



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110468033 B

(45) 授权公告日 2020.12.08

(21) 申请号 201910789403.1

(22) 申请日 2019.08.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110468033 A

(43) 申请公布日 2019.11.19

(73) 专利权人 同济大学  
地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72) 发明人 戴晓虎 张悦 华煜 蔡辰

(74) 专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11562  
代理人 张换君

(51) Int. Cl.  
C12M 1/107 (2006.01)  
C12M 1/16 (2006.01)  
C12M 1/36 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 2515186 Y, 2002.10.09  
GB 2013646 A, 1979.08.15  
JP H10202281 A, 1998.08.04  
CN 202508941 U, 2012.10.31  
US 2018320963 A1, 2018.11.08  
JP 2011092943 A, 2011.05.12  
Dennis A. Burke. ANAEROBIC DIGESTION OF SEWAGE SLUDGE USING THE ANOXIC GAS FLOTATION (AGF) PROCESS.《8th International Conference on Anaerobic Digestion》.1997,  
Cristina Cagnetta等.High-rate activated sludge systems combined with dissolved air flotation enable effective organics removal and recovery.《Bioresource Technology》.2019,第291卷

审查员 陈云华

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

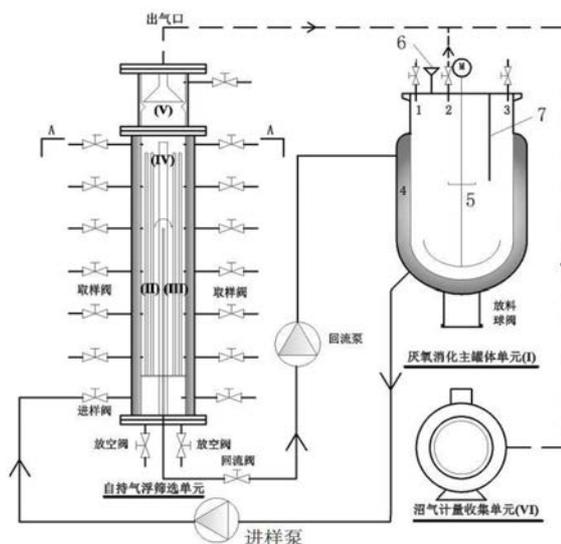
(54) 发明名称

利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置

(57) 摘要

本发明提供了一种利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,包括厌氧消化主罐体单元、自持气浮筛选单元和沼气计量收集单元,自持气浮筛选单元包括自下而上依次连接的气浮筛选部分、物料沉淀部分、活性回流部分和三相分离部分,厌氧消化主罐体单元内的消化物料泵送进入气浮筛选部分,溢流进入物料沉淀部分,之后提升至活性回流部分,经过三相分离部分的气体组分与厌氧消化主罐体单元的产气进入沼气计量收集单元;本发明的厌氧消化装置基于厌氧过程有机物被降解产沼气的现象,通过增加自持气浮筛选单元,起到了自持气浮-筛选-回流高活性微生物、排出更难降解物料的作用,从而有效避免有机固体废弃物厌氧消化过程中物料短流导致的降解不充分的问题。

CN 110468033 B



1. 一种利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:其包括厌氧消化主罐体单元(I)、自持气浮筛选单元和沼气计量收集单元(VI),所述自持气浮筛选单元和厌氧消化主罐体单元(I)通过进样泵与回流泵构成双向连接,所述沼气计量收集单元(VI)分别与自持气浮筛选单元和厌氧消化主罐体单元(I)的出气口相连;

所述自持气浮筛选单元包括自下而上依次连接的气浮筛选部分(II)、物料沉淀部分(III)、活性回流部分(IV)和三相分离部分(V),所述气浮筛选部分(II)和物料沉淀部分(III)并排设置在所述自持气浮筛选单元的底部且由中隔板分开,所述气浮筛选部分(II)和物料沉淀部分(III)的底部均设置排空口;所述活性回流部分(IV)位于自持气浮筛选单元的中上部,其上端高于气浮筛选部分(II)与物料沉淀部分(III),下端连接回流阀并与回流泵连通;所述三相分离部分(V)的沼气出口和沼气计量收集单元(VI)相通;所述厌氧消化主罐体(I)内的消化物料由进样泵泵送自下而上推流进入气浮筛选部分(II),气浮筛选部分(II)内液面到达中隔板高度后,消化物料溢流进入所述物料沉淀部分(III),所述物料沉淀部分(III)内液面到达中隔板高度后与气浮筛选部分(II)液面相通,随着自持气浮筛选单元持续进料,气浮筛选部分(II)与物料沉淀部分(III)液面可共同提升至所述活性回流部分(IV)上端,消化物料溢流进入活性回流部分(IV),所述活性回流部分(IV)收集的消化物料经回流泵返回到厌氧消化主罐体单元(I)内,经过三相分离部分(V)的气体组分与厌氧消化主罐体单元(I)的产气进入所述沼气计量收集单元(VI)。

