



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113480098 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 08

(21) 申请号 202110821882.8

(22) 申请日 2021.07.21

(71) 申请人 扬州大学

地址 225009 江苏省扬州市大学南路88号

(72) 发明人 刘畅 程浩淼 熊慧欣 纪荣平
蔡森

(74) 专利代理机构 扬州苏中专利事务所(普通合伙) 32222

代理人 许必元

(51) Int. Cl.

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 103/20 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

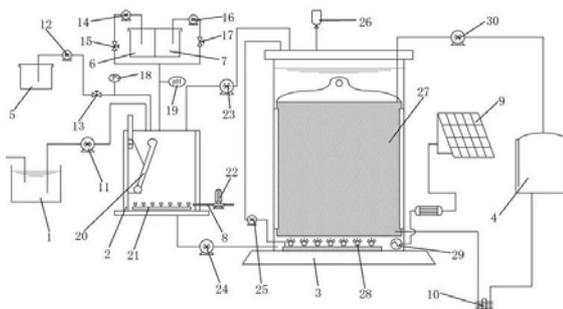
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统

(57) 摘要

本发明公开了一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,包括进水池(1)、MAP处理池(2)和冷侧水箱(4),还包括厌氧膜蒸馏生物反应池(3),所述膜蒸馏生物反应池(3)为厌氧环境,其用于处理海水养殖废水中的高浓度有机污染物;所述进水池(1)、MAP处理池(2)、厌氧膜蒸馏生物反应池(3)和冷侧水箱(4)依次通过管道方式相互连接。本发明将磷酸镁铵沉淀法(MAP)的脱氮除磷能力与厌氧膜蒸馏生物反应池(MDBR)的高效污水处理及截留能力相结合构建分置式的MAP-MDBR污水处理系统用于海水养殖废水的高效净化与回用处理,MAP高效去除氨氮,减轻对后续MDBR的生物毒害作用。



1. 一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,包括进水池(1)、MAP处理池(2)和冷侧水箱(4),其特征在于:还包括厌氧膜蒸馏生物反应池(3),所述膜蒸馏生物反应池(3)为厌氧环境,其用于处理海水养殖废水中的高浓度有机污染物;所述进水池(1)、MAP处理池(2)、厌氧膜蒸馏生物反应池(3)和冷侧水箱(4)依次通过管道方式相互连接;

所述进水池(1)与MAP处理池(2)连通设置,且进水池(1)与MAP处理池(2)之间设置有第一污水泵(11),所述进水池(1)中的海水养殖废水经第一污水泵(11)输送至MAP处理池(2)内进行脱氮除磷预处理;

所述MAP处理池(2)与厌氧膜蒸馏生物反应池(3)连通设置,且MAP处理池(2)与厌氧膜蒸馏生物反应池(3)之间分别连接有第二污水泵(23)、第一循环泵(24),从而构成第一循环系统,经过MAP处理池(2)预处理后的海水养殖废水经第二污水泵(23)提升至厌氧膜蒸馏生物反应池(3)内进行处理,所述厌氧膜蒸馏生物反应池(3)内设置有用于分离拦截海水养殖废水中的非挥发物质的膜蒸馏疏水膜组件(27);

所述厌氧膜蒸馏生物反应池(3)与冷侧水箱(4)连通设置,且厌氧膜蒸馏生物反应池(3)与冷侧水箱(4)之间分别连接有渗透液冷凝装置(10)、第二循环泵(30),从而构成第二循环系统,所述膜蒸馏疏水膜组件(27)内的渗透出水经渗透液冷凝装置(10)降温冷凝处理后输送至冷侧水箱(4)贮存,以备回用。

2. 根据权利要求1所述的一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,其特征在于:所述MAP处理池(2)内设置有滗水器(20),所述滗水器(20)下方设置有微孔曝气器(21),所述MAP处理池(2)的底部设置有排泥管(8),所述排泥管(8)一端设置有与其连接的排泥泵(22)。

3. 根据权利要求1所述的一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,其特征在于:所述MAP处理池(2)还连接有一磷酸盐加药系统,所述磷酸盐加药系统包括磷酸盐加药池(5),所述磷酸盐加药池(5)与MAP处理池(2)之间还设置有磷酸盐投加泵(12)、1号闸阀(13)以及磷酸盐监控模块(18),所述磷酸盐监控模块(18)用于控制磷酸盐投加泵(12)的加投量和1号闸阀(13)的开关,当MAP处理池(2)内的磷酸盐浓度低于设定的浓度下限值时,所述磷酸盐监控模块(18)将开启磷酸盐投加泵(12)和1号闸阀(13),将磷酸盐加药池(5)内预先配备好的磷酸盐储备液投加至MAP处理池(2)内。

