



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104671411 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201510103781. 1

(22) 申请日 2015. 03. 10

(71) 申请人 北京林业大学

地址 100083 北京市海淀区清华东路 35 号

(72) 发明人 王毅力 陈晴 张盼月

(51) Int. Cl.

C02F 3/30(2006. 01)

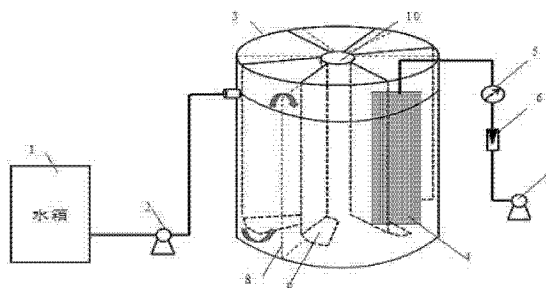
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合技术方法和设备

(57) 摘要

本发明提供一种处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合技术方法和设备,该方法处理污水的步骤为:在 PABR-MABR 各格室中接种污泥进行启动,各厌氧格室周期性地接受畜禽养殖废水,废水依次流过 PABR-MABR 的厌氧格室、膜曝气格室和厌氧格室,调节碳氮比例,一部分溶解性有机物、营养元素和胶体物质转化为颗粒污泥和生物膜,另外一部分被生物转化而去除;实现该水处理方法的设备包括进水装置、PABR、曝气膜组件和曝气装置。该方法对畜禽养殖废水中有机物、氨氮及悬浮颗粒物去除效果良好,且装置占地面积小、操作灵活等优点。



1. 一种处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合技术方法,其特征是包括如下顺序进行的步骤:

1) 将一定体积的污泥装入 PABR-MABR 各单元格室中进行控温培养;

2) 畜禽养殖废水依次流过 PABR-MABR 的厌氧格室、膜曝气格室和厌氧格室,其中的一部分溶解性有机物、营养元素和胶体物质转化为颗粒污泥和生物膜,另外一部分被生物转化而去除;

3) PABR-MABR 各厌氧格室周期性地作为畜禽养殖废水的进水格室,调节废水中的有机物负荷和碳氮比值,提高 MABR 单元的脱氮效果;

4) 畜禽养殖废水流过 MABR 单元的格室后,进入 PABR 单元的厌氧格室完成废水中污泥颗粒物的沉降,降低出水中颗粒物的浓度。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征是步骤 1) 所述的污泥为消化污泥或活性污泥,污泥体积为格室体积的 1/4 到 1/2,污泥浓度为 2-10g/L。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征是步骤 2) 中所述膜曝气格室中曝气膜的曝气量控制在 0.01-1L/min·L 之间, MABR 单元的膜曝气格室中溶解氧量为 0.2-0.7mg/L,污水停留时间为 2-8 小时。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征是步骤 3) 所述的 PABR-MABR 变换畜禽养殖废水进水格室的周期为 1-6 天,废水在厌氧格室的停留时间为 4-16 小时。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于 PABR-MABR 耦合技术处理畜禽养殖废水的 COD_{Cr} 去除率为 70% 以上,总氮去除率在 60% 以上,厌氧格室中污泥的浓度范围 8g/L-30g/L,膜曝气格室内生物膜厚度 1-4mm。

6. 一种处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合设备,包括进水装置、周期性厌氧折流板反应器(PABR)、曝气膜组件和曝气装置。

7. 如权利要求 6 所述耦合装置,其特征是 PABR 至少分为六个区域,PABR 的直径与高度比值在 1/2 到 1 之间。

8. 如权利要求 6 所述耦合装置,其特征是曝气膜组件以水平式或垂直式放置在 PABR 相邻的 2-4 个格室内,这些格室不作为 PABR-MABR 的进水或出水格室。

9. 如权利要求 8 所述的曝气膜组件,其特征是膜材料为聚丙烯(PP)或聚偏氟乙烯(PVDF)的一种,截留分子量 1-300 KD。

一种处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合技术方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及高浓度废水处理领域,特别是涉及一种处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合技术方法和设备。

背景技术

[0002] 近年来,随着我国经济的发展和农业结构的调整,规模化畜禽养殖业得以迅猛发展,但是,规模化畜禽养殖产生大量畜禽养殖废水,这些废水还有大量有机物及 N、P 等营养物质,若直接排放将带来一系列的环境污染问题,所以处理养殖废水的新技术正受到越来越多的关注。

[0003] ABR 反应器具有结构简单、无三相分离器等优点,广泛的应用于工业废水和城市污水处理厂剩余污泥的生化处理中。其中最新型的厌氧折流板反应器是由 Skiadas 和 Lyberate 于 1998 年提出的周期性厌氧折流式反应器(periodic anaerobic baffled reactor, PABR),该反应器为圆柱形结构,可减少反应器内的容积死区,加强基质与微生物的混合程度,提高反应器内物质的传输速率。相比常用的平推流式 ABR 反应器,圆柱形结构的 PABR 反应器具有容积利用率高和推流化程度强的特点。同时,PABR 操作灵活,可以根据进水浓度和流量的变化来选择不同的操作周期,使其在最佳状态下运行,以达到最佳的处理效果。再者,由于 PABR 的构造减少了单位容积的外表面积,且内圆柱体可作为反应器的热源交换器,故其与 ABR 相比热损失降低。

[0004] 膜曝气生物膜反应器(MABR)作为一种新兴有效的生物降解水中污染物的新技术正逐渐进入人们的视野。MABR 将透气性膜作为微生物生长的载体,是一种利用膜的透气性为附着在表面的微生物供氧的新工艺。膜组件既作为氧传质的通道,又作为微生物附着的载体。由于氧气和液相中污染物的逆向传质,在生物膜内部形成氧气浓度梯度,从而实现在单一反应器内部好氧区和厌氧区共存的条件,实现硝化与反硝化反应。

[0005] 厌氧折流板反应器与膜生物耦合反应器处理污染废水具有占地面积小,去污能力高等优点,近年来成为研究的热点。

[0006] 公开号为 103435232A 中国专利申请公开了一种处理有机废水的 AABR—复合式 MBR 一体化装置及处理方法。该工艺是通过以下的技术路线实现的:一体化装置包括具有填料和 MBR 膜组件的复合式 MBR 反应池,该复合式 MBR 反应池的出水端与一产水池连通;所述复合式 MBR 反应池的进水侧设有与进水管连通的 AABR 反应池,该 AABR 反应池包括缺氧段和与多级厌氧池,所述缺氧段和厌氧池内均设有竖向布置的折流板;所述复合式 MBR 反应池的出泥端分别与所述缺氧段和第一级厌氧池连通;所述进水管分别与所述 AABR 反应池的缺氧段和多级厌氧池中的第一级厌氧池连通。此专利装置结构较为复杂,占地面积大,维护不易。另外,该装置需要污泥回流和分级进水,操作复杂且能耗较高,经济耗费大,成本高。

[0007] 公开号为 103896453A 中国专利申请公开了 DPR-MABR 耦合反应器处理生活污水的装置与方法。该工艺是通过以下的技术路线实现的:该装置包括原水水池,反应池 I,第一

中间水池,反应池 II,第二中间水池,PLC 控制箱,通过 PLC 控制箱切换成两个不同的串联系统,其中一个为 I → II 串联系统,原水水池与反应池 I 底部通过进水管连接,反应池 I 与第一中间水池通过 I → II 出水管连接,第一中间水池与反应池 II 顶部通过 I → II 第二进水管连接,处理水从 I → II 最终出水管排放;另一个为 II → I 串联系统,原水水池与反应池 II 顶部通过进水管连接,反应池 II 与第二中间水池通过 II → I 出水管连接,第二中间水池与反应池 I 顶部连接,处理水从出水管排放。该装置主要用于处理生活污水,适用范围有限,且占地面积较大,操作复杂,对于氮磷及有机物含量高的畜禽养殖废水的处理效果尚不明确。

[0008] 公开号为 101928092A 中国专利申请公开了采用折流板与膜曝气耦合装置的污水处理方法。该工艺是通过以下的技术路线实现的:将驯化好的膜曝气膜组件置入运行稳定的厌氧折流板反应器的第三上流隔室内,构成耦合反应器,工艺流程为:污水 - 在厌氧折流板反应器第一上流隔室发生厌氧反应 - 在厌氧折流板反应器第二上流隔室发生厌氧反应 - 在厌氧折流板反应器第三上流隔室发生厌氧反应 - 在膜曝气生物膜组件内发生好氧和厌氧反应 - 在厌氧折流板反应器第四上流隔室发生厌氧反应 - 处理后清水。该装置实现了在单一反应器内同时去除碳氮素污染的效果,且具有一定的水力和有机负荷的适应能力,但是进水口始终固定在第一格室,当进水 C/N 变化较大时,曝气格室中的 C/N 不能灵活调节,有时要额外添加碳源。当进水氮素含量过高时,单一的曝气格室很难在较短时间内实现氮素形态转换,影响其去除效果。

[0009] 据此,本发明旨在针对现有技术存在的问题提供一种装置简单、操作方便、效果优良且经济成本低的畜禽养殖废水处理方法和设备。

发明内容

[0010] 1. 发明目的

本发明目的在于将新型厌氧反应器(PABR)与膜曝气生物膜反应器相结合,实现处理成分复杂、氮素含量高的畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合技术方法与设备,并取得良好效果。

[0011] 2. 技术方案

本发明提供的处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合技术方法,具体技术方案如下:

1) 将一定体积的污泥装入 PABR-MABR 各单元格室中进行控温培养。

[0012] 2) 畜禽养殖废水依次流过 PABR-MABR 的厌氧格室、膜曝气格室和厌氧格室,其中的一部分溶解性有机物、营养元素和胶体物质转化为颗粒污泥和生物膜,另外一部分被生物转化而去除。

[0013] 3) 厌氧降解后的污水流入 PABR-MABR 膜曝气格室,在曝气膜表面好氧 - 缺氧 - 厌氧环境中发生硝化与反硝化反应,去除水中的氮素污染;水中溶解性有机物一部分通过生物降解反应得到去除,另一部分转化为生物膜。

[0014] 4) 后续污水进入 PABR-MABR 厌氧格室,沉降去除水中悬浮态颗粒,厌氧降解水中的溶解性有机物。

[0015] 其中,步骤 1) 中厌氧格室中接种的消化污泥和活性污泥体积为格室体积的 1/4 到 1/2,污泥浓度控制在 6-10g/L,膜曝气格室接种的活性污泥浓度控制在 2-6g/L。

[0016] 其中,步骤 2) 中所述畜禽养殖废水进行厌氧生物降解反应的时间为 5-15 小时。

[0017] 特别是,所述将畜禽养殖废水周期性地泵入耦合反应器厌氧格室内,其变换进水

格室的周期为 1-6 天。

[0018] 其中,变换进水模式有顺时针切换模式和逆时针切换模式,优选为顺时针切换模式。

[0019] 其中,步骤 3)中所述在曝气膜表面好氧-缺氧-厌氧环境中发生硝化与反硝化反应的时间为 2-8 小时。

[0020] 特别是,所述曝气膜的曝气量控制在 0.01-1L/min·L 之间,溶解氧量低于 0.2-0.7mg/L,成熟生物膜厚度为 1-4mm。

[0021] 本发明另一方面提供一种处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合设备,包括进水装置、周期性厌氧折流板反应器(PABR)、膜曝气装置。

[0022] 进水装置,包括水箱(1)和进水泵(2),通过进水泵调节进水流量大小。

[0023] 周期性厌氧折流板反应器(PABR)(3),由上流区、下流区、隔板(8)、折流板(9)及内圆柱(10)组成,畜禽养殖废水由下流区进入反应器,在反应器中进行厌氧降解反应,内圆柱可以作为热源反应器,减少热损失。

[0024] 膜曝气装置,包括膜组件(4)、空气压缩机(7)、流量计(6)和压力表(5),膜组件放置在 PABR 相邻格室的上流区内,空气通过空气压缩机进入到曝气膜内部,在曝气膜表面好氧-缺氧-厌氧环境中发生硝化与反硝化反应,去除水中的氮素污染。

[0025] 其中,所述的周期性厌氧折流板反应器至少分为六个区域,其中膜曝气格室不作为进水格室或出水格室。

[0026] 特别是,所述的周期性厌氧折流板反应器的直径与高度比值在 1/2 到 1 之间。

[0027] 其中,所述的膜组件放置在相邻的格室内,膜的放置方式为水平式或垂直式,膜材料为聚丙烯(PP)或聚偏氟乙烯(PVDF),截留分子量 1-300 KD。

[0028] 3. 本发明的污水处理方法和处理设备具有如下优点:

(1) 本发明在单一反应器内实现了高浓度含氮有机废水的处理,且处理效果优良,具有很好的水力和有机负荷适应能力。

[0029] (2) 本发明的耦合设备操作灵活,可根据进水 C/N 调节进水区域,使曝气格室中的 C/N 维持在 2-6 之间;该耦合装置可设至少一个曝气格室,当进水氮素含量过高时,可适当增加曝气格室,更好地实现氮的形态转化,有利于氮素污染的去除。

[0030] (3) 本发明的畜禽废水处理可以降低外加碳源的量,当进水 C/N 较低时,可适当减少曝气格室之前的厌氧格室数量;当进水 C/N 较高时,可适当增加曝气格室之前的厌氧格室数量。

[0031] (4) 本发明的 PABR 圆柱形结构,减少了单位容积的体表面积,以其内圆柱体作为反应器的热源交换器,可以减少热损失。

[0032] (5) 本发明的耦合设备结构紧凑、占地面积小、运行成本低、操作简便,提高了畜禽养殖废水处理效率。

附图说明

[0033] 图 1 为处理畜禽养殖废水的 PABR-MABR 耦合设备的结构图。

[0034] 附图标记说明:

1. 原水箱 ;2. 原水泵 ;3. 周期性厌氧折流板反应器(PABR) ;4. 膜组件 ;5. 压力表 ;

6. 流量计 ;7. 空气压缩机 ;8. 隔板 ;9. 折流板 ;10. 内圆柱。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图和具体实施案例对本发明作进一步的说明：

实施实例 1：

畜禽养殖废水选用北京顺义某养猪场厌氧发酵罐上清液，其中污水的 COD_{Cr} （化学需氧量）为 3000-4500 mg/L，氨氮 (NH_4^+-N) 浓度为 350-500 mg/L，SS 为 300-500 mg/L，总磷 (TP) 浓度为 9-11 mg/L。养猪废水的 COD_{Cr} 的平均值为 4000 mg/L、SS 为 375 mg/L、总磷浓度的平均值为 10.5 mg/L、氨氮浓度的平均值为 425 mg/L。

[0036] 1) 制作 PABR-MABR 耦合设备，周期性厌氧折流板反应器半径为 0.3m，有效高度 0.8m，超高 0.05m，PABR 反应器总容积约为 24L，总有效容积为 22.6L。反应器内部由高为 0.8 m 的隔板分成 6 个扇形区域，每个区域被折流板分成 1 : 2 的下、上流室，每个上流区的顶部设有污水取样口，下部设有污泥取样口。反应器由有机玻璃制成。将中空纤维膜置于反应器两个相邻区域的上流格室内，膜组件的形式为帘式，膜材料为疏水聚丙烯 (PP)，孔径 0.1-0.2 微米，截留分子量 100KD 左右，有效膜比表面积为 $120\text{m}^2/\text{m}^3$ 。整体密封，一端与气源连接，采用闭端式供氧 / 空气。处理废水由第一个下流格室上端进入反应器中，由第四上流格室上端流出。

[0037] 2) 气路和水路的连接：实验过程中，膜组件整体密封，只有一端与气源连接，采用闭端式供氧 / 空气。气体通过阀门调节大小，然后经过精密压力表、气体流量计进入膜组件上端中空纤维的内腔，由内腔扩散到中空纤维膜壁为附着在外壁上的微生物进行供氧；进水通过进水泵由第一个下流格室上端进入反应器中，由第四上流格室上端的溢流口流出。

[0038] 3) 将葡萄糖、氯化铵、磷酸二氢钾、碳酸氢钠及其他微量营养物质及缓冲溶液混合，制成人工废水，其中葡萄糖作为碳源，氯化铵作为唯一氮源，磷酸二氢钾作为唯一磷源，作为反应器启动进水。

[0039] 4) 预挂膜阶段，实验室中采用高碑店污水处理厂反应池中的活性污泥与厌氧消化池中的消化污泥进行接种，反应器二三格室中放入 1/3 体积的好氧活性污泥，混合液浓缩后悬浮固体 (MLSS) 在 6000 mg/L-8000mg/L，厌氧格室中放入 1/3 体积厌氧颗粒污泥，混合液浓缩后悬浮固体 (MLSS) 在 3000mg/L-4000mg/L。接种污泥后，曝气膜格室中曝气量控制在 0.01-1L/min · L，反应器采用连续进水的方式。

[0040] 5) PVDF-MABR 耦合设备的启动：在中空纤维表面进行微生物膜的培养，经过 10-30 天的挂膜，肉眼可观察到中空纤维膜表面形成一层淡黄色薄层，此时可认为挂膜成功；然后采用低负荷同步启动的方式启动耦合反应器，逐步升高进水 COD_{Cr} 和氨氮浓度，待其去除率达到指定值，出水污染物浓度趋于稳定后，启动完毕。

[0041] 6) 在检测阶段，将试验用养猪废水作为进水泵入连续运行的反应器内进行处理，控制耦合反应器温度 $33 \pm 1^\circ\text{C}$ ，水力停留时间 24 小时，变换进水格室的周期为 1-2 天。

[0042] 按照 HJ/T 399-2007 《水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法》检测水中的化学需氧量 (COD_{Cr})；

按照 GB 11893-89 《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》检测水中总磷 (TP)；

按照 HJ 535-2009 《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》检测水中氨氮 (NH_4^+-N)。

[0043] 测定结果如表 1 所示。

[0044] 实施实例 2:

畜禽养殖废水选用北京某养猪场厌氧发酵罐上清液,其中污水的 COD_{Cr} 为 2 000–3500 mg/L,氨氮(NH_4^+-N)浓度为 350–1 100 mg/L,SS 为 300–500 mg/L,总磷(TP)浓度为 9–11 mg/L。养猪废水的 COD_{Cr} 的平均值为 3200 mg/L、SS 为 381 mg/L、总磷浓度的平均值为 10.5 mg/L、氨氮浓度的平均值为 500 mg/L。

[0045] 实验装置与实施例 1 相同,待反应器启动成功之后,将试验用养猪废水作为进水泵入连续运行的反应器内进行处理,控制耦合反应器温度 $33 \pm 1^\circ\text{C}$,水力停留时间 24 小时,变换进水格室的周期为 1–2 天。

[0046] 测定结果如表 1 所示。

[0047] 实施实例 3:

畜禽养殖废水选用北京某养猪场厌氧发酵罐上清液,其中污水的 COD_{Cr} 为 4 000–6000 mg/L,氨氮(NH_4^+-N)浓度为 500–800 mg/L,SS 为 300–600 mg/L,总磷(TP)浓度为 15–30 mg/L。养猪废水的 COD_{Cr} 的平均值为 5400 mg/L、SS 为 480 mg/L、总磷浓度的平均值为 26.5 mg/L、氨氮浓度的平均值为 660 mg/L。

[0048] 实验装置与实施例 1 相同,待反应器启动成功之后,将试验用养猪废水作为进水泵入连续运行的反应器内进行处理,控制耦合反应器温度 $33 \pm 1^\circ\text{C}$,水力停留时间 24 小时,变换进水格室的周期为 1–2 天。

[0049] 测定结果如表 1 所示。

[0050] 实施实例 4:

畜禽养殖废水选用北京某养鸡场废水,其中污水的 COD_{Cr} 为 600–1000 mg/L,氨氮(NH_4^+-N)浓度为 500 mg/L,SS 为 300–600 mg/L,总磷(TP)浓度为 300 mg/L。养鸡废水的 COD_{Cr} 的平均值为 890 mg/L、SS 为 530 mg/L。

[0051] 实验装置与实施例 1 相同,待反应器启动成功之后,将试验用养鸡废水作为进水泵入连续运行的反应器内进行处理,控制耦合反应器温度 $33 \pm 1^\circ\text{C}$,水力停留时间 24 小时,变换进水格室的周期为 1–2 天。

[0052] 测定结果如表 1 所示。

[0053] 对照例 1:

除了变换进水周期为 3–4 天,其余与实施例 1 相同。

[0054] 对照例 2:

除了水力停留时间 48 小时,其余与实施例 2 相同。

[0055] 对照例 3:

除了曝气格室之前的厌氧格室数增加,其余与实施例 3 相同。

[0056] 对照例 4:

除了曝气格室之前的厌氧格室数减少,其余与实施例 4 相同。

[0057] 表 1 本发明进水、出水的水质检测结果

		畜禽养殖废水	出水	总去除率(%)
实施例 1	COD _{Cr} (mg/L)	4000	270	93.25
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	425	112	73.64
	TP(mg/L)	10.5	4.5	57.14
实施例 2	COD _{Cr} (mg/L)	3200	220	93.13
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	500	138	72.4
	TP(mg/L)	10.5	4.0	61.9
实施例 3	COD _{Cr} (mg/L)	5400	460	91.48
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	660	232	64.8
	TP(mg/L)	26.5	8.4	68.3
实施例 4	COD _{Cr} (mg/L)	890	40	95.5
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	500	178	64.4
	TP(mg/L)	300	197	34.33
对照例 1	COD _{Cr} (mg/L)	4000	360	91
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	425	127	70.1
	TP(mg/L)	10.5	5	52.38
对照例 2	COD _{Cr} (mg/L)	3200	120	96.25
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	500	86	82.8
	TP(mg/L)	10.5	4	61.9
对照例 3	COD _{Cr} (mg/L)	5400	380	92.96
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	660	128	80.6
	TP(mg/L)	26.5	7.4	72.07
对照例 4	COD _{Cr} (mg/L)	890	220	75.28
	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	500	124	75.2
	TP(mg/L)	300	168	44

检测结果表明：

1. 多种畜禽养殖废水经 PABR-MABR 耦合设备处理后,有机污染物含量显著降低, COD_{Cr} 的去除率达 80% 以上,氮素污染也得到降低,氨氮的去除率达 60% 以上,养猪废水处理总磷的去除率可达 50% 以上,养鸡废水处理总磷的去除率为 30% 以上。

[0058] 2. 本发明的 PABR-MABR 耦合设备可根据进水 C/N 灵活调节进水格室,对于 C/N 较高的养猪废水,增加曝气格室之前的厌氧格室数量有利于氮素的去除,对于 C/N 较低的养鸡废水,减少曝气格室之前的厌氧格室数量可降低外加碳源量,同时提高氮素去除率。

[0059] 3. 延长水力停留时间有利于污染物的去除,但是效果不明显,从经济角度考虑,最佳水力停留时间为 24 小时。

[0060] 4. 本发明的 PABR-MABR 耦合设备能够承受住进水水量和水质的变化,适用于处理被各种畜禽养殖废水,处理效果显。

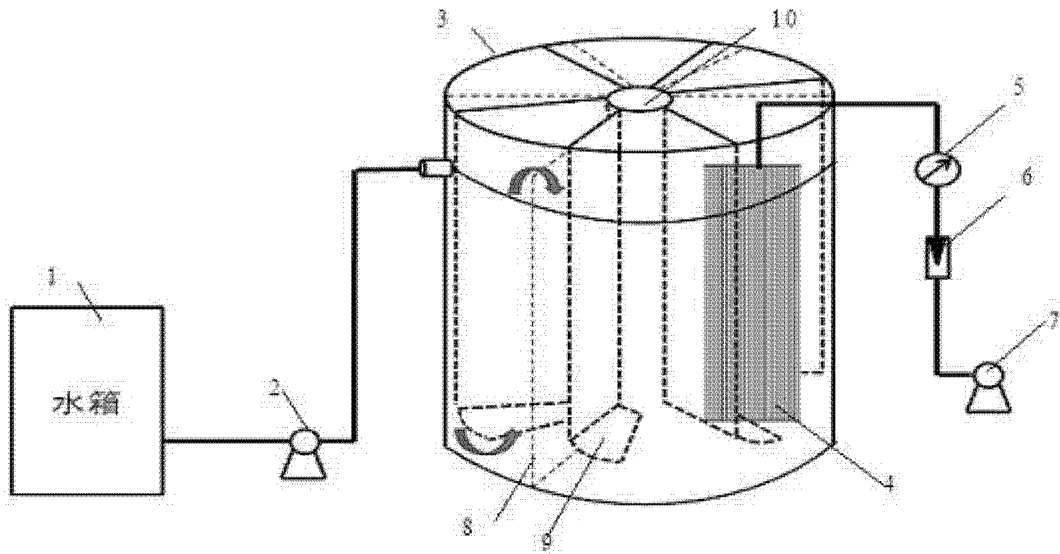


图 1