



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114988569 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 02

(21) 申请号 202210702930.6

(22) 申请日 2022.06.21

(71) 申请人 桂林理工大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市建干路12号

(72) 发明人 董堃 李海翔 蒋敏敏 郑君健
张媛媛 陈宇超 林华 张文杰
张学洪 曾鸿鹄 冯兴会

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
专利代理师 史云聪

(51) Int. Cl.
C02F 3/28 (2006.01)
C02F 101/38 (2006.01)

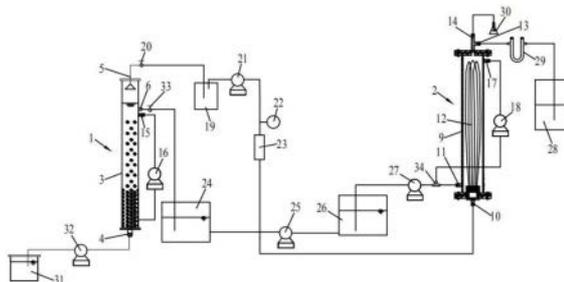
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

含氮有机废水处理装置及方法

(57) 摘要

本发明公开一种含氮有机废水处理装置及方法,包括上流式厌氧污泥床反应器和氢基质生物膜反应器,上流式厌氧污泥床反应器包括反应器主体,反应器主体底部设有第一进水口,顶部设有沼气排出口,侧壁上端设有第一出水口,反应器主体内设有厌氧污泥床,厌氧污泥床上方的反应器主体内设有三相分离器;氢基质生物膜反应器包括反应器筒体,反应器筒体下端设有进气口和第二进水口,进气口连接沼气排出口,第二进水口连接第一出水口,反应器筒体内设有中空纤维膜组件,反应器筒体上端设有第二出水口和出气口。本发明能够实现COD和氮素的同步去除,降低温室效应的风险,提高产物的利用率,而且对电子供体的依赖性较低,不受碳源的影响。



1. 一种含氮有机废水处理装置,其特征在于:包括上流式厌氧污泥床反应器和氢基质生物膜反应器,所述上流式厌氧污泥床反应器包括反应器主体,所述反应器主体底部设有第一进水口,顶部设有沼气排出口,侧壁上端设有第一出水口,所述反应器主体内设有厌氧污泥床,所述厌氧污泥床上方的所述反应器主体内设有三相分离器;所述氢基质生物膜反应器包括反应器筒体,所述反应器筒体下端设有进气口和第二进水口,所述进气口连接所述沼气排出口,所述第二进水口连接所述第一出水口,所述反应器筒体内设有中空纤维膜组件,所述中空纤维膜组件作为生物膜的生长场所并用于沼气的扩散传输,所述反应器筒体上端设有第二出水口和出气口。

2. 根据权利要求1所述的含氮有机废水处理装置,其特征在于:所述反应器主体侧壁上端还设有第一回流口,所述第一回流口通过回流泵连接所述反应器主体下部;所述反应器筒体侧壁上端设有第二回流口,所述第二回流口通过循环泵连接所述第二进水口。

3. 根据权利要求1所述的含氮有机废水处理装置,其特征在于:所述沼气排出口通过管路连接集气室,所述集气室通过管路连接所述进气口,所述沼气排出口和所述集气室之间的管路上设有气体控制阀,所述集气室和所述进气口之间的管路上设有气泵、气压表和气体流量计。

4. 根据权利要求1所述的含氮有机废水处理装置,其特征在于:所述第一出水口通过管路连接过滤水箱,所述第一出水口与所述过滤水箱之间的管路上设有出水控制阀,所述过滤水箱通过第一蠕动泵连接调节水池,所述调节水池通过第二蠕动泵连接所述第二进水口。

5. 根据权利要求1所述的含氮有机废水处理装置,其特征在于:所述第二出水口通过管路连接出水箱,所述第二出水口与所述出水箱之间的管路上设有具支U型管;所述出气口通过管路连接气体收集装置。

6. 根据权利要求1所述的含氮有机废水处理装置,其特征在于:所述第一进水口通过管路连接进水箱,所述进水箱与所述第一进水口之间的管路上设有第三蠕动泵。

7. 一种含氮有机废水处理方法,其特征在于,采用权利要求1~6中任意一项所述的含氮有机废水处理装置进行处理,包括以下步骤:

以驯化的厌氧活性污泥做为接种源,对所述上流式厌氧污泥床反应器进行启动驯化;以厌氧污泥和驯化的氢自养反硝化污泥作为接种源,对所述氢基质生物膜反应器进行启动驯化;

将含氮有机废水通入所述上流式厌氧污泥床反应器中进行异养反硝化去除含氮有机废水中的COD,得到初级处理废水和沼气;

将所述初级处理废水和所述沼气通入所述氢基质生物膜反应器中进行自养反硝化,去除所述初级处理废水中的氮元素化合物。

8. 根据权利要求7所述的含氮有机废水处理方法,其特征在于:对所述上流式厌氧污泥床反应器进行启动驯化时,所述厌氧活性污泥的体积占所述反应器主体的体积为 $1/2\sim 1/3$,进水的COD为 2000mg/L ,进水的流速为 2mL/min ,水力停留时间为 36h ;对所述氢基质生物膜反应器进行启动驯化前,以所述厌氧污泥和所述驯化的氢自养反硝化污泥按 $2.6:1$ 配比而成的混合污泥作为所述接种源。