4. 根据权利要求1所述的一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,其特征在于:所述MAP处理池(2)还连接有一酸碱投加系统,所述酸碱投加系统包括碱液池(6)和酸液池(7),所述MAP处理池(2)上设置有一pH在线监测模块(19),所述pH在线监测模块(19)分别与2号闸阀(15)、3号闸阀(17)并联,所述2号闸阀(15)一端连接有碱液投加泵(14),所述3号闸阀(17)一端连接有酸液投加泵(16),所述碱液投加泵(14)与碱液池(6)相互连通,所述酸液投加泵(16)与酸液池(7)相互连通;当MAP处理池(2)内海水养殖废水的pH值低于设定的pH范围的下限值时,所述pH在线监测模块(19)将开启碱液投加泵(14)和2号闸阀(15),将碱液池(6)内预先配备好的碱液储备液投加至MAP处理池(2)内;当MAP处理池(2)内海水养殖废水的pH值高于设定的pH范围的上限值时,所述pH在线监测模块(19)将开启酸液投加泵(16)和3号闸阀(17),将酸液池(7)预先配备好的酸液储备液投加至MAP处理池(2)内。

5. 根据权利要求1所述的一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,其特征在于:所述厌氧膜蒸馏生物反应池(3)包括气体收集装置(26)、曝气装置(28)和温度传感器(29),所述气体收集装置(26)设置于厌氧膜蒸馏生物反应池(3)上端,所述气体收集装置(26)用于回收利用厌氧膜蒸馏生物反应池(3)产生的气体,所述膜蒸馏疏水膜组件(27)设置于厌氧膜蒸馏生物反应池(3)内部,所述膜蒸馏疏水膜组件(27)用于分离特性拦截废水中的重金属、盐类物质以及悬浮颗粒物,所述曝气装置(28)以及温度传感器(29)均设置于厌氧膜蒸馏生物反应池(3)底部,还包括一气泵(25),所述气泵(25)一端与曝气装置(28)相连,所述气泵(25)另一端与厌氧膜蒸馏生物反应池(3)上端连接,通过气泵(25)使得厌氧膜蒸馏生物反应池(3)内形成微气泡,通过微气泡对膜蒸馏疏水膜组件(27)进行气泡冲刷清洗。

6. 根据权利要求5所述的一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,其特征在于:所述膜蒸馏疏水膜组件(27)采用膜孔径为0.1-0.4 μm 的疏水聚四氟乙烯疏水膜制成的板框式膜组件。

7. 根据权利要求5所述的一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,其特征在于:所述温度传感器(29)与外部一太阳能加热装置(9)适配连接,所述太阳能加热装置(9)对厌氧膜蒸馏生物反应池(3)内的海水养殖废水进行加热处理,并通过温度传感器(29)将海水养殖废水的水温控制在50-60 $^{\circ}\text{C}$ 。

8. 根据权利要求1所述的一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,其特征在于:所述渗透液冷却装置(10)的温度控制在15-20 $^{\circ}\text{C}$ 。

一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统

技术领域

[0001] 本发明属于污废水深度处理与回收利用领域,具体涉及一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统。

背景技术

[0002] 海水养殖废水含有大量有机物、铵态氮、亚硝态氮、硝酸盐和磷酸盐等营养物质,以墨西哥的半精养池塘为例,约35.5%的N和6.1%的P以虾体形式收获,36.7%的N和30.3%的P排入海中,同时排海的污染物还有大量的硫化物、亚硝酸盐、氨和悬浮固体。由于海水养殖废水处理设施的缺乏、不完善,造成大量未经处理或未达标的海水养殖废水直接排入海洋,出现溶解氧降低、氨态氮等有害物质在水体中大量富集、水质恶化的现象,导致水产动物死亡,严重困扰着水产养殖业的健康可持续发展。

[0003] 现阶段,有学者设计了一套海水闭合循环养鱼系统,系统由养殖单元、悬浮物去除单元、UV 消毒单元和生物过滤器单元组成,通过生物过滤器硝化细菌的硝化作用将氨氮氧化成毒性相对较小的硝氮,从而达到对海水的循环利用。但该系统长时间运行会使硝氮积累,对鱼类等养殖对象造成毒害。由于海水养殖废水污染物组成的复杂性和盐度效应,一些常规污水处理技术难以有效处理养殖废水,而且国外的先进技术,设备造价昂贵,运行费用很高,因此设计一种符合我国实际情况且有特色的海水养殖废水净化技术对海水养殖产业的可持续发展以及海洋环境保护具有重要意义。

[0004] 氮磷是导致水体富营养化的关键因素,磷是一种不可再生的宝贵资源。随着污染物排放标准的日趋严格以及磷资源的日益匮乏,废水脱氮除磷技术以及磷资源化回收技术的研究与开发无疑具有重要意义。

