



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116272341 A

(43) 申请公布日 2023.06.23

(21) 申请号 202310088330.X

(22) 申请日 2023.02.09

(71) 申请人 中国科学院沈阳应用生态研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区文化路  
72号

(72) 发明人 程凤莲 郭书海

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002  
专利代理师 汪海

(51) Int.Cl.

B01D 53/84 (2006.01)

B01D 53/78 (2006.01)

B01D 53/62 (2006.01)

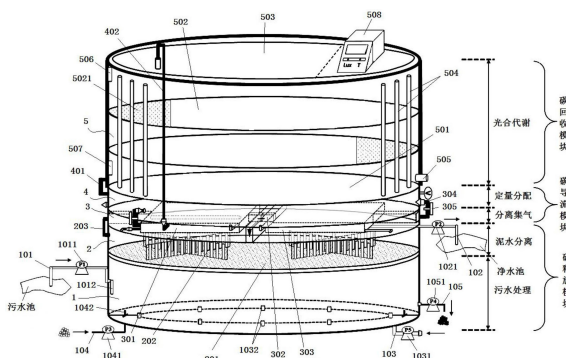
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

## (54) 发明名称

一种零碳排放的污水处理系统

## (57) 摘要

本发明涉及一种零碳排放的污水处理系统，其中碳释放模块包括污水处理层和泥水分离层，碳导流模块包括分离集气层和定量分配层，分离集气层内设有碱液室和酸液室，泥水分离层一侧设有第一导流管与碱液室连通，碱液室通过连接导流管与酸液室相连，酸液室通过第二导流管与定量分配层连通，碱液室上设有非二氧化碳集气管与定量分配层连通，连接导流管上设有碱液流量阀，第二导流管和非二氧化碳集气管上均设有流量计，碳回收模块包括多个光合代谢层，定量分配层通过第三导流管与最底层的光合代谢层连通，各个光合代谢层内均培植微藻，碳回收模块内壁上设有照明灯，最上侧的光合代谢层通过回流管与碱液室连通。本发明在污水治理同时也实现了碳减排目标。



1. 一种零碳排放的污水处理系统,其特征在于:包括由下到上依次设置的碳释放模块、碳导流模块和碳回收模块,其中所述碳释放模块内部通过污泥填料阻隔网(201)分成下侧的污水处理层(1)和上侧的泥水分离层(2),所述污水处理层(1)底部设有曝气头(1032)和活性污泥输入管(104),所述泥水分离层(2)内设有过滤膜组(202);所述碳导流模块包括下侧的分离集气层(3)和上侧的定量分配层(4),且所述分离集气层(3)内设有碱液室(301)和酸液室(303),所述泥水分离层(2)一侧设有第一导流管(203)伸入所述分离集气层(3)中并与所述碱液室(301)的输入管(3011)相连,所述碱液室(301)输出端通过连接导流管(302)与所述酸液室(303)输入端相连,所述分离集气层(3)一侧设有第二导流管(304)与所述定量分配层(4)连通,且所述第二导流管(304)与所述酸液室(303)的输出管(3031)相连,另外所述碱液室(301)上设有非二氧化碳集气管(3012)与所述定量分配层(4)连通,所述连接导流管(302)上设有碱液流量阀(3021),所述第二导流管(304)上设有二氧化碳流量计(305),所述非二氧化碳集气管(3012)上设有非二氧化碳流量计(3015);所述碳回收模块包括多个光合代谢层(5),且所述定量分配层(4)一侧设有第三导流管(401)与最底层的光合代谢层(5)连通,相邻的光合代谢层(5)之间通过隔板(502)隔开,并且所述隔板(502)一端设有布满透气孔的导气板(5021),各个光合代谢层(5)内均培植微藻,所述碳回收模块内壁上设有照明灯(504),且所述照明灯(504)穿过各个光合代谢层(5),最上侧的光合代谢层(5)通过一个回流管(402)与所述碱液室(301)连通。

2. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:所述污水处理层(1)设有污水输入管(101)和污泥排放管(105),所述分离集气层(3)底部设有过滤总管,所述泥水分离层(2)中的各组过滤膜组(202)上端均设有连接管(2021)与所述过滤总管连接,所述过滤总管输出端与净水输出管(102)连接。

3. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:所述污水处理层(1)底部设有带曝气泵(1031)的曝气管(103),并且所述污水处理层(1)底部的各个曝气头(1032)均通过所述曝气管(103)供气。

4. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:所述碱液室(301)一侧设有单向排气管(3013)、另一侧设有碱液注液口(3014)。

5. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:所述酸液室(303)一侧设有酸液注液口(3032)、另一侧设有排盐口(3033)。

6. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:所述定量分配层(4)一侧设有压力表(403)、另一侧设有安全减压口(404)。

7. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:所述碳回收模块包括多个光合代谢层(5),其中最下侧的光合代谢层(5)通过底板(501)与所述定量分配层(4)隔开,相邻的光合代谢层(5)之间通过隔板(502)隔开,所述底板(501)和隔板(502)上均设有微藻。

8. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:所述碳回收模块上端设有可翻转打开的盖板(503),所述碳回收模块内部设有温度传感器(506)和PH传感器(507),另外所述碳回收模块上设有控制各个照明灯(504)光照强度的光照控制器(508)。

9. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:在所述污水处理层(1)中,污水中的有机物质在曝气条件下被活性污泥降解形成二氧化碳气体,并且所述污水

处理层(1)中产生的二氧化碳气体以及曝气剩余的气体上升并经过所述第一导流管(203)和输入管(3011)进入分离集气层(3)的碱液室(301)中,其中二氧化碳进入碱液室(301)后与 $\text{OH}^-$ 反应产生 $\text{CO}_3^{2-}$ ,其余的非二氧化碳气体经由所述非二氧化碳集气管(3012)进入所述定量分配层(4)中, $\text{CO}_2$ 气体被碱液吸收生成 $\text{CO}_3^{2-}$ 后继续进入所述酸液室(303)中,并在所述酸液室(303)内发生酸碱中和反应,即 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,然后重新生成的 $\text{CO}_2$ 气体经由第二导流管(304)进入所述定量分配层(4)中。

10. 根据权利要求1所述的零碳排放的污水处理系统,其特征在于:微藻生长过程包括接种更替阶段的光周期、接种更替阶段的暗周期、稳定培养阶段的光周期、稳定培养阶段的暗周期。

