(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103351056 B
(45)授权公告日 2015.01.14

(21)申请号 201310142318.9
(22)申请日 2013.04.23
(73)专利权人 中山大学
地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路135号
(72)发明人 孟凡刚 周忠波
(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 谢敏楠
(51)Int.Cl.
C02F 3/12(2006.01)
C02F 3/10(2006.01)
C02F 3/30(2006.01)
B01D 65/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 101293702 A,2008.10.29,
CN 101934200 A,2011.01.05,
CN 1772355 A,2006.05.17,
JP 特开2009-39677 A,2009.02.26,
CN 202465450 U,2012.10.03,

审查员 黄翠芳

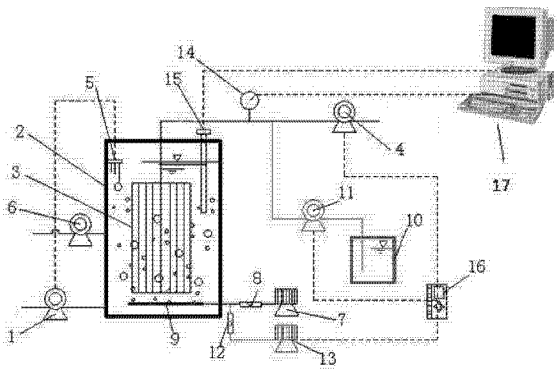
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种在线化学反洗膜组件的装置和方法

(57)摘要

本发明属于水处理领域，具体公开了一种在线化学反洗膜组件的装置和方法。所述装置通过控制系统对出水泵和反洗泵的运行与停止进行自动控制，当出水泵停止，反洗泵运行，反洗剂由反洗泵抽吸沿与出水相反方向流动，进入膜内腔、透过膜孔、从膜外表面流出，对膜组件进行物理反洗的同时进行化学清洗，解决了常规物理反洗无法减轻不可逆污染的问题；避免了将膜组件吊出反应池、另设膜清洗池等劳动强度大、建设成本高、自动化水平低的技术缺陷；更重要的是，反应器的好氧池微生物发生的硝化过程会消耗反洗过程投加的碱；因此，该工艺解决了硝化菌所需碱度的问题，更是很好地解决了清洗废液进一步处置的问题；另外，反洗剂被微生物利用后，对其活性并无影响，污染物去除率仍旧很高。



CN 103351056 B

1. 一种利用反洗装置在线化学反洗膜组件的方法，其特征在于，具体方法为：控制系统控制出水泵运行一段时间后停止运行，反洗泵开始运行，反洗泵抽吸药剂储存池中的反洗剂，使其以一定流速沿着与出水方向相反的方向注入反应池进行反向反洗，反洗剂对反应池同时进行在线物理和化学反洗，清洗后的反洗废液充分混合于反应池的活性污泥混合液中，最终被微生物硝化利用；然后周而复始不断循环往复；

所述反洗剂为 pH 为 12，浓度为 0.01mol/L 的氢氧化钠溶液；

所述反洗装置包括反应组件，反应组件包括相互连接的反应池和出水泵，反洗装置还设有反洗组件，所述反洗组件包括与反应池依次连接的反洗泵和储存有反洗剂的药剂储存池，在线化学反洗膜组件的装置还包括控制系统，控制系统能控制出水泵和反洗泵的开闭，从而使出水泵关闭，并同时打开反洗泵，利用反洗剂对反应池进行反洗。

一种在线化学反洗膜组件的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于污水处理领域，具体地，涉及一种在线化学反洗膜组件的装置和方法。

背景技术

[0002] 膜生物反应器 (MBR) 是将膜分离技术与传统活性污泥法相结合的新型污水处理工艺，具有出水水质好、占地面积小和产泥量低等特点，近年来在污水处理及回用水等领域越来越被广泛地应用。但是，随着膜生物反应器长时间运行，反应器混合液中污泥絮体、胶体颗粒和溶解性大分子有机物都会被膜截留，其大量沉积或吸附在膜表面以及堵塞膜孔，造成膜通量下降和跨膜压差上升，最终导致膜被严重污染而无法正常或长期稳定运行。膜清洗是减轻和控制膜污染的常用手段。由此，如何提高膜清洗的效率，如何实现膜清洗的自动化，如何减少膜清洗过程中产生的费用等等一系列问题都已成为膜生物反应器技术推广应用的一个非常关键的研究课题。

