



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106865772 A

(43)申请公布日 2017.06.20

(21)申请号 201710225413.3

(22)申请日 2017.04.07

(71)申请人 清华大学深圳研究生院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学城清华校区

(72)发明人 吴光学 尹启东 赵英芬 贺凯 苗甲

(74)专利代理机构 深圳新创友知识产权代理有限公司 44223

代理人 王震宇

(51)Int.Cl.

C02F 3/30(2006.01)

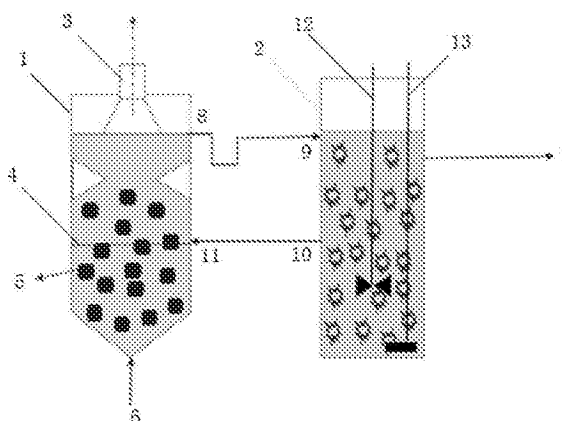
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种基于碳氮能源回收的污水处理设备与方法

(57)摘要

一种基于碳氮能源回收的污水处理设备与方法,该设备包括进水泵、厌氧反应器、气体收集系统、亚硝化反应器、回流泵以及曝气泵,待处理污水先在厌氧反应器的底部进行厌氧反应而产甲烷,产甲烷后的污水在厌氧反应器的上部进行反硝化反应,由从亚硝化反应器回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余的有机碳源作为电子供体,强化反硝化反应而产氧化亚氮;厌氧反应器产生的甲烷和氧化亚氮通过气体收集装置回收;厌氧反应器以氨氮为主的出水流入亚硝化反应器,在亚硝化反应器中将水中的氨氮转化为亚硝酸盐,含有亚硝酸盐的水一部分回流到厌氧反应器中。本发明具有污水能源化和去除新兴污染物双重效果。



1. 一种基于碳氮能源回收的污水处理设备,其特征在于,包括进水泵、厌氧反应器、气体收集系统、亚硝化反应器、回流泵以及曝气泵,所述进水泵连接所述厌氧反应器的进水口,所述厌氧反应器的出水口连接所述亚硝化反应器的进水口,所述厌氧反应器的出气口连接所述气体收集系统,所述亚硝化反应器的回流出水口通过所述回流泵连接所述厌氧反应器的回流进水口,所述曝气泵将氧气送到所述亚硝化反应器中;待处理污水先在所述厌氧反应器的底部进行厌氧反应而产甲烷,产甲烷后的污水在所述厌氧反应器的上部进行反硝化反应,由从所述亚硝化反应器回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余的有机碳源作为电子供体,强化反硝化反应而产氧化亚氮;所述厌氧反应器产生的甲烷和氧化亚氮通过所述气体收集装置回收;所述厌氧反应器以氨氮为主的出水流入所述亚硝化反应器,在所述亚硝化反应器中将水中的氨氮转化为亚硝酸盐,含有亚硝酸盐的水一部分回流到所述厌氧反应器中,参与所述厌氧反应器中的反硝化反应。

2. 如权利要求1所述的污水处理设备,其特征在于,在所述厌氧反应器中设置有导电材料,作为具有导电性的生物膜载体。

3. 如权利要求2所述的污水处理设备,其特征在于,所述导电材料包括活性炭材料。

4. 如权利要求1至3任一项所述的污水处理设备,其特征在于,在所述亚硝化反应器中设置有导电材料,作为具有导电性的生物膜载体。

5. 如权利要求1至4任一项所述的污水处理设备,其特征在于,所述厌氧反应器的上部通过气体回流泵连接所述厌氧反应器的底部,所述气体回流泵用于将所述厌氧反应器上部的气体回流到所述厌氧反应器的底部,经过所述厌氧反应器的液相,以吹脱出反应器液相中气体能源组分。

6. 如权利要求1至5任一项所述的污水处理设备,其特征在于,所述厌氧反应器中在产甲烷区和产氧化亚氮区之间设置隔离板,所述隔离板分离产甲烷区和产氧化亚氮区的填料以对不同区强化具有不同功能的微生物种群。

7. 如权利要求1至6任一项所述的污水处理设备,其特征在于,所述厌氧反应器的出水口与所述亚硝化反应器的进水口之间通过U型管连接。

8. 如权利要求1至7任一项所述的污水处理设备,其特征在于,所述亚硝化反应器中设置有搅拌器。

9. 一种采用如权利要求1至8任一项所述的污水处理设备的污水处理方法,其特征在于,包括以下过程:将待处理污水送入所述厌氧反应器,使待处理污水先在所述厌氧反应器的底部进行厌氧反应而产甲烷,产甲烷后的污水在所述厌氧反应器的上部进行反硝化反应,由从所述亚硝化反应器回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余的有机碳源作为电子供体,强化反硝化反应而产氧化亚氮;所述厌氧反应器产生的甲烷和氧化亚氮通过所述气体收集装置回收;所述厌氧反应器以氨氮为主的出水流入所述亚硝化反应器,在所述亚硝化反应器中将水中的氨氮转化为亚硝酸盐,含有亚硝酸盐的水一部分回流到所述厌氧反应器中,参与所述厌氧反应器中的反硝化反应。

10. 如权利要求9所述的污水处理方法,其特征在于,在所述厌氧反应器中投加具有导电性能的生物膜载体,强化厌氧反应过程电子传递效率,并促进反硝化反应的处理效率。

## 一种基于碳氮能源回收的污水处理设备与方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理,特别是涉及一种基于碳氮能源回收的污水处理设备与方法。

### 背景技术

[0002] 污水处理是保障居民健康和生态环境安全的重要技术途径,为疾病传播控制等做出了重要贡献,所以被评为百年来重要的技术之一。污水处理根据处理对象逐渐考虑碳源、氮、磷等污染物去除,相应的技术发展可分为污水生物处理、污水营养物去除、污水营养物强化去除和Limit of Technology (LOT) 技术等几个阶段。现阶段污染物去除主要为营养物强化去除,而美国等国家和地区开始关注和实践LOT。此外,自2014年活性污泥百年之际,世界各国专家均开始关注和探讨污水处理工艺的未来发展趋势。基本共识包括,对传统污染物如有机物和氮磷等,主要关注其能源资源化利用;而对新兴污染物及其生态风险与毒性的控制,则是污染物控制领域的未来关注对象。

