



(21) 申请号 201810886744.6

(22) 申请日 2018.08.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109052815 A

(43) 申请公布日 2018.12.21

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园

(72) 发明人 黄霞 刘紫微 肖康 程刚

(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 赵天月

(51) Int.Cl.

C02F 3/28 (2023.01)

C02F 1/44 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 102642922 A, 2012.08.22

CN 102642926 A, 2012.08.22

CN 107986436 A, 2018.05.04

CN 108002660 A, 2018.05.08

CN 209039272 U, 2019.06.28

审查员 祁明亮

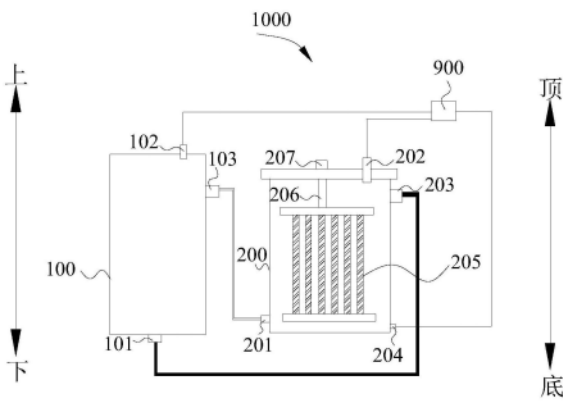
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

污水处理装置以及污水处理方法

(57) 摘要

本发明公开了一种污水处理装置以及污水处理方法。具体包括：具有第一壳体的厌氧流化床，第一壳体的下部具有第一进水口，第一壳体的上部具有第一出水口和第一气体出口；具有第二壳体的膜过滤处理单元，第二壳体的下部具有第二进水口和曝气口，上部具有第二出水口和第二气体出口，第二进水口和第一出水口相连，第二壳体中设置有过滤膜组件，过滤膜组件的顶部具有出水口，出水口与第二出水口相连，第二壳体的侧壁上设置有回流口，回流口设置在过滤膜组件以及第二壳体的顶部之间，回流口与第一进水口相连通；以及分别与第一气体出口以及第二气体出口相连的生物气循环单元，该单元可向曝气口连续供气。该污水处理装置可以减轻膜污染，降低运行能耗。



1. 一种污水处理装置,其特征在于,包括:

厌氧流化床,所述厌氧流化床包括:第一壳体,所述第一壳体中限定出生物处理空间,且所述第一壳体的下部具有第一进水口,所述第一壳体的上部具有第一出水口以及第一气体出口;

膜过滤处理单元,所述膜过滤处理单元包括:第二壳体,所述第二壳体中限定出膜过滤处理空间,所述第二壳体的下部具有第二进水口和曝气口,上部具有第二出水口和第二气体出口,所述第二进水口和所述第一出水口相连,所述膜过滤处理空间中设置有过滤膜组件,所述过滤膜组件的顶部具有出水口,所述出水口与所述第二出水口相连,所述第二壳体的侧壁上设置有回流口,所述回流口设置在所述过滤膜组件以及所述第二壳体的顶部之间,所述回流口与所述第一进水口相连通;以及

生物气循环单元,所述生物气循环单元分别与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连,且被配置为可向所述曝气口提供持续的气体供给;

进水箱,所述进水箱和所述第一进水口之间设置有进水泵,所述进水泵被配置为可控制所述第二壳体中的液面位于所述回流口的下方。

2. 根据权利要求1所述的污水处理装置,其特征在于,所述厌氧流化床进一步包括:

导流筒,所述导流筒垂直设置在所述第一壳体的内部且与所述第一进水口相连通,且所述导流筒的上部具有三相分离器。

3. 根据权利要求1所述的污水处理装置,其特征在于,所述生物气循环单元进一步包括:

真空泵,所述真空泵与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连。

4. 根据权利要求3所述的污水处理装置,其特征在于,所述真空泵包括并联设置的第一真空泵以及第二真空泵,所述第一真空泵以及所述第二真空泵均与所述曝气口相连,

所述第一真空泵被配置为可持续向所述曝气口提供低流量曝气,所述第二真空泵被配置为可向所述曝气口提供高流量脉冲曝气。

5. 根据权利要求4所述的污水处理装置,其特征在于,进一步包括:

气体收集室,所述气体收集室与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连;

气水分离器,所述气水分离器设置在所述第一气体出口与所述气体收集室之间,以及所述第二气体出口与所述气体收集室之间;

气体流量计,所述气体流量计设置在所述第一真空泵以及所述曝气口之间;

时间继电器,所述时间继电器与所述第二真空泵电连接,用于控制所述脉冲曝气的脉冲频率。

6. 根据权利要求1所述的污水处理装置,其特征在于,所述过滤膜组件包括有机聚合中空纤维膜、有机聚合平板膜以及陶瓷平板膜的至少之一。

7. 一种利用权利要求1-6任一项所述的污水处理装置进行污水处理的方法,其特征在于,包括:

将污水从第一进水口供给至厌氧流化床中进行微生物处理,以产生生物气和低污泥水,所述生物气由第一气体出口排出,所述低污泥水由第一出水口排出;

将所述低污泥水由第二进水口供给至膜过滤处理单元中进行膜过滤处理,并在所述膜过滤处理过程中利用生物气循环单元向曝气口提供持续的气体供给,其中,所述生物气循

环单元分别与所述第一气体出口以及所述膜过滤处理单元的第二气体出口相连；

将经过所述膜过滤处理后的净水由第二出水口排出,并将所述膜过滤处理单元中的部分所述低污泥水以及所述生物气通过回流口回流至所述第一进水口。

8.根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述生物气循环单元包括并联设置的第一真空泵以及第二真空泵,所述第一真空泵以及所述第二真空泵均与所述曝气口相连,

在所述膜过滤处理过程中,控制所述第一真空泵向所述曝气口提供持续的低流量曝气,同时控制所述第二真空泵向所述曝气口提供高流量脉冲曝气。

9.根据权利要求7所述的方法,其特征在于,在进行所述微生物处理和所述膜过滤处理时,进一步包括:

利用与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连的真空泵进行抽气,以向所述厌氧流化床以及所述膜过滤处理单元中提供负压。

污水处理装置以及污水处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理领域,具体地,涉及污水处理装置以及污水处理方法。

背景技术

[0002] 随着人口规模的不断扩大和社会经济的持续发展,城市生活污水以及工业污水的排放量也随之增长,污水处理负荷持续加重,这对污水处理水平的要求也越来越高。近年来,通过膜生物反应器对污水作进一步处理,成为主要趋势。微生物可以去除污水中溶解性和胶体状态的可生化有机物以及磷素、氮素等,具有高效率、操作简单以及反应条件温和等优点。其中,厌氧微生物发酵能在降解有机碳源的同时产生生物质能源(即沼气),实现污水中的能源回收。但传统的厌氧生物处理技术存在污泥流失、处理效果不稳定、后续处理占地面积大等缺点。因此,结合了高效厌氧生物处理和膜分离技术的厌氧膜生物反应器(厌氧MBR)因污泥产率低、处理效果好、占地面积小、回收能源等优势,成为了研究热点。

