

(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
2020 年 8 月 6 日 (06.08.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/155692 A1

(51) 国际专利分类号:
C02F 11/06 (2006.01) *C02F 11/18* (2006.01)
C02F 11/08 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/113365

(22) 国际申请日: 2019 年 10 月 25 日 (25.10.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910096158.6 2019 年 1 月 31 日 (31.01.2019) CN

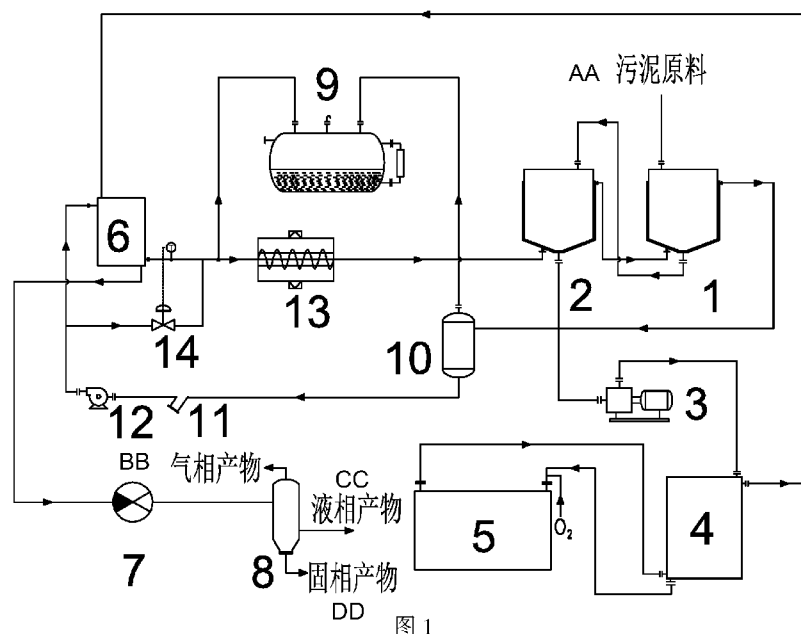
(71) 申请人: 西安交通大学 (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。

(72) 发明人: 王树众 (WANG, Shuzhong); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。杨健乔 (YANG, Jianqiao); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。张熠姝 (ZHANG, Yishu); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。徐海涛 (XU, Haitao); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。王栋 (WANG, Dong); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。张宝权 (ZHANG, Baoquan); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。李艳辉 (LI, Yanhui); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。

(74) 代理人: 西安通大专利代理有限责任公司 (XI'AN TONG DA PATENT AGENCY CO., LTD.);

(54) **Title:** SLUDGE SUPERCRITICAL WATER OXIDATION SYSTEM USING HEAT-CONDUCTING OIL AS HEAT EXCHANGE MEDIUM AND SLUDGE TREATMENT METHOD

(54) 发明名称: 一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统及污泥处理方法



AA Raw sludge CC Liquid product
BB Gaseous product DD Solid product

(57) **Abstract:** Disclosed in the present invention are a sludge supercritical water oxidation system using heat-conducting oil as a heat exchange medium and a sludge treatment method. Sludge is introduced into a sludge pyrolysis tank, then conveyed to a heat exchanger by means of a material pump for heating and mixed with oxygen to undergo a supercritical water oxidation reaction in a reactor to release a lot of heat. The high-temperature fluid obtained by the reaction first passes through the heat exchanger, and then passes

中国陕西省西安市高新区锦业路 32 号, Shaanxi 710003 (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))。

through a heat-conducting oil heat exchanger to transfer the heat to heat-conducting oil. The heat-conducting oil enters an outer wall coil of the sludge pyrohydrolysis tank to heat the sludge pyrohydrolysis tank, so as to ensure the progress of pyrohydrolysis reaction. By means of the heat-conducting oil heat exchanger using the heat-conducting oil as a heat exchange medium for the heat released by the super-critical water oxidation reaction, the heat from a high-pressure strongly-corrosive heat source is converted to a normal-pressure non-corrosive heat source, and therefore, the safety, economy and reliability of the system are improved comprehensively, the super-critical water oxidation reaction is accomplished, and up-to-standard discharge is achieved.

