

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 3 月 19 日 (19.03.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/051969 A1

(51) 国际专利分类号:
C02F 3/34 (2006.01) *C02F 101/16* (2006.01)
C02F 3/30 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/110409

(22) 国际申请日: 2018 年 10 月 16 日 (16.10.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811059860.7 2018 年 9 月 12 日 (12.09.2018) CN

(71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号, Zhejiang 310027 (CN)。

(72) 发明人: 李中坚 (LI, Zhongjian); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。武高明 (WU, Gaoming); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。杨彬 (YANG, Bin); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。杨宇旋 (YANG, Yuxuan); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。雷乐成 (LEI, Lecheng); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号, Zhejiang 310027 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有
限公司 (HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE
CO., LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区玉
古路 147 号黄鸿年科技综合大楼 215 室郑
海峰, Zhejiang 310013 (CN)。

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TREATING AMMONIA-NITROGEN WASTEWATER USING MICROBIAL ELECTROLYSIS CELL ASSISTED SANI SYSTEM

(54) 发明名称: 利用微生物电解池辅助 SANI 系统处理氨氮废水的方法与装置

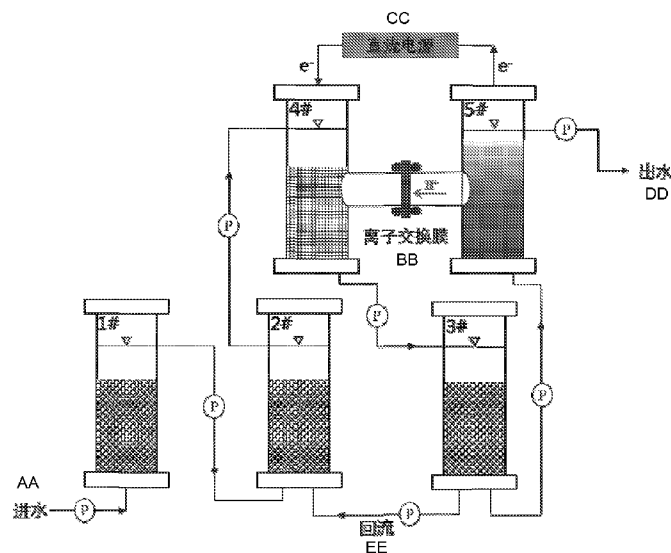


图 1

AA Inlet water
BB Direct current power supply
CC Ion exchange membrane
DD Outlet water
EE Reflux

(57) Abstract: A device for treating ammonia-nitrogen wastewater using a microbial electrolysis cell (MEC) assisted SANI system, comprising an SANI system, a cathode chamber of MEC, an anode chamber of MEC and a power supply. The cathode chamber and the anode chamber are separated by a separator. The cathode chamber and the anode chamber of MEC are respectively connected to the negative electrode and the positive electrode of the power supply. The cathode electrode in the cathode chamber is enriched with

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

hydrogen autotrophic denitrifying bacteria. The outlet of a sulfur autotrophic denitrifying chamber of the SANI system is connected to the inlet of the cathode chamber of MEC, and the outlet of the cathode chamber of MEC is connected to the inlet of the nitrification chamber of the SANI system. Further disclosed is a method for treating ammonia-nitrogen wastewater using the device of the microbial electrolysis cell (MEC) assisted SANI system.

(57) 摘要: 一种利用微生物电解池(MEC)辅助SANI系统处理氨氮废水的装置, 包括SANI系统、MEC的阴极腔室、MEC的阳极腔室和电源, 阴极腔室和阳极腔室之间通过膜隔开; MEC的阴极腔室和阳极腔室分别与电源的负极和正极相连, 阴极腔室内的阴极电极上富集有氢自养型反硝化细菌。SANI系统的硫自养反硝化腔室的出口与MEC的阴极腔室的入口相连, MEC阴极腔室的出口与SANI系统的硝化腔室的入口相连。还公开了一种利用微生物电解池(MEC)辅助SANI系统的装置处理氨氮废水的方法。

说明书

利用微生物电解池辅助 SANI 系统处理氨氮废水的方法与装置

技术领域

本发明涉及一种利用微生物电解池辅助 SANI 系统处理氨氮废水的方法与装置，属于环境技术和水处理领域。

背景技术

现如今，含氮废水的大量排放会极大地影响生态系统的平衡，对于水系中的影响尤甚，具有代表性的例子就是水体富营养化导致的赤潮等现象。传统的生物硝化反硝化过程在含氮处理中有着广泛的应用。尽管一些新颖的技术不断出现，例如 A/O 技术，但由于其具有低能耗高效率的优点，一直被使用着。可是，传统的硝化反硝化技术需要额外的投加碱度和电子给体，这就加大了整体的成本消耗。并且，传统的硝化反硝化过程是由异养反硝化菌消耗有机物进行的，因此会产生大量的污泥。

针对这两点，SANI 工艺成功地解决了上述的问题，SANI 工艺就是将硫还原、自养反硝化、硝化相结合的工艺，SANI 工艺已经能在香港成功地对市政废水进行处理。然而，对于一些工业废水，例如石油废水，冶金废水，食品工业废水，制药废水等废水，其中的 N 浓度（氨浓度和硝酸盐浓度）要远远高于市政废水，针对这些废水，如果单纯使用 SANI 工艺进行脱氮，一则高氨氮的氧化会导致硝化腔室 pH 过低从而影响整个体系的脱氮效率，二则由于 SANI 体系 S/N 的要求导致需要有极高的 S 浓度。而在 SANI 工艺中增加进水中的 S 浓度是有着以下 3 个缺点：第一，高浓度的硫化物对微生物有毒害作用。第二，更高的 S 浓度会导致在硫还原过程中会产生更多的 H_2S 气体，所以在整个过程中也会有更多的 H_2S 气体逸出。第三，更高的 S 浓度则需要更多的操作成本。所以，想要用现阶段的 SANI 工艺来处理高氨氮的工业废水则需要对其进行一定的改进。

作为一种新兴的技术，微生物电解池（MEC）在水处理领域的应用在过去的十年中受到了大家广泛的研究。氢自养型反硝化细菌能够在 MEC 的阴极表面利用阴极产生的氢气进行反硝化，故此 MEC 阴极腔室能够充当二级反硝化腔室，从而间接降低 SANI 工艺进水中的 S 浓度。此外，MEC 阴极发生产氢反应同时

