



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210764850 U

(45)授权公告日 2020.06.16

(21)申请号 201921089263.9

(22)申请日 2019.07.12

(73)专利权人 中都云谷信息科技有限公司

地址 518000 广东省深圳市前海深港合作
区前海湾一路1号A栋201室(入驻深圳
市前海湾商务秘书有限公司)

(72)发明人 咎启杰 杨琼 李明喜 陈向昌
咎欣

(74)专利代理机构 深圳市添源知识产权代理事
务所(普通合伙) 44451

代理人 黎健任

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)实用新型名称

一种人工红树林湿地污水深层处理系统

(57)摘要

本实用新型提供了一种人工红树林湿地污水深层处理系统,其包括依次连接的沉淀池、水平潜流湿地床、增氧湿地床、垂直流湿地床、水平表面流湿地床;所述沉淀池内填充有纳米氧化硅砾石;所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床的底部均设有填料层和海砂层,所述填料层包括纳米氧化硅砾石层,所述海砂层位于纳米氧化硅砾石层的上方,所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床种植有红树植物;所述增氧湿地床的墙体为蜂窝状粗糙毛面,所述蜂窝状粗糙毛面设有含纳米氧化硅的砾石块;所述水平表面流湿地床内设有“S”型堤坝。采用本实用新型的技术方案,增大了水体中氮磷等污染物的去除效率,提高了脱氮除磷及有毒有害物质的降解效率,保证了污水的深度净化效率。



1. 一种人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:其包括依次连接的沉淀池、水平潜流湿地床、增氧湿地床、垂直流湿地床、水平表面流湿地床;

所述沉淀池内填充有纳米氧化硅砾石;

所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床的底部均设有填料层和海砂层,所述填料层包括纳米氧化硅砾石层,所述海砂层位于纳米氧化硅砾石层的上方,所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床种植有红树植物;

所述增氧湿地床的墙体为蜂窝状粗糙毛面,所述蜂窝状粗糙毛面设有含纳米氧化硅的砾石块;

所述水平表面流湿地床内设有“S”型堤坝。

2. 根据权利要求1所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:所述垂直流湿地床的纳米氧化硅砾石层的砾石中纳米氧化硅的含量高于水平潜流湿地床的;所述垂直流湿地床的纳米氧化硅砾石层的纳米氧化硅砾石的粒径小于水平潜流湿地床的;所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床的纳米氧化硅砾石层的下方设有砾石层。

3. 根据权利要求2所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:所述水平潜流湿地床或垂直流湿地床中,所述纳米氧化硅砾石层的砾石的粒径小于砾石层的砾石的粒径。

4. 根据权利要求3所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:所述水平潜流湿地床中,纳米氧化硅砾石层的砾石粒径为1-3cm,纳米氧化硅砾石层的深度为15~30cm;砾石层的深度为15~30cm,砾石层的砾石的粒径为3-5cm;海砂层的海砂粒径为0.1-0.3cm,海砂层的深度为30-50cm。

5. 根据权利要求4所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:所述垂直流湿地床中,纳米氧化硅砾石层的砾石粒径为0.5-1cm,纳米氧化硅砾石层的深度为15~30cm;砾石层的深度为15~30cm,砾石层的砾石的粒径为1-3 cm;海砂层的海砂粒径为0.1-0.3cm,海砂层的深度为30-50cm;

所述水平潜流湿地床的床体末端设有用于收集初步净化后的污水的集水区;

所述红树植物包括秋茄、桐花树、木榄中的至少一种,密度为3-5棵/m²。

6. 根据权利要求1所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床放养有蟹类穴居动物;蟹类穴居动物为方蟹科和沙蟹科中的至少一种。

7. 根据权利要求1所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:水平表面流湿地床中,所述堤坝在靠近水面30-50cm内的坡度为10°- 20°;所述堤坝的宽度不小于1 m,所述堤坝高于水面10-50cm。

8. 根据权利要求1所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:所述增氧湿地床的坡度为45°-60°;

所述蜂窝状粗糙毛面随机布设有砾石块;所述增氧湿地床的墙体的蜂窝为深度5-15mm,直径5-10cm,间距10-20cm。

9. 根据权利要求1~8任意一项所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:所述沉淀池包括依次相连的一级沉淀池和二级沉淀池,所述一级沉淀池填充有砾石,砾石填充至一级沉淀池的1/3~3/4深度;

所述二级沉淀池内填充有纳米氧化硅砾石;所述纳米氧化硅砾石的填充深度为不超过二级沉淀池的3/4深度。

10.根据权利要求1所述的人工红树林湿地污水深层处理系统,其特征在于:一级沉淀池中的砾石的粒径为3-5cm,二级沉淀池中的纳米氧化硅砾石的粒径为1-3cm;

所述一级沉淀池的宽度为100~500cm,深度为300-600cm,其中砾石填充至一级沉淀池的1/2深度。

一种人工红树林湿地污水深层处理系统

技术领域

[0001] 本实用新型属于生态修复、环保工程及污水处理技术领域,尤其涉及一种人工红树林湿地污水深层处理系统。

背景技术

[0002] 当前,城镇污水由管道收集,集中在污水处理厂净化后直接排入附近河流,由河流汇集后排入海洋。按照国家污水综合排放标准,即使尾水标准达到最高水平(一级A标准),其中总氮含量仍高于 $15\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,而且,因为出水标准对其它有害微量元素、致病微生物含量没有明确规定,大量的尾水直接由河流入海,易使海岸敏感生物致病死亡,生物多样性降低,从而破坏海洋生态系统平衡。但按照当前污水处理厂的净化技术工艺,除非增加大量的去污化学物质,否则难以进一步提高尾水出水标准、降低污染物含量;而增加的去污化学物质残留在水体中,对自然生态系统的危害较大。另外,也有部分污水未接入排水管道系统,未经任何处理直接排入河道或入海,严重影响水体环境。

[0003] 人工湿地污水处理系统自上世纪七、八十年代兴起以来,以其投资成本低、净化效率高、维护简单等优点在全世界迅速发展,广泛建立并用于工业、农业和生活污水的处理,有效去除氮、磷等营养盐,同时,植物通过根系放氧等生物化学活动,也利于除去一些微量有害元素及微生物,非常适合面源生活污水、富营养化水体或尾水的深度净化。

[0004] 红树林是热带亚热带海岸潮间带特有的木本植物群落,具有高生物多样性、高生产力、高归还率和高分解率的特性,其营养循环和能量流动均非常迅速,是热带亚热带海岸带的生态关键区,能净化污水,对维持沿海一带的生态平衡有重要作用,具有“海上森林”的美称,对整个地球环境保护和生物资源开发也有着不可忽视的作用。大量研究已证明,红树林人工湿地可以作为一种高效、低成本、环保型的污水深度处理系统,不仅解决了一年生草本植物每年需收割的问题,而且因其为多年生常绿木本植物,生长无明显季节差异,用于污水深度净化具有持久性、高效性和稳定性;另外,红树植物的耐盐性能,也解决了近海感潮河流盐度较高、普通水生植物难于成活的问题;同时,经系统中的填料、红树植物根系放氧及微生物的共同作用,去除了污水中的大部分有毒有害成分,充分发挥了红树林净化污水、给近海生物提供洁净食物的优点,红树林人工湿地系统中的红树植物为人工种植,有助于维持近海海岸生态系统平衡。

[0005] 但当前尾水多为直接入河道或近海,中间缺少生物深度净化步骤,一方面可能因尾水中的有毒有害物质危害海岸生态系统(包括原生红树林植被),破坏生态平衡,另一方面也使得红树林在污染净化、近海生态平衡维持方面的功能没有完全发挥出来。

实用新型内容

[0006] 针对以上技术问题,本实用新型公开了一种人工红树林湿地污水深层处理系统,提高了脱氮除磷及有毒有害物质的降解效率,从而保证了污水的深度净化效率,提高了污染物的降解效率。

[0007] 对此,本实用新型采用的技术方案为:

[0008] 一种人工红树林湿地污水深层处理系统,其包括依次连接的沉淀池、水平潜流湿地床、增氧湿地床、垂直流湿地床、水平表面流湿地床;所述沉淀池内填充有纳米氧化硅砾石;所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床的底部均设有填料层和海砂层,所述填料层包括纳米氧化硅砾石层,所述海砂层位于纳米氧化硅砾石层的上方,所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床种植有红树植物;所述增氧湿地床的墙体为蜂窝状粗糙毛面,所述蜂窝状粗糙毛面设有含纳米氧化硅的砾石块;所述水平表面流湿地床内设有“S”型堤坝。

[0009] 其中,沉淀池:主要用于去除污水中的大块垃圾及悬浮物。水平潜流湿地床主要对污水进行初步净化,去除臭味、可溶性悬浮物及部分氮磷营养盐。垂直流湿地床主要解决污水的深度净化问题。增氧湿地床主要解决初步净化污水的充分曝气增氧。水平表面流湿地床主要为提高深度净化水体的氧气含量,同时营造鸟类等生物的栖息地。

[0010] 采用此技术方案,选择去污能力强的木本红树林植物作为湿地植物,建立红树林人工湿地污水深度净化复合系统。面源污水或尾水经抽滤系统或自然流入沉淀池,沉淀后的污水先进入水平潜流红树林湿地床,初步净化后进入增氧湿地床,充分曝氧后进入垂直流红树林湿地进行深度净化,最后经水平表面流湿地排入河道或直接入海。潜流和垂直流红树林湿地采用新型材料作为填料,即含有纳米氧化硅新型材料的填料,提高了水体中氮磷的去除效率;同时,潜流和垂直流人工湿地以及增氧湿地床的复合配置,营造了多种厌氧、好氧、兼性好氧等组合的微环境,适宜各种功能微生物的生长繁殖,从而保证了污水的深度净化效率。塘内通过建立“S”型缓坡堤坝延长出水在塘内的停留时间以提高水体溶解氧含量,同时,缓坡且弯曲的堤坝适宜鸟类或其它生物的栖息觅食,解决了水鸟等生物栖息地的问题;最后,氧气含量充足的尾水经水闸直接排入河道或入海。

[0011] 该套红树林湿地污水深度净化复合系统,既大大降低了尾水中的氮磷及有害物质的含量,增加了水体中溶解氧的浓度,又具有较好的景观和生物多样性维持功能,缓坡型的自然流湿地增大了滩涂面积,为水鸟的栖息觅食提供了多样化的生境,非常适合粤港澳乃至华南沿海地区以及热带亚热带地区的入海河口面源污水、漏排污水、污水厂尾水或其它富营养化水体的深度净化(以下统称为污水)。

[0012] 作为本实用新型的进一步改进,所述垂直流湿地床的纳米氧化硅砾石层的砾石中纳米氧化硅的含量高于水平潜流湿地床的;所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床的纳米氧化硅砾石层的下方设有砾石层。进一步的,所述垂直流湿地床的纳米氧化硅砾石层的纳米氧化硅砾石的粒径小于水平潜流湿地床的。采用上述技术方案,更好的提高污水中的氮磷去除效率。

[0013] 作为本实用新型的进一步改进,所述水平潜流湿地床或者垂直流湿地床中,纳米氧化硅砾石层的砾石的粒径小于砾石层的砾石的粒径。进一步的,所述水平潜流湿地床的纳米氧化硅砾石层的砾石中纳米氧化硅的质量百分比含量为5-8%;所述垂直流湿地床的纳米氧化硅砾石层的砾石中纳米氧化硅的质量百分比含量为10-20%。

[0014] 作为本实用新型的进一步改进,所述水平潜流湿地床的床体末端设有用于收集初步净化后的污水的集水区;集水区的宽度为100-150cm。

[0015] 作为本实用新型的进一步改进,所述水平潜流湿地床的下部或底部设有进水口;所述水平潜流湿地床的上部设有出水口;所述出水口的管道顶部比海砂层的顶部低5-

10cm。

[0016] 作为本实用新型的进一步改进,水平潜流湿地床中,纳米氧化硅砾石层的砾石粒径为1-3cm,纳米氧化硅砾石层的深度为15~30cm;砾石层的深度为15~30cm,砾石层的砾石的粒径为3-5cm;海砂层的海砂粒径为0.1-0.3cm,海砂层的深度为30-50cm。

[0017] 进一步的,水平潜流湿地床的床体为钢筋混凝土或其它防水材料结构。沉淀池的污水经管道由潜流人工湿地床体底部流入,由床体上部流出,床体末端设置集水区,用于收集初步净化后的污水。

[0018] 作为本实用新型的进一步改进,垂直流湿地床中,纳米氧化硅砾石层的砾石粒径为0.5-1cm,纳米氧化硅砾石层的深度为15~30cm;砾石层的深度为15~30cm,砾石层的砾石的粒径为1-3 cm;海砂层的海砂粒径为0.1-0.3cm,海砂层的深度为30-50cm。

[0019] 作为本实用新型的进一步改进,所述红树植物包括秋茄、桐花树、木榄中的至少一种,密度为3-5棵/m²。进一步优选的,所述红树植物的种植株距为0.3~0.6m、行距为0.3~0.6m。所种红树均宜选择一年生袋装苗,苗的高度控制在50--60 cm,不同红树可单种或混种。

[0020] 垂直流湿地床的床体为钢筋混凝土或其它防水材料结构。进一步的,垂直流湿地床底部排水孔均匀分布,位于床体底部,孔径9-12cm,孔间距10cm。深度净化后的污水从湿地床底部进入集水区,然后流入或水泵抽进水平表面流湿地。

[0021] 进一步的,垂直流湿地床体的进水管水平平行铺于人工湿地表层,3/4露出地面,水由管底进入湿地床,管道掩埋深度以污水不露出地面为宜,可适当调整。进水管的末端有阀门,管与管的间距约20-30cm。管底分布有许多小孔,孔径优选为 \varnothing 8-10mm,孔间距10-15mm,每10m处设置一个接头阀门,便于维修更换管道堵塞、破损等问题。

[0022] 作为本实用新型的进一步改进,红树植物生长半年到一年,控制红树植物高度低于2.5 m,使其侧向生长,增加树冠覆盖度。

[0023] 每隔15-20年,将红树植物全部砍伐,并更换海砂和填料,重新种植红树植物。砍伐的红树植物可粉碎发酵后做绿肥,也可直接用于简易的园林景观制作;更换出的填料经消毒、混匀等处理后,可用于路面铺设或花草种植。

[0024] 作为本实用新型的进一步改进,所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床的深度为80~150cm。

[0025] 作为本实用新型的进一步改进,所述水平潜流湿地床、垂直流湿地床放养有蟹类穴居动物。进一步的,蟹类穴居动物为方蟹科和沙蟹科中的至少一种。进一步优选的,螃蟹放养密度为2-4只/m²,雌雄比不小于2:1。其中,红树植物生长半年至一年后,在红树植物种植土层人工放养蟹类穴居动物。其中方蟹科包括但不限于无齿相手蟹、褶痕相手蟹等。所述沙蟹科包括但不限于弧边招潮蟹、马氏招潮蟹等。各地区宜选择当地原生优势种。采用此技术方案,人工放养以沙蟹科和方蟹科为主的穴居动物,一方面解决湿地堵塞的问题,另一方面,蟹类的穴居习性,可增加湿地床内氧气含量,弥补红树植物根系放氧的不足,促进氮磷营养盐及有毒有害物质的分解,从而提高污染物的降解效率。

[0026] 作为本实用新型的进一步改进,水平表面流湿地床中,所述堤坝在靠近水面30-50cm内的坡度为10°- 20°;所述堤坝的宽度不小于1 m,所述堤坝高于水面10-50cm。其中所述堤坝不种植任何植物,保留裸滩。

[0027] 作为本实用新型的进一步改进,所述水平表面流湿地床的周边种植高度小于2m的低矮植物,堤岸上种植乔木。进一步的,周边种植芦苇、老鼠簕、海漆、桐花树中至少一种,海漆、桐花树的种植株距为0.3~0.5m、行距为0.5~0.7m;芦苇、老鼠簕直接扦插,株距为0.3~0.4m、行距为0.2~0.3m。进一步的,乔木包括木麻黄和苦楝中的至少一种,乔木每隔10~15 m种植一株;

[0028] 进一步的,所述水平表面流湿地床的深度为3~5m,四周为普通塘基,坡度大于60°。

[0029] 作为本实用新型的进一步改进,所述增氧湿地床的坡度为45°~60°;所述蜂窝状粗糙毛面随机布设有形状不规则的含有10~20%质量百分比的纳米氧化硅的砾石块;所述增氧湿地床的墙体的蜂窝为深度5~15mm,直径5~10cm,间距10~20cm;进一步的,所述砾石块的粒径5~8cm,所述砾石块为每平方米设置10~15块。

[0030] 作为本实用新型的进一步改进,所述增氧湿地床的顶部设有深度5~10cm的水平槽;水从水平槽垂直接经增氧床床体。水平槽的进水面及侧面均高于出水面5~10cm,以控制水流方向。宜低于潜流人工湿地集水区的出水高度,以便于水流在重力作用下在湿地床上流入垂直接流湿地;如果增氧湿地床顶部高于潜流人工湿地集水区的出水高度,则集水区的水需由水泵抽提至增氧湿地床顶部。

[0031] 进一步的,所述增氧湿地床的床体的高度差为1~3m,坡度45°~60°。

[0032] 增氧湿地床主要解决初步净化污水的充分曝气增氧,同时还增加该工艺的景观效果。床体可以为钢筋水泥墙,墙体为蜂窝状粗糙毛面并布设砾石块,顶部为水平槽,宜低于潜流人工湿地集水区的出水高度,以便于水流在重力作用下在湿地床上流入垂直接流湿地;如果增氧湿地床顶部高于潜流人工湿地集水区的出水高度,则集水区的水需由水泵抽提至增氧湿地床顶部。

[0033] 作为本实用新型的进一步改进,所述沉淀池包括依次相连的一级沉淀池和二级沉淀池,所述一级沉淀池填充有砾石,砾石填充至一级沉淀池的1/3~3/4深度;所述二级沉淀池内填充有纳米氧化硅砾石;所述纳米氧化硅砾石的填充深度为不超过二级沉淀池的3/4深度。

[0034] 作为本实用新型的进一步改进,一级沉淀池中的砾石的粒径为3~5cm,二级沉淀池中的纳米氧化硅砾石的粒径为1~3cm,所述纳米氧化硅砾石中纳米氧化硅的质量百分比含量为1~5%。

[0035] 进一步的,所述一级沉淀池的宽度为100~500cm,深度为300~600cm,其中砾石填充至一级沉淀池的1/2深度。

[0036] 进一步的,所述一级沉淀池的上部设有进水管,所述一级沉淀池的下部设有与第二沉淀池连接的连接管,所述连接管和进水管位于一级沉淀池相对的两个侧面。进一步的,所述进水管的内径为Ø9~30cm;所述连接管为多个,连接管的管间间距10~20cm;进一步的,所述连接管的内径为Ø9~12cm;

[0037] 进一步的,所述二级沉淀池的宽度为100~500cm,深度为300~500cm;所述二级沉淀池内填充有纳米氧化硅砾石;所述纳米氧化硅砾石的粒径为1~3cm,所述纳米氧化硅砾石中纳米氧化硅的质量百分比含量为1~5%;所述纳米氧化硅砾石的填充深度为不超过二级沉淀池的3/4深度;所述二级沉淀池的上部设有出水管。所述出水管的内径为Ø9~20cm。

[0038] 进一步的,二级沉淀池的出水管距离顶部1/4处,内径为Ø9~20cm。便于后期安装带

阀门的出水管道,使得污水以水泵抽提或在重力作用下自然流入潜流湿地床。

[0039] 采用上述技术方案,污水从顶部进入一级沉淀池初步沉淀,经底部管道进入二级沉淀池深层沉淀后由进入潜流人工湿地。沉淀池底部侧面另外再安装一个出水阀门用于清淤时排干污水或泥浆。

[0040] 进一步的,采用弯曲蔓延堤坝围成的水平自然流人工湿地,增加水体停留时间,使溶解氧含量上升,以确保污水排放到自然河道或近海海岸的生态安全性。

[0041] 与现有技术相比,本实用新型的有益效果为:

[0042] 第一,本实用新型的技术方案采用含有纳米氧化硅砾石作为填料,增大了水体中氮磷等污染物的去除效率,同时潜流和垂直流人工湿地以及增氧湿地床的复合配置,营造了多种厌氧、好氧、兼性好氧等组合的小微环境,适宜各种功能微生物的生长繁殖,进一步提高了脱氮除磷及有毒有害物质的降解效率,从而保证了污水的深度净化效率。

[0043] 第二,本实用新型的技术方案采用木本植物红树林作为人工湿地植物有利于污水净化效率的稳定性、持续性和高效性,也解决了一年生湿地草本植物需要收割的问题。植物生长半年到一年,通过控制红树植物高度,促进侧向生长,增加树冠覆盖度,提高净化效率。并在红树植物种植土层人工放养以方蟹科和沙蟹科为主的穴居动物,可以减少湿地堵塞,增加湿地土壤含氧量,利于提高净化功能。

[0044] 第三,本实用新型的系统具有占地面积小、深度净化的效率高、景观与鸟类等生物栖息地得到恢复等优点,充分发挥了红树林湿地在深度净化、为近海的生物提供洁净食物、维持生物多样性等方面的优点,非常适合粤港澳乃至华南地区以及热带亚热带地区入海河口漏排污水的净化、污水处理厂尾水的深度净化及其它富营养化水体的深度净化处理等。

附图说明

[0045] 图1是本实用新型一种人工红树林湿地污水深层处理系统的处理流程图。

[0046] 图2是本实用新型一种实施例的沉淀池的结构示意图。

[0047] 图3是本实用新型一种实施例的红树林潜流人工湿地床结构示意图。

[0048] 图4是本实用新型一种实施例的增氧湿地床的结构示意图。

[0049] 图5是本实用新型一种实施例的红树林垂直流人工湿地床的结构示意图。

[0050] 图6是本实用新型一种实施例的垂直流湿地进水管道的结构示意图。

[0051] 图7是本实用新型一种实施例的水平表面流湿地的平面结构示意图。

[0052] 图8是本实用新型一种实施例的缓坡型堤坝的结构示意图。

[0053] 附图标记包括:1-沉淀池,2-红树林潜流人工湿地床,3-增氧湿地床,4-红树林垂直流人工湿地床,5-水平表面流湿地床;

[0054] 11-一级沉淀池,12-二级沉淀池,13-砾石,14-含有纳米氧化硅的砾石,15-进水管,16-出水管,17-排淤阀门;

[0055] 21-砾石层,22-纳米氧化硅砾石层,23-海砂层,24-红树植物,25-进水集水区,26-出水集水区;

[0056] 31-蜂窝状粗糙毛面,32-含有纳米氧化硅的砾石块,33-水平槽;

[0057] 41-垂直流砾石层,42-垂直流纳米氧化硅砾石层,43-垂直流海砂层,44-红树植物,45-垂直流出水集水区,46-进水管,47-出水管,48-孔;

[0058] 51-缓坡型堤坝,52-低矮植物,53-水面。

具体实施方式

[0059] 下面对本实用新型的较优的实施例作进一步的详细说明。

[0060] 一种人工红树林湿地深度净化复合系统,如图1所示,包括沉淀池1、红树林潜流人工湿地床2、增氧湿地床3、红树林垂直流人工湿地床4、水平表面流湿地床5。污水依次经过流过上述床体进行处理,最后排入河道或大海。

[0061] 下面进行详细说明。

[0062] 1、沉淀池:主要用于去除污水中的大块垃圾及悬浮物。如图2所示,沉淀池1分两级,包括一级沉淀池11和二级沉淀池12。一级沉淀池11宽度100—500cm,深度300—600cm,放入粒径3—5cm的砾石13填充至1/2深度;一级沉淀池11顶部安装进水管09(Ø9—30cm),进水管对面一侧底部有管道(Ø9—12cm,管间间距10—20cm)与二级沉淀池12相连。二级沉淀池12的宽度100—500cm,深度300—500cm,用含有纳米氧化硅的砾石14(粒径1—3cm)填充至3/4深度处,其中纳米氧化硅的之两百分比含量为1—5%。所述二级沉淀池12与一级沉淀池11相邻一侧设有进水管15,距离顶部1/4处预留出水管孔(Ø9—20cm),便于后期安装带阀门的出水管16,使得污水以水泵抽提或在重力作用下自然流入潜流湿地床。图中箭头为水流方向,污水从顶部进入一级沉淀池11初步沉淀,经底部管道进入二级沉淀池12深层沉淀后由进入红树林潜流人工湿地床2。一级沉淀池11和二级沉淀池12的底部侧面另外再安装一个排淤阀门17用于清淤时排干污水或泥浆。

[0063] 2、红树林潜流人工湿地床:如图3所示,所述红树林潜流人工湿地床2的深度为80—150cm,床体底部设有填料层和海砂层23,所述填料层包括砾石层21和纳米氧化硅砾石层22,所述海砂层23位于纳米氧化硅砾石层22的上方,所述砾石层21位于纳米氧化硅砾石层22的下方。所述红树林潜流人工湿地床2种植有红树植物24。所述红树林潜流人工湿地床2的床体前端设有用于进水集水区25;所述红树林潜流人工湿地床2的床体末端设有用于收集初步净化后的污水的出水集水区26。

[0064] 该床体主要对污水进行初步净化,去除臭味、可溶性悬浮物及部分氮磷营养盐。床体为钢筋混凝土或其它防水材料结构,底部铺设砾石(粒径3—5cm)20cm,再铺设含纳米氧化硅(5—8%)的砾石(粒径1—3cm)30cm,上面铺设海砂(粒径0.1—0.3cm)30—50cm,分别种植秋茄、桐花树、木榄等红树植物(宜选择当地原生种,密度约3—5棵/m²)。沉淀池的污水经管道由潜流人工湿地床体底部流入(接近地面,孔径9—12cm,孔间距10cm),由床体上部流出(管道顶部比海砂层顶部低5—10cm,孔径9—12cm,孔间距10cm),床体末端设置集水区(宽度约100—150cm),用于收集初步净化后的污水。

[0065] 3、增氧湿地床:该床体主要解决初步净化污水的充分曝气增氧,同时增加该工艺的景观效果。如图4所示,增氧湿地床3的床体为高度1—3m、坡度45°—60°的钢筋水泥墙,墙体为蜂窝状粗糙毛面31,蜂窝为深度5—15mm,直径5—10cm,间距10—20cm,随机布设粒径5—8cm形状不规则的含有纳米氧化硅的砾石块32,纳米氧化硅的质量百分比含量为10~20%,砾石块每平方米设置10—15块。增氧湿地床顶部为一深度5—10cm的水平槽33,进水面及侧面均高于出水面5—10cm,以控制水流方向,宜低于潜流人工湿地集水区的出水高度,以便于水流在重力作用下在湿地床上流入垂直流湿地;如果增氧湿地床顶部高于潜流人工湿地集水区的

出水高度,则集水区的水需由水泵抽提至增氧湿地床顶部。

[0066] 4、红树林垂直流人工湿地床:该床体主要解决污水的深度净化问题。如图5所示,红树林垂直流人工湿地床4的床体为钢筋混凝土或其它防水材料结构,

[0067] 所述红树林垂直流人工湿地床4的底部设有垂直流填料层和垂直流海砂层43,所述垂直流填料层包括垂直流砾石层41和垂直流纳米氧化硅砾石层42,所述垂直流海砂层43位于垂直流纳米氧化硅砾石层42的上方,所述垂直流砾石层41位于垂直流纳米氧化硅砾石层42的下方。所述红树林垂直流人工湿地床4种植有红树植物44。所述红树林垂直流人工湿地床4的床体末端设有用于收集初步净化后的污水的垂直流出水集水区45。

[0068] 所述红树林垂直流人工湿地床4的深度为80-150cm,床体底部铺设粒径1-3cm的砾石10cm,再铺设含纳米氧化硅(10-20%)的石粒(粒径0.5-1cm)40cm,上面铺设海砂(粒径0.1-0.3cm)30-50cm,种植秋茄、桐花树、木榄等红树植物(宜选择当地原生种,密度约10-15棵/ m^2)。红树林垂直流人工湿地床4的底部排水孔均匀分布,即位于床体底部,孔径9-12cm,孔间距10cm,深度净化后的污水从湿地床底部进行垂直流出水集水区45,宽度约100-150cm,然后流入或水泵抽进水平自然流湿地。

[0069] 红树林垂直流人工湿地床4中,进水管46(\varnothing 12-15cm,一端封闭)水平平行铺于人工湿地表层,3/4露出地面(注:水由管底进入湿地床,管道掩埋深度以污水不露出地面为宜,可适当调整),管的末端有阀门,管与管的间距约20-30cm。红树林垂直流人工湿地床4的下部设有出水管47。如图6所示,进水管46的管底分布有许多孔48孔径 \varnothing 8-10mm,孔间距10-15mm,每10m处设置一个接头阀门,便于维修更换管道堵塞、破损等问题。

[0070] 红树植物生长半年至一年后,在红树植物种植土层人工放养以方蟹科(如无齿相手蟹、褶痕相手蟹等)和沙蟹科(如弧边招潮蟹、马氏招潮蟹等)为主的穴居动物(各地区宜选择当地原生优势种)。螃蟹放养密度为2-4只/ m^2 ,雌雄比不小于2:1。

[0071] 秋茄、木榄、桐花树的种植株距为0.3~0.6m、行距为0.3~0.6m。所种红树均宜选择一年生袋装苗,不同红树可单种或混种。红树种植成活半年至1年后,要控制植株高度,使高度低于2.5 m,并促进枝叶侧向发展。

[0072] 每隔15-20年,红树植物全部砍伐,并更换海砂和填料,重新种植红树植物。砍伐的红树植物可粉碎发酵后做绿肥,也可直接用于简易的园林景观制作;更换出的填料经消毒、混匀等处理后,可用于路面铺设或花草种植。

[0073] 对于红树林潜流人工湿地床也是如上设置。

[0074] 5、水平自然流湿地床:主要为提高深度净化水体的氧气含量,同时营造鸟类等生物的栖息地。如图7所示,水平自然流湿地床5的深度为3-5 m,四周为普通塘基,坡度大于 60° ,周边种植芦苇、老鼠簕、海漆、桐花树等低矮植物52(高度控制在2 m以内)为主,堤岸上可适当混交种植一些高大乔木,如木麻黄、苦楝等。海漆、桐花树的种植株距为0.3~0.5m、行距为0.5~0.7m;芦苇、老鼠簕可直接扦插,株距为0.3~0.4m、行距为0.2~0.3m;高大乔木一般每隔10-15 m种植一株。

[0075] 水平自然流湿地床5内设有缓坡型堤坝51,主要作用延长水流在湿地内的停留时间,以增加水体溶解氧含量。堤坝51为“S”型,堤坝51宽度不小于1 m,露出水面53 10-50cm,且位于水面53以下30-50cm以内堤坝51的坡度为 10° - 20° ,不种植任何植物,保留裸滩。

[0076] 实施例1

[0077] 在有污水进入的河口建立如图1所示的人工红树林湿地深度净化复合系统,尾水经水泵泵至沉淀池,沉淀池的结构如图2所示,经管道依次进入如图3所示的红树林潜流人工湿地床、如图4所示的增氧湿地床、如图5所示的红树林垂直流湿地床、如图6所示的垂直流床体进水管系统、如图7所示的水平表面流湿地进行深度净化后,经水闸入海。

[0078] 沉淀池底部整体高出红树林潜流人工湿地床顶部10cm。一级沉淀池长*宽*高为300cm*200cm*500cm,放入砾石(粒径3-5cm)250cm,污水由沉淀池顶部进入,经底部管道(\varnothing 9cm,间距10cm),进入二级沉淀池底部;二级沉淀池长*宽*高为300cm*200cm*400cm,用含有纳米氧化硅(5%)砾石(粒径1-3cm)填充至300cm深度处,经顶部出水管(高度300cm处,水管 \varnothing 10cm)在重力作用下自然流入潮流湿地床。

[0079] 潜流湿地床为钢筋混凝土结构,长*宽*高为1000cm*200cm*120cm,从下向上依次填入砾石(粒径3-5cm)20cm、含纳米氧化硅(5%)的砾石(粒径1-3cm)30cm、海砂(粒径0.1-0.3cm)50cm,按40cm*50cm的株行距种植木榄(即5株/ m^2)。床体末端设置集水区(宽度100cm),用于收集初步净化后的污水。

[0080] 增氧湿地床紧挨着潜流湿地床出水区,出水由水泵泵至增氧湿地床床体顶部,顶部为水平槽(长*宽*高,1000cm*20cm*20cm),水从水平槽垂直流经增氧床床体,床体为高度200cm、坡度45°的钢筋水泥墙,墙体为蜂窝状粗糙毛面(蜂窝为深度5mm,直径5cm,间距10cm),随机布设粒径5cm形状不规则的含有10%纳米氧化硅的砾石块(每平方米设置15块)。该系统增氧床的集水区底部高于垂直流湿地床顶部10cm,水流由集水区自然流入垂直流湿地床体。

[0081] 垂直流床体为钢筋混凝土(长*宽*高为1000cm*200cm*120cm),从下向上依次铺设砾石(粒径1-3cm)10cm、含纳米氧化硅(20%)的石粒(粒径0.5-1cm)40cm、海砂(粒径0.1-0.3cm)50cm,按30cm*30cm的株行距种植桐花树(即5株/ m^2)种植桐花树(11棵/ m^2)。垂直流系统的管道布水系统为 \varnothing 12cm、一端带封闭阀门的PVC管道组成,管道底部有孔径8mm、孔间距10mm的小孔,4条管道平铺于湿地表面,每条管底部约3cm埋入海砂,经避免污水露出地表引起蚊虫等问题。深度净化后污水经床体底部排水孔(孔径9cm,孔间距10cm)排入宽度为100cm的集水区,然后进入水平表面流湿地。

[0082] 水平表面流湿地为深水池塘(长*宽*高为1000cm*300cm*300cm),四周为普通塘基,坡度大于60°的普通塘基,四周按株距0.3m、行距0.5种植桐花树(高度控制在2m以内)塘内修建“S”型堤坝,堤坝宽度1m,高于水面20cm,且近水面50cm以内坡度为10°,如图8所示,不种植任何植物。污水在塘内充分氧化后,经水闸入海。

[0083] 潜流和垂直流湿地内的木榄和桐花树生长一年后,在床体内投放无齿相手蟹和弧边招潮蟹,螃蟹放养密度为3只/ m^2 ,雌雄比为2:1;同时,植物生长1年后,通过修剪顶芽等措施使植株高度低于2.5m,以促进枝叶侧向发展。

[0084] 在水力负荷为60 $\text{m}^3 \text{d}^{-1}$,停留时间约3天的运行参数下(单位面积水力负荷为0.286 $\text{m}^3 \text{d}^{-1} \text{m}^{-2}$),经过近三年的运行(年均气温25℃),进水中溶解氧小于1 mg L^{-1} ,出水中的溶解氧含量多大于6.0 mg L^{-1} ,在进水 COD_{Cr} 、 BOD_5 、TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、SP的平均浓度分别为180 mg L^{-1} 、100 mg L^{-1} 、25 mg L^{-1} 、18 mg L^{-1} 、8 mg L^{-1} 、5 mg L^{-1} 的条件下,经复合湿地系统深度净化后,出水中 COD_{Cr} 、 BOD_5 、TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、SP的平均浓度分别为15 mg L^{-1} 、5 mg L^{-1} 、2 mg L^{-1} 、1 mg L^{-1} 、0.3 mg L^{-1} 、0.1 mg L^{-1} ,除 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为地表水Ⅲ类标准,其它水质指

标为地表水Ⅱ类标准,总体来说,出水水质优于地表水Ⅲ类标准。湿地运行15年后,更换填料,并将红树植物砍伐,重新种植。

[0085] 对比例1

[0086] 采用现有技术的单一的红树林人工湿地进行污水处理。

[0087] 前期建立的红树林潜流人工湿地(长×宽×高,9m*3m*1.0m),在水力负荷为 $5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ 、停留时间约3天的运行参数下(单位面积水力负荷为 $0.062 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$),经过近三年的运行,进水中溶解氧非常低,多小于 1 mg L^{-1} ,出水中的溶解氧含量多大于 5.0 mg L^{-1} ,在COD、BOD₅、TN、NH₃-N、TP、SP的平均浓度分别为 180 mg L^{-1} 、 100 mg L^{-1} 、 15 mg L^{-1} 、 10 mg L^{-1} 、 5 mg L^{-1} 、 3 mg L^{-1} 的条件下,出水中COD、BOD₅、TN、NH₃-N、TP、SP的平均浓度分别为 25 mg L^{-1} 、 10 mg L^{-1} 、 2 mg L^{-1} 、 1.5 mg L^{-1} 、 0.5 mg L^{-1} 、 0.3 mg L^{-1} 。

[0088] 与实施例1相比,在高水力负荷条件下,实施例1的红树林湿地深度净化技术工艺的净化效率远高于单一的红树林潜流人工湿地,使得出水水质优于地表水Ⅲ类标准。

[0089] 对比例2

[0090] 以水平流和垂直流一体化人工湿地作为对比例。

[0091] 2016年,国内某环境技术有限公司实用新型了一套水平流和垂直流一体化人工湿地,该系统垂直流人工湿地设置于水平潜流人工湿地上方,使得两个床体的占地面积仅为一个床的面积,相比于垂直流和水平潜流人工湿地系统串联,占地面积减少一半;所用湿地植物主要为美人蕉、菖蒲、芦苇等一年生草本植物,该系统主要用于农村生活污水处理,在水力负荷单位面积水力负荷为 $0.347\text{--}0.694 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$ 条件下,最终出水水质可《城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918-2002)》中一级B标准。

[0092] 本实施例1的系统与该对比例比较可见,区别主要在于本实施例1的污水可以实现深度净化,出水可达到优于地表水Ⅲ类标准,深度净化效果远高于对比例1的一体化人工湿地系统。

[0093] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本实用新型所作的进一步详细说明,不能认定本实用新型的具体实施只局限于这些说明。对于本实用新型所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本实用新型的保护范围。

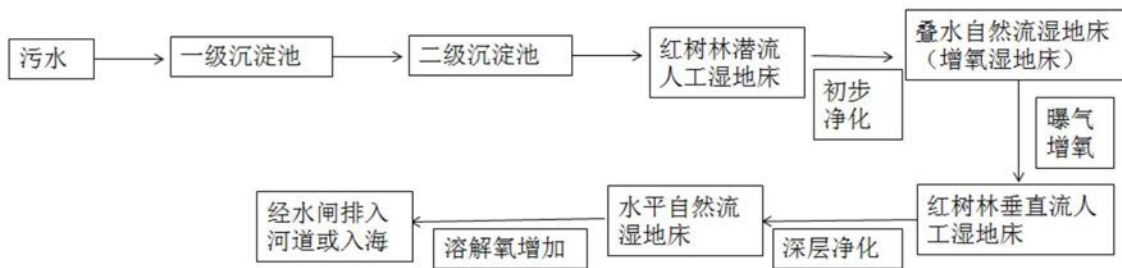


图1

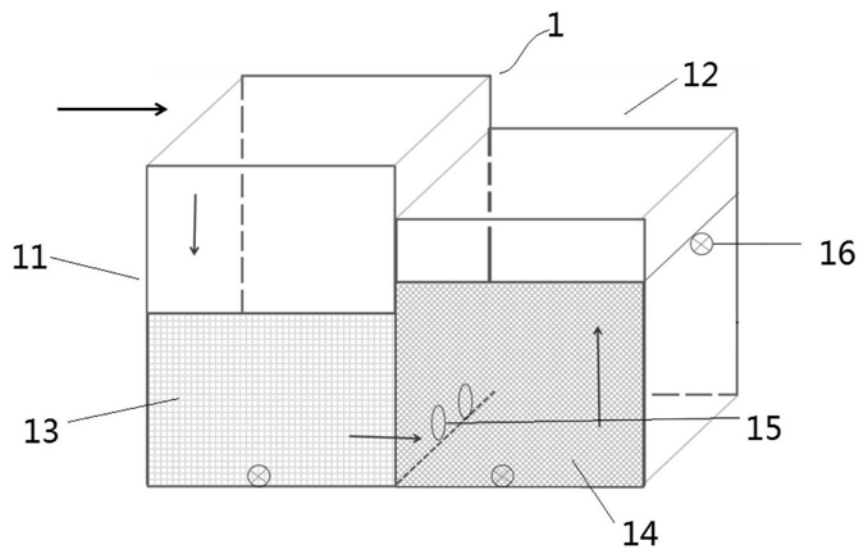


图2

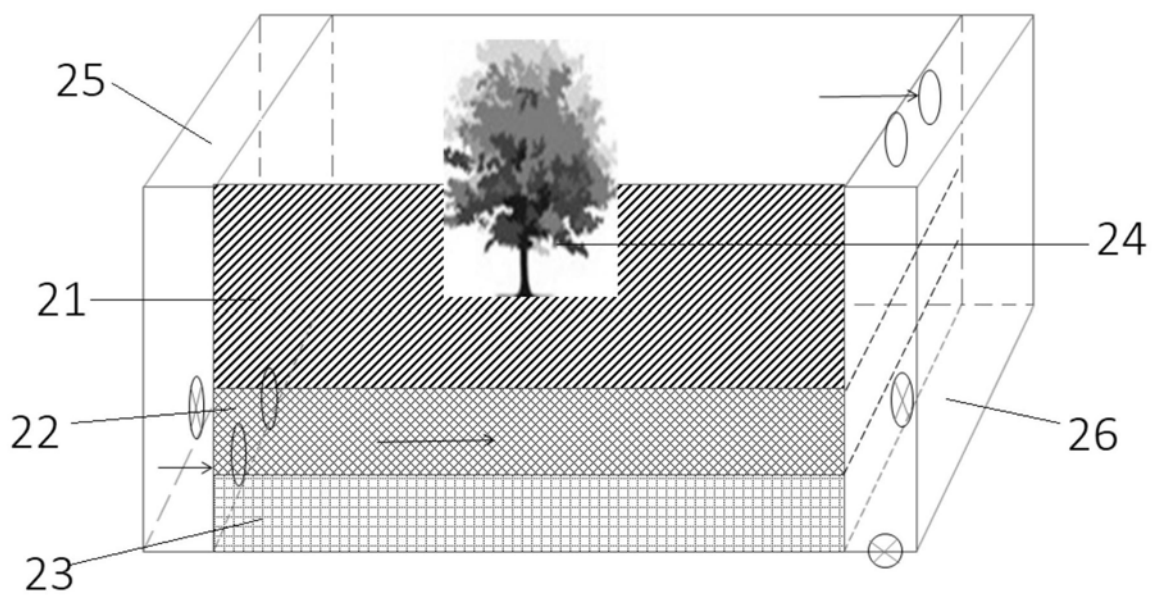


图3

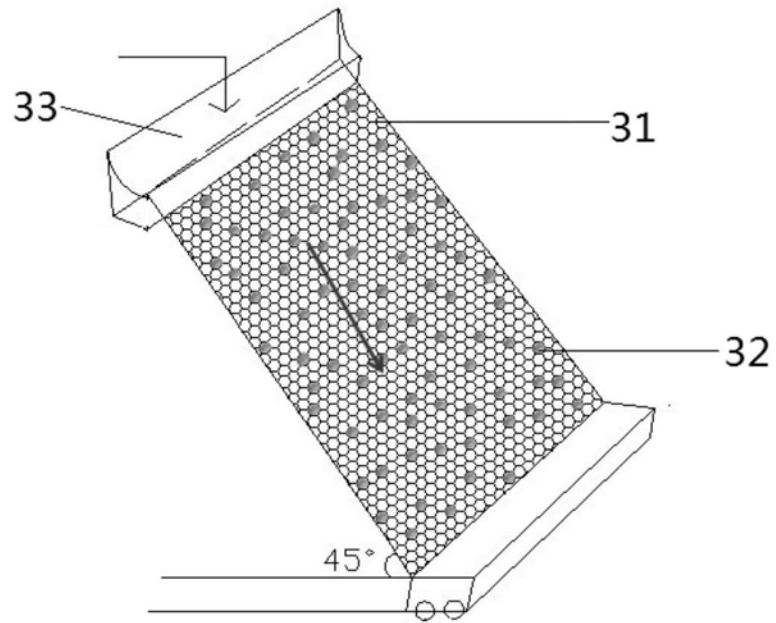


图4

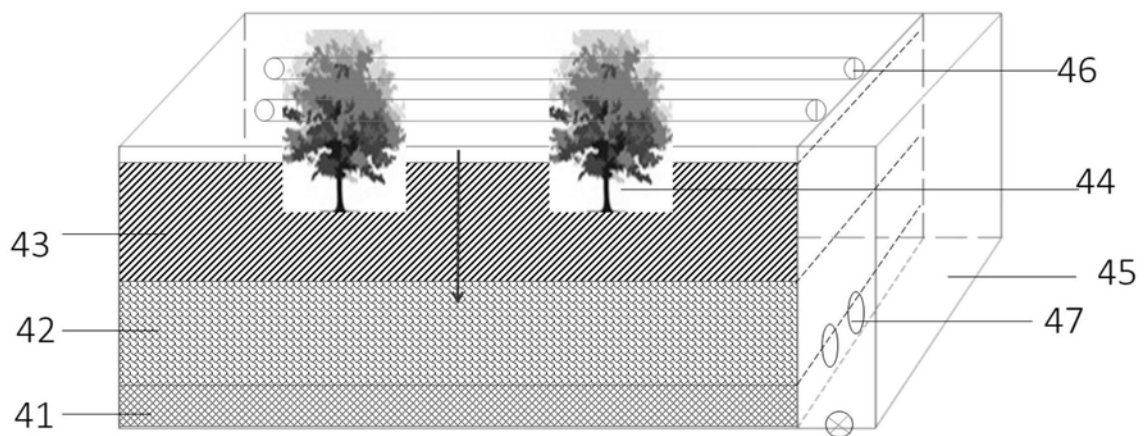


图5

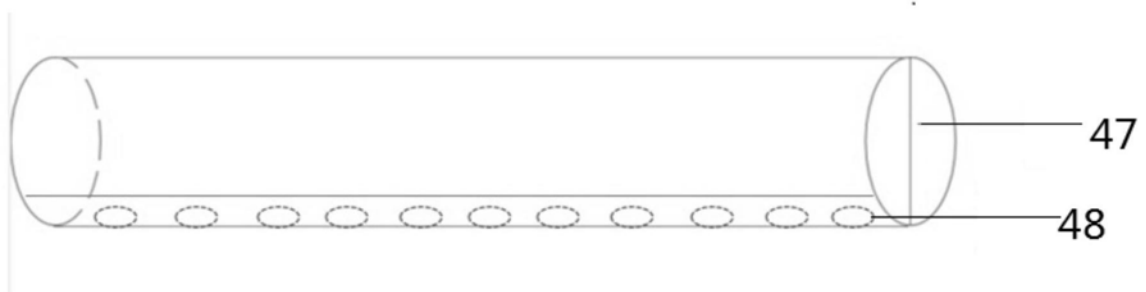


图6

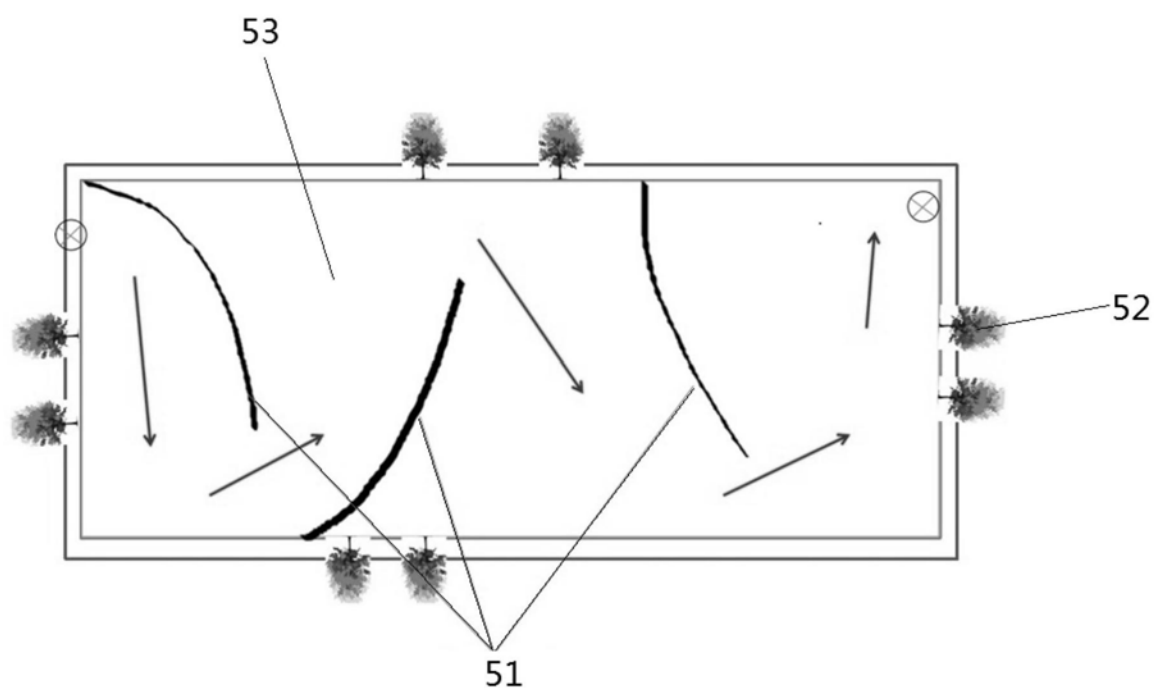


图7

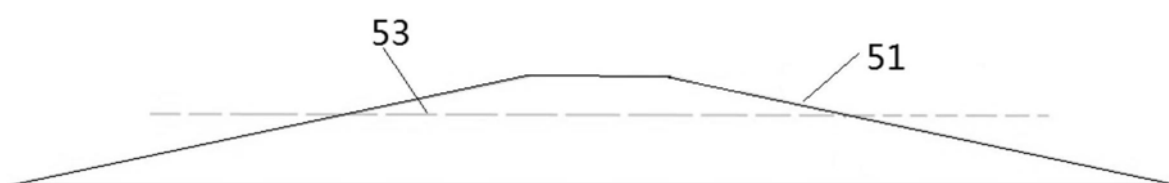


图8