[0003] 然而,目前的污水处理装置以及污水处理方法仍有待改进。

发明内容

[0004] 本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

[0005] 发明人发现,目前的厌氧膜生物反应器(厌氧MBR)虽然能够回收污水中的资源能源,但仍然存在膜污染严重、运行能耗较高、污水处理成本较高等问题。在厌氧膜生物反应器中,污泥混合液(包括微生物菌群及其代谢产物、处理的污水中的有机分子、溶解性物质以及固体颗粒等)会在膜表面或膜孔内吸附和沉积,降低膜通量,造成膜污染,严重的膜污染限制了厌氧膜生物反应器的发展。目前,通常采用提高错流速度和曝气的方法来控制膜污染:提高错流速度需要增大污泥混合液的循环流量,需要较高的外加能量;采用曝气的方法时,由于厌氧膜生物反应器中的污泥浓度较高、污泥粒径较小,从而需要很高的曝气强度才能实现膜污染的控制。因此,提高错流速度和高曝气强度都造成了较大的能耗,提高了污水处理成本,不利于大规模的应用。因此,如果能提出一种新的污水处理装置,能在回收资源的同时有效地控制膜污染、降低运行能耗,将在很大程度上解决上述问题。

[0006] 有鉴于此,在本发明的一个方面,本发明提出了一种污水处理装置。根据本发明的实施例,该污水处理装置包括:厌氧流化床,所述厌氧流化床包括:第一壳体,所述第一壳体中限定出生物处理空间,且所述第一壳体的下部具有第一进水口,所述第一壳体的上部具有第一出水口以及第一气体出口;膜过滤处理单元,所述膜过滤处理单元包括:第二壳体,所述第二壳体中限定出膜过滤处理空间,所述第二壳体的下部具有第二进水口和曝气口,上部具有第二出水口和第二气体出口,所述第二进水口和所述第一出水口相连,所述膜过滤处理空间中设置有过滤膜组件,所述过滤膜组件的顶部具有出水口,所述出水口与所述第二出水口相连,所述第二壳体的侧壁上设置有回流口,所述回流口设置在所述过滤膜组件以及所述第二壳体的顶部之间,所述回流口与所述第一进水口相连通;以及生物气循环单元,所述生物气循环单元分别与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连,且被配

置为可向所述曝气口提供持续的气体供给。由此,将厌氧流化床和膜过滤处理单元分开设置,可以减轻膜污染,同时便于膜组件的清洗;利用该装置处理污水时产生的生物气给膜过滤处理单元持续曝气,不仅节省了能耗,而且进一步减轻了膜污染;并且含气混合液(即含有生物气的污泥混合液)通过该回流口回流至第一进水口,可以使该装置在低能耗下实现较好地循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,进一步降低了能耗,提高了该污水处理装置的使用性能。

[0007] 根据本发明的实施例,所述厌氧流化床进一步包括:导流筒,所述导流筒垂直设置在所述第一壳体的内部且与所述第一进水口相连通,且所述导流筒的上部具有三相分离器。由此,该三相分离器可以将厌氧生物处理污水过程中产生的生物气和污泥混合液分离,生物气可上升至第一壳体的顶部,密度较大的污泥混合液可以沿导流筒外部向下沉降,密度较小的污泥混合液可从第一出水口排出,并通过第二进水口进入膜过滤处理单元中,从而可以使该装置具有良好的流化状态,不需要添加内循环泵,节省了运行成本和能耗。

[0008] 根据本发明的实施例,该污水处理装置进一步包括:进水箱,所述进水箱和所述第一进水口之间设置有进水泵,所述进水泵被配置为可控制所述第二壳体中的液面位于所述回流口的下方。由此,可以使过滤膜组件浸没在污水中,并且使回流口位于液面和第二壳体的顶部之间,从而可以使位于第二壳体顶部的生物气混合污水一起回流至第一进水口,增强了内外循环和流化效果,使得传质良好,污水处理效率高,显著降低流化床运行所需的能耗。

[0009] 根据本发明的实施例,所述生物气循环单元进一步包括:真空泵,所述真空泵与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连。由此,通过所述真空泵抽气,可以使厌氧流化床以及膜过滤处理单元中形成负压,增强了内外循环和流化效果,使得传质良好,污水处理效率高,显著降低流化床运行所需的能耗。

[0010] 根据本发明的实施例,所述真空泵包括并联设置的第一真空泵以及第二真空泵,所述第一真空泵以及所述第二真空泵均与所述曝气口相连,所述第一真空泵被配置为可持续向所述曝气口提供低流量曝气,所述第二真空泵被配置为可向所述曝气口提供高流量脉冲曝气。由此,持续的低流量曝气以及脉冲式的高流量曝气模式可以有效地控制膜污染,降低曝气能耗以及洗膜成本。

[0011] 根据本发明的实施例,所述生物气循环单元进一步包括:气体收集室,所述气体收集室与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连;气水分离器,所述气水分离器设置在所述第一气体出口与所述气体收集室之间,以及所述第二气体出口与所述气体收集室之间;气体流量计,所述气体流量计设置在所述第一真空泵以及所述曝气口之间;时间继电器,所述时间继电器与所述第二真空泵电连接,用于控制所述脉冲曝气的脉冲频率。由此,所述气体收集室可用于收集产生的生物气,提高了污水中的资源能源的回收率,所述气水分离器可以对生物气进行纯化处理,进一步提高了该污水处理装置的使用性能。

[0012] 根据本发明的实施例,所述过滤膜组件包括有机聚合中空纤维膜、有机聚合平板膜以及陶瓷平板膜的至少之一。由此,曝气不仅可以形成膜表面剪切力还可以使膜丝抖动,从而进一步降低膜污染和能耗,并且提高了净水效果。

[0013] 在本发明的另一方面,本发明提出了一种利用前面所述的污水处理装置进行污水处理的方法。根据本发明的实施例,该方法包括:将污水从第一进水口供给至厌氧流化床中

进行微生物处理,以产生生物气和低污泥水,所述生物气由第一气体出口排出,所述低污泥水由第一出水口排出;将所述低污泥水由第二进水口供给至膜过滤处理单元中进行膜过滤处理,并在所述膜过滤处理过程中利用生物气循环单元向曝气口提供持续的气体供给,其中,所述生物气循环单元分别与所述第一气体出口以及所述膜过滤处理单元的第二气体出口相连;将经过所述膜过滤处理后的净水由第二出水口排出,并将所述膜过滤处理单元中的部分所述低污泥水以及所述生物气通过回流口回流至所述第一进水口。由此,该方法将微生物处理和膜过滤处理分开,可以减轻膜污染,同时便于膜组件的清洗;利用处理污水时产生的生物气给膜过滤处理单元持续曝气,不仅节省了能耗,而且进一步减轻了膜污染;并且含气混合液(即含有生物气的污泥混合液)通过该回流口回流至第一进水口,可以在低能耗下实现较好地循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,进一步降低了能耗。

