



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114716109 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 08

(21) 申请号 202210423547.7

(22) 申请日 2022.04.21

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 朱斌 钟彩英 刘伟 焦雅雯

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102

专利代理师 江裕强

(51) Int. Cl.

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 101/16 (2006.01)

C02F 101/10 (2006.01)

C02F 101/30 (2006.01)

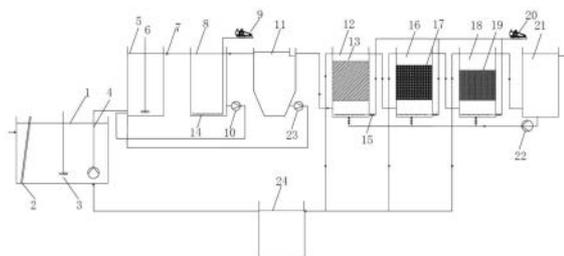
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种污水脱氮除磷处理系统及工艺

(57) 摘要

本发明涉及一种污水脱氮除磷处理系统及工艺;该系统包括依次通过管道连接的调节池、缺氧池、好氧池、二沉池、复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池及清水池;好氧池和二沉池通过回流管道连接缺氧池;复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池中分别填有复合填料、铝土矿滤料、方解石滤料;复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反洗进水口与清水池出水口相连接;方解石滤料由多个方解石颗粒组成。本发明不直接在污水中投加可溶性铝盐、碱和酸,而是利用含磷污水、硫杆菌、复合填料、滤料和空气的生物、物理、化学性质,通过生化产酸、中和、沉淀、吸附、滤过截留等作用,达到除磷和磷资源回收一举兼得的效果,具备操作简单、滤料更换周期长等特点。



1. 一种污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,包括依次通过管道连接的调节池、缺氧池、好氧池、二沉池、复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池及清水池;好氧池和二沉池通过回流管道连接缺氧池;复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池中分别填有复合填料、铝土矿滤料、方解石滤料;复合填料主要由单质硫颗粒和铝矾土熟料颗粒组成;铝土矿滤料由多个铝矿石生料组成;方解石滤料由多个方解石颗粒组成。

2. 根据权利要求1所述的污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,单质硫颗粒和铝矾土熟料颗粒重量比为1:1~2:1;单质硫颗粒的粒径为2~5mm,硫的质量含量大于98%;铝矾土熟料颗粒的粒径为2~5mm,氧化铝质量含量大于80%;复合填料13的填充高度为2~3m。

3. 根据权利要求1所述的污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,铝土矿滤料17粒径为2~5mm,氧化铝含量 $\geq 65\%$,铝土矿滤料填充高度为1.3~2m。

4. 根据权利要求1所述的污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,方解石颗粒的粒径为2~3mm,碳酸钙含量 $\geq 98\%$;方解石滤料填充高度为1~1.5m。

5. 根据权利要求1所述的污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反洗进水口与清水池出水口相连接;复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反洗出水口与沉淀池出水口相连接;沉淀池出水口与调节池进水口相连接;调节池和缺氧池分别设有第一搅拌机和第二搅拌机;调节池还设有格栅;调节池和缺氧池通过管道连接是指在调节池中设有提升泵,提升泵通过管道连接缺氧池;二沉池采用竖流式沉淀池。

6. 根据权利要求5所述的污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,清水池底部通过管道分别与设置在复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池底部的反洗布水管连接,管道上设有反洗泵。

7. 根据权利要求1所述的污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,第一风机通过管道与设置在好氧池底部的管道连通,管道上均匀设有多个气孔;第二风机分别与设置在复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池底部的反洗布气管道连接,反洗布气管道上均匀设有多个气孔。

8. 根据权利要求1所述的污水脱氮除磷处理系统,其特征在於,所述的好氧池与缺氧池连接的管道上设有污水回流泵;所述的二沉池与缺氧池连接的管道上设有污泥回流泵;回收池通过管道分别与调节池的底部、复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池的顶部连通;复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的填料或者滤料下端都设有承托层,承托层的厚度为0.4~0.6m,由粒径为10-50mm的鹅卵石按级配要求组成。

9. 根据权利要求1-8任一项所述的系统的污水脱氮除磷处理工艺,其特征在於包括如下步骤:

1) 脱氮除碳:待处理污水自流进入调节池,水力停留时间为10h以上,待处理污水从调节池提升到缺氧池,混合,水力停留1~3h,控制污泥浓度为3500~4000mg/L;缺氧池的出水进入好氧池,水力停留3~6h、控制污泥浓度3000~4000mg/L;好氧池的出水进入二沉池,控制表面负荷为 $0.7\sim 1.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$;

2) 除磷:二沉池出水从复合填料池的底部流入,在溶解氧浓度为4~6mg/L,水流上升流速为0.5~1.5m/h的条件下,硫杆菌将单质硫氧化生成硫酸,将待处理的污水pH降低到2~3;复合填料池出水进入铝土矿滤池,控制滤料层中水流上升流速1.5m/h或停留时间为0.5h

~1.5h,酸性污水将铝土矿中的铝离子溶出; Al^{3+} 与磷酸盐形成难溶性 $AlPO_4$;当pH值上升至5~6时, Al^{3+} 发生水合反应生成絮状 $Al(OH)_3$ 沉淀,吸附去除水体中的总磷;铝土矿滤池出水流入方解石滤料池,控制滤料层中水流上升流速1.5m/h;过滤截留含磷悬浮物和调节出水pH至6~8。

10.根据权利要求9所述的污水脱氮除磷处理工艺,其特征在于,所述的除磷还包括反洗和磷资源回收;所述的反洗是复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池进行气水联合反冲洗;气水联合反冲洗的冲洗强度为水流量为 $4\sim 6L/(m^2 \cdot s)$ 、气流量 $10\sim 15L/(m^2 \cdot s)$,反冲洗时间为5~15min;

所述的磷资源回收是复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反冲洗出水进入回收池中,经静置、过滤工艺进行固液分离,实现磷资源回收。

一种污水脱氮除磷处理系统及工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及污水深度处理系统,具体涉及一种污水脱氮除磷处理系统;同时,本发明还涉及污水脱氮除磷处理工艺。

背景技术

[0002] 随着我国城市化进程的加快,污水排放量日益增大,导致大量的氮、磷元素排放到自然水体造成水体富营养化,水体生态平衡受到破坏。对污水进行脱氮除磷处理,是防止水体富营养化的重要措施。

