(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 110980956 B
(45)授权公告日 2021.11.09

(21)申请号 201911263024.5
(22)申请日 2019.12.11
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110980956 A
(43)申请公布日 2020.04.10
(73)专利权人 四川农业大学
地址 610000 四川省雅安市雨城区新康路46号
(72)发明人 张可 吴香伶 陈佳 陈伟 陈剑 杨斯乔
(74)专利代理机构 成都正华专利代理事务所(普通合伙) 51229
代理人 李蕊
(51)Int.Cl.
C02F 3/32(2006.01)
C02F 3/30(2006.01)
C02F 101/16(2006.01)

(56)对比文件
CN 205088013 U,2016.03.16
CN 105712484 A,2016.06.29
CN 110330105 A,2019.10.15
CN 107601673 A,2018.01.19
US 2005082222 A1,2005.04.21

审查员 朱玲

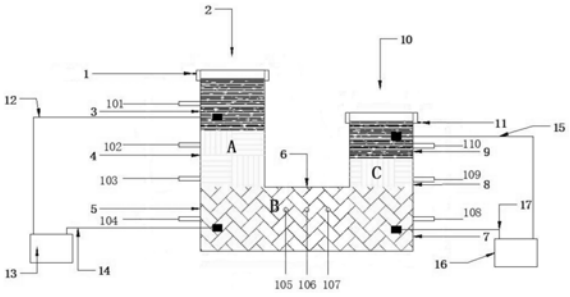
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置及运行方法

(57)摘要

本发明公开了一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置及运行方法，该装置从阴极进水，污水经过的环境为好氧—厌氧—好氧，与脱氮过程需要的氧气环境相符合，硝化细菌在阴极区提供的好氧条件下首先将含氮有机物转化为氨氮，并在相同条件下将氨氮进一步转化为NO_2-N，最终产物为NO_3-N，含有充足NO_3-N的废水在水力负荷及重力作用下进入阳极区，在厌氧环境中进行反硝化过程，最终NO_3-N转化为硝酸盐。本发明在加强去除含氮有机物的同时还能产生电能，实现了污水的资源化利用，有利于节能减排。



CN 110980956 B

1.一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，其特征在于，包括呈U型设置的垂直流人工湿地A、水平流人工湿地B和垂直流人工湿地C，所述垂直流人工湿地C的高度低于垂直流人工湿地A，所述垂直流人工湿地A由上至下依次为进流布水区(2)、阴极I区(3)、垂直流基质层I(4)和阳极I区(5)，所述阴极I区(3)中设置有用于接种硝化产电菌的活性炭材料，所述阳极I区(5)中设置有用于接种反硝化菌的活性炭材料；所述垂直流人工湿地C由上至下依次为出水集流区(10)、阴极Ⅱ区(9)、垂直流基质层Ⅱ(8)和阳极Ⅱ区(7)，所述水平流人工湿地B为水平设置的水平流基质层(6)，所述水平流基质层(6)分别连接阳极I区(5)和阳极Ⅱ区(7)，所述阴极I区(3)和阳极I区(5)电性连接有用电器I(13)，所述阴极Ⅱ区(9)和阳极Ⅱ区(7)电性连接有用电器Ⅱ(16)；所述微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置的运行方法：污水从进水口流入进流布水区，然后均匀渗流至垂直流人工湿地A的阴极I区；污水中的含氮有机物在阴极I区富集的产电菌及氧气作用下实现NH_4-N到NO_2-N再到NO_3-N的转化，并在此过程中释放电子；随后污水流过垂直流基质层I到达处于缺氧环境的阳极I区，阳极I区的厌氧反硝化菌还原NO_2-N和NO_3-N，得到产物N_2，并接收阴极I区传递过来的电子；污水继续在水平流人工湿地B中流动，使硝氮被充分反硝化；脱氮后的废水在垂直流人工湿地C中通过U型管液面差的驱动，自下而上流动，经阴极Ⅱ区除去厌氧反应产生的臭味及废水中残余的小分子有机物，最终在出水集流区中，液层达到出水口的高度后出水。

2.根据权利要求1所述的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，其特征在于，所述进流布水区(2)设置有进水口(1)，所述出水集流区(10)设置有出水口(11)。

3.根据权利要求1所述的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，其特征在于，所述用于接种硝化产电菌的活性炭材料外层包裹金属网层并将金属网层与用电器I(13)电性连接。

4.根据权利要求1所述的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，其特征在于，所述用于接种反硝化菌的活性炭材料包裹金属网层并将金属网层与用电器I(13)电性连接。

