的应用。

在本发明的第一方面，本发明提供了一种硫铝铁系水泥，其原料包括或由高炉渣、脱硫石膏、铝灰和钢渣组成，生料碱度系数为 0.81-0.9。

在本发明的实施方式中，所述高炉渣为高炉炼铁过程中，由矿石中的脉石、燃料中的灰分和溶剂（一般是石灰石）中的非挥发组分形成的固体废物；主要含有钙、硅、铝、镁、铁的氧化物和少量硫化物。

在本发明的一些实施方式中，所述高炉渣的成分中包括 44~54%wt CaO、18~28%wt SiO_2 和 8~16%wt Al_2O_3 。

在进一步的实施方式中，所述高炉渣主要成分为：CaO：48.84%wt， SiO_2 ：24.66%wt， Al_2O_3 ：11.37%wt， Fe_2O_3 ：0.49%wt，MgO：11.4%wt。

在本发明的实施方式中，所述硫铝铁系水泥生料中 CaO 占 32-40 重量份、 SiO_2 占 6-12 重量份、 Al_2O_3 占 18-26 重量份、 Fe_2O_3 占 10-15 重量份、 SO_3 占 10-18 重量份，其中，铝硫比为 1.0-1.8。

本发明将高炉渣作为硫铝酸盐水泥原料大量利用，并且通过生料化学组成和铝硫比等关键参数的控制，突破传统硫铝酸盐水泥生产工艺中的碱度系数要求，可将其降低至 0.81-0.9；碱度系数降低减少了水泥生料中 CaO

的含量，进而降低了对石灰石等高钙原料的依赖。

在本发明的实施方式中，水泥熟料中的矿物组成包括 50-70wt% 硫铝酸钙、0-20wt% 钙铝黄长石和 0-20wt% 硫铝铁酸钙。

在本发明的一些实施方式中，水泥熟料中的矿物组成包括 50-70wt% 硫铝酸钙、0.5-20wt% 钙铝黄长石和 0.5-20wt% 硫铝铁酸钙。

在本发明的一些实施方式中，水泥熟料中的矿物组成包括 58wt% 硫铝酸钙、20wt% 钙铝黄长石和 8wt% 硫铝铁酸钙。

在本发明的实施方式中，其 3d 抗压强度 $\geq 49.7\text{MPa}$ 、3d 抗折强度 $\geq 6.9\text{MPa}$ 。以及，在氯离子溶液浸泡下，本发明的硫铝铁系水泥 1d、3d、28d 的抗蚀系数均大于 1，说明氯离子溶液可以促进高炉渣生产的硫铝铁系水泥的轻度增长。

高铁硫铝酸盐水泥具有早强、高强、抗冻、抗渗等性能优势，尤其是耐海水腐蚀性能特别优异，非常适合用作海洋工程材料，但受制于原料价格高，铁铝酸盐水泥无法广泛应用。本发明以高炉渣为原料，使用高炉渣生产的高铁硫铝酸盐水泥成本远低于普通的硫铝酸盐水泥，且 3d 抗压、抗折强度就可以达到 49.7MPa 和 6.9MPa，完全符合普通 425 硫铝酸盐水泥的强度标准，因此以高炉渣为原料生产的高铁硫铝酸盐水泥可以被推广为海洋工程材料。

在本发明的第二方面，本发明提供了一种制备上述第一方面中所述的硫铝铁系水泥的方法，其包括：将粉磨后的高炉渣与干燥的脱硫石膏、铝灰和钢渣进行混匀均化，将均化后的生料进行煅烧，煅烧温度为 1150°C

-1180°C，煅烧时间为 20-60min，得到水泥熟料。

在本发明的一些实施方式中，所述方法包括：将粉磨后的高炉渣与干燥的脱硫石膏、铝灰和钢渣混匀均化，生料碱度系数为 0.81-0.9，均化后的生料中 CaO 占 32-40 重量份、SiO₂ 占 6-12 重量份、Al₂O₃ 占 18-26 重量份、Fe₂O₃ 占 10-15 重量份、SO₃ 占 10-18 重量份，铝硫比为 1.0-1.8；将均化后的生料输送至回转窑中进行煅烧，煅烧温度低于 1200°C，煅烧时间为 20-60min，得到水泥熟料。

