

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C02F 3/32 (2006.01)

C02F 3/10 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200510103262.1

[43] 公开日 2007 年 3 月 28 日

[11] 公开号 CN 1935700A

[22] 申请日 2005.9.21

[21] 申请号 200510103262.1

[71] 申请人 中国环境科学研究院

地址 100012 北京市朝阳区北苑路大羊坊 8 号

[72] 发明人 年跃刚 聂志丹

[74] 专利代理机构 北京三幸商标专利事务所

代理人 刘激扬

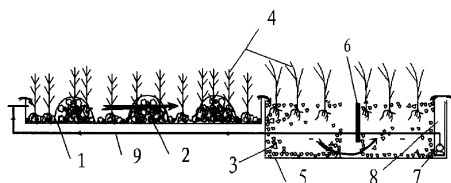
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称

富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统

[57] 摘要

本发明提供一种富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，包括双通道进水单元、植物-砾石过滤沉淀单元和强化水平潜流处理单元三个部分，三个单元依次串联而成。富营养化河、湖水体和初期雨水通过双通道进水单元分别收集后进入植物-砾石过滤沉淀单元，然后再流经强化水平潜流处理单元，最后出水。该系统建于河、湖岸边，对富营养化河、湖水体和初期雨水进行联合处理，可以防止没有初期雨水导致的植物干枯，有效去除悬浮物，成本低、防渗效果好、经久耐用。处理单元内种植芦苇、香蒲、鸢尾等水生植物，对污染物去除效率高，同时具有很好的景观效果。



1. 富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，包括双通道进水单元、植物-砾石过滤沉淀单元和强化水平潜流处理单元三个部分，三个单元依次串联而成。

2. 根据权利要求1所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，其中所述双通道进水单元包括两个进水通道，一个接初期雨水收集系统，另一个接富营养化河、湖水体进水。

3. 根据权利要求1所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，其中所述植物-砾石过滤沉淀单元内每隔5~10米设置一个砾石过滤坝，每个砾石过滤坝前设置有污泥收集坑。

4. 根据权利要求1所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，其中所述强化水平潜流处理单元内填充50~80cm厚的砾石填料，填料分为上下两层，上层高度为30~60cm，砾石粒径为1~3cm，下层高度为20~30cm，砾石粒径为3~8cm。

5. 根据权利要求1所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，其中所述强化水平潜流处理单元中间设有导流板，导流板上端与强化水平潜流处理单元表面平齐，下端过水。

6. 根据权利要求1所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，其中所述强化水平潜流处理单元后端设置有排泥井，排泥井中放置排泥泵。

7. 根据权利要求1所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，其中所述植物-砾石过滤沉淀单元与所述强化水平潜流处理单元底部用粘土防渗。

8. 根据权利要求 1 所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统, 其中所述植物-砾石过滤沉淀单元与所述强化水平潜流处理单元内种植水生植物。

9. 根据权利要求 8 所述的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统, 其中所述水生植物为芦苇、香蒲或鸢尾。

富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统

技术领域

本发明涉及一种污水处理系统，尤其涉及一种受污染的富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，属于环境工程技术领域。

背景技术

人工湿地(Constructed Wetlands, CWs)是近 20 年来发展起来的新型污水处理技术，近年来越来越受到普遍重视。

人工湿地与传统的污水处理方法(活性污泥法和稳定塘法等)相比，具有处理效果好(其对 BOD₅(五日生化需氧量)的去除率可达 85%~95%，COD(化学需氧量)的去除率可达 80%以上，处理出水中的 BOD₅ 小于 10mg/L、SS(悬浮物)小于 20mg/L)、氮磷去除能力强，对 TN(总氮)和 TP(总磷)的去除率分别可达 60%和 90%、运转维护管理方便、工程基建和运转费用低(分别为传统二级活性污泥处理工艺的 1/10 至 1/2)以及对负荷变化适应能力强、能耗少、无须化学药剂等优点，同时又可作为一种景观设施。因此这项技术适合我国国情(人工湿地污水处理技术在我国的发展研究 潘科杨顺生 陈钰 四川环境 2005 年第 24 卷第 2 期)。

人工湿地工艺主要有三种：自由表面流、潜流和垂直流。虽然优点明显，但具体每个工艺还存在一些不足，比如自由表面流存在水与基质接触面少等缺点，从而导致硝化能力难以提高。潜流和垂直流均存在运行一段时间后，有机质堆积导致孔隙率下降，从而使处理能力降低的缺点。为了解决这些缺点，研究人员将不同的工艺组合起来，取得了一定的效果。如，陈德强等比较研究

表明：下行流湿地+上行流湿地+推流床湿地对 TSS(总悬浮物)、COD、BOD₅ 的去除效果较好；下行流湿地+氧化塘对 NH_4^+-N (氨氮)的去除效果较好，但氧化塘中的藻类容易导致出水中的 TSS 增加；上行流湿地有利于对 NO_3^--N (硝氮)的去除；自由表面流湿地对各项指标的去除效果均比其他组合工艺差，但将其后置可以增加出水的 DO(溶解氧)含量(陈德强 吴振斌 成水平等 不同湿地组合工艺净化污水效果的比较 中国给水排水，2003，19)。但是上述组合还是存在处理单元多，相对复杂，占地面积大以及易堵塞等缺点。

以上研究及应用均集中在利用人工湿地处理生活污水、养殖废水、工业废水等方面，人工湿地在净化富营养化河、湖水体方面的应用较少，目前处于研究探索阶段，由于富营养化河、湖水体有机污染负荷较低，人工湿地的应用是以净化氮、磷为目标，所以与人工湿地在处理污水方面的应用有所不同。此外，下雨的初期雨水(即前 30 分钟的雨水)污染较为严重，直接排入水体会引起水体的富营养化问题，人工湿地应用于处理初期雨水的非点源污染目前没有得到应用，并且研究报道较少。为此，我们主要针对富营养化河、湖水体的水质特点，结合初期雨水的非点源污染处理要求，以去除水体中的氮、磷等营养物质为目标，对人工湿地技术进行了全方位的研究。为了克服人工湿地堵塞问题、人工湿地单纯处理初期雨水时不能保证植物对水的需求、以及人工湿地对氮、磷等营养物质的去除效率不高等不足，我们对普通的人工湿地技术进行了革新。工艺上考虑了防堵塞设计，并且把处理初期雨水与处理富营养化河、湖水体相结合，同时考虑了易于操作运行和人工湿地的景观要求，开发了富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统。

发明内容

本发明的目的是为净化富营养化河、湖水体的污染以及初期雨水的污染问题，开发了富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，解决普通人工湿地易堵塞问题，单纯处理初期雨水植物不能很好生长问题，以及自由表面流人工湿地对氮、磷等营养物质的去除效率不高等问题，同时考虑了易于操作运行和人工湿地的景观要求。

为了达到上述目的，本发明采用以下技术方案：

本发明提供一种富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统，包括双通道进水单元、植物-砾石过滤沉淀单元和强化水平潜流处理单元三个部分，三个单元依次串联而成。

本发明的复合人工湿地处理系统中，所述双通道进水单元包括两个进水通道，一个接初期雨水收集系统，另一个接富营养化河、湖水体进水。

本发明的复合人工湿地处理系统中，所述植物-砾石过滤沉淀单元内每隔 5~10 米设置一个砾石过滤坝，每个砾石过滤坝前设置有污泥收集坑。

本发明的复合人工湿地处理系统中，所述强化水平潜流处理单元内填充 50~80cm 厚的砾石填料，填料分为上下两层，上层高度为 30~60cm，砾石粒径为 1~3cm，下层高度为 20~30cm，砾石粒径为 3~8cm。

本发明的复合人工湿地处理系统中，所述强化水平潜流处理单元中间设有导流板，导流板上端与强化水平潜流处理单元表面平齐，下端过水。

本发明的复合人工湿地处理系统中，所述强化水平潜流处理单元后端设置有排泥井，排泥井中放置排泥泵。

本发明的复合人工湿地处理系统中，所述植物-砾石过滤沉淀单元与所述强化水平潜流处理单元底部用粘土防渗。

本发明的复合人工湿地处理系统中, 所述植物-砾石过滤沉淀单元与所述强化水平潜流处理单元内种植水生植物。

本发明的复合人工湿地处理系统中, 所述水生植物为芦苇、香蒲或鳶尾。

本发明与现有的技术相比, 具有以下优点和效果: a、以处理低浓度的富营养化河、湖水体与初期雨水为目的, 水中有机物含量低。b、系统建于河边或湖边, 进水收集系统由两部分组成, 用于处理富营养化湖泊、河流水体和降雨引起的初期雨水, 使两部分水联合处理, 当没有暴雨径流时处理富营养化的湖泊、河流水体, 可以防止没有初期雨水导致的植物干枯。c、水平潜流处理单元考虑了排泥井, 通过排泥井, 可以去除水平潜流积累的有机质、老化生物膜, 有效的防止了填料的堵塞。d、水平潜流处理单元增加了导流系统, 减少了处理系统的死角, 提高了处理效率。e、系统串联植物-砾石过滤单元, 有效去除悬浮物, 防止后面串联的水平潜流床的堵塞问题。f、水平潜流处理单元种植芦苇、香蒲、鳶尾等水生植物, 不仅对总悬浮物(TSS)、总氮(TN)、总磷(TP)有很好的处理效果, 同时还具有很高的景观价值。

附图说明

图 1 为富营养化河、湖水体及初期雨水复合人工湿地处理系统的单元示意图。

图 2 为富营养化河、湖水体及初期雨水复合人工湿地处理系统的单元流程图。

图 3 为植物-砾石过滤沉淀单元的剖面示意图。

图 4 为强化水平潜流处理单元的平面示意图。

图 5 为排泥井围板图。

具体实施方式

本复合人工湿地处理系统建在河流、湖泊岸边。形状可因地

制宜，依河或湖岸线而建，可按景观设计要求设计。处理水的来源包括受污染的河、湖水体和降雨引起的暴雨径流。当有暴雨径流时，关闭湖泊、河水的进水；当不下雨时，从河流、湖泊中用泵提升或利用河流、湖泊水的自然高程进水。

如图 1 所示，本发明的复合人工湿地处理系统包括双通道进水单元、植物-砾石过滤沉淀单元 1 和强化水平潜流处理单元 5 三个部分，三个单元依次串联而成。富营养化河流、湖泊水和暴雨径流通过双通道进水单元收集进入植物-砾石过滤沉淀单元，经过滤沉淀和预处理后，流入强化水平潜流处理单元，营养盐在此进一步去除，处理后的出水进入河流、湖泊水体。

植物-砾石过滤沉淀单元 1 内种植的水生植物 4(例如芦苇或香蒲)起到格栅的作用，拦截大的悬浮物。植物-砾石过滤沉淀单元 1 中每隔 5~10 米设置一个砾石过滤坝 2, 用于进一步过滤土壤颗粒、藻类等悬浮物，砾石过滤坝 2 的尺寸例如可以为厚 30~50cm，高 30~50cm，砾石粒径为 1~8cm。在植物-砾石过滤沉淀单元 1 内，水流形态为自由表面流。通过水生植物和过滤坝的联合作用，使得进水得到预处理。

水经植物-砾石过滤沉淀单元 1 处理后，流入强化水平潜流处理单元 5。该强化水平潜流处理单元 5 内填充 50~80cm 厚的填料 3，填料为砾石。填料分为上下两层，上层高度为 30~60cm，砾石粒径为 1~3cm，下层高度为 20~30cm，砾石粒径为 3~8cm，上层小粒径的砾石有利于植物扎根和微生物的生长，下层大粒径砾石有利于底部过水，避免填料堵塞。强化水平潜流处理单元 5 内种植水生植物 4，例如可以是芦苇、香蒲或鳶尾。强化水平潜流处理单元 5 中间设有导流板 6，导流板为混凝土结构，厚度例如可以为约 20cm，导流板上端与强化水平潜流处理单元表面平齐，深度约为本单元深度的 2/3，导流板下端过水(图中箭头表示过水方向)。由

于导流板的存在，水流在向前流动的过程中有一个向下流动的过程，使处理水尽可能多地经过池内的填料，防止处理水只在表面流动而下部填料不能发挥作用，水流只在表面流动而不经下部叫作“短流”，加入导流板后可以防止池内的“短流”，增加池内水力停留时间，从而有效地提高了氮、磷的去除效果。

强化水平潜流处理单元 5 的后端设置有一个排泥井 8，排泥井 8 中放置排泥泵 7。排泥泵 7 将泥抽到植物-砾石过滤沉淀单元 1，使强化水平潜流处理单元 5 的沉积物被植物-砾石过滤沉淀单元 1 沉淀和截留下来。系统运行一段时间后，由于有机质的积累和老化生物膜的脱落，会导致填料孔隙率的下降。此时可以停止进水，开启排泥井中的排泥泵，通过污泥管线 9 将单元 5 内积存的污泥抽出，回流到植物-砾石过滤沉淀单元 1。

如图 2 所示，本发明的双通道进水单元具体包括两个进水通道，一个接初期雨水收集系统 10、一个接富营养化河流、湖泊进水 11。初期雨水采用时间控制器控制进水时间，规定时间以前的初期雨水进入复合人工湿地处理系统，规定时间以后的后期雨水直接排入受纳水体。处理初期雨水过程，停止处理富营养化河、湖水体，不下雨时期再切换到处理河、湖水体进水单元。河流、湖泊水可用水泵从河流、湖泊中提升，也可以在河中建设一个橡胶坝，利用其自然高程使河水流入本发明的复合人工湿地处理系统中。两个进水通道当一个工作时另一个停止。水流按图中箭头方向依次经过植物-砾石过滤沉淀单元 1 和强化水平潜流处理单元 5。

图 3 所示为本发明植物-砾石过滤沉淀单元 1 的剖面示意图，单元 1 的设计容量由初期雨水(前 30 分钟的雨水)最大暴雨径流量确定，当没有暴雨径流时处理富营养化的湖泊、河流水体，可以防止没有初期雨水导致的植物干枯。单元 1 底部例如可以用粘土

防渗。在每个砾石过滤坝 2 的前面设置有一个深约 20cm 的污泥收集坑 12，作为污泥收集之用，方便以后清除淤泥。图中箭头分别表示水流方向和污泥沉降方向。

图 4 所示为本发明的强化水平潜流处理单元 5 的平面示意图，单元 5 在中间设有过水导流板 6，其可减少池内水流的“短流”，单元 5 的后端设有排泥井 8，可以将污泥收集后，由排泥泵 7 将污泥抽送到上一级植物-砾石沉淀过滤单元 1 中。单元 5 底部例如可以用粘土防渗。

图 5 所示为本发明的排泥井围板，排泥井由混凝土板 13 围成。混凝土板上有板孔 14，排泥井的平面尺寸大小例如可以为 50×50cm，井面与强化水平潜流处理单元 5 同高。

整个系统所选的水生植物芦苇、香蒲、鸢尾等都是去污能力较强的物种，同时它们又具有很高的景观价值，对所种植物定期收割，可以去除污染物。

处理后的污水从强化水平潜流处理单元 5 的后端流出，进入河流、湖泊水体。

实施例

根据本发明的一个具体实例，富营养化河、湖水体与初期雨水复合人工湿地处理系统建在湖边，受污染湖水用潜水泵提升，通过管道进入植物-砾石过滤沉淀单元 1 前端。初期雨水可通过另一管道接入该单元，并用阀门控制其进水的过程。

植物-砾石过滤沉淀单元：池体为长方体砖混结构并用粘土防渗，长、宽、高的尺寸分别为：20m×1.5m×0.8m，池内填充 40cm 土壤，池内种植香蒲，池体有效水深可在 10~40cm 之间调节。在池长 7m 处和 14m 处各有一个厚约 50cm，与池体等高的砾石过滤坝，过滤坝砾石粒径为 2cm。本单元起到沉淀过滤的作用，去除水中的悬浮物和对水中的营养物质初步去除，减少下一单元的堵

塞问题。该处理单元的出水进入下一单元强化水平潜流处理单元。

强化水平潜流处理单元：池体为长方体砖混结构，底部用粘土防渗，长、宽、高的尺寸为：20m×1.5m×1.0m，池体内填充填料，填料为砾石，砾石粒径分布为上、下两层，上层砾石填料高度为60cm，砾石填料粒径为1.5cm，下层砾石填料高度20cm，砾石粒径为5cm。在池长10m处中间部位有一混凝土导流板，厚约20cm，导流板上端与池体平齐，高约50cm，下端留有30cm用于过水的通道，该导流板减少了池内短流。池尾部设置排泥井，产生的污泥定期排出，以减少填料堵塞。池内种植芦苇、鳶尾，植物根系发达，有较好的去除氮、磷的作用，同时景观效果好，耐水淹。在池体尾部，设出水收集管，出水排入湖内水体。

该系统运行简单，从进水到出水根据水位差自动运行，湖水提升采用潜水泵，一用一备，并对进水进行计量，进水负荷控制在0.8立方米/天平方米。系统出水指标较好，可作为景观用水，有较好的透明度，出水口附近有大量沉水植物恢复。系统运行1年时间，其处理效果如下表1所示，在0.8立方米/天平方米这样的高水力负荷下，营养盐的去除效率均在60%以上。

表1 系统进出水各指标及去除率

	总悬浮物 (mg/l)	总氮 (mg/l)	总磷 (mg/l)	CODmn (mg/l)
进水	23.68	4.37	0.15	6.31
出水	2.33	1.7	0.05	5.66
去除率(%)	90	61	67	10

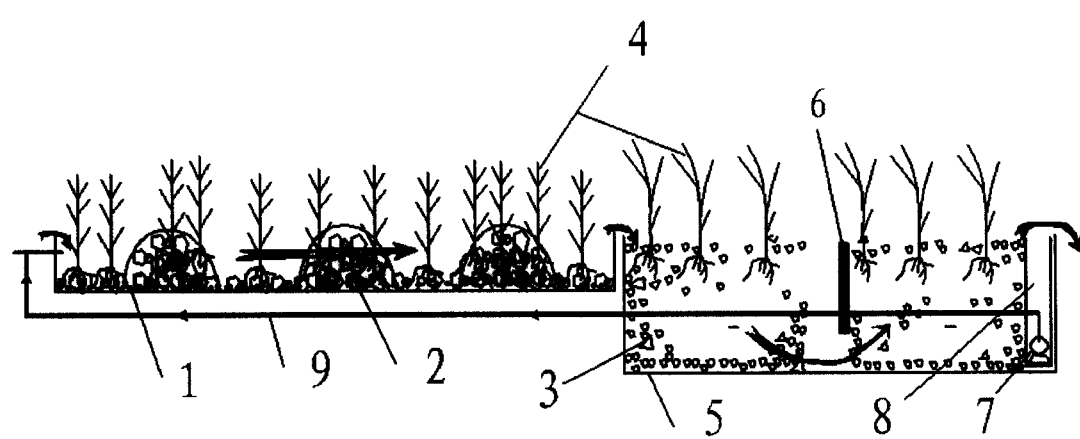


图 1

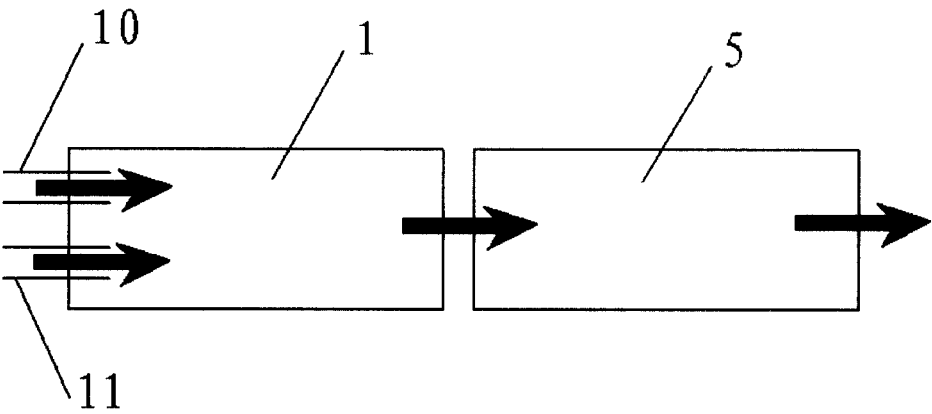


图 2

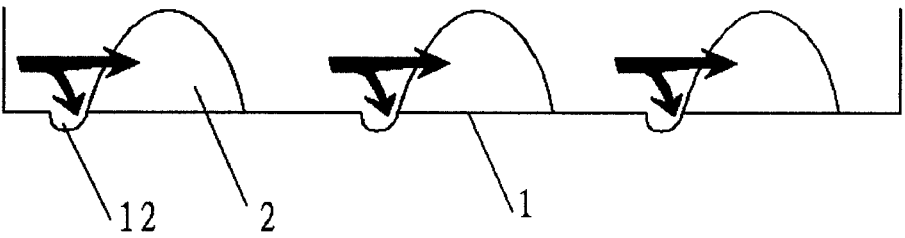


图 3

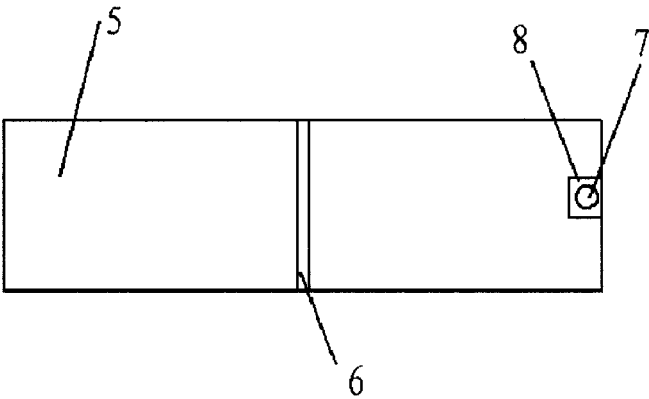


图 4

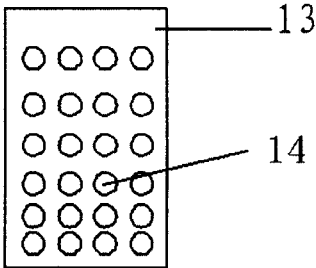


图 5