



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114772889 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 22

(21) 申请号 202210514604.2

C01B 32/50 (2017.01)

(22) 申请日 2022.05.11

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 孟继安

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

专利代理师 黄德海

(51) Int. Cl.

C02F 11/06 (2006.01)

C02F 11/18 (2006.01)

C02F 11/121 (2019.01)

C02F 11/143 (2019.01)

B01D 53/18 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

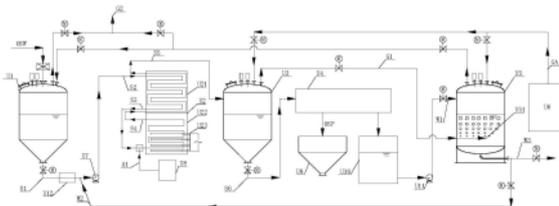
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统及工艺

(57) 摘要

本申请公开了一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统及工艺,包括:原泥储罐、换热反应装置、供氧单元、反应泥压力储罐、机械脱水装置、滤液常压储存箱、滤液泵和带压滤液储罐。机械脱水装置对反应后污泥进行脱水并将滤液储存在滤液常压储存箱中,滤液泵将滤液常压储存箱中的常压滤液增压输送至带压滤液储罐中,同时将反应泥压力储罐中的富含CO<sub>2</sub>的带压反应气通入带压滤液储罐中的滤液中,带压滤液储罐中的滤液吸收通入的反应气中的CO<sub>2</sub>,然后将带压滤液储罐中富含CO<sub>2</sub>的滤液注入原泥中对原泥进行调质,从而可以利用CO<sub>2</sub>显著增强污泥湿式氧化处理系统的防垢阻垢效果,提高其工艺的稳定性和可靠性,并在一定程度上降低工艺能耗和处理成本。



1. 一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统,其特征在于,包括:
  - 原泥储罐,用于存储待处理污泥;
  - 污泥泵,连接所述原泥储罐,用于泵送所述待处理污泥;
  - 换热反应装置,连接所述污泥泵,用于对所述待处理污泥与富含CO<sub>2</sub>的添加滤液混合形成的调质污泥进行换热升温,根据情况补充加热达到设定湿式氧化反应温度,而后进行湿式氧化反应,生成反应后热污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,并对所述反应后热污泥进行热交换降温,得到反应后冷却污泥;
  - 供氧单元,用于给进行所述湿式氧化反应的调质污泥提供氧化剂;
  - 反应泥压力储罐,用于接受和暂存所述反应后冷却污泥,并在所述反应泥压力储罐内进行反应气与反应后罐储污泥的分离,其中所述反应后罐储污泥位于所述反应泥压力储罐的下部,所述反应气位于反应泥压力储罐的上部,所述反应气中富含CO<sub>2</sub>;
  - 机械脱水装置,用于对所述反应泥压力储罐分离的所述反应后罐储污泥进行脱水处理,得到脱出的滤液和有机固体产物;
  - 滤液常压储存箱,所述滤液常压储存箱连接所述机械脱水装置,用于存储所述机械脱水装置脱出的滤液;
  - 滤液泵,所述滤液泵分别连接所述滤液常压储存箱和所述带压滤液储罐,用于将所述滤液常压储存箱中的滤液泵送至带压滤液储罐中;
  - 带压滤液储罐,用于将所述反应泥压力储罐分离的富含CO<sub>2</sub>的反应气通入所述滤液中,使得所述滤液在所述带压滤液储罐中压力作用下吸收所述反应气中的CO<sub>2</sub>,得到富含CO<sub>2</sub>的滤液,并在所述带压滤液储罐中压力作用下将所述富含CO<sub>2</sub>的滤液注入所述待处理污泥中,对所述待处理污泥进行调质改性,形成调质污泥。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述换热反应装置包括:
  - 换热器,作为热交换单元,回收工艺过程热能,用于对所述调质污泥进行换热升温形成反应前热污泥,以及对反应后热污泥进行热交换降温形成反应后冷却污泥;
  - 加热器,作为补充加热单元,用于对所述反应前热污泥进行补充加热,使得所述调质污泥的温度达到设定的湿式氧化反应的温度条件;
  - 反应器,作为湿式氧化反应的反应单元,在所述反应器内发生湿式氧化反应生成反应后热污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气。
3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述带压滤液储罐内设置有反应气分布器,以增强所述带压滤液储罐内的滤液吸收所述反应气中的CO<sub>2</sub>。
4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,还包括:
  - 压缩空气单元,用于给所述反应泥压力储罐和所述带压滤液储罐补充压缩空气,在系统启动前建立系统压力和运行过程中调控系统压力。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,还包括:
  - 过滤器,所述过滤器设置于所述原泥储罐连接的原泥管线上,用于过滤所述待处理污泥。
6. 根据权利要求1-5任意一项所述的系统,其特征在于,所述反应气中CO<sub>2</sub>的体积百分比占比范围为20%-80%。
7. 根据权利要求1-5任意一项所述的系统,其特征在于,所述带压滤液储罐的压力范围

为0.1MPa-2.0MPa。

8. 一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺,其特征在于,所述处理工艺应用于所述有机固废湿式氧化处理系统,包括以下步骤:

将待处理污泥与富含CO<sub>2</sub>的调质添加滤液混合形成的调质污泥;

在换热反应装置中对所述待处理污泥与富含CO<sub>2</sub>的添加滤液混合形成的调质污泥进行换热升温,根据情况补充加热使其达到设定的湿式氧化反应温度,进行湿式氧化反应,生成反应后热污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,并对所述反应后热污泥进行热交换降温,得到反应后冷却污泥;

分离所述换热反应装置得到的反应后冷却污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,并对分离的所述冷却污泥进行脱水处理,得到脱出的滤液和有机固体产物;