会产生大量碱度，而硝化腔室发生的硝化反应过程产生大量的质子，条件合适，二者可以相互调节达到体系 pH 的长期稳定。因此，将 MEC 和 SANI 工艺相耦合的 e-SANI 工艺有望成为一项十分有前景的处理高氨氮废水的技术。

发明内容

本发明是将 MEC 和 SANI 工艺相耦合，强化 SANI 工艺使其能够适应对高氨氮含量的工艺废水的处理。利用 MEC 提供的额外电子和碱度，额外的进行反硝化过程同时调节硝化腔室的 pH，达到了体系处理高氨氮废水的能力。

本发明的利用微生物电解池辅助 SANI 系统处理氨氮废水的装置包括 SANI 系统、4[#]腔室、5[#]腔室和电源，4[#]腔室为 MEC 的阴极腔室，5[#]腔室为 MEC 的阳极腔室，4[#]腔室和 5[#]腔室之间通过膜隔开；MEC 的阴极腔室和阳极腔室分别与电源的负极和正极相连，所述阴极腔室内的阴极电极上富集有氢自养型反硝化细菌；SANI 系统的硫自养反硝化腔室的出口与 MEC 的阴极腔室的入口相连；MEC 的阴极腔室的出口与 SANI 系统的硝化腔室的入口相连。

优选的，所述的 SANI 系统的硝化腔室的出口与 MEC 的阳极腔室相连。

优选的，所述的膜用于隔离阴阳极腔室，可以为质子交换膜，阳离子交换膜等。

进一步的，所述 4[#]腔室用石墨填料填充并用石墨棒引出连接电源，5[#]腔室用 DSA 电极。

进一步的，所述的 4[#]腔室的条件是缺氧条件，溶解氧 $DO < 0.5 \text{ mg/L}$ ；5[#]腔室为好氧条件，溶解氧 $DO > 0.5 \text{ mg/L}$ ；所述 SANI 系统、4[#]腔室、5[#]腔室都进行充分搅拌。

本发明还公开了一种所述装置的氨氮废水处理方法：废水经由 SANI 系统的硫酸盐还原腔室的底部进入，在完全混合的条件下，由硫酸盐还原菌将废水中的硫酸盐还原成负二价硫离子，此过程的电子来源为废水中的有机物；

硫酸盐还原腔室的出水到 SANI 系统的硫自养反硝化腔室之后，和从硝化腔室回流的废水在硫自养反硝化腔室底部进行充分混合；由于硝化腔室中的硝化细菌将废水中的 NH_4^+ 转化成 NO_3^- ，所以在硫自养反硝化腔室中会有大量的 NO_3^- 存在，在腔室中生长的硫自养反硝化微生物在厌氧的条件下会将 NO_3^- 转化为 N_2 ，而此时的电子来源是硫酸盐还原腔室中过来的负二价硫离子；硫自养反硝化腔室

的出水进入 MEC 的阴极腔室，为了避免阴极腔室和阳极腔室的离子迁移相互干扰故采用膜隔离阴阳极腔室；在阴极腔室中氢自养型反硝化菌进行深度反硝化进一步脱氮，然后，阴极腔室出水再经上部出口流至硝化腔室以将水中的 NH_4^+ 转化成 NO_3^- ；此外，在阴极腔室里伴随着产氢反应产生的大量的氢氧根能够有效中和硝化腔室里硝化过程上产生的大量质子；最后硝化腔室出水直接排放或者打入 MEC 的阳极腔室进行氧化处理掉水中的负二价硫后直接排放。

进一步的，所述硝化腔室中排水量与回流到硫自养反硝化腔室的水量的流量比为 1:0.5~1:5。

进一步的，所述的 SANI 系统、4[#]腔室和 5[#]腔室的温度控制在 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ，每个腔室的水力停留时间为 18~36h。

进一步的，所述的阴极电势范围为：-0.4 V~-1.2 V。

进一步的，所述的阳极电势为：0.5 V~2.3 V。

本发明与现有技术相比，所具有的有益效果是：

- 1) 能够应用处理高氨氮 ($\geq 200 \text{ mg NH}_4^+-\text{N/L}$) 废水；
- 2) 能够达到自身酸碱度调节，无需额外投加碱度或酸度；
- 3) 脱氮效率更高；
- 4) 利用微生物电解池阳极腔室对出水中负二价硫进一步氧化脱除。

附图说明

图 1 为用 e-SANI 工艺处理高氨氮废水的装置示意图；

图 2 为用 e-SANI 工艺在 -0.8 V 时处理高氨氮废水时 pH 变化图；

图 3 为用 e-SANI 工艺在 -0.8 V 时处理高氨氮废水时 NH_4^+-N 变化图；

图 4 为用 e-SANI 工艺在 -0.8 V 时处理高氨氮废水时 NO_3^--N 变化图；

图 5 为用 e-SANI 工艺在 -0.9 V 时处理高氨氮废水时 pH 变化图；

图 6 为用 e-SANI 工艺在 -0.9 V 时处理高氨氮废水时 NH_4^+-N 变化图；

图 7 为用 e-SANI 工艺在 -0.9 V 时处理高氨氮废水时 NO_3^--N 变化图；

图 8 为用 e-SANI 工艺在 -1.0 V 时处理高氨氮废水时 pH 变化图；

图 9 为用 e-SANI 工艺在 -1.0 V 时处理高氨氮废水时 NH_4^+-N 变化图；

图 10 为用 e-SANI 工艺在 -1.0 V 时处理高氨氮废水时 NO_3^--N 变化图。

图 11 为实施例 4 的处理结果示意图。

具体实施方式

为了更好的理解本发明，下面通过附图以及具体实施来做进一步说明。

参照图 1，整个装置是连续流操作。本发明的利用微生物电解池辅助 SANI 系统处理氨氮废水的装置包括 SANI 系统、4[#]腔室、5[#]腔室和电源，4[#]腔室为 MEC 的阴极腔室，5[#]腔室为 MEC 的阳极腔室，4[#]腔室和 5[#]腔室之间通过膜隔开；MEC 的阴极腔室和阳极腔室分别与电源的负极和正极相连，所述阴极腔室内的阴极电极上富集有氢自养型反硝化细菌；SANI 系统的硫自养反硝化腔室的出口与 MEC 的阴极腔室的入口相连；MEC 的阴极腔室的出口与 SANI 系统的硝化腔室的入口相连。

