



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105505495 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201410488085. 2

C12M 1/36(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 09. 23

C12M 1/34(2006. 01)

C12M 1/04(2006. 01)

(71) 申请人 中国石油化工股份有限公司

地址 210048 江苏省南京市六合区葛关路  
699 号

申请人 南化集团研究院

(72) 发明人 郝爱香 孔京 毛松柏

(74) 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任  
公司 32112

代理人 汤志武

(51) Int. Cl.

C10L 3/10(2006. 01)

B01D 53/78(2006. 01)

B01D 53/96(2006. 01)

B01D 53/73(2006. 01)

B01D 53/52(2006. 01)

C12M 1/38(2006. 01)

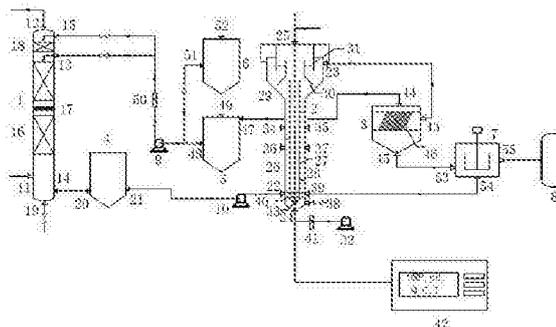
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置

(57) 摘要

一种撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,包括吸收塔、生物反应器、沉降槽、富液槽、贫液槽、清水槽、离心机、硫磺回收槽、贫液泵、富液泵等设备。吸收塔顶部和贫液槽及清水槽通过贫液泵及管道相连;富液槽底部和生物反应器底部通过富液泵及管道相连;生物反应器顶部和沉降槽通过管道相连;沉降槽顶部与贫液槽通过管道相连,沉降槽底部与离心机通过管道相连;离心机与硫磺回收槽及生物反应器通过管道相连。该装置具有结构简单、操作方便、运行稳定安全、自动化程度高和脱硫效率高等优点。



1. 一种撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:包括化学吸收单元、生物氧化单元、硫磺回收单元、循环脱硫液单元和控制单元,具体包括吸收塔(1)、生物反应器(2)、沉降槽(3)、富液槽(4)、贫液槽(5)、清水槽(6)、离心机(7)、硫磺回收槽(8)、贫液泵(9)、富液泵(10);吸收塔(1)顶部和贫液槽(5)及清水槽(6)通过贫液泵(9)及管道相连;富液槽(4)底部和生物反应器(2)底部通过富液泵(10)及管道相连;生物反应器(2)顶部和沉降槽(3)通过管道相连;沉降槽(3)顶部与贫液槽(5)通过管道相连,沉降槽(3)底部与离心机(7)通过管道相连;离心机(7)与硫磺回收槽(8)及生物反应器(2)通过管道相连。

2. 根据权利要求1所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:吸收塔(1)内设有填料层(16),其下部设有进气口(11)、富液出液口(14)和排污口(19),上部设有净化气出气口(12)、贫液喷淋口(13)及清水喷淋口(15)。

3. 根据权利要求1所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:生物反应器(2)为内循环气升式生物流化床反应器,包括反应器主体区(26)和三相分离区(29)两部分;反应器主体区(26)由同心导流筒(27)和外筒(28)组成;三相分离区(29)内有倒漏斗状隔离筒(30)、挡板(31)及溢流堰(23)。

4. 根据权利要求1或2所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:吸收塔(1)内装有阶梯环或鲍尔环填料(16),两填料层(16)间还设有液体分布器(17),填料层(16)和出气口(12)间还设置有除雾器(18)。

5. 根据权利要求1或2所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:吸收塔内设置冲洗装置(15),用贫液泵(9)从清水槽(6)中自来水对吸收塔冲洗填料上附着的硫磺。

6. 根据权利要求1或3所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:生物反应器底部设有空气曝气器(33),通过管道与鼓风机(32)相连,由空气流量计(41)控制鼓入空气量,并将数据传输到控制平台(42);生物反应器(2)内填充半软性填料(40),实现载体的流态化。

