



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115849602 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 28

(21) 申请号 202211515904.9

C02F 3/02 (2023.01)

(22) 申请日 2022.11.29

C02F 3/10 (2023.01)

(71) 申请人 同济大学

C02F 7/00 (2006.01)

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

C02F 101/16 (2006.01)

申请人 杭州余杭环境控股集团有限公司

C02F 101/30 (2006.01)

(72) 发明人 陈洪斌 黄伟平 郎俊曜 唐贤春
蒋天一 丁明强 张志琴

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

专利代理师 林君如

(51) Int. Cl.

C02F 9/00 (2023.01)

C02F 3/30 (2023.01)

C02F 1/28 (2023.01)

C02F 1/00 (2023.01)

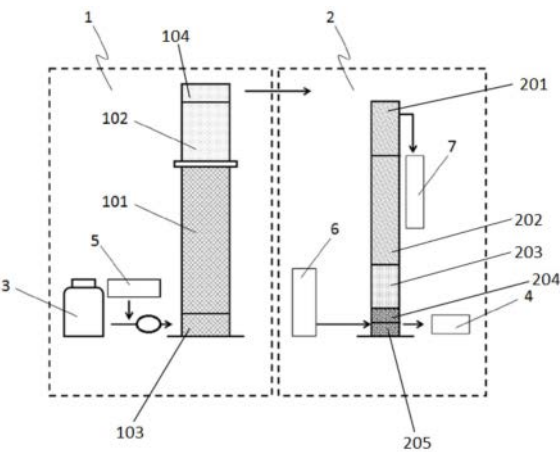
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种污水深度脱氮和协同去除污染物的方法与系统

(57) 摘要

本发明涉及一种污水深度脱氮和协同去除污染物的方法与系统,系统包括:串联设置的深度脱氮和残余外碳源清除单元与双介质深床过滤单元;其中深度脱氮和残余外碳源清除单元包括串联设置的反硝化区与曝气区,所述的反硝化区与曝气区内分别填充有高比表面积悬浮填料;双介质深床过滤单元包括沿液流方向、一上一下依次堆叠设置的吸附层与过滤层。与现有技术相比,本发明利用改性高比表面积流化载体结合深度脱氮工艺与双介质过滤池系统处理污水厂尾水,不仅可高效稳定去除总氮及残余碳源,而且有效脱色除浊、去除微量新兴污染物,降低消毒副产物的生成量。



1. 一种污水处理系统,其特征在于,包括串联设置的深度脱氮和残余外碳源清除单元(1)与双介质深床过滤单元(2);其中,

所述的深度脱氮和残余外碳源清除单元(1)包括串联设置的反硝化区(101)与曝气区(102),所述的反硝化区(101)与曝气区(102)内分别填充有高比表面积悬浮填料;

所述的双介质深床过滤单元(2)包括沿液流方向、一上一下依次堆叠设置的吸附层与过滤层。

2. 根据权利要求1所述的一种污水处理系统,其特征在于,所述的高比表面积悬浮填料的比表面积为 $800\sim 3000\text{m}^2/\text{m}^3$;所述的反硝化区(101)内,高比表面积悬浮填料填充量为40~80%,污水停留时间为1~3h;所述的曝气区(102)内,高比表面积悬浮填料的填充量为20~50%,污水停留时间为0.5~1h。

3. 根据权利要求1所述的一种污水处理系统,其特征在于,所述的高比表面积悬浮填料的形状为球状、柱状、棘轮状或海绵块状。

4. 根据权利要求1所述的一种污水处理系统,其特征在于,所述的反硝化区(101)与曝气区(102)之间通过栅栏或隔网分开,所述的反硝化区(101)内设有搅拌装置,所述的曝气区(102)内设有空气扩散器。

5. 根据权利要求4所述的一种污水处理系统,其特征在于,所述的反硝化区(101)与曝气区(102)并列设置或一下一上堆叠设置。

6. 根据权利要求1所述的一种污水处理系统,其特征在于,所述的吸附层中所用吸附材料为活性炭颗粒或生物炭颗粒,粒径为0.8~2mm,厚度为1.6~2.2m;所述的过滤层中所用过滤材料为石英砂、陶粒或火山岩,粒径为0.6~1.3mm,过滤层厚度为0.6~0.8m。

