[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C02F 9/14 (2006.01)
C02F 1/66 (2006.01)
C02F 3/10 (2006.01)
C02F 3/32 (2006.01)
C02F 3/12 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910060536.1

[43] 公开日 2009 年 6 月 24 日

[11] 公开号 CN 101462814A

[22] 申请日 2009.1.16

[21] 申请号 200910060536.1

[71] 申请人 中国科学院水生生物研究所

地址 430072 湖北省武汉市武昌东湖南路 7 号

[72] 发明人 吴振斌 贺 锋 曹湛清 夏世斌 徐 栋

[74] 专利代理机构 武汉宇晨专利事务所

代理人 王敏锋

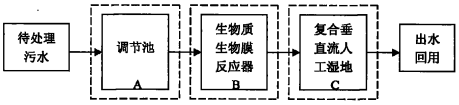
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种用于污水净化的生物生态组合的方法

[57] 摘要

本发明公开了一种用于污水净化的生物生态组合的方法，其步骤是：a. 待处理的污水经过调节池，将颗粒的物质除去；b. 将步骤 a 处理的污水泵入生 IVCW 由下行池和上行池构成：中间设置隔墙，底部连通；上行池砂层中设置集水管，两池底部设有排空管。 依次流过复合垂直流人工湿地下行池、上行池，从上行池集水管排出。 物质生物膜反应器中悬挂填料，用绳子将丝瓜络填料串联、固定，然后置入生物膜反应器下部，污水在生物膜反应器内停留，经填料上附着的微生物和生物膜反应器内污泥的降解；c. 经步骤 b 的污水进入复合垂直流人工湿地，得到回用的出水。 方法易行，操作简便，实现了污水的高效净化，出水水质可达到再生水回用于景观水体水质标准。



1. 一种用于污水净化的生物生态组合的方法，其步骤是：

a、待处理的污水经过调节池（A），污水浓度或水量变化或者 pH 值在 5~9 范围之外时设置调节池；将颗粒的物质除去，污水的 pH 调节到 6~9 之间；

b、将经过步骤（a）处理的污水泵入生物质生物膜反应器（B）中，生物膜反应器（B）单元为一圆柱反应器，生物膜反应器（B）中悬挂填料，用绳子将丝瓜络填料串联、固定，两个填料之间保持 0-50mm 的间距，绳子末端用石块悬垂，然后置入生物膜反应器（B）下部，污水在生物膜反应器（B）内停留 6~12 小时，经过填料上附着的微生物和生物膜反应器（B）内污泥的降解；

c、经过步骤（b）的污水分次进入复合垂直流人工湿地（C）单元，复合垂直流人工湿地（C）单元由下行池和上行池构成，下行池和上行池尺寸相同，为 360mm×420mm 420mm 的方形水泥池，底部填置直径 30-50mm 的粗砾，填充高度 100mm，上层填入直径 0.5~4mm 的细河砂，下行池砂层深 300mm，上行池砂层深 240mm，中间设置隔墙，底部连通；上行池砂层中设置 H 型集水管，下行池和上行池底部设有 H 型排空管，得到回用的出水；

所述的生物质生物膜反应器(B)单元采用间歇的进水方式，低浓度下，生物质生物膜反应器(B)单元在操作条件稳定：曝气量为 1.2 m^3/h，每天运行 3 个周期每个周期 8 个小时，曝气时间 7 个小时，静置 0.5 小时，进出水 0.5 小时，每 10 天排泥一次，每次 1L，中等浓度下，曝气量为 1.4 m^3/h，每天运行 2 个周期，每个周期 12 个小时，曝气 11 个小时，静置 0.5 小时，进出水 0.5 小时，每 7 天排泥一次，一次 1L；

所述的复合垂直流人工湿地（C）单元采用间歇进水方式，每天进水次数和进水量与生物质生物膜反应器(B)单元一致，整个生物质生物膜反应器(B)和复合垂直流人工湿地（C）系统的环境温度在植物生长季节，温度在 20~35℃，在植物枯败季节，温度在 8~12℃。

2、根据权利要求 1 所述的一种用于污水净化的生物生态组合的方法，其特征在于：所述的生物膜反应器（B）柱体上纵向排列有五个并排出水口，每个相

隔 200mm，生物膜反应器（B）下方设置直径为 20mm 的 ABS 管穿孔曝气，插管斜下 45°交叉开孔。

3、根据权利要求 1 所述的一种用于污水净化的生物生态组合的方法，其特征在于：所述的丝瓜络为丝瓜瓤或丝瓜纤维。

4、根据权利要求 1 所述的一种用于污水净化的生物生态组合的方法，其特征在于：所述的下行池和上行池内分别栽种美人蕉(17)和菖蒲(18)，进水经配水管，依次流过复合垂直流人工湿地（C）的下行池、上行池，从上行池集水管排出。

一种用于污水净化的生物生态组合的方法

技术领域

本发明属于水处理技术领域，更具体涉及一种用于污水净化的生物生态组合的方法，适用于城镇小区及农村生活污水的就地处理及回用。

背景技术

随着我国不断加大控制污水排放的力度以及标准，各种新型污水处理技术不断涌现，极大繁荣了污水处理市场，但是目前在技术方面仍普遍存在一些问题。一方面，单一的污水处理技术难以满足不同水质、不同处理要求的需要，目前还没有一种污水处理技术能在时间和空间上同时去除污水中的所有污染物质。另一方面，生化技术末端存在污泥处理复杂、费用高等问题。所以多种技术工艺的组合与优化，减少污泥产量是解决这一问题的必然趋势。

作为一种生物处理新型技术，生物膜反应器技术(BF)以占地面积小，处理效率高、操作简单、污泥产量少而广泛应用于多类难降解污水的处理中。它对有机物、悬浮固体的去除效果甚佳，但由 BF 为好氧式曝气生物反应器，其内部厌氧、缺氧微环境较弱，因此反硝化作用远远小于硝化作用，常出现 NO_3^--N 的积累，而造成出水总氮（TN）、总磷（TP）的浓度难以达标。另外，传统的生物膜反应器采用的填料多为有机高分子材料或无机材料，在末端处理上存在难降解，容易造成二次污染的问题。

作为一种生态净化技术，复合垂直流人工湿地技术（IVCW）（专利号：ZL00114693.9）以其低廉的投资运行成本、较高的 N、P 去除率、简单的管理维护、较好的生态环境效益等诸多优势广泛应用于污水的深度处理或受污染水体的修复。其 IVCW 中下、上行流通道及植物根区创造了更为多样的好氧、缺氧、厌氧环境，使其脱氮除磷的能力更具优势。但是 IVCW 存在着占地面积过大、易受季节和温度的影响、待处理污水浓度不宜过高等问题，使其单独用作污水的二级处理颇受限制。

发明内容

本发明的目的是在于提供了一种用于污水净化的生物生态组合的方法，该方法易行，操作简便，实现了污水的高效净化，低能耗、污泥产量少，有效降低了常规污水处理的成本，且独特的填料选取有效避免了在处理废弃填料方面易产生的二次污染。出水水质可达到再生水回用于景观水体水质标准。

本发明由一种污水生物处理方式和一种生态净化方式组合而成。这种污水生物处理方式以生物质生物膜反应器（英文为：Biomass Biofilter，缩写为 BBF）为代表，生态净化方式以复合垂直流人工湿地（英文为：Integrated Vertical-flow Constructed Wetland，缩写为 IVCW）为代表。这两者组合而成，形成 BBF-IVCW 组合系统。为提高单个污水处理技术的处理效果，采用生物-生态组合工艺模式，相互取长补短，来达到工艺优化配置，降低同等污水的处理成本。

一种用于污水净化的生物生态组合的方法，其步骤是：

A、首先，待处理的污水经过调节池（如污水浓度或水量变化较大或者 pH 值在 5~9 范围之外时最好设置调节池）；可将粗大颗粒的物质除去，污水的 pH 调节到 6~9 之间。

B、其次，将经过步骤 A 处理的污水泵入生物质生物膜反应器 B(BBF)中。BBF 单元为一圆柱反应器，其规模为：内径 150mm，高 2000mm，有效容积为 35L。反应器主体部分采用有机玻璃材料制作。生物膜反应器正中部悬挂填料，填料材料为天然植物纤维——丝瓜络（丝瓜瓤，丝瓜纤维），丝瓜络作为填料具有很好的生物多样性和生物相容性，与传统的有机高分子填料相比具有挂膜快，停机曝气 7-10 天后在厌氧环境内后可自行分解，填料处理不产生污染，价格便宜等优点。填料外形为圆柱型，在置入反应器前切割成段（也可不切割），每段高度 50-60mm，直径 90—120mm。用软性尼龙绳子将丝瓜络填料串联、固定，两个填料之间保持 0-50mm 的间距，绳子末端用石块悬垂，然后置入反应器内下半部分，使填料悬浮生物膜反应器下半部分，构成填料区，填料区域容积占反应器总容积的 50%。生物膜反应器柱体上纵向排列有五个并排出水口，每个相隔 200mm，可以根据需要加大处理量和排放量。生物膜反应器正下方设置直径为 20mm 的 ABS 管穿孔曝气，插管斜下 45°交叉开孔，孔径 3.2mm，距反应器底端

100mm。污水在生物膜反应器内停留 6~12 小时（具体时间可以根据进水浓度、曝气量、出水要求等条件来确定），经过填料上附着的微生物和生物膜反应器内污泥的降解，生物膜反应器 B（BBF）的出水 COD、氨氮等指标可达到一级排放 A~地表水环境质量标准Ⅳ类标准，总磷、总氮等指标达到一级排放 B 标准。

C、经过步骤 B 的污水分次进入复合垂直流人工湿地 C(IVCW)单元。复合垂直流人工湿地 IVCW0 单元由下行池和上行池构成：下行池和上行池均为 360mm×420mm 420mm 的方形水泥池，底部填置直径 30-50mm 的砾石，填充高度 100mm，上层填入直径 0.5~4mm 的细河砂，下行池砂层深 300mm，上行池砂层深 240mm，中间设置隔墙，底部连通；上行池砂层中设置"H"型集水管，下行池和上行池底部设有"H"型排空管。下行池和上行池内分别栽种美人蕉和菖蒲。进水经配水管，依次流过复合垂直流人工湿地 C(IVCW)的下行池、上行池，最终从上行池集水管排出，得到可回用的出水。

所述的生物质生物膜反应器(B)单元采用间歇的进水方式，低浓度下（COD 浓度范围在 35-220mg/L），生物质生物膜反应器(B)单元在操作条件稳定：曝气量为 1.2 m^3/h，每天运行 3 个周期每个周期 8 个小时，曝气时间 7 个小时，静置 0.5 小时，进出水 0.5 小时，每 10 天排泥一次，每次 1L，中等浓度下（COD 浓度为 220-800mg/L），曝气量为 1.4 m^3/h，每天运行 2 个周期，每个周期 12 个小时，曝气 11 个小时，静置 0.5 小时，进出水 0.5 小时，每 7 天排泥一次，一次 1L。

所述的复合垂直流人工湿地（C）单元采用间歇进水方式，每天进水次数和进水量与生物质生物膜反应器 B 单元一致。整个生物质生物膜反应器(B)和复合垂直流人工湿地（C）系统的环境温度在植物生长季节，温度在 20~35℃，在植物枯败季节，温度在 8~12℃。

生物膜反应器 B(BBF)单元采用间歇式进水方式：使用泵将水泵入反应器内，待水位升至最高水位控制线（反应器高 1950mm 处），关闭进水阀。然后开始曝气，曝气量控制在 1.2~1.4m^3/h，曝气时间可控制在 6～12 小时，曝气停止后静置 0.5h，然后出水，出水口有五个，可根据需要选择出水量。此过程为一个周期，根据需要每天可运行 2～4 个周期。IVCW 单元采用间歇进水方式，BBF 出水直接进入湿地。整个生物质生物膜反应器 B(BBF)- 复合垂直流人工湿地 C(IVCW)系统的环境温度在植物生长季节（以武汉地区为参照，每年 4~11 月）

维持在 25~35℃，在植物枯败季节（每年 12 月~次年 3 月）维持在 8~12℃。待处理污水设置为低、中两种种不同的浓度，相应的主要水质指标见表 1。

表 1 不同浓度污水主要水质指标

水质指标	进水(mg/L)	
	中浓度	低浓度
COD_{Cr}	222~773	41~238
TN	14~38	7~35
NH_3-N	9~34	6~32
TP	1.7~5.4	0.8~3.2
pH	6~8	6~8

本发明的优点在于：

1、将这两种污水处理技术有效结合，提高了单一技术处理的出水水质，可达到污水的直接回用，作为绿化灌溉、洗车、家庭冲厕、路面清洗、景观娱乐、游泳池等的补水。

2、BBF-IVCW 组合工艺可针对不同的进水浓度及水量要求选择不同的组合形式及参数控制，使两个单元达到工艺的优化配置，有效地降低了同等污水处理及回用的成本，成本低廉。

3、BBF-IVCW 组合工艺不仅适合集中式污水处理模式也适合分散式污水处理模式，兼具景观绿化效果。尤适用于生活小区等人口集中，同时对绿化率有一定要求的地域。另外，填料取材方便，工艺操作简单，管理方便，基建和管理费用低，也适用于用农村污水的处理。

4、BBF-IVCW 组合工艺具有污泥产量低，填料处理无二次污染的优点，使得生物-生态型组合净化工艺更符合绿色、健康的环保理念。

附图说明

图 1 为一种用于污水净化的生物生态组合方法的方框示意图；

图 2 为 BBF-IVCW 组合系统流程图；

其中：A-调节池，B- 生物膜反应器(BBF)，C- 复合垂直流人工湿地(IVCW)，1- 污水，2-隔板，3- 污水泵，4- 水阀，5- 悬挂填料的支架，6- 软绳，7- BBF 出水阀，8- 填料，9- 穿孔曝气管，10- 止回阀，11- 排空管，12- BBF 底座，13- 气体转子流量计，14- 进气阀，15- 真空泵，16- 下行池及砂层填料，17- 湿地

植物美人蕉，18- 湿地植物菖蒲，19- 湿地出水管，20- 上行池及砂层填料，21-湿地底层基质砾石，22- 放空管

具体实施方式

实施例 1（如图 1、2 所示）

采用该种生物生态组合的方法处理低、中浓度污水（主要水质指标见表 1），其步骤是：

一．待处理的污水 1 经过隔板 2 进入调节池 A。如污水浓度或水量变化较大或者 pH 值在 5 或 6.5 或 7 或 7.6 或 8.2 或 9 范围之外时最好设置调节池；可将粗大颗粒的物质除去，污水的 pH 调节到 6 或 6.6 或 7 或 7.8 或 8.4 或 9 之间。

二．通过污水泵将调节池 A 中的污水输送到生物质生物膜反应器 (BBF) B 单元，生物膜反应器 B 单元的出水口与 C 单元进水口直接相连，形成生物质生物膜反应器 B(BBF)-复合垂直流人工湿地 C(IVCW)串联组合模式。生物质生物膜反应器(BBF)主体结构为圆柱形，有机玻璃材料制作。内径 150mm，外径 160mm，高 2000mm，有效容积 35L。生物质生物膜反应器(BBF) 的填料选择天然植物纤维——丝瓜络（丝瓜瓤，丝瓜纤维），丝瓜络填料具有很好的生物多样性和生物相容性，与传统的有机高分子填料相比具有挂膜快，停机曝气 7-10 天后在厌氧环境内后可自行分解，填料处理不产生污染，丝瓜络价格便宜，取材方便等优点。在构建生物质生物膜反应器 (BBF)时，选用直径在 90—150mm 的丝瓜络填料，切割成段（也可不切割），每段高度 50-60mm。再用软性尼龙绳子（其他软性不易生物降解的绳子也可）将丝瓜络填料串联、固定，两个丝瓜络填料之间保持 0-50mm 的间距。绳子总长度不低于 2 米，串联填料部分的长度约 1 米，绳子末端系一石块或其他重物，当将串有丝瓜填料的绳子置入反应器内后，系有丝瓜络填料的绳子一端处于反应器下半部分，构成填料区，填料区容积占反应器总容积的 50%。当开始曝气时，在生物膜反应器内，填料在浮力和底部石块重力作用下，处于悬浮状态。在生物膜反应器圆柱体的底部设置直径为 20mm 的 ABS 管穿孔曝气管，插管斜下 45°交叉开孔，孔径 3.2mm，距反应器底端 100mm。生物膜反应器最底部设有排空管，用来放空和排泥。进入生物质生物膜反应器的污水在反应器内停留 6~12 小时（具体时间可以根据进水浓度、曝气量、出水要求等条件

来确定）可以出水，在低浓度进水时，曝气量为 1.2 m^3/h，处理量最大可达 96L/d；在中等浓度进水时，曝气量为 1.4 m^3/h，最大处理量 72L/d。生物膜反应器柱体中部位置设置五个并排出水口，每个相隔 200mm，可以根据需要加大处理量和排放量。经过生物质生物膜反应器(BBF) B 单元的处理，所处理的污水全部进入复合垂直流人工湿地 C(IVCW)中，进行再次处理。

三．经生物质生物膜反应器(BBF) B 单元的处理后，污水进入复合垂直流人工湿地 (IVCW) C 单元。IVCW 单元由下行池和上行池构成：两池均为 360mm×420mm 420mm 的方形水泥池，底部填置直径 30-50mm 的粗砾，填充高度 100mm，上层填入直径 0.5~4mm 的细河砂，下行池砂层深 300mm，上行池砂层深 240mm，中间设置隔墙，底部连通；上行池砂层中设置"H"型集水管，两池底部设有"H"型排空管。下行池和上行池内分别栽种美人蕉 17 和菖蒲 18。进水经配水管，依次流过复合垂直流人工湿地 C(IVCW)的下行池、连通层、上行池，最终从上行池集水管排出，得到可回用的出水。

四．维持生物质生物膜反应器 B(BBF)、复合垂直流人工湿地 C(IVCW)两单元的环境温度在植物生长季节为 25~35℃，植物非生长季节为 8~12℃。复合垂直流人工湿地 C(IVCW)处理后的出水 COD、TP、NH_3 均达到地表水环境质量标准 V 类。

污水经过上述 A-B-C 组合系统的详细过程是（如图 2）：污水 1 经过隔板 2 进入调节池 A，经污水泵 3 由进水阀 4 进入到生物质生物膜反应器 B(BBF)中。在反应器内部，：当污水进水反应器内，填料 8 上附着的微生物对水中的污染物进行降解，填料是用软绳 6 串联起来，悬挂于填料支架 5，使其处于悬浮状态。同时，真空泵 15 通过穿孔曝气管 9 向反应器内曝气，从气体转子流量计 12 可以测出曝气量，进气阀 14 可以中控气体流量。在突然停电的情况下，止回阀 10 可以防止水倒灌。底部的放空管 11 具有排泥和放空反应器内水的作用。反映停止静置 30 分钟后，出水经出水阀 7 流入复合垂直流人工湿地（IVCW）C 单元，该单元由下行池及其砂层填料 16 和上行池及其砂层填料 21 两个部分构成，两池中间设隔墙，底层用粗砾填料 21 相通，此外底部还设置放空管 22。下行池基质表面种植美人蕉 17，上行池基质表面种植菖蒲 18。在复合垂直流人工湿地 C 单元，布水管将水均匀的分布到下行池，经过下行池及其砂层填料 16，在重力作

用下水流下渗到有连通作用的底层砾石填料 21 后，进入上行池及砂层填料 20，然后通过上行池基质表面的集水管收集，再经过湿地出水管 19 流出，最后得到出水回用。

生物质生物膜反应器（BBF）-复合垂直流人工湿地（IVCW）组合工艺分别进行了低浓度和中等浓度污水处理的试验，试验的控制条件如表 2 和表 3：

表 2 组合工艺试验运行参数

进水浓度	BBF 周期（h）	BBF 水力负荷 m3/(m2・h)	IVCW 水力负荷(mm/d)	IVCW 停留时间（h）	每天处理量（L/d）	BBF 容积负荷 KgCOD/(m3・d)
低	8	0.175	240	15	72	0.039-0.353
中	12	0.117	158	22	48	0.148-0.526

表 3 BBF 单元运行控制

进水浓度	曝气量 m^3/h	BBF 周期 h	BBF 曝气时间 h	静置时间 h	进出水时间 h	周期处理量 L	每天运行周期次数	每天处理量 L/d	排泥
低	1.2	8	7	0.5	0.5	24	3	72	1L/10 天
中	1.4	12	11	0.5	0.5	24	2	48	1L/7 天

实验结果表明：

1）在低浓度条件下，BBF 单元水力复合为 0.175 $m^3/m^2 \cdot d$，IVCW 单元的水力负荷为 240mm/d；出水主要指标 COD、NH_3-N、TN、TP 的平均出水分别为 15mg/L，0.58mg/L，0.90mg/L，0.39mg/L，检测指标达到再生水回用于景观水体水质标准。

2）在中等浓度条件下，BBF 单元水力复合为 0.117 $m^3/m^2 \cdot d$，IVCW 单元的水力负荷为 158mm/d；出水主要指标 COD、NH_3-N、TN、TP 的平均出水分别为 15mg/L，0.40mg/L，1.2mg/L，0.25mg/L，检测指标达到再生水回用于景观水体水质标准，检测指标达到再生水回用于景观水体水质标准。

3）生物质-生物膜反应器（BBF）反应停止 10 天后，丝瓜填料分解成为碎末，说明该填料可被降解，不污染环境，属环境友好性填料。

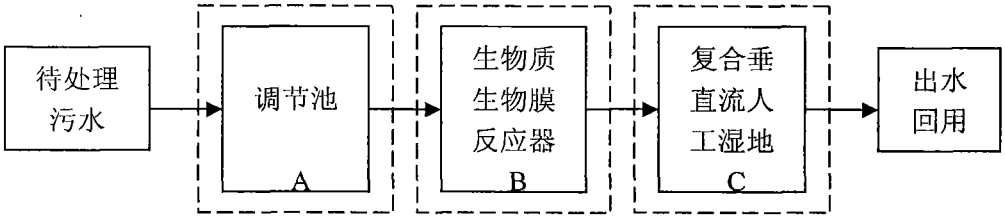

待处理
污水
调节池
A
生物质
生物膜
反应器
B
复合垂
直流人
工湿地
C
出水
回用

图 1

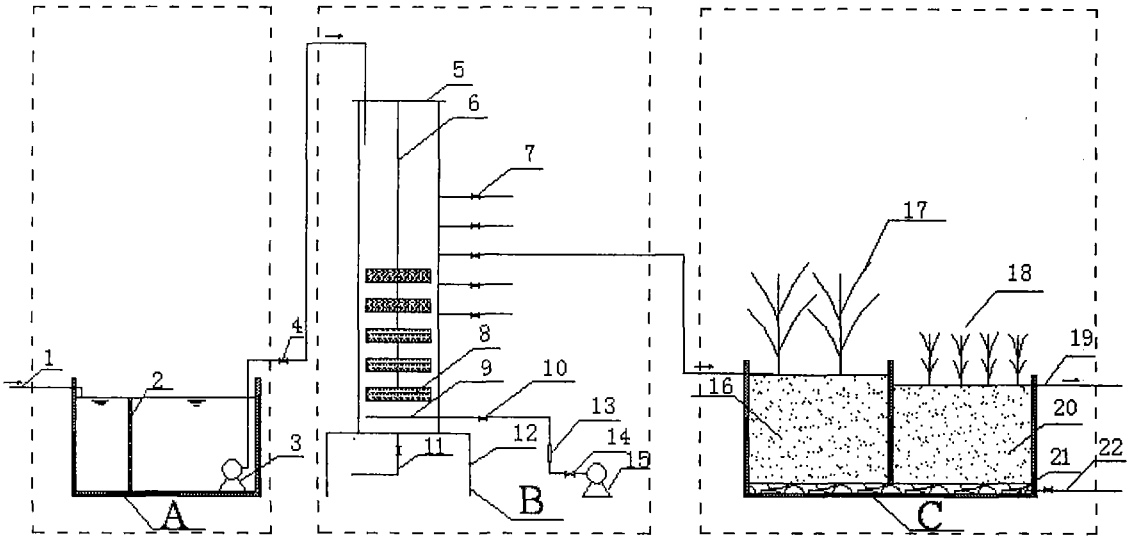

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
A
B
C

图 2