(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110759604 B
(45)授权公告日 2022.02.11

(21)申请号 201911177974.6

(22)申请日 2019.11.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110759604 A

(43)申请公布日 2020.02.07

(73)专利权人 安徽建筑大学
地址 230000 安徽省合肥市经济技术开发区紫云路292号

(72)发明人 唐玉朝

(74)专利代理机构 合肥中谷知识产权代理事务所(普通合伙) 34146
代理人 洪玲

(51)Int.Cl.
C02F 9/14(2006.01)
C02F 101/38(2006.01)

(56)对比文件
CN 102491597 A,2012.06.13
CN 110255821 A,2019.09.20
CN 110127847 A,2019.08.16
CN 108793398 A,2018.11.13
CN 110482701 A,2019.11.22
US 5853589 A,1998.12.29

审查员 李嘉琪

权利要求书1页 说明书6页

(54)发明名称

一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法

(57)摘要

本发明公开了一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法,通过采用高浓度污泥且改变运行程序的第一级SBR和普通工艺的第二级SBR串联运行的方式实现高的总氮去除率。第一级SBR按照进水-缺氧-沉淀-排水-好氧的程序运行,MLSS浓度大于10000mg/L,采用高的充水比;第二级按照进水-缺氧-好氧-沉淀-排水的程序运行,污泥浓度无特别要求,采用较高的充水比。第一级SBR处理后出水仍有相当量的有机物和氨氮,可以再进一步以第二级SBR处理。两级SBR均可以去除其进水总氮的70%左右,故累计总氮去除率可以达到90%以上,而对碳源的需求仅为可生化COD/TN约为3.0～3.5即可,显著低于传统工艺对碳源的需求。该工艺方法尤其适用于城市低碳源生活污水处理,且对脱氮率要求较高的场合。

CN 110759604 B

1.一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法，由两级串联的SBR组成，其特征在于，所述低碳源污水为可生化COD/TN<4且BOD_5/TN<3.5的污水，按照运行时间程序，将低碳源污水输入第一级SBR反应池内，第一级SBR的运行程序为进水-缺氧-沉淀-排水-好氧，且第一级SBR中反应池内的污泥浓度为10000mg/L以上，第一级SBR的充水比采用0.45-0.55；将经第一级SBR处理后的出水输入第二级SBR反应池内，第二级SBR的运行程序采用进水-缺氧-好氧-沉淀-排水。

2.根据权利要求1所述的一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法，其特征在于，第二级SBR的充水比采用0.30-0.40。

3.根据权利要求1所述的一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法，其特征在于，所述第二级SBR的污泥浓度为2500-4000mg/L。

4.根据权利要求1所述的一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法，其特征在于，SBR系统中污泥的污泥龄为25~45d。

一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法

技术领域

[0001] 本发明属于污水处理技术领域，具体涉及一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法。

背景技术

[0002] 城镇污水处理过程中，去除总氮和总磷分别需要满足一定的有机物量，由于当前城镇污水厂进水有机物浓度普遍偏低，导致城镇污水氮磷去除困难。城镇污水厂通常侧重于将总氮去除，而总磷的去除一定程度上可以通过加药来完成，故对于低碳氮比的污水如何提高总氮去除率且降低对碳源的需求是当前城镇污水处理的关键问题之一。目前城镇污水处理厂进水碳氮比常常难以满足不低于4的要求(规范要求值)，当进水的碳氮比不能满足要求时，总氮去除率显著下降，很容易导致出水不能达标。故寻求适用于低碳源的高效低成本脱氮技术非常迫切。目前采取的主要应对措施有改变进水策略、厌氧氨氧化、短程硝化反硝化、内源反硝化、氢自养型反硝化等多种方法，在没有好的应对措施的情况下常常还会选择外加碳源物质。外加碳源简单，但成本高昂，污水厂难以承受；改变进水策略目前常常采用分步进水(多点进水)等措施，但工艺流程较复杂，构筑物多，运行成本显著增加；厌氧氨氧化技术可以从根本上解决碳源不足的问题，但是厌氧氨氧化需要的条件非常苛刻，一般适用于高氨氮的工业废水，很难应用于城镇污水处理领域，目前基于厌氧氨氧化方法开发的脱氮工艺应用于城镇污水处理的尚没有成熟工艺；多级AO串联工艺与分步进水类似，将多个缺氧池和好氧池串联，进水分为多路，在每个缺氧池处进水，该工艺具有较好的脱氮效果，但是该工艺脱氮的去除率依赖于A-O的串联级数，串联级数越多脱氮效果越好，级数过多必然造成工艺构筑物非常多，运行费用显著增加。

发明内容

[0003] 本发明的目的就在于为了解决上述问题，提供一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法，该方法是一种对进水碳源需求低，且总氮去除率高的污水处理方法。

[0004] 本发明通过以下技术方案来实现上述目的：

[0005] 本发明提供了一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法，包括两级串联的SBR，按照运行时间程序，第一级SBR的运行程序为进水-缺氧-沉淀-排水-好氧，且第一级SBR中反应池内的污泥浓度(MLSS)为10000mg/L以上，第二级SBR的运行程序采用进水-缺氧-好氧-沉淀-排水。本发明在第一级SBR内采用高的污泥浓度，且缺氧程序后即进入沉淀程序，在此状态下，污水中的氨氮大量吸附在污泥表面(其吸附容量一般达到或略超过1mgNH_3-N/gMLSS)，沉淀后排水，滞留在池底的污泥进行曝气，完成硝化过程。这样第一级SBR过程损失的碳源很少(只比理论需要的碳氮比略高)，却能够获得较高的总氮去除率。第一级SBR出水没有经过好氧过程故仍含有一定量碳源和氨氮，其碳氮比与原污水相比接近或稍有降低，在第二级SBR进一步处理，从而实现低碳源污水的高效脱氮。

[0006] 作为本发明进一步的优化方案，所述低碳源污水为可生化COD/TN<4且BOD_5/TN<

3.5的污水。本发明主要针对可生化COD/TN<4且BOD_5/TN<3.5的低碳源污水，一般为3.0-3.5，当原水碳氮比较高(可生化COD/TN>4或BOD_5/TN>3.5)，则第一级SBR在缺氧状态时刻污泥浓度取值可以根据具体水质参数而降低到7000-8000mg/L，同时其充水比也可以适当降低，在此条件下仍可维持工艺总体的高脱氮率。但在此条件下运行，本方法的优点则仅为总氮去除率高，节省碳源效果会有所降低。即本发明的工艺参数可以根据进水水质情况适当进行调节，以达到既能够节省碳源，又能够具有总氮去除率高的特点。

[0007] 作为本发明进一步的优化方案，所述第二级SBR的运行程序为进水-缺氧-好氧-沉淀-排水。按照进水-缺氧-好氧-沉淀-排水的程序运行，可以既保持一定的脱氮效率又维持较高的出水水质，第二级SBR与普通SBR脱氮系统大体相同，仅充水比这一参数比普通SBR脱氮系统稍高。

[0008] 作为本发明进一步的优化方案，当原水水质碳源特别低时(可生化COD/TN为3.0-3.5或BOD_5/TN为2.5-2.8，近似值)，则第一级SBR在缺氧状态时刻污泥浓度取值尽可能高。但是由于沉淀效率严重受到污泥浓度的限制，所以在一般的工艺状态下，即使是静态沉淀(SBR工艺特有的沉淀方式)，在有限的时间内沉淀后污泥浓度也很难提高到25000mg/L以上，故缺氧状态时刻池内的MLSS一般也不超过12000mg/L。

[0009] 作为本发明进一步的优化方案，当原水水质碳氮比特别低时(可生化COD/TN为≤3.0或BOD_5/TN≤2.5，近似值)，需要在第二级SBR中投加一定量的碳源，否则总氮去除率会显著降低。

[0010] 作为本发明进一步的优化方案，当原水水质碳氮比极其低时(可生化COD/TN为≤2.5或BOD_5/TN≤2.0，近似值)，在第一级SBR和第二级SBR中均需要投加一定量的碳源，否则总氮去除率会显著降低，其中第一级SBR投加的碳源以满足本级需要量即可，投加过反而多会造成浪费。

[0011] 当进水水质碳氮比过低需要提高污泥浓度时，可通过投加吸附剂和增重剂来实现，可以使第一级SBR反应池内的污泥浓度达到13000-14000mg/L。本发明不宜采用提高SV的方法维持反应池内缺氧状态时刻的高浓度污泥，因为提高SV必然导致需要被迫采用更低的充水比，这对工艺的运行是不利的，会大大增加第一级SBR反应器的容积，而且对碳源的需求量也会有所增加。故本发明的核心是在第一级SBR池内维持高浓度污泥(>10000mg/L)，且保持污泥对氨氮具有一定的吸附容量，使污泥在缺氧程序后能够有效沉淀。此外，由于第一级SBR运行时MLSS取值较高，一般超过10000mg/L，沉降到SV50％时，污泥浓度达到20000mg/L以上，容易造成沉淀困难，故作为本发明进一步的优化方案，还可以可少量投加增重剂，促进沉淀。投加吸附剂能够使污泥额外获得氨氮吸附量，极大地提高了本发明的总氮去除率。吸附剂和增重剂可同时使用。

[0012] 作为本发明进一步的优化方案，投加的药剂均为粉末状态存在，且在水中表面带负电荷(水的pH值在接近中性的状况下)，若表面带正电荷会抑制氨氮的吸附，起到反作用。

[0013] 作为本发明进一步的优化方案，第一级SBR的充水比采用0.45-0.55，充水比取决于沉淀的效率，沉淀后的SV越低，充水比取值越高，本发明采用的充水比相比较传统的SBR脱氮要求的充水比值(0.15-0.30)显著提高。运行采用高的充水比能够节约碳源，同时能够获得较高的总氮去除率，第一级SBR中出水的污水全部没有经过好氧过程。

[0014] 作为本发明进一步的优化方案，第二级SBR的充水比采用0.30-0.40。

[0015] 作为本发明进一步的优化方案，所述第二级SBR的污泥浓度为2500-4000mg/L。

[0016] 作为本发明进一步的优化方案，SBR系统中污泥采用较长污泥龄，一般为25～45d。

[0017] 本发明的原理为：

[0018] 在第一级SBR中，污水进入反应器后首先是反硝化脱氮，上个反应序列最终的程序是好氧，故上个反应序列结束后，池内的BOD_5和氨氮浓度均较低，而硝酸盐维持有一定的浓度。故进水后立即进入缺氧程序，源水的BOD_5充分被反硝化过程利用，缺氧反应后污水BOD_5大幅度降低，硝酸盐也被消耗殆尽(若进水水质出现极端情况，即进水碳源尚不能满足理论脱氮需要的碳源量，则补充一定的碳源是必须的)，原水的有机氮在此过程转化为氨氮，故缺氧后水中主要是浓度已经不高的氨氮和有机物。缺氧后立即进行沉淀，由于系统内污泥浓度很大，一般情况下，无特别处置过程的污泥本身具有一定的氨氮吸附能力，由于活性污泥胞外聚合物(EPS)的平均等电点一般接近于pH＝3，故普通工艺条件下的污泥表面带负荷，而水中的氨氮在pH接近于中性条件下多以NH_4^+形态存在。缺氧反应后原水中的总氮主要以氨氮存在，这样在缺氧反应结束后立即进行沉淀，污泥可以获得较好的氨氮吸附能力，相当一部分的氨氮被吸附在污泥表面，对于市政生活污水，污泥工作吸附容量可以达到1.0mgNH_3-N/gMLSS以上。此外，缺氧后立即进行沉淀，其出水即缺氧程序后的水质，主要也是少量BOD_5和氨氮，该污水进入第二级SBR进一步处理，而全部的污泥和大部分氨氮会滞留在第一级SBR池内，随后进入好氧程序，氨氮转化为硝酸盐氮，残留的有机物也被氧化分解，等待下个序列的反应。故一个反应序列结束后，第一级SBR池内主要水质指标是硝酸盐氮(含有有机物和氨氮的上清液已经在好氧程序前排出)。

[0019] 在第二级SBR中，流入的是经过第一级SBR处理后的污水，污水BOD_5和总氮浓度相对于原污水已经大幅度降低，浓度不高的BOD_5和氨氮污水进入第二级SBR池。污水在第一级SBR处理时，仅仅经过缺氧过程(污水实际上没有经过好氧程序，后期好氧针对的是污泥)，故BOD_5得以最大限度保留，而氨氮由于被吸附在污泥表面，水中氨氮浓度显著降低。若原污水碳氮比不是非常低，则进入第二级的污水碳氮比仍能够维持在工艺要求的水平，且总氮浓度已经较低。故第二级SBR按照传统脱氮程序运行即可，缺氧、好氧等过程也没有特殊要求，但充水比这一参数比传统工艺稍高。

[0020] 当原水碳源严重不足(可生化COD/TN为≤3.0或BOD_5/TN≤2.5，近似值)，需要在第二级SBR进水时刻适当补充碳源，碳源补充量根据工艺的水质确定，以维持高的总氮去除率。当进水碳氮比更低(可生化COD/TN为≤2.5或BOD_5/TN≤2.0，近似值)，当需要在第一级SBR补充碳源时，其补充时间也是反应器的进水时刻。

[0021] 本发明的有益效果在于：

[0022] 1)可用于低碳源污水的脱氮。对于市政污水或生活污水为主的污水，一般能够在可生化COD/TN低至约为3.5左右的条件下实现较高的脱氮率；

[0023] 2)总氮去除率高。当原水水质满足要求，工艺经过第一级SBR可以脱氮70-75％，第二级再去除70％左右，合计对总氮的去除率达到90％以上。若系统投加适量吸附剂，总氮的去除率还可以更高；若进一步考虑排放剩余污泥因素，实际脱氮率能够更高；

[0024] 3)工艺构筑物简单。两个普通的SBR池即可，比较容易针对现有工艺的改造；

[0025] 4)单池处理能力比传统脱氮SBR要高，串联后与传统工艺相比处理能力可能接近，即虽然采取两级串联，但处理能力基本上不降低。(若两级SBR分别采用0.50和0.40的充水

比，则相当于传统工艺单池采用0.225的充水比对应的处理能力)；

[0026] 5)本发明的工艺方法适用于原水碳源较低而对脱氮率要求较高的生活污水处理，适宜于城镇生活污水处理，也适宜于水质与生活污水近似的工业废水处理。

具体实施方式

[0027] 以下对本发明的实施方式进行说明，应当理解，此处所描述的实施方式仅用于说明和解释本发明，并不用于限定本发明工艺的流程、构造、参数等；实施方式中所给的具体参数仅仅是为了说明本发明的示例，而非必须采用的参数。实际上工艺/方法可以适宜于包括缺氧与好氧反应程序的SBR或SBR变形形式的生物脱氮污水处理工艺，具体应用不限于实施方式的工艺流程布置方式和示例数值。为了方便讨论与说明，对某些参数直接指定了具体数值，这些数值均是基于理论推算值，在实际工程中会有一定的差别，当应用在与指定参数有差异的场合，应该进行适当的修改。对于污水生物脱氮工艺或方法，凡是基于传统SBR工艺方式，且第一级SBR为缺氧后直接进行沉淀的均属于本发明保护范围。

[0028] 实施例1

[0029] 本实施例提供了一种低碳源污水两级SBR串联高效生物脱氮方法，包括以下步骤：

[0030] (1)第一级SBR处理

[0031] 将待处理污水(原污水)输入第一级SBR反应池内，按照进水-缺氧-沉淀-排水-好氧程序运行，本实施例假设原污水TN为50mg/L，可生化COD为150mg/L，第一级SBR的充水比为0.45-0.55，本实施例充水比采用0.50。

[0032] 进水程序：在原污水进水前，由于第一级SBR反应池内的程序是循环运行的，下个循环开始前是经过曝气好氧过程的，故池内含有一定浓度的硝酸盐，故进水完成后直接进行反硝化脱氮。若进水同时启动搅拌措施，则进水程序实际上也在进行缺氧脱氮反应。

[0033] 缺氧程序：在缺氧程序时，由于有机氮转化为氨氮，故池内氨氮浓度为25mg/L(此处氨氮浓度指固相和液相平均值；进水硝酸盐氮按照0mg/L计算，总氮均为凯氏氮，凯氏氮被全部转化为氨氮，则充水比取值0.50相当于稀释一倍)，氨氮在缺氧程序不会发生转化。但在这个过程中一部分氨氮会逐渐吸附到污泥表面，本实施例以池内MLSS为12000mg/L，污泥实际工作吸附容量为0.85-1.0mg NH_3-N/gMLSS计算，则缺氧反应结束时，池内的液相氨氮浓度逐渐降低到13.0-14.8mg/L，保守计算取15mg/L。由于经过好氧程序后，池内的硝酸盐氮浓度约为35mg/L，此部分氮的脱除无额外消耗碳源，故缺氧反应结束时，池内可生化COD约为45mg/L(考虑污泥增值因素)。

[0034] 若进水水质碳源低(可生化COD/TN为小于3.5或BOD_5/TN为小于2.8)，需要在第一级SBR的反应池内添加带负电荷的增重剂或吸附剂粉末，以提高第一级SBR反应池内的污泥浓度，优选提高至13000-14000mg/L。

[0035] 沉淀程序：该程序水质基本上不发生变化，故沉淀后的出水仍为可生化COD＝45mg/L，氨氮＝15mg/L，污水进入第二级SBR进一步进行处理。

[0036] 好氧程序：第一级SBR进入好氧程序，好氧程序主要针对的是SBR反应池内的污泥，在此过程中，水中游离的氨氮(液相)和污泥吸附的氨氮(固相)均转化为硝酸盐氮。由于硝酸盐氮以NO_3^-形态存在，故很容易从带负电荷的污泥表面解析，污泥重新恢复吸附能力。好氧结束时池内的硝酸盐氮来源由两个方面组成：一个污泥中液相部分的游离氨氮转化，浓

度为15mg/L;另一个是污泥吸附固相氨氮,折算量约为20mg/L,故好氧结束时池内的硝酸盐氮浓度约为35mg/L。经过第一级SBR一个循环周期后,原水TN保守估算去除率为70%(尚没有考虑污泥增殖过程,原水凯氏氮转化为细胞质转移的氮,考虑此因素,总氮去除率略大于70%)。

[0037] 第一级SBR按照充水比0.50运行时,仅相当于A_N/O工艺的回流比为100%,而A_N/O工艺在该回流比时总氮理论去除率只有50%。若要获得70%以上的总氮去除率,则A_N/O工艺的总回流比至少需要提高到240%,当采用高的污泥回流比,大量有机物在缺氧后直接进入好氧程序,在好氧过程被白白消耗,对于脱氮过程该有机物属于无效碳源。本工艺方法之所以能够节约碳源,主要原因是第一级SBR采用高的充水比,但同时能够获得较高的总氮去除率,故出流污水没有经过好氧过程,这是传统工艺无法实现的目标。

[0038] (2)第二级SBR处理

[0039] 将经第一级SBR处理后的出水输入第二级SBR反应池内,按照进水-缺氧-好氧-沉淀-排水程序处理,第二级SBR进水水质为可生化COD=45mg/L,氨氮=15mg/L,第二级SBR的MLSS浓度为2500-4000mg/L。

[0040] 进水程序:第二级SBR反应中首先也是进行反硝化反应,上一个程序完成后,池内有一定浓度的硝酸盐氮,有机物浓度很低,可以忽略不计。第二级SBR充水比范围一般为0.30-0.40,本实施例以第二级SBR充水比为0.33计算,则进水完成后池内可生化COD为15mg/L,氨氮为5mg/L,硝酸盐氮为3.5mg/L。

[0041] 缺氧程序:经过缺氧程序后硝酸盐氮几乎彻底被消耗,理论上可生化COD也降低到只有5mg/L,而氨氮不变仍为5mg/L。由于第二级SBR的COD和硝酸盐氮浓度均较低,且第二级SBR由于进水BOD_5浓度较低,故不宜采用高MLSS的方法维持反应速率。考虑反应动力学因素(即反应速率问题),可采用投加填料的方法,以改进反应速率。由于加入填料,硝化菌能够被固定在反应池内,并不断积累,故能够保持较快的硝化反应速率。所以在反应器内投加固定的填料,硝化菌能够附着在填料上生长,即使悬浮污泥浓度不高也可以维持硝化菌的生物量。

[0042] 好氧程序:污水接着进入好氧程序,残留的少量有机物进一步被去除,氨氮则转化为硝酸盐氮,浓度不变,仍为5mg/L。

[0043] 沉淀程序:最后进入沉淀程序,沉淀过程水质不变,故最终出水水质为硝酸盐氮浓度5mg/L,可生化COD和氨氮浓度很低,达到可忽略不计的程度(但是由于反应不可能100%彻底进行,所以COD实际上仍残留数mg/L,液相氨氮浓度则一般不超过1mg/L)。所以即使考虑到实际工程过程难以做到理想状态运行,但最终出水仍可以维持溶解性总氮低于6mg/L,溶解性可生化COD低于5mg/L,氨氮浓度低于1mg/L的水平,出水水质非常优越。

[0044] 第二级SBR沉淀结束后进水,因为充水比为0.33,故进水结束后硝酸盐氮被稀释到原来的2/3,浓度约为3.5mg/L,完成一个循环。

[0045] 本发明运行过程中,两级SBR的DO浓度控制参数基本相同,缺氧程序均为0.2-0.5mg/L,好氧程序均为1.5-2.0mg/L;两级SBR工艺HRT控制参数也基本相同,缺氧为1.5-2.5h,好氧为3.0-4.5h。

[0046] 经过两级SBR处理后,原水的总氮理论去除率当原水可生化COD/TN不低于3(实际需要约3.5),且两级SBR充水比分别为0.50和0.33,出水总氮去除率为90%,若考虑剩余污

泥排放可以超过90％。若系统酌情增加投加吸附剂/增重剂，总氮去除率能够显著高于90％。

[0047] 实施例2

[0048] 原污水和原污泥均取自合肥某城市污水处理厂，该厂工艺为A^2O氧化沟+深度处理，目前出水执行GB18918-2002一级A标准，原水主要是生活污水和工业废水，工业废水约占60％左右。实验期间进水水质(取样点为旋流沉砂池出水)：COD为179～277mg/L，总氮为92～99mg/L，平均COD/TN约为2.5～2.8，最低仅为1.85，属于严重低碳源污水。运行时不投加碳源，也不投加吸附剂或增重剂。

[0049] 两个SBR反应器均为10L容积，其中第二级SBR加入弹性填料。污泥浓度均是根据计算值直接投加原污水厂污泥，其中第二级SBR的生物膜污泥因为挂膜较少，故不予考虑生物膜污泥，全部以活性污泥计算。

[0050] 运行周期：一个循环的周期设置为8个小时，进水0.50h，缺氧2h，沉淀1.0h，好氧4.0h(最后15min停止曝气，仅搅拌)，出水0.50h。编制PLC控制程序控制泵和曝气装置的启闭。

[0051] 溶解氧控制参数：第一级SBR缺氧为0.2～0.4mg/L，好氧为～2.4+0.2mg/L；第二级SBR缺氧为0.3～0.5mg/L，好氧为～2.8+0.2mg/L。

[0052] 运行参数：第一级SBR，充水比0.50，第二级SBR充水比0.35。

[0053] 运行半个月稳定后，最终出水水质(滤纸过滤去除悬浮物，4次取样平均值)：73.5％。结论：由于原水碳源过低，平均总氮去除率偏低，且TN和COD主要在第一级SBR去除。为了获得更高的TN去除率，第二级SBR需要投加一定的碳源。

[0054] 以上所述实施例仅表达了本发明的实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。