5.根据权利要求1所述的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，其特征在于，所述垂直流基质层I(4)、水平流基质层(6)、垂直流基质层Ⅱ(8)、阴极Ⅱ区(9)和阳极Ⅱ区(7)填充有石英砂或斜发沸石。

6.根据权利要求5所述的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，其特征在于，所述阴极I区(3)、垂直流基质层I(4)和阳极I区(5)还填充有石英砂、无烟煤、沸石、陶粒中的至少一种。

7.根据权利要求1所述的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，其特征在于，所述进流布水区(2)设置有曝气装置。

一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置及运行方法

技术领域

[0001] 本发明属于微生物燃料电池技术领域，具体涉及一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置及运行方法。

背景技术

[0002] 当前工业发展迅速，伴随而来的环境污染也日趋严重，许多工业废水的处理成了主要问题，而面对含氮废水更是如此，特别是高浓度的含氮废水极难处理，即便最后出水达标也需要很高的处理成本，而且传统的处理方法占地面积大，处理效率低，过程复杂。传统的废水脱氮方式一般为AAO，这种方式首先需要对含氮废水中的难降解物进行降解，随后通过投入碳源和回流的形式对含氮废水进行处理。在该方法中，需要投入碳源，碳源成本高；需要回流，高比例的回流容易对前段的菌群结构造成影响且会使各段的溶解氧产生波动，影响厌氧池的状态；需要设置大功率的曝气装置，能耗较高；同时，在各个反应池中容易出现管线堵塞或流动死区的问题，运行工况不佳。

[0003] 人工湿地是由人工建造和控制运行的与天然湿地功能相似的污水处理技术。当污水投配到人工构建的湿地上时，污水在沿一定方向流过湿地的过程中，主要利用人工填充介质及附着生长的微生物、植物根系吸收以及根际微生物的物理、化学、生物三重协同作用，对污水进行处理的一种技术。其作用机理包括吸附、滞留、过滤、氧化还原、沉淀、微生物分解、转化、植物遮蔽、残留物积累、蒸腾水分和养分吸收及各类动物的作用。它是一个综合的人工强化生态处理系统，它应用生态系统中物种共生、物质循环再生原理，结构与功能协调原则，促进废水中污染物质截留、吸附、积累以及生物降解的生态过程。

[0004] 人工湿地由于处理污水效果好、氮磷去除能力强、费用低及对负荷变化适应性强等优点，已经成为应用前景较好的污水处理技术之一。人工湿地可分为表面流、水平潜流和垂直潜流等几种形式，其中垂直潜流人工湿地由于具有较强的输氧能力、较好的水力负荷且在任何季节下都保持较好的污染物去除效果等优点而备受关注。其中垂直向上流和垂直向下流是垂直流人工湿地2种最常见的形式，表面流人工湿地装置结构简单，运行成本低，能在一定范围内减轻水体污染程度，但占地面积大，与空气长期接触易造成蚊蝇繁殖。潜流人工湿地分为水平潜流和垂直潜流，其建造运行费用高于表面流人工湿地，但处理含氮污染物的能力有所提高。垂直流人工湿地上层与空气接触的好氧条件使得其硝化作用好，水平流人工湿地则为厌氧微生物或兼性厌氧微生物提供生存环境，使得其反硝化作用好。但单级人工湿地不能同时提供好氧和厌氧的环境而对氮、磷的去除难以达到较高水平，复合人工湿地可以使单级人工湿地优势互补，从而增强污水的净化效果.复合垂直流人工湿地大部分面积接近中生环境，适合更多植物种类的生长，从而处理污水效果更好。

[0005] 微生物燃料电池耦合人工湿地系统作为新型污水处理工艺，在提高污水处理效果的同时产生电能，较单一人工湿地可减少温室气体排放，同时兼顾装置构造简单、处理费用低、外形美观等优点，实现污水的资源化利用。单一垂直流人工湿地底部厌氧区域为微生物燃料电池的阳极，上层与空气接触的好氧区域为微生物燃料电池的阴极，进行脱氮作业时

从阴极入水，阳极出水。含氮有机物在阴极好氧区域经硝化反应转化为硝态氮，随后在阳极厌氧区域经反硝化过程被还原为氮气。但厌氧处理后的出水会残留较多有机质并散发恶臭，污染周围环境空气。