7. 根据权利要求1所述的一种污水处理系统,其特征在于,所述的过滤层下还设有承托层,所述的承托层中所用承托材料包括卵石或石英砂,厚度为0.1~0.3m;

该系统还包括设于承托层下的空气扩散管和反冲洗布水管。

8. 一种基于如权利要求1至7任一项所述系统的污水处理方法,其特征在于,该方法包括:

将待处理污水与外加碳源一同送入深度脱氮和残余外碳源清除单元(1),依次送入反硝化区(101)与曝气区(102),再送入双介质深床过滤单元(2),得到过滤后的回收净水。

9. 根据权利要求8所述的一种污水处理方法,其特征在于,所述的曝气区(102)内,溶解氧为4~7mg/L。

10. 根据权利要求8所述的一种污水处理方法,其特征在于,所述的双介质深床过滤单元(2)中,滤速为5-8m/h。

一种污水深度脱氮和协同去除污染物的方法与系统

技术领域

[0001] 本发明属于污水处理技术领域,涉及一种污水深度脱氮和协同去除新兴污染物的方法与系统。

背景技术

[0002] 城市污水厂尾水是经过常规物化与生物处理后符合国家排放标准的出厂水,具有水量大、水质稳定和受季节气候影响小的特点,应用价值潜力大。尾水回用于绿化或景观水体、河道等生态补水是南方城市节水的重要途径,然而尾水的总氮等指标仍偏高,排入天然河道导致受纳水体的水质等级下降或出现富营养化等问题,因此需要对尾水进行深度脱氮等净化处理。此外,我国节水型城市指标要求城市再生水利用率高于25%,即要求部分尾水深度处理后循环回用。进一步地说,需要额外设置深度处理环节提高尾水水质,特别是硝态氮作为尾水中氮的主要形态,反硝化脱氮是去除总氮、满足补水回用的主要需求,其它包括色度、新兴污染物等也需有效去除,这就使得开发新型高效且成本效益高的深度脱氮、净化水质的方法十分必要。

[0003] 现有污水处理厂深度脱氮多采用反硝化生物滤池工艺,填料以硬质颗粒填料为主,反冲洗设施复杂、滤料层容易出现板结、短流和跑砂、冬季低温条件下外碳源消耗高等问题,有时外碳源与待去除总氮的投配比例超过10:1。城市污水处理厂现有处理设施或回用设施缺乏新兴污染物的去除能力或去除效率低,对色度、浊度的去除效果差。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是针对常见生物脱氮工艺在反硝化深度脱氮中外碳源投加量大、填料层容易板结等不足,提供一种污水深度脱氮和协同去除新兴污染物的方法与系统。本发明旨在利用改性高比表面积流化载体结合深度脱氮工艺与双介质过滤池系统实现污水厂尾水或二沉池出水的生物深度脱氮和去除微量新兴污染物,降低消毒副产物的生成量,适用于城市污水或生活污水、工业污水的高标准排放和再生利用等需求,也适合小型污水处理领域的深度处理和达标排放。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种污水处理系统,包括串联设置的深度脱氮和残余外碳源清除单元与双介质深床过滤单元;其中,

[0007] 所述的深度脱氮和残余外碳源清除单元包括串联设置的反硝化区与曝气区,所述的反硝化区与曝气区内分别填充有高比表面积悬浮填料,其比表面积介于 $800\sim 3000\text{m}^2/\text{m}^3$ 之间;

[0008] 所述的双介质深床过滤单元包括沿液流方向、一上一下依次堆叠设置的吸附层与过滤层。

[0009] 进一步地,所述的高比表面积悬浮填料的比表面积为 $800\sim 3000\text{m}^2/\text{m}^3$;所述的反硝化区内,高比表面积悬浮填料的填充量为40~80%,污水停留时间为1~3h;所述的曝气区