7. 根据权利要求1或3所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:吸收 $H_2S$ 的富液由富液进口(20)进入富液槽(4),在富液泵(10)的作用下,富液由进料口(22)进入生物反应器(2),在固定脱硫菌种的流态化载体的催化下,生成单质硫,碱液得到再生,富含硫磺的再生液经由溢流堰(23)进入沉降槽(3)。

8. 根据权利要求1或3所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:生物反应器(2)内安装温度探头(34)、pH探头(35)、ORP探头(36)及电导率探头(37),通过在线仪表控制生物反应器内温度、pH值、ORP值和电导率值等参数,将数据传输到控制平台(42),实现系统关键参数的自动化控制。

9. 根据权利要求1所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:沉降槽(3)内增设六角蜂窝斜管(46),以强化硫磺沉降分离效果;上清贫液由上清液出口(44)进入贫液槽(5),下层硫磺浆液经浆液排液口(45)进入离心机(7)。

10. 根据权利要求1所述的撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,其特征在于:硫磺浆液在离心机(7)内实现固液分离,硫磺产品进入硫磺回收槽(8),滤液则回流进入生物反应器(2),循环使用。

## 一种撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种撬装式微生物脱硫及硫磺回收装置,主要用于大中型沼气工程的沼气脱硫,也可用于天然气、工艺气体以及工业废气等含有硫化氢的气态流体的净化处理,同时可实现单质硫的回收,属于环保净化装备领域。

### 背景技术

[0002] 生物天然气 (Bio-natural gas) 也称生物甲烷 (Bio-methane),是指各种有机生物物质通过厌氧发酵或气化后精炼 / 合成的方式,转变成以甲烷成分为主的生物燃气。前者即通常说的沼气发酵,是成熟的技术;后者(合成生物天然气)尚未进入商业化开发。生物天然气与常规天然气有着完全相同的组分和性质,但资源却永不枯竭,属于可再生绿色能源。由于生物天然气符合可持续发展的要求,以及其具备绿色、清洁、环保等特性,欧盟、日本、美国等发达国家越来越青睐于生物天然气的使用,并已在气体储存、运输和输送方面奠定了良好的工作基础。我国的生物天然气行业也正处于方兴未艾的发展阶段。

[0003] 然而在沼气、消化气、垃圾填埋气等生物天然气中,都含有硫化氢气体,其浓度范围从上百到上万 PPM。在工业化利用上述生物燃气过程中,需要将其中的硫化氢予以去除。目前常用的脱硫技术有干法、湿法和生物脱硫。干法脱硫主要是采用以氧化铁或活性炭为主的吸附剂,湿法脱硫主要为化学吸收法及湿式氧化催化法,生物脱硫则采用嗜硫菌通过生物反应器进行脱硫。相对于干法与湿法,生物脱硫是指在适当的温度、湿度、营养物和氧气条件下,通过脱硫细菌的代谢作用把硫化物转化为单质硫的过程,该法具有设备简单、环保清洁、低能耗、高效率等特点,非常满足目前生物天然气工业对脱硫过程的要求。

[0004] 目前部分沼气工程中微生物脱硫装置已有应用,使用效果良好,但是结构尚不完善,给使用和日常维护带来不便,不利于沼气工程的推广应用。中国专利 CN2870960Y 公开了“一种沼气生物脱硫设备”,该专利脱硫塔为生物滴滤塔,脱硫系统运行时产生的  $H_2SO_4$  使循环液的 pH 值快速降低,循环液的 pH 无法保持,导致脱硫率下降。中国专利 CN101703883A 公开了“脱除生物气中硫化氢的方法及装置”,该专利主体设备为鼓泡塔板吸收氧化装置,虽有快速、高效脱硫的优点,但鼓泡塔有传质速率慢、供气效率低及能耗高等缺陷,导致鼓泡塔工业推广应用受到限制。中国专利 CN201023019Y 公开了“一种沼气生物脱硫装置”,该装置属于一体化生物脱硫设备,但空气与沼气混合,存在极大的安全隐患;无法准确控制塔内填料层中溶液的溶解氧含量,造成硫酸盐的积累,影响脱硫效果;生成的单质硫逐渐堵塞填料层,增加系统压降,导致脱硫率降低。中国专利 CN203090734U 公开了“一种两段式沼气生物脱硫装置”,该专利可消除沼气安全隐患、脱硫效率高及稳定运行等优点,但该生物反应器为曝气式再生塔,溶解氧分布不均匀,导致硫酸盐副产物相对较高,且传质效果差、能耗高,工程应用受到一定的限制。