[0006] 现有的组合型人工湿地系统，虽然能在一定程度上满足硝化反应的需氧量，并通过回流装置实现硝态氮的反硝化。但仅局限于在水平结构上设曝气装置和回流装置，场地利用率不高，污水处理效率较低，能源消耗较高，装置运行不够经济，容易形成臭气二次污染，且不考虑循环处理，当污水出现冲击负荷时污染物浓度可能会超标。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于：针对上述现有技术中人工湿地技术占地面积大、施工周期长、投资成本高，增加温室气体(甲烷)排放，并且氮磷元素去除效果不佳等问题，提供一种提高除氮效率的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置及运行方法，通过水平潜流和垂直流人工湿地串联组合的三重处理有效去除污水中的有机物和总氮，进一步降低出水中的氮和磷含量，减少湿地甲烷排放，防止水污染向空气污染转嫁，并产生清洁能源——电能，在达到最佳去除效果的前提下，控制运行条件，减少能耗与建设成本。

[0008] 本发明采用的技术方案如下：

[0009] 一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，包括呈U型设置的垂直流人工湿地A、水平流人工湿地B和垂直流人工湿地C，垂直流人工湿地A由上至下依次为进流布水区、阴极I区、垂直流基质层I和阳极I区，垂直流人工湿地C由上至下依次为出水集流区、阴极Ⅱ区、垂直流基质层Ⅱ和阳极Ⅱ区，水平流人工湿地B为水平设置的水平流基质层，水平流基质层分别连接阳极I区和阳极Ⅱ区，阴极I区和阳极I区电性连接有用电器I，阴极Ⅱ区和阳极Ⅱ区电性连接有用电器Ⅱ。

[0010] 进一步地，进流布水区设置有进水口，出水集流区设置有出水口。

[0011] 进一步地，阴极I区中设置有用于接种硝化产电菌的活性炭材料。

[0012] 进一步地，活性炭材料外层包裹金属网层并将金属网层与用电器I电性连接。

[0013] 进一步地，阳极I区中设置有用于接种反硝化菌的活性炭材料。

[0014] 进一步地，活性炭材料外层包裹金属网层并将金属网层与用电器I电性连接。

[0015] 进一步地，垂直流基质层I、水平流基质层、垂直流基质层Ⅱ、阴极Ⅱ区和阳极Ⅱ区填充有石英砂或斜发沸石。

[0016] 进一步地，阴极I区、垂直流基质层I和阳极I区还填充有石英砂、无烟煤、沸石、陶粒中的至少一种。

[0017] 进一步地，进流布水区设置有曝气装置。

[0018] 上述的微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置的运行方法，具体为：污水从进水口流入进流布水区，然后均匀渗流至垂直流人工湿地A的阴极I区；污水中的含氮有机物在阴极I区富集的产电菌及氧气作用下实现NH_4-N到NO_2-N再到NO_3-N的转化，并在此过程中释放电子；随后污水流过垂直流基质层I到达处于缺氧环境的阳极I区，阳极I区的厌氧反硝化菌还原NO_2-N和NO_3-N，得到产物N_2，并接收阴极I区传递过来的电子；污水继续在水平流人工湿地B中流动，使硝氮被充分反硝化；脱氮后的废水在垂直流人工湿地C中通过U型管液面差的驱动，自下而上流动，经阴极Ⅱ区除去厌氧反应产生的臭味及废水中残余的小分子有机物，

最终在出水集流区中，液层达到出水口的高度后出水。

[0019] 垂直流人工湿地A进流布水区连接供水系统，阴阳极外电路连通用电器I，硝化细菌在阴极区提供的好氧条件下首先将含氮有机物转化为氨氮，并在相同条件下将氨氮进一步转化为NO_2-N，最终产物为NO_3-N；含有充足NO_3-N的废水在水力负荷及重力作用下进入阳极区，在厌氧环境中进行反硝化过程；水平流人工湿地B完全处于厌氧环境，流经此处的NO_3-N接收阴极区传递的电子，在不添加碳源的情况下被反硝化菌还原为N_2；由于垂直流人工湿地C高度低于垂直流人工湿地A，参考U型管原理，完成脱氮处理后的废水自下而上流到出水口，在好氧环境中顺利出水，且不散发恶臭气味。

[0020] 综上所述，由于采用了上述技术方案，本发明的有益效果是：

[0021] 本发明采用垂直流-水平流-垂直流复合型人工湿地耦合微生物燃料电池污水脱氮系统，结合U型管原理，不在出水口加泵也能顺利完成整个过程，能耗低，且装置中污水流动的环境与氮去除过程所需的环境正好相符合，巧妙实现整个过程；污水在水平流装置中经厌氧反硝化处理后，不直接排出，经过另一个好氧过程，实现更好的脱氮去除COD效能，改善厌氧直接出水带来的恶臭问题；本发明在去除含氮有机物的同时还能产生电能，实现了污水的资源化利用，有利于节能减排。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本发明的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0023] 图1为本发明实施例1装置的主视图；