将分离的富含CO<sub>2</sub>的反应气通入所述带压滤液储罐中的所述滤液中,使得所述滤液在所述带压滤液储罐中的压力作用下吸收所述反应气中的CO<sub>2</sub>,得到富含CO<sub>2</sub>的滤液,并在所述带压滤液储罐中压力作用下将所述富含CO<sub>2</sub>的滤液注入所述待处理污泥中,对所述待处理污泥进行调质改性。

## 一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统及工艺

### 技术领域

[0001] 本申请涉及有机固废处理技术领域,特别涉及一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统及工艺。

### 背景技术

[0002] 伴随城镇化率的不断提升和生态文明建设的持续推进,有机固废如市政污泥、厨余垃圾、粪便等排放量持续攀升,目前干化、焚烧、厌氧消化和堆肥等污泥的处理技术略有不足,无法适应低碳、低成本以及资源化的迫切需求。

[0003] 其中,湿式氧化技术,在液相环境条件下通过高温高压并利用氧化剂使得污泥的细胞壁破壁,大分子有机物水解氧化反应生成无机物(如CO<sub>2</sub>)和小分子有机物(如乙酸等),反应后污泥易于实现固液分离等优点而越来越受到重视。有机固废的湿式氧化处理工艺,一般处理对象为泥状或者预先制成泥状,为便于叙述将泥状的有机固废统称为污泥。但相关技术中,污泥湿式氧化过程中在高温条件下的结垢和堵塞是比较普遍和难解决的难题。

### 发明内容

[0004] 本申请提供一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统及工艺,可以获得优良的防垢阻垢效果,提高工艺的稳定性和可靠性,并在一定程度上降低工艺能耗。

[0005] 本申请第一方面实施例提供一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统,包括:原泥储罐,用于存储待处理污泥;污泥泵,连接所述原泥储罐,用于泵送所述待处理污泥;换热反应装置,连接所述污泥泵,用于对所述待处理污泥与富含CO<sub>2</sub>的添加滤液混合形成的调质污泥进行换热升温,根据情况补充加热达到设定湿式氧化反应温度,而后进行湿式氧化反应,生成反应后热污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,并对所述反应后热污泥进行热交换降温,得到反应后冷却污泥;供氧单元,用于给进行所述湿式氧化反应的调质污泥提供氧化剂;反应泥压力储罐,用于接受和暂存所述反应后冷却污泥,并在所述反应泥压力储罐内进行气液固相即反应气与反应后罐储污泥的分离,其中所述反应后罐储污泥位于所述反应泥压力储罐的下部,所述反应气位于反应泥压力储罐的上部,所述反应气中富含CO<sub>2</sub>;机械脱水装置,用于对所述反应泥压力储罐分离的所述反应后罐储污泥进行脱水处理,得到脱出的滤液和有机固体产物;滤液常压储存箱,所述滤液常压储存箱连接所述机械脱水装置,用于存储所述机械脱水装置脱出的滤液;滤液泵,所述滤液泵分别连接所述滤液常压储存箱和所述带压滤液储罐,用于将所述滤液常压储存箱中的滤液泵送至带压滤液储罐中;带压滤液储罐,用于将所述反应泥压力储罐分离的富含CO<sub>2</sub>的反应气通入所述滤液中,使得所述滤液在所述带压滤液储罐中压力作用下吸收所述反应气中的CO<sub>2</sub>,得到富含CO<sub>2</sub>的滤液,并在所述带压滤液储罐中压力作用下将所述富含CO<sub>2</sub>的滤液注入所述待处理污泥中,对所述待处理污泥进行调质改性,形成调质污泥。

[0006] 在本申请实施例中,所述换热反应装置包括:换热器,作为热交换单元,回收工艺过程热能,用于对所述调质污泥进行换热升温形成反应前热污泥,以及对反应后热污泥进

行热交换降温形成反应后冷却污泥;加热器,作为补充加热单元,用于对所述反应前热污泥进行补充加热,使得所述调质污泥的温度达到设定的湿式氧化反应的温度条件;反应器,作为湿式氧化反应的反应单元,在所述反应器内发生湿式氧化反应生成反应后热污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气。

[0007] 在本申请实施例中,所述带压滤液储罐内设置有反应气分布器,以增强所述带压滤液储罐内的滤液吸收所述反应气中的CO<sub>2</sub>。

[0008] 在本申请实施例中,还包括:压缩空气单元,用于给所述反应泥压力储罐和所述带压滤液储罐补充压缩空气,在系统启动前建立系统压力和运行过程中调控系统压力。

[0009] 在本申请实施例中,还包括:过滤器,所述过滤器设置于所述原泥储罐连接的原泥管线上,用于过滤所述待处理污泥。

[0010] 在本申请实施例中,所述反应气中CO<sub>2</sub>的体积百分比占比范围为20%-80%。

[0011] 在本申请实施例中,所述带压滤液储罐的压力范围为0.1MPa-2.0MPa。

[0012] 本申请第二方面实施例提供一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺,包括以下步骤:将待处理污泥与富含CO<sub>2</sub>的调质添加滤液混合形成的调质污泥;在换热反应装置中对所述待处理污泥与富含CO<sub>2</sub>的添加滤液混合形成的调质污泥进行换热升温,根据情况补充加热使其达到设定的湿式氧化反应温度,进行湿式氧化反应,生成反应后热污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,并对所述反应后热污泥进行热交换降温,得到反应后冷却污泥;分离所述换热反应装置得到的反应后冷却污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,并对分离的所述冷却污泥进行脱水处理,得到脱出的滤液和有机固体产物;将分离的富含CO<sub>2</sub>的反应气通入所述带压滤液储罐中的所述滤液中,使得所述滤液在所述带压滤液储罐中的压力作用下吸收所述反应气中的CO<sub>2</sub>,得到富含CO<sub>2</sub>的滤液,并在所述带压滤液储罐中压力作用下将所述富含CO<sub>2</sub>的滤液注入所述待处理污泥中,对所述待处理污泥进行调质改性。

[0013] 由此,本申请至少具有如下有益效果:

[0014] 利用机械脱水装置对湿式氧化处理的反应后罐储污泥进行脱水,并将滤液储存在滤液常压储存箱中,利用滤液泵将滤液常压储存箱中常压滤液增压输送至带压滤液储罐中,同时将反应泥压力储罐中的富含CO<sub>2</sub>的带压反应气通入带压滤液储罐中的滤液中,带压滤液储罐中的滤液吸收通入的反应气中的CO<sub>2</sub>,然后将带压滤液储罐中富含CO<sub>2</sub>的滤液注入原泥中对原泥进行调质改性,从而可以显著增强污泥处理工艺过程中的防垢阻垢效果,提高污泥湿式氧化处理工艺的稳定性和可靠性,并在一定程度上降低工艺能耗和处理成本;可采用板框等开式机械脱水装置,不仅拓宽了采用机械脱水装置的选择范围,而且可以达到更高脱水率的要求。

[0015] 本申请附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本申请的实践了解到。

## 附图说明

[0016] 本申请上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0017] 图1为根据本申请实施例提供的一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统的原理结构示意图;

[0018] 图2为根据本申请实施例提供的一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统的工艺流程图；

[0019] 图3为根据本申请实施例提供的一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺的流程图。

[0020] 附图标记说明：

[0021] U1、原泥储罐；U2、换热反应装置；U3、反应泥压力储罐；U4、机械脱水装置；U5、带压滤液储罐；U6、压缩空气单元；U7、污泥泵；U8、供氧单元；U9、干泥料仓；U10、滤液常压储存箱；U11、滤液泵；U12、过滤器；U21、换热器；U22、反应器；U23、加热器；U51、反应气分布器；OSW、原泥；OSP、有机固体产物；S1、原泥；S2、调质污泥；S3、反应前热污泥；S4、反应后热污泥；S5、反应后冷却污泥；S6、反应后罐储污泥；A1、氧化剂；W1、带压滤液；W2、调质添加滤液；W3、排放滤液；GA、压缩空气；G1、反应气；G2、排气。

### 具体实施方式

[0022] 下面详细描述本申请的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。

[0023] 化验分析表明，污泥在高温条件下的垢为以CaCO<sub>3</sub> (Calcium carbonate, 碳酸钙) 为主的复合型垢，而湿式氧化工艺的反应生成气包含有大量的CO<sub>2</sub> (Carbon dioxide, 二氧化碳)，如果将反应生成的大量CO<sub>2</sub>利用起来加入污泥中，CO<sub>2</sub>在有水情况下可以与CaCO<sub>3</sub>反应生成可溶于水的Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Calcium bicarbonate, 碳酸氢钙)，尤其在高压情况下，其溶解度更高，如此，可以很好的达到防垢防堵塞的效果。

[0024] 相关技术中，一种污泥湿式氧化处理技术方案，在反应后污泥在脱水过程中保持反应后污泥的压力，这样固液分离后可将液相中的大量的CO<sub>2</sub>保留在滤液中，然后将该富含CO<sub>2</sub>的滤液回注反应前的污泥，就可以很好地利用CO<sub>2</sub>进行防垢阻垢，但该技术限定于使用带压机械脱水机进行脱水，而对于普通脱水机如板框则难以实现，而且还存在脱水泥饼的含水率比较高的不足，一般在50%-60%，含水率还有待进一步降低。如果采用板框对反应后污泥进行脱水，则可以很容易将湿式氧化反应后污泥的脱水泥饼的含水率降至35%以下，但由于采用板框脱水，滤液在脱水过程中降压至大气压后CO<sub>2</sub>大量溢出，难以利用CO<sub>2</sub>进行防垢阻垢。

[0025] 如果既能采用板框等普通机械脱水装置(非带压脱水)，又能利用反应后生成的CO<sub>2</sub>来防垢阻垢，则能克服上述不足，一方面可以提高污泥湿式氧化处理系统的稳定性和可靠性，并在一定程度上降低工艺能耗，将有力促进污泥处理处置行业低碳、低成本运营，另一方面还可以扩大污泥湿式氧化处理工艺中的脱水机械装置的可选择面。

[0026] 针对上述问题，本申请实施例提供一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统及工艺。为了表述简洁，后文以市政污泥(简称为污泥)的湿式氧化处理为例，也不失一般性，同样适用于其它有机固废泥的湿式氧化处理。

[0027] 待处理的原泥储存于原泥储罐内，通过在换热反应装置进口前的污泥中加入一定量的富含反应气中的CO<sub>2</sub>的调质添加滤液，原泥和调质添加滤液进行混合后形成调质污泥，调质污泥进入换热反应装置，在换热反应装置的换热器中与反应后热污泥进行换热，被加