### 发明内容

[0005] 鉴于生物脱硫优势与生物天然气脱硫的趋势,本发明的目的是在于克服现有技术

中的不足,开发一种运行稳定、操作简单、安全可靠、节能高效、用途广泛的微生物脱硫及硫磺回收装置。

[0006] 为实现以上目的,本发明采取了以下的技术方案:一种微生物脱硫及硫磺回收装置,由化学吸收单元、生物氧化单元、硫磺回收单元、循环脱硫液单元和控制单元组成,包括一个去除硫化氢的吸收塔、生物反应器、沉降槽、贫液槽、富液槽、清水槽、贫液泵、富液泵、离心机、硫磺回收槽等设备。化学吸收单元通过弱碱性溶液化学吸收通入其中的硫化氢;生物氧化单元实质为内循环气升式生物流化床反应器,将吸收硫化氢的富液在曝气条件下,实现硫化物生物氧化为单质硫及碱液再生;硫磺回收单元用于将硫浆液经沉降、离心工序,实现单质硫回收。其中,所述生物氧化单元位于所述化学吸收单元和所述硫磺回收单元之间。循环脱硫液单元包括贫液槽、富液槽、贫液泵及富液泵,实现贫液进化学吸收单元和富液进生物氧化单元的循环。控制单元包括温度计、流量计、pH计、ORP计和电导率仪等在线仪表,实现生物反应器内温度、空气流量、pH值、ORP值和电导率值等关键参数的自动化控制。吸收塔底部和富液槽底部通过管道相连,吸收塔顶部和贫液槽(或清水槽)底部通过贫液泵及管道相连,富液槽底部和生物反应器底部通过富液泵及管道相连,生物反应器顶部和沉降槽通过管道相连,沉降槽顶部与贫液槽及生物反应器底部通过管道相连。

[0007] 吸收塔内设有填料层,在填料层的下部设有进气口、富液出液口和排污口;上部设有出气口、贫液喷淋口和清水喷淋口。生物反应器实质为内循环气升式生物流化床反应器,包括反应器主体区和三相分离区两部分。反应器主体区由同心导流内筒和外筒组成。三相分离区内有倒漏斗状隔离筒、挡板和溢流堰。沉降槽内上清贫液由上清液出口进入贫液槽,下层硫磺浆液经浆液排液口进入离心机。贫液槽和富液槽类似于缓冲罐,保证系统平稳运行。

[0008] 在所述吸收塔内装有阶梯环或鲍尔环填料,两填料层间还设有液体分布器。

[0009] 在所述吸收塔内位于填料层和出气口之间还设置有除雾器,以去除净化气中的水雾。

[0010] 在所述吸收塔内设置冲洗装置,定期对吸收塔内填料上附着的硫磺沉淀洗脱,洗涤浊液从排污口排放。

[0011] 在所述生物反应器内填充活性炭或生物陶粒为填料,填料下部设有曝气器,以实现载体的流态化。曝气器通过管道与外面的鼓风机相连,由空气流量计控制鼓入空气量,并将数据传输到控制平台,再生废气由空气出口排出。

[0012] 在所述生物反应器内富液由进料口进入,在固定化脱硫菌种的流态化载体的催化下,生成单质硫,同时碱液得到再生。富含硫磺的再生液经由溢流堰进入沉降槽。

[0013] 在所述生物反应器内安装在线温度探头,把系统温度控制在一定的范围,维持脱硫菌种高活性平稳运行;安装在线ORP探头,控制吸收液的溶液氧在一定的范围,避免过多硫酸盐副产物的生成;安装在线pH探头,可以准确地控制吸收液的酸碱度在一定的范围,增加吸收塔中硫化物的吸收稳定性;安装在线电导率探头,检测系统硫酸盐含量。通过上述在线仪表以控制生物反应器内温度、pH值、ORP值和电导率值等参数,将数据传输到控制平台,实现系统关键参数的自动化控制。