[0014] 根据本发明的实施例,所述生物气循环单元包括并联设置的第一真空泵以及第二真空泵,所述第一真空泵以及所述第二真空泵均与所述曝气口相连,在所述膜过滤处理过程中,控制所述第一真空泵向所述曝气口提供持续的低流量曝气,同时控制所述第二真空泵向所述曝气口提供高流量脉冲曝气。由此,持续的低流量曝气以及脉冲式的高流量曝气模式可以有效地控制膜污染,降低曝气能耗以及洗膜成本。

[0015] 根据本发明的实施例,在进行所述微生物处理和所述膜过滤处理时,该方法进一步包括:利用与所述第一气体出口以及所述第二气体出口相连的真空泵进行抽气,以向所述厌氧流化床以及所述膜过滤处理单元中提供负压。由此,该负压增强了内外循环和流化效果,使得传质良好,污水处理效率高,显著降低流化床运行所需的能耗。

附图说明

[0016] 图1显示了根据本发明一个实施例的污水处理装置的结构示意图;

[0017] 图2显示了根据本发明另一个实施例的污水处理装置的结构示意图;

[0018] 图3显示了根据本发明又一个实施例的污水处理装置的结构示意图;

[0019] 图4显示了根据本发明一个实施例的污水处理方法的方法流程图;

[0020] 图5显示了根据本发明一个实施例的污水处理装置的污水处理效果图;以及

[0021] 图6显示了根据本发明一个实施例的污水处理装置中过滤膜组件的膜通量变化图。

[0022] 附图标记:

[0023] 1000:污水处理装置;100:第一壳体;101:第一进水口;102:第一气体出口;103:第一出水口;104:导流筒;105:三相分离器;106:厌氧微生物;200:第二壳体;201:第二进水口;202:第二气体出口;203:回流口;204:曝气口;205:过滤膜组件;206:出水口;207:第二出水口;208:第一真空泵;209:第二真空泵;210:气体流量计;300:进水箱;400:进水泵;500:循环泵;600:出水泵;700:净水箱;800:气体收集室;900:生物气循环单元。

具体实施方式

[0024] 下面详细描述本发明的实施例,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,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0025] 在本发明的一个方面,本发明提出了一种污水处理装置。根据本发明的实施例,参考图1,该污水处理装置1000包括厌氧流化床、膜过滤处理单元以及生物气循环单元900,其中,厌氧流化床包括第一壳体100,第一壳体100中限定出生物处理空间,第一壳体100的下部具有第一进水口101,第一壳体100的上部具有第一出水口103以及第一气体出口102;膜过滤处理单元包括第二壳体200,第二壳体200中限定出膜过滤处理空间,第二壳体200的下部具有第二进水口201和曝气口204,上部具有第二出水口207和第二气体出口202,第二进水口201和第一出水口103相连,膜过滤处理空间中设置有过滤膜组件205,过滤膜组件205的顶部具有出水口206,出水口206与第二出水口207相连,第二壳体200的侧壁上设置有回流口203,回流口203设置在过滤膜组件205以及第二壳体200的顶部(参考图1中所示出的“顶”方向)之间,回流口203与第一进水口101相连通;生物气循环单元900分别与第一气体出口102以及第二气体出口202相连,且被配置为可向曝气口204提供持续的气体供给。由此,将厌氧流化床和膜过滤处理单元分开设置,可以减轻膜污染,同时便于膜组件的清洗;利用该装置处理污水时产生的生物气给膜过滤处理单元持续曝气,不仅节省了能耗,而且进一步减轻了膜污染;并且含气混合液(即含有生物气的污泥混合液)通过该回流口回流至第一进水口,可以使该装置在低能耗下实现较好地循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,进一步降低了能耗,提高了该污水处理装置的使用性能。

[0026] 为了便于理解,下面对根据本发明实施例的污水处理装置能够实现上述有益效果的原理进行简单说明:

[0027] 如前所述,目前的厌氧膜生物反应器(厌氧MBR)存在膜污染严重、运行能耗较高等问题。而根据本发明实施例的污水处理装置,一方面,将厌氧流化床和膜过滤处理单元分开设置,可以减轻膜污染,同时便于膜组件的清洗。例如,根据本发明的具体实施例,该污水处理装置的总有效体积可以为12L,其中厌氧流化床的有效体积可以为8.64L,膜过滤处理单元的有效体积可以为3.46L;当厌氧流化床中的平均污泥浓度约为8g/L时,膜过滤处理单元中的平均污泥浓度约为6g/L,从而减轻了膜污染。另一方面,根据本发明实施例的污水处理装置,利用厌氧生物处理过程中产生的生物气给膜过滤处理单元持续曝气,不仅节省了能耗,进一步减轻了膜污染,并且,该生物气可以循环使用,进一步降低了曝气能耗以及成本。又一方面,根据本发明实施例的污水处理装置,通过将回流口设置在过滤膜组件的顶部以及第二壳体的顶面之间,可以同时将生物气以及污水(即含有生物气的污泥混合液)通过该回流口回流至第一进水口,回流至第一进水口的生物气可以推动厌氧流化床中的水流向上运动,有助于厌氧流化床内部的水流循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,并且可以省去厌氧流化床的内循环泵,进一步降低了能耗;回流至第一进水口的污泥混合液可以在厌氧流化床内部继续进行厌氧生物处理过程,提高了污泥的使用寿命,并且提高了净水效果。

[0028] 根据本发明的实施例,厌氧流化床的大小和形状不受特别限制,本领域技术人员可以根据需要进行设置。根据本发明的实施例,第一进水口101设置在第一壳体100的下部,第一气体出口102以及第一出水口103设置在第一壳体的上部。需要说明的是,本文中提到的“上部”、“下部”应作广义理解,即:“上部”可以为第一壳体的顶面或者侧面上靠上的部分,“下部”可以为第一壳体的底面或者侧面上靠下的部分,具体的“上”、“下”、“顶”、“底”的方位可以参考图1中所示出的方向。