内,高比表面积悬浮填料的填充量为20~50%,污水停留时间为0.5~1h。

[0010] 进一步地,所述的高比表面积悬浮填料的形状为球状、柱状、棘轮状或海绵块状。

[0011] 进一步地,所述的反硝化区与曝气区之间通过栅栏或隔网分开,所述的反硝化区内设有搅拌装置,所述的曝气区内设有空气扩散器。

[0012] 进一步地,所述的反硝化区与曝气区并列设置或一下一上堆叠设置。

[0013] 进一步地,所述的吸附层中所用吸附材料为活性炭颗粒或生物炭颗粒,粒径为1~2mm,吸附层厚度为1.6~2.2m;所述的过滤层中所用过滤材料为石英砂、陶粒或火山岩,粒径为0.6~1.3mm,吸附层厚度为0.6~0.8m。

[0014] 进一步地,所述的过滤层下还设有承托层,所述的承托层中所用承托材料包括卵石或石英砂,厚度为0.1~0.3m;

[0015] 该系统还包括设于承托层下的空气扩散管和反冲洗布水管。

[0016] 一种基于上述系统的污水处理方法,包括:

[0017] 将待处理污水与外加碳源一同送入深度脱氮和残余外碳源清除单元,依次送入反硝化区与曝气区,再送入双介质深床过滤单元,得到过滤后的回收净水。

[0018] 进一步地,所述的曝气区内,溶解氧为4~7mg/L。

[0019] 进一步地,所述的双介质深床过滤单元中,滤速为5-8m/h。

[0020] 本发明不仅能够实现污水深度脱氮和新兴污染物等的高效率同步去除,而且处理方法简单,尤其是深度脱氮的填料处于流化状态,其生物膜更新无需专用的反冲洗设施,而且外碳源投加量少,能够在冬季低温等条件下实现良好的出水总氮浓度;双层介质过滤能够有效去除包括新兴污染物在内的微量有机污染物和浊度,净化后的再生水没有色度,满足多种回用需求。

[0021] 本发明具有设备简单易维护、药剂使用量少、运行成本低的特点,适用于不同规模的城市污水厂深度处理与回用的特定指标的污染物高效率去除,还适合工业废水的深度处理和直接达标排放。

[0022] 与现有技术相比,本发明具有以下特点:

[0023] 1) 本发明利用改性高比表面积流化载体结合深度脱氮工艺与双介质过滤池系统处理污水厂尾水或二次沉淀池出水,不仅可高效稳定去除总氮及残余碳源,而且有效脱色除浊、去除微量新兴污染物,降低消毒副产物的生成量;

[0024] 2) 本发明在深度脱氮和残余外碳源清除单元中污水混合外碳源以连续式进水方式进入装置,依次经过反硝化段和好氧除碳段处理,通过投加的改性高比表面积流化载体进行生物脱氮除碳,避免滤料层出现板结或短流现象。

附图说明

[0025] 图1为实施例1中一种污水处理系统的结构示意图;

[0026] 图2为实施例1~2中反硝化段进水、曝气除碳单元出水,检测水样中COD及总氮在反硝化段、曝气除碳单元在不同实验条件下的水质状况;

[0027] 图3为实施例1~2中曝气除碳单元出水、双介质过滤单元出水,检测水样中色度、浊度在双介质过滤单元在不同实验条件下的水质状况;

[0028] 图4为实施例1中双介质过滤单元的进水、出水,检测水样中新兴污染物在双介质

过滤单元的净化效果;

[0029] 图中标记说明:

[0030] 1-深度脱氮和残余外碳源清除单元、101-反硝化区、102-曝气区、103-进水区、104-超高区、2-双介质深床过滤单元、201-跌水区、202-活性炭层、203-石英砂层、204-承托层、205-出水区、3-进水桶、4-出水桶、5-加药桶、6-反冲洗进水管、7-反冲洗出水管。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0032] 本发明涉及一种污水深度脱氮和协同去除新兴污染物的方法与系统,主要解决现有污水处理厂深度脱氮多采用反硝化滤池工艺,填料以硬质颗粒填料为主,反冲洗设施复杂、容易出现短流和跑砂、冬季低温季节外碳源消耗高等问题;而且城市污水处理厂现有处理设施或回用设施缺乏微量新兴污染物的去除能力或去除效率低。本发明采用以下方法实现高效深度脱氮和新兴污染物等微量有机物协同去除的功能:污水厂二沉池出水或常规生化处理后的出水首先进入深度反硝化与残余外碳源去除单元,与此同时,外碳源被投加到深度反硝化段,水中硝态氮被高比表面积悬浮生物载体附着生长的反硝化菌还原成氮气,深度脱氮后的水进入本单元的残余外碳源去除段,通过曝气充氧,未彻底消耗的外碳源和部分内源性COD被填料上的好氧微生物去除。富含高溶解氧的出水进入双介质过滤单元,新兴污染物等微量有机物首先被多孔材料吸附去除,并在富氧条件下被微生物氧化分解,水中的悬浮物被石英砂等过滤料截留去除,经过深度脱氮和去除微量有机物后再生水后续进一步消毒后可作为生态补水、补充地下水或景观、工业和居民杂用等途径。

[0033] 具体的,本发明提供一种污水处理系统,包括串联设置的深度脱氮和残余外碳源清除单元1与双介质深床过滤单元2;其中,

[0034] 深度脱氮和残余外碳源清除单元1是在处理单元中加入改性高比表面积悬浮载体,对污水厂二沉池出水或外排尾水进一步处理,以去除总氮并清除外加碳源的残余量;该单元包括串联设置的反硝化区101与用于好氧除碳的曝气区102,所述的反硝化区101与曝气区102内分别填充有高比表面积悬浮填料,材质为聚乙烯、聚丙烯或改性聚氨酯材料等,悬浮填料的形状为球状、柱状、棘轮状或海绵块状;优选为高比表面积悬浮填料。

[0035] 双介质深床过滤单元2采用过滤池或罐的形式,具体是在滤床中添加不同类别的多孔吸附与过滤材料,在一定的流速和溶解氧等条件下,去除深度脱氮和残余外碳源清除单元1出水中的微量有机物、色度和浊度等多种污染物,从而实现多目标回用或生态补水;该单元包括沿液流方向、一上一下依次堆叠设置的吸附层与过滤层。

[0036] 具体的,反硝化区101内,高比表面积悬浮填料的填充量为40~80%,污水停留时间为1~3h;曝气区102内,高比表面积悬浮填料的填充量为20~50%,污水停留时间为0.5~1h。高比表面积悬浮填料的形状为球状、柱状、棘轮状或海绵块状。

[0037] 反硝化区101与曝气区102水平并列设置或竖向组合设置,反硝化区101与曝气区102之间通过栅栏或隔网分开,待处理污水在反硝化区101与曝气区102内相应的呈上向流或推流的流动状态。

[0038] 在一些优选的实施例中,反硝化区101内设有搅拌装置,曝气区102内设有空气扩散器。

[0039] 吸附层中所用吸附材料为活性炭颗粒、生物炭颗粒或其它具有高吸附性能的多孔材料,粒径为1~2mm,吸附层厚度为1.6~2.2m;过滤层中所用过滤材料为石英砂、陶粒或火山岩,粒径为0.6~1.3mm,吸附层厚度为0.6~0.8m。

[0040] 过滤层下还设有承托层,承托层中所用承托材料包括卵石或石英砂,厚度为0.1~0.3m;该系统还包括设于承托层下的空气扩散管和集水管、反冲洗布水管,实现曝气增氧或气水联合反冲洗。

[0041] 一种基于上述系统的污水处理方法,包括:

[0042] 将待处理污水与外加碳源一同送入深度脱氮和残余外碳源清除单元1,依次送入反硝化区101与曝气区102,再送入双介质深床过滤单元2,得到过滤后的回收净水。

[0043] 在一些优选的实施例中,污水厂二沉池出水或外排水首先进入深度脱氮和残余外碳源清除单元1,外加碳源通过计量泵同步加入进水管,待处理污水依次经过深度反硝化段和残余外碳源清除段,然后重力流入双介质深床过滤单元2,过滤后的清水进一步消毒后回用于城市杂用、景观生态补水或者工业生产、循环冷却水补水等。