[0003] 在污水治理理念逐渐由传统污染物去除转变为能源资源回收方面,针对资源化能源化理念,不同专家学者分别提出了不同的实践技术途径。重要过程包括污水中有机物直接厌氧能源化或者首先转化为固体有机物,然后进行厌氧发酵实现能源化;此外,对于氮磷则主要对其进行资源化利用,包括回收作为肥料等。

[0004] 新兴污染物及其毒理学是未来污水处理关注的重点,尤其在生态安全保障及其影响等方面备受关注。众多学者已对污水处理厂中个人医用药品和护肤品 (PPCPs) 等新兴污染物的去除效果和去除机理开展了系统的研究。Carballa et al. (2004) 对PPCPs和激素类物质 (EDCs) 在污水处理厂中去除特性的研究表明,活性污泥的生物降解对PPCPs和EDCs的去除起到非常重要的作用。由于新兴污染物生物降解过程的复杂性,其降解产物在污水处理中的降解途径及其生态毒性也开始受到关注。因此,未来污水处理系统需要考虑新兴污染物及其毒性的有效控制技术。

### 发明内容

[0005] 本发明的主要目的在于克服现有技术的不足,提供一种基于碳氮能源回收的污水处理设备与方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种基于碳氮能源回收的污水处理设备,包括进水泵、厌氧反应器、气体收集系统、亚硝化反应器、回流泵以及曝气泵,所述进水泵连接所述厌氧反应器的进水口,所述厌氧反应器的出水口连接所述亚硝化反应器的进水口,所述厌氧反应器的出气口连接所述气体收集系统,所述亚硝化反应器的回流出水口通过所述回流泵连接所述厌氧反应器的回流进水口,所述曝气泵将氧气送到所述亚硝化反应器中;待处理污水先在所述厌氧反应器的底部进行厌氧反应而产甲烷,产甲烷后的污水在所述厌氧反应器的上部进行反硝化反应,由从所述亚硝化反应器回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余的有机碳源作为电子

供体,强化反硝化反应而产氧化亚氮;所述厌氧反应器产生的甲烷和氧化亚氮通过所述气体收集装置回收;所述厌氧反应器以氨氮为主的出水流入所述亚硝化反应器,在所述亚硝化反应器中将水中的氨氮转化为亚硝酸盐,含有亚硝酸盐的水一部分回流到所述厌氧反应器中,参与所述厌氧反应器中的反硝化反应。

[0008] 进一步地:

[0009] 在所述厌氧反应器中设置有导电材料,作为具有导电性的生物膜载体。

[0010] 所述导电材料包括活性炭材料。

[0011] 在所述亚硝化反应器中设置有导电材料,作为具有导电性的生物膜载体。

[0012] 所述导电材料包括活性炭材料。

[0013] 所述厌氧反应器的上部通过气体回流泵连接所述厌氧反应器的底部,所述气体回流泵用于将所述厌氧反应器上部的气体回流到所述厌氧反应器的底部,经过所述厌氧反应器的液相,以吹脱出所述厌氧反应器液相中气体能源组分。

[0014] 所述厌氧反应器中在产甲烷区和产氧化亚氮区之间设置隔离板,所述隔离板分离产甲烷区和产氧化亚氮区的填料以对不同区强化具有不同功能的微生物种群。

[0015] 所述厌氧反应器的出水口与所述亚硝化反应器的进水口之间通过U型管连接。

[0016] 所述亚硝化反应器中设置有搅拌器。

[0017] 一种采用所述的污水处理设备的污水处理方法,包括以下过程:将待处理污水送入所述厌氧反应器,使待处理污水先在所述厌氧反应器的底部进行厌氧反应而产甲烷,产甲烷后的污水在所述厌氧反应器的上部进行反硝化反应,由从所述亚硝化反应器回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余的有机碳源作为电子供体,强化反硝化反应而产氧化亚氮;所述厌氧反应器产生的甲烷和氧化亚氮通过所述气体收集装置回收;所述厌氧反应器以氨氮为主的出水流入所述亚硝化反应器,在所述亚硝化反应器中将水中的氨氮转化为亚硝酸盐,含有亚硝酸盐的水一部分回流到所述厌氧反应器中,参与所述厌氧反应器中的反硝化反应。

[0018] 进一步地:

[0019] 在所述厌氧反应器中投加具有导电性能的生物膜载体,强化厌氧反应过程电子传递效率,并促进反硝化反应的处理效率。

[0020] 本发明的有益效果:

[0021] 本发明提供基于碳氮能源回收的污水处理设备和污水处理方法,针对污水处理资源化能源化的需求,实现了基于碳氮能源化的污水处理新工艺,提升了污水处理效率和处理质量。本发明中,产甲烷后污水用于反硝化产氧化亚氮;产氧化亚氮出水采用亚硝化技术生产亚硝酸盐,并回流到反硝化阶段;在优选的实施例中,采用导电材料作为具有导电性的生物膜载体,强化厌氧反应器中厌氧产甲烷与反硝化产氧化亚氮,并耦合亚硝化反应器中亚硝化过程的碳氮能源回收污水处理,整体实现碳氮能源回收污水处理,尤其是针对高浓度有机碳源和高氨氮废水效率更高。本发明同时具有强化去除新兴污染物的功能,是一种符合污水处理以及能源资源回收的可持续发展要求。

[0022] 本发明实施例的具体优点有:(1)采用导电材料强化污水厌氧处理效率,因为厌氧处理包括水解酸化和产甲烷等过程,涉及不同微生物种群之间的电子传递,当加入导电材料后,不但能够促进生物膜的生长,也有利于强化微生物之间的电子传递,提高厌氧处理效

