



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107010736 B

(45) 授权公告日 2021.03.30

(21) 申请号 201710224882.3

(22) 申请日 2017.04.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107010736 A

(43) 申请公布日 2017.08.04

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72) 发明人 彭永臻 杨慎华 张亮 王晓玲

李家麟

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 刘萍

(51) Int. Cl.

C02F 3/34 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105217786 A, 2016.01.06

CN 104986923 A, 2015.10.21

CN 105753153 A, 2016.07.13

CN 104556376 A, 2015.04.29

US 2012309071 A1, 2012.12.06

审查员 刘青

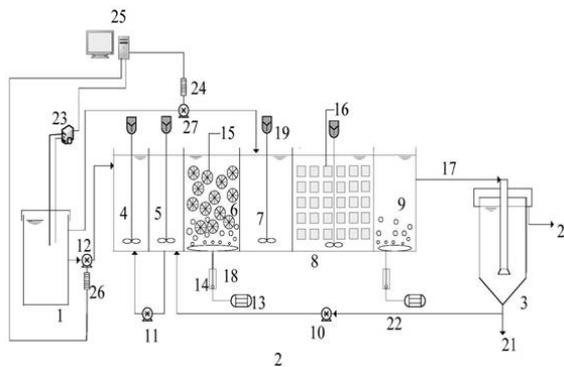
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

短程反硝化-厌氧氨氧化脱氮耦合生物除磷的装置与方法

(57) 摘要

短程反硝化-厌氧氨氧化脱氮耦合生物除磷的装置与方法属于污水处理领域。该装置由厌氧区、缺氧区I、好氧区I、缺氧区II、缺氧区III、好氧区II、沉淀池组成。进水流量由PLC系统控制，60%的原水进入厌氧区完成厌氧释磷；随后混合液在缺氧区I完成反硝化，在好氧区I完成吸磷和硝化反应；混合液和40%原水同时进入缺氧区II，完成短程反硝化反应；随后混合液进入IFAS方式运行的缺氧区III，完成厌氧氨氧化反应，缺氧区III的混合液在好氧区进一步完成吸磷、硝化反应。最后混合液进入沉淀池进行泥水分离，上清液直接排出系统外，浓缩污泥经回流泵回流至缺氧区I，再经混合液回流泵从缺氧区I回流至厌氧区。系统的剩余污泥定期排出系统外，实现同步脱氮除磷。



CN 107010736 B

1. 短程反硝化-厌氧氨氧化脱氮耦合生物除磷工艺,其特征在于:

按照从进水端到出水端的顺序,依次设置进水箱(1)、推流式反应器(2)和沉淀池(3),另配有PLC系统(25),推流式反应器(2)分6格,从进水端至出水端依次为厌氧区(4)、缺氧区I(5)、好氧区I(6)、缺氧区II(7)、缺氧区III(8)、好氧区II(9);

原水由进水箱(1)经一号进水泵(12)、二号进水泵(27)分段进入推流式反应器(2),推流式反应器(2)末端设出水口,出水口经管道(17)连通沉淀池(3);沉淀池(3)的上部有系统出水口(20),沉淀池底部设有污泥回流管(22);回流污泥经污泥回流泵(10)回流至前端缺氧区I(5),缺氧区I(5)中的混合液再经混合液回流泵(11)回流至厌氧区(4),剩余污泥经排泥管(21)排出系统外;其中,PLC系统(25)由实时在线监测探头(23)、一号控制继电器(26)、二号控制继电器(24)组成,用于监测进水水质并控制进水流量;原水的氨氮和原水中的有机物浓度通过在线监测探头(23)反馈给PLC系统(25),然后将信号传送给一号控制继电器(26)和二号控制继电器(24),实现一号进水泵(12)和二号进水泵(27)的流量控制;好氧区I(6)投加聚丙烯填料(15),聚丙烯填料在曝气的作用下处于流化状态,缺氧区III(8)投加富集有厌氧氨氧化菌的聚氨酯填料;