2. 根据权利要求1所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述气浮筛选部分(II)和物料沉淀部分(III)的高径比大于等于6。

3. 根据权利要求1所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述气浮筛选部分(II)和物料沉淀部分(III)的内部设置导流挡板或气体导流管;和/或,

所述气浮筛选部分(II)和物料沉淀部分(III)的侧面不同高度设有若干取样阀。

4. 根据权利要求1所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述厌氧消化主罐体单元(I)包括主罐本体、加热系统和搅拌系统,所述主罐本体的内部中心设有搅拌系统,所述主罐本体的外侧环绕所述加热系统;

所述主罐本体的侧面设置循环进料口和循环出料口,所述循环进料口和气浮筛选部分(II)的下端相通,所述循环出料口和活性回流部分(IV)的下端相通;所述主罐本体的顶部设置沼气的出气口(2)、固体进料口(6)、酸液进口(1)、碱液进口(3)、pH或温度检测器(7)和搅拌电机(8),所述主罐本体的底部设置排空口。

5. 根据权利要求4所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述加热系统选自水浴夹套或盘管加热中的一种以上。

6. 根据权利要求4所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述搅拌系统选自中心轴式搅拌、卧式搅拌、侧面斜搅拌或内部潜水搅拌中的一种以上。

7. 根据权利要求1所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述消化物料在所述厌氧消化主罐体单元(I)的停留时间为20-40天。

8. 根据权利要求1所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述消化物料在所述自持气浮筛选单元的停留时间为5-10天。

9. 根据权利要求1所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其特征在于:所述利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置的温度选自35-39℃、41-45℃或53-57℃中的一种

种以上。

10. 根据权利要求1所述的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置, 其特征在于: 所述沼气计量收集单元 (VI) 包括气体流量计和沼气收集装置。

## 利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于有机固体废弃物厌氧消化的技术领域,具体涉及一种利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置。

### 背景技术

[0002] 现阶段我国有机固体废弃物主要包括:生活源(城市污泥、生活垃圾、园林垃圾等)、农业源(农业秸秆、地膜、畜禽粪便等)与工业源(油泥、菌渣、工业有机固废等)三类,年产量超过60亿吨,占固体废物总产生量的60%以上,但科学合理的管理与安全处置技术体系尚未形成。有机固废具有典型的污染属性,成分复杂且有害介质多,占地堆存与周边环境形成多相复合型交叉污染,控制极为复杂,群体性事件频发,高度触及社会及媒体神经。

[0003] 有机固体废弃物利用方式主要包括固化成型、热化学转化、厌氧消化等多种技术,其中厌氧消化技术主要是利用厌氧微生物将其转化为 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 或者 $\text{H}_2$ 。 $\text{CH}_4$ 有较高的燃烧热值( $802.3\text{kJ}/\text{mol}$ ),是理想的能源物质。由于可以在生产清洁能源的同时实现环境的净化,并且消化剩余物还可以作为有机肥料,兼具能源、环保和生态三方面的收益,所以厌氧消化是一项可持续的环保技术。厌氧消化技术的优点还包括减少废物气味、病原体,同时,有机质、植物营养成分以及可以回收的有价值营养成分集中于消化残渣中,可以继续加以利用。

