[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
C02F 9/14
C02F 9/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03100398.2

[43] 公开日 2003 年 6 月 18 日

[11] 公开号 CN 1424265A

[22] 申请日 2003.1.17 [21] 申请号 03100398.2

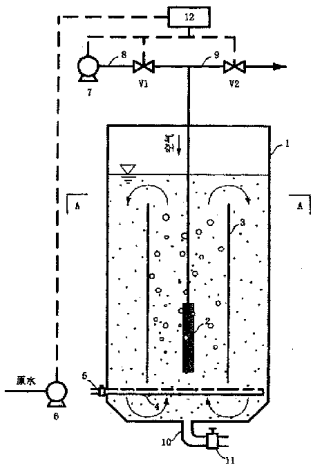
[71] 申请人 清华大学
地址 100084 北京市 100084 - 82 信箱
[72] 发明人 黄 霞 孙友峰 文湘华

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 7 页

[54] 发明名称 序批式膜 - 生物反应器污水处理工艺及装置

[57] 摘要

序批式膜—生物反应器污水处理工艺及装置，涉及一种利用序批式活性污泥法和内置式膜—生物反应器对污水进行处理的设备及方法。 本发明在生物反应池内放入膜组件，并使其出口通过两组控制阀门分别与进气管和出水管连接，整个系统以所述的时间周期顺次经历流入、反应、排放、闲置四个工序；膜组件在反应工序内充当曝气器，在排放工序内充当分离器；整个系统在时间上交替经历厌氧、好氧、缺氧状态，可对含碳有机污染物及氮、磷等营养元素进行同步有效去除。 该装置可有效地抑制膜污染的发展，膜通量可提高至相同运行条件下传统内置式膜—生物反应器的 5 到 10 倍，整个装置结构简单，省去了专门的曝气、搅拌和排水设备，易于自动控制和运行管理。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1.一种序批式膜-生物反应器污水处理装置，该装置主要包括敞口的长方体或圆筒式反应池，放置在反应池内的膜组件和导流装置，进水泵，出水管，鼓风机，进气管，控制系统，其特征在于：所述的导流装置将反应池内部分为两个区域，所述膜组件的出口通过两组控制阀门分别与进气管和出水管连接；在反应池内部膜组件的下方设有布水管，该布水管通过止回阀与进水泵连接；在所述反应池底部安装有排泥管及排泥阀。

2.按照权利要求 1 所述的序批式膜-生物反应器污水处理装置，其特征在于：所述的膜组件采用微孔烧结管、管状陶瓷膜或金属多孔管。

3.按照权利要求 1 所述的序批式膜-生物反应器污水处理装置，其特征在于：所述的膜组件下缘与反应池底部之间的距离，大于反应池有效水深的三分之一。

4.按照权利要求 1 所述的序批式膜-生物反应器污水处理装置，其特征在于：所述的导流装置采用板式或圆筒式结构。

5.按照权利要求 4 所述的序批式膜-生物反应器污水处理装置，其特征在于：所述的布水管采用管式或环式。

6.按照权利要求 1－5 任一项权利要求所述的序批式膜-生物反应器污水处理装置，其特征在于：该装置可采用多个相同反应单元并联使用。

7.一种采用如权利要求 1 所述装置的序批式膜-生物反应器污水处理工艺，其特征在于该工艺包括如下步骤：

(1)流入：原水由进水泵增压，经由布水管喷射流入反应器内，至预定时间或液位时停止；

(2)反应：在控制系统的调节下，膜组件出口处与进气管连接的控制阀门开启，与出水管连接的控制阀门关闭，此时膜组件充当曝气器，由鼓风机提供的压缩空气从内部透过膜组件，以微气泡的形式向活性污泥混合液中供氧，活性污泥中的微生物通过自身的新陈代谢，将废水中的有机污染物进行生物降解，使其分解为小分子物质甚至完全矿化，至预定时间时停止；

(3)排放：在控制系统的调节下，膜组件出口处与进气管连接的控制阀门关闭，与出水管连接的控制阀门开启，此时膜组件充当分离器，在抽吸泵的负压抽吸或液位差的作用下，水及部分小分子物质透过膜组件，经过出水管成为系统出水，大分子物质、活性污泥微生物以及无机颗粒均被膜组件截留在反应池内，至预定时间或液位时停止；

(4)闲置：在控制系统的调节下，膜组件出口处与进气管和出水管连接的两个控制阀门均关闭，反应池既不进水也不出水，处于待机状态；

(5)系统在随后的时间内以一定的运行周期顺次重复(1)、(2)、(3)、(4)各步，整个系统交替经历厌氧、好氧、缺氧的状态，间歇进水和出水，并定期排放剩余的活性污泥。

8.按照权利要求 7 所述的序批式膜-生物反应器污水处理工艺，其特征在于：步骤(5)中的运行周期可以将步骤(2)、(3)进行多次交替重复。

9.按照权利要求 7 所述的序批式膜-生物反应器污水处理工艺，其特征在于：该工艺中膜通量可控制在 50～150L/(m^2•hr)。

序批式膜-生物反应器污水处理工艺及装置

技术领域

本发明涉及一种水和废水处理技术，尤其涉及一种利用序批式活性污泥法和膜-生物反应器对污水进行处理的方法及设备，属于水和废水处理与净化技术领域。

背景技术

公知的污水生物脱氮除磷工艺，例如前置式反硝化生物脱氮系统（即 A—O 工艺）、厌氧—好氧除磷工艺（也称 A—O 工艺）等，一般对氮和磷两种元素不能同时有效去除。虽然人们也开发了压氧—缺氧—好氧法（即 A—A—O 或 A^2—O 工艺）等同步脱氮除磷工艺，但同前述两种 A—O 工艺一样，系统包括厌氧池（或缺氧池）、好氧池、沉淀池等多个处理构筑物，工艺流程复杂，占地面积大，运行管理不便，同时出水水质仍然不能达到很好的水平，再生利用受到很多局限。

序批式活性污泥法（即间歇式活性污泥法，Sequencing Batch Reactor，SBR）是传统连续式活性污泥法的一个变种，其主要反应器只有一个曝气池，同时完成曝气沉淀等功能，其运行可以分为以下五个工序：①流入；②反应；③沉淀；④排放；⑤待机（闲置）。如附图 1 所示。与传统的连续式活性污泥法相比，SBR 系统组成相对简单，无需污泥回流设备，不设二次沉淀池，曝气池容积也小于连续式，整个处理系统的建设费用与运行费用都有所下降。此外，SBR 中的活性污泥具有良好的沉降性，一般不产生污泥膨胀现象，并且通过运行方式的调节，在单一的处理构筑物内能够完成含碳有机物以及氮、磷营养元素的同时去除。

但 SBR 与传统的连续式活性污泥法一样，仍采用重力进行泥水分离，在沉淀期结束后，活性污泥沉于曝气池底部，通过滗水器（一种可以随液位自动升降的排水机械）将处理后的上清液自表面滗出，由此获得系统处理出水。因此，SBR 仍然存在以下不足。

（1）处理出水中仍然含有悬浮物质，细菌和病毒等卫生学指标以及其他水质指标均与再生水（或回用水，中水）水质具有一定的差距，欲适应污水再生利用的需求，必须增加后续深度处理单元，系统流程延长，建设和运行费用将随之提高。

（2）系统需要设置专门的曝气设备、搅拌设备以及排水设备，不但增加初始建设投资，而且也增加了日常运行中的管理维护难度。

（3）运行周期较长，曝气池容积仍然偏大，系统占地不够紧凑，在土地资源紧张的地区应用受到限制。

为适应污水再生利用的要求，近年来，人们开发了膜-生物反应器（Membrane Bioreactor，MBR）工艺，该工艺将膜分离技术与传统污水生物处理技术有机结合，通过膜组件的高效分离作用实现泥水分离，从而获得了十分优良的出水水质，出水中检测不到悬浮物质，细菌和病毒也被大幅去除，各项水质指标均优于再生水水质的要求。同时由于曝气池中活性污泥浓度的增大和污泥中特效菌（特别是优势菌群）的出现，系统内生化反应速率大大提高，水

力停留时间可以缩短，曝气池的容积随之降低。与包括 SBR 在内的传统水处理工艺相比，MBR 具有出水水质优良稳定、占地面积小、剩余污泥产量少、运行管理方便等突出优点，但 MBR 仍存在以下不足和缺陷。

（1）膜通量较小。目前在内置式膜-生物反应器中应用较多的中空纤维膜组件，在活性污泥混合液条件下，其稳定运行的膜通量一般在 10L/(m^2•hr)左右，超过 20L/(m^2•hr)后，膜污染的发展速度将十分迅速，可导致系统产水能力的快速下降，甚至得不到过滤出水。由于膜通量的限制，内置式膜-生物反应器需要大量的膜材料，无论是由高分子材料制成的中空纤维膜、平板膜，还是由无机陶瓷材料制成的管状膜，其价格均较高，这使得膜-生物反应器的建设投资明显高于传统工艺。

（2）膜污染难于控制，缺乏维持长期稳定运行的可靠方法，膜材料的使用寿命较短。在活性污泥混合液条件下，作为大分子物质过滤屏障的膜，随着运行时间的延长，在其孔隙及表面所形成的膜孔堵塞、凝胶层以及泥饼层等，将增大膜的过滤阻力，即产生了膜污染。膜污染将使膜通量大幅度下降。目前尚无有效控制膜污染的可靠方法，这使得膜-生物反应器的长期稳定运行受到很大影响。当膜污染发展到一定程度，必须对膜进行在线或者离线的化学药剂清洗，以恢复膜通量，但经过多次化学药剂清洗之后，膜的实际使用寿命将大大降低。膜的更新则增加了折旧成本。

（3）运行能耗偏高。目前，为延缓膜污染的发生，一般都是采取水动力学的手段，在膜下面提供高强度的曝气量，造成膜面的剧烈紊动，同时将膜通量控制在较低的水平，这样虽然适当地延缓了膜污染，但使得内置式膜-生物反应器的运行能耗仍然偏高，其气水比一般为传统活性污泥法的 4 倍以上，即超过 40：1。

（4）系统脱氮除磷效果不佳。已有的膜-生物反应器一般均为好氧环境，因此对氮、磷等营养元素不能进行有效去除。

虽然国内外已有几项应用序批式活性污泥法和膜-生物反应器进行污水处理的专利文献，如“间歇式活性污泥法废水处理装置（专利号 92218412.7）”，“间歇式活性污泥法污水净化设备（专利号 94238698.1）”，“抽吸内置式膜-生物反应器（专利号 97228698.5）”，“穿流式膜生物反应器的水处理工艺及其设备（专利号 99111514.7）”，但这些专利均未能解决如何提高序批式活性污泥法的出水水质、有效抑制膜-生物反应器中膜污染的发展以及提高膜通量、降低运行能耗等关键问题。

发明内容

本发明的目的是针对序批式活性污泥法及膜-生物反应器存在的不足和缺陷，提供一种序批式膜-生物反应器污水处理工艺及装置，该工艺及装置能够实现在单一处理单元中对含碳有机物以及氮、磷等营养元素的同时有效去除，系统可获得良好的出水水质，并且装置结构简单，在提供较低的曝气量的情况下，能有效地控制膜污染的发展，同时可以获得较高的膜通量。

本发明的技术方案如下：

一种序批式膜-生物反应器污水处理装置，该装置主要包括敞口的长方体或圆筒式反应池，放置在反应池内的膜组件和导流装置，进水泵，出水管，鼓风机，进气管，控制系统，其特征在于：所述的导流装置将反应池内部分为两个区域，所述膜组件的出口通过两组控制阀门分别与进气管和出水管连接；在反应池内部膜组件的下方设有布水管，该布水管通过止回阀与进水泵连接；在所述反应池底部安装有排泥管及排泥阀。

本发明中所述的膜组件采用微孔烧结管、管状陶瓷膜或金属多孔管；其下缘与反应池底部之间的距离大于反应池有效水深的三分之一。

本发明中所述的导流装置可以采用板式或圆筒式结构，相应的，所述的布水管则采用管式或环式。

本发明的另一个技术特征是可采用多个相同反应单元并联使用，从而使整个系统实现连续进水和连续出水。

本发明还提供了一种利用上述装置的序批式膜-生物反应器污水处理工艺，其步骤包括：

(1)流入：原水由进水泵增压，经由布水管喷射流入反应器内，至预定时间或液位时停止；

(2)反应：在控制系统的调节下，膜组件出口处与进气管连接的控制阀门开启，与出水管连接的控制阀门关闭，此时膜组件充当曝气器，由鼓风机提供的压缩空气从内部透过膜组件，以微气泡的形式向活性污泥混合液中供氧，活性污泥中的微生物通过自身的新陈代谢，将废水中的有机污染物进行生物降解，使其分解为小分子物质甚至完全矿化，至预定时间时停止；

(3)排放：在控制系统的调节下，膜组件出口处与进气管连接的控制阀门关闭，与出水管连接的控制阀门开启，此时膜组件充当分离器，在抽吸泵的负压抽吸或液位差的作用下，水及部分小分子物质透过膜组件，经过出水管成为系统出水，大分子物质、活性污泥微生物以及无机颗粒均被膜组件截留在反应池内。至预定时间或液位时停止；

(4)闲置：在控制系统的调节下，膜组件出口处与进气管和出水管连接的两个控制阀门均关闭，反应池既不进水也不出水，处于待机状态；

(5)系统在随后的时间内以一定的运行周期顺次重复(1)、(2)、(3)、(4)各步，整个系统交替经历厌氧、好氧、缺氧的状态，间歇进水和出水，并定期排放剩余的活性污泥。

该工艺中膜通量可控制在 50～150L/(m^2•hr)。

本发明提出的序批式膜-生物反应器污水处理工艺，其原理在于：

（1）生物脱氮：由于膜的高效分离作用，一般在传统污水生物处理系统中较难存留的硝化菌能够被完全截留在反应器内，并可以维持较高的浓度。在反应工序内，硝化菌将氨氮氧化成亚硝酸盐氮和硝酸盐氮。当经过排放和闲置工序后，反应器内的溶解氧逐渐降低，最终成为缺氧甚至厌氧环境，至流入工序时，原水中的有机污染物为反硝化菌提供碳源，反硝化菌进一步将亚硝酸盐氮和硝酸盐氮还原为气态氮（N_2），从而实现了对总氮（TN）的去除。

（2）生物除磷：在反应工序内，反应池内为好氧环境，除磷菌利用废水中的 BOD_5 或体内贮存的聚β-羟基丁酸的氧化分解所释放的能量来摄取废水中的磷，一部分磷被用来合成ATP，另外绝大部分的磷则被合成为聚磷酸盐而贮存在细胞体内。在流入工序内，反应池内

为厌氧环境，除磷菌能分解体内的聚磷酸盐而产生 ATP，并利用 ATP 将废水中的有机物摄入细胞内，以聚β-羟基丁酸等有机颗粒的形式贮存于细胞内，同时还将分解聚磷酸盐所产生的磷酸排出体外。由于除磷菌在好氧条件下所摄取的磷比在厌氧条件下所释放的磷多，所以大量的磷以聚磷酸盐的形式贮存于细胞体内，系统通过定期排放剩余污泥，实现了对总磷（TP）的去除。

（3）抑制膜污染：对于膜组件而言，在排放工序充当分离器，随着过滤时间的延长，小分子物质将堵塞膜孔，膜表面也会逐渐形成分别由胶体和颗粒组成的凝胶层和泥饼层，尤其是泥饼层的形成，将使膜的过滤阻力迅速增大，膜通量将有显著的下降。当下一个运行周期的反应工序开始后，膜组件开始充当曝气器，处于所述压强和所述流量状态下的压缩空气将透过膜的孔隙（在曝气初期，压缩空气将与残存在膜组件内部的水混合在一起，以溶气水的形式透过膜的孔隙），可有效清除膜表面的泥饼层，同时对膜孔堵塞和膜面凝胶层也有一定的去除效果。在空气的反冲作用下，膜的过滤阻力得到大幅降低，膜通量得到恢复。膜组件以所述的时间周期顺次以曝气器和过滤器交替工作，因此膜污染的发展可得到有效抑制，膜组件可以在高膜通量的状态下长期稳定运行，而系统所需要的曝气量也可以控制在很低的水平。

本发明与现有技术相比，具有以下优点及突出性效果：

（1）在单一的处理单元内实现了对含碳有机物和氮、磷等营养元素的同时有效去除，系统具有优良的出水水质，处理水可广泛回用于生活杂用或工业生产等领域。由于采用膜组件进行泥水分离，悬浮物质、活性污泥微生物以及大分子物质均被膜组件高效截留，出水中检测不到 SS，COD_{Cr}<50mg/L，BOD_5<10mg/L，浊度<1NTU。而且由于在时间上创造了厌氧、缺氧、好氧交替的环境，所以为硝化菌和反硝化菌以及除磷菌进行脱氮和除磷提供了合适的工艺条件，出水中 TN<10mg/L，TP<1.0mg/L。

（2）整个装置结构简单，易于自动控制和运行维护。由于膜组件既充当曝气器又充当曝气器，因此在序批式活性污泥法或内置式膜-生物反应器中须专门设置的曝气设备（如微孔曝气头、穿孔管等）均可省去，也无需序批式活性污泥法中的搅拌设备和排水设备，并且可将沉淀和排放两个工序合并为一个工序，系统运行周期可以进一步缩短，占地则更为节省，自动控制和运行管理也更为方便。

（3）有效地控制并利用了膜污染。膜法应用于水处理中最关键的问题之一就是膜污染。在序批式膜-生物反应器中，不但通过间歇的空气反冲有效地抑制了膜污染的发生，而且利用膜污染中不可逆的部分作为自生动态膜提高了大孔径微孔材料的过滤精度。

（4）大幅度提高了膜通量。间歇的空气反冲有效地清除了膜面泥饼层，将膜的过滤阻力控制在较低的水平，从而使系统获得了较高的膜通量，通常可达到相同运行条件下传统内置式膜-生物反应器的 5 倍到 10 倍，即 50～150L/(m^2•hr)。

（5）显著降低了曝气量。在序批式膜-生物反应器中，间歇的空气反冲直接清除膜面泥饼层，有效地抑制了膜污染的发生，因此不必像传统的内置式膜-生物反应器那样，以提供

大大超过微生物代谢所需的曝气量造成膜面的剧烈紊动，使胶体或颗粒在剪切力的作用下不向膜表面沉积，而仅提供较小的曝气量（甚至与传统活性污泥法相当），既可以满足微生物的代谢要求，又使得反应器内污泥混合液能够循环流动。

附图说明

图 1 为现有技术中采用的序批式活性污泥法运行操作的工序示意图。

图 2 为本发明提供的序批式膜-生物反应器污水处理装置的结构及流入工序示意图。

图 3 为本发明提供的序批式膜-生物反应器污水处理装置的结构及反应工序示意图。

图 4 为本发明提供的序批式膜-生物反应器污水处理装置的结构及排放工序示意图。

图 5 为本发明提供的序批式膜-生物反应器污水处理装置的结构及闲置工序示意图。

图 6 为图 2－5 采用长方体反应池、板式导流装置及管式布水管的 A-A 剖视图。

图 7 为图 2－5 采用圆筒式反应池、圆筒式导流装置及环式布水管的 A-A 剖视图。

图 8 为本发明采用 4 个反应器单元的并联布置的结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图及实施例详细加以说明，以进一步理解本发明。

本发明所提供的序批式膜-生物反应器污水处理装置主要包括反应池 1，放置在反应池内的膜组件 2 和导流装置 3，进水泵 6，出水管 9，鼓风机 7，进气管 8，控制系统 12。所述的反应池 1 为敞口的长方体或圆筒式结构，所述的导流装置将反应池内部分为 M1、M2 两个区域，将所述的膜组件放置在 M1 区内，所述的膜组件采用微孔烧结管、管状陶瓷膜或金属多孔管，其下缘与反应池底部之间的距离应大于反应池有效水深的三分之一，其出口通过两个控制阀门 V1、V2 分别与进气管和出水管相连。在反应池内部膜组件的下方设有布水管 4，该布水管通过止回阀 5 与进水泵 6 连接。在所述反应池底部安装有排泥管 10 及排泥阀 11。所述的导流装置可以采用板式或圆筒式结构，相应的，所述的布水管则采用管式或环式。出水管可设置在膜组件的上方，此时须由出水泵抽吸获得出水；出水管也可设置在膜组件下方，此时由水头差驱动即可获得出水。多个（总数目为 4 的倍数）相同反应单元可以并联使用，使整个系统实现连续进水和连续出水。

图 2、图 3、图 4 和图 5 分别表示序批式膜-生物反应器污水处理装置在每个运行周期中的流入、反应、排放、闲置四步工序的工作状态。

如图 2 所示，在流入工序，原水由进水泵增压，经布水管喷射流入反应池，使沉淀在反应池底部的活性污泥沸腾起来，与原水充分接触，此时活性污泥混合液处于厌氧状态，原水中的有机污染物为反硝化菌提供碳源，反硝化菌进一步将上一运行周期中形成的亚硝酸盐氮和硝酸盐氮还原为气态氮（N_2），实现对总氮（TN）的去除。除磷菌则分解体内的聚磷酸盐而产生 ATP，并利用 ATP 将废水中的有机物摄入细胞内，以聚β-羟基丁酸等有机颗粒的形式贮存于细胞内，同时还将分解聚磷酸盐所产生的磷酸排出体外，从而为在反应工序内过量摄取废水中的磷做好准备。在流入工序结束时，反应池中的液位达到正常状态，如图 3 所示，开始反应工序，在控制系统的调节下，控制阀门 V1 开启，V2 关闭，此时，膜组件充当曝

气器，由鼓风机提供的压缩空气经由进气管透过膜组件，以微气泡的形式向活性污泥混合液中高效供氧，气水比可控制在 10～40 ：1。曝气所造成的上升液流使混合液在导流装置的两侧分别形成升流区和降流区，并在反应池内循环流动，从而保证活性污泥与污水的充分接触；同时，活性污泥中的细菌等微生物被膜高效截留在反应池内，污泥浓度可维持在 4～12g/L，在低污泥负荷的条件下，生化反应速率很高，可对污水中的含碳有机污染物进行有效降解。同时，硝化菌将氨氮氧化成亚硝酸盐氮和硝酸盐氮，除磷菌则利用废水中的 BOD_5 或体内贮存的聚β-羟基丁酸的氧化分解所释放的能量来摄取废水中的磷，一部分磷被用来合成 ATP，另外绝大部分的磷则被合成为聚磷酸盐而贮存在细胞体内。在反应工序末期，可通过排泥管和排泥阀排出部分活性污泥，从而实现系统对总磷（TP）的最终去除。

当反应工序结束时，如图 4 所示，排放工序开始，在控制系统的调节下，控制阀门 V1 关闭，V2 开启，此时，膜组件充当分离器，膜组件中残留的空气将迅速从出水管路排出，在抽吸泵的负压抽吸或者水头差的作用下，水及部分小分子物质透过膜组件，经过出水管路成为系统出水，大分子物质、活性污泥微生物以及无机颗粒均为膜组件截留在反应器内。膜通量可控制在 50～150L/(m^2•hr)。

整个系统由控制系统以一定的运行周期顺次重复流入、反应、排放、闲置四个工序，膜组件在反应工序中充当曝气器，在排放工序中充当分离器，整个系统始终处于厌氧、好氧、缺氧交替的状态，间歇进水和出水，并在反应工序末期经由排泥管和排泥阀定期排放剩余的活性污泥。

实施例

如图 2 所示，在流入工序的 1.5 小时内，原水由进水泵增压，经布水管喷射流入反应池，使沉淀在反应池底部的活性污泥沸腾起来，与原水充分接触，此时活性污泥混合液处于厌氧状态，原水中的有机污染物为反硝化菌提供碳源，反硝化菌进一步将上一运行周期中形成的亚硝酸盐氮和硝酸盐氮还原为气态氮（N_2），实现对总氮（TN）的去除。除磷菌则分解体内的聚磷酸盐而产生 ATP，并利用 ATP 将废水中的有机物摄入细胞内，以聚β-羟基丁酸等有机颗粒的形式贮存于细胞内，同时还将分解聚磷酸盐所产生的磷酸排出体外，从而为在反应工序内过量摄取废水中的磷做好准备。

当流入工序结束后，如图 3 所示，反应工序开始，在控制系统 12 的调节下，电磁阀 V1 开启，V2 关闭，此时，膜组件充当曝气器，由鼓风机提供压强为 0.3MPa 的压缩空气，由膜组件向反应池内曝气，气水比可控制为 30：1，在 M1 区，混合液由下至上形成上升流，而在 M2 区则形成由上至下的下降流，全部混合液则如箭头所示在反应池内的两区 M1 和 M2 间循环流动。活性污泥中的细菌等微生物被膜高效截留在反应池内，污泥浓度可维持在 8g/L，在低污泥负荷的条件下，生化反应速率很高，可对污水中的含碳有机污染物进行有效降解。同时，硝化菌将废水中的氨氮氧化成亚硝酸盐氮和硝酸盐氮，除磷菌则利用废水中的 BOD_5 或在流入工序内贮存于体内的聚β-羟基丁酸的氧化分解所释放的能量来摄取废水中的磷，一部分磷被用来合成 ATP，另外绝大部分的磷则被合成为聚磷酸盐而贮存在细胞体内，由于除

磷菌在好氧条件下所摄取的磷比在厌氧条件下所释放的磷多，因此大量的磷以聚磷酸盐的形式贮存于细胞体内。在反应工序末期，可通过排泥管和排泥阀排出部分活性污泥，从而实现系统对总磷（TP）的最终去除。

历时 2 小时的反应工序结束后，如图 4 所示，排放工序开始，在控制系统的调节下，电磁阀 V1 关闭，V2 开启，此时，膜组件充当分离器，膜组件中残留的空气将迅速从出水管排出，在抽吸泵的负压抽吸或者水头差的作用下，水及部分小分子物质透过膜组件，经过出水管成为系统出水，大分子物质、活性污泥微生物以及无机颗粒均为膜组件截留在反应池内。膜通量可控制在 80L/(m^2•hr)，排放工序可控制为 1 小时。

如图 5 所示，排水工序结束后，在控制系统的调节下，电磁阀 V1、V2 均关闭，系统进入为期 0.5 小时的闲置工序。在闲置工序，活性污泥微生物处于缺氧状态。

系统在随后的时间内在控制系统的调节下以 5 小时的运行周期顺次重复流入、反应、排放、闲置四个工序；系统也可以在一个运行周期内将反应、排放两步工序进行多次交替重复。膜组件在反应工序中充当曝气器，在排放工序中充当分离器，整个系统交替经历厌氧、好氧、缺氧的状态，间歇进水和出水，并定期排放剩余的活性污泥。

当原水为一般的生活污水时，其主要水质指标为：COD_{Cr}＝400～500mg/L，BOD_5＝200～300mg/L，SS＝100～300mg/L，TN＝20～80mg/L，TP＝4～15mg/L，经过序批式膜-生物反应器处理后，出水的主要水质指标可以达到：COD_{Cr}＝20～30mg/L，BOD_5＝5～10mg/L，SS＝0mg/L，TN＝5～10mg/L，TP <1.0mg/L，去除效率分别为：COD_{Cr}≥94%，BOD_5≥96%，SS＝100%，TN≥75%，TP≥75%。

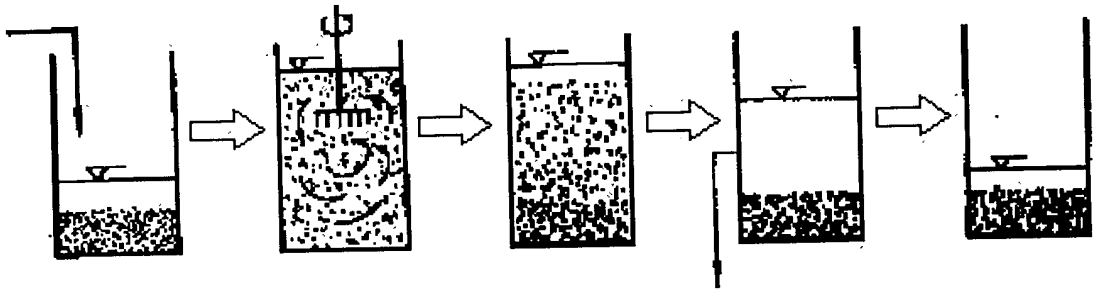


图 1

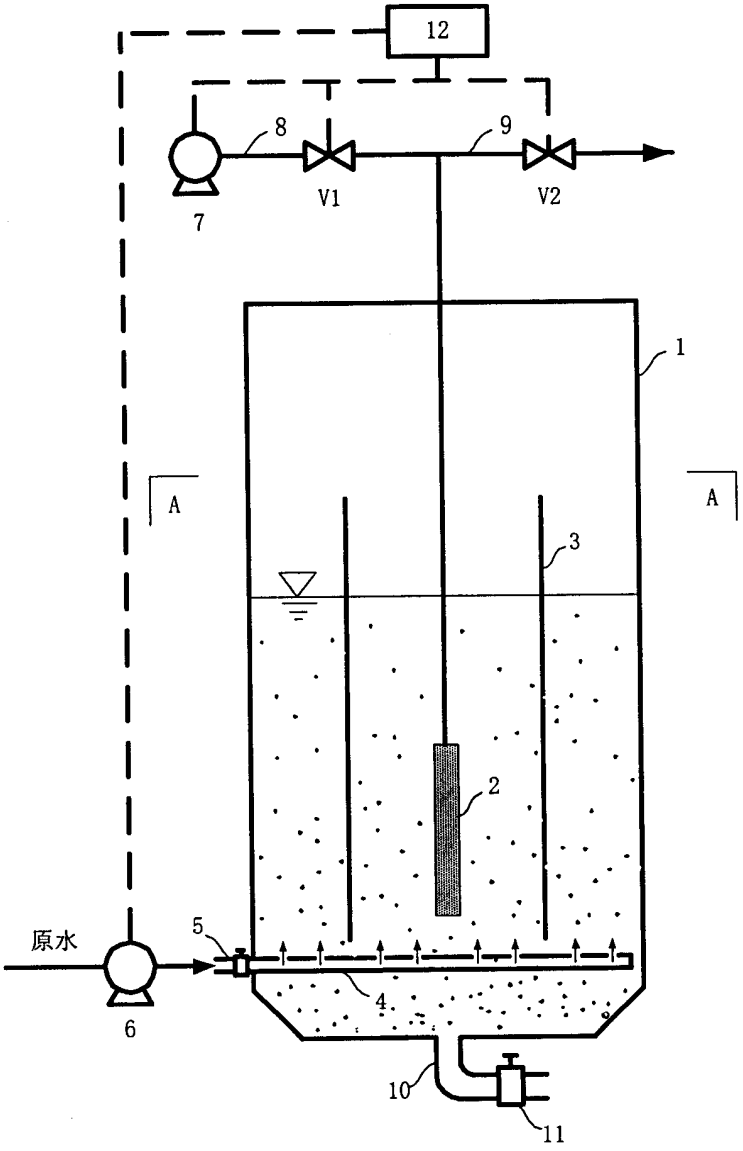


图 2

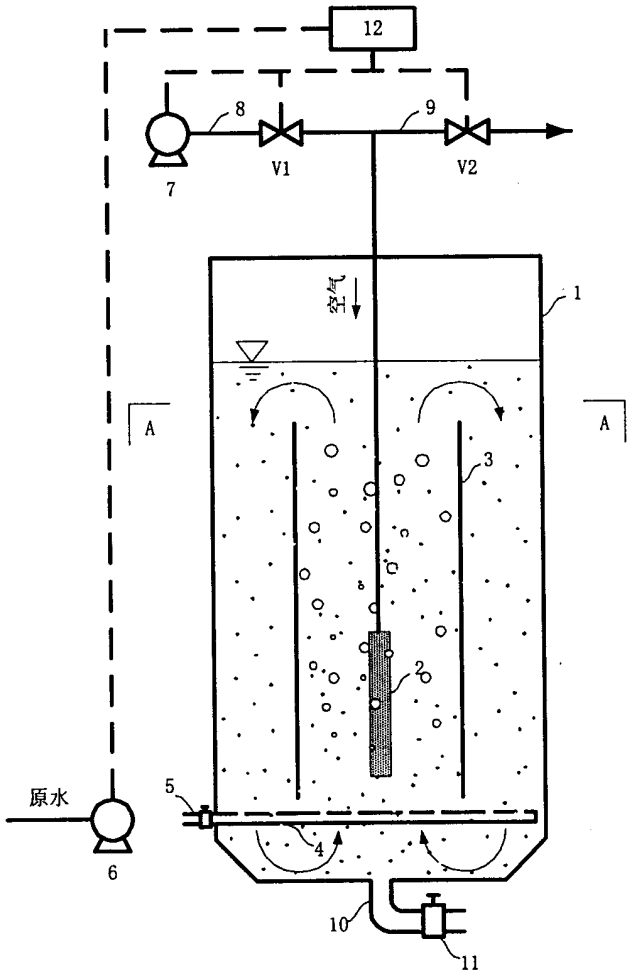


图 3

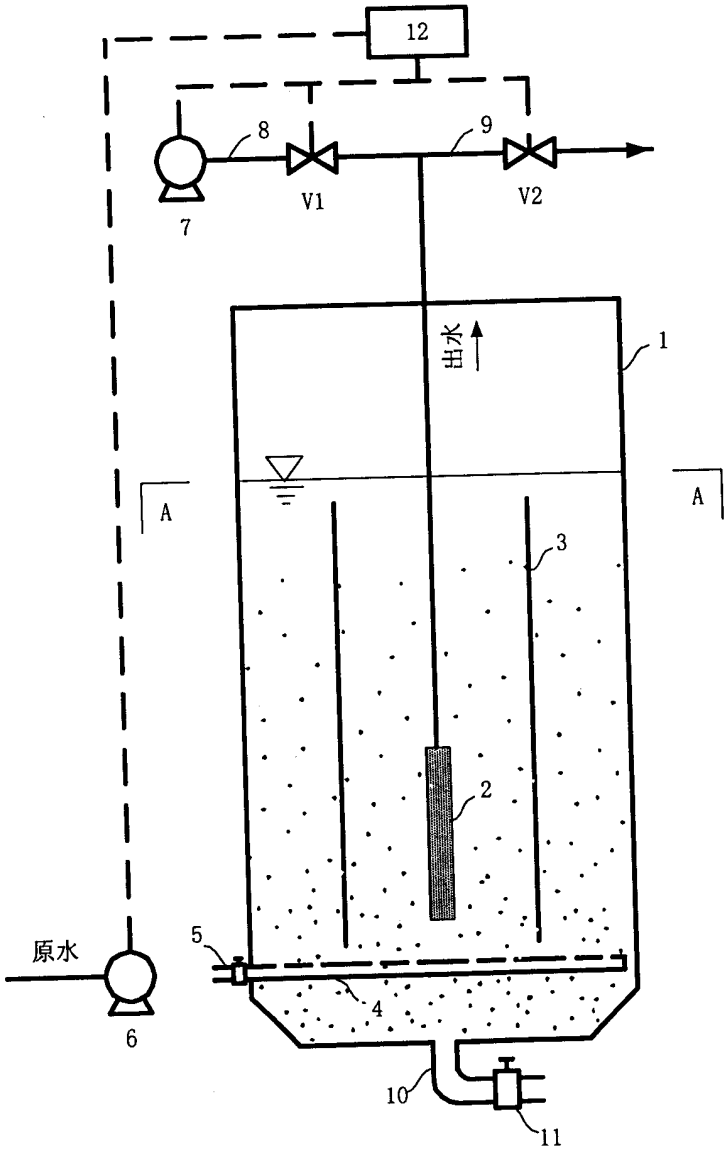


图 4

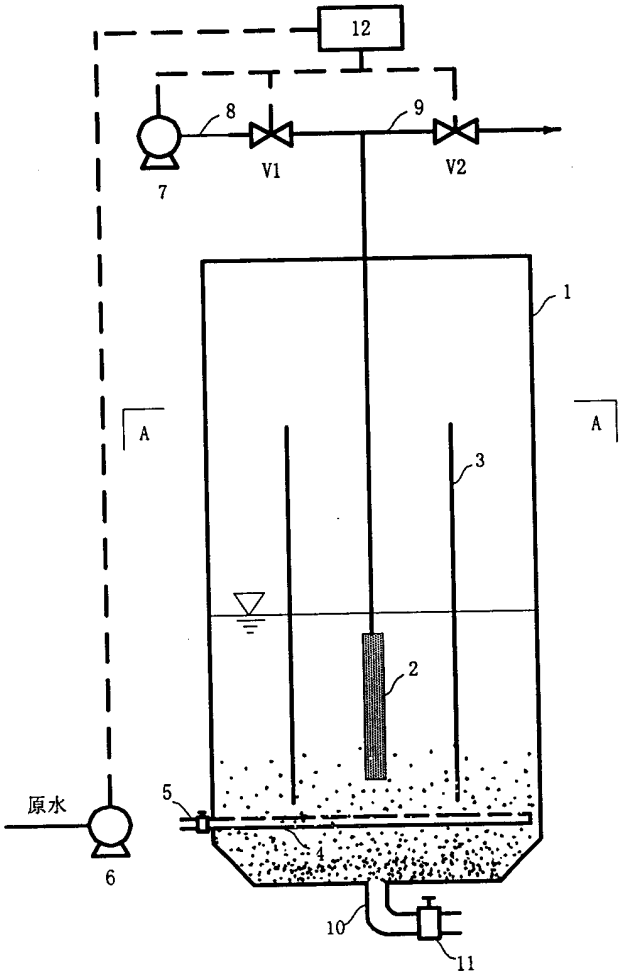


图 5

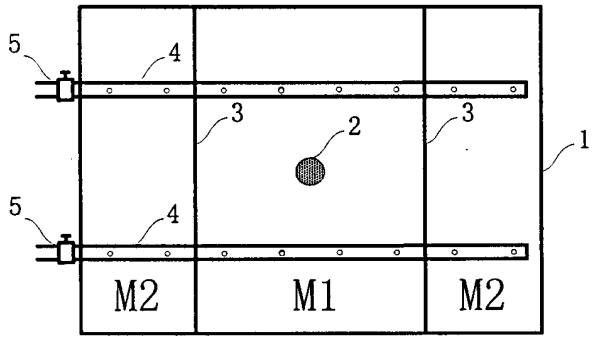


图 6

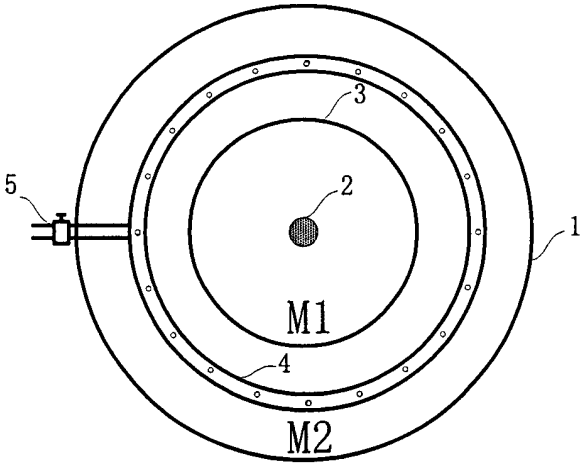


图 7

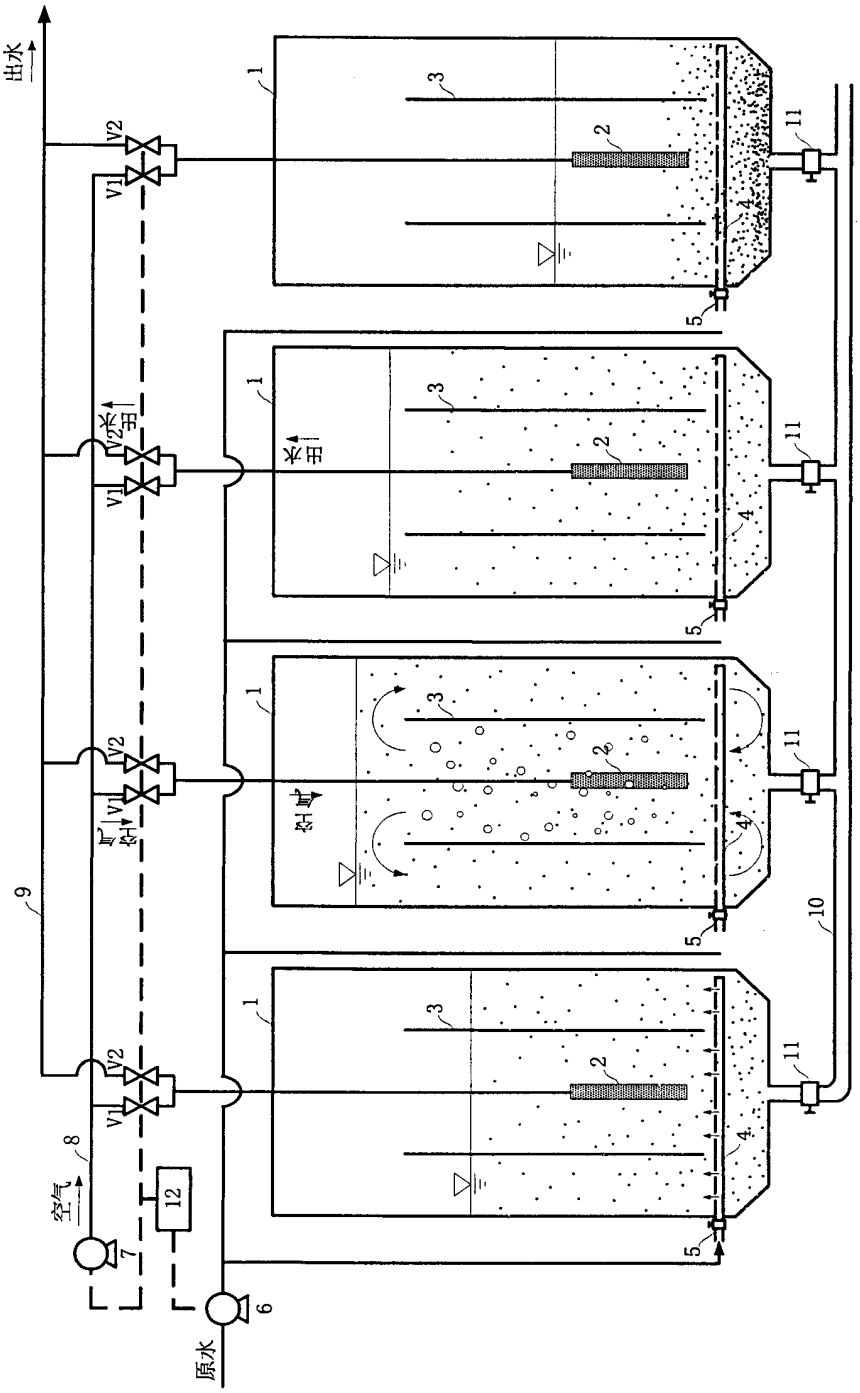


图 8