[0044] 污水流经深度脱氮段时,水下搅拌器推动高比表面积悬浮填料呈流化或流动状态;反硝化后的出水自然进入好氧除碳段,通过空气扩散管曝气控制该区域的溶解氧4~7mg/L。深度脱氮和外碳源去除后的出水自流或泵提升进入双介质过滤单元,滤速控制5~8m/h,水中的各类微量有机物被多孔介质滤料吸附和生物氧化,悬浮物和浊度被石英砂垫层截留。净化后的再生水经过消毒后可外送至不同的用水目的。

[0045] 在一些优选的实施例中,外加碳源包括乙酸钠、葡萄糖、甲醇或复合碳源,外碳源的质量投加量为待去除总氮的3~6倍。

[0046] 本发明不仅能够实现污水深度脱氮和新兴污染物、色度、浊度等的高效率同步去除,而且外碳源投加量少,能够在冬季低温等条件下实现良好的出水总氮浓度,且避免料层板结或短流现象;双层介质过滤能够有效去除包括新兴污染物在内的微量有机污染物和浊度,净化后的再生水没有色度,满足多种回用需求。

[0047] 本发明的深度脱氮用填料处于流化状态,无需专用的反冲洗设施,具有设备简单易维护、药剂使用量少、运行成本低的特点,适用于不同规模的城市污水厂深度处理与回用的特定指标的污染物高效率去除,还适合工业污水的深度处理和直接达标排放。

[0048] 本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0049] 以下实施例中,所用高比表面积悬浮填料的尺寸为20mm×20mm×5mm的长方体块状,自然堆积条件下每升填料的数量为160个;填料内充入密度不同的粉末颗粒,密度1.04~1.10g/cm³;填料的孔隙率为85%。

[0050] 待处理污水取自某净水厂沉淀池出水。

[0051] 实施例1:

[0052] 如图1所示的一种污水处理系统,主要由两根反应柱组成,分别为反硝化与剩余碳源氧化柱、多介质过滤柱。其中,反硝化与剩余碳源氧化柱的底部为进水区103,无填充填料或吸附材料,连通于进水桶3以及用于加入外加碳源的加药桶5,采用上向流的方式,用于避免填料堵住进水口;下部为反硝化区101,与进水区103之间通过滤网分隔,填充40~80%高比表面积悬浮填料,主要作用为深度脱氮;上部为曝气区102,填充20~50%高比表面积悬浮

填料,主要作用为去除多余碳源。多介质过滤柱由上至下分别为活性炭层、石英砂层,二者主要作用为吸附脱色和去除微量有机物、深度净化与去除颗粒态成分;顶部为超高区104,无填充材料,并与曝气区102间设有滤网,起到分离作用,避免填料堵住深度脱氮和残余外碳源清除单元1出水口。

[0053] 多介质过滤柱包括沿液流方向由上至下依次设置的跌水区201、活性炭层202、石英砂层203、承托层204、出水区205,其中出水区205具有中空结构,其连通于反冲洗进水管6与出水桶4,通过滤网与承托区相分隔,以避免活性炭、石英砂流出;跌水区201具有中空结构,其上设有反冲洗出水管7。

[0054] 此外,该系统还包括控制单元,以协同控制进水净化与反冲洗程序的进行。

[0055] 反硝化与剩余碳源氧化柱的柱体直径0.4m,总高4.1m,其中反硝化区的体积约为314L。多介质过滤柱的柱体直径0.2m,总高3.8m,从上至下分别为跌水区、活性炭层、石英砂层、承托层和出水区。

[0056] 一种基于上述系统的污水处理方法,包括以下步骤:

[0057] S1:在温度13℃条件下,污水厂二沉池出水的流量125L/h,外加碳源为无水乙酸钠,溶解于加药桶5中,连续输入进水管,所设置碳氮比例为5.9:1。外碳源混合污水进入PP或PVC塑料材质的深度脱氮和残余外碳源清除单元,在反应器内的流态呈上向流,利用高比表面积悬浮填料上微生物进行脱氮除碳反应,反硝化段、曝气除碳段的水力停留时间分别为2.5h、1.0h。其中,曝气除碳段溶解氧控制在6mg/L左右;