[0004] 随着以上流式厌氧污泥床(UASB)为代表的第二代厌氧反应器以及以膨胀颗粒污泥床(EGSB)为代表的第三代厌氧反应器的出现,污水厌氧处理的有机负荷(OLR)提高到了 $50\text{kg COD}(\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$ 甚至 $100\text{kg COD}(\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$ 以上,厌氧技术在污水处理领域取得了巨大的成就,厌氧理论也相对日趋完善,但是厌氧技术在有机固体废弃物领域进展依然缓慢。有机固体废弃物由于其结构复杂,在厌氧发酵过程中存在许多技术难题,针对有机固体废弃物的反应器发展相对滞后。以木质纤维素类生物质为例,如果将木质纤维素生物质分解的容积产率以测量的挥发性脂肪酸(VFA)的产生速率( $\text{COD}(\text{V} \cdot \text{t})^{-1}$ )表示,传统的厌氧沼气池只有 $6\text{g}(\text{L} \cdot \text{d})^{-1}$ 。为了进一步有机固体废弃物厌氧发酵效率,需要开发出适用于有机固体废弃物的高负荷厌氧工艺,反刍动物消化系统是自然界中存在的一个高效的厌氧反应器,其有机负荷可达 $100\text{kg DM}(\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$ ,单位容积VFA产生速率大约为 $18\text{g}(\text{L} \cdot \text{d})^{-1}$ ,皆远高于传统厌氧反应器。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中的不足,本发明的目的是提供一种利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置。

[0006] 为达到上述目的,本发明的解决方案是:

[0007] 一种利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,其包括厌氧消化主罐体单元、自持气浮筛选单元和沼气计量收集单元,自持气浮筛选单元和厌氧消化主罐体单元通过进样泵与回流泵构成双向连接,沼气计量收集单元分别与自持气浮筛选单元和厌氧消化主罐体单元的出气口相连。

[0008] 自持气浮筛选单元包括自下而上依次连接的气浮筛选部分、物料沉淀部分、活性回流部分和三相分离部分,气浮筛选部分和物料沉淀部分并排设置在自持气浮筛选单元的底部且由中隔板分开,气浮筛选部分和物料沉淀部分的底部均设置排空口,活性回流部分位于自持气浮筛选单元的中上部,其上端高于气浮筛选部分与物料沉淀部分,下端连接回流阀并与回流泵连通;三相分离部分的沼气出口和沼气计量收集单元相通,厌氧消化主罐体内的消化物料由进样泵泵送自下而上推流进入气浮筛选部分,气浮筛选部分内液面到达中隔板高度后,消化物料溢流进入物料沉淀部分,物料沉淀部分液面到达中隔板高度后与气浮筛选部分液面相通,随着自持气浮筛选单元持续进料,气浮筛选部分与物料沉淀部分的液面共同提升至活性回流部分上端,消化物料溢流进入活性回流部分,活性回流部分收集的消化物料经回流泵返回到厌氧消化主罐体单元内,经过三相分离部分的气体组分与厌氧消化主罐体单元的产气进入沼气计量收集单元。

[0009] 优选地,气浮筛选部分和物料沉淀部分的高径比大于等于6。

[0010] 优选地,气浮筛选部分和物料沉淀部分的内部设置导流挡板或气体导流管。

[0011] 优选地,气浮筛选部分和物料沉淀部分的侧面不同高度设有若干取样阀。

[0012] 优选地,厌氧消化主罐体单元包括主罐本体、加热系统和搅拌系统,主罐本体的内部中心设有搅拌系统,主罐本体的外侧环绕加热系统;主罐本体的侧面设置循环进料口和循环出料口,循环进料口和气浮筛选部分的下端相通,循环出料口和活性回流部分的下端相通;主罐本体的顶部设置沼气的出气口、固体进料口、酸液进口、碱液进口、pH或温度检测器和搅拌电机,主罐本体的底部设置排空口。

[0013] 优选地,加热系统选自水浴夹套或盘管加热中的一种以上。

[0014] 优选地,搅拌系统选自中心轴式搅拌、卧式搅拌、侧面斜搅拌或内部潜水搅拌中的一种以上。

[0015] 优选地,消化物料在厌氧消化主罐体单元的停留时间为20-40天。

[0016] 优选地,消化物料在自持气浮筛选单元的停留时间为5-10天。

[0017] 优选地,利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置的温度选自35-39℃、41-45℃或53-57℃中的一种以上。

[0018] 优选地,沼气计量收集单元包括气体流量计和沼气收集装置。

[0019] 由于采用上述方案,本发明的有益效果是:

[0020] 第一、本发明的厌氧消化装置基于厌氧过程有机物被降解产沼气的现象,通过优化装置的构造,即增加自持气浮筛选单元,起到了自持气浮-筛选-回流高活性微生物、排出更难降解物料的作用,从而有效避免了有机固体废弃物厌氧消化过程中物料短流导致的降解不充分的问题。

