



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112939196 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(21) 申请号 202110162213.4

C02F 101/16 (2006.01)

(22) 申请日 2021.02.05

C02F 101/10 (2006.01)

(71) 申请人 郑州轻工业大学

C02F 101/30 (2006.01)

C02F 101/38 (2006.01)

地址 450001 河南省郑州市高新技术产业
开发区科学大道136号

(72) 发明人 杜京京 屈明祥 牛玉龙 渠文瑞
曹霞 张锦 张文芳

(74) 专利代理机构 郑州立格知识产权代理有限
公司 41126

代理人 崔卫琴

(51) Int. Cl.

C02F 3/00 (2006.01)

C02F 3/32 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

H01M 8/16 (2006.01)

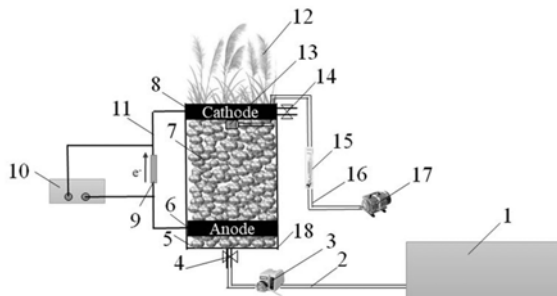
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统、运
行方法及应用

(57) 摘要

本发明公开了一种焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,包括配水池,配水池通过第一管道连接系统主体底端的第一阀门,第一管道上安装有蠕动泵,所述系统主体上端开设有第二阀门,系统主体的内部自下而上依次分层设置有砾石基底层、焦炭阳极层、砾石阻隔层和焦炭阴极层,焦炭阳极层和焦炭阴极层通过外电路装置构成闭合回路,砾石阻隔层上端安装有第二管道,第二管道连通电磁式空气泵,第二管道上安装有转子流量计,系统主体上方栽种有湿地植物。本发明选用焦炭颗粒作为电极材料,与生物电化学系统相结合,污染物的去除效果明显,价格低廉,性能优越,适用于大规模应用。同时提供其运行方法,启动期间间歇流动,运行期间连续流动,实用便捷、操作简单。



1. 一种焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,其特征在于,包括配水池,配水池通过第一管道连接系统主体底端的第一阀门,第一管道上安装有蠕动泵,所述系统主体上端开设有第二阀门,系统主体的内部自下而上依次分层设置有砾石基层层、焦炭阳极层、砾石阻隔层和焦炭阴极层,焦炭阳极层和焦炭阴极层通过外电路装置构成闭合回路,所述砾石阻隔层上端安装有第二管道,第二管道连通电磁式空气泵,第二管道上安装有转子流量计,系统主体上方栽种有湿地植物。

2. 根据权利要求1所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,其特征在于,所述外电路装置包括铜芯导线、定值电阻及电化学工作站,通过铜芯导线和定值电阻连通焦炭阴极层和焦炭阳极层,电化学工作站并联在定值电阻两端。

3. 根据权利要求1所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,其特征在于,所述砾石阻隔层上端设置有曝气石,曝气石与第二管道连通。

4. 根据权利要求1所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,其特征在于,所述系统主体为顶端开口、底端封闭的圆柱体,系统主体的材料为有机玻璃,系统主体外包裹有黑色塑料布。

5. 根据权利要求4所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,其特征在于,所述系统主体的高度为400 mm、直径为200 mm。

6. 根据权利要求1所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,其特征在于,所述砾石基层层层高为50 mm,砾石粒径为20-40 mm;焦炭阳极层层高为50 mm,粒径为8-16 mm;砾石阻隔层层高为220 mm,砾石粒径为8-16 mm;焦炭阴极层层高为50 mm,粒径为8-16 mm。

7. 根据权利要求1所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,其特征在于,所述第一管道、第二管道均为硅胶管。

8. 一种基于权利要求1-7任一项所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的运行方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 系统启动:将活性污泥与废水混合,注入系统主体,采用系统主体上进下出的间歇运行模式;