[0005] 膜生物反应池是近年来最具发展空间以及应用前景的工艺之一,它是一种将膜分离技术与生物处理技术相结合的高效的污水处理新工艺。目前,厌氧膜生物反应池通常采用微滤膜,但是该系统操作控制因素相对较为复杂,且单一的厌氧生物处理系统处理后的出水难以达到国家一级排放标准或是回用水标准,且无法有效去除水中的氮和磷等物质,因此多与纳滤、反渗透相结合。然而,纳滤、反渗透膜分离过程会产生膜污染严重、浓水难处理等问题,限制了其发展。

[0006] 膜蒸馏作为一种新型的膜分离技术,是基于气液平衡及传热传质原理的热驱动过程,以微孔疏水膜为介质,在膜两侧蒸气压差的推动下,进水中的挥发性组分以蒸汽形式透过膜孔,在膜的低温侧冷凝为液态,而非挥发性组分则留在热侧进料液中,从而达到分离并去除污染物的目的。相比于传统的膜分离技术,膜蒸馏技术的出水水质更高,且脱盐效率高,可实现浓盐水的近零排放。因此,与反渗透等方法相比,选择采用膜蒸馏与厌氧膜生物反应池相结合的方法不但受高浓度盐水的影响小,而且水的总回收率显著提高。

[0007] 然而,在膜蒸馏运行过程中,热侧的高温以及逐渐上升的pH($\text{pH} > 7$),均会导致原料液中的氨氮大量转变为气态氨(NH_3)($\text{pH} > 7$ 时, $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;当 $\text{pH} > 11$ 时,几乎以

气态氨存在), NH_3 极易通过疏水膜孔, 到达冷侧渗透液, 从而降低了膜蒸馏膜分离过程对氨氮的去除率。前人研究发现, 膜蒸馏过程对COD、蛋白质、多糖等污染物的截留率均可达到90%以上, 对磷酸盐的截留率甚至高达100%, 但氨氮的去除率却只有70%左右。因此, 在处理高浓度氨氮废水时, 需先用物化方法预处理氨氮, 降低废水中的氨氮浓度到一定范围后再利用膜蒸馏技术进行污染物的截留处理是一种比较经济有效的水处理方法, 处理后的出水水质好, 纯度高。

[0008] MAP沉淀法的原理是以一定比例往高浓度氨氮废水中投加沉淀剂(磷盐和镁盐, 如 MgCl_2 和 Na_2HPO_4), 则 Mg^{2+} 、 PO_4^{3-} 和 NH_4^+ 在碱性水溶液中反应生成成 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 沉淀(鸟粪石, 简称MAP), 从而实现从废水中去除氨氮的目的。MAP沉淀法具有反应时间短, 操作简单, 反应不产生臭味和毒性气体等特点。并且MAP处理过程产生的鸟粪石含有氮、磷等具有肥效的元素, 经过造粒等过程处理后, 可用作复合肥施用在多种农作物上, 或者经热解再生沉淀剂重复用于氨氮废水的处理。但沉淀剂成本比较高尤其是磷源, 需寻找一种价格低廉、来源广泛的沉淀剂。

[0009] 此外, 废水的pH值和温度值是影响MAP沉淀反应的重要因素, 整个反应的pH适宜范围为9~11。pH<9时, 溶液中的 PO_4^{3-} 浓度很低, 不利于 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 沉淀的生成, 而主要生成 $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$; pH>11时, 此反应将在强碱溶液中生成比 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 更难溶于水的 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀, 同时, 溶液中的 NH_4^+ 将挥发成游离氨, 不利于废水中氨氮的去除。此外, MD反应器中热侧原料液的温度以及pH也会影响氨氮的去除效果, 温度越高、pH值越大(pH>7), 则氨氮大量转变为气态氨(NH_3), NH_3 极易透过MD疏水膜孔, 从而降低了MD膜分离过程对氨氮的去除效果, 因此, 为了进一步提高MAP-MD联合工艺对氨氮的去除效果, 可以在MAP处理池及MD反应器内设置温度传感器、pH在线监测传感器, 通过计算机程序实时控制MAP处理池以及MD反应器内氨氮溶液的温度和pH在一个适宜的范围内。

[0010] 公开号CN112093981A涉及一种同步高效污染物去除及全面资源化回收的污水处理装置, 包括主流污水处理系统: 包括沿污水处理方向通过主流污水管路依次连接的厌氧生物反应器、氨氮离子交换单元、好氧生物反应器和磷离子交换柱; 氮回收侧流系统: 包括通过管路依次连接氨氮离子交换单元侧部的镁回收沉淀池、第一钙回收沉淀池、生物硝化反应器和第一再生液储备箱, 第一再生液储备箱还返回连接氨氮离子交换单元; 磷回收侧流系统: 包括通过管路依次连接氨氮离子交换单元侧部的第二钙回收沉淀池、磷离子交换柱和第二再生液储备箱, 第二再生液储备箱还返回连接氨氮离子交换单元, 不仅可以解决高排放标准下污染物的稳定达标问题, 还能有效节省升级改造用地, 更能实现城镇污水低污染物浓度下的氮磷和其他元素资源的富集回收, 具有一定的经济和社会意义, 但是其适用的对象是城镇污水, 并不适宜海水养殖废水的处理。