推流式反应器(2)中厌氧区(4)、缺氧区I(5)、缺氧区II(7)、缺氧区III(8)设有机械搅拌器(19),好氧区I(6)底部设有曝气盘(18),曝气盘(18)经流量计(14)与鼓风机(13)相连;

原水经一号进水泵(12)和二号进水泵(27)分别进入厌氧区(4)、缺氧区II(7),厌氧区(4)水力停留时间为1-1.5h,聚磷菌、反硝化聚磷菌在厌氧区(4)、缺氧区I(5)中完成厌氧释磷;缺氧区I(5)水力停留时间为1-1.5h;经过厌氧区(4)的混合液依次进入缺氧区I(5)与好氧区I(6),好氧区I(6)水力停留时间3-3.5h;好氧区I(6)的曝气由鼓风机(13)和流量计(14)控制,维持溶解氧在1.5-3mg/L,完成全程硝化反应和好氧过量吸磷反应;

混合液由好氧区I(6)进入缺氧区II(7),同时40%原水由二号进水泵(27)进入缺氧区II(7);缺氧区II(7)为短程反硝化区,水力停留时间在1.5-2h;随后混合液由缺氧区II(7)进入缺氧区III(8),缺氧区III(8)采用机械搅拌;缺氧区III(8)水力停留时间在3-4h,在缺氧区III(8)中完成厌氧氨氧化耦合反硝化反应;缺氧区III(8)出来的混合液直接进入好氧区II(9),水力停留时间为1-2h,实现残留氨氮的氧化和进一步吸磷。

## 短程反硝化-厌氧氨氧化脱氮耦合生物除磷的装置与方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种短程反硝化-厌氧氨氧化脱氮耦合生物除磷的连续流装置,属于城市污水处理与资源化领域。

### 背景技术

[0002] 氮,磷是引起湖泊海洋富营养化的主要因素,水体中 $TN>0.1\text{mg/L}$ 、 $TP>0.02\text{mg/L}$ 都会导致水体富营养化。因此,我国目前污水处理中开始重视氮,磷的去除,城市生活污水处理中氨氮浓度在 $50\text{-}70\text{mg/L}$ ,磷浓度在 $6\text{-}7\text{mg/L}$ 。由于硝化细菌和好氧聚磷菌污泥龄不同,污水中可生物降解的有机碳源有限等原因,氮、磷的去除不能够兼顾。污水处理厂通常采用生物脱氮、化学除磷的方式运行,这不仅造成污水处理成本的增加,而且投加的化学药剂会对活性污泥产生影响,增加出水中金属含量和后续消毒副产物。

[0003] 传统脱氮主要是硝化反硝化的工艺。氨氮随污水进入曝气池,在曝气池被微生物氧化为亚硝酸盐,亚硝酸盐继续被氧化成硝酸盐,随后在缺氧条件下,微生物利用原水碳源将硝酸盐还原为氮气。但生活污水碳源不足,硝化反硝化运行方式既难以达标,又浪费资源。为了解决以上问题,自养生物脱氮技术越来越受到关注。厌氧氨氧化现象的发现,为自养脱氮工艺的开发和应用提供了新的方向。随着厌氧氨氧化研究的不断深入,厌氧氨氧化生物脱氮工艺在实际中逐渐得到应用。

[0004] 目前厌氧氨氧化工艺主要以短程硝化-厌氧氨氧化、短程反硝化-厌氧氨氧化等方式运行。短程硝化-厌氧氨氧化虽可节省 $62.5\%$ 的曝气量,但短程硝化在低氨氮的生活污水中,难以维持长期稳定运行。短程反硝化相对反硝化可节省 $59.7\%$ 的碳源,节省资源;而且相对于短程硝化更容易实现长期的稳定运行。因此短程反硝化与厌氧氨氧化的耦合工艺具有显著的应用价值。