传统硫铝酸盐水泥生产过程中，如果水泥生料中 Fe₂O₃ 的含量过高时，会生成作用较小的铁铝酸四钙，无法维持硫铝酸盐水泥早强、高强的特性。为了保证硫铝酸钙的生成数量和质量，通常需要控制水泥生料中 Fe₂O₃ 的含量在 3% 以下，即水泥生料中仅能添加少量的含铁矿物。但是 Fe 的含量过低会严重影响煅烧温度，导致熟料矿相无法正常生成，降低水泥性能。

在本发明的实施方式中，均化后的生料中，钙含量和铝含量低于传统工艺，而铁含量与硫含量明显高于传统工艺。采用本发明的制备方法，可以使得水泥生料中的 Al₂O₃ 含量低于传统生产工艺，Fe₂O₃ 含量高于传统生产工艺，并且大大降低了煅烧温度，拓展了工艺的适用范围。

在本发明的实施方式中，生料碱度系数可降低至 0.81-0.9，突破了传统硫铝酸盐水泥生产工艺中的碱度系数要求，碱度系数降低减少了水泥生料中 CaO 的含量，进而降低了对石灰石等高钙原料的依赖。而高炉渣内的尖晶石在煅烧 1200°C 之内并不会分解，在水泥水化过程中可以担任骨料的角色，从而又能进一步提高水泥的性能。

但是如果原料中的钙含量过少，又会导致煅烧过程中反应不完全，无水硫铝酸钙的量达不到预期，形成大量无水硬性的钙铝黄长石物质，影响到水泥性能。发明人经过反复实验发现，在配料过程中降低生料中铝的含量，可以实现 Fe 取代部分 Al 生成铁铝酸四钙，用来替代部分无水硫铝酸钙的作用，同样可以使水泥具有早强、高强的性能。

在本发明的一些实施方式中，将本发明所述配料的水泥生料进行煅烧时，煅烧的最佳温度为 1150°C-1180°C，远低于传统硫铝酸盐水泥的煅烧温度，有利于节能环保。

在本发明的第三方面，本发明提供了一种制备上述第一方面中所述的硫铝铁系水泥的系统，其包括：干燥系统、破碎系统、研磨系统、均化系统和煅烧系统；按物料处理顺序，干燥系统设置在破碎系统或研磨系统前，均化系统设置在破碎系统或研磨系统后，并位于煅烧系统前。

在本发明的一些实施方式中，所述系统包括烘干机、破碎机、研磨机、均化设备和回转窑。

在本发明的第四方面，本发明提供了一种利用上述第三方面所述的系统生产硫铝铁系水泥的方法，其包括：采用干燥系统对脱硫石膏进行烘干；烘干后的脱硫石膏进入破碎系统内破碎；钢渣和高炉渣在研磨系统内粉磨；随后经上述处理后的钢渣、高炉渣、脱硫石膏和铝灰进入均化系统进行均化；均化处理后得到水泥生料进入煅烧系统中煅烧，得到水泥熟料。

在本发明的第四方面，本发明提供了一种海洋工程建筑材料，其以上述第一方面中所述的硫铝铁系水泥为原料。

在本发明的第五方面，本发明提供了上述第一方面所述的硫铝铁系水泥在作为海洋工程建筑材料的应用或在制备海洋工程建筑材料中的应用。

如前所述，本发明的硫铝铁系水泥 3d 抗压、抗折强度就可以达到 49.7MPa 和 6.9MPa，且 1d、3d 和 28d 的抗蚀系数均大于 1，具有早强、高强、耐腐蚀等优点，且原料易得价廉，煅烧温度低于 1200℃，特别适合在海洋工程建筑领域推广使用。

与现有技术相比，本发明的优势在于：

1、相比于传统硅酸盐水泥和改性硅酸盐水泥，本发明以高炉渣为原料生产得到的硫铝铁系水泥（即高铁硫铝酸盐水泥）抗腐蚀、抗冲刷性更好。在氯离子溶液浸泡下，高炉渣生产的硫铝铁系水泥 1d、3d 和 28d 的抗蚀系数均大于 1，说明氯离子溶液可以促进高炉渣生产的硫铝铁系水泥的轻度增长。

2、本发明的硫铝铁系水泥具有早强、高强、耐腐蚀等优点，应用于海洋工程项目可延长建筑的使用寿命，弥补现在海洋工程材料耐久性不足的缺点。

3、使用高炉渣生产的硫铝铁系水泥对原料要求较低，且煅烧温度远低于传统硫铝酸盐水泥，可低至 1150℃，可以减少能源使用，降低生产成本，成本可以降低 30% 左右，减少了二氧化碳的排放。