[0029] 根据本发明的实施例,参考图2,厌氧流化床进一步包括导流筒104,导流筒104垂直设置在第一壳体100的内部,且与第一进水口101相连通。具体的,第一进水口101可以设置在第一壳体100的底面上(如图中所示出的“底”方向),优选地,第一进水口101可以设置在第一壳体100的底面的中央,导流筒104设置在第一进水口101的正上方,导流筒104和第一壳体100的顶面以及侧壁之间均预留有水流通路。根据本发明的实施例,导流筒104的上部具有三相分离器105,第一出水口103可以设置在三相分离器105的上方。根据本发明的实施例,厌氧流化床中填充有厌氧微生物106,具体的,厌氧微生物106的附着方式不受特别限制,例如,厌氧微生物106可以是悬浮态(即微生物菌群直接分散在厌氧流化床内部),也可以先将厌氧微生物附着在载体(例如沸石、活性炭、合成树脂中的一种或几种)上,然后将附着有厌氧微生物的载体填充分散在厌氧流化床内部。由此,待处理的污水可从第一进水口101进入厌氧流化床,并在导流筒104中与厌氧微生物106相接触,厌氧微生物可分解污水中的有机物并且产生高热值的生物气,含气混合液(即含有生物气、微生物菌群或负载微生物的载体颗粒以及污水的混合液)向上流动,经过三相分离器105时,生物气可继续上升至第一壳体100顶部的气室(第一壳体100的顶部具有预留空间,即气室),并且可从第一气体出口102排出;浓度较大的污泥混合液(即含有微生物菌群或负载微生物的载体颗粒以及污水的混合液)沿导流筒104的外部向下沉降,而浓度较低的污泥混合液(即微生物菌群或负载微生物的载体颗粒含量较低的污水)继续向上流动,并从第一出水口103排出,并通过与第一出水口103相连的第二进水口201进入膜过滤处理单元中。由此,该过程中,浓度较大的污泥混合液可以保留在厌氧流化床内部,继续进行厌氧生物处理过程,而仅仅让浓度较小的污泥混合液流入膜过滤处理单元中,从而进一步减小的膜污染。根据本发明的实施例,厌氧流化床的外壁还可以设置水浴夹层,由此,可以调节厌氧流化床内部的温度,以便适于厌氧微生物的生长以及对有机物的分解处理。

[0030] 根据本发明的实施例,膜过滤处理单元的大小和形状不受特别限制,本领域技术人员可以根据需要进行设置。具体的,膜过滤处理单元的大小可以和厌氧流化床的大小相匹配。根据本发明的实施例,第二进水口201设置在第二壳体200的下部,具体的,第二进水口201可以设置在第二壳体200的侧壁上靠下的位置,由此,从第一出水口103排出的浓度较低的污泥混合液进入连接管道后,可以在水头差的作用下进入膜过滤处理单元中,操作简便,并且,该连接管道上设置有单向阀,从而保证了水流仅仅从第一出水口103流至第二进水口201,而不能反向流动。

[0031] 根据本发明的实施例,第二壳体200的底部设置有曝气口204,由此,可通过该曝气口204向膜过滤处理单元中曝气,推动进入第二壳体200内部的污泥混合液向上流动,被过滤膜组件205过滤处理。根据本发明的实施例,曝气口204可以设置在第二壳体200的侧壁上靠下的位置,并且设置在过滤膜组件205的下方,具体的,可以将一根曝气管(图中未示出)从曝气口204插入过滤膜组件205的底部,曝气管上面具有间隔设置的开孔,由此,可以均匀地向过滤膜组件205表面曝气。根据本发明的具体实施例,曝气管可以是一根直径12mm的圆管,两侧向下45°开孔,孔的直径可以为2mm,中心间距可以10mm,并且该曝气管可以平行于过滤膜组件205布置(即沿着图2中示出的A方向延伸),距离过滤膜组件205的底部可以为40mm。根据本发明的实施例,第二出水口207以及第二气体出口202设置在第二壳体200的上部,具体的,第二出水口207以及第二气体出口202可以设置在第二壳体200的顶面上。

[0032] 根据本发明的实施例,第二壳体200内部设置有过滤膜组件205,具体的,过滤膜组件205可垂直设置在第二壳体200中(即过滤膜组件中的多个过滤膜沿着图2中所示出的A方向平行排列)。根据本发明的实施例,过滤膜组件205为上端出水,即过滤膜组件205的上端设置有出水口206,并且该出水口206和第二壳体200顶部的第二出水口207相连通。根据本发明的实施例,出水口206的具体数目不受特别限制,例如,可以为1个,2个等。根据本发明的实施例,过滤膜组件205为浸没式过滤膜组件,即,过滤膜组件205整个浸没在第二壳体200中的污水中。由此,污水从第二进水口201进入第二壳体200后,可在底部的曝气口204曝气产生的推动力的作用下向上流动,一部分污水被过滤膜组件205过滤处理,产出的净水可以从过滤膜组件205顶部的出水口206以及第二出水口207排出。

[0033] 根据本发明的实施例,参考图3,该污水处理装置可以进一步包括出水泵600,出水泵600分别与第二出水口207以及净水箱700相连,且适于将经过过滤膜组件205处理得到的净水从第二壳体200抽出。由此,该出水泵的抽吸作用可以显著提高膜分离效率,提高出水品质和出水速度。根据本发明的实施例,过滤膜组件205的具体类型不受特别限制,只要具有较高的膜分离效率即可,本领域技术人员可以根据需要进行选择。例如可以为中空纤维膜组件,发明人发现,在膜过滤处理单元中,采用中空纤维膜组件,曝气时不仅可以形成膜表面剪切力还可以使膜丝抖动,从而进一步降低膜污染和能耗,并且提高了净水效果。具体的,该中空纤维膜组件可以包括有机聚合中空纤维膜、有机聚合平板膜以及陶瓷平板膜的至少之一。由此,该中空纤维膜组件的过滤膜来源广泛,且性能良好。根据本发明的具体实施例,中空纤维膜材质可以为聚偏氟乙烯(PVDF),中空纤维膜丝的直径可以为2mm,膜孔径可以为 $0.2\mu\text{m}$,膜面积可以为 0.075m^2 ,由此,进一步提高了膜分离效率,提高了净水效果。

[0034] 根据本发明的一些实施例,过滤膜组件205包括中空纤维膜时,从第二进水口201进入第二壳体200中的部分污泥混合液,在底部的曝气口204曝气产生的推动力的作用下向上流动,与过滤膜组件205中的中空纤维膜接触时,污泥混合液中的水可以进入中空纤维膜的内部,而污泥则被中空纤维膜截留,进入中空纤维膜内部的净水可以在出水泵的抽吸作用下,沿着膜丝向上流动,并在过滤膜组件205的顶部汇聚后,从一个出水口206被抽出。根据本发明的另一些实施例,过滤膜组件205包括平板膜时,从第二进水口201进入第二壳体200中的部分污泥混合液,在底部的曝气口204曝气产生的推动力的作用下向上流动,与过滤膜组件205中的平板膜膜面接触时,在出水泵600的抽吸作用下,污泥混合物中的水进入平板膜的内部,污泥则被截留在平板膜外部,进入平板膜内部的净水通过过滤膜组件205内部的水流通道,可以在过滤膜组件205的顶部汇聚,从一个出水口206被抽出。