[0024] 图2为本发明实施例1装置的俯视图；

[0025] 图3为本发明实施例1装置的左视图；

[0026] 图4为本发明实施例2装置的主视图；

[0027] 图5为本发明实施例2装置的俯视图；

[0028] 图6为本发明实施例2装置的左视图；

[0029] 图中标记：1-进水口，2-进流布水区，3-阴极I区，4-垂直流基质层I，5-阳极I区，6-水平流基质层，7-阳极Ⅱ区，8-垂直流基质层Ⅱ，9-阴极Ⅱ区，10-出水集流区，11-出水口，12-导线I，13-用电器I，14-导线Ⅱ，15-导线Ⅲ，16-用电器Ⅱ，17-导线Ⅳ。

具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明，即所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0031] 因此，以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0032] 需要说明的是，术语“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0033] 以下结合实施例对本发明的特征和性能作进一步的详细描述。

[0034] 实施例1

[0035] 本发明较佳实施例提供的一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，包括呈U型设置的垂直流人工湿地A、水平流人工湿地B和垂直流人工湿地C，垂直流人工湿地C的高度低于垂直流人工湿地A，垂直流人工湿地A由上至下依次为进流布水区2、阴极Ⅰ区3、垂直流基质层Ⅰ4和阳极Ⅰ区5，垂直流人工湿地C由上至下依次为出水集流区10、阴极Ⅱ区9、垂直流基质层Ⅱ8和阳极Ⅱ区7，水平流人工湿地B为水平设置的水平流基质层6，水平流基质层6分别连接阳极Ⅰ区5和阳极Ⅱ区7，阴极Ⅰ区3和阳极Ⅰ区5电性连接有用电器Ⅰ13，阴极Ⅱ区9和阳极Ⅱ区7电性连接有用电器Ⅱ16，进流布水区2设置有进水口1，所述出水集流区10设置有出水口11，通过导线Ⅰ12和导线Ⅱ14连接阴极Ⅰ区3、阳极Ⅰ区5和用电器Ⅰ13，通过导线Ⅲ15和导线Ⅳ17连接阳极Ⅱ区7、阴极Ⅱ区9和外加用电器Ⅱ16。

[0036] 本发明装置的产电段为垂直流人工湿地A的阴极Ⅰ区3和阳极Ⅰ区5，处理污水时，污水在蠕动泵的作用下，从进水口1流入进流布水区2，达到一定深度后均匀渗流至垂直流人工湿地A的阴极Ⅰ区3；污水中的含氮有机物在阴极Ⅰ区3的活性炭上富集的产电菌及氧气作用下实现NH_4-N→NO_2-N→NO_3-N的转化，并在此过程中释放电子；随后污水流过垂直流基质层Ⅰ4到达处于缺氧环境的阳极Ⅰ区5，阳极Ⅰ区5的活性炭层富集反硝化菌，接收阴极Ⅰ区3传递过来的电子，用电器Ⅰ13能够加快电子的流通，使厌氧反硝化菌还原NO_2-N和NO_3-N，得到产物N_2。污水继续在水平流人工湿地B中流动，使硝氮被充分反硝化。脱氮后的废水在垂直流人工湿地C中自下而上流动，被阴极Ⅱ区9处理掉厌氧反应产生的恶臭气味，最终在出水集流区10中，液层达到出水口11的高度后顺利出水。

[0037] 本实施例装置由亚克力材料制成，壁厚0.6cm，进流布水区2底面直径为34cm、高5cm；垂直流人工湿地A的阴极Ⅰ区3、垂直流基质层Ⅰ4及阳极Ⅰ区5三部分的总尺寸为底面直径30cm、高80cm；水平流基质层6为直径30cm、长40cm的圆柱体，阴极Ⅱ区9、垂直流基质层Ⅱ8和阳极Ⅱ区7三部分的总尺寸为底面直径30cm、高60cm。