本发明处理氨氮废水的流程如下：废水经由 SANI 系统的硫酸盐还原腔室的底部进入，在完全混合的条件下，由硫酸盐还原菌将废水中的硫酸盐还原成负二价硫离子，此过程的电子来源为废水中的有机物；

硫酸盐还原腔室的出水到 SANI 系统的硫自养反硝化腔室之后，和从硝化腔室回流的废水在硫自养反硝化腔室底部进行充分混合；由于硝化腔室中的硝化细菌将废水中的 NH_4^+ 转化成 NO_3^- ，所以在硫自养反硝化腔室中会有大量的 NO_3^- 存在，在腔室中生长的硫自养反硝化微生物在厌氧的条件下会将 NO_3^- 转化为 N_2 ，而此时的电子来源是硫酸盐还原腔室中过来的负二价硫离子；硫自养反硝化腔室的出水进入 MEC 的阴极腔室，为了避免阴极腔室和阳极腔室的离子迁移相互干扰故采用膜隔离阴阳极腔室；在阴极腔室中氢自养型反硝化菌进行深度反硝化进一步脱氮，然后，阴极腔室出水再经上部出口流至硝化腔室以将水中的 NH_4^+ 转化成 NO_3^- ；此外，在阴极腔室里伴随着产氢反应产生的大量的氢氧根能够有效中和硝化腔室里硝化过程上产生的大量质子；最后硝化腔室出水直接排放或者打入 MEC 的阳极腔室进行氧化处理掉水中的负二价硫后直接排放。

实施例 1

废水处理对象为 NH_4^+ -N 浓度为 214.6mg/L， SO_4^{2-} -S 浓度为 200mg/L 的废水，TOC 浓度为 400mg/L。初始 pH 是~7.0。

回流比控制在回流/出水=3:1，每个腔室水力停留时间控制在 24 h，系统运

行温度控制在 $25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，阴极电势分别控制在 -0.8 V 。

结果如图 2-4 所示，在引入 MEC 之后，3#硝化腔室 pH 能稳定在 6.2~6.3 之间，氨氮几乎为 0，这说明 pH 的改善极大地提高了硝化效率。但 2#与 4#的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 几乎一致，这说明 4#腔室的脱氮效果还不是很明显，有待继续优化。

实施例 2

废水处理对象为 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 浓度为 214.6mg/L ， $\text{SO}_4^{2-} \text{-S}$ 浓度为 200mg/L 的废水，TOC 浓度为 400mg/L 。初始 pH 是 ~ 7.0 。

回流比控制在回流/出水=3:1，每个腔室水力停留时间控制在 24 h，系统运行温度控制在 $25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，阴极电势分别控制在 -0.9 V 。

结果如图 5-7 所示，在阴极电势由 -0.8 V 提高到 -0.9 V 之后，2#，3#和 4#腔室 pH 均稳定提升，以至出水 pH 能稳定在 6.8~7.0 之间，这与进水 pH 相差无几，这意味着在阴极电势为 -0.9 V 条件下，能使整个体系自身现实酸碱度调节达到进出水 pH 一致。出水氨氮几乎为 0，硝化效率稳定在 99%左右。2#与 4#的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 差距开始体现，这说明 4#腔室的脱氮效果开始体现，但仍有待继续优化的空间。

实施例 3

废水处理对象为 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 浓度为 214.6mg/L ， $\text{SO}_4^{2-} \text{-S}$ 浓度为 200mg/L 的废水，TOC 浓度为 400mg/L 。初始 pH 是 ~ 7.0 。

回流比控制在回流/出水=3:1，每个腔室水力停留时间控制在 24 h，系统运行温度控制在 $25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，阴极电势分别控制在 -1.0 V 。

结果如图 8-10 所示，在阴极电势进一步由 -0.9 V 提高到 -1.0 V 之后，2#，3#和 4#腔室 pH 进一步提升，以至出水 pH 能稳定在 7.0~7.2 之间，出水氨氮几乎为 0，硝化效率稳定在 99%左右。2#与 4#的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 差距较 -0.9 V 条件下进一步加大，这说明 4#腔室的脱氮效果随着阴极电势的提高而增强，但 4#腔室 pH 已经接近 8.0 左右，因此阴极电势的进一步提升得考虑 4#腔室 pH 的问题。

实施例 4

废水处理对象为 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 浓度为 214.6mg/L ， $\text{SO}_4^{2-} \text{-S}$ 浓度为 200mg/L 的废水，TOC 浓度为 400mg/L 。初始 pH 是 ~ 7.0 。

回流比控制在回流/出水=3:1，每个腔室水力停留时间控制在 24 h，系统运

行温度控制在 25 ± 5 °C，阴极电势分别控制在-0.9 V，出水打入 MEC 阳极腔室（5#腔室）进行深度硫化物氧化脱除。

结果如图 11 所示，出水经 5#腔室进一步氧化处理之后，硫化物能从 30 mg/L 降到 1~2 mg/L,效果显著。

权利要求书

1. 一种利用微生物电解池辅助 SANI 系统处理氨氮废水的装置, 其特征在于: 包括 SANI 系统、4[#]腔室、5[#]腔室和电源, 4[#]腔室为 MEC 的阴极腔室, 5[#]腔室为 MEC 的阳极腔室, 4[#]腔室和 5[#]腔室之间通过膜隔开; MEC 的阴极腔室和阳极腔室分别与电源的负极和正极相连, 所述阴极腔室内的阴极电极上富集有氢自养型反硝化细菌;

SANI 系统的硫自养反硝化腔室的出口与 MEC 的阴极腔室的入口相连; MEC 的阴极腔室的出口与 SANI 系统的硝化腔室的入口相连。

2. 根据权利要求 1 所述的装置, 其特征在于所述的 SANI 系统的硝化腔室的出口与 MEC 的阳极腔室相连。

3. 根据权利要求 1 所述的装置, 其特征在于所述 4[#]腔室用石墨填料填充并用石墨棒引出连接电源, 5[#]腔室用 DSA 电极。

4. 根据权利要求 1 所述的装置, 其特征在于所述的 4[#]腔室的条件是缺氧条件, 溶解氧 $DO < 0.5 \text{ mg/L}$; 5[#]腔室为好氧条件, 溶解氧 $DO > 0.5 \text{ mg/L}$; 所述 SANI 系统、4[#]腔室、5[#]腔室都进行充分搅拌。

