



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118929908 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 12

(21) 申请号 202411070286.0

C02F 101/16 (2006.01)

(22) 申请日 2024.08.06

C02F 101/38 (2006.01)

(71) 申请人 南京华创环境技术研究院有限公司

C02F 101/34 (2006.01)

地址 211106 江苏省南京市江宁区长青街

C02F 101/36 (2006.01)

19号1-1号楼22-24层(江宁开发区)

(72) 发明人 李保菊 梁英 范俊 李爱民

崔彦兵 王敏 陈清 陈丹

崔详柯

(74) 专利代理机构 江苏瑞途律师事务所 32346

专利代理师 张素云

(51) Int. Cl.

C02F 3/10 (2023.01)

C02F 3/12 (2023.01)

C02F 7/00 (2006.01)

C02F 101/10 (2006.01)

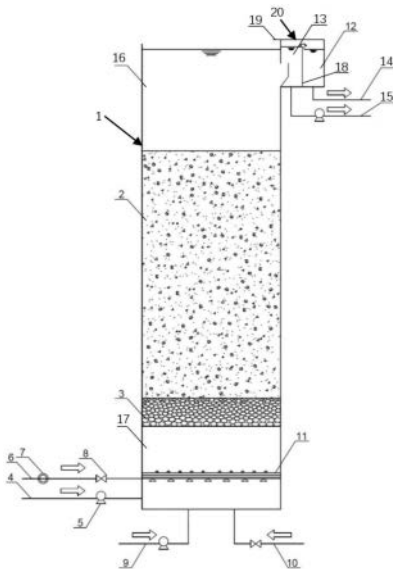
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

用于协同处理氮磷及抗生素的曝气生物滤池及处理方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于协同处理氮磷及抗生素的曝气生物滤池及处理方法,属于水产养殖废水处理技术领域。所述曝气生物滤池包括池体,所述池体开设有进液口和出液口,由进液口到出液口的方向,所述池体依次设有布水区、承托层、填料层和出水区,所述承托层用于支撑填料层;所述进液口设于布水区,所述出液口设于出水区;所述布水区设有曝气管、进气口、反冲洗进水口和反冲洗进气口;所述填料层填充有火山岩和SENP_s填料;在利用所述生物曝气滤池的含氮磷及抗生素废水的处理方法中,火山岩和SENP_s填料的体积比为3:1~5:1。本发明的主要用途是实现同步脱氮除磷和去除有机物的同时有效地削减废水中抗生素的含量。



1. 一种曝气生物滤池,其特征在于:包括池体,
所述池体开设有进液口和出液口,
由进液口到出液口的方向,所述池体依次设有布水区、承托层、填料层和出水区,所述承托层用于支撑填料层;
所述进液口设于布水区,所述出液口设于出水区;
所述布水区设有曝气管、进气口、反冲洗进水口和反冲洗进气口;
所述填料层填充有火山岩和SENPs填料。
2. 根据权利要求1所述的曝气生物滤池,其特征在于:
所述布水区、承托层、填料层和出水区的体积比为20:5:30~50:25。
3. 根据权利要求1或2所述的曝气生物滤池,其特征在于:
所述承托层填充有滤料,所述滤料的粒径为20~40mm。
4. 根据权利要求3所述的曝气生物滤池,其特征在于:
所述出液口连接有出水池,所述出水池内设有挡板;
所述挡板将出水池分为排水区和反冲洗排水区,靠近池体的为反冲洗排水区。
5. 一种利用如权利要求1~4任一所述的曝气生物滤池的含氮磷及抗生素废水的处理方法,其特征在于,包括以下步骤:
所述曝气生物滤池挂膜成功后,废水经进液口进入所述曝气生物滤池的池体,并依次通过布水区、承托层、填料层,处理后的废水再经过出水区的出液口流出;
其中,所述填料层填充的火山岩和SENPs填料的体积比为3:1~5:1。
6. 根据权利要求5所述的含氮磷及抗生素废水的处理方法,其特征在于:
所述填料层填充的火山岩和SENPs填料的体积比为3.5:1~4.5:1。
7. 根据权利要求5或6所述的含氮磷及抗生素废水的处理方法,其特征在于:
运行时的气水比为4:1~6:1,水力负荷为 $2 \sim 3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
8. 根据权利要求7所述的含氮磷及抗生素废水的处理方法,其特征在于:
还包括曝气管进行曝气,
所述曝气的方式为连续曝气,以使废水中溶解氧范围为 $1.5 \text{ mg/L} \sim 2.0 \text{ mg/L}$ 。
9. 根据权利要求8所述的含氮磷及抗生素废水的处理方法,其特征在于:
所述SENPs填料的粒径为5~6mm,堆积密度为 $1.2 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$,孔隙率为40~50%;
所述火山岩的粒径为3~5mm,堆积密度为 $3.0 \sim 3.1 \text{ g/cm}^3$,孔隙率为30~40%。
10. 根据权利要求9所述的含氮磷及抗生素废水的处理方法,其特征在于:
所述抗生素为氟喹诺酮类抗生素、磺胺类抗生素或氯霉素类抗生素中的一种、两种或两种以上。