[0058] S2:经过步骤S1处理的出水重力流入双介质过滤单元,滤速控制在6m/h左右,污水中的微量新兴污染物被活性炭滤料吸附和生物氧化,悬浮物和浊度被石英砂垫层截留。

[0059] 双介质过滤单元采用三段式冲洗,流程为:单独气冲洗(5min,20L/(m²·s)),气水联合反冲洗(5min,气冲强度6-8L/(m²·s),水冲强度4L/(m²·s)),最后单独水冲洗(5min,8L/(m²·s)),反冲洗周期约为5d。

[0060] 实施例2:

[0061] 一种基于实施例1中系统的污水处理方法,包括以下步骤:

[0062] S1:在温度25℃条件下,污水进水流量125L/h,外加碳源为无水乙酸钠,溶解于加药桶5中,连续输入进水管,所设置碳氮比例为3.7:1。外碳源混合污水进入PP或PVC塑料材质的深度脱氮和残余外碳源清除单元,在反应器内的流态呈上向流,利用改性高比表面积流化悬浮填料上微生物进行脱氮除碳反应,反硝化段、曝气除碳段的水力停留时间分别为2.5h、1.0h。其中,曝气除碳段溶解氧控制在6mg/L左右。

[0063] S2:经过步骤S1处理的出水重力流入双介质过滤单元,滤速控制在6m/h左右,污水中的微量新兴污染物被活性炭滤料吸附和生物氧化,悬浮物和浊度被石英砂垫层截留。

[0064] 双介质过滤单元采用三段式冲洗,流程为:单独气冲洗(5min,20L/(m²·s)),气水联合反冲洗(5min,气冲强度8L/(m²·s),水冲强度4L/(m²·s)),最后单独水冲洗(5min,8L/(m²·s)),反冲洗周期约为5d。

[0065] 本发明中实施例1~2取反硝化段进水、曝气除碳单元出水、双介质过滤单元出水,检测水样中COD、总氮(TN)、色度、浊度和新兴污染物(抗生素类)在不同温度、碳氮比例条件下的水质状况,结果如图2、图3、图4所示。

[0066] 从图2可知,本发明实施例1~2在反硝化段对TN具有明显的去除效果,去除率分别

为89%、40%，曝气除碳单元能去除多余的碳源，使该单元出水COD均低于15mg/L，满足各种再生水回用要求，符合地表水的排放标准。对比实施例1与实施例2可知，实施例1平均碳氮比例为5.9:1，在冬季低温条件下深度脱氮能使出水总氮符合地表水质量标准，同时也可以回用于工业、农业及市政用途；实施例2平均碳氮比为3.7:1，反硝化段对总氮的去除率达到40%。反硝化段和曝气脱碳单元所投加的高比表面积悬浮生物载体处于流化状态，生物膜更新无需专用的反冲洗设施，同时能够在冬季低温等条件下实现出水总氮浓淡达标。

[0067] 从图3可知，本发明的实施例1~2在双介质过滤单元对色度、浊度净化效果明显，对比该单元的进出水可知对色度的去除率分别为50%、44%，对浊度的去除率分别为45%、34%。通过双介质过滤单元生物活性炭的吸附作用、石英砂的过滤作用，使净化后的再生水色度、浊度明显降低，满足多种回用需求。

[0068] 从图4可知，本发明的实施例1在双介质过滤单元对新兴污染物的净化效果显著，特别是对大环内酯类抗生素的去除率可达到100%的净化效果，对喹诺酮类抗生素、磺胺类抗生素的净化效果达80%以上。该处理单元能进一步提高出水水质，拓展再生水回用途径。

[0069] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改，并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此，本发明不限于上述实施例，本领域技术人员根据本发明的揭示，不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