[0021] 第二、本发明的厌氧消化装置具有结构简单、运行维护方便和自动化程度高等特点,既能用于新建有机固体废弃物厌氧消化产沼气工程的设计,又能用于已建成厌氧消化工程的改造优化,从而实现了高效筛分、高效水解和高效产气。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置的结构示意图。

[0023] 图2为本发明的自持气浮筛选单元A-A的纵切面示意图。

[0024] 图3为本发明的自持气浮筛选单元的横切面示意图。

[0025] 图4为本发明的厌氧消化主罐体单元中主罐本体的俯视图。

[0026] 附图标记:厌氧消化主罐体单元I、气浮筛选部分II、物料沉淀部分III、活性回流部分IV、三相分离部分V、沼气计量收集单元VI、酸液进口1、出气口2、碱液进口3、加热系统4、搅拌系统5、固体进料口6、pH或温度检测器7和搅拌电机8。

### 具体实施方式

[0027] 本发明提供了一种利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置。

[0028] 本发明的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置包括厌氧消化主罐体单元I、自持气浮筛选单元和沼气计量收集单元VI,自持气浮筛选单元和厌氧消化主罐体单元I通过进样泵与回流泵构成双向连接,沼气计量收集单元VI分别与自持气浮筛选单元和厌氧消化主罐体单元I的出气口相连。

[0029] 其中,自持气浮筛选单元包括自下而上依次连接的气浮筛选部分II、物料沉淀部分III、活性回流部分IV和三相分离部分V,气浮筛选部分II和物料沉淀部分III并排设置在自持气浮筛选单元的底部且由中隔板分开,或者气浮筛选部分II和物料沉淀部分III独立设置两个罐体,气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的底部均设置排空口,物料沉淀部分III定期从底部排泥,从而代替厌氧消化主罐体单元I出泥。活性回流部分IV位于自持气浮筛选单元的中上部,其上端高于气浮筛选部分II与物料沉淀部分III,从而保证气浮筛选部分II和物料沉淀部分III在气浮过程中的轻质活性物料溢流进入活性回流部分IV;下端连接回流阀并与回流泵连通。三相分离部分V设置于气浮筛选部分II、物料沉淀部分III和活性回流部分IV的顶部,气浮筛选部分II和物料沉淀部分III若分体独立设置,则在顶部分别设置三相分离部分V;三相分离部分V的沼气出口和沼气计量收集单元VI相连通。厌氧消化主罐体单元I内的消化物料泵送自下而上推流进入气浮筛选部分II,气浮筛选部分II内液面上升越过中隔板高度后,溢流进入物料沉淀部分III,物料沉淀部分III内液面到达中隔板高度后与气浮筛选部分II液面相通,随着自持气浮筛选单元持续进料,气浮筛选部分II与物料沉淀部分III的液面共同提升至活性回流部分IV上端,消化物料溢流进入活性回流部分IV,活性回流部分IV收集的消化物料经回流泵返回到厌氧消化主罐体单元I内,经过三相分离部分V的气体组分与厌氧消化主罐体单元I的产气进入沼气计量收集单元VI。沼气计量收集单元VI包括气体流量计和沼气收集装置。

[0030] 具体地,气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的高径比大于等于6。气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的内部设置导流挡板或气体导流管,从而利于气浮过程中轻质活性物料与重质惰性物料分离。气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的侧面不同高度设有若干取样阀。

[0031] 厌氧消化主罐体单元I包括主罐本体、加热系统和搅拌系统,主罐本体的内部中心设有搅拌系统,主罐本体的外侧环绕加热系统。主罐本体的侧面设置循环进料口和循环出料口,循环进料口和气浮筛选部分II的下端相连通,循环出料口和活性回流部分IV的下端相连通,因此经过气浮筛选部分II和物料沉淀部分III筛选出轻质高活性微生物填满活性回流部分IV,然后经过回流泵送回厌氧消化主罐体单元I内。主罐本体的顶部设置沼气的出气口2、漏斗式的固体进料口6、酸液进口1、碱液进口3、pH或温度检测器7(或增设ORP检测