[0003] 目前对污水进行脱氮除磷处理主流工艺是采用具有脱氮除磷功能活性污泥法。具有生物脱氮除磷功能活性污泥工艺比较典型的工艺有:SBR工艺、A/A/O(厌氧/缺氧/好氧)、改良型氧化沟等等。但采用活性污泥法脱氮除磷一个重要的影响因素就是水质条件,当C:N、C:P比例失调时,处理效果就会变差。实际上我国的污水处理厂进水水质受气候条件、管网的完善程度等多因素的影响,有机碳的浓度普遍偏低,造成出水的TN、TP指标经常超标。为解决超标问题,往往采用补充碳源和化学辅助除磷措施,造成运行成本提高,污泥量增大。

[0004] 针对污水中碳源不足问题,国内专家学者提出许多方法,包括厌氧氨氧化脱氮、短程硝化反硝化脱氮,折点加氯脱氮、化学沉淀法除磷、树脂吸附法除磷,电解法除磷等等。但均存在操作条件控制难,或运行成本高等各种问题,而难以工程化。

[0005] 鉴于传统污水除磷工艺的不足,近年来升起多种污水脱氮除磷工艺,其中硫自养同步脱氮除磷是其中一个热点。在中国发明专利申请CN109293164A公开的一种污水深度脱氮除磷的方法中,即采用了硫自养反硝化工艺,其具体原理为以填料中的单质硫为电子供体,以硝酸盐为电子受体将硝氮还原为氮气,从而在反硝化过程中起到同步除磷脱氮的效果,同时为了降低硫自养过程中产生的 H^+ 浓度过高而影响到反硝化体系pH平衡,发明者选取了白云石滤料进行中和。在中国发明专利申请CN112340845A中,发明人在硫自养反硝化脱氮工艺中采用以鸡蛋壳或者贝壳类体与单质硫的混合物为填料,达到反硝化除磷目的。以上两个专利文件中,发明人为实现深度脱氮除磷,均联合生物除磷和硫自养脱氮技术。

[0006] 中国发明专利申请CN111732188A公开了一种利用反硝化滤床进行同步脱氮除磷方法及处理工艺,其原理是在厌氧条件下,脱氮硫杆菌在生化过程产生 H^+ 促进菱铁矿滤料中的 Fe^{2+} 溶出, Fe^{2+} 及其氧化生成的 Fe^{3+} 进一步与污水中的可溶性磷酸盐生成不溶的磷酸盐沉淀。中国发明专利申请CN102603064A公开了一种含氮磷污水同步脱氮除磷方法,其原理是硫化亚铁颗粒作为一种填料,既能提供 S^0 用于培养脱氮硫杆菌,又能在微酸条件下溶解产生 Fe^{2+} 用于沉淀水中的磷,从而达到深度除磷效果。以上两个专利文件中,发明人为实现深度脱氮除磷,采用厌氧条件下硫自养脱氮技术,以含铁矿石中和硫自养菌将硝酸盐还原为氮气时产生的酸,溶解产生 Fe^{2+} 用于沉淀水中的磷,实现同步脱氮除磷。厌氧条件下硫自养同步脱氮除磷工艺,以天然铁矿石和单质硫做原料,具有天然矿石滤料成本低的优势。但厌氧条件下滤料容易堵塞,滤料失效快,同时硫铁耦合工艺无法避免污水管道的腐蚀以及

处理后的出水发黄现象。

发明内容

[0007] 为解决现有技术工程中应用存在的上述缺陷,本发明目的在于提供一种简便、高效、不添加药剂、不产生二次污染、能脱氮除磷并实现磷资源的回收的污水脱氮除磷处理系统及工艺。

[0008] 本发明的目的通过如下技术方案实现:

[0009] 一种污水脱氮除磷处理系统,包括依次通过管道连接的调节池、缺氧池、好氧池、二沉池、复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池及清水池;好氧池和二沉池通过回流管道连接缺氧池;复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池中分别填有复合填料、铝土矿滤料、方解石滤料;复合填料主要由单质硫颗粒和铝矾土熟料颗粒组成;铝土矿滤料由多个铝矿石生料组成;方解石滤料由多个方解石颗粒组成。

[0010] 为进一步实现本发明目的,优选地,单质硫颗粒和铝矾土熟料颗粒重量比为1:1~2:1;单质硫颗粒的粒径为2~5mm,硫的质量含量大于98%;铝矾土熟料颗粒的粒径为2~5mm,氧化铝质量含量大于80%;复合填料13的填充高度为2~3m。

[0011] 优选地,铝土矿滤料17粒径为2~5mm,氧化铝含量 $\geq 65\%$,铝土矿滤料填充高度为1.3~2m。

[0012] 优选地,方解石颗粒的粒径为2~3mm,碳酸钙含量 $\geq 98\%$;方解石滤料填充高度为1~1.5m。

[0013] 优选地,复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反洗进水口与清水池出水口相连接;复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反洗出水口与沉淀池出水口相连接;沉淀池出水口与调节池进水口相连接;调节池和缺氧池分别设有第一搅拌机和第二搅拌机;调节池还设有格栅;调节池和缺氧池通过管道连接是指在调节池中设有提升泵,提升泵通过管道连接缺氧池;二沉池采用竖流式沉淀池。

[0014] 优选地,清水池底部通过管道分别与设置在复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池底部的反洗布水管连接,管道上设有反洗泵。

[0015] 优选地,第一风机通过管道与设置在好氧池底部的管道连通,管道上均匀设有多个气孔;第二风机分别与设置在复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池底部的反洗布气管道连接,反洗布气管道上均匀设有多个气孔。

[0016] 优选地,所述的好氧池与缺氧池连接的管道上设有污水回流泵;所述的二沉池与缺氧池连接的管道上设有污泥回流泵;回收池通过管道分别与调节池的底部、复合填料池、铝土矿滤池、方解石滤池的顶部连通;复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的填料或者滤料下端都设有承托层,承托层的厚度为0.4~0.6m,由粒径为10-50mm的鹅卵石按级配要求组成。

[0017] 一种污水脱氮除磷处理工艺,包括如下步骤:

[0018] 1) 脱氮除碳:待处理污水自流进入调节池,水力停留时间为10h以上,待处理污水从调节池提升到缺氧池,混合,水力停留1~3h,控制污泥浓度为3500~4000mg/L;缺氧池的出水进入好氧池,水力停留3~6h、控制污泥浓度3000~4000mg/L;好氧池的出水进入二沉池,控制表面负荷为 $0.7\sim 1.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$;