用于协同处理氮磷及抗生素的曝气生物滤池及处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水产养殖废水处理技术领域,更具体地说,涉及用于协同处理氮磷及抗生素的曝气生物滤池及处理方法。

背景技术

[0002] 虽然抗生素的使用在很大程度上促进了水产养殖业的发展,但同时也引起了水产养殖环境污染及药物残留等问题。研究表明,仅有20%~30%的抗生素被水生动物吸收,其余部分则以原药或者代谢物形式被排入水体。目前,国内外养殖废水处理技术主要分为物理、化学、生物及综合处理技术四大类。其中,综合处理技术则结合多种处理技术,如物理、化学和生物技术,以适应不同处理需求和环境条件,实现有效工艺设计,包括人工湿地、三池两坝、陆基三池模式、稳定塘等。但是在实际应用中,综合处理技术对养殖废水中抗生素的降解效果十分有限,不能有效去水产养殖废水中的除抗生素。

[0003] 曝气生物滤池(简称为BAF)是一种新型生物膜法污水处理技术,综合了过滤截留、吸附、生物膜降解等功能,具有处理效果好、抗冲击负荷能力强、占地少等优点,被广泛应用于生活污水、工业废水和农业废水处理领域。中国专利CN117756278A公开了一种处理淡水养殖污水的方法及其专用装置,该方法先向复合曝气生物滤池内连续通入淡水养殖污水和共代谢基质,使其自上而下依次经过非曝气区、膜曝气区和有泡曝气区,非曝气区、膜曝气区和有泡曝气区内都填充有陶粒,再根据出水各指标的变化情况和微生物生长情况,控制膜曝气区的膜曝气压强、有泡曝气区的气水比和共代谢基质投配比等多个工艺参数;同时还需要额外添加除磷剂以实现除磷。虽然实现了氮磷和抗生素的有效去除,但是依赖于乙酸等共代谢基质和除磷剂的添加,增加了处理成本等。文献(不同热解温度BC对BAF处理水产养殖废水的影响机制.中国环境科学,2023,43(3):1131~1141)公开了一种采用竹片热解制成的生物炭作为曝气生物滤池的填料,并对水产养殖废水进行处理,该研究发现热解温度为700℃的BAF除污效能最优,其稳定运行期间,对TN和TP的平均去除率达51.99%和41.00%,对SDZ、SMX、ENR和CIP的平均去除率达71.84%、75.01%、62.91%和69.62%。虽然生物炭具有来源广泛、可再生等优点,但是对氮磷和ENR抗生素的去除效果较差。

[0004] 因此,亟需一种曝气生物滤池实现提高氮磷和抗生素等污染物的同步去除,还可以减少碳源等额外添加物的投加。

发明内容

[0005] 1.发明要解决的技术问题

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术中曝气生物滤池对水产养殖废水中氮磷及抗生素同时去除的效果较差、碳源等额外添加物的投加等问题,提供了用于协同处理氮磷及抗生素的曝气生物滤池及处理方法。

[0007] 2.技术方案

[0008] 为达到上述目的,本发明提供的技术方案为:

- [0009] 本发明的一种曝气生物滤池,包括池体,
- [0010] 所述池体开设有进液口和出液口,
- [0011] 由进液口到出液口的方向,所述池体依次设有布水区、承托层、填料层和出水区,所述承托层用于支撑填料层;
- [0012] 所述进液口设于布水区,所述出液口设于出水区;
- [0013] 所述布水区设有曝气管、进气口、反冲洗进水口和反冲洗进气口;
- [0014] 所述填料层填充有火山岩和SENP_s填料。
- [0015] 需要说明的是,所述SENP_s填料由南京华创环境技术研究院有限公司提供,粒径为5~6mm,堆积密度为1.2~1.3g/cm³,孔隙率为40~50%。
- [0016] 进一步地,所述火山岩的粒径为3~5mm,堆积密度为3.0~3.1g/cm³,孔隙率为30~40%。
- [0017] 进一步地,所述火山岩和SENP_s填料使用前需进行清洗和干燥;
- [0018] 所述清洗可以为采用蒸馏水冲洗,并超声;
- [0019] 所述干燥可以为烘干至恒重。
- [0020] 例如,所述清洗可以为采用蒸馏水冲洗的次数为3次,在25℃条件下超声30min;
- [0021] 所述干燥中烘干的温度可以为60℃。
- [0022] 进一步地,所述布水区、承托层、填料层和出水区的体积比为20:5:30~50:25。
- [0023] 进一步地,所述曝气管连接有若干微孔曝气滤头。
- [0024] 进一步地,所述进气口连接有进气管,所述进气管与气体流量计和空气泵连接,所述曝气管与进气管连接。
- [0025] 进一步地,所述进液口连接有进水管,所述进水管连接有水泵。
- [0026] 进一步地,所述承托层填充有滤料,所述滤料的粒径为20~40mm。
- [0027] 进一步地,所述滤料为砾石、鹅卵石中的一种或两种。
- [0028] 优选地,所述承托层填充的滤料由进液口到出液口的方向按照滤料粒径由大到小进行填充。
- [0029] 进一步地,所述反冲洗进水口连接有反冲洗进水管;
- [0030] 反冲洗进气口连接有反冲洗进气管。
- [0031] 进一步地,所述出液口连接有出水池,所述出水池内设有挡板,所述挡板将出水池分为排水区和反冲洗排水区,靠近池体的为反冲洗排水区。
- [0032] 进一步地,所述出水区和出水池的体积比为25:3~5。
- [0033] 进一步地,所述挡板顶部的高度高于出液口顶部的高度。
- [0034] 进一步地,所述出水池设有顶板,所述挡板顶部的高度低于顶板的高度。
- [0035] 进一步地,所述排水区连接有排水管;
- [0036] 所述反冲洗排水区连接有反冲洗排水管。
- [0037] 优选地,所述反冲洗进水管连接有水泵,所述反冲洗进气管设有气体流量计。
- [0038] 本发明还提供了一种利用上述曝气生物滤池的含氮磷及抗生素废水的处理方法,包括以下步骤:
- [0039] 所述曝气生物滤池挂膜成功后,废水经进液口进入所述曝气生物滤池的池体,并依次通过布水区、承托层、填料层,处理后的废水再经过出水区的出液口流出;