[0005] 城市污水中磷酸盐的高效去除也是污水处理的重点和难点之一。传统的生物除磷利用聚磷菌在厌氧条件下释磷,好氧条件下过量吸磷的方式,富集水体中的磷贮存在生物体内,最后通过剩余污泥实现磷酸盐的有效去除。生活污水的脱氮和除磷过程,在碳源利用、工艺运行和污泥龄等方面上都存在矛盾。首先,反硝化过程和聚磷菌厌氧释磷过程都需要原水碳源的参与,原水碳源缺乏会导致难以实现同步脱氮除磷。其次,污泥回流中携带的硝酸盐也会影响破坏释磷所需要厌氧环境,降低除磷效果。最后,硝化菌属于自养菌,其生长需要的污泥龄较长,为强化除磷效果需要维持较短的污泥龄,保证剩余污泥及时排放,两者存在矛盾。

### 发明内容

[0006] 20世纪90年代,由于反硝化除磷现象的发现,碳,氮,磷能够在同一反应器中去除,这降低了工艺的复杂性。反硝化除磷菌能够在厌氧条件下储存PHA,同时释磷,缺氧条件下利用硝酸盐还原为氮气和消耗体内PHA产生的能量,过量吸收水中的磷元素。反硝化除磷实现了一碳两用,节省资源。

[0007] 将新型厌氧氨氧化工艺与反硝化除磷的耦合,可强化城市污水同步脱氮除磷,提高系统的出水效果。本发明涉及一种短程反硝化-厌氧氨氧化脱氮耦合生物除磷的连续流装置与方法,其方法特征及实现步骤如下:

[0008] 短程反硝化-厌氧氨氧化脱氮耦合生物除磷的装置,其特征在于:

[0009] 按照从进水端到出水端的顺序,依次设置进水箱(1)、推流式反应器(2)和沉淀池(3),另配有PLC系统(25),推流式反应器(2)分6格,从进水端至出水端依次为厌氧区(4)、缺氧区I(5)、好氧区I(6)、缺氧区II(7)、缺氧区III(8)、好氧区II(9);

[0010] 原水由进水箱(1)经一号进水泵(12)、二号进水泵(27)分段进入推流式反应器(2),推流式反应器(2)末端设出水口,出水口经管道(17)连通沉淀池(3);沉淀池(3)的上部有系统出水口(20),沉淀池底部设有污泥回流管(22);回流污泥经污泥回流泵(10)回流至前端缺氧区I(5),缺氧区I(5)中的混合液再经混合液回流泵(11)回流至厌氧区,剩余污泥经排泥管(21)排出系统外;其中,PLC系统(25)由实时在线监测探头(23)、一号控制继电器(26)、二号控制继电器(24)组成,用于监测进水水质并控制进水流量;原水的氨氮和原水中的有机物浓度,通过在线监测探头(23)反馈给PLC控制系统(25),然后将信号传送给一号控制继电器(26)和二号控制继电器(24),实现一号进水泵(12)和二号进水泵(27)的流量控制;好氧区I(6)投加聚丙烯填料(15),聚丙烯填料在曝气的作用下处于流化状态,缺氧区III(8)投加聚氨酯填料;

[0011] 推流式反应器(2)中厌氧区(4)、缺氧区I(5)、缺氧区II(7)、缺氧区III(8)设有机械搅拌器(19),好氧区I(6)投加聚丙烯填料(15),好氧区I(6)底部设有曝气盘(18),曝气盘(18)经流量计(14)与鼓风机(13)相连。

[0012] 原水经一号进水泵(12)和二号进水泵(27)分别进入厌氧区(4)、缺氧区II(7),厌氧区(4)水力停留时间为1-1.5h,缺氧区I(5)水力停留时间为1-1.5h;混合液依次进入缺氧区I(5)与好氧区I(6),好氧区I(6)水力停留时间3-3.5h,好氧区I(6)投加聚丙烯填料;好氧区I(6)的曝气由鼓风机(13)和流量计(14)控制,维持溶解氧在1.5-3mg/L;

