(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104150699 A
(43)申请公布日 2014.11.19

(21)申请号 201410359942.9

(22)申请日 2014.07.25

(71)申请人 中国环境科学研究院
地址 100012 北京市朝阳区安外北苑大羊坊8号

(72)发明人 王雷 席北斗 张列宇 汪的华 赵颖 余红 苏靖 党秋玲

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 宋焰琴

(51)Int.Cl.
C02F 9/14(2006.01)

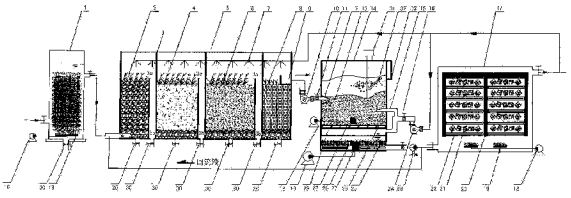
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种四段上行土渗系统中水回用处理装置和处理方法

(57)摘要

一种四段上行土渗系统中水回用处理装置，主要包括：纳米曝气消融装置，其底部开设有排泥口，位于排泥口上方设置有纳米曝气盘，纳米曝气消融装置的出水输入四段上行土渗系统的下部；四段上行土渗系统垂直地分为四个填料区，四段上行土渗系统中溢流堰的出水进入表层湍流筛滤装置；表层湍流筛滤装置的储水箱的出水口与光催化降解反应装置相连。本发明还公开了利用四段上行土渗系统中水回用处理装置处理污水的方法。



CN 104150699 A

1. 一种四段上行土渗系统中水回用处理装置，包括有：

纳米曝气消融装置，其底部开设有排泥口，位于排泥口上方设置有纳米曝气盘，纳米曝气消融装置的出水输入四段上行土渗系统的下部；

四段上行土渗系统垂直地分为四个填料区，分别为砾石填料区、赤泥分子筛填料区、粉煤灰分子筛填料区、活性炭填料区，其中的赤泥分子筛填料区、粉煤灰分子筛填料区和活性炭填料区的底部均铺设一层用于布水的砾石，活性炭填料区的顶部设有溢流堰；

四个填料区相互之间各由两个不同高度的隔墙和隔开，每两个隔墙之间位于水流下游的隔墙高度与四段上行土渗系统同高度，隔墙下方开有对准砾石层的孔，位于水流上游的隔墙的高度略高于填料区内的填料的高度，用于溢流作用；

每个填料区的底部，以及两个隔墙之间的底部均各开设有排泥孔；

四段上行土渗系统的上方安装有反洗喷头，该反洗喷头连接至光催化降解反应装置的出水口；

四段上行土渗系统中溢流堰的出水进入表层湍流筛滤装置；

表层湍流筛滤装置由多孔板分为上、下两个部分，多孔板孔洞呈倾斜状，多孔板上方铺设一层筛滤填料，在筛滤填料上方安装有超声波发生仪，筛滤填料的底部设有纳米曝气头，筛滤填料内表层通过缩口进水管与四段上行土渗系统连接；

多孔板下方为储水箱，储水箱内壁均匀负载一层非金属掺杂光催化剂，储水箱底部安装有紫外灭菌灯，在紫外灭菌灯的空隙间设置纳米曝气头，表层湍流筛滤装置内部剩余空间填充有半导体负载填料；

表层湍流筛滤装置对应于缩口进水管的另一侧下方设有缩口反洗管，连接反洗泵；

表层湍流筛滤装置位于缩口反洗管的上方设置有回流槽，回流槽一侧上方设有曝气管；

表层湍流筛滤装置的储水箱的出水口与光催化降解反应装置相连；

光催化降解反应装置内壁均匀负载一层非金属掺杂光催化剂，底部开设有排泥口，位于排泥口上方设置有纳米曝气盘，纳米曝气盘上设置有低压紫外汞灯框架，低压紫外汞灯框架上安装有低压紫外汞灯，低压紫外汞灯设有防水套筒。光催化降解反应装置内部剩余空间填充有半导体负载填料；光催化降解反应装置的顶部设有遮光板。

2. 根据权利要求 1 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置，其中，表层湍流筛滤装置的筛滤填料为石英砂、改性锰砂与天然沸石分子筛按照 5:2:1 比例混合而成，其中掺杂少量零价纳米铁，粒径分别为 0.5-2.0mm。

3. 根据权利要求 1 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置，其中，光催化降解反应装置外壳及上方遮光板外涂抹一层黑色涂料用以遮光。

4. 根据权利要求 1 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置，其中，光催化降解反应装置、表层湍流筛滤装置及光催化降解反应装置内，曝气头和曝气盘均分别连接纳米曝气机。

5. 根据权利要求 1 或 4 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置，其中，表层湍流筛滤装置中筛滤填料底部的纳米曝气头进气为 O_2，用于清洁填料；表层湍流筛滤装置中储水箱的纳米曝气头和光催化降解反应装置的进气为 O_3，通过纳米曝气大量获得羟基自由基，起强氧化作用。

6. 根据权利要求 1 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置，其中，半导体负载填料为纳米 TiO_2 粉体负载在立体网状聚丙烯的填料。

7. 一种四段上行土渗系统中水回用处理方法，其过程是：

纳米曝气消融装置的纳米曝气盘产生的气泡均匀混入污水中，在高温纳米曝气的情况下对污水进行纳米曝气处理，污水中难降解有机化合物分解、消融，病原菌和微生物被灭活，在去除有机物、降低 COD 的同时，提高污水的透明度和色度；

经纳米曝气处理的污水进入四段上行土渗系统，分别经过砾石 - 赤泥分子筛 - 粉煤灰分子筛 - 活性炭四个处理区，达成固体颗粒截留 - 固磷 - 吸附、过滤、离子交换 - 深度净化，对污水进行分步骤处理，层层削减污水中污染物质；

四段上行土渗系统的出水射入表层湍流筛滤装置内，表层湍流筛滤装置内的储水箱内纳米曝气间歇曝气，曝气时储水箱内气压增大，空气被多孔板切割成为气泡鼓起，冲击筛滤填料，打散筛滤填料表面的污染物质层并使其浮起，使得污水能顺利经过筛滤填料过滤；曝气管产生的气泡将浮起的污染物推至水面，溢流至回流槽，与进水混合调节进水水质，同时延长筛滤装置使用寿命及反洗周期；

表层湍流筛滤装置的筛滤填料底部纳米曝气头进气为 O_2，用于清洁填料；储水箱内纳米曝气头的进气为 O_3，通过纳米曝气大量获得羟基自由基，与紫外灭菌灯和半导体负载填料共同提高高级氧化效果，同时其中富含羟自由基的出水在装置进行反洗时，冲刷筛滤填料，作到填料清洁与再生；

使用纳米曝气的方式提高 ^{-}OH 产生率，由于微气泡具有庞大的数量、比表面积、缓慢的上升速度，增加了气液接触面积、接触时间，有利于臭氧溶于水中，克服了臭氧难溶于水的缺点；微气泡内部具有较大的压力且纳米气泡破裂时界面消失，周围环境剧烈改变产生的化学能促使产生更多的羟基自由基，增强臭氧氧化分解有机物的能力；

臭氧在紫外光的照射作用下产生 •OH，臭氧能带走二氧化钛光致电子空穴对中的电子，从而产生了更多的羟基自由基，加速了有机物的降解，通过 • OH 的强氧化作用对有机污染物进行处理；

表层湍流筛滤装置的储水箱的出水进入光催化降解反应装置进行光催化降解反应。

8. 根据权利要求 7 所述的四段上行土渗系统中水回用处理方法，其中，紫外灭菌灯平均照射剂量在 $300J/m^2$ 以上。

9. 根据权利要求 7 所述的四段上行土渗系统中水回用处理方法，表层湍流筛滤装置的出水回流至交四段上行土渗系统进水，调节水质并刺激植物生长过程分泌次生物质。

一种四段上行土渗系统中水回用处理装置和处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种四段上行土渗系统中水回用处理装置。

[0002] 本发明还涉及利用上述装置进行污水处理的方法。

背景技术

[0003] 土渗系统由于造价和运行成本都比较低、管理方便、对负荷变化适应性强、出水具有一定的生物安全性、生态环境效益显著等优点，广泛地应用于广大中小城镇和乡村地区的生活污水处理。但土渗系统在长期运行过程中难以避免地存在堵塞问题，这是应用中需要解决的重要问题。对于复合垂直流土渗系统，主要是由于下行池的上层填料出现堵塞，使下行池表面出现积水层，阻碍了空气中的氧气进入基质层，使得复合垂直流中的好氧微生物活性下降。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种四段上行土渗系统中水回用处理装置。

[0005] 本发明的又一目的在于提供一种利用上述装置进行污水处理的方法。

[0006] 为实现上述目的，本发明提供的四段上行土渗系统中水回用处理装置，包括有：

[0007] 纳米曝气消融装置，其底部开设有排泥口，位于排泥口上方设置有纳米曝气盘，纳米曝气消融装置的出水输入四段上行土渗系统的下部；

[0008] 四段上行土渗系统垂直地分为四个填料区，分别为砾石填料区、赤泥分子筛填料区、粉煤灰分子筛填料区、活性炭填料区，其中的赤泥分子筛填料区、粉煤灰分子筛填料区和活性炭填料区的底部均铺设一层用于布水的砾石，活性炭填料区的顶部设有溢流堰；

[0009] 四个填料区相互之间各由两个不同高度的隔墙和隔开，每两个隔墙之间位于水流下游的隔墙高度与四段上行土渗系统同高度，隔墙下方开有对准砾石层的孔，位于水流上游的隔墙的高度略高于填料区内的填料的高度，用于溢流作用；

[0010] 每个填料区的底部，以及两个隔墙之间的底部均各开设有排泥孔；

[0011] 四段上行土渗系统的上方安装有反洗喷头，该反洗喷头连接至光催化降解反应装置的出水口；

[0012] 四段上行土渗系统中溢流堰的出水进入表层湍流筛滤装置；

[0013] 表层湍流筛滤装置由多孔板分为上、下两个部分，多孔板孔洞呈倾斜状，多孔板上方铺设一层筛滤填料，在筛滤填料上方安装有超声波发生仪，筛滤填料的底部设有纳米曝气头，筛滤填料内表层通过缩口进水管与四段上行土渗系统连接；

[0014] 多孔板下方为储水箱，储水箱内壁均匀负载一层非金属掺杂光催化剂，储水箱底部安装有紫外灭菌灯，在紫外灭菌灯的空隙间设置纳米曝气头，表层湍流筛滤装置内部剩余空间填充有半导体负载填料；

[0015] 表层湍流筛滤装置对应于缩口进水管的另一侧下方设有缩口反洗管，连接反洗泵；

[0016] 表层湍流筛滤装置位于缩口反洗管的上方设置有回流槽，回流槽一侧上方设有曝气管；

[0017] 表层湍流筛滤装置的储水箱的出水口与光催化降解反应装置相连；

[0018] 光催化降解反应装置内壁均匀负载一层非金属掺杂光催化剂，底部开设有排泥口，位于排泥口上方设置有纳米曝气盘，纳米曝气盘上设置有低压紫外汞灯框架，低压紫外汞灯框架上安装有低压紫外汞灯，低压紫外汞灯设有防水套筒。光催化降解反应装置内部剩余空间填充有半导体负载填料；光催化降解反应装置的顶部设有遮光板。

[0019] 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置中，表层湍流筛滤装置的筛滤填料为石英砂、改性锰砂与天然沸石分子筛的混合物，粒径分别为 0.5-2.0mm。

[0020] 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置中，光催化降解反应装置外壳及上方遮光板外涂抹一层黑色涂料用以遮光。

[0021] 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置中，纳米曝气消融装置、表层湍流筛滤装置及光催化降解反应装置内，曝气头和曝气盘均分别连接纳米曝气机。

[0022] 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置中，表层湍流筛滤装置中筛滤填料底部的纳米曝气头进气为 O_2，用于清洁填料；表层湍流筛滤装置中储水箱的纳米曝气头和光催化降解反应装置的进气为 O_3，通过纳米曝气大量获得羟基自由基，起强氧化作用。

[0023] 所述的四段上行土渗系统中水回用处理装置中，半导体负载填料为纳米 TiO_2 粉体负载在立体网状聚丙烯的填料。

[0024] 本发明提供的四段上行土渗系统中水回用处理方法，其过程是：

[0025] 纳米曝气消融装置的纳米曝气盘产生的气泡均匀混入污水中，在高温纳米曝气的情况下对污水进行纳米曝气处理，污水中难降解有机化合物分解、消融，病原菌和微生物被灭活，在去除有机物、降低 COD 的同时，提高污水的透明度和色度；

[0026] 经纳米曝气处理的污水进入四段上行土渗系统，分别经过砾石－赤泥分子筛－粉煤灰分子筛－活性炭四个处理区，达成固体颗粒截留－固磷以及重金属稳定化－吸附、过滤、离子交换－深度净化，对污水进行分步骤处理，层层削减污水中污染物质；赤泥分子筛利用偏碱性的赤泥分子筛作为填料，迅速吸附中和厌氧部分酸化产生的小分子酸，调节污水酸碱度，使装置内环境更适宜植物、微生物生存；同时营造偏碱性环境固定污水中的重金属，防止其浸出，利用小分子有机物供给植物养分，在植物生长过程中吸附、吸收重金属进行重金属生物稳定化。粉煤灰分子筛填料用于大量吸附污染负荷并逐渐缓释，用于降低污染负荷和毒性。同时所有的混合填料表面形成生物膜，由上至下形成好氧、缺氧、厌氧状态，在植物根系与微生物的协同作用下去除污水中的污染物质；

[0027] 四段上行土渗系统的出水射入表层湍流筛滤装置内，表层湍流筛滤装置内的储水箱内纳米曝气间歇曝气，曝气时储水箱内气压增大，空气被多孔板切割成为气泡鼓起，冲击筛滤填料，打散筛滤填料表面的污染物质层并使其浮起，使得污水能顺利经过筛滤填料过滤；曝气管产生的气泡将浮起的污染物推至水面，溢流至回流槽，与进水混合调节进水水质，同时延长筛滤装置使用寿命及反洗周期；

[0028] 表层湍流筛滤装置的筛滤填料底部纳米曝气头进气为 O_2，用于清洁填料；储水箱内纳米曝气头的进气为 O_3，通过纳米曝气大量获得羟基自由基，与紫外灭菌灯和半导体负载填料共同提高高级氧化效果，同时其中富含羟自由基的出水在装置进行反洗时，冲刷筛

滤填料，作到填料清洁与再生；

[0029] 使用纳米曝气的方式提高 ^{-}OH 产生率，由于微气泡具有庞大的数量、比表面积、缓慢的上升速度，增加了气液接触面积、接触时间，有利于臭氧溶于水中，克服了臭氧难溶于水的缺点；微气泡内部具有较大的压力且纳米气泡破裂时界面消失，周围环境剧烈改变产生的化学能促使产生更多的羟基自由基，增强臭氧氧化分解有机物的能力；

[0030] 臭氧在紫外光的照射作用下产生·OH，臭氧能带走二氧化钛光致电子空穴对中的电子，从而产生了更多的羟基自由基，加速了有机物的降解，通过·OH 的强氧化作用对有机污染物进行处理；

[0031] 表层湍流筛滤装置的储水箱的出水进入光催化降解反应装置进行光催化降解反应。

[0032] 表层湍流筛滤装置的出水回流至交四段上行土渗系统进水，调节水质并刺激植物生长过程分泌次生物质。

[0033] 所述的四段上行土渗系统中水回用处理方法中，紫外灭菌灯平均照射剂量在 $300J/m^2$ 以上。

[0034] 本发明解决土渗系统在长期运行过程中难以避免地存在堵塞问题，防止由于下行池的上层填料出现堵塞，使下行池表面出现积水层，阻碍了空气中的氧气进入基质层，使得复合垂直流中的好氧微生物活性下降。利用上行流自下向上的水流方式，最大限度地缓解堵塞，减少堵塞对湿地系统的影响。同时，针对上行流土渗系统里好氧微生物活性较差、对有机污染物去除效果不好的缺点，选择自配的填料，栽种适宜的植物，以促进好氧微生物的生长，提高湿地系统的处理效果。最后采用表层湍流筛滤装置、光催化降解反应装置对污水进行深度处理，并灭杀大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、病毒等，分解残留难降解有机化合物及有毒物质，持久安全的对污水进行消毒降解，表层湍流筛滤装置中纳米二氧化钛晶体作为光触媒在紫外灯照射下激发极具氧化力的自由负离子，同时在纳米曝气过程中以及超声波发生过程激发的能量亦可发生并加强自由负离子的产生，达成光催化效果；而自由负离子以及其摆脱共价键的束缚后留下空位，与纳米气泡表面带有的电荷同时产生微电解效果，针对环境类激素（如激素类农药、抗生素、二恶英、雌激素以及人工合成激素等微量有害化学物质）的处理方面具有很大的优势，能够使绝大部分有机物完全矿化或分解，对污水进行筛滤处理的同时对其出水净化、消毒，出水较好的达到国家要求标准。

附图说明

[0035] 图 1 是本发明的四段上行土渗系统中水回用处理装置示意图。

[0036] 附图中主要组件符号说明：

[0037] 1 纳米曝气消融装置；2 砾石填料；3、3a 隔墙；3b 水孔；4 赤泥分子筛填料；5 四段上行土渗系统；6 粉煤灰分子筛填料；7 反洗喷头；8 活性炭填料；9 溢流堰；10 增压泵；11 第一阀门；12 缩口进水管；13 筛滤填料；14 表层湍流筛滤装置；15 缩口反洗管；16 第二阀门；17 光催化降解反应装置；18 纳米曝气机；19 纳米曝气盘；20 低压紫外汞灯框架；21 半导体负载填料；22 低压紫外汞灯；23 液压泵；24 反洗泵；25 紫外灭菌灯；26 多孔板；27 纳米曝气头；28 半导体负载填料；29 储水箱；30 排泥孔；31 超声波发生仪；32 曝气管；33 回流槽。

具体实施方式

[0038] 本发明的提供了一种四段上行土渗系统中水回用处理装置和处理方法，可以防止处理过程中的堵塞，并深度处理污水，灭杀污水中病原菌、细菌等的方法。

[0039] 以下结合附图作详细说明。需要说明的是，在以下叙述中提到的左、右、上、下等均是以附图所示的方向为准。

[0040] 请参阅图 1。本发明提供的四段上行土渗系统中水回用处理装置，其主要结构包括：

[0041] 纳米曝气消融装置 1 底部开设有排泥口 30，装置 1 内部位于排泥口 30 上方设置有纳米曝气盘 19，该纳米曝气盘 19 连接一纳米曝气机 18（纳米曝气消融装置中曝气机的进气是 O_3），气泡均匀混入污水中，在高温纳米曝气的情况下对污水进行纳米曝气处理，污水中难降解有机化合物分解、消融，病原菌和微生物被灭活，同时在去除有机物、降低 COD 的同时，污水的透明度、色度也有所提高。纳米曝气消融装置 1 的出水直接输入四段上行土渗系统 5。

[0042] 四段上行土渗系统 5 垂直地分为四个填料区，分别为砾石填料区 2、赤泥分子筛填料 4 区、粉煤灰分子筛填料区 6、活性炭填料区 8，其中的赤泥分子筛填料 4 区、粉煤灰分子筛填料区 6 和活性炭填料区 8 的底部均铺设一层用于布水的砾石，活性炭填料区 8 的顶部设有溢流堰 9。四个填料区 2、4、6 和 8 相互之间各由两个不同高度的隔墙 3 和 3a 隔开，每两个隔墙之间位于水流下游的隔墙 3 高度与四段上行土渗系统 5 同高度，隔墙 3 下方开有对准砾石层的水孔 3b，位于水流上游的隔墙 3a 的高度略高于填料区内的填料的高度，用于溢流作用。每个填料区 2、4、6、8 的底部均各开有排泥孔 30，隔墙 3 与隔墙 3a 之间的底部也开设有排泥孔 30。四段上行土渗系统 5 的上方安装有反洗喷头 7，该反洗喷头连接至光催化降解反应装置 17 的出水口。

[0043] 纳米曝气消融装置 1 的出水直接输入四段上行土渗系统 5 的砾石填料区 2 的下部，分别经过砾石－赤泥分子筛－粉煤灰分子筛－活性炭四个填料区处理，实现固体颗粒截留－固磷－吸附、过滤、离子交换－深度净化，对污水进行分步骤处理，层层削减污水中污染物质。四段上行土渗系统 5 中溢流堰 9 的出水在增压泵 10 的作用下喷射入表层湍流筛滤装置 14 内。

[0044] 表层湍流筛滤装置 14 由多孔板 26 分为上、下两个部分。多孔板 26 孔洞向右倾斜，多孔板 26 上方铺设一层筛滤填料 13，筛滤填料 13 是石英砂、改性锰砂与天然沸石分子筛的混合物，粒径为 0.5-2.0mm，是集过滤、吸附、离子交换、混凝及去除重金属为一体的多功能混合填料。筛滤填料 13 的底部设有纳米曝气头 27，该纳米曝气头 27 连接一纳米曝气机 18，筛滤填料 13 内表层通过缩口进水管 12 与四段上行土渗系统 5 连接。表层湍流筛滤装置 14 对应于缩口进水管 12 的另一侧下方设有缩口反洗管 15，通过第二阀门（反冲洗阀门）16 连接反洗泵 24。表层湍流筛滤装置 14 位于缩口反洗管 15 的上方设置有回流槽 33。筛滤填料 13 上方位于回流槽 33 一侧设置有曝气管 32，该曝气管 32 连接一纳米曝气机 18，曝气管 32 设有多个细孔曝气孔，细孔曝气孔垂直向上；在筛滤填料 13 上方安装有超声波发生仪 31。多孔板 26 下方为储水箱 29，储水箱 29 内壁均匀负载一层非金属掺杂光催化剂，储水箱 29 底部安装有紫外灭菌灯 25，在紫外灭菌灯 25 的空隙间设置纳米曝气头 27，该纳米曝气盘 27 连接一纳米曝气机 18。表层湍流筛滤装置 14 内部剩余空间填充有半导体负

载填料 28（如纳米 TiO_2 粉体负载在立体网状聚丙烯填料），本发明将半导体负载填料 28 固定在载体上，解决了常规光催化剂需要分散剂协同使用的弊端，减少了催化剂的流失现象，避免了反应结束后催化剂的分离步骤。表层湍流筛滤装置 14 的储水箱 29 的出水口通过一液压泵 23 与光催化降解反应装置 17 相连。表层湍流筛滤装置 14 中筛滤填料 13 底部的纳米曝气头 27 的进气为 O_2，用于清洁筛滤填料 14。储水箱 29 内的纳米曝气头 27 的进气为 O_3，通过纳米曝气大量获得羟基自由基，与紫外灭菌灯、半导体负载填料共同提高高级氧化效果，同时其中富含羟自由基的出水在装置进行反洗时，冲刷筛滤填料，较好的做到填料清洁与再生。

[0045] 光催化降解反应装置 17 内壁均匀负载一层非金属掺杂光催化剂，底部开设有排泥口，位于排泥口上方设置有纳米曝气盘 19，该曝气盘 19 连接一纳米曝气机 18，纳米曝气盘 19 上设置有低压紫外汞灯框架 20，低压紫外汞灯框架 20 上安装有低压紫外汞灯 22，低压紫外汞灯 22 设有防水套筒。光催化降解反应装置 17 内部剩余空间填充有半导体负载填料 21（如纳米 TiO_2 粉体负载在立体网状聚丙烯填料）。光催化降解反应装置 17 的出水口设置有筛网，光催化降解反应装置 17 的一端安装有液位仪，光催化降解反应装置 17 的顶部设有遮光板。本发明的光催化降解反应装置 17 增大了反应面，解决了常规光催化剂需要分散剂协同使用的弊端，减少了催化剂的流失现象，避免了反应结束后催化剂的分离步骤。处理后的水流经光催化降解反应装置 17 的出水口排出。

[0046] 在表层湍流筛滤装置进行筛滤时，储水箱内纳米曝气间歇曝气，曝气时储水箱内气压增大，空气被多孔板切割成为气泡鼓起，冲击筛滤填料，打散填料表面的污染物质层并使其浮起，使得污水能顺利经过筛滤填料过滤；填料上方右端设置有曝气管，曝气管设有多个细孔曝气孔，曝气孔垂直向上，气泡将浮起的污染物推至水面，于右侧溢流至回流槽，与进水混合调节进水水质，同时延长筛滤装置使用寿命及反洗周期，对于进水浊度较低的情况，甚至可以无需反冲洗，不断运行净化污水。

[0047] 表层湍流筛滤装置中筛滤填料底部纳米曝气头进气为 O_2，用于清洁填料；下方储水箱内纳米曝气头的进气为 O_3，通过纳米曝气大量获得羟基自由基，与紫外灭菌灯和半导体负载填料共同提高高级氧化效果，同时其中富含羟自由基的出水在装置进行反洗时，冲刷筛滤填料，较好的做到填料清洁与再生。

[0048] 表层湍流筛滤装置和光催化降解反应装置的紫外灭菌灯平均照射剂量在 $300J/m^2$ 以上。

[0049] 使用纳米曝气的方式提高 $^{\cdot}OH$ 产生率，由于微气泡具有庞大的数量、比表面积、缓慢的上升速度，大大增加了气液接触面积、接触时间，有利于臭氧溶于水中，克服了臭氧难溶于水的缺点。微气泡内部具有较大的压力且纳米气泡破裂时界面消失，周围环境剧烈改变产生的化学能促使产生更多的羟基自由基，增强臭氧氧化分解有机物的能力。

[0050] 臭氧在紫外光的照射作用下产生 $\cdot OH$，臭氧能带走二氧化钛光致电子空穴对中的电子，从而产生了更多的羟基自由基，加速了有机物的降解，通过 $\cdot OH$ 的强氧化作用对有机污染物进行处理。

[0051] 根据本发明的一个实施例，通过本发明处理的污水中重金属含量降低 95％以上，腐殖类物质降低 99％，出水水质透明度高。

[0052] 表层湍流筛滤装置的储水箱右端设置反冲洗管道连接反洗泵。在表层湍流筛滤装

置工作时导入段上行土渗系统的出水，进水管埋在筛滤填料表层，进水过程中利用进水错流的冲击力扰动筛滤填料表层，形成湍流，防止污染物质在表层堆积对水流的顺利通过形成阻力；在表层湍流筛滤装置进行反冲洗时，纳米曝气头开始曝气，在高温纳米曝气的情况下对砂粒进行纳米曝气处理，在高温、纳米微小泡的剪切力以及曝气过程中产生的冲击力的作用下，清洗筛滤填料截流的杂质、胶体以及表面生长的生物膜。同时通过反洗泵导入光催化降解反应装置出水进行反冲洗，缩口反洗管对筛滤填料施加一个向左的方向力，而储水箱在充水过程中，液面上的空气被强力挤压，通过多孔板上升至筛滤填料层，使筛滤填料呈现沸腾流动状态，储水箱内空气排空后，水流继续通过多孔板孔洞右倾斜向上高速流动，同时整个反冲洗过程中缩口反洗管内水流向左冲洗，整个筛滤填料在水流的冲击力下形成快速运转的湍流，筛滤填料在不同方向力作用下形成的逆时针小旋涡中相互摩擦，附着的有机污染物得以去除，有利于取得较为纯净的筛滤填料。表层湍流筛滤装置储水箱出水口通过一液压泵与光催化降解反应装置相连。

[0053] 光催化降解反应装置内壁均匀负载一层非金属掺杂光催化剂，底部开设有排泥口，内部位于排泥口上方设置有曝气盘，曝气盘上设置有低压紫外汞灯组，灯外有一防水套筒，光催化降解反应装置内剩余空间填充有半导体负载填料（如纳米 TiO_2 粉体负载在立体网状聚丙烯填料），光催化降解反应装置出水口设置有筛网，光催化降解反应装置左端安置液位仪。光催化降解反应装置的外壳及上方遮光板外涂抹一层黑色涂料用以遮光。本发明增大了反应面，解决了常规光催化剂需要分散剂协同使用的弊端，减少了催化剂的流失现象，避免了反应结束后催化剂的分离步骤。

[0054] 本发明先后采用三级反冲洗技术进行反冲洗：

[0055] 一级反冲洗为曝气循环反冲洗，由于污染物质在填料表面的堆积，污水难以透过筛滤填料之间的空隙渗透下去，在筛滤过程中进行反冲洗，开启曝气管 32 并间歇开启多孔板上方纳米曝气机 18，储水箱内纳米曝气头不连续工作，空气自多孔板向上鼓起，分割成小气泡，间歇冲散筛滤填料上的致密污物层，污染物质层破碎成片状浮起，在曝气管的浮力以及缩口管进水时向右推力的协同作用下产生波轮效果，填料表层片状致密污染物溢流至回流槽，使筛滤填料截留的污染物集中排除装置外，与进水混合重新处理，污水也可继续自粉煤灰分子筛空隙渗透下去；一级反冲洗可延长装置的使用寿命及反洗周期，对于进水浊度较低的情况，甚至可以无需反冲洗，使装置不断运行净化污水。

[0056] 二级反冲洗为空气脉冲反冲洗，由于污水浊度过高，导致污染物质在填料表面的大量堆积，仅仅靠一级反冲洗步骤仍不能达到继续筛滤的效果。此时关闭第一阀门 11、连接表层湍流筛滤装置 14 与光催化降解反应装置 17 的阀门，开启第二阀门 16，启动反洗泵 24、曝气管 32 及两个纳米曝气机 18，将出水导入集水池中。在回水压力的作用下，集水池中的全部空气受到快速挤压，沿分压仓上细孔上升，全部筛滤填料层在上升空气、涡轮的旋转扰动及填料下纳米曝气头的冲击力作用下旋转流动，污染物质破碎浮起，在曝气管的浮力以及进水冲击挡流板向右推力的协同作用下，溢流至回流槽与初始进水混合，待水面快速下降。过滤速率重新稳定后，关闭反洗泵 24、多孔板下方纳米曝气机 18、第二阀门 16，开启第一阀门 11、连接 14 表层湍流筛滤装置与光催化降解反应装置 17 的阀门，继续进行筛滤处理。

[0057] 三级反冲洗为曝气湍流反冲洗，此时一、二级反冲洗已经不足以解决污染物质对

填料的覆盖、阻塞问题，污水大量积聚不得过滤。此时关闭第一阀门 11，开启第二阀门 16、连接表层湍流筛滤装置 14 与光催化降解反应装置 17 的阀门，启动反洗泵 24、曝气管 32 及两个纳米曝气机 18、超声波发生仪 31，反向启动液压泵 23，将出水池内出水导入集水池中。⑴集水池内部空气沿多孔板细孔上升搅拌，填料底部纳米曝气头开始曝气，填料上方涡轮不断转动；⑵利用纳米曝气技术冲击、氧化、气浮及高温作用协同清洗，上方填料呈现湍流状态，进行无规则高速运动状态，填料在水流旋涡的冲击力和气泡的剪切力作用下相互摩擦，填料上附着的有机污染物能够去除，得到较为纯净的填料；⑶利用超声波发生仪在液体介质中产生超声波，在筛滤填料表面产生空化效应，空化汽泡在闭合过程中破裂时形成的冲击波，会在其周围产生上千个气压的冲击压力，作用在填料表面上破坏污物之间粘性，并使它们迅速分散在反洗液中，从而达到填料表面洁净的效果。⑷空气排净后，出水池的出水继续导入，纳米曝气与超声波可促使羟基自由基的产生，富含羟自由基的出水冲洗湍流状态的的填料颗粒表面及微孔，剥离污染物质，填料得到再生。⑸而污染物质在水流冲击力及右侧曝气管气浮作用下不断向上浮至水面，自左端进水堰及右端回流槽流出与初始进水混合。经过三级反冲洗，内部污染物被清洗排空殆尽。

[0058] 常规砂滤是在过滤过程中不扰动砂层，使水流从砂子细小缝隙之间流过。通常采用不扰动砂层，压实填料、增加水压、砂上附加网格等手段改进砂滤过程，让水流从砂子细小缝隙之间流过，而污染物质停留在砂层的表层上。本发明则是利用缩口管高压进水扰动填料表层，防止污染物质堆积对水流的顺利通过形成阻力，同时利用高级氧化、超声波、纳米曝气、气泡的冲击力和剪切力等手段改进装置，利用粉煤灰分子筛、锰砂等填料进行优化设计，最后使用三级反冲洗等改进处理过程。本装置对胶体、纤维、藻类等悬浮物的截留效果好，对于浊度较低水质甚至无需反冲洗，即可完成处理过程，同时具有去除臭味，灭杀细菌、病原菌等微生物，分解难降解的少量残留表面活化剂、多氯联苯等难降解有机化合物的功效。

[0059] 本发明中碳掺杂的纳米 TiO_2 粉体的制备：

[0060] 采用均匀沉淀法和水热法两步过程制备碳掺杂的纳米 TiO_2。以硫酸钛和尿素为前驱，葡萄糖为碳源，具体制备过程如下：取 6.48g27 硫酸钛和 3.24g54 尿素（硫酸钛与尿素的摩尔比为 1:2）溶于去离子水中，再加入适量的葡萄糖 0.6 搅拌均匀，1:2:0.023 在 90℃的条件下反应 2h。待反应结束后取出反应物干燥、反复水洗至中性，再次干燥，用球磨机研磨得到碳掺杂的纳米 TiO_2 粉体。

[0061] 纳米 TiO_2 粉体负载在填料上的方法：采用聚丙烯材质的立体网状结构填料，将纳米 TiO_2 粉体与去离子水（粉体与水的质量比为 1:20）混合，用超声波超声成乳浊液，将洁净的立体网状结构填料浸入与乙醇体积比 1:1 混合的钛酸酯偶联剂，缓慢搅拌一段时间，然后将填料取出放入 TiO_2 乳浊液中继续搅拌一段时间，取出后放入烘箱中干燥（85℃以下）2h，即制得负载纳米 TiO_2 的聚丙烯悬浮填料，其外观呈淡黄色，膜层较均匀。

[0062] 本发明解决土渗系统在长期运行过程中难以避免地存在堵塞问题，防止由于下行池的上层填料出现堵塞，使下行池表面出现积水层，阻碍了空气中的氧气进入基质层，使得复合垂直流中的好氧微生物活性下降。利用上行流自下向上的水流方式，最大限度地缓解堵塞，减少堵塞对湿地系统的影响。同时，针对上行流土渗系统里好氧微生物活性较差、对有机污染物去除效果不好的缺点，选择自配的填料，栽种适宜的植物，以促进好氧微生物的

生长，提高湿地系统的处理效果。最后采用表层湍流筛滤装置、光催化降解反应装置对污水进行深度处理，并灭杀大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、病毒等，分解残留难降解有机化合物及有毒物质，持久安全的对污水进行消毒降解。针对环境类激素（如激素类农药、抗生素、二恶英、雌激素以及人工合成激素等微量有害化学物质）的处理方面具有很大的优势，能够使绝大部分有机物完全矿化或分解，对污水进行筛滤处理的同时对其出水净化、消毒，出水较好的达到国家要求标准。

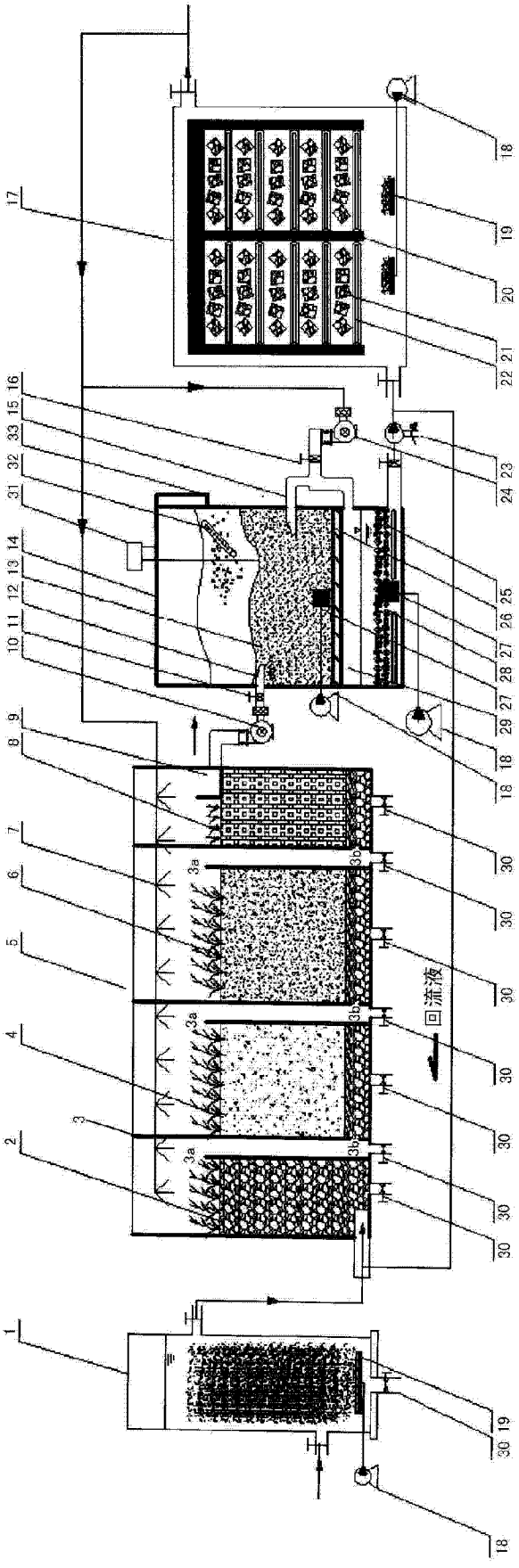


图 1