热升温,并根据情况利用加热器进行补充加热使其达到设定湿式氧化反应温度,形成反应前热污泥,而后进入后序的换热反应装置的反应器中进行湿式氧化反应;在进入换热反应装置的反应器前,在换热反应装置的反应器前或换热反应装置的换热器前设置混合器加入氧化剂(如富氧空气或纯氧等),反应前热污泥和氧化剂混合后进入反应器中进行反应;反应后热污泥流出换热反应装置的反应器,进入换热反应装置的换热器中与调质污泥进行换热被冷却降温,从而实现工艺过程热量的深度回收,提高工艺经济性。调质污泥在换热器中的换热升温过程中、高温污泥在反应器中反应过程中和高温的反应后污泥在换热器中换热降温过程中,由于随调质添加滤液加入了大量的 $\text{CO}_2$ ,带压的 $\text{CO}_2$ 易溶于水生成 $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,故可以起到非常好的防垢阻垢效果。反应后冷却污泥排入反应泥压力储罐中储存,在重力的作用下气相与液固相分离,气相存储在反应泥压力储罐的上部,液固相存储在反应泥压力储罐的下部;反应后污泥在压力的推动下进入机械脱水装置进行固液分离,此处的机械脱水装置为开放式机械脱水装置,即固液分离后的滤液的压力为大气压力,在重力的作用下流入滤液常压储存箱中,脱水后有机固体产物进入干泥料仓进行储存;滤液常压储存箱中的滤液通过滤液泵输送至带压滤液储罐中;反应泥压力储罐中的反应气富含湿式氧化反应生成的 $\text{CO}_2$ ,一般 $\text{CO}_2$ 体积百分比大约20%-80%,剩余的主要为未反应完全的 $\text{O}_2$ 和未参与反应的 $\text{N}_2$ ,在反应泥压力储罐中压力的作用下,将富含 $\text{CO}_2$ 的反应气通入带压滤液储罐中的滤液中,带压滤液储罐中的滤液吸收/溶解通入的反应气中的 $\text{CO}_2$ ,由于在高压条件下, $\text{CO}_2$ 易溶于水,故使得滤液富含 $\text{CO}_2$ , $\text{CO}_2$ 在滤液中的存在形式主要有溶解的 $\text{CO}_2$ 、在水中生成 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、与碳酸盐反应生成碳酸氢盐等,其吸收 $\text{CO}_2$ 的滤液的pH(potential of hydrogen,酸碱度)可以达到2-3。这种富含 $\text{CO}_2$ 的滤液在带压滤液储罐中的压力作用下,添加到原泥中对原泥进行调质改性形成调质污泥,调质污泥也富含 $\text{CO}_2$ 。这种富含 $\text{CO}_2$ 的调质污泥,在后续的加热、湿式氧化反应以及降温过程中,不易结垢,即具有优良的防垢抗垢性能。

[0028] 因此,上述工艺过程的污泥湿式氧化处理系统及工艺,通过机械脱水装置对反应后污泥进行机械脱水,产生的滤液(大气压下溶解的 $\text{CO}_2$ 不多,质量百分比大约不足0.1%)存储在滤液常压储存箱中,然后通过滤液泵输送至带压滤液储罐中,同时反应泥压力储罐中的富含 $\text{CO}_2$ 的反应气在反应泥压力储罐中的压力作用下通入带压滤液储罐的滤液中,带压滤液储罐中的滤液吸收通入的反应气中的 $\text{CO}_2$ ,再在带压滤液储罐中的压力作用下将富含 $\text{CO}_2$ 的滤液添加到原泥中对原泥调质改性,使得该富含 $\text{CO}_2$ 的调质污泥具有优良的防垢抗垢特性。由于上述污泥处理工艺过程中的污泥不易结垢或者明显减缓结垢,由此可以显著减缓由于结垢而引起的换热性能降低和处理能力下降,明显延长设备维修检修周期,获得显著节能降耗效益,以及避免由于结垢而产生堵塞的问题,提高工艺的稳定性和可靠性,并在一定程度上降低工艺能耗。

[0029] 下面将参考附图描述本申请实施例的一种利用 $\text{CO}_2$ 防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统及其处理工艺。具体而言,图1为一种利用 $\text{CO}_2$ 防垢阻垢的污泥湿式氧化处理系统的结构示意图。

[0030] 如图1所示,一种利用 $\text{CO}_2$ 防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统,包括:原泥储罐U1、换热反应装置U2、反应泥压力储罐U3、机械脱水装置U4、带压滤液储罐U5、污泥泵U7、滤液常压储存箱U10和滤液泵U11。

[0031] 具体而言,如图1所示,原泥储罐U1内存储待处理污泥,本申请实施例可以根据需

要在原泥储罐U1的前后设置过滤器U12以过滤污泥中的杂物,并且还可以设置粉碎机、磨机等对原泥的大杂物进行细化处理。原泥储罐U1的底部连接污泥泵U7,污泥泵U7用于泵送原泥S1以实现后续的污泥处理。

[0032] 污泥泵U7为原泥输送的动力设备,泵送原泥进行后续的处理工艺,污泥泵U7的进口连接原泥储罐U1下部(罐外下部或者罐内下部),污泥泵U7的出口连接换热反应装置U2,用于将原泥S1泵送至换热反应装置U2的换热器U21中的冷物流通道进行换热升温。

[0033] 换热反应装置U2可以包括用于调质污泥与反应后热污泥进行热交换的换热器U21、用于高温高压污泥进行湿式氧化的反应器U22和用于给污泥为达到设定湿式氧化温度而根据需要补充热量的加热器U23。

[0034] 反应泥压力储罐U3可以为可承受设定压力的储罐,反应泥压力储罐U3连接换热器U21用于接收存储来自换热器U21的反应后冷却污泥S5,在重力的作用下反应后冷却污泥中的气相即反应气G1与固液相即反应后罐储污泥S6在反应泥压力储罐U3内进行分离。其中,反应气G1位于反应泥压力储罐U3的上部,反应气G1富含湿式氧化反应生成的CO<sub>2</sub>,一般反应气G1中CO<sub>2</sub>的体积百分比占比大约20%-80%;固液相即反应后罐储污泥S6位于反应泥压力储罐U3的下部。反应泥压力储罐U3的下部连接机械脱水装置U4,在反应泥压力储罐U3内的压力作用下将反应后罐储污泥S6输送至机械脱水装置U4进行脱水,反应泥压力储罐U3的上部连接带压滤液储罐U5,将富含CO<sub>2</sub>的反应气G1送入带压滤液储罐U5的滤液中。

[0035] 机械脱水装置U4连接反应泥压力储罐U3,用于接收来自反应泥压力储罐U3的反应后罐储污泥S6(即反应后冷却污泥)并对其进行脱水,该机械脱水装置脱水后的滤液在重力的作用下流入滤液常压储存箱U10;由于该机械脱水装置为开放式的,该机械脱水装置脱水后的滤液为常压(大气压),故该滤液中的CO<sub>2</sub>含量不高,一般质量含量只有0.1%左右。