[0014] 在所述生物反应器内设置废液排液口,定期排放硫酸盐废液并补充新鲜营养液,以维持系统稳定运行。

[0015] 在所述沉降槽内增设六角蜂窝斜管,以强化硫磺沉降分离效果。

[0016] 在所述贫液槽和贫液泵之间安装液体流量计,便于控制进入吸收塔内贫液的流量。

[0017] 在所述离心机内硫磺浆液离心实现固液分离,硫磺产品进入硫磺回收槽,滤液则回流进入生物反应器,循环使用。

[0018] 本发明专利提出的一种微生物脱硫及硫磺回收装置,用于含硫化氢的气体流体脱硫净化领域,与现有液相氧化还原脱硫装置中化学品消耗高和容易发生硫堵,造成操作成本的增加等缺点相比,该装置具有如下优势:

(1) 该装置为两段式生物脱硫装置,生物天然气中的硫化物先在吸收塔内化学吸收,然后在生物反应器内被生物氧化,避免过量的氧气与沼气混合接触带来的安全隐患。

[0019] (2) 该装置实现单质硫的回收,而非硫酸盐的生成带来循环液的 pH 值降低,导致脱硫率下降的缺陷,实现持续平稳运行。生物硫磺具有亲水性,不易造成硫堵,亲水性的硫磺还可做农业化肥和杀虫剂,提高了附加值。

[0020] (3) 该装置核心设备为内循环气升式生物流化床反应器,具有传质速率高、溶解氧供气效率高、流化效果好和能量耗散均匀等优点,通过微生物催化作用在生物反应器中实现高效生物氧化再生,降低了化学品的消耗,保证系统稳定运行。

[0021] (4) 含硫化氢气体流体通过吸收塔进行化学吸收,在生物反应器内实现生物氧化再生,含硫磺的再生液经沉降槽内的六角蜂窝斜管强化沉降分离,上清贫液循环重新进入吸收塔,解决了单质硫堵塞填料层的问题。

[0022] 本专利技术通过整合废气净化专有菌种培育、生物流化床、载体固定化挂膜方法、内循环气升式反应器、PLC 等多项高新技术,不仅可有效地净化含硫废气,充分有效利用沼气资源,实现自然资源的清洁利用;而且能够实现具有附加值硫磺资源的回收,增加额外经济效益,在产生客观绿色能源的同时,还减少环境污染,实现绿色低碳。生物脱硫产业的绿色环保化、节能减排化、资源回收化具有社会、经济和环境三重效益。

## 附图说明

[0023] 图 1 本发明实施例装置的连接示意图。

[0024] 图中,1- 填料吸收塔,2- 生物反应器,3- 沉降槽,4- 富液槽,5- 贫液槽,6- 清水槽,7- 离心机,8- 硫磺回收槽,9- 贫液泵,10- 富液泵,11- 生物天然气进气口,12- 净化气出气口,13- 贫液进吸收塔口,14- 富液出吸收塔口,15- 清水喷淋口,16- 填料,17- 液体分布器,18- 除雾器,19- 吸收塔排污口,20- 富液进富液槽口,21- 富液出富液口,22- 富液进生物反应器口,23- 含硫磺再生液溢流堰,24- 空气进气口,25- 空气出气口,26- 反应器主体区,27- 导流筒,28- 外筒,29- 三相分离区,30- 隔离筒,31- 挡板,32- 鼓风机,33- 空气曝气器,34- 温度探头,35-pH 探头,36-ORP 探头,37- 电导率探头,38- 废液排放口,39- 滤液回流进生物反应器口,40- 半软性填料,41- 空气流量计,42- 控制平台,43- 溢流液进沉降槽口,44- 上清液出口,45- 硫磺浆液出口,46- 六角蜂窝斜管,47- 贫液进贫液槽口,48- 贫液出贫液槽口,49- 溶液加料口,50- 液体流量计,51- 清水出口,52- 清水加料口,53- 硫磺浆液进离心机口,54- 滤液出离心机口,55- 硫磺出料口。