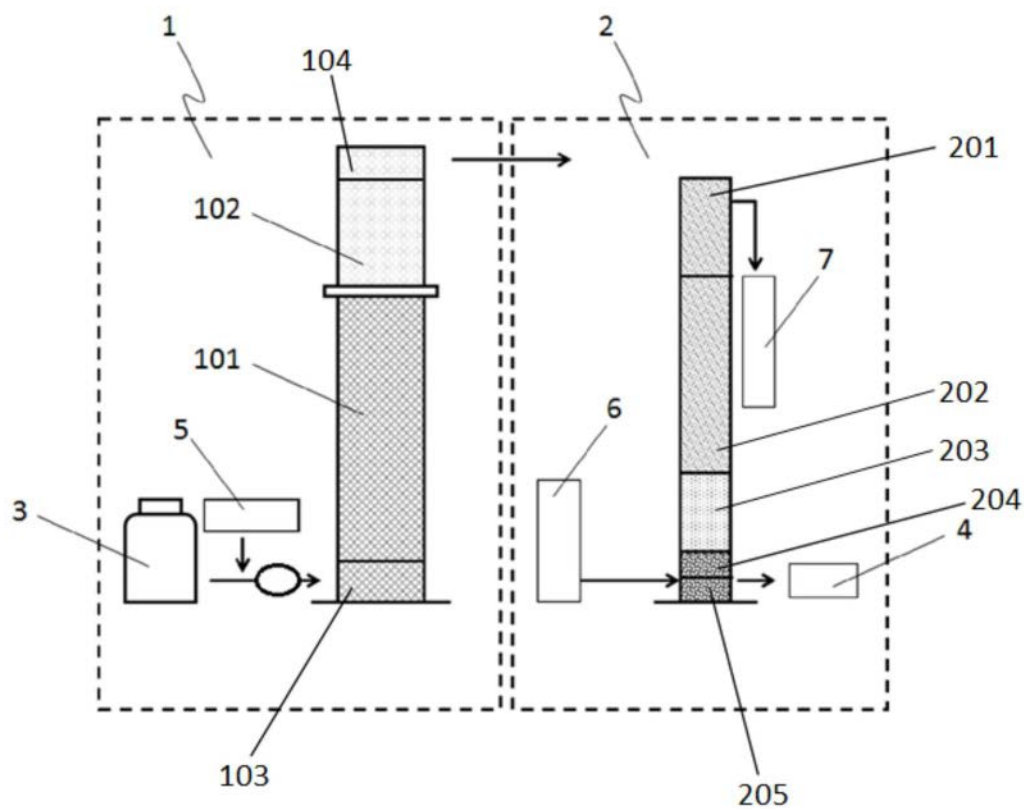


图1

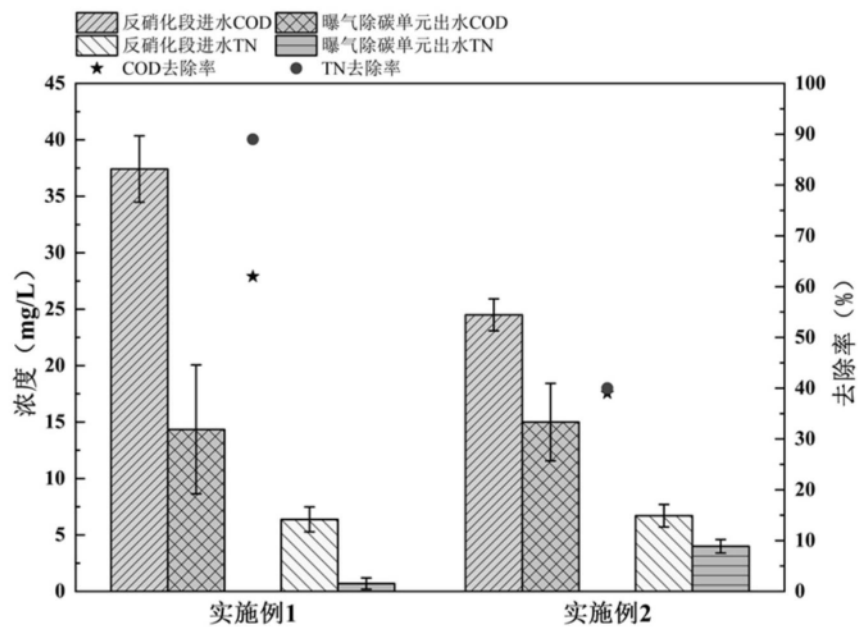


图2

