



(12) 实用新型专利

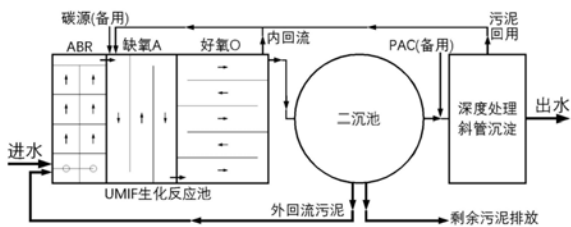
(10) 授权公告号 CN 215161901 U  
(45) 授权公告日 2021. 12. 14

(21) 申请号 202023265591.5  
(22) 申请日 2020.12.30  
(73) 专利权人 深圳悦海环境科技实业有限公司  
地址 518100 广东省深圳市宝安区石岩街道宝石西路37号汇尚厦大厦1123室  
(72) 发明人 刘贤斌 李路 周安妮  
(74) 专利代理机构 武汉华强专利代理事务所  
(普通合伙) 42237  
代理人 温珊珊  
(51) Int.Cl.  
C02F 9/14 (2006.01)  
C02F 101/30 (2006.01)  
(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

权利要求书1页 说明书16页 附图3页

(54) 实用新型名称  
低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统  
(57) 摘要

本实用新型公开了低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,它是利用UMIF生化反应池中特殊构造的升流式厌氧ABR的污泥自浓缩和水解酸化发酵,为缺氧区提供rbCOD或VFAs作为可快速利用的内碳源,实现反硝化除磷和反硝化脱氮“一碳两用”,而深度处理斜管沉淀池的污泥全部回用至缺氧区,系统仅从二沉池排放剩余污泥。与其他低C/N比污水处理工艺系统相比,本实用新型具有流程简捷、控制简单、无需填料、节省碳源、剩余污泥减量、运行成本低、脱氮除磷效率高、出水品质好等优点。



1. 低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:包括UMIF生化反应池、二沉池、斜管沉淀池和系统连接的管道以及附属设施,所述UMIF生化反应池,包括依次连接的升流式厌氧ABR区、缺氧A区和好氧O区,所述厌氧ABR区与缺氧A区之间,通过ABR区末端集水渠的侧墙孔洞与缺氧A区起端连通;所述缺氧A区与好氧O区之间,通过缺氧A区末端与好氧O区之间的隔墙孔洞连通,所述好氧O区与二沉池之间,通过好氧O区末端的出水管道与二沉池连通;所述二沉池与斜管沉淀池之间,通过二沉池的出水管道与深度处理的斜管沉淀池连通,斜管沉淀池的出水通过管道输送至滤池过滤处理,或者直接输送到接触消毒池消毒杀菌排放出厂,所述二沉池底部通过管道分别与污泥排放池、厌氧ABR区入口连通,所述好氧O区末端与缺氧A区起端之间通过回流管道连接,所述斜管沉淀池与缺氧A起端通过污泥回用管道连通。

2. 如权利要求1所述的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:所述升流式厌氧ABR区包括三格或四格升流式矩形池体,分别为第一格室、第二格室、第三格室,四格升流式矩形池体还包含第四格室,第一格室内,含有外回流污泥管和进水管,进水管连接一个升流式厌氧布水器,所述升流式厌氧ABR区还包括集水槽、折流隔墙、导流板、导流斜坡、末端集水渠和泥沙排除管;三格或四格室的各相邻格室间通过折流隔墙形成至多三个降流式通道;运行时,活性污泥混合液的流经方向依次为第一格室→第二格室→第三格室,四格升流式矩形池体最后流向第四格室,并通过降流式通道联通而形成各主体格室为升流式流向,其中的第一格室有进水进泥,最后格室有混合液出流,各格室均有集水槽和池底的泥沙排除管,除第一格室外其余各格室均有一个导流板和两个导流斜坡,各格室底层的泥沙排除管布置在中心偏下游位置,且与导流板方向平行。

3. 如权利要求1所述的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:所述升流式厌氧布水器向下喷射布水,依靠池底反射形成均匀上升流。

4. 如权利要求1所述的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:所述升流式厌氧布水器包括位于中部的大口径三通,其朝上的中心三通口与污水进水管对接,其两个水平出口各连接一个水平四通,该四通的另三个分支出口分别连接一对小口径三通和一个中等口径水平三通,中等口径三通两侧水平连接两个中小口径三通,每个小口径三通和中小口径三通的出水口均连接喷嘴,喷嘴均朝向池底喷射,池底与喷嘴对应的位置均设有扩散锥帽。

5. 如权利要求1所述的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:所述升流式厌氧ABR区各格室的水面处,设置有多根平行的集水槽,均匀密集地收集上升水流,各格室集水槽的根数相同。

6. 如权利要求1所述的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:所述升流式厌氧ABR区折流隔墙与池体隔墙之间形成的降流式通道,其降流式通道宽度与升流式格室宽度之比为1:6~9。

7. 如权利要求1所述的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:所述斜管沉淀池不外排沉淀污泥,该污泥全部回用至缺氧A区起端,系统仅从二沉池排放剩余污泥。

## 低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于污水处理的主流活性污泥混合液在线发酵和内碳源开发及反硝化除磷脱氮等技术领域,具体涉及低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF(Un-mixed In-line Fermenters即混合液在线发酵)工艺系统。

### 背景技术

[0002] 目前,我国污水处理已全面进入到既要去除有机污染物,又要高标准脱氮除磷的阶段。其中,氮磷的去除技术多采用连续流的厌氧(Anaerobic)释磷、缺氧(Anoxic)反硝化、好氧(Oxic)聚磷、好氧硝化的同步脱氮除磷工艺,如常规A<sup>2</sup>O或改进型A<sup>2</sup>O、UCT、AOA等工艺。在生物脱氮除磷的生化反应过程中,磷细菌和异养反硝化菌这些微生物,都需要污水中有充足的溶解性易生物降解有机物(rbcOD),尤其是低分子量的挥发性脂肪酸(VFAs)作为碳源,而我国污水厂普遍面临的主要难题,是进水C/N比低,进水TN(总氮)、TP(总磷)较高却碳源不足,致使脱氮除磷效果变差等问题。同时,由于出水水质标准尤其是TN、TP指标的进一步提高,虽然采用载体活性污泥法或采用曝气生物滤池等固定床生物膜法等技术,可以较好地满足出水水质要求,但是,载体或生物膜法投资及运营费用高昂,管理过于复杂,加上运行控制中存在的一系列问题,制约了这些技术的应用。

[0003] 为了应对污水进水碳源之不足,过去十多年来,在工程设计与运营中的通常做法,是投加有机碳源(如甲醇,葡萄糖,乙酸钠、乙酸等)以实现强化生物脱氮除磷;此外,除磷还可以借助投加化学药剂(如PAC、FeCl<sub>3</sub>等)实现辅助化学除磷;但很显然,上述投加外碳源或者药剂的方式,无疑会明显增加污水厂的碳源药剂消耗和日常运行成本,同时还增加了最终污泥产量,在我国大多数地区难以持续应用,也与当今世界可持续发展、环保“绿色低碳”的理念不符。关键是,污水厂在面临进水碳源不足的困境时,却又被自身每天产生的大量剩余污泥所困扰,因为污泥的处理与处置需要较高的额外成本费用,且容易带来二次污染问题。然而,污水厂剩余污泥本身就是一个可资利用的“资源”,已有的技术包括采用污泥中温厌氧消化产生沼气做能源回收,或者污泥堆肥用于绿化培植等。实际上,剩余活性污泥本身就蕴藏着丰富的“内碳源”,而现有技术却未能发挥其潜在的碳源利用价值,被白白当作废物抛弃掩埋掉了。

[0004] 近年来,污水处理的理论界和工程界已经开始污泥“内碳源”的开发利用研究和尝试,并取得了一些成果和实际应用,主要是初沉池的初沉污泥、二沉池的剩余活性污泥以及二者的混合污泥等的再生、吸附-再生、旁路或侧流水解发酵等技术的实用新型和应用,为众多进水碳源不足的污水厂指明了碳源开发利用的方向。

[0005] 实用新型专利《折流式初沉污泥水解酸化开发碳源装置及其污泥处理方法》(公告号CN 101962257 B,公告日2012.02.08,以下简称现有技术1),是将初沉污泥用水浴控制在30℃恒温进行水解酸化的装置和方法,显然,该装置和方法属于研究探索性质,在实验室无疑有效,但是在工程实际中,对城市污水或工业园区集中式污水处理来讲,将大体积大数量连续流的初沉污泥,用水浴或别的方式将其控制在30℃恒温下进行水解酸化以实现碳源开

发,从规模化的工程角度来看基本不具备现实可行性。

[0006] 实用新型专利《利用旁路污泥活性强化技术提高污水厂处理效能的方法》(公告号 CN 102701514 B,公告日2013.12.25,以下简称现有技术2),是将二沉池浓缩的活性污泥放在主流程之外的旁路单独建设的生物池(SART池)中,经好氧、缺氧、厌氧生化过程处理后交给主流程进水端,以显著提高污水厂生物系统活性污泥MLSS(混合液悬浮固体Mixed liquor suspended solids)的保有总量,从而提高污水处理效能。该实用新型可归类为污水厂剩余活性污泥的旁路再生技术。

[0007] 实用新型专利《污泥发酵强化城市污水脱氮除磷的方法》(公告号CN 103086511 B,公告日2014.03.26,以下简称现有技术3),是利用两级序批式反应器(SBR<sub>1</sub>和SBR<sub>2</sub>)和两级温度控制装置,将初沉污泥和剩余污泥的混合污泥进行发酵,时间为9~20小时,通过复杂的系统和复杂的运行控制过程,获得低C/N比污水的强化脱氮除磷效果和污泥初步减量和稳定。该实用新型可归类为污水厂混合污泥的非连续流碳源开发技术。

[0008] 实用新型专利《一种利用污水厂混合污泥水解发酵强化脱氮除磷的方法》(公告号 CN 104118971 B,公告日2016.04.13,以下简称现有技术4),是将初沉污泥和活性污泥的混合污泥在旁路的水解池内水解发酵,产生的rbCOD或VFAs被引入主流程的生物池系统,实现强化脱氮除磷的目的。然而,众所周知的是,近二十年来低C/N比污水厂或者中小规模污水厂,几乎不再设置初沉池也就没有初沉污泥,故,该实用新型虽有其适用性,但也有明显局限性。

[0009] 实用新型专利《污泥缺氧和强化发酵水解多格式A<sup>2</sup>O系统及其应用》(公告号CN 104671602 B,公告日2017.02.01,以下简称现有技术5),是将污泥和污水的混合液在起端的缺氧格内通过内源呼吸反硝化,然后在发酵水解格内通过高浓度污泥层进行水解发酵。该实用新型的发酵水解是通过污泥泵做内外双循环和内置变频搅拌机按设定程序周期性搅拌这两种强制性动力来实现的,因其设备多能耗高、运行控制复杂,在工程化实际应用中有较大实施难度。

[0010] 实用新型专利《一种污泥发酵强化内源反硝化的双污泥回流A<sup>0</sup>A深度脱氮方法》(公布号 CN 109354191 A,公布日2019.02.19,以下简称现有技术6),是在A<sup>0</sup>A反应器内,通过常规厌氧反应,以及后置的较大容积较高污泥浓度的缺氧区借助二沉池内微弱的污泥发酵产生的少量碳源回流,实现反硝化脱氮的目的。该实用新型搅拌设备多能耗高,需设双污泥回流,池容大,可变区运行切换难度大、规模化难度大,且重点在脱氮,工程化后实际脱氮除磷效果如何有待观察。

[0011] 实用新型专利《一种无外加碳源的水解酸化+A<sup>2</sup>/O<sup>2</sup>的污水处理方法》(公布号CN 110759592 A,公布日2020.02.07,以下简称现有技术7),是在生化池含水解酸化池的全部总HRT=13h的水池容积内,均装有仿生水草复合填料并全池设有搅拌装置,且其回流(三处五点)设置较多,故,该实用新型的方法在理论上虽可节省部分外加碳源,但设备多能耗高,复合填料造价高且运行复杂,污泥资源化效率并不高,若规模化工程应用则存在较大不确定性。

[0012] 实用新型专利《一种单污泥生物絮凝吸附-水解酸化-生物脱氮污水处理系统及方法》(公布号CN 110894131 A,公布日2020.03.20,以下简称现有技术8),是将生物絮凝吸附、ABR 水解酸化、碳源储备和A<sup>2</sup>O生物脱氮相结合以弥补传统脱氮工艺中碳源不足,该实

用新型可归类为污水厂混合液沉淀污泥的旁路或侧流水解酸化的碳源开发技术,系统流程较长,占地较大,运行控制较复杂。

[0013] 实用新型专利《一种主流内源短程反硝化/厌氧氨氧化工艺实现生活污水深度脱氮的装置和方法》(公告号CN 107381815 B,公告日2020.07.03,以下简称现有技术9),是将城市污水以序批式方式进入内源短程反硝化反应器→硝化反应器→再回到内源短程反硝化反应器→厌氧氨氧化反应器实现自养深度脱氮,该实用新型可以稳定实现低C/N比城市污水在实验室的主流厌氧氨氧化,节约外加碳源,但因为进水时间过短(可归类为序批式)而生化反应时间过长、又仅注重脱氮,故,运用到需要同步脱氮除磷的工程实际中难度极大。

[0014] 实用新型专利《一种基于侧流膜生物反应器的污水短程硝化方法及装置》(公告号CN 110550738 B,公告日2020.08.21,以下简称现有技术10),是利用剩余污泥水解、游离亚硝酸制备和膜生物反应器MBR对回流污泥和剩余污泥同时进行处理,显著降低回流污泥处理过程中的酸消耗量。该实用新型归类为污水厂剩余污泥的侧流碳源开发和回流污泥的亚硝化联合技术,不仅依赖复杂的MBR,而且亚硝化技术的控制难度较高,规模化应用实施难度较大。

[0015] 针对上述各种水解发酵碳源开发利用和同步脱氮除磷技术在两方面的不足:一是规模化工程应用方面存在不足,二是低成本与可持续方面存在不足,非常有必要创造性地实用新型并设计出一种流程简短、运行简便、易于实施、平面或空间易于布局、土建和/或设备简单、总运行成本低廉、长久可靠的主流UMIF工艺系统,该系统应具备构造简单、运行稳定、能耗低、效率高、无填料堵塞更换之虞、易于操控等特点,确保低C/N比污水低成本脱氮除磷的效果符合最终达标要求。总之,在污水处理领域持续创新实用新型并切实满足工程实际需要,将是一项长期艰巨的任务。

[0016] 针对现有技术存在的问题,本实用新型的目的在于:为低C/N比城镇污水和工业园区污水,提供一种简便的主流的活性污泥混合液在线水解发酵获得快速内碳源并利用,以强化深度厌氧释磷和内源反硝化脱氮的低成本同步脱氮除磷,并实现剩余污泥初步减量和稳定的 UMIF工艺系统。具体是要通过发掘污水进水中的非快速降解COD在厌氧水解酸化作用下转化为易生物降解有机物(rbcOD)或低分子量的挥发性脂肪酸(VFAs),同时将剩余活性污泥中所含的有机质,通过在线水解发酵转化为rbcOD或VFAs,以显著提高污水脱氮除磷效率,尽可能减少外碳源投加量甚至不投加,最终实现污水处理流程简捷、无需填料、节省碳源、节约曝气量、能耗药耗低、剩余污泥减量、运行控制简单、脱氮除磷效率高、出水品质好等目标。

[0017] 本实用新型名称中主流“UMIF”的由来:引用论文1《给水排水》Vol.39No.1 2013《低碳源条件下利用侧流活性污泥水解技术强化生物脱氮除磷》;引用论文2《中国给水排水》Vol.34No.24 2018《生物除磷理论及实践新突破——从主流EBPR到侧流EBPR》。早在1972年,后来被誉为“脱氮除磷之父”的美国科学家James Barnard在进行污水处理脱氮实验 $100\text{m}^3/\text{d}$ 规模的中试研究中,偶然发现基于“死区”(Dead Zone)发酵的UMIF(Un-mixed In-line Fermenters)工艺,即当今业界称之为混合液在线水解发酵的工艺,当时及之后很长时间未能引起理论界广泛关注,没有大范围开展深入研究,也未能在我国得到推广运用。本实用新型之所以引用该名词,一是工艺原理有部分相同,二是行业内约定俗成,三是创立

新名词易引起混乱,但本实用新型的“活区发酵”又确实与前述“死区发酵”有很大区别,本实用新型属于重大技术创新,且已获得成功应用,而已有实用新型或公开技术大多以侧流或旁流为主,属于主流连续流方式的前述现有技术5-现有技术7又存在明显不足,故,本实用新型申请就非常有时代意义,并且有十分显著的实际应用价值。

### 实用新型内容

[0018] 本实用新型为解决现有技术中存在的问题采用的针对性技术方案如下:

[0019] 低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于:包括UMIF生化反应池、二沉池、斜管沉淀池和系统连接的管道以及附属设施,所述UMIF生化反应池,包括依次连接的升流式厌氧ABR区、缺氧A区和好氧O区,所述厌氧ABR区与缺氧A区之间,通过ABR区末端集水渠12的侧墙孔洞与缺氧A区起端连通;所述缺氧A区与好氧O区之间,通过缺氧A区末端与好氧O区之间的隔墙孔洞连通,所述好氧O区与二沉池之间,通过好氧O区末端的出水管道与二沉池连通;所述二沉池与斜管沉淀池之间,通过二沉池的出水管道与深度处理的斜管沉淀池连通,斜管沉淀池的出水通过管道输送至滤池过滤处理,或者直接输送到接触消毒池消毒杀菌排放出厂,所述二沉池底部通过管道分别与污泥排放池、厌氧ABR区入口连通,所述好氧O区末端与缺氧A区起端之间通过回流管道连接,所述斜管沉淀池与缺氧A起端通过污泥回用管道连通。

[0020] 所述升流式厌氧ABR区包括三格或四格升流式矩形池体,分别为第一格室、第二格室、第三格室、(第四格室),第一格室1内,含有外回流污泥管6和进水管5进水管5连接1个升流式厌氧布水器7,所述升流式厌氧ABR区还包括集水槽8、折流隔墙9、导流板10、导流斜坡11、末端集水渠12和泥沙排除管13;三格或四格室的各相邻格室间通过折流隔墙9 形成至多三个降流式通道;运行时,活性污泥混合液的流经方向依次为第一格室1→第二格室2→第三格室3(→第四格室4),并通过降流式通道联通而形成各主体格室为升流式流向,其中的第一格室1有进水进泥,最后格室有混合液出流,各格室均有集水槽8和池底的泥沙排除管13,除第一格室外其余各格室均有1个导流板10和2个导流斜坡11,各格室底层的泥沙排除管13布置在中心偏下游位置,且与导流板10方向平行。

[0021] 所述升流式厌氧布水器7向下喷射布水,依靠池底反射形成均匀上升流。

[0022] 所述升流式厌氧布水器7包括位于中部的大口径三通,其朝上的中心三通口与污水进水管对接,其两个水平出口各连接一个水平四通,该四通的另三个分支出口分别连接一对小口径三通和一个中等口径水平三通,中等口径三通两侧水平连接两个中小口径三通,每个小口径三通和中小口径三通的出水口均连接喷嘴,喷嘴均朝向池底喷射,池底与喷嘴对应的位置均设有扩散锥帽。

[0023] 所述升流式厌氧ABR区各格室的水面处,设置有多根平行的集水槽8,均匀密集地收集上升水流,各格室集水槽8的根数相同。

[0024] 所述升流式厌氧ABR区折流隔墙9与池体隔墙之间形成的降流式通道,其降流式通道宽度与升流式格室宽度之比为1:6~9。

[0025] 所述斜管沉淀池不外排沉淀污泥,该污泥全部回用至缺氧A区起端,系统仅从二沉池排放剩余污泥。

[0026] 所述低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其特征在于,包括如下工

作步骤:

[0027] 步骤1、来自二沉池的外回流活性污泥,与进水(待处理污水)混合成为活性污泥混合液,经进水管5进入升流式厌氧ABR区的第一格室1,由升流式厌氧布水器7向下喷射布水,被池底反射形成均匀上升流,从水面多根平行的集水槽8汇集进入ABR区第二格室2的下行通道,再经折流隔墙9导流板10和导流斜坡11之间的通道抵达第二格室池底,又在池底反射形成第二格室内的上升流;

[0028] 步骤2、ABR区第二格室2内的上升流,经集水槽8汇集后,依次进入ABR区第三格室3的下行通道;依此往复,混合液直至ABR区第四格室4的集水槽8汇集后,进入ABR区末端集水渠12;

[0029] 步骤3、ABR区末端集水渠12的混合液进入缺氧A区起端,缺氧A区起端还有来自好氧0区末端的内回流硝化液进入、来自深度处理斜管沉淀池的回用污泥以及备用的外加碳源(如乙酸钠等)进入;

[0030] 步骤4、缺氧A区末端混合液进入好氧0区进行曝气处理,好氧0区末端已经充分硝化的硝化液大部分内回流进入缺氧A区起端,少部分进入二沉池进行沉淀处理。二沉池的上清液进入斜管沉淀池再进行深度处理;二沉池池底的浓缩污泥,绝大部分作为外回流污泥进入ABR区的起端,少量污泥作为剩余污泥排放至污泥处理单元;

[0031] 步骤5、斜管沉淀池根据水质运行情况,酌量投加辅助化学除磷和絮凝沉淀药剂(如PAC等),进一步去除残余污染物以获得高品质出水。

[0032] 所述步骤3中混合液从ABR区末端集水渠12进入到缺氧A区的rbCOD或VFAs浓度,比ABR区进水中rbCOD或VFAs浓度增加18~58mg/L。

[0033] 所述缺氧A区的设计水力停留时间HRT $\geq$ 3.9h。

[0034] 本实用新型具有如下优点:

[0035] 本实用新型主流UMIF工艺系统的组成,包含如下4个部分:

[0036] (1)UMIF生化反应池,(2)二沉池,(3)斜管沉淀池,(4)前三者之间和内部相互连接的管道及附属设施系统。污水处理的主流方向依次为:进水→UMIF生化反应池→二沉池→斜管沉淀池→出水。其中,UMIF生化反应池的内部至少由三部分组成:升流式厌氧ABR区→缺氧A区→好氧0区。

[0037] 本实用新型是利用如下创新技术手段和简捷过程实现本实用新型目的的:

[0038] 第一,是厌氧反应器技术的重大创新——利用同期申请的水解酸化和厌氧复合ABR反应器池型(以下简称复合ABR区),替代常规的传统ABR池或/和厌氧反应池。该复合ABR区的内部设备、装置和构造独特而不繁杂,池内设备的制造、装置的安装和土建的构造均十分人性化,易于工程实施,虽没有所谓的独门秘笈或秘密武器,但构思构造却足够精妙细致,在运行过程中水力流态科学合理,极有利于水解酸化和厌氧反应的顺利进行,因为该构型使得污泥与污水混合效果好,活性污泥微生物与污水中污染物之间接触充分却又并不剧烈,能够在每一格池内形成稳定均匀的上升流,不会出现“死区”,从首格到末格的不同深度位置都是不同基质浓度下的稳定“活区”,因而是连续稳定的推流式处理类型,特别适合规模化、工程化连续生产。

[0039] 第二,是“水力淘洗”和“自浓缩”等创新技术帮助污泥浓度增高,优势菌被逐渐富集。所述复合ABR区第二格室2和之后的各格室中,因采用大V字型构造,水力死角被全面消

除,底部流速显著高于中上部,大大减轻了污泥沉积腐化和沉沙淤积的风险,同时,基于“水力淘洗”和“自浓缩”原理,本实用新型采用相对较高的水力负荷参数,使得该构型能够自动让大颗粒、重颗粒厌氧活性污泥处于下层,中小颗粒污泥处于中层,小颗粒和絮状污泥处于上层,且因为特意设置较多数量集水槽8而降低出水堰口负荷以确保该升流式流态平缓均匀,全池不仅自动进行水力分级,还保障了较高浓度的水解酸化污泥聚集在反应池内,而常规厌氧活性污泥则会因总污泥浓度达到某一较高值时会“流失”到缺氧A区(自动形成平衡),进入到缺氧A区的厌氧活性污泥将完成缺氧反硝化除磷和后续的好氧吸磷过程,形成厌氧→缺氧→好氧→二沉池及外回流污泥泵→又回到厌氧的反复循环,其中,充分吸磷后的部分污泥以剩余污泥形式排出系统而实现系统的最终除磷。

[0040] 第三,是利用前所未有的简捷过程来实现深度厌氧、节能、产酸多等综合目标。所述复合ABR区中因无强制搅拌机,不会出现过度混合,加上厌氧格室有3~4级,第二格室2及之后的池下层大V字型区域的氧化还原电位ORP能低至-400~-250mV,因而能够形成深度厌氧环境,十分有利于厌氧污泥充分释磷,再加上较高的厌氧污泥浓度在深度厌氧环境下,水解酸化反应速率得以显著提高,复合ABR区出水中rbCOD或VFAs浓度,将比其进水中rbCOD或VFAs浓度增加18~58mg/L,其中VFAs主要由乙酸、丙酸、丁酸等混合酸组成,这些混合有机酸要比单一的有机酸更有利于聚磷菌反硝化菌等微生物吸收,顺利实现反硝化除磷和反硝化脱氮“一碳两用”的同步脱氮除磷,同时,还顺带实现了剩余污泥的减量化和稳定化,使得系统最终排放的剩余污泥总量减少。

[0041] 第四,是利用少量化学污泥全回用的创新技术手段,实现活性污泥良好沉降性能、实现较高污泥浓度、提高剩余污泥脱水性能等多个辅助功能。深度处理的斜管沉淀池不外排沉淀污泥而全部回用至缺氧A区,系统仅从二沉池排放剩余污泥,这样做的优势是:既可改善斜管沉淀污泥作为一部分剩余污泥的脱水性能,又能改善整个生化池的活性污泥的沉降性能,使得最终的剩余污泥易于脱水,也因易于沉降而使得整个生化池活性污泥总量增加(浓度提高),进而使得脱氮除磷反应进行得更加彻底,最终出水品质更优。

[0042] 本实用新型通过以上四个方面的技术创造性、先进性、实用性与多种保障手段协同,较圆满地实现了本实用新型的目的,而工作过程与原理却并不复杂,甚至十分简洁明了。

[0043] 本实用新型主流UMIF工艺系统的工作过程与原理是这样的:

[0044] 进厂污水先经过格栅→水泵提升→细格栅→沉砂池等常规预处理工序后,与来自后续二沉池的外回流污泥一起,经进水管5进入升流式厌氧ABR区,活性污泥混合液在较高厌氧污泥浓度下,按顺序经过ABR区的第一格室1、第二格室2、第三格室3、第四格室4,途中进行在线水解酸化发酵生成rbCOD或VFAs,同时,磷细菌在深度厌氧环境下充分释放磷(为后续缺氧和富氧环境下充分吸收磷打好基础,以利于后续生化反应顺利实现生物除磷功能),之后,混合液从ABR区末端集水渠12进入缺氧A区,混合液中rbCOD或VFAs浓度比进水中有明显增加,此时在缺氧A区内,磷细菌反硝化菌在缺氧环境下利用混合液中rbCOD或VFAs作为碳源进行超量聚磷和脱氮反应,脱氮反应的底物硝化液则来自后续的曝气好氧O区末端硝化液内回流泵。在缺氧A区内反硝化脱氮之后,混合液以推流方式进入曝气好氧O区进行好氧生化反应,在活性污泥微生物作用下完成有机污染物降解(除碳)、氨氧化硝化和进一步生物吸磷除磷。硝化反应产物硝化液在好氧O区末端硝化液内回流泵的泵送下,回流到

缺氧A区起端后在缺氧A区边推流边进行反硝化脱氮反应,最终生成氮气( $N_2$ )溢出到大气,如此反复循环,实现污水的充分脱氮、有机污染物降解和生物除磷的目的。

[0045] 之后,泥水混合液一部分进入二沉池进行重力作用下的泥水分离,形成的上层澄清液溢出到深度处理的斜管沉淀池中,二沉池底层的浓缩污泥则通过外回流污泥泵送回到复合ABR区起端,少部分则经剩余污泥泵以剩余污泥形式输送到污泥脱水处理系统,实现生物除磷富磷污泥从系统中排除的目的,处理后泥饼外运处置。

[0046] 上述二沉池的出水,因含有较多的生物碎片、COD、SS、胶体态和细小颗粒态及溶解态的TP,难以稳定达到我国国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的最高标准一级A标准,故,还需要进行混凝沉淀甚至过滤等进一步的深度处理。此时,进入到斜管沉淀池的二沉池出水,尚需要根据水质运行情况,酌量投加辅助化学除磷和絮凝沉淀药剂(如PAC等),进一步去除残余污染物以获得高品质出水。本实用新型主流UMIF工艺系统中,斜管沉淀池不外排沉淀污泥,该污泥的量不大,该污泥通过回用污泥泵全部回用到缺氧A区起端,系统仅从二沉池排放剩余污泥;斜管沉淀污泥回用既可提高活性污泥的沉降性能,又能改善最终剩余污泥的脱水性能,还能提高生化系统活性污泥的总量。

[0047] 本实用新型与其他类似的水解发酵和内碳源开发及反硝化除磷脱氮等工艺技术相比,不仅脱氮除磷效率更高,水质和水量适应性更广,出水达标更稳,而且电耗药耗更低,工程造价更省,运行成本更优,污泥排放更少,操作管理更易,特别适合于 $30\text{万m}^3/\text{d}$ 规模以下的低C/N比污水低成本脱氮除磷。

[0048] 本实用新型的主流UMIF工艺系统,其技术独创性、技术可靠性和显著技术优势体现在以下三个方面:

[0049] 一是技术独创性体现在以下4个维度:

[0050] 1是由“静态”到“动态”、由单一到复合的技术独创性——自上世纪80年代由我国首次提出“水解酸化”概念并实用新型出相应的工艺技术以来,水解酸化技术一直是相对“静态”的技术(从我国2部最新的国家环境保护标准《升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范》(HJ2013—2012)和《水解酸化反应器污水处理工程技术规范》(HJ2047—2015)可以佐证),也就是其中的厌氧活性污泥总是处于水池下层的相对静止状态,而且只对污水或只对污泥单独进行水解酸化,而本实用新型是在常温下对污水和外回流活性污泥两者,同时进行相对较高上升流速的“动态”或“紊态”水解酸化,不同密度不同粒径的厌氧污泥布满整个水池(而现有技术的水池上层几乎为清水,不含活性污泥),并且是采用最简捷最节能的升流式复合ABR池型用于主流混合液在线水解酸化发酵,属国内独创;

[0051] 2是相对较高的水力负荷也是技术独创性的体现——现有技术均为较低水力负荷以免厌氧污泥被冲起流失,而本实用新型不必担忧厌氧污泥流失的原因是因为污泥还会源源不断回流而来,在某范围负荷下会达到自平衡。采用相对较高水力负荷的目的,是通过“水力淘洗”原理避免产酸聚集出现甲烷化反应而被自身消耗掉一部分 $r_b\text{COD}$ 或VFAs,实现了将水解酸化生成的 $r_b\text{COD}$ 或VFAs经水力作用自动淘洗出来为后续反应所用的目标,同时也是为了提高产能或缩小水池容积,还有就是避免污泥或泥沙沉积而腐化或堵塞,也不需要使用搅拌机来防止低负荷下污泥或泥沙沉积而腐化或堵塞,达到了简化设备、简化操作管理、节能运行和降低污水处理成本的目的,可谓一举多得;

[0052] 3是优异的升流式水力学流态的“自浓缩”技术独创性,特别是底层卓有成效的布

水和水面层均衡密集的收水,使得有效容积率大为提高,反应池内污泥总量或浓度显著增加,既发挥了升流式厌氧布水器的优异特性,又巧妙利用了三斜面的大V字型构造使得不同高程截面处的上升流速不同,在实现水力筛选分级的同时,还能有效截留水解酸化的厌氧污泥,而常规厌氧活性污泥则被水流带出,带出后再经过后续的缺氧A区→好氧O区→二沉池和外回流污泥泵→再回到复合ABR区的大循环往复过程,保障了复合ABR区能含有充足的厌氧水解酸化污泥和常规厌氧活性污泥,“自浓缩”和外回流污泥源源不断补充到复合ABR区,使其能够维持足够高的污泥浓度,进而确保两种厌氧反应效果都达到令人满意的程度。

[0053] 4是首次将所述厌氧复合ABR区与缺氧A区、好氧O区按顺序三合为一,构成独有的ABR/AO生化反应池或本实用新型首次正式提出的UMIF生化反应池,该构型属国内首创甚至国际首创,是前所未有的创新,它与常规A<sup>2</sup>O(厌氧Anaerobic—缺氧Anoxic—好氧Oxic)的缩写简称AAO,亦称A<sup>2</sup>O)或改进型A<sup>2</sup>O、UCT、AOA等工艺显著不同,本实用新型旗帜鲜明地突出了主流混合液在线发酵(内碳源开发利用)、反硝化除磷和斜管沉淀污泥全回用这三大新功能新特性的深度融合,其显著特征明显有别于传统A<sup>2</sup>O或其他改型A<sup>2</sup>O,本实用新型将该ABR/AO+两级沉淀+斜管沉淀污泥全回用的工艺形式,简化命名为主流UMIF工艺(可参阅前述实用新型名称由来),因此,水解酸化和厌氧复合ABR反应器(池)技术与AO技术的融合,以及与两级沉淀的第二级沉淀污泥全回用技术再融合,于是成为了A<sup>2</sup>O工艺的升级换代,也可以说厌氧复合ABR反应技术成为了A<sup>2</sup>O工艺的高级组成部分,是污水处理A<sup>2</sup>O工艺的重大技术进步,是形势所需,大势所趋,是活性污泥法A<sup>2</sup>O工艺技术发展到今天的靓丽升华。

[0054] 目前,本实用新型主流UMIF工艺系统已在我国2个城市或试验区污水处理项目成功应用,其他多个城镇污水(含工业园区污水处理厂)项目正在应用实施中。

[0055] 二是技术可靠性体现在以下3点:

[0056] 1是所采用的升流式原理和技术参数十分可靠,已经被多年来的污水厌氧处理实践所证明,且已列入前述2部我国国家标准之中,足见其技术可靠性;

[0057] 2是本实用新型所述复合ABR区的池型构造形式与内部装备十分可靠,因为,位于底层的升流式小阻力防堵塞厌氧布水器7、导流板10、导流斜坡11、泥沙排除管13,以及位于水面层的集水槽8和竖向的折流隔墙9等,材质耐腐蚀,构造简单牢靠,无驱动电机,也非精密器件,只要按照国家现行的质量标准进行控制,其可靠性就毋庸置疑;

[0058] 3是本实用新型所采用的复合ABR区设计建造和安装运行十分可靠,没有隐秘难解的细节,更没有晦涩难懂的概念,构造图纸一目了然,清晰可辨,技术可靠性跃然纸上。总之,本实用新型所采用的多项新技术,只需管控好土建工程质量和安装工程的质量,遵守操作规程,在运行时就是稳定的、可靠的,可以长久使用。

[0059] 三是显著技术优势体现在以下3点:

[0060] 1是本实用新型所采用的复合ABR区具有良好的厌氧污泥截留能力,在截留达到饱和时,多余的污泥将会从水面处集水槽8自动溢出到下一格室,直至末端集水渠12,从而进入后续AO生化处理系统,最后又通过二沉池污泥外回流系统回到本复合ABR区,因而不必担忧污泥流失的问题;

[0061] 2是水解酸化和厌氧反应过程中无需在下层设置机械搅拌或空气搅拌,也无需在水池中上层安装填料;整个水池构造简洁,内部设备极少,土建和安装容易,运行和维修简单,能够便捷地融入到整个工艺流程之中,有利于污水处理工程建造的低成本,以及日常运

行的低成本脱氮除磷；

[0062] 3是其技术优势能方便地转化成经济优势，体现在节能效果显著，建设造价低，建设用地省，运行成本低，适应范围广。

[0063] 本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统，与现有工艺相比具有以下五点最明显的有益效果：

[0064] 1、节约了外加碳源：采用本实用新型工艺系统，低C/N比污水所含的COD能够被微生物充分吸附储存并转化为内碳源，吸附储存与转化率高于87%，最大化发掘了污水携带的不易快速降解有机物并利用其作为最终碳源，减少了以剩余污泥形式排放碳源，最明显的有益效果就是节约了外加碳源，若以市售三水合乙酸钠固体商品计，直接节约外加碳源60mg/L或以上。

[0065] 2、提高了除磷脱氮效率：该主流UMIF工艺系统中，缺氧A区的设计水力停留时间 $HRT \geq 3.9h$ ，污泥浓度(MLSS)达4.5~5.5g/L，二者均明显高于现行国家标准《室外排水设计规范》GB50014-2006(2016年版)表6.6.20中的生物脱氮除磷工艺缺氧池水力停留时间 $HRT$ 为0.5~3h及污泥浓度(MLSS)为2.5~4.5g/L的设计参数，显然，本实用新型创造性地将缺氧区容积扩大，同时将系统污泥浓度提高，两者的乘积(容积×活性污泥浓度=MLSS数量)构成该缺氧A区的微生物数量显著增加，最明显的有益效果就是提高了缺氧反硝化除磷和反硝化脱氮的效率，使得低碳源污水的TN脱氮率实践证明提高了18%或以上，TP去除率直接达到90%或以上，而一般A<sup>2</sup>O法生物除磷效率是在50%~75%(请参见上述国家标准的表6.6.20)。

[0066] 3、出水稳定达到国家一级A标准：低C/N比城市污水经本实用新型的主流UMIF工艺系统处理后，海南省某城市的工程实践表明，其出水水质稳定达到 $COD \leq 30mg/L$ ， $NH_3-N \leq 1.5mg/L$ ， $TN \leq 13mg/L$ ， $TP \leq 0.5mg/L$ 等指标，显著优于国标一级A标准，因此，本实用新型的主流UMIF工艺系统，最明显的有益效果就是出水品质高且出水水质稳定。

[0067] 4、最终剩余污泥明显减量：低C/N比城市污水经脱氮除磷的主流UMIF工艺系统处理后，实施例一的工程实践表明最初3个月系统几乎未外排剩余污泥而系统仍然稳定达标运行，足见该工艺方法的活性污泥混合液在线发酵的效果惊人，在内碳源开发利用上取得了优异成绩(获得18~58mg/L的 $rbCOD$ 或VFAs的增量)的同时，还减少了最终剩余污泥产生量(主流在线发酵消解了部分污泥)，节约了污泥处理的成本开支，最终提升了污水处理厂的经济效益。

[0068] 5、稳定可靠，节能运行，技术经济效益显著：本实用新型的主流UMIF工艺系统所采用的复合ABR区，其内部简练，操作运行使用方便，真正能做到无故障，不堵塞，不淤积，免维护，因为ABR区内无机械活动运转部件，无传动电机，进水、进泥和排泥的控制阀门均位于池外，池内不安装填料故无填料板结更换之虞，故，只要土建工程和安装工程质量符合国家通用的质量标准要求，运行时定期排除池底泥沙，系统就极其稳定可靠，能够长久使用。同时，本实用新型的主流UMIF工艺系统还非常节能：所采用的复合ABR区各格室之间水头损失小，复合ABR区进出水的总水头损失仅0.35~0.6m左右，若考虑现有厌氧技术的推流搅拌能耗，将远远超出本实用新型实际能耗，而且，本实用新型能够和前端预处理工段的沉砂池出水口顺利衔接，无需水泵二次加压提升，也无需建造很高水位的预处理设施，可很好地适应正常的污水处理厂全工艺流程和水力高程。还有，因所采用的复合ABR区，无搅拌机，不单独耗

电,能耗低,更无需加热保温至某一较高温度,在北方寒冷地区只需做好外墙保温和池面加盖即可。

[0069] 上述各项优势表明,本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,其工艺流程非常精简,与现有常规工艺、改进型工艺以及各种污水处理专利技术等相比,从工程规模化的角度,实际运行时的除磷脱氮效率更高,水质稳定达标更有保障,而且水池数量少,设备种类少,占地用地少,投资造价省,药耗少,排泥少,能耗低,成本低,操作管理简便,总结归纳为——建造成本和运行成本两者,都明显低于现有其他工艺技术的污水厂,因此,本实用新型的应用前景十分广阔。

## 附图说明

[0070] 图1为本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统的流程框图。

[0071] 图2为本实用新型所采用的水解酸化和厌氧复合ABR反应器(池/区)的主剖面图(1-1剖面)。

[0072] 图3为复合ABR区的下层平面图。

[0073] 图4、图5为复合ABR区的不同规格参数的池面层平面图。

[0074] 其中:1—第一格室,2—第二格室,3—第三格室,4—第四格室,5—进水管,6—外回流污泥管,7—升流式小阻力防堵塞厌氧布水器,8—集水槽,9—折流隔墙,10—导流板,11—导流斜坡,12—集水渠,13—泥沙排除管。

## 具体实施方式

[0075] 下面通过实施例,并结合附图,对本实用新型的技术方案作进一步具体的说明:

[0076] 实施例一

[0077] 请参阅附图1、图2、图3、图4,同时结合海南省某市污水处理项目采用本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统作为实施例,对本实用新型做进一步详细的技术说明。因此,本实施例提供了一种实际可行的已经成功运用的技术方案。

[0078] 本实施例污水处理规模为 $4\text{万m}^3/\text{d}$ ,为便于水池或设备检修时不停产,设计分为2组共4座各 $1\text{万m}^3/\text{d}$ 规模系列的UMIF生化反应池、二沉池和深度处理的斜管沉淀池等。其中,每 $1\text{万m}^3/\text{d}$ 的UMIF生化反应池的起端设置2座各 $5000\text{m}^3/\text{d}$ 的水解酸化和厌氧复合ABR反应池,2池并联共壁而建;图1为主流UMIF工艺系统的流程框图,图2为单座 $5000\text{m}^3/\text{d}$ 复合ABR区的主剖面图(1-1剖面),单座尺寸长 $\times$ 宽 $=22.85\times 5.15\text{m}$ ,水池有效水深 $6.30\text{m}$ ,单座ABR区分为4个格室。

[0079] 具体的,在第一格室1设有进水管5,外回流污泥管6和水面集水槽8,第一格室1池底还设有一台升流式厌氧布水器7,其布水面积 $20.23\text{m}^2$ ,16个布水喷嘴,单个喷嘴布水面积为 $1.26\text{m}^2$ ,符合国家技术规范《升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范》(HJ 2013-2012)规定的单个布水口负责的布水面积 $1\sim 2\text{m}^2$ (絮状污泥)和 $0.5\sim 2\text{m}^2$ (颗粒污泥)的规定。第二格室2内设有折流隔墙9、导流板10和2个相向的导流斜坡11,导流板10、2个导流斜坡11的水平夹角均为 $50^\circ$ ,导流板10材质为耐腐蚀的不锈钢或者塑料板,导流斜坡11为二次浇筑的光滑斜面利于污泥向下滑落,池底中心靠下游方向还设有泥沙排除管13,池

面设有与第一格室1数量相同的集水槽8,但该集水槽的高程要低于第一格室集水槽高程100mm以保障反应池水流能够顺利从第一格室1流入第二格室2。第三格室3和第四格室4与第二格室2相同,但集水槽的高程依次下降,且第四格室4内设置有末端集水渠12,将该格室集水槽8的水流汇集后,从侧墙孔洞进入缺氧A区进行后续生化处理。

[0080] 图3示出了本实施例的复合ABR区的下层平面,图4示出了本实施例的池面层平面。如图1、图2、图3、图4所示,本实用新型的主流UMIF工艺系统所采用的复合ABR区包括:第一格室1,第二格室2,第三格室3,第四格室4,进水管5,外回流污泥管6,升流式厌氧布水器7,集水槽8,折流隔墙9,导流板10,导流斜坡11,集水渠12,泥沙排除管13。

[0081] 所述复合ABR区在本实施例中的主要技术规格参数如下:

[0082] 所述第一格室1、第二格室2、第三格室3和第四格室4,沿污水与活性污泥混合液主流流程方向的长度净尺寸均为4.70m(不含降流室和隔墙等),净宽为4.35m,因而能做到升流式空间尽可能大,以此充分发挥升流式水解酸化反应和厌氧复合反应的生化反应效果;升流室的最高水力负荷 $24.5\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ,其最大上升流速 $v_{\uparrow}=6.8\text{mm/s}$ ;

[0083] 所述进水管5位于第一格室1的中心线位置,从水平方向进入第一格室1;所述进水管5的数量为1根,规格为DN500;

[0084] 所述外回流污泥管6的一端连接进水管5,另一端连接本污水处理厂的二沉池污泥泵房;所述外回流污泥管6的数量为1根,规格为DN200;

[0085] 所述升流式厌氧布水器7与进水管5相连接,升流式厌氧布水器7水平安装并用支墩支撑固定,且其全部喷嘴朝下,固定后处于腾空状态,喷嘴高程位于同一平面;所述升流式厌氧布水器7的数量为1个,规格为DN500-16喷嘴型;

[0086] 所述集水槽8一端固定于牛腿上,另一端固定于穿墙孔洞之中,集水槽8的形式为三角堰U形槽,该槽形有利于水面浮渣从三角堰口冲走而不聚集在水面影响美观;所述集水槽8的数量为每格室7根共28根,规格为 $B \times H=220 \times 360\text{mm}$ ,相邻集水槽中心间距0.62m;

[0087] 所述折流隔墙9两端分别固定于第二格室2、第三格室3和第四格室4的池壁上,折流隔墙9与水池底板的空间高度为1.00m,折流隔墙9与池壁的间距为60cm,该60cm宽的降流式水力通道空间仍然为常规厌氧反应所用,既是水流通道的,又是厌氧反应空间,不构成任何浪费;所述折流隔墙9的数量为3个,其下部折角与水平方向的夹角为 $50^\circ$ ;

[0088] 所述导流板10的一侧固定于折流隔墙9的下部折角上,另一侧为悬空状态但设置了6个池底支撑点以防止水流引起其震动和污泥沉积重力压变形;导流板10与水平方向的夹角亦为 $50^\circ$ ;所述导流板10的材质为UPVC塑料,数量为每格室1块共3块,规格为 $L \times B=4330 \times 1000\text{mm}$ ,厚度为10mm,导流板10与池底的间距400mm;

[0089] 所述导流斜坡11是二次浇筑的混凝土形成的光滑坡面,其作用是消除水力死角、形成水力通道、改变水流方向以及成为污泥沉降的下滑坡面;导流斜坡11与水平方向的夹角亦为 $50^\circ$ ;所述导流斜坡11的数量为每格室2个共6个,高度约为1740~1900mm;

[0090] 所述复合ABR区末端集水渠12悬挑于第四格室4的池壁上,第四格室4的集水槽8将厌氧反应完毕的泥水混合液汇流进入集水渠12,经侧壁出水孔洞至后续处理单元缺氧A区进行处理;

[0091] 所述泥沙排除管13为穿孔排泥管形式,依靠反应器内外水压差进行水动力排沙,其位置布置在各格室池底中心偏下游方向,管位与导流板10方向平行,即与总体水流方向

垂直;所述泥沙排除管13的材质为PE100高密度聚乙烯塑料给水管,数量为每格室1根共4根,规格为DN200,并在池外连接控制阀门。

[0092] 本实施例的复合ABR区的各格室水深差别很小,水力流态基本相同。在工作时,除第二格室2的池底天长日久可能存在泥沙沉积略多外,另外3个格室的泥沙均较少,但实际运行时应开启泥沙排除管13管路上的阀门进行排沙和观察,以确定间隔多久时日开启一次。除此之外,本实用新型主流UMIF工艺的创新核心所采用的复合ABR区,它的运行极为简捷,通常可处于无人值守状态,只需值班人员定期观察各格室出水水流是否存在异常即可,因此,本实施例的复合ABR区的高效率、高可靠性、节能和最低运行成本显露无疑。

[0093] 本实施例中的UMIF生化反应池除了包含上述升流式厌氧复合ABR区外,还包括缺氧A区和好氧O区,本实施例的主流UMIF工艺系统还包括二沉池、深度处理斜管沉淀池和系统连接的管道及附属设施——至少包含硝化液内回流泵,外回流污泥泵,斜管沉淀回用污泥泵,外回流污泥管,剩余污泥泵等内容。

[0094] 所述复合ABR区与缺氧A区之间,通过ABR区末端集水渠12的侧墙孔洞与缺氧A区连通;所述缺氧A区与好氧O区之间,通过缺氧A区末端与好氧O区之间的隔墙孔洞连通。所述好氧O区与二沉池之间,通过好氧O区末端的出水孔洞或出水管道与二沉池连通;所述二沉池与斜管沉淀池之间,通过管道将两者连通。最后,斜管沉淀池的清水通过总集水渠出水口,用管道输送至后续滤池过滤处理,或者直接输送到厂内接触消毒池消毒杀菌后排放出厂。

[0095] 本实施例的核心构筑物UMIF生化反应池的主要工艺技术参数如下:

[0096] 复合ABR区HRT=2.36h,缺氧A区HRT=3.93h,好氧O区HRT=6.59h,此三者构成UMIF生化反应池总HRT=12.88h。单座缺氧A区和好氧O区的设计规模为 $1\text{万m}^3/\text{d}$ ,有效水深6m,活性污泥MLSS浓度为 $4.5\sim 5.5\text{g/L}$ ,好氧O区采用精确曝气控制较低溶解氧运行,生化反应系统的污泥外回流比100%,硝化液内回流比250%,UMIF生化反应池混合液为推流式(可有效避免污泥膨胀的发生)。

[0097] 本实施例的二沉池及斜管沉淀池均为常规设计,图1中的单座二沉池及斜管沉淀池的设计规模为 $1\text{万m}^3/\text{d}$ 。所述二沉池不加药,二沉池的污泥外回流比为100%,而斜管沉淀池则根据出水水质情况,备用投加辅助化学除磷药剂和深度处理混凝剂(如PAC等),以确保获得满意的高品质出水效果。斜管沉淀污泥全部回用至缺氧A区起端,作为活性污泥MLSS的凝聚核为系统形成颗粒污泥所用,可极大改善系统活性污泥的沉降性能,而系统最终的剩余污泥仅从二沉池排放。

[0098] 表1、实施例一的污水处理厂实际进水和出水水质

|        |               |       |                  |       |                    |       |       |
|--------|---------------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| [0099] | 项目            | COD   | BOD <sub>5</sub> | SS    | NH <sub>3</sub> -N | TN    | TP    |
|        | 进水水质 (mg / L) | 178   | 55               | 115   | 42.6               | 47.2  | 6.75  |
| [0100] | 出水水质 (mg / L) | ≤20   | ≤5               | ≤4    | ≤1.0               | ≤13   | ≤0.5  |
|        | 处理效率 (%)      | ≥88.8 | ≥90.9            | ≥96.5 | ≥97.7              | ≥72.5 | ≥92.6 |

[0101] (注:COD-化学需氧量,BOD<sub>5</sub>-5日生化需氧量,SS-悬浮固体,NH<sub>3</sub>-N-氨氮,TN-总氮,TP-总磷。)

[0102] 运行稳定后的实测结果表明:进水C/N比极低,BOD<sub>5</sub>/TN仅为1.17(脱氮理论值为

2.86,实际值要求达到4),COD/TN仅为3.77,属于碳源极度缺乏水质,按照现行2~3种方法计算乙酸钠的理论投加量,计算结果为160~440mg/L商品固体三水合乙酸钠,而调试运行期间实际只投加了60~90mg/L的情况下出水就稳定达标了。可见,采用本实用新型的主流UMIF工艺系统对该低碳源城市污水进行脱氮除磷处理,其内碳源开发利用的效果着实令人满意。经测算,本实施例水解酸化发酵产生了至少28.9mg/L的rbCOD或VFAs作为直接碳源,为同步脱氮除磷做出了重要贡献,相当于至少节约了外碳源72mg/L的商品固体乙酸钠,特别是生物除磷效率达到了90%以上非常出乎预料,明显高于国家规范的最高值(75%,参照现行国家标准《室外排水设计规范》GB50014-2006(2016年版)表6.6.20中A<sup>2</sup>O法生物除磷效率范围值),出水各项指标均稳定达到了国家一级A标准。

[0103] 本实施例的污水处理厂处理每m<sup>3</sup>污水的电耗(含污水进厂提升)、药耗、人工及大修摊销等直接成本合计为0.56元,其建设投资、占地、运行成本等与其他活性污泥法脱氮除磷工艺相比,均可节约25%~30%左右,因而,本实用新型的技术经济效益非常显著。该项目采用本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,取得了良好的污水处理效果和技术经济效果。

#### [0104] 实施例二

[0105] 请参阅附图1、图2、图3、图5,同时结合海南省某试验区污水处理项目采用本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统作为实施例,对本实用新型做进一步详细的技术说明。因此,本实施例又提供了一种实际可行的已经成功运用的技术方案。

[0106] 本实施例的污水处理规模为8000m<sup>3</sup>/d,为便于水池或设备检修时不停产,设计分为2座各4000m<sup>3</sup>/d的UMIF生化反应池,其起端是水解酸化和厌氧复合ABR反应池型。图1为主流UMIF工艺系统的流程框图,图5为单座4000m<sup>3</sup>/d复合ABR区的池面层平面图,单座尺寸长×宽=15.00×4.58m,水池有效水深6.00m,单座ABR区分为3个格室。

[0107] 具体的,在第一格室1设有进水管5,外回流污泥管6和水面集水槽8,第一格室池底还设有一台升流式厌氧布水器7,其布水面积17.44m<sup>2</sup>,16个布水喷嘴,单个喷嘴布水面积为1.09m<sup>2</sup>,符合国家技术规范《升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范》(HJ 2013-2012)规定的单个布水口负责的布水面积1~2m<sup>2</sup>(絮状污泥)和0.5~2m<sup>2</sup>(颗粒污泥)的规定。第二格室2内设有折流隔墙9、导流板10和2个相向的导流斜坡11,导流板10、2个导流斜坡11的水平夹角均为50°,导流板10材质为耐腐蚀的不锈钢或者塑料板,导流斜坡11为二次浇筑的光滑斜面利于污泥向下滑落,池底中心靠下游方向还设有泥沙排除管13,池面设有与第一格室1数量相同的集水槽8,但该集水槽的高程要低于第一格室集水槽高程100mm以保障反应池水流能够顺利从第一格室1流入第二格室2。第三格室3与第二格室2相同,但集水槽的高程依次下降,且第三格室3内设置有末端集水渠12,将该格室集水槽8的水流汇集后,从侧墙孔洞进入缺氧A区进行后续生化处理。

[0108] 本实施例的池下层平面可以参照图3但却少一格室,而且只有1排,图5示出了本实施例的池面层平面的3个格室。如图1、图2、图3、图5所示,本实用新型主流UMIF工艺系统所采用的复合ABR区包括:第一格室1,第二格室2,第三格室3,进水管5,外回流污泥管6,升流式厌氧布水器7,集水槽8,折流隔墙9,导流板10,导流斜坡11,集水渠12,泥沙排除管13。

[0109] 所述复合ABR区在本实施例中的主要技术规格参数如下:

[0110] 所述第一格室1、第二格室2和第三格室3,沿污水总体流程方向的长度净尺寸分别

为 4.50m、4.00m、4.00m (不含降流室和隔墙等), 净宽为3.875m, 因而能做到升流式空间尽可能大, 以此充分发挥升流式水解酸化反应和厌氧复合反应的生化反应效果; 升流室的最高水力负荷 $22.94 \sim 25.81 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , 其最大上升流速 $v_{\uparrow}=7.17 \text{ mm/s}$ ;

[0111] 所述进水管5位于第一格室1的中心线位置, 从水平方向进入第一格室1; 所述进水管5 的数量为1根, 规格为DN450;

[0112] 所述外回流污泥管6的一端连接进水管5, 另一端连接本污水处理厂的二沉池污泥泵房; 所述外回流污泥管6的数量为1根, 规格为DN200;

[0113] 所述升流式厌氧布水器7与进水管5相连接, 升流式厌氧布水器7水平安装并用支墩支撑固定, 且其全部喷嘴朝下, 固定后处于腾空状态, 喷嘴高程位于同一平面; 所述升流式厌氧布水器7的数量为1个, 规格为DN450-16喷嘴型;

[0114] 所述集水槽8一端固定于牛腿上, 另一端固定于穿墙孔洞之中, 集水槽8的形式为三角堰U形槽, 该槽形有利于水面浮渣从三角堰口冲走而不聚集在水面影响美观; 所述集水槽8 的数量为每格室7根共21根, 规格为 $B \times H=190 \times 330 \text{ mm}$ , 相邻集水槽中心间距0.55m;

[0115] 所述折流隔墙9两端分别固定于第二格室2、第三格室3的池壁上, 折流隔墙9与水池底板的空间高度为1.00m, 折流隔墙9与池壁的间距为50cm, 该50cm宽的降流式水力通道空间仍然为常规厌氧反应所用, 既是水流通道的, 又是厌氧反应空间, 不构成任何浪费; 所述折流隔墙9的数量为2个, 其下部折角与水平方向的夹角为 $50^\circ$ ;

[0116] 所述导流板10的一侧固定于折流隔墙9的下部折角上, 另一侧为悬空状态但设置了5个池底支撑点以防止水流引起其震动和污泥沉积重力压变形; 导流板10与水平方向的夹角亦为  $50^\circ$ ; 所述导流板10的材质为UPVC塑料, 数量为每格室1块共2块, 规格为 $L \times B=3860 \times 1100 \text{ mm}$ , 厚度为10mm, 导流板10与池底的间距350mm;

[0117] 所述导流斜坡11是二次浇筑的混凝土形成的光滑坡面, 其作用是消除水力死角、形成水力通道、改变水流方向以及成为污泥沉降的下滑坡面; 导流斜坡11与水平方向的夹角亦为  $50^\circ$ ; 所述导流斜坡11的数量为每格室2个共4个, 高度约为1700~1900mm;

[0118] 所述末端集水渠12悬挑于第三格室3的池壁上, 第三格室3的集水槽8将厌氧反应完毕的泥水混合液汇流进入集水渠12, 经侧壁出水孔洞至后续处理单元缺氧A区进行处理;

[0119] 所述泥沙排除管13为穿孔排泥管形式, 依靠反应器内外水压差进行水动力排沙, 其位置布置在各格室池底中心偏下游方向, 管位与导流板10方向平行, 即与总体水流方向垂直; 所述泥沙排除管13的材质为PE100高密度聚乙烯塑料给水管, 数量为每格室1根共3根, 规格为DN200, 并在池外连接控制阀门。

[0120] 本实施例中复合ABR区的各格室水深差别很小, 水力流态基本相同。在工作时, 除第二格室2的池底天长日久可能存在泥沙沉积略多外, 另外2个格室的泥沙均较少, 但实际运行时应开启泥沙排除管13管路上的阀门进行排沙和观察, 以确定间隔多久时日开启一次。除此之外, 本实施例采用的复合ABR区的运行极为简捷, 通常可处于无人值守状态, 只需值班人员定期观察各格室出水水流是否存在异常即可, 因此, 本实施例采用的复合ABR区的高效率、高可靠性、节能和最低运行成本显露无疑。

[0121] 本实施例中的UMIF生化反应池除了包含上述升流式厌氧复合ABR区外, 还包括缺氧A 区和好氧O区, 本实施例的主流UMIF工艺系统还包括二沉池、深度处理斜管沉淀池和系统连接的管道及附属设施——至少包含硝化液内回流泵, 外回流污泥泵, 斜管沉淀回用污

泥泵,外回流污泥管,剩余污泥泵等内容。

[0122] 所述复合ABR区与缺氧A区之间,通过ABR区末端集水渠12的侧墙孔洞与缺氧A区连通;所述缺氧A区与好氧O区之间,通过缺氧A区末端与好氧O区之间的隔墙孔洞连通。所述好氧O区与二沉池之间,通过好氧O区末端的出水孔洞或出水管道与二沉池连通;所述二沉池与斜管沉淀池之间,通过管道将两者连通。最后,斜管沉淀池的清水通过总集水渠出水口,用管道输送至后续滤池过滤处理,或者直接输送到厂内接触消毒池消毒杀菌后排放出厂。

[0123] 本实施例的核心构筑物UMIF生化反应池的主要工艺技术参数如下:

[0124] 复合ABR区HRT=1.8h,缺氧A区HRT=4.38h,好氧O区HRT=7.17h,此三者构成UMIF生化反应池总HRT=13.35h。单座缺氧A区和好氧O区的设计规模为 $4000\text{m}^3/\text{d}$ ,有效水深5.70m,活性污泥MLSS浓度为 $4.5\sim 5.5\text{g/L}$ ,好氧O区曝气采用较低DO控制运行,生化反应系统的污泥外回流比66%,硝化液内回流比216%,UMIF生化反应池混合液为推流式(可有效避免污泥膨胀的发生)。

[0125] 本实施例的二沉池及斜管沉淀池均为常规设计,图1中的单座二沉池及斜管沉淀池的设计规模为 $4000\text{m}^3/\text{d}$ 。所述二沉池不加药,二沉池的污泥外回流比为66%,而斜管沉淀池则根据出水水质情况,备用投加辅助化学除磷药剂和深度处理混凝剂(如PAC等),以确保获得满意的高品质出水效果。斜管沉淀污泥全部回用至缺氧A区起端,作为活性污泥MLSS的凝聚核为系统形成颗粒污泥所用,可极大改善系统活性污泥的沉降性能,而系统最终的剩余污泥仅从二沉池排放。

[0126] 表2、实施例二的污水处理厂实际进水和出水水质

| 项目          | COD   | BOD <sub>5</sub> | SS    | NH <sub>3</sub> -N | TN    | TP    |
|-------------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| 进水水质 (mg/L) | 163   | 50               | 96    | 38.9               | 44.8  | 5.99  |
| 出水水质 (mg/L) | ≤20   | ≤5               | ≤4    | ≤0.5               | ≤11   | ≤0.4  |
| 处理效率 (%)    | ≥87.7 | ≥90              | ≥95.8 | ≥98.7              | ≥75.4 | ≥93.3 |

[0128] 运行稳定后的实测结果表明:进水C/N比极低,BOD<sub>5</sub>/TN仅为1.12(脱氮理论值为2.86,实际值要求达到4),COD/TN仅为3.64,属于碳源极度缺乏水质,按照现行2~3种方法计算乙酸钠的理论投加量,计算结果为170~450mg/L商品固体三水合乙酸钠,而调试运行期间实际只投加了70~100mg/L的情况下出水就稳定达标了。可见,采用本实用新型的主流UMIF工艺系统对该低碳源试验区园区污水进行脱氮除磷处理,其内碳源开发利用的效果着实令人满意。经测算,本实施例水解酸化发酵产生了至少24mg/L的rbCOD或VFAs作为直接碳源,为同步脱氮除磷做出了重要贡献,相当于至少节约了外碳源60mg/L的商品固体乙酸钠,特别是生物除磷效率达到了90%以上非常出乎预料,明显高于国家规范的最高值(75%),出水各项指标均稳定达到了国家一级A标准。

[0129] 如上所述,通过巧妙构思、统筹计算和详细设计可较好地实现本实用新型。

[0130] 从以上两个实施例可以看出,本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,不仅可以处理低C/N比的城市生活污水,还可以处理各类园区可生化的生产生活混合废水,只需要在二沉池之后设置斜管沉淀池,根据出水水质情况备用添加少量药剂(如PAC等,可确保出水水质稳定)即可直接达到国家一级A标准,无需另外增设复杂的处理构筑物。因此,本实用新型与其他污水处理工艺方法相比,获得了工艺简捷、建造低成本、运行低成本的有益效果。

[0131] 综上,本实用新型的低C/N比污水低成本脱氮除磷的主流UMIF工艺系统,构思巧妙,新颖,独特,简捷,牢靠,工程实施性强,在功能和性能特点上,既能发生水解酸化发酵和常规厌氧生化反应,减少外碳源投加量甚至无需投加外碳源,又能实现反硝化除磷和反硝化脱氮“一碳两用”同步进行,还能明显减少最终剩余污泥产生量。所采用的复合ABR区技术,其优异的水力特性不仅强化了生化反应传质效果,反应速率大为提高,而且无机电设备,运行极为节能。此外,复合ABR区因结构简单、模块性强,易于结合后续生化处理模块进行协同设计,因而具有普遍适用性,使得整个污水处理项目土建工程量减少,建设造价明显节省,因而具有广阔的市场运用前景。若本实用新型广泛运用到城镇污水处理或工业园区集中式污水处理项目的建设,不仅可节约数以亿元计的巨量建设资金,还可以每年节约可观的运行电耗和碳源消耗成本,为全球碳排放减量做出巨大贡献,因此,本实用新型的宏观和微观经济效益、环境效益和社会效益都非常显著。

[0132] 本实用新型的保护范围并不限于上述的实施例,显然,本领域的技术人员可以对本实用新型进行各种改动和变形而不脱离本实用新型的范围和精神。倘若这些改动和变形属于本实用新型权利要求及其等同技术的范围内,则本实用新型的意图也包含这些改动和变形在内。

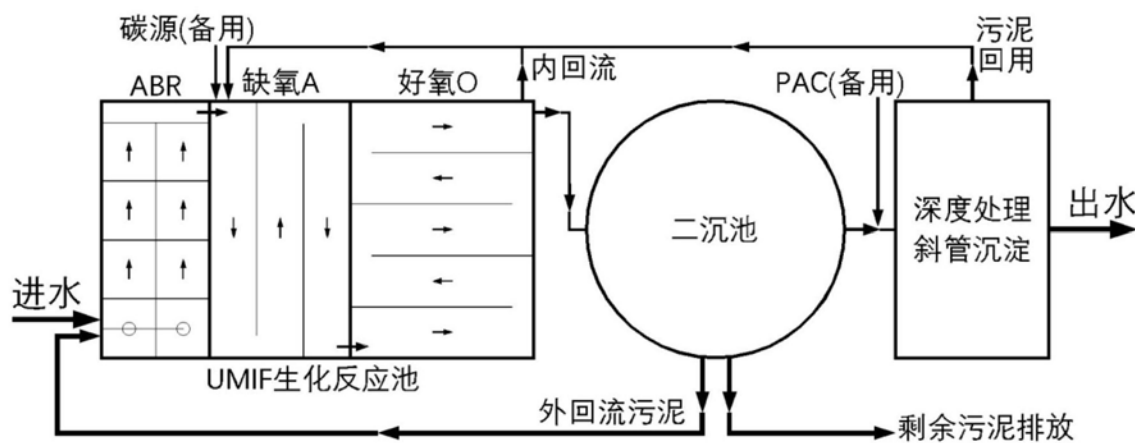


图1

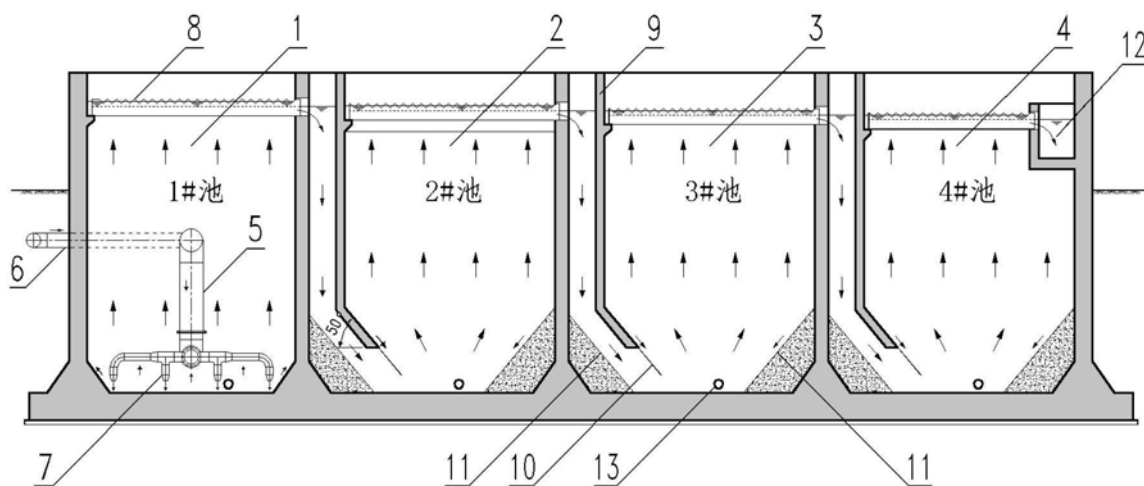


图2

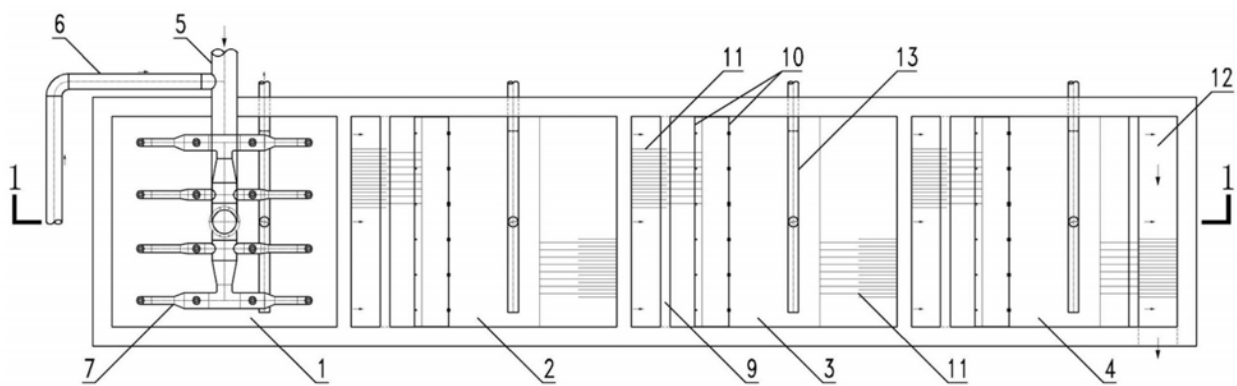


图3

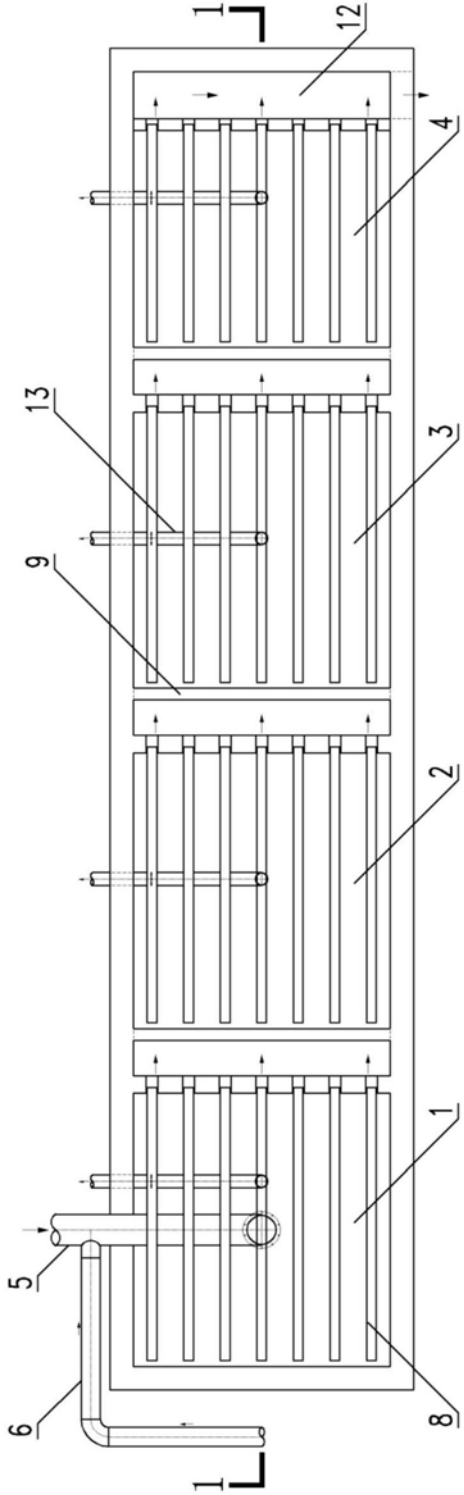


图4

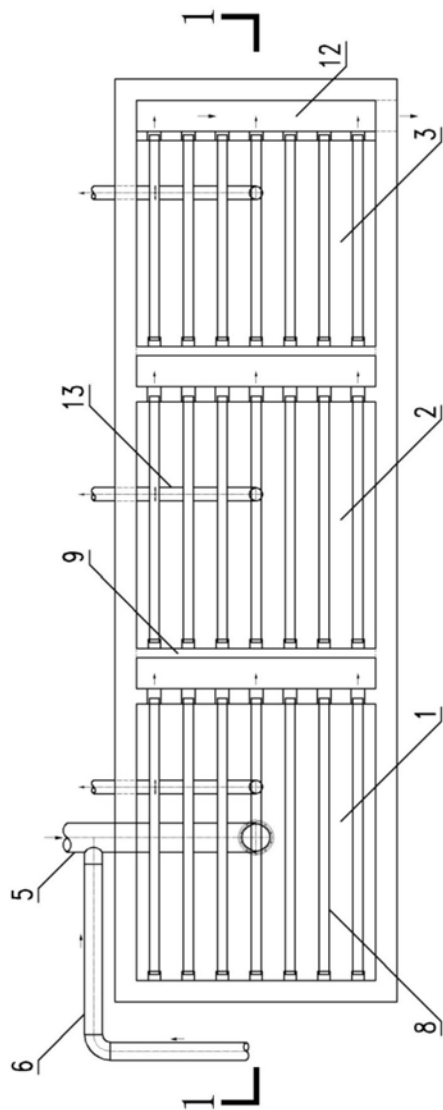


图5