率。(2) 对于厌氧完水质,采用回流含有亚硝酸盐的回流液,在反应器上部强化污水反硝化产氧化亚氮。另外,对厌氧反应器使用气体回流泵回流上部气体到反应器底部,有利于吹脱出整个反应器产生的甲烷和氧化亚氮,两者均为生物能源。由此实现污水中碳氮资源化目的。(3) 在厌氧反应器中,采用投加导电材料方式,能强化某些新兴污染物的去除,使处理污水更具有生态安全性。(4) 在好氧亚硝化反应器中,主要采用控制溶解氧或其他运行模式,实现亚硝化目的。同时,硝化过程也能强化新兴污染物的去除。(5) 在亚硝化反应器中,也采用生物膜方式,有利于提高污泥量,尤其是硝化菌的生物量,强化工艺处理能力。因此,本发明具有污水能源化和去除新兴污染物双重效果。

### 附图说明

[0023] 图1为本发明一种实施例的结构示意图;

[0024] 图2a和图2b分别为本发明实例1进行活性实验测定化学需氧量(COD)的去除情况及产甲烷(CH<sub>4</sub>)情况示意图;

[0025] 图3a至图3d分别为本发明实例2采用普里米酮PRM、卡马西平CBM、克罗米通CRT和磺胺甲恶唑SMX进行实验的测定结果示意图;

[0026] 图4为本发明实例3进行溶解性N<sub>2</sub>O在线测定结果示意图;

[0027] 图5a和图5b为本发明实例4在反应器长期驯化和周期过程中氮浓度的变化示意图。

### 具体实施方式

[0028] 以下对本发明的实施方式作详细说明。应该强调的是,下述说明仅仅是示例性的,而不是为了限制本发明的范围及其应用。

[0029] 参阅图1,在一种实施例中,一种基于碳氮能源回收的污水处理设备,包括进水泵(未图示)、厌氧反应器1、气体收集系统(未图示)、亚硝化反应器2、回流泵(未图示)以及曝气泵,所述进水泵连接所述厌氧反应器1的进水口6,所述厌氧反应器1的出水口8连接所述亚硝化反应器2的进水口9,所述厌氧反应器1的出气口3连接所述气体收集系统,所述亚硝化反应器2的回流出水口10通过所述回流泵连接所述厌氧反应器1的回流进水口11,所述曝气泵将氧气通过管路13送到所述亚硝化反应器2中;待处理污水先在所述厌氧反应器1的底部进行厌氧反应而产甲烷,产甲烷后的污水在所述厌氧反应器1的上部进行反硝化反应,由从所述亚硝化反应器2回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余的有机碳源作为电子供体,强化反硝化反应而产氧化亚氮;所述厌氧反应器1产生的甲烷和氧化亚氮通过所述气体收集装置回收;所述厌氧反应器1以氨氮为主的出水流入所述亚硝化反应器2,在所述亚硝化反应器2中将水中的氨氮转化为亚硝酸盐,含有亚硝酸盐的水一部分回流到所述厌氧反应器1中,参与所述厌氧反应器1中的反硝化反应。

[0030] 在优选的实施例中,在所述厌氧反应器1中设置有导电材料5,作为具有导电性的生物膜载体。

[0031] 在更优选的实施例中,所述导电材料5包括活性炭材料。

[0032] 在优选的实施例中,在所述亚硝化反应器2中设置有导电材料,作为具有导电性的生物膜载体。

[0033] 在更优选的实施例中,所述导电材料包括活性炭材料。

[0034] 在优选的实施例中,所述厌氧反应器的上部通过气体回流泵(未图示)连接所述厌氧反应器的底部,所述气体回流泵用于将所述厌氧反应器上部的气体回流到所述厌氧反应器的底部,经过所述厌氧反应器的液相,有利于吹脱出所述厌氧反应器液相中气体能源组分。

[0035] 在优选的实施例中,所述厌氧反应器1中在产甲烷区和产氧化亚氮区之间设置隔离板4,所述隔离板4分离产甲烷区和产氧化亚氮区的填料以对不同区强化具有不同功能的微生物种群。

[0036] 在优选的实施例中,所述厌氧反应器1的出水口与所述亚硝化反应器2的进水口之间通过U型管连接。采用U型管而不是直管,能够对厌氧反应器1上部的气体起到水封作用,防止厌氧反应器1产生的气体随出水流到亚硝化反应器2。

[0037] 所述亚硝化反应器中设置有搅拌器12。

[0038] 参阅图1,在另一种实施例中,一种采用所述的污水处理设备的污水处理方法,包括以下过程:将待处理污水送入所述厌氧反应器1,使待处理污水先在所述厌氧反应器1的底部进行厌氧反应而产甲烷,产甲烷后的污水在所述厌氧反应器1的上部进行反硝化反应,由从所述亚硝化反应器2回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余的有机碳源作为电子供体,强化反硝化反应而产氧化亚氮;所述厌氧反应器1产生的甲烷和氧化亚氮通过所述气体收集装置回收;所述厌氧反应器1以氨氮为主的出水流入所述亚硝化反应器2,在所述亚硝化反应器2中将水中的氨氮转化为亚硝酸盐,含有亚硝酸盐的水一部分回流到所述厌氧反应器1中,参与所述厌氧反应器1中的反硝化反应。