## 一种零碳排放的污水处理系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理技术领域,具体地说是一种零碳排放的污水处理系统。

### 背景技术

[0002] 我国每年的污水处理量达到400亿吨,现有技术中,活性污泥法是污水处理的传统主流工艺,可实现处置后出水达到一级A的标准。然而,在活性污泥中的微生物针对污水中的污染物进行矿化的过程中,会持续向大气环境中释放对应量的 $\text{CO}_2$ ,从而造成温室气体排放。目前,我国传统的污水处理厂采用活性污泥法的处置工艺,每吨污水COD(化学需氧量)达标排放将产生300-800克 $\text{CO}_2$  eq(二氧化碳排放当量), $\text{CO}_2$ 排放的贡献较大。对此,开发和优化与污水处理工艺相结合的 $\text{CO}_2$ 减排工艺,将是实现污水低碳处理的有效手段之一。

[0003] 在我们熟知的地球生态系统中,微藻是一种重要的碳汇体系,在吸收 $\text{CO}_2$ 等温室气体、减缓全球气候变暖方面发挥着重要作用。微藻是一类在陆地、海洋分布广泛,营养丰富且光合利用度高的微型自养植物。微藻通过光合作用固定 $\text{CO}_2$ 的效率比陆生植物更高,这一方面得益于水中 $\text{CO}_2$ 的含量约是空气中 $\text{CO}_2$ 含量的3000倍,另一方面归因于水对光的折射、衍射、散射等效应,使得微藻所有表面均可接收光照射。研究表明,藻细胞内有超过50%的碳量,每生产1吨的微藻,可以消耗大约1.5吨的 $\text{CO}_2$ 。微藻生长不仅可以吸收气体 $\text{CO}_2$ ,还可以吸收水体中溶解的 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 等无机碳源,以及消耗培养液中的N、P营养元素并降解有机污染物,可针对性的实现废气、污水在碳排放之前的吸收转化。此外,微藻的生物质可被用于生产生物燃料、饲料及提取有用物质等资源,利用前景较为广阔。

[0004] 当前,针对微藻在污水处理领域中的相关研究与应用主要涉及筛选培育具有高光合效率与高附加值的微藻种类,以及高效提取藻类中的资源化物质等方向。但现阶段,在成熟的污水处理厂中,诸如活性污泥法及生物膜法等技术工艺已形成成熟的配套设施并稳定运行,若将微藻类生物群体直接引入体系中,势必增加系统的改造成本和不稳定运行的风险,另外微藻对高氨氮污水的耐受效果较差,也难以同污水处理系统同步运行。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种零碳排放的污水处理系统,其利用活性污泥处理污水中的有机物质形成二氧化碳,并利用微藻吸收处理二氧化碳,从而在污水治理的同时也实现了碳减排目标。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0007] 一种零碳排放的污水处理系统,包括由下到上依次设置的碳释放模块、碳导流模块和碳回收模块,其中所述碳释放模块内部通过污泥填料阻隔网分成下侧的污水处理层和上侧的泥水分离层,所述污水处理层底部设有曝气头和活性污泥输入管,所述泥水分离层内设有过滤膜组;所述碳导流模块包括下侧的分离集气层和上侧的定量分配层,且所述分离集气层内设有碱液室和酸液室,所述泥水分离层一侧设有第一导流管伸入所述分离集气层中并与所述碱液室的输入管相连,所述碱液室输出端通过连接导流管与所述酸液室输入

端相连,所述分离集气层一侧设有第二导流管与所述定量分配层连通,且所述第二导流管与所述酸液室的输出管相连,另外所述碱液室上设有非二氧化碳集气管与所述定量分配层连通,所述连接导流管上设有碱液流量阀,所述第二导流管上设有二氧化碳流量计,所述非二氧化碳集气管上设有非二氧化碳流量计;所述碳回收模块包括多个光合代谢层,且所述定量分配层一侧设有第三导流管与最底层的光合代谢层连通,相邻的光合代谢层之间通过隔板隔开,并且所述隔板一端设有布满透气孔的导气板,各个光合代谢层内均培植微藻,所述碳回收模块内壁上设有照明灯,且所述照明灯穿过各个光合代谢层,最上侧的光合代谢层通过一个回流管与所述碱液室连通。

[0008] 所述污水处理层设有污水输入管和污泥排放管,所述分离集气层底部设有过滤总管,所述泥水分离层中的各组过滤膜组上端均设有连接管与所述过滤总管连接,所述过滤总管输出端与净水输出管连接。

[0009] 所述污水处理层底部设有带曝气泵的曝气管,并且所述污水处理层底部的各个曝气头均通过所述曝气管供气。

[0010] 所述碱液室一侧设有单向排气管、另一侧设有碱液注液口。

[0011] 所述酸液室一侧设有酸液注液口、另一侧设有排盐口。

[0012] 所述定量分配层一侧设有压力表、另一侧设有安全减压口。

[0013] 所述碳回收模块包括多个光合代谢层,其中最下侧的光合代谢层通过底板与所述定量分配层隔开,相邻的光合代谢层之间通过隔板隔开,所述底板和隔板上均设有微藻。

[0014] 所述碳回收模块上端设有可翻转打开的盖板,所述碳回收模块内部设有温度传感器和PH传感器,另外所述碳回收模块上设有控制各个照明灯光照强度的光照控制器。

[0015] 在所述污水处理层中,污水中的有机物质在曝气条件下被活性污泥降解形成二氧化碳气体,并且所述污水处理层中产生的二氧化碳气体以及曝气剩余的气体上升并经过所述第一导流管和输入管进入分离集气层的碱液室中,其中二氧化碳进入碱液室后与 $\text{OH}^-$ 反应产生 $\text{CO}_3^{2-}$ ,其余的非二氧化碳气体经由所述非二氧化碳集气管进入所述定量分配层中, $\text{CO}_2$ 气体被碱液吸收生成 $\text{CO}_3^{2-}$ 后继续进入所述酸液室中,并在所述酸液室内发生酸碱中和反应,即 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,然后重新生成的 $\text{CO}_2$ 气体经由第二导流管进入所述定量分配层中。

[0016] 微藻生长过程包括接种更替阶段的光周期、接种更替阶段的暗周期、稳定培养阶段的光周期、稳定培养阶段的暗周期。

[0017] 本发明的优点与积极效果为:

[0018] 1、本发明包括碳释放模块、碳导流模块和碳回收模块,其中碳释放模块利用活性污泥降解有机物质生产二氧化碳,同时实现泥水分离并达到出水直接排放目的,而碳回收模块则利用微藻的光合作用吸收和消耗气体中的 $\text{CO}_2$ ,进而实现零碳排放目的,并且碳回收模块与碳释放模块分离,微藻培养不受污水性质影响,同时无需在污水处理层中重新构建包含微藻的新的活性污泥体系,另外考虑到微藻不同阶段不同周期需要的气体 $\text{CO}_2$ 含量不同,本发明先利用碳导流模块中的分离集气层实现 $\text{CO}_2$ 气体与非 $\text{CO}_2$ 气体的分离,再控制 $\text{CO}_2$ 气体与非 $\text{CO}_2$ 气体定量输入碳导流模块的定量分配层中混合,从而形成满足微藻不同阶段周期所需要的气体。

[0019] 2、本发明碳导流模块中的分离集气层利用碱液室和酸液室配合实现 $\text{CO}_2$ 气体与非

CO<sub>2</sub>气体的分离,其中碱液室上设有带非二氧化碳流量计的非二氧化碳集气管与定量分配层连通,酸液室通过带二氧化碳流量计的第二导流管与定量分配层连通,碱液室与酸液室之间则通过带碱液流量阀的连接导流管连通,CO<sub>2</sub>进入碱液室后与OH<sup>-</sup>反应产生CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>,而其余的非二氧化碳气体(包含N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>等)则经由非二氧化碳集气管进入定量分配层中,酸液室内则发生酸碱中和反应,即CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+H<sup>+</sup>→CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O,重新生成的CO<sub>2</sub>气体经由第二导流管进入定量分配层中,本发明通过二氧化碳流量计、非二氧化碳流量计和碱液流量阀即可实现定量分配层中的气体CO<sub>2</sub>浓度控制,结构简单且控制方便,同时也利于保证控制精度。

[0020] 3、本发明碳回收模块最上侧的光合代谢层通过一个回流管与分离集气层中的碱液室连通,以使残留的二氧化碳气体重新进入碱液室中实现循环处理。

[0021] 4、本发明碳释放模块实现了污水的泥水分离排放,并且经过处理后的出水可直接排放,符合环保要求,同时也避免出水中携带大量的污水微生物,引起受纳水体的生物入侵。

[0022] 5、本发明经碳回收模块合成代谢后获得的微藻屏蔽了污水中的有害物质,并且回收的藻体可应用于制药、燃料、营养品制备等途径,具有更高的产品利用附加值,其作为污水处理全周期的产业链,进一步降低了污水处理成本,完成了污水治理的同时也实现了碳减排目标。

## 附图说明

[0023] 图1为本发明的立体示意图,

[0024] 图2为图1中的碳导流模块放大示意图,

[0025] 图3为图1中本发明的结构主视图,

[0026] 图4为本发明实施例污水处理层内总有机碳含量变化示意图,

[0027] 图5为本发明实施例碳回收模块内微藻累积生物量变化示意图,

[0028] 图6为本发明实施例的二氧化碳释放与回收含量变化示意图。

[0029] 其中,1为污水处理层,101为污水输入管,1011为污水泵,1012为污水输入口,102为净水输出管,1021为净水出水泵,103为曝气管,1031为曝气泵,1032为曝气头,104为活性污泥输入管,1041为污泥接种泵,1042为活性污泥输入口,105为污泥排放管,1051为污泥排放泵,2为泥水分离层,201为污泥填料阻隔网,202为过滤膜组,203为第一导流管,3为分离集气层,301为碱液室,3011为输入管,3012为非二氧化碳集气管,3013为单向排气管,3014为碱液注液口,3015为非二氧化碳流量计,302为连接导流管,3021为碱液流量阀,303为酸液室,3031为输出管,3032为酸液注液口,3033为排盐口,304为第二导流管,305为二氧化碳流量计,4为定量分配层,401为第三导流管,402为回流管,403为压力表,404为安全减压口,5为光合代谢层,501为底板,502为隔板,5021为导气板,503为盖板,504为照明灯,505为排放口,506为温度传感器,507为PH传感器,508为光照控制器。

## 具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明作进一步详述。

[0031] 如图1~3所示,本发明包括由下到上依次设置的碳释放模块、碳导流模块和碳回收模块,其中所述碳释放模块内部通过污泥填料阻隔网201分成下侧的污水处理层1和上侧

的泥水分离层2,所述污水处理层1底部设有曝气头1032和活性污泥输入管104,所述泥水分离层2内设有过滤膜组202;所述碳导流模块内部通过中间隔板分隔成下侧的分离集气层3和上侧的定量分配层4,其中所述分离集气层3内设有碱液室301和酸液室303,所述泥水分离层2一侧设有第一导流管203伸入所述分离集气层3中并与所述碱液室301的输入管3011相连,所述碱液室301输出端通过连接导流管302与所述酸液室303输入端相连,所述分离集气层3一侧设有第二导流管304与所述定量分配层4连通,且所述第二导流管304与所述酸液室303的输出管3031相连,另外所述碱液室301设有非二氧化碳集气管3012与所述定量分配层4连通,所述连接导流管302上设有碱液流量阀3021,所述第二导流管304上设有二氧化碳流量计305,所述非二氧化碳集气管3012上设有非二氧化碳流量计3015;所述碳回收模块包括多个光合代谢层5,且所述定量分配层4一侧设有第三导流管401与最底层的光合代谢层5连通,相邻的光合代谢层5之间通过隔板502隔开,并且所述隔板502一端设有布满透气孔的导气板5021,各个光合代谢层5内均培植微藻,所述碳回收模块内壁上设有照明灯504,且各个照明灯504均竖直设置穿过各个光合代谢层5,最上侧的光合代谢层5通过一个回流管402与所述碱液室301连通。

[0032] 如图1~3所示,本实施例中,所述污水处理层1一侧设有带污水泵1011的污水输入管101、另一侧设有带污泥排放泵1051的污泥排放管105,所述污水处理层1底部一侧设有带污泥接种泵1041的活性污泥输入管104,所述污水处理层1底部另一侧设有带曝气泵1031的曝气管103,并且所述污水处理层1底部的各个曝气头1032均通过所述曝气管103供气,所述分离集气层3底部设有过滤总管,如图3所示,所述泥水分离层2中的各组过滤膜组202上端均设有连接管2021与所述过滤总管连接,所述过滤总管输出端与设有净水出水泵1021的净水输出管102连接。