[0035] 如前所述,从第一出水口103排出的浓度较低的污泥混合液,可以通过第二进水口201进入膜过滤处理单元中,之后,污泥混合液在底部的曝气口204曝气产生的推动力的作用下向上流动,一部分污泥混合液被过滤膜组件205过滤处理,产出的净水可以从过滤膜组件205顶部的出水口206以及第二出水口207排出。在该过程中,通过曝气口204向第二壳体200中曝气,可以提高膜过滤处理空间中的传质,提高膜分离效率,并且可以减轻膜污染。并且污泥混合液中混入的生物气、通过曝气口进入第二壳体中的生物气、以及污泥混合液在第二壳体内部进一步反应时产生的生物气,可以上升至第二壳体的顶部(第二壳体的顶部预留一定的空间,作为气室),并且该生物气可以从第二气体出口202排出。根据本发明的实施例,回流口203设置在第二壳体200的侧壁上,具体的,回流口203设置在过滤膜组件205以

及第二壳体200的顶部之间,并且回流口203与第一进水口101相连通。如前所述,在上述膜处理过程中,进入膜过滤处理单元的一部分污泥混合液可以被过滤膜组件205进行过滤处理,另一部分未被过滤膜组件205处理的污泥混合液可以从回流口203 回流至第一进水口103,并且,底部的曝气口204向第二壳体200内曝的生物气,可以上升至第二壳体200的顶部,因此,该生物气以及前述未进入过滤膜组件205的污泥混合液(即含有生物气的污泥混合液)可以从回流口203回流至第一进水口101,回流至第一进水口101的生物气可以推动厌氧流化床中的水流向上运动,有助于厌氧流化床内部的水流循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,并且可以省去厌氧流化床的内循环泵,进一步降低了能耗;回流至第一进水口101的污泥混合液可以在厌氧流化床内部继续进行厌氧生物处理过程,提高了污泥的使用寿命,并且提高了净水效果。根据本发明的实施例,该污水处理装置可以进一步包括循环泵500,该循环泵500分别和回流口203以及第一进水口101相连,且适于将上述含有生物气的污泥混合液返回至导流筒104中,继续进行厌氧生物处理。由此,进一步增强了内外循环和流化效果,使得传质良好、处理效率高、显著降低流化床运行所需能耗。

[0036] 根据本发明的一个具体实施例,利用循环泵含有生物气的污泥混合液从回流口回流至第一进水口时,厌氧流化床在15L/h的循环流速即可实现混合液的良好循环和流化。而当回流的污泥混合液不含气体时,厌氧流化床在120L/h的循环流速才可以实现流化。

[0037] 根据本发明的实施例,参考图3,该污水处理装置进一步包括进水箱300以及进水泵 400,进水泵400可以将进水箱300中的待处理的污水通过进水管供给至第一进水口101。根据本发明的实施例,回流口203以及第一进水口101之间设置有回流管道,回流管道和上述进水管之间可以由三通连接,并共同接入第一进水口101,并且,在膜过滤处理单元的回流口203处可以设置液位传感器(图中未示出),该液位传感器可以控制进水泵400,保证第二壳体200内的液位不淹没回流口203,并使得过滤膜组件205浸没在污水中。由此,位于回流口203上方的生物气可以和污泥混合液一起回流至厌氧流化床中,增强了内外循环和流化效果,使得传质良好、处理效率高、显著降低流化床运行所需能耗。

[0038] 根据本发明的实施例,生物气循环单元分别和第一气体出口102以及第二气体出口202 相连,并且可向曝气口204提供持续的气体供给。由此,利用厌氧生物处理过程中产生的生物气给膜过滤处理单元持续曝气,不仅节省了能耗,而且进一步减轻了膜污染,并且,该生物气可以循环使用,即该生物气通过曝气口被供给至第二壳体中之后,可以上升至第二壳体的顶部,然后又可以通过第二气体出口排出,继续被供给至曝气口,从而,该生物气循环使用,进一步节省了曝气能耗,降低了污水处理成本。根据本发明的实施例,参考图3,生物气循环单元进一步包括真空泵(如图3中所示出的第一真空泵208以及第二真空泵209),真空泵与第一气体出口102以及第二气体出口202相连。由此,通过真空泵(即第一真空泵208以及第二真空泵209)抽气,可以使厌氧流化床以及膜过滤处理单元中形成负压,增强了内外循环和流化效果,使得传质良好,污水处理效率高,显著降低流化床运行所需的能耗。

[0039] 根据本发明的实施例,第一真空泵208可持续向曝气口204提供低流量曝气,第二真空泵209可向曝气口204提供高流量脉冲曝气。由此,持续的低流量曝气以及脉冲式的高流量曝气模式可以有效地控制膜污染,降低曝气能耗以及洗膜成本。如前所述,在厌氧膜生物反应器中,污泥的浓度较高、污泥粒径较小,因此需要很高的曝气强度才能实现膜污染的

控制,发明人发现,目前的曝气模式通常为持续曝气或间歇曝气,在厌氧膜生物反应器中,持续的高强度曝气能耗较高,不利于降低曝气能耗,降低污水处理成本,而间歇曝气模式中,虽然可以间歇性地停止曝气,减小曝气能耗,但在停止曝气时,膜污染会快速发展,发展速度甚至高于持续曝气,因而不利于降低膜污染。而根据本发明实施例的污水处理装置,为了最大程度地降低膜污染,采用持续曝气,并且,为了尽可能地减小曝气能耗,通过第一真空泵持续地进行低流量曝气,然后通过第二真空泵进行脉冲式的高流量曝气,从而可以较好地平衡减轻膜污染和减小曝气能耗,从而可以较好地控制膜污染,降低运行能耗和洗膜成本,提高污水处理装置的使用性能。

[0040] 根据本发明的实施例,污水处理装置可以进一步包括气体收集室800,气体收集室800与第一气体出口102以及第二气体出口202相连,由此,厌氧流化床以及膜过滤处理单元中产生的生物气可以被气体收集室800收集储存,充分实现能源回收。根据本发明的实施例,污水处理装置可以进一步包括:气水分离器(图中未示出),气水分离器可以设置在第一出气口102与气体收集室800之间,以及第二出气口202与气体收集室800之间,由此,该气水分离器可以将从第一气体出口102以及第二气体出口202排出的生物气进行过滤和净化,除去水汽,保证气体收集室800收集的气体的纯度。根据本发明的实施例,参考图3,污水处理装置可以进一步包括气体流量计210,气体流量计210可以设置在第一真空泵208(或第二真空泵209)以及曝气口204之间,由此,可以简便地控制供给至曝气口204的气体流量,有利于减轻膜污染以及降低曝气能耗。根据本发明的实施例,污水处理装置可以进一步包括时间继电器(图中未示出),该时间继电器与第二真空泵电连接,用于控制脉冲曝气的脉冲频率。由此,进一步提高了该污水处理装置的使用性能。