[0003] 膜清洗一般可以分为物理和化学清洗两种方法。物理清洗即是利用具有一定流速的固体颗粒物和高速水流、气流或者两者混合对膜表面或者膜孔进行机械冲刷和正反冲洗，以及利用其他一些特殊手段如超声、振动等除去膜表面滤饼层，最终达到缓解或减轻膜污染的目的。化学清洗即是通过将膜组件浸泡在某一种或者一系列化学试剂中，使其与膜污染物进行化学反应如无机污染物的溶解、有机污染物的分解等等，从而达到恢复通量并有效控制膜污染的目的。在物理清洗中，反冲洗由于可实现原位或在线清洗，自动化控制程度高，操作非常方便和简单，成为最常使用的方法。但是，常规的物理反冲洗往往使用膜出水作为反洗用水，这根本无法去除一些强力吸附或者粘附在膜表面和膜孔里的污染物，膜通量也无法完全恢复，随着运行时间延长，不可逆的膜污染将不断累积，造成膜过滤性能下降，最终影响到膜生物反应器的运行。为此，必须使用化学清洗，由于化学清洗几乎可以清洗去除所有的膜污染物，也使其成为恢复膜通量的唯一方法。但是，传统化学清洗往往都需将膜组件整体从反应池中吊起和转移到化学清洗池进行浸泡，在一定程度上使得操作相对比较复杂且非常不方便，由于需要离线清洗而对系统的正常运行影响较大；另一方面膜清洗之后的废液还需进一步处理，往往造成大量化学清洗药剂的浪费和流失，更增大整个系统的运行成本。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于为了克服现有技术中膜组件清洗方式的不足，提供一种在线化学反洗膜组件的装置。

[0005] 本发明的另一个目的是提供一种在线化学反洗膜组件的方法。所述方法是将物理反洗和化学清洗有机结合，同时能将清洗废液充分利用且不影响微生物活性的在线化学反洗膜组件的方法。

[0006] 本发明针对上述方法和装置还设计了几种自动化控制模式。

[0007] 本发明上述目的通过以下技术方案予以实现：

[0008] 一种在线化学反洗膜组件的装置，包括反应组件，反应组件包括相互连接的反应池和出水泵，在线化学反洗装置还设有反洗组件，所述反洗组件包括与反应池依次连接的反洗泵和储存有反洗剂的药物储存池，所述在线化学反洗膜组件的装置还包括控制系统，控制系统能控制出水泵和反洗泵的开闭，从而使出水泵关闭，并同时打开反洗泵，利用反洗剂对反应池进行反洗。

[0009] 所述装置采用控制系统对出水泵和反洗泵的运行与停止进行自动控制，当出水泵停止，反洗泵即运行，反洗剂由反洗泵抽吸沿与出水相反方向流动，进入膜内腔、透过膜孔、从膜外表面流出，对膜进行物理反洗的同时进行化学清洗，解决了常规物理反洗无法减轻不可逆污染的问题；避免了将膜组件吊出反应池、另设膜清洗池等劳动强度大、建设成本高、自动化水平低的技术缺陷。

[0010] 优选地，所述反应池为活性污泥好氧反应池，溶解氧浓度大于 1.5 mg/L。

[0011] 优选地，所述的药物储存池中存放的反洗剂为碱性反洗剂，碱性反洗剂优选为 pH 为 12 的氢氧化钠溶液，其浓度约为 0.01mol/L。

[0012] 所述控制系统包括时间继电器，时间继电器分别与出水泵和反洗泵相连，控制出水泵和反洗泵的开闭。

[0013] 优选地，所述时间继电器控制出水泵运行 2.7 小时，相继化学反洗泵运行 0.3 小时，然后周而复始不断循环往复。

[0014] 所述控制系统包括智能控制系统，智能控制系统包括感应器、处理器和控制器，感应器获取反应池的状态信息并将其传递到处理器，处理器根据收集到的状态信息通过控制器控制出水泵和反洗泵的开闭。