[0033] 本发明工作时,污水通过所述污水输入管101输入所述污水处理层1中,其中污水中的固体部分由于污泥填料阻隔网201阻隔无法进入泥水分离层2,污水中的液体部分经过所述污泥填料阻隔网201进入泥水分离层2中实现泥水分离,并且进入所述泥水分离层2内的液体经各组过滤膜组202过滤后最后形成净水由所述净水输出管102流出,而所述污水处理层1中残留的固体污泥通过污泥排放管105排出,另外用于降解有机物质的活性污泥经由所述活性污泥输入管104输入所述污水处理层1中,污水中的有机物质在曝气(空气)条件下会被活性污泥降解形成二氧化碳气体,并且所述污水处理层1中产生的二氧化碳气体以及曝气剩余的空气(主要是氮气和氧气)会上升进入泥水分离层2中并经第一导流管203输出进入所述分离集气层3中。所述过滤膜组202和活性污泥均为本领域公知技术且为市购产品。

[0034] 如图1~3所示,本发明工作时,所述污水处理层1中产生的二氧化碳气体以及曝气剩余的空气(主要是氮气和氧气)上升进入泥水分离层2中并经过所述第一导流管203和输入管3011进入分离集气层3中的碱液室301中进行处理,其中 $\text{CO}_2$ 进入碱液室301后在24小时内与 $\text{OH}^-$ 反应产生 $\text{CO}_3^{2-}$ ,而其余的非二氧化碳气体(包含 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 等)则经由非二氧化碳集气管3012进入所述定量分配层4中, $\text{CO}_2$ 气体被碱液吸收生成 $\text{CO}_3^{2-}$ 后继续进入所述酸液室303中,所述酸液室303内发生的是酸碱中和反应,即 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,然后重新生成的 $\text{CO}_2$ 气体经由第二导流管304进入所述定量分配层4中,所述非二氧化碳流量计3015实时检测碱液室301内产生并流入定量分配层4中的非二氧化碳气体流量,所述二氧化碳流量计305则实时

监测酸液室303输出并流入定量分配层4中的二氧化碳气体流量,并且本发明通过所述碱液流量阀3021控制进入酸液室303内的液体流量,进而可以控制进入定量分配层4中的二氧化碳气体流量,这样便可以根据需要实现非二氧化碳气体和二氧化碳气体在所述定量分配层4中重新定量分配,以获得需要的二氧化碳气体浓度。所述二氧化碳流量计305、非二氧化碳流量计3015和碱液流量阀3021均为本领域公知技术且为市购产品,另外各个导流管上均设置单向阀以保证气体单向流动防止回流,此为本领域公知技术。

[0035] 如图2所示,所述碱液室301一侧设有用于排出残留气体的单向排气管3013,所述碱液室301另一侧设有用于补充碱液的碱液注液口3014,所述酸液室303一侧设有用于补充酸液的酸液注液口3032,所述酸液室303另一侧设有排出残留物质的排盐口3033。

[0036] 如图2所示,所述定量分配室4一侧设有压力表403用于实时监测内部压力,所述定量分配室4另一侧设有安全减压口404用于安全减压。

[0037] 如图1~3所示,所述碳回收模块包括多个光合代谢层5,其中最下侧的光合代谢层5通过底板501与所述定量分配层4隔开,相邻的光合代谢层5之间通过隔板502隔开,并且所述隔板502一端设有布满透气通孔的导气板5021,这样气体便可以逐层上升,所述底板501和隔板502上均设有微藻。

[0038] 本发明利用微藻的光合作用吸收和消耗气体中的 $\text{CO}_2$ ,进而实现零碳排放目的,其中微藻生长过程需要光照,但光照时间并不是越长越好,而是需要光照时间和黑暗时间交替进行,这就形成了所谓的光周期和暗周期,其中光周期时,微藻在光照条件下与 $\text{CO}_2$ 进行光合作用,利用 $\text{CO}_2$ 合成自身繁殖所需的有机质,从而达到去除 $\text{CO}_2$ 的目的,而暗周期时,微藻在无光条件进行呼吸作用,分解自身有机物释放 $\text{CO}_2$ ,但由于光合作用强度大于呼吸作用强度,因此微藻在光周期消耗的 $\text{CO}_2$ 远大于在暗周期释放的 $\text{CO}_2$ ,所以净表现为消耗了 $\text{CO}_2$ ,从而实现 $\text{CO}_2$ 向大气环境中的零排放。微藻不同周期需要的 $\text{CO}_2$ 浓度不同,因此本发明利用上述定量分配层4的调节满足微藻不同周期的 $\text{CO}_2$ 浓度要求,本实施例中,所述碳回收模块中的光周期为照明灯504开启光照培养12-16小时,暗周期为照明灯504关闭黑暗培养8-12小时,其中针对稳定培养阶段的光周期内,需保障供给气体中的 $\text{CO}_2$ 浓度达3%-10%,而稳定培养阶段的暗周期内,供给气体中的 $\text{CO}_2$ 浓度达0.03%-0.5%,另外针对接种更替阶段的光周期内,需保障供给气体中的 $\text{CO}_2$ 浓度达0.5%-3%,接种更替阶段的暗周期内,供给气体中的 $\text{CO}_2$ 浓度达0.03%-0.05%。

[0039] 如图1所示,所述碳回收模块上端设有可翻转打开的盖板503以进行放置微藻等作业,所述碳回收模块内部设有温度传感器506和PH传感器507用于实时监测温度和PH值,另外所述碳回收模块上端设有光照控制器508用于控制各个照明灯504的光照强度。另外最上侧的光合代谢层5通过一个回流管402与所述碱液室301连通,以使残留的二氧化碳气体重新进入碱液室301中,进而实现循环处理。所述温度传感器506、PH传感器507和光照控制器508均为本领域公知技术且为市购产品。

[0040] 本发明的工作原理为:

[0041] 本发明工作时,所述污水处理层1中的污水通过所述污泥填料阻隔网201实现泥水分离,并且进入所述泥水分离层2内的液体经各组过滤膜组202过滤后最后形成净水由所述净水输出管102流出,另外所述污水处理层1利用活性污泥降解污水中的有机物质,并且污水中的有机物质在曝气(空气)条件下会被活性污泥降解形成二氧化碳气体并连同曝气剩