[0019] 2) 除磷:二沉池出水从复合填料池的底部流入,在溶解氧浓度为4~6mg/L,水流上升流速为0.5~1.5m/h的条件下,硫杆菌将单质硫氧化生成硫酸,将待处理的污水pH降低到2~3;复合填料池出水进入铝土矿滤池,控制滤料层中水流上升流速1.5m/h或停留时间为0.5h~1.5h,酸性污水将铝土矿中的铝离子溶出; Al^{3+} 会与磷酸盐形成难溶性 $AlPO_4$;当pH值上升至5~6时, Al^{3+} 发生水合反应生成絮状 $Al(OH)_3$ 沉淀,吸附去除水体中的总磷;铝土矿滤池出水流入方解石滤料池,控制滤料层中水流上升流速1.5m/h;过滤截留含磷悬浮物和调节出水pH至6~8。

[0020] 优选地,所述的除磷还包括反洗和磷资源回收;所述的反洗是复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池进行气水联合反冲洗;气水联合反冲洗的冲洗强度为水流量为4~6L/($m^2 \cdot s$)、气流量10~15L/($m^2 \cdot s$),反冲洗时间为5~15min;

[0021] 所述的磷资源回收是复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反冲洗出水流入回收池中,经静置、过滤工艺进行固液分离,实现磷资源回收。

[0022] 相对于现有技术,本发明具有如下优点:

[0023] 1.相对于厌氧条件下的硫铁耦合工艺来说,本发明采用的是基于好养条件下的硫铝耦合工艺,具备有同等处理效果,但不会导致滤料易堵塞、出水带色以及出现“返色”的问题。

[0024] 2.本发明中复合填料池含有均匀混合的两种填料,其目的在于,一方面可以增大两种填料间的孔隙,提高硫单质传递速率,相对于单一硫磺填料,这更有利于提高硫杆菌对单质硫的利用效率;另一方面在酸性的条件性,铝可以溶出 Al^{3+} ,为除磷阶段提供更多金属沉淀离子。

[0025] 3.本发明不直接在污水中投加可溶性铝盐、碱和酸,而是利用含磷污水、硫杆菌、复合填料、滤料和空气的生物、物理、化学性质,通过生化产酸、中和、沉淀、吸附、滤过截留等作用,达到除磷和磷资源回收一举兼得的效果,具备操作简单、滤料更换周期长等特点。

附图说明

[0026] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并构成本申请的一部分,并不构成对本发明的不当限定,在附图中

[0027] 图1为本发明污水脱氮除磷处理系统示意图;

[0028] 图2为本发明污水脱氮除磷处理系统工艺流程图;

[0029] 图3为实施例1总磷、总氮去除效果及出水pH值示意图;

[0030] 图4为实施例1COD去除效果示意图;

[0031] 图5为实施例2总磷、总氮去除效果及出水pH值示意图;

[0032] 图6为实施例2COD去除效果示意图;

[0033] 图7为实施例3总磷、总氮去除效果及出水pH值示意图;

[0034] 图8为实施例3COD去除效果示意图。

[0035] 图中示出:调节池1、格栅2、第一搅拌机3、提升泵4、缺氧池5、第二搅拌机6、水流方向7、好氧池8、第一风机9、污水回流泵10、二沉池11、复合填料池12、复合填料13、气孔14、止回阀15、铝土矿滤池16、铝土矿滤料17、方解石滤池18、方解石滤料19、第二风机20、清水池21、反洗泵22、污泥回流泵23、回收池24。

具体实施方式

[0036] 以下结合具体实施例及附图对本发明技术方案作进一步的描述,但本发明的实施方式及保护范围不限于此。

[0037] 如图1所示,一种污水脱氮除磷处理系统,包括依次通过管道连接的调节池1、缺氧池5、好氧池8、二沉池11、复合填料池12、铝土矿滤池16、方解石滤池18及清水池21;好氧池8和二沉池11通过回流管道连接缺氧池5;复合填料池12、铝土矿滤池16、方解石滤池18中分别填有复合填料13、铝土矿滤料17、方解石滤料19;复合填料池12、铝土矿滤池16和方解石滤池18的反洗进水口与清水池21出水口相连接。复合填料池12、铝土矿滤池16和方解石滤池18的反洗出水口与沉淀池11出水口相连接;沉淀池11出水口与调节池1进水口相连接。

[0038] 复合填料13主要由单质硫颗粒和铝矾土熟料颗粒组成;单质硫颗粒和铝矾土熟料颗粒重量比为1:1~2:1;单质硫颗粒的粒径为2~5mm,硫的质量含量大于98%;铝矾土熟料颗粒的粒径为2~5mm,氧化铝质量含量大于80%;复合填料13的填充高度为2~3m。

[0039] 铝土矿滤料17由多个铝矿石生料组成,铝土矿滤料17粒径为2~5mm,氧化铝含量 $\geq 65\%$,铝土矿滤料填充高度为1.3~2m。

[0040] 方解石滤料19由多个方解石颗粒组成,方解石颗粒的粒径为2~3mm,碳酸钙含量 $\geq 98\%$;方解石滤料填充高度为1~1.5m。

[0041] 调节池1和缺氧池5分别设有第一搅拌机3和第二搅拌机6;调节池1设有格栅2,格栅2用于去除水中漂浮物。调节池1和缺氧池5通过管道连接是指在调节池1中设有提升泵4,提升泵4通过管道连接缺氧池5,将待处理污水从调节池经提升泵提升到缺氧池。

[0042] 第一风机9通过管道与设置在好氧池8底部的管道连通,管道上均匀设有多个气孔14。

[0043] 第二风机20分别与设置在复合填料池12、铝土矿滤池16、方解石滤池18底部的反洗布气管道连接,反洗布气管道上均匀设有多个气孔。

[0044] 清水池21底部通过管道分别与设置在复合填料池12、铝土矿滤池16、方解石滤池18底部的反洗布水管连接,管道上设有反洗泵22。

[0045] 好氧池8与缺氧池5连接的管道上设有污水回流泵10。

[0046] 二沉池11与缺氧池5连接的管道上设有污泥回流泵23。

[0047] 回收池24通过管道分别与调节池1的底部、复合填料池12、铝土矿滤池16、方解石滤池18的顶部连通。

[0048] 复合填料池12、铝土矿滤池16和方解石滤池18的填料或者滤料下端都设有承托层,承托层的厚度为0.4~0.6m,由粒径为10-50mm的鹅卵石按级配要求组成。