[0039] 在优选的实施例中,在所述厌氧反应器1中投加具有导电性能的生物膜载体,强化厌氧反应过程电子传递效率,并促进反硝化反应的处理效率。

[0040] 本发明的一个具体实施例如图1所示,该设备主要包括厌氧反应器1、亚硝化反应器2、进水泵、回流泵、曝气泵、气体收集系统等。

[0041] 污水处理过程中,所需要处理污水首先在厌氧反应器底部进行厌氧产甲烷,有效利用污水中有机碳源;产甲烷后,污水在厌氧反应器上部进行反硝化,由回流的亚硝酸盐作为电子受体,产甲烷后剩余有机碳源(多为大分子物质)作为电子供体,强化反硝化产氧化亚氮。厌氧反应器产生的甲烷和氧化亚氮气体则通过上部气体收集装置进行回收利用。厌氧反应器出水流入亚硝化反应器,因为此时污水主要是氨氮为主,所以在亚硝化反应器中转化氨氮为亚硝酸盐。为强化污水处理效率,在厌氧反应器中投加具有导电性能的生物膜载体,如活性炭等,强化厌氧反应过程电子传递效率。类似的,也能促进反硝化处理效率。在产甲烷区和产氧化亚氮区域中间设置隔离板,分离填料,强化具有不同功能的微生物种群。在亚硝化反应器中,也采用生物膜方式,有利于提高污泥量,尤其是硝化菌的生物量,强化工艺处理能力。

[0042] 实例1

[0043] 采用2个有效体积为2.3L的SBR反应器培养厌氧微生物。两个SBR反应器运行周期均为12h,运行温度为35℃,每天排泥约66mL,控制污泥龄(SRT)为30d。SBR运行周期包括11h厌氧搅拌(包括6min进水),50min静置沉淀和10min出水/闲置。每个周期进水为1L,出水为1L,水力停留时间(HRT)为24h。反应器进水和排水通过定时器控制蠕动泵启闭实现。反应器

顶部设有出气孔,出气孔连接排水装置可测定产气体积。两个反应器分别为空白组反应器和试验组反应器,其中试验组反应器中加入10g/L  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 作为导电材料。为保证 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 浓度保持相对稳定,在每天排泥的同时,补充等量的 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粉末。反应器进水以蛋白胨为碳源,进水的COD为2000mg/L,其他进水组分包括480mg/L  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,100mg/L  $\text{CaCl}_2$ ,200mg/L  $\text{MgCl}_2$ ,120mg/L  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,200mg/L  $\text{KHCO}_3$ 以及1mL/L微量元素。

[0044] 待驯化稳定后,在两个反应器中进行活性试验,测定反应器在一个运行周期内的活性情况。每隔一定时间取水样及气体样测定化学需氧量(COD)的去除情况及产甲烷( $\text{CH}_4$ )情况。所得结果如图2a和2b所示。

[0045] 根据拟合结果,空白组和试验组的最大COD降解速率分别为115.9和183.96mg/(L·h) ( $P<0.05$ ),COD去除率分别为74.1和86.8%,因此试验组的最大COD降解速率提高了58.7%,COD去除率提高了17.1%。空白组和试验组的最大产甲烷速率分别为34.5和61.6mL/(L·h) ( $P<0.05$ ),试验组的最大产甲烷速率提高了78.5%。

#### [0046] 实例2

[0047] 取驯化稳定污泥250mL与250mL自配水进行混合,自配水组分为:480mg/L  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,100mg/L  $\text{CaCl}_2$ ,200mg/L  $\text{MgCl}_2$ ,120mg/L  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,200mg/L  $\text{KHCO}_3$  and 1mL/L微量元素溶液(1g/L  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,100mg/L  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,200mg/L  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,100mg/L  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,100mg/L  $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,100mg/L  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,100mg/L  $\text{NaWO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and 100mg/L  $\text{NaSeO}_3$ )。将混合液倒入有效体积500mL丝口瓶中,分别加入充足的相应碳源(淀粉、蛋白胨和淀粉蛋白胨,2000mg/L COD)与医药品和个人护理用品(包括普里米酮PRM、卡马西平CBM、克罗米通CRT和磺胺甲恶唑SMX,10mg/L)。同时加入相应的导电载体(四氧化三铁和蒽醌-2,6-磺酸钠)。用磁力搅拌器进行搅拌,开始试验。

[0048] 试验反应时间为10天,水样与气样的采样时间为:0,0.5,1,1.5,2,3,6,和10天。测定反应过程中的甲烷生成量、水中有机酸浓度和COD浓度。水样经过滤后和固相萃取浓缩,使用液相质谱对水中残留药品浓度进行测定。所得结果如图3a至3d所示。

[0049] 经过计算所得,在以淀粉蛋白胨为混合碳源,添加蒽醌-2,6-磺酸钠作为电子传递强化物质后,磺胺甲恶唑的降解半衰期为0.46天。而使用单一蛋白胨作为碳源,不添加电子传递强化物质时,磺胺甲恶唑的降解半衰期为4.53天。

#### [0050] 实例3

[0051] 采用高为30cm,直径为10cm,有效容积为2000mL的圆柱形有机玻璃SBR反应器进行驯化反硝化菌。该SBR反应器运行周期为4h,每个周期包括:10min进水,160min缺氧搅拌,20min好氧,45min静置沉降和15min出水/闲置。每个周期进水为1L,出水为1L,水力停留时间(HRT)为8h。每天在特定周期的好氧末端排泥200mL,控制污泥龄(SRT)为10d。好氧反应阶段使用微孔曝气器进行曝气,反应器进水和排水通过定时器控制蠕动泵启闭实现,反应器在26℃条件下长期驯化。反应器的进水碳源为葡萄糖,其进水COD浓度为800mg/L;进水 $\text{NaN}_3$ 为1214mg/L,对应进水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度为200mg/L。故长期驯化条件下反应器进水COD/N为4。其他进水组分为: $\text{NaHCO}_3$ 为200mg/L, $\text{NH}_4\text{Cl}$ 为250mg/L, $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 为25mg/L, $\text{CaCl}_2$ 为45mg/L, $\text{MgSO}_4$ 为100mg/L,酵母浸膏为15mg/L,微量元素为0.2mL/L。

[0052] 待驯化稳定后,进行模拟周期试验探究该SBR反应器的反硝化性能和 $\text{N}_2\text{O}$ 产生情况。试验开始之前,从反应器好氧末端取500mL活性污泥用于试验。试验过程中采用气密性

良好的500mL丝口瓶作为反应器,在丝口瓶的橡胶塞上开孔,并连接密封性良好的硅胶管和微电极,用于取样。采取与长期驯化过程中完全相同的条件进行试验,即进水碳源为葡萄糖,氮源为 $\text{NaNO}_3$ ,初始C/N比为4。反应过程中将丝口瓶置于水浴中控制温度为 $25^\circ\text{C}$ ,并用磁力搅拌器进行搅拌使溶液完全混合。反应进行160分钟,每隔10分钟取水样和气样,并同时在线测定 $\text{N}_2\text{O}$ 的在线测定。所得结果如图4所示。