附图说明

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

当限定。以下，结合附图来详细说明本发明的实施方案，其中：

图 1 为高炉渣生产铁系硫铝酸盐水泥生产流程图；

图 2 为实施例 2、对比例 3、4 的抗蚀系数折线图。

具体实施方式

下面结合具体实施例，进一步阐述本发明。应理解，这些实施例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围。下列实施例中未注明具体条件的实验方法，通常按照常规条件或按照制造厂商所建议的条件。

除非另行定义，文中所使用的所有专业与科学用语与本领域熟练人员所熟悉的意义相同。本发明所使用的试剂或原料均可通过常规途径购买获得，如无特殊说明，本发明所使用的试剂或原料均按照本领域常规方式使用或者按照产品说明书使用。此外，任何与所记载内容相似或均等的方法及材料皆可应用于本发明方法中。文中所述的较佳实施方法与材料仅作示范之用。

高炉渣是在高炉炼铁过程中，由矿石中的脉石、燃料中的灰分和溶剂（一般是石灰石）中的非挥发组分形成的固体废物。主要含有钙、硅、铝、镁、铁的氧化物和少量硫化物。在本发明的实施方式中，高炉渣成分包括 CaO: 44~54%wt, SiO₂: 18~28%wt, Al₂O₃: 8~16%wt。如无特殊说明，本发明下述实施例中高炉渣的主要成分为：CaO: 48.84%wt, SiO₂: 24.66%wt, Al₂O₃: 11.37%wt, Fe₂O₃: 0.49%wt, MgO: 11.4%wt。

实施例 1

如附图 1 所示，一种利用高炉渣生产硫铝酸盐水泥的系统，包括烘干

机、破碎机、研磨机、均化设备和回转窑；烘干机用于对脱硫石膏进行烘干；烘干后的脱硫石膏进入破碎机内破碎；钢渣和高炉渣在研磨机内粉磨；随后钢渣、高炉渣、脱硫石膏和铝灰按设定比例进行配比后进入均化设备进行均化；均化处理后的水泥生料进入回转窑中煅烧，得到水泥熟料。

此处均化后的水泥生料的碱度系数为 0.81，均化后的生料中 CaO 占 37 重量份，SiO₂ 占 8 重量份，Al₂O₃ 占 23 重量份，Fe₂O₃ 占 13 重量份，SO₃ 占 12 重量份。之后将均化得到的物料输送至回转窑进行煅烧，煅烧温度为 1160℃，煅烧时间为 30min，得到水泥熟料，水泥熟料的主要矿物组成见表 1。将水泥熟料中加入 3%石膏，进入水泥粉磨机粉磨，得到硫铝酸盐水泥，所得硫铝酸盐水泥的力学性能见表 4。强度检验标准依据 GB20472-2006《硫铝酸盐水泥》进行。

表 1 水泥熟料中的主要矿物组成 (wt%)

组分	硫铝酸钙	钙铝黄长石	硫铝铁酸钙
水泥熟料	58	20	17

对比例 1

与实施例 1 的区别为：煅烧温度为 1120℃，其他都与实施例 1 相同，制备的水泥熟料中的主要矿物组成见表 2，制备的硫铝酸盐水泥的性能见表 4。

表 2 水泥熟料中的主要矿物组成 (wt%)

组分	硫铝酸钙	钙铝黄长石	硫铝铁酸钙
水泥熟料	48	28	8

对比例 2

与实施例 1 的区别为：煅烧温度为 1200℃，其他都与实施例 1 相同，制备的水泥熟料中的主要矿物组成见表 2，制备的硫铝酸盐水泥的性能见表 4。

表 3 水泥熟料中的主要矿物组成 (wt%)

组分	硫铝酸钙	钙铝黄长石	硫铝铁酸钙
水泥熟料	56	19	15

表 4

编号/龄期 d	抗压/抗折强度 单位 MPa		
	1d	3d	28d
实施例 1	40.8/6.5	49.7/6.9	71.8/7.5
对比例 1	30.9/5.0	35.3/5.3	42.8/5.9
对比例 2	36.7/5.8	46.8/6.1	62.2/6.5

