



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111252889 A

(43)申请公布日 2020.06.09

(21)申请号 202010130281.8

(22)申请日 2020.02.28

(71)申请人 广东工业大学

地址 510060 广东省广州市越秀区东风东  
路729号

(72)发明人 何嶝 廖怀玉 孙丽 马金星

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 赵崇杨

(51)Int.Cl.

C02F 3/10(2006.01)

C02F 3/32(2006.01)

C02F 3/34(2006.01)

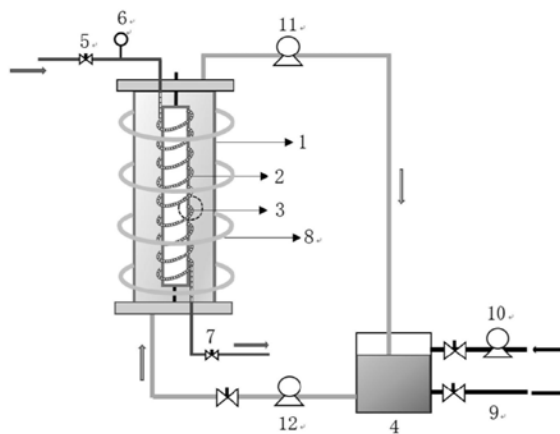
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的  
高盐废水处理装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种菌藻共生法与膜生物膜  
反应器结合的高盐废水处理装置和方法。所述装  
置包括膜生物膜反应器,气体分离膜,菌藻共生  
生物膜及光源;所述膜生物膜反应器为透明材质  
的腔体,腔体顶部分别设有进气管和出水管,腔  
体底部分别设有进水管和出气管;所述气体分离  
膜浇筑成膜组件,设于腔体内,膜组件两端分别  
连接进气管和出气管;所述气体分离膜的表面生  
长有菌藻共生生物膜;所述光源设置在腔体外,  
用于均匀照射膜生物膜反应器。本发明将菌藻共  
生体系与膜生物工艺相结合,克服了传统工艺处  
理高盐废水时细菌耐盐性差、氮磷去除率低、运  
行能耗高等技术缺陷,为高盐废水处理提供了一种  
经济高效的处理技术,具有较大的应用前景。



1. 一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置,其特征在于,包括膜生物膜反应器,气体分离膜,菌藻共生生物膜及光源;所述膜生物膜反应器为透明材质的腔体,腔体顶部分别设有进气管和出水管,腔体底部分别设有进水管和出气管;所述气体分离膜浇筑成膜组件,设于腔体内,膜组件两端分别连接腔进气管和出气管;所述气体分离膜的表面生长有菌藻共生生物膜;所述光源设置在腔体外,用于均匀照射膜生物膜反应器。

2. 根据权利要求1所述的高盐废水处理装置,其特征在于,还包括储水池、稳压阀、气压表、泄压阀、进水泵、出水泵以及循环泵;所述储水池分别与膜生物膜反应器上的进水管和出水管分别连接,组成循环系统;储水池上还分别连接有外部进水管、外部出水管,外部进水管用于将待处理的高盐废水输送至储水池中,外部出水管用于将处理好的高盐废水排出;所述稳压阀、气压表设于膜生物膜反应器的进气管上;所述泄压阀设于膜生物膜反应器的出气管上;所述进水管上设有阀门和循环泵,出水管上设有出水泵,外部出水管上设有阀门,外部进水管上设有阀门和进水泵。