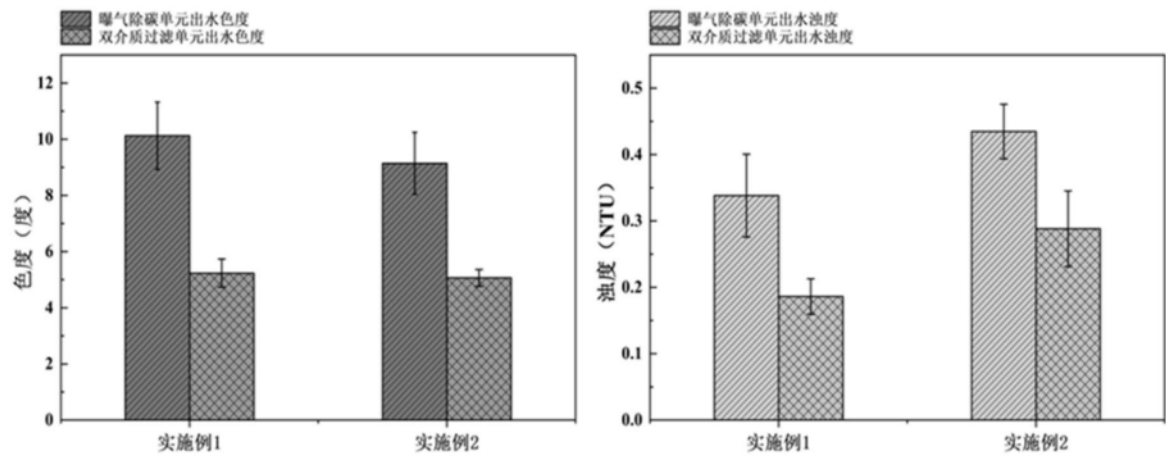


图3

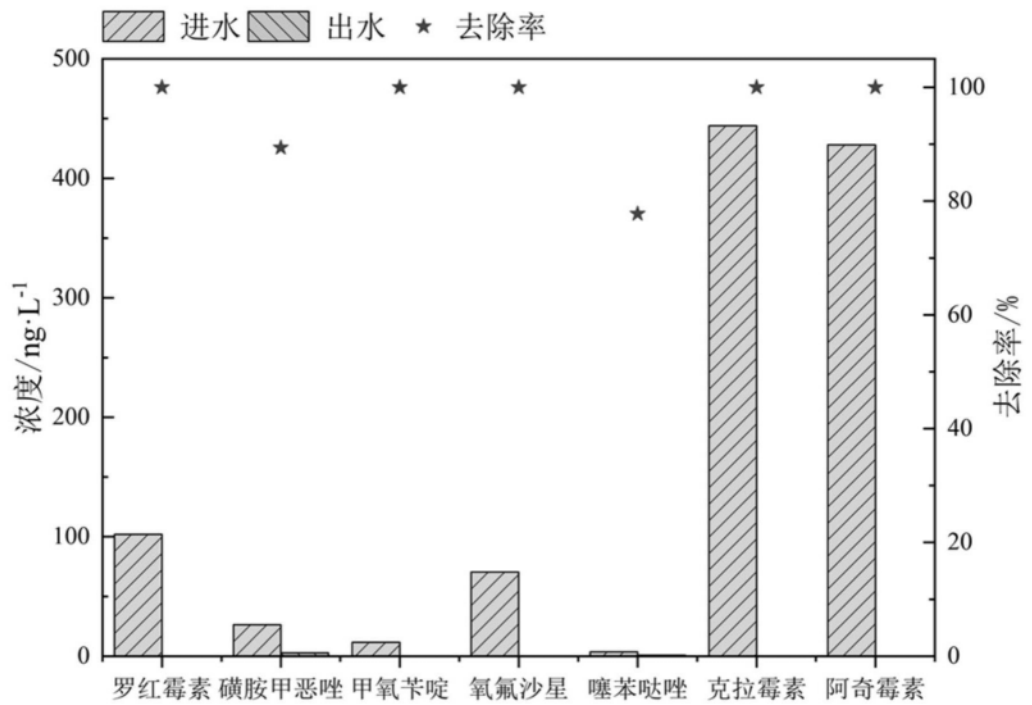


图4