器)和搅拌电机8,其中沼气的出气口2与沼气计量收集单元VI相连通,主罐本体的底部设置排空口。

[0032] 其中,加热系统选自水浴夹套或盘管加热中的一种以上。

[0033] 搅拌系统选自中心轴式搅拌、卧式搅拌、侧面斜搅拌或内部潜水搅拌中的一种以上。

[0034] 消化物料在厌氧消化主罐体单元I的停留时间为20-40天。消化物料在自持气浮筛选单元的停留时间为5-10天。

[0035] 利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置的温度保持在35-39℃、41-45℃或53-57℃。

[0036] 以下结合实施例对本发明作进一步的说明。

[0037] 实施例:

[0038] 如图1所示,本实施例的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置包括以全混合厌氧反应器(CSTR)为例的厌氧消化主罐体单元I、自持气浮筛选单元和沼气计量收集单元VI,其中,自持气浮筛选单元为四部分一体式,具体包括气浮筛选部分II、物料沉淀部分III、活性回流部分IV和三相分离部分V。厌氧消化主罐体单元I内的消化物料选取市政污泥,由蠕动进样泵泵送进入气浮筛选部分II,液面上升越过中隔板,溢流进入物料沉淀部分III,随着自持气浮筛选单元持续进料,经过气浮筛选部分II和物料沉淀部分III筛选出轻质高活性微生物提升至中心筒的活性回流部分IV,再由蠕动回流泵将筛分后的高活性物料送回厌氧消化主罐体单元I内,经过气浮筛选部分II、物料沉淀部分III、活性回流部分IV三部分顶端的三相分离部分V的气体组分与厌氧消化主罐体单元I的产气一起进入以湿式气体流量计为例的沼气计量收集单元VI。其中,厌氧消化主罐体单元I和自持气浮筛选单元通过电气控制柜以PLC程序对各部件实现自动控制,从而大大降低了反应器运行、控制的难度。厌氧消化主罐体单元I和自持气浮筛选单元均设置外置的水浴夹套,通过热水的外循环实现利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置的内部加热。

[0039] 如图2所示,气浮筛选部分II和物料沉淀部分III并排设置在自持气浮筛选单元的底部且由中隔板分开,从而利于气浮过程中轻质活性物料与重质惰性物料分离。气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的高径比为6.5,气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的底部均设置排空口,物料沉淀部分III每日从底部排泥,从而代替厌氧消化主罐体单元I的出泥。活性回流部分IV位于自持气浮筛选单元的中上部,其上端高于气浮筛选部分II与物料沉淀部分III,从而保证气浮筛选部分II和物料沉淀部分III在气浮过程中的轻质活性物料溢流进入活性回流部分IV。三相分离部分V设置于气浮筛选部分II、物料沉淀部分III和活性回流部分IV的顶部。沼气计量收集单元VI包括气体流量计和沼气收集装置。

[0040] 如图3所示,气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的内部设置气体导流管,从而利于气浮过程中轻质活性物料与重质惰性物料分离。气浮筛选部分II和物料沉淀部分III的侧面不同高度设有若干取样阀。

[0041] 如图1和4所示,厌氧消化主罐体单元I包括主罐本体、加热系统和搅拌系统,主罐本体的内部中心设有搅拌系统,主罐本体的外侧环绕加热系统,本实施例的搅拌系统采用中心轴式搅拌系统。主罐本体的侧面设置循环进料口和循环出料口,循环进料口和气浮筛选部分II的下端相连通,循环出料口和活性回流部分IV的下端相连通,因此经过气浮筛选

部分II和物料沉淀部分III筛选出轻质高活性微生物填满活性回流部分IV,然后经过回流泵送回厌氧消化主罐体单元I内。主罐本体的顶部设置沼气的出气口2、漏斗式的固体进料口6、酸液进口1、碱液进口3、pH或温度检测器7(或增设ORP检测器)和搅拌电机8,其中,以半天连续运行的方式每日从固体进料口补充污泥,沼气的出气口2与沼气计量收集单元VI相连通,主罐本体的底部设置排空口。

[0042] 利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置的温度为 $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

[0043] 总之,经过二十余天半连续运行的产甲烷反应,由厌氧消化主罐体单元I与自持气浮筛选单元产生的沼气由以湿式气体流量计为例的沼气计量收集单元VI收集计数;本实施例的利用自持气浮强化产沼气的厌氧消化装置,与常规CSTR厌氧反应器单位污泥有机质产气率相比有效提高20-30%。