3. 根据权利要求1或2所述的高盐废水处理装置,其特征在于,膜生物膜反应器内部设有柱形的支撑内胆,所述气体分离膜缠绕于内胆上。

4. 根据权利要求3所述的高盐废水处理装置,其特征在于,水流方向与气体分离膜成 $90^{\circ}$ 角。

5. 根据权利要求1或2所述的高盐废水处理装置,所述光源环绕设置在膜生物膜反应器外壳上。

6. 根据权利要求5所述的高盐废水处理装置,其特征在于,所述光源为LED灯。

7. 根据权利要求1或2所述的高盐废水处理装置,其特征在于,所述透明材质为透明有机玻璃。

8. 根据权利要求1或2所述的高盐废水处理装置,其特征在于,所述气体分离膜具有粗糙的外表面。

9. 一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理方法,其特征在于,先对膜生物膜反应器内的微生物进行高盐驯化培养,然后将高盐废水从膜生物膜反应器底部进水口进入反应器腔体中,自下而上流动;再将 $O_2$ 和 $CO_2$ 的混合气体从膜生物膜反应器顶部进入气体分离膜内腔,自上而下流动;然后打开光源,照膜生物膜反应器外壳表面,在菌藻共生生物膜及悬浮态菌藻共生体作用下完成系统脱氮除磷过程。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,微生物高盐驯化培养为采用逐步添加高盐废水的方式进行驯化培养,并监控水质去除效果;第一阶段,进水为高盐废水与无盐度废水的混合液,盐度为 $0.5\% \sim 1\%$ ;第二阶段,高盐废水的比例逐渐提高,直到系统盐度达到 $3\% \sim 4\%$ ;第三阶段,采用 $5 \sim 6\%$ 盐度的高盐废水作为进水;三个阶段的污染物浓度相同,光照强度控制在 $3000 \sim 10000 \text{lux}$ ,温度控制在 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

## 一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理技术领域,尤其涉及高盐废水处理技术领域,更具体地,涉及一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置及方法。

### 背景技术

[0002] 随着我国人口数量的不断增加、经济体系的快速发展,社会各行业废水排放量日益增多。国家统计局最新数据显示:2017年我国废水排放总量约为699.66 亿吨,其中总氮总磷排放量分别达216.46万吨和11.84万吨,此类废水若未得到有效治理而直接排放至天然水体,加速接纳水体环境恶化,增加水体富营养化几率。《中国水资源公报(2018年)》指出:在全国监测的124个重要湖泊中,劣V 类湖泊占监测总数的16.1%,而符合I~I类水质标准的湖泊仅为25.0%;监测营养状态的121个湖泊中,中营养湖泊占26.5%,富营养湖泊占73.5%,可见,目前我国面临着严重的水体污染及富营养化问题。此外,工业废水排放是我国污染源中非常重要的组成部分之一,2017年,我国工业废水排放量约为189.9亿吨,占废水排放总量的27.14%。其含有高浓度无机盐离子,并携带大量的碳、氮等污染物,处理难度大,难以重复利用。此类废水若未经有效处理而直接排放,不仅破坏河流生态环境,更危害人类身体健康。可见,针对高盐废水的有效处理,对解决我国水环境污染问题具有重要的理论和实践意义。

[0003] 膜生物膜反应器(Membrane Biofilm Reactor,MBfR)是现有的一种高效的污水处理技术,其核心部件中空纤维膜同时起到无泡曝气和微生物附着载体的双重作用。气相在中空纤维膜内流动,并以分子状态传质到生物膜内部,气体利用率高;同时中空纤维膜具有粗糙的外表面,有利于微生物附着生长,相较悬浮生长的活性污泥法而言,附着生长更有利于功能菌群的富集,强化污染物去除效果。但是由于高盐废水中的高渗透压环境易对细菌的生命活动造成毒害作用,并且较高的盐度会提升污水密度,缩小污泥与水的比重差,使污泥悬浮于水面不易附着在中空纤维膜上,从而影响污水处理效果,在一定程度上制约着MBfR在高盐废水处理方面的应用。同时,传统的利用活性污泥与MBfR结合处理高盐废水时,存在着氮磷去除率不高、运行能耗高、工艺占地面积大等问题。