[0036] 滤液常压储存箱U10连接机械脱水装置U4,用于接收和存储机械脱水装置U4脱出的滤液,滤液常压储存箱U10内含储存滤液的容积且连通大气,以便滤液在重力作用下流入和储存,滤液常压储存箱U10通常为箱体结构以降低成本。

[0037] 滤液泵U11连接滤液常压储存箱U10,将滤液常压储存箱U10中的滤液泵送至带压滤液储罐U5中。

[0038] 带压滤液储罐U5为可承受设定压力的压力罐结构,一方面带压滤液储罐U5连接滤液泵U11接收滤液常压储存箱U10的滤液并保持一定的压力,一般带压滤液储罐U5的压力在0.1MPa-2.0MPa,优选0.8MPa-1.2MPa;另一方面带压滤液储罐U5连接反应泥压力储罐U3上部的反应气接管,将富含CO<sub>2</sub>的反应气G1通入带压滤液储罐U5的滤液中,带压滤液储罐U5的滤液在一定压力下吸收反应气中的CO<sub>2</sub>,使得带压滤液储罐U5的滤液富含CO<sub>2</sub>;再一方面带压滤液储罐U5连接原泥管线或者原泥管线上的设备如污泥泵U7,在带压滤液储罐U5中压力的作用下将富含CO<sub>2</sub>的调质添加滤液W2注入原泥中对原泥进行调质改性,从而可以显著提高污泥在后续换热和反应过程的防垢抗垢性能。需要说明的是,为了增强在带压滤液储罐U5中的滤液吸收CO<sub>2</sub>的效率,本申请实施例还可以在带压滤液储罐U5中设置反应气分布器U51。

[0039] 在本申请实施例中,如图1所示,本申请实施例的系统还包括:压缩空气单元U6、供氧单元U8和过滤器U12。

[0040] 具体而言,压缩空气单元U6,用于给反应泥压力储罐U3和带压滤液储罐U5补充压

缩空气,用以系统启动前建立系统压力和运行过程中调控系统压力。

[0041] 供氧单元U8,用于向污泥中添加氧化剂,如富氧空气或纯氧等,添加的氧化剂与反应前热污泥混合然后参与后续的湿式氧化反应。

[0042] 过滤器U12设置在原泥管线上,用于过滤原泥中的杂物。

[0043] 下面将结合图1、图2对一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统进行详细阐述,具体如下:

[0044] (1)、外来或厂内高含固率的原泥OSW存储于原泥储罐U1中,通过污泥泵U7将来自原泥储罐U1的原泥S1与来自于带压滤液储罐U5中的富含CO<sub>2</sub>的调质添加滤液W2按照一定比例进行混合,制得调质污泥S2,调质污泥S2的流动性相比OSW有明显的提高,而且由于调质污泥S2富含CO<sub>2</sub>,具有优良的防垢抗垢性能。

[0045] 原泥OSW(原泥)可选择地经过过滤器U12对污泥中杂物如大颗粒物料和长纤维物料等进行过滤,以防止杂物损坏堵塞输送泵、管道和工艺设备。

[0046] (2)、调质污泥S2流入换热反应装置U2的换热器U21中进行自换热,即反应前冷的调质污泥S2与反应后热污泥S4换热使得反应前冷的调质污泥S2升温,而反应后热污泥S4降温以回收工艺过程中的热能;在反应器U22中发生湿式氧化反应以实现污泥细胞壁破壁析出胞间水和污泥中有机物的降解。污泥中的部分有机质在反应器U22中进行湿式氧化反应,在高温高压和有氧气条件下可使得原泥的细胞壁破壁析出胞间水,大分子有机物发生水解和氧化反应成为小分子有机酸和CO<sub>2</sub>等。

[0047] 其中,在湿式氧化过程中生成的气相即反应气包括反应生成的CO<sub>2</sub>和未反应完全的O<sub>2</sub>(Oxygen,氧气)和N<sub>2</sub>(Nitrogen,氮气)等,固相包括未被氧化的纤维素、破壁的细胞壁、砂粒等,液相包括破壁后的胞间水和溶于水的小分子有机酸及溶于液相的酸性气体等,反应器U22内可设置加热器U23,用于在需要补充热量时对污泥进行加热,使其达到要求的反应温度,即调控湿式氧化反应的温度。另外,加热器U23也可以单独设置而不是设置在反应器U22内,其功能相同,即用于在需要补充热量时对污泥进行加热,使其达到要求的反应温度,即调控湿式氧化反应的温度。

[0048] 具体地,调质污泥S2流入换热器U21中,在换热器U21通过热交换被加热,调质污泥S2被加热升温后流出换热器U21,称为反应前热污泥S3。反应前热污泥S3与供氧单元U8提供的氧化剂A1混合,氧化剂A1通常为富氧空气或者液氧或者双氧水等,而后进入反应器U22,反应前热污泥S3在反应器U22中发生湿式氧化反应后流出反应器U22称为反应后热污泥S4。反应后热污泥S4为气固液三相物流,然后反应后热污泥S4流入换热器U21中与冷的调质污泥进行热交换而降温,降温后称为反应后冷却污泥S5,再排入反应泥压力储罐U3中存储。

[0049] (3)、反应泥压力储罐U3,为可承受设定压力的储罐,连接换热反应装置U2的换热器U21的热物流通道出口,用于接受和存储一定压力的反应后冷却污泥S5,反应后冷却污泥S5包含气固液三相,在反应泥压力储罐U3中反应气与泥水在重力的作用下分离分层,上部为气相的反应气,反应气主要为CO<sub>2</sub>,其余为未完全反应的部分剩余O<sub>2</sub>和少量未参与反应的N<sub>2</sub>等,下部为固液相混合物的反应后污泥即反应后罐储污泥S6,在反应泥压力罐储U3内压力的作用下,反应后罐储污泥S6经反应泥压力罐储U3下部排出至机械脱水装置U4进行脱水分离出固相和液相。富含CO<sub>2</sub>的反应气G1经反应泥压力罐储U3上部排出,在反应泥压力罐储U3内压力的作用下,输送至带压滤液储罐U5的滤液中。