[0013] 混合液由好氧区I(6)进入缺氧区II(7),同时40%原水由二号进水泵(27)进入缺氧区II(7);缺氧区II(7)水力停留时间在1.5-2h;随后混合液进入缺氧区III(8);

[0014] 缺氧区III(8)采用机械搅拌;缺氧区III(8)水力停留时间在3-4h;缺氧区III(8)出来的混合液直接进入好氧区II(9),水力停留时间为1-2h;

[0015] 与传统方式相比,本装置与方法适用于低碳氮比城市生活污水的同步脱氮除磷处理,出水效果好,运行稳定性强。

[0016] 1、针对生活污水中碳源不足的问题,采用短程反硝化、反硝化除磷、分段进水、厌氧氨氧化联合运行,高效利用碳源,缓解脱氮和除磷之间的矛盾。

[0017] 2、亚硝酸盐是厌氧氨氧化反应的重要基质,同构短程硝化实现亚硝酸盐的积累,目前难以长期稳定维持。本发明首先强化全程硝化,利用短程反硝化实现亚硝酸盐的稳定积累,可显著提高系统的稳定性。

[0018] 3、针对缺氧区II(7)短程反硝化碳源不足、缺氧区III(8)厌氧氨氧化氨氮不足,采用分段进水,充分利用了原水碳源且提高了TN的去除。

[0019] 4、本装置采用不同类型填料,实现种属优化。缺氧区III(8)采用IFAS运行方式,减少了菌种的流失,强化了优势菌种的富集。此外,本发明采用新型的填料布置形式。有机玻

璃镂空板(28)使填料排列整齐,不会出现填料的堵塞堆积现象,有利于对菌种挂膜的研究。

[0020] 5、缺氧区Ⅲ(8)后面直接连通好氧区Ⅱ(9),进一步的完成好氧吸磷、剩余氨氮的硝化反应。

[0021] 综上,本发明协调了除磷菌、反硝化除磷菌、氨氧氨氧化菌、硝化菌在污泥龄和适宜条件等方面的矛盾,无需外加碳源即可实现城市污水同步脱氮除磷,既节省能源,又提高了出水水质。

### 附图说明

[0022] 图1为本发明的装置运行示意图,

[0023] 图2为缺氧区Ⅲ(8) IFAS所用填料架示意图。

### 具体实施方式

[0024] 进水箱(1)与在线监测探头(23)连接,用于监测原水中氨氮、原水中有机物的浓度,在线监测器探头(23)与PLC系统(25)相连接,随后将信号传送至一号控制继电器(26)、二号控制继电器(24),两者分别与一号进水泵(12)、二号进水泵(27)连接,控制进水流量,原水进入推流式反应器(2),经一系列反应后,经管道(17)进入沉淀池(3),沉淀池(3)的上部有系统出水口(20),沉淀池设有污泥回流管道(22),回流污泥经回流泵(10)回流至前端的缺氧区Ⅰ(5),再经混合液回流泵(11)回流至厌氧区(4),剩余污泥经排泥管道(21)排出系统外。其中好氧区Ⅰ(6)有处于流化状态的聚丙烯填料(15),缺氧区Ⅲ(8)投加 $1.5 \times 1.5 \times 1.5\text{cm}$ 的聚氨酯填料。

[0025] 好氧区Ⅰ(6)中聚丙烯填料(15)生物膜的挂膜过程:将聚丙烯填料(15)放在硝化反硝化反应器中,使其处于流化状态,1-2个月的挂膜时间,使其污泥浓度在 $1500-2000\text{mg/L}$ 。

[0026] 缺氧区Ⅲ(8)中聚氨酯填料(16)的挂膜过程:将 $1.5 \times 1.5 \times 1.5\text{cm}$ 的 $0.1\text{mm}$ 孔径的聚氨酯填料固定在有机玻璃镂空板(28)上,在IFAS厌氧氨氧化一体化反应器中培养挂膜5-6个月,使填料上的污泥浓度达到 $0.375-0.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

