



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111517570 B

(45) 授权公告日 2021.08.27

(21) 申请号 202010342007.7

C02F 101/16 (2006.01)

(22) 申请日 2020.04.27

审查员 王静

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111517570 A

(43) 申请公布日 2020.08.11

(73) 专利权人 交通运输部科学研究院

地址 100029 北京市朝阳区惠新里240号

(72) 发明人 刘学欣 熊新竹 高硕晗 孔亚平

陶双成

(74) 专利代理机构 北京智绘未来专利代理事务

所(普通合伙) 11689

代理人 肖继军 赵卿

(51) Int. Cl.

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 101/10 (2006.01)

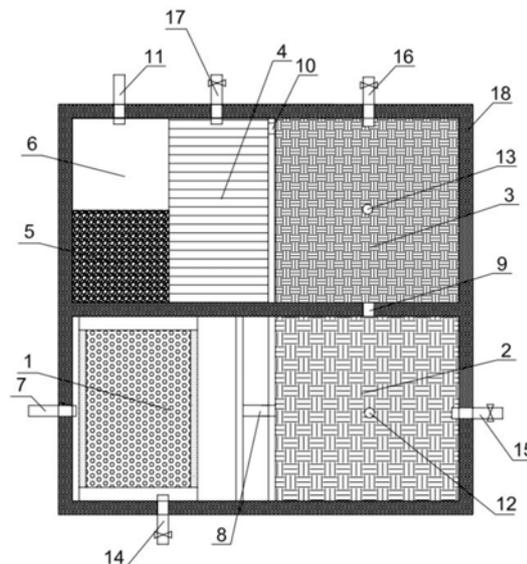
权利要求书3页 说明书11页 附图6页

## (54) 发明名称

一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统及方法

## (57) 摘要

一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统及方法,系统包括:通过管路水力折流联通形成回形结构的综合预处理池(1)、仿海浪预降解床(2)、仿海浪生物床(3)、浅层沉淀池(4)、仿自然过滤池(5)和清水消毒池(6),系统的横截面为矩形,优选为正方形,尤其符合舱体空间狭窄的船舶自身使用需求,高效集约利用有限空间,受船体晃动影响小,又能保证各池体之间将预沉、除油、降解、吸附、后沉、过滤、消毒等工艺彼此衔接、分工协作发挥各自优势,显著提升污水处理效果。能够实现对船舶运行产生的各类污水进行综合处理,避免各类污水分质处理一起系统复杂、投资高的困难,彻底解决船舶水污染问题,达到耐冲击、高效率、低成本、少养护的目的。



1. 一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,包括:通过管路水力折流联通形成回形结构的综合预处理池(1)、仿海浪预降解床(2)、仿海浪生物床(3)、浅层沉淀池(4)、仿自然过滤池(5)和清水消毒池(6),其特征在于,

综合预处理池(1)包括:设置在综合预处理池(1)进水区的隔油除渣篮(19)和垂向设置在综合预处理池(1)空间内的折流挡水模块;

仿海浪预降解床(2)包括:第一孔径兼性生物海绵(28)、载体拦网(29)和滤板(30),载体拦网(29)和滤板(30)水平地设置在仿海浪预降解床(2)的空间内,第一孔径兼性生物海绵(28)填充在载体拦网(29)与滤板(30)之间,第一专属微生物固定在第一孔径兼性生物海绵(28)内部;仿海浪预降解床(2)的顶部设有防浪盖板(31);

仿海浪生物床(3)包括:载体拦网(29)、滤板(30)和第二孔径复合生物海绵(32),载体拦网(29)和滤板(30)水平地设置在仿海浪生物床(3)的空间内,第二孔径复合生物海绵(32)填充在载体拦网(29)与滤板(30)之间,第二专属微生物固定在第二孔径复合生物海绵(32)内部;仿海浪生物床(3)的顶部设有防浪盖板(31),所述第一孔径大于第二孔径;

浅层沉淀池(4)内倾斜设置斜管,将沉淀池分为多层;

仿自然过滤池(5)内填充仿珊瑚多孔陶粒;

仿海浪是指,曝气时,第一孔径兼性生物海绵(28)和第二孔径复合生物海绵(32)及固定在其内部的第一专属微生物和第二专属微生物在载体拦网(29)和滤板(30)之间的空间内呈海浪式翻滚状态;仿海浪预降解床(2)和仿海浪生物床(3)运行操作模拟海洋潮汐起落,分为进水、曝气、沉淀与空载4个阶段,依次在同一反应池中周期往复运行,A.进水阶段:将经过前序处理的污水依次送入仿海浪预降解床(2)和仿海浪生物床(3),使污水与第一孔径兼性生物海绵(28)或第二孔径复合生物海绵(32)混合,使第一专属微生物或第二专属微生物与污水中的营养物接触;进水的同时进行曝气;B.曝气阶段:第一专属微生物或第二专属微生物与污水中营养物质混合接触后相互作用,通过对曝气强度的控制,对污水中污染物进行降解和去除;C.沉淀阶段:停止曝气,使混合液处于静止状态,第一孔径兼性生物海绵(28)或第二孔径复合生物海绵(32)沉向滤板(30);D.空载阶段:沉淀后的污水在停止曝气的条件下,发生厌氧\兼氧反应;第一孔径兼性生物海绵(28)和第二孔径复合生物海绵(32)模仿海洋中天然海绵的弹性多孔结构;仿珊瑚多孔陶粒模仿海洋中天然珊瑚的疏松多孔结构,模拟海洋自身净化过程;

清水消毒池(6)采用消毒剂消毒,并储存中水。

2. 根据权利要求1所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,

所述隔油除渣篮(19)包括:上支板(24)、提拉扶手(25)、底栅板(26)和篮筐侧壁(27),底栅板(26)和篮筐侧壁(27)合围形成篮筐主体结构,上支板(24)设置在篮筐侧壁(27)上部向篮筐主体结构外伸出,提拉扶手(25)设置在上支板(24)上。

3. 根据权利要求2所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,

底栅板(26)采用筛网结构,篮筐侧壁(27)和底栅板(26)采用能够随水位上升而向上浮起的轻体材质。

4. 根据权利要求1或2所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,

所述折流挡水模块包括:彼此平行且垂向设置在综合预处理池(1)空间内的折流板(20)、第一挡水墙(22)和第二挡水墙(23),第一挡水墙(22)和第二挡水墙(23)底部封闭连

接;折流板(20)设置在隔油除渣篮(19)下方,第一挡水墙(22)设置在折流板(20)与第二挡水墙(23)之间。

5.根据权利要求4所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,在第一挡水墙(22)与第二挡水墙(23)之间的半封闭空间内设置与仿海浪预降解床(2)的预降解进水管(8)相连接的提升泵(38)。

6.根据权利要求1所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,第一孔径兼性生物海绵(28)采用裁剪为边长为8-12mm的正方体形状改性聚氨酯,第一专属微生物固定在第一孔径兼性生物海绵(28)内部;

第二孔径复合生物海绵(32)采用裁剪为边长为4-8mm的正方体形状改性聚氨酯,第二专属微生物固定在第二孔径复合生物海绵(32)内部。

7.根据权利要求6所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,第一专属微生物至少包含枯草芽孢杆菌、红细菌和链霉菌;第二专属微生物至少包含芽孢杆菌、微小杆菌和陶厄氏菌。

8.根据权利要求1所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,浅层沉淀池(4)内按设定的角度倾斜设置斜管;斜管采用乙丙共聚塑料材质。

9.根据权利要求8所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,浅层沉淀池(4)按60°倾斜设置斜管。

10.根据权利要求1所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,仿自然过滤池(5)内填充粒径为5-10mm的仿珊瑚多孔陶粒;清水消毒池(6)采用次氯酸钠或臭氧消毒。

11.根据权利要求1所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统还包括:温度保障层(18),温度保障层(18)至少设置在仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统整体四周围,以及仿海浪预降解床(2)的四周围和仿海浪生物床(3)的四周围。

12.根据权利要求11所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,温度保障层(18)从内而外依次包括:硅胶电加热板(33)、聚烯亚胺绝缘膜(34)、备用硅胶电加热板(35)、保温膜(36)和铝箔(37)。

13.根据权利要求12所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于,保温膜(36)采用聚乙烯和玻璃纤维布双层结构。

14.一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用方法,使用根据权利要求1至13中任一项所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,其特征在于包括以下步骤:

步骤1,船舶运行产生的污水经总进水管(7)进入综合预处理池(1),通过隔油除渣篮(19)截留杂物、隔离浮油,通过折流挡水模块使得污水在流动过程中发生折返、翻转;

