(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 201770585 U
(45)授权公告日 2011.03.23

(21)申请号 201020294164.7

(22)申请日 2010.08.13

(73)专利权人 武汉中科水生环境工程有限公司
地址 430070 湖北省武汉市武昌区民主路786号华银大厦25楼

(72)发明人 向光明 陈文峰 丘昌强 周丽红

(74)专利代理机构 武汉宇晨专利事务所 42001
代理人 王敏锋

(51)Int.Cl.
C02F 9/14(2006.01)
C02F 3/32(2006.01)
C02F 1/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

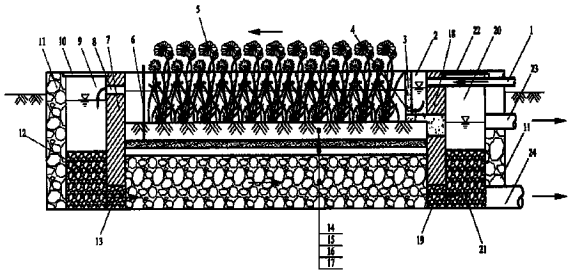
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54)实用新型名称

一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，本实用新型的复合人工湿地主要包括湿地墙体、隔墙、进水配水渠、上下叠加串联的表面流和水平潜流人工湿地单元、中间混合池、集水池和进出水管道等单元。该复合人工湿地结合了表面流和水平潜流人工湿地的优点，根据表面流和水平潜流人工湿地不同的溶氧环境，在处理富营养化水体时，在保证工程处理效果的同时，兼顾了营造湿地景观的目的，具有占地面积小、处理效率高、建设成本低、不易堵塞、运行稳定性好、景观效果佳等优点，易于推广应用。



CN 201770585 U

1. 一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：包括与外侧隔离的封闭的湿地墙体（11），设在湿地墙体（11）内的集水池（20）、进水配水渠（2）、上下叠加串联的表面流人工湿地和水平潜流人工湿地、中间混合池（9），以及穿过集水池（20）一侧的湿地墙体（11）的进出水管道；

所述的进出水管道有系统进水管（1）、运行出水管（23）和放空管（24），其中系统进水管（1）穿过湿地墙体（11），集水池（20）和湿地与集水池隔墙（18）与进水配水渠（2）相连，运行出水管（23）和放空管（24）均穿过湿地墙体（11）与集水池（20）相连；

所述的进水配水渠（2）与表面流人工湿地之间通过进水配水渠与表面流人工湿地隔墙（3）相连；

所述的上下叠加串联的表面流人工湿地和水平潜流人工湿地整体与中间混合池（9）、集水池（20）之间分别通过湿地与中间混合池隔墙（7）、湿地与集水池隔墙（18）相连；

所述的表面流人工湿地和水平潜流人工湿地之间通过土工布层（16）相连。

2. 根据权利要求 1 所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的表面流人工湿地由水生植物（5）和植物种植层组成，水生植物（5）以挺水植物和沉水植物为主，再种植部分浮叶植物，所述的植物种植层分上下两层，上层为粘土层（14），下层为细砂层（15）。

3. 根据权利要求 1 所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的中间混合池（9）和集水池（20）的底部分别铺设有中间混合池砾石层（12）和集水池砾石层（21）。

4. 根据权利要求 1 所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的水平潜流人工湿地全部由水平潜流人工湿地砾石层（17）填充。

5. 根据权利要求 2 所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的挺水植物为荷花、菖蒲、再力花、鸢尾和水生美人蕉中的一种或任意组合；沉水植物为苦草、菹草、伊乐藻和马来眼子菜中的一种或任意组合；浮叶植物为睡莲和荇菜中的一种或任意组合。

6. 根据权利要求 1-5 中任一所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的进水配水渠与表面流人工湿地隔墙（3）底部设有配水孔（4）。

7. 根据权利要求 1-5 中任一所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的湿地与中间混合池隔墙（7）的上端设有表面流人工湿地出水溢流孔（8），在所述的表面流人工湿地末端的表面流人工湿地出水溢流孔（8）之前设置有表面流人工湿地出水不锈钢丝网（6）。

8. 根据权利要求 1-5 中任一所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的湿地与中间混合池隔墙（7）和湿地与集水池隔墙（18）的底部分别设有水平潜流人工湿地的进水整流孔（13）和出水整流孔（19）。

9. 根据权利要求 1-5 中任一所述的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，其特征在于：所述的湿地墙体（11）采用浆砌块石或者砖墙；

所述的进水配水渠与表面流人工湿地隔墙（3）、湿地与中间混合池隔墙（7）和湿地与集水池隔墙（18）均采用砖墙或钢筋砼墙；

所述的进水配水渠（2）采用钢筋砼结构。

一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及复合人工湿地处理污水的技术领域，具体涉及一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置。

背景技术

[0002] 人工湿地是从 20 世纪 70 年代发展起来的一种新型污水处理技术，经过几十年的发展，该技术在处理生活污水、地表水、面源污染等方面得到了逐渐广泛的应用。它主要是利用湿地植物、微生物及土壤（或填料）的综合作用去除污水中的污染物，具有构造简单、处理费用低、并且具有景观效果等优点。

[0003] 人工湿地根据处理污水的流态主要分为表面流人工湿地与潜流人工湿地。其中，潜流湿地又包括水平潜流人工湿地和垂直潜流人工湿地。各种类型人工湿地虽然各有优点，但也均存在一些不足，比如表面流人工湿地存在易滋生蚊蝇、去污能力有限、硝化能力不高的缺点；水平潜流人工湿地存在易堵塞、硝化能力差的缺点；垂直潜流人工湿地存在易堵塞、建设成本高和管理维护复杂的缺点。

[0004] 为克服单一类型湿地的不足，现在的工程研究和应用有将不同类型湿地组合起来处理污水的趋势。中国专利申请 200510047134.X，一种景观型复合潜流人工湿地污水处理方法，中国专利 ZL200510047935.6，一种复合流人工湿地及其应用系统，中国专利 ZL200610036318.0，垂直流与水平流一体化复合人工湿地处理城市污水的方法等均是将垂直潜流与水平潜流人工湿地以串联的方式组合起来，利用两种人工湿地中不同的有氧和缺氧环境去除有机物和氮磷等污染物，有的还另外对基质强化以加强去除氮磷的效果。再如中国专利 ZL200510011497.8，垂直流一表面流复合人工湿地处理生活污水方法，是将垂直流人工湿地与表面流人工湿地组合成复合系统处理生活污水，在垂直流人工湿地中种植观赏性植物，在表面流人工湿地中种植水生植物、花卉、蔬菜或养殖鱼类。

[0005] 以上湿地组合工艺主要是用于处理生活污水、城市污水等有机物含量较高的污水，而利用人工湿地组合工艺处理富营养化地表水体（如湖泊、河道、水库等）的相关研究较少。

[0006] 随着社会的发展，越来越多的湖泊、河道、水库因为含有大量氮、磷污染物的污水和初期雨水的排入，使得水体逐渐成为富营养化水体，造成水体景观效果差，易发生蓝藻“水华”，同时对湖中水生动植物的生存也造成了严重威胁。传统的净化富营养化水体方式为引水换水、投加化学或微生物药剂、利用充氧设施或设备对水体进行强制充氧等。其中，引水换水措施需要有充足、方便的清洁水源作为换水水源，同时此种方式存在水质稳定程度差、污染转移等缺点；投加化学或微生物药剂存在资金投入大、水质易反复、有二次污染等问题；强制曝气措施存在能耗大，处理费用高等不足。

[0007] 此外，与天然湿地相比，人工湿地由于处理目的的需要，构筑物均采用工程化的方式进行建设，尤其是在一些利用人工湿地处理具有景观要求的地表水体时，如何提高人工湿地景观，尽量减少人工化的痕迹，与周边景观相协调，也是人工湿地建设应该考虑的问

题。

实用新型内容

[0008] 针对现有技术中存在的不足，本实用新型的目的在于提供了一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，该实用新型目的通过下述技术方案来实现：一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，包括与外侧隔离的封闭湿地墙体，湿地墙体内设有集水池、进水配水渠、表面流人工湿地及其正下方的水平潜流人工湿地、中间混合池，其中，进水配水渠与表面流人工湿地之间，复合人工湿地（表面流人工湿地、两个湿地单元之间的土工布层以及水平潜流人工湿地单元组成的整体）与中间混合池、集水池之间均设有隔墙。湿地墙体采用浆砌块石或者砖墙，隔墙采用砖墙或钢筋砼墙，进水配水渠采用钢筋砼结构。复合人工湿地处理装置的进出水均由管道穿过湿地墙体来实现。其中，湿地墙体采用浆砌块石时厚度不小于 400mm、采用砖墙时厚度不小于 370mm；隔墙采用砖墙时厚度不小于 240mm、采用钢筋砼墙时厚度不小于 150mm；进水配水渠隔墙和底板厚度为 80 ～ 100mm。此外，为保证本实用新型装置处理的污水不通过墙体侧漏，砖墙采用厚度 15 ～ 20mm 的水泥砂浆抹面，浆砌块石采用 1 ： 2 水泥砂浆勾缝；整个处理构筑物基础不需做特殊防渗处理，采用粘土或原状土压实，保证渗透系数不大于 10^{-6}cm/s 即可。

[0009] 本实用新型的复合人工湿地处理装置的整体平面尺寸可以根据用地情况灵活设计，在湿地长宽比不小于 2 ： 1、湿地长不超过 100m 的情况下，可不需要分格。

[0010] 本实用新型装置的主要单元结构特点如下：

[0011] 表面流人工湿地单元：结构上自上而下由水生植物和植物种植层组成。其中水生植物以挺水植物和沉水植物为主，再种植部分浮叶植物；其中，挺水植物为荷花、菖蒲、再力花、鸢尾和水生美人蕉中的一种或任意组合；沉水植物为苦草、菹草、伊乐藻和马来眼子菜中的一种或任意组合；浮叶植物为睡莲和荇菜中的一种或任意组合。植物种植层分上下两层，上层为粘土层，下层为细砂层（细砂层细度模数 2.2 ～ 1.6，选用 III 类天然砂或人工砂均可）。此外，表面流湿地单元进水处设置有进水配水渠进行布水，使整个湿地床能负荷均匀；表面流人工湿地单元出水采用溢流孔出水，能减少其短流现象的发生。本实用新型装置的表面流人工湿地单元与常规表面流人工湿地单元相比，结构基本相同，主要区别在于表面流人工湿地种植植物的选择上，主要选择观赏效果好的水生植物。此外，为防止表面流湿地运行时水中堆积的植物残体（表面流湿地未清除的植物残体以及周边飘落进湿地中的落叶等）等大块悬浮物进入后续水平潜流人工湿地单元造成堵塞，在表面流湿地末端出水溢流孔之前设置了不锈钢丝网（网格网目 10 ～ 30mm），并在运行时定期人工清除网格前堆积的栅渣。

[0012] 中间混合池：中间混合池设置在表面流人工湿地出水端，与本实用新型的复合人工湿地处理装置的总高度相同，其设置目的主要是对表面流人工湿地单元出水进行混合，使表面流人工湿地单元出水进一步均匀。

[0013] 水平潜流人工湿地单元：全部由砾石层填充，与传统的水平潜流人工湿地相比，没有在床体上种植水生植物，但根据相关工程报道和实用新型人的试验证实，仍然具有较好的净水效果。

[0014] 集水池：集水池设置在水平潜流人工湿地出水端，集水池与本实用新型的复合人

工湿地处理装置的总高度相同，其设置目的主要是对水平潜流人工湿地出水进行收集，使系统出水水质和水量保持稳定。

[0015] 本实用新型的优点和有益效果在于：

[0016] 1、本实用新型装置的结构特点使得表面流人工湿地与水平潜流人工湿地在一个平面基础上进行了垂直复合，将待处理的污水先经过上层表面流人工湿地净化处理后接着进入下层水平潜流人工湿地进行净化处理。由于上层表面流人工湿地的净水作用以及表面流湿地末端设置的不锈钢丝网的过滤作用，大大减缓和有效防止了下层砾石床净水过程中发生堵塞的几率、确保整个系统长期稳定高效地运行。此外，采取此种方式组成的复合人工湿地处理装置，与在水平方向上进行串联的表面流人工湿地、水平潜流人工湿地工艺组合相比，占地大大节省；与通过增加进水预处理强度来减缓或防止潜流人工湿地运行堵塞的工艺组合相比，投资明显节省且管理方便；

[0017] 2、本实用新型装置结构紧凑、建造成本低、水力负荷高、运行稳定性强，有效解决了湿地系统堵塞问题，能提高湿地稳定运行时限，同时减少了二次污染问题，对周围环境影响小；

[0018] 3、两种类型的湿地在垂直方向上的复合，有效降低了工程占地面积，节省了工程建设成本；

[0019] 4、本实用新型的复合人工湿地处理装置采用全地下式，减少了人工化痕迹，同时，表面流人工湿地的构建营造了多样性的湿地植被景观，提高了该复合人工湿地处理装置与周边景观的协调性；

[0020] 5、本实用新型的复合人工湿地处理装置中的水平潜流人工湿地由于污水在地表以下流动，保温性好，减少了气候对湿地处理效果的影响；

[0021] 6、本实用新型的复合人工湿地还可用于净化具有一定预处理措施的生活污水与工业废水。

附图说明

[0022] 图 1 为本实用新型的具体实施方式中的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置的平面示意图。

[0023] 图 2 为本实用新型的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置污水处理方向上的剖面示意图。

[0024] 图 3 为本实用新型装置中的湿地与中间混合池隔墙开孔的剖面示意图。

[0025] 附图标记说明如下：1- 系统进水管、2- 进水配水渠、3- 进水配水渠与表面流人工湿地隔墙、4- 配水孔、5- 水生植物、6- 表面流人工湿地出水不锈钢丝网、8- 表面流人工湿地出水溢流孔、9- 中间混合池、10- 中间混合池盖板、11- 湿地墙体、12- 中间混合池砾石层、13- 进水整流孔、14- 粘土层、15- 细砂层、16- 土工布层、17- 水平潜流人工湿地砾石层、18- 湿地与集水池隔墙、19- 出水整流孔、20- 集水池、21- 集水池砾石层、22- 集水池盖板、23- 运行出水管、24- 放空管。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图详细介绍本实用新型装置的组成结构、工作原理和应用方法。

[0027] 本实用新型的一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置建在待处理的河道、湖泊或水库岸边，处理水为富营养化的水体。本实用新型装置充分利用了表面流和水平潜流人工湿地各自的优势，在净化处理富营养化水体的同时，对湿地周边景观也起到了提升的作用。

[0028] 如图 1 所示，一种富营养化水体的景观型复合人工湿地处理装置，包括与外侧隔离的封闭的湿地墙体 11，湿地墙体 11 顶面较周边地面高 0.2m，湿地墙体 11 内设有集水池 20、进水配水渠 2、表面流人工湿地及其正下方的水平潜流人工湿地和中间混合池 9，其中，进水配水渠 2 与表面流人工湿地之间，复合人工湿地（表面流人工湿地、两个湿地单元之间的土工布层 16 以及水平潜流人工湿地单元组成的整体）与中间混合池 9、集水池 20 之间均设有隔墙。此外，在表面流人工湿地的末端，表面流人工湿地出水溢流孔 8 之前还设置有表面流人工湿地出水不锈钢丝网 6。

[0029] 本实用新型的复合人工湿地处理装置的进出水（系统进水管 1、运行出水管 23 和放空管 24）均由管道穿过湿地墙体 11 来实现，表面流人工湿地单元、进水配水渠 2 的面积之和与水平潜流人工湿地单元的面积相同。

[0030] 所述的土工布层 16 铺设两层，土工布防渗系数≤ 1.0×10^{-10}cm/s，单层土工布厚度 1 ～ 3mm。

[0031] 所述的表面流人工湿地出水不锈钢丝网 6 网目 10 ～ 30mm，利用木桩固定在表面流人工湿地的植物种植层，木桩间距 8 ～ 15m，不锈钢丝网的高度不小于表面流人工湿地的植物种植层与水深之和。

[0032] 为达到表面流与水平潜流人工湿地单元均能布水均匀的目的，表面流人工湿地与水平潜流人工湿地单元的进、出水均设有布水、整流设施。

[0033] 如图 2，本实用新型装置从与处理污水垂直的方向上看，从系统进水处开始，在水平方向上依次是一端的湿地墙体 11、集水池 20、湿地与集水池隔墙 18、进水配水渠 2、上下垂直复合的表面流和水平潜流人工湿地、湿地与中间混合池隔墙 7、中间混合池 9 以及另一端的湿地墙体 11。

[0034] 结合图 2 以及被处理的污水从进水到出水整个流程对以上各个部分的具体结构和位置关系描述如下：首先，系统进水管 1 穿过湿地墙体 11，集水池 20 和湿地与集水池隔墙 18 将待处理的富营养化污水引入设置在表面流人工湿地单元进水处的进水配水渠 2，待处理的污水通过进水配水渠 2，再经进水配水渠与表面流人工湿地隔墙 3 底部的配水孔 4（孔径 40 ～ 80mm，相邻两孔中心间距 0.8 ～ 1.2m）流入表面流人工湿地单元。表面流人工湿地单元由水生植物 5（种植水生植物有荷花、睡莲、苦草和菹草，种植密度分别为 2 ～ 7 株 /$10m^2$、1 ～ 4 株 /$10m^2$、10 ～ 30 株 /m^2 和 10 ～ 30 株 /m^2）和植物种植层（植物种植层分上下两层，上层为粘土层 14，高度 0.2 ～ 0.5m，下层为细砂层 15，高度 0.1 ～ 0.3m，细度模数 2.2 ～ 1.6，选用 III 类人工砂）组成，本单元植物种植层高度 0.3 ～ 0.8m，水深 0.4 ～ 0.5m，同时应保证表面流湿地单元湿地墙体墙顶水面超高（墙顶比表面流湿地水面高）不小于 0.3m，水平潜流人工湿地单元全部由水平潜流人工湿地砾石层 17（高度 0.6 ～ 1.0m，粒径为 15 ～ 25mm）填充。复合人工湿地（表面流人工湿地、两个湿地单元之间的土工布层 16 以及水平潜流人工湿地单元组成的整体）湿地墙体总高度控制在 1.5 ～ 2.5m。

[0035] 为了保证表面流人工湿地与水平潜流人工湿地单元串联运行，除了在进水处设置

了进水配水渠 2 以外，表面流人工湿地单元出水处还设置了中间混合池 9，水平潜流人工湿地出水处设置了集水池 20，经表面流人工湿地处理过的污水经湿地与中间混合池隔墙 7 上端的表面流人工湿地出水溢水孔 8（方孔，尺寸 120×120mm，相邻两孔中心间距 0.8 ～ 1.2m）流入中间混合池 9。进水配水渠 2 与表面流人工湿地单元的植物种植层以上的高度（即表面流人工湿地单元植物种植水深与墙顶超高之和）相同，中间混合池 9、集水池 20 墙顶高度应比表面流湿地水面高不小于 0.3m。同时中间混合池 9 和集水池 20 的顶部均加有盖板，分别为中间混合池盖板 10 和集水池盖板 22，池底分别铺设中间混合池砾石层 12（高度 0.6 ～ 1.0m，粒径 25 ～ 50mm）与集水池砾石层 21（高度 0.6 ～ 1.0m，粒径 25 ～ 50mm），污水经中间混合池 9 进一步处理后，通过湿地与中间混合池隔墙 7 下端的进水整流孔 13（方孔，尺寸 240×240mm，相邻两孔中心间距 1.6 ～ 2.4m）流入水平潜流人工湿地砾石层 17，然后再通过设置在湿地与集水池隔墙 18 下端的出水整流孔 19（方孔，尺寸 240×240mm，相邻两孔中心间距 1.6 ～ 2.4m）流入集水池 20，经集水池 20 底部的集水池砾石层 21 净化后，最后通过与集水池 20 连接的运行出水管 23 将处理后的水排出装置。

[0036] 在以上技术方案中，除配水孔 4 为预埋塑料圆孔布水外，其他溢流和整流孔均为墙体中预留的方形孔。进水配水渠与表面流人工湿地隔墙 3 和湿地与集水池隔墙 18 长度相同、湿地与中间混合池隔墙 7 长度不小于进水配水渠 2 的长度。配水孔 4、进水整流孔 13、出水整流孔 19 开孔数量根据隔墙的长度确定，在表面流人工湿地隔墙 3、湿地与集水池隔墙 18 和湿地与中间混合池隔墙 7 上与水流垂直方向全断面开孔。湿地与中间混合池隔墙 7、表面流人工湿地出水溢流孔 8 和进水整流孔 13 的开孔关系如附图 3 所示，表面流人工湿地出水溢流孔 8 的相邻两孔中心间距为进水整流孔 13 的相邻两孔中心间距一半。进水整流孔 13 和出水整流孔 19 开孔尺寸相同并保持在同一高度。

[0037] 本实用新型装置中的进出水均采用管道：系统进水管 1（管径 DN100 ～ DN200，PVC-U 管，管底标高高于进水配水渠 2 水面标高不小于 0.1m，穿过湿地墙体 11、集水池 20 和湿地与集水池隔墙 18 进入进水配水渠 2；出水管有运行出水管 23（管径 DN200 ～ DN300，PVC-U 管，管底标高低于集水池水面标高不大于 0.3m）和放空管 24（管径 DN300 ～ DN500，PVC-U 管，管道安装在集水池底）。其中，运行出水管 23 为本实用新型的复合人工湿地正常运行时的出水管，放空管 24 只在维护检修时开启，运行出水管 23 和放空管 24 均穿过湿地墙体 11 与集水池 20 相连。

[0038] 本实用新型的复合人工湿地处理装置运行时，富营养化的污水由潜水泵通过系统进水管 1 抽入进水配水渠 2（若条件允许，也可使待处理的水体自流进入进水配水渠 2），经配水孔 4 均匀布水后进入表面流人工湿地单元。由于表面流人工湿地单元的植物种植层和水生植物 5 的综合作用，污水中的悬浮物大部分被截留、吸附；同时，由于表面流人工湿地具有较好的复氧能力，一部分有机物被微生物和植物根系吸收利用，一部分 N、P 作为营养物质被微生物和植物吸收，一部分则通过硝化和反硝化作用被去除。经表面流人工湿地单元初步净化后的污水通过表面流人工湿地出水溢流孔 8 流入中间混合池 9，由中间混合池砾石层 12 通过进水整流孔 13 流入水平潜流人工湿地单元。系统稳定后，水平潜流人工湿地砾石层 17 表面生长了大量微生物，并形成了生物膜，固形物被砾石填料阻拦截留，有机物被生物膜吸附降解从而进一步去除，污水中的 N、P 也由于微生物的作用而进一步净化。经水平潜流人工湿地单元净化后的污水，由出水整流孔 19 流入集水池 20，经集水池砾石层

21 后由运行出水管 23 排出。

[0039] 将本实用新型装置应用于武汉市城区一富营养化湖泊水质净化处理工程，日处理水量 3000m^3。其平面图见图 1。

[0040] 设计参数：

[0041] 占地面积：2960m^2（湿地由湖中小岛原有荷花池改造而成，形状为不规则镰形），分上下两层，未分格，湿地墙体 11 为浆砌块石结构，进水配水渠 2 与表面流人工湿地隔墙 3、湿地与中间混合池隔墙 7 和湿地与集水池隔墙 18 均采用砖结构水泥抹面，进水配水渠 2 为钢筋砼结构。

[0042] 进水配水渠 2：渠道净宽 300mm，水深 0.3m，配水孔 4 的直径 40 ～ 80mm，进水配水渠长 40m，配水孔 4 设置 39 个，均设在进水配水渠 2 的底部，等距排列，相邻配水孔的孔中心间距为 1m。

[0043] 表面流人工湿地单元：总深度 1.1m，其中，水深 0.4m，池体水面超高 0.3m，粘土层 14、细砂层 15 厚度分别为 300mm、100mm，种植的水生植物 5 有荷花、睡莲、苦草和菹草，种植密度分别为 3 株 /10m^2、2 株 /10m^2、15 株 /m^2、15 株 /m^2。表面流人工湿地出水溢流孔 8 采用方孔，尺寸 120×120mm，相邻两孔中心间距 1000mm。

[0044] 表面流人工湿地出水不锈钢丝网 6：其两端与湿地墙体 11 相连，网目 15mm，利用四根木桩固定在表面流人工湿地的粘土层 14 底部，其高度 1.0m，长为 45m。

[0045] 土工布层 16：土工布层铺设两层，土工布防渗系数≤ 1.0×10^{-10}cm/s，单层厚度 1 ～ 3mm。

[0046] 中间混合池 9：总深度 1.9m，净宽 800mm，顶上加盖的中间混合池盖板 10 为塑料格网板，底部铺设的中间混合池砾石层 12 厚度为 800mm，粒径 25 ～ 50mm。

[0047] 水平潜流人工湿地单元：总深度 0.8m，水平潜流人工湿地砾石层 17 厚 800mm，砾石粒径为 15 ～ 25mm。水平潜流人工湿地的进水整流孔 13 和出水整流孔 19 均为方孔，尺寸均为 240×240mm，相邻两孔中心间距为 2000mm。

[0048] 集水池 20：总深度 1.9m，净宽 800mm，顶上加盖的集水池盖板 22 为塑料格网板，底部铺设的集水池砾石层 21 的厚度为 800mm，粒径 25 ～ 50mm。

[0049] 进出水管道：均采用 PVC-U 管，系统进水管 1 为 DN100、运行出水管 23 为 DN200、放空管 24 为 DN300。

[0050] 运行方式：连续运行，水力停留时间为 23h。

[0051] 该复合人工湿地处理装置运行 2 年后，处理效果如表 1 所示。

[0052] 表 1 复合人工湿地处理装置水质运行状况对比表（年平均）

[0053]

水质	pH	COD_{cr}	COD_{Mn}	BOD_5	NH_3-N	TN	TP	SS
进水	8.1	85.0	20.3	7.9	3.5	5.9	0.41	43.0
出水	8.0	29.3	6.5	3.8	1.8	2.0	0.19	4.0

[0054] 在该湖泊中心岛上，另外还有一处侧向水平潜流人工湿地，该湿地与本实用新型的复合人工湿地装置并联运行，日处理水量相同，均为 3000m^3/d，该湿地主要技术参数为：

[0055] 占地面积 2100m²（形状为不规则扇形），分 3 格并联运行，每格种植植物分别为美人蕉、再力花和香蒲。填料为砾石，总厚度 700mm。

[0056] 该侧向水平潜流人工湿地稳定运行 2 年后，其年平均进、出水水质与本实用新型的复合人工湿地对比情况如表 2 所示。

[0057] 表 2 本实用新型复合人工湿地与侧向潜流人工湿地进出水水质对比一览表

[0058]

湿地 / 水质	本实用新型复合人工湿地		侧向潜流人工湿地	
	进水	出水	进水	出水
pH	8.1	8.0	8.1	8.1
COD_{cr}	85.0	28.3	85.0	31.0
COD_{Mn}	20.3	6.5	20.3	8.7
BOD_5	7.9	3	7.9	3.8

[0059]

NH_3-N	2.3	1.5	2.3	1.7
TN	3.9	2.0	3.9	2.2
TP	0.37	0.19	0.37	0.21
SS	69.7	4.7	69.7	9.4

[0060] 而且，连续运行 2 年后，侧向潜流人工湿地进水口水位较最初雍高 0.12m（占进水口水深的 15%），出水口流量较最初减少 10%，本实用新型的复合人工湿地处理装置进水口水位雍高 0.03m（占进水口水深的 4%），出水口流量较最初增加 10%。说明连续运行 2 年后，侧向潜流人工湿地已出现一定程度的堵塞现象，而本实用新型的复合人工湿地处理装置依然通畅如初，无堵塞迹象。

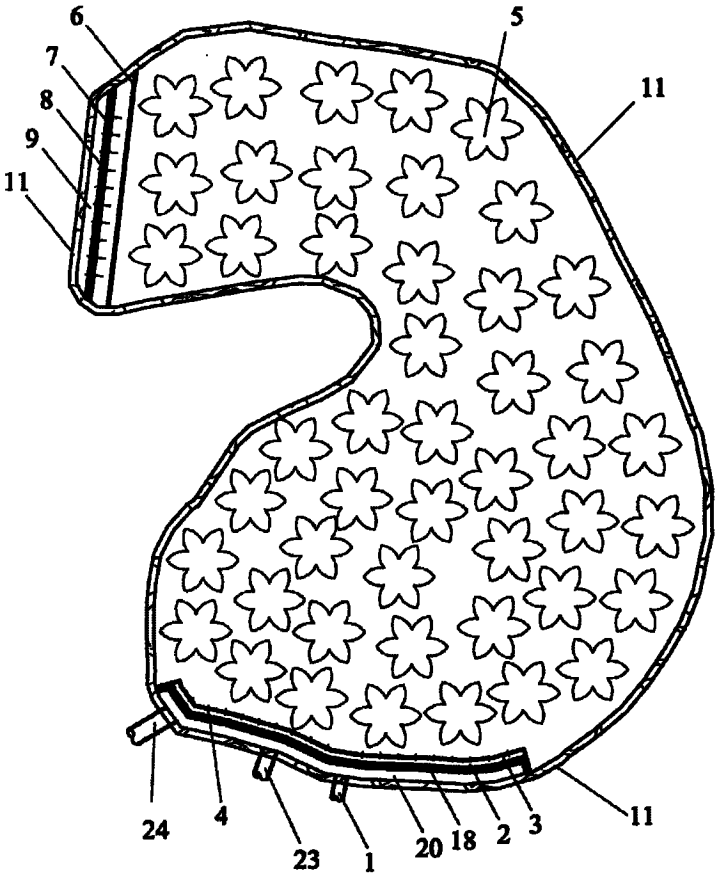

6
7
8
9
11
5
11
24
4
23
1
20
18
2
3
11

图 1

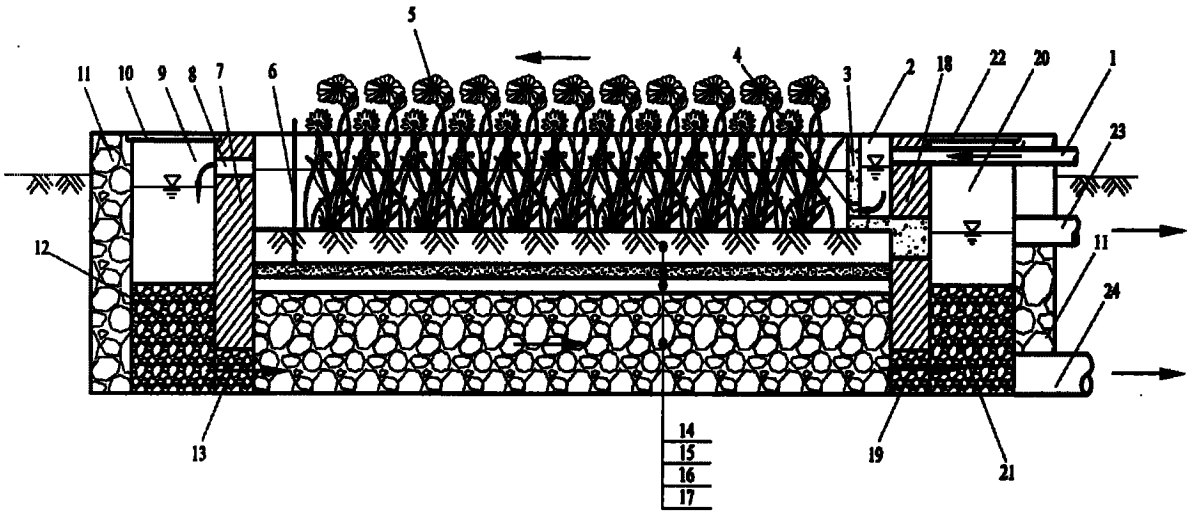

5
11
10
9
8
7
6
4
3
2
18
22
20
1
23
12
11
24
13
14
15
16
17
19
21

图 2

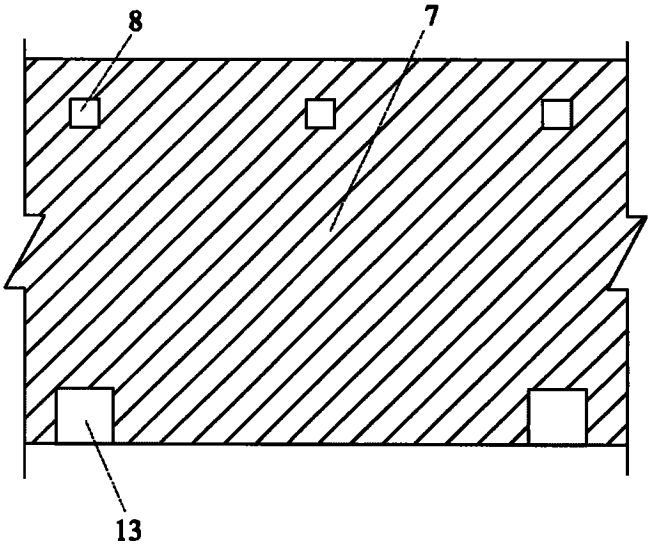


图 3