



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110845084 A

(43)申请公布日 2020.02.28

(21)申请号 201911236631.2

(22)申请日 2019.12.05

(71)申请人 湖南中彩生态环境科技有限公司
地址 410000 湖南省长沙市芙蓉区八一路
10号天佑大厦501房

(72)发明人 刘伟 陈尧 胡润夏 孙观灵

(74)专利代理机构 长沙优企知识产权代理事务
所(普通合伙) 43243

代理人 周栋

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

C02F 101/30(2006.01)

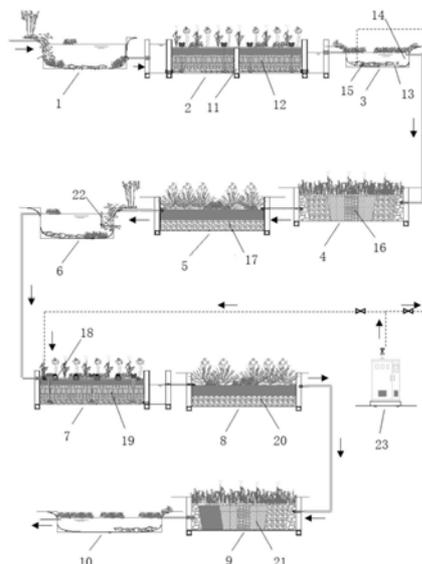
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种运用于低浓度污染水体超级限净化处理的人工湿地系统

(57)摘要

本发明公开了一种运用于低浓度污染水体超级限净化处理的人工湿地系统,它包括依次连通的第一级A/O生化效应湿地系统、第二级A/O生化效应湿地系统和第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统;所述第一级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的布水塘、双向垂直潜流湿地和人工复氧湿地;所述第二级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的一级水平潜流湿地、一级表流湿地和氧化塘;所述第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统包括依次连通的高负荷增氧型垂直潜流湿地、二级表流湿地、二级水平潜流湿地和植物景观塘;所述人工复氧湿地与一级水平潜流湿地连通;所述氧化塘与高负荷增氧型垂直潜流湿地连通。



CN 110845084 A

1. 一种运用于低浓度污染水体超极限净化处理的人工湿地系统,其特征在于,所述人工湿地系统包括依次连通的第一级A/O生化效应湿地系统、第二级A/O生化效应湿地系统和第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统;所述第一级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的布水塘(1)、双向垂直潜流湿地(2)和人工复氧湿地(3);所述第二级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的一级水平潜流湿地(4)、一级表流湿地(5)和氧化塘(6);所述第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统包括依次连通的高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)、二级表流湿地(8)、二级水平潜流湿地(9)和植物景观塘(10);所述人工复氧湿地(3)与一级水平潜流湿地(4)连通;所述氧化塘(6)与高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)连通。

2. 如权利要求1所述的人工湿地系统,其特征在于,所述布水塘(1)水深为1—2m;所述双向垂直潜流湿地(2)由溢水隔墙(11)分为前端向上流垂直潜流湿地和尾端向下流垂直潜流湿地,所述双向垂直潜流湿地(2)中设有A填料层(12);所述人工复氧湿地(3)分为前端增氧区和尾端静沉区;所述前端增氧区水深为1—1.5m,所述尾端静沉区水深为1.2—2.5m。

3. 如权利要求2所述的人工湿地系统,其特征在于,所述A填料层(12)的厚度为1—1.2m;所述前端增氧区中设有浅层微曝气管(13);所述尾端静沉区中设有碎石出水堰(14),所述静沉区底部设有沉水植物(15)。

4. 如权利要求1所述的人工湿地系统,其特征在于,所述一级水平潜流湿地(4)中设有B填料层(16),所述B填料层(16)的厚度为1.2—1.5m;所述一级表流湿地(5)中设有C填料层(17),所述C填料层(17)的厚度为0.8—1m,所述一级表流湿地(5)的表流水深为0.05—0.2m;氧化塘(6)水深为1—2.5m。

5. 如权利要求1所述的人工湿地系统,其特征在于,所述高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)中设有进水微纳米空气释放器(18),所述高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)中还设有D填料层(19),所述D填料层(19)的厚度为1—1.2m;所述二级表流湿地(8)中设有E填料层(20),所述E填料层(20)的厚度为0.8—1m,所述二级表流湿地(8)的表流水深为0.05—0.2m;所述二级水平潜流湿地(9)中设有F填料层(21),所述F填料层(21)的厚度为1.2—1.5m;所述植物景观塘(10)水深为1—2m。

6. 如权利要求5所述的人工湿地系统,其特征在于,所述植物景观塘(10)中设有在线监测设备;所述植物景观塘(10)与出水系统连通。

7. 如权利要求1所述的人工湿地系统,其特征在于,所述布水塘(1)、人工复氧湿地(3)、氧化塘(6)和植物景观塘(10)内均设有雨水溢流系统(22)。

8. 如权利要求1所述的人工湿地系统,其特征在于,所述人工湿地系统还包括湿地复氧设备(23),所述湿地复氧设备(23)与人工复氧湿地(3)以及高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)连接。

9. 如权利要求1所述的人工湿地系统,其特征在于,所述双向垂直潜流湿地(2)、人工复氧湿地(3)、一级水平潜流湿地(4)、一级表流湿地(5)、高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)、二级表流湿地(8)和二级水平潜流湿地(9)中均设有水生动植物。

10. 如权利要求9所述的人工湿地系统,其特征在于,所述水生动植物为西伯利亚鸢尾、旱伞草、梭鱼草、再力花、风车草、芦苇、黄菖蒲、铜钱草、茭白、黑藻、金鱼藻、苦草、狐尾藻、田螺、鲤鱼中的至少三种。

一种运用于低浓度污染水体超级限净化处理的人工湿地系统

技术领域

[0001] 本发明属于市政污水处理厂尾水深度处理、河道流域水体治理、湖泊水质提升、地表水生态环境综合整治等领域,具体涉及一种运用于低浓度污染水体超级限净化处理的人工湿地系统。

背景技术

[0002] 针对城市黑臭水体及轻度黑臭水体(地表劣V类水体)的综合治理措施与技术不断提升,誓要将地表水恢复至优于V类水体。同时,对城镇污水处理厂等排污量大的集中污水排放单位水质排放要求越来越严格,其水质排放标准由当前的城镇一级A逐渐向地表IV类水质看齐。因此,对河道、湖泊、城镇污水处理厂尾水等低浓度污染水体进行深度净化处理是今后发展的趋势。

[0003] 常见的低浓度污染水体深度处理工艺主要有:膜工艺、传统人工湿地工艺等方式。这些技术主要存在以下问题:膜工艺技术吨水投资金额达4000—12000元,前期投资占比过高,膜更换频率快,通常膜寿命在1—2年,致使运行费用居高不下,水质波动容易造成膜堵塞,对后期运维要求高;传统人工湿地工艺占地面积广,吨水占地可达4—8m²,且处理效果不稳定,易受季节与气候影响,但由于其具有极低的运行维护费用和优良的生态景观作用,致使人工湿地工艺成为低浓度污染水体深度处理技术的重点研究对象。

发明内容

[0004] 本发明旨在现有市政污水处理厂尾水深度处理、河道流域水体治理、湖泊水质提升、地表水生态环境综合整治等领域中引入一套全新的多级复合人工湿地处理系统,解决目前低浓度污染水体超级限净化处理工艺中人工湿地工艺类型单一,处理效率低、吨水占地面积大,景观效果差、出水水质不稳定等问题。以实现将《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级A标准尾水深度净化到《地表水环境质量》中地表IV类水以上。

[0005] 为了达到上述目的,本发明提供的技术方案为:

所述运用于低浓度污染水体超级限净化处理的人工湿地系统包括依次连通的第一级A/O生化效应湿地系统、第二级A/O生化效应湿地系统和第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统;所述第一级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的布水塘(1)、双向垂直潜流湿地(2)和人工复氧湿地(3);所述第二级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的一级水平潜流湿地(4)、一级表流湿地(5)和氧化塘(6);所述第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统包括依次连通的高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)、二级表流湿地(8)、二级水平潜流湿地(9)和植物景观塘(10);所述人工复氧湿地(3)与一级水平潜流湿地(4)连通;所述氧化塘(6)与高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)连通。

[0006] 优选地,所述布水塘(1)水深为1—2m;所述双向垂直潜流湿地(2)由溢水隔墙(11)分为前端向上流垂直潜流湿地和尾端向下流垂直潜流湿地,所述双向垂直潜流湿地(2)中设有A填料层(12);所述人工复氧湿地(3)分为前端增氧区和尾端静沉区;所述前端增氧区

水深为1—1.5m,所述尾端静沉区水深为1.2—2.5m。

[0007] 优选地,所述A填料层(12)的厚度为1—1.2m;所述前端增氧区中设有浅层微曝气管(13);所述尾端静沉区中设有碎石出水堰(14),所述静沉区底部设有沉水植物(15)。

[0008] 优选地,所述一级水平潜流湿地(4)中设有B填料层(16),所述B填料层(16)的厚度为1.2—1.5m;所述一级表流湿地(5)中设有C填料层(17),所述C填料层(17)的厚度为0.8—1m,所述一级表流湿地(5)的表流水深为0.05—0.2m;氧化塘(6)水深为1—2.5m。

[0009] 优选地,所述高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)中设有进水微纳米空气释放器(18),所述高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)中还设有D填料层(19),所述D填料层(19)的厚度为1—1.2m;所述二级表流湿地(8)中设有E填料层(20),所述E填料层(20)的厚度为0.8—1m,所述二级表流湿地(8)的表流水深为0.05—0.2m;所述二级水平潜流湿地(9)中设有F填料层(21),所述F填料层(21)的厚度为1.2—1.5m;所述植物景观塘(10)水深为1—2m。

[0010] 优选地,所述植物景观塘(10)中设有在线监测设备;所述植物景观塘(10)与出水系统连通。

[0011] 优选地,所述布水塘(1)、人工复氧湿地(3)、氧化塘(6)和植物景观塘(10)内均设有雨水溢流系统(22)。

[0012] 优选地,所述人工湿地系统还包括湿地复氧设备(23),所述湿地复氧设备(23)与人工复氧湿地(3)以及高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)连接。

[0013] 优选地,所述双向垂直潜流湿地(2)、人工复氧湿地(3)、一级水平潜流湿地(4)、一级表流湿地(5)、高负荷增氧型垂直潜流湿地(7)、二级表流湿地(8)和二级水平潜流湿地(9)中均设有水生动植物。

[0014] 更优选地,所述水生动植物为西伯利亚鸢尾、旱伞草、梭鱼草、再力花、风车草、芦苇、黄菖蒲、铜钱草、茭白、黑藻、金鱼藻、苦草、狐尾藻、田螺、鲤鱼中的至少三种。

[0015] 下面对本发明作进一步说明:

本发明所述运用于低浓度污染水体超级限净化处理的多级复合型人工湿地系统包括进水管、出水管和位于两者之间的相互串联或并联的各型湿地,其共同组成多级复合人工湿地系统。所述多级复合人工湿地系统包括布水塘、双向垂直潜流湿地、人工复氧湿地、一级水平潜流湿地、一级表流湿地、氧化塘、高负荷增氧型垂直潜流湿地、二级表流湿地、二级水平潜流湿地、植物景观塘、湿地复氧设备等单元区。

[0016] 其中,布水塘连接城镇污水处理厂尾水排放管(或其他低浓度污染水体),作为多级复合人工湿地系统的起始端,起蓄积水势、减缓水力波动、沉淀除渣的作用。布水塘至(T-02)人工复氧湿地构成多级复合人工湿地系统的第一级A/O生化效应湿地系统,两者之间设置有双向垂直潜流湿地,根据处理规模,双向垂直潜流湿地可设置成多个同型湿地并联模式。

[0017] 布水塘为具有一定容积的湿地塘,其外形轮廓设置成有利于均匀布水状态,水深控制在1—2m。

[0018] 双向垂直潜流湿地由前端向上流垂直潜流湿地和尾端向下流垂直潜流湿地两部分构成,中间设墙间隔,形成溢水隔墙,顶端水由向上流湿地溢流至向下流湿地,以表层跌水形式增氧。填料层厚度控制在1—1.2m。可根据尾水规模设计多座并联双向垂直潜流湿地。

[0019] 人工复氧湿地分为增氧区和静沉区。前端增氧区水深控制在1—1.5m,采用浅层微曝气管进行液下增氧,使湿地内水质溶解氧达2—3mg/L,形成好氧微生态环境,在好氧微生物的作用下,提高低浓度BOD₅氧化降解量和氨氮硝化量。尾端静沉区水深控制在1.2—2.5m,并设置碎石出水堰,塘底种植沉水植物。

[0020] 经试验比对,利用人工复氧手段构成的第一级A/O生化效应湿地系统较同等条件下不予人工复氧时,处理能力增强1—2.5倍。

[0021] 一级水平潜流湿地填料层厚度控制在1.2—1.5m,可根据处理规模设计成多座并联模式。

[0022] 一级表流湿地填料层厚度控制在0.8—1.0m,表流水深控制在0.05—0.2m。可根据处理规模设计成多座并联模式。

[0023] 氧化塘水深控制在1—2.5m,可根据现场情况,对其外形轮廓进行景观设计,添加适当亲水岸线与园林景观,增强湿地观赏性。

[0024] 一级水平潜流湿地、一级表流湿地与氧化塘共同构成第二级A/O生化效应湿地系统。经试验比对,利用潜流型湿地、表流型湿地和氧化塘的组合形式构成的复合型湿地系统比同等面积下单一湿地的处理能力要强1.3—1.8倍。

[0025] 高负荷增氧型湿地设有进水微纳米空气释放器,使湿地进水溶解氧量达到2—3mg/L,湿地填料层厚度控制在1—1.2m,通过菌团絮聚,湿地填料内形成好氧微生物膜附着层,经填料的孔隙分散作用,使低浓度污染水体与好氧微生物膜充分接触,显著提升湿地对BOD₅和氨氮的处理负荷。可根据处理规模设计成多座并联模式。

[0026] 二级表流湿地填料层厚度控制在0.8—1.0m,表流水深控制在0.05—0.2m。可根据处理规模设计成多座并联模式。

[0027] 二级水平潜流湿地填料层厚度控制在1.2—1.5m,并在湿地尾端设有2—3m宽,粒度在2—6mm的细沙过滤层(带),确保水质稳定,防止湿地中浮游藻类等影响出水水质。可根据处理规模设计成多座并联模式。

[0028] 植物景观塘作为多级复合人工湿地的最终出水水质观测塘及调研考察塘存在,水深控制在1—2m,可根据项目需要设置相应的在线监测设施。

[0029] 高负荷增氧型垂直潜流湿地、二级表流湿地、二级水平潜流湿地和植物景观塘共同构成第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统,通过人工增氧形式实现氨氮、BOD₅、总氮等污染物指标的有效消减。经试验比对,利用人工增氧手段构成的第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统较同等条件下不予人工增氧时,其处理能力提升1.5—5.6倍。

[0030] 布水塘、人工复氧湿地、氧化塘、植物景观塘内均设置有雨水溢流系统,其溢流水位高于湿地设计水位0.2m,防治湿地内涝,并可进行液位调整。

[0031] 湿地复氧设备根据特定项目需要,可以是离心鼓风机或罗茨鼓风机。

[0032] 整个多级复合人工湿地系统种植和投养有相应的水生动植物。

[0033] 所述各级填料型湿地中均匀设置有通气管,避免湿地长时间完全厌氧,使水质腐化。

[0034] 根据水流方向,多级复合人工湿地起始于布水塘,中间被人工复氧湿地和氧化塘间隔为前后三级多类型复合人工湿地,出水最终由植物景观塘排入外部环境。污水处理厂尾水经过管渠进入布水塘,通过布水塘的缓冲作用实现水质水量的均化,脱除微量由污水

处理厂消毒池带出的余氯,避免破坏后续湿地微生物系统。同时在设计过程中考虑到整个湿地的水力损失,特将布水塘液位高程提高,用以积蓄水力势能,使湿地最终排放水位得以提升。

[0035] 其中,所述布水塘低浓度污染水体停留时间1—6h,水深控制在1.0—2.0m。双向垂直潜流湿地最少由2个同型湿地并联而成,单个湿地长宽比为2:1,填料层厚度控制在1.0—1.2m。所述人工复氧湿地低浓度污染水体停留时间不小于5min,气水比1:1。所述人工复氧湿地分为2段,前端增氧区水深控制在1.0—1.5m,采用浅层微曝气管进行液下增氧,尾端静沉区水深控制在1.2—2.5m,设置雨水溢流管并高出水面0.2m。所述一级水平潜流湿地最少由2个同型湿地并联而成,单个湿地长宽比为2:1,填料层厚度控制在1.2—1.5m,填料高出液位线0.1—0.2m。所述一级表流湿地最少由2个同型湿地并联而成,单个湿地长宽比为4:1,填料层厚度控制在0.8—1.0m,表流水深控制在0.05—0.2m。所述氧化塘停留时间3—12h,水深控制在1.0—2.5m,设置雨水溢流管并高出水面0.2m。所述高负荷增氧填料型湿地最少由2个同型湿地并联而成,单个湿地长宽比为2:1,气水比0.5:1,填料层厚度控制在1.0—1.2m。所述(S-05)二级表流湿地最少由2个同型湿地并联而成,单个湿地长宽比为4:1。填料层厚度控制在0.8—1.0m,表流水深控制在0.05—0.2m。所述二级水平潜流湿地最少由2个同型湿地并联而成,单个湿地长宽比为2:1,填料层厚度控制在1.2—1.5m,填料高出液位线0.1—0.2m。湿地尾端设2—3m宽,粒度在2—6mm的细沙过滤层(带)。所述(T-04)植物景观塘停留时间1—6h,水深控制在1.0—2.0m。

[0036] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

本发明引入活性菌群生化理论,通过潜流型湿地、表流型湿地、稳定塘等进行特定湿地工艺组合,并添加人工复氧设施,构建前二级A/O和第三级前置硝化型O/A生化效应湿地体系,为低浓度污染水体深度净化提供增强型生态微环境,提升单位湿地面积污染物处理量及处理能力。其BOD₅、氨氮、总氮、总磷的理论负荷值分别为10—60g/(m²·d)、7—18g/(m²·d)、6—12g/(m²·d)、0.1—0.5g/(m²·d),比传统单级或单一人工湿地污染负荷提高1—6倍。同时,湿地塘与各型填料湿地间的特定排布方式,使多级复合人工湿地具有更加可观的耐水力冲击能力和较小的水头损失,通过湿地塘的沉降和布水作用可防止各型填料湿地堵塞。通过工程实践,我们发现采用三级复合型人工湿地工艺时既能取得良好污染物消解负荷和消减量绝对值,又能保持较小水头损失。经检测采用本发明中的三级复合型人工湿地系统时,BOD₅、氨氮、总氮、总磷等污染物系统平均消减负荷分别达到:17.1—32.0g/(m²·d)、3.0—11.7g/(m²·d)、8.1—11.6g/(m²·d)、0.17—0.44g/(m²·d),实测值与理论测算值基本相符,稍有偏小,但相比普通湿地其污染物消减负荷量依然保持相对优势,特别是对BOD₅与总氮的去除。

[0037] 通过本复合型人工湿地可实现市政污水处理厂尾水的深度净化,使最终出水水质由城镇一级A标准提升至地表IV类水以上。与传统膜工艺相比,该方法具有处理效果稳定(达标率100%),吨水运行费用低(尾水处理成本0.03元/吨水),且兼有生态景观与环境绿化作用等优势;与单级或单一人工湿地工艺相比,该方法具有吨水占地面积少(吨水占地仅1.0—2.0m²)、耐水力冲击能力强、深度净化性能稳定、地域适应性更广等优点。

[0038] 本发明经过多年的人工湿地运行案例及数据分析,找寻规律,并从人工湿地的净化机理出发,引入全新活性菌群生化理论,构建了湿地生态型多级生化反应系统,实现了宏

观厌氧、缺氧、好氧多级循环,培育各型人工湿地优势微生物菌群,为低浓度污染水体深度净化提供增强型生态微环境。本发明实践方式可采用人工复氧技术,以浅层微孔曝气或微纳米溶气释放等模式,提升复合湿地特定区段水体中溶解氧量,在水流方向上形成A/O间隔布置的厌氧区和好氧区,提升湿地硝化、反硝化脱氮能力,及低浓度BOD₅去除能力。同时,经复氧后的水体中溶解氧达2.0—3.0mg/L,可提高O区好氧微生物活性,在填料型湿地中可扩大好氧微生物生化降解层厚度,为废水中有机物的完全分解提供更多生化接触空间和时间,确保低浓度有机物完全降解。

[0039] 总之,本发明很好的解决了市政污水处理厂尾水深度净化的难题,实现了水质由城镇一级A标准到地表水IV类标准的提升。同时节省了用地,为较大规模的城镇污水处理厂尾水深度净化和河道、湖泊水体的水质提升工程开辟了新思路、新方法。

附图说明

[0040] 图1运用于低浓度污染水体超级限净化处理的多级复合型人工湿地系统结构示意图。

[0041] 图中:1、布水塘;2、双向垂直潜流湿地;3、人工复氧湿地;4、一级水平潜流湿地;5、一级表流湿地;6、氧化塘;7、高负荷增氧型垂直潜流湿地;8、二级表流湿地;9、二级水平潜流湿地;10、植物景观塘;11、溢水隔墙;12、A填料层;13、浅层微曝气管;14、碎石出水堰;15、沉水植物;16、B填料层;17、C填料层;18、进水微纳米空气释放器;19、D填料层;20、E填料层;21、F填料层;22、雨水溢流系统;23、湿地复氧设备。

具体实施方式

[0042] 参见图1,所述运用于低浓度污染水体超级限净化处理的人工湿地系统包括依次连通的第一级A/O生化效应湿地系统、第二级A/O生化效应湿地系统和第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统;所述第一级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的布水塘1、双向垂直潜流湿地2和人工复氧湿地3;所述第二级A/O生化效应湿地系统包括依次连通的一级水平潜流湿地4、一级表流湿地5和氧化塘6;所述第三级前置硝化型O/A生化效应湿地系统包括依次连通的高负荷增氧型垂直潜流湿地7、二级表流湿地8、二级水平潜流湿地9和植物景观塘10;所述人工复氧湿地3与一级水平潜流湿地4连通;所述氧化塘6与高负荷增氧型垂直潜流湿地7连通。

[0043] 其中,所述布水塘1水深为1—2m;所述双向垂直潜流湿地2由溢水隔墙11分为前端向上流垂直潜流湿地和尾端向下流垂直潜流湿地,所述双向垂直潜流湿地2中设有A填料层12;所述人工复氧湿地3分为前端增氧区和尾端静沉区;所述前端增氧区水深为1—1.5m,所述尾端静沉区水深为1.2—2.5m。所述A填料层12的厚度为1—1.2m;所述前端增氧区中设有浅层微曝气管13;所述尾端静沉区中设有碎石出水堰14,所述静沉区底部设有沉水植物15。布水塘1出水由布水管引入双向垂直潜流湿地2,在上升流垂直潜流湿地的作用下,通过湿地中的基质、微生物及植物的综合生化作用,构建了一个以厌氧环境为主,兼氧环境为辅的生化环境,为有机物的分解和氨氮的反硝化创造良好条件,实现高效治理。双向垂直潜流湿地2由多块长宽不大于3:1的方形湿地并联构成,边墙以砖混结构构建,设上下圈梁,防水砂浆抹面,内底素土夯实,铺设3—8cm厚细砂保护层,其上再铺HDPE防渗膜。A填料层12以钙质

公分石为主,从下到上依次为粗砂保护层、中号卵石集布水层,钙质公分石填料层、细沸石滤层、钙质公分石填料层、细砂种植层。双向垂直潜流湿地2出水进入人工复氧湿地3,湿地前端增氧区水深为1.1—1.3m,采用浅层微曝气管进行液下增氧,提升水体溶解氧量和好氧微生物活性,避免水体因缺氧而产生异味,尾端静沉区水深为1.2—2.3m,通过重力沉降和水生植物的阻挡作用使因曝气增氧而稍显浑浊的水体再次澄清,避免对后续湿地的堵塞。湿地内种植有绿狐尾藻、南美天胡荽等水生植物。第一级A/O生化效应湿地体系成为去除尾水中氨氮、有机物等污染物的第一道防线。经测,第一级A/O生化效应湿地体系BOD₅、氨氮、总氮、总磷等污染物平均消减负荷分别达到:19.6—42.0g/(m²·d)、5.0—16.7g/(m²·d)、4.1—7.6g/(m²·d)、0.11—0.29g/(m²·d)。

[0044] 所述一级水平潜流湿地4中设有B填料层16,所述B填料层16的厚度为1.2—1.5m;所述一级表流湿地5中设有C填料层17,所述C填料层17的厚度为0.8—1m,所述一级表流湿地5的表流水深为0.05—0.2m;氧化塘6水深为1—2.5m。

[0045] 人工复氧湿地3出水进入一级水平潜流湿地4。水从填料缝隙间由湿地一侧流向另一侧,由于水在填料内流动,故很少有恶臭和孳生蚊蝇现象。水平潜流湿地对COD、BOD₅、TSS等污染物的去除效果较好,其深层厌氧有助于提升反硝化作用,彻底降低水中总氮含量。一级水平潜流湿地4由多块长宽不大于3:1的方形湿地并联构成,边墙以砖混结构构建,设上下圈梁,防水砂浆抹面,内底素土夯实,铺设3—8cm厚细砂保护层,其上再铺HDPE防渗膜。B填料层16以钙质公分石为主,底层铺设粗砂保护层,从进水端至出水端依次是中号卵石集布水层,钙质公分石填料层、细沸石滤层、钙质公分石填料层、细砂滤层,表层铺设细砂种植层。一级水平潜流湿地4出水进入一级表流湿地5,在表流湿地中充分利用水生植物的拦截、吸收和水生动物、微生物等的好氧、厌氧等协同作用,去除水中部分悬浮物、有机物、氮和总磷。一级表流湿地5由多块长宽在(3—5):1范围内的方形湿地并联构成,边墙以砖混结构构建,设上下圈梁,防水砂浆抹面,内底素土夯实,铺设3—8cm厚细砂保护层,其上再铺HDPE防渗膜。C填料层17以钙质公分石为主,底层铺设粗砂保护层,从进水端至出水端依次是中号卵石集布水层,钙质公分石填料层、细沸石滤层、钙质公分石填料层、细砂滤层,表层铺设细砂种植层。一级表流湿地5出水进入氧化塘6,该塘即是整个湿地的景观游乐中心,同时通过种植苦草、眼子菜、黑藻等水生植物,实现湿地氧化塘功能。经测,第二级A/O生化效应湿地体系BOD₅、氨氮、总氮、总磷等污染物平均消减负荷分别达到:9.7—22.0g/(m²·d)、3.0—10.7g/(m²·d)、8.1—13.6g/(m²·d)、0.17—0.44g/(m²·d)。

[0046] 所述高负荷增氧型垂直潜流湿地7中设有进水微纳米空气释放器18,所述高负荷增氧型垂直潜流湿地7中还设有D填料层19,所述D填料层19的厚度为1—1.2m;所述二级表流湿地8中设有E填料层20,所述E填料层20的厚度为0.8—1m,所述二级表流湿地8的表流水深为0.05—0.2m;所述二级水平潜流湿地9中设有F填料层21,所述F填料层21的厚度为1.2—1.5m;所述植物景观塘10水深为1—2m。

[0047] 氧化塘6进水直接顺流至高负荷增氧型垂直潜流湿地7。高负荷增氧型垂直潜流湿地7的最大特点在于外界能给湿地填料层提供充足的氧,从而显著提升湿地的氨氮硝化能力。第三级前置硝化型O/A生化效应湿地体系可实现氨氮的最终去除,确保出水水质符合地表IV类水。经测,第三级前置硝化型O/A生化效应湿地体系BOD₅、氨氮、总氮、总磷等污染物平均消减负荷分别达到:23.1—32.0g/(m²·d)、5.3—18.2g/(m²·d)、8.1—11.6g/(m²·d)。

d)、 $0.21\text{—}0.44\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。高负荷增氧垂直潜流湿地7由多块长宽不大于3:1的方形湿地并联构成,边墙以砖混结构构建,设上下圈梁,防水砂浆抹面,内底素土夯实,铺设3—8cm厚细砂保护层,其上再铺HDPE防渗膜。D填料层19以钙质公分石为主,从下到上依次为粗砂保护层、中号卵石集布水层,钙质公分石填料层、细沸石滤层、钙质公分石填料层、细砂种植层。高负荷增氧型垂直潜流湿地7出水进入二级表流湿地8,其与一级表流湿地5作用效果一致,可实现水质有效净化。二级表流湿地8结构与一级表流湿地5一致。二级表流湿地8出水进入二级水平潜流湿地9,二级水平潜流湿地9末端设置砂滤区,确保出水悬浮物达标,使植物景观塘10水体清澈见底,增强沉水植物活性,确保溶解氧量符合地表IV类水要求。二级水平潜流湿地9结构与一级水平潜流湿地4一致,仅增大出水端细砂滤层厚度。二级水平潜流湿地9出水最终进入植物景观塘10,并经景观塘10静置、均质后通过出水系统排入周边水体,排放口设置在线监测仪,实现水质实时监测。同时将植物景观塘10设计成科普教育区供学习参观。

[0048] 另外,所述布水塘1、人工复氧湿地3、氧化塘6和植物景观塘10内均设有雨水溢流系统21。所述人工湿地系统还包括湿地复氧设备23,所述湿地复氧设备23与人工复氧湿地3以及高负荷增氧型垂直潜流湿地7连接。所述双向垂直潜流湿地2、人工复氧湿地3、一级水平潜流湿地4、一级表流湿地5、高负荷增氧型垂直潜流湿地7、二级表流湿地8和二级水平潜流湿地9中均设有水生动植物。所述水生动植物为西伯利亚鸢尾、旱伞草、梭鱼草、再力花、风车草、芦苇、黄菖蒲、铜钱草、茭白、黑藻、金鱼藻、苦草、狐尾藻、田螺、鲤鱼中的至少三种。

[0049] 经实践检测,基于本发明所建三级复合型人工湿地系统其 BOD_5 、氨氮、总氮、总磷等污染物平均消减负荷分别达到: $17.1\text{—}32.0\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 、 $3.0\text{—}11.7\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 、 $8.1\text{—}11.6\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 、 $0.17\text{—}0.44\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,吨水占地面积仅 1.2m^2 。

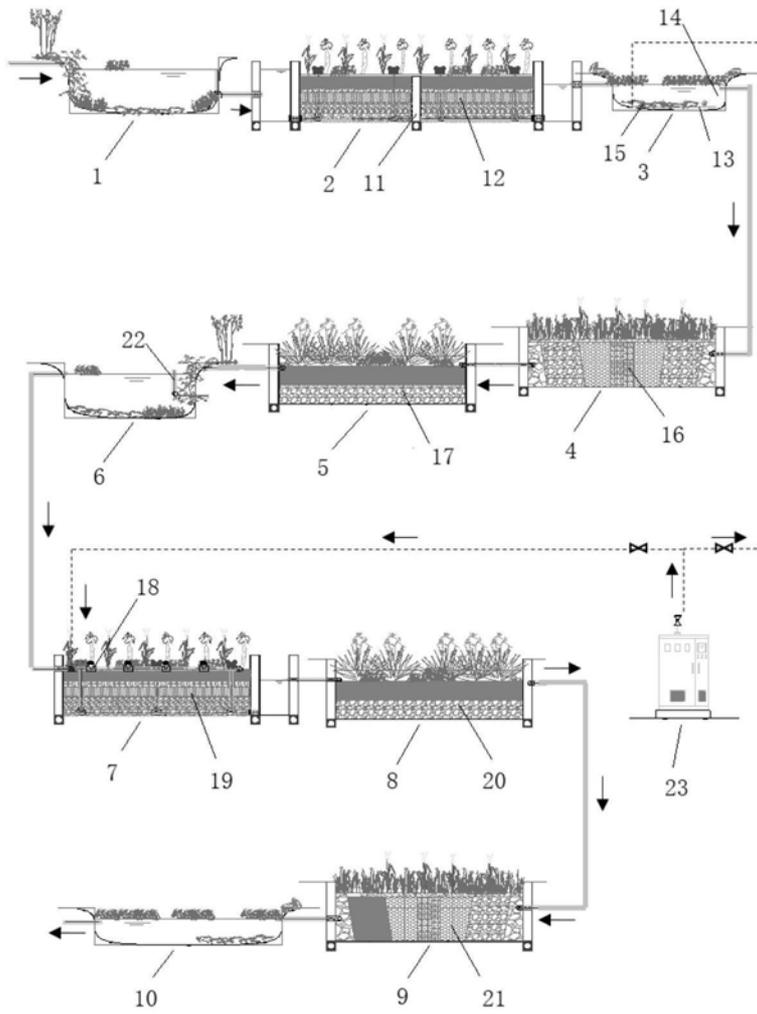


图1