



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110862157 A

(43)申请公布日 2020.03.06

(21)申请号 201911210807.7

(22)申请日 2019.12.02

(71)申请人 浙江工业大学

地址 310014 浙江省杭州市下城区朝晖六
区潮王路18号

(72)发明人 周佳恒 叶凯强 卢昊昱 任清
方璟元 陈天翔

(74)专利代理机构 杭州斯可睿专利事务有限
公司 33241

代理人 王利强

(51)Int.Cl.

C02F 7/00(2006.01)

C02F 3/02(2006.01)

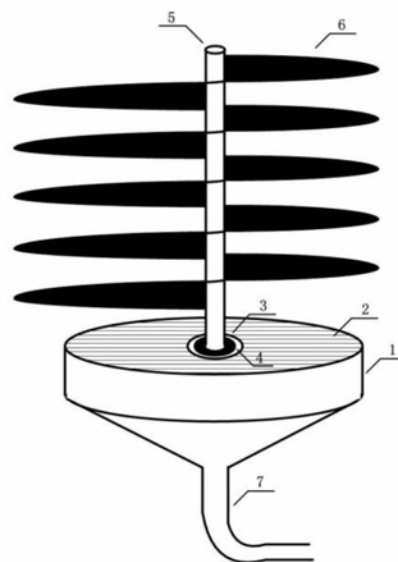
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于自旋转强化二次流的曝气装置

(57)摘要

一种基于自旋转强化二次流的曝气装置,所述曝气装置包括曝气盘、旋转单元和搅拌桨叶,所述曝气盘位于底部,所述曝气盘上安装旋转单元,所述旋转单元的旋转轴上安装所述搅拌桨叶。所述曝气盘包括曝气盘主体和曝气盘膜片,所述曝气盘主体的上部设有敞口,所述曝气盘膜片固定在所述敞口上,所述曝气盘主体的下部与管道连接,所述管道与压缩空气源连通。利用气泡上升驱动桨叶旋转形成二次流,抑制死区产生;同时延长气泡停留时间,提高曝气效率。本发明提供了一种抑制底部死区、提高曝气效率、实施简单快捷、成本低的基于自旋转强化二次流的曝气装置。



1. 一种基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述曝气装置包括曝气盘、旋转单元和搅拌桨叶,所述曝气盘位于底部,所述曝气盘上安装旋转单元,所述旋转单元的旋转轴上安装所述搅拌桨叶。

2. 如权利要求1所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述曝气盘包括曝气盘主体和曝气盘膜片,所述曝气盘主体的上部设有敞口,所述曝气盘膜片固定在所述敞口上,所述曝气盘主体的下部与管道连接,所述管道与压缩空气源连通。

3. 如权利要求2所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,曝气盘膜片为微孔曝气盘。

4. 如权利要求1~3之一所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述旋转单元包括旋转轴承座和旋转轴,所述曝气盘上设有旋转轴承座孔,所述旋转轴承座安装在所述旋转轴承座孔内,所述旋转轴安装在所述旋转轴承座内。

5. 如权利要求1~3之一所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述旋转轴轴承座固定在曝气盘内的肋条上。

6. 如权利要求1~3之一所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述搅拌桨叶为螺旋叶片式桨叶。

7. 如权利要求2所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述曝气盘膜片为用EPDM橡胶、硅橡胶或低增塑性EPDM橡胶材料,所述曝气盘主体结构采用ABS工程塑料。

8. 如权利要求1~3之一所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述曝气盘直径为250~400mm,高度为150mm~300mm;所述旋转轴承座孔内径为20~50mm,孔深为50~100mm,旋转轴承座孔内径等于旋转轴承座外径,旋转轴承座孔深不小于旋转轴承座高度;所述旋转轴采用圆柱状空心不锈钢轴,直径为15~30mm,长度为400~800mm;旋转轴承座采用滚动轴承,旋转轴承座内径等于旋转轴直径,外径20~50mm,高度为50~100mm。

9. 如权利要求5所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述肋条材质为ABS工程塑料,肋条为圆柱形,直径为20~30mm。

10. 如权利要求1~3之一所述的基于自旋转强化二次流的曝气装置,其特征在于,所述搅拌桨叶采用螺旋叶片式桨叶,螺旋叶片直径为350~600mm,螺旋叶片式桨叶导程为100~200mm,桨叶材质为ABS树脂粉末。

一种基于自旋转强化二次流的曝气装置

技术领域

[0001] 本发明属于污水处理技术领域,涉及一种二次流强化水力搅拌的曝气装置。

背景技术

[0002] 随着我国环境污染状况日趋严峻,国家对污水处理厂的排放要求也越来越严格。近年来,国家和各地政府陆续出台了一系列新污水处理厂尾水排放标准,对污水处理厂提出了更高的要求,迫使污水处理厂投入资金进行设施的提标改造和操作参数的优化。

[0003] 在污水处理过程中,曝气是废水好氧生物处理工艺的基本单元,也是动力消耗的主要环节,其可占动力成本的50%以上。曝气通过鼓风机将空气通入曝气装置,通过微孔曝气膜将空气以小气泡的形式鼓入水中。曝气产生的气泡具有促进流场均质化和增加水中溶解氧两个作用。

[0004] (1) 促进流场均质化

[0005] 曝气产生的气泡受浮力作用在向上运动,在运动过程中,气泡带动水流一起运动,水流运动进而带动污泥协同运行,从而产生气-液-固(污泥)三相间的速度梯度,形成水力扰动和剪切。这种由气泡运动产生的水力扰动有效促进了反应单元中气-液-固(污泥)的混合,使得溶解氧、有机物及微生物之间充分接触,促进污染物的传质及均匀分布,从而提高好氧反应单元中的污染物降解效率。但现有研究发现,好氧反应单元的底部常由于水力扰动不足而存在死区,造成污染物的混合不均匀及污泥沉降堆积,影响反应单元的运行效率。现有工艺主要通过增加曝气强度来提高气泡升流速度,从而提高气-液-固(污泥)三相间的速度梯度增加水力扰动避免死区产生,但这种方式大大增加了运行成本。

[0006] (2) 增加水中溶解氧含量

[0007] 在好氧过程中,微生物新陈代谢消耗水中溶解氧,因此需要向生化池中补充溶解氧以维持好氧环境。曝气产生的气泡在上浮过程中通过气-水液膜传质,将氧气供给至水中,为微生物提供所需的溶解氧。提高曝气中的氧传质效率对反应器单元的充氧效率,以及降低运行能耗具有重要意义。

[0008] 研究表明,氧传质效果受温度、气泡大小、曝气强度影响明显。研究表明氧传质效率随温度升高而增加,其原因在于温度变化影响微气泡界面的表面张力,从而影响了气泡内压等特性。气泡尺寸的减小增加了比表面积,有助于提高气泡曝气的氧传质速率。同时,小气泡上升速度降低,延长了气泡在反应器中的停留时间,使得氧气的传质更加充分。增加曝气强度也能提高传质效率,原因在于氧的总传递系数随曝气强度的增加而线性提高。

[0009] 在实际操作中,目前常见的增加曝气氧传质的途径是提高曝气强度,但这种方式大大增加了运行成本。综上,开发一种提高氧传质效率,且使反应单元底部气-液-固三相混合更均匀的曝气装置具有提高污染物降解效率、降低运行能耗的双重意义。

[0010] 已有研究表明,合理优化流场和提高曝气效率对污水处理厂污染物降解效率及节能降耗具有重要意义。现有工艺通常采用增加曝气强度的方式增加水力扰动,虽然在一定程度上提高了流场均质化,且增加了溶解氧含量,但这种方式大大增加了运行成本。

发明内容

[0011] 为了克服已有技术的不足,本发明提供了一种增加溶解氧传质效率、提高曝气效率、实施简单快捷、成本低的基于自旋转强化二次流的曝气装置。

[0012] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0013] 一种基于自旋转强化二次流的曝气装置,所述曝气装置包括曝气盘、旋转单元和搅拌桨叶,所述曝气盘位于底部,所述曝气盘上安装旋转单元,所述旋转单元的旋转轴上安装所述搅拌桨叶。

[0014] 进一步,所述曝气盘包括曝气盘主体和曝气盘膜片,所述曝气盘主体的上部设有敞口,所述曝气盘膜片固定在所述敞口上,所述曝气盘主体的下部与管道连接,所述管道与压缩空气源连通。

[0015] 优选的,曝气盘膜片为微孔曝气盘。

[0016] 再进一步,所述旋转单元包括旋转轴承座和旋转轴,所述曝气盘上设有旋转轴承座孔,所述旋转轴承座安装在所述旋转轴承座孔内,所述旋转轴安装在所述旋转轴承座内。

[0017] 更进一步,所述旋转轴轴承座固定在曝气盘内的肋条上。

[0018] 所述搅拌桨叶为螺旋叶片式桨叶。

[0019] 所述曝气盘膜片为用EPDM橡胶、硅橡胶或低增塑性EPDM橡胶材料,所述曝气盘主体结构采用ABS工程塑料。

[0020] 所述曝气盘直径为250~400mm,高度为150mm~300mm;所述旋转轴承座孔内径为20~50mm,孔深为50~100mm,旋转轴承座孔内径等于旋转轴承座外径,旋转轴承座孔深不小于旋转轴承座高度;所述旋转轴采用圆柱状空心不锈钢轴,直径为15~30mm,长度为400~800mm;旋转轴承座采用滚动轴承,旋转轴承座内径等于旋转轴直径,外径20~50mm,高度为50~100mm。

[0021] 所述肋条材质为ABS工程塑料,肋条为圆柱形,直径为20~30mm。

[0022] 所述搅拌桨叶采用螺旋叶片式桨叶,螺旋叶片直径为350~600mm,螺旋叶片式桨叶导程为100~200mm,桨叶材质为ABS树脂粉末。

[0023] 本发明的技术构思为:已有研究指出增加气泡在反应器中的停留时间可使氧气在气-水液膜的传质交换更加充分,对提高充氧效率具有重要意义。同时,增加水力扰动可以避免反应单元底部死区的产生,优化流场分布。本发明的技术构思是通过增加气泡上升过程中的行径路线来延长气泡在水中的停留时间,提高充氧效率。同时通过强化二次流的产生,优化反应单元底部流场分布,避免产生死区,促进反应单元底部流场均质化。

[0024] 专利前期基于高速摄像技术及水力学模拟(Flow 3D)发现,曝气产生的气泡受浮力作用在向上运动,在运动过程中,气泡带动水流和污泥一起运动。气泡带动水流上升过程中产生向上的推力,可用来转化为二次流的动力。由此,发明基于设备建模和水力学模拟(Flow 3D),设计了一种基于自旋转强化二次流的曝气装置。它包括底部曝气盘,连接在曝气盘上的旋转轴,以及连接在旋转轴上的串联桨叶。利用气泡上升推力驱动串联桨叶旋转,形成二次流,优化流场分布,抑制底部死区产生;同时气泡通过串联桨叶呈螺旋上行,大大增加了气泡上升路径,使得气泡在水中的停留时间得以延长,提高了曝气效率,有利于反应器曝气能耗的降低。本发明通过优化了好氧生物反应单元中溶解氧及流态分布,能促进好氧反应器污染物的高效降解,实施简单快捷、无需额外动力,成本低。

[0025] 该曝气装置包括底部曝气盘,连接在曝气盘上的旋转轴,以及连接在旋转轴上的串联桨叶。利用气泡上升推力驱动桨叶旋转,其形成的二次流增强了反应单元底部的水力搅拌,优化流场分布并抑制死区产生,使得气-液-固三相的混合更加均匀,从而提高好氧反应单元容积利用率和污染物降解效率;同时串联桨叶增加了气泡上升路径,使得气-水两相接触时间延长,增加了溶解氧传质效率,提高了曝气效率。本发明实施简单快捷、成本低,在强化好氧反应单元容积利用率和污染物降解效率的同时提高了曝气效率,降低了运行能耗,具有良好的经济性和实用性

[0026] 本发明的有益效果主要表现在:利用气泡上升推力驱动曝气盘上的串联桨叶旋转,具有两方面的有益效果:一方面桨叶旋转产生二次流,对反应单元底部产生搅拌作用,抑制底部死区产生,使得污染物分布更加均匀,从而提高好氧反应单元容积利用率和污染物降解效率;另一方面,气泡沿桨叶螺旋升过程中上增加了其在水中的停留时间,增加了溶解氧传质效率,提高了曝气效率。本发明在提高反应单元污染物降解效率的同时优化了曝气充氧效率,降低了运行能耗,具有良好的经济性和实用性,且实施简单快捷,成本低。

附图说明

[0027] 图1是一种基于自旋转强化二次流的曝气装置结构图。

[0028] 图2是曝气盘的放大图。

[0029] 图3是基于自旋转强化二次流的曝气装置运行示意图。

[0030] 图4是装置示意运行详图。

[0031] 图5是常规曝气装置运行流场图。

[0032] 图6是本发明的运行流场图。

[0033] 图7是常规曝气装置与发明曝气装置氧充氧速率比较图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0035] 参照图1~图7,一种基于自旋转强化二次流的曝气装置(图1),包括曝气盘、旋转单元及搅拌桨叶,其用于好氧生物处理单元,通过优化曝气及流态分布,提高污染物处理效率。曝气盘可分为曝气盘主体1和曝气盘膜片2。曝气盘膜片2为微孔曝气盘,采用EPDM橡胶。曝气盘主体1采用ABS工程塑料。曝气盘直径为250mm,高度为150mm。曝气盘中心设置旋转轴承座孔3,用于固定安装旋转轴承座4。旋转轴承座孔3内径为20mm,孔深为50mm。旋转轴承座4外径为20mm,内径15mm,高50mm。旋转轴承座4用于固定旋转轴5,使其可以在曝气盘上自由旋转。旋转轴5采用圆柱状空心不锈钢轴,直径为15mm,长度为600mm。搅拌桨叶采用螺旋叶片式桨叶6,螺旋叶片直径为350mm。螺旋叶片式桨叶6导程为150mm。桨叶材质为ABS树脂粉末。螺旋叶片式桨叶6通过螺栓与旋转轴5固定连接,保证同步转动。压缩空气通过管道7鼓入曝气装置。

[0036] 如图2所示,曝气盘膜片12从曝气盘主体11上拆下后,可见曝气盘旋转轴承座孔13通过4根肋条14与曝气盘主体11连接固定。肋条材质为ABS工程塑料等,肋条为圆柱形,直径为20mm。运行时,空气由鼓风机压缩后,通过管道15进入曝气装置,通过曝气盘12形成微孔气泡上升。气泡沿搅拌桨叶行程上升,运动过程中推动搅拌桨叶转动,在反应单元底部搅拌

形成二次流(图3,4)。

[0037] 运行时,由鼓风机压缩进入曝气装置的空气,通过曝气盘形成微孔气泡上升。气泡沿搅拌桨叶行程上升,运动过程中推动搅拌桨叶转动,进而搅拌形成二次流。本发明所述的好氧生物处理单元,其水深为2.0~4.0米,曝气装置布置密度 $0.25\sim0.55\text{m}^2/\text{个}$,单个曝气装置的曝气强度为 $1.5\sim3.0\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0038] 采用Flow 3D对常规曝气装置及本发明曝气装置进行流场模拟比对(图5,6),反应单元的水深设定为2.5米,长宽为 $20*15$ 米,曝气装置布置密度 $0.25\text{m}^2/\text{个}$,单个曝气装置的曝气强度采用 $1.5\text{m}^3/\text{h}$ 。结果表明,采用常规曝气装置时,流体受气泡上行夹带作用上升,带动水流向上运动,此后气泡溢出水面。水流到达水面后下行至池底,并再次受气泡夹带上行,在曝气装置两侧形成对称分布的环流。但在采用常规曝气装置时,下行至池底处的水流流速降低,导致在反应单元底部出现混合不均甚至出现死区,影响物质混合及流场的均质化(图5)。

[0039] 而对一种基于自旋转强化二次流的曝气装置流场分析发现,气泡沿搅拌桨叶行程螺旋上升,在上升过程中推动叶轮旋转。叶轮旋转进一步带动流体运动,在曝气装置两侧形成二次流,加强了下行至池底处的水流流速(图6)。反应单元底部的水流速度增加,强化了反应单元底部的物质混合和反应过程,有效抑制了死区的形成。

[0040] 实验同时对常规曝气装置及本发明曝气装置曝气设备的充氧效率进行比较分析(图7)。工程上通常采用实验测定氧的总传递系数 K_{La} 来评价曝气设备的供氧能力, K_{La} 越高表明充氧的效率越高。通过向溶解氧含量为零的反应单元曝气,直至溶解氧升高到接近饱和水平,记录水中溶解氧的变化,可测得不同曝气装置的充氧效率。具体为:

[0041] $\ln(C_s-C) = -K_{La}*t + \text{常数}$

[0042] K_{La} —氧的总转递系数(1/h)

[0043] C_s —试验条件下自来水(或污水)的溶解氧饱和浓度(mg/L);

[0044] C —相应于某一时刻 t 的溶解氧含量(mg/L)

[0045] 通过试验测得 C_s 和相应于每一时刻 t 的溶解氧 C 值后,绘制 $\ln(C_s-C)$ 与时间 t 的关系曲线,通过线性回归拟合,其斜率即 K_{La} 。

[0046] 实验对常规曝气装置及本发明曝气装置曝气设备的充氧效率比较发现,由于常规曝气装置中气泡在产生后迅速上升并释放出水体,其氧气传质效率较低。由图7的溶解氧曲线拟合可见,常规曝气装置 K_{La} 为0.423左右。而在本发明曝气装置曝气设备中,气泡沿搅拌桨叶行程螺旋上升,其与水体接触的时间得以延长,使得溶解氧传质效率提高,其 K_{La} 可达0.596,是常规曝气装置的1.4倍,具有更好的曝气设备的供氧能力和动力效率,进而降低了运行成本。

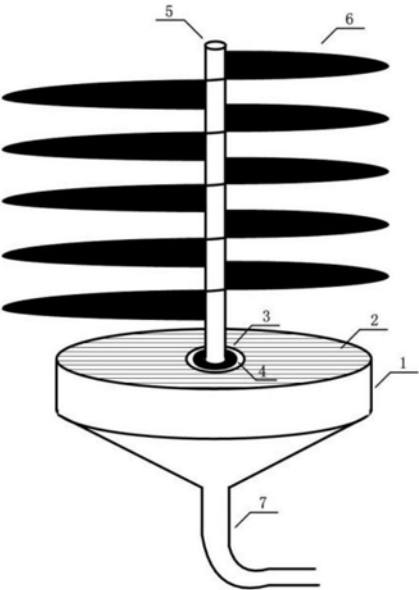


图1

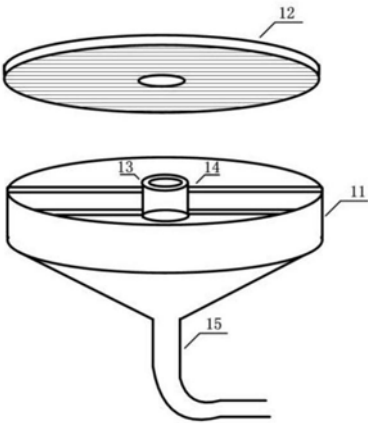


图2

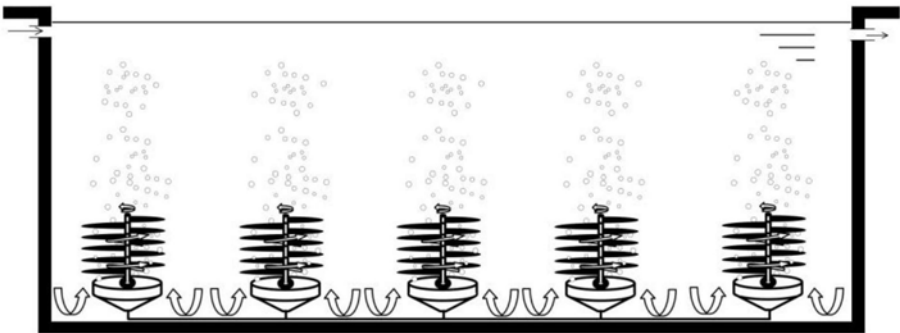


图3

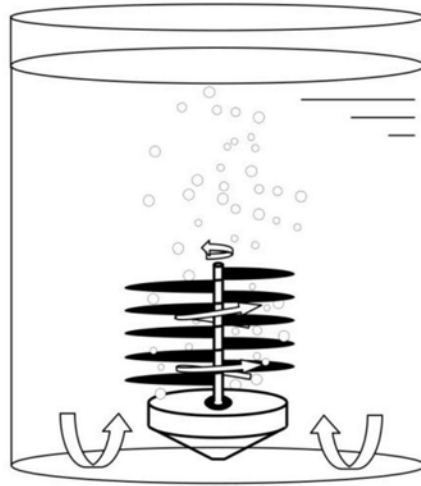


图4