(57) 摘要: 本发明公开了一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统及污泥处理方法, 污泥通入污泥热水解罐, 然后经物料泵输送至换热器升温并与氧气混合, 在反应器中发生超临界水氧化反应, 释放大量热量。反应后的高温流体首先经过换热器, 然后经过导热油换热器, 将热量传递给导热油。导热油进入污泥热水解罐的外壁盘管实现对污泥热水解罐的加热, 保障热水解反应的进行。通过导热油换热器将超临界水氧化反应释放的热量以导热油作为换热介质, 将高压、强腐蚀性热源的热量转换成了常压、无腐蚀性热源, 全面提高了系统安全性、经济性、可靠性, 完成超临界水氧化反应、实现达标排放。

一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统及污泥处理方法

技术领域

本发明属于化工及环保技术领域，具体涉及一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统及污泥处理方法。

背景技术

超临界水是指温度和压力均超过水的临界点（374℃、22.1MPa）的特殊状态的水，随着水的相态进入超临界态，水的密度、离子积常数显著降低，粘度大幅下降导致流动性增强。同时，超临界水趋向于非极性流体，对有机物和气体几乎可以实现完全溶解。

超临界水氧化（supercritical water oxidation）技术是利用了超临界水的诸多优势，将超临界水作为高浓度有机废水/污泥中的有机物与氧气发生氧化反应的媒介，进行有机污染物的快速、高效去除。目前，超临界水氧化技术已经在世界范围内广泛应用于军工、化工、航天、舰船及环保等领域，用于处理各领域产生的废水和污泥等高浓度难降解有机物，将有机物转化为无害的二氧化碳、氮气以及水等物质。超临界水氧化技术具有以下几个优势：

- 1、反应速度极快，可在数百秒内完成氧化反应。
- 2、反应效率高，由于是高温高压环境，有机物的 COD 去除率普遍可以达到 99%以上。
- 3、由于氧化反应自身是放热的，系统中有机物浓度较为充足时可以实现自热。

由于超临界水氧化技术的巨大优势，在包括中国在内的全世界范围内，该技术正在迅速推广。我国目前现有的超临界水氧化装置的主要处理对象为市政污泥以及各个化工行业废水处理厂产生的工业污泥。

然而，在污泥超临界水氧化技术推广应用过程中，发现了如下缺陷：

为了使得污泥具有流动性，能在设备管道中流动，在污泥给料进入超临界水氧化系统之前，普遍需要将其进行稀释处理，使其含水率升高从而降低粘度。另一方面，在待处理污泥中加入大量清水，使得待处理的污泥量增加，从而提高了运行成本，这是任何商业化装置都无法接受的。除了加水稀释外，另一个能提高污泥流动性的方法是加热，因为污泥具有粘度随温度的升高而降低的特性，而且污泥在 200℃左右发生热水解反应，该反应可以使得污泥中的部分微生物细胞体受热膨胀而破裂，释放出有机物和水分，从而增大污泥的流动性。污泥热水解反应是不可逆的，一旦完成热水解反应，就不用再担心污泥在系统中输送的问题，因此将污泥热水解技术作为一个预处理手段应用于污泥超临界水氧化装置上是十分有效的。

超临界水氧化反应是放热反应，反应放热在将冷物料完成预热之后仍有剩余，可以直接应用于污泥热水解装置的热源。事实上，当前的一些装置也是这样设计的，通过在热水解罐内设置盘管，使得反应后且经过换热器的高温高压热流体进入热水解罐，与罐中的污泥进行换热，将罐中的污泥加热到预设温度，从而实现污泥热水解反应，降低污泥粘度。

然而，在实际运行的过程中出现了一个十分棘手的问题难以解决，即污泥会在热水解罐的内盘管上结焦、结垢，严重影响换热效果。由于污泥热水解罐需要达到高于 100℃的高温，罐内需要设置定压装置来避免污泥高温汽化，也就是说该装置在运行过程中是密闭的，无法简单的通过拆开罐体去清理管道表面的泥垢，只能被迫停机清洗，严重影响系统运行的安全稳定性。

发明内容

为了克服上述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统及污泥处理方法，该系统结构设置合理，能够解决

内盘管加热式的污泥热水解罐存在的污泥在内盘管表面结垢、结焦的问题，提高系统的稳定性、可靠性。

为了达到上述目的，本发明采用以下技术方案予以实现：

本发明公开了一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，包括污泥热水解罐、换热器、反应器和导热油换热器；