[0049] 优选复合填料池12的外观尺寸为 $\varnothing 1.3 \times 3.5 \sim 2.0 \times 4.5$ m;铝土矿滤池16的池体外观尺寸为 $\varnothing 1.2 \times 2.5 \sim 1.7 \times 3.5$ m。方解石滤池18的池体外观尺寸为 $\varnothing 1.0 \times 1.5 \sim 1.7 \times 2.0$ m。

[0050] 优选调节池外观尺寸为 $4 \times 4 \times 3.0 \sim 5 \times 5 \times 3.5$ m,缺氧池外观尺寸为 $2.0 \times 1.0 \times 2.8 \sim 3.0 \times 1.2 \times 2.8$ m,好氧池外观尺寸为 $2.0 \times 1.7 \times 2.8 \sim 3.0 \times 2.3 \times 2.8$ m。

[0051] 如图2所示,一种污水脱氮除磷处理工艺,包括以下步骤:

[0052] 1) 脱氮除碳阶段:

[0053] 待处理污水自流进入调节池,水力停留时间为10h以上,待处理污水从调节池提升到缺氧池,其内部设有水力混合装置,水力停留时间为1~3h,污泥浓度在3500~4000mg/L。

在缺氧池中反硝化菌以有机碳为电子供体,好氧池回流过来的硝酸盐为电子受体,将硝酸盐还原为氮气,同时降解有机碳。在好氧池中有有机碳被进一步降解,氨氮在硝化菌的作用下转化为硝酸盐,通过回流将硝酸盐送到缺氧池脱氮。缺氧池的出水进入好氧池,其水力停留时间为3~6h、污泥浓度3000~4000mg/L池内设有曝气装置和回流泵。好氧池的出水进入二沉池,二沉池采用竖流式沉淀池,表面负荷为 $0.7\sim 1.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。二沉池配置有污泥回流泵。

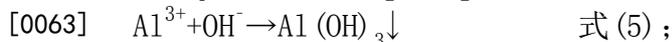
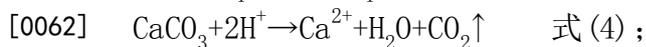
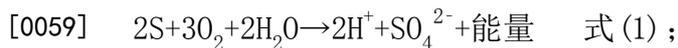
[0054] 2) 除磷阶段:

[0055] 二沉池出水从复合填料池的底部流入,在溶解氧浓度为 $4\sim 6\text{mg/L}$,水流上升流速为 $0.5\sim 1.5\text{m/h}$ 的条件下,硫杆菌将单质硫氧化生成硫酸,将待处理的污水pH降低到 $2\sim 3$,如下面的式(1)所示。

[0056] 复合填料池出水进入铝土矿滤池,控制滤料层中水流上升流速 1.5m/h 或停留时间为 $0.5\text{h}\sim 1.5\text{h}$,酸性污水将铝土矿中的铝离子溶出,如下面的式(2)所示,同时污水的pH值有所提高。在此阶段, Al^{3+} 会与磷酸盐形成难溶性 AlPO_4 ,如下面的式(3)所示。当pH值上升至 $5\sim 6$ 时, Al^{3+} 会发生水合反应生成絮状 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,吸附去除水体中的总磷,如下面的式(5)所示;

[0057] 铝土矿滤池出水流入方解石滤料池,控制滤料层中水流上升流速 1.5m/h 。方解石滤料的作用是过滤截留含磷悬浮物和调节出水pH至 $6\sim 8$,如下面的式(4)所示;

[0058] 上述步骤涉及的反应式如下:



[0064] 3) 反洗阶段:

[0065] 所述复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池根据运行情况气水联合反冲洗。气水联合反冲洗的冲洗强度为水流量为 $4\sim 6\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、气流量 $10\sim 15\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,反冲洗时间为 $5\sim 15\text{min}$ 。

[0066] 4) 磷资源回收阶段:

[0067] 所述复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池的反冲洗出水进入所述回收池中,经静置、过滤工艺将其固—液分离,从而达到磷资源回收目的;该工艺所获得的磷资源可用作土地肥料。

[0068] 实施例1

[0069] 待处理的污水为广州市某农村污水处理站, COD_{Cr} 为 $80\sim 150\text{mg/L}$,总氮浓度 $19\sim 31\text{mg/L}$,总磷浓度 $2\sim 4\text{mg/L}$,处理规模为 $100\text{m}^3/\text{d}$ 。因村庄位于环境敏感区域,要求出水指标符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A排放标准要求。

[0070] 污水处理工艺采用:调节池+缺氧池+好氧池+二沉池+复合填料池+铝土矿滤池+方解石滤池。

[0071] 本方法中脱氮除碳阶段为缺氧池、好氧池、二沉池的一种组合。

[0072] 待处理污水自流进入外形尺寸为 $5\times 5\times 3.5\text{m}$ 的调节池,调节池的水力停留时间为 12h ,调节池内设有搅拌装置和污水提升泵。污水经提升泵提升到缺氧池,缺氧池外形尺寸

为 $3.0 \times 1.2 \times 2.8\text{m}$ 、水力停留时间为 2.0h ，实测污泥浓度在 $3500 \sim 3900\text{mg/L}$ 左右，池内设有水力混合装置。缺氧池的出水进入好氧池，好氧池外形尺寸为 $3.0 \times 2.3 \times 2.8\text{m}$ 、水力停留时间为 4.0h 、实测污泥浓度在 $3500 \sim 4000\text{mg/L}$ 左右，池内设有曝气装置和回流泵。好氧池的出水进入二沉池，二沉池采用竖流式沉淀池，表面负荷为 $1.0\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。二沉池配置有污泥回流泵。待处理污水经脱氮除碳阶段，出水总氮浓度为 $7 \sim 16\text{mg/L}$ ， COD_{Cr} 浓度为 $11 \sim 34\text{mg/L}$ ，总磷浓度 $2 \sim 4\text{mg/L}$ 。

[0073] 经脱氮除碳阶段的待处理污水进入除磷阶段，除磷阶段包含了复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池。

[0074] 二沉池的出水进入复合填料池，复合填料池水力停留时间为 2.0h 。复合填料池外形尺寸为 $\varnothing 2.0 \times 4.5\text{m}$ ，内设硫磺+铝土矿复合填料（硫磺、铝土矿按照重量比为 $2:1$ 进行均匀混合，鹅卵石承托层高 0.6m ，复合填料铺设高度为 3m ）和曝气装置。出水溶解氧浓度控制在 5mg/L 左右， pH 控制在 $2 \sim 3$ 。复合填料池的出水进入铝土矿滤池，铝土矿滤池水力停留时间为 1.0h 。铝土矿滤池外形尺寸为 $\varnothing 1.7 \times 3.5\text{m}$ ，内设铝矿石滤料，其鹅卵石承托层高 0.5m ，铝土矿滤料铺设高度为 2m 。铝土矿滤池的出水进入方解石滤池，方解石滤池水力停留时间为 1.0h 。方解石滤池外形尺寸为 $\varnothing 1.7 \times 2.0\text{m}$ ，内设方解石滤料，其鹅卵石承托层高 0.5m ，方解石滤料铺设高度为 1.2m 。