- [0040] 其中,所述填料层填充的火山岩和SENP_s填料的体积比为3:1~5:1。
- [0041] 优选地,所述填料层填充的火山岩和SENP_s填料的体积比为3.5~4.5;进一步优选为4:1。
- [0042] 进一步地,处理结束后,停止运行所述曝气生物滤池,进行反冲洗。
- [0043] 进一步地,运行时的气水比为4:1~6:1,水力负荷为 $2 \sim 3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- [0044] 进一步地,还包括曝气管进行曝气,
- [0045] 所述曝气的方式为连续曝气,以使废水中溶解氧范围为1.5mg/L~2.0mg/L。
- [0046] 进一步地,所述反冲洗为同时打开反冲洗进水管和反冲洗进气管。
- [0047] 进一步地,所述含氮磷及抗生素废水为水产养殖废水。
- [0048] 进一步地,所述处理方法用于去除水产养殖废水中的抗生素。
- [0049] 进一步地,所述处理方法还用于去除水产养殖废水中的 COD_{Mn} 、氨氮、总氮(TN)和总磷(TP)。
- [0050] 进一步地,所述抗生素包括氟喹诺酮类抗生素、磺胺类抗生素或氯霉素类抗生素中的一种、两种或两种以上。
- [0051] 进一步地,所述抗生素为恩诺沙星、磺胺甲恶唑或氟苯尼考中的一种、两种或三种。
- [0052] 优选地,所述抗生素为氟喹诺酮类抗生素;进一步优选为恩诺沙星。
- [0053] 3.有益效果
- [0054] 采用本发明提供的技术方案,与现有技术相比,具有如下有益效果:
- [0055] 本发明的一种曝气生物滤池的填料层填充有火山岩和SENP_s填料,该曝气生物滤池在处理水产养殖废水的应用中,填料层填充的火山岩和SENP_s填料的体积比为3:1~5:1,实现有效脱氮除磷及去除有机物的同时,还可以通过吸附截留、微生物共代谢作用有效削减废水中的抗生素,降低处理废水中抗生素在出水中的浓度,减小对环境的影响;对氟喹诺酮类抗生素、磺胺类抗生素具有很好的去除效果,其中,对恩诺沙星有较好的去除效果;而且,不需要额外投加共代谢基质、碳源等;
- [0056] 更进一步地,对恩诺沙星的去除率可以达到 $98.7\% \pm 0.7\%$,这是由于火山岩表面不平整且比表面积较大,SENP_s填料表面较为粗糙且凹凸不平,拥有丰富的孔隙结构,提供了大量吸附位点。此外,填料区内形成的生物膜的ACE指数、Chao指数、Shannon指数指标上均大于只有火山岩填料时其表面的生物膜,说明具有相对更高的丰富度及微生物多样性,可见增加填料种类能在一定程度上增加系统微生物的多样性。SENP_s填料表面生物膜中检出了Chloroflexi(绿屈挠菌门),占比12.8%,Chloroflexi是一类兼性厌氧微生物,具备硝化、反硝化脱氮及除磷功能,其在生物膜中检出,则说明填料生物膜内形成了厌氧/好氧的微环境,有助于进一步提高抗生素的生物降解效率。而且,申请人先前的实验研究发现,SENP_s单独作为填料挂膜时,未曾检出Chloroflexi。并且ENR具有较高的亲水性,易于发生光解并易被吸附。因此,当含有抗生素的废水进入反应器后,填料及其表面附着的生物膜对ENR进行吸附,同时微生物的代谢降解作用和硝化过程的共代谢作用也有助于部分ENR的降解,从而实现ENR的高效削减。