## 具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实施例对本发明的内容做进一步详细说明。

[0026] 实施例：

如附图 1 所示，本发明实施通过两段式微生物脱硫及硫磺回收装置来实现，包括去除硫化氢的吸收塔 1、生物反应器 2、沉降槽 3、富液槽 4、贫液槽 5、清水槽 6、离心机 7、硫磺回收槽 8、贫液泵 9、富液泵 10 等设备组成。吸收塔 1 底部和富液槽 4 底部通过管道相连，吸收塔 1 顶部和贫液槽 5 或清水槽 6 底部通过贫液泵 9 及管道相连，富液槽 4 底部和生物反应器 2 底部通过富液泵 10 及管道相连，生物反应器 2 顶部和沉降槽 3 通过管道相连，沉降槽 3 顶部与贫液槽 5 及生物反应器 2 底部通过管道相连。

[0027] 吸收塔 1 内设有填料层 16，在填料层 16 的下部设有进气口 11、富液出液口 14 和排污口 19；上部设有出气口 12、贫液喷淋口 13 和清水喷淋口 15。生物反应器 2 实质为内循环气升式生物流化床反应器，包括反应器主体区 26 和三相分离区 29 两部分。反应器主体区 26 由同心导流内筒 27 和外筒 28 组成。三相分离区 29 内有倒漏斗状隔离筒 30、挡板 31 和溢流堰 23。沉降槽 3 内上清贫液由上清液出口 44 进入贫液槽 5，下层硫磺浆液经浆液排液口 45 进入离心机 7。贫液槽 5 和富液槽 4 起缓冲罐作用，保证系统平稳运行。

[0028] 吸收塔 1 内装有阶梯环或鲍尔环填料 16，两填料层间还设有液体分布器 17。

[0029] 吸收塔 1 内位于填料层 16 和出气口 12 之间还设置有除雾器 18，以去除净化后生物天然气中的水雾。

[0030] 吸收塔 1 内设置冲洗装置 15，定期对吸收塔内填料上附着的硫磺沉淀洗脱，洗涤浊液从排污口 19 排放。

[0031] 生物反应器 2 内填充半软性填料 40，填料下部设有空气曝气器 33，以实现载体的流态化。曝气器 33 通过管道与鼓风机 32 相连，由空气流量计 41 控制鼓入空气量，并将数据传输到控制平台 42，再生废气由空气出口 25 排出。

[0032] 生物反应器 2 内富液由进料口 22 进入，在固定化脱硫菌种的流态化载体的催化下，生成单质硫，同时碱液得到再生。富含硫磺的再生液经由溢流堰 23 进入沉降槽 3。

[0033] 生物反应器 2 内安装在线温度探头 34，把系统温度控制在一定的范围，维持脱硫菌种高活性平稳运行；安装在线 ORP 探头 35，控制吸收液的溶液氧在一定的范围，避免过多硫酸盐副产物的生成；安装在线 pH 探头 36，可以准确地控制吸收液的酸碱度在一定的范围，增加吸收塔中硫化物的吸收稳定性；安装在线电导率探头 37，检测系统硫酸盐含量。通过上述在线仪表以控制生物反应器内温度、pH 值、ORP 值和电导率值等参数，将数据传输到控制平台 42，实现系统关键参数的自动化控制。

[0034] 生物反应器 2 内设置废液排液口 38，定期排放硫酸盐废液并补充新鲜营养液，以维持系统稳定运行。

[0035] 沉降槽 3 内增设六角蜂窝斜管 46，以强化硫磺沉降分离效果。其中上清贫液由上清液出口 44 进入贫液槽 5，下层硫磺浆液经浆液排液口 45 进入离心机 7。