[0038] 本实施例装置的垂直流人工湿地A、水平流人工湿地B和垂直流人工湿地C均为圆柱形，与相同耗材量的方形截面装置比，圆形截面的生化反应面积更大，污水与基质之间的接触更加充分。而由于相同周长下圆形截面比矩形截面面积更大，因此同样高度的反应柱一次可以容纳更多物料，根据液体静力学的平衡原理和液柱式压力计测量压力基本原理，圆形截面装置的污水处理水流速度会有一定程度的提升。另外，圆形截面装置内外壁光滑，不容易刮蹭磨削，且圆形装置有利于均匀分所受到的压力，使其不至破损；相比于方形截面，圆形截面装置的日常清洗更为方便，方形截面装置内部凹进去的角通常难以清洁，用久了容易沉积，最终导致菌群被沉积物上附带的东西污染。此外，与相同占地面积的方形装置

相比，同样耗材量的圆形截面装置比矩形截面装置进出水口具有更大高差，进出水不易短流，有效避免装置局部区域出现死水。

[0039] 其中，阴极I区3中设置有用于接种硝化产电菌的活性炭材料；活性炭材料外层包裹金属网层并将金属网层与用电器I13电性连接，使其成为阴极I区3的电极，并通过外接电缆将电路连通，在外接电缆上连接负载，其余处理方式与实施案例一相同，此装置使脱氮与产电的同时进行。

[0040] 其中，阳极I区5中设置有用于接种反硝化菌的活性炭材料；活性炭材料外层包裹金属网层并将金属网层与用电器I13电性连接，使其成为阳极I区5的电极，并通过外接电缆将电路连通，在外接电缆上连接负载，其余处理方式与实施案例一相同，此装置使脱氮与产电的同时进行。

[0041] 其中，垂直流基质层I4、水平流基质层6、垂直流基质层Ⅱ8、阴极Ⅱ区9和阳极Ⅱ区7填充有石英砂或斜发沸石；阴极I区3、垂直流基质层I4和阳极I区5还填充有石英砂、无烟煤、沸石、陶粒中的至少一种，通过这些基质的离子交换作用提高对氮元素的去除，并为产电段提供更多电子受体，提高产电量。

[0042] 其中，进流布水区2设置有曝气装置，使硝化反应过程进行得更彻底，为厌氧反硝化反应提供更多电子受体，提高产电量。

[0043] 其中，装置上布设多个采样口，分别编号为101，102，103，104，105，106，107，108，109，110；水平流人工湿地B两侧相对设置的两个采样口标号相同；采样口是开口直径为0.5cm的空心圆柱；通过采样点能在处理过程的不同阶段、不同位置采集水样进行检测。

[0044] 实施例2

[0045] 本发明较佳实施例提供的一种一种微生物燃料电池耦合人工湿地U型装置，包括呈U型设置的垂直流人工湿地A、水平流人工湿地B和垂直流人工湿地C，垂直流人工湿地C的高度低于垂直流人工湿地A，垂直流人工湿地A由上至下依次为进流布水区2、阴极I区3、垂直流基质层I4和阳极I区5，垂直流人工湿地C由上至下依次为出水集流区10、阴极Ⅱ区9、垂直流基质层Ⅱ8和阳极Ⅱ区7，水平流人工湿地B为水平设置的水平流基质层6，水平流基质层6分别连接阳极I区5和阳极Ⅱ区7，阴极I区3和阳极I区5电性连接有用电器I13，阴极Ⅱ区9和阳极Ⅱ区7电性连接有用电器Ⅱ16，进流布水区2设置有进水口1，所述出水集流区10设置有出水口11，通过导线I12和导线Ⅱ14连接阴极I区3、阳极I区5和用电器I13，通过导线Ⅲ15和导线Ⅳ17连接阳极Ⅱ区7、阴极Ⅱ区9和外加用电器Ⅱ16。

[0046] 本发明装置的产电段为垂直流人工湿地A的阴极I区3和阳极I区5，处理污水时，污水在蠕动泵的作用下，从进水口1流入进流布水区2，达到一定深度后均匀渗流至垂直流人工湿地A的阴极I区3；污水中的含氮有机物在阴极I区3的活性炭上富集的产电菌及氧气作用下实现NH_4-N→NO_2-N→NO_3-N的转化，并在此过程中释放电子；随后污水流过垂直流基质层I4到达处于缺氧环境的阳极I区5，阳极I区5的活性炭层富集反硝化菌，接收阴极I区3传递过来的电子，用电器I13能够加快电子的流通，使厌氧反硝化菌还原NO_2-N和NO_3-N，得到产物N_2。污水继续在水平流人工湿地B中流动，使硝氮被充分反硝化。脱氮后的废水在垂直流人工湿地C中自下而上流动，被阴极Ⅱ区9处理掉厌氧反应产生的恶臭气味，最终在出水集流区10中，液层达到出水口11的高度后顺利出水。