[0041] 综上所述,根据本发明实施例的污水处理装置,具有以下优点的至少之一:

[0042] (1) 将厌氧流化床和膜过滤处理单元分开设置,可以减轻膜污染,同时便于膜组件的清洗;

[0043] (2) 利用该装置处理污水时产生的生物气给膜过滤处理单元持续曝气,一方面,可以节省能耗,并且该生物气可以循环使用,进一步降低曝气成本;另一方面,通过采用第一真空泵持续地进行低流量曝气,然后通过第二真空泵进行脉冲式的高流量曝气,可以较好地平衡减轻膜污染和减小曝气能耗,从而可以较好地控制膜污染,降低运行能耗,提高污水处理装置的使用性能;

[0044] (3) 含气混合液(即含有生物气的污泥混合液)通过回流口回流至第一进水口,可以使该装置在低能耗下实现较好地循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,进一步降低了能耗,提高了该污水处理装置的使用性能。

[0045] (4) 采用真空泵对厌氧流化床以及膜过滤处理单元中产生的生物气进行抽吸,可以简便地在厌氧流化床以及膜过滤处理单元内部产生负压,该负压有利于实现较好地循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,进一步降低了能耗,提高了该污水处理装置的使用性能。

[0046] 总的来说,该污水处理装置不仅可以回收污水中的资源能源,还可以减轻膜污染,降低能耗,降低污水处理成本,特别适合生活污水的处理。

[0047] 在本发明的另一方面,本发明提出了一种利用前面所述的污水处理装置进行污水处理的方法。根据本发明的实施例,参考图4,该方法包括:

[0048] S100:进行微生物处理

[0049] 在该步骤中,首先将污水从第一进水口供给至厌氧流化床中进行微生物处理,以产生生物气和低污泥水。根据本发明的实施例,产生的生物气可由第一气体出口排出,低污泥水可由第一出水口排出。由此,该方法将微生物处理和膜过滤处理分开,可以减轻膜污染,同时便于膜组件的清洗。如前所述,厌氧流化床中可以设置导流筒,导流筒的顶部具有三相分离器,该三相分离器可以使生物气继续上升至第一壳体顶部的气室,并且可从第一气体出口排出;浓度较大的污泥混合液(即含有微生物菌群或负载微生物的载体颗粒以及污水的混合液)沿导流筒的外部向下沉降,而浓度较低的污泥混合液(即微生物菌群或负载微生物的载体颗粒含量较低的污水)继续向上流动,并从第一出水口排出,并通过与第一出水口相连的第二进水口进入膜过滤处理单元中。由此,该过程中,浓度较大的污泥混合液可以保留在厌氧流化床内部,继续进行厌氧生物处理过程,而仅仅让浓度较小的污泥混合液流入膜过滤处理单元中,从而进一步减小的膜污染。

[0050] S200:进行膜过滤处理

[0051] 在该步骤中,将前面所述的低污泥水由第二进水口供给至膜过滤处理单元中进行膜过滤处理,并在膜过滤处理过程中利用生物气循环单元向曝气口提供持续的气体供给,其中,生物气循环单元分别与第一气体出口以及膜过滤处理单元的第二气体出口相连。由此,利用处理污水时产生的生物气给膜过滤处理单元持续曝气,不仅节省了能耗,而且进一步减轻了膜污染。

[0052] 根据本发明的实施例,前面所述的低污泥水由第二进水口供给至膜过滤处理单元后,一部分低污泥水被过滤膜组件进行过滤处理,净水从顶部的出水口以及第二出水口排出,另一部分低污泥水和第二壳体顶部的气体可以形成含气混合液(即含有生物气的污泥混合液),该含气混合液可通过回流口回流至第一进水口,回流至第一进水口的生物气可以推动厌氧流化床中的水流向上运动,有助于厌氧流化床内部的水流循环和流化,传质良好,污水处理效率较高,并且可以省去厌氧流化床的内循环泵,进一步降低了能耗;回流至第一进水口的污泥混合液可以在厌氧流化床内部继续进行厌氧生物处理过程,提高了污泥的使用寿命,并且提高了净水效果。

[0053] 根据本发明的实施例,生物气循环单元包括并联设置的第一真空泵以及第二真空泵,第一真空泵以及第二真空泵均与曝气口相连,在膜过滤处理过程中,控制第一真空泵向曝气口提供持续的低流量曝气,同时控制所述第二真空泵向曝气口提供高流量脉冲曝气。由此,持续的低流量曝气以及脉冲式的高流量曝气模式可以有效地控制膜污染,降低曝气能耗以及洗膜成本。

[0054] 根据本发明的实施例,在进行微生物处理和膜过滤处理时,该方法可以进一步包括:利用与第一气体出口以及第二气体出口相连的真空泵进行抽气,以向厌氧流化床以及膜过滤处理单元中提供负压。由此,该负压增强了内外循环和流化效果,使得传质良好,污水处理效率高,显著降低流化床运行所需的能耗。

[0055] 综上可知,利用该方法进水污水处理,不仅可以回收污水中的资源能源,可以减轻膜污染,并且降低生产能耗。

[0056] 下面将结合实施例对本发明的方案进行解释。本领域技术人员将会理解,下面的实施例仅用于说明本发明,而不应视为限定本发明的范围。实施例中未注明具体技术或条

件的,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。

[0057] 实施例1出水水质测试

[0058] 在该实施例中,污水处理装置的结构可以参考图3。污水从第一进水口供给至厌氧流化床中,经过厌氧微生物的处理,并经过三相分离器的分离后,浓度较低的污泥混合液从第一出水口排出,通过第二进水口进入膜过滤处理单元中,进入膜过滤处理单元的污泥混合液在第二壳体中向上流动,经过过滤膜组件的过滤处理后,净水从过滤膜组件上方的出水口以及第二出水口排出,在该过程中,利用真空泵通过第一气体出口以及第二气体出口将生物气从第一壳体和第二壳体顶部的气室抽出,并且通过曝气口向第二壳体中曝气(曝气气体即为厌氧流化床和膜过滤处理单元中产生的生物气),污泥混合液上升至过滤膜组件的顶部,并且,在循环泵的作用下,第二壳体顶部的生物气以及第二壳体中的污泥混合液(即含有生物气的污泥混合液)从回流口回流至第一进水口,进行循环。