[0011] 由此可见, 利用分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应池这种组合工艺处理海水养殖废水, 具有一定的研究价值, 该发明装置高效低耗, 设备简单, 操作方便, 可实现氮磷资源可持续利用。

发明内容

[0012] 本发明针对现有海水养殖废水处理技术存在的问题, 提出一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应器技术组合的海水养殖废水处理系统, 采用将MAP法的脱氮除磷能力与厌氧

膜蒸馏生物反应器的高效污水处理及截留能力相结合的方法,高效净化处理海水养殖废水并回用,同时回收利用海水养殖废水中的氮磷资源并减缓蒸馏膜的膜污染,该装置有着出水水质高、氨氮去除效率高、脱盐效率高、废水近零排放、可利用太阳能等廉价可再生能源、能耗低等优点。

[0013] 为了达到上述发明目的,本发明提供的技术方案如下:一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,包括进水池、MAP处理池和冷侧水箱,还包括厌氧膜蒸馏生物反应池,所述膜蒸馏生物反应池为厌氧环境,其用于处理海水养殖废水中的高浓度有机污染物;所述进水池、MAP处理池、厌氧膜蒸馏生物反应池和冷侧水箱依次通过管道方式相互连接;

所述进水池与MAP处理池连通设置,且进水池与MAP处理池之间设置有第一污水泵,所述进水池中的海水养殖废水经第一污水泵输送至MAP处理池内进行脱氮除磷预处理;

所述MAP处理池与厌氧膜蒸馏生物反应池连通设置,且MAP处理池与厌氧膜蒸馏生物反应池之间分别连接有第二污水泵、第一循环泵,从而构成第一循环系统,经过MAP处理池预处理后的海水养殖废水经第二污水泵提升至厌氧膜蒸馏生物反应池内进行处理,所述厌氧膜蒸馏生物反应池内设置有用于分离拦截海水养殖废水中的非挥发物质的膜蒸馏疏水膜组件;

所述厌氧膜蒸馏生物反应池与冷侧水箱连通设置,且厌氧膜蒸馏生物反应池与冷侧水箱之间分别连接有渗透液冷凝装置、第二循环泵,从而构成第二循环系统,所述膜蒸馏疏水膜组件内的渗透出水经渗透液冷凝装置降温冷凝处理后输送至冷侧水箱贮存,以备回用。

[0014] 更进一步地,所述MAP处理池内设置有滗水器,所述滗水器下方设置有微孔曝气器,所述MAP处理池的底部设置有排泥管,所述排泥管一端设置有与其连接的排泥泵。

[0015] 更进一步地,所述MAP处理池还连接有一磷酸盐加药系统,所述磷酸盐加药系统包括磷酸盐加药池,所述磷酸盐加药池与MAP处理池之间还设置有磷酸盐投加泵、1号闸阀以及磷酸盐监控模块,所述磷酸盐监控模块用于控制磷酸盐投加泵的加投量和1号闸阀的开关,当MAP处理池内的磷酸盐浓度低于设定的浓度下限值时,所述磷酸盐监控模块将开启磷酸盐投加泵和1号闸阀,将磷酸盐加药池内预先配备好的磷酸盐储备液投加至MAP处理池内。

[0016] 更进一步地,所述MAP处理池还连接有一酸碱投加系统,所述酸碱投加系统包括碱液池和酸液池,所述MAP处理池上设置有一pH在线监测模块,所述pH在线监测模块分别与2号闸阀、3号闸阀并联,所述2号闸阀一端连接有碱液投加泵,所述3号闸阀一端连接有酸液投加泵,所述碱液投加泵与碱液池相互连通,所述酸液投加泵与酸液池相互连通;当MAP处理池内海水养殖废水的pH值低于设定的pH范围的下限值时,所述pH在线监测模块将开启碱液投加泵和2号闸阀,将碱液池内预先配备好的碱液储备液投加至MAP处理池内;当MAP处理池内海水养殖废水的pH值高于设定的pH范围的上限值时,所述pH在线监测模块将开启酸液投加泵和3号闸阀,将酸液池预先配备好的酸液储备液投加至MAP处理池内。

[0017] 更进一步地,所述厌氧膜蒸馏生物反应池包括气体收集装置、曝气装置和温度传感器,所述气体收集装置设置于厌氧膜蒸馏生物反应池上端,所述气体收集装置用于回收利用厌氧膜蒸馏生物反应池产生的气体,所述膜蒸馏疏水膜组件设置于厌氧膜蒸馏生物反