附图说明

- [0057] 图1为本发明实施例1中的一种生物曝气滤池；
- [0058] 图2为本发明实施例2中混合后的火山岩和SENP_s填料；
- [0059] 图3本发明实施例2中模拟养殖废水稳定运行阶段曝气生物滤池中污染物去除情况；
- [0060] (a) COD_{Mn}；(b) NH₃-N；(c) TN；(d) TP；
- [0061] 图4本发明实施例2模拟养殖废水中抗生素ENR、SMX、FLO的浓度变化及去除率；
- [0062] (a) ENR；(b) SMX；(c) FLO；(d) ENR、SMX、FLO的去除率。
- [0063] 示意图中的标号说明：
- [0064] 1、池体；2、填料层；3、承托层；4、进水管；5、水泵；6、进气管；7、空气泵；8、气体流量计；9、反冲洗进水管；10、反冲洗进气管；11、曝气管；12、排水区；13、反冲洗排水区；14、排水管；15、反冲洗排水管；16、出水区；17、布水区；18、挡板；19、顶板；20、出水池。

具体实施方式

[0065] 通过参考结合示例的以下描述可以更容易地理解本公开，所有示例构成本公开的一部分。应当理解的是，本公开不限于本文描述和/或示出的特定产品、方法、条件或参数。进一步地，本文使用的术语仅用于通过示例的方式描述特定实施例的目的并且不旨在限制，除非另有说明。

[0066] 还应当理解的是，为了清楚起见，本公开的某些特征可以在单独实施例的上下文中被描述在本文中，但是也可以在单个实施例中彼此组合地被提供。即，除非明显不兼容或特别地不包括，否则每个单独的实施例被认为可与任何其它实施例可组合，并且该组合被认为代表另一个不同的实施例。相反地，为了简明起见，在单个实施例的上下文中描述的本公开的各种特征也可以单独地或以任何子组合来提供。最后，虽然特定实施例可以被描述为一系列步骤的部分或更通用的结构的部分，但是每个步骤或子结构本身也可以被认为是独立的实施例。

[0067] 除非另有说明，否则应当理解的是，列表中的每个单独元素和该列表中的单独元素的每个组合将被解释为不同的实施例。例如，表示为“A、B或C”的实施例的列表应被解释为包括实施例“A”、“B”、“C”、“A或B”、“A或C”、“B或C”或“A、B或C”。

[0068] 在本公开中，冠词“一”、“一个”和“该”的单数形式还包括相应的复数个提及物，并且对特定数值的提及至少包括该特定值，除非上下文另有明确说明。因此，例如，对“物质”的提及是对这种物质及其等同物中的至少一种的提及。

[0069] 包括诸如“第一”和“第二”的序数的术语可用于解释各种组件或者流体，但这些组件、流体不受这些术语的限制。因此，在没有背离本公开的教导的情况下，这些术语仅用于将该组件/流体与另一组件/流体区分开来。

[0070] 当通过使用结合性术语“……和/或……”等来描述项目时，描述应被理解为包括相关联的所列项目中的任何一个以及其中的一个或多个的所有组合。

[0071] 通常，术语“约”的使用表示可以根据通过所公开的主题所获得的期望特性而变化的近似值，并且将基于功能以依赖于上下文的方式来解释。因此，本领域普通技术人员将能够在个案的基础上解释一定程度的差异。在一些情况下，表达特定值时使用的重要数字的

数量可以是用于确定由术语“约”允许的差异的代表性技术。在其它情况下,可以使用一系列值中的渐变来确定由术语“约”允许的差异的范围。进一步地,本公开中的所有范围都是包含性的和可组合的,并且对范围中的值的提及包括该范围内的每个值。

[0072] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同;本文所使用的术语和/或包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0073] 以下实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0074] 以下结合具体实施例来进一步说明本发明,但实施例并不对本发明做任何形式的限定。除非特别说明,本发明采用的试剂、方法和设备为本技术领域常规试剂、方法和设备。本发明的实质特点和显著效果可以从下述的实施例中得以体现,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例,因此,它们并不对本发明作任何限制,本领域的技术人员根据本发明的内容做出一些非本质的改进和调整,均属于本发明的保护范围。

[0075] 实施例1

[0076] 结合图1,本发明的一种曝气生物滤池,包括池体1。池体1的材料、形状可根据所处理的废水的性质调整,例如材料可以为有机玻璃等,形状可以为中空的圆柱体、方柱体等形状。池体1开设有进液口和出液口,池体1自上而下依次设有布水区17、承托层3、填料层2和出水区16。承托层3的上表面与填料层2的下表面连接,用于支撑填料层2。填料层2填充有火山岩和SENP_s填料。进液口设于布水区17,出液口设于出水区16。而且,布水区17、承托层3、填料层2和出水区16的体积比为20:5:30~50:25。

[0077] 填料层2填充有火山岩和SENP_s填料。其中,SENP_s由南京华创环境技术研究院有限公司提供,粒径为5~6mm,堆积密度为1.2~1.3g/cm³,孔隙率为40~50%。具体地,可以参考中国专利CN112723523A公开的填料。火山岩需满足粒径为3~5mm,堆积密度为3.0~3.1g/cm³,孔隙率为30~40%的要求。为了防止火山岩和SENP_s填料表面上的杂质影响微生物在其表面的附着以及吸附性能等,在使用前需要进行清洗和干燥。清洗为采用蒸馏水冲洗,并超声;干燥为烘干至恒重。作为一种具体的实施方式,清洗中,蒸馏水冲洗的次数为3次,在25℃条件下超声30min;干燥中,烘干的温度为60℃。运行时,填料层2中的填料进行挂膜,废水可以进行氮磷和COD_{Mn}的脱除,并去除废水中的抗生素。