[0075] 经除磷阶段处理后的农村污水总磷、总氮去除效果及出水 pH 值如图3所示， COD 去除效果如图4所示，最终出水水质： $\text{COD}_{\text{Cr}} < 35\text{mg/L}$ 、总磷浓度 $< 0.5\text{mg/L}$ 、总氮浓度 $< 15\text{mg/L}$ ， $\text{pH} 6.5 \sim 7.6$ ，符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A排放标准。

[0076] 系统运行了2月后，出水水质不稳定，因此对铝土矿滤池和方解石滤池进行气水联合反冲洗。气水联合反冲洗的冲洗强度为水流量为 $6\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、气流量 $15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，反冲洗时间为 15min ，反洗之后出水各指标均符合城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A排放标准。

[0077] 对铝土矿滤池和方解石滤池的反冲洗出水流进入回收池中，经静置、过滤工艺将其固-液分离，形成污泥沉淀物，磷元素得以回收。磷回收率约为 46% 。

[0078] 实施例2

[0079] 待处理的污水为广州市某农村污水处理站， COD_{Cr} 为 $55 \sim 120\text{mg/L}$ ，总氮浓度 $22 \sim 33\text{mg/L}$ ，总磷浓度 $2 \sim 4\text{mg/L}$ ，处理规模为 $75\text{m}^3/\text{d}$ 。

[0080] 污水处理工艺采用：调节池+缺氧池+好氧池+二沉池+复合填料池+铝土矿滤池+方解石滤池。

[0081] 本方法中脱氮除碳阶段为缺氧池、好氧池、二沉池的一种组合。

[0082] 待处理污水自流进入外形尺寸为 $5 \times 5 \times 3.0\text{m}$ 的调节池，调节池的水力停留时间为 12h ，调节池内设有搅拌装置和污水提升泵。污水经提升泵提升到缺氧池，缺氧池外形尺寸为 $2.5 \times 1.0 \times 2.8\text{m}$ 、水力停留时间为 2.0h ，污泥浓度在 $3300 \sim 3900\text{mg/L}$ 左右，池内设有水力混合装置。缺氧池的出水进入好氧池，好氧池外形尺寸为 $2.5 \times 2.1 \times 2.8\text{m}$ 、水力停留时间为 4.0h 、污泥浓度 $3300 \sim 3850\text{mg/L}$ 左右，池内设有曝气装置和回流泵。好氧池的出水进入二沉池，二沉池采用竖流式沉淀池，表面负荷为 $1.0\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。二沉池配置有污泥回流泵。待处理污水经脱氮除碳阶段，出水总氮浓度为 $7 \sim 17\text{mg/L}$ ， COD_{Cr} 浓度为 $30 \sim 42\text{mg/L}$ ，总磷浓度 $2 \sim 4\text{mg/L}$ 。

[0083] 经脱氮除碳阶段的待处理污水进入除磷阶段,除磷阶段包含了复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池。

[0084] 二沉池的出水进入复合填料池,复合填料池水力停留时间为2.0h。复合填料池外形尺寸为 $\phi 1.5 \times 4.5$ m,内设硫磺+铝土矿复合填料(硫磺、铝土矿按照重量比为2:1进行均匀混合,鹅卵石承托层高0.5m,复合填料铺设高度为2.5m)和曝气装置,复合填料池出水溶解氧浓度控制在6mg/L左右,pH控制在2~3。复合填料池的出水进入铝土矿滤池,水力停留时间为1.0h。铝土矿滤池外形尺寸为 $\phi 1.3 \times 3.5$ m,内设铝矿石滤料,其鹅卵石承托层高0.5m,铝土矿滤料铺设高度2m。铝土矿滤池的出水进入方解石滤池,水力停留时间为0.5h。方解石滤池外形尺寸为 $\phi 1.3 \times 2.0$ m,内设方解石滤料,其鹅卵石承托层高0.5m,方解石滤料铺设高度1.2m。

[0085] 经除磷阶段处理后的农村污水总磷、总氮去除效果及出水pH如图5所示,COD去除效果如图6所示,最终出水水质:COD_{Cr}<43mg/L、总磷浓度<0.5mg/L、总氮浓度<15mg/L,pH6.5~7.3,符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A排放标准。

[0086] 系统运行了1.5月后,对铝土矿滤池和方解石滤池进行气水联合反冲洗。气水联合反冲洗的冲洗强度为水流量为6L/(m²·s)、气流量15L/(m²·s),反冲洗时间为10min,反洗之后系统保持稳定,出水各指标均符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A排放标准。

[0087] 对铝土矿滤池和方解石滤池的反冲洗出水流进入回收池中,经静置、过滤工艺将其固液分离,形成污泥沉淀物,磷元素得以回收。磷回收率约为57%。

[0088] 实施例3

[0089] 待处理的污水为广州市某农村污水处理站,COD_{Cr}为50~100mg/L,总氮浓度15~29mg/L,总磷浓度2~4mg/L,处理规模为50m³/d。

[0090] 污水处理工艺采用:调节池+缺氧池+好氧池+二沉池+复合填料池+铝土矿滤池+方解石滤池。

[0091] 本方法中脱氮除碳阶段为缺氧池、好氧池、二沉池的一种组合。

[0092] 待处理污水自流进入外形尺寸为4.0×4.0×3.0m的调节池,调节池的水力停留时间为15h,调节池内设有搅拌装置和污水提升泵。污水经提升泵提升到缺氧池,缺氧池外形尺寸为2.0×1.0×2.8m、水力停留时间为2.0h,污泥浓度在3500~4000mg/L左右,池内设有水力混合装置。缺氧池的出水进入好氧池,好氧池外形尺寸为2.0×1.7×2.8m、水力停留时间为4.0h、污泥浓度3600~4000mg/L左右,池内设有曝气装置和回流泵。好氧池的出水进入二沉池,二沉池采用竖流式沉淀池,表面负荷为0.7m³/m²·h。二沉池配置有污泥回流泵。待处理污水经脱氮除碳阶段,出水总氮浓度为6~9mg/L,COD_{Cr}浓度为10~35mg/L,总磷浓度2~4mg/L。