[0015] 优选地，所述感应器为 pH 探头，pH 探头设在反应池中并与处理器相连；或者所述感应器为压力传感器，压力传感器与处理器相连，反应池通过压力传感器分别与出水泵和反洗泵相连。

[0016] 优选地，所述反应池内设有膜组件，反应池通过膜组件与出水泵、反洗泵相连；所述膜组件为中空纤维式膜组件，中空纤维式膜组件的膜孔径为 0.01~0.4μm。更优选地，所述中空纤维膜组件由多根膜丝组成，膜孔径为 0.01μm，膜面积为 0.1 m^2。

[0017] 优选地，所述处理器为计算机；所述控制器为 PLC 控制器。

[0018] 优选地，反应池还设有曝气装置，曝气装置和第二流量计、第二曝气泵依次相连，所述第二流量计和第二曝气泵一直处于开启状态，其主要目的是为反应池中微生物提供所需溶解氧。

[0019] 优选地，所述反洗组件还设有与反应池内设的曝气装置依次相连的第一流量计和第一曝气泵，控制系统控制第一曝气泵和反洗泵同时开闭；反洗泵开时，第一曝气泵打开，反洗泵关闭时，第一曝气泵关闭。其主要目的是为在化学反洗阶段加强膜表面冲刷力度，提高化学反洗剂的传质扩散作用；作为一种优选方案，所述的第二曝气泵和第一曝气泵的曝气量分别设定为 150~200 L/hour、50~100 L/hour；第二曝气泵和第一曝气泵的曝气量比为 3:1。

[0020] 优选地，所述压力传感器允许的最大膜阻力为 25 KPa；所述 pH 探头允许的 pH 变化范围为 6.5~8.0；当压力传感器检测的膜阻力超过 25 KPa 时或者 pH 探头检测的 pH 值超过 6.5~8.0 时，控制系统关闭出水泵，打开反洗泵，对膜组件进行反洗。

[0021] 优选地，所述反洗泵输送反洗剂的恒定流速为 8 ~15 L/(h • m^2)。

[0022] 一种利用如上所述装置进行在线化学反洗膜组件的方法，具体方法为：控制系统控制出水泵运行一段时间后停止运行，反洗泵开始运行，反洗泵抽吸药剂储存池中的反洗剂，使其以一定流速沿着与出水方向相反的方向注入反应池对反应池内的膜组件进行反向反洗，反洗剂对反应池同时进行在线物理和化学反洗，清洗后的反洗废液充分混合于反应池的活性污泥混合液中，最终被微生物硝化利用；反洗泵运行一段时间后停止，出水泵开始运行，然后周而复始不断循环往复。

[0023] 一种利用如上所述装置进行在线化学反洗膜组件的方法，包括以下 2 种运行模式：

[0024] S1. 时间继电器控制出水泵、反洗泵和第一曝气泵的开 / 关状况：时间继电器控制出水泵运行一段时间后停止运行，反洗泵运行，反洗泵抽吸药剂储存池中的反洗剂，使其以一定流速沿着与出水方向相反的方向流动，直接注入到膜组件的膜内腔中，然后透过膜内表面膜孔进入支撑层并从膜外表面膜孔流出，在第一曝气泵的加强曝气作用下，反洗剂充分混合于反应池的活性污泥混合液中，最终被微生物硝化利用；反洗泵和第一曝气泵运行一段时间后停止，出水泵开始运行，然后周而复始不断循环往复；