应池内部,所述膜蒸馏疏水膜组件用于分离特性拦截废水中的重金属、盐类物质以及悬浮颗粒物,所述曝气装置以及温度传感器均设置于厌氧膜蒸馏生物反应池底部,还包括一气泵,所述气泵一端与曝气装置相连,所述气泵另一端与厌氧膜蒸馏生物反应池上端连接,通过气泵使得厌氧膜蒸馏生物反应池内形成微气泡,通过微气泡对膜蒸馏疏水膜组件进行气泡冲刷清洗。

[0018] 更进一步地,所述膜蒸馏疏水膜组件采用膜孔径为0.1-0.4 μm 的疏水聚四氟乙烯疏水膜制成的板框式膜组件。

[0019] 更进一步地,所述温度传感器与外部一太阳能加热装置适配连接,所述太阳能加热装置对厌氧膜蒸馏生物反应池内的海水养殖废水进行加热处理,并通过温度传感器将海水养殖废水的水温控制在50-60 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0020] 更进一步地,所述渗透液冷却装置的温度控制在15-20 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0021] 基于上述技术方案,本发明的与现有技术相比具有如下技术优点:

本发明将磷酸镁铵沉淀法(MAP)的脱氮除磷能力与厌氧膜蒸馏生物反应池(MDBR)的高效污水处理及截留能力相结合构建分置式的MAP-MDBR污水处理系统用于海水养殖废水的高效净化与回用处理,MAP高效去除氨氮,减轻对后续MDBR的生物毒害作用;

利用MAP法对海水养殖废水中高浓度氨氮进行预处理,将废水中的氨氮以鸟粪石沉淀物的形式排出,用作复合肥料,减轻废水中的高浓度氨氮对后续厌氧膜蒸馏生物反应池的毒害作用,保证厌氧膜蒸馏生物反应池的高效稳定运行;

利用海水作为MAP法中价格较高的镁源,有效降低处理成本,MAP法形成的磷酸镁铵晶体利用MDBR的分离作用,实现高效率回收利用,有很高的经济和社会价值;并且MAP法形成的磷酸镁铵晶体能够改良MDBR的污泥性质,降低MDBR中活性污泥的膜污染潜力,延长膜蒸馏疏水膜组件使用寿命;

利用厌氧膜蒸馏生物反应池中微生物作用去除废水中高浓度的有机物并利用膜蒸馏疏水膜组件拦截去除废水中的非挥发污染物,整个装置出水水质极高,氨氮去除率高达90%以上,实现再生水的高度纯化。

附图说明

[0022] 图1为本发明分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统的结构示意图。

[0023] 其中:1-进水池,2-MAP处理池,3-厌氧膜蒸馏生物反应池,4-冷侧水箱,5-磷酸盐加药池,6-碱液池,7-酸液池,8-排泥管,9-太阳能加热装置,10-渗透液冷却装置,11-第一污水泵,12-磷酸盐投加泵,13-1号闸阀,14-碱液投加泵,15-2号闸阀,16-酸液投加泵,17-3号闸阀,18-磷酸盐监控模块,19-pH在线监测模块,20-滗水器,21-微孔曝气器,22-排泥泵,23-第二污水泵,24-第一循环泵,25-气泵,26-气体收集装置,27-膜蒸馏疏水膜组件,28-曝气装置,29-温度传感器,30-第二循环泵。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的解释说明。

[0025] 如图1所示,一种分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应的海水养殖废水处理系统,包括

进水池1、MAP处理池2、厌氧膜蒸馏生物反应池3和冷侧水箱4,膜蒸馏生物反应池3为厌氧环境,其用于处理海水养殖废水中的高浓度有机污染物;进水池1、MAP处理池2、厌氧膜蒸馏生物反应池3和冷侧水箱4依次通过管道方式相互连接;

进水池1与MAP处理池2连通设置,进水池1与MAP处理池2之间设置有第一污水泵11,进水池1中的海水养殖废水经第一污水泵11输送至MAP处理池2内进行脱氮除磷预处理,减轻氨氮对后续厌氧膜蒸馏生物处理过程的毒害作用,同时提高海水养殖废水处理系统的氨氮去除率;

MAP处理池2与厌氧膜蒸馏生物反应池3连通设置,且MAP处理池2与厌氧膜蒸馏生物反应池3之间分别连接有第二污水泵23、第一循环泵24,从而构成第一循环系统,经过MAP处理池2预处理后的海水养殖废水经第二污水泵23提升至厌氧膜蒸馏生物反应池3内进行处理,厌氧膜蒸馏生物反应池3内设置有用于分离拦截海水养殖废水中的非挥发物质的膜蒸馏疏水膜组件27;