步骤2,将经综合预处理池(1)综合预处理之后的污水按照潮汐流的运行方式经预降解进水管(8)泵入仿海浪预降解床(2);控制曝气条件,形成低溶解氧的条件,第一孔径兼性生物海绵(28)及固定在其内部的第一专属微生物在载体拦网(29)和滤板(30)之间的空间内呈海浪式翻滚状态,与污水接触反应;

步骤3,仿海浪预降解床(2)出水经由生物进水管(9)折流进入仿海浪生物床(3),控制曝气条件,形成中溶解氧的条件,第二孔径复合生物海绵(32)及固定在其内部的第二专属

微生物在载体拦网(29)和滤板(30)之间的空间内呈海浪式翻滚状态,与污水接触反应;

步骤4,仿海浪生物床(3)出水经浅层沉淀池(4)的后沉进水管(10)进入浅层沉淀池(4),沉淀悬浮物;

步骤5,浅层沉淀池(4)出水进入仿自然过滤池(5),仿自然过滤池(5)内填充的仿珊瑚多孔陶粒,对污水吸附、过滤净化;

步骤6,仿自然过滤池(5)出水进入清水消毒池(6),采用消毒剂消毒后储存作中水使用。

15. 根据权利要求14所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用方法,其特征在于,

所述仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统运行期间,温感装置采集仿海浪预降解床(2)、仿海浪生物床(3)内部污水的温度,当采集到的温度低于启动阈值,温度保障层(18)自动启动电加热,当采集到的温度达到停止阈值,温度保障层(18)自动停止电加热,温度保障层(18)的保温膜(36)发挥恒温功能。

## 一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于交通环保技术领域,具体涉及内河及沿海的船舶污水处理及资源化回用系统及方法。

### 背景技术

[0002] 随着中国国家标准《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552—2018)的颁布实施,对船舶排放污水的五日生化需氧量(生化需氧量,Biochemical oxygen demand,简称BOD,如果进行生物氧化的时间为五天就称为五日生化需氧量,简称BOD<sub>5</sub>)、悬浮物(Suspended Solids,简称SS)、耐热大肠菌群数等污染物的排放要求越来越严格,又增加了化学需氧量(Chemical Oxygen Demand,简称COD)、总氮(Total Nitrogen,简称TN)、氨氮、总磷(Total Phosphorus,简称TP)等指标要求,在指标数量及浓度排放限值上均严于国际防止船舶造成污染公约MARPOL73/78附则IV的国际公约规定。

[0003] 船舶污水一般划分为淋浴室、医务室、厨房、住舱生活污水等灰水,卫生间排水和船底含油污水等,主要含有机物、无机悬浮颗粒、氮、磷、油类等污染物,尤其是含有清洁剂、发泡剂、溶剂等难降解物质,直接排放很容易影响水体生态环境破坏。而且船舶种类很多,例如巡逻艇、散货运输船、军舰、游艇等,人员编制的不同导致污水生产量差距较大,也将直接影响污水处理工艺的选择。

[0004] 不同于城市生活污水,船舶污水处理受船舶自身环境影响,存在诸多限制。船舶生活污水的产生和排放受人类活动影响,波动性大,流量不稳定,如停泊、夜间时间设备一般在低负荷或零负荷运行,中午、晚间时间污水产量会较大;船舶空间有限,处理设施高度一般要小于2m,限制了装置结构、技术方案、设计参数、供氧传递等,而且还要考虑设备安装、维修维护的空间限制;在航行过程中的震动、颠簸、转弯等均会产生倾斜和摇晃,将影响污水处理装置的沉淀、静置效果,而且容易机电设备机械故障;船舶在行使过程可能跨越不同海域,容易引起水温变化,而且船舶各舱室的温度都比较高,也会影响微生物处理效果;一些船舶交替地在淡水区域和海水区域航行,污水的盐分浓度发生变化,影响污水处理微生物活性,成为处理设施出水超标的瓶颈问题;船舶一般不会设有负责管理污水处理的专职人员,污水处理设施管理养护一定要简单;船舶用电来自于自发电,因此设备在满足处理要求的条件下电耗应尽可能低,船舶所用淡水均为陆上运输,淡水使用成本高。

[0005] 船舶污水处理其主要方法有物理法、化学法和生物法,因处理成本和稳定性等方面的优势,生物法成为主流,主要有接触式生物氧化法、活性污泥法、序批式活性污泥法(Sequencing Batch Reactor Activated Sludge Process,简称SBR)、膜生物反应器(Membrane Bio-Reactor,简称MBR)等。

[0006] 随着污水生物处理技术的发展,船舶污水处理一些创新技术发明也多是以MBR法为核心,如现有技术文件1(谢磊等.一种船舶生活污水处理系统[P].CN110482784A,2019-11-22.)、现有技术文件2(王洪琪等.一种新型船用生活污水处理装置[P].CN110255831A,2019-09-20.)、现有技术文件3(向华.船载式生活污水处理系统[P].CN109694155A,2019-

04-30.)、现有技术文件4(朱锦洪等.一种船舶污水处理系统[P].CN109354345A,2019-02-19.)、现有技术文件5(郑涛等.一种船舶生活污水处理系统[P].CN109293128A,2019-02-01.)、现有技术文件6(吴泰峰等.一种船用污水处理系统[P].CN109231687A,2019-01-18.)等。虽然MBR技术具有出水水质好、处理负荷高等优点,但是膜清洗等复杂的管理养护、活性污泥需要良好的固液分离外界环境、运行电耗高等问题,限制了其在船舶污水处理的工程应用。

## 发明内容

[0007] 本发明人针对上述问题,结合船舶污水水质负荷波动性大、空间受限、船体摇晃干扰、温度变化、盐度影响、管理养护简单和运行成本低等特异性需求,进行深入的研究开发,遵循自然规律,从船舶运行的海洋自然环境得到启发,提出一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统及方法。

[0008] 本发明的目的在于,提供一种能够适应船舶污水处理专属需求的船舶污水处理及资源化回用系统及方法,具有空间设计紧凑,温度适应范围大,耐受油类、盐度等冲击负荷能力强,在船体摇晃等条件下出水水质优良、稳定,可实现船内回用,管理养护简单,运行成本低等显著优势,经本系统处理的船舶综合污水可达到《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552—2018)各类水质指标要求。

[0009] 本发明采用如下的技术方案:一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,包括:通过管路水力折流联通形成回形结构的综合预处理池、仿海浪预降解床、仿海浪生物床、浅层沉淀池、仿自然过滤池和清水消毒池,综合预处理池包括:设置在综合预处理池进水区的隔油除渣篮和垂向设置在综合预处理池空间内的折流挡水模块;仿海浪预降解床包括:第一孔径兼性生物海绵、载体拦网和滤板,载体拦网和滤板水平地设置在仿海浪预降解床的空间内,第一孔径兼性生物海绵填充在载体拦网与滤板之间,第一专属微生物固定在第一孔径兼性生物海绵内部;仿海浪预降解床的顶部设有防浪盖板;仿海浪生物床包括:载体拦网、滤板和第二孔径复合生物海绵,载体拦网和滤板水平地设置在仿海浪生物床的空间内,第二孔径复合生物海绵填充在载体拦网与滤板之间,第二专属微生物固定在第二孔径复合生物海绵内部;仿海浪生物床的顶部设有防浪盖板,所述第一孔径大于第二孔径;浅层沉淀池内倾斜设置斜管,将沉淀池分为多层;仿自然过滤池内填充仿珊瑚多孔陶粒;仿海浪是指,曝气时,第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵及固定在其内部的第一专属微生物和第二专属微生物在载体拦网和滤板之间的空间内呈海浪式翻滚状态;仿海浪预降解床和仿海浪生物床运行操作模拟海洋潮汐起落,分为进水、曝气、沉淀与空载4个阶段,依次在同一反应池中周期往复运行;第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵模仿海洋中天然海绵的弹性多孔结构;仿珊瑚多孔陶粒模仿海洋中天然珊瑚的疏松多孔结构,模拟海洋自身净化过程;清水消毒池采用消毒剂消毒,并储存中水。

[0010] 优选地,所述隔油除渣篮包括:上支板、提拉扶手、底栅板和篮筐侧壁,底栅板和篮筐侧壁合围形成篮筐主体结构,上支板设置在篮筐侧壁上并向篮筐主体结构外伸出,提拉扶手设置在上支板上;优选地,底栅板采用筛网结构,篮筐侧壁和底栅板采用能够随水位上升而向上浮起的轻体材质。