[0093] 经脱氮除碳阶段的待处理污水进入除磷阶段,除磷阶段包含了复合填料池、铝土矿滤池和方解石滤池。

[0094] 二沉池的出水进入复合填料池,复合填料池水力停留时间为2.0h。复合填料池外形尺寸为 $\phi 1.3 \times 3.5$ m,内设硫磺+铝土矿复合填料(硫磺、铝土矿按照重量比为1:1进行均匀混合,鹅卵石承托层高0.4m,复合填料铺设高度为2.0m)和曝气装置,复合填料池出水溶解氧浓度控制在6mg/L左右,pH控制在2~3。复合填料池的出水进入铝土矿滤池,水力停留时

间为0.5h。铝土矿滤池外形尺寸为 $\varnothing 1.0 \times 2.5 \text{m}$ ，内设铝矿石滤料，其鹅卵石承托层高0.4m，铝土矿滤料铺设高度2m。铝土矿滤池的出水进入方解石滤池，水力停留时间为0.5h。方解石滤池外形尺寸为 $\varnothing 1.0 \times 1.5 \text{m}$ ，内设方解石滤料，其鹅卵石承托层高0.4m，方解石滤料铺设高度1.2m。

[0095] 经除磷阶段处理后的农村污水总磷、总氮去除效果及出水pH值如图7所示、COD去除效果如图8所示，最终出水水质： $\text{COD}_{\text{Cr}} < 35 \text{mg/L}$ 、总磷浓度 $< 0.5 \text{mg/L}$ 、总氮浓度 $< 9 \text{mg/L}$ ， $\text{pH} 6.5 \sim 7.4$ ，符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A排放标准。

[0096] 系统运行了20d后，对铝土矿滤池和方解石滤池进行气水联合反冲洗。气水联合反冲洗的冲洗强度为水流量为 $4 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、气流量 $10 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，反冲洗时间为5min，反洗之后系统保持稳定，出水各指标均符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A排放标准。