[0025] S2. 自动化控制模式：出水泵、反洗泵、第一曝气泵的开 / 关状况受控于 PLC 控制器，PLC 控制器与电脑、pH 探头、压力传感器相连接，当膜阻力 TMP 数值到达 25 kPa，压力传感器将信息输送给电脑，电脑发出信号给 PLC 控制器指示出水泵停止运行，而反洗泵和第一曝气泵开始运行，反洗一定时间后便停止运行；当反应池 pH 低于 6.5 时，pH 探头将信息输送给电脑，电脑发出信号给 PLC 控制器指示出水泵停止运行，而反洗泵开始运行，而当 pH 高于 8.0 时，反洗泵便停止运行，出水泵开始运行。

[0026] 本发明中，所述出水泵、反洗泵均为蠕动泵。

[0027] 本发明中，所使用的流量计、曝气泵、压力传感器、pH 探头、时间继电器、电脑、曝气装置均十分常见并可在市场上容易购买。

[0028] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0029] 1. 本发明的膜组件清洗方法利用较低浓度的化学反洗剂即 NaOH 溶液对膜组件进行物理反冲洗， 并同时也达到了对膜组件的化学清洗，不但去除了膜组件表面较容易冲刷的滤饼层和一些膜污染物，而且还去除了强力吸附在膜孔和膜表面的污染物，可逆和不可逆膜污染同时都得到了较好的控制，膜通量也得到了有效的恢复和保持，很好地解决了传统物理反洗无法去除不可逆膜污染的问题。

[0030] 2. 本发明的膜组件清洗方法还可自由选取不同自动化控制模式对膜组件进行在线原位化学反洗，避免了将膜组件吊出反应池、建设膜清洗浸泡池、配制高浓度清洗剂等劳动强度高、建设成本高、运行成本高的技术缺陷，很好地将膜清洗系统和微生物代谢有机结合起来，显著提高了整个运行系统的自动化控制水平，管理十分方便简单。

[0031] 3. 本发明的膜组件清洗方法最大的优势在于变废为宝，在对膜组件化学反洗的同时将化学反洗剂资源化利用。由于活性污泥好氧反应池势必发生微生物硝化反应，而此反应将会消耗大量碱度，为此本发明中使用的化学反洗剂恰好可为膜生物反应器提供大量所需的碱度，完全解决了反应器外补加碱度的需求；另一方面也解决了清洗废液的进一步处理处置问题。另外，由于反洗剂在进入反应池后可被微生物充分利用，并没有对微生物造成

影响，对污染物的去除率依旧保持在较高水平。

附图说明

[0032] 图 1. 一种在线化学反洗膜组件的装置。

[0033] 附图标记表：1 进水泵；2 反应池；3 膜组件；4. 出水泵；5. 液位计；6. 排泥泵；7. 第二曝气泵；8 第二流量计；9 曝气装置；10 药剂储存池；11 反洗泵；12 第一流量计；13 第一曝气泵；14 压力传感器；15 pH 探头；16 时间继电器；17 电脑。

[0034] 图 2. 一种在线化学反洗膜组件的装置的三种自动化控制模式示意图。

[0035] 图 3. 实施例 1 中 A/O 膜生物反应器膜组件跨膜压差 (TMP) 的上升情况。

[0036] 图 4. 实施例 1 中 A/O 膜生物反应器污泥混合液 pH 的变化情况。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作出进一步地详细阐述，但实施例并不对本发明做任何形式的限定。