(2) 系统稳定运行:使用第一管道连接配水池、蠕动泵和第一阀门,使用第二管道连接电磁式空气泵、转子流量计和曝气石,运行期间,采用系统主体下进上出的连续流动方式。

9. 根据权利要求8所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的运行方法,其特征在于,所述步骤(1)中系统启动时间为1个月,水力停留时间为3天,活性污泥与废水的体积比为1:400;所述步骤(2)中水力停留时间为3天。

10. 一种基于权利要求1-7任一项所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的应用,所述焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统应用在生活污水、工业废水的净化或对富营养化湖泊与河流水体的治理中。

焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统、运行方法及应用

技术领域

[0001] 本发明属于污水处理技术领域,尤其涉及一种焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统、运行方法及应用。

背景技术

[0002] 在天然湿地的基础上,人工湿地(Constructed Wetland,CW)这一概念在20世纪70年代被首次提出,随后发展成为基于生态工程技术原理的污水处理技术。微生物燃料电池(Microbial Fuel Cell,MFC)是一种利用电活性微生物实现将有机物降解,同时产生电能的装置。微生物燃料电池人工湿地(MFC-CW)是利用人工湿地中天然存在的氧化还原梯度,其中添加导电填料作为电极,外部串联定值电阻构建闭合回路,耦合为一项基于生物电化学技术的新型污水处理技术。该系统既充分发挥了CW技术成本低、能耗小、易操作和运行维护等优点,又可以将废水中有机物所蕴含的化学能转化为电能,实现除污和产电双效能,其大规模的应用可有效缓解当今社会淡水资源及能源短缺的现状。

[0003] 一个典型的MFC-CW系统由湿地植物、导电填料和微生物三部分组成。湿地植物通常选用芦苇、美人蕉等挺水植物,这些植物对于污染物的耐受性较强,能够吸收污水中无机磷、氮等营养盐物质用作自身生长发育,同时根际效应所分泌的氧气和分泌物有助于增加阴极微生物群落丰富度,提升污染物去除效率及产电效能。导电填料一般为碳纤维毡、石墨毡等具有良好的导电性、电化学稳定性及生物相容性的材料,用于吸附污水中无机离子、支撑植物生长及提供功能微生物的附着场所。电活性微生物作为微生物群落中特殊的一类,能够在厌氧阳极区域将有机物降解并产生电子,电子随着外电路转移至阴极,在好氧阴极区域有效的完成铵盐、亚硝酸盐的氧化,并利用外部电路传递过来的电子完成硝酸盐的还原,用于氮素的去除。

[0004] 正是由于MFC-CW是一项具备净化废水和产电两个特性的新兴技术,所以该技术目前存在一些技术不足。例如:由于生物膜形成较为缓慢,导致整个系统的启动时间较长;碳纤维毡、石墨毡比表面积和孔隙度较小,不但不利于无机离子的吸收(尤其是磷酸盐)和电活性微生物的附着,还容易造成系统的阻塞;自然状态下阴极溶解氧水平较低,导致氨氮氧化程度较弱、整体产电性能较差。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种安全高效、易于获得的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,并提供其实用便捷、操作简单的运行方法。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:

一种焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,包括配水池,配水池通过第一管道连接系统主体底端的第一阀门,第一管道上安装有蠕动泵,所述系统主体上端开设有第二阀门,系统主体的内部自下而上依次分层设置有砾石基层、焦炭阳极层、砾石阻隔层和焦炭阴极层,焦炭阳极层和焦炭阴极层通过外电路装置构成闭合回路,所述砾石阻隔层上端

安装有第二管道,第二管道连通电磁式空气泵,第二管道上安装有转子流量计,系统主体上方栽种有湿地植物。

[0007] 进一步地,所述外电路装置包括铜芯导线、定值电阻及电化学工作站,通过铜芯导线和定值电阻连通焦炭阴极层和焦炭阳极层,电化学工作站并联在定值电阻两端。

[0008] 进一步地,所述砾石阻隔层上端设置有曝气石,曝气石与第二管道连通。

[0009] 进一步地,所述系统主体为顶端开口、底端封闭的圆柱体,系统主体的材料为有机玻璃,系统主体外包裹有黑色塑料布。

[0010] 进一步地,所述系统主体的高度为400 mm、直径为200 mm。

[0011] 进一步地,所述砾石基底层层高为50 mm,砾石粒径为20-40 mm;焦炭阳极层层高为50 mm,粒径为8-16 mm;砾石阻隔层层高为220 mm,砾石粒径为8-16 mm;焦炭阴极层层高为50 mm,粒径为8-16 mm。

