



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114890551 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 12

(21) 申请号 202210640973.6

(22) 申请日 2022.06.08

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 苗蕾 刘佐丞 王宗平 赵道通

(74) 专利代理机构 北京金智普华知识产权代理  
有限公司 11401

专利代理师 张晓博

(51) Int. Cl.

C02F 3/32 (2006.01)

C02F 3/34 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

C02F 101/16 (2006.01)

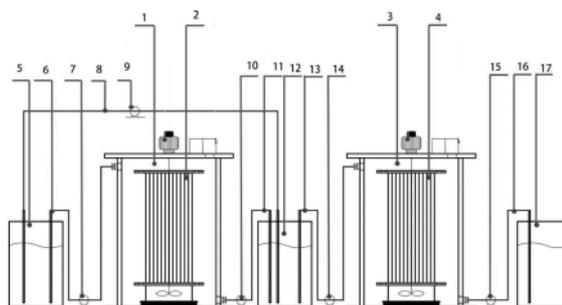
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法

(57) 摘要

本发明提供了一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,涉及污水治理技术领域,旨在解决现有的废水脱氮处理工艺中,能耗较大,且效率较低的问题,采用的技术方案是,将短程硝化菌与微藻等自养脱氮微生物耦合,在一号反应器中构建菌藻共生系统,在一号反应器中生物膜外层的微藻通过光合作用产生氧气,生物膜内层的短程硝化菌利用水中氧气实现短程硝化,短程硝化所产生 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ ,为二号反应器中的厌氧氨氧化提供反应基质;将厌氧氨氧化菌培养在二号反应器中,在二号反应器中建构了厌氧氨氧化生物膜系统,与短程硝化菌分开培养,避免了短程硝化所需的高溶解氧条件,对厌氧氨氧化的抑制作用,提高了厌氧氨氧化利用氨氮的效率,实现高效脱氮。



1. 一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,将进水箱(5)中的含一定浓度的 $\text{NH}_4^+$ -N废水通入一号反应器(1)中,对一号反应器(1)中的废水进行搅拌,并对一号反应器(1)进行照亮;

步骤2,一号反应器(1)中pH稳定后,关闭对一号反应器(1)照亮,并停止搅拌,通过一号反应器(1)中的填料架(2)内的微藻和短程硝化菌,将废水中 $\text{NH}_4^+$ -N将全部转化为 $\text{NO}_2^-$ -N,一号反应器(1)中反应结束;

步骤3,将一号反应器(1)中的废水输送到中间水箱(12)中;

步骤4,将进水箱(5)中含 $\text{NH}_4^+$ -N的剩余废水输送到中间水箱(12)中;

步骤5,通过控制连接一号泵(10)和进水二号泵(9)的运行功率与时间,控制连接一号管(11)内总流量与进水二号线(8)内总流量,使中间水箱(12)内的水中 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N含量比保持在一定比例;

步骤6,将中间水箱(12)中的废水输送到二号反应器(3)中,对二号反应器(3)中的废水进行搅拌,通过二号反应器(3)中第二填料架(4)上的厌氧氨氧化生物膜,使得水中 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N转化为 $\text{N}_2$ ;

步骤7,二号反应器(3)中pH稳定后,关闭二号反应器(3)中的搅拌,此时二号反应器(3)内反应基质 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N已全部消耗完成,二号反应装置反应结束。

步骤8,待二号反应器(3)反应结束后,将二号反应器(3)中的废水输送到出水箱(17)中,完成脱氮。

2. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述步骤1中,通入一号反应器(1)中含90-110mg/L浓度的 $\text{NH}_4^+$ -N废水。

3. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述步骤2中, $\text{NH}_4^+$ -N转化为 $\text{NO}_2^-$ -N的化学反应方程式为 $\text{NH}_4^++1.5\text{O}_2\rightarrow\text{NO}_2^-+\text{H}_2\text{O}+2\text{H}^+$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述步骤2中,废水的PH值会从8.0-7.4开始逐渐下降,待到PH不再下降,出现上升时,废水的PH值为7.3-7.7。

5. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述步骤5中,中间水箱(12)内的水中 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N含量比为1:1.32。

6. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述步骤6中, $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N转化为 $\text{N}_2$ 的化学反应方程式为 $\text{NH}_4^++1.32\text{NO}_2^-+0.066\text{HCO}_3^-+0.13\text{H}^+\rightarrow 1.02\text{N}_2+0.26\text{NO}_3^-+0.066\text{CH}_2\text{O}_{0.5}\text{N}_{0.15}+2.03\text{H}_2\text{O}$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述步骤7中,废水的PH值会从7.5-7.9开始逐渐上升,待到PH不再上升,出现下降时,废水的PH值为8.0-8.4。

8. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述一号反应器(1)和所述二号反应器(3)均采用SBBR序批式生物膜反应器。

9. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述一号反应器(1)中的填料架(2)内的微藻为小球藻。

10. 根据权利要求1所述的一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,其特征在于:所述二号反应器(3)中第二填料架(4)上培养的是厌氧氨氧化菌。

## 一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及污水治理技术领域,具体为一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法。

### 背景技术

[0002] 随着我国人民生活水平的不断提高以及管道收集系统的不断完善,产生的污废水种类与成分也随之变得复杂,目前污水处理厂进水水质总体上呈现出有机物偏低、氮磷偏高的特点。然而国内污水处理厂普遍采用的主流污水处理工艺存在着能耗高、有机物消耗多等问题,尤其处理低C/N比污水时还存在出水总氮难达标的问题,因此我国亟需一种新型的低能耗高效生物脱氮装置及方法,来满足我国经济社会的发展需求。

[0003] 厌氧氨氧化是近年来新兴的生物脱氮技术,是在厌氧条件下厌氧氨氧化菌将 $\text{NH}_4^+$ -N和 $\text{NO}_2^-$ -N转化为 $\text{N}_2$ 的脱氮过程。与传统硝化-反硝化工艺相比,厌氧氨氧化工艺减少了曝气消耗(60%)、有机碳需求(100%)、污泥产量(90%)和温室气体排放( $\text{N}_2\text{O}$ 和 $\text{CO}_2$ )。虽然厌氧氨氧化相对于传统工艺有如此多的优点,但是也有一定的局限性。由于污水中的氮通常是 $\text{NH}_4^+$ -N的形式存在,缺少厌氧氨氧化反应的基质 $\text{NO}_2^-$ -N,所以很难直接利用厌氧氨氧化。通常现存的方式是加入短程硝化菌提前处理,将水体中部分 $\text{NH}_4^+$ -N氧化成 $\text{NO}_2^-$ -N,随后再进行厌氧氨氧化。但是短程硝化需要进行大量曝气,需要大量的能源。随着我国“双碳”政策的不断推动,减少耗能成为水处理行业中的方向。

[0004] 菌藻共生体系是一种将细菌与微藻结合的污水处理技术,近些年受到了研究人员的广泛关注。本着资源友好型的发展理念,将菌藻共生与新型脱氮工艺相结合,采用生物膜法首先将微藻与短程硝化菌耦合成一体化生物膜系统,形成菌藻共生的自养生物膜系统,此系统中微藻通过光合作用,提供氧气给短程硝化菌利用,进而在短程硝化菌的作用下将水中 $\text{NH}_4^+$ -N氧化成 $\text{NO}_2^-$ -N,这样的生物膜系统既能保证生物量,又无需曝气,大大减少曝气能耗和处理费用,同时还能够为后续厌氧氨氧化提供反应基质,促进反应顺利进行,最终通过第二个厌氧氨氧化生物膜系统实现污水的低能耗高效脱氮。因此基于菌藻共生的新型生物脱氮技术,将在污水脱氮方面有较好的应用前景。

### 发明内容

[0005] 鉴于现有技术中所存在的问题,本发明公开了一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法,采用的技术方案是,包括以下步骤,

步骤1,将进水箱中的含90-110mg/L浓度 $\text{NH}_4^+$ -N废水通过进水一号管进入一号反应器中,开启一号反应器中的搅拌装置,对废水进行搅拌;同时开启照明装置,照明装置包括若干灯组,一号反应器SBBR序批式生物膜反应器,且一号反应器采用透明材质,一号反应器中填料架上生物膜外层的微藻会在光照条件下,通过光合作用产生氧气从而提高水中溶解氧浓度,促进生物膜内层的短程硝化菌发生短程硝化反应,微藻可采用小球藻,利用微藻产生的氧气,提供给短程硝化菌,使短程硝化菌将 $\text{NH}_4^+$ -N转化为 $\text{NO}_2^-$ -N,转化率100%,转化方

程式为 $\text{NH}_4^+ + 1.5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ ;

步骤2,一号反应器中PH会从8.0-8.4开始逐渐下降,待到PH不再下降出现上升,此时PH大约为7.3-7.7时,关闭照明装置与搅拌装置,此时一号反应器内废水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 将全部转化为 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ ,转化率为100%,一号反应器中反应结束;

步骤3,待一号反应器反应结束后,将一号反应器中的出水口通过连接一号管与连接一号泵输送到中间水箱中;

步骤4,将进水箱中含90~110mg/L浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 废水通过净水2号管和进水二号泵直接输送到中间水箱中,与一号反应器的出水混合均匀;

步骤5,通过控制连接一号泵和进水二号泵的运行功率与时间,使得通过连接一号管内总流量与进水二号管内总流量比值保持在1.32左右,此时中间水箱内的水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量比为1:1.32;

步骤6,将中间水箱中的出水通过连接二号管与连接二号泵输送到二号反应器中,二号反应器与一号反应器结构相同,开启搅拌装置,二号反应器中第二填料架上的厌氧氨氧化生物膜,能够发生厌氧氨氧化反应,使得水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 转化为 $\text{N}_2$ ,化学方程式为 $\text{NH}_4^+ + 1.32\text{NO}_2^- + 0.066\text{HCO}_3^- + 0.13\text{H}^+ \rightarrow 1.02\text{N}_2 + 0.26\text{NO}_3^- + 0.066\text{CH}_2\text{O}_{0.5}\text{N}_{0.15} + 2.03\text{H}_2\text{O}$ ,转化率约88%,从而实现脱氮功能;

步骤7,二号反应器中PH值约从7.5~7.9上升至8.0~8.4,PH会逐渐上升,待到PH不再上升,且轻微下降时,关闭搅拌装置,此时二号反应器内反应基质 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 已全部消耗完成,二号反应器反应结束

步骤8,待二号反应器反应结束后,打开出水装置,将二号反应器中的出水口通过出水泵输送到出水箱中,完成脱氮处理。

[0006] 本发明的有益效果:本发明将短程硝化菌与微藻等自养脱氮微生物耦合,在一号反应器中构建菌藻共生系统,在一号反应器中生物膜外层的微藻通过光合作用产生氧气,生物膜内层的短程硝化菌利用水中氧气实现短程硝化,即将 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 氧化成 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ ,此过程无需曝气设备,节约了曝气能耗,短程硝化所产生 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ ,为二号反应器中的厌氧氨氧化提供反应基质。

[0007] 进一步的,将厌氧氨氧化菌培养在二号反应器中,在二号反应器中建构了厌氧氨氧化生物膜系统,与短程硝化菌分开培养,避免了短程硝化所需的高溶解氧条件,对厌氧氨氧化的抑制作用,提高了厌氧氨氧化利用氨氮的效率,实现高效脱氮。

[0008] 进一步的,所构建的两个生物膜系统,都是自养型生物膜系统,无需外加碳源,节能高效,符合我国“双碳”与绿色水厂转型需求,具有非常大的利用价值。

[0009] 采用了灯组为一号反应器中的生物膜外层的微藻提供光源,提高微藻产氧速率;同时光照生物膜时,利用光热效应给微生物提供更合适的反应温度,提高微生物反应活性,加快了反应速度,进一步降低了处理成本。

## 附图说明

[0010] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。在所有附图中,类似的元件或部分一般由类似的附图标记标识。附图中,各元件或部分并不一定按照实际的比例绘制。

[0011] 图1为本发明结构示意图。

[0012] 图中：一号反应器-1, 填料架2, 二号反应器-3, 第二填料架-4, 进水箱-5, 进水一号管-6, 进水一号泵-7, 进水二号管-8, 进水二号泵-9, 连接一号管-11, 连接二号管-13, 连接一号泵-10, 连接二号泵-14, 中间水箱-12, 出水管-16, 出水箱-17, 出水泵-15。

### 具体实施方式

[0013] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述。在本发明的描述中, 需要说明的是, 术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“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。此外, 术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的, 而不能理解为指示或暗示相正对地重要性。

[0014] 在本发明的描述中, 需要说明的是, 除非另有明确的规定和限定, 术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解, 例如, 可以是固定连接, 也可以是可拆卸连接, 或一体地连接; 可以是机械连接, 也可以是电连接; 可以是直接相连, 也可以通过中间媒介间接相连, 可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言, 可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0015] 实施例1

[0016] 如图1所示, 本发明公开了一种串联式基于菌藻共生的生物脱氮方法, 采用的技术方案是, 包括以下步骤:

步骤1, 将进水箱5中的含一定浓度的 $\text{NH}_4^+$ -N废水通入一号反应器1中, 对一号反应器1中的废水进行搅拌, 并对一号反应器1进行照亮;

步骤2, 一号反应器1中pH稳定后, 关闭对一号反应器1照亮, 并停止搅拌, 通过一号反应器1中的填料架2内的微藻和短程硝化菌, 微藻主要是起到提供氧气给短程硝化菌, 短程硝化菌将废水中 $\text{NH}_4^+$ -N将全部转化为 $\text{NO}_2^-$ -N, 一号反应器1中反应结束;

步骤3, 将一号反应器1中的废水输送到中间水箱12中;

步骤4, 将进水箱5中含 $\text{NH}_4^+$ -N的剩余废水输送到中间水箱12中;

步骤5, 通过控制连接一号泵10和进水二号泵9的运行功率与时间, 控制连接一号管6内总流量与进水二号管8内总流量, 使中间水箱12内的水中 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N含量比保持在一定比例;

步骤6, 将中间水箱12中的废水输送到二号反应器3中, 对二号反应器3中的废水进行搅拌, 通过二号反应器3中第二填料架4上的厌氧氨氧化生物膜, 使得水中 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N转化为 $\text{N}_2$ ;

步骤7, 二号反应器3中pH稳定后, 关闭二号反应器3中的搅拌, 此时二号反应器3内反应基质 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N已全部消耗完成, 二号反应器反应结束。

步骤8, 待二号反应器3反应结束后, 将二号反应器3中的废水输送到出水箱17中, 完成脱氮。

[0017] 作为本发明的一种优选技术方案, 所述步骤1中, 通入一号反应器1中含90mg/L浓度的 $\text{NH}_4^+$ -N废水。

[0018] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤2中, $\text{NH}_4^+$ -N转化为 $\text{NO}_2^-$ -N的化学反应方程式为 $\text{NH}_4^++1.5\text{O}_2\rightarrow\text{NO}_2^-+\text{H}_2\text{O}+2\text{H}^+$ 。

[0019] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤2中,废水的PH值会从8.0开始逐渐下降,待到PH不再下降,出现上升时,废水的PH值为7.3。

[0020] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤5中,中间水箱12内的水中 $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N含量比为1:1.32。

[0021] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤6中, $\text{NH}_4^+$ -N与 $\text{NO}_2^-$ -N转化为 $\text{N}_2$ 的化学反应方程式为 $\text{NH}_4^++1.32\text{NO}_2^-+0.066\text{HCO}_3^-+0.13\text{H}^+\rightarrow 1.02\text{N}_2+0.26\text{NO}_3^-+0.066\text{CH}_2\text{O}_{0.5}\text{N}_{0.15}+2.03\text{H}_2\text{O}$ 。

[0022] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤7中,废水的PH值会从7.5开始逐渐上升,待到PH不再上升,出现下降时,废水的PH值为8.0。

[0023] 作为本发明的一种优选技术方案,所述一号反应器1和所述二号反应器3均采用SBBR序批式生物膜反应器。

[0024] 作为本发明的一种优选技术方案,所述一号反应器1中的填料架2内的微藻为小球藻。

[0025] 作为本发明的一种优选技术方案,所述二号反应器3中第二填料架4上培养的是厌氧氨氧化菌。

[0026] 实施例2

[0027] 本实施例与实施例1的区别在于:所述步骤1中,通入一号反应器1中含110mg/L浓度的 $\text{NH}_4^+$ -N废水。

[0028] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤2中,废水的PH值会从7.4开始逐渐下降,待到PH不再下降,出现上升时,废水的PH值为7.7。

[0029] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤7中,废水的PH值会从7.9开始逐渐上升,待到PH不再上升,出现下降时,废水的PH值为8.4。

[0030] 实施例3

[0031] 本实施例与实施例1的区别在于:所述步骤1中,通入一号反应器1中含100mg/L浓度的 $\text{NH}_4^+$ -N废水。

[0032] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤2中,废水的PH值会从7.7开始逐渐下降,待到PH不再下降,出现上升时,废水的PH值为7.5。

[0033] 作为本发明的一种优选技术方案,所述步骤7中,废水的PH值会从7.7开始逐渐上升,待到PH不再上升,出现下降时,废水的PH值为8.2。

[0034] 本发明的工作原理为:一号反应器1与二号反应器3有效体积均为14L,进水箱5中是 $\text{NH}_4^+$ -N浓度为100mg/L的模拟含 $\text{NH}_4^+$ -N废水,在进水一号泵I3的动力下进入到一号反应器1,反应开始前一号反应器1内废水的pH调节到8.2左右,灯组中每组灯功率为50W,距反应器外壁10cm-15cm,一号反应器1上的pH计用来检测并记录一号反应器1内的反应状态;当一号反应器1内废水的PH值稳定不再下降时,关闭灯组并停止搅拌,一号反应器1内的废水在连接一号泵10动力下进入到中间水箱12中,随后打开进水二号泵9将进水箱5中一部分含 $\text{NH}_4^+$ -N废水输送至中间水箱12中;再将中间水箱12中的水混合均匀后,此时通过连接二号泵14输送至二号反应器3中;二号反应器3反应开始前废水PH调节到7.8左右,二号反应器3上的

PH计用来检测并记录二号反应器3内的反应状态;当二号反应器3中PH值不再上升时,停止二号反应器3中的搅拌,二号反应器3静沉半小时后排入出水箱17中。

[0035] 现有技术的脱氮工艺中,废水脱氮率为83~89%,基于本发明进行菌藻共生的生物脱氮,脱氮率是85%~90%,脱氮前废水中的总氮含量90~110mg/L,脱氮后,废水中的总氮含量8.0mg~16.0mg/L。

[0036] 本文中未详细说明的部件为现有技术。

[0037] 上述虽然对本发明的具体实施例作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施例,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化,而不具备创造性劳动的修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

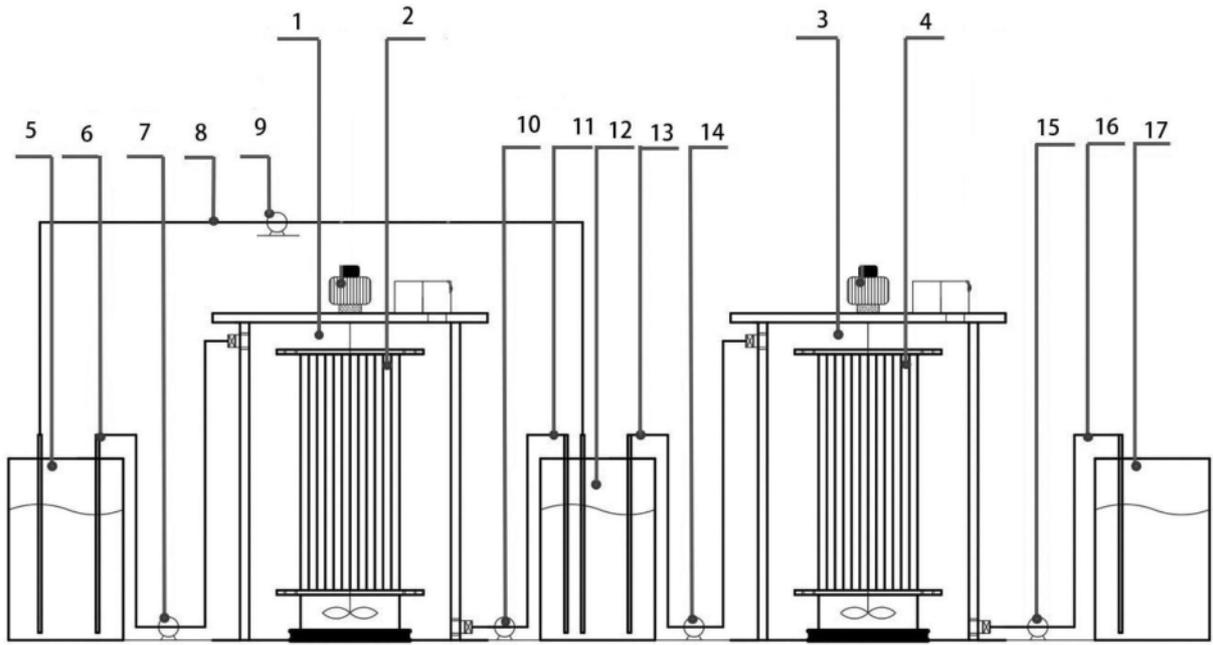


图1