余的空气(主要是氮气和氧气)上升进入泥水分离层2中,再经由第一导流管203进入分离集气层3中。本发明利用微藻的光合作用吸收和消耗气体中的 $\text{CO}_2$ ,进而实现零碳排放目的,但微藻在不同周期需要的 $\text{CO}_2$ 浓度不同,因此本发明利用所述碳导流模块实现二氧化碳气体和其他气体的定量再分配以满足微藻需要的 $\text{CO}_2$ 浓度要求,其中分离集气层3用于将非二氧化碳气体和二氧化碳气体分离, $\text{CO}_2$ 进入碱液室301后在24小时内与 $\text{OH}^-$ 反应产生 $\text{CO}_3^{2-}$ ,而其余的非二氧化碳气体(包含 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 等)则经由非二氧化碳集气管3012进入所述定量分配层4中,而所述酸液室303内发生的是酸碱中和反应,即 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,然后重新生成的 $\text{CO}_2$ 气体经由第二导流管304进入所述定量分配层4中,本发明通过非二氧化碳流量计3015实时监测流入定量分配层4中的非二氧化碳气体流量,通过二氧化碳流量计305实时监测流入定量分配层4中的 $\text{CO}_2$ 气体流量,并通过所述碱液流量阀3021控制进入酸液室303内的液体流量,进而可以控制进入定量分配层4中的二氧化碳气体流量,这样便可以根据需要实现非二氧化碳气体和二氧化碳气体在所述定量分配层4中重新定量分配,以获得需要的二氧化碳气体浓度,进而满足碳回收模块中各个光合代谢层5微藻不同周期的供气需要。另外最上侧的光合代谢层5通过一个回流管402与所述碱液室301连通,以使残留的二氧化碳气体重新进入碱液室301中,进而实现循环处理。

[0042] 下面列举一个应用例进一步说明本发明的工作原理。

[0043] 本应用例中试验待处置的污水来自于某养殖场排放的养殖废水,进水指标如下表1所示,进水COD含量为 $454.9\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , $\text{BOD}_5$ (五日生化需氧量)为 $163.8\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,悬浮固体(SS)为 $216.1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,总氮(TN)含量为 $31.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )含量为 $20.1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

[0044] 表1

指标参数	进水	出水
污水水量/ $\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$	135	135
COD/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	454.9	38.6
[0045] $\text{BOD}_5$ / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	163.8	9.2
SS/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	216.1	8.6
TN/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	31.2	12.6
$\text{NH}_3\text{-N}$ / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	20.1	4.2

[0046] 本应用例中,所述碳释放模块的污水处理层1中的活性污泥为针对性培养驯化的活性污泥,本实施例采用序批式的污水处理运行方式,考察18d(天)的微藻培养2个运行周期内的污水指标参数变化及碳回收系统中的微藻含量与生长状态。

[0047] 本应用例中,活性污泥接种至总容积为50L的污水处理层1中,接种量按混合液悬浮固体浓度(MLSS)计为 $1260\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,污水处理层1中泵入待处理污水40L,开启曝气泵1031进行曝气处理24小时,处理结束后关闭曝气泵1031,静置沉淀后,开启出水泵1021进行排水,然后开启污水泵1011进入下一个污水处置周期。相关参数如下表2所示。

[0048] 表2

运行周期。	碳释放模块。		碳导流模块。 持续运行。	碳回收模块。	
	适应期。	稳定期。		接种期。	稳定期。
	2 h。	22 h。		2 d。	7 d。
[0049]	交替运行共计 9 d。			—。	
初始 MLSS/mg·L <sup>-1</sup> 。	1260。		—。	—。	
污泥回流比。	0.35。		—。	—。	
DO/mg·L <sup>-1</sup> 。	3.2。		—。	—。	

[0050] 另外在在碳回收模块的光合代谢层5内,接种预先培养成熟的微藻。本应用例中,所用微藻品种为小球藻 (*Chlorella vulgaris*),其最佳培养条件为:温度25℃,pH 8.9,光照强度4000lux(勒克斯,照度单位)。将活化培养72h(小时)的小球藻以1:5的比例(已培养的藻液:新鲜培养液)转接至碳回收模块的新鲜培养液中完成接种,本应用例所采用的培养液为BG11培养基。接种后,碳回收模块内部在光周期(16小时)与暗周期(8小时)交替的光条件下开始运行,其中,前2天为接种适应期,后7天为培养稳定期,一个运行周期为9天。运行9天后,从排液口放出4/5的藻液,并注入4/5的新鲜培养液,继续下一个培养周期。

[0051] 在一个污水处理周期内,同时开启碳释放模块、碳导流模块与碳回收模块,其中在碳导流模块中,分别通过二氧化碳流量计305和非二氧化碳流量计3015调控CO<sub>2</sub>与非CO<sub>2</sub>气体的气体流量流入定量分配层4中。本应用例中,针对微藻培养的接种更替期,在光周期内,CO<sub>2</sub>流量计和非CO<sub>2</sub>流量计的控制流速比例为0.3:9.7,混合后流入定量分配层4内的CO<sub>2</sub>浓度达3%,在暗周期内,CO<sub>2</sub>流量计和非CO<sub>2</sub>流量计的控制流速比例为0.05:99.95,混合后流入定量分配层4内的CO<sub>2</sub>浓度达0.05%。针对微藻培养的稳定期,在光照周期内,CO<sub>2</sub>流量计和非CO<sub>2</sub>流量计的控制流速比例为1:9,混合后流入定量分配层4内的CO<sub>2</sub>浓度达10%,在暗周期内,CO<sub>2</sub>流量计和非CO<sub>2</sub>流量计的控制流速比例为0.05:99.95,混合后流入CO<sub>2</sub>定量分配层4内的CO<sub>2</sub>浓度达0.05%。

[0052] 同时,为了配合CO<sub>2</sub>的流量控制,碱液流量阀3021分别针对不同的CO<sub>2</sub>流量需求,设置碱液流速。本应用例中,碱液室301内碱液为0.5L的浓度为3M(摩尔/升)的NaOH(氢氧化钠)溶液,酸液室303内为0.5L的2M(摩尔/升)的H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>(磷酸)溶液,在接种更替期的光照周期内,碱液流量阀3021流速设置为0.5mL·min<sup>-1</sup>,接种更替期的暗周期内,碱液流量阀3021流速设置为0.05mL·min<sup>-1</sup>。在稳定运行期的光照周期内,碱液流量3021阀流速设置为0.025mL·min<sup>-1</sup>,稳定运行期的暗周期内,碱液流量阀3021流速设置为0.0025mL·min<sup>-1</sup>。