[0059] 供给至第一进水口的生活污水的COD(化学需氧量)浓度为430-650mg/L,氨氮为40-50 mg/L,总氮、总磷浓度分别在50-60mg/L和5-6mg/L。该污水处理装置在恒温35℃运行,出水COD浓度<50mg/L,生物气产气量约为0.24L/g COD。测试结果如图5所示。实验结果表明,该污水处理装置的污水处理性能良好,含气混合液的回流和真空泵对厌氧流化床以及膜过滤处理单元上层的生物气的抽取增强了内外循环和流化效果,使得传质良好、处理效率高。厌氧流化床的生物降解去除率以及该装置的整体污染物去除率均在90%以上。并且,获得的生物气产气量较高,能源回收率高。

[0060] 对比例1膜污染测试

[0061] 在该对比例中,污水处理装置的结构以及污水处理的过程与实施例1相同。并且,在该对比例中,过滤膜组件的膜通量为20LMH(LMH即为每小时每平方米膜所通过的液体的升数,即L/(m²·h),采用该膜通量对应的临界曝气量(即曝气量为0.2m³/h)进行持续曝气,该装置运行一周后,测得过滤膜组件的跨膜压差(TMP)为40KPa。测试结果如图6所示。

[0062] 实施例2膜污染测试

[0063] 在该实施例中,污水处理装置的结构以及污水处理的过程与对比例1相同。过滤膜组件的膜通量为20LMH,并且该实施例中的曝气总量和对比例1相同。不同的是,该实施例中,对过滤膜组件进行曝气的模式为:H(15s)/L(60s)=4.5:1(即15s高曝气流量、60s低曝气流量循环切换,高曝气流量为低曝气流量的4.5倍),该污水处理装置运行一个月后,测得过滤膜组件的跨膜压差(TMP)为40KPa。测试结果如图6所示。

[0064] 由此,在曝气总量不变的条件下,根据本发明实施例的污水处理装置采用持续的低流量曝气结合高流量曝气的曝气模式,可以显著降低膜污染。

[0065] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0066] 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发明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必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