[0053] 经过计算得,在以葡萄糖为碳源, $\text{NO}_3\text{-N}$ 为电子受体进行反硝化试验时,C/N比为4的条件下,反硝化速率为 $-6.04\text{mg N}/(\text{g MLVSS}\cdot\text{h})$ ,最大 $\text{N}_2\text{O-N}$ 产生量为 $39.98\text{mg/L}$ , $\text{N}_2\text{O}$ 的转化率为56%。

[0054] 实例4

[0055] 采用高50cm,直径15cm,有效容积为6L的圆柱形有机玻璃容器作为反应器。反应器在 $30^\circ\text{C}$ 条件下运行,采用周期为4h的SBR运行模式,每个SBR运行周期均包括10min进水,180min好氧,45min静置沉淀和15min出水和闲置。每个周期进水为3L,出水为3L,水力停留时间为8h。好氧反应阶段通过微孔曝气器曝气,通过流量计控制曝气量为 $4\text{L}/\text{min}$ ,反应器进水和排水通过定时器控制蠕动泵实现。反应器的接种污泥为西丽再生水厂反冲洗池内的活性污泥。反应器进水为实验室自配水,分为五个阶段进行驯化,进水 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 分别为 $383\text{mg/L}$ , $765\text{mg/L}$ , $1150\text{mg/L}$ , $2300\text{mg/L}$ 和 $3060\text{mg/L}$ ,进水 $\text{NaHCO}_3$ 分别为 $1800\text{mg/L}$ , $3600\text{mg/L}$ , $5400\text{mg/L}$ , $10800\text{mg/L}$ 和 $14000\text{mg/L}$ ;其他进水组分相同, $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 为 $50\text{mg/L}$ , $\text{CaCl}_2$ 为 $70\text{mg/L}$ , $\text{MgSO}_4$ 为 $400\text{mg/L}$ ,微量元素 $0.4\text{mL/L}$ 。

[0056] 反应器长期驯化和周期过程中氮浓度的变化如图5a和5b所示。最后一个阶段稳定后,出水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 平均浓度小于 $5\text{mg/L}$ ,出水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的平均浓度为 $5.99\text{mg/L}$ 。稳定阶段,进水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 负荷为 $2.4\text{g N}/(\text{L}\cdot\text{d})$ , $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除率达到99.8%,亚硝化率( $\text{NO}_2\text{-N}/(\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N})$ )为99.3%,实现了稳定的亚硝化。在周期变化过程中, $\text{NH}_4\text{-N}$ 逐渐转化为 $\text{NO}_2\text{-N}$ ,小部分又转化为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 。周期开始时DO保持在 $1.5\text{mg/L}$ ,表明在基质充足的条件下,微生物保持最大基质利用率,碱度消耗率大于 $\text{NaHCO}_3$ 补充的碱度,故pH逐渐降低;当反应器中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度低于 $20\text{mg/L}$ 时,由于基质限制,氧利用率降低,碱度消耗率也随之降低,故DO和pH升高。

[0057] 以上内容是结合具体/优选的实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,其还可以对这些已描述的实施方式做出若干替代或变型,而这些替代或变型方式都应当视为属于本发明的保护范围。