[0038] 实施例 1

[0039] 装置的构建：本实施例中，在线化学反洗膜组件的装置中所述的反应池采用了 A/O 膜生物反应器，厌氧池和好氧池容积各 5 升，且均为圆柱体反应器，水力停留时间为 10 小时，污泥停留时间为 20 天。其中，在线化学反洗膜组件的装置的结构如图 1 所示，主要由进水泵 1、生物反应池 2、中空纤维膜组件 3、出水泵 4、液位计 5、排泥泵 6、第二曝气泵 7、第一曝气泵 13、第二流量计 8、第一流量计 12、曝气装置 9、药剂储存池 10、反洗泵 11、时间继电器 16、压力传感器 14、pH 探头 15、电脑 17 组成。实施例 1 的中空纤维膜组件 3 由两个膜组件组成，膜孔径均为 0.01μm，膜面积均为 0.1 m^2，其出水通量完全一样 (13 L/(h•m^2))，其不同在于一个膜组件用超纯水反冲洗(对比例)，另一膜组件用氢氧化钠溶液反冲洗。出水泵 4 和化学反洗泵 11 运行时间比为 2.7 小时：0.3 小时。反洗剂采用 pH 为 12 的氢氧化钠溶液，其反冲洗流动的速度为 8.33 L/(h•m^2)。实施例 1 的中空纤维膜组件 3 之所以设置由两个膜组件组成，其目的是设置一个对比例来突出本发明在线化学反洗装置选用碱性反洗剂对膜组件进行反洗的优点，其实，也可以是两个独立的在线化学反洗膜组件的装置 A 和 B，线化学反洗膜组件的装置 A 和线化学反洗膜组件的装置 B 完全相同，只是线化学反洗膜组件的装置 A 的膜组件用超纯水反冲洗(对比例)，线化学反洗膜组件的装置 B 的膜组件用本发明的碱性反洗剂进行反洗。

[0040] 首先，进水泵 1 与生物反应池 2 中的厌氧池相连，废水经厌氧处理后，污泥混合液流入生物反应池 2 中的好氧池，好氧池中的水一部分被出水泵抽吸出水，另一部分又回流到厌氧池，回流比为 200%。当出水泵 4 运行了 2.7 个小时后就停止工作，化学反洗泵 11 开始运行，将抽吸药剂储存池 10 中的反洗剂，使其以一定流速沿着与出水方向相反的方向流动，接着进入到中空纤维膜组件 3 的膜腔中，然后透过膜孔从膜表面流出， 最终到达好氧池中被其中的微生物消耗。当反洗泵 11 运行 0.3 个小时后便停止工作，出水泵 4 继而又开始运行，如此在出水泵 4 和化学反洗泵 11 间周而复始的工作 / 停止，运行模式见图 2。

[0041] 结果表明，如图 3 所示，超纯水反洗的膜不可逆污染速率为 0.146 kPa/hour，而用氢氧化钠溶液反洗的膜不可逆污染速率为 0.048 kPa/hour，可见本发明的在线化学反洗膜

组件的装置和方法十分有效，可以大大降低膜污染速度。

[0042] 结果还表明，如图4所示，膜生物反应器好氧池和厌氧池中pH一直保持在6.5~8.0之间，反洗剂很好地满足了微生物对碱度的需求，并且膜生物反应器对有机物和氮磷依旧有较好的去除，可见用反洗剂反洗膜组件后进入反应器并无对微生物活性造成影响。

