



## (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210457818 U

(45)授权公告日 2020.05.05

(21)申请号 201821981766.2

C02F 103/20(2006.01)

(22)申请日 2018.11.28

C02F 101/16(2006.01)

(66)本国优先权数据

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

201811158416.0 2018.09.30 CN

(73)专利权人 环境保护部南京环境科学研究所

地址 210042 江苏省南京市玄武区蒋王庙街8号

(72)发明人 汪龙眠 庞晴晴 张爱国 张毅敏

江贻伟 彭福全 高月香 晁建颖  
徐斌 孔明

(74)专利代理机构 江苏瑞途律师事务所 32346

代理人 蒋海军

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

C02F 11/121(2019.01)

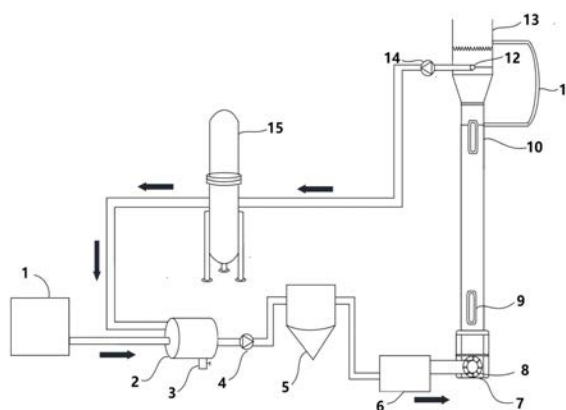
权利要求书1页 说明书8页 附图1页

(54)实用新型名称

一种废水自养反硝化脱氮装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种废水自养反硝化脱氮装置,属于废水处理领域。它包括前置沉降过滤系统、内循环流化硫砂床以及径向流动沉降器,本实用新型装置将前置处理、深度处理以及后置处理相结合,大大提高了废水净化效率,降低了废水自养反硝化脱氮过程中装置发生堵塞的风险;流化硫砂床设有内循环回水装置并与外循环回水相结合可以充分发挥硫自养反硝化作用,增加废水与硫磺颗粒接触时间,提高硝酸盐去除率,并有利于增大进水量,冲刷生物膜,改善进水的腐化状况,降低毒物浓度,使生物膜保持活性;本实用新型装置所选材料成本低廉、效果显著,尤其适合含氮养殖废水水处理,具有较大的市场前景和推广应用价值。



1. 一种废水自养反硝化脱氮装置, 包括污水池 (1), 其特征在于: 还包括前置沉降过滤系统、内循环流化硫砂床以及径向流动沉降器 (15), 所述内循环流化硫砂床底部进水端通过管道与前置沉降过滤系统连接, 所述内循环流化硫砂床顶部出水端通过管道与径向流动沉降器 (15) 连接, 所述径向流动沉降器 (15) 通过管道与前置沉降过滤系统连接形成循环回路。

2. 根据权利要求1所述的一种废水自养反硝化脱氮装置, 其特征在于: 所述前置沉降过滤系统包括依次连接的微滤机 (2)、蠕动泵 (4)、沉降浓缩池 (5) 和上清液池 (6), 所述微滤机 (2) 进水端通过管道分别与污水池 (1) 以及径向流动沉降器 (15) 连接, 所述上清液池 (6) 与内循环流化硫砂床底部进水端连接。

3. 根据权利要求1所述的一种废水自养反硝化脱氮装置, 其特征在于: 所述内循环流化硫砂床包括筒体 (10)、虹吸管 (11) 以及溢流堰 (13); 所述筒体 (10) 内填充有硫磺颗粒, 底部设有反射底板 (7) 以及环形进水腔 (8), 环形进水腔 (8) 位于反射底板 (7) 上方并与上清液池 (6) 连接, 所述溢流堰 (13) 位于筒体 (10) 顶部, 溢流堰 (13) 的出水口通过出水管道与径向流动沉降器 (15) 连接, 所述虹吸管 (11) 与溢流堰 (13) 以及筒体 (10) 连接。

4. 根据权利要求2所述的一种废水自养反硝化脱氮装置, 其特征在于: 所述微滤机 (2) 的转鼓上设有孔径范围为0.5~1.2mm的微孔筛网, 微滤机 (2) 与沉降浓缩池 (5) 的连接管道上设有蠕动泵 (4), 微滤机 (2) 上设有总出水口 (3)。

5. 根据权利要求2所述的一种废水自养反硝化脱氮装置, 其特征在于: 所述沉降浓缩池 (5) 的底部呈圆锥状, 沉降浓缩池 (5) 进水口和出水口均设置在沉降浓缩池 (5) 的上端。

6. 根据权利要求3所述的一种废水自养反硝化脱氮装置, 其特征在于: 所述环形进水腔 (8) 的进水狭缝的宽度范围为5~10mm。

7. 根据权利要求3所述的一种废水自养反硝化脱氮装置, 其特征在于: 所述筒体 (10) 内部填充的硫磺颗粒粒径范围为0.30~1.31mm, 填料呈流态时膨胀度为35%~40%。

8. 根据权利要求3所述的一种废水自养反硝化脱氮装置, 其特征在于: 所述溢流堰 (13) 的出水口与径向流动沉降器 (15) 的连接管道上安装有剪切泵 (14)。

## 一种废水自养反硝化脱氮装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于污水处理领域,更具体地说,涉及一种废水自养反硝化脱氮装置。

### 背景技术

[0002] 近年来,水产养殖方式已由从前的粗养、半精养向精养过渡,但由于片面追求经济效益,养殖密度过大,养殖品种单一,养殖水体中自然生态体系的平衡被打破,自身污染严重。另外,随着养殖时间的增加,养殖水体中就会含有较高浓度的氮、磷等有机污染物质,如果这些水体没有经过相应的净化处理就被连续排放到环境中,会引起水体富营养化,严重影响环境水体水质,对环境造成一定的二次污染。并且,随着人口增长和经济的快速发展,对水资源的需求量也大幅度增长,作为重要的供水水源,湖泊和水库约占供水量的25%,如果此类水体硝酸盐含量超标,长期饮用会导致高铁血红蛋白症,还具有致癌风险,会严重危害人体健康。因此,养殖水体中硝酸盐的去除是个亟待解决的问题。

[0003] 目前,去除养殖水中硝酸盐氮主要有物理法、化学法以及生物法。物理化学方法主要包括反渗透法、离子交换法和吸附法,物理去除技术虽然效率高,操作简单,但只是将水中的硝酸根离子( $\text{NO}_3^-$ )转移到介质中或浓缩在废液中,并没有彻底去除,同时,生成的再生废液和浓缩液的浓度较高,会产生二次污染等问题,需要进一步处理,增加了处理费用,从可持续发展角度来看,物理去除技术并不是长远的发展方向。化学去除技术主要包括活泼金属还原法、催化还原法以及电化学法等,活泼金属还原法和催化还原法可以概括为通过向污染水体中加入还原剂,把硝酸根离子( $\text{NO}_3^-$ )还原为亚硝酸根离子( $\text{NO}_2^-$ ),最终还原为氮气( $\text{N}_2$ )或铵根离子( $\text{NH}_4^+$ ),产物中的铵根离子( $\text{NH}_4^+$ )在一定条件下可以转化成亚硝酸根离子( $\text{NO}_2^-$ )对人体健康以及水生生物的毒害作用不容忽视;电化学法存在能耗大、副产物多、电极易钝化等问题,并不适合大规模的广泛应用,因此,化学脱氮技术在水体脱氮处理中的应用前景有限;生物法是一种将污染物通过微生物的降解作用转化为无害或危害较小的物质的治理环境污染的技术,目前生物反硝化技术已经广泛应用于各种水体的处理中。生物反硝化技术可以将水体中氮元素在厌氧或缺氧条件下转化为无害的 $\text{N}_2$ ,实现水体脱氮的彻底无害化处理,具有高效低耗的特点,备受广大学者青睐。根据反硝化菌利用碳源的形式不同,生物反硝化可以分为两大类,分别为自养反硝化和异养反硝化。

[0004] 生物异养反硝化过程中有机碳源是影响异养反硝化效率的主要因素,因此,需要外加大量有机碳源作为电子供体,最常见的外加碳源是甲醇;并且,异养反硝化过程污泥产量高,这势必会加大污水处理成本,容易造成二次污染或影响反硝化效率。比如,张浩浩等人(碳源类型对不同滤料反硝化滤池运行的影响[J],环境科学与技术,2017,40:224-229)研究了分别以甲醇和乙酸钠为碳源时的生物反硝化效果,尽管,污染物去除效果优良,但是甲醇具有毒性,在一定程度上会对反硝化微生物的生长产生一定影响,并且,其添加量难以控制,往往会因反应不完全引起二次污染。

[0005] 自养反硝化是以氢气或还原性硫化物( $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{S}$ 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 等)等还原性无机物质作为自养反硝化菌的电子供体,硝酸根离子( $\text{NO}_3^-$ )作为电子受体, $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 等作为无机碳源,

硝酸根离子( $\text{NO}_3^-$ )还原为 $\text{N}_2$ 。自养反硝化过程的微生物产量低、污泥量少,且不需要额外添加有机碳源,同时不会产生有机碳源二次污染问题,因此对污水脱氮具有良好的应用前景。硫自养反应装置主要是在还原性硫化物表面形成生物膜,以固定床过滤的模式运行,容易产生进水不均匀,水质不稳定,硫化物的利用率以及传质速率低下,导致单位体积反应器处理能力较低,脱氮处理不彻底等问题。因此,研究开发经济、高效的硫自养反硝化为核心的反硝化脱氮设备,对解决养殖水体硝酸盐处理技术难题具有重要的意义和价值。

## 发明内容

### [0006] 1. 要解决的问题

[0007] 针对现有异养反硝化技术需要外加碳源,反硝化过程中污泥产量高;自养反硝化过程中易产生进水水质不稳定,速度不均匀,还原性硫化物的利用率以及传质速率低下,导致单位体积反应器处理能力较低,脱氮处理不彻底等问题。本实用新型提供一种废水自养反硝化脱氮装置,基于内循环流化硫砂床,兼具内外双循环系统,能够实现水体的高效脱氮,达到净化水体的作用。

### [0008] 2. 技术方案

[0009] 为了解决上述问题,本实用新型所采用的技术方案如下:

[0010] 一种废水自养反硝化脱氮装置,包括污水池、前置沉降过滤系统、内循环流化硫砂床以及径向流动沉降器,所述内循环流化硫砂床底部进水端通过管道与前置沉降过滤系统连接,所述内循环流化硫砂床顶部出水端通过管道与径向流动沉降器连接,所述径向流动沉降器通过管道与前置沉降过滤系统连接;

[0011] 所述前置沉降过滤系统包括微滤机、蠕动泵、沉降浓缩池和上清液池,所述微滤机进水端通过管道分别与污水池以及径向流动沉降器连接,微滤机出水端通过管道与沉降浓缩池连接,所述沉降浓缩池上端出水口与上清液池连接,所述上清液池与内循环流化硫砂床底部进水端连接,所述微滤机与沉降浓缩池的连接管道上设有蠕动泵,所述微滤机上设有总出水口;

[0012] 所述内循环流化硫砂床包括筒体、虹吸管以及溢流堰,所述筒体设有上下两个观察窗,内填充有硫磺颗粒,筒体底部设有反射底板以及环形进水腔,环形进水腔位于反射底板上方与上清液池连接,溢流堰位于筒体顶部,溢流堰的出水口通过出水管道与径向流动沉降器连接,所述虹吸管与溢流堰以及筒体连接。

[0013] 优选地,所述微滤机的转鼓上设有孔径范围为0.5~1.2mm的微孔筛网。

[0014] 优选地,所述沉降浓缩池的底部呈圆锥状。

[0015] 优选地,所述环形进水腔的进水狭缝的宽度范围为5~10mm。

[0016] 优选地,所述筒体内部填充的硫磺颗粒粒径范围为0.30~1.31mm,填料呈流态时膨胀度为35%~40%。

[0017] 优选地,所述溢流堰的出水口与径向流动沉降器的连接管道上安装有剪切泵。

[0018] 一种废水自养反硝化脱氮方法,其特征在于:包括以下步骤:

[0019] A. 搭建上述的一种废水自养反硝化脱氮装置,将水产养殖产生的废污泥送入微滤机进行分离,并通过蠕动泵抽取至沉降浓缩池,使得固体离子增稠沉降在沉降浓缩池三角锥的底部;

[0020] B.在蠕动泵的驱动作用下,沉降浓缩池中的上清液通过管道输送进上清液池中,上清液池中的上清液经由内循环流化硫砂床底部的环形进水腔以及反射底板,产生向上水流,进入内循环流化硫砂床筒体,带动硫磺颗粒旋转上浮,使硫砂床膨胀,通过剪切泵使得内循环流化硫砂床的床高在3.9m左右,随后,在剪切泵的作用下,水体螺旋上升并均匀溢出至溢流堰,同时,虹吸管发挥虹吸作用,使水体回到筒体,开始内回流循环净化,净化完成后,进入溢流堰的水体通过管道排出,流经剪切泵进入径向流动沉淀器;

[0021] C.经过沉淀后,径向流动沉淀器内的水体通过管道返回到微滤机,并循环回流至内循环流化硫砂床,进行外回流循环净化,进行2~3次外回流循环后,净化完成,水体通过微滤机上的总出水口排出系统;

[0022] D.实验运行5~6月,每次排出前测定上清液池及内循环流化硫砂床出水口处的水质指标。

[0023] 优选地,所述步骤B中运行条件为:进入内循环流化硫砂床的水力负荷为860~888L/(m<sup>2</sup>min),平均流量为63~65L/min,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N浓度为2~7mg/L,水力停留时间为3~5min。

[0024] 3.有益效果

[0025] 相比于现有技术,本实用新型的有益效果为:

[0026] (1)本实用新型所提供废水自养反硝化脱氮装置,将前置处理、深度处理以及后置处理结合,在微滤机和沉降浓缩池的双重前置处理作用下,对水产养殖废水中的固体废弃物进行分离,加大污水中固体小颗粒及悬浮物的去除,大大降低了废水自养反硝化脱氮过程中装置发生堵塞的风险;硫砂床内填充有流化态小颗粒硫磺,一方面具有比表面积大,利于微生物挂膜以及生长,可以充分发挥自养反硝化作用,另一方面可以防止装置堵塞和利用硝酸盐转移到硫表面,提高传质效率,增加硝酸盐去除率;利用径向流动沉淀器捕获深度处理后水体中的可能存在的硫磺颗粒,达到全面净化水体的作用;

[0027] (2)本实用新型所提供废水自养反硝化脱氮装置,将内外循环结合,并实现了双向进水,将径向流动沉淀器处理过后的水进行外部循环回流,利用虹吸管形成内部循环回流,一方面,可以增加与硫磺颗粒接触时间,进行二次脱氮处理,从而提高生物滤池的滤率;另一方面可增大进水量,冲刷生物膜,改善进水的腐化状况,降低毒物浓度,使生物膜经常保持活性;

[0028] (3)本实用新型所提供废水自养反硝化脱氮装置,在进水端设有反射底板以及环形进水腔,环形进水腔的进水狭缝的宽度范围为5~10mm,废水进入环形进水腔后会产生强烈的旋转水流,并在反射底板的协同作用下产生强烈旋转的向上水流,从而带动硫磺颗粒旋转上浮,使砂床膨胀,形成流化床体,最大限度的增加污水与硫磺颗粒之间的接触面积,促进了反硝化过程的进行,使得含氮废水得到更加充分的处理;

[0029] (4)本实用新型装置所选材料成本低廉、效果显著,尤其适合含氮养殖废水水处理,具有较大的市场前景和推广应用价值。

## 附图说明

[0030] 图1为本实用新型的结构示意图;

[0031] 图中:1、污水池;2、微滤机;3、总出水口;4、蠕动泵;5、沉降浓缩池;6、上清液池;7、反射底板;8、环形进水腔;9、观察窗;10、筒体;11、虹吸管;12、出水口;13、溢流堰;14、剪切

泵;15、径向流动沉降器。

### 具体实施方式

[0032] 下面结合具体实施例对本实用新型进一步进行描述。

[0033] 实施例1

[0034] 如图1所示,该装置主要包括前置沉降过滤系统、内循环流化硫砂床以及径向流动沉降器14,前置沉降过滤系统包括设有孔径范围为0.5~0.8mm(本实施例中的孔径为0.5mm)微孔筛网的微滤机2、蠕动泵4、底部呈圆锥状的沉降浓缩池5和上清液池6,微滤机2进水端通过管道分别与污水池1以及径向流动沉降器15连接,微滤机2出水端通过管道与沉降浓缩池5连接,沉降浓缩池5上端出水口与上清液池6连接,上清液池6与内循环流化硫砂床底部进水端连接,所述微滤机2与沉降浓缩池5的连接管道上设有蠕动泵4,微滤机2上还设有总出水口3;

[0035] 内循环流化硫砂床包括筒体10、虹吸管11以及溢流堰13,所述筒体10上设有上下两个观察窗,内填充有粒径范围为0.30~0.68mm的硫磺颗粒,筒体10底部设有反射底板7以及进水狭缝的宽度范围为5~7mm的环形进水腔8,本实施例中优选设置5mm的宽度,环形进水腔8位于反射底板7上方与上清液池6连接,筒体10顶部设有溢流堰13,溢流堰13的出水口通过出水管与径向流动沉降器15连接,虹吸管11与溢流堰13以及筒体10连接。

[0036] 内循环流化硫砂床的制造材料选用有机玻璃,硫砂床整体高度范围为3.5~3.8m,本实施例中的高度为3.5m,直径范围为0.28~0.30m,本实施例中的直径为0.28m;所述的筒体的长度范围为2.5~2.6m,本实施例中筒体10的长度范围为2.5m,筒体内径的范围为0.25~0.27m,本实施例中的筒体内径为0.25m,所述的两个观察窗设置在筒体表面,相距1.5~1.7m范围之内均可,本实施例中两个观察窗9之间相距1.5m,尺寸范围选用8cm×40cm,材料选用丙烯酸。

[0037] 其基本工作原理为:污水池1中废污泥经微滤机2浓缩,并被蠕动泵4送到沉降浓缩池5,使得固体离子增稠沉降在沉降浓缩池5三角锥的底部,经沉降浓缩池5溢出的上清液汇入上清液池6,上清液池6中的污水进入筒体10,经由反射底板7以及环形进水腔8的作用形成强烈旋转的向上水流,从而带动硫磺颗粒旋转上浮,使砂床膨胀,形成流化床体进行硫自养反硝化脱氮处理,此时填料呈流态,膨胀度为35%,剪切泵14用以控制内循环流化硫砂床的床高,确保上清液在筒体10内的水力停留时间,并给水体螺旋上升的驱动力,均匀溢出至溢流堰13;同时,虹吸管11发挥虹吸作用,使水体回到筒体10,开始内回流循环净化,净化完成后,进入溢流堰13的水体通过管道排出,流经剪切泵14进入径向流动沉淀器15;经过沉淀后,径向流动沉淀器15内的水体通过管道返回到微滤机2,并循环回流至内循环流化硫砂床,进行外回流循环净化,净化完成,水体通过微滤机2上的总出水口3排出系统。

[0038] 利用本实施例的装置对废水进行自养反硝化脱氮的具体步骤如下:

[0039] A.搭建上述的废水自养反硝化脱氮装置,将水产养殖产生的废污泥送入微滤机2进行分离,并通过蠕动泵4抽取至沉降浓缩池,使得固体离子增稠沉降在沉降浓缩池5三角锥的底部;

[0040] B.在蠕动泵4的驱动作用下,沉降浓缩池5中的上清液通过管道输送进上清液池6中,上清液池6中的上清液经由内循环流化硫砂床底部的环形进水腔8以及反射底板7,产生

向上水流,进入内循环流化硫砂床筒体10,带动硫磺颗粒旋转上浮,使硫砂床膨胀,通过剪切泵14使得内循环流化硫砂床的床高在3.9m左右,并确保上清液在筒体10内水力停留3~5min,随后,在剪切泵14的作用下,水体螺旋上升并均匀溢出至溢流堰13,同时,虹吸管11发挥虹吸作用,使水体回到筒体10,开始内回流循环净化,净化完成后,进入溢流堰13的水体通过管道排出,流经剪切泵14进入径向流动沉淀器15;

[0041] C.经过沉淀后,径向流动沉淀器15的溢流通过管道返回到微滤机2,并循环回流至内循环流化硫砂床,进行外回流循环净化,进行2次外回流循环后,净化完成,水体通过微滤机2上的总出水口3排出系统;

[0042] D.实验运行5月,每次排出前测定上清液池6及内循环流化硫砂床出水口12处的水质指标。

[0043] 对某养殖废水利用上述装置及方法进行脱氮处理,连续运行5个月,步骤B的运行条件为进入内循环流化硫砂床的水力负荷为860~888L/(m<sup>2</sup>min),平均流量为63~65L/min,进水中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N浓度为2~7mg/L。每周三次对实施例1中上清液池及内循环流化硫砂床出水口处水质进行监测,结果如表1所示,经本实施例处理后的出水水体中,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N及其他污染物的浓度均有了明显的降低。

[0044] 表1实施例1中水产养殖废水主要水质指标测试情况

|        | 测试指标   | pH        | DO<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | 碱度<br>(mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TN<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TP<br>(mg L <sup>-1</sup> ) |
|--------|--------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| [0045] | 上清液池水质 | 7.35±0.05 | 4.15±0.43                   | 268±18                                        | 3.21 ± 0.48                                              | 15.43±1.66                  | 5.1±0.6                     |
|        | 出水口水质  | 7.33±0.03 | 0.12±0.01                   | 252±6.7                                       | 1.64±0.21                                                | 13.40±1.21                  | 4.8±0.4                     |

[0046] 实施例2

[0047] 本实施例在实施例1的基础上对装置进行了进一步优化,所述微滤机2的转鼓上设有孔径范围为0.9~1.0mm(本实施例中的孔径为1.0mm)的微孔筛网,用于分离水产养殖废水中的固体废弃物。

[0048] 内循环流化硫砂床筒体内部填充粒径范围为0.45~0.82mm硫磺颗粒,固定床的高度为1.0m,环形进水腔8的进水狭缝的宽度可设置的范围为6~9mm,本实施例中优选设置8mm的宽度,废水进入环形进水腔8后产生强烈的旋转水流,进而通过进水狭缝进入筒体10,在反射底板7作用下产生强烈旋转的向上水流,水流带动硫磺颗粒旋转上浮,使砂床膨胀,膨胀度为38%,最后从上方出水口流出。

[0049] 硫砂床的制造材料选用有机玻璃,硫砂床整体高度范围为3.6~3.9m,本实施例中的高度为3.9m,直径范围为0.29~0.32m,本实施例中的直径为0.30m;所述的筒体10的长度范围为2.6~2.7m,本实施例中筒体10的长度范围为2.6m,筒体内径的范围为0.26~0.29m,本实施例中的筒体内径为0.26m,所述的两个观察窗9设置在筒体表面,相距1.6~1.9m范围之内均可,本实施例中两个观察窗9之间相距1.8m,尺寸范围选用9cm×48cm。

[0050] 利用本实施例的装置对废水进行自养反硝化脱氮的具体步骤如下:

[0051] A.搭建上述的废水自养反硝化脱氮装置,将水产养殖产生的废污泥送入微滤机2进行分离,并通过蠕动泵4抽取至沉降浓缩池,使得固体离子增稠沉降在沉降浓缩池5三角

锥的底部；

[0052] B.在蠕动泵4的驱动作用下,沉降浓缩池5中的上清液通过管道输送进上清液池6中,上清液池6中的上清液经由内循环流化硫砂床底部的环形进水腔8以及反射底板7,产生向上水流,进入内循环流化硫砂床筒体10,带动硫磺颗粒旋转上浮,使硫砂床膨胀,通过剪切泵14使得内循环流化硫砂床的床高在3.9m左右,并确保上清液在筒体10内水力停留3.3~4.2min,随后,在剪切泵14的作用下,水体螺旋上升并均匀溢出至溢流堰13,同时,虹吸管11发挥虹吸作用,使水体回到筒体10,开始内回流循环净化,净化完成后,进入溢流堰13的水体通过管道排出,流经剪切泵14进入径向流动沉淀器15;

[0053] C.经过沉淀后,径向流动沉淀器15的溢流通过管道返回到微滤机2,并循环回流至内循环流化硫砂床,进行外回流循环净化,进行3次外回流循环后,净化完成,水体通过微滤机2上的总出水口3排出系统;

[0054] D.实验运行6月,每次排出前测定上清液池6及内循环流化硫砂床出水口12处的水质指标。

[0055] 对某水产养殖废水利用上述装置及方法进行脱氮处理,连续运行6个月,所述B的运行条件中,进入内循环流化硫砂床的水力负荷为865~873L/(m<sup>2</sup>min),平均流量为64~65L/min,进水中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N浓度为3~6mg/L。每周两次对实施例2中上清液池及内循环流化硫砂床出水口处水质进行监测,结果如表2所示,经本实施例处理后的出水水体中,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N及其他污染物的浓度均有了明显的降低。

[0056] 表2实施例2中水产养殖废水主要水质指标测试情况

|        | 测试指标   | pH        | DO<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | 碱度<br>(mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TN<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TP<br>(mg L <sup>-1</sup> ) |
|--------|--------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| [0057] | 上清液池水质 | 7.35±0.05 | 4.15±0.43                   | 268±18                                        | 3.21 ± 0.48                                              | 15.43±1.66                  | 5.1±0.6                     |
|        | 出水口水质  | 7.34±0.02 | 0.32±0.02                   | 255±6.1                                       | 1.66±0.16                                                | 13.38±1.19                  | 4.7±0.2                     |

[0058] 实施例3

[0059] 本实施例在实施例1的基础上进行了进一步的优化,所述微滤机的转鼓上设有孔径范围为1.1~1.2mm(本实施例中的孔径为1.2mm)的微孔筛网,用于分离水产养殖废水中的固体废弃物。

[0060] 所述的内循环流化硫砂床环形进水腔的进水狭缝的宽度范围为8~10mm,本实施例中优选设置10mm的宽度,废水进入环形进水腔后产生强烈的旋转水流,进而通过进水狭缝进入筒体,在反射底板作用下产生强烈旋转的向上水流,水流带动砂砾旋转上浮,使砂床膨胀,最后从上方出水口流出。

[0061] 所述内循环流化硫砂床的制造材料选用有机玻璃,硫砂床整体高度范围为3.8~4.0m,本实施例中的高度为4.0m,直径范围为0.30~0.35m,本实施例中的直径为0.35m;所述的筒体10的长度范围为2.7~2.8m,本实施例中筒体10的长度范围为2.8m,筒体内径的范围为0.28~0.30m,本实施例中的筒体内径为0.30m,所述的两个观察窗设置在筒体表面,相距2.0~2.2m范围之内均可,本实施例中两个观察窗9之间相距2.2m,尺寸范围选用10cm×51cm。

[0062] 所述内循环流化硫砂床的筒体内部填充粒径范围为0.62~1.31mm硫磺颗粒,填料

呈流态时膨胀度为40%。

[0063] 利用本实施例的装置对废水进行自养反硝化脱氮的具体步骤如下：

[0064] A. 搭建上述的废水自养反硝化脱氮装置，将水产养殖产生的废污泥送入微滤机2进行分离，并通过蠕动泵4抽取至沉降浓缩池，使得固体离子增稠沉降在沉降浓缩池5三角锥的底部；

[0065] B. 在蠕动泵4的驱动作用下，沉降浓缩池5中的上清液通过管道输送进上清液池6中，上清液池6中的上清液经由内循环流化硫砂床底部的环形进水腔8以及反射底板7，产生向上水流，进入内循环流化硫砂床筒体10，带动硫磺颗粒旋转上浮，使硫砂床膨胀，通过剪切泵14使得内循环流化硫砂床的床高在3.9m左右，并确保上清液在筒体10内水力停留4.5~5min，随后，在剪切泵14的作用下，水体螺旋上升并均匀溢出至溢流堰13，同时，虹吸管11发挥虹吸作用，使水体回到筒体10，开始内回流循环净化，净化完成后，进入溢流堰13的水体通过管道排出，流经剪切泵14进入径向流动沉淀器15；

[0066] C. 经过沉淀后，径向流动沉淀器15的溢流通过管道返回到微滤机2，并循环回流至内循环流化硫砂床，进行外回流循环净化，进行2次外回流循环后，净化完成，水体通过微滤机2上的总出水口3排出系统；

[0067] D. 实验运行6月，每次排出前测定上清液池6及内循环流化硫砂床出水口12处的水质指标。

[0068] 对某养殖废水利用上述装置及方法进行脱氮处理，连续运行6个月，所述步骤B的运行条件中，进入内循环流化硫砂床的水力负荷为868~888L/(m<sup>2</sup>min)，平均流量为64~65L/min，进水中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N浓度为5~7mg/L。每周对实施例3中上清液池及内循环流化硫砂床出水口处水质进行监测，结果如表3所示，经本实施例处理后的出水水体中，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N及其他污染物的浓度均有了明显的降低。

[0069] 表3实施例3中水产养殖废水主要水质指标测试情况

| 测试指标          | pH        | DO<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | 碱度<br>(mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TN<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TP<br>(mg L <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| [0070] 上清液池水质 | 7.35±0.05 | 4.15±0.43                   | 268±18                                        | 3.21 ± 0.48                                              | 15.43±1.6<br>6              | 5.1±0.6                     |
| 出水口水质         | 7.31±0.03 | 0.36±0.04                   | 257±6.2                                       | 1.65±0.16                                                | 13.34±1.1<br>9              | 4.6±0.2                     |

[0071] 对比例1

[0072] 与实施例3相比较，本对比例1的不同之处仅在于，所述内循环流化硫砂床只包括筒体10及溢流堰13，无虹吸管11结构；筒体10内部填充的硫磺颗粒粒径为0.88mm。其他与实施例3相同。

[0073] 对某养殖废水利用上述装置进行脱氮处理，连续运行5个月。每周三次对对比例1中上清液池6及流化硫砂床出水口处水质进行监测，结果如表4所示。

[0074] 表4对比例1中水产养殖废水主要水质指标测试情况

| 测试指标          | pH        | DO<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | 碱度<br>(mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TN<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TP<br>(mg L <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| [0075] 上清液池水质 | 7.45±0.03 | 4.35±0.43                   | 298±18                                        | 5.21 ± 0.28                                             | 19.43±0.8                   | 5.8±0.3                     |
| 出水口水质         | 7.34±0.03 | 0.56±0.04                   | 247±6.2                                       | 2.65±0.13                                               | 12.34±1.52                  | 4.9±0.6                     |

[0076] 对比例2

[0077] 与实施例3相比较,本对比例2的不同之处仅在于,本对比例装置无微滤机2以及径向流动沉淀器15。所述内循环流化硫砂床只包括筒体10及溢流堰13,无虹吸管11结构;筒体10内部填充的硫磺颗粒粒径为0.88mm。其他与实施例3相同

[0078] 本对比例2装置的工作原理为:污水池1中废污泥经沉降浓缩池5后,使得固体离子增稠沉降在沉降浓缩池5三角锥的底部,经沉降浓缩池5溢出的上清液汇入上清液池,上清液池6中的污水进入筒体10,经由反射底板7以及环形进水腔8的作用形成强烈旋转的向上水流,从而带动硫磺颗粒旋转上浮,使砂床膨胀,形成流化床体进行硫自养反硝化脱氮处理,此时填料呈流态,膨胀度为35%,剪切泵14用以控制流化硫砂床的床高,确保上清液在筒体内的水力停留时间,并给水体螺旋上升的驱动力,均匀溢出至溢流堰13通过管道排出。

[0079] 对某养殖废水利用上述装置进行脱氮处理,连续运行5个月。每周三次对对比例2中上清液池6及流化硫砂床出水口处水质进行监测,结果如表5所示。

[0080] 表5对比例2中水产养殖废水主要水质指标测试情况

| 测试指标          | pH        | DO<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | 碱度<br>(mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TN<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TP<br>(mg L <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| [0081] 上清液池水质 | 7.42±0.02 | 4.38±0.43                   | 338±13                                        | 6.21 ± 0.28                                             | 20.18±0.66                  | 5.9±0.53                    |
| 出水口水质         | 7.14±0.03 | 0.66±0.04                   | 277±6.8                                       | 3.65±0.16                                               | 13.34±1.52                  | 4.5±0.6                     |

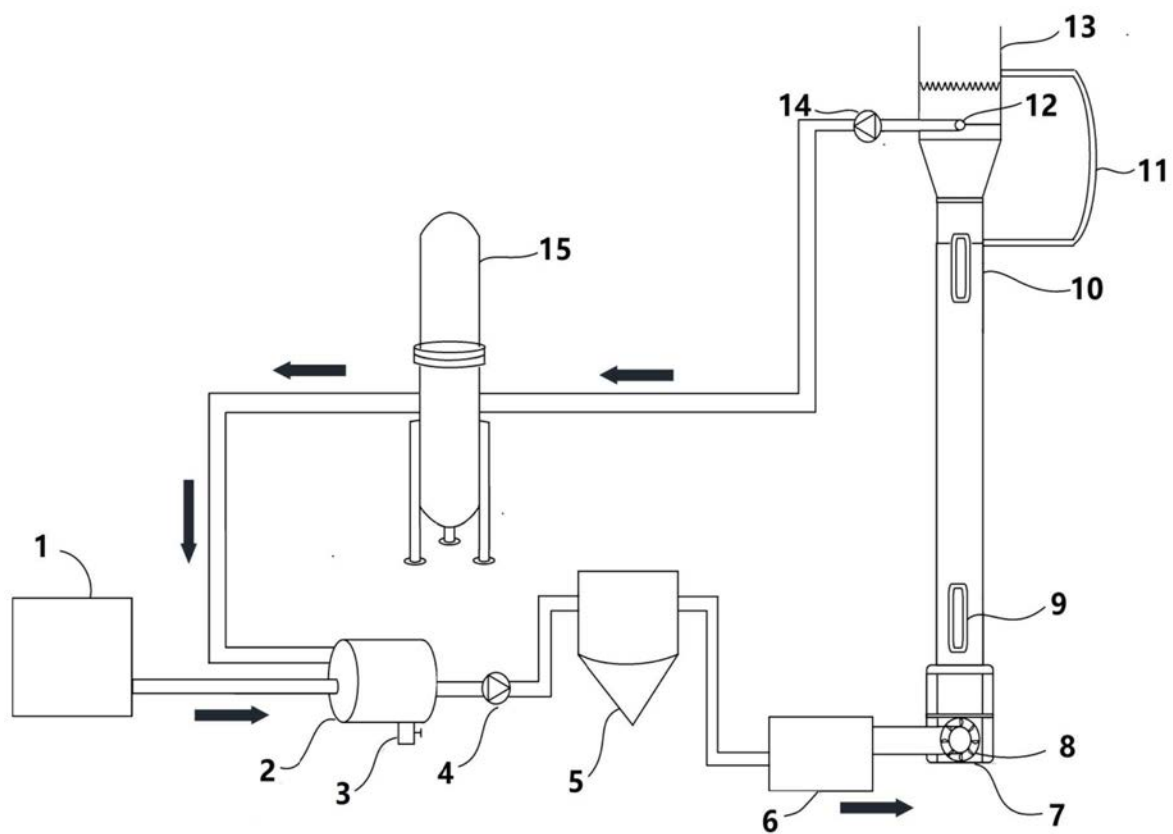


图1