9. 根据权利要求7所述的含氮有机废水处理方法,其特征在于:对所述氢基质生物膜反

应器进行启动驯化时,氢气通入所述中空纤维膜组件的压力为0.045MPa,进水中硝态氮的含量为10.50mg/L。

10.根据权利要求7所述的含氮有机废水处理方法,其特征在于:所述含氮有机废水的pH值为6~8,所述沼气中甲烷的质量分数 $>80\%$ 。

含氮有机废水处理装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水处理技术领域,特别是涉及一种含氮有机废水处理装置及方法。

背景技术

[0002] 随着我国城市工业化的推进和城市规模的扩大,高氮有机废水的处理工艺及装置已成为当前水处理领域迫切需要的技术需求。有机物和高氮化合物(如亚硝酸盐氮、硝酸盐氮等)等污染来源广泛,有机化工材料生产、酒精生产、造纸印刷等均会产生大量的高氮有机废水,工业废水大量排放已然威胁到水生态系统,该类废水具有有机物、氮素含量高、成分复杂等特点,而且还有强碱强酸的性质;高氮有机废水排入水体会对水体、土壤和空气造成一定的污染,对人类健康带来心脑血管疾病、癌症和神经性疾病等问题,造成潜在的健康风险;而工业中废水含有的大量硝态氮是导致水体富营养化和部分水域水质下降的一大原因,由此转化而来的亚硝态氮进入饮用水还会对人体产生毒害。

[0003] 传统技术中对高氮有机废水的处理主要有吸附法、蒸发法、电解还原法、回收法、混凝沉淀一吸附法、反渗透法等,此类方法工艺复杂需要消耗大量的化学药品,成本较为昂贵,且治理效果不佳难以达到国家所规定的排放标准。因此,针对高氮有机废水寻求高效经济的处理技术具有重要的意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种含氮有机废水处理装置及方法,以解决上述现有技术存在的问题,能够实现COD和氮素的同步去除,降低温室效应的风险,提高产物的利用率,而且对电子供体的依赖性较低,不受碳源的影响。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0006] 本发明提供一种含氮有机废水处理装置,包括上流式厌氧污泥床反应器和氢基质生物膜反应器,所述上流式厌氧污泥床反应器包括反应器主体,所述反应器主体底部设有第一进水口,顶部设有沼气排出口,侧壁上端设有第一出水口,所述反应器主体内设有厌氧污泥床,所述厌氧污泥床上方的所述反应器主体内设有三相分离器;所述氢基质生物膜反应器包括反应器筒体,所述反应器筒体下端设有进气口和第二进水口,所述进气口连接所述沼气排出口,所述第二进水口连接所述第一出水口,所述反应器筒体内设有中空纤维膜组件,所述中空纤维膜组件作为生物膜的生长场所并用于沼气的扩散传输,所述反应器筒体上端设有第二出水口和出气口。

[0007] 优选地,所述反应器主体侧壁上端还设有第一回流口,所述第一回流口通过回流泵连接所述反应器主体下部;所述反应器筒体侧壁上端设有第二回流口,所述第二回流口通过循环泵连接所述第二进水口。

[0008] 优选地,所述沼气排出口通过管路连接集气室,所述集气室通过管路连接所述进气口,所述沼气排出口和所述集气室之间的管路上设有气体控制阀,所述集气室和所述进气口之间的管路上设有气泵、气压表和气体流量计。

[0009] 优选地,所述第一出水口通过管路连接过滤水箱,所述第一出水口与所述过滤水箱之间的管路上设有出水控制阀,所述过滤水箱通过第一蠕动泵连接调节水池,所述调节水池通过第二蠕动泵连接所述第二进水口。

[0010] 优选地,所述第二出水口通过管路连接出水箱,所述第二出水口与所述出水箱之间的管路上设有具支U型管;所述出气口通过管路连接气体收集装置。

[0011] 优选地,所述第一进水口通过管路连接进水箱,所述进水箱与所述第一进水口之间的管路上设有第三蠕动泵。

[0012] 本发明还提供一种含氮有机废水处理方法,采用以上所述的含氮有机废水处理装置进行处理,包括以下步骤:

[0013] 以驯化的厌氧活性污泥做为接种源,对所述上流式厌氧污泥床反应器进行启动驯化;以厌氧污泥和驯化的氢自养反硝化污泥作为接种源,对所述氢基质生物膜反应器进行启动驯化;

[0014] 将含氮有机废水通入所述上流式厌氧污泥床反应器中进行异养反硝化去除含氮有机废水中的COD,得到初级处理废水和沼气;

[0015] 将所述初级处理废水和所述沼气通入所述氢基质生物膜反应器中进行自养反硝化,去除所述初级处理废水中的氮元素化合物。

[0016] 优选地,对所述上流式厌氧污泥床反应器进行启动驯化时,所述厌氧活性污泥的体积占所述反应器主体的体积为 $1/2 \sim 1/3$,进水的COD为2000mg/L,进水的流速为2mL/min,水力停留时间为36h;对所述氢基质生物膜反应器进行启动驯化前,以所述厌氧污泥和所述驯化的氢自养反硝化污泥按2.6:1配比而成的混合污泥作为所述接种源。