[0012] 进一步地,所述第一管道、第二管道均为硅胶管。

[0013] 一种基于权利要求1-7任一项所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的运行方法,包括以下步骤:

(1) 系统启动:将活性污泥与废水混合,注入系统主体,采用系统主体上进下出的间歇运行模式;

(2) 系统稳定运行:使用第一管道连接配水池、蠕动泵和第一阀门,使用第二管道连接电磁式空气泵、转子流量计和曝气石,运行期间,采用系统主体下进上出的连续流动方式。

[0014] 进一步地,所述步骤(1)中系统启动时间为1个月,水力停留时间为3天,活性污泥与废水的体积比为1:400;所述步骤(2)中水力停留时间为3天。

[0015] 一种基于权利要求1-7任一项所述的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的应用,所述焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统应用在生活污水、工业废水的净化或对富营养化湖泊与河流水体的治理中。

[0016] 本发明具有的优点是:

(1) 本发明提供的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,系统主体由下至上依次设置砾石基层、焦炭阳极层、砾石阻隔层和焦炭阴极层。砾石基层的特征在于粒径最大(20-40 mm),较大的孔隙率有效地防止了进水处的堵塞,较高的机械强度足以支撑整个系统,有利于系统主体稳定性的提升。焦炭阳极层为厌氧区域,其表面附着的电活性微生物发生生化反应,实现有机污染物的降解并产生电子,电子从焦炭阳极层通过铜芯导线及定值电阻构成的外部电路传递到焦炭阴极层,形成电流。砾石阻隔层将两电极分隔开,其绝缘的特性防止两电极内部发生串联,足够的厚度(220 mm)有效地防止了曝气产生的氧气过多的进入厌氧焦炭阳极层,有利于实现系统产生较大的氧化还原梯度,促进了电压的产生。焦炭阴极层为好氧区域,此区域内铵盐被氧化后,电活性微生物利用焦炭阳极层传来的电子将硝酸盐转化为氮气,实现同步硝化/反硝化,增强系统对于氮素的去除,同时氧气与水中质子、电子结合,生成水,完成氧电极反应,实现良好的产电效能。

[0017] (2) 本发明提供的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,采用间歇曝气策略,既满足好氧条件下氨氮的氧化,又满足缺氧/厌氧条件下硝酸盐的还原,提升微生物燃料电池人工湿地系统的氮素去除效率;通过转子流量计调控焦炭阴极曝气量,操作简便,合理增加

阴极区的溶解氧和硝酸盐浓度,使其作为电子受体,实现产电效能的提升。本发明选用价格低廉、易于获得、比表面积较大的焦炭颗粒作为电极材料,与生物电化学系统相结合,与现有的人工湿地相比,污染物的去除效果明显,价格低廉,性能优越,适用于大规模应用。另外,系统主体采用遮光措施,防止藻类过度生长,为电活性功能微生物提供有利的繁殖条件。

[0018] (3) 本发明提供的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统运行方法,启动期间采用间歇流动的运行方式,运行期间采用连续流动的方式;本发明以污水处理厂二沉池活性污泥为菌种,接种至系统主体内部,缩短系统启动时间;采用间歇式曝气手段调控焦炭阴极层溶解氧浓度,既为微生物燃料电池人工湿地系统提供好氧/厌氧交替条件,实现同步硝化/反硝化,用于氮素的去除,又增加两电极氧化还原梯度,提升产电效能。

[0019] (4) 本发明提供的焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,可以应用在生活污水、工业废水的净化或对富营养化湖泊与河流水体的治理中。

附图说明

[0020] 图1为本发明焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的结构示意图;

图2为本发明焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的产电效能图。

[0021] 图中,1、配水池;2、第一管道;3、蠕动泵;4、第一阀门;5、砾石基层;6、焦炭阳极层;7、砾石阻隔层;8、焦炭阴极层;9、定值电阻;10、电化学工作站;11、铜芯导线;12、湿地植物;13、曝气石;14、第二阀门;15、转子流量计;16、第二管道;17、电磁式空气泵;18、系统主体。