[0047] 本实施例装置由亚克力材料制成，壁厚0.6cm，进流布水区2的尺寸为32cm×54cm

×5cm，垂直流人工湿地A的阴极I区3和垂直流基质层I4两部分的总尺寸为30cm×50cm×50cm，水平流人工湿地B包含的阳极I区5、水平流基质层6、阳极Ⅱ区7三部分的总尺寸为100cm×50cm×20cm，垂直流人工湿地C的垂直流基质层Ⅱ8、阴极Ⅱ区9两部分的总尺寸为30cm×50cm×30cm。

[0048] 本实施例装置的垂直流人工湿地A、水平流人工湿地B和垂直流人工湿地C均为圆柱形，与相同耗材量的方形截面装置比，圆形截面的生化反应面积更大，污水与基质之间的接触更加充分。而由于相同周长下圆形截面比矩形截面面积更大，因此同样高度的反应柱一次可以容纳更多物料，根据液体静力学的平衡原理和液柱式压力计测量压力基本原理，圆形截面装置的污水处理水流速度会有一定程度的提升。另外，圆形截面装置内外壁光滑，不容易刮蹭磨削，且圆形装置有利于均匀分所受到的压力，使其不至破损；相比于方形截面，圆形截面装置的日常清洗更为方便，方形截面装置内部凹进去的角通常难以清洁，用久了容易沉积，最终导致菌群被沉积物上附带的东西污染。此外，与相同占地面积的方形装置相比，同样耗材量的圆形截面装置比矩形截面装置进出水口具有更大高差，进出水不易短流，有效避免装置局部区域出现死水。

[0049] 其中，阴极I区3中设置有用于接种硝化产电菌的活性炭材料；活性炭材料外层包裹金属网层并将金属网层与用电器I13电性连接，使其成为阴极I区3的电极，并通过外接电缆将电路连通，在外接电缆上连接负载，其余处理方式与实施案例一相同，此装置使脱氮与产电的同时进行。

[0050] 其中，阳极I区5中设置有用于接种反硝化菌的活性炭材料；活性炭材料外层包裹金属网层并将金属网层与用电器I13电性连接，使其成为阳极I区5的电极，并通过外接电缆将电路连通，在外接电缆上连接负载，其余处理方式与实施案例一相同，此装置使脱氮与产电的同时进行。

[0051] 其中，垂直流基质层I4、水平流基质层6、垂直流基质层Ⅱ8、阴极Ⅱ区9和阳极Ⅱ区7填充有石英砂或斜发沸石；阴极I区3、垂直流基质层I4和阳极I区5还填充有石英砂、无烟煤、沸石、陶粒中的至少一种，通过这些基质的离子交换作用提高对氮元素的去除，并为产电段提供更多电子受体，提高产电量。

[0052] 其中，进流布水区2设置有曝气装置，使硝化反应过程进行得更彻底，为厌氧反硝化反应提供更多电子受体，提高产电量。

[0053] 其中，装置上布设多个采样口，分别编号为101、102、103、104、105、106、107、108、109；垂直流人工湿地A上同一水平面上的采样口标号相同，垂直流人工湿地C上同一水平面上的采样口标号相同，水平流人工湿地B两侧相对设置的两个采样口标号相同；采样口是开口直径为0.5cm的空心圆柱；通过采样点能在处理过程的不同阶段、不同位置采集水样进行检测。