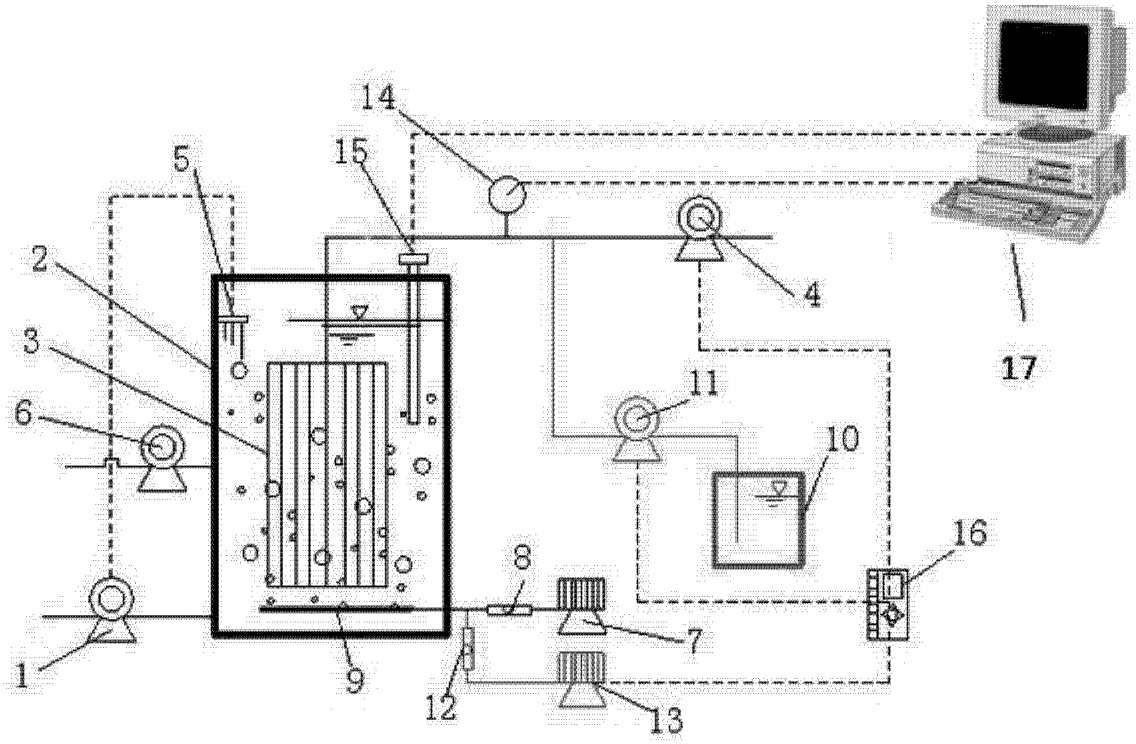

14
15
5
2
3
6
4
17
11
10
16
8
7
1
9
12
13

图 1

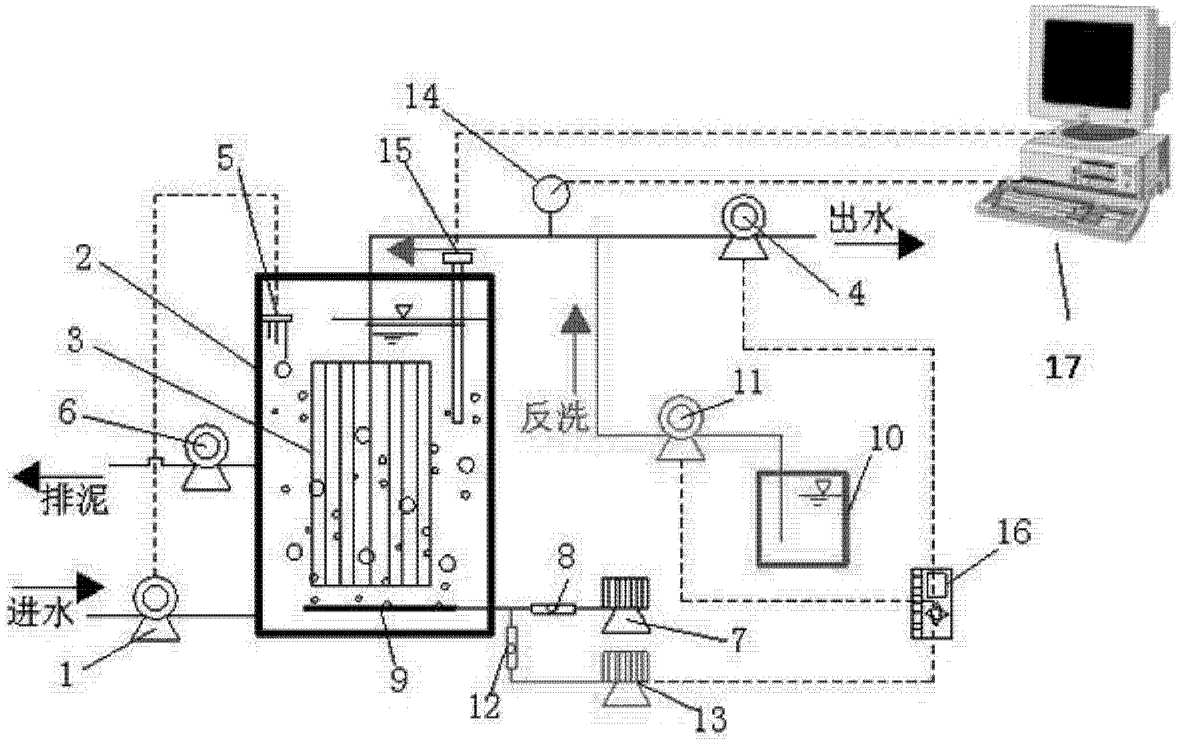

14
15
5
出水
2
4
17
3
反洗
11
6
10
排泥
16
8
进水
7
1
9
12
13

图 2

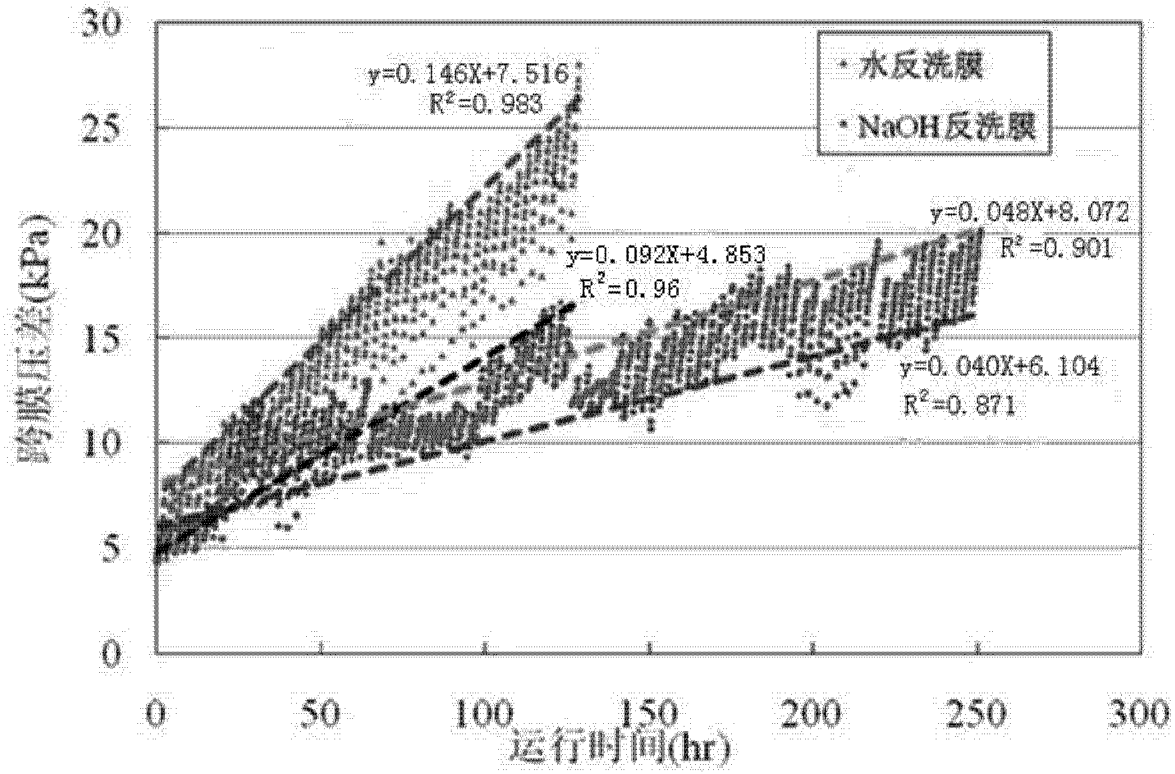

30
25
20
15
10
5
0
跨膜压差(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
运行时间(hr)
水反洗膜
NaOH反洗膜
y=0.146X+7.516
R²=0.983
y=0.092X+4.853
R²=0.96
y=0.048X+8.072
R²=0.901
y=0.040X+6.104
R²=0.871