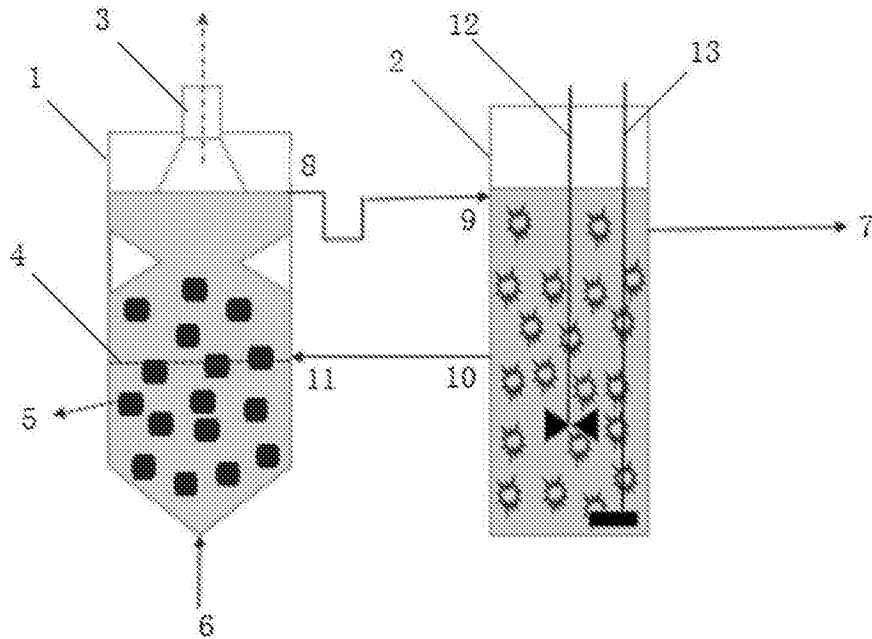


图1

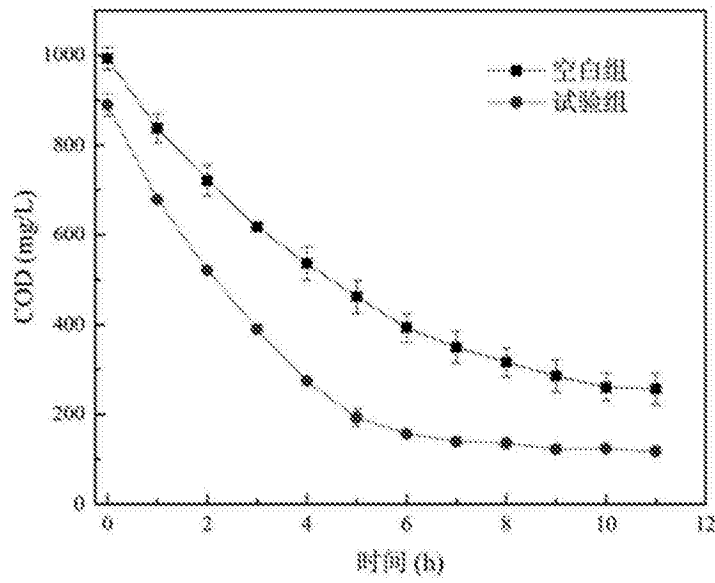


图2a

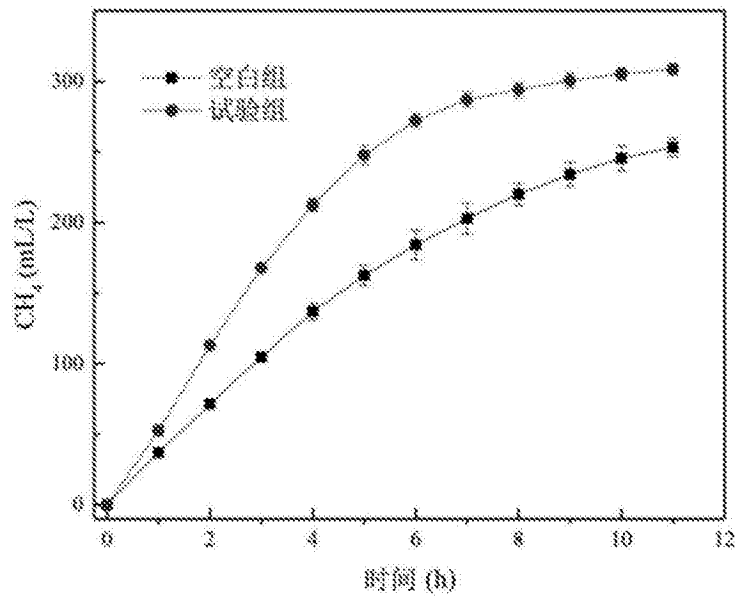


图2b