[0004] 目前,利用菌藻共生体系进行污水处理是一种新兴的污水处理技术。在光照条件下,藻类吸收细菌呼吸作用释放的CO<sub>2</sub>,通过光合作用合成自身生长繁殖所需的生物质,与此同时释放O<sub>2</sub>,而水体中细菌能够利用藻类光合作用释放的O<sub>2</sub>进行代谢活动,在一定程度上降低系统额外曝气能耗。此外,藻类具有高效的氮磷去除能力及较强的耐盐性,在提高污染物去除效率的同时还可以解决高盐废水处理时微生物耐盐性差的问题。目前,还未见有将菌藻共生法与膜生物膜反应器(Membrane Biofilm Reactor,MBfR)结合运用于高盐废水的报道,因此处理开发一种氮磷去除率高、运行能耗低、工艺占地面积小的新型菌藻共生膜生物膜反应器高盐废水处理工艺和装备,具有重要研究意义和广阔的应用前景。

## 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的上述缺陷和不足,提供一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种高菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置。

[0007] 本发明的上述目的是通过以下技术方案给予实现的:

[0008] 一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置,包括膜生物膜反应器,气体分离膜,菌藻共生生物膜及光源;所述膜生物膜反应器为透明材质的腔体,腔体顶部分别设有进气管和出水管,腔体底部分别设有进水管和出气管;所述气体分离膜浇筑成膜组件,设于腔体内,膜组件两端分别连接腔体顶部的进气管和底部的出气管;所述气体分离膜的表面生长有菌藻共生生物膜;所述光源设置在腔体外,用于均匀照射膜生物膜反应器。

[0009] 所述膜生物膜反应器为进行废水处理的场所,也是核心部件之一,透明材质可以保证外部光源对反应器内的微藻提供光源。进气管用于向反应器内输送 $O_2$ 和 $CO_2$ 的混合气体,供微藻和反应器内的微生物;出气管用于排出尾气。进水管用于输送高盐废水至膜生物膜反应器中,出水管用于将处理后的废水排出。气体分离膜同时起到提供微生物生长所需的 $O_2$ 和 $CO_2$ 以及微生物附着载体的作用;微藻作为初级生产者吸收高盐废水中的无机碳以及从气体分离膜中扩散至液相主体的 $CO_2$ 进行光合作用,并产生 $O_2$ 为水体中的细菌提供氧源,细菌通过分解高盐废水中的有机物产生无机氮、磷和 $CO_2$ 为微藻提供无机盐,如此循环,构建菌藻共生关系,强化污染物去除效率;气体分离膜作为微生物附着载体,在 $CO_2$ 以及光源的吸引作用下,“菌藻共生体”将趋向附着生长在气体分离膜的外表面形成菌藻共生生物膜,生物膜的形成利于污染物去除以及避免藻体流失而导致二次污染。此外,相较于传统的活性污泥,藻类盐度耐受性强,能在高盐环境中维持稳定的结构,克服了传统活性污泥在高盐环境中耐盐性差的缺点。因此,进入膜生物膜反应器的高盐废水会在菌藻共生生物膜及悬浮态菌藻共颗粒作用下完成脱氮除磷过程。

[0010] 优选地,所述装置还包括储水池、稳压阀、气压表、泄压阀、进水泵、出水泵以及循环泵;所述储水池分别与膜生物膜反应器上的进水管和出水管分别连接,组成循环系统;储水池上还分别连接有外部进水管、外部出水管,外部进水管用于将待处理的高盐废水输送至储水池中,外部出水管用于将处理好的高盐废水排出;所述稳压阀、气压表设于膜生物膜反应器的进气管上;所述泄压阀设于膜生物膜反应器的出气管上;所述进水管上设有阀门和循环泵,出水管上设有出水泵,外部出水管上设有阀门,外部进水管上设有阀门和进水泵。

[0011] 其中,进入膜生物膜反应器的高盐废水流速通过进水泵、循环泵及出水泵控制;进入气体分离膜中的气流量主要通过稳压阀、气压表和泄压阀调控,尾气通过泄压阀排出。首先,高盐废水在进水泵、循环泵的作用下进入膜生物膜反应器中;气体在稳压阀、气压表的共同作用下进入气体分离膜的内腔,并在光源照射下,在气体分离膜外表面生长有菌藻共生生物膜;尾气在泄压阀的作用下释放出体系外;进入膜生物膜反应器的水体在菌藻共生生物膜及悬浮态菌藻共颗粒作用下完成脱氮除磷过程,并在外部进水泵、出水泵、循环泵、储水池的共同作用下进行循环,处理后经外部出水管排出系统。

- [0012] 优选地,膜生物膜反应器内部设有柱形的支撑内胆,所述气体分离膜缠绕于内胆上。
- [0013] 更优选地,气体分离膜缠绕于内胆上,使得水流方向与气体分离膜成90°角。
- [0014] 优选地,所述光源环绕设置在膜生物膜反应器外壳上。
- [0015] 更优选地,所述光源为LED灯。
- [0016] 理论上,具有耐高盐废水腐蚀,且可透光的材质均可以用于所述膜生物膜反应器的外壳。优选地,所述透明材质为透明有机玻璃。
- [0017] 优选地,所述气体分离膜具有粗糙的外表面,从而更有利于微生物的附着及菌藻共生生物膜的形成。
- [0018] 一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理方法,先对膜生物膜反应器内的微生物进行高盐驯化培养,然后将高盐废水的从膜生物膜反应器底部进水口进入反应器腔体中,自下而上流动;再将O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的混合气体从膜生物膜反应器顶部进入气体分离膜内腔,自上而下流动;然后打开光源,照膜生物膜反应器外壳表面,在菌藻共生生物膜及悬浮态菌藻共生体作用下完成系统脱氮除磷过程。
- [0019] 优选地,微生物高盐驯化培养为采用逐步添加高盐废水的方式进行驯化培养,并监控水质去除效果;第一阶段,进水为高盐废水与无盐度废水的混合液,盐度为0.5%~1%;第二阶段,高盐废水的比例逐渐提高,直到系统盐度达到3%~4%;第三阶段,采用5~6%盐度的高盐废水作为进水;三个阶段的污染物浓度相同,光照强度控制在3000~10000lux,温度控制在25~30℃。
- [0020] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:
- [0021] 本发明将菌藻共生法与膜生物膜反应器结合运用于高盐废水处理,具有氮磷去除能力强、运行能耗低、基建费用低、抗冲击能力强等优点,适合大规模的高盐废水处理。

## 附图说明

- [0022] 图1为本发明第一种新型菌藻共生膜生物膜反应器高盐废水处理装置的结构示意图和废水处理工艺流程图。
- [0023] 图2为本发明第二种新型菌藻共生膜生物膜反应器高盐废水处理装置的结构示意图和废水处理工艺流程图。
- [0024] 图3为本发明新型菌藻共生膜生物膜反应器高盐废水处理工艺原理示意图。
- [0025] 图注:1-膜生物膜反应器;2-气体分离膜;3-菌藻共生生物膜;4-储水池;5-稳压阀;6-气压表;7-泄压阀;8-LED灯;9-出水管;10-进水泵;11-出水泵;12-循环泵。

## 具体实施方式

[0026] 以下结合说明书附图和具体实施例来进一步说明本发明,但实施例并不对本发明做任何形式的限定。其中,附图仅用于示例型说明,表示的仅是示意图,而非实物图,不能理解为对本专利的限制;为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺。

[0027] 实施例1

[0028] 如图1所示,一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置。主要由

膜生物膜反应器 (MBfR) 1、气体分离膜2、生物膜3、储水池4、稳压阀5、气压表6、泄压阀7、LED灯8、出水管9、进水泵10、出水泵11以及循环泵12组成。膜生物膜反应器1为透明有机玻璃材质的空心圆柱腔体,腔体内部设有圆柱形的支撑内胆,腔体顶部分别设有进气管和出水管,腔体底部分别设有进水管和出气管,稳压阀5、气压表6设于进气管上,泄压阀7设于出气管上,所述进水管上设有阀门和循环泵12;气体分离膜2缠绕于反应器内胆,使得水流方向与气体分离膜2成90°角,由气体分离膜2浇筑成的膜组件两端分别连接腔体顶部的进气管和底部的出气管;所述气体分离膜的表面生长有菌藻共生生物膜3;所述LED灯环绕于膜生物膜反应器1外壳,用于均匀照射膜生物膜反应器1内部;所述装置还包括储水池4,储水池4上还分别连接有外部进水管、外部出水管,外部进水管用于将待处理的高盐废水输送至储水池中,外部出水管用于将处理好的高盐废水排出,外部出水管上设有阀门,外部进水管上设有阀门和进水泵。

[0029] 上述装置中,进气管用于向反应器内输送O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的混合气体,供微藻和反应器内的微生物利用;出气管用于排出尾气。进水管用于输送高盐废水至膜生物膜反应器中,出水管用于将处理后的废水排出。气体分离膜2同时起到提供微生物生长所需的O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>以及微生物附着载体的作用;O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的混合气体在稳压阀5、气压表6的共同作用下进入气体分离膜2的内腔,然后在供气压力驱动下进入液相透过气体分离膜进入到液相中,微藻作为初级生产者吸收高盐废水中的无机碳以及从气体分离膜中扩散至液相主体的CO<sub>2</sub>进行光合作用,并产生 O<sub>2</sub>为水体中的细菌提供氧源,细菌通过分解高盐废水中的有机物产生无机氮、磷和CO<sub>2</sub>为微藻提供无机盐,如此循环,构建菌藻共生关系,强化污染物去除效率(如图3);气体分离膜2作为微生物附着载体,在CO<sub>2</sub>以及光源的吸引作用下,“菌藻共生体”将趋向附着生长在气体分离膜的外表面形成菌藻共生生物膜 3,生物膜的形成利于污染物去除以及避免藻体流失而导致二次污染。此外,相较于传统的活性污泥,藻类盐度耐受性强,能在高盐环境中维持稳定的结构,克服了传统活性污泥在高盐环境中耐盐性差的缺点。因此,进入膜生物膜反应器的高盐废水会在菌藻共生生物膜及悬浮态菌藻共颗粒作用下完成脱氮除磷过程。

[0030] 本装置在处理废水时,进水方式采用“下进上出”,进气方式采用“上进下出”。

[0031] MBfR1在使用前需要对体系内微生物进行驯化培养:本发明采用逐步添加高盐废水的方式进行驯化培养,并监控水质去除效果。第一阶段,进水为高盐废水与无盐度废水的混合液,盐度为0.5%~1%;第二阶段,高盐废水的比例逐渐提高,直到系统盐度达到3%~4%;第三阶段,采用5~6%盐度的高盐废水作为进水。三个阶段的污染物浓度相同,光照强度控制在3000~10000lux,温度控制在 25~30℃。

[0032] 具体操作方式如下:

[0033] 微生物盐度驯化完成后,高盐废水在进水泵10的作用下先进入储水池4,再在循环泵12的作用下从反应体系底部进入MBfR1中,自下而上流动,混合气体从MBfR1顶端进入气体分离膜2内腔,气压由稳压阀5以及气压表6调控,自上而下流动。LED灯8缠绕在MBfR1外壳表面,气体分离膜2缠绕于反应器内胆,使得水流方向与气体分离膜2成90°角,在LED灯8的照射下,气体分离膜2上生长有菌藻共生生物膜3;尾气在泄压阀7的作用下释放出体系外;进入 MBfR1的高盐废水在菌藻共生生物膜3及悬浮态菌藻共生体作用下完成系统脱氮除磷过程,在进水泵10、出水泵11、循环泵12、储水池4的共同作用下进行循环;完成一个水力停

留时间后,经处理过的高盐废水从反应体系底部进入储水池4中,经沉淀之后由出水管9排出系统。

[0034] 具体的污水处理效果如下:

[0035] 本实施方式采用高盐废水,COD去除率可达 $93 \pm 4.2\%$ ,总氮去除率可达  $85 \pm 4.5\%$ ,磷去除率可达 $82 \pm 2.3\%$ ,较传统活性污泥法提高15~25%。

[0036] 实施例2

[0037] 如图2所示,一种菌藻共生法与膜生物膜反应器结合的高盐废水处理装置,其结构与实施例1基本相同,唯一不同之处在于:膜生物膜反应器腔体内部不设有圆柱形的支撑内胆,气体分离膜2排布方向与水流方向平行;所述装置的工作原理和操作方法与具体实施1相同。

[0038] 本实施方式仍采用高盐废水,COD去除率可达 $91 \pm 4.2\%$ ,总氮去除率可达  $85 \pm 4.5\%$ ,磷去除率可达 $81 \pm 2.3\%$ ,较传统活性污泥法提高15~25%。

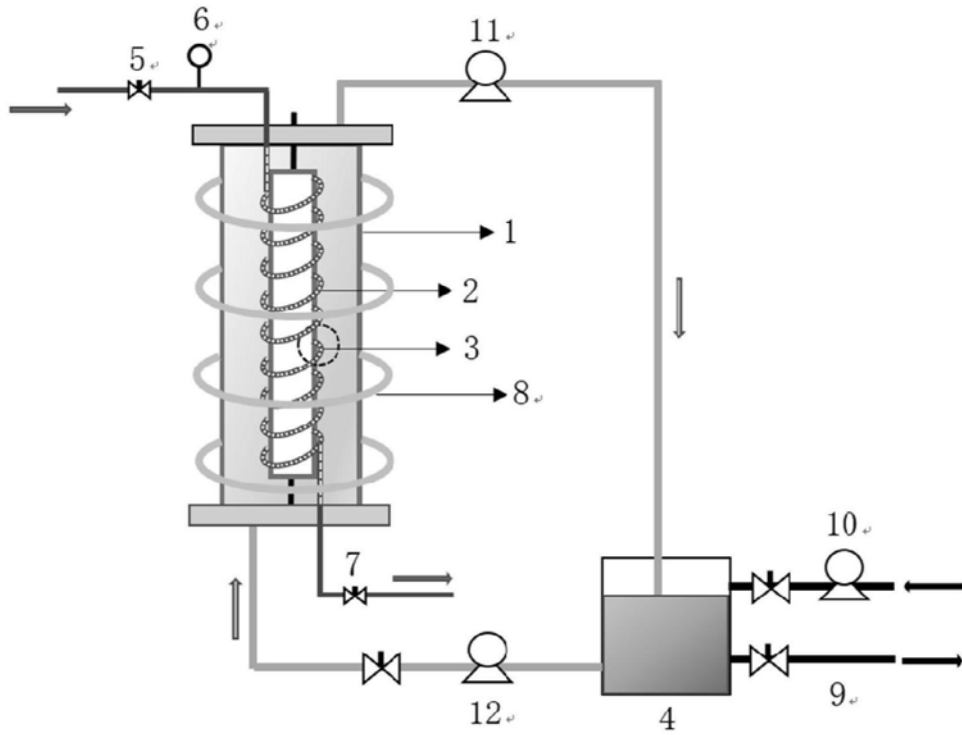


图1

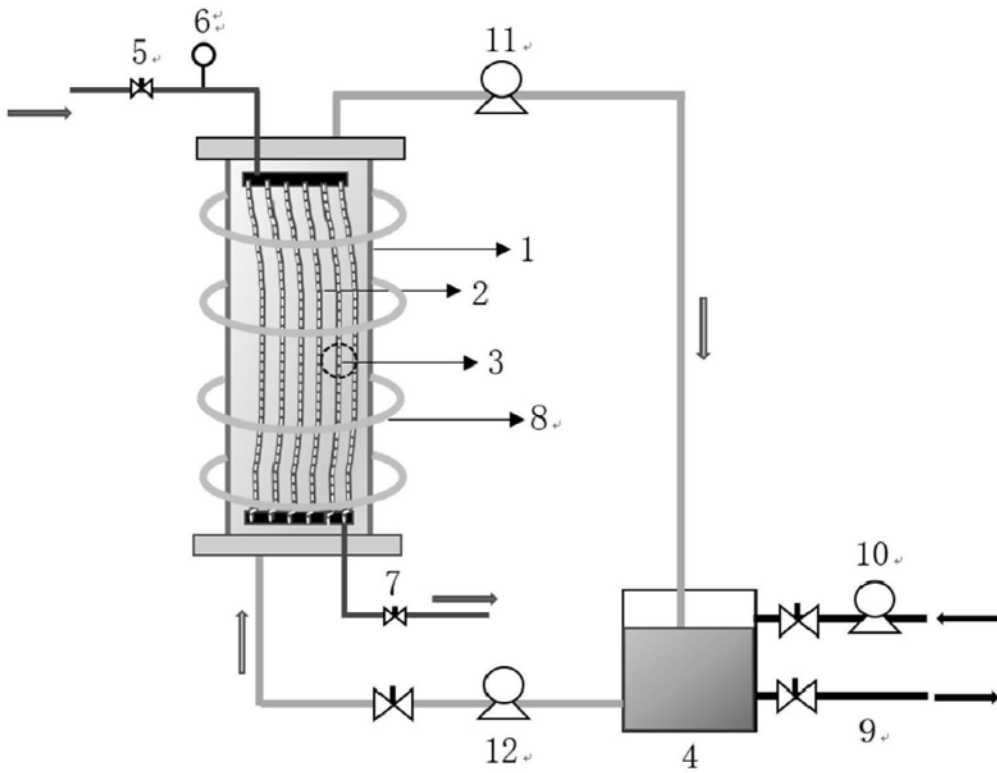


图2



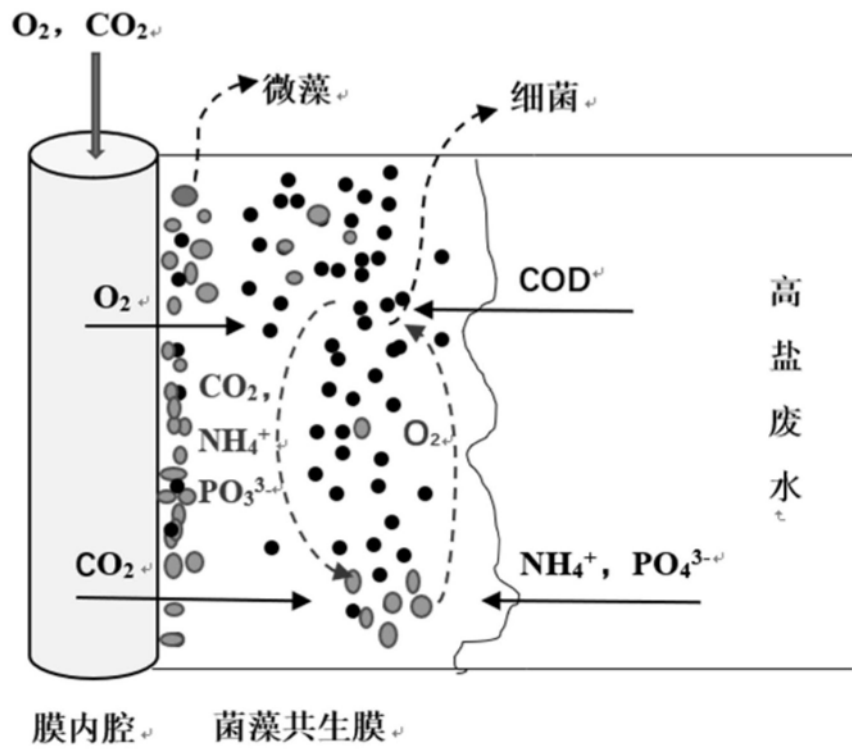


图3