厌氧膜蒸馏生物反应池3与冷侧水箱4连通设置,且厌氧膜蒸馏生物反应池3与冷侧水箱4之间分别连接有渗透液冷凝装置10、第二循环泵30,从而构成第二循环系统,膜蒸馏疏水膜组件27内的渗透出水经渗透液冷凝装置10降温冷凝处理后输送至冷侧水箱4贮存,以备回用。

[0026] MAP处理池2内设置有滗水器20,滗水器20下方设置有微孔曝气器21,MAP处理池2的底部设置有排泥管8,排泥管8一端设置有与其连接的排泥泵22,排泥管8由排泥泵22控制,MAP处理池2内产生的鸟粪石沉淀物由排泥管8定期排出,排出的鸟粪石沉淀物经造粒等过程简单处理后可直接用作复合肥回收利用,实现海水养殖废水中丰富氮磷资源的可持续回收利用;MAP处理池2作为海水养殖废水的预处理环节,将海水养殖废水中的高浓度氨氮以鸟粪石沉淀物的形式从海水养殖废水中去除,以解决高浓度氨氮对后续生物处理过程的毒害作用,保证厌氧膜蒸馏生物反应池3的高效稳定运行。

[0027] MAP处理池2还连接有一磷酸盐加药系统,磷酸盐加药系统包括磷酸盐加药池5,磷酸盐加药池5与MAP处理池2之间还设置有磷酸盐投加泵12、1号闸阀13以及磷酸盐监控模块18,磷酸盐监控模块18用于控制磷酸盐投加泵12的加投量和1号闸阀13的开关,当MAP处理池2内的磷酸盐浓度低于设定的浓度下限值时,磷酸盐监控模块18将开启磷酸盐投加泵12和1号闸阀13,将磷酸盐加药池5内预先配备好的磷酸盐储备液投加至MAP处理池2内,通过计算机自动化程序自动投加MAP处理池2所需的药剂。

[0028] MAP处理池2还连接有一酸碱投加系统,酸碱投加系统包括碱液池6和酸液池7,MAP处理池2上设置有一pH在线监测模块19,pH在线监测模块19分别与2号闸阀15、3号闸阀17并联,2号闸阀15一端连接有碱液投加泵14,3号闸阀17一端连接有酸液投加泵16,碱液投加泵14与碱液池6相互连通,酸液投加泵16与酸液池7相互连通;当MAP处理池2内海水养殖废水的pH值低于设定的pH范围的下限值时,pH在线监测模块19将开启碱液投加泵14和2号闸阀15,将碱液池6内预先配备好的碱液储备液投加至MAP处理池2内;当MAP处理池2内海水养殖废水的pH值高于设定的pH范围的上限值时,pH在线监测模块19将开启酸液投加泵16和3号闸阀17,将酸液池7预先配备好的酸液储备液投加至MAP处理池2内,通过计算机自动化程序实时控制调节MAP处理池2的pH环境。

[0029] 厌氧膜蒸馏生物反应池3包括气体收集装置26、曝气装置28和温度传感器29,气体

收集装置26设置于厌氧膜蒸馏生物反应池3上端,气体收集装置26用于回收利用厌氧膜蒸馏生物反应池3产生的气体,膜蒸馏疏水膜组件27设置于厌氧膜蒸馏生物反应池3内部,膜蒸馏疏水膜组件27用于分离特性拦截废水中的重金属、盐类物质以及悬浮颗粒物,曝气装置28以及温度传感器29均设置于厌氧膜蒸馏生物反应池3底部,还包括一气泵25,气泵25一端与曝气装置28相连,气泵25另一端与厌氧膜蒸馏生物反应池3上端连接,通过气泵25使得厌氧膜蒸馏生物反应池3内形成微气泡,通过微气泡对膜蒸馏疏水膜组件27进行气泡冲刷清洗,减轻膜蒸馏疏水膜组件27的膜污染。

[0030] 膜蒸馏疏水膜组件27采用膜孔径为0.1-0.4 μm 的疏水聚四氟乙烯疏水膜制成的板框式膜组件。温度传感器29与外部一太阳能加热装置9适配连接,太阳能加热装置9对厌氧膜蒸馏生物反应池3内的海水养殖废水进行加热处理,并通过温度传感器29将海水养殖废水的水温控制在50-60 $^{\circ}\text{C}$,利用太阳能这一可再生能源提供厌氧膜蒸馏生物反应池3运行所需的热能,经济环保,节约能耗。渗透液冷却装置10利用环形片状散热器与海水的直接热交换过程,完成渗透液的散热冷凝过程,降低装置的能耗,渗透液冷却装置10的温度控制在15-20 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0031] 本发明的具体实施过程如下:

首先,进水池1中的海水养殖废水经第一污水泵11输送至MAP处理池2内,打开安装在池底部的微孔曝气器21进行预曝气,从而提高海水养殖废水的pH值。

[0032] 预曝气一段时间(60~120min)后,往MAP处理池2内投加药剂,为节约运行成本和变废为宝,以海水和废磷酸作为 Mg^{2+} 和 PO_4^{3-} 的来源,药剂投加量应根据废水的具体浓度按一定比例计算所得;药剂的首次添加由人工投加,之后在运行过程中,根据磷酸盐监控模块18,由计算机程序实现磷源的自动投加补给,以减少人力。

[0033] 运行之前先配置好足够量的液碱(30%氢氧化钠)和盐酸,分别储存于碱液池6和酸液池7内,然后根据pH在线监测模块19,通过计算机程序控制2号闸阀15、3号闸阀17的开闭和碱液投加泵14、酸液投加泵16的开关,调节MAP处理池2内废水pH在9~11范围内。当MAP处理池2内废水的pH值低于9时,pH在线监测模块19将开启碱液投加泵14和2号闸阀15的开启,将碱液池6内预先配备好的碱液储备液(30%氢氧化钠)投加至MAP处理池2内;当MAP处理池2内废水的pH高于11时,pH在线监测模块19将开启酸液投加泵16和3号闸阀17的开启,将酸液池7预先配备好的酸液储备液(盐酸)投加至MAP处理池2内,通过计算机自动化程序实时控制调节MAP处理池2的pH环境。

[0034] 待MAP处理池2内pH值调整完毕后,开始进行MAP沉淀处理。曝气反应一段时间后,静置沉淀。将上述处理后的废水清液通过第二污水泵23提升至厌氧膜蒸馏生物反应池3内进行进一步的深度处理,MAP处理池2底部的鸟粪石沉淀则由排泥管8、排泥泵22排出。

[0035] 经过MAP处理池2预处理后的海水养殖废水经由第二污水泵23提升至厌氧膜蒸馏生物反应池3内进行进一步的深度处理,利用活性污泥中微生物的生物降解作用高效去除海水养殖废水中的有机污染物及悬浮颗粒物,同时利用膜蒸馏疏水膜组件27分离特征拦截废水中的非挥发物质,提高出水水质并回用;MAP处理池2内产生的磷酸镁铵晶体输送至厌氧膜蒸馏生物反应池3内,利用适量的磷酸镁铵晶体改善厌氧膜蒸馏生物反应池3中的污泥性质,降低厌氧膜蒸馏生物反应池3中活性污泥的膜污染潜力;厌氧膜蒸馏生物反应池3内的废水利用太阳能加热装置9进行加热处理,水温控制在50-60 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0036] 同时,冷侧水箱4的洁净水经第二循环泵30输送至厌氧膜蒸馏生物反应池3的膜蒸馏疏水膜组件27内,膜蒸馏疏水膜组件27内的渗透出水经渗透液冷凝装置10降温冷凝处理后输送至冷侧水箱4贮存,以备回用;厌氧膜蒸馏生物反应池3产生的渗透出水经过渗透液冷却装置10进行冷凝处理,温度控制在15-20°C范围。

[0037] 膜蒸馏疏水膜组件27选用膜孔径为0.1-0.4 μm 的疏水聚四氟乙烯疏水膜制成的板框式膜组件进行海水养殖废水的膜分离处理。MAP处理池2内废水温度控制在20~25°C,pH控制在9~11范围内。MAP处理池2和厌氧膜蒸馏生物反应池3内的温度、pH等环境条件均由计算机自动化程序及温度传感器29及pH在线监测模块19自动控制,实现分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应器技术组合的海水养殖废水处理系统的自动化运行与管理。

[0038] 采用该发明对江苏南通黄海附近的某水产养殖场海水养殖废水进行净化处理。

[0039] (1)将海水养殖废水输送至MAP处理池2内进行脱氮除磷预处理,MAP处理池2内温度控制为25°C左右,pH控制在10左右。

[0040] (2)预曝气一段时间60min后,利用磷酸盐加药系统往MAP处理池2内投加磷源,曝气反应120min后静置20min。

[0041] (3)通过第二污水泵23将MAP处理池2内的上清液提升至厌氧膜蒸馏生物反应池3内进一步深度处理,厌氧膜蒸馏生物反应池3内的海水养殖废水经太阳能加热装置9加热,温度控制在60°C左右;冷侧水箱4的洁净水通过第二循环泵30输送至膜蒸馏疏水膜组件27内部,水流速度控制在20mm/s左右;膜蒸馏疏水膜组件27的渗透出水经渗透液冷却装置10冷凝处理后回流至冷侧水箱4,渗透液冷却装置10的温度设定为20°C左右。

[0042] (4)厌氧膜蒸馏生物反应池3内的膜蒸馏疏水膜组件27选用孔径为0.22 μm 的疏水PTFE膜制备而成。

[0043] 按照上述方式进行操作,海水养殖废水的COD、氨氮、电导率、SS浓度分别为2800mg/L、950mg/L、46.8mS/cm、800mg/L,经分置式MAP-厌氧膜蒸馏生物反应器处理后,产品水的COD、电导率浓度显著下降至3.44mg/L、25.5 $\mu\text{S/cm}$ 左右,氨氮去除率高达96%,SS几乎检测不出,并且蒸馏膜的膜污染趋势明显减缓,装置运行35天后其膜通量仅下降了18%左右。

[0044] 上述内容为本发明的示例及说明,但不意味着本发明可取得的优点受此限制,凡是本发明实践过程中可能对结构的简单变换、和/或一些实施方式中实现的优点的其中一个或多个均在本申请的保护范围内。

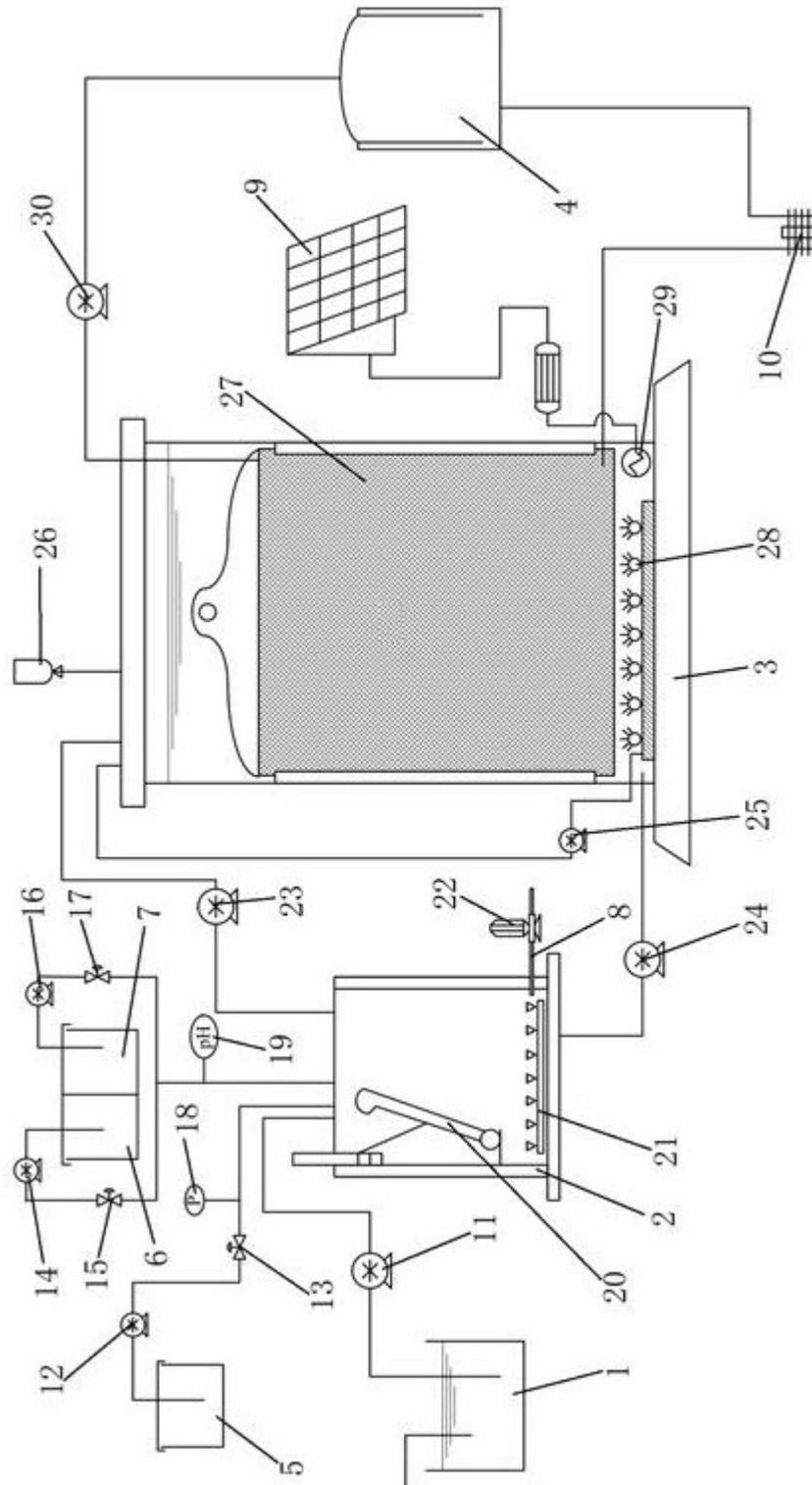


图1