[0011] 优选地,所述折流挡水模块包括:彼此平行且垂向设置在综合预处理池空间内的

折流板、第一挡水墙和第二挡水墙，第一挡水墙和第二挡水墙底部封闭连接；优选地，折流板设置在隔油除渣篮下方，第一挡水墙设置在折流板与第二挡水墙之间；优选地，在第一挡水墙与第二挡水墙之间的半封闭空间内设置与仿海浪预降解床的预降解进水管相连接的提升泵。

[0012] 优选地，第一孔径兼性生物海绵采用裁剪为边长为8-12mm的正方体形状改性聚氨酯，第一专属微生物固定在第一孔径兼性生物海绵内部，优选地，第一专属微生物至少包含枯草芽孢杆菌、红细菌和链霉菌；第二孔径复合生物海绵采用裁剪为边长为4-8mm的正方体形状改性聚氨酯，第二专属微生物固定在第二孔径复合生物海绵内部，优选地，第二专属微生物至少包含芽孢杆菌、微小杆菌和陶厄氏菌。

[0013] 优选地，浅层沉淀池内按设定的角度倾斜设置斜管，优选地，斜管采用乙丙共聚级塑料材质；进一步优选地，浅层沉淀池内按60°角倾斜设置斜管。

[0014] 优选地，仿自然过滤池内填充粒径为5-10mm的仿珊瑚多孔陶粒，优选地，清水消毒池采用次氯酸钠或臭氧消毒。

[0015] 优选地，仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统还包括：温度保障层，温度保障层至少设置在仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统整体四周围，以及仿海浪预降解床的四周围和仿海浪生物床的四周围，优选地，温度保障层从内而外依次包括：硅胶电加热板、聚烯亚胺绝缘膜、备用硅胶电加热板、保温膜和铝箔；进一步优选地，保温膜采用聚乙烯和玻璃纤维布双层结构。

[0016] 本发明还提供了一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用方法，使用如上所述的仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统，包括以下步骤：

[0017] 步骤1，船舶运行产生的污水经总进水管进入综合预处理池，通过隔油除渣篮截留杂物、隔离浮油，通过折流挡水模块使得污水在流动过程中发生折返、翻转；

[0018] 步骤2，将经综合预处理池综合预处理之后的污水按照潮汐流的运行方式经预降解进水管泵入仿海浪预降解床；控制曝气条件，形成低溶解氧的条件，第一孔径兼性生物海绵及固定在其内部的第一专属微生物在载体拦网和滤板之间的空间内呈海浪式翻滚状态，与污水接触反应；

[0019] 步骤3，仿海浪预降解床出水经由生物进水管折流进入仿海浪生物床，控制曝气条件，形成中溶解氧的条件，第二孔径复合生物海绵及固定在其内部的第二专属微生物在载体拦网和滤板之间的空间内呈海浪式翻滚状态，与污水接触反应；

[0020] 步骤4，仿海浪生物床出水经浅层沉淀池的后沉进水管进入浅层沉淀池，沉淀悬浮物；

[0021] 步骤5，浅层沉淀池出水进入仿自然过滤池，仿自然过滤池内填充的仿珊瑚多孔陶粒，对污水吸附、过滤净化；

[0022] 步骤6，仿自然过滤池出水进入清水消毒池，采用消毒剂消毒后储存作中水使用。

[0023] 优选地，仿海浪预降解床和仿海浪生物床运行操作模拟海洋潮汐起落，分为进水、曝气、沉淀与空载4个阶段，4个阶段依次在同一反应池中周期往复运行，

[0024] A. 进水阶段：将经过前序处理的污水依次送入仿海浪预降解床和仿海浪生物床，使污水与第一孔径兼性生物海绵或第二孔径复合生物海绵混合，使第一专属微生物或第二专属微生物与污水中的营养物接触；进水的同时进行曝气；

[0025] B.曝气阶段:第一专属微生物或第二专属微生物与污水中营养物质混合接触后相互作用,通过对曝气强度的控制,对污水中污染物进行降解和去除;

[0026] C.沉淀阶段:停止曝气,使混合液处于静止状态,第一孔径兼性生物海绵或第二孔径复合生物海绵沉向滤板;

[0027] D.空载阶段:沉淀后的污水在停止曝气的条件下,发生厌氧\兼氧反应。

[0028] 优选地,所述仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统运行期间,温感装置采集仿海浪预降解床、仿海浪生物床内部污水的温度,当采集到的温度低于启动阈值,温度保障层自动启动电加热,当采集到的温度达到停止阈值,温度保障层自动停止电加热,温度保障层的保温膜发挥恒温功能。

[0029] 本发明的有益效果在于,与现有技术相比:

[0030] (1) 能够实现对船舶运行产生的各类污水进行综合处理,避免各类污水分质处理一起系统复杂、投资高的困难,彻底解决船舶水污染问题。

[0031] (2) 将预沉、除油、降解、吸附、后沉、过滤、消毒等工艺彼此衔接、分工协作发挥各自优势,达到耐冲击、高效率、低成本、少养护的目的。

[0032] (3) 作为海上船舶使用的装置,整个系统从海洋自然环境获取灵感,从系统潮汐流运行方法、微生物载体结构和作用形式、过滤填料结构等多方面模仿海浪运行与海洋生物结构,取得了意想不到的水质净化效果。(4) 采取回转反复结构高效集约将综合预处理池、仿海浪预降解床、仿海浪生物床、浅层沉淀池、仿自然过滤池和清水消毒池六部分单元设置在矩形结构内,尤其符合舱体空间狭窄的船舶自身使用需求。

[0033] (5) 通过采用隔油除渣篮的创新结构,弹性多孔结构的第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵,投加专属微生物能够耐受高盐度、而且具有噬油功能,能够对船舶污水中的机油类物质、盐类等专有污染物进行定向去除,为本发明比普通生活污水处理增加的专项强化净化功能。

[0034] (6) 仿海浪预降解床和仿海浪生物床采取潮汐流的运行方式,通过时序交替间歇曝气营造缺氧、厌氧、兼氧、好氧交替的环境,仿海浪预降解床和仿海浪生物床两个串联单元采取控制曝气时曝气强度的措施,通过空间交替营造缺氧、兼氧、好氧交替的环境,第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵弹性多孔的空间结构,造成宏观好氧及微观厌氧环境,专属微生物具有定向生物除磷功能,并且仿珊瑚多孔陶粒具有强化吸附氮磷功能,上述创新设计共同提升了整个系统的脱氮除磷功能,尤其适合新国标《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552—2018)对氮磷营养物的高去除要求。

[0035] (7) 专属微生物与第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵采取固定化微生物的方式结合,结合力强,而且其模仿天然海绵的弹性多孔结构,使得专属微生物附着在深层多孔结构中,不宜流失,从而船体晃动也对仿海浪预降解床和仿海浪生物床的沉淀阶段反应影响很小。浅层沉淀池设置一系列斜管将沉淀池分为多层,也显著降低船体晃动对沉淀效果的影响。

[0036] (8) 专属微生物本身的温度适应范围较天然微生物大,而且为了保证相对稳定的温度条件,系统外壁设置由五层结构组成的温度保障层,在低温时可自动启动电加热,船舱温度过高时保温膜发挥温度恒定的功能,从而保证系统内水温基本恒定在专属微生物发挥作用的温度最佳温度区间。

[0037] (9) 专属微生物极大降低了对氧气的需求,因此仿海浪预降解床和仿海浪生物床采取潮汐流运行方式,使得曝气系统间歇运行,显著降低了曝气能耗,系统出水可以实现船舶内部中水回用,减少了淡水使用,从而降低了整个系统的运行成本。

[0038] (10) 仿海浪预降解床和仿海浪生物床特有的结构设计,使得曝气时第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵在池内呈海浪式翻滚状态,与氧气反复碰撞、切割,间接起到了自身反冲洗作用,从而避免了人工反冲洗的复杂操作,仿海浪预降解床和仿海浪生物床采取潮汐流运行方式也采取成熟的机电装置全自动控制,可以实现无人值守;专属微生物独特的低耗氧驯化,在保证污水处理效果的同时控制了自身增殖速度,从而大幅降低污泥产量,减少排泥操作。通过上述技术措施,使得整个系统操作维护环节大大减少,需要操作的内容也可以实现全自动控制,无人值守。

[0039] (11) 防浪盖板能够防止污水在曝气量大时溢出,影响船舱卫生条件;专属微生物具有定向脱硫除臭功能,杜绝臭味影响,整个系统具有良好的卫生操作条件。

### 附图说明

[0040] 图1仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统平面图;

[0041] 图2综合预处理池结构图;

[0042] 图3隔油除渣篮结构图;

[0043] 图4仿海浪预降解床结构图;

[0044] 图5仿海浪生物床结构图;

[0045] 图6温度保障层示意图。

[0046] 图中:1-综合预处理池;2-仿海浪预降解床;3-仿海浪生物床;4-浅层沉淀池;5-仿自然过滤池;6-清水消毒池;7-总进水管;8-预降解进水管;9-生物进水管;10-后沉进水管;11-总排水管;12-预降解布气管;13-生物布气管;14-预处理排泥管;15-预降解排泥管;16-生物排泥管;17-后沉排泥管;18-温度保障层;19-隔油除渣篮;20-折流板;21-篮框支架;22-第一挡水墙;23-第二挡水墙;24-上支板;25-提拉扶手;26-底栅板;27-篮筐侧壁;28-第一孔径兼性生物海绵;29-载体拦网;30-滤板;31-防浪盖板;32-第二孔径复合生物海绵;33-硅胶电加热板;34-聚烯亚胺绝缘膜;35-备用硅胶电加热板;36-保温膜;37-铝箔;38-提升泵。

### 具体实施方式

[0047] 下面结合附图对本申请作进一步描述。

[0048] 以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本申请的保护范围。

[0049] 如图1所示,一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统包括:通过管路水力折流联通形成回形结构的综合预处理池1、仿海浪预降解床2、仿海浪生物床3、浅层沉淀池4、仿自然过滤池5和清水消毒池6。所述仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统的横截面为矩形,优选为正方形,尤其符合舱体空间狭窄的船舶自身使用需求,高效集约利用有限空间,又能保证各池体之间将预沉、除油、降解、吸附、后沉、过滤、消毒等工艺彼此衔接、分工协作发挥各自优势,显著提升污水处理效果。能够实现对船舶运行产生的各类污水进行综

合处理,避免各类污水分质处理一起系统复杂、投资高的困难,彻底解决船舶水污染问题,达到耐冲击、高效率、低成本、少养护的目的。

[0050] 船舶运行产生的灰水、黑水和含油污水经污水管道收集后通过总进水管7进入综合预处理池1。如图2所示,综合预处理池1包括:总进水管7、预处理排泥管14、隔油除渣篮19、折流板20、篮框支架21、第一挡水墙22、第二挡水墙23和提升泵38。

[0051] 如图3所示,综合预处理池1进水区上半部设置有创新结构的隔油除渣篮19,其包括:上支板24、提拉扶手25、底栅板26和篮筐侧壁27。

[0052] 底栅板26和篮筐侧壁27合围形成篮筐主体结构,上支板24设置在篮筐侧壁27上部,向筐主体结构水平外侧伸出,与篮框支架21相配合。隔油除渣篮19平时通过篮框支架21和上支板24放置在综合预处理池1进水区上半部。

[0053] 隔油除渣篮19底部的底栅板26采用筛网结构能够对污水中的菜叶、废纸等大颗粒杂物进行有效截留。篮筐侧壁27和底栅板26采用轻体材质能够随水位上升而向上浮起,将漂浮于水面的油类物质固定在综合预处理池1顶部,有效隔离浮油。

[0054] 提拉扶手25设置在上支板24上,人工定期通过提拉扶手25将隔油除渣篮19从篮框支架21上提出,手动清理集留的油污和菜叶、废纸等大颗粒物杂物,为后续生化处理减轻负荷。

[0055] 折流板20、第一挡水墙22和第二挡水墙23彼此平行且垂向设置在综合预处理池1的空间内,折流板20设置在隔油除渣篮19下方,第一挡水墙22设置在折流板20与第二挡水墙23之间,第一挡水墙22和第二挡水墙23底部封闭连接,用于储存经综合预处理池处理过的污水。篮框支架21以上及其以下包含折流板20的一侧空间即所述综合预处理池1进水区。折流板20、第一挡水墙22和第二挡水墙23使得污水在流动过程中发生折返、翻转等水利条件变化,从而获得更佳的水力混合与沉淀效果。

[0056] 提升泵38设置在第一挡水墙22与第二挡水墙23之间的半封闭空间内,与仿海浪预降解床2的预降解进水管8相连接。

[0057] 经综合预处理池1综合预处理之后的污水按照潮汐流的运行方式经仿海浪预降解床2的预降解进水管8泵入仿海浪预降解床2。如图4所示,仿海浪预降解床2包括:预降解进水管8、第一孔径兼性生物海绵28、载体拦网29、滤板30、防浪盖板31、预降解布气管12和预降解排泥管15。

[0058] 载体拦网29和滤板30水平地设置在仿海浪预降解床2的空间内,第一孔径兼性生物海绵28填充在载体拦网29与滤板30之间,第一孔径兼性生物海绵28采用裁剪为边长为8-12mm的正方体形状改性聚氨酯,第一专属微生物固定在第一孔径兼性生物海绵28内部,第一专属微生物优选地但不限于采用枯草芽孢杆菌、红细菌和链霉菌等菌剂。本发明涉及的专属微生物是指,通过人工驯化并结合分子生物学手段定向增殖的对于船舶综合污水有强化去除效果的微生物,不需连续曝气充氧,能够耐受1%的高盐度,温度适应范围为10-50℃,可以降解对于天然细菌有毒性的难降解化合物以及油类物质,具有定向生物除磷和分解水中致臭的含硫化合物功能。

[0059] 通过控制曝气条件,包括但不限于,曝气强度和曝气时长,控制低溶解氧条件,在低溶解氧的条件下对池内微生物进行选择,优化微生物结构,将仿海浪预降解床内的微生物作用控制在水解酸化和菌胶团吸收阶段,曝气时,第一孔径兼性生物海绵28及固定在其

内部的第一专属微生物在载体拦网29和滤板30之间的空间内呈海浪式翻滚状态,第一专属微生物与污水充分接触,氧气通过物质传递原理被第一专属微生物利用,间歇曝气营造缺氧、厌氧、兼氧、好氧交替的环境,对污水中营养物进行初步降解,将大分子有机物分解成更易生物降解的小分子有机物,吸收盐类物质作为自身增殖所需的营养物质,同时分解含硫化合物,消除系统臭味。

[0060] 仿海浪预降解床2出水经由仿海浪生物床3的生物进水管9折流进入仿海浪生物床3。如图5所示,仿海浪生物床3包括:生物进水管9、生物布气管13、载体拦网29、滤板30、防浪盖板31、第二孔径复合生物海绵32和生物排泥管16。第二孔径小于所述第一孔径。

[0061] 载体拦网29和滤板30水平地设置在仿海浪生物床3的空间内,第二孔径复合生物海绵32填充在载体拦网29与滤板30之间,第二孔径复合生物海绵32采用裁剪为边长为4-8mm的正方体形状改性聚氨酯,第二专属微生物固定在第二孔径复合生物海绵32内部,第二专属微生物优选地但不限于采用芽孢杆菌、微小杆菌和陶厄氏菌等菌剂。

[0062] 通过控制曝气条件,包括但不限于,曝气强度和曝气时长,在中溶解氧的条件下,曝气时,第二孔径复合生物海绵32及固定在其内部的第二专属微生物在载体拦网29和滤板30之间的空间内呈海浪式翻滚状态,第二专属微生物与污水充分接触,氧气通过物质传递原理被专属微生物利用,间歇曝气营造缺氧、厌氧、兼氧、好氧交替的环境,对污水中的有机物、氨氮、总氮、总磷及难降解的机油类物质进行深度降解去除。

[0063] 随着氧气的碰撞、切割和吸收反应,进入第二孔径复合生物海绵32内部的氧气逐渐减少直至氧气消耗完毕,使得专属微生物呈现分层和分群的现象,菌群结构合理及耐冲击负荷能力强。

[0064] 第二孔径复合生物海绵32内部从外而内造成宏观好氧及微观厌氧环境,有利于聚磷菌的释磷和过度摄磷,保证了磷的去除。

[0065] 第一孔径兼性生物海绵28和第二孔径复合生物海绵32均采用仿生学原理,模仿天然海绵的弹性多孔结构,并进行人工改良,具有空间悬臂及网络交联结构,考虑到固定微生物活性不同,仿海浪预降解床2内的第一孔径兼性生物海绵28采用第一孔径的聚氨酯材质,仿海浪生物床3内的第二孔径复合生物海绵32采用第二孔径的聚氨酯材质。第二孔径小于所述第一孔径。仿海浪预降解床和仿海浪生物床特有的结构设计,使得曝气时第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵在池内呈海浪式翻滚状态,与氧气反复碰撞、切割,间接起到了自身反冲洗作用,从而避免了人工反冲洗的复杂操作,仿海浪预降解床和仿海浪生物床采取潮汐流运行方式,并采取成熟的机电装置全自动控制,可以实现无人值守;专属微生物独特的低耗氧驯化,在保证污水处理效果的同时控制了自身增殖速度,从而大幅降低污泥产量,减少排泥操作。通过上述技术措施,使得整个系统操作维护环节大大减少,需要操作的内容也可以实现全自动控制,无人值守。

[0066] 采用生物活性分子固定化技术,将第一专属微生物和第二专属微生物分别固定在第一孔径兼性生物海绵28和第二孔径复合生物海绵32上,载体与微生物紧密结合,不宜流失,从而船体晃动也对仿海浪预降解床2和仿海浪生物床3的沉淀阶段反应影响很小,微生物流失量显著减少。

[0067] 针对船舶污水水质特点,在第一孔径兼性生物海绵28和第二孔径复合生物海绵32上固定的第一专属微生物和第二专属微生物为通过人工驯化并结合分子生物学手段定向

培植的具有低耗氧、高耐盐、宽温适、噬油、除磷、脱硫功能的微生物,不需连续曝气充氧,能够耐受1%的高盐度,温度适应范围为10-

[0068] 50℃,可以降解对于天然细菌有毒性的难降解化合物以及船上油类物质,具有定向生物除磷和分解水中致臭的含硫化合物功能。

[0069] 专属微生物极大降低了对氧气的需求,因此仿海浪预降解床和仿海浪生物床采取潮汐流运行方式,使得曝气系统间歇运行,显著降低了曝气能耗,从而降低了整个系统的运行成本。

[0070] 仿海浪预降解床2、仿海浪生物床3运行操作模拟海洋潮汐起落,停留时间分为进水、曝气、沉淀与空载4个阶段,优选但不限于,在仿海浪预降解床2、仿海浪生物床3的停留时间为6小时,4个阶段分配的时间优选地但不限于,潮汐流运行方式为进水1小时,曝气3小时,沉淀1小时,空载1小时,进水的同时进行曝气。即系统先进水1小时,同时开始曝气,曝气1小时后,停止进水;再曝气3小时,然后停止曝气;进行静止沉淀,沉淀1小时后,空载1小时,完成一个运行周期。然后再进行进水,开始进行第二个运行周期操作。值得强调的是,以上给出的时间数值均为优选值,所属领域技术人员可以按照实际情况调整停留时间,以及对停留时间的分配。

[0071] 作为海上船舶使用的装置,整个系统从海洋自然环境获取灵感,从系统潮汐流运行方法、微生物载体结构和作用形式、过滤填料结构等多方面模仿海浪运行与海洋生物结构,取得了意想不到的水质净化效果。

[0072] 通过采用隔油除渣篮的创新结构结合弹性多孔结构的第一孔径兼性生物海绵和第二孔径复合生物海绵,投加专属微生物能够耐受高盐度、具有噬油功能,能够对船舶污水中的机油类物质、盐类等专有污染物进行定向去除,为比普通生活污水处理增加的专项强化净化功能。

[0073] 防浪盖板31能够防止污水在曝气量大时溢出,影响船舱卫生条件,专属微生物具有定向脱硫除臭功能,杜绝臭味影响,整个系统具有良好的卫生操作条件。

[0074] 仿海浪生物床3出水经浅层沉淀池4的后沉进水管10进入浅层沉淀池4。浅层沉淀池4包括:后沉进水管10、斜管和后沉排泥管17。

[0075] 在理想状态下,沉淀池的长度L、沉淀池中水平流速V、颗粒沉速 $\mu_0$ 、有效水深H存在以下关系:

$$[0076] \quad \frac{L}{H} = \frac{V}{\mu_0}$$

[0077] 依照此原理,在浅层沉淀池4内倾斜设置的一系列斜管,可将沉淀池分为多层,用于进一步深度去除仿海浪生物床3出水的悬浮物,可以显著提高沉淀效果,而且分为多层的沉淀池固液分离沉淀效果受船体晃动影响显著降低,可以在船体晃动的条件下保持较高的固液分离效果,尤其适合在船舶污水处理中应用。优选地但不限于,浅层沉淀池4内按60°角倾斜设置一系列斜管,斜管采用乙丙共聚塑料材质。

[0078] 浅层沉淀池4出水进入仿自然过滤池5。仿自然过滤池5内填充仿珊瑚多孔陶粒,仿珊瑚多孔陶粒模仿海洋中天然珊瑚的疏松多孔结构,模拟海洋自身净化过程,实现对污水的难降解小分子有机物、悬浮物、氮、磷的深度吸附、过滤净化,起到出水效果保障的作用。

[0079] 优选地但不限于,仿自然过滤池5内填充粒径为5-10mm的仿珊瑚多孔陶粒。

[0080] 仿自然过滤池5出水进入清水消毒池6。清水消毒池6为系统前序工艺净化后净水储存池,优选地但不限于,采用次氯酸钠或臭氧等方式消毒,保证出水各项细菌学指标达标,并储存处理后的清水,用于供给船舱内冲厕、冲洗等中水回用用途,实现船舱内中水回用。

[0081] 一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统还包括:温度保障层18,温度保障层18至少设置在仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统整体四周围,以及仿海浪预降解床2的四周围和仿海浪生物床3的四周围,温度保障层18能够保障污水处理系统处于不同环境温度下,系统内水温相对恒定,处于微生物高效的反应温度区间,从而保障具有稳定、高效的污水处理效果。

[0082] 优选地但不限于,温度保障层18从内而外依次包括:硅胶电加热板33、聚烯亚胺绝缘膜34、备用硅胶电加热板35、保温膜36和铝箔37,其中保温膜36采用聚乙烯(polyethylene,简称PE)和玻璃纤维布双层结构,仿海浪预降解床2、仿海浪生物床3内部设有温感装置,能够按照设定温度自动启动电加热。低温时自动启动电加热,船舱温度过高时保温膜36发挥恒温功能,保证系统水温恒定在专属微生物最佳温度区间。

[0083] 需要定期清理隔油除渣篮19集留的油污和大颗粒物杂物,开启预处理排泥管14、预降解排泥管15、生物排泥管16、后沉排泥管17进行排泥操作。

[0084] 一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用方法,使用上述仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,包括以下步骤:

[0085] 步骤1,船舶运行产生的污水经总进水管7进入综合预处理池1,通过隔油除渣篮19对污水中的菜叶、废纸等大颗粒杂物进行有效截留,并将密度小于水的油类物质隔离在其上,通过折流板20、第一挡水墙22和第二挡水墙23使得污水在流动过程中发生折返、翻转等水利条件变化,从而获得更佳的水力混合与沉淀效果。

[0086] 步骤2,将经综合预处理池1综合预处理之后的污水按照潮汐流的运行方式经预降解进水管8泵入仿海浪预降解床2;通过控制曝气条件,在低溶解氧的条件下对池内微生物进行选择,优化微生物结构,将仿海浪预降解床内的微生物作用控制在水解酸化和菌胶团吸收阶段;第一孔径兼性生物海绵及固定在其内部的第一专属微生物在载体拦网和滤板之间的空间内呈海浪式翻滚状态,第一专属微生物与污水充分接触,氧气通过物质传递原理被专属微生物利用。

[0087] 仿海浪预降解床2运行操作模拟海洋潮汐起落,分为进水、曝气、沉淀与空载4个阶段,4个阶段依次在仿海浪预降解床2中周期往复运行。

[0088] A. 进水阶段:将经过前序处理的污水送入仿海浪预降解床2,使污水与第一孔径兼性生物海绵聚氨醚充分混合,从而使第一专属微生物与污水中的营养物充分接触,进水的同时进行曝气。

[0089] B. 曝气阶段:通过对曝气强度的控制,对污水中营养物进行初步降解,将大分子有机物分解成更易生物降解的小分子有机物,吸收盐类物质作为自身增殖所需的营养物质,同时分解含硫化合物,消除系统臭味。

[0090] C. 沉淀阶段:停止曝气,使混合液处于静止状态,第一孔径兼性生物海绵沉向滤板,上清液含有尽可能少的悬浮物。

[0091] D. 空载阶段:沉淀后的污水在停止曝气的条件下,发生反硝化等厌氧反应,实现对

总氮的深度去除。

[0092] 步骤3,仿海浪预降解床2出水经由生物进水管9折流进入仿海浪生物床3,通过控制曝气条件,在中溶解氧的条件下,第二孔径复合生物海绵及固定在其内部的第二专属微生物在载体拦网和滤板之间的空间内呈海浪式翻滚状态,第二专属微生物与污水充分接触,氧气通过物质传递原理被专属微生物利用。随着氧气的碰撞、切割和吸收反应,进入第二孔径复合生物海绵内部的氧气逐渐减少直至氧气消耗完毕,使得专属微生物呈现分层和分群的现象,菌群结构合理及耐冲击负荷能力强。第二孔径复合生物海绵内部从外而内造成宏观好氧及微观厌氧环境,有利于聚磷菌的释磷和过度摄磷,保证了磷的去除;

[0093] 仿海浪生物床3运行操作模拟海洋潮汐起落,分为进水、曝气、沉淀与空载4个阶段,4个阶段依次在同一反应池中周期往复运行。

[0094] A. 进水阶段:将经过前序处理的污水送入仿海浪生物床3,使污水与第二孔径复合生物海绵充分混合,从而使第二专属微生物与污水中的营养物充分接触,进水的同时进行曝气。

[0095] B. 曝气阶段:通过对曝气强度的控制,发生有机物去除、同步硝化反硝化、磷吸收、噬油、脱硫等过程,实现对污水中有机物、氨氮、总氮、总磷及难降解的机油类物质进行深度降解去除。

[0096] C. 沉淀阶段:停止曝气,使混合液处于静止状态,第二孔径复合生物海绵沉向滤板,上清液含有尽可能少的悬浮物。

[0097] D. 空载阶段:沉淀后的污水在停止曝气的条件下,发生反硝化等厌氧反应,实现对总氮的深度去除。

[0098] 优选地但不限于,仿海浪预降解床2、仿海浪生物床3的停留时间为6小时,4个阶段分配的时间优选地但不限于,仿海浪预降解床2、仿海浪生物床3潮汐流运行方式为进水1小时,曝气3小时,沉淀1小时,空载1小时,进水的同时进行曝气。即系统先进水1小时,同时开始曝气,曝气1小时后,停止进水;再曝气3小时,然后停止曝气;进行静止沉淀,沉淀1小时后,空载1小时,完成一个运行周期。然后再进行进水,开始进行第二个运行周期操作。值得强调的是,以上给出的时间数值均为优选值,所属领域技术人员可以按照实际情况调整停留时间,以及对停留时间的分配。

[0099] 步骤4,仿海浪生物床3出水经浅层沉淀池4的后沉进水管10进入浅层沉淀池4;在池内倾斜设置一系列斜管,分为多层的沉淀池固液分离沉淀效果受船体晃动影响显著降低,尤其适合在船舶污水处理中应用,可以显著提高沉淀效果。

[0100] 步骤5,浅层沉淀池4出水进入仿自然过滤池5;仿自然过滤池内填充仿珊瑚多孔陶粒,仿珊瑚多孔陶粒模仿海洋中天然珊瑚的疏松多孔结构,模拟海洋自身净化过程,实现对污水的深度吸附、过滤净化。

[0101] 步骤6,仿自然过滤池5出水进入清水消毒池6。清水消毒池为系统前序工艺净化后净水储存池,采用次氯酸钠或臭氧等方式消毒,保证出水各项细菌学指标达标,实现船舱内中水回用。

[0102] 在所述仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统运行期间,设置在仿海浪预降解床2、仿海浪生物床3内部的温感装置采集仿海浪预降解床2和仿海浪生物床3内污水的温度,当采集到的温度低于启动阈值,优选地但不限于15℃,温度保障层18自动启动电加热,

当采集到的温度达到停止阈值,温度保障层18自动停止电加热;船舱温度过高时保温膜36发挥恒温功能,保证系统水温恒定在专属微生物最佳温度区间。温度保障层18减少了系统受船舱温度变化干扰,使得温度变化幅度更小,不易过热或过冷。

[0103] 在东部沿海某船舶上采用本发明的一种仿海浪的船舶污水处理及资源化回用系统,进行非公开的试验,设计污水处理量为 $50\text{m}^3/\text{d}$ ,上平面尺寸为 $2\text{m}\times 2\text{m}$ ,仿海浪生物床3水力负荷 $8.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot \text{d}$ ,采用1.2kw的涡旋风机供气。

[0104] 潮汐流运行方式为进水1小时,曝气3小时,沉淀1小时,空载1小时,进水的同时进行曝气。即系统先进水1小时,同时开始曝气,曝气1小时后,停止进水;再曝气3小时,然后停止曝气;进行静止沉淀,沉淀1小时后,空载1小时,完成一个运行周期。然后再进行进水,开始进行第二个运行周期操作。

[0105] 稳定运行半年以后,系统进水COD 510mg/L、氨氮80mg/L、TN 94mg/L、TP 6mg/L时,系统出水COD 48.0mg/L、氨氮8.57mg/L、TN 11.40mg/L、TP 0.6mg/L,达到《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552—2018)。

[0106] 本发明申请人结合说明书附图对本发明的实施示例做了详细的说明与描述,但是本领域技术人员应该理解,以上实施示例仅为本发明的优选实施方案,详尽的说明只是为了帮助读者更好地理解本发明精神,而并非对本发明保护范围的限制,相反,任何基于本发明的发明精神所作的任何改进或修饰都应当落在本发明的保护范围之内。

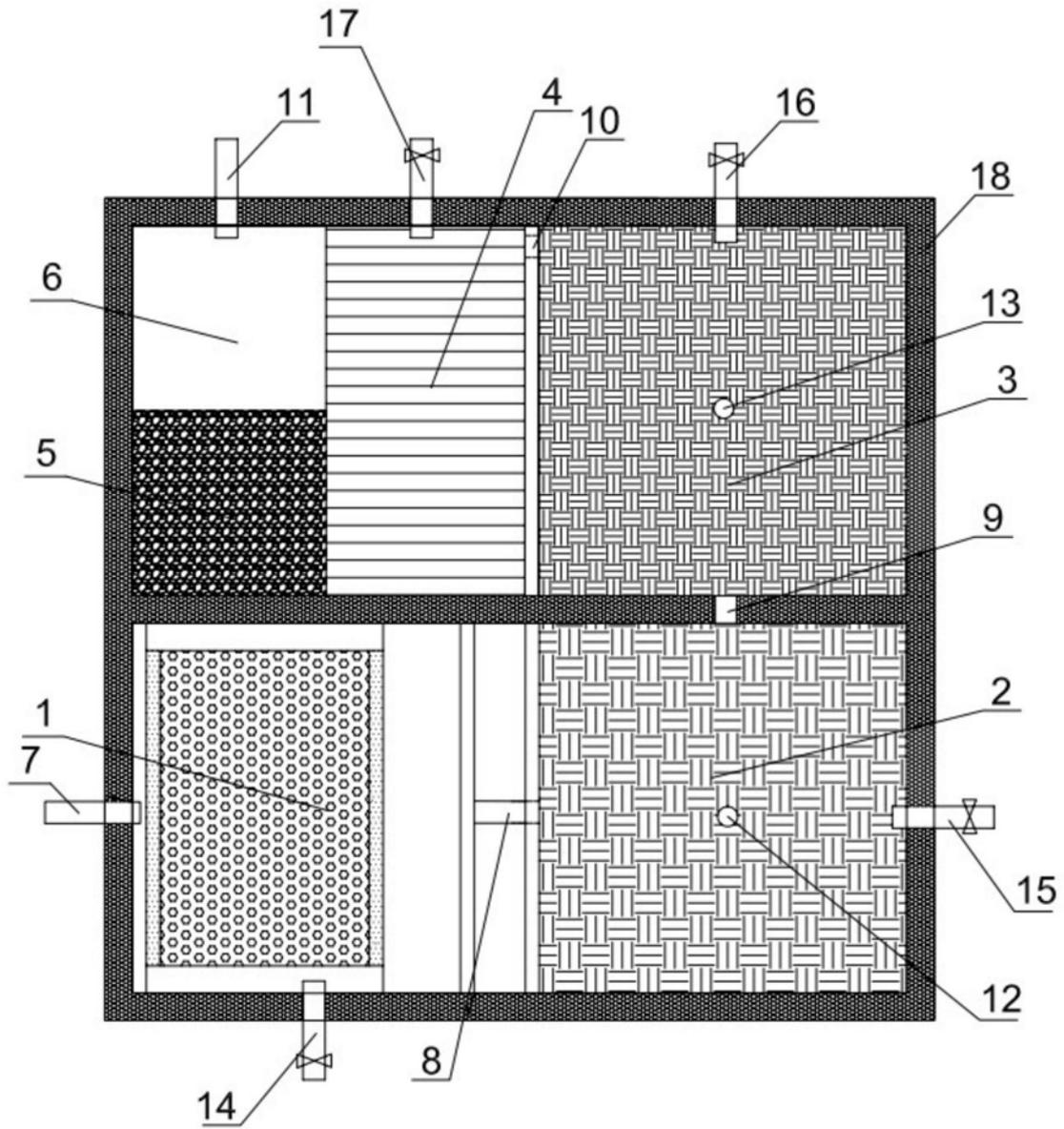


图1

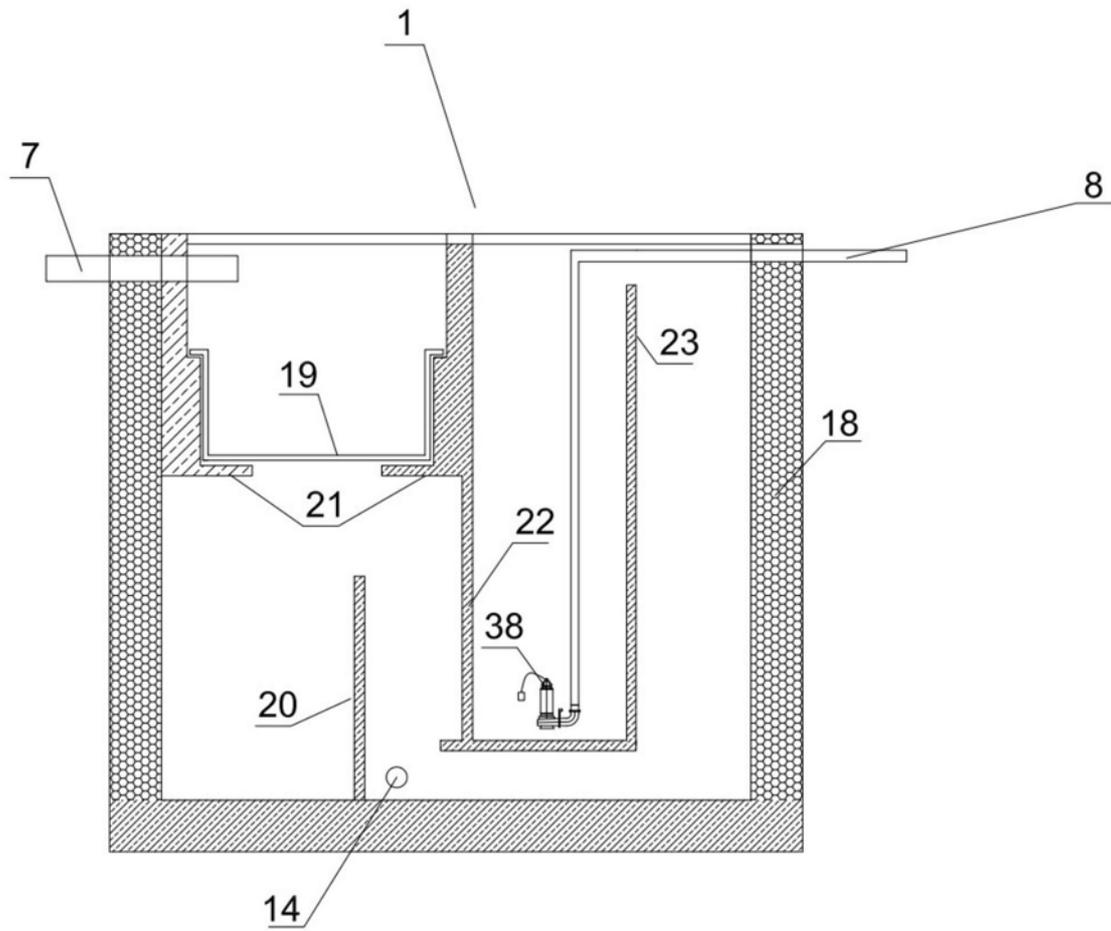


图2

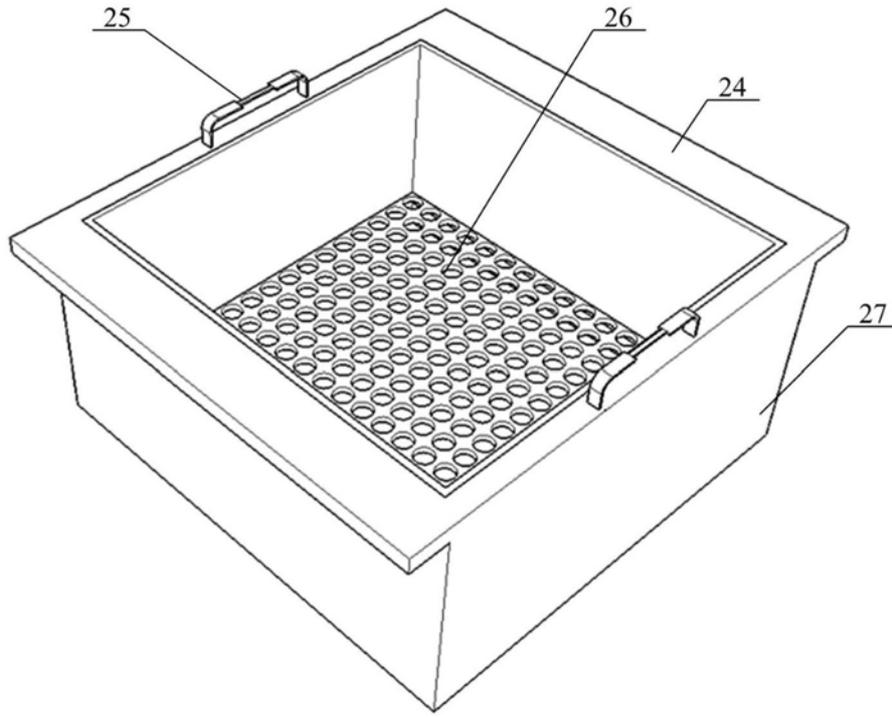


图3

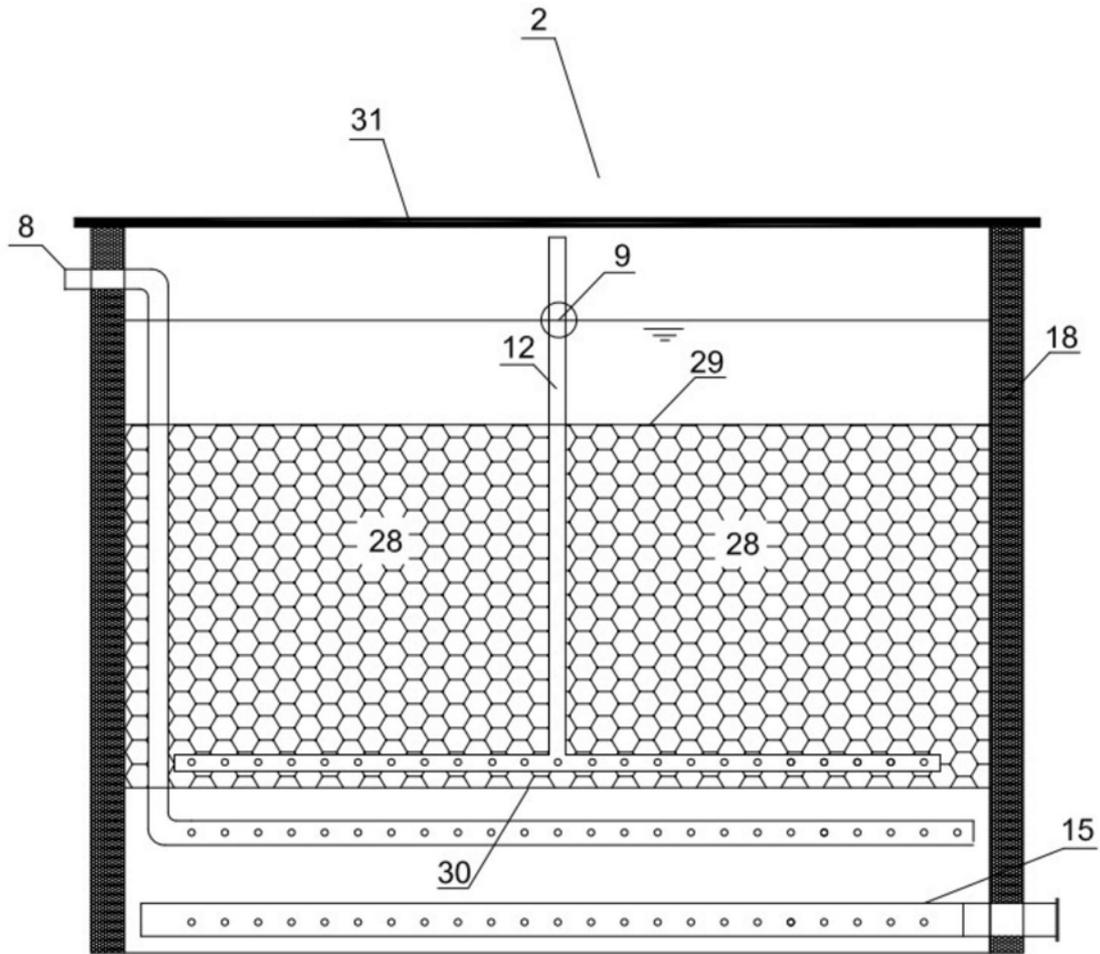


图4

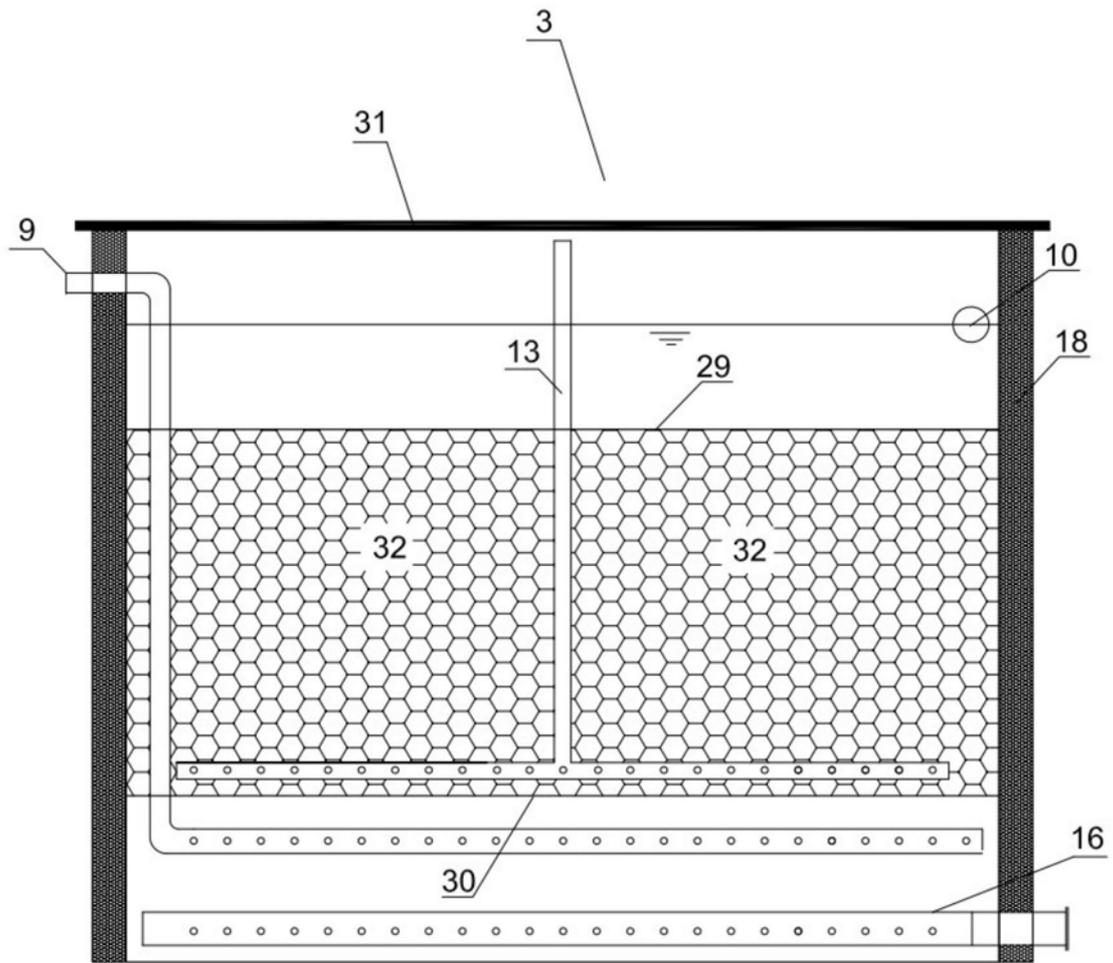


图5

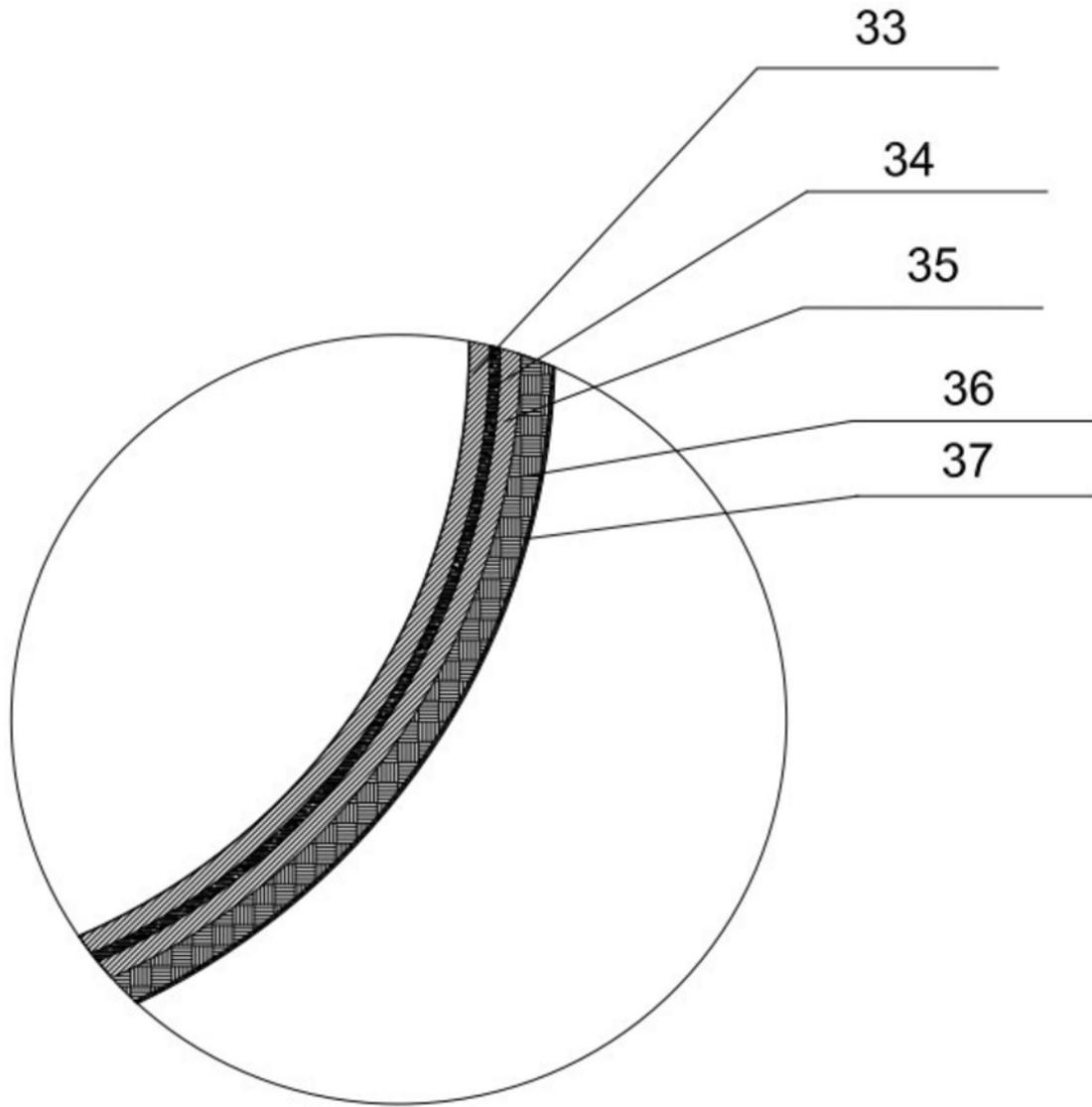


图6