一个或多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。

[0067] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

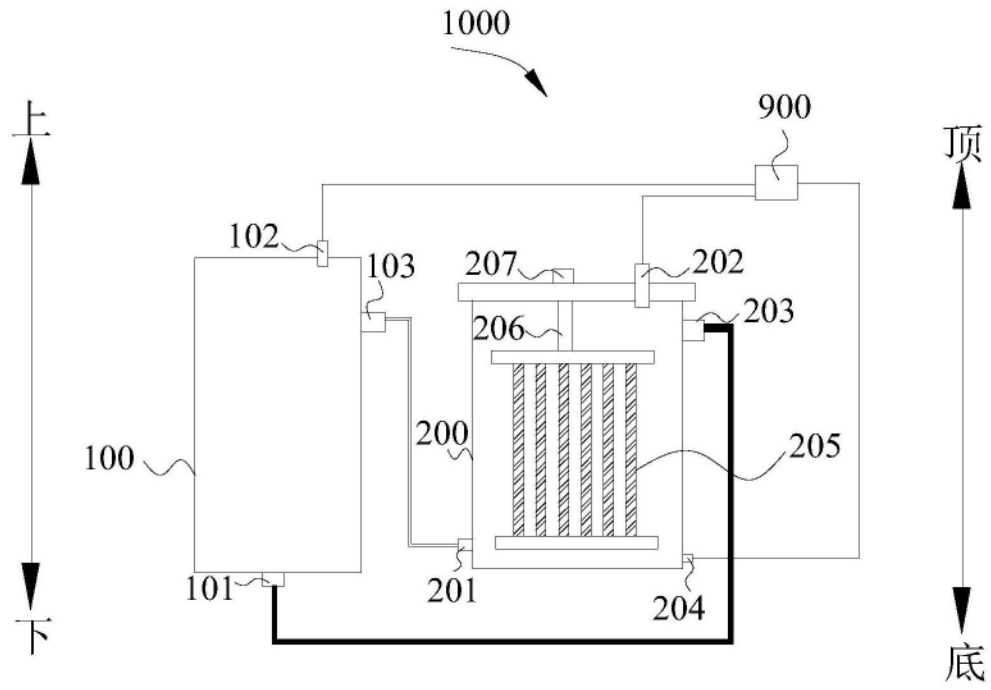


图1

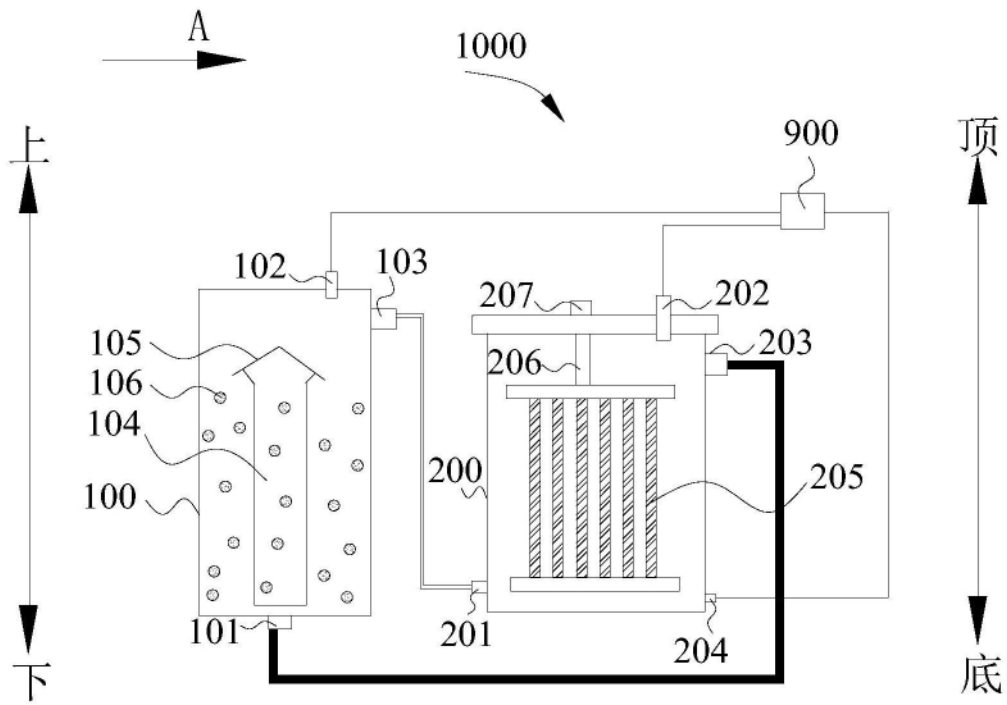


图2

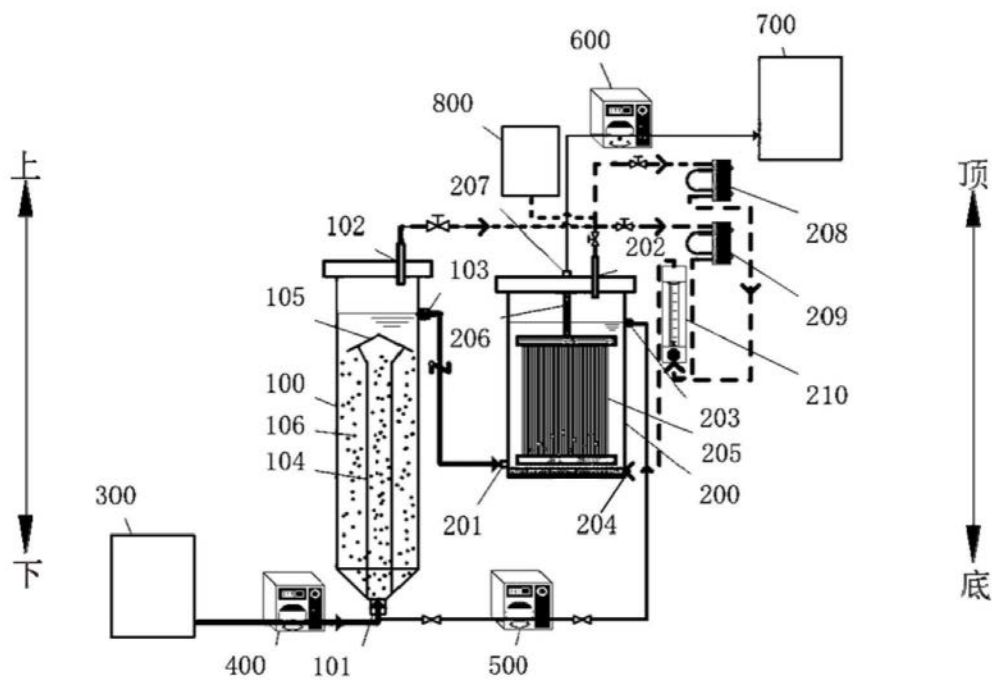


图3

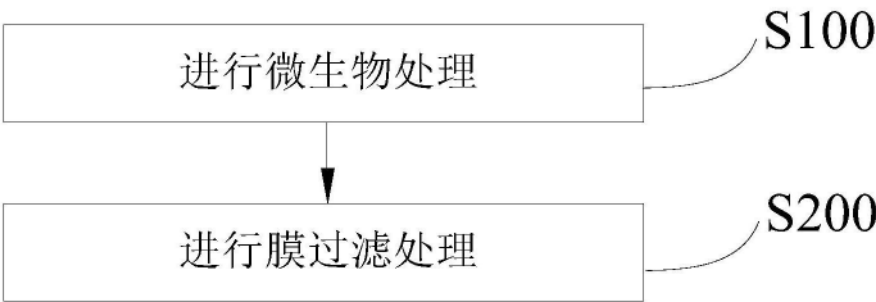


图4

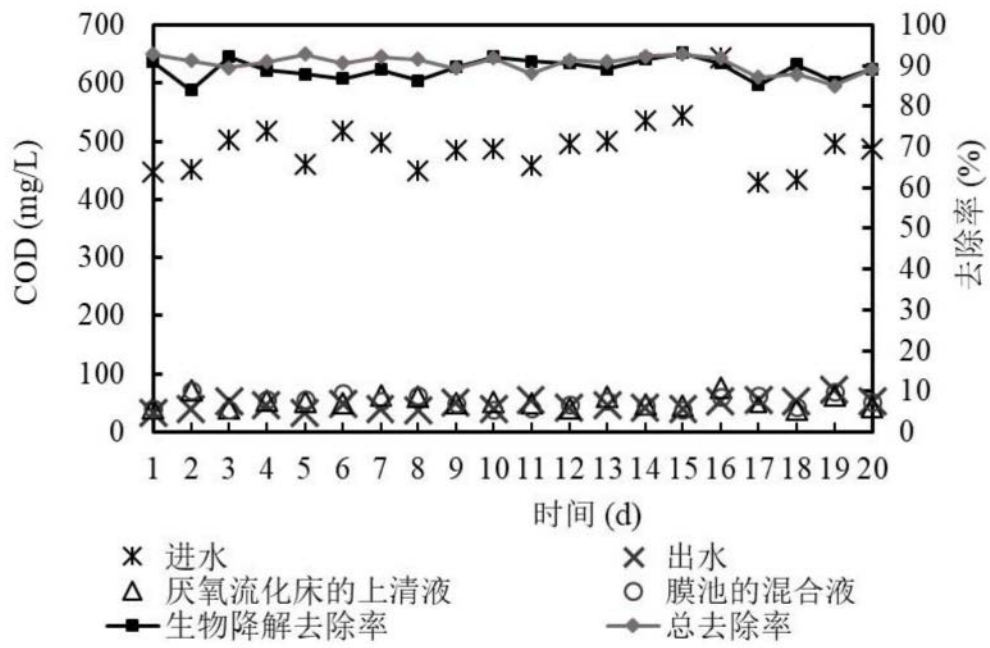


图5

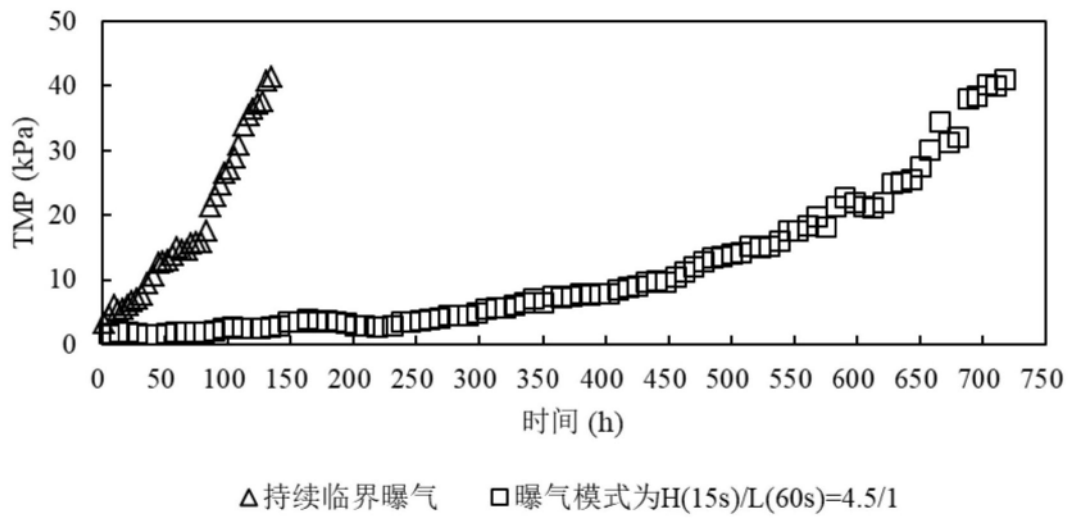


图6