[0050] (4)、机械脱水装置U4与反应泥压力罐U3的排泥接管连接,接收来自反应泥压力罐U3的反应后污泥即反应后罐储污泥S6,反应后罐储污泥S6在机械脱水装置U4中进行机械脱水,实现固液分离,其中机械脱水装置U4的滤液在重力的作用向下流入滤液常压储存箱U10,而脱水的固相即泥饼OSP落入干泥料仓U9暂存,随后外运,泥饼的含水率可根据需要调节,一般其含水率小于40%。由于该机械脱水装置为开放式的,该机械脱水装置脱水后的滤液为常压(大气压),故该滤液中的CO<sub>2</sub>含量不高,一般质量含量只有0.1%左右;在滤液中还含有一定比例的氧化反应产生的小分子有机酸(比如:乙酸),部分滤液回注原泥调质改性也可以起到一定的防垢阻垢的效果。

[0051] (5)、带压滤液储罐U5,为可承受设定压力的储罐,用于存储一定压力的滤液,一方面连接滤液泵U11接收滤液常压储存箱U10的滤液并保持一定的压力,一般带压滤液储罐U5的压力在0.1MPa-2.0MPa,根据工艺需要设定,优选0.8MPa-1.2MPa,另一方面连接反应泥压力罐U3上部的反应气接管,将富含CO<sub>2</sub>的反应气G1通入带压滤液储罐U5的滤液中,带压滤液储罐U5的滤液在一定压力下吸收反应气中的CO<sub>2</sub>,使得带压滤液储罐U5的滤液富含CO<sub>2</sub>,再一方面连接原泥管线或者原泥管线上的设备如污泥泵U7,在带压滤液储罐U5中压力的作用下将富含CO<sub>2</sub>的调质添加滤液W2注入原泥中对原泥进行调质改性,可显著提高污泥处理后续的换热和反应过程的防垢抗垢性能。为了增强在带压滤液储罐U5中的滤液吸收CO<sub>2</sub>的效率,可在带压滤液储罐U5中设置反应气分布器U51。

[0052] (6)滤液常压储存箱U10,连接机械脱水装置U4,用于接收和存储机械脱水装置U4脱出的滤液,滤液常压储存箱U10内含储存滤液的容积且连通大气,以便滤液在重力作用下流入和储存,滤液常压储存箱U10通常为箱体结构以降低成本。滤液泵U11,连接滤液常压储存箱U10,将滤液常压储存箱U10中的滤液泵送至带压滤液储罐U5中。

[0053] 需要说明的是,富含CO<sub>2</sub>的反应气也可以通入原泥储罐U1中,但由于原泥储罐U1中原泥的高粘稠性等因素,CO<sub>2</sub>被吸收的只有很少量,基本可以忽略。另外,带压的反应气通入原泥储罐U1中,可以使得原泥储罐U1中承受一定的压力,从而可以利用该压力能进行原泥过滤。

[0054] (7)、利用机械脱水装置U4对湿式氧化反应后的污泥进行脱水,利用滤液常压储存箱U10和滤液泵U11将机械脱水的滤液收集、暂存并泵送至带压滤液储罐U5中暂存,同时利用反应泥压力罐U3内压力的作用将反应泥压力罐U3内上部的富含CO<sub>2</sub>的反应气G1通入带压滤液储罐U5内暂存的滤液中,带压滤液储罐U5内暂存的滤液充分吸收通入的反应气中的CO<sub>2</sub>,然后在带压滤液储罐U5内压力的作用下将富含CO<sub>2</sub>的调质添加滤液W2回注原泥中对原泥进行调质改性形成调质污泥,使得调质污泥在后续湿式氧化反应处理的换热和反应过程中具有优良的防垢抗垢性能。

[0055] 在具体应用时,本申请实施例处理的原泥若为市政污泥且采用本申请实施例的工艺,则其污泥处理产物为:湿式氧化处理脱水后有机固体产物OSP,满足纸包装材料的原料的标准规范要求,可以作为包装用(瓦楞)纸和代木的添加原料,一般可添加30%-50%,不仅可省木材原料资源和节省原材料成本,而且还提高了添加本申请实施例的污泥处理产物后的包装类纸板和代木的强度和隔热性能,是优质的包装类纸板和代木原料,而且需求量巨大;另外,该工艺的固相产品:湿式氧化处理脱水后有机固体产物,还符合园林、土地修复、甚至农用等标准的要求,也可以作为有机肥土资源化利用。

[0056] 对于有些城市而言,由于不具备包装类纸板生产能力,导致其对有机固体产物无法消纳,或者消纳能力不足,因此可以通过调控氧化剂的流量控制污泥的有机物氧化程度,污泥处理产物的处置路径可为建材利用或燃料棒或焚烧等。由于本申请实施例的系统可使得污泥减量化达到80%左右,即使污泥处理产物采用焚烧处置,其经济性和环保性非常具有竞争力。因此,本申请实施例的污泥湿式氧化处理系统可以根据项目污泥的处置路径随时调整工艺参数,若污泥用于焚烧,则可调整为低氧化程度的工艺,而若产物可用于包装类纸板的添加物,则可调整为合适氧化程度的工艺,工艺具有良好的灵活性。

[0057] 综上,在相关技术中,采用带压机械脱水装置与带压滤液储罐单元,可以实现利用富含小分子有机酸和CO<sub>2</sub>的滤液回注原泥以提高其防垢抗垢性能,但相关技术中限定采用带压机械脱水装置,其它机械脱水装置如板框则不能实现上述防垢抗垢功能,而且目前的带压机械脱水装置的脱水泥饼的含水率还比较高,对于要求高干脱水的情景则存在局限性。本申请实施例则可以有效克服上述相关技术的不足,可以在实现利用湿式氧化反应产生的CO<sub>2</sub>提高污泥处理过程中的防垢抗垢性能的同时,拓宽了选择机械脱水装置的范围,如可以采用板框脱水装置,且可以达到更高脱水率的要求。

