(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 112960771 A
(43)申请公布日 2021.06.15

(21)申请号 202011600316.6

(22)申请日 2020.12.30

(71)申请人 武汉宝捷能环境工程技术有限公司
地址 430070 湖北省武汉市东湖新技术开发区光谷大道35号银久科技产业园一期4栋9层01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 温珊姗

(51)Int.Cl.
C02F 3/28(2006.01)

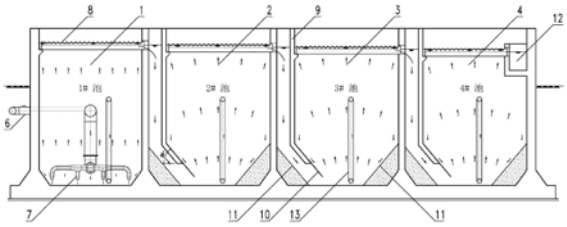
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

水解酸化和厌氧复合ABR反应器及其应用方法

(57)摘要

本发明公开的水解酸化和厌氧复合ABR反应器及其应用方法,包括三格或四格矩形池体及池内集水槽、折流隔墙、导流板、导流斜坡、泥沙排除管、末端集水渠、相邻格之间通过折流隔墙形成的至多三个降流式通道,还包括首格内泥水进水管及连接的一个升流式厌氧布水器;各格均有集水槽和泥沙排除管,除首格外其余各格均有导流板和导流斜坡;工作时,池内混合液做升流→降流→下一个升流的往复运动以实现水解酸化和厌氧复合反应。本发明具有流程精简,水力流态优异,不设填料,无搅拌机,节能,活性污泥浓度高,ORP低,产酸多,释磷多,厌氧反应效率高、运行管理简单、造价低等优点。



CN 112960771 A

1.水解酸化和厌氧复合ABR反应器，其特征在于：包括三格或四格矩形池体，分别为第一格室、第二格室、第三格室(、第四格室)，第一格室内含有泥水进水管及连接的一个升流式厌氧布水器，所述ABR反应器还包括集水槽、折流隔墙、导流板、导流斜坡、泥沙排除管和末端集水渠；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(→第四格室)，并通过降流式通道联通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，各格室均有上部集水槽和底部泥沙排除管，除第一格室外其余各格室均有导流板和导流斜坡。

2.如权利要求1所述的水解酸化和厌氧复合ABR反应器，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。

3.如权利要求1所述的水解酸化和厌氧复合ABR反应器，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，该三通的中心三通口朝上与进水管对接，另外两水平出口各连接一个水平四通，该四通的另外三个分支出口分别连接一对朝下的小口径三通和一个水平的中等口径三通，中等口径三通两侧水平连接两个朝下的中小口径三通，每个小口径三通和中小口径三通的出水口均连接喷嘴，喷嘴均朝池底喷射，池底与喷嘴对应的位置均设有扩散锥帽。

4.如权利要求1所述的水解酸化和厌氧复合ABR反应器，其特征在于：所述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。

5.如权利要求1所述的水解酸化和厌氧复合ABR反应器，其特征在于：所述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。

6.如权利要求1所述的水解酸化和厌氧复合ABR反应器，其特征在于：除所述第一格室外其余各格室均有一个导流板和两个导流斜坡。

7.如权利要求1所述的水解酸化和厌氧复合ABR反应器，其特征在于：所述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。

8.如权利要求1-7任一项所述的水解酸化和厌氧复合ABR反应器的应用方法，其特征在于，包含如下步骤：

步骤1、混合液向下布水：待处理污水与来自外回流污泥管的外回流活性污泥一起，经进水管从池中心垂直向下进入升流式厌氧布水器内，然后分多点向池底均匀喷射布水，被池底反射后形成第一格室的整体均匀上升流，而外回流活性污泥则来自该污水处理厂后续工段二沉池的污泥泵房；进水和外回流活性污泥混合后成为混合液，与池内已有的厌氧污泥一起进行第一阶段的厌氧水解酸化反应和常规厌氧反应；

步骤2、推流反应：第一格室的上升流，经水面相互平行的多根集水槽收集，汇流到第一格室的池壁与折流隔墙之间形成的降流下行通道成为下向流，经第一个导流板和第一个导流斜坡之间的倾斜通道平缓改变流向，然后从第二格室的斗形池底再次改变流向成为上升流；在第二格室的水面多根平行集水槽的均匀集水作用下，形成第二格室的整体均匀上升流；依此类推，水流在第三格室甚或最后格室都将形成整体均匀上升流，沿途均与池内已有厌氧污泥一起进行第二阶段的厌氧水解酸化反应和常规厌氧反应；

步骤3、末端上部出流：在最后格室的水面处，混合液被多根平行的集水槽收集并汇入到末端集水渠，此时完成厌氧水解酸化反应和常规厌氧反应，之后，再进入后道工序继续进

行缺氧/好氧等生化处理过程，最终实现高效率的脱氮除磷和有机污染物去除目标，实现污水的高品质净化处理。

水解酸化和厌氧复合ABR反应器及其应用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及污水厌氧生化处理技术领域，具体涉及一种水解酸化和厌氧复合ABR反应器及其应用方法。

背景技术

[0002] 污水生化处理是当今世界应用最广泛的污水处理方法，其中，效率最高、相对最简便的是AAO(厌氧Anaerobic—缺氧Anoxic—好氧Oxic的缩写简称，亦为A^2O)脱氮除磷工艺技术，而厌氧水解酸化反应池技术或厌氧折流板(ABR)反应池技术，又将是AAO工艺流程的升级或高级组成部分，故本发明的水解酸化和厌氧复合ABR反应器技术是形势所需，大势所趋，是为污水处理创新型技术进步应运而生。目前，本发明已在我国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。

[0003] 近年来，升流式厌氧污泥床水解酸化反应池、厌氧折流板(ABR)反应池这两种有所不同的技术，在工业企业生产废水治理或工业园区集中式污水处理中越来越多运用，主要原因是这些污水的污染成分复杂、水质差异大、有机污染物难生化降解及水质水量随时间变化大，而采用厌氧水解酸化预处理可以显著改善废水的可生化性，均衡水质水量，保证后续好氧生化处理连续稳定高效运行。因此，该厌氧反应的侧重点是改善废水的可生化性。而在AAO 厌氧/缺氧/好氧脱氮除磷工艺的厌氧处理工序中，该厌氧反应的功用与前述厌氧反应虽有部分重合，但侧重点却是生物除磷的预处理。显然，厌氧水解酸化反应与常规厌氧反应，既有共性又有个性，两者作为污水厌氧生化处理是存在结合可能性的。

[0004] 目前和今后，随着人们对污水处理出水品质的要求越来越高，污水处理工艺将会出现：既要明显改善废水的可生化性、又要同步脱氮除磷而尽可能利用污水中的碳源，而且脱氮除磷的去除率甚至接近极限，还要尽量减少最终污泥产生量(水解酸化可减少污泥量)，并要求以最低的能耗达到严苛的出水水质目标。因此，在污水处理全工艺流程中，先进行厌氧水解酸化反应，随后再进行常规厌氧反应，即两种厌氧过程前后衔接就非常有必要。然而，若按照一先一后分步进行设置，再加上后续的缺氧/好氧等处理过程，整个工艺流程就将陷入复杂状态，能耗将明显增加，工程设计、土建构造和运行管理都会更复杂化，因此，前述两种厌氧反应一先一后分步设置并不是最好的办法。于是，若能将二者有效简便地有机融合、合二为一，将会带来更加明显的有益效果。因此，本发明应运而生。

[0005] 在本发明之前，前人已经做了大量的开创性工作，但这些创造性劳动仍有这样或那样的不足，尚未从根本上解决实际工程所需的高效简便的问题。

[0006] 我国专利《ABR反应器水解酸化印染废水工艺》(公布号CN 106045027 A，公布日2016.10.26，以下简称现有技术1)，其反应器中设置三块隔板分割成四个反应区，最后一个反应区出水进入沉淀池，沉淀后的污泥通过污泥泵回流到进水端。该反应区内有以下五点：一是要控制温度在20～35℃确属不易，二是各反应区内必须全部安装搅拌器，三是其隔板一和隔板三下方还必须安装搅拌器，四是各搅拌器运转控制有复杂的时间周期，五是必须紧随其后设置沉淀池对出水进行泥水分离并回流15～45％的污泥。该工艺复杂，能耗高，反

应区内污泥浓度不易控制,适应性窄,若用于处理低C/N比的城镇污水或工业园区废水的脱氮除磷,则必须再接后续的常规厌氧处理,因而构筑物多出2个(即ABR池和沉淀池,之后再接AAO池),设备繁多,能耗较高,搅拌控制复杂,无法将前述2种厌氧处理进行简便高效整合。

[0007] 我国专利《一种结构紧凑型水解酸化系统》(公告号CN 206109169 U,公告日2017.04.19,以下简称现有技术2),其水解酸化区沿轴向均匀布置有多个推动水流单向运动的推流器,以及设置于水解酸化区侧边的沉淀区进行泥水分离并将污泥回送,污泥则由作直线往复运动的刮吸泥机进行抽吸。该系统机电设备(推流器、搅拌装置、刮吸泥机、污泥泵房的泵阀系统等)较多,动力消耗较大,设备出现故障的机会也就较多,且该紧凑型水解酸化系统池型难以与后续的常规厌氧/缺氧反应池紧密结合,因此在土建工程、占地面积、节能降耗和运行管理等四个方面,技术经济优势不明显,无法将前述2种厌氧处理做到简便高效的整合。

[0008] 我国专利《一种工业园区污水厂水解酸化反应器》(公布号CN 107337280 A,公布日 2017.11.10,以下简称现有技术3),其反应器分隔成5个格室,第一格室在水解酸化的同时还起初沉池的沉降作用,后面4个格室均挂载弹性填料,4个格室的靠前底部设有多根排泥管11和多根曝气管12,4个格室的尾部设有腋角(角度为40～60°)。研究发现,该反应器的第1格室实际上难以形成均匀的上升流,存在短流现象;后面4个格室的弹性填料通常在三年左右时间会板结而失效,4个格室底部的多根排泥管11和多根曝气管12在日常使用中繁杂和多有不便,尾部的钢筋混凝土巨大腋角土建量大,最为关键的是该反应器无法兼顾作为AAO工艺中常规厌氧反应池所用,无法将前述2种厌氧处理进行高效融合。

[0009] 针对上述各种水解酸化反应器存在的无法兼顾常规厌氧反应的问题,有必要发明出一种简便、高效、可靠的水解酸化和厌氧复合ABR反应器,该ABR反应器应具备构造简单、布水均匀、流态稳定无死角、无填料堵塞更换之虞、污泥浓度高、大颗粒重颗粒污泥不易流失、小颗粒或絮状厌氧污泥能够在AAO活性污泥系统中循环、总水头损失小、水解酸化和厌氧反应一箭双雕等特点,同时还要能够方便地排除池底泥沙避免天长日久发生淤积,防止水流出现短流、沟流、涌流,显著提高容积利用率,使得厌氧活性污泥床与污水充分接触,确保厌氧生化处理效果符合最终出水达标要求。

[0010] 基于上述背景和各项公知技术的诸多不足,加上当今城镇污水高品质处理对前置厌氧新技术的需求越来越明显,使得水解酸化和厌氧复合ABR反应器技术融入到全球主流AAO脱氮除磷污水处理工艺中的趋势近在咫尺,今后,水解酸化和厌氧复合ABR反应器技术有望成为AAO工艺的高级组成部分,故本发明的水解酸化和厌氧复合ABR反应器技术,是顺应时代的潮流,更是污水处理技术进步的要求,它将在污水处理高品质出水、节能降耗、节省土建造价、节约土地使用、降低运行成本、便于运行管理等方面做出重要贡献。

发明内容

[0011] 本发明为解决现有技术中存在的问题采用的技术方案如下:

[0012] 水解酸化和厌氧复合ABR反应器,其特征在于:包括三格或四格矩形池体,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ABR反应器还包括集水槽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,各格室均有上部集水槽8 和底部泥沙排除管13,除第一格室外其余各格室均有导流板10和导流斜坡11。

[0013] 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。

[0014] 所述升流式厌氧布水器7包括位于中部的大口径三通,该三通的中心三通口朝上与进水管对接,另外两水平出口各连接一个水平四通,该四通的另外三个分支出口分别连接一对朝下的小口径三通和一个水平的中等口径三通,中等口径三通两侧水平连接两个朝下的中小口径三通,每个小口径三通和中小口径三通的出水口均连接喷嘴,喷嘴均朝池底喷射,池底与喷嘴对应的位置均设有扩散锥帽。

[0015] 所述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。

[0016] 所述折流隔墙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。

[0017] 除所述第一格室外其余各格室均有一个导流板10和两个导流斜坡11。

[0018] 所述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。

[0019] 所述水解酸化和厌氧复合ABR反应器的应用方法,包含如下步骤:

[0020] 步骤1、混合液向下布水:待处理污水与来自外回流污泥管6的外回流活性污泥一起,经进水管5从池中心垂直向下进入升流式厌氧布水器7内,然后分多点向池底均匀喷射布水,被池底反射后形成第一格室1的整体均匀上升流,而外回流活性污泥则来自该污水处理厂后续工段二沉池的污泥泵房;进水和外回流活性污泥混合后成为混合液,与池内已有的厌氧污泥一起进行第一阶段的厌氧水解酸化反应和常规厌氧反应;

[0021] 步骤2、推流反应:第一格室1的上升流,经水面相互平行的多根集水槽8收集,汇流到第一格室1的池壁与折流隔墙9之间形成的降流下行通道成为下向流,经第一个导流板10和第一个导流斜坡11之间的倾斜通道平缓改变流向,然后从第二格室2的斗形池底再次改变流向成为上升流;在第二格室2的水面多根平行集水槽8的均匀集水作用下,形成第二格室 2的整体均匀上升流;依此类推,水流在第三格室3甚或最后格室都将形成整体均匀上升流,沿途均与池内已有厌氧污泥一起进行第二阶段的厌氧水解酸化反应和常规厌氧反应;

[0022] 步骤3、末端上部出流:在最后格室的水面处,混合液被多根平行的集水槽8收集并汇入到末端集水渠12,此时完成厌氧水解酸化反应和常规厌氧反应,之后,再进入后道工序继续进行缺氧/好氧等生化处理过程,最终实现高效率的脱氮除磷和有机污染物去除目标,实现污水的高品质净化处理。

[0023] 本发明是通过创新技术手段和前所未有的简捷过程实现上述目的的。

[0024] 首先,利用开创性的多点位多线程上下面分布对应技术,即利用同期申请的升流式小阻力防堵塞厌氧布水器7,和集水槽8形成一下一上的完美组合,再加上水柱向池底喷射扩散的作用,迅速将进入池底的水流均匀分布于整个池底层,同时,水面又有多根密集平行的集水槽8配合收集水流,确保了池内上升流的全面均匀性,而不会出现前述现有技术3

中第一格室隔墙(其他格室均有同样问题)的高负荷堰顶出流和集中出流导致水流直接抄近路的短流现象,甚至出水会吸带走池内厌氧污泥或者根本就无法形成较高浓度的厌氧污泥。

[0025] 第二,利用“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,在全方位消除反应器内死角的同时,还让水流更平滑,形成水力自动分级、污泥自动分层,实现了污泥自浓缩的目的。本发明创新性地在第二格室2和之后的各格室中,首次采用三斜面方式——1个导流板10和2个相向的导流斜坡11形成大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,根除了污泥在角落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,本发明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”到下一工序的生化反应池 (即达到自平衡),以便水流带出的常规厌氧活性污泥完成后续的缺氧区反硝化除磷、反硝化脱氮和更后的好氧吸磷等过程,形成厌氧→缺氧→好氧→又回到厌氧的反复循环,其中,充分吸磷后的部分污泥将以剩余污泥的形式排出系统而实现系统的最终除磷。

[0026] 第三,前所未有的简捷过程体现在:与现有技术1～现有技术3对比,本发明巧妙利用前述大V字型的特殊构造,在水力学软件模拟计算成果的指引下,在每一格室内只需设一根泥沙排除管13,该管位在大V字型偏下游方向,仅需要根据污水中泥沙含量的多少来定期开启泥沙排除管13上的阀门(位于池外)以实现内外水压差水动力排沙,亦无需设置空气曝气管对底层污泥进行强制曝气搅动,无池底淤积堵塞之虞;同时,池内无需安装填料,也就无填料板结更换之忧;另外,池内不设机械搅拌器,而防止污泥沉积淤积的永久驱动力则来自相邻格室之间的水面高差,而该高差在设计建造时就由集水槽堰口的高程确定下来,且无需再追加额外动力,因此,上述创新设计简化了实际的运行操作,真正做到了免维护或极少维护,不仅节能效果明显,而且直接带来了运行管理效益。

[0027] 通过以上三个方面的技术创造性、先进性与实用性手段,较圆满地实现了本发明的目的,而工作过程与原理却并不复杂,甚至十分简洁明了。

[0028] 本发明的工作过程与原理是这样的:进厂污水经过格栅→水泵提升→细格栅→沉砂池等常规预处理过程后,与来自后续二沉池的外回流污泥一起,经管道进入本发明ABR池,在较高污泥浓度下即大量厌氧微生物作用下,污水中有机污染物及含丰富有机质的活性污泥自身,经过厌氧水解酸化发酵生化反应,生成溶解性易生物降解有机物(rbCOD)特别是低分子量的挥发性脂肪酸(VFAs),作为微生物能快速利用的碳源,同时,本发明ABR池的下层大V字型区域的氧化还原电位(ORP)能低至-400～-250mV,磷细菌在该深度厌氧环境下能充分释放细胞中的磷(为后续缺氧和富氧环境下超量吸收磷打好基础,以利于后续生化反应顺利实现生物除磷功能),反应完毕,活性污泥混合液将从本发明ABR池末端集水渠进入后续工段,继续进行脱氮除磷和有机污染物降解等生化反应过程。此后,活性污泥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或继续进行深度处理,而二沉池底层的浓缩污泥则通过外回流污泥泵送回到本发明ABR池起端,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。

[0029] 本发明ABR反应器，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：

[0030] 一是技术独创性体现在以下3点：

[0031] 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”概念并发明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，而本发明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(而现有技术的上层几乎为清水，上层几乎不含活性污泥)，并且是采用最简捷最节能的本发明 ABR反应器进行复合反应，属国内独创；

[0032] 2是采用相对较高的水力负荷也是技术独创性的具体体现——现有技术均为较低水力负荷以避免厌氧污泥被冲起流失，而本发明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，而且因为大V字型构造污泥浓度在某范围负荷下会达到自平衡。本发明采用相对较高水力负荷有至少三重目的，既是避免产酸聚集出现甲烷化反应而被自身消耗掉一部分rbCOD或VFAs，实现了将水解酸化生成的rbCOD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；

[0033] 3是优异的升流式水力学流态的技术独创性，特别是底层卓有成效的布水和水面层均衡密集的收水，两相配合，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池→好氧O池→二沉池污泥外回流泵→再回到本发明ABR反应器起端，循环往复，周而复始，保障了本发明ABR反应器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本发明ABR反应器，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。

[0034] 总之，技术独创性体现在两种厌氧反应功能深度融合，而且将两种功能池型合二为一，反应器内同时进行两种不同功能的厌氧生化反应：既发生厌氧水解酸化反应，又发生常规厌氧(释磷、生物吸附)反应，而且效果令人满意。

[0035] 二是技术可靠性体现在以下3点：

[0036] 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；

[0037] 2是本发明ABR反应器的构造形式十分可靠，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，易于施工，无驱动电机，也非精密器件，只需要

按照国家现行的相关标准进行质量控制,其可靠性就毋庸置疑;

[0038] 3是本发明ABR反应器的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,本发明ABR 反应器只需管控好土建工程质量和安装工程质量,遵守操作规程,在运行时就是稳定的、可靠的,可以长久使用。

[0039] 三是显著技术优势体现在以下3点:

[0040] 1是本发明ABR反应器具有良好的厌氧污泥截留能力,在截留达到饱和时,多余的污泥将会自动从水面集水槽8溢出到下一格室,直至末格的末端集水渠,从而进入后续生化系统进行处理并最终回流;

[0041] 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(如A^2O、UCT、UMIF等工艺),有利于污水处理脱氮除磷的出水最终全面高品质达标;

[0042] 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。

[0043] 本发明ABR反应器,具有以下四点最明显的有益效果:

[0044] 1、提高了厌氧水解酸化和常规厌氧反应的效率:本发明ABR反应器中因无强制搅拌机,不会出现过度混合,加上反应器格室有3～4级,使得厌氧污泥截留能力强,污泥浓度高,再加上采用了升流式厌氧布水器7向池底四周扩散布水,降流下行通道配合三斜面的大V字型构造反射布水,水面多根密集平行的集水槽8收集水流,反应器各格室均处于整体均匀上升流,升流式流态稳定,污水与污泥床全面充分接触,有效容积利用率得以明显提高,参与反应的微生物数量增多,厌氧生化反应效率得以提高,最明显的有益效果是第二格室及之后的池下层大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,使得本发明ABR反应器出水中rbCOD或VFAs浓度,比进水中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利用,因此,本发明ABR反应器大幅度提高了水解酸化产酸速率、厌氧释磷速率,从而提高了最终的脱氮除磷速率。

[0045] 2、实现了剩余污泥的减量化和稳定化:由于本发明ABR反应器产酸多,产酸量达18～58 mg/L之多(以rbCOD或VFAs浓度计),这些易快速降解有机物都被充分利用于后续脱氮除磷过程,非常明显的有益效果就是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。实施例一的工程实践表明,最初3个月几乎未外排剩余污泥而系统仍然稳定达标运行,足见本发明ABR反应器的剩余污泥发酵消解的效果惊人,在内碳源开发利用上取得了优异成绩的同时,还节约了污泥处理的日常成本开支,最终提升了污水处理厂的经济效益。

[0046] 3、提高了日常运行的可靠性和稳定性:本发明ABR反应器内部简练,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。本发明ABR反应器内无机械活动运转部件,无传动电机,进水、进泥和排泥控制阀门均位于池外,不安装填料故无填料板结更换之

虞，池内的设备升流式厌氧布水器7为不锈钢管件制作，本身就是小阻力防堵塞型，耐腐蚀，非精密件，因此，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，系统就稳定可靠无疑，可长久使用。

[0047] 4、实现了节能运行，极有利于与前后工序顺利衔接，适应性广：本发明ABR反应器水头损失小，能耗低，不单独耗电，常温运行，无需加热保温到20～35℃(与现有技术1相比)，北方寒冷地区只需做好外墙保温和池面加盖即可，运行成本和建造成本低，适应范围广，能很好地匹配后续多种生化反应技术和水池池型。本发明ABR反应器进出水的总水头损失仅0.4～0.6m左右，而现有两种厌氧功能采用简单的前后拼接在一起的总水头损失均在1.5m以上(考虑了二者连接管路的水头损失)。若再加上现有技术的推流搅拌能耗，将远远超出本发明的实际能耗，而且，本发明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，和后续工段的生化池非常容易整合在一起，故，本发明ABR反应器可很好地适应正常的污水处理工艺流程和水力高程。此外，本发明不仅适用于工业园区集中式污水处理厂，也能很好地应对城镇污水处理厂当今和今后出现的进水水质差而出水水质要求提高的剪刀差问题，可谓一箭双雕，一举多得。

[0048] 上述各项技术优势和有益效果充分表明，本发明ABR反应器与现有技术相比，厌氧水解酸化反应和常规厌氧反应的速率更高，产酸更多，污泥减量更显著，而且水池构造精简且易于建造，设备种类少，占地用地少，投资造价省，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同类技术，因此，本发明的应用前景十分广阔。

附图说明

[0049] 图1为本发明水解酸化和厌氧复合ABR反应器的主剖面图(A-A剖面)。

[0050] 图2为本发明ABR反应器的池下层平面图。

[0051] 图3、图4为本发明ABR反应器不同规格参数的池面层平面图。

[0052] 图5为本发明ABR反应器B-B剖面图。

[0053] 图6为本发明ABR反应器C-C剖面图。

[0054] 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—末端集水渠，13—泥沙排除管。

具体实施方式

[0055] 下面将结合本发明中的附图，对以下实施例中的技术方案做进一步清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员受到启迪而设计出不同规格大小的ABR反应器是不需要进行创造性劳动的。因此，在不脱离本发明精髓和原则的情况下，凡对本实施例进行变化、改进、修改、替换、整合和变型等，都属于本发明保护的范围。

[0056] 实施例一

[0057] 请参阅附图1、图2、图3、图5、图6，同时结合海南省某市污水处理项目采用本发明ABR反应器作为实施例，对本发明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。

[0058] 在此需要强调的是,对于实施例具体技术方案的说明是用于帮助理解本发明的精髓与意图,并不构成对本发明的限定。此外,在以下说明中,在专业技术上省略了对公知技术和熟悉结构的描述,以避免不必要地混淆或遮掩本发明的概念。

[0059] 本实施例污水处理规模为4万m^3/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1万m^3/d规模系列的生化池、二沉池和深度处理的斜管沉淀池等。其中,每1万m^3 /d生化池的起端设置2座各5000m^3/d的本发明水解酸化和厌氧复合ABR反应器/池。图1 为单座5000m^3/d的ABR反应池主剖面图(A-A剖面),水池有效水深6.30m,长×宽＝22.85×5.15m,反应池共分为4个格室。

[0060] 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20.23m^2,16个布水喷嘴,单个喷嘴布水面积为1.26m^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1～2m^2(絮状污泥)和0.5～2m^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°,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,从侧墙孔洞输送至后续的生化处理单元继续进行处理。

[0061] 图2示出了本实施例的池下层平面,图3示出了本实施例的池面层平面,图5为B-B剖面图,图6为C-C剖面图。如图1、图2、图3、图5、图6所示,本发明ABR反应器实施例包括: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。

[0062] 具体的,所述水解酸化和厌氧复合ABR反应器在本实施例中的主要技术规格参数如下:

[0063] 所述第一格室1、第二格室2、第三格室3和第四格室4,沿污水总体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 24.5m^3/m^2.h,其最大上升流速$v_{上}$＝6.8mm/s;

[0064] 所述第一格室1～第四格室4,总的水力停留时间HRT＝2.36h,所述外回流污泥的回流比为60%～100%。

[0065] 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;

[0066] 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;

[0067] 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;

[0068] 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×H＝220×360mm，相邻集水槽中心间距0.62m；

[0069] 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宽的降流下行通道空间仍然为常规厌氧反应所用，既是水流通道，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°；

[0070] 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°；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×B＝4330 ×1000mm，厚度为10mm，导流板10与池底的间距400mm；

[0071] 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°；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；

[0072] 所述末端出水集水渠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生化池继续处理；

[0073] 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。

[0074] 本实施例中与本发明一起共同构成生化处理完整核心构筑物的其他主要工艺技术参数：缺氧池HRT＝3.93h，曝气好氧池HRT＝6.59h，采用精确曝气控制较低溶解氧运行，本发明ABR 反应池+缺氧池+好氧池构成整个生化池的总水力停留时间HRT＝12.88h，二沉池及斜管沉淀池均为常规设计，硝化液内回流比250％，斜管沉淀污泥全部回用至缺氧池起端，剩余污泥仅从二沉池排放。

[0075] 表1、实施例一的污水处理厂实际进水和出水水质

[0076]

项目	COD	BOD_5	SS	TN	NH_3-N	TP
进水水质(mg/L)	178	55	115	47.2	42.6	6.75
出水水质(mg/L)	≤20	≤5	≤4	≤13	≤1.0	≤0.5
处理效率(％)	≥88.8	≥90.9	≥96.5	≥72.5	≥97.7	≥92.6

[0077] (注：COD-化学需氧量，BOD_5-5日生化需氧量，SS-悬浮固体，NH_3-N-氨氮，TN-总氮，TP-总磷。)

[0078] 运行稳定后的实测结果表明：进水C/N比极低，BOD_5/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，采用本发明ABR反应池技术对该低碳源城市污水进行水解酸化和厌氧复合处理，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，

为整个工艺的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％，参见现行国家标准《室外排水设计规范》GB50014-2006(2016年版)表6.6.20中的总磷TP处理效率参数值)，出水各项指标均稳定达到了国家一级A标准。

[0079] 本实施例的污水处理厂处理每m^3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、运行成本等与现有工艺技术相比，均可节约25％～30％左右，因而，本发明的技术经济效益非常显著。该实际工程项目采用本发明ABR 反应器技术，取得了良好的污水处理效果和技术经济效果。

[0080] 实施例二

[0081] 请参阅附图1、图2、图4、图5、图6，同时结合海南省某试验区污水处理项目采用本发明ABR反应器作为实施例，对本发明做进一步详细的技术说明。因此，本实施例又提供了一种切实可行的已经成功运用的技术方案。

[0082] 本实施例的污水处理规模为8000m^3/d，为便于水池或设备检修时不停产，设计分为2座各4000m^3/d的水解酸化和厌氧复合ABR反应池。图4为单座4000m^3/d的ABR反应池的池面层平面图，水池有效水深6.00m，长×宽＝15.00×4.58m，反应池共分为3个格室。

[0083] 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^2，16个布水喷嘴，单个喷嘴布水面积为1.09m^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1～2m^2(絮状污泥)和0.5～2m^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°，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，从侧墙孔洞输送至后续的生化处理单元继续进行处理。

[0084] 本实施例的池下层平面可以参照图2但却少一个格室，图4示出了本实施例的池面层平面的3个格室，图5为B-B剖面图，图6为C-C剖面图。如图1、图2、图4、图5、图6所示，本发明ABR反应器实施例包括：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。

[0085] 具体的，所述水解酸化和厌氧复合ABR反应器在本实施例中的主要技术规格参数如下：

[0086] 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22.94～25.81m^3/m^2.h，其最大上升流速$v_{上}$＝7.17mm/s；

[0087] 所述第一格室1～第三格室3，总的水力停留时间HRT＝1.8h，所述外回流污泥的回流比为66％。

[0088] 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；

[0089] 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；

[0090] 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；

[0091] 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×H＝190×330mm，相邻集水槽中心间距0.55m；

[0092] 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，又是反应空间，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°；

[0093] 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°；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×B＝3860 ×1100mm，厚度为10mm，导流板10与池底的间距350mm；

[0094] 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°；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；

[0095] 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继续处理；

[0096] 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。

[0097] 本实施例中与本发明一起共同构成生化处理完整核心构筑物的其他主要工艺技术参数：缺氧池HRT＝4.38h，曝气好氧池HRT＝7.17h，本发明ABR反应池+缺氧池+好氧池构成整个生化池的总水力停留时间HRT＝13.35h，二沉池及斜管沉淀池均为常规设计，硝化液内回流比216％，斜管沉淀污泥全部回用至缺氧池起端，剩余污泥仅从二沉池排放。

[0098] 表2、实施例二的污水处理厂实际进水和出水水质，见下表：

[0099]

项目	COD	BOD_5	SS	TN	NH_3-N	TP
进水水质(mg/L)	163	50	96	44.8	38.9	5.99
出水水质(mg/L)	≤20	≤5	≤4	≤11	≤0.5	≤0.4
处理效率(％)	≥87.7	≥90	≥95.8	≥75.4	≥98.7	≥93.3

[0100] 运行稳定后的实测结果表明：进水C/N比极低，BOD_5/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，采用本发明ABR反应池

技术对该低碳源试验区园区污水进行水解酸化和厌氧复合处理，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，为整个工艺的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％，参见现行国家标准《室外排水设计规范》GB50014-2006(2016年版)表 6.6.20中的总磷TP处理效率参数值)，出水各项指标均稳定达到了国家一级A标准。

[0101] 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发明。

[0102] 本发明ABR反应器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，本发明ABR反应器的运行极为简捷，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，本发明ABR反应器的高效率、高可靠性、节能和最低运行成本显露无疑。

[0103] 从以上两个实施例可以看出，本发明ABR反应器不仅可以处理低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，无需另外增设复杂的处理构筑物即可直接达到国家一级A标准。因此，本发明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。

[0104] 综上，本发明ABR反应器的构思巧妙，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。本发明ABR反应器技术，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，该反应器因结构简单、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。若本发明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中，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，本发明的宏观和微观经济效益、环境效益和社会效益都非常显著。

[0105] 最后应说明的是：以上所述仅为本发明水解酸化和厌氧复合ABR反应器的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，其依然可以对本发明所述各实施例的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

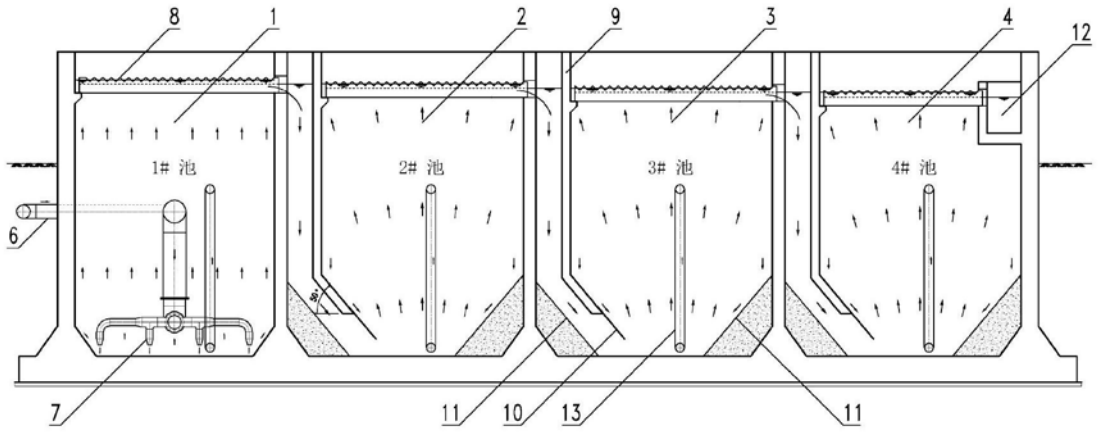

8
1
2
9
3
4
12
1# 池
2# 池
3# 池
4# 池
6
7
11
10
13
11

图1

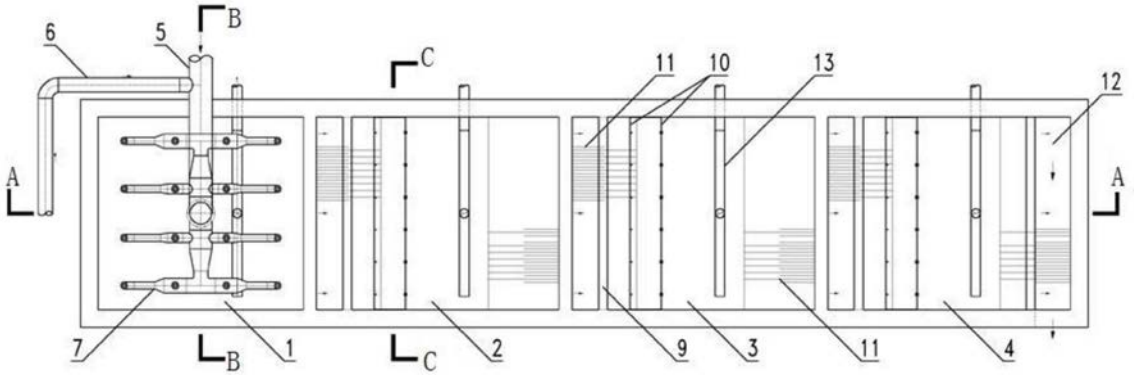

6
5
B
C
11
10
13
12
A
A
7
B
1
C
2
9
3
11
4

图2

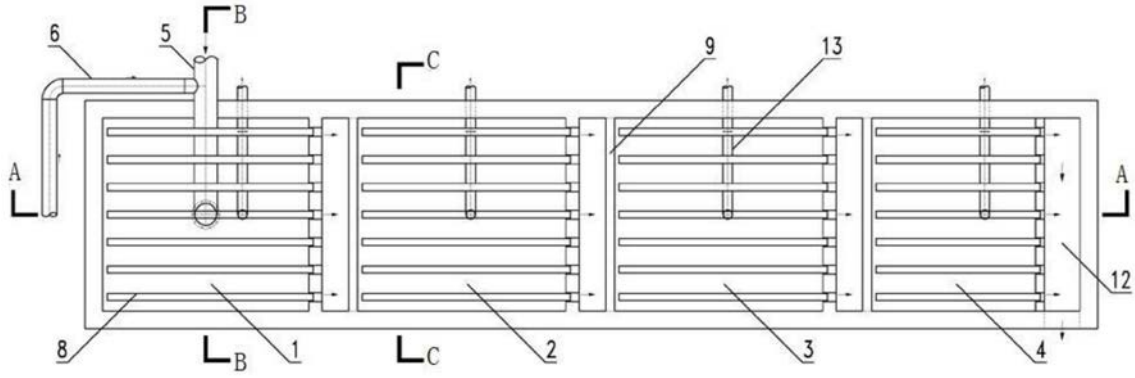

6
5
B
C
9
13
A
A
12
8
B
1
C
2
3
4

图3

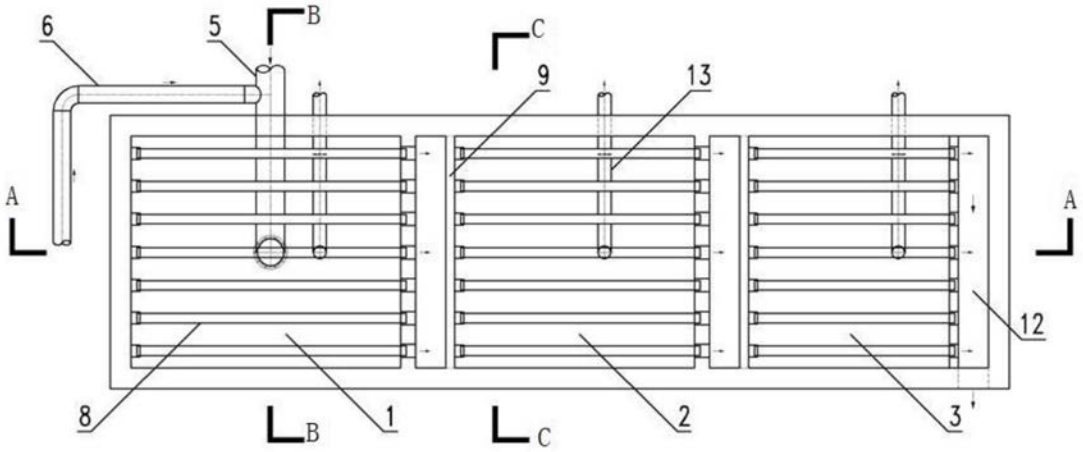


图4

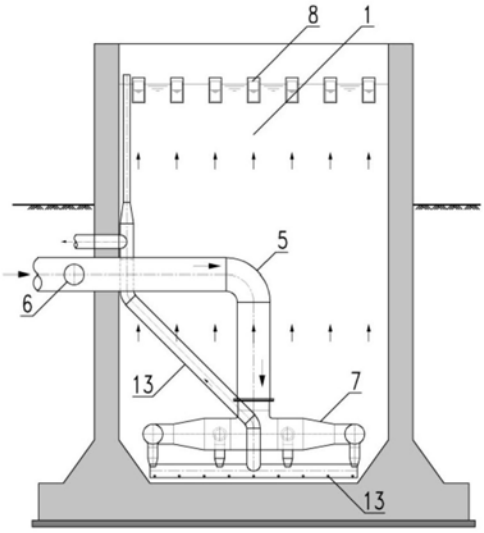


图5

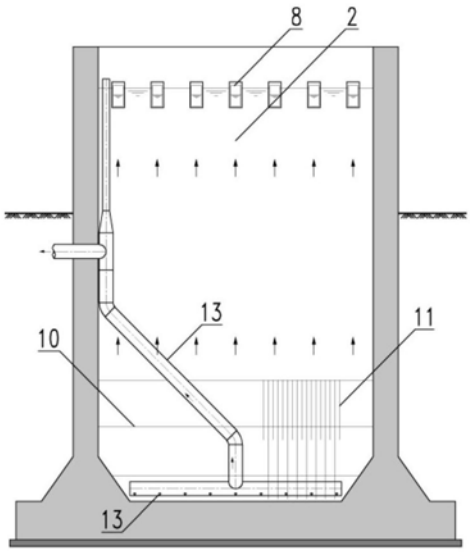


图6