(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 102001785 A
(43)申请公布日 2011.04.06

(21)申请号 201010512180.3

(22)申请日 2010.10.19

(71)申请人 天津市环境保护科学研究院
地址 300191 天津市南开区复康路 17 号

(72)发明人 马建立 邓小文 卢学强 孙贻超 籍鹏飞 居文中

(74)专利代理机构 天津市三利专利商标代理有限公司 12107
代理人 王蕴华

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

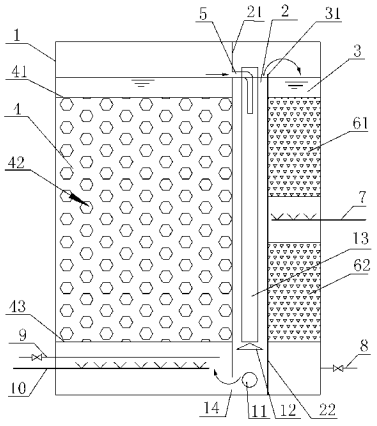
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54)发明名称

生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器及应用方法

(57)摘要

本发明涉及生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器及应用方法，特征是反应器由 A、B 隔壁分隔成依次连接的升流式生物接触氧化滤池、竖流式沉淀池及下流式曝气生物滤池，升流式生物接触氧化滤池底部设有可调式间歇曝气装置，环行布水管，溢流管，悬浮填料床；竖流式沉淀池设有中心排水管，排泥管，中心排水管与溢流管连通；下流式曝气生物滤池内设有上、下段蛭石滤料床，上段蛭石滤料床下方设置反冲洗曝气装置，并设置出水管；应用方法包括步骤：(1) 升流式生物接触氧化滤池启动，(2) 竖流式沉淀池运行，(3) 升流式生物接触氧化滤池间歇曝气，(4) 下流式曝气生物滤池启动并运行。本发明的优点是：同步脱氮除磷且效率提高，SS 降低，占地少，投资低。



CN 102001785 A

1. 一种生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器，其特征在于所述反应器由 A、B 隔壁分隔成依次连接的升流式生物接触氧化滤池、竖流式沉淀池及下流式曝气生物滤池，所述升流式生物接触氧化滤池底部设有使该池处于好氧、厌氧交替状态的可调式间歇曝气装置及引入进水的环行布水管，其上部设有一根以上溢流管，环行布水管与溢流管之间设有悬浮填料床；所述竖流式沉淀池中与溢流管对应设有竖直中心排水管，下部设有排泥管，中心排水管上口与对应溢流管连通，下口位于 A 隔壁下部，竖流式沉淀池通过 A 隔壁底沿与反应器底面间的开口与升流式生物接触氧化滤池连通；所述下流式曝气生物滤池通过用做出水堰的 B 隔壁上沿与竖流式沉淀池连通，其池内上部和下部分别设有上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床，上段蛭石滤料床下方设置反冲洗曝气装置，在下流式曝气生物滤池内形成上部好氧区及下部缺氧区，下段蛭石滤料床下方设置出水管。

2. 根据权利要求 1 所述的生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器，其特征在于所述上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床的材料采用粒径为 0.5-1cm 的蛭石，上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床的体积比为 1 ： 1-2 ： 1。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器，其特征在于所述悬浮填料床是由设置于升流式生物接触氧化滤池内的上、下孔板及散布其间的若干φ10-15cm 的悬浮填料球构成，悬浮填料床的体积占升流式生物接触氧化滤池容积的 40-60％。

4. 根据权利要求 3 所述的生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器，其特征在于所述中心排水管的直径为 5-10cm。

5. 根据权利要求 4 所述的生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器，其特征在于所述中心排水管的下口设有圆锥面折射板。

6. 一种如权利要求 5 所述的生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器的应用方法，其特征在于包括如下步骤：

(1). 升流式生物接触氧化滤池启动：该滤池的容积负荷为 1.4-2.6kgCOD/kg·d，投放接种污泥液，由可调式间歇曝气装置连续曝气 5-7 天，对悬浮填料床进行挂膜培养，挂膜成功后，开始连续进出水；

(2) 竖流式沉淀池运行，升流式生物接触氧化滤池的出水经溢流管进入竖流式沉淀池的中心排水管，进行固液分离，并经排泥口排出多余的悬浮污泥；

(3) 升流式生物接触氧化滤池内可调式间歇曝气装置间歇曝气，使池内处于好氧、厌氧交替状态，曝气时间为 1-2 小时，气水体积比为 1.5 ： 1-3 ： 1，静置时间为 1-4 小时，生活污水在升流式生物接触氧化滤池的停留时间为 2-6 小时，排泥口每隔 1-3 天排泥一次；

(4) 下流式曝气生物滤池启动：控制升流式生物接触氧化滤池进水流量，确使下流式曝气生物滤池的滤速在 1-2m/h，下流式曝气生物滤池的容积负荷为 0.5-1.2kgCOD/kg·d，下流式曝气生物滤池的水力停留时间为 1-2 小时，反冲洗曝气装置曝气的气水体积比为 0.5 ： 1-1 ： 1，处理后的生活污水经出水口排出。

7. 根据权利要求 6 所述的生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器的应用方法，其特征在于所述溢流管流速≤ 100mm/s，中心排水管的流速≤ 40mm/s。

生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器及应用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及环境工程技术领域的污水处理工艺，尤其涉及一种生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器及应用方法。

背景技术

[0002] 20 世纪 70 年代，由于水体富营养化问题的日益严重，越来越多的国家和地区制定了严格的污水氮、磷排放标准，氮、磷的考核指标也由单一的氨氮和磷酸盐发展到总氮和总磷。我国现行的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 一级标准的 A 标准（城镇污水处理厂出水作为回用水的基本要求）要求 TP 小于 1mg/L，氨氮小于 5mg/L，总氮小于 15mg/L，污水处理技术的发展历程也进入氮磷营养盐去除阶段。

[0003] 在现有的污水处理工艺技术中，用于城市污水处理进行脱氮除磷的污水处理工艺可以分为两大类：一类为按空间进行分割连续流活性污泥法，例如 AB 法、氧化沟法、A^2O 法；另一类为按时间进行分割的间歇式活性污泥法，又称序批式活性污泥法，近年来，已发展成多种改良型，例如在传统 SBR(Sequencing Batch Reactor) 法基础上出现 ICEAS(Intermittent Cyclic ExtendedAeration System) 法、CAST(Cyclic Activated Sludge System) 法、Unitank 法和 MSBR(Modified Sequencing Batch Reactor) 法等。经多年工程应用实践，上述污水处理工艺已经成熟。但是，由于投资和运行成本较高，目前该类工艺针对处理水量小于 $50m^3/d$ 的小型社区或村镇的生活污水处理工程应用较少。

[0004] 生物膜法是污水生物处理的主要工艺之一，微生物以膜状固着在某种载体的表面上呈附着生长状态。生物膜法是与传统的活性污泥法平行发展起来的生物处理工艺，在污水处理中的应用源远流长，近年又得到较多的研究与应用，这主要是因为它与传统的活性污泥法相比具有以下诸特点：微生物相多样化，生物的食物链长，并能存活世代时间较长的微生物；微生物量多，处理能力大，使净化功能显著提高；污泥沉降性能良好，易于固液分离；剩余污泥产量少，降低污泥处理与处置费用；耐冲击负荷高，对水质、水量变动具有较强的适应性，并能处理低浓度的废水；易于运行管理，减少污泥膨胀问题。因此，在此基础上形成了生物滤池、生物转盘、生物接触氧化和生物流化床等工艺。

[0005] 生物滤池属于非淹没式附着生长好氧生物处理工艺，在生物滤池中，一般采用砾石或塑料制品作为生物膜载体，废水均匀滴洒在反应器顶部载体表面，当废水流经载体表面的生物膜时，废水得以净化。

[0006] 生物接触氧化也称之为淹没式生物滤池，近 10 余年来在国内外得到了较为广泛的研究与应用，用于处理生活污水和某些工业的有机废水，并取得了良好的处理效果。所谓淹没式生物滤池，就是在池内充填惰性填料，已经预先充氧曝气的污、废水浸没并流经全部填料，废水中的有机物与填料上的生物膜广泛接触，在微生物的新陈代谢作用下污染物得到去除。

[0007] 曝气生物滤池（简称 BAF）是在普通生物滤池的基础上，引入给水滤池过滤机理而形成的污水生物处理新工艺。其突出的特点是将生物氧化、生物絮凝、生物吸附过滤结合在

一起，再通过对滤料的冲洗、再生，实现滤池的周期性运行。

[0008] 在实际污水处理工程应用中，生物膜法力图应用各种微生物组成的生态系统在不同的反应条件下，达到去除有机物和营养盐的目的。但是，由于功能不同的微生物在同一系统中混合生长，尤其是世代周期长的自养硝化菌与异养菌的混合生长，不可避免地存在着硝化菌与聚磷菌之间污泥泥龄的矛盾、反硝化与释磷过程对碳源的竞争，以及回流污泥中硝酸盐成分对厌氧区释磷的影响等使系统本身存在固有的缺陷，往往很难达到同步高效除磷和脱氮的效果。另外，生物膜反应器出水常常携带较大的脱落的生物膜片，大量非活性细小悬浮物分散水中使处理水的澄清度降低，SS 较高，一般在 10mg/L 以上。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于针对上述不足，在现有工艺基础上进行改进，根据生物脱氮除磷技术原理、将生物接触氧化滤池、曝气生物滤池两种污水处理工艺有机结合并从结构上进一步改进，同时附加竖流式沉淀池，从而提供出一种生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器及应用方法，实现了同步脱氮除磷。并通过两级生物滤池及一级固液分离沉淀池，使处理水的澄清度提高，SS 降低，同时还具有占地面积小、投资省、运行灵活方便、易于管理、抗冲击负荷能力强的优点。

[0010] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是 ：

[0011] 一种生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器，其特征在于所述反应器由 A、B 隔壁分隔成依次连接的升流式生物接触氧化滤池、竖流式沉淀池及下流式曝气生物滤池，所述升流式生物接触氧化滤池底部设有使该池处于好氧、厌氧交替状态的可调式间歇曝气装置及引入进水的环行布水管，其上部设有一根以上溢流管，环行布水管与溢流管之间设有悬浮填料床 ；所述竖流式沉淀池中与溢流管对应设有竖直中心排水管，下部设有排泥管，中心排水管上口与对应溢流管连通，下口位于 A 隔壁下部，竖流式沉淀池通过 A 隔壁底沿与反应器底面间的开口与升流式生物接触氧化滤池连通 ；所述下流式曝气生物滤池通过用做出水堰的 B 隔壁上沿与竖流式沉淀池连通，其池内上部和下部分别设有上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床，上段蛭石滤料床下方设置反冲洗曝气装置，在下流式曝气生物滤池内形成上部好氧区及下部缺氧区，下段蛭石滤料床下方设置出水管。

[0012] 所述上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床的材料采用粒径为 0.5-1cm 的蛭石，上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床的体积比为 1 ： 1-2 ： 1。

[0013] 所述悬浮填料床是由设置于升流式生物接触氧化滤池内的上、下孔板及散布其间的若干φ10-15cm 的悬浮填料球构成，悬浮填料床的体积占升流式生物接触氧化滤池容积的 40-60％。

[0014] 所述中心排水管的直径为 5-10cm。

[0015] 所述中心排水管的下口设有圆锥面折射板。

[0016] 一种上述生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器的应用方法，其特征在于包括如下步骤 ：

[0017] (1). 升流式生物接触氧化滤池启动 ：该滤池的容积负荷为 1.4-2.6kgCOD/kg·d，投放接种污泥液，由可调式间歇曝气装置连续曝气 5-7 天，对悬浮填料床进行挂膜培养，挂膜成功后，开始连续进出水 ；

[0018] (2) 竖流式沉淀池运行，升流式生物接触氧化滤池的出水经溢流管进入竖流式沉淀池的中心排水管，进行固液分离，并经排泥口排出多余的悬浮污泥；

[0019] (3) 升流式生物接触氧化滤池内可调式间歇曝气装置间歇曝气，使池内处于好氧、厌氧交替状态，曝气时间为 1-2 小时，气水体积比为 1.5 ： 1-3 ： 1，静置时间为 1-4 小时，生活污水在升流式生物接触氧化滤池的停留时间为 2-6 小时，排泥口每隔 1-3 天排泥一次；

[0020] (4) 下流式曝气生物滤池启动：控制升流式生物接触氧化滤池进水流量，确使下流式曝气生物滤池的滤速在 1-2m/h，下流式曝气生物滤池的容积负荷为 0.5-1.2kgCOD/kg·d，下流式曝气生物滤池的水力停留时间为 1-2 小时，反冲洗曝气装置曝气的气水体积比为 0.5 ： 1-1 ： 1，处理后的生活污水经出水口排出。

[0021] 所述溢流管流速≤ 100mm/s，中心排水管的流速≤ 40mm/s。

[0022] 本发明的有益效果是：(1) 本发明克服了自养硝化菌与异养细菌、聚磷菌在泥龄上存在的矛盾，避免了硝酸盐和亚硝酸盐对聚磷菌的抑制和竞争，根据生物脱氮除磷技术原理、将生物接触氧化滤池、曝气生物滤池两种污水处理工艺有机结合并从结构上进一步改进，并附加竖流式沉淀池，提供出一种生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器及应用方法，从而实现同步脱氮除磷，尤其，升流式生物滤池采用球形悬浮填料制成的悬浮填料床，下流式曝气生物滤池采用两段式蛭石填料床，较现有的生物滤池具有更高的脱氮除磷效率。通过两级生物滤池及一级固液分离沉淀池，达到生活污水中氮和磷同时最优去除的效果，同时有效地控制了装置出水的 SS，SS 与现有技术比明显降低，出水水质高。(2) 升流式生物滤池采用间歇曝气方式，培养的生物膜对间歇运行有较强的适应力，水力负荷、容积负荷显著高于传统污水处理工艺。(3) 本发明采用了一体化设计，减少了构筑物数量，大大简化工艺流程，不但能够减少成本投入；同时还可以减少占地面积，减少征地费用。综上所述，本发明具有良好的 COD、氨氮、TN 和 TP 的去除能力，对缓解水体的富营养化具有重大意义，特别是在处理水量小于 $50m^3/d$ 的小型社区或村镇的生活污水处理工程中将会发挥更为重要的作用。

附图说明

[0023] 图 1 是本发明的主视结构示意图；

[0024] 图 2 是图 1 的俯视图。

[0025] 图中：1 生物接触氧化滤池，2 竖流式沉淀池，21A 隔壁，22B 隔壁，3 下流式曝气生物滤池，31 出水堰，4 悬浮填料床，5 溢流管，61 上段蛭石填料床，62 下段蛭石填料床，7 反冲洗曝气装置，8 出水管，9 环形布水管，10 可调式间歇曝气装置，11 排泥口，12 折射板，13 中心排水管，14 开口。

[0026] 以下结合附图和实施例对本发明详细说明。

具体实施方式

[0027] 实施例 1

[0028] 图 1 ～图 2 示出一种生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器，其特征在于所述反应器由 A、B 隔壁 21、22 分隔成依次连接的升流式生物接触氧化滤池 1、竖流式沉淀池 2 及下流式曝气生物滤池 3，上述升流式生物接触氧化滤池底部设有使该池处于好氧、厌氧交

替状态的可调式间歇曝气装置 10 及引入进水的环行布水管 9，升流式生物接触氧化滤池上部设有一根以上溢流管 5，本例中设置了三根溢流管，环行布水管 9 与溢流管 5 之间设有悬浮填料床 4；上述竖流式沉淀池 2 中与溢流管 5 对应设有竖直中心排水管 13，下部设有排泥管 11，中心排水管 13 上口与对应的溢流管 5 连通，下口位于 A 隔壁 21 下部，竖流式沉淀池 2 通过 A 隔壁底沿与反应器底面间的开口 14 与升流式生物接触氧化滤池连通；上述下流式曝气生物滤池 3 通过用做出水堰 31 的 B 隔壁 22 上沿与竖流式沉淀池 2 连通，其池内上部和下部分别设有上段蛭石滤料床 61 与下段蛭石滤料床 62，上段蛭石滤料床 61 下方设置反冲洗曝气装置 7，在竖流式沉淀池内形成上部好氧区及下部缺氧区，下段蛭石滤料床 62 下方设置出水管 8。

[0029] 上述上段蛭石滤料床 61 与下段蛭石滤料床 62 的材料采用粒径为 0.5-1cm 的蛭石，上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床的体积比为 1 ： 1-2 ： 1。上述悬浮填料床 4 是由设置于升流式生物接触氧化滤池 1 内的上、下孔板 41、43 及散布其间的若干φ10-15cm 的悬浮填料球 42 构成，悬浮填料床的体积占升流式生物接触氧化滤池容积的 40-60％。上述中心排水管的直径为 5-10cm。上述中心排水管 13 的下口设有圆锥面折射板 12。这里，中心排水管具有消能作用，使溢流管 5 流出的污水动能降低趋于平稳，以易于固液分离，圆锥面折射板则起到折水上流的作用。悬浮填料球为塑料材质，是市售产品。

[0030] 以下通过两个运行实例说明实施例 1 中的生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器的应用方法。

[0031] 实施例 2-1

[0032] 本实施例选取天津市某生活区废水，废水水质如下：pH 在 6-8 之间，SS 为 158.3mg/L，COD 为 204mg/L，氨氮为 29.5mg/L，TN 为 31.7mg/L，TP 为 3.1mg/L。处理水量 Q ＝ 100L/h。

[0033] 悬浮填料床的体积占升流式生物接触氧化滤池容积的 40％，采用了φ10cm 的悬浮填料球，上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床的体积比为 1 ： 1，蛭石粒径为 0.5cm；中心排水管的直径为 5cm。

[0034] 上述生活污水处理用复合式生物膜一体型反应器的应用方法包括如下步骤：

[0035] (1). 升流式生物接触氧化滤池 1 启动：该滤池的容积负荷为 1.4kgCOD/kg·d，投放接种污泥液，接种污泥液采用污水处理厂好氧池回污泥液流，由可调式间歇曝气装置 10 连续曝气 5 天，对悬浮填料床进行挂膜培养，挂膜成功后，开始连续进出水；

[0036] (2) 竖流式沉淀池 2 运行，升流式生物接触氧化滤池 1 的出水经溢流管 5 进入竖流式沉淀池 2 的中心排水管 13，进行固液分离，并经排泥口 11 排出多余的悬浮污泥；控制溢流管 5 的流速≤ 80mm/s，控制中心排水管的流速≤ 20mm/s。

[0037] (3) 生活污水由环形布水管连续进入升流式生物滤池 1，进行间歇式好氧缺氧生物处理。可调式间歇曝气装置 10 开始间歇曝气，使池内处于好氧、厌氧交替状态，曝气时间为 1 小时，控制池内的气水体积比为 1.5 ： 1，静置时间为 1 小时，生活污水在升流式生物接触氧化滤池的停留时间为 2 小时，在厌氧 / 好氧交替运行条件下驯化出聚磷菌一类的微生物，以生物膜的形式固定在多孔状结构的悬浮填料床 4 上。生物除磷包括厌氧释磷和好氧吸磷两个过程，聚磷菌能够过量的，在数量上超过其生理需要的，从外部环境中摄取磷，并将磷以聚合磷的形式贮存在体内，生物除磷宜采用较短的污泥龄，一般为 3.5-7 天。死亡的

高磷生物不断从球形悬浮填料表面脱落，形成高磷污泥，通过竖流式沉淀池 2 底部的排泥口 11 排出池外，每隔 1 天排泥一次，达到从废水中除磷的效果。

[0038] (4) 下流式曝气生物滤池 3 启动：固液分离后的上清液呈寡营养型水质，SS 和有机物浓度较低，且大部分有机物为长链或者环状分子结构，不易被异养微生物降解。上清液经过竖流式沉淀池 2 上部的出水堰 31 进入到下流式曝气生物滤池 3，控制升流式生物接触氧化滤池进水流量，确使下流式曝气生物滤池的滤速在 1m/h，污泥龄控制在 10 ～ 25 天。下流式曝气生物滤池的容积负荷为 0.5kgCOD/kg·d，水力停留时间为 1 小时，反冲洗曝气装置 7 采用中间曝气的方式，使下流式曝气生物滤池内形成上部好氧区及下部缺氧区，曝气的气水体积比为 0.5 ： 1。蛭石填料床与好氧区与缺氧区对应分为上段蛭石填料床 61 及下段蛭石填料床 62 两段。基于生长在粒状蛭石填料上的高浓度硝化细菌生物膜和反硝化细菌生物膜发挥的生物氧化分解、过滤截留和絮凝网捕作用，在反应器上部好氧过程中，气水处于逆流，有机物被微生物氧化分解，NH_4^+-N 被氧化成 NO_4^+-N；在反应器下部缺氧过程中，生物膜实现反硝化。所以下流式曝气生物滤池拥有良好的去除有机物、悬浮物和 TN 的能力。处理后的生活污水经出水口 8 排出。至此，一个循环完成；如此周而复始连续运行，进行生活污水处理。

[0039] 经依据国标测试方法对出水水质测定：升流式生物滤池 COD 去除率为 93.2%，氨氮去除率为 96%，总氮去除率为 43.5%，总磷去除率为 78.2%。溢流管出水的 SS 为 6mg/L。下流式曝气生物滤池 COD 去除率为 31.6%，氨氮去除率为 68%，总氮去除率为 81.2%，总磷去除率为 19.7%。出水堰出水的 SS 为 3mg/L。最终出水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 A 排放标准。本实施例非常适合用于中小水量的生活污水处理。

[0040] 实施例 2-2

[0041] 本实施例选取天津市某污水处理厂未处理原水，废水水质如下：pH 在 6-8 之间，SS 为 325.0mg/L，COD 为 324mg/L，氨氮为 36.1mg/L，TN 为 42.7mg/L，TP 为 5.7mg/L，处理水量 $Q = 5m^3/h$。

[0042] 悬浮填料床的体积占升流式生物接触氧化滤池容积的 60%，采用了φ15cm 的悬浮填料球，上段蛭石滤料床与下段蛭石滤料床的体积比为 2 ： 1，蛭石粒径为 1cm；中心排水管的直径为 10cm。

[0043] 本实施例的操作方法及反应机理及同实施例 1 的步骤 (1) ～ (4)，区别在于：步骤 (1) 中，升流式生物滤池容积负荷为 2.6kgBOD/kg·d，可调式间歇曝气装置 10 连续曝气 7 天；步骤 (2) 中，控制溢流管 5 的流速≤ 100mm/s，控制中心排水管的流速≤ 40mm/s；步骤 (3) 中，可调式间歇曝气装置 10 曝气时间为 2 小时，控制池内的气水体积比为 3 ： 1，静置时间为 4 小时，生活污水在升流式生物接触氧化滤池的停留时间为 6 小时，每隔 3 天排泥一次；步骤 (4) 中，下流式曝气生物滤池的容积负荷为 1.2kgCOD/kg·d，水力停留时间为 2 小时，反冲洗曝气装置 7 曝气的气水体积比为 1 ： 1。

[0044] 经依据国标测试方法对出水水质测定：升流式生物滤池 COD 去除率为 91.5%，氨氮去除率为 94%，总氮去除率为 38.4%，总磷去除率为 75.8%。溢流管出水 SS 为 6.4mg/L。下流式曝气生物滤池 COD 去除率为 43.1%，氨氮去除率为 75%，总氮去除率为 82.4%，总磷去除率为 21.9%。出水堰出水 SS 为 3.5mg/L。最终出水满足《城镇污水处理厂污染物

排放标准》(GB 18918-2002) 中一级 A 排放标准。本实施例非常适合中小水量的生活污水处理。

[0045] 以上所述，仅是本发明的优选实施例而已，并非对本发明的内容作任何形式上的限制。凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围内。

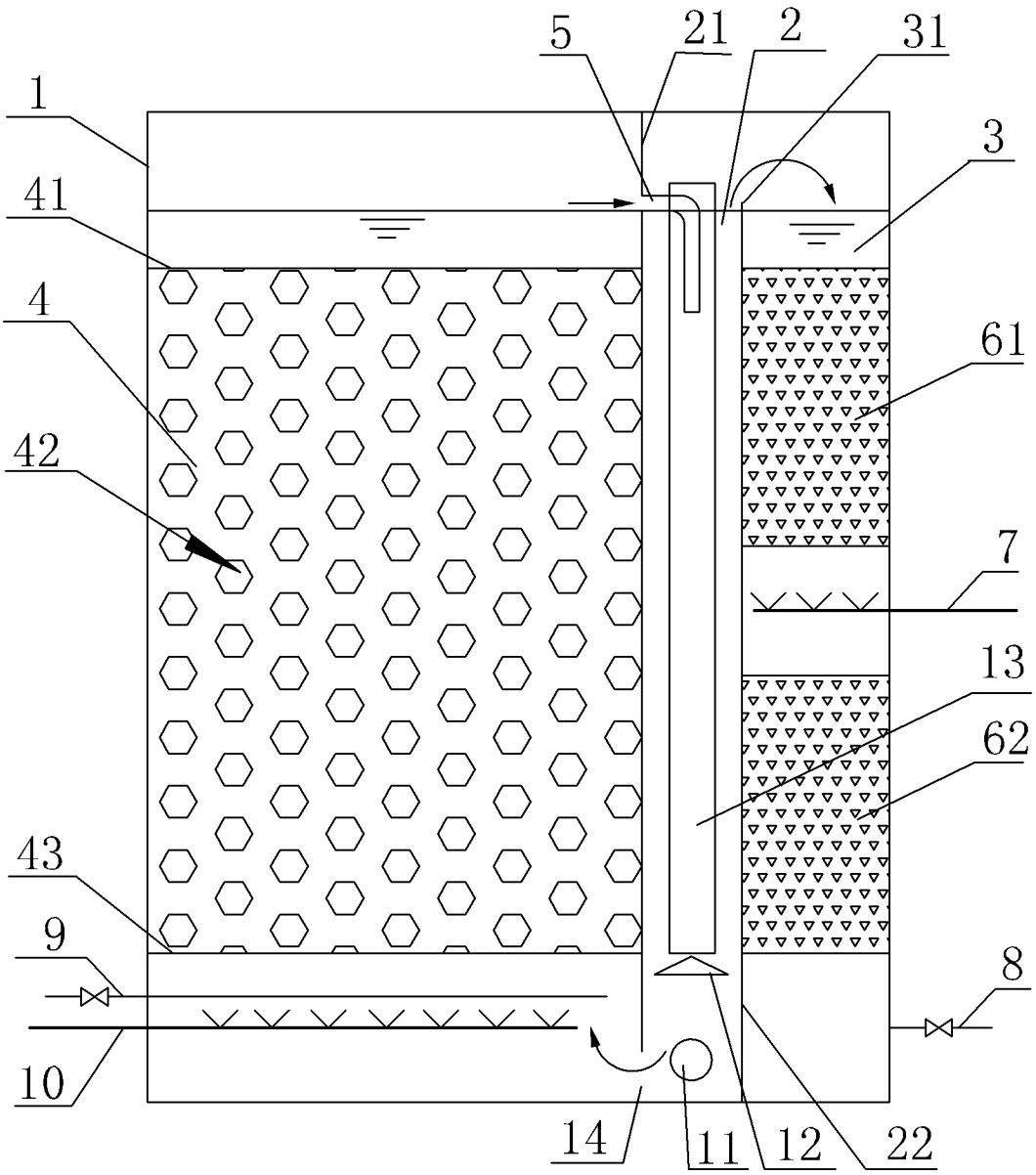


图 1

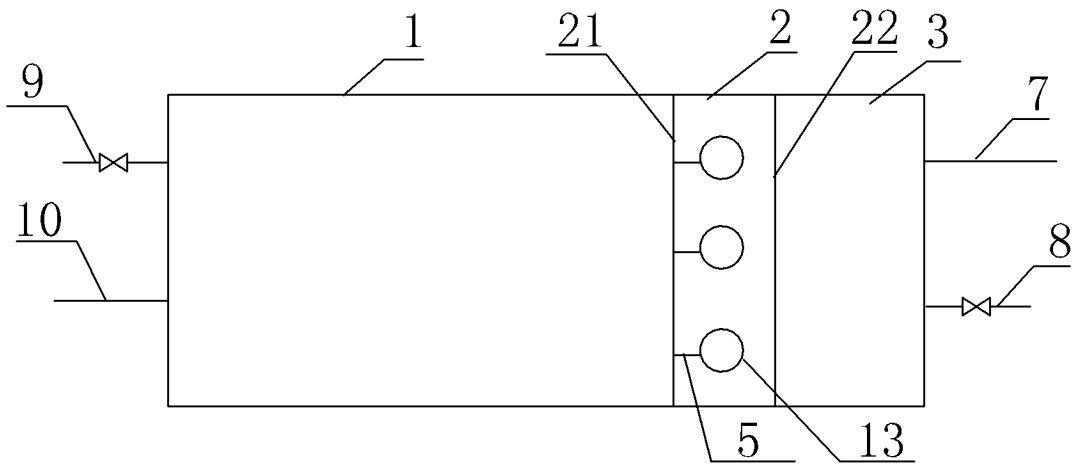


图 2