[0058] 其次参照附图描述根据本申请实施例提出一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺。

[0059] 图3是本申请实施例的一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺的流程图。

[0060] 其中,一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺应用于上述实施例的一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统,如图3所示,一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺包括如下步骤:

[0061] 在步骤S101中,将待处理污泥与富含CO<sub>2</sub>的调质添加滤液混合形成调质污泥。

[0062] 在步骤S102中,在换热反应装置的换热器中对调质污泥进行换热升温,根据情况调整换热反应装置的加热器功率对调质污泥进行补充加热,使其达到设定的湿式氧化反应温度,然后在换热反应装置的反应器中进行湿式氧化反应,生成反应后热污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,然后在换热反应装置的换热器中对反应后热污泥进行换热降温,形成反应后冷却污泥。

[0063] 在步骤S103中,在反应泥压力储罐中分离换热反应装置得到的反应后罐储污泥和富含CO<sub>2</sub>的反应气,并在机械脱水装置中对反应后罐储污泥进行脱水处理,脱出的滤液在重力作用下流入滤液常压储存箱中,并通过滤液泵泵送至带压滤液储罐中。

[0064] 在步骤S104中,将分离的富含CO<sub>2</sub>的反应气通入带压滤液储罐中滤液中,使得滤液在带压滤液储罐中的压力作用下吸收反应气中的CO<sub>2</sub>,得到富含CO<sub>2</sub>的滤液,并在带压滤液储罐中的压力作用下将富含CO<sub>2</sub>的滤液注入待处理污泥中,对待处理污泥进行调质改性。

[0065] 需要说明的是,前述对一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理系统实施例的解释说明也适用于该实施例的一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺,在此不再赘述。

[0066] 根据本申请实施例提出的一种利用CO<sub>2</sub>防垢阻垢的有机固废湿式氧化处理工艺,利用机械脱水装置对湿式氧化处理的反应后污泥进行脱水,并将滤液储存在滤液常压储存箱中,利用滤液泵将滤液常压储存箱中的常压滤液增压输送至带压滤液储罐中,同时将反

应泥压力储罐中的富含CO<sub>2</sub>的带压反应气通入带压滤液储罐中的滤液中,带压滤液储罐中的滤液吸收通入的反应气中的CO<sub>2</sub>,然后将带压滤液储罐中富含CO<sub>2</sub>的滤液注入原泥中对原泥进行调质改性,从而可以显著增强污泥处理工艺过程中的防垢阻垢效果,提高污泥湿式氧化处理工艺的稳定性 and 可靠性,并在一定程度上降低工艺能耗和处理成本;本工艺可采用板框等开式机械脱水装置,不仅拓宽了采用机械脱水装置的选择范围,而且可以达到更高脱水率的要求。因此,本工艺不仅有效提高了污泥湿式氧化处理系统的稳定性和可靠性,而且扩大了污泥湿式氧化处理工艺中的机械脱水装置的可选择面。

[0067] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不是必须针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或N个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0068] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本申请的描述中,“N个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0069] 本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,该程序在执行时,包括方法实施例的步骤之一或其组合。