5. 一种如权利要求 1 所述装置的氨氮废水处理方法, 其特征在于: 废水经由 SANI 系统的硫酸盐还原腔室的底部进入, 在完全混合的条件下, 由硫酸盐还原菌将废水中的硫酸盐还原成负二价硫离子, 此过程的电子来源为废水中的有机物;

硫酸盐还原腔室的出水到 SANI 系统的硫自养反硝化腔室之后, 和从硝化腔室回流的废水在硫自养反硝化腔室底部进行充分混合; 由于硝化腔室中的硝化细菌将废水中的 NH_4^+ 转化成 NO_3^- , 所以在硫自养反硝化腔室中会有大量的 NO_3^- 存在, 在腔室中生长的硫自养反硝化微生物在厌氧的条件下会将 NO_3^- 转化为 N_2 , 而此时的电子来源是硫酸盐还原腔室中过来的负二价硫离子; 硫自养反硝化腔室的出水进入 MEC 的阴极腔室, 为了避免阴极腔室和阳极腔室的离子迁移相互干扰故采用膜隔离阴阳极腔室; 在阴极腔室中氢自养型反硝化菌进行深度反硝化进一步脱氮, 然后, 阴极腔室出水再经上部出口流至硝化腔室以将水中的 NH_4^+ 转化成 NO_3^- ; 此外, 在阴极腔室里伴随着产氢反应产生的大量的氢氧根能够有效中和硝化腔室里硝化过程上产生的大量质子; 最后硝化腔室出水直接排放或者打入 MEC 的阳极腔室进行氧化处理掉水中的负二价硫后直接排放。

6.根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于所述硝化腔室中排水量与回流到硫自养反硝化腔室的水量的流量比为 1:0.5~1:5。

7.根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于所述的 SANI 系统、4[#]腔室和 5[#]腔室的温度控制在 25 ± 5 °C,每个腔室的水力停留时间为 18~36h。

8.根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于所述的阴极电势范围为: -0.4 V~-1.2 V。