[0078] 承托层3填充有滤料,滤料的粒径为20~40mm,承托填料层2的同时可以初步过滤掉废水中粒径较大的固体悬浮物等,也有利于填料层2对废水的处理。滤料为砾石、鹅卵石中的一种或两种。作为优选的一种实施方式,承托层3填充的滤料由进液口到出液口的方向按照滤料粒径由大到小进行填充,可以取得更好的过滤效果。

[0079] 布水区17内设有曝气管11,用于向池体1内曝气,曝气管11的数量可以为一个、两个或多个。作为一种具体的实施方式,布水区17内的曝气管11与池体1轴线垂直设置,且位于出液口的上方。曝气管11上设有若干微孔曝气滤头,以维持水中溶解氧的浓度。作为一种实施方式,出液口位于曝气管11的下方。

[0080] 另一方面,布水区17设有进气口,进气口与进气管6连接,与曝气管11与进气管6连接,进气管6上从与曝气管11连接的一端到另一端之间依次设有气体流量计8和空气泵7,可以通过空气泵7和气体流量计8控制曝气强度,以调节微孔曝气滤头产生的气泡的大小和数

量,从而调节池体1废水中的溶解氧、pH值、温度等,满足废水中污染物的最佳降解条件。

[0081] 进液口连接有进水管4,进水管4连接有水泵5,以将废水不断输送到池体1内。具体地,水泵5可以为蠕动泵、离心泵等,可以根据处理需求等选择不同类型的泵。

[0082] 布水区17设有反冲洗进水口和反冲洗进气口,反冲洗进水口和反冲洗进气口分别连接有反冲洗进水管9和反冲洗进气管10。反冲洗进水管9可以设置水泵5,将反冲洗液体输送到池体1内,反冲洗进水管9上也可以设置气体流量计8,便于控制气体的流量等。曝气生物滤池需要定期进行反冲洗,可以清除承托层3和填料层2上的截留物和老化的生物膜,以恢复其工作能力。反冲洗产生的水体可以通过出液口排出。

[0083] 出液口连接有出水池20,出水池20内设有挡板18,挡板18将出水池20分为排水区12和反冲洗排水区13,靠近池体1的为反冲洗排水区13。排水区12和出水池20的体积比为25:3~5。进一步地,挡板18顶部的高度高于出液口顶部的高度。排水区12连接有排水管14,处理后的废水通过排水管14排放到外界或进行回收。反冲洗排水区13与反冲洗排水管15连接,通过反冲洗排水管15将反冲洗产生的水体排放到外界或者进行回收。通过排水区12和反冲洗排水区13的分离设置,可以有效防止反冲洗排水区13中污染物进入到排水区12内,导致处理后的废水再次受到污染,影响其回收等。

[0084] 进一步地,出水池20设有顶板19,挡板18顶部的高度低于顶板19的高度,即挡板18和顶板19之间留有间隙,以便于处理后的废水经过反冲洗排水区13从间隙进入排水区12。

[0085] 本实施例中利用上述曝气生物滤池的废水的处理方法具体为:首先对曝气生物滤池进行挂膜,包括填料层2中火山岩和SENP_s填料的挂膜,挂膜成功后,对废水进行处理。

[0086] 废水经进水管4进入曝气生物滤池的池体1,先进入布水区17内,再经过承托层3的过滤后,经填料层2的处理,在填料层2可以去除废水中的COD_{Mn}、氨氮、TN、TP和抗生素,处理后的废水再经过排水区16的出液口流入出水池20中的排水区12,通过排水管14排放或回收。其中,填料层2填充的火山岩和SENP_s填料的体积比为3:1~5:1,可以对废水中氮磷去除的同时,实现对抗生素的有效去除。作为一种优选的实施方式,所述填料层填充的火山岩和SENP_s填料的体积比为3.5~4.5;更进一步优选为4:1。

[0087] 考虑到出水水质、生物膜的稳定及节能降耗等问题,运行时的气水比为4:1~6:1,水力负荷为2~3m³/(m²·d)。作为优选的一种实施方式,气水比为5:1,水力负荷为2.04m³/(m²·d)。而且,运行时,布水区17中曝气管11的曝气方式为连续曝气,并保持水中溶解氧范围为1.5mg/L~2.0mg/L。

[0088] 废水处理结束后,停止运行曝气生物滤池,曝气管11也停止曝气,进行反冲洗。反冲洗为同时开启反冲洗进水管9和反冲洗进气管10,采用气洗和水洗联合的方式。反冲洗产生的废水通过反冲洗排水区13和反冲洗排水管15排放到外界或回收等。

[0089] 利用上述曝气生物滤池所处理的废水为含氮磷及抗生素废水,优选为水产养殖废水。进一步地,所述曝气生物滤池用于去除水产养殖废水中的抗生素,所述抗生素包括氟喹诺酮类抗生素、磺胺类抗生素、氯霉素类抗生素等,例如,水产养殖废水中典型的抗生素恩诺沙星、磺胺甲恶唑和氟苯尼考。更进一步地,所述曝气生物滤池还可以去除水产养殖废水中的COD_{Mn}、氨氮、总氮和总磷。