[0017] 优选地,对所述氢基质生物膜反应器进行启动驯化时,氢气通入所述中空纤维膜组件的压力为0.045MPa,进水中硝态氮的含量为10.50mg/L。

[0018] 优选地,所述含氮有机废水的pH值为6~8,所述沼气中甲烷的质量分数 $> 80\%$ 。

[0019] 本发明相对于现有技术取得了以下技术效果:

[0020] 本发明提供的含氮有机废水处理装置及方法,将上流式厌氧污泥床反应器和氢基质生物膜反应器进行耦合连接,通过上流式厌氧污泥床反应器对COD高效去除,并将获得的沼气清洁能源与氢基质生物膜反应器中自氧反硝化过程结合,处理高氮有机废水中的氮元素化合物,能够实现COD和氮的高效同步去除,而且对电子供体的依赖性较低,不受碳源的影响,能够克服碳源不足和高耗氧量的技术瓶颈,高效利用沼气,实现甲烷无害化,降低温室效应,从而提高工艺系统的实用性、经济性和稳定性。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1为本发明提供的含氮有机废水处理装置的结构连接示意图;

[0023] 图2为本发明中上流式厌氧污泥床反应器的内部结构示意图;

[0024] 图3为本发明中UASB启动阶段内进水COD浓度与容积负荷情况图;

[0025] 图4为本发明中UASB进水、UASB出水和MBfR出水的COD浓度图；

[0026] 图5为本发明中UASB进水、UASB出水和MBfR出水的 NO_2^- -N及 NO_3^- -N浓度图；

[0027] 图中：1-上流式厌氧污泥床反应器、2-氢基质生物膜反应器、3-反应器主体、4-第一进水口、5-沼气排出口、6-第一出水口、7-厌氧污泥床、8-三相分离器、9-反应器筒体、10-进气口、11-第二进水口、12-中空纤维膜组件、13-第二出水口、14-出气口、15-第一回流口、16-回流泵、17-第二回流口、18-循环泵、19-集气室、20-气体控制阀、21-气泵、22-气压表、23-气体流量计、24-过滤水箱、25-第一蠕动泵、26-调节水池、27-第二蠕动泵、28-出水箱、29-具支U型管、30-气体收集装置、31-进水箱、32-第三蠕动泵、33-出水控制阀、34-三通。

具体实施方式

[0028] 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，都属于本发明保护的范围。

[0029] 本发明的目的是提供一种含氮有机废水处理装置及方法，以解决现有技术存在的问题，能够实现COD和氮素的同步去除，降低温室效应的风险，提高产物的利用率，而且对电子供体的依赖性较低，不受碳源的影响。

[0030] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0031] 如图1-图5所示，本实施例提供一种含氮有机废水处理装置，包括上流式厌氧污泥床反应器1和氢基质生物膜反应器2，上流式厌氧污泥床反应器1包括反应器主体3，反应器主体3底部设有第一进水口4，顶部设有沼气排出口5，侧壁上端设有第一出水口6，反应器主体3内设有厌氧污泥床7，厌氧污泥床7上方的反应器主体3内设有三相分离器8；氢基质生物膜反应器2包括反应器筒体9，反应器筒体9下端设有进气口10和第二进水口11，进气口10连接沼气排出口5，第二进水口11连接第一出水口6，反应器筒体9内设有中空纤维膜组件12，中空纤维膜组件12作为生物膜的生长场所并用于沼气的扩散传输，反应器筒体9上端设有第二出水口13和出气口14。

[0032] 本装置将上流式厌氧污泥床反应器1 (USAB) 和氢基质生物膜反应器2 (MBfR) 进行耦合连接，通过上流式厌氧污泥床反应器1对COD高效去除，并将获得的沼气清洁能源与氢基质生物膜反应器中自氧反硝化过程结合，处理高氮有机废水中的氮元素化合物，能够实现COD和氮的高效同步去除，而且对电子供体的依赖性较低，不受碳源的影响，能够克服碳源不足和高耗氧量的技术瓶颈，高效利用沼气，实现甲烷无害化，降低温室效应，从而提高工艺系统的实用性、经济性和稳定性。

[0033] 本实施例中，反应器主体3侧壁上端还设有第一回流口15，第一回流口15通过回流泵16连接反应器主体3下部，回流的作用是使反应器主体3内液体及微生物充分混合均匀，以使反应器主体3内保持足够且恒定的生物群体；反应器筒体9侧壁上端设有第二回流口17，第二回流口17通过循环泵18连接第二进水口11，以使MBfR的反应器筒体9内部的液体达到充分混合的效果，其中，内循环的流速为进水流速的200倍。

[0034] 本实施例中，沼气排出口5通过管路连接集气室19，集气室19通过管路连接进气口

10,沼气排出口5和集气室19之间的管路上设有气体控制阀20,集气室19和进气口10之间的管路上设有气泵21、气压表22和气体流量计23。进入MBfR的沼气的气压由集气室19通过气压表22和气体控制阀20的联动操作调节,通过气体流量计23计量通入的气体,气体流量计23的范围为0.1-8L/min。

[0035] 本实施例中,第一出水口6通过管路连接过滤水箱24,第一出水口6与过滤水箱24之间的管路上设有出水控制阀,过滤水箱24通过第一蠕动泵25连接调节水池26,调节水池26通过第二蠕动泵27连接第二进水口11。过滤水箱24的作用是过滤USAB出水的杂质,调节水池26的作用是平衡水质和水量,同时充当MBfR进水池的角色。