9.根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于所述的阳极电势为:0.5 V~2.3 V。

说明书附图

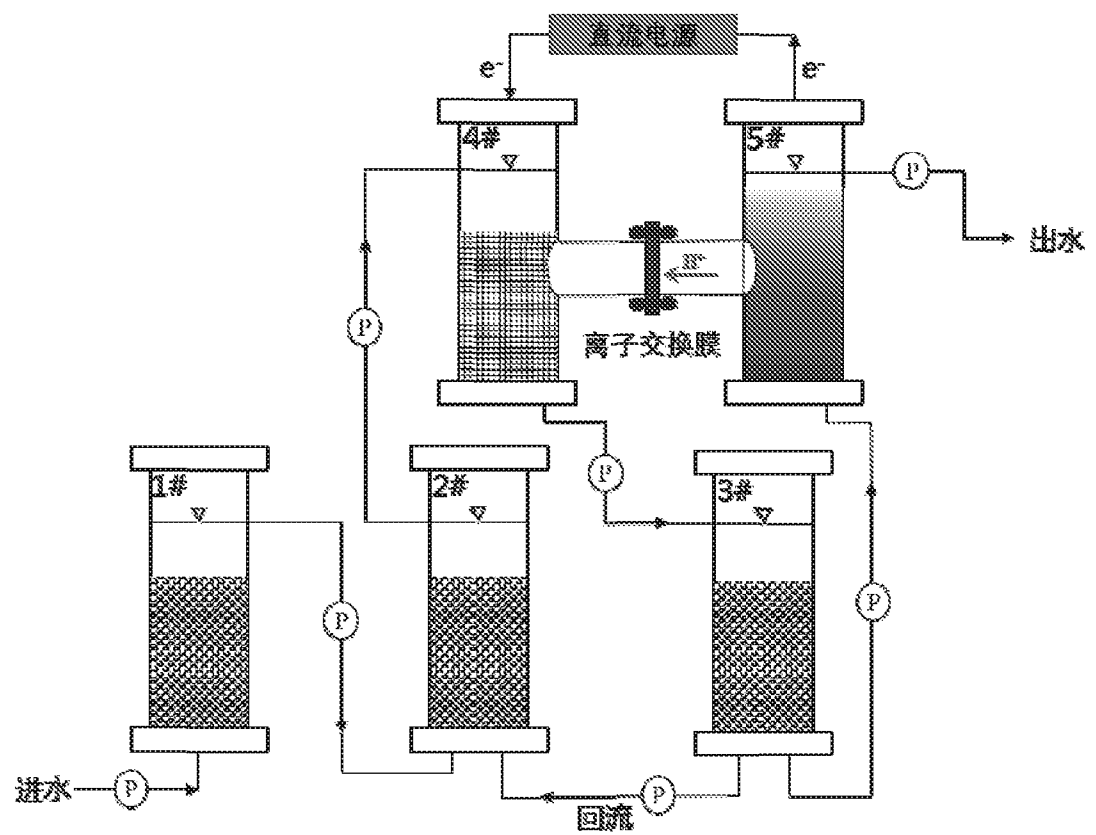


图 1

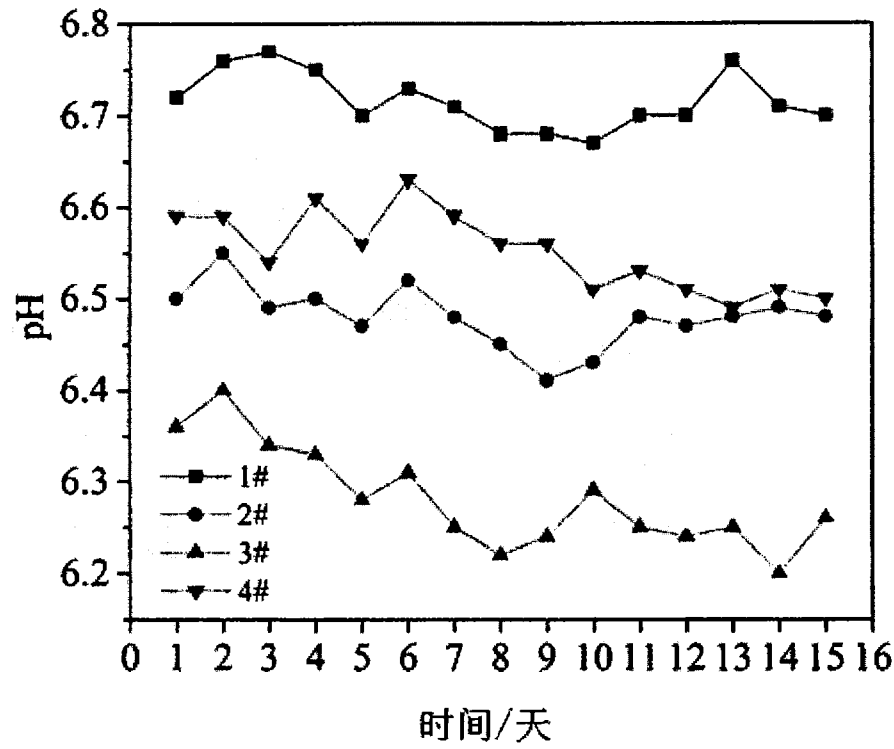


图 2

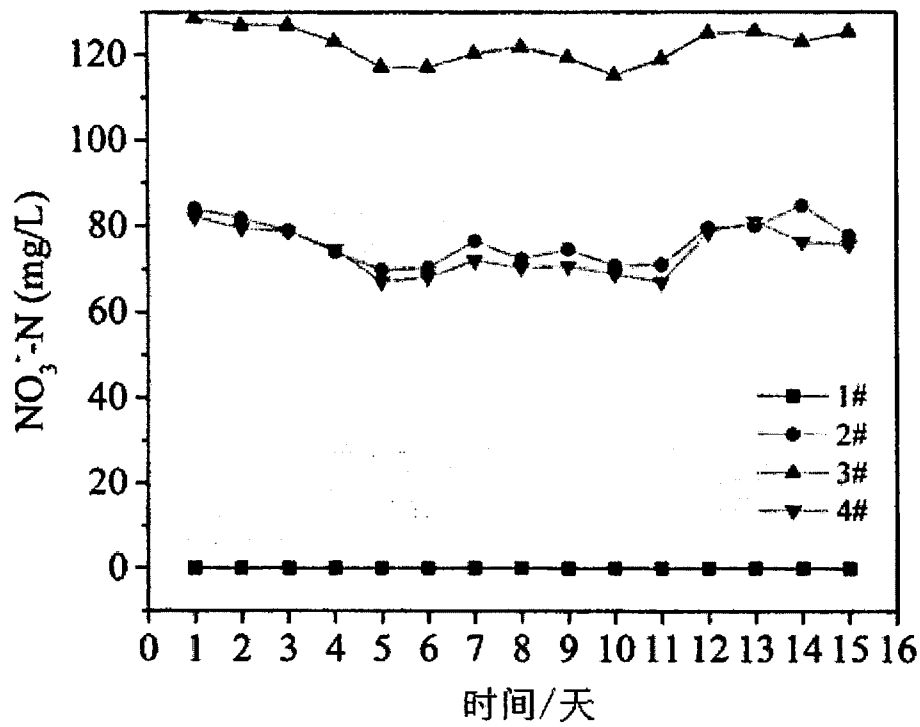


图 3

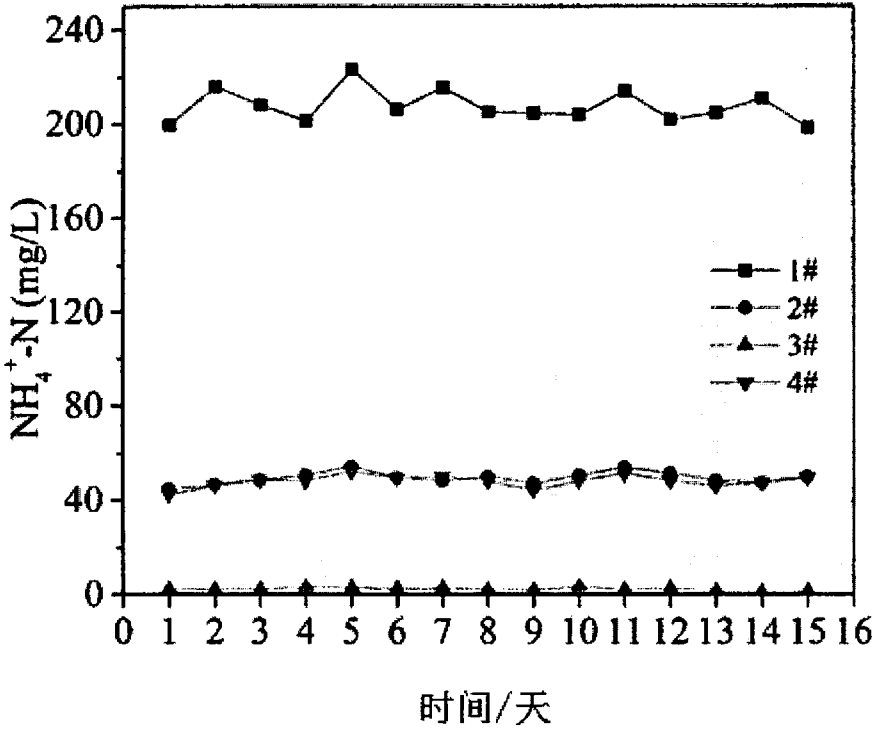


图 4

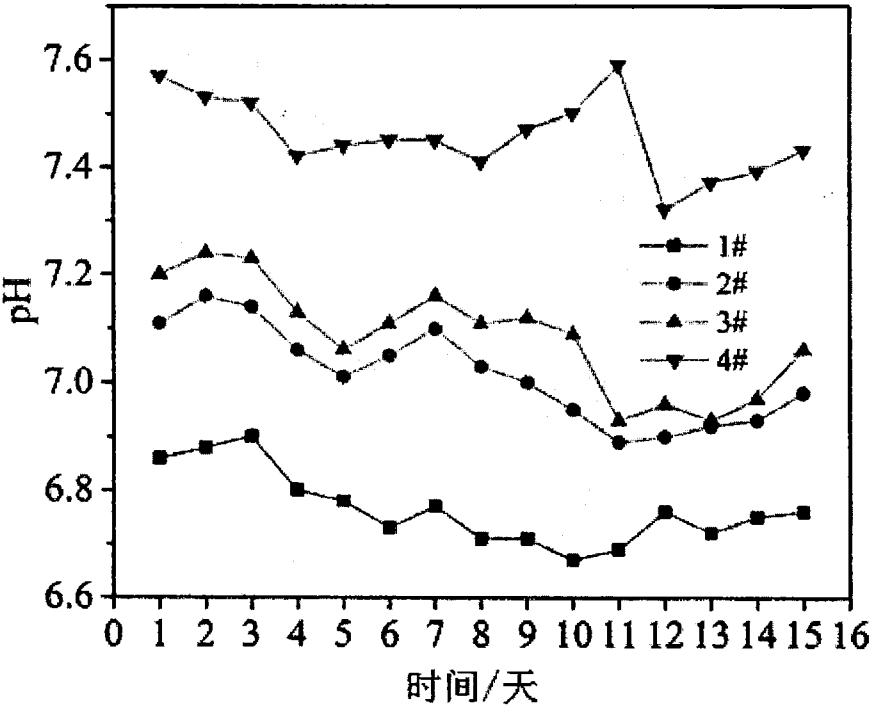


图 5

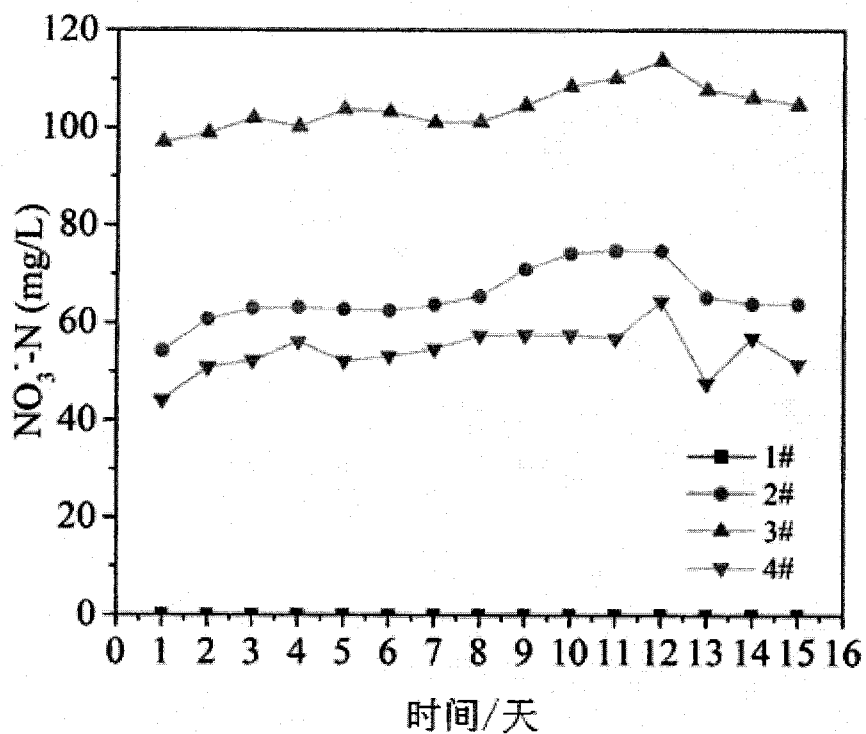


图 6

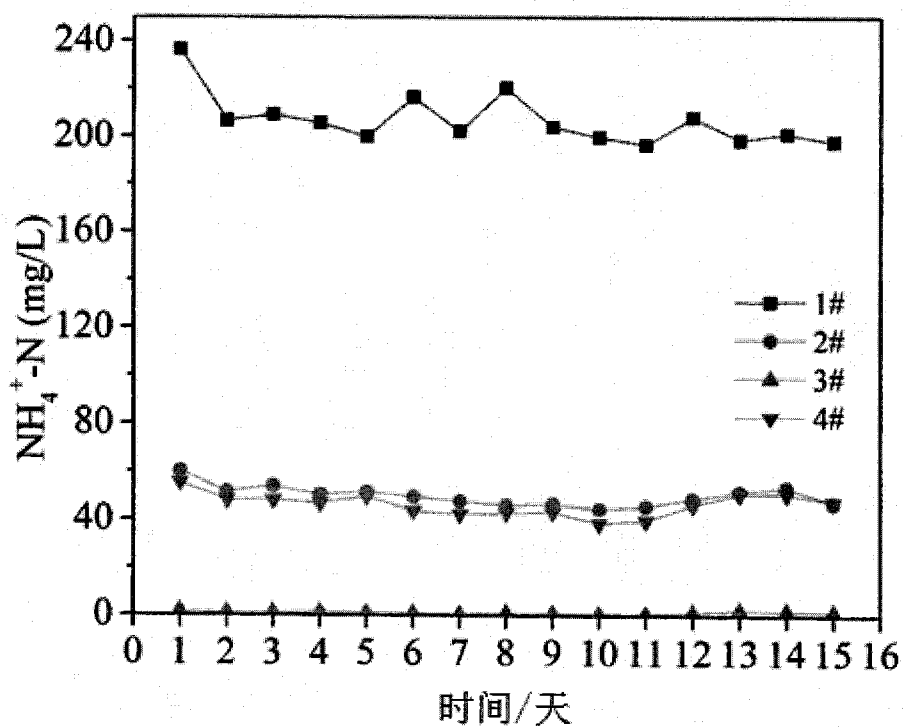


图 7

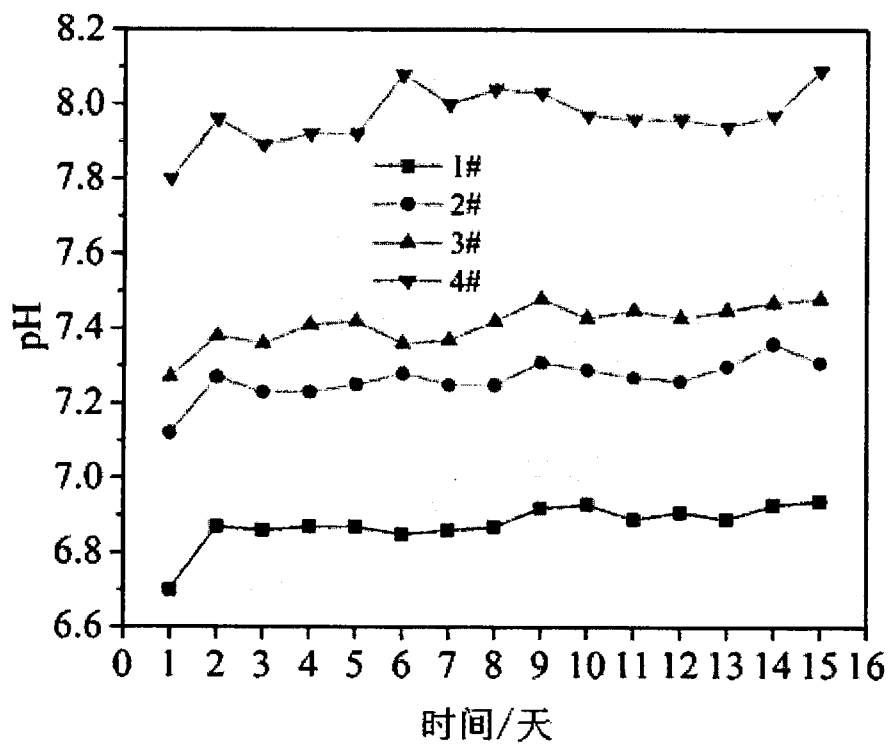


图 8

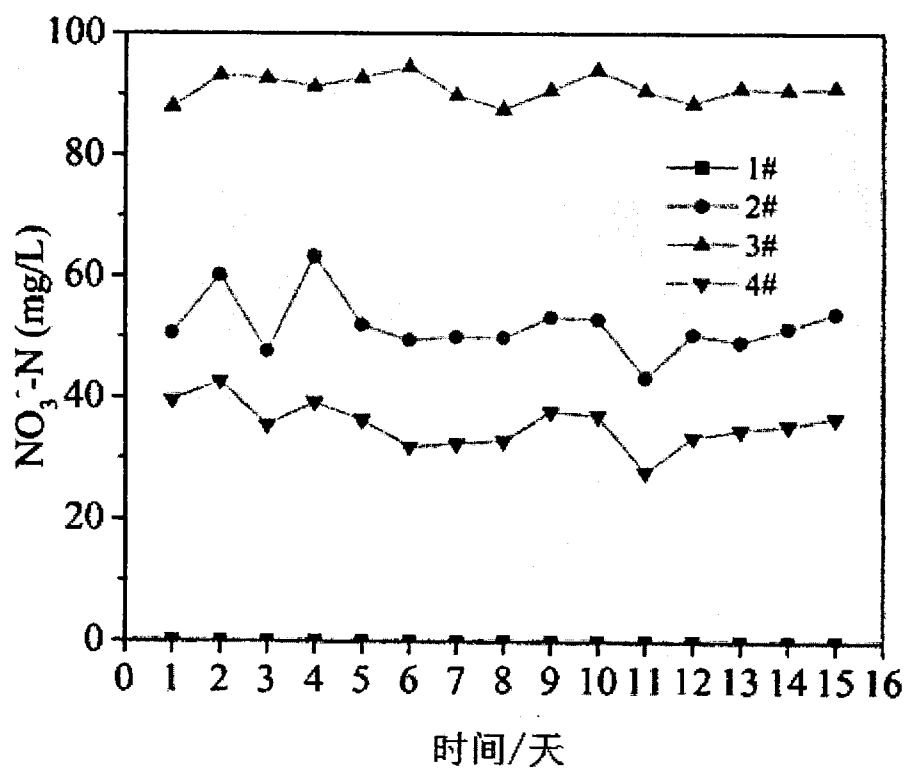


图 9

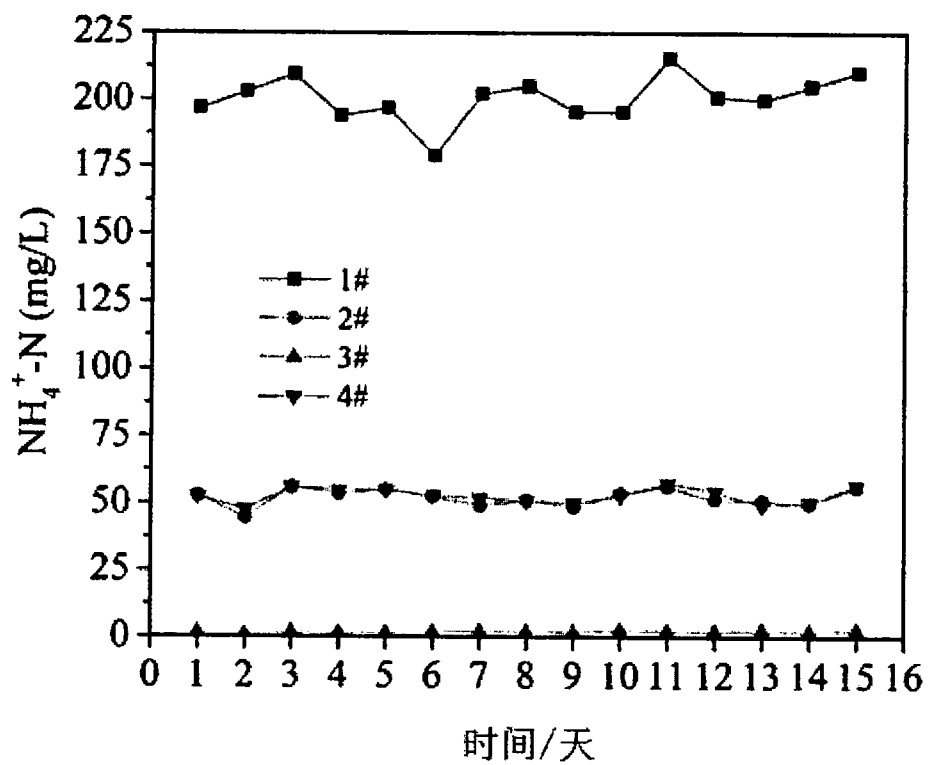


图 10

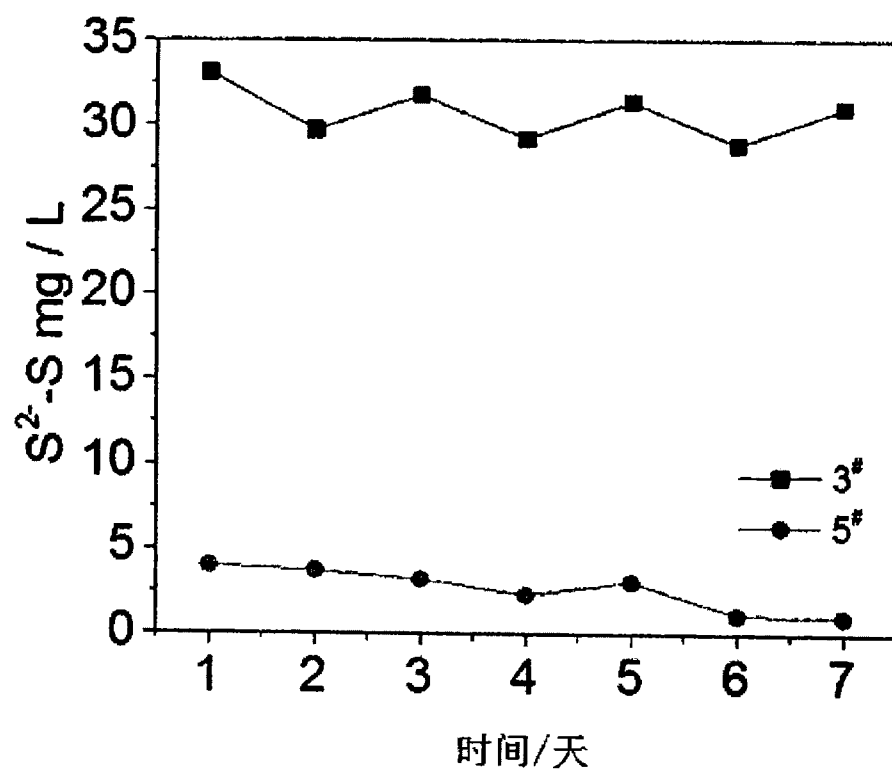


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/110409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 3/34(2006.01)i; C02F 3/30(2006.01)i; C02F 101/16(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC; CNKI; VEN; CNTXT; CNABS; Elsevier Science: 微生物电解, MEC, SANI, 自养反硝化, 氨氮, microbial electrolysis cell, MEC, SANI, sulfate, autotrophic, denitrification, ammonia

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2925679 B1 (UNIV GIRONA) 06 June 2018 (2018-06-06) entire document	1-9