其中，污泥热水解罐通过物料泵与换热器相连，换热器的管侧出口端与反应器的入口端相连，反应器的出口端与换热器的壳侧入口端相连，换热器的壳侧出口与导热油换热器的入口端相连，导热油换热器的出口端与污泥热水解罐的外壁设置的加热盘管相连；

还包括与导热油换热器的管侧出口依次相连的背压阀和三相分离器，导热油换热器的管侧出口端与背压阀入口连接，背压阀的出口与三相分离器的入口连接，在三相分离器的顶部设有排气口，底部设有排渣口，筒壁上设有排液口。

优选地，所述污泥热水解罐包括相连的第一污泥热水解罐和第二污泥热水解罐，物料泵设置在第二污泥热水解罐与换热器相连的管路上。

更进一步优选地，还包括与导热油换热器的壳侧出口相连的电加热器，电加热器的出口与第二污泥热水解罐外壁的加热盘管入口相连，第二污泥热水解罐外壁的加热盘管出口与第一污泥热水解罐外壁的加热盘管入口相连，第一污泥热水解罐外壁的加热盘管出口通过管路连接有油气分离器；

油气分离器的出口通过管路连接有过滤器，过滤器的出口通过循环泵出口端的一路管路连接至导热油换热器的壳侧入口，导热油换热器的壳侧出口与电加热器相连，循环泵出口端的另一路管路与电加热器相连，在该管路上设有自动调节阀。

更进一步优选地，还包括膨胀槽，油气分离器的顶端的气体出口与膨胀槽相连。

更进一步优选地，导热油换热器壳侧出口与电加热器入口之间的管路上设有一个与膨胀槽相连的支路。

优选地，污泥热水解罐内设有搅拌装置。

本发明还公开了基于上述的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统的污泥处理方法，包括以下步骤：

1) 将污泥通入污泥热水解罐中进行热水解反应，由污泥热水解罐外壁的加热盘管中流动的高温导热油提供热水解反应所需热量；

2) 完成热水解的污泥经物料泵输送至换热器进行预热，然后进入反应器与氧气混合发生超临界水氧化反应，释放大量热量；

3) 反应后的高温流体先经过换热器进行第一阶段换热，将热量直接传递给经过热水解的污泥；然后经过导热油换热器，将尚存的热量传递给导热油；导热油进入污泥热水解罐外壁的加热盘管实现对污泥热水解罐的加热，保障热水解反应的进行；

4) 彻底完成热量传递的反应后流体接近常温，经过背压阀降压作用回到常压，然后在三相分离器中完成气液固成分分离，分别实现达标排放。

优选地，污泥热水解罐包括相连的第一污泥热水解罐和第二污泥热水解罐；

还包括与导热油换热器的壳侧出口相连的电加热器，电加热器的出口与第二污泥热水解罐外壁的加热盘管入口相连，第二污泥热水解罐外壁的加热盘管出口与第一污泥热水解罐外壁的加热盘管入口相连，第一污泥热水解罐外壁的加热盘管出口通过管路连接有油气分离器；

油气分离器的出口通过管路连接有过滤器，过滤器的出口通过循环泵出口端的一路管路连接至导热油换热器的壳侧入口，导热油换热器的壳侧出口与电加热器相连；

步骤 1) 中，污泥首先输送进入第一污泥热水解罐，完成一定程度的热水解

后进入第二污泥热水解罐，完成彻底的热水解反应；

步骤 3) 中，导热油经导热油换热器加热后进入电加热器进行二次加热，达到预定温度进入第二污泥热水解罐外壁的加热盘管中，将热量传递给第二污泥热水解罐中的污泥，然后继续流到第一污泥热水解罐外壁的加热盘管中，加热第一污泥热水解罐中的污泥；随后，流过第一污泥热水解罐的导热油进入油气分离器，然后依次经过过滤器和循环泵后回到导热油换热器中，继续被加热，完成了一个循环。

优选地，循环泵出口端的另一路管路与电加热器相连，在该管路上设有自动调节阀；自动调节阀的开度与导热油换热器壳侧出口温度联锁，能够通过调节阀开度控制流过导热油换热器的导热油量，使导热油换热器的壳侧流体出口温度保持在设定值。

与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

本发明公开的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，以流动性好、热容量小的导热油作为换热介质，将超临界水氧化装置中的污泥热水解罐的内加热方式改为外部壁面加热，能够解决内盘管加热式的污泥热水解罐存在的污泥在内盘管表面结垢、结焦的问题，从经济性、安全性及可靠性方面对比，得到本发明的系统的显著优势，结果如下：