[0036] 本实施例中,第二出水口13通过管路连接出水箱28,第二出水口13与出水箱28之间的管路上设有具支U型管29;出气口14通过管路连接气体收集装置30,以便收集气体。具支U型管29的设置保证反应器筒体9内外压强恒定,防止大气压强对反应器内部造成干扰

[0037] 本实施例中,第一进水口4通过管路连接进水箱31,进水箱31与第一进水口4之间的管路上设有第三蠕动泵32,通过第三蠕动泵32来将待处理废水注入反应器主体3内。

[0038] 本实施例中,三相分离器集气罩顶以上的覆盖水深为0.8m,三相分离器沉淀区四壁倾斜角度为 50° ~ 55° 之间,沉淀区斜面高度约为0.6m~0.8m。三相分离器8的主要作用是进行气(沼气)液(水)分离和污泥回流,集气罩的作用是收集沼气,集气罩顶的作用是防止沼气外泄。随着水流的上升流动,气、水、泥三相混合液上升至三相分离器8中,气体遇到反射式挡板后折向集气室而有效地分离排出,污泥和水进入上部的静止沉淀区,在重力的作用下泥水分离,污泥回落至污泥层,上清液则排入后续处理设施,沉淀池的作用是泥水分离的场所。中空纤维膜组件12优选为微孔聚乙烯的疏水性中空纤维膜丝,中空纤维膜丝有效长度为23-26cm,外径为280-300 μ m,中空纤维膜组件12含有15-25根中空纤维膜丝,总有效表面积为70-80 cm^2 。中空纤维膜组件12与进气口10连接,沼气(主要成分为甲烷)从反应器筒体9底部以10psig的压力持续进入中空纤维膜组件12中,进行无泡扩散。

[0039] 一种含氮有机废水处理方法,采用以上所述的含氮有机废水处理装置进行处理,包括以下步骤:

[0040] 以驯化的厌氧活性污泥做为接种源,对上流式厌氧污泥床反应器1进行启动驯化;以厌氧污泥和驯化的氢自养反硝化污泥作为接种源,对氢基质生物膜反应器2进行启动驯化;

[0041] 将含氮有机废水通入上流式厌氧污泥床反应器1中进行异养反硝化去除含氮有机废水中的COD,得到初级处理废水和沼气;

[0042] 将初级处理废水和沼气通入氢基质生物膜反应器2中进行自养反硝化,去除初级处理废水中的氮元素化合物。

[0043] 本实施例中,对上流式厌氧污泥床反应器1进行启动驯化时,厌氧活性污泥的体积占反应器主体3的体积为 $1/2$ ~ $1/3$,进水的COD为2000mg/L,进水的流速为2mL/min,水力停留时间为36h;对氢基质生物膜反应器2进行启动驯化前,以厌氧污泥和驯化的氢自养反硝化污泥按2.6:1配比而成的混合污泥作为接种源。

[0044] 本实施例中,对氢基质生物膜反应器2进行启动驯化时,氢气通入中空纤维膜组件12的压力为0.045MPa,进水中硝态氮的含量为10.50mg/L。

[0045] 本实施例中,含氮有机废水的pH值为6~8,所述沼气中甲烷的质量分数 $>80\%$ 。

[0046] 下面对进水箱、UASB和MBfR的制作分别解释说明：

[0047] (1) 进水箱的制作：UASB的进水箱31底部设置有磁力搅拌器以保证进水充分混合均匀，进水通过第三蠕动泵32泵入到反应器主体3中。

[0048] (2) UASB的制作：反应器主体3上盖板由有机玻璃制成，上盖板和反应器主体3之间通过法兰盘橡胶垫密封。在上盖板顶部靠近反应器主体3内部上侧的位置设置三相分离器8，三相分离器8上端安装有出气管（作为沼气排出口5），UASB产生的气体由出气管控制进入集气室19，UASB处理完的废水由第一出水口6排出，经过出水控制阀33进入过滤水箱24，三相分离器8的下侧设置有反应部分层，固定安装有布水器，反应器主体3底部设置有第一进水口4，第一进水口4与进水箱31通过第三蠕动泵32连接。

[0049] (3) MBfR的制作：将聚乙烯疏水性中空纤维膜丝裁剪成适当长度对弯成U型，将膜丝端头插入PVC套管并用1:1环氧树脂与固化剂混合胶固定密封，保证膜丝的贯通性，然后将PVC套管固接在PVC外牙直通上，再在外牙上缠上止水胶带再拧入上法兰盘的预留接PVC直通的内螺纹中。组装的中空纤维膜组件12含有含有15-25根中空纤维膜丝，有效长度为23-26cm，外径为280-300 μm ，总有效表面积为70-80 cm^2 。在反应器筒体9底部PVC套管的下方打孔形成（混合气）进气口10并在进气管路上设置气压表22和气体流量计23，以监控管路上混合气压力。反应器筒体9上方设置第二回流口17，通过循环泵18将混合液泵入三通34处再进入反应器筒体9内部，使反应器混合液充分混合反应。第二出水口13后接入具支U型管29，以保证反应器内外压强恒定，防止大气压强对反应器内部造成干扰。具支U型管29后连接出水箱28。