[0027] 聚丙烯填料(15)和聚氨酯填料(16)挂膜后,分别投加至好氧区Ⅰ(6)和缺氧区Ⅲ(8)。

[0028] 反应初期,接种反硝化除磷和厌氧氨氧化絮体污泥,使混合后的污泥浓度在 $3500-4500\text{mg/L}$ 。

[0029] 运行方式:运行初期,采用生活污水(氨氮浓度 $50-70\text{mg/L}$ ,磷浓度 $6-7\text{mg/L}$ )与配水(碳酸氢氨 $50\text{mg/L}$ 、磷 $15\text{mg/L}$ )1:1混合放置水箱内,运行15-20d,出水氨氮小于 $5\text{mg/L}$ 、总氮小于 $15\text{mg/L}$ 总磷小于 $0.5\text{mg/L}$ 为适应期结束,随后逐渐增加生活污水的配比直至进水完全为生活污水。

[0030] 生活污水进水为分段进水,原水由进水箱(1)经一号进水泵(12)、二号进水泵(27)分别进入厌氧区(4)、缺氧区Ⅱ(7)。

[0031] 厌氧区(4)水力停留时间为1-1.5h,缺氧区Ⅱ(7)水力停留时间为1-1.5h,聚磷菌、反硝化聚磷菌在厌氧区(4)、缺氧区Ⅰ(5)中完成厌氧释磷。

[0032] 流经厌氧区(4)、缺氧区Ⅰ(5)后,混合液进入好氧区Ⅰ(6),好氧区Ⅰ(6)水力停留时间3-3.5h。

[0033] 好氧区Ⅰ(6)由鼓风机(13)、流量计(14)控制溶解氧在1.5-3mg/L,完成全程硝化反应和好氧过量吸磷反应。

[0034] 混合液进入缺氧区Ⅱ(7),缺氧区Ⅱ(7)水力停留时间在1.5-2h。

[0035] 缺氧区Ⅱ(7)中通过PLC控制系统(25)控制进水流量和水力停留时间实现短程反硝化,40%原水由二号进水泵(27)进入缺氧区Ⅱ(7)中,完成短程反硝化。随后混合液进入缺氧区Ⅲ(8)。

