



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203768122 U

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201420038318. 4

(22) 申请日 2014. 01. 22

(73) 专利权人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 闻岳 余雪岑 张明晓 殷琪

郭文瑞 李玲

(74) 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 张磊

(51) Int. Cl.

C02F 3/32 (2006. 01)

C02F 3/30 (2006. 01)

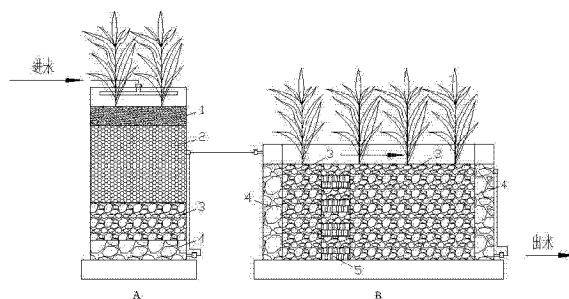
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 实用新型名称

垂直流-水平流复合人工湿地高效脱氮系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种垂直流-水平流复合人工湿地高效脱氮系统,所述系统由垂直流人工湿地和水平流人工湿地构成,其中:所述垂直流人工湿地从上到下依次为:粗砂层、沸石基质层、第一砾石基质层、第二砾石基质层,垂直流人工湿地种植植物选用芦苇;第二砾石基质层底部设有穿孔管;水平流人工湿地从左向右依次为:第二砾石基质层、第一砾石基质层、香蒲生物区、第一砾石基质层和第二砾石基质层,水平流人工湿地一侧顶部设有进水口,另一侧底部设有出水口;水平流人工湿地种植植物选用芦苇;本实用新型不仅提高了复合人工湿地的脱氮效能,实现了系统全年高效脱氮稳定运行的目标,而且促进了水生植物生物质的资源化利用,具有很强的环境效益。



1. 垂直流-水平流复合人工湿地高效脱氮系统,其特征在于:所述系统由垂直流人工湿地和水平流人工湿地构成,其中:

所述垂直流人工湿地从上到下依次为:粗砂层、沸石基质层、第一砾石基质层、第二砾石基质层,垂直流人工湿地种植植物选用芦苇;第二砾石基质层底部设有穿孔管;

水平流人工湿地从左向右依次为:第二砾石基质层、第一砾石基质层、香蒲生物区、第一砾石基质层和第二砾石基质层,水平流人工湿地一侧顶部设有进水口,另一侧底部设有出水口;水平流人工湿地种植植物选用芦苇;

垂直流人工湿地通过穿孔管连接水平流人工湿地顶部的进水口。

2. 根据权利要求1所述的垂直流-水平流复合人工湿地高效脱氮系统,其特征在于:所述垂直流人工湿地中,所述粗砂层的粗砂粒径为3~5 mm,厚度为10 cm;沸石基质层的沸石粒径为10~15 mm,厚度为40 cm;第一砾石层的砾石粒径为15~20 mm,厚度为20 cm;第二砾石层的砾石粒径为30~50 mm,厚度为10 cm;芦苇的栽种密度为16 株/m²。

3. 根据权利要求1所述的垂直流-水平流复合人工湿地高效脱氮系统,其特征在于:所述水平流人工湿地中,第一砾石层的砾石粒径为15~20 mm,厚度为50 cm;第二砾石层的砾石粒径为30~50 mm,厚度为50 cm;香蒲生物区的基质粒径为10~15 mm,厚度为50 cm;芦苇的栽种密度为16 株/m²。

垂直流 - 水平流复合人工湿地高效脱氮系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种垂直流 - 水平流复合人工湿地高效脱氮系统,应用于生活污水高效脱氮处理。属于环境保护技术领域。

背景技术

[0002] 人工湿地(constructed wetland)是一种由人工建造和调控的湿地系统,通过其生态系统中物理、化学和生物作用的优化组合来进行污水处理。人工湿地一般由人工基质和生长在其上的水生植物(如芦苇、香蒲等)组成,形成基质 - 植物 - 微生物生态系统。当污水通过该系统时,污染物质和营养物质被系统吸收、转化或分解,从而使水体得到净化。

[0003] 按照水流方式的差异,人工湿地可分为表面流人工湿地、水平流人工湿地、垂直流人工湿地。相比于水平流和垂直流人工湿地,表面流人工湿地虽有投资省、建设简单、运行费用低、操作简便等优点,但也存在占地面积大、水力负荷低、去污能力不足等缺点,且表面流人工湿地的运行受自然气候条件影响较大,冬季运行效果差,夏季易滋生蚊蝇,产生臭味而影响湿地周围的环境。而垂直流和水平流人工湿地由于占地面积少、处理效果好、卫生条件好等优点受到越来越多的关注。

[0004] 通过基质和植物的合适选择和搭配,人工湿地对总悬浮固体、有机物、细菌和磷的去除效率较高且稳定,而脱氮效率却较低,目前人工湿地脱氮效率普遍在 50%~65%之间。人工湿地脱氮过程包括了氨的挥发、植物吸收、介质沉淀吸附以及微生物硝化 / 反硝化作用,其中微生物的硝化 / 反硝化作用,被认为是人工湿地脱氮的最主要的形式。因此湿地硝化 / 反硝化状况基本决定着湿地脱氮能力。一般而言,人工湿地中以缺氧、厌氧环境为主,尤其在水平潜流湿地中,这不利于有机物的降解、硝化作用以及基质对磷的吸收,硝化是脱氮的限制步骤。与水平潜流湿地相比,垂直流湿地具有较高的氧传递能力,系统的硝化能力有了很大的提高,而反硝化能力不足,从而影响了系统的脱氮的效能,为此,垂直流 - 水平流复合人工湿地系统被提出,系统综合了水平流与垂直流人工湿地的优点,弥补了两者的缺点,在垂直流人工湿地完成氨氮的硝化,水平流人工湿地完成反硝化,明显提高了系统的脱氮效果。复合人工湿地成为国内外研究的热点,并已在一些国家和地区付诸应用。

[0005] 但是,在现有垂直流 - 水平流复合人工湿地系统的设计和运行中,发现仍存在如下缺陷:(1)在垂直流人工湿地,由于承担硝化作用的硝化细菌对温度变化敏感,当温度降低时,其硝化速率受到很大抑制,从而影响了整个湿地系统的脱氮能力,普遍存在温暖季节硝化效果理想,而寒冷季节出水 NH_4^+-N 和 TN 经常不达标等问题;(2)污水中大部分易降解有机物在垂直流人工湿地被降解,导致水平流人工湿地进水有机物含量低,且多为长链、大分子、难生物降解的有机碳源,这不仅延长了水平流人工湿地的发育成熟期,还因碳源不足且碳源品质低削弱了水平流人工湿地的反硝化能力,导致系统出水 NO_3^--N 和 TN 偏高。

发明内容

[0006] 本实用新型为了解决上述问题而提供一种垂直流 - 水平流复合人工湿地高效脱

氮系统。

[0007] 本实用新型为解决这一问题所采取的技术方案是：

[0008] 一种垂直流-水平流复合人工湿地高效脱氮系统，通过在垂直流人工湿地填充一定量沸石基质，在水平流人工湿地投加一定量水生植物生物物质，构建氨氮离子交换-生物再生强化硝化/反硝化复合人工湿地系统，暖季和寒季，实现微生物与沸石基质协同高效脱氮。

[0009] 本实用新型提出的垂直流-水平流复合人工湿地高效脱氮系统，所述系统由垂直流人工湿地和水平流人工湿地构成，其中：

[0010] 所述垂直流人工湿地从上到下依次为：粗砂层、沸石基质层、第一砾石基质层、第二砾石基质层，垂直流人工湿地种植植物选用芦苇；第二砾石基质层底部设有穿孔管；

[0011] 水平流人工湿地从左向右依次为：第二砾石基质层、第一砾石基质层、香蒲生物物质区、第一砾石基质层和第二砾石基质层，水平流人工湿地一侧顶部设有进水口，另一侧底部设有出水口；水平流人工湿地种植植物选用芦苇；

[0012] 垂直流人工湿地通过穿孔管连接水平流人工湿地顶部的进水口。

[0013] 本实用新型中，所述垂直流人工湿地中，所述粗砂层的粗砂粒径为 3~5 mm，厚度为 10 cm；沸石基质层的沸石粒径为 10~15 mm，厚度为 40 cm；第一砾石层的砾石粒径为 15~20 mm，厚度为 20 cm；第二砾石层的砾石粒径为 30~50 mm，厚度为 10 cm；芦苇的栽种密度为 16 株/m²。

[0014] 本实用新型中，所述水平流人工湿地中，第一砾石层的砾石粒径为 15~20 mm，厚度为 50 cm；第二砾石层的砾石粒径为 30~50 mm，厚度为 50 cm；香蒲生物物质区的基质粒径为 10~15 mm，厚度为 50 cm；芦苇的栽种密度为 16 株/m²。

[0015] 本实用新型的工艺流程如下：

[0016] 将经过初沉池预处理过的生活污水通过泵提升后，布入垂直流人工湿地，经垂直流人工湿地净化后，自流进入水平流人工湿地，经水平流人工湿地净化后流出系统。

[0017] 本实用新型的有益效果在于：

[0018] (1) 由于本实用新型在垂直流人工湿地填充一定量沸石基质，寒冷季节时，强化了基质吸附脱氮的作用，而在温暖季节时，利用系统生物脱氮的潜力，使寒冷季节基质吸附的 NH_4^+-N 在复合人工湿地系统通过生物作用被重新去除，实现基质的生物再生循环。

[0019] (2) 由于本实用新型在水平流人工湿地投加一定量水生植物生物物质，利用其发酵释放的易利用小分子有机物为反硝化提供所需碳源，解决了水平流人工湿地反硝化碳源不足问题，强化了系统的反硝化效能。

[0020] (3) 本实用新型实现了水生植物生物物质的资源化，可广泛适用于生活污水高效脱氮处理工艺，减轻了环境污染，具有很强的环境效益。

[0021] 附图说明

[0022] 图 1 为本实用新型的结构图示；

[0023] 图中标号：A 为垂直流人工湿地，B 为水平流人工湿地；1 为粗砂层，2 为沸石基质层，3 为第一砾石基质层，4 为第二砾石基质层，5 为香蒲生物物质区。

具体实施方式

[0024] 下面通过实施例结合附图进一步说明本实用新型。

[0025] 实施例 1:未填充沸石基质和未投加水生植物生物质的对比比例

[0026] 如图 1 所示,实施时将经过初沉池预处理过的生活污水通过泵提升后,通过 3~5 mm 粗砂层 1 均匀地布入垂直流人工湿地 A,在垂直流人工湿地经过沸石基质层 2 和第一砾石基质层 3 净化后,出水经粒径 30~50 mm 第二砾石收水区 4 流出垂直流人工湿地,自流进入水平流人工湿地 B,在水平流人工湿地又分别经过 30~50 mm 第二砾石层布水区 4、第一砾石层基质区 3、香蒲生物质区 5 和第一砾石基质区 3,出水经粒径 30~50 mm 第二砾石收水区 4 流出水平流人工湿地。

[0027] 本系统处理的污水中主要污染物为 COD、BOD₅、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、TN 和 TP,各污染物浓度分别为 120~300 mg/L、80~100 mg/L、12~33 mg/L、0.1~4.0 mg/L、24~42 mg/L 和 2.8~9.4 mg/L。

[0028] 本系统共运行 1 年时间,分为冬季、春季、夏季和秋季 4 个时段,每个时段考察 4 个不同水力停留时间工况(4.4 d、6.6 d、8.8 d 和 17.6 d)下系统的运行性能。

[0029] 经过垂直流-水平流复合人工湿地系统后,出水 NH₄⁺-N 浓度存在一定的波动。寒季(冬季和春季)系统对 NH₄⁺-N 的去除能力有限,出水 NH₄⁺-N 浓度为 18±2 mg/L,去除率 21%。暖季(夏季和秋季)系统对 NH₄⁺-N 的去除能力较高,出水 NH₄⁺-N 浓度为 11±2 mg/L,去除率 49%,可稳定达到 GB18918-2002 规定的一级 B 标准,其中垂直流人工湿地出水 NH₄⁺-N 浓度为 18±2 mg/L,去除率 20%。系统在冬季、春季、夏季和秋季对 NH₄⁺-N 的去除速率分别为 0.47、0.73、1.23 和 1.20 g/(m³·d)。

[0030] 经过垂直流-水平流复合人工湿地系统后,出水 TN 浓度存在一定的波动。寒季(冬季和春季)系统对 TN 的去除能力有限,出水 TN 浓度为 20.3±2.4 mg/L,去除率 25%。暖季(夏季和秋季)系统对 TN 的去除能力较高,出水 TN 浓度为 14.9±3.1 mg/L,去除率 49%,可稳定达到 GB18918-2002 规定的一级 B 标准,其中垂直流人工湿地出水 TN 浓度为 19.9±3.1 mg/L,去除率 31%。系统在冬季、春季、夏季和秋季对 TN 的去除速率分别为 0.53、1.08、1.72 和 1.77 g/(m³·d)。

[0031] 实施例 2:填充沸石基质和投加水生植物生物质实例

[0032] 如图 1 所示,实施时将经过初沉池预处理过的生活污水通过泵提升后,通过 3~5 mm 粗砂层 1 均匀地布入垂直流人工湿地 A,在垂直流人工湿地经过沸石基质层 2 和第一砾石基质层 3 净化后,出水经粒径 30~50 mm 第二砾石收水区 4 流出垂直流人工湿地,自流进入水平流人工湿地 B,在水平流人工湿地又分别经过 30~50 mm 第二砾石层布水区 4、第一砾石层基质区 3、香蒲生物质区 5 和第一砾石基质区 3,出水经粒径 30~50 mm 第二砾石收水区 4 流出水平流人工湿地。

[0033] 本系统处理的污水中主要污染物为 COD、BOD₅、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、TN 和 TP,各污染物浓度分别为 120~300 mg/L、80~100 mg/L、12~33 mg/L、0.1~4.0 mg/L、24~42 mg/L 和 2.8~9.4 mg/L。

[0034] 本系统共运行 1 年时间,分为冬季、春季、夏季和秋季 4 个时段,每个时段考察 4 个不同水力停留时间工况(4.4 d、6.6 d、8.8 d 和 17.6 d)下系统的运行性能。

[0035] 由于在垂直流人工湿地填充了对 NH₄⁺-N 具有较好吸附作用的沸石基质和在水平流人工湿地投加了为反硝化提供碳源的水生植物生物质,经过垂直流-水平流复合人工湿

地系统后,出水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度明显优于实施例 1 湿地系统,全年可稳定达到 GB18918-2002 规定的一级 B 标准。冬季(冬季和春季)系统出水的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度为 $8.3 \pm 1.4 \text{ mg/L}$,去除率 62%,其中垂直流人工湿地 $10.9 \pm 1.1 \text{ mg/L}$,去除率 53%。暖季(夏季和秋季)系统出水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度为 $4.2 \pm 2.5 \text{ mg/L}$,去除率 80%,其中垂直流人工湿地 $10.2 \pm 1.7 \text{ mg/L}$,去除率 49%。系统在冬季、春季、夏季和秋季对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除速率分别为 2.07、2.13、2.23 和 1.53 $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

[0036] 由于在垂直流人工湿地填充了对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 具有较好吸附作用的沸石基质和在水平流人工湿地投加了为反硝化提供碳源的水生植物生物物质,经过垂直流-水平流复合人工湿地系统后,出水 TN 浓度明显优于实施例 1 湿地系统,全年运行稳定,出水 TN 浓度为 $8.5 \pm 2.4 \text{ mg/L}$,去除率 70%,可稳定达到 GB18918-2002 规定的一级 B 标准。系统在冬季、春季、夏季和秋季对 TN 的去除速率分别为 2.23、2.84、2.90 和 2.12 $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

[0037] 本实用新型的垂直流-水平流复合人工湿地系统由于在垂直流人工湿地填充了对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 具有较好吸附作用的沸石基质和在水平流人工湿地投加了为反硝化提供碳源的水生植物生物物质,显著地提高了复合人工湿地垂直流人工湿地 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的吸附效能和水平流人工湿地 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的反硝化效能,有利于污水中 TN 的去除,出水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TN 达到 GB18918-2002 规定的一级 B 标准,实现了系统全年高效脱氮运行稳定目标。

[0038] 实施例 1 和实施例 2 在四个季节对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TN 的去除速率对比见表 1。

[0039] 表 1 实施例 1 和实施例 2 在四个季节对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TN 的去除速率

[0040]

去除速率 $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	冬季		春季		夏季		秋季	
	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	TN	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	TN	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	TN	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	TN
实施例1	0.47	0.53	0.73	1.08	1.23	1.72	1.20	1.77
实施例2	2.07	2.23	2.13	2.84	2.23	2.90	1.53	2.12

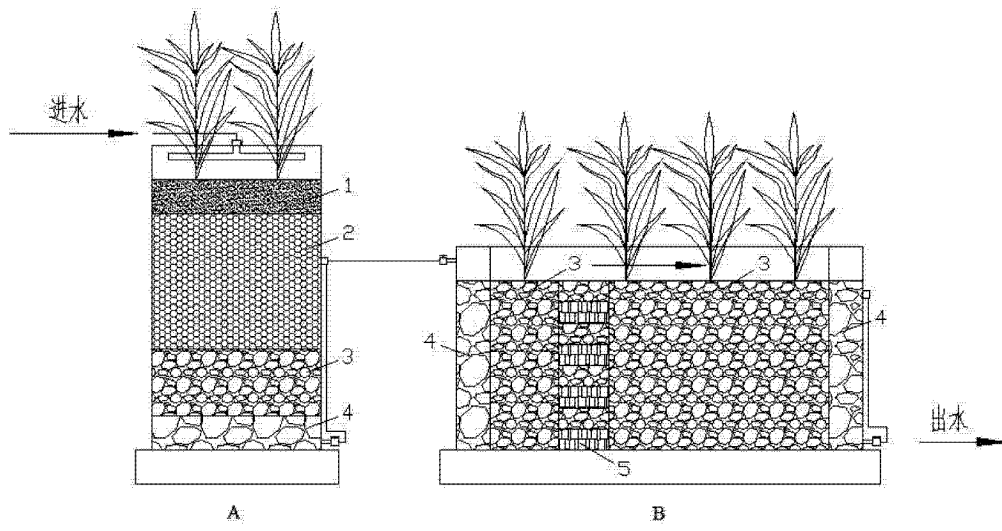


图 1