[0090] 实施例2

[0091] 本实施例中采用如图1所示的生物曝气滤池,其中,池体1为圆柱体,由有机玻璃制

成,其高度600mm,直径70mm;从下往上依次设置布水区17、承托层3、填料层2和出水区16,其中布水区17、承托层3、填料层2和出水区16的体积比为20:5:50:25,且填料层的高度为300mm。填料区中的填料为火山岩和SENP_s填料,火山岩和SENP_s填料的体积比为4:1。SENP_s填料购自南京华创环境技术研究院有限公司,呈灰色圆柱形,粒径为5~6mm,堆积密度为1.2~1.3g/cm³,孔隙率为40~50%;火山岩购自河北硕鼎矿产品加工有限公司,外观为红褐色不规则多孔块状填料,粒径为3~5mm,堆积密度为3.085g/cm³,孔隙率为30~40%。结合图2,火山岩外表面不平整,比表面积大;SENP_s填料表面较为粗糙,呈凹凸不平状,分布着一定的空穴。火山岩和SENP_s填料粗糙的形貌结构便于微生物附着、固定,加速挂膜;而且其丰富的孔穴也有利于废水的内部传质,促进微生物的物质交换。该火山岩和SENP_s填料在使用前均已用蒸馏水冲洗3次,在25℃条件下超声30min,去除表面杂质,并在60℃烘箱中烘干至恒重。该火山岩和SENP_s填料经研磨、105℃干燥、过120目筛后,取筛下物进行理化性质检测,表面元素组成如表1所示。

[0092] 表1火山岩及SENP_s表面元素组成

组成 (%)	O	Na	Mg	Al	Si	S	Ca	Ti	Fe
[0093] 火山岩	51.14	2.80	2.21	7.65	22.83	/	4.66	/	8.72
SENP _s	5.45	/	0.62	4.15	7.01	37.75	1.39	0.47	43.66

[0094] 由表1可知,火山岩的元素组成主要为O、Si、Fe、Al、Ca和Mg等;SENP_s填料表面的元素组成以Fe、S和Si等为主,构成填料整体骨架,还有少量的Mg、Al等元素。

[0095] 本实施例进行模拟养殖废水处理实验,模拟养殖废水是在自来水中加入一定量的乙酸钠、氯化铵、磷酸二氢钾、硝酸钾、亚硝酸钠、尿素及微量元素等配置成一定浓度的水样。常规水质指标如表2所示。

[0096] 表2模拟水产养殖废水水质

COD (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	pH
[0097] 60	9	4	0.6	1.5	0.5	0.1	7.2

[0098] 并向模拟养殖废水中加入一定量的恩诺沙星(Enrofloxacin,ENR)、磺胺甲恶唑(Sulfamethoxazole,SMX)和氟苯尼考(Florfenicol,FL0),使其浓度为5μg/L。需要说明的是,由于连续进水天数较多,配制的模拟养殖废水放置太久会容易污染,所以需要每天配置溶液,实际的仪器检测中存在一定误差,不同时间进水浓度不同,均在正常波动范围。

[0099] 采用污泥接种法对曝气生物滤池挂膜,挂膜成功后使用模拟养殖废水通过曝气生物滤池,控制实验室温度在25~28℃之间,气水比5:1且水力负荷为2.04m³/(m²·d),曝气管11的曝气方式为连续曝气,并保持水中溶解氧范围为1.5mg/L~2.0mg/L。检测其进出水COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP和抗生素的浓度,水质指标和抗生素浓度的具体变化如图3和图4所示。其中,污泥接种法中接种污泥取自南京仙林生活污水处理厂生化池污泥。

[0100] 根据图3和图4结果显示,在为期21天的模拟养殖废水处理实验中,填充有火山岩和SENP_s填料的曝气生物滤池对COD_{Mn}的去除率稳定在60%左右,对NH₃-N的去除率稳定在

80%以上,对TN的去除率稳定在60%左右,对TP的去除率在70%左右波动,且出水TP浓度低于0.3mg/L。当ENR、SMX和FLO三种抗生素进水浓度均约为5 μ g/L时,BAF反应器对ENR、SMX和FLO的去除率分别为98.7% $\pm$ 0.7%、56.7% $\pm$ 6.0%及21.0% $\pm$ 3.9%。上述结果说明,新型SENPs填料曝气生物滤池对养殖废水中的COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP均有较好的去除效果,并且还可以有效削减废水中的ENR和SMX,降低其在出水中的浓度,实现了有机物、氮磷和抗生素的同步去除。