具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明,另外,此处描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0023] 如图1-2所示,本发明公开了一种焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统,包括配水池1,配水池1通过第一管道2连接系统主体18底端的第一阀门4,第一管道2为硅胶管,第一管道2上安装有蠕动泵3,系统主体18上端开设有第二阀门14。系统主体18为顶端开口、底端封闭的高度400 mm、直径200 mm的有机玻璃圆柱体,圆柱体容积约为12.6 L、有效容积约为3.8 L,系统主体18外包裹有黑色塑料布。

[0024] 系统主体18的内部自下而上依次分层设置有砾石基层5、焦炭阳极层6、砾石阻隔层7和焦炭阴极层8。砾石基层5层高为50 mm,砾石粒径为20-40 mm;焦炭阳极层6层高为50 mm,粒径为8-16 mm;砾石阻隔层7层高为220 mm,砾石粒径为8-16 mm;焦炭阴极层8层高为50 mm,粒径为8-16 mm。焦炭阳极层6和焦炭阴极层8通过外电路装置构成闭合回路,外电路装置包括铜芯导线11、定值电阻9及电化学工作站10,通过铜芯导线11和定值电阻9连通焦炭阴极层8和焦炭阳极层6,电化学工作站10并联在定值电阻9两端。砾石阻隔层7上端安装有第二管道16,第二管道16连电磁式空气泵17,第二管道16为硅胶管,第二管道16上安装有转子流量计15,砾石阻隔层7上端设置有曝气石13,曝气石13与第二管道16连通。系统主体18上方栽种有湿地植物12芦苇。

[0025] 本发明中曝气时间由定时开关控制器控制,电磁式空气泵17提供曝气,转子流量计15用于调节曝气量,电磁式空气泵17、转子流量计15和曝气石13三者通过第二管道16连通。曝气时间为每日0-1点、6-7点、12-13点、18-19点,曝气强度为:0.4 L/min。

[0026] 一种焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统的运行方法,包括以下步骤:

(1) 系统启动:将污水处理厂二沉池活性污泥与合成废水以体积比1:400混合,注入系统主体18,采用上进下出的间歇运行模式,水力停留时间为3天,系统启动时间为1个月;

(2) 系统稳定运行:使用第一管道2连接配水池1、蠕动泵3和第一阀门4,使用第二管道16连接电磁式空气泵17、转子流量计15和曝气石13,运行期间,采用下进上出的连续流动方式,蠕动泵3通过第一管道2从配水池抽取合成废水,由第一阀门4流入系统主体18,依次经过砾石基层5、焦炭阳极层6、砾石阻隔层7和焦炭阴极层8,从第二阀门14流出系统主体18,水力停留时间为3天。

[0027] 本焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统可应用在生活污水、工业废水的净化或对富营养化湖泊与河流水体的治理中。

[0028] 根据《城市污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002),检测本焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统对各污染物的处理效果。

表1 人工湿地系统对各污染物的处理效果

污染物	进水水质	出水水质	去除率
COD	300 mg/L	13.65 mg/L	95.45%
NH ₄ ⁺ -N	35 mg/L	0.80 mg/L	97.71%
TN	38 mg/L	4.82 mg/L	87.32%
PO ₄ ³⁻ -P	3 mg/L	0.58 mg/L	80.67%
排放标准	《城镇污水排放标准 GB18918-2002》一级 B 标准		

[0029] 通过表1可知,本焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统出水水质稳定,COD去除率为95.45%,NH₄⁺-N去除率可达97.71%,TN去除率为87.32%,TP去除率为80.67%,达到《城市污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级B排放标准。同时由图2可知,本焦炭电极微生物燃料电池人工湿地系统最大电压值为864 mV、最大的功率密度为7.76 mW/m³。