[0053] 观测每一污水处理周期(24h)内,污水内总有机碳(TOC)含量变化和残留平均值随处置时间的变化如图4所示,结果表明每个24h的处置周期内,周期结束TOC的含量均趋于极限值,也即TOC近似全部矿化为CO<sub>2</sub>,表明达到处置终点。污水处理层1中出水的检测指标如上表1所示,COD含量为38mg·L<sup>-1</sup>,BOD<sub>5</sub>为9.2mg·L<sup>-1</sup>,悬浮固体(SS)为8.6mg·L<sup>-1</sup>,总氮(TN)含量为12.6mg·L<sup>-1</sup>,氨氮(NH<sub>3</sub>-N)含量为4.2mg·L<sup>-1</sup>,符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准。

[0054] 在碳回收模块中,微藻的生物量在完整的9天运行周期内,其累积生物量用OD<sub>600</sub>(液体在600nm波长处的吸光值)的吸光值表示,随处置时间变化特征如图5所示,微藻生物量由初期接种适应期,经历指数增长期与稳定期后,在实验尾声接近衰亡期,表明达到碳回收模块运行极限,若需持续运行,则需要更新微藻生物量,进入下一个接种更新周期。经过碳核算,如图6所示,碳释放模块中CO<sub>2</sub>的累积释放量与碳回收模块中的CO<sub>2</sub>作为原料被微藻

进行合成代谢的利用累积量近似相等,由此表明了本发明的零碳排放污水处理系统不仅具有污水处理的基本功能,同时实现了以CO<sub>2</sub>形式循环的碳减排目标。