[0054] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

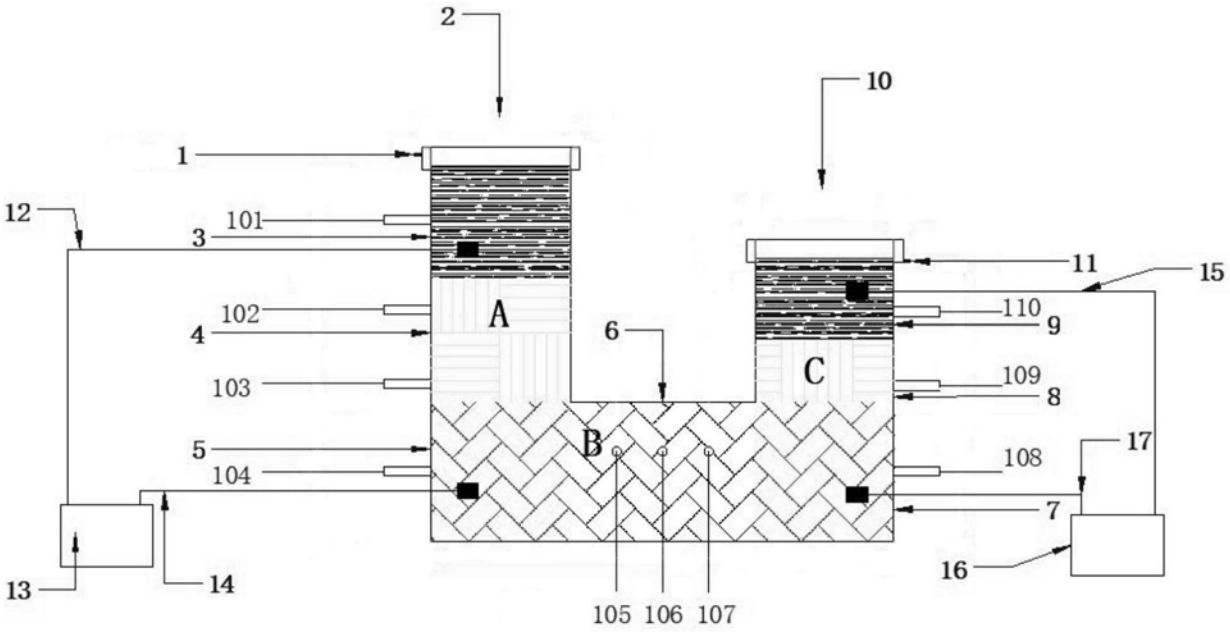

2
10
1
12
101
3
11
15
102
110
4
A
6
9
C
103
109
8
5
B
17
104
108
7
13
14
16
105 106 107

图1

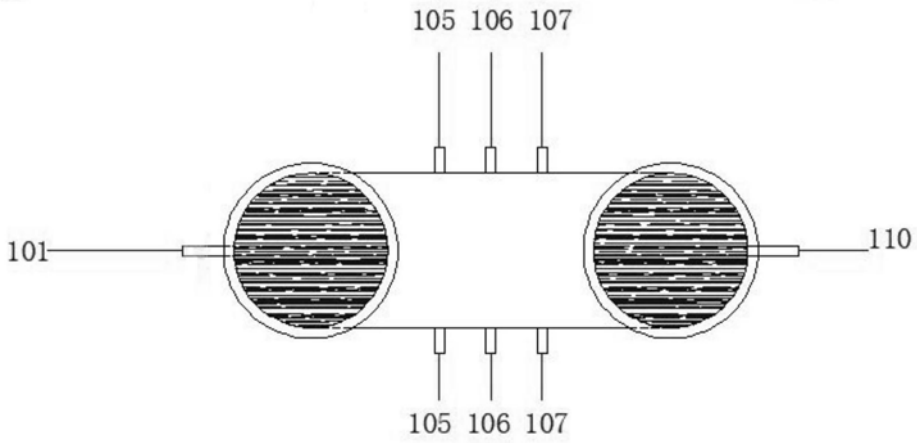