[0044] 上述对实施例的描述是为了便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用本发明。熟悉本领域技术人员显然可以容易的对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中,而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例。本领域技术人员根据本发明的原理,不脱离本发明的范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

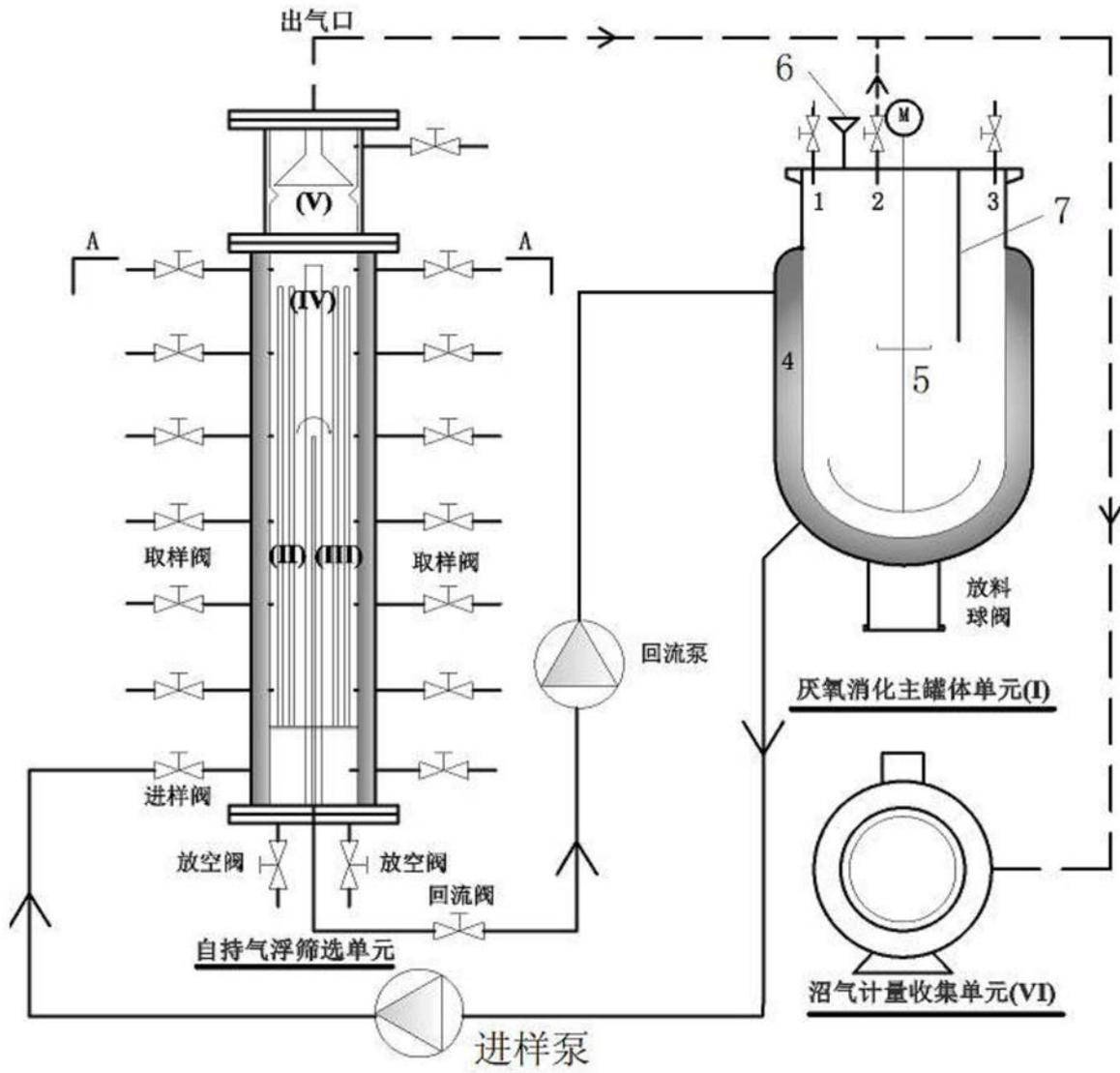