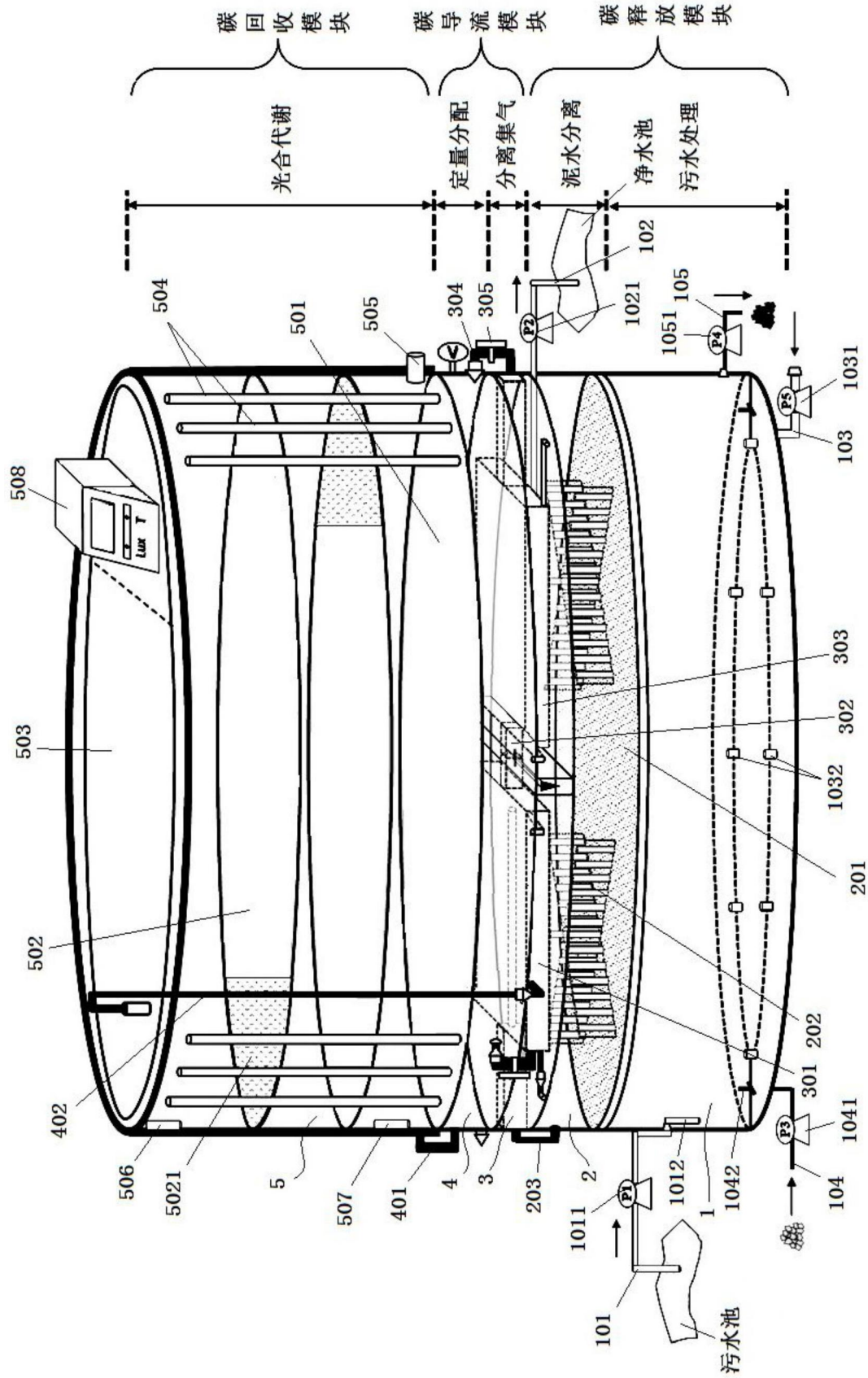


图1

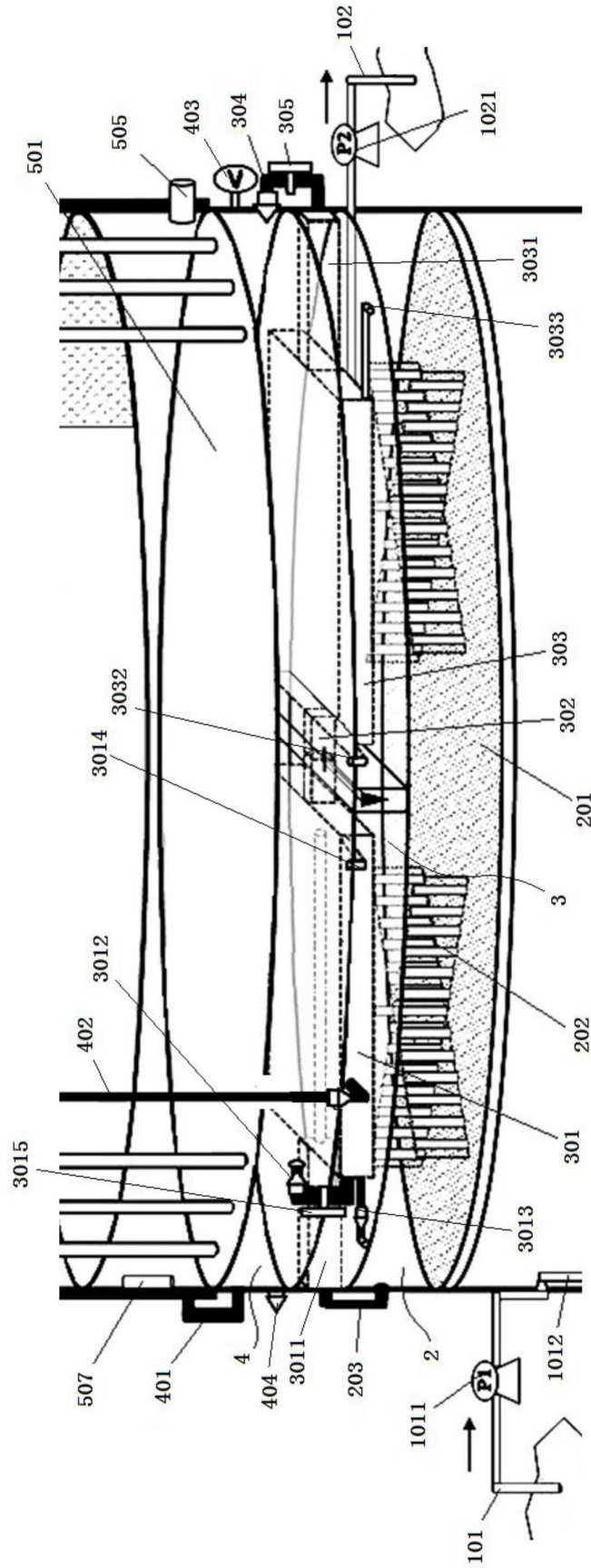


图2

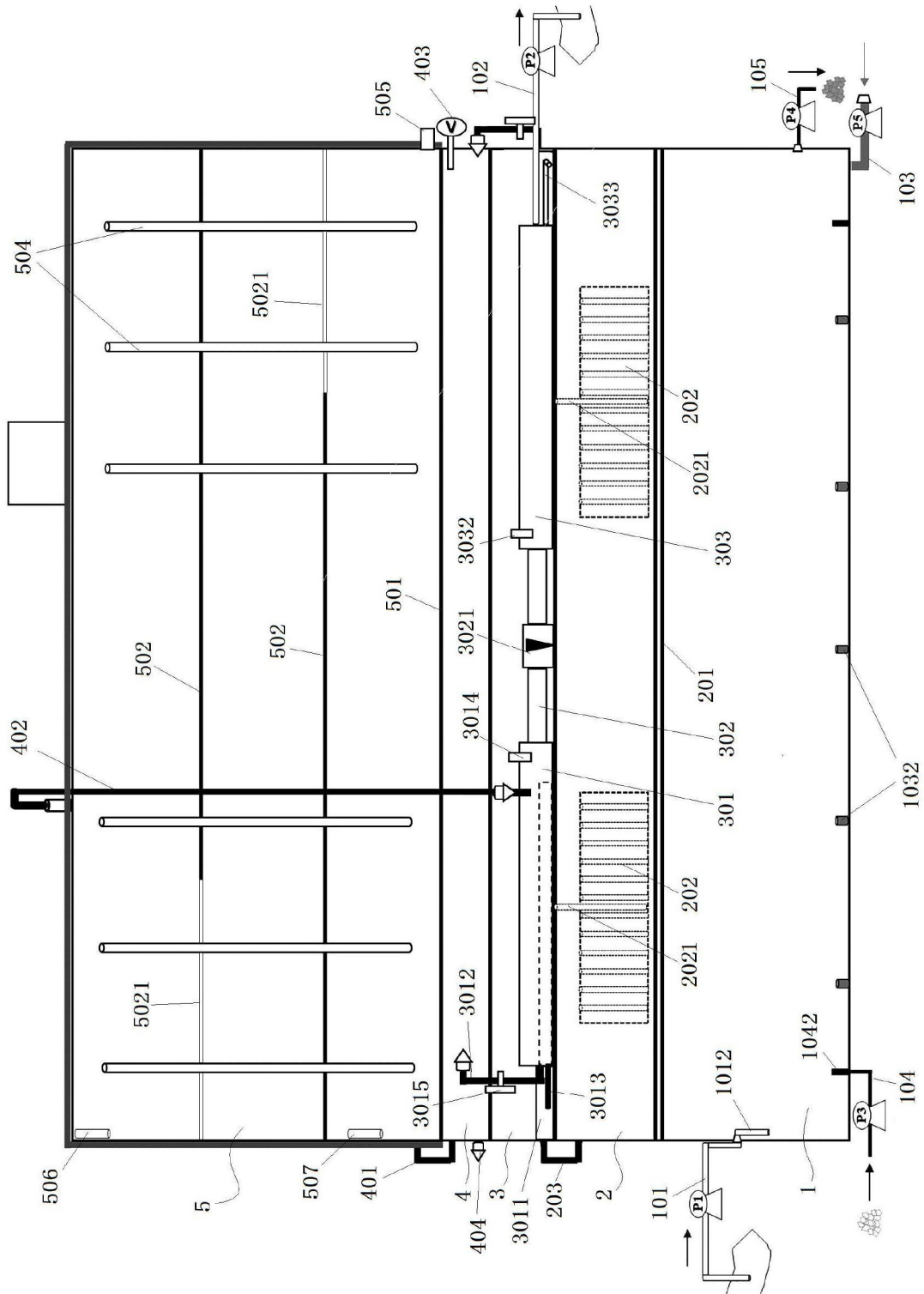


图3