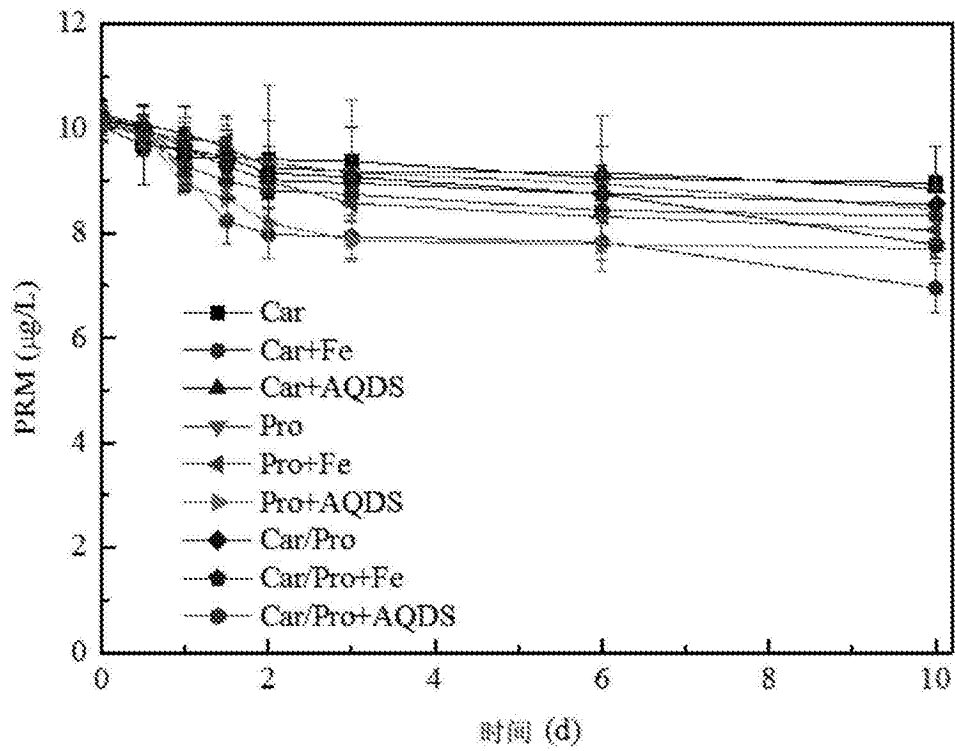


图3a

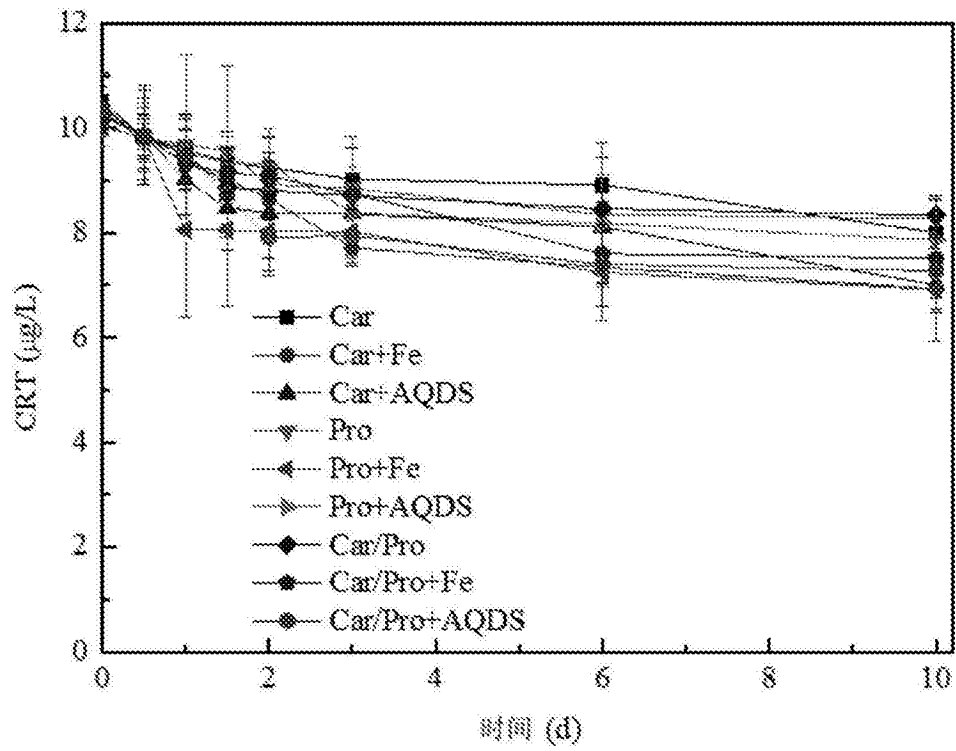


图3b

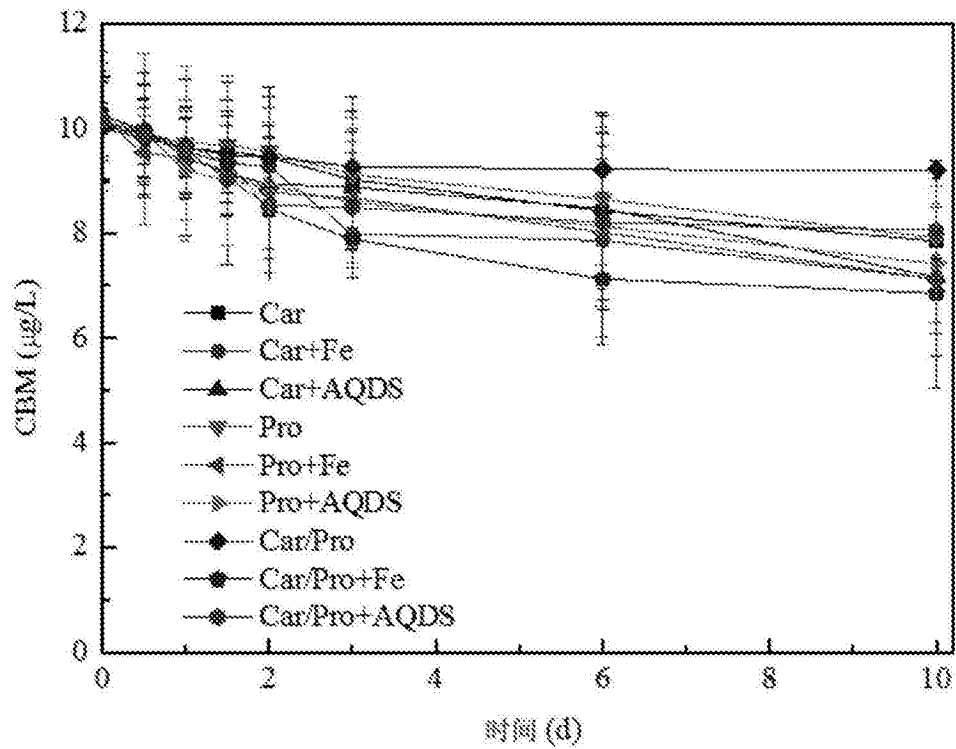


图3c

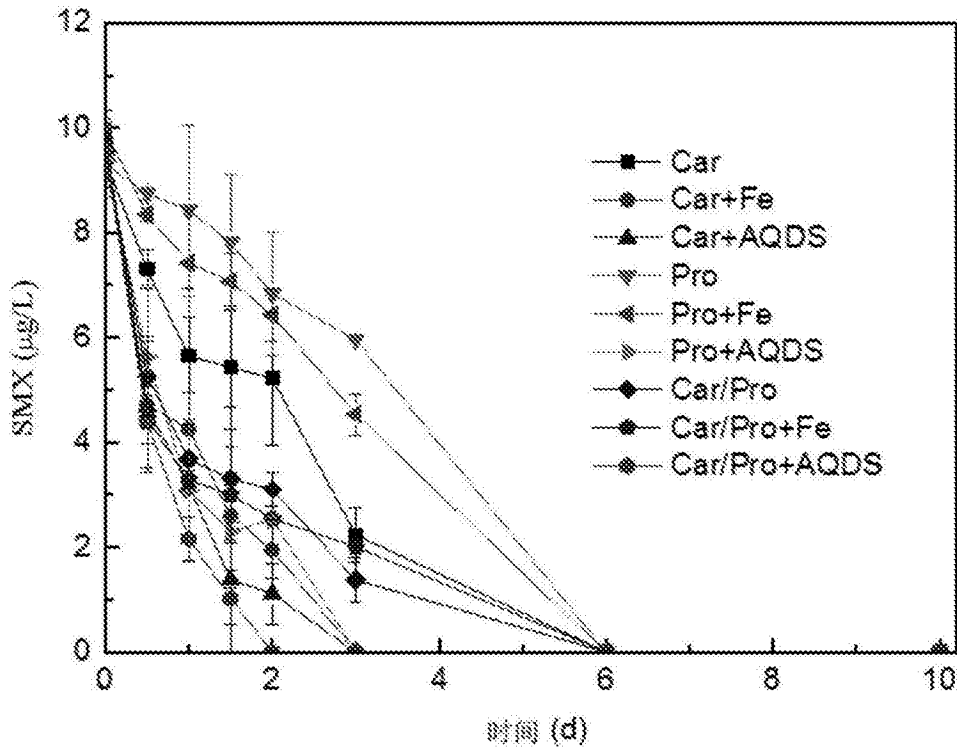