[0097] 对铝土矿滤池和方解石滤池的反冲洗出水流进入回收池中，经静置、过滤工艺将其固液分离，形成污泥沉淀物，磷元素得以回收，磷回收率约36%。

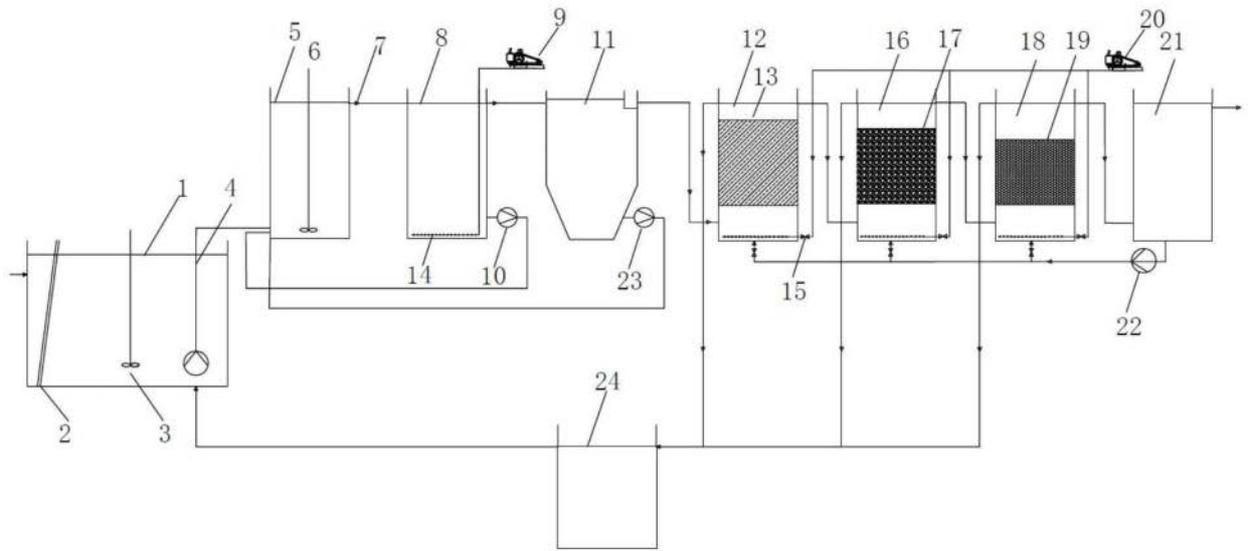


图1

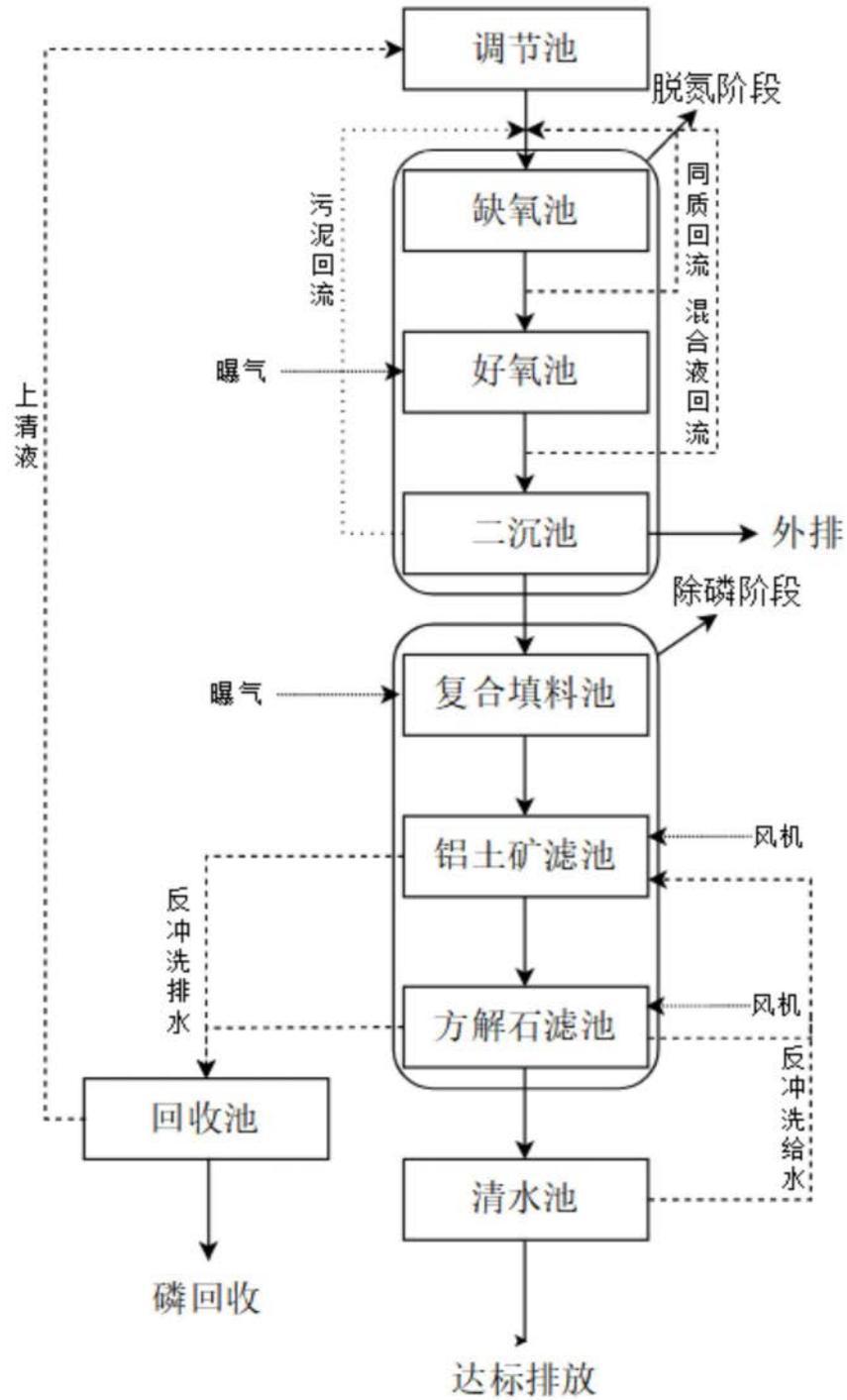


图2

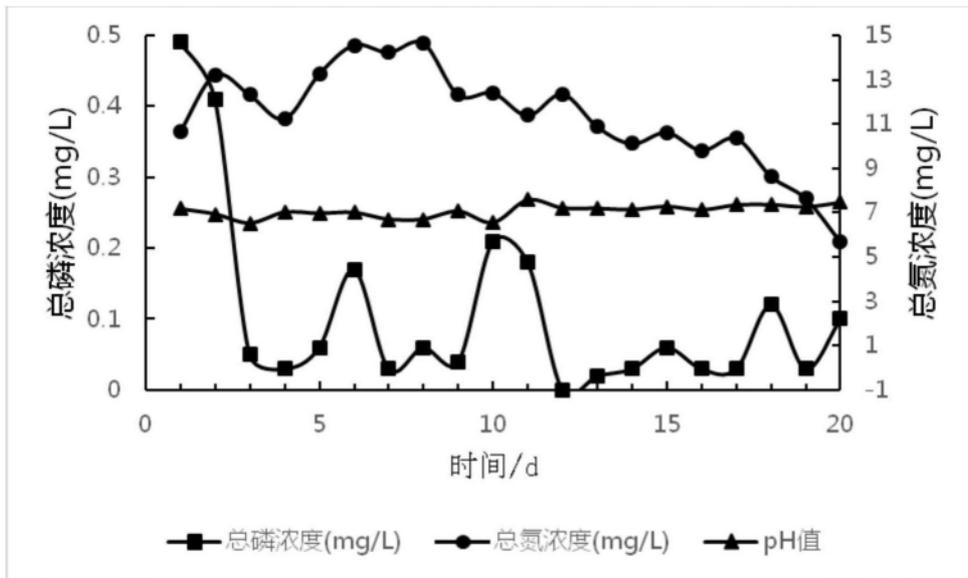


图3