[0101] 而且,火山岩表面不平整且比表面积较大,SENPs填料表面较为粗糙且凹凸不平,拥有丰富的孔隙结构,提供了大量吸附位点。此外,填料区内形成的生物膜的ACE指数(783)、Chao指数(778)、Shannon指数(4.93)指标上均大于只有火山岩填料时其表面的生物膜的ACE指数(749)、Chao指数(747)、Shannon指数(4.30),说明具有相对更高的丰富度及微生物多样性,可见增加填料种类能在一定程度上增加系统微生物的多样性。SENPs填料表面生物膜中检出了Chloroflexi(绿屈挠菌门),占比12.8%,Chloroflexi是一类兼性厌氧微生物,具备硝化、反硝化脱氮及除磷功能,其在生物膜中检出,则说明填料生物膜内形成了厌氧/好氧的微环境,有助于进一步提高抗生素的生物降解效率。而且,申请人先前的实验研究发现,SENPs单独作为填料挂膜时,未曾检出Chloroflexi。具体地,可以参考文献1(Liang Y,Wei D,Hu J,et al.Glyphosate and nutrients removal from simulated agricultural runoff in a pilot pyrrhotite constructed wetland.Water Research, 2020,168(Jan.1):115154.1-115154.7.DOI:10.1016/j.watres.2019.115154.)和文献2(A,Ying Liang,et al.Performance of a novel magnetic solid-phase-extraction microsphere and its application in the detection of organic micropollutants in the Huai River,China.Environmental Pollution,252(2019):196-204.)。并且ENR具有较高的亲水性,易于发生光解并易被吸附。因此,当含有抗生素的废水进入反应器后,填料及其表面附着的生物膜对ENR进行吸附,同时微生物的代谢降解作用和硝化过程的共代谢作用也有助于部分ENR的降解,从而实现ENR的高效削减,因此,ENR的去除率较高,达到98.7% $\pm$ 0.7%。