[0050] UASB和MBfR之间通过过滤水箱24和调节水池26连接。

[0051] 下面结合具体实施例对本发明处理方法作进一步解释说明：

[0052] (1) 配置模拟进水

[0053] 对于UASB，在去离子水中添加溶质配置模拟进水，具体成分如下：

[0054] $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 1008mg/L、 NaHCO_3 1000mg/L、 NH_4Cl 250mg/L、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 200g/L、 $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 100g/L、 KH_2PO_4 80g/L、 $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 100g/L、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 250g/L、 $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20g/L、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 8g/L、 $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 10g/L、 ZnCl_2 13g/L、 $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 15g/L、 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 5g/L，温度调节在 $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 。

[0055] 对于MBfR，在去离子水中添加溶质配置模拟进水，具体成分如下：

[0056] $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 30mg/L、 NaHCO_3 250mg/L、 KH_2PO_4 33mg/L、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 50mg/L、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 100mg/L、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 30mg/L、 H_3BO_3 300mg/L、 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 200mg/L、 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 10mg/L、 $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 10mg/L、 Na_2SeO_3 30mg/L；用1mol/L的HCl溶液调节pH的范围为7.2-7.6，并对模拟进水使用高压釜进行灭菌处理。

[0057] (2) UASB和MBfR启动驯化

[0058] 在运行初期，将UASB和MBfR分别启动驯化。

[0059] 在UASB中，以250mL实验室驯化完成的厌氧活性污泥作为接种源；在MBfR中，以桂林市某污水处理厂反硝化池中的厌氧污泥与实验室驯化成熟的氢自养反硝化污泥按2.6:1配比而成的混合污泥作为接种源。

[0060] 启动前先把驯化好的厌氧活性污泥用2.5mm孔径的筛网过滤以便去除粒径较大的污染物质，然后加入到UASB中，污泥体积为反应器主体的体积的1/2-1/3，在UASB中，进水速

率为2.0mL/min;三相分离器有效的截留污泥和其中的微生物,使得反应器的微生物浓度升高,为反应器运行提供基础,完成对有机物(COD_{Cr})的去除。

[0061] 水中的pH控制在7左右,目的是使产甲烷微生物处于相对适宜的pH范围,利于反应器的启动以及后续为MBfR提供充足的电子供体。

[0062] 采用低COD进水对UASB反应器进行驯化,初始进水COD为2000mg/L,水力停留时间(HRT)为36h,进水流速设置为2mL/min,反应器正常运行后,当COD的去除率稳定在95%以上时,逐渐缩短水力停留时间为30h,每天测定出水的COD浓度、产沼气的情况。

[0063] 在MBfR中,采用连续流的方式进水,氢气以0.045MPa的压力通入中空纤维膜中,进水NO₃⁻-N的浓度为10.50mg/L,反应器通过蠕动泵进行自循环回流,进水速率和自循环回流速度逐渐提高,具体条件如表1所示。

[0064] 表1 MBfR启动运行工况

	运行时间 (d)	H ₂ 压力/ (MPa)	进水流速 (mL/min)	进水 NO ₃ ⁻ -N/(mg/L)	内回流速度 (mL/min)
[0065] 启动 驯化	1~7	0.045	0	10.50	0
	7~30		0.5		0
	30~45		1.0		2
	45~60		1.0		4

[0066] (3) 稳定运行阶段

[0067] UASB和MBfR之间通过蠕动泵连接。采取连续流的方式进水,模拟进水中添加COD浓度逐渐升高。

[0068] 第一个阶段为1-20d,COD浓度保持在2000mg/L,UASB的HRT设置为48h,UASB和MBfR的进水流速分别为2.0mL/min和0.5mL/min;UASB回流不开启。

[0069] 第二个阶段为21-40d,COD浓度保持在2000mg/L,UASB的HRT设置为36h,UASB和MBfR的进水流速分别为2.0mL/min和0.5mL/min;UASB回流速度设置为2mL/min,MBfR的回流速度为50mL/min。

[0070] 第三个阶段为41-60d,COD浓度保持在2500mg/L,UASB的HRT设置为36h,UASB和MBfR的进水流速分别为2.0mL/min和0.5mL/min;UASB回流速度设置为2mL/min,MBfR的回流速度为50mL/min。

[0071] 第四个阶段为61-80d,COD浓度保持在3000mg/L,UASB的HRT设置为24h,UASB和MBfR的进水流速分别为2.0mL/min和0.5mL/min;UASB回流速度设置为2mL/min,MBfR的回流速度为50mL/min。

[0072] 第五个阶段为81-100d,COD浓度保持在3500mg/L,UASB的HRT设置为24h,UASB和MBfR的进水流速分别为2.0mL/min和0.5mL/min;UASB回流速度设置为4mL/min,MBfR的回流速度为50mL/min。

[0073] UASB反应器启动阶段主要试验参数如表2所示。

[0074] 表2 UASB反应器启动阶段主要试验参数

运行时间	水力停留时间 (h)	COD 浓度 (mg/L)	容积负荷 (gCOD/(L·d))
1-20d	48	2000	1.00
[0075] 21-40d	36	2000	1.33
41-60d	36	2500	1.66
61-80d	24	3000	3
81-100d	24	3500	3.5