实施例 2

与实施例 1 的区别为：将水泥成品做成砂浆块放在 5%Cl⁻的溶液中进行养护，其他与实施例 1 相同，制备砂浆块的性能见表 5、6。

对比例 3

与实施例 2 的区别为：将砂浆块放在清水中养护，其他与实施例 2 相同，制备砂浆块的性能见表 5、6。

对比例 4

将 425 硫铝酸盐水泥做成砂浆块放在 5%Cl⁻的溶液中进行养护，制备砂浆块性能见表 5、6。

对比例 5

将 425 硫铝酸盐水泥做成砂浆块放在清水中进行养护，制备砂浆块性能见表 5、6。

对比例 6

将 425 硅酸盐水泥做成砂浆块放在 5%Cl⁻的溶液中进行养护，制备砂浆块性能见表 5、6。

对比例 7

将 425 硅酸盐水泥做成砂浆块放在清水中进行养护，制备砂浆块性能见表 5、6。

表 5

编号/龄期 d	抗压/抗折强度 单位 MPa		
	1d	3d	28d
实施例 2	45.8/6.6	52.3/7.1	73.0/7.8
对比例 3	40.8/6.5	49.7/6.9	71.8/7.5
对比例 4	38.5/6.4	45.8/6.9	68.8/7.2
对比例 5	36.5/6.2	43.8/6.6	65.3/6.9
对比例 6	35.2/3.3	30.2/2.8	22.5/1.3

将抗蚀系数 K 定义为同一龄期下，浸泡在侵蚀溶液中砂浆试块的抗折强度与浸泡在清水中砂浆试块的抗折强度的比值，抗蚀系数 K 的大小用于评价材料的相对抗侵蚀性能。

表 6

编号/龄期 d	抗蚀系数 (K)		
	28d	60d	90d
实施例 2	1.15	1.22	1.18
对比例 4	1.12	1.12	1.15

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，尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，对于本领域的技术人员来说，其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换。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。

1、一种硫铝铁系水泥，其原料包括或由高炉渣、脱硫石膏、铝灰和钢渣组成，生料碱度系数为 0.81-0.9。

2、根据权利要求 1 所述的硫铝铁系水泥，其特征在于，所述高炉渣为高炉炼铁过程中，由矿石中的脉石、燃料中的灰分和溶剂中的非挥发组分形成的固体废物；

优选地，所述高炉渣的成分中包括 44~54%wt CaO、18~28%wt SiO₂ 和 8~16%wt Al₂O₃。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的硫铝铁系水泥，其特征在于，所述硫铝铁系水泥生料中 CaO 占 32-40 重量份、SiO₂ 占 6-12 重量份、Al₂O₃ 占 18-26 重量份、Fe₂O₃ 占 10-15 重量份、SO₃ 占 10-18 重量份，其中，铝硫比为 1.0-1.8。

4、根据权利要求 1 或 2 所述的硫铝铁系水泥，其特征在于，水泥熟料中的矿物组成包括 50-70wt%硫铝酸钙、0-20wt%钙铝黄长石和 0-20wt%硫铝铁酸钙。

5、根据权利要求 1 或 2 所述的硫铝铁系水泥，其特征在于，其 3d 抗压强度 $\geq$ 49.7MPa、3d 抗折强度 $\geq$ 6.9MPa。

6、一种制备权利要求 1 至 5 中任一项所述的硫铝铁系水泥的方法，其包括：将粉磨后的高炉渣与干燥的脱硫石膏、铝灰和钢渣进行混匀均化，将均化后的生料进行煅烧，煅烧温度低于 1200℃，煅烧时间为 20-60min，得到水泥熟料。

7、一种制备权利要求 1 至 5 中任一项所述的硫铝铁系水泥的系统，其包括：干燥系统、破碎系统、研磨系统、均化系统和煅烧系统；按物料

处理顺序，干燥系统设置在破碎系统或研磨系统前，均化系统设置在破碎系统或研磨系统后，并位于煅烧系统前。

8、一种利用权利要求 7 中所述的系统生产硫铝铁系水泥的方法，其包括：采用干燥系统对脱硫石膏进行烘干；烘干后的脱硫石膏进入破碎系统内破碎；钢渣和高炉渣在研磨系统内粉磨；随后经上述处理后的钢渣、高炉渣、脱硫石膏和铝灰进入均化系统进行均化；均化处理后得到水泥生料进入煅烧系统中煅烧，得到水泥熟料。