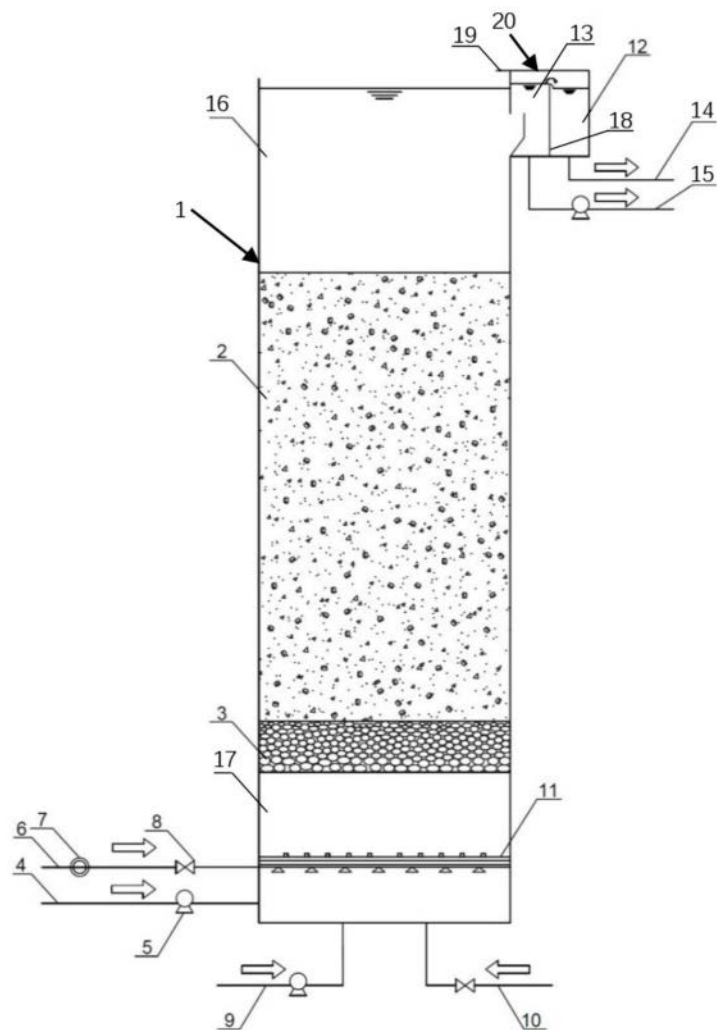


图1



图2

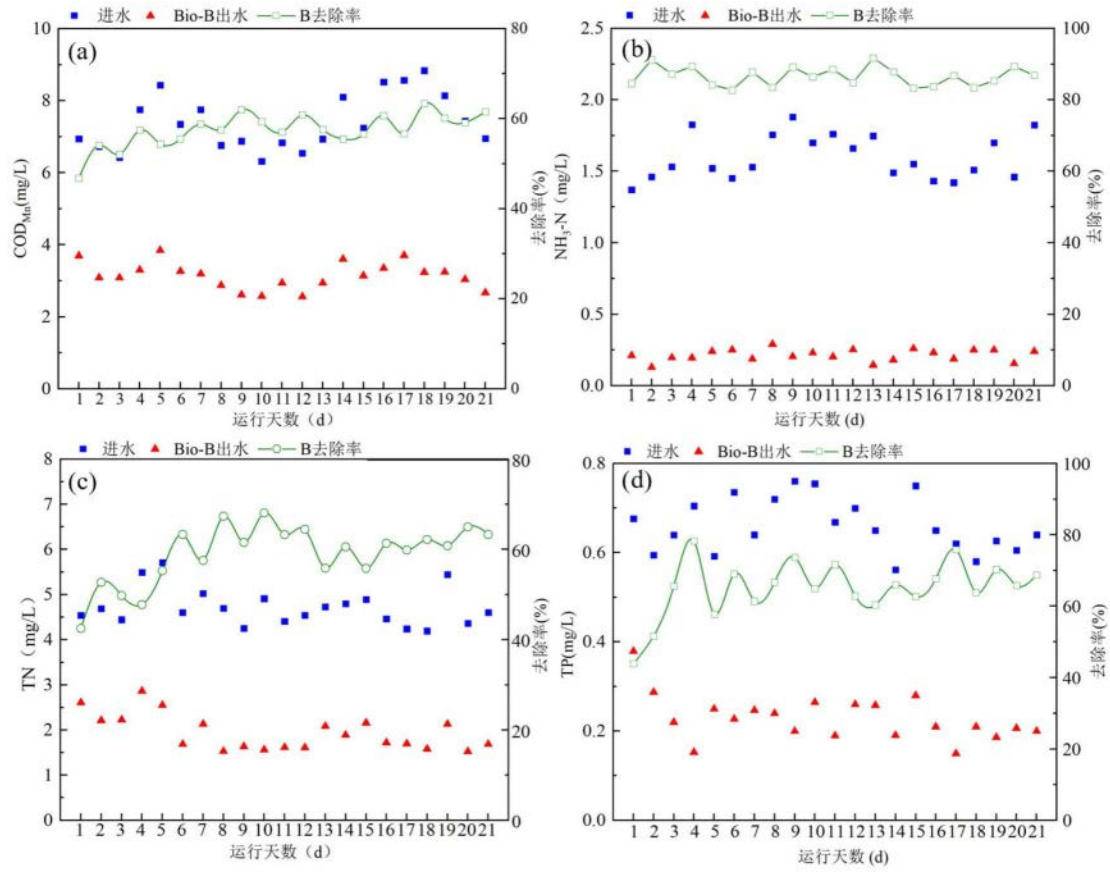


图3

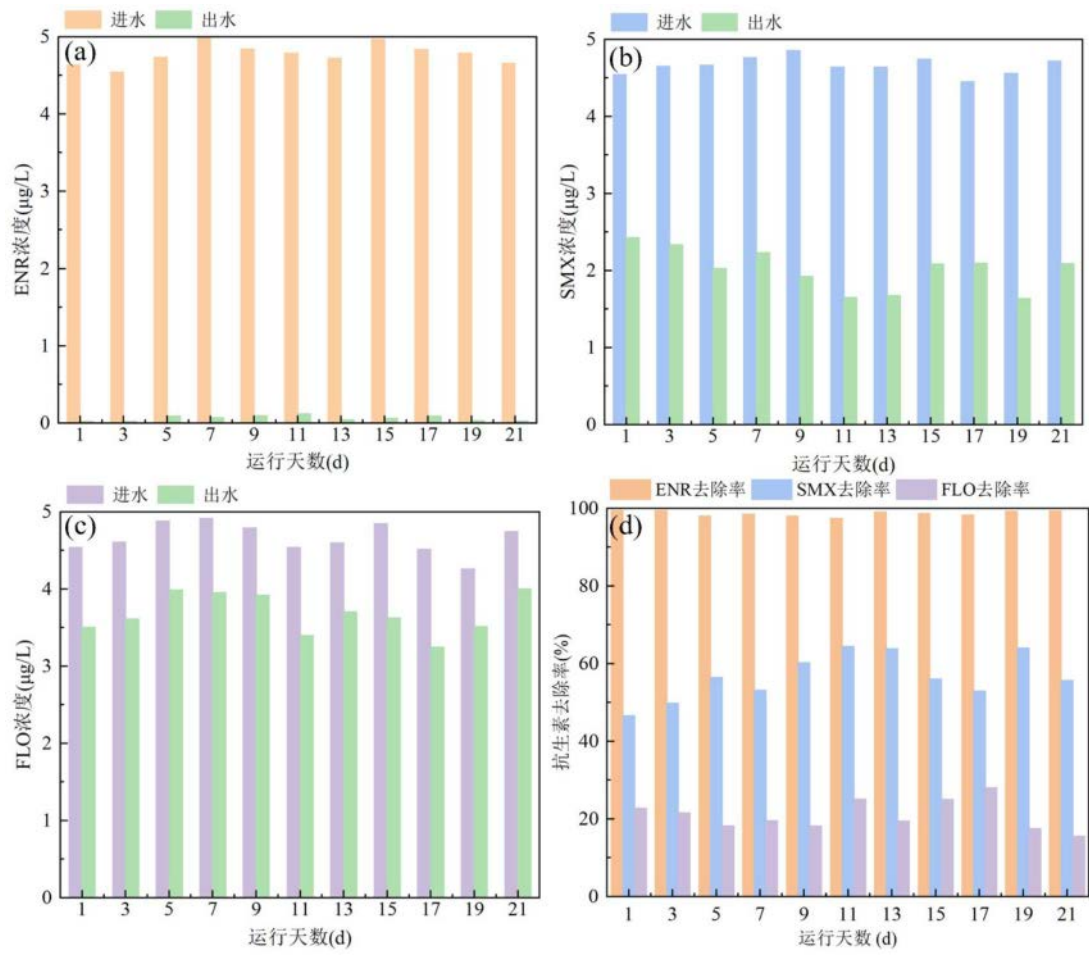


图4