图1

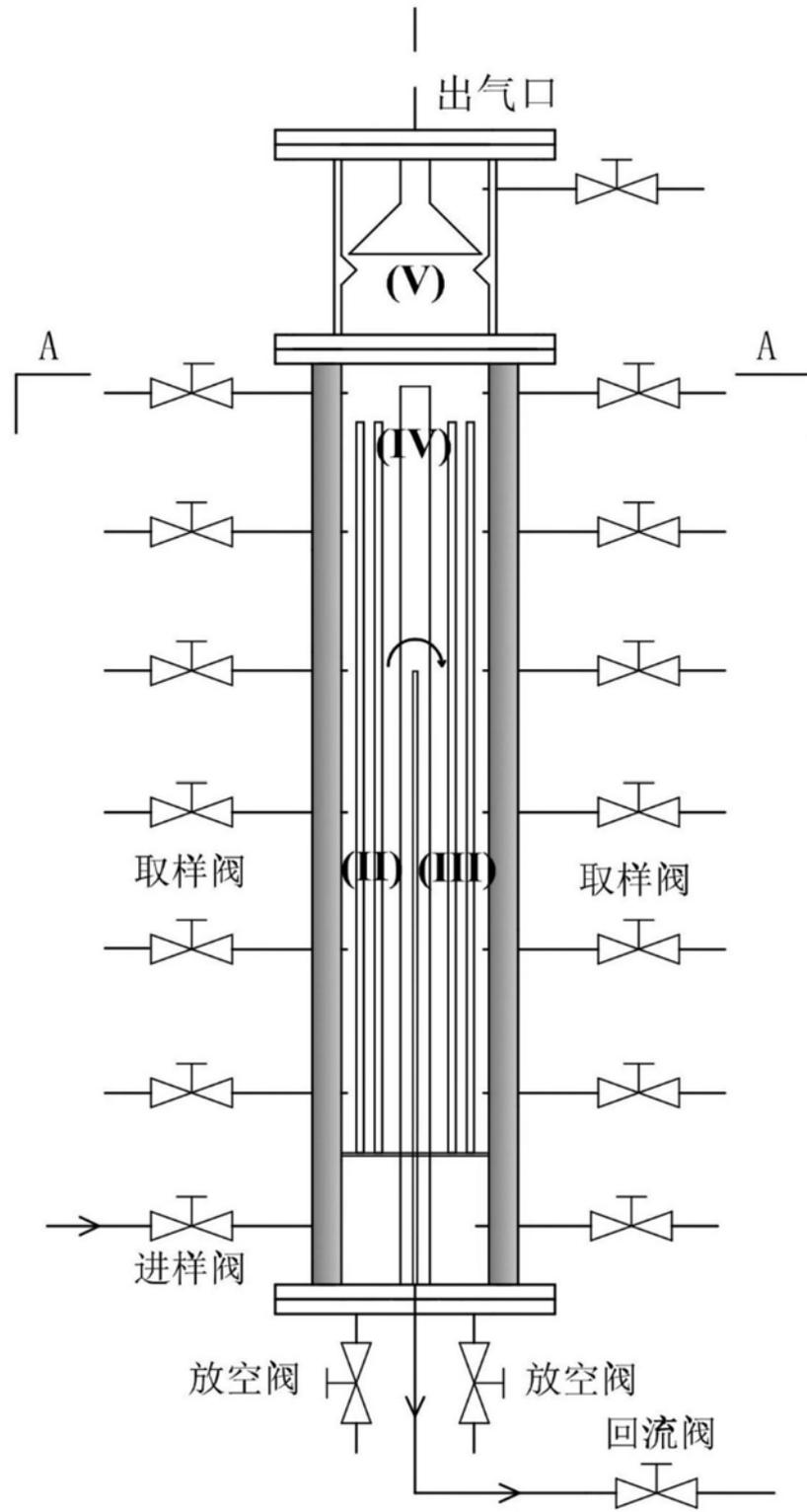


图2

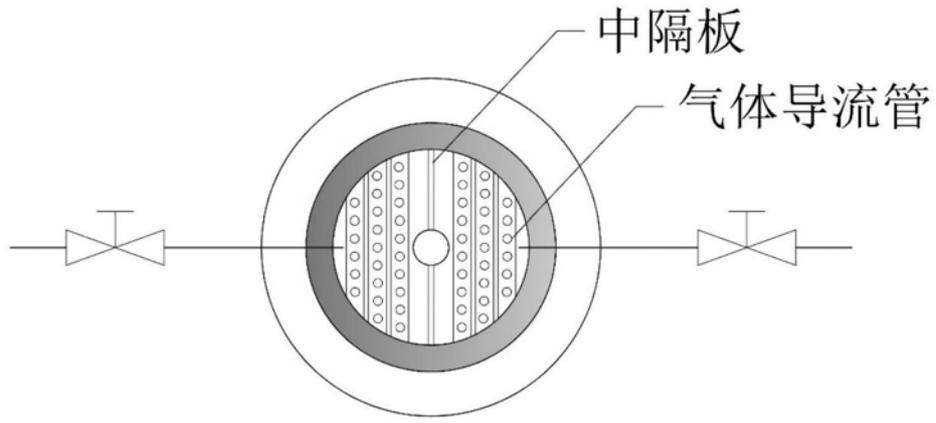


图3

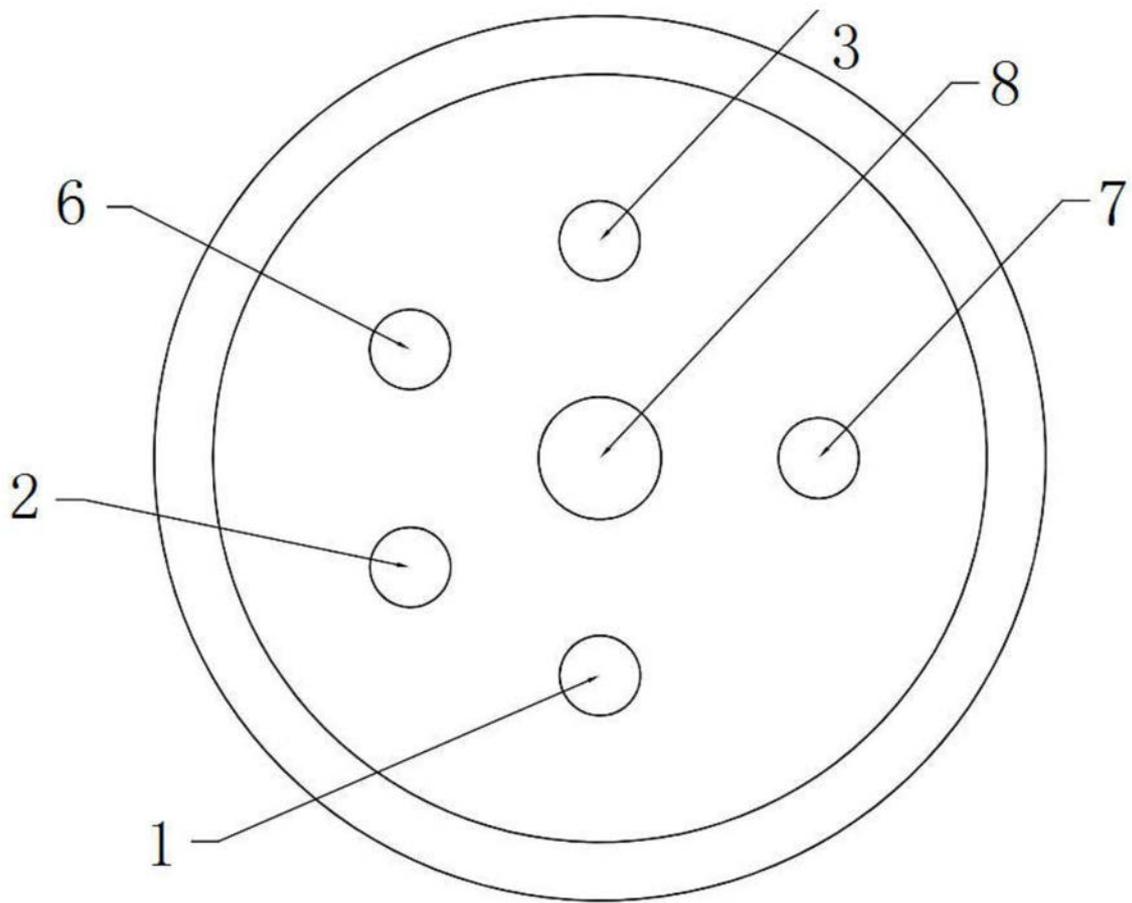


图4