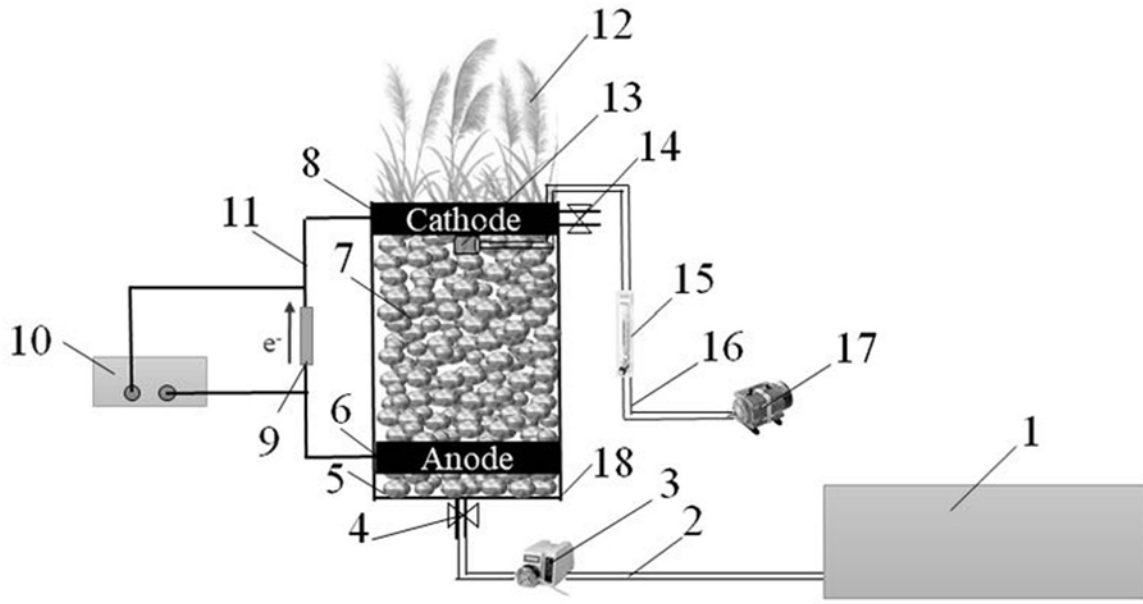


图1

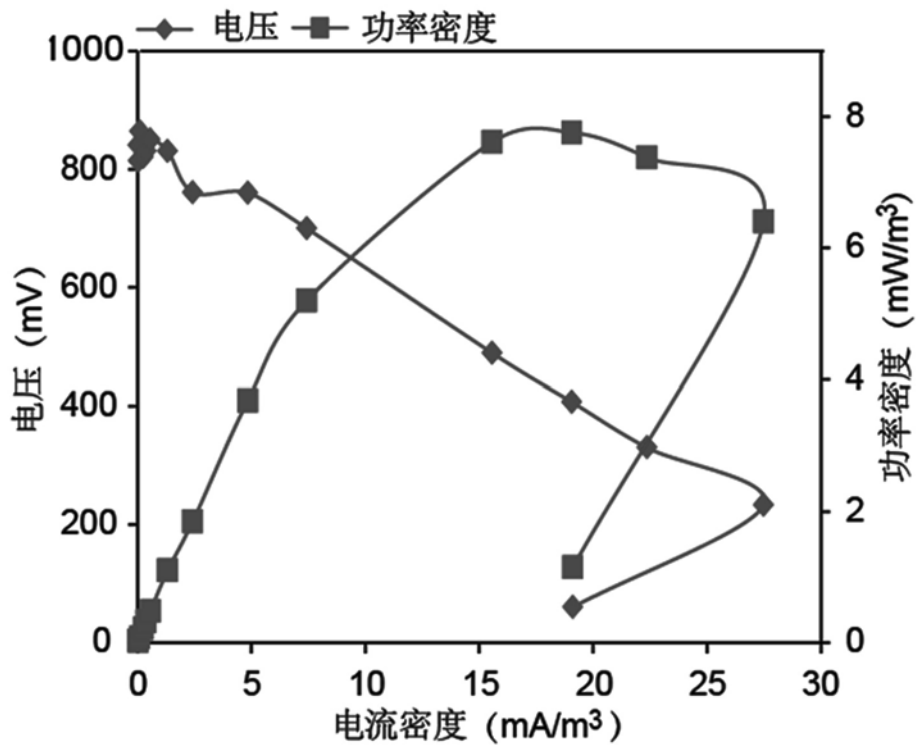


图2