[0076] 结果分析如下：

[0077] 在此运行条件中，UASB的作用是去除 COD_{Cr} ，而MBfR的作用是几乎完全去除UASB中无法除去的亚硝酸盐和硝酸盐。

[0078] 对于COD而言，图3反应了UASB启动阶段内进水COD浓度与容积负荷情况，图4反应了UASB-MBfR COD浓度去除情况，结合图4所示，在反应器初期，出水的COD浓度较高，COD的去除效果差，这可能是由于UASB中的微生物还没有完全适应高浓度的COD进水，导致部分COD功能菌受到了抑制，随着时间日期的延续，微生物经过优胜劣汰的选择，适应反应器的高浓度的COD后，出水的COD不断降低，第20天反应器减少了水力停留时间，COD去除率达到了84.75%，反应器的容积负荷提高了33%，随着天数的增加，COD的去除效率总体上呈现上升的趋势，但是由于每个阶段改变了条件，微生物的生长代谢需要一定的天数来适应容积负荷的变化，最后到了第100天，UASB反应器的去除率达到了98%，反应器运行稳定，可证明UASB运行良好，同时UASB-MBfR反应器整体对COD达到了99.14%。对于COD而言，在UASB中每个阶段容积负荷均不同，且每个阶段的COD进水浓度在2000-3500mg/L的范围内波动，然而MBfR出水 COD_{Cr} 的浓度均能达到优于99%的水平，

[0079] 对于总氮含量(TN)来说，由于异养反硝化和异养生物质的结合，UASB对部分总氮有一定的去除作用。同时在 COD_{Cr} 浓度较高的情况下，UASB对总氮的去除效果较好。同时通过UASB出水 NO_3^- -N浓度和MBfR出水 NO_3^- -N浓度的比较，可以看出MBfR出水 NO_3^- -N浓度高于UASB出水 NO_3^- -N浓度，进一步对实施例数据进行整理和分析，MBfR出水TN浓度变化的原因是由于MBfR反应器内的氢自养反硝化菌发挥了自养反硝化脱氮的功能，导致MBfR反应器内的出水 NO_3^- -N浓度相较UASB反应器内的出水 NO_3^- -N浓度大幅减少，同时反应器 NO_2^- -N出水浓度也维持在一个较低的范围。

[0080] 该工艺运行数据表明，在61-80d，HRT为24h，UASB和MBfR的进水流速分别为2.0mL/min和0.5mL/min时，对MBR-MBfR两级同步脱氮除碳的双膜耦合工艺来说，此时UASB-MBfR两级反应器对COD和TN去除的效果最好，此时COD和 NO_3^- -N去除率均大于90%。综上，本发明提出的含氮有机废水处理方案，能高效用于低碳氮比污水中COD和含氮化合物的去除。