105 106 107
101
110
105 106 107

图2

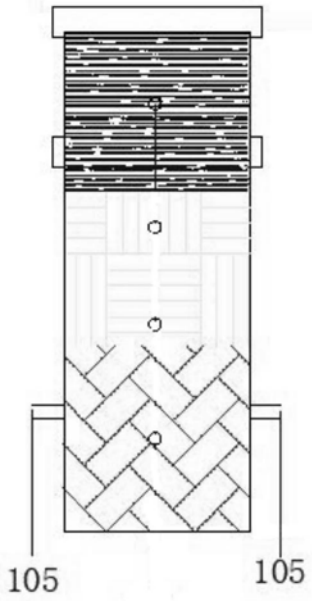


图3

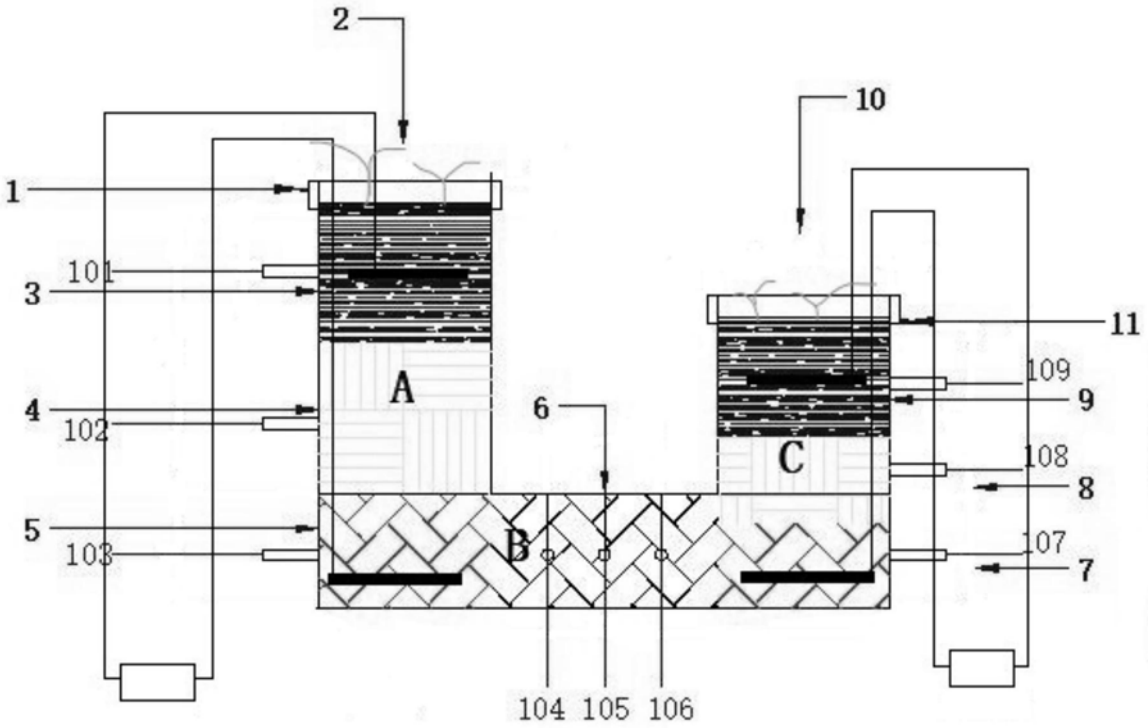


图4

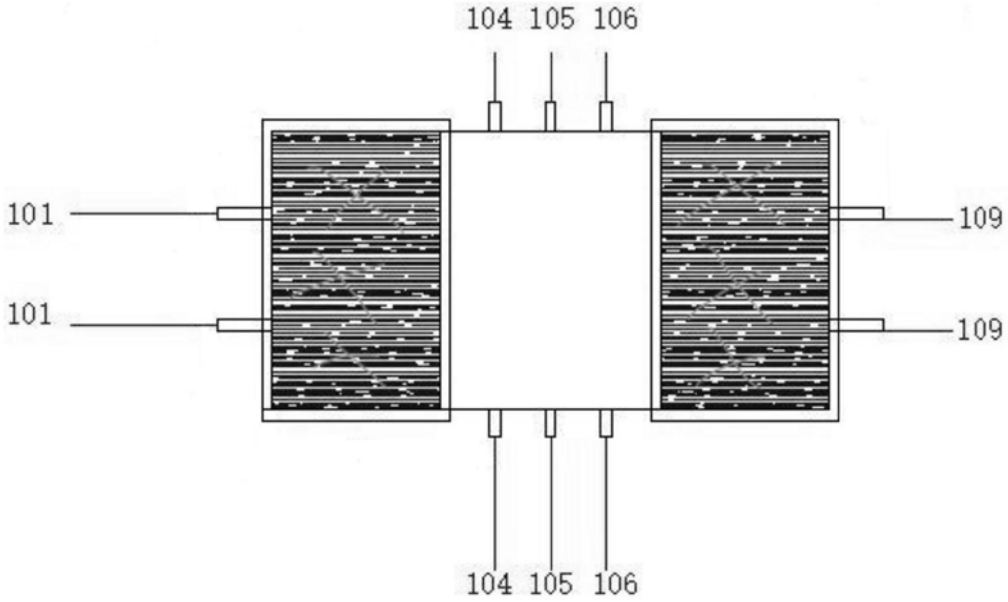


图5

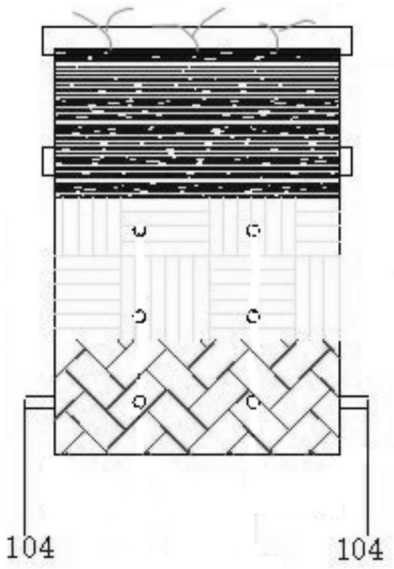


图6