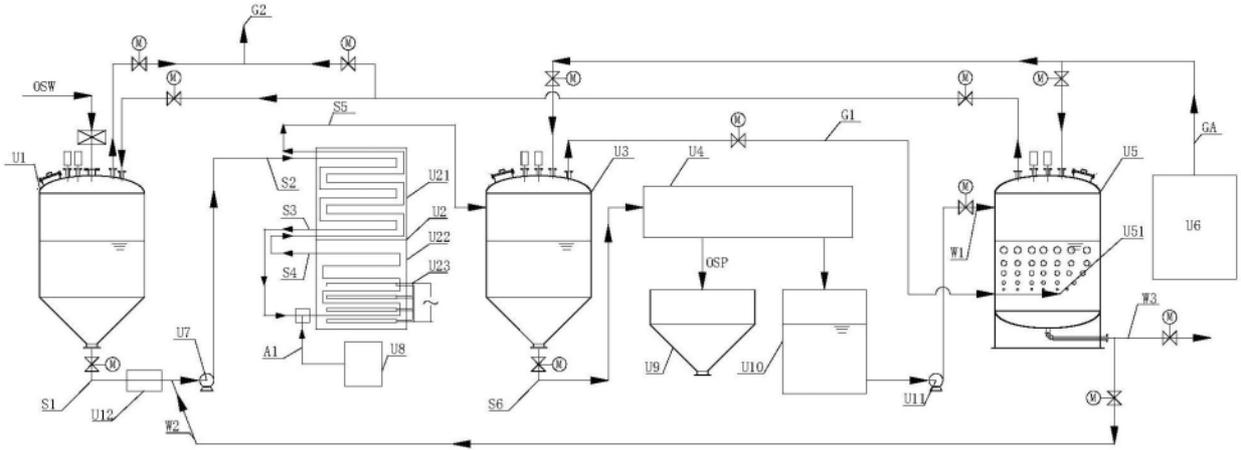


图1

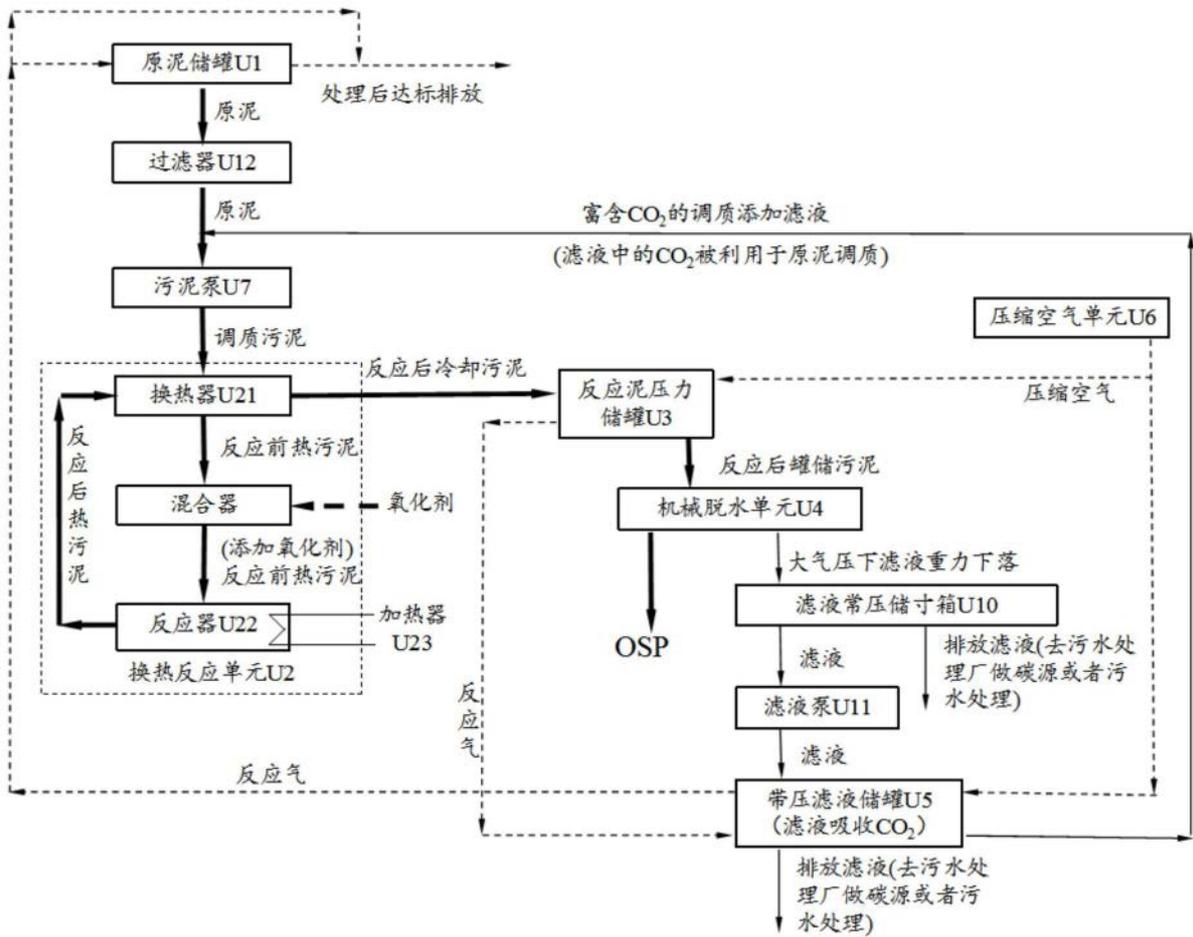


图2

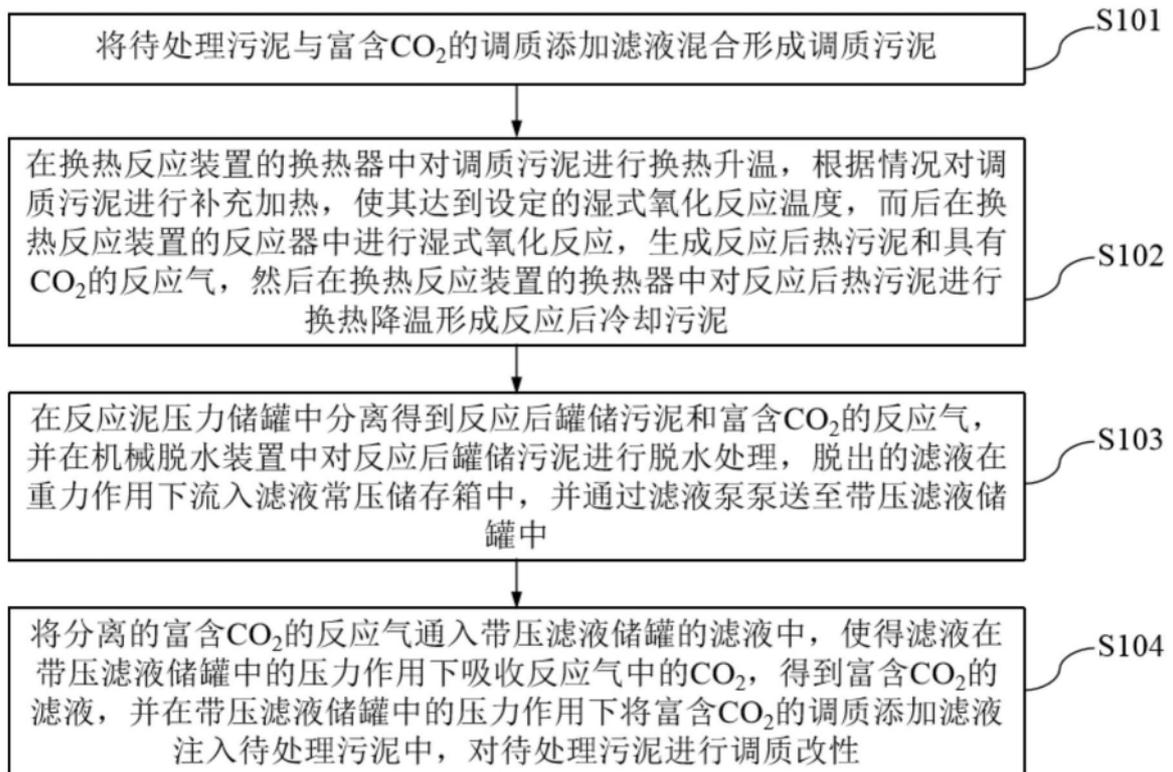


图3