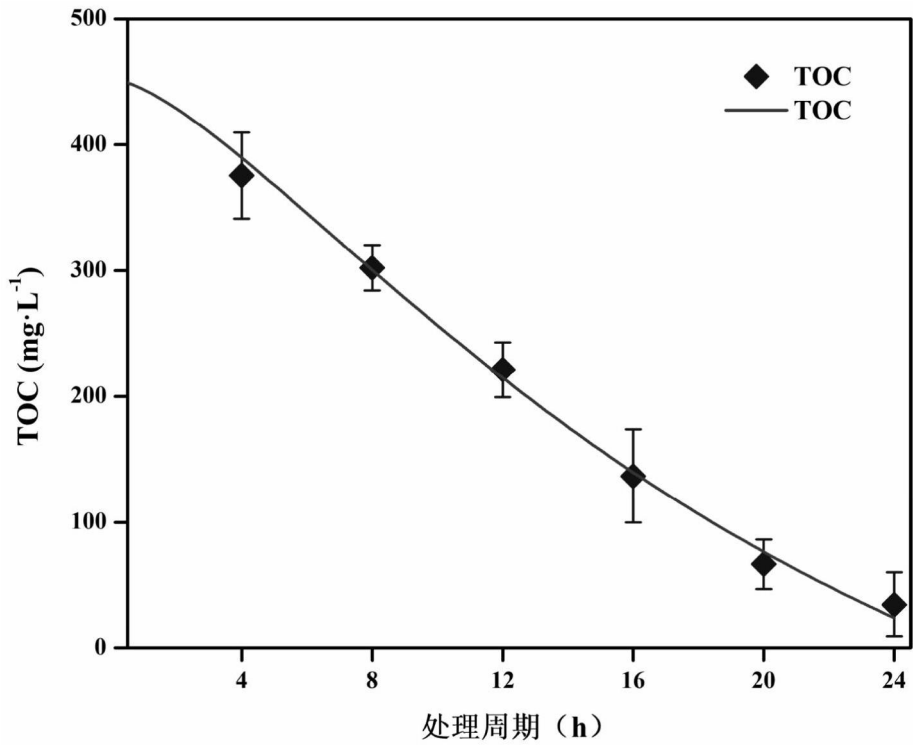


图4

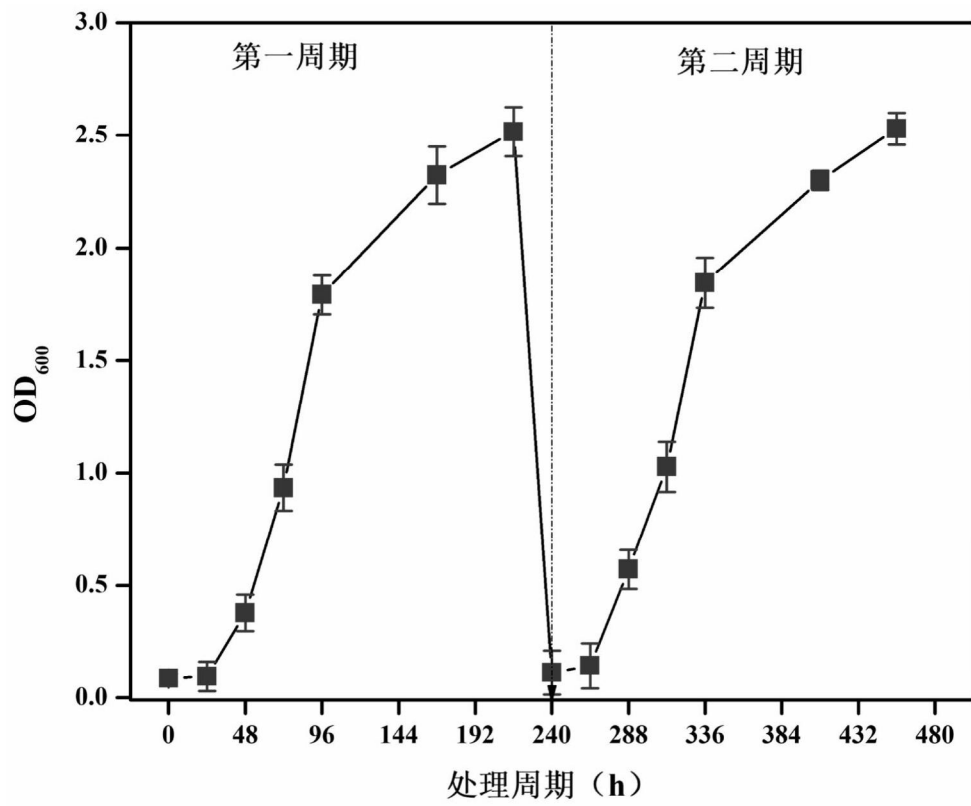


图5

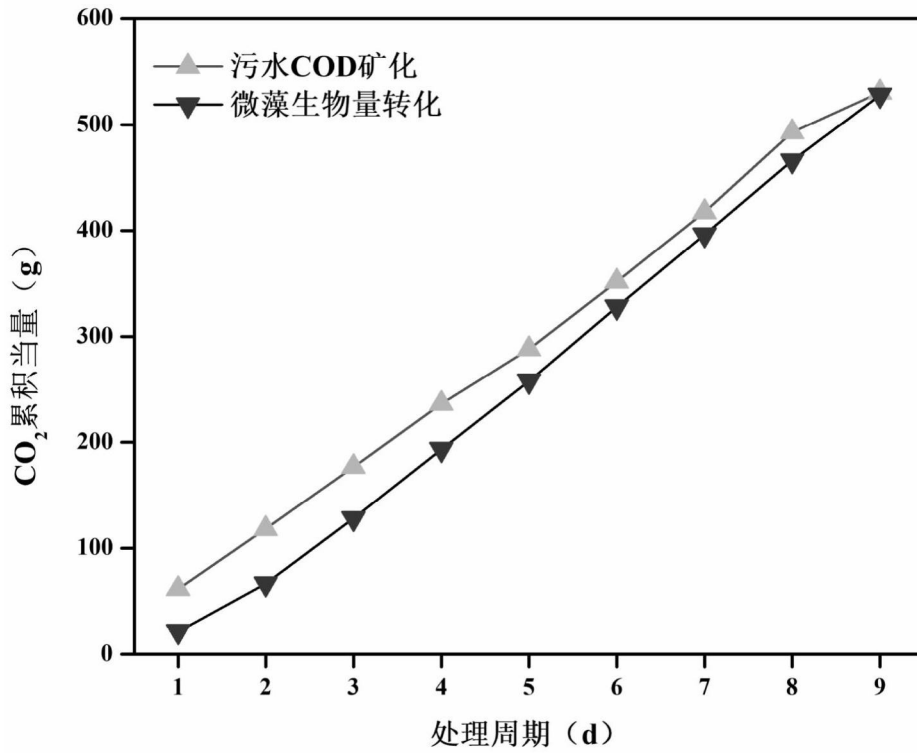


图6