(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116573754 A
(43)申请公布日 2023.08.11

(21)申请号 202310620024.6
(22)申请日 2023.05.29
(71)申请人 华东理工大学
地址 200237 上海市徐汇区梅陇路130号
(72)发明人 杨强 顾镛 袁方 刘懿谦 吴振虎
(74)专利代理机构 上海华工专利事务所(普通合伙) 31104
专利代理师 杨蕾 缪利明
(51)Int.Cl.
C02F 3/12(2023.01)
C02F 3/20(2023.01)
C02F 3/26(2023.01)
C02F 3/30(2023.01)
C02F 1/44(2023.01)
C02F 3/00(2023.01)
C02F 3/28(2023.01)

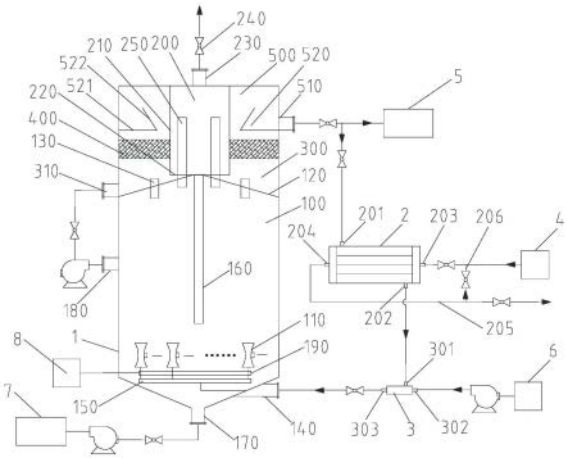
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备及方法

(57)摘要

本发明提供一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备，包括生物反应器、中空纤维膜组件和混合器，其中，生物反应器内设有反应区以及设于反应区上方中部的储气腔，所述反应区和储气腔外侧的生物反应器内从下至上分设有污泥沉降区、泥水分离模块和清液区，清液区的侧壁上开设有清液出口；清液出口连接至集水装置和中空纤维膜组件的进水口，所述中空纤维膜组件将部分清液充氧后输送至所述混合器，所述混合器的进水口分别连接至中空纤维膜组件的出水口和污水源，所述混合器的出水口连接至自吸式水力搅拌器的进液端，混合后的污水经自吸式水力搅拌器进入反应区内。本发明所述的污水处理设备溶氧效率高、处理效果好、占地面积小，且能耗低。



CN 116573754 A

1.一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征在于,包括生物反应器、中空纤维膜组件和混合器;其中,

所述生物反应器内设有反应区以及设于反应区上方中部的储气腔,所述储气腔的顶部设有排气口,所述反应区和储气腔外侧的所述生物反应器内从下至上还依次设有污泥沉降区、泥水分离模块和清液区,所述反应区的顶端设有用于隔开所述污泥沉降区的隔板,所述隔板上设有至少一根连通所述反应区上部和污泥沉降区的升液管,所述储气腔内设有至少一根连通所述反应区上部和储气腔中上部的气提管,所述气提管底端进口的水平高度高于所述升液管的底端进口;

所述反应区底部的侧壁上开设有污水进口,所述反应区内下部周向均匀分布有若干个自吸式水力搅拌器,所述自吸式水力搅拌器的底部进液端连通至所述污水进口;所述清液区的侧壁上开设有清液出口,所述清液出口连接至外侧集水装置和中空纤维膜组件的进水口,所述中空纤维膜组件将回流的部分清液充氧后输送至所述混合器,所述混合器的进水口连接至所述中空纤维膜组件的出水口和污水源,所述混合器的出水口连接至所述污水进口。

2.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征在于,所述储气腔由腔体侧壁、腔体底面和生物反应器的顶面包围形成,所述排气口设于所述储气腔内的所述生物反应器的顶面;所述泥水分离模块采用介质颗粒过滤填料。

3.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征在于,所述升液管为升液弯管,包括上方的直管段和下方的弯管段,所述直管段的顶部伸入至所述污泥沉降区,所述弯管段的底部伸入至所述反应区上部,所述弯管段的圆心角为60°～80°。

4.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征在于,所述自吸式水力搅拌器的下方还设有布水器,所述布水器的进水口连接至所述污水进口,所述布水器的出水口连接至每个所述自吸式水力搅拌器的进液端。

5.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征在于,所述自吸式水力搅拌器包括从下至上依次设置的入射段、混合段、收缩段和扩散段,所述入射段底部设有入水口,所述扩散段的顶部设有喷射口,所述混合段的外侧壁上开设有至少一个自吸口,经所述入射段进入的污水和经所述自吸口吸入的流体在所述混合段混合后,经所述扩散段顶部喷射出。

6.根据权利要求5所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征在于,所述入射段长度L1、混合段长度L2、收缩段长度L3以及扩散段长度L4和所述水力搅拌器的总长度L之间分别存在如下关系:L1/L＝0.35～0.43,L2/L＝0.17～0.25,L3/L＝0.04～0.08,L4/L＝0.2～0.32;所述收缩段的宽度d大于所述收缩段的长度L3;所述入射段的内侧端为向所述混合段内延伸的渐缩段,所述渐缩段为圆台形,其外侧壁和竖直方向的夹角β＝10°～32°。

7.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征在于,所述反应区的中部设有降液管,所述降液管的底端向所述反应区的底部延伸至所述自吸式水力搅拌器的上方,顶端连通至所述储气腔的底部。

8.根据权利要求7所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备,其特征

在于，所述储气腔底面的水平高度低于所述泥水分离模块，所述气提管的下端穿过所述污泥沉降区伸入到反应区上部，所述隔板的内侧端连接至所述储气腔的底端或所述降液管的上部，所述隔板的外侧端由内向外向下倾斜连接至所述生物反应器的内侧壁；或者，

所述储气腔底面的水平高度高于所述泥水分离模块，所述气提管的下端穿过所述泥水分离模块和污泥沉降区伸入至所述反应区上部，所述隔板的内侧端连接至所述降液管的上部，所述隔板的外侧端由内向外向下倾斜连接至所述生物反应器的内侧壁。

9.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备，其特征在于，所述污泥沉降区的底部侧壁上设有污泥循环出口，所述反应区中部的侧壁上设有污泥循环进口，所述污泥循环出口和污泥循环进口经所述生物反应器外部的管道相连接，所述污泥循环进口的高度高于所述自吸式水力搅拌器的顶端；所述反应区的底端开设有排泥口。

10.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备，其特征在于，沿所述清液区的内侧壁设有溢流槽，所述溢流槽由相互连接的水平板和斜板构成，所述水平板的外端连接至所述清液出口下方的所述生物反应器的内侧壁，所述斜板的底端连接至所述水平板的内端，所述斜板和水平板呈50°～80°的夹角。

11.根据权利要求1所述的一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备，其特征在于，所述中空纤维膜组件的进气口和出气口分设于所述中空纤维膜组件的左右两侧，所述中空纤维膜组件的进气口通过进气管道连接至氧气源，出气口外接有排气管道，所述排气管道上设有连接至所述进气管道的排气支管，用于回流纯氧至所述中空纤维膜组件内。

12.一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理方法，其特征在于，使用权利要求1～11任意一项所述的污水处理设备进行污水处理，包括如下步骤：

(1)在污水泵的作用下，污水从污水池经混合器与来自所述中空纤维膜组件的富氧水充分混合后通过污水进口进入生物反应器内，流入所述自吸式水力搅拌器的污水与自吸进入所述自吸式水力搅拌器内的流体经混合后从顶端喷射出；

(2)经过所述自吸式水力搅拌器持续向反应区内进污水，反应区活性污泥在好氧、厌氧或缺氧环境下对污水中的污染物进行降解，生物降解产生的废气经气提管进入储气腔，通过阀门控制，将储气腔内的废气排到外界，并控制储气腔内气压，将反应区内液位控制在升液管下端和气提管下端之间；

(3)经过步骤(2)生物降解后的污水随着反应区内液位的逐渐上升，从升液管进入污泥沉降区，再经过泥水分离模块后，活性污泥向下沉降，沉积在隔板上，清液继续向上到达清液区，通过清液出口排出；

(4)经过步骤(3)外排的清液通过阀门控制一部分排到外侧集水装置，一部分回流至所述中空纤维膜组件内进行充氧；

(5)氧气源进入中空纤维膜组件内，在所述中空纤维膜组件内溶于步骤(4)中从进入中空纤维膜组件的清液，富含溶解氧的富氧水排出后进入到所述混合器，进而和污水进行充分混合后进入生物反应器内继续生物降解。

基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备及方法

技术领域

[0001] 本发明属于污水处理技术领域，具体涉及一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备及方法。

背景技术

[0002] 随着现代社会生产力的发展、科学技术的进步以及产业结构的调整，社会由传统的农业逐渐向工业和服务业转变，工业化水平逐渐提高，规模不断扩大，城市人口也越来越多，随之带来的生活污水和工业污水量也急剧增加。生活污水中多含无毒的无机盐类、氮、磷、硫和较多的致病菌；工业污水成分复杂，含各种有毒有害、难降解的污染物，且排放量大、污染范围广。污水的大量排放对水体、空气、土壤均会带来不同程度的污染，破坏生态环境，严重威胁了城市居民的饮水安全和人民的健康，对可持续发展产生了严重影响。

[0003] 在过去几十年中，为了实现更高的出水质量，所需的高污染去除效率需要使用越来越多的设备以及更先进的新技术，这导致单个过程中能耗的增加。污水处理厂中常见的污水处理方法有物理法、化学法、生物法。其中，生物法在降解COD、BOD、硫、磷、氮等方面有着不可替代的作用，是污水处理过程中不可或缺的流程。研究表明，对于不同规模的污水处理厂，30％-80％的能源都用于生物处理的氧气供应与电耗；活性污泥法污水处理过程中，降解氮或有机物(BOD_5、COD)的能耗主要发生在曝气过程中。过量曝气、氧利用率低、处理时间长、能耗高等问题已经成为制约污水处理厂节能减排的瓶颈。因此，降低曝气量或取消曝气，对节能降碳具有重要意义。

[0004] CN115636506A公开了一种垂直流多腔室全混厌氧水处理装置。该装置包括污水处理区、反应区(依次连接的第一反应区、第二反应区和第三反应区)、释气区与泥水分离区。通过反应区多次上下反复折流的结构形式设计，可利于实现泥水完全混合；通过出水回流增加进水流量，起到一定提高水力剪切的作用，减少了反应区底部污泥沉降现象；通过泥水分离区与反应区平行布置，靠水平重力流入泥水分离区，来取代了结构复杂的传统三相分离器。但是该装置整体结构过于复杂，反应区设置过多，各腔室反应控制难度大，不利于工业化。

[0005] CN217148911U提出了一种污水处理一体化同步生物脱氮除硫装置，筒体内设置圆环形隔板，隔板内形成吹脱区，隔板外形成反应区，筒体底部设置污泥浓缩区，吹脱区、反应区底部与污泥浓缩区互相连通，吹脱区底部设置曝气装置，反应区上部设置溢流板，溢流板与隔板之间形成沉淀区，筒体内壁上沿设置出水堰，出水堰内的筒壁上设置出水口，筒体顶部连接尾气吸收区。该实用新型将反应区、吹脱区、沉淀区、污泥浓缩区整合在同一装置，具有设备少、占地小、便于安装以及运行的优势。但是采用的仍是传统的鼓气供氧模式，能耗高，氧利用率低，且其沉淀区、反应区吹脱区分割不充分，容易造成三相分离困难。

[0006] CN202211107680.8提出了一种臭氧氧化-曝气生物滤池水处理系统及污水处理方法，采用了纯氧曝气的方式，一方面使臭氧尾气得到充分循环利用，另一方面解决了纯氧曝气氧气成本高的问题，使纯氧曝气具有可推广性。但是该方法仍属于气泡式供氧，存在氧从

气泡到水体这一传质过程，减缓了生化反应中微生物直接从水体从摄取氧的速度，同时鼓泡式供氧易造成氧气的浪费。

[0007] 因此，有必要开发一种更高效、低能耗的污水处理装置及方法，这对生态环境保护领域以及推进污水资源化利用具有十分重要意义。

发明内容

[0008] 鉴于上述问题，本发明提供一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备和方法，以实现更高效、低能耗、可调控溶解氧的污水处理。

[0009] 为了实现上述目的，本发明采取如下技术方案：

[0010] 一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备，包括生物反应器、中空纤维膜组件和混合器，其中，

[0011] 所述生物反应器内设有反应区以及设于反应区上方中部的储气腔，所述储气腔的顶部设有连通外界的排气口，所述反应区和储气腔外侧的所述生物反应器内从下至上还依次设有污泥沉降区、泥水分离模块和清液区，所述反应区的顶端设有用于隔开所述污泥沉降区的隔板，所述隔板上设有至少一根连通所述反应区上部和污泥沉降区的升液管；所述储气腔内设有至少一根连通所述反应区上部和储气腔中上部的气提管，所述气提管底端进口的水平高度高于所述升液管的底端进口；

[0012] 所述反应区底部的侧壁上开设有污水进口，所述反应区内下部周向均匀分布有若干个自吸式水力搅拌器，所述自吸式水力搅拌器的底部进液端连通至所述污水进口；所述清液区的侧壁上开设有清液出口，所述清液出口连接至外侧集水装置和中空纤维膜组件的进水口，所述中空纤维膜组件将回流的部分清液充氧后输送至所述混合器，所述混合器的进水口连接至所述中空纤维膜组件的出水口和污水源，所述混合器的出水口连接至所述污水进口。

[0013] 所述反应区内盛装有活性污泥，用于对污水进行生物处理。

[0014] 本发明进一步优选为，所述储气腔由腔体侧壁、腔体底面和生物反应器的顶面包围形成，所述排气口设于所述储气腔内的所述生物反应器的顶面。

[0015] 本发明进一步优选为，所述升液管为升液弯管，包括上方的直管段和下方的弯管段，所述直管段的顶部伸入至所述污泥沉降区，所述弯管段的底部伸入至所述反应区上部，所述弯管段的圆心角为60°～80°。实现更好的三相分离。

[0016] 本发明进一步优选为，所述自吸式水力搅拌器的下方还设有布水器，所述布水器的进水口连接至所述污水进口，所述布水器的出水口连接至每个所述自吸式水力搅拌器的进液端。

[0017] 本发明进一步优选为，所述自吸式水力搅拌器包括从下至上依次设置的入射段、混合段、收缩段和扩散段，所述入射段底部设有入水口，所述扩散段的顶部设有喷射口，所述混合段的外侧壁上开设有至少一个自吸口，经所述入射段进入的污水和经所述自吸口吸入的流体在所述混合段混合后，经所述扩散段顶部喷射出。

[0018] 本发明中，所述自吸式水力搅拌器的数量可根据反应器的直径调整，其上开设的自吸口用于卷吸反应区内的流体，所述反应区内的污水在压力差的作用下通过自吸口被吸入至自吸式水力搅拌器内和经所述入射段进入的污水在混合段进行强烈混合，从自吸式水

力搅拌器的顶部喷射口以均匀流体的形式喷出。

[0019] 本发明进一步优选为，所述入射段长度L1、混合段长度L2、收缩段长度L3以及扩散段长度L4和所述水力搅拌器的总长度L之间分别存在如下关系：L1/L＝0.35～0.43，L2/L＝0.17～0.25，L3/L＝0.04～0.08，L4/L＝0.2～0.32；所述收缩段的宽度d大于所述收缩段的长度L3。

[0020] 本发明进一步优选为，所述入射段的内侧端为向所述混合段内延伸的渐缩段，所述渐缩段为圆台形，其外侧壁和竖直方向的夹角β＝10°～32°。

[0021] 本发明进一步优选为，所述反应区的中部设有降液管，所述降液管的底端向所述反应区的底部延伸至所述自吸式水力搅拌器的上方，顶端连通至所述储气腔的底部。

[0022] 本发明进一步优选为，所述储气腔底面的水平高度低于所述泥水分离模块，所述气提管的下端穿过所述污泥沉降区伸入到反应区上部，所述隔板的内侧端连接至所述储气腔的底端或所述降液管的上部，所述隔板的外侧端由内向外向下倾斜连接至所述生物反应器的内侧壁；或者，

[0023] 所述储气腔底面的水平高度高于所述泥水分离模块，所述气提管的下端穿过所述泥水分离模块和污泥沉降区伸入至所述反应区上部，所述隔板的内侧端连接至所述降液管的上部，所述隔板的外侧端由内向外向下倾斜连接至所述生物反应器的内侧壁。

[0024] 本发明进一步优选为，所述污泥沉降区的底部侧壁上设有污泥循环出口，所述反应区中部的侧壁上设有污泥循环进口，所述污泥循环出口和污泥循环进口经所述生物反应器外部的管道相连接，所述污泥循环进口的高度高于所述自吸式水力搅拌器的顶端。

[0025] 本发明进一步优选为，所述反应区的底端开设有排泥口。所述反应区的底部优选为漏斗形，便于污泥的排出。

[0026] 本发明进一步优选为，所述泥水分离模块采用介质颗粒过滤填料，所述介质颗粒过滤填料包括石英砂、石榴石或蛇纹石。进一步地，所述介质颗粒过滤填料的尺寸优选为0.5～2mm。

[0027] 本发明进一步优选为，沿所述清液区的内侧壁设有溢流槽，所述溢流槽由相互连接的水平板和斜板构成，所述水平板的外端连接至所述清液出口下方的所述生物反应器的内侧壁，所述斜板的底端连接至所述水平板的内端，所述斜板和水平板呈50°～80°的夹角。

[0028] 本发明进一步优选为，所述中空纤维膜组件的进气口和出气口分设于所述中空纤维膜组件的左右两侧，所述中空纤维膜组件的进气口通过进气管道连接至氧气源，出气口外接有排气管道，所述排气管道上设有连接至所述进气管道的排气支管，用于回流纯氧至所述中空纤维膜组件内。所述氧气源为空气或纯氧。

[0029] 本发明进一步优选为，所述自吸式水力搅拌器和布水器之间还设有备用曝气器，所述备用曝气器的进气口连接至气源，所述气源独立设置或共用连接至所述中空纤维膜组件的氧气源。并且，经所述曝气器产生的气泡在自吸式水力搅拌器的卷吸作用下也可强化搅拌。

[0030] 需要说明的是，在污水处理正常使用时，所述备用曝气器无需打开，当富氧水中的溶解氧无法满足反应区内微生物所需时，打开作为备用氧气源。

[0031] 本发明还提供一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理方法，使用上述污水处理设备进行污水处理，包括如下步骤：

[0032] (1)在污水泵的作用下,污水从污水池经所述混合器与来自所述中空纤维膜组件的富氧水充分混合后通过污水进口进入生物反应器内,经过所述自吸式水力搅拌器时,自吸进入所述自吸式搅拌器内的反应区内的污水与输送至自吸式搅拌器内的污水混合后从顶部喷射出;

[0033] (2)经所述自吸式水力搅拌器持续向反应区内进污水,反应区活性污泥在好氧、厌氧或缺氧环境下对污水中的污染物进行降解,生物降解产生的废气经气提管进入储气腔,通过阀门控制,将储气腔内的废气排到外界,并控制储气腔内气压,将反应区内液位控制在升液管下端和气提管下端之间;

[0034] (3)经过步骤(2)处理好的污水随着反应区内液位的逐渐上升,从升液管进入污泥沉降区,再经过泥水分离模块后,活性污泥向下沉降,沉积在隔板上;清液继续向上到达清液区,通过清液出口外排;

[0035] (4)经过步骤(3)外排的清液通过阀门控制一部分排到外侧集水装置,一部分回流至中空纤维膜组件内进行充氧;

[0036] (5)氧气源进入所述中空纤维膜组件内,在中空纤维膜组件内溶于步骤(4)中进入中空纤维膜组件的清液,富含溶解氧的富氧水排出后进入到所述混合器内,和污水混合后进入所述生物反应器内继续进行生物降解。

[0037] 本发明进一步优选为,经过步骤(3)沉积在隔板上的污泥,通过污泥循环泵从所述污泥循环出口抽出后打回到污泥循环进口,进入反应区,并在自吸式水力搅拌器的喷射作用下均匀分散,以提高活性污泥的利用率;活性污泥达到泥龄后会死亡并沉积在反应区底部成为死泥,死泥定期从排泥口排出到污泥池。

[0038] 本发明进一步优选为,当氧气源为纯氧时,在中空纤维膜组件中尚未溶解到清液中的氧气从所述中空纤维膜组件的出气口排出后回流至所述中空纤维膜组件内,以提高氧气的利用率;当氧气源为空气时,从所述中空纤维膜组件的出气口排出后直接排到外界。

[0039] 在上述污水处理过程中,各阶段溶解氧满足以下关系:

[0040] $c_1=((V_0-V_1)\cdot c_1+V_1\cdot c_3-\Delta X\cdot V_0)/V_0$ ①

[0041] $c_3=V_2\cdot c_2/V_1$ ②

[0042] $c_2=(V_2\cdot c_1+V\cdot\varepsilon\cdot\rho)/V_2$ ③

[0043] $V_1=V_2+V_3$ ④

[0044] 式中,c_1表示生物反应器内的溶解氧浓度、从排液口排出水溶解氧浓度、进入进水口的回流液溶解氧浓度;c_2表示从出水口排出的回流液溶解氧浓度;c_3表示从污水进口进入生物反应器的污水中溶解氧浓度;V表示进入进气口的气源的体积;V_0表示生物反应器内混合液的总体积;V_1表示从排液口排出清液的体积、从污水进口进入生物反应器的污水的体积;V_2表示回流液的体积;V_3表示进入集水池中的清液体积、从污水池进入混合器的污水体积,即所述工艺流程的处理量;ε表示进入进气口的气源中氧气的体积分数;ρ表示进入进气口的气源中氧气的密度;ΔX为从污水进口进入生物反应器的污水与从排液口排出清液的污染物(例如BOD_5、COD、氨氮等)浓度之差;X表示污水中的污染物。

[0045] 对式①-④进行化简,得到供氧量$V\cdot\varepsilon$与c_1、V_3、ΔX、V_0的函数关系为:$V\cdot\varepsilon=(c_1\cdot V_3+\Delta X\cdot V_0)/\rho$;回流比$r=V_2/V_1=V_2/(V_3+V_2)=1/(V_3/V_2+1)$。

[0046] 本发明所述的污水处理方法,在处理过程中,根据现有技术已知所述反应区内,好

氧条件下溶解氧浓度为≥2.0mg/L,厌氧条件下溶解氧浓度为≤0.2mg/L,缺氧条件下溶解氧浓度为0.2～0.5mg/L。因此,根据反应区所需的不同溶解氧浓度,通过调节清液回流比和r和气源的供气量V,使得富氧水与污水混合后能够达到反应区所需溶解氧浓度。因此,更加便于切换在好氧、厌氧、缺氧不同环境下的污水处理。

[0047] 与现有技术相比,本发明具有如下有益技术效果:

[0048] (1)本发明采用中空纤维膜组件制备富氧水,既强化氧在水中溶解,又能保证出水中无气泡,取代了传统曝气模式中高耗能的风机,这既减小了占地面积,又降低了能耗;并且以生物反应器出水的清液作为水源,对中空纤维膜组件基本无污染。

[0049] (2)本发明采用的自吸式水力搅拌器用于使污水进入反应器内,同时其自吸口能够自吸反应区污水,与进口污水混合后再喷出,对反应区内的污水起到搅拌和强化混合传质作用;

[0050] (3)本发明所述的污水处理设备和方法,可以连续式进出水,无泡供氧的模式有效避免了气泡对于活性污泥微生物的不利影响,整个生物反应器实现了反应和三相分离的一体化,简化了传统反应、沉降、排水分时进行的弊端,极大提高了污水处理效率。

[0051] (4)本发明所述的污水处理设备和方法,通过调节清液回流比和氧气源的供气速率,使得富氧水与污水混合后能够达到反应区所需溶解氧浓度,对于切换厌氧、好氧或缺氧不同条件下的污水处理,操作更加便利。

附图说明

[0052] 图1为本发明所述的无泡供氧生物法污水处理工艺流程示意图。

[0053] 图2为本发明所述无泡供氧生物法污水处理工艺中生物反应器俯视图。

[0054] 图3为本发明中所述自吸式水力搅拌器的主视图。

[0055] 图4为本发明中所述自吸式水力搅拌器的侧视图。

[0056] 图5为本发明中所述自吸式水力搅拌器的剖面图。

[0057] 图6为实施例2中所述升液管的结构示意图。

[0058] 图7为实施例2中所述生物反应器的结构示意图。

[0059] 图8为实施例3中所述生物反应器的结构示意图。

[0060] 其中,1、生物反应器,100、反应区,110、自吸式水力搅拌器,111、入射段,112、混合段,113、收缩段,114、扩散段,115、自吸口,116、渐缩段;120、隔板,130、升液管,131、直管段,132、弯管段,140、污水进口,150、布水器,160、降液管,170、排泥口,180、污泥循环进口;200、储气腔,210、腔体侧壁,220、腔体底面,230、排气口,240、第一排气阀,250、气提管;

[0061] 300、污泥沉降区,310、污泥循环出口,400、泥水分离模块,500、清液区,510、清液出口,520、溢流槽,521、水平板,522、斜板;

[0062] 2、中空纤维膜组件,201、清液进口,202、富氧水出口,203、氧气进口,204、第二排气口,3、混合器,301、第一进口,302、第二进口,303、出水口,4、氧气源,5、集水池,6、污水池,7、污泥池,8、空气压缩机。

具体实施方式

[0063] 下面将结合具体实施例对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述

的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。

[0064] 实施例1

[0065] 参考图1至图2，本实施例提供一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备，包括生物反应器1、中空纤维膜组件2、混合器3、氧气源4、集水池5和污水池6，其中，

[0066] 所述生物反应器1内设有反应区100以及设于反应区100上方中部的储气腔200，所述储气腔200由腔体侧壁210、腔体底面220和生物反应器的顶面包围形成，所述储气腔200内的所述生物反应器1的顶面设有排气口230，所述排气口230外接有出气管道，所述出气管道上安装有第一排气阀240；

[0067] 所述反应区100和储气腔200外侧的所述生物反应器1内从下至上还设有污泥沉降区300、泥水分离模块400和清液区500，所述泥水分离模块400将所述污泥沉降区300和清液区500隔开，所述反应区100的顶端设有用于隔开所述污泥沉降区300和反应区100的隔板120，所述隔板120上设有至少一根连通所述反应区100上部和污泥沉降区300的升液管130；所述储气腔200内设有至少一根连通至所述反应区100上部和储气腔200中上部的气提管250，所述气提管250底端进口的水平高度高于所述升液管130的底端进口；所述清液区500的侧壁上设有清液出口510，所述反应区100内的下部周向分布有若干个自吸式水力搅拌器110；

[0068] 所述中空纤维膜组件2的上下两侧开设的进水口和出水口分别为清液进口201和富氧水出口202，左右两侧分别开设有氧气进口203和第二排气口204，所述混合器3上开设有第一进口301、第二进口302和出水口303；所述集水池5的进口和所述中空纤维膜组件2的清液进口201均连接至所述清液出口510，所述中空纤维膜组件2的氧气进口203通过进气管道连接至氧气源4；所述混合器3的第一进口301和第二进口302分别连接至所述中空纤维膜组件2的富氧水出口202和污水池6；

[0069] 所述反应区100底部的侧壁上开设有污水进口140，所述污水进口140外侧端连接至混合器3的出水口303，内侧端连接至所述自吸式水力搅拌器110的底部进液端；所述反应区100内盛装有活性污泥，所述反应区100的底端开设有排泥口170。本实施例中，所述反应区100的底部优选为漏斗形，便于污泥的排出。

[0070] 所述自吸式水力搅拌器110的下方还设有布水器150，所述布水器150的进水口连接至所述污水进口140，所述布水器150的出水口连接至每个所述自吸式水力搅拌器110的进液端。

[0071] 所述反应区100的中部设有降液管160，所述降液管160的底端竖直向下延伸至所述自吸式水力搅拌器110的上方，顶端连通至所述储气腔200的底部。

[0072] 如图3-5所示，所述自吸式水力搅拌器110包括从下至上依次设置的入射段111、混合段112、收缩段113和扩散段114，所述混合段112的外侧壁上开设有至少一个自吸口115，经所述入射段111进入的流体和经所述自吸口115吸入的流体在所述混合段112混合后，经所述扩散段114顶部的喷射口喷射出。

[0073] 所述入射段111长度L1、混合段112长度L2、收缩段113长度L3以及扩散段114长度L4分别和所述水力搅拌器的总长度L之间存在如下关系：L1/L＝0.35～0.43，L2/L＝0.17～0.25，L3/L＝0.04～0.08，L4/L＝0.2～0.32；所述收缩段113的宽度d大于所述收缩段113的长度L3。

[0074] 所述入射段111的内侧端为向所述混合段内延伸的渐缩段116，所述渐缩段116为圆台形，其外侧壁和竖直方向的夹角β＝10°～32°。

[0075] 如图1所示，所述污泥沉降区300的底部侧壁上还设有污泥循环出口310，所述反应区100中部的侧壁上设有污泥循环进口180，所述污泥循环出口310和污泥循环进口180经所述生物反应器1外部的管道相连接，所述污泥循环进口180的高度高于所述自吸式水力搅拌器110的顶端喷射口。

[0076] 所述储气腔200的腔体底面220的水平高度低于所述泥水分离模块400的底面，所述气提管250的下端穿过所述污泥沉降区300伸入到反应区100的上部，所述隔板120的内侧端连接至所述储气腔200的底端或所述降液管160的上部，所述隔板120的外侧端由内向外向下倾斜连接至所述生物反应器1的内侧壁。

[0077] 所述泥水分离模块400采用介质颗粒过滤填料，所述介质颗粒过滤填料包括石英砂、石榴石或蛇纹石中的一种或多种，所述介质颗粒过滤填料的尺寸为0.5～2mm。

[0078] 进一步地，沿所述清液区500的内侧壁设有溢流槽520，所述溢流槽520由相互连接的水平板521和斜板522构成，所述水平板521的外侧端连接至所述清液出口510下方的所述生物反应器1的内侧壁，所述斜板522的底端连接至所述水平板521的内侧端，所述斜板522和水平板521呈50°～80°的夹角。

[0079] 本实施例中，所述中空纤维膜组件2的出气口204外接有排气管道205，所述排气管道205上设有连接至所述进气管道的排气支管206，用于将氧气回流至中空纤维膜组件2内；所述排气管道205和排气支管206上均设有气阀，用于调控气体的排出。当氧气源为空气时，经过出气口204排出的空气直接经排气管道205排出至环境中即可；当氧气源为纯氧时，经所述出气口204排出的氧气通过排气支管206循环至所述中空纤维膜组件2内，从而减少氧气的浪费。

[0080] 进一步地，所述自吸式水力搅拌器110和布水器150之间还设有备用曝气器190，所述备用曝气器的进气口连接至气源，所述气源独立设置或共用连接至所述中空纤维膜组件2的氧气源4。本实施例中，所述备用曝气器190连接至生物反应器1外侧的空气压缩机8或鼓风机。需要说明的是，在污水处理正常使用时，所述备用曝气器无需打开。

[0081] 本实施例中，所述排泥口170通过排泥管道连接至污泥池7，所述排泥管道上设有排泥阀和排泥泵。

[0082] 本发明还提供一种基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理方法，使用上述污水处理设备进行污水处理，包括如下步骤：

[0083] (1)在污水泵的作用下，污水从污水池6经混合器3与来自中空纤维膜组件2的富氧水充分混合后通过污水进口140进入生物反应器1内，经过自吸式水力搅拌器110时，在压力差的作用下通过自吸式水力搅拌器110的自吸口115被自吸进入自吸式水力搅拌器110内反应区100内的污水与经管道输送至自吸式水里搅拌器110内的污水混合后从顶部的喷射口喷出；

[0084] (2)经过所述自吸式水力搅拌器110持续向反应区100内进污水，反应区100内的活性污泥在好氧、厌氧或缺氧环境下对污水中的污染物进行降解；同时，生物降解产生的废气经气提管250进入储气腔200，通过调控第一排气阀240，将储气腔200内的废气排出，并控制储气腔200内气压，将反应区100内液位控制在升液管130底端进口和气提管250底端进口之

间；

[0085] (3)经过步骤(2)生物降解后的污水随着反应区100内液位的逐渐上升，从升液管130进入污泥沉降区300，再经过泥水分离模块400后，活性污泥向下沉降，沉积在隔板120上；清液到达清液区500内，通过清液出口510排出；

[0086] (4)经过步骤(3)外排的清液通过阀门控制一部分排到集水池5，一部分经回流进液口201回流至所述中空纤维膜组件2内；

[0087] (5)纯氧或空气从氧气源4经氧气进气口203进入中空纤维膜组件2内，在中空纤维膜组件2内溶于步骤(4)中进入所述中空纤维膜组件2内的清液，富含溶解氧的富氧水从富氧水出口202排出后进入到混合器3内，继续和进入混合器3内的污水进行充分混合后输送至生物反应器1内进行处理；该过程中，若气源为纯氧，在中空纤维膜组件2中尚未溶解到清液中的氧气从第二出气口204排出后，经所述氧气进气口203回流至所述中空纤维膜组件2内。

[0088] (6)经过步骤(3)沉积在隔板120上的污泥，使用污泥循环泵从污泥循环出口310抽出后打回到污泥循环进口180，进入反应区100，并在自吸式水力搅拌器110的喷射作用下均匀分散；活性污泥达到泥龄后会死亡并沉积在反应区100底部成为死泥，死泥定期从排泥口170排出到污泥池7。

[0089] 本发明中所述的污水处理设备上，各连通管道上均设有调节阀门。

[0090] 实施例2

[0091] 如图6-7所示，本实施例中的污水处理设备，和实施例1相比，区别在于：本发明中，所述升液管130优选为升液弯管，包括上方的直管段131和下方的弯管段132，所述直管段131的顶部伸入至所述污泥沉降区300，所述弯管段132的底部伸入至所述反应区100的上部，所述弯管段132的圆心角为60°～80°。

[0092] 实施例3

[0093] 如图8所示，本实施例中的污水处理设备，和实施例1相比，区别在于：所述储气腔的腔体底面220的水平高度高于所述泥水分离模块400，所述气提管250的下端穿过所述泥水分离模块400和污泥沉降区300伸入至所述反应区100上部；所述隔板120的内侧端连接至所述降液管160的上部，所述隔板120的外侧端由内向外向下倾斜连接至所述生物反应器1的内侧壁。

[0094] 实施例4

[0095] 采用实施例1所述的基于水力搅拌的无泡供氧生物法污水处理设备和处理方法对污水进行处理，备用曝气装置不开启。本实施例中，生物反应器1高度为1.8m，直径为400mm，处理量为50L/h；所述反应区100的底部周向均布有3个自吸式水力搅拌器，且每个自吸式水力搅拌器的总长度L＝210mm，其各段参数分别为L1＝85.6mm，L2＝43.2mm，L3＝11.8mm，L4＝69.4mm，d＝17.2mm，β＝14.3°，每个自吸式水力搅拌器的混合段的侧壁上对称开设有一对自吸口115。所述隔板120的两侧对称设有一对升液管130，所述储气腔200内对称设有两对竖直的气提管250。

[0096] 对照组1中的污水处理设备，和上述污水处理设备区别在于，采用普通机械曝气进行供氧，没有自吸式水力搅拌装置、中空纤维膜组件和混合器。

[0097] 在未加活性污泥、相同供气量情况下，采用本发明所述的污水处理设备，其反应区

内溶解氧从0达到饱和所需时间为10分钟，对照组1的反应区则需要38分钟，溶氧速率提高了2.8倍。

[0098] 在进口流量相同的条件下，采用好氧活性污泥处理污水，并记录采用上述两套设备稳定运行若干天后，测量污水池和集水池中BOD_5浓度，结果记录在表1。

[0099] 表1 BOD_5去除率及能耗

[0100]

实验组	进口 BOD_5 浓度（mg/L）	出口 BOD_5 浓度（mg/L）	去除率	日耗电量（kWh）	比能耗 kg BOD_5/kwh	效能
实施例 4	308	81	73.7%	48	4.72	提高 4.3 倍
对照组 1	308	113	63.3%	218	0.89	

[0101] 从表1的结果可以看出，在污水源污水进口BOD_5浓度相同的条件下，本实施例中采用本发明的污水处理设备处理后的清液BOD_5浓度明显低于对照组1，其对BOD_5的去除效率明显高于对比例，且单位能耗所能降解的BOD_5(比能耗)提高了4.3倍。

[0102] 实施例5

[0103] 分别采用和实施例4相同的污水处理设备和工艺流程，采用用好氧活性污泥处理污水，并记录稳定运行若干天后，测量污水池、集水池中COD浓度，结果记录在表2。

[0104] 对照组2采用和对照组1相同的污水处理设备，污水水质及微生物浓度和实施例5相同，在进口流量相同的条件下，同样记录该装置稳定运行若干天后，污水池和集水池中COD浓度，并和实施例5的结果进行对比，结果记录在表2。

[0105] 表2进出口COD浓度及去除率

[0106]

实验组	进口 COD 浓度(mg/L)	出口 COD 浓度（mg/L）	去除率	日耗电量（kWh）	比能耗 kgCOD_5/kwh	效能
实施例 5	524	102	80.5%	32	13.19	提高 5.2 倍
对照组 2	524	149	71.6%	177	2.12	

[0107] 从表2的结果可以看出，在污水源COD浓度相同的条件下，采用本发明的污水处理设备处理后的清液COD浓度明显低于对比例，其对COD的去除效率明显高于对比例，且单位能耗所能降解的COD(比能耗)提高了5.2倍。

[0108] 综上所述，本发明以中空纤维膜组件实现高效溶氧，以自吸式水力搅拌器作为水力驱动，实现对活性污泥的无泡供氧、泥水均匀混合，具有溶氧效率高、处理效果好、占地面积小，且能耗低等优点。在实际生产中，应用本发明所提高的污水处理装置及方法，其污水处理效率明显提高，且成本将大幅降低。

[0109] 以上对本发明的具体实施例进行了详细描述，但其只作为范例，本发明并不限制于以上描述的具体实施例。对于本领域技术人员而言，任何对该实用进行的等同修改和替代也都在本发明的范畴之中。因此，在不脱离本发明的精神和范围下所作的均等变换和修改，都应涵盖在本发明的范围内。

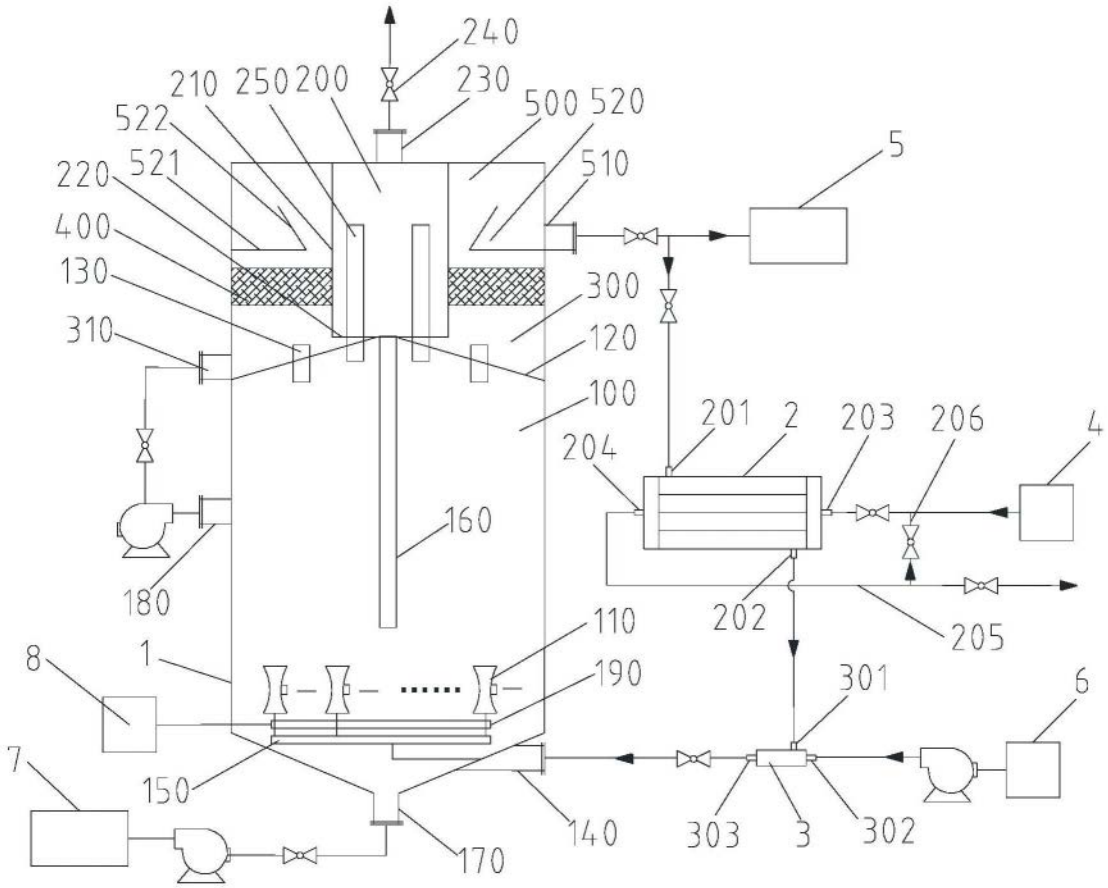

240
210
250
200
230
500
520
522
521
510
5
220
400
130
300
310
120
100
201
2
203
206
4
204
160
180
202
205
110
8
1
190
301
6
7
150
140
303
3
302
170

图1

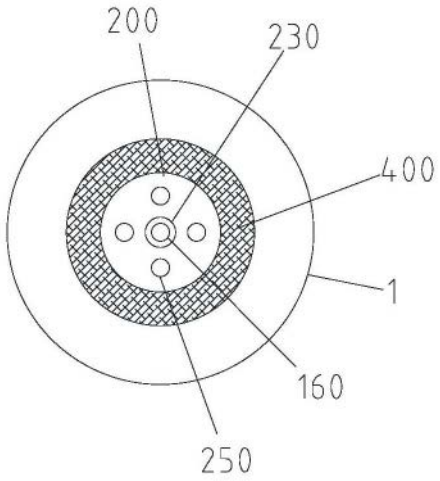

200
230
400
1
160
250

图2

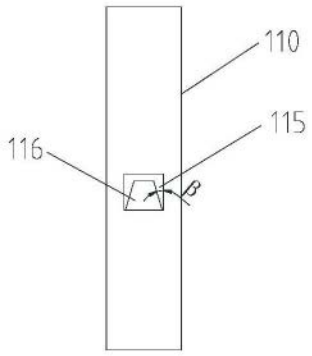


图3

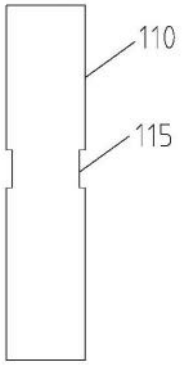


图4

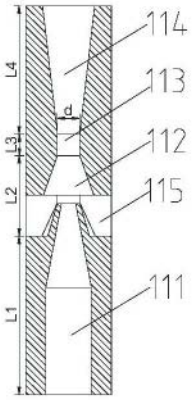


图5

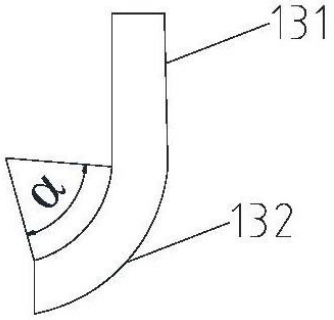

131
α
132

图6

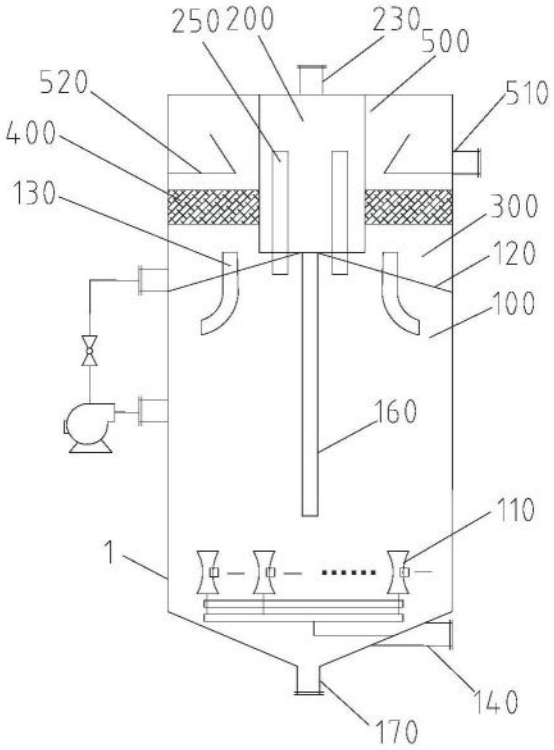

250
200
230
500
520
510
400
130
300
120
100
160
110
1
140
170

图7

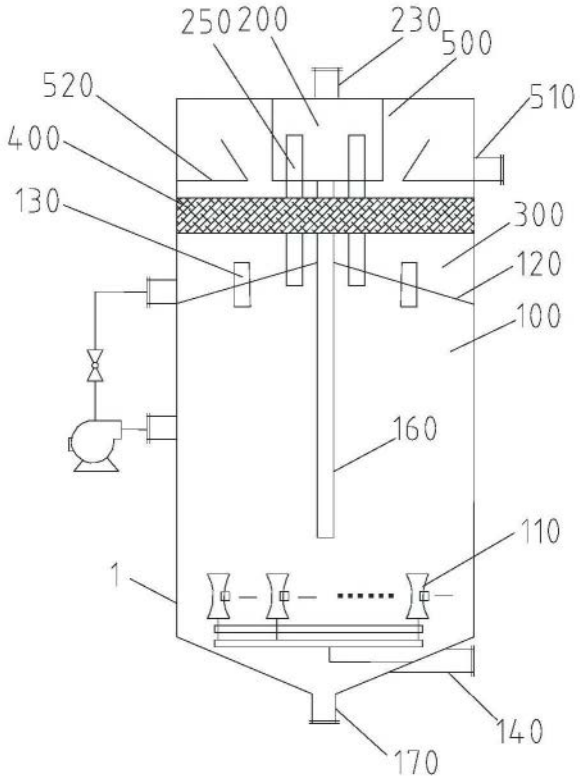


图8