[0081] 本发明中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

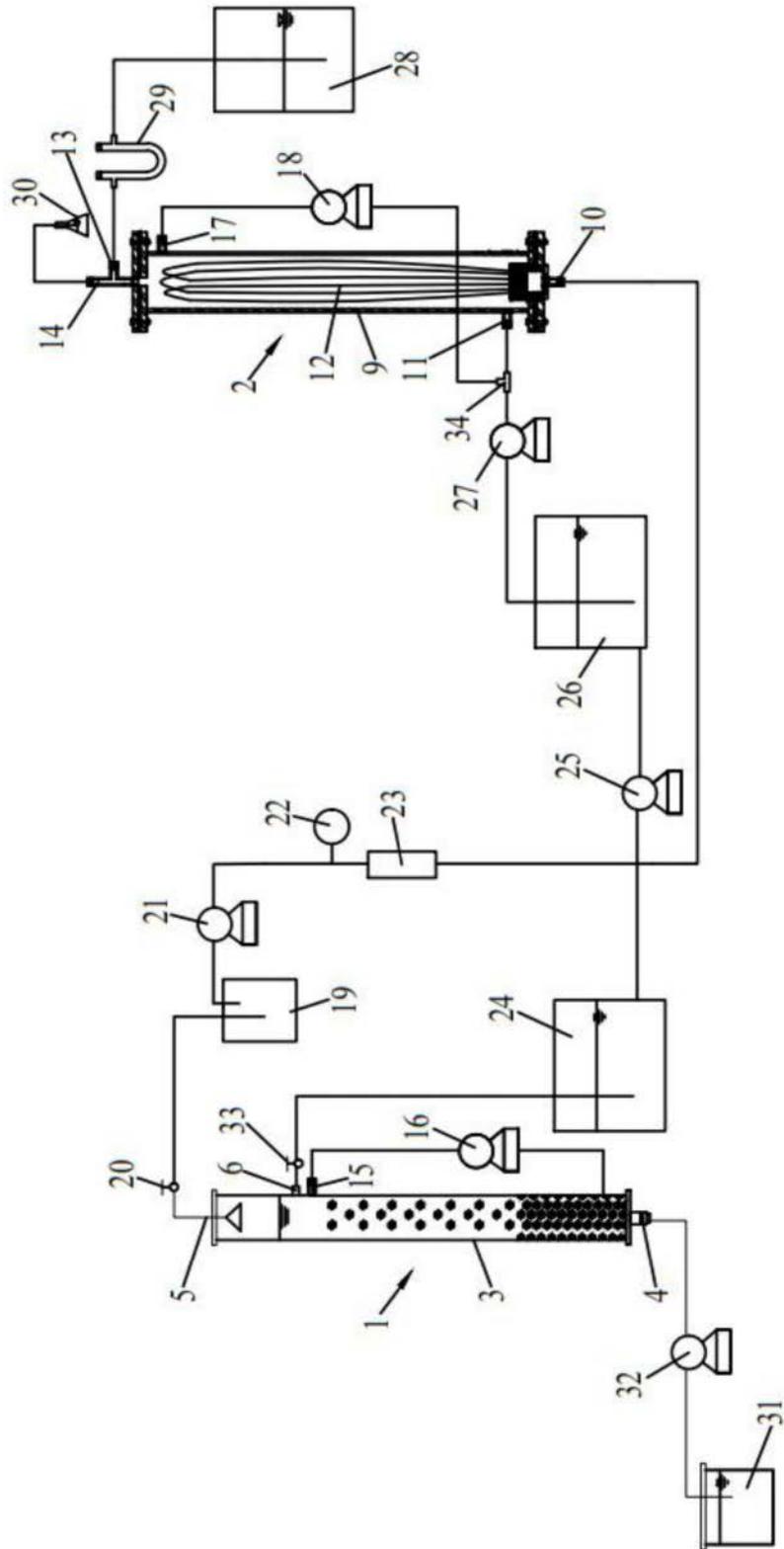


图1

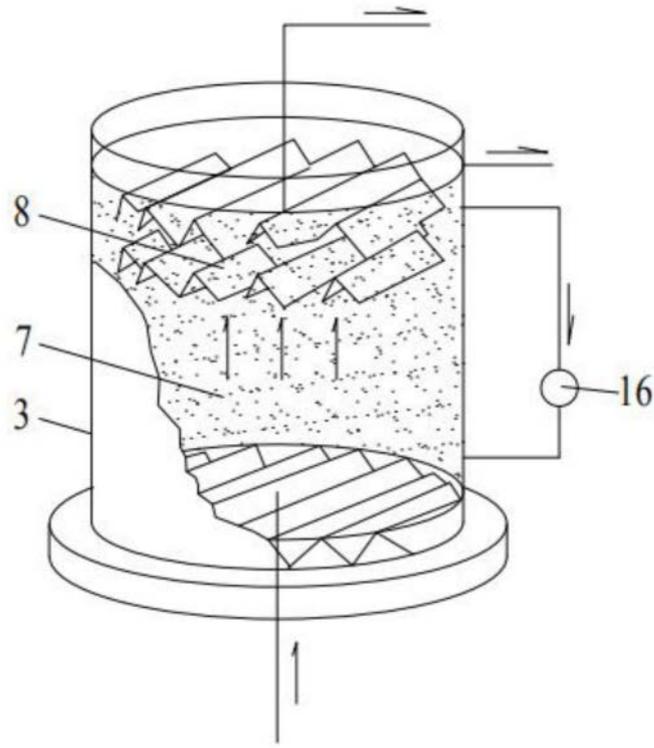