[0036] 贫液槽 5 和贫液泵 9 之间安装液体流量计 50，便于控制进入吸收塔内贫液的流量。

[0037] 离心机 7 内硫磺浆液离心实现固液分离，硫磺产品进入硫磺回收槽 8，滤液则回流进入生物反应器 38，循环使用。

[0038] 本实施例中装置的运行过程如下：

启动时,含  $H_2S$  的生物天然气从进气口进入到吸收塔与塔顶喷淋的碱液逆向接触反应吸收后,处理过的净化气从吸收塔顶部离开。另外吸收塔中设置冲洗喷头,经由清水槽进入,清洗填料层,洗涤废液由排污口排放。溶有  $H_2S$  的富液从吸收塔底部进入富液槽,然后在富液泵的作用下进入内循环气升式生物流化床反应器。在生物反应器中,可溶性硫化物通过鼓风机向其进行曝气,实现固定脱硫菌种的载体流态化,吸收液中的硫化物在无色硫细菌的氧化下生成单质硫,生物反应器内安装温度探头、ORP 探头、pH 探头及电导率探头等在线仪表以控制生物反应器内温度、pH 值、ORP 值和电导率值等参数,将数据传输到控制平台,实现系统关键参数的自动化控制。含硫磺的再生液经生物反应器溢流堰进入沉降槽,上层清液溢流进入贫液槽,然后在贫液泵作用下进入吸收塔循环使用。下层硫磺浆液由沉降槽底部排出。硫磺浆液在离心机内进行离心实现固液分离,得到产品生物硫磺。分离出的液相滤液再返回到生物反应器中,重新利用。

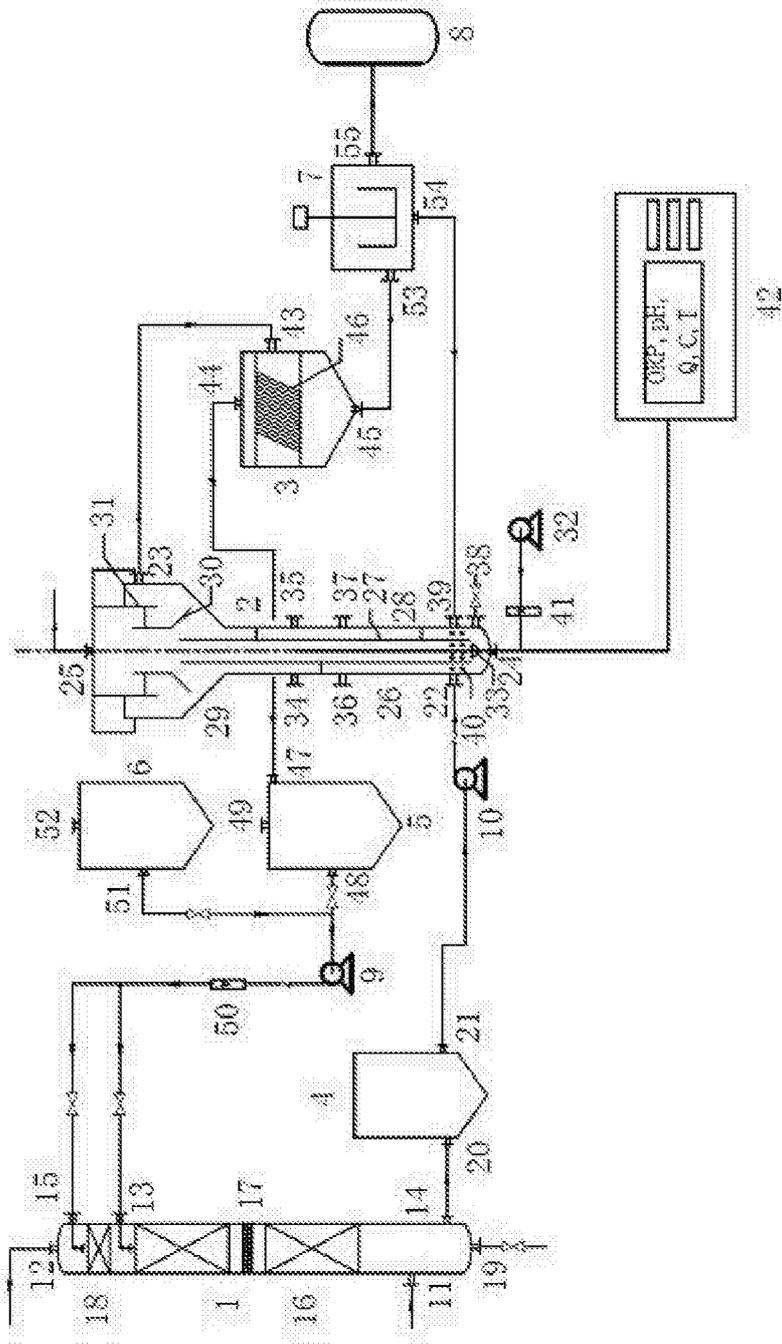


图 1