[0036] 缺氧区Ⅲ(8)以IFAS方式运行,采用机械搅拌,此区以厌氧氨氧化菌为优势菌种,依靠聚氨酯填料对厌氧氨氧化菌吸附、固定。

[0037] 缺氧区Ⅲ(8)水力停留时间在4-4.5h,混合液由缺氧区Ⅱ(7)进入缺氧区Ⅲ(8),在缺氧区Ⅲ(8)中完成厌氧氨氧化耦合反硝化反应。

[0038] 混合液由缺氧区Ⅲ(8)直接进入好氧区Ⅱ(9),水力停留时间为1-2h,在好氧区Ⅱ(9)中进一步完成剩余氨氮的硝化反应,同时强化好氧吸磷。

[0039] 混合液经排水管(17)进入沉淀池(3),泥水混合物经沉淀池(3)分离沉淀后,上清液由排水管(20)排出系统外。

[0040] 浓缩污泥经回流泵(10)回流至缺氧区Ⅰ(5),再经混合液回流泵(11)回流至厌氧区(4),回流比均为100%,剩余污泥排出系统。

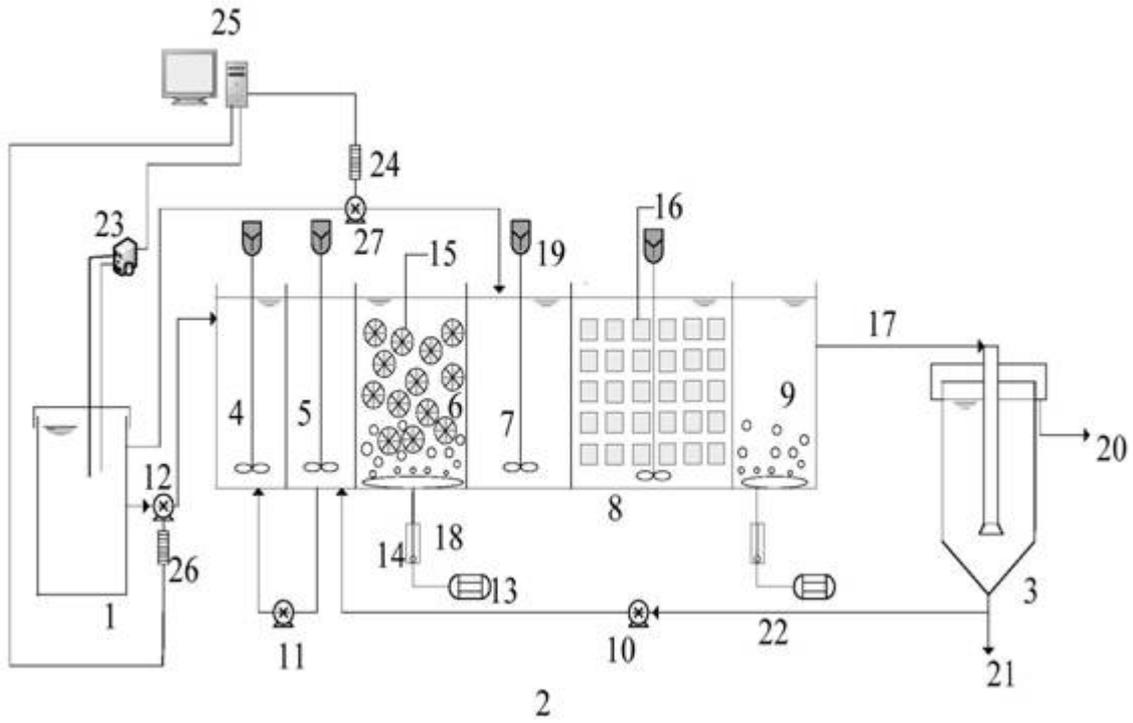


图1

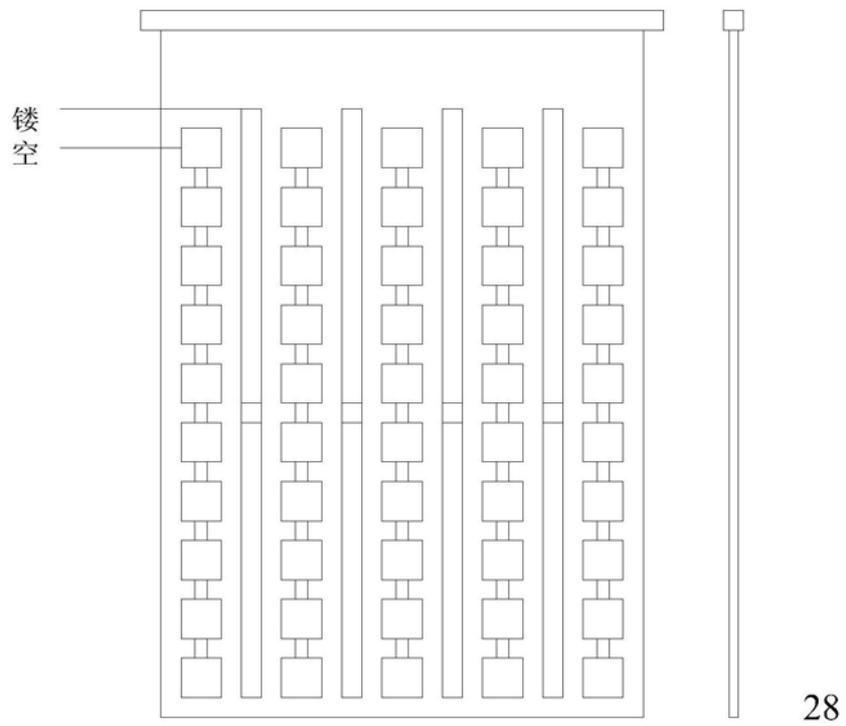


图2