第一，经济性：现有技术中采用罐内设置高压盘管的方法，由于超临界水氧化反应后的流体普遍具有大量反应生成的无机盐离子及反应参与的氧气，具有强腐蚀性，而且是高温高压流体，需要才要高等金属材料作为设备材料，而且需要选取较大壁厚来承压、耐蚀。而本发明采用温度相对较低、无腐蚀性、常压的导热油作为换热介质，则可以采用较薄壁厚的普通不锈钢甚至碳钢作为设备材料，显著降低成本。

第二，安全性：现有技术采用在密封的污泥热水解罐中设置高压加热盘管的

方案，无法实时监控内部盘管的壁厚减薄情况，如果出现腐蚀穿孔、渗漏甚至应力腐蚀开裂，则会发生化工系统的严重危险事故“高低串”，即高压流体泄放到了低压密闭空间，有可能造成整个热水解罐的爆炸，危险性极高。而采用本发明公开的污泥热水解罐外壁的加热盘管则不会出现上述潜在安全事故。

第三，可靠性：采用内部盘管加热的方式，污泥会在热水解罐的内盘管上结焦、结垢，严重影响换热效果。由于污泥热水解罐需要达到高于 100℃ 的高温，罐内需要设置定压装置来避免污泥高温汽化，也就是说该装置在运行过程中是密闭的，无法简单的通过拆开罐体去清理管道表面的泥垢，只能被迫停机清洗，严重影响系统运行的安全稳定性。而采用本发明所公开的污泥热水解罐外壁的加热盘管则可以有效避免上述问题，提高系统的可靠性。

进一步地，污泥热水解罐中设置有搅拌器，可以带动罐内的污泥持续转动，一直处于流动状态，一方面避免沉积，一方面增大换热系数，强化换热。

本发明还公开了采用本发明的上述系统处理污泥的方法，通过导热油换热器将超临界水氧化反应释放的热量以导热油作为换热介质，将高压、强腐蚀性热源的热量转换成了常压、无腐蚀性热源，提高了系统安全性、经济性、可靠性；因此，应用了本发明的以导热油为换热介质进行污泥热水解并最终完成超临界水氧化反应、实现达标排放的方法，完全可以实现系统的长期安全稳定运行。

附图说明

图 1 为本发明的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统的结构示意图。

其中，1 为第一污泥热水解罐，2 为第二污泥热水解罐，3 为物料泵，4 为换热器，5 为反应器，6 为导热油换热器，7 为背压阀，8 为三相分离器，9 为膨胀槽，10 为油气分离器，11 为过滤器，12 为循环泵，13 为电加热器，14 为自动调节阀。

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

下面结合附图对本发明做进一步详细描述：

参见图 1，为本发明的一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，包括污泥热水解预处理单元、导热油换热单元和超临界水氧化单元。

污泥热水解单元包括第一污泥热水解罐 1 和第二污泥热水解罐 2，第一污泥热水解罐 1 与第二污泥热水解罐 2 相连：污泥原料首先进入第一污泥热水解罐 1；

超临界水氧化反应单元包括换热器 4、反应器 5、导热油换热器 6、背压阀 7 及三相分离器 8，在污泥热水解罐 2 与换热器 4 相连的管路上设有物料泵 3，换热器 4 的管侧出口端与反应器 5 的入口端相连，反应器 5 的出口端与换热器 4 的壳侧入口端相连，换热器 4 的壳侧出口与导热油换热器 6 的管侧入口端相连，导热油换热器 6 的管侧出口端与背压阀 7 入口连接，背压阀 7 的出口与三相分离器 8 的入口连接，在三相分离器 8 的顶部设有排气口，底部设有排渣口，筒壁上设