9、一种海洋工程建筑材料，其以权利要求 1 至 5 中任一项所述的硫铝铁系水泥为原料。

10、权利要求 1 至 5 中任一项所述的硫铝铁系水泥在作为海洋工程建筑材料的应用或在制备海洋工程建筑材料中的应用。

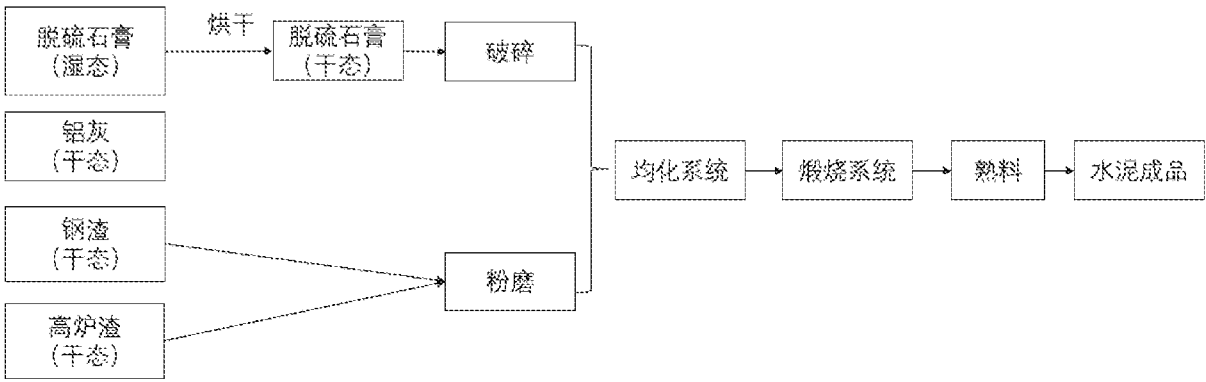


图 1

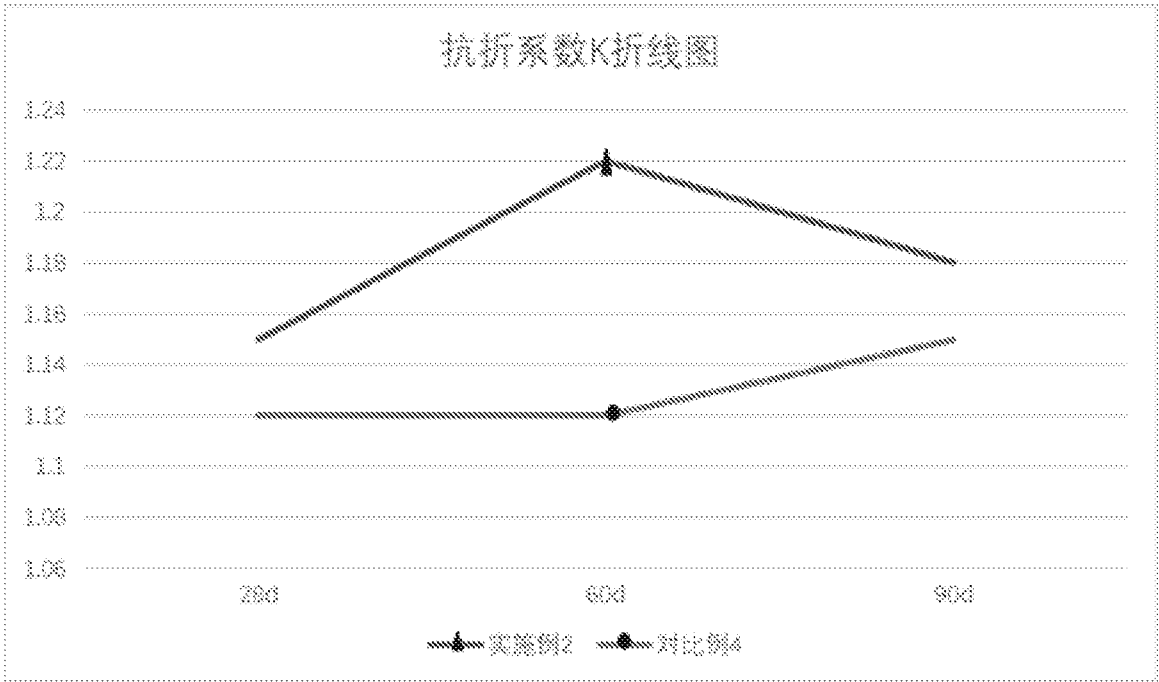


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/098460

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C04B 7/32(2006.01)i; C04B 28/06(2006.01)i; C04B 111/24(2006.01)n

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 28/-; C04B 111/-

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, 硫铝酸钙, C4A3?, 铁, 渣, cement, calcium sulfo? aluminate, iron, ferrum, slag

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 112661426 A (SHANDONG UNIVERSITY) 16 April 2021 (2021-04-16) claims 1-10	1-10
X	CN 109987866 A (SHANDONG UNIVERSITY) 09 July 2019 (2019-07-09) description, paragraphs [0005]-[0029]	1-10
A	CN 1837121 A (CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES, BEIJING) 27 September 2006 (2006-09-27) entire document	1-10
A	CN 107935423 A (TANGSHAN POLAR BEAR BUILDING MATERIALS CO., LTD.) 20 April 2018 (2018-04-20) entire document	1-10
A	CN 103922622 A (SHANDONG UNIVERSITY) 16 July 2014 (2014-07-16) entire document	1-10
A	CN 106904849 A (SHANDONG UNIVERSITY) 30 June 2017 (2017-06-30) entire document	1-10
A	CN 109020274 A (JIAHUA SPECIAL CEMENT CO., LTD.) 18 December 2018 (2018-12-18) entire document	1-10



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

10 September 2021

Date of mailing of the international search report

29 September 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/CN2021/098460**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107721214 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 23 February 2018 (2018-02-23) entire document	1-10
A	Frank Bullerjahn et al. "Effect of raw mix design and of clinkering process on the formation and mineralogical composition of (ternesite) belite calcium sulphoaluminate ferrite clinker" 《Cement and Concrete Research》, Vol. 59, 18 March 2014 (2014-03-18), pp. 87-95	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/098460

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112661426	A	16 April 2021	None			
CN	109987866	A	09 July 2019	WO	2020211546	A1	22 October 2020
				CN	109987866	B	31 March 2020
				US	2021130234	A1	06 May 2021
CN	1837121	A	27 September 2006	CN	100360451	C	09 January 2008
CN	107935423	A	20 April 2018	CN	107935423	B	08 December 2020
CN	103922622	A	16 July 2014	CN	103922622	B	04 November 2015
CN	106904849	A	30 June 2017	CN	106904849	B	22 March 2019
CN	109020274	A	18 December 2018	None			
CN	107721214	A	23 February 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/098460

A. 主题的分类 C04B 7/32(2006.01)i; C04B 28/06(2006.01)i; C04B 111/24(2006.01)n 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 28/-; C04B 111/- 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、硫铝酸钙、C4A3?、铁、渣、cement、calcium su- lfo?aluminate、iron、ferrum、slag		
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 112661426 A (山东大学) 2021年 4月 16日 (2021 - 04 - 16) 权利要求1-10	1-10
X	CN 109987866 A (山东大学) 2019年 7月 9日 (2019 - 07 - 09) 说明书第[0005]-[0029]段	1-10
A	CN 1837121 A (中国地质大学北京) 2006年 9月 27日 (2006 - 09 - 27) 全文	1-10
A	CN 107935423 A (唐山北极熊建材有限公司) 2018年 4月 20日 (2018 - 04 - 20) 全文	1-10
A	CN 103922622 A (山东大学) 2014年 7月 16日 (2014 - 07 - 16) 全文	1-10
A	CN 106904849 A (山东大学) 2017年 6月 30日 (2017 - 06 - 30) 全文	1-10
A	CN 109020274 A (嘉华特种水泥股份有限公司) 2018年 12月 18日 (2018 - 12 - 18) 全文	1-10
A	CN 107721214 A (北京工业大学) 2018年 2月 23日 (2018 - 02 - 23) 全文	1-10
☒ 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		国际检索报告邮寄日期
2021年 9月 10日		2021年 9月 29日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
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		徐东勇 电话号码 62084852

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/098460

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
A	Frank Bullerjahn等. "Effect of raw mix design and of clinkering process on the formation and mineralogical composition of (ternesite) belite calcium sulphoaluminate ferrite clinker" 《Cement and Concrete Research》，第59卷，2014年 3月 18日 (2014 - 03 - 18)， 第87-95页	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/098460

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	112661426	A	2021年 4月 16日	无			
CN	109987866	A	2019年 7月 9日	WO	2020211546	A1	2020年 10月 22日
				CN	109987866	B	2020年 3月 31日
				US	2021130234	A1	2021年 5月 6日
CN	1837121	A	2006年 9月 27日	CN	100360451	C	2008年 1月 9日
CN	107935423	A	2018年 4月 20日	CN	107935423	B	2020年 12月 8日
CN	103922622	A	2014年 7月 16日	CN	103922622	B	2015年 11月 4日
CN	106904849	A	2017年 6月 30日	CN	106904849	B	2019年 3月 22日
CN	109020274	A	2018年 12月 18日	无			
CN	107721214	A	2018年 2月 23日	无			