



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112520949 A

(43) 申请公布日 2021.03.19

(21) 申请号 202011411227.7

(22) 申请日 2020.12.04

(71) 申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市海淀区上园村3号北京交通大学

(72) 发明人 姚宏 田盛

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 孙玲

(51) Int. Cl.

C02F 9/14 (2006.01)

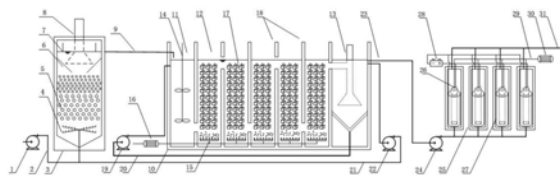
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统

(57) 摘要

本发明公开了一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,包括依次管路连接的进水泵、同步反硝化甲烷化装置、一体式厌氧氨氧化装置和复合臭氧催化装置,同步反硝化甲烷化装置为升流式厌氧污泥床,一体式厌氧氨氧化装置包括由一端至另一端依次排列且连通的一个均和隔室、若干个反应隔室和一个沉淀隔室,同步反硝化甲烷化装置通过第一出水管与均和隔室连通;复合臭氧催化装置包括若干个并联的电催化管,每个电催化管均与沉淀隔室的顶端出口连通,电催化管中设置有圆环状的碳阴极板和穿设在圆环状碳阴极板内的阳极曝气头,阳极曝气头通过进气管连接有第二空压机,第二空压机与气源连通。本发明提高了高碳氮比废水的处理效率。



1. 一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,其特征在于:包括依次管路连接的进水泵、同步反硝化甲烷化装置、一体式厌氧氨氧化装置和复合臭氧催化装置,所述同步反硝化甲烷化装置为升流式厌氧污泥床,所述一体式厌氧氨氧化装置包括由一端至另一端依次排列且连通的一个均和隔室、若干个反应隔室和一个沉淀隔室,所述同步反硝化甲烷化装置通过第一出水管与所述均和隔室连通;每个所述反应隔室中均设置有框架,所述框架上固设有用于负载厌氧氨氧化污泥的海绵填料,所述负载厌氧氨氧化污泥中富含短程硝化菌和厌氧氨硝化菌;所述复合臭氧催化装置包括若干个并联的电催化管,每个所述电催化管均与所述沉淀隔室的顶端出口连通,所述电催化管中设置有圆环状的碳阴极板和穿设在所述圆环状碳阴极板内的阳极曝气头,所述碳阴极板与电源的负极电连接,所述阳极曝气头与电源的正极电连接,所述阳极曝气头通过进气管连接有第二空压机,所述第二空压机与气源连通。

2. 根据权利要求1所述的高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,其特征在于:相邻的两个所述反应隔室之间通过挡板相隔,所述挡板的顶部或底部设置有开口,且相邻的两个所述挡板上的开口的位置不同;每个所述反应隔室的底部均设置有曝气盘,所述曝气盘通过管路与第一空压机连通。

3. 根据权利要求1或2所述的高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,其特征在于:所述沉淀隔室的底端出口通过污泥回流管与所述均和隔室的顶端连通,且所述污泥回流管上设置有污泥回流泵,所述沉淀隔室的顶端出口通过清液回流管与所述同步反硝化甲烷化装置的入口连通,且所述清液回流管上设置有清液回流泵。

4. 根据权利要求1所述的高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,其特征在于:所述均和隔室中设置有搅拌器,所述沉淀隔室为辐射流沉淀池。

5. 根据权利要求1所述的高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,其特征在于:所述同步反硝化甲烷化装置包括由上至下依次设置在塔体内的溢流堰、三相分离器、污泥层和布水器,所述布水器与所述进水泵连通。

## 一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理技术领域,特别是涉及一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统。

### 背景技术

[0002] 随着我国经济的快速发展以及工业水平的快速提高,大量的含氮工业废水排入水体,导致河流湖泊等水体富营养化严重,生态系统退化等严重问题。目前常用的氨氮处理方法为生化处理,如硝化-反硝化等方法,但有着处理效率低、能耗较高、温室气体排放多且有机物利用不充分等缺点。以厌氧氨氧化为代表的新型生物脱氮工艺以其较高的处理效率和较低的能耗越来越受到环保领域的关注,但其作为自养菌,自身增长速率较慢,对废水中COD及C/N有较为严苛的要求。厌氧氨氧化工艺一般要求C/N在1.0以下,否则异养菌大量增长会破坏群落结构的稳定性。此外,厌氧氨氧化处理后还残存一定的COD,普通的深度处理工艺有工艺中毒脱氮效率降低、消毒副产物进一步污染环境等问题。我国目前部分高氨氮废水,如食品加工废水、制药废水等除高氨氮外也含有较高的COD,且水质成分复杂,直接利用厌氧氨氧化工艺难以充分发挥厌氧氨氧化的高效脱氮性能,且难以实现废水的达标排放。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,以解决上述现有技术存在的问题,提高高碳氮比废水的处理效率。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0005] 本发明提供了一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,包括依次管路连接的进水泵、同步反硝化甲烷化装置、一体式厌氧氨氧化装置和复合臭氧催化装置,所述同步反硝化甲烷化装置为升流式厌氧污泥床,所述一体式厌氧氨氧化装置包括由一端至另一端依次排列且连通的一个均和隔室、若干个反应隔室和一个沉淀隔室,所述同步反硝化甲烷化装置通过第一出水管与所述均和隔室连通;每个所述反应隔室中均设置有框架,所述框架上固设有用于负载厌氧氨氧化污泥的海绵填料,所述负载厌氧氨氧化污泥中富含短程硝化菌和厌氧氨硝化菌;所述复合臭氧催化装置包括若干个并联的电催化管,每个所述电催化管均与所述沉淀隔室的顶端出口连通,所述电催化管中设置有圆环状的碳阴极板和穿设在所述圆环状碳阴极板内的阳极曝气头,所述碳阴极板与电源的负极电连接,所述阳极曝气头与电源的正极电连接,所述阳极曝气头通过进气管连接有第二空压机,所述第二空压机与气源连通。

[0006] 优选的,相邻的两个所述反应隔室之间通过挡板相隔,所述挡板的顶部或底部设置有开口,且相邻的两个所述挡板上的开口的位置不同;每个所述反应隔室的底部均设置有曝气盘,所述曝气盘通过管路与第一空压机连通。

[0007] 优选的,所述沉淀隔室的底端出口通过污泥回流管与所述均和隔室的顶端连通,

且所述污泥回流管上设置有污泥回流泵,所述沉淀隔室的顶端出口通过清液回流管与所述同步反硝化甲烷化装置的入口连通,且所述清液回流管上设置有清液回流泵。

[0008] 优选的,所述均和隔室中设置有搅拌器,所述沉淀隔室为辐射流沉淀池。

[0009] 优选的,所述同步反硝化甲烷化装置包括由上至下依次设置在塔体内的溢流堰、三相分离器、污泥层和布水器,所述布水器与所述进水泵连通。

[0010] 本发明相对于现有技术取得了以下技术效果:

[0011] 本发明的高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统提高了高碳氮比废水的处理效率。本发明的高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统通过前置的同步反硝化甲烷化装置能够有效去除废水中的COD,同时该装置内耦合反硝化工艺,厌氧氨氧化出水中含有一定浓度的硝氮,通过回流到反硝化工艺中,同时利用原水中含有的COD进行充分反硝化,同步降低硝氮和COD,保证出水水质稳定达标;后置的复合臭氧催化装置凭借TiO<sub>2</sub>曝气电极优异的O<sub>3</sub>多相催化活性、流通式构型、电催化性能,实现了对难降解有机污染物的高效协同效应,且电-多相臭氧催化的TOC(60min)去除率,是传统臭氧氧化、电催化的2.4、3.3倍;COD的去除率是传统臭氧氧化、电催化的2.6、4.5倍。同时,COD速率常数,TOC速率常数远高于传统臭氧催化和O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>。更为重要的是,电-多相催化臭氧技术和传统的工艺取得的降解效果极为相近,然而电-多相催化臭氧工艺中的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>药剂使用量仅是其1/20,同时H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>更无需外源投加,仅通过原位电化学还原氧气产生便可随时产生,因此电-多相催化体系原位产生的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>可以被高效利用,促进羟基自由基产生,促进污染物降解,同时也省去了H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>购买、运输、管控等环节,确保电-多相臭氧催化工艺更加优异的安全性和可操作性。

## 附图说明

[0012] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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的附图。

[0013] 图1为本发明高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统的结构示意图;

[0014] 其中:1、进水泵;2、进水管;3、同步反硝化甲烷化装置;4、布水器;5、污泥层;6、三相分离器;7、溢流堰;8、排气口;9、第一出水管;10、一体式厌氧氨氧化装置;11、均和隔室;12、反应隔室;13、沉淀隔室;14、搅拌器;15、曝气盘;16、第一空压机;17、海绵填料;18、挡板;19、污泥回流泵;20、污泥回流管;21、清液回流管;22、清液回流泵;23、第二出水管;24、增压泵;25、复合臭氧催化装置;26、阳极曝气头;27、碳阴极板;28、电源;29、进气管;30、第二空压机;31、第三出水管。

## 具体实施方式

[0015] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,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。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有付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。

[0016] 本发明的目的是提供一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,以解决上述现

有技术存在的问题,提高高碳氮比废水的处理效率。

[0017] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0018] 如图1所示:本实施例提供了一种高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统,包括依次管路连接的进水泵1、同步反硝化甲烷化装置3、一体式厌氧氨氧化装置10和复合臭氧催化装置25。

[0019] 其中,同步反硝化甲烷化装置3为升流式厌氧污泥床,同步反硝化甲烷化装置3包括由上至下依次设置在塔体内的溢流堰7、三相分离器6、污泥层5和布水器4,布水器4与进水泵1连通。

[0020] 一体式厌氧氨氧化装置10包括由一端至另一端依次排列且连通的一个均和隔室11、若干个反应隔室12和一个沉淀隔室13,均和隔室11中设置有搅拌器14,沉淀隔室13为辐射流沉淀池。同步反硝化甲烷化装置3通过第一出水管9与均和隔室11连通;每个反应隔室12中均设置有框架,框架上固设有用于负载厌氧氨氧化污泥的海绵填料17,填充率控制在25-30%,一体式厌氧氨氧化污泥主要包括短程硝化菌和厌氧氨氧化菌,其中短程硝化菌利用曝气提供的 $O_2$ 将废水中的部分氨氮转化为亚硝氮,厌氧氨氧化菌利用氨氮和亚硝氮作为反应底物,生成氮气从反应器上部排出,实现氮源污染物的高效去除,同时产生约10%的硝氮;相邻的两个反应隔室12之间通过挡板18相隔,挡板18的顶部或底部设置有开口,且相邻的两个挡板18上的开口的位置不同;每个反应隔室12的底部均设置有曝气盘15,曝气盘15通过管路与第一空压机16连通。沉淀隔室13的底端出口通过污泥回流管20与均和隔室11的顶端连通,且污泥回流管20上设置有污泥回流泵19,沉淀隔室13的顶端出口通过清液回流管21与同步反硝化甲烷化装置3的入口连通,且清液回流管21上设置有清液回流泵22。

[0021] 复合臭氧催化装置25通过第二出水管23与一体式厌氧氨氧化装置10连通,第二出水管23上设置有增压泵24,复合臭氧催化装置25包括若干个并联的电催化管,每个电催化管均与沉淀隔室13的顶端出口连通,电催化管中设置有圆环状的碳阴极板27和穿设在圆环状碳阴极板27内的阳极曝气头26,碳阴极板27与电源28的负极电连接,阳极曝气头26与电源28的正极电连接,阳极曝气头26通过进气管29连接有第二空压机30,第二空压机30与气源连通。

[0022] 本实施例高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统的工作过程如下:

[0023] 废水经过预处理后首先通过进水泵1及进水管2进入同步反硝化甲烷化装置3,废水经布水器4进入污泥层5,经污泥层5进行反硝化、甲烷化后进入顶部三相分离器6,污泥层5中主要包括厌氧产甲烷菌和反硝化菌,厌氧产甲烷菌分解废水中的COD,降低废水C/N,产生的甲烷气体从顶部排气口8排除并收集。反硝化菌利用从后段回流水中的硝氮和原水中的碳源进行反硝化作用,同步脱氮除碳。处理后的废水经溢流堰7经第一出水管9进入一体式厌氧氨氧化装置10;沉淀隔室13的底部污泥由污泥回流泵19经污泥回流管20回流至装置入口,部分上清液经清液回流管21和清液回流泵22回流进入同步反硝化甲烷化装置3进行硝氮的深度去除;剩余上清液溢流后经第二出水管23流入复合臭氧催化装置25;复合臭氧催化装置25中的阳极曝气头26通过进气管29路和空压机曝入 $O_3$ 及 $O_2$ 混合气体;废水在复合臭氧催化装置25内的升流过程中受到电催化及臭氧催化作用,深度降解废水中的COD,在该反应体系中, $O_3$ 分子经过 $TiO_2$ 界曝气阳极界面,在电场和 $TiO_2$ 催化层共同作用下与 $TiO_2$ 界面

的吸附态羟基发生双羟基吸附反应,然后催化转化为产生吸附态的羟基自由基;在均相反应中,通入体系的臭氧气体中的残余 $O_2$ 分子,在炭阴极界面发生两电子还原反应产生 $H_2O_2$ ,进一步解离成 $HO_2^-$ 并与臭氧分子发生快速的 $O_3/HO_2^-$ 均相反应产生羟基自由基,体系中 $TiO_2$ 与电化学作用起到关键强化羟基自由基产生的协同耦合作用。处理后的废水经顶部的第三出水管31排出。

[0024] 本实施例的高碳氮比废水的脱氮兼能源自集成系统通过前置的同步反硝化甲烷化装置3能够有效去除废水中的COD,同时该装置内耦合反硝化工艺,厌氧氨氧化出水中含有一定浓度的硝氮,通过回流到反硝化工艺中,同时利用原水中含有的COD进行充分反硝化,同步降低硝氮和COD,保证出水水质稳定达标;实验表明,以制药废水为处理对象,平均进水COD为8404mg/L,COD平均去除率为91.3%,平均出水COD为745mg/L,残余的COD基本上难于生物降解,且C/N降低至1.0以下。不论是在驯化阶段还是在稳定阶段,COD的去除效果均表现良好。UASB(上流式厌氧污泥床)产生的生物气主要由甲烷与氮气组成,在稳定期其气体百分比分别为84%和16%,反硝化优先产甲烷反应发生,在UASB中实现氮和有机物的同步去除。

[0025] 后置的复合臭氧催化装置25凭借 $TiO_2$ 曝气电极优异的 $O_3$ 多相催化活性、流通式构型、电催化性能,实现了对难降解有机污染物的高效协同效应,且电-多相臭氧催化的TOC(60min)去除率,是传统臭氧氧化、电催化的2.4、3.3倍;COD的去除率是传统臭氧氧化、电催化的2.6、4.5倍。同时,COD速率常数,TOC速率常数远高于传统臭氧催化和 $O_3/H_2O_2$ 。更为重要的是,电-多相催化臭氧技术和传统的工艺取得的降解效果极为相近,然而电-多相催化臭氧工艺中的 $H_2O_2$ 药剂使用量仅是其1/20,同时 $H_2O_2$ 更无需外源投加,仅通过原位电化学还原氧气产生便可随时产生,因此电-多相催化体系原位产生的 $H_2O_2$ 可以被高效利用,促进羟基自由基产生,促进污染物降解,同时也省去了 $H_2O_2$ 购买、运输、管控等环节,确保电-多相臭氧催化工艺更加优异的安全性和可操作性。具体实验中,利用电-多相臭氧催化工艺处理焦化废水生化处理出水,该废水水质COD为320mg/L,TOC为66mg/L,采用孔径51微米的多孔钛曝气头,碳涂层钛网(均利用碱性水热法+烧结法制备负载 $TiO_2$ )分别作为阴阳极,间距离为1.5cm,电压为13-15V, $O_3$ 浓度为84mg/L,流速为0.3L/min,该条件下反应30min, $H_2O_2$ 产量达到34.9mg/L,COD和TOC的去除率分别达到67.9%和50%,出水COD低于100mg/L,实现了难降解有机物的进一步分解和达标排放。

[0026] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“顶”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0027] 本说明书中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

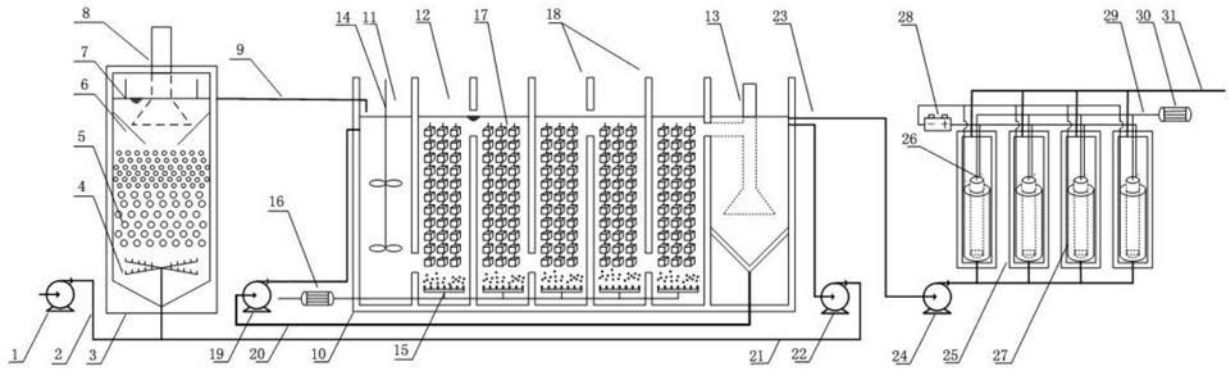


图1