A	CN 105084530 A (RESEARCH CENTRE FOR ECO-ENVIRONMENTAL SCIENCES, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 25 November 2015 (2015-11-25) entire document	1-9
A	CN 105217796 A (INSTITUTE OF HYDROBIOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 06 January 2016 (2016-01-06) claims 1-7, and figure 1	1-9
A	CN 104743663 A (ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY) 01 July 2015 (2015-07-01) entire document	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 May 2019

Date of mailing of the international search report

10 June 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/110409

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2925679	B1	06 June 2018	EP	2925679	A1	07 October 2015
				ES	2684978	T3	05 October 2018
				WO	2014082989	A1	05 June 2014
CN	105084530	A	25 November 2015	None			
CN	105217796	A	06 January 2016	CN	105217796	B	24 November 2017
CN	104743663	A	01 July 2015	CN	104743663	B	08 June 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/110409

A. 主题的分类 C02F 3/34(2006.01)i; C02F 3/30(2006.01)i; C02F 101/16(2006.01)n 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) C02F 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) EP0DOC; CNKI; VEN; CNTXT; CNABS; Elsevier Science:微生物电解, MEC, SANI, 自养反硝化, 氨氮, microbial electrolysis cell, MEC, SANI, sulfate, autotrophic, denitrification, ammonia																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>EP 2925679 B1 (UNIV GIRONA) 2018年 6月 6日 (2018 - 06 - 06) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105084530 A (中国科学院生态环境研究中心) 2015年 11月 25日 (2015 - 11 - 25) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105217796 A (中国科学院水生生物研究所) 2016年 1月 6日 (2016 - 01 - 06) 权利要求1-7, 附图1</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104743663 A (浙江工商大学) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	EP 2925679 B1 (UNIV GIRONA) 2018年 6月 6日 (2018 - 06 - 06) 全文	1-9	A	CN 105084530 A (中国科学院生态环境研究中心) 2015年 11月 25日 (2015 - 11 - 25) 全文	1-9	A	CN 105217796 A (中国科学院水生生物研究所) 2016年 1月 6日 (2016 - 01 - 06) 权利要求1-7, 附图1	1-9	A	CN 104743663 A (浙江工商大学) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01) 全文	1-9
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	EP 2925679 B1 (UNIV GIRONA) 2018年 6月 6日 (2018 - 06 - 06) 全文	1-9															
A	CN 105084530 A (中国科学院生态环境研究中心) 2015年 11月 25日 (2015 - 11 - 25) 全文	1-9															
A	CN 105217796 A (中国科学院水生生物研究所) 2016年 1月 6日 (2016 - 01 - 06) 权利要求1-7, 附图1	1-9															
A	CN 104743663 A (浙江工商大学) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01) 全文	1-9															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2019年 5月 31日		国际检索报告邮寄日期 2019年 6月 10日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 孙振军 电话号码 86-(010)-62084781															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/110409

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
EP	2925679	B1	2018年 6月 6日	EP 2925679 A1	2015年 10月 7日
				ES 2684978 T3	2018年 10月 5日
				WO 2014082989 A1	2014年 6月 5日
CN	105084530	A	2015年 11月 25日	无	
CN	105217796	A	2016年 1月 6日	CN 105217796 B	2017年 11月 24日
CN	104743663	A	2015年 7月 1日	CN 104743663 B	2016年 6月 8日