图2

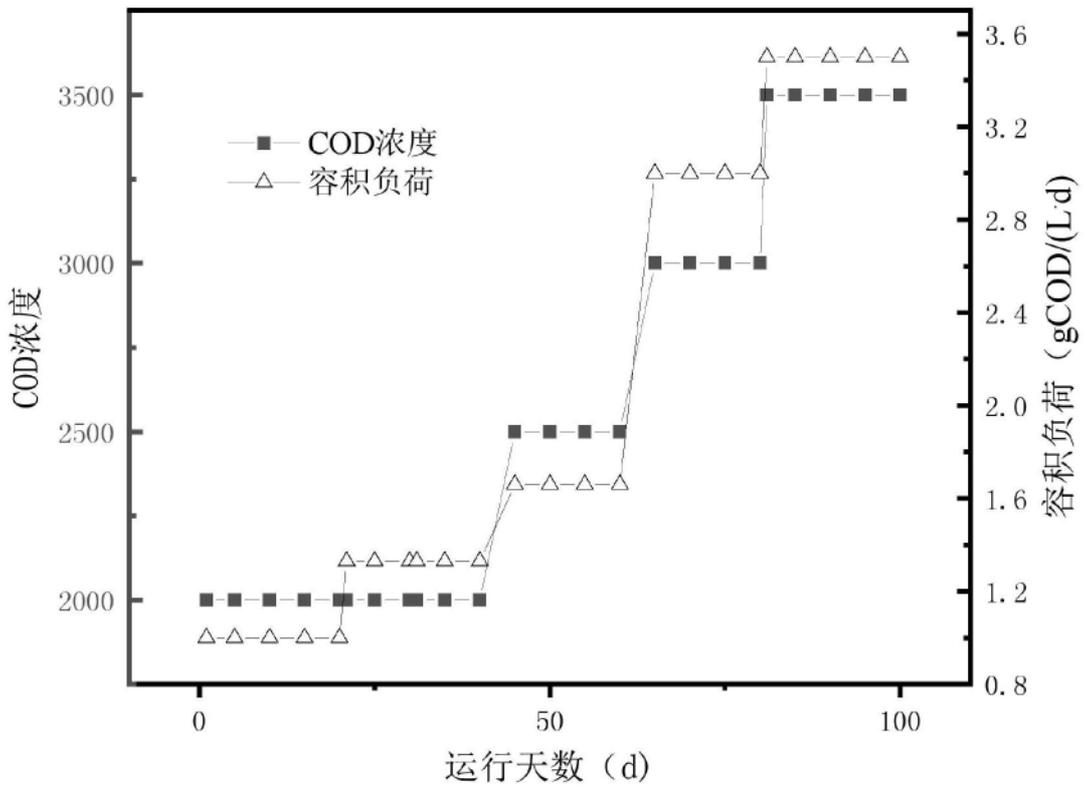


图3

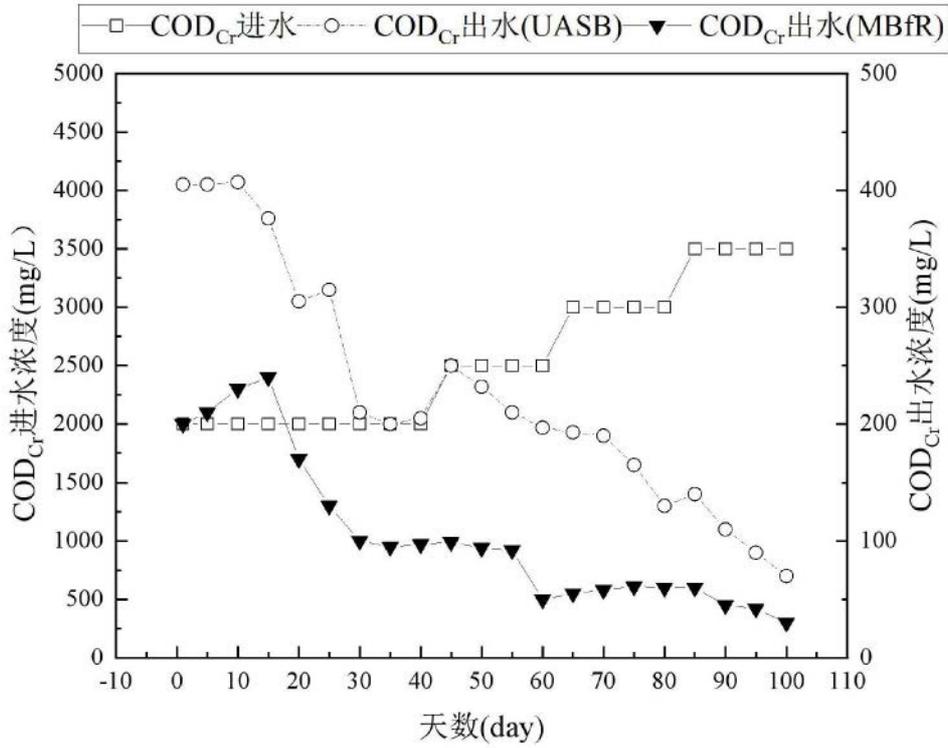


图4

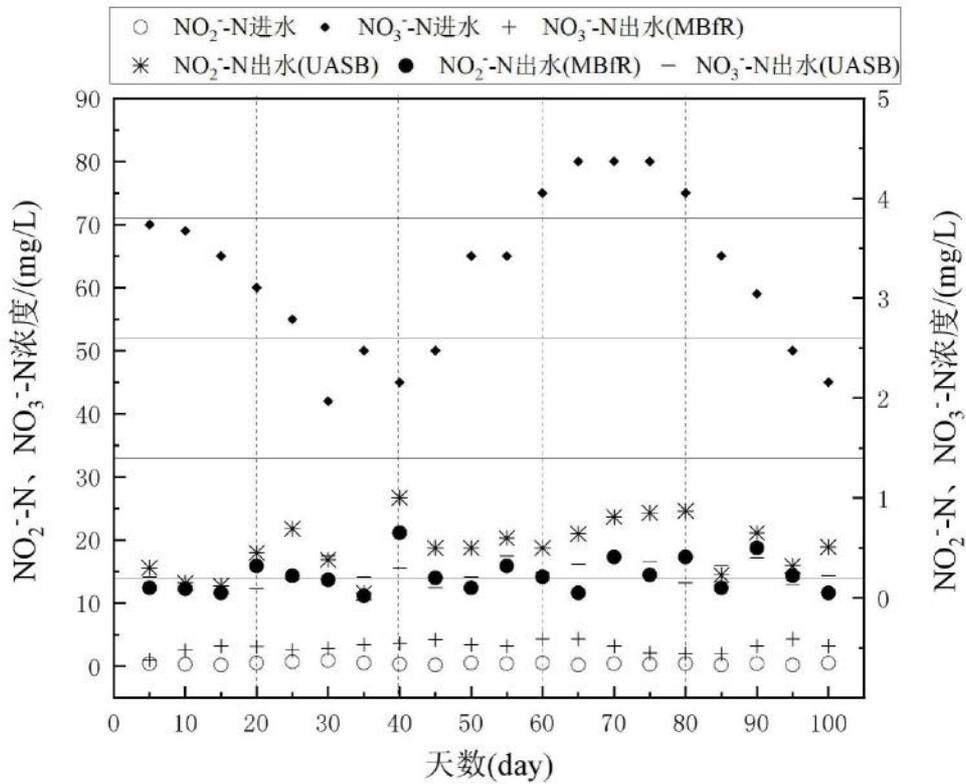


图5