图3d

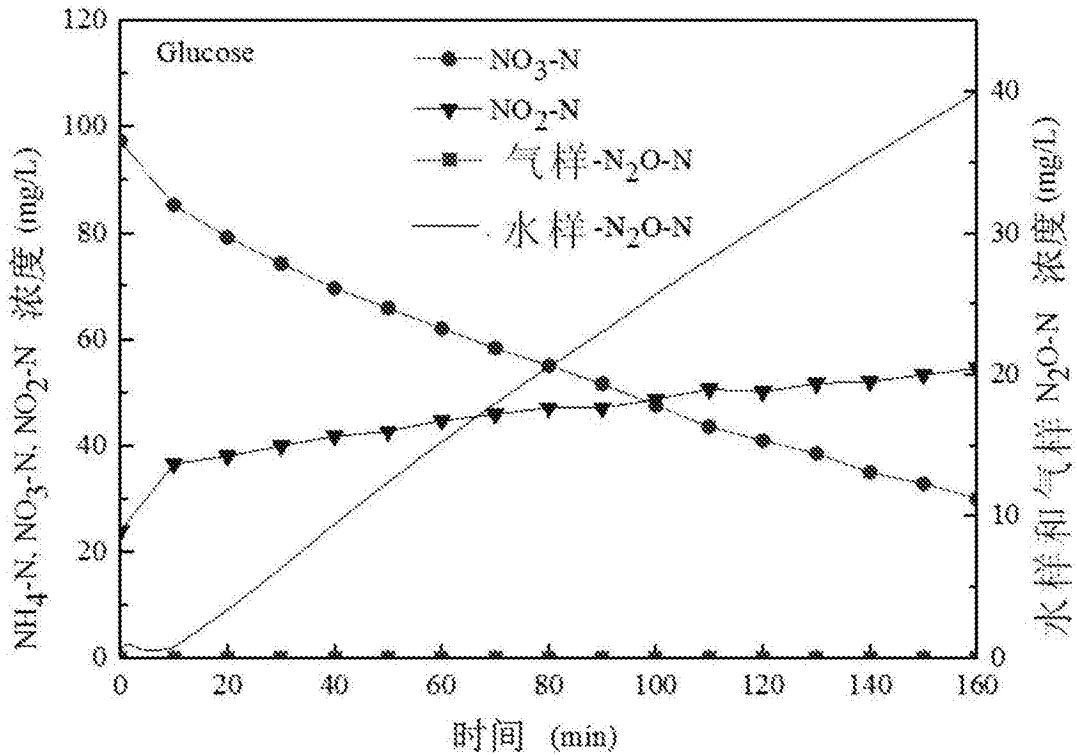


图4

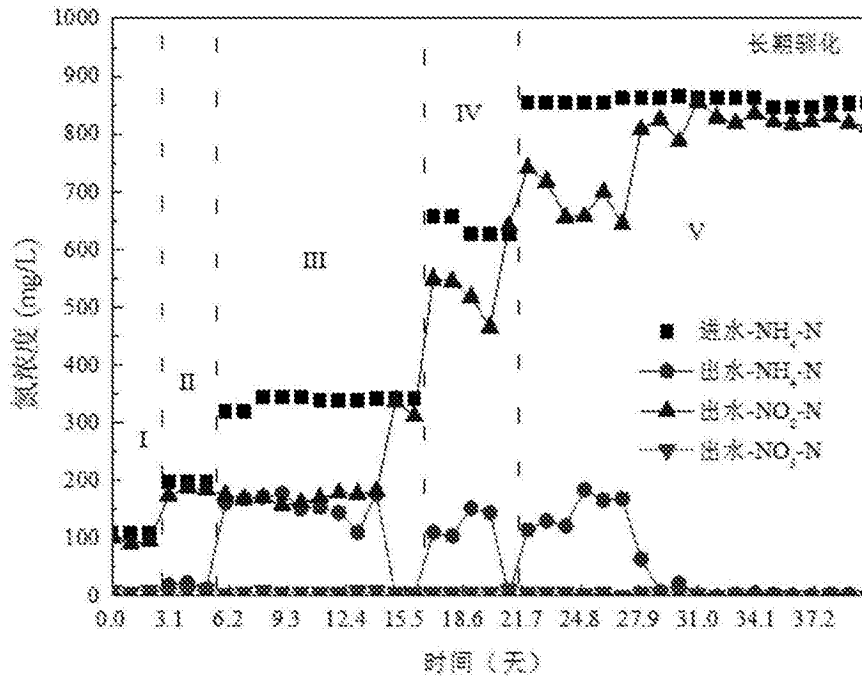


图5a

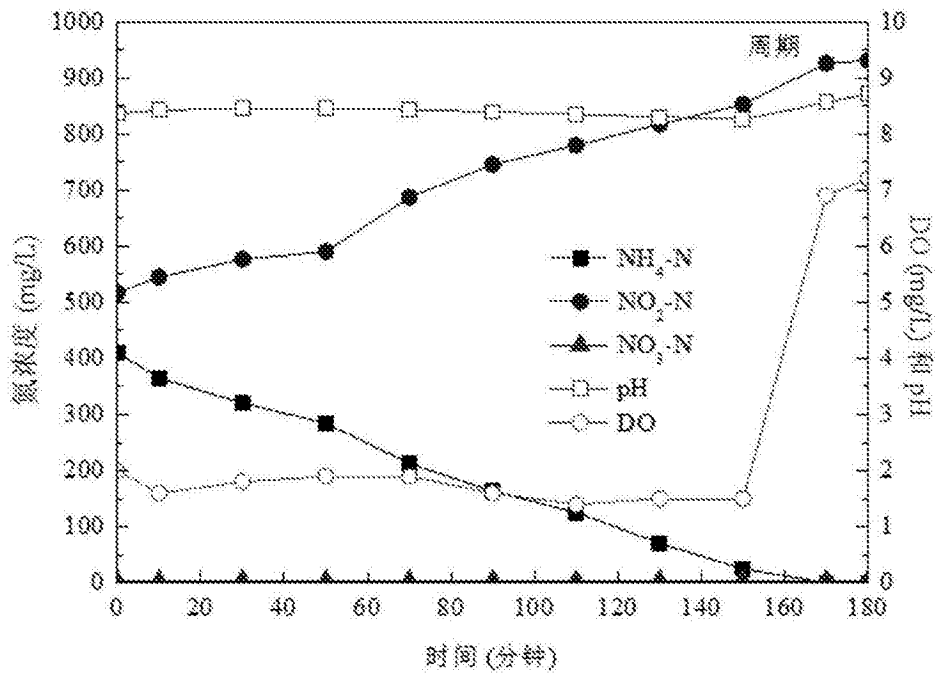


图5b