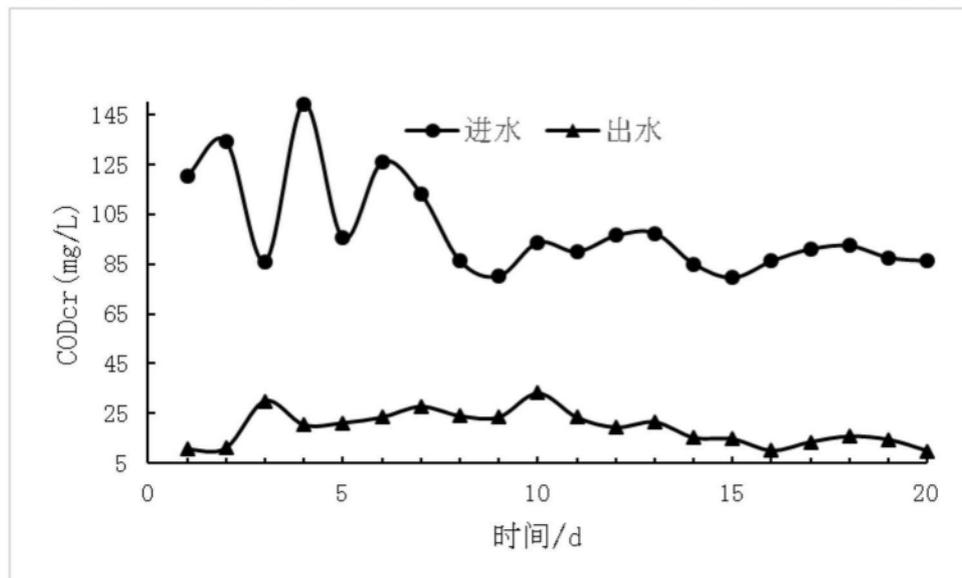


图4

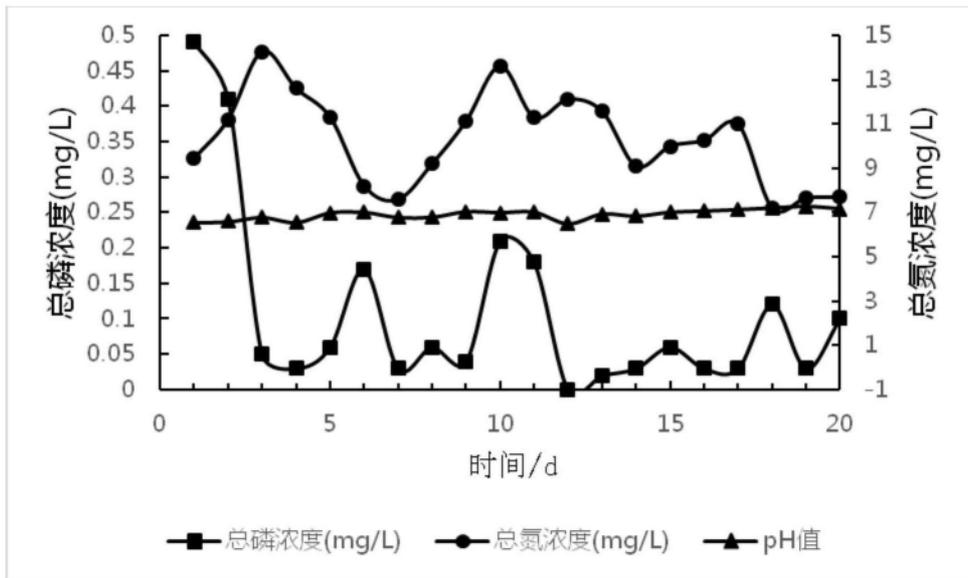


图5

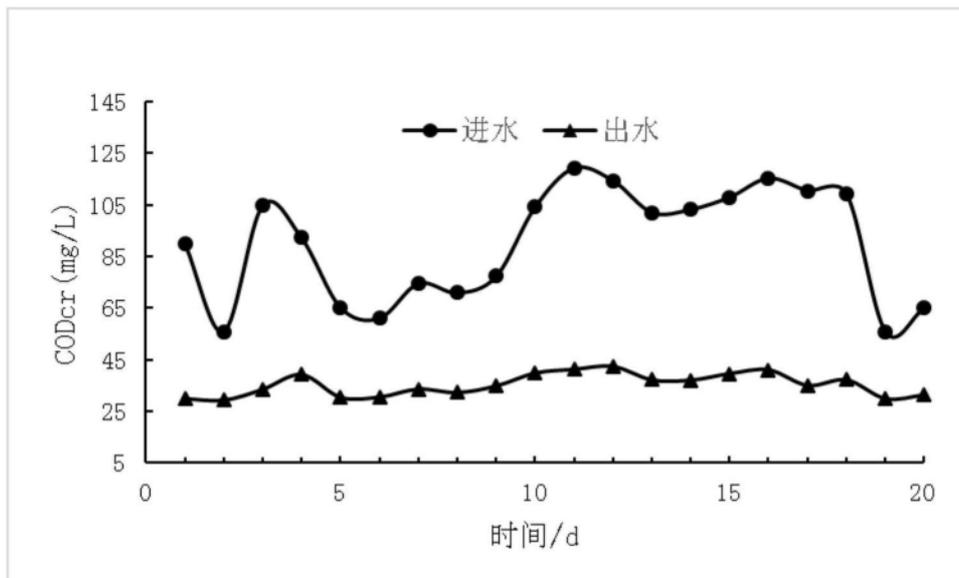


图6

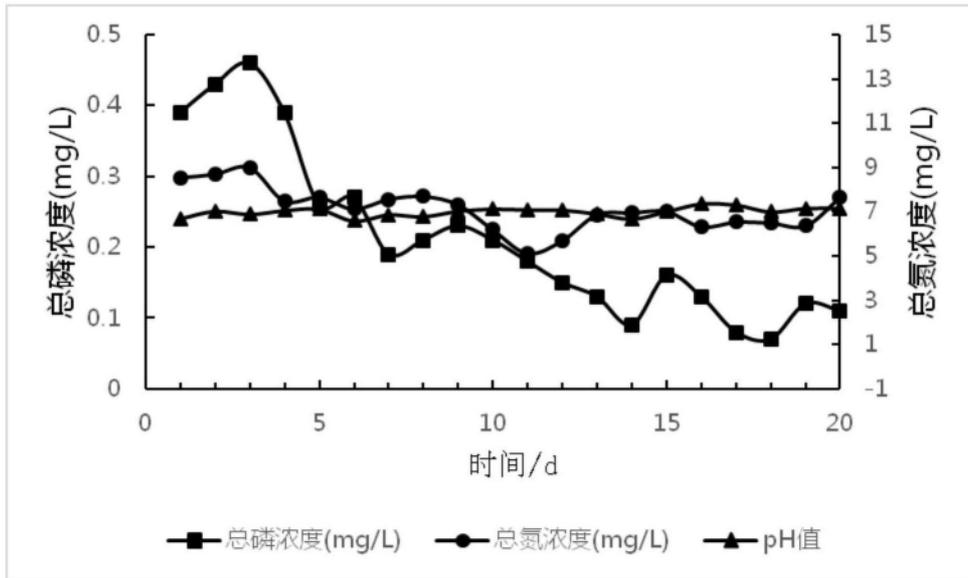


图7

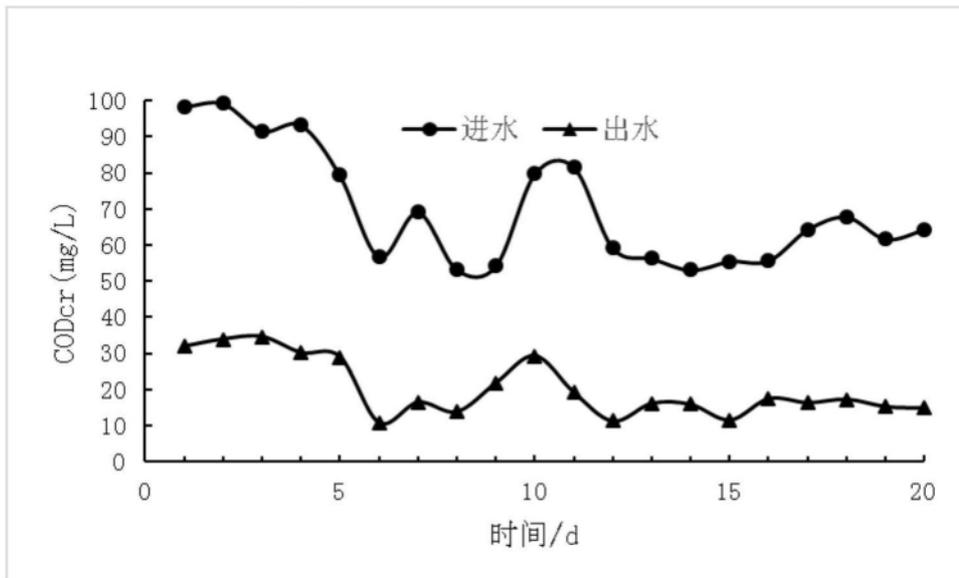


图8