(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 106495407 A
(43)申请公布日 2017.03.15

(21)申请号 201611093325.4

(22)申请日 2016.12.02

(71)申请人 湖南先导洋湖再生水有限公司
地址 410208 湖南省长沙市岳麓区洋湖路689号

(72)发明人 危建新 王文明 尹振文 左锋

(74)专利代理机构 长沙正奇专利事务所有限责任公司 43113
代理人 马强 蒋尊龙

(51)Int.Cl.
*C02F 9/14*(2006.01)
*C02F 3/32*(2006.01)
*C02F 3/30*(2006.01)

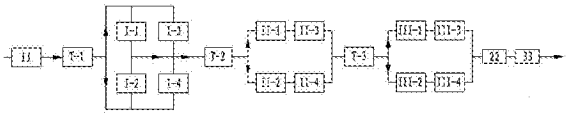
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种用于脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统

(57)摘要

本发明公开了一种用于脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统，包括进水管、出水管和位于进水管和出水管之间的相互串联的多级复合人工湿地；每一级复合人工湿地均包括位于上游的好氧生物塘和位于下游的人工湿地，每个人工湿地均包括数个人工湿地单元；第一级复合人工湿地的人工湿地中，每个人工湿地单元之间相互并联，且均为垂直潜流人工湿地单元；除第一级复合人工湿地以外的其他各级复合人工湿地的人工湿地中，人工湿地包括若干相互串联的人工湿地单元组成的小组，每一个小组之间相互并联；每一个小组内的人工湿地单元既包括水平潜流人工湿地单元，又包括表面流人工湿地单元。该复合人工湿地工艺系统具有高效的脱氮除磷功能，可以明显提升水质。



CN 106495407 A

1.一种用于脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统，其特征在于，包括进水管、出水管和位于进水管和出水管之间的相互串联的多级复合人工湿地；按水流方向，每一级复合人工湿地均包括位于上游的好氧生物塘和位于下游的人工湿地，每个人工湿地均包括数个人工湿地单元；所述好氧生物塘内设多个溢流堰；

其中，第一级复合人工湿地的人工湿地中，每个人工湿地单元之间相互并联，且均为垂直潜流人工湿地单元；

其中，除第一级复合人工湿地以外的其他各级复合人工湿地的人工湿地中，人工湿地包括若干相互串联的人工湿地单元组成的小组，每一个小组之间相互并联；每一个小组内的人工湿地单元既包括水平潜流人工湿地单元，又包括表面流人工湿地单元。

2.如权利要求1所述的复合人工湿地工艺系统，其特征在于，所述多级复合人工湿地为三级。

3.如权利要求1所述的复合人工湿地工艺系统，其特征在于，所述复合人工湿地与出水管之间设消毒渠。

4.如权利要求1所述的复合人工湿地工艺系统，其特征在于，最后一级复合人工湿地的人工湿地中，靠近消毒渠的人工湿地单元为水平潜流人工湿地单元。

5.如权利要求1所述的复合人工湿地工艺系统，其特征在于，每一级复合人工湿地的人工湿地中均种植有水生植物。

6.如权利要求5所述的复合人工湿地工艺系统，其特征在于，所述水生植物是美人蕉、芦苇、香蒲、黄菖蒲、菖蒲、再力花、千屈菜、灯芯草、茭白、旱伞草、香根草、梭鱼草中的一种或两种以上。

# 一种用于脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统

## 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统，属于人工湿地污水处理系统。

## 背景技术

[0002] 人工湿地污水处理系统是20世纪80年代发展起来的一种新型污水处理技术，与传统的污水二级生化工艺相比，人工湿地具有净水效果好、工艺设备简单、对负荷变化适应性强、工程基建和运行费用低、生态环境效益显著和可实现废水资源化、适合分散或非点源污水处理等特点，在城镇生活污水处理、城镇生活污水深度处理、湖泊污染防治、微污水体治理等方面得到越来越广泛的应用。

[0003] 目前我国人工湿地污水处理工程普遍采用单一的湿地类型。大量工程实践表明，表面流湿地占地面积大、水力负荷小、去污能力不如潜流湿地；水平潜流湿地控制相对复杂，脱氮除磷效果不如垂直潜流湿地；而垂直潜流湿地对有机物的去除效果不如水平潜流湿地。复合型人工湿地系统与单一类型的人工湿地相比，兼具了三种类型湿地的优点，具有较高的综合污水处理效果。因此，人工湿地类型的优化组合是其应用推广务必解决的关键技术难题。

[0004] 目前我国正大力推进城镇污水处理厂建设及其提标改造工作，高效复合型人工湿地在城镇污水处理厂污水深度处理方面具有一定的应用前景。与此同时，我国也正处在一个空前快速的新型城镇化时代和生态文明建设关键期，高效景观型复合人工湿地在海绵城市(或城区)的建设中也具有广阔的应用前景。

## 发明内容

[0005] 本发明解决的技术问题是，现有技术中的人工湿地工艺类型单一、复合人工湿地脱氮除磷效果不好，复合人工湿地的设计不合理，提供一种高效脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统，解决了目前人工湿地景观效果差、综合处理效率低和出水水质不稳定等问题，尤其实现了将《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级B标准尾水深度净化到一级A排放标准。

[0006] 本发明的技术方案是，提供一种用于脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统，包括进水管、出水管和位于进水管和出水管之间的相互串联的多级复合人工湿地；按水流方向，每一级复合人工湿地均包括位于上游的好氧生物塘和位于下游的人工湿地，每个人工湿地均包括数个人工湿地单元；所述好氧生物塘内设多个溢流堰。

[0007] 其中，第一级复合人工湿地的人工湿地中，每个人工湿地单元之间相互并联，且均为垂直潜流人工湿地单元；

其中，除第一级复合人工湿地以外的其他各级复合人工湿地的人工湿地中，人工湿地包括若干相互串联的人工湿地单元组成的小组，每一个小组之间相互并联；每一个小组内的人工湿地单元既包括水平潜流人工湿地单元，又包括表面流人工湿地单元。

[0008] 本发明中，按水流方向，将各级复合人工湿地分别命名为第一级、第二级、第三级等复合人工湿地；相应地，每一级复合人工湿地对应一级好氧生物塘和人工湿地，即第一级复合人工湿地包括位于上游的第一级好氧生物塘和第一级人工湿地。

[0009] 优选地，所述多级复合人工湿地为三级。

[0010] 优选地，所述复合人工湿地与出水管之间设消毒渠。

[0011] 优选地，最后一级复合人工湿地的人工湿地中，靠近消毒渠的人工湿地单元为水平潜流人工湿地单元。

[0012] 优选地，每一级复合人工湿地的人工湿地中均种植有水生植物。

[0013] 优选地，所述水生植物是美人蕉、芦苇、香蒲、黄菖蒲、菖蒲、再力花、千屈菜、灯芯草、茭白、旱伞草、香根草、梭鱼草中的一种或两种以上。

[0014] 好氧生物塘的底部和各级人工湿地的周壁、底部均铺设有防渗层，周壁铺设的防渗层为两布一膜土工膜防渗层，底部铺设的防渗层由两布一膜的土工防渗膜和位于防渗膜上、下方的粗砂保护层组成。

[0015] 人工湿地单元内设有粒径为20-50mm的碎石、卵石等填料，靠近出水渠约5-15m的范围内的人工湿地单元设有粒径为4-6mm的碎石填料过滤区。

[0016] 所述好氧生物塘设有沉水、挺水、浮水和浮叶植物，沉水植物是苦草、狐尾藻等的组合，挺水植物是香菇草、香蒲、芦苇、茭白、荷花等的组合，浮水植物是凤眼莲、浮萍等的组合，浮叶植物是睡莲、眼子菜等的组合。

[0017] 所述各级人工湿地的人工湿地单元内水生植物是美人蕉、芦苇、香蒲、黄菖蒲、菖蒲、再力花、千屈菜、灯芯草、茭白、旱伞草、香根草、梭鱼草等的一种或两种以上。

[0018] 所述各级人工湿地配水渠均为混凝土结构明渠或暗渠，配水渠内的水通过管道向人工湿地配水，管道上设有配水操作阀门。

[0019] 所述各级人工湿地出水管道均为水位可调式出水弯管，出水弯管位于集水渠内，集水渠为混凝土结构明渠或暗渠。

[0020] 所述各级人工湿地均设有排空管，排空管中心标高与人工湿地底面距离约为150-200mm，排空管上设有排空操作阀门，所有排空管均与排空干管连接，排空干管上每隔一定距离设有排空检查井。

[0021] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：本发明将好氧生物塘、垂直潜流湿地、表面流湿地和水平潜流湿地进行合理的优化组合，实现了污水高效净化和城镇生态景观建设双重功能。

[0022] 微污染水体或城镇污水处理厂一级B标准尾水中的悬浮物在第一级好氧生物塘中的沉降和构建的植物群落体系对悬浮物的有效拦截过滤，降低了进入第一级垂直潜流人工湿地单元中悬浮物含量，从而大大降低了垂直潜流人工湿地出现堵塞的风险。

[0023] 各级好氧生物塘的富氧功能及其独特的出水堰跌水富氧-即溢流堰，确保了各级人工湿地单元多年运行后不会出现完全厌氧的情况，实现了各级人工湿地单元可以长效稳定运行，从而发挥作为污水净化和环境美化的生态型基础设施功能。

[0024] 各级好氧生物塘在好氧条件下，利用水生植物、动物、微生物组成的生态系统的多重协同作用去除水体中的悬浮物、有机物和氨氮，同时利用水生植物吸收去除氮磷。

[0025] 表面流人工湿地主要通过表面水流和浅层填料形成好氧环境条件，在微生物的作

用下通过好氧降解去除水体中的有机物和氨氮，同时利用水生植物吸收去除氮磷。

[0026] 垂直潜流人工湿地单元在水体自上而下(或自下而上)渗流过程中，以及水平潜流人工湿地单元在水体自流推流布水过程中，水体历经好氧、缺氧和厌氧环境填料区，在水生植物、微生物、填料的协同下，通过物理、化学、生物多重协同作用实现有机物的去除和脱氮除磷功能，同时利用水生植物吸收去除氮磷。

[0027] 多级好氧生物塘和人工湿地以及表面流人工湿地和水平潜流人工湿地的有机组合，构建了多级交替变化的好氧、缺氧和厌氧环境条件区，再利用不同环境区中的水生植物、微生物和填料的多重协同作用，实现多级悬浮物过滤沉降、有机物降解、硝化/反硝化脱氮、以及磷的吸附、释放和吸收等过程，尤其强化了脱氮除磷效果。

[0028] 最后一级人工湿地系统中，距离消毒渠最近人工湿地单元内填充4-6mm小粒径碎石填料，即为碎石填料过滤区，可以进一步保证出水悬浮物和氮磷等关键指标达标。

[0029] 采用本发明高效脱氮除磷的复合人工湿地工艺系统进行城镇污水处理厂一级B标准尾水深度处理，长期监测结果表明：在不外加乙酸钠等碳源的情况下，该复合人工湿地系统对一级B标准尾水中总氮(TN)的去除率达到20%-40%，总磷(TP)的去除率达到30%-50%。总之，本发明能经济、稳定、有效地将城镇污水处理厂一级B标准尾水深度净化到一级A排放标准，既克服了湿地工艺类型单一的缺点、改善了传统复合湿地工艺脱氨除磷效率低的难题、增强了城镇污水处理厂生态景观，又突破了只有工业水处理技术才能作为城镇污水处理厂尾水提标改造的技术瓶颈。

## 附图说明

[0030] 图1表示实施例1提供的三级复合人工湿地系统。其中：11表示进水管，22表示消毒渠，33表示出水管，T代表好氧生物塘，T-1为第一级好氧生物塘，T-2为第二级好氧生物塘，T-3为第三级好氧生物塘；I代表第一级人工湿地，II代表第二级人工湿地，III代表第三级人工湿地；相应地，I-1、I-2、I-3、I-4表示第一级人工湿地中的四个人工湿地单元；II-1、II-2、II-3、II-4表示第二级人工湿地中的四个人工湿地单元；III-1、III-2、III-3、III-4表示第三级人工湿地中的四个人工湿地单元。

## 具体实施方式

[0031] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0032] 如图1所示，本发明一种高效脱氮除磷三级复合人工湿地工艺系统，按水流方向包括依次连接的进水管11、三级复合人工湿地、消毒渠22、出水管33，三级复合人工湿地(或称三级子系统)自高而低布置，三级子系统均包括好氧生物塘和人工湿地。好氧生物塘底部和人工湿地周壁、底部均铺设有防渗层，周壁铺设的防渗层为两布一膜土工膜防渗层，底部铺设的防渗层由两布一膜土工防渗膜和位于防渗膜上、下方的粗砂保护层组成。污水(或城镇污水处理厂一级B标准尾水)首先进入第一级好氧生物塘(T-1)[好氧生物塘以下可简称生物塘]，利用两条配水渠收集第一级生物塘出水并利用配水管道对第一级垂直潜流的人工湿地(I-1、I-1、I-2、I-3和I-4)配水，利用集水渠收集第一级垂直潜流人工湿地(I)出水进入第二级生物塘(T-2)，利用配水渠收集第二级生物塘(T-2)出水并利用配水管道对第二级水平潜流人工湿地(II-1、II-2)配水，利用集水渠收集第二级水平潜流人工湿地(II-1、II-

2)出水并对第二级表面流人工湿地(II-3、II-4)配水，利用集水渠收集第二级表面流人工湿地(II-3、II-4)出水进入第三级生物塘(T-3)，利用配水渠收集第三级生物塘(T-3)出水并利用配水管道对第三级表面流人工湿地(III-1、III-2)配水，利用集水渠收集第三级表面流人工湿地(III-1、III-2)出水并对第三级水平潜流人工湿地(III-3、III-4)配水，最后三级水平潜流人工湿地(III-3、III-4)出水经集水渠汇集到紫外消毒渠进行消毒处理，其中生物塘内均设数个溢流堰。

[0033] 采用人工建造好氧生物塘或对天然生物塘进行适当修复，在好氧生物塘中构建浅水区、过渡区和深水区三个区域。第一级生物塘容积3850$m^3$，两侧浅水区总宽7m、水深≤0.4m，两侧过渡区总宽6m、水深0.4-1.6m，中间深水区宽2-8m、水深1.6-2m。第二级生物塘容积1750$m^3$，两侧浅水区总宽2m、水深≤0.3m，两侧过渡区总宽3m、水深0.3-1.2m，中间深水区宽2-8m、水深1.2-1.5m。第三级生物塘容积3200$m^3$，两侧浅水区总宽7m、水深≤0.4m，两侧过渡区总宽6m、水深0.4-1.6m，中间深水区宽2-10m、水深1.6-2.0m。好氧生物塘内配置有沉水、挺水、浮水和浮叶植物。

[0034] 采用砖混结构的类长方形池体，第一级人工湿地池体的长宽尺寸均约为(68-81)m×(43-57)m，面积均约为3300$m^2$，碎石粒径约20-50mm、深度约为1.2m，碎石床体积约为4000$m^3$。第二级人工湿地池体的长宽尺寸均约为(94-98)m×(44-57)m，面积均约为4250$m^2$，碎石粒径约30-40mm，第二级水平潜流人工湿地碎石深度约为1.0m、碎石床体积约为4250$m^3$，第二级表面流湿地碎石深度约0.6m、碎石床体积约为2600 $m^3$。第一级、第二级人工湿地各池体在垂直于长度方向上用200mm厚砖混结构墙体近似等间距分割为4个小湿地单元。第三级人工湿地池体的长宽尺寸均约为(68-86)m×(52-56)m，面积均约为4000$m^2$，碎石粒径约40-50mm，第三级表面流湿地碎石深度约0.6m、碎石床体积约为2500 $m^3$，三级水平潜流湿地碎石深度约为1.0m、碎石床体积约为4000$m^3$。第三级人工湿地各池体在垂直于宽度方向上用200mm厚砖混结构墙体近似等间距分割为3个小湿地单元。

[0035] 各级好氧生物塘底部和人工湿地的周壁、底部均铺设两布一膜土工膜防渗层。好氧生物塘种植有苦草、狐尾藻等沉水植物，香菇草、香蒲、芦苇、茭白等挺水植物，睡莲、眼子菜等浮叶植物。一级人工湿地种植有黄菖蒲、香蒲、芦苇、美人蕉、香根草等植物，二级人工湿地种植有黄菖蒲、香蒲、旱伞草、美人蕉、灯芯草、茭白等植物，三级人工湿地种植有再力花、芦苇、菖蒲、千屈菜、美人蕉、梭鱼草等植物，其中垂直潜流湿地植物种植密度不小于9株/ $m^2$，表面流湿地和水平潜流湿地植物种植密度不小于6株/ $m^2$。

[0036] 将我国中部城市某污水处理厂一级B标准尾水接入该三级复合型人工湿地工艺系统中，经过3-6个月的湿地植物生长、驯化及生物膜培养后，进行污水深度处理。已经过4年多的稳定运行，近期对该三级复合人工湿地系统进出水的水质监测数据为：进水水质约为COD 26.5mg/L、SS 16mg/L、TN 17.8mg/L、TP 0.7mg/L，出水水质约为COD 15.9mg/L、SS 6mg/L、TN 12.5mg/L、TP 0.43mg/L。

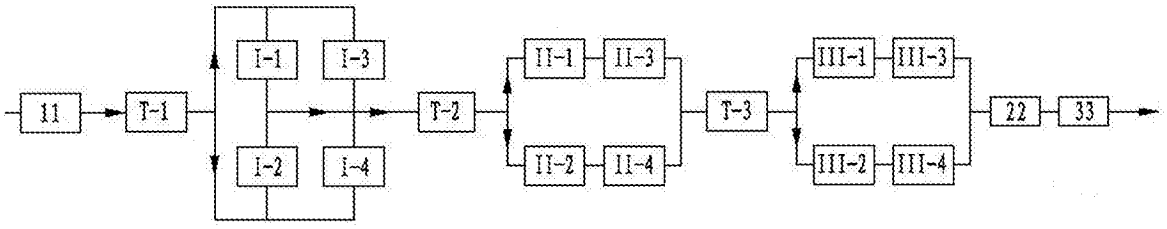



图1