有排液口，三相均可以实现达标排放。

导热油单元包括导热油换热器 6、电加热器 13、过滤器 11、循环泵 12、自动调节阀 14、膨胀槽 9 及油气分离器 10。油气分离器 10 的出口与过滤器 11 的入口连接，过滤器 11 的出口与循环泵 12 的入口连接，循环泵 12 的出口与导热油换热器 6 的壳侧入口连接，导热油换热器 6 的壳侧出口与电加热器 13 相连，同时从循环泵 12 的出口还有一路直接与电加热器 13 相连，二者之间设有自动调节阀 14，电加热器 13 的出口与第二污泥热水解罐 2 的外壁盘管入口相连，第二污泥热水解罐 2 的外壁盘管出口与第一污泥热水解罐 1 的外壁盘管入口相连，第一污泥热水解罐 1 的外壁盘管出口与油气分离器 10 入口连接，油气分离器 10 的顶端有一个气体出口与膨胀槽 9 相连，导热油换热器 6 壳侧出口与电加热器 13 入口之间的管路上也设有一个出口与膨胀槽 9 相连。

所述的第一污泥热水解罐 1、第二污泥热水解罐 2 内部设有搅拌装置，外壁面设有加热盘管，导热油在外加热盘管中流动，将热量传递给罐体壁面，罐体内的污泥被搅拌装置带动而转动。

所述的自动调节阀 14 采用气动或电动形式。

本发明还公开了一种基于上述系统以导热油为换热介质进行污泥热水解并最终完成超临界水氧化反应、实现达标排放的方法，包括以下步骤：

1) 污泥原料首先输送进入第一污泥热水解罐 1，完成一定程度的热水解后进入第二污泥热水解罐 2，完成彻底的热水解反应。此时污泥热水解罐的热量由布置在罐体外部的加热盘管中流动的高温导热油提供。

2) 完成热水解的污泥经过物料泵 3 输送到换热器 4 进行预热，然后进入反应器 5 与氧气混合发生超临界水氧化反应，反应后的高温流体首先经过换热器 4 进行第一阶段换热，将热量直接传递给经过热水解的污泥。然后，尚存有相当部分热量的反应后流体流过导热油换热器 6，将热量传递给导热油。

3) 彻底完成热量传递的反应后流体此时已接近常温, 经过背压阀 7 降压作用回到常压, 然后在三相分离器 8 中完成气液固成分分离, 分别实现达标排放。

4) 此处介绍导热油换热子系统的实现方法: 导热油经导热油换热器 6 加热后进入电加热器 13 进行二次加热, 然后达到预定温度进入第二污泥热水解罐 2 外壁的盘管, 将热量传递给第二污泥热水解罐 2 中的污泥, 然后继续流到第一热水解罐 1 外壁的盘管, 加热第一热水解罐 1 中的污泥。此时两个污泥热水解罐中的搅拌器均处于开机工作状态。随后, 流过第一热水解罐 1 的导热油进入油气分离器 10, 然后依次经过过滤器 11 和循环泵 12 后回到导热油换热器 6 中, 继续被加热, 完成了一个循环。

所述的步骤 4) 中, 导热油在进入导热油换热器 6 前具有一个由自动调节阀 14 控制的短路旁路, 该自动调节阀 14 的开度与导热油换热器 6 壳侧出口温度连锁, 能够通过调节阀门开度控制流过导热油换热器的导热油量, 从而使导热油换热器 6 的壳侧流体出口温度保持在设定值。

本领域的技术人员可以理解, 上文所描述的实施例都是示例性的, 并且本领域的技术人员可以对其进行改进, 各种实施例中所描述的结构在不发生结构或者原理方面的冲突的情况下可以进行自由组合, 从而在解决本发明的技术问题。

在详细说明本发明的实施例之后, 本领域的技术人员可清楚的了解, 在不脱离随附权利要求的保护范围与精神下可进行各种变化与改变, 且本发明亦不局限于说明书中所举示例性实施例的实施方式。

权 利 要 求 书

1、一种以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，其特征在于，包括污泥热水解罐、换热器（4）、反应器（5）和导热油换热器（6）；

其中，污泥热水解罐通过物料泵（3）与换热器（4）相连，换热器（4）的管侧出口端与反应器（5）的入口端相连，反应器（5）的出口端与换热器（4）的壳侧入口端相连，换热器（4）的壳侧出口与导热油换热器（6）的入口端相连，导热油换热器（6）的出口端与污泥热水解罐的外壁设置的加热盘管相连；

还包括与导热油换热器（6）的管侧出口依次相连的背压阀（7）和三相分离器（8），导热油换热器（6）的管侧出口端与背压阀（7）入口连接，背压阀（7）的出口与三相分离器（8）的入口连接，在三相分离器（8）的顶部设有排气口，底部设有排渣口，筒壁上设有排液口。

2、根据权利要求 1 所述的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，其特征在于，所述污泥热水解罐包括相连的第一污泥热水解罐（1）和第二污泥热水解罐（2），物料泵（3）设置在第二污泥热水解罐（2）与换热器（4）相连的管路上。

3、根据权利要求 2 所述的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，其特征在于，还包括与导热油换热器（6）的壳侧出口相连的电加热器（13），电加热器（13）的出口与第二污泥热水解罐（2）外壁的加热盘管入口相连，第二污泥热水解罐（2）外壁的加热盘管出口与第一污泥热水解罐（1）外壁的加热盘管入口相连，第一污泥热水解罐（1）外壁的加热盘管出口通过管路连接有油气分离器（10）；

油气分离器（10）的出口通过管路连接有过滤器（11），过滤器（11）的出口通过循环泵（12）出口端的一路管路连接至导热油换热器（6）的壳侧入口，导热油换热器（6）的壳侧出口与电加热器（13）相连，循环泵（12）出口端的另一路管路与电加热器（13）相连，在该管路上设有自动调节阀（14）。

4、根据权利要求 3 所述的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，其特征在于，还包括膨胀槽（9），油气分离器（10）的顶端的气体出口与膨胀槽（9）相连。

5、根据权利要求 4 所述的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，其特征在于，导热油换热器（6）壳侧出口与电加热器（13）入口之间的管路上设有一个与膨胀槽（9）相连的支路。

6、根据权利要求 1~5 中任意一项所述的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统，其特征在于，污泥热水解罐内设有搅拌装置。

7、基于权利要求 1 所述的以导热油为换热介质的污泥超临界水氧化系统的污泥处理方法，其特征在于，包括以下步骤：

1）将污泥通入污泥热水解罐中进行热水解反应，由污泥热水解罐外壁的加热盘管中流动的高温导热油提供热水解反应所需热量；

2）完成热水解的污泥经物料泵输送至换热器（4）进行预热，然后进入反应器（5）与氧气混合发生超临界水氧化反应，释放大量热量；

3）反应后的高温流体先经过换热器（4）进行第一阶段换热，将热量直接传递给经过热水解的污泥；然后经过导热油换热器（6），将尚存的热量传递给导热油；导热油进入污泥热水解罐外壁的加热盘管实现对污泥热水解罐的加热，保障热水解反应的进行；

4）彻底完成热量传递的反应后流体接近常温，经过背压阀（7）降压作用回到常压，然后在三相分离器（8）中完成气液固成分分离，分别实现达标排放。

8、根据权利要求 7 所述的污泥处理方法，其特征在于，污泥热水解罐包括相连的第一污泥热水解罐（1）和第二污泥热水解罐（2）；

还包括与导热油换热器（6）的壳侧出口相连的电加热器（13），电加热器（13）的出口与第二污泥热水解罐（2）外壁的加热盘管入口相连，第二污泥热水解罐

(2) 外壁的加热盘管出口与第一污泥热水解罐(1) 外壁的加热盘管入口相连, 第一污泥热水解罐(1) 外壁的加热盘管出口通过管路连接有油气分离器(10);

油气分离器(10) 的出口通过管路连接有过滤器(11), 过滤器(11) 的出口通过循环泵(12) 出口端的一路管路连接至导热油换热器(6) 的壳侧入口, 导热油换热器(6) 的壳侧出口与电加热器(13) 相连;

步骤 1) 中, 污泥首先输送进入第一污泥热水解罐(1), 完成一定程度的热水解后进入第二污泥热水解罐(2), 完成彻底的热水解反应;

步骤 3) 中, 导热油经导热油换热器(6) 加热后进入电加热器(13) 进行二次加热, 达到预定温度进入第二污泥热水解罐(2) 外壁的加热盘管中, 将热量传递给第二污泥热水解罐(2) 中的污泥, 然后继续流到第一污泥热水解罐(1) 外壁的加热盘管中, 加热第一污泥热水解罐(1) 中的污泥; 随后, 流过第一污泥热水解罐(1) 的导热油进入油气分离器(10), 然后依次经过过滤器(11) 和循环泵(12) 后回到导热油换热器(6) 中, 继续被加热, 完成一个循环。

9、根据权利要求 8 所述的污泥处理方法, 其特征在于, 循环泵(12) 出口端的另一路管路与电加热器(13) 相连, 在该管路上设有自动调节阀(14);

自动调节阀(14) 的开度与导热油换热器(6) 壳侧出口温度联锁, 能够通过调节阀门开度控制流过导热油换热器(6) 的导热油量, 使导热油换热器(6) 的壳侧流体出口温度保持在设定值。

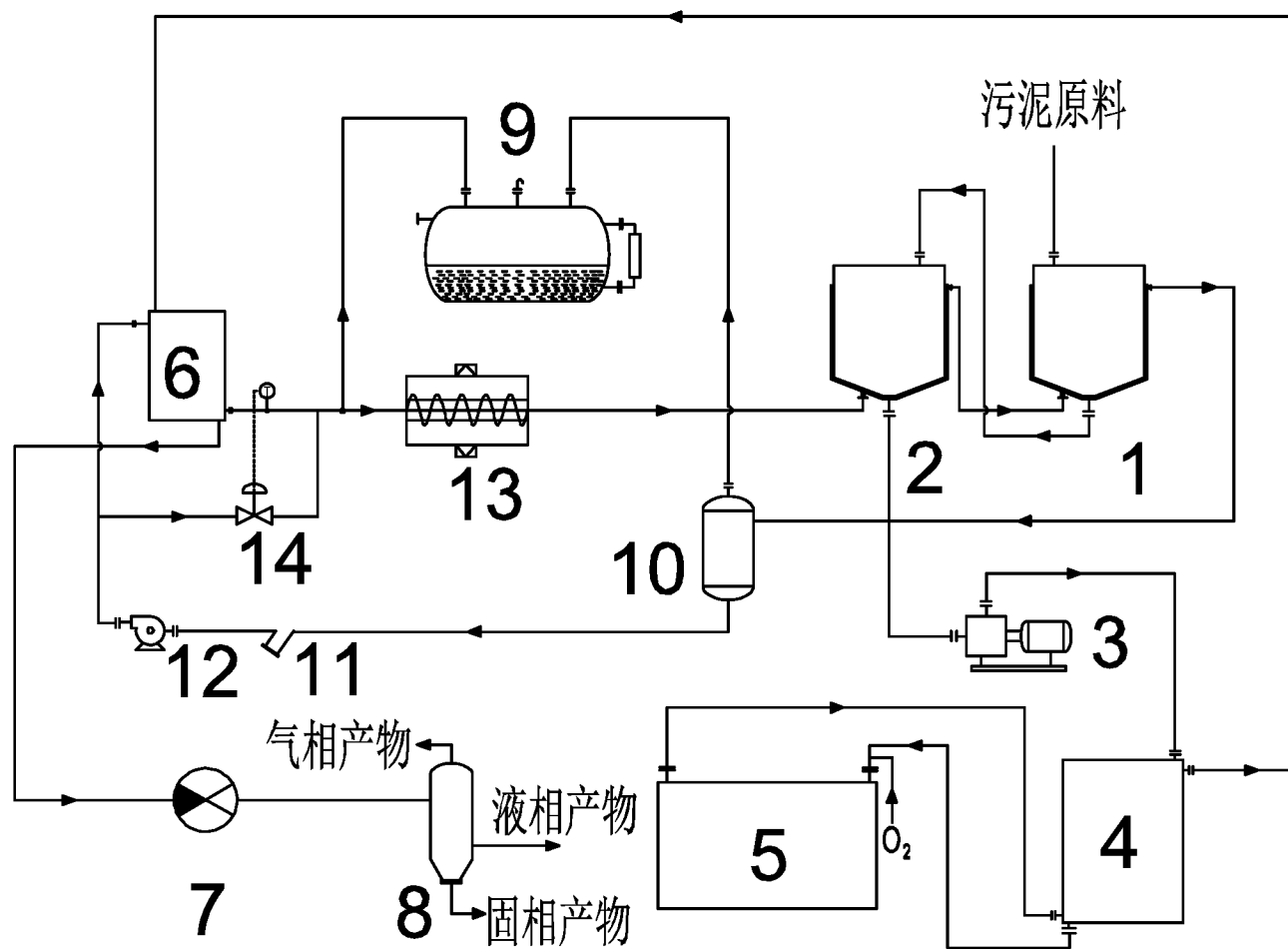


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/113365

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 11/06(2006.01)i; C02F 11/08(2006.01)i; C02F 11/18(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)

C02F

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)

CNKI, CJFD, CNABS, CNTXT, VEN, EPODOC: 泥, 超临界, 热, 油, 分离, 水解; sludge, mud, supercritical, water, oxidat+, heat, oil, separat+, hydrolysis, hydrolytic

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109851187 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 07 June 2019 (2019-06-07) claims 1-9	1-9
Y	CN 108862971 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 23 November 2018 (2018-11-23) description, paragraphs [0042]-[0044], and figure 2	1-9
Y	CN 105627814 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY et al.) 01 June 2016 (2016-06-01) description, paragraphs [0025]-[0028], and figure 1	1-9
A	CN 105600914 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 25 May 2016 (2016-05-25) entire document	1-9
A	WO 2010003655 A2 (KINNEY, J.) 14 January 2010 (2010-01-14) entire document	1-9



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

14 January 2020

Date of mailing of the international search report

05 February 2020

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/113365

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109851187	A	07 June 2019	None			
CN	108862971	A	23 November 2018	None			
CN	105627814	A	01 June 2016	CN	105627814	B	20 October 2017
CN	105600914	A	25 May 2016	CN	105600914	B	04 September 2018
WO	2010003655	A2	14 January 2010	GB	0812669	D0	20 August 2008
				US	2011127778	A1	02 June 2011
				EP	2421801	A2	29 February 2012
				WO	2010003655	A3	03 March 2011

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/113365

A. 主题的分类 C02F 11/06(2006.01)i; C02F 11/08(2006.01)i; C02F 11/18(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) C02F 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)) CNKI, CJFD, CNABS, CNTXT, VEN, EP0D0C:泥, 超临界, 热, 油, 分离, 水解; sludge, mud, supercritical, water, oxidat+, heat, oil, separat+, hydrolysis, hydrolytic																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109851187 A (西安交通大学) 2019年 6月 7日 (2019 - 06 - 07) 权利要求1-9</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108862971 A (西安交通大学) 2018年 11月 23日 (2018 - 11 - 23) 说明书第[0042]-[0044]段, 图2</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105627814 A (西安交通大学等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第[0025]-[0028]段, 图1</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105600914 A (西安交通大学) 2016年 5月 25日 (2016 - 05 - 25) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2010003655 A2 (KINNEY JOHN) 2010年 1月 14日 (2010 - 01 - 14) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109851187 A (西安交通大学) 2019年 6月 7日 (2019 - 06 - 07) 权利要求1-9	1-9	Y	CN 108862971 A (西安交通大学) 2018年 11月 23日 (2018 - 11 - 23) 说明书第[0042]-[0044]段, 图2	1-9	Y	CN 105627814 A (西安交通大学等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第[0025]-[0028]段, 图1	1-9	A	CN 105600914 A (西安交通大学) 2016年 5月 25日 (2016 - 05 - 25) 全文	1-9	A	WO 2010003655 A2 (KINNEY JOHN) 2010年 1月 14日 (2010 - 01 - 14) 全文	1-9
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 109851187 A (西安交通大学) 2019年 6月 7日 (2019 - 06 - 07) 权利要求1-9	1-9																		
Y	CN 108862971 A (西安交通大学) 2018年 11月 23日 (2018 - 11 - 23) 说明书第[0042]-[0044]段, 图2	1-9																		
Y	CN 105627814 A (西安交通大学等) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第[0025]-[0028]段, 图1	1-9																		
A	CN 105600914 A (西安交通大学) 2016年 5月 25日 (2016 - 05 - 25) 全文	1-9																		
A	WO 2010003655 A2 (KINNEY JOHN) 2010年 1月 14日 (2010 - 01 - 14) 全文	1-9																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 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 2020年 1月 14日		国际检索报告邮寄日期 2020年 2月 5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 王华 电话号码 62084960																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/113365

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	109851187	A	2019年 6月 7日	无	
CN	108862971	A	2018年 11月 23日	无	
CN	105627814	A	2016年 6月 1日	CN	105627814 B 2017年 10月 20日
CN	105600914	A	2016年 5月 25日	CN	105600914 B 2018年 9月 4日
WO	2010003655	A2	2010年 1月 14日	GB	0812669 D0 2008年 8月 20日
				US	2011127778 A1 2011年 6月 2日
				EP	2421801 A2 2012年 2月 29日
				WO	2010003655 A3 2011年 3月 3日