图 3

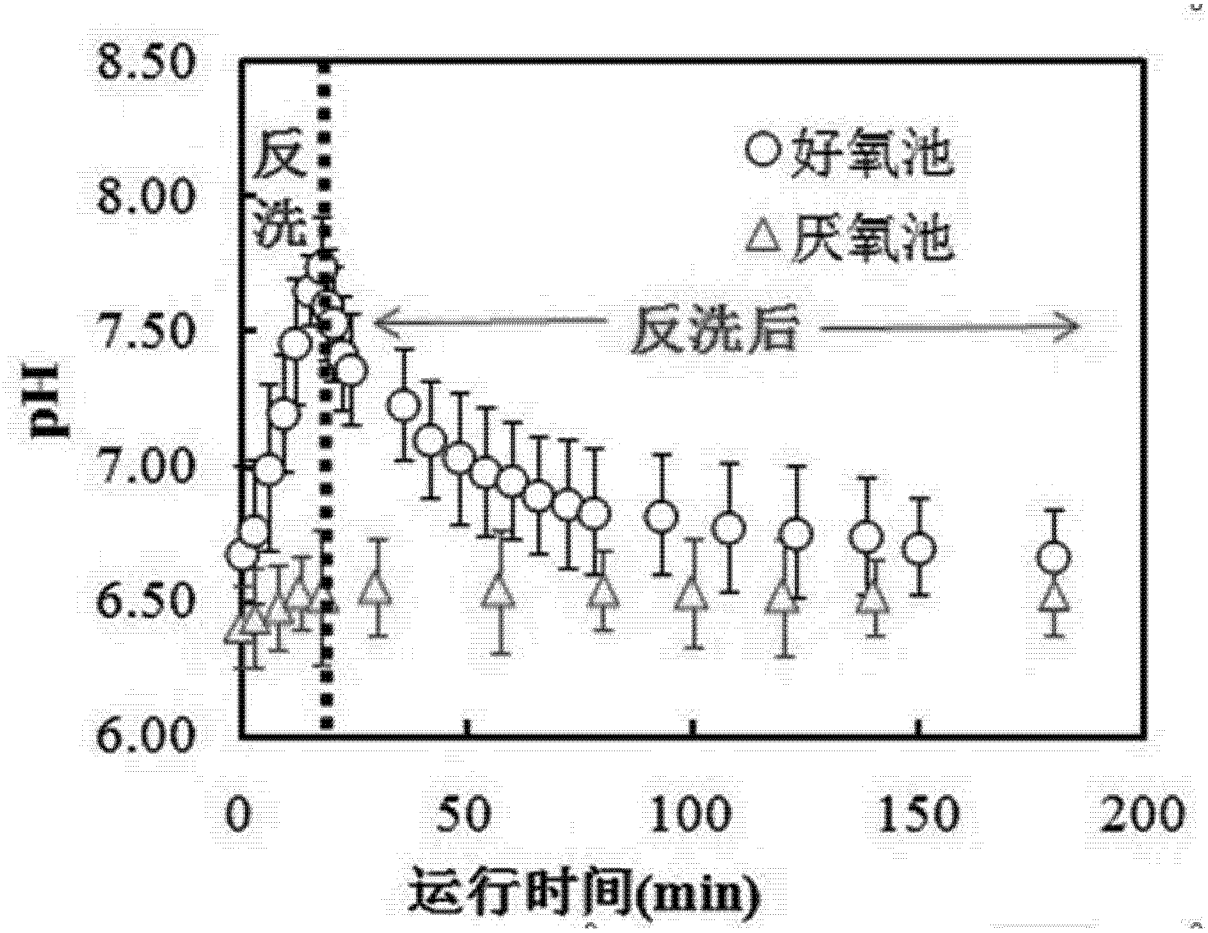

8.50
8.00
7.50
7.00
6.50
6.00
pH
反洗
○好氧池
△厌氧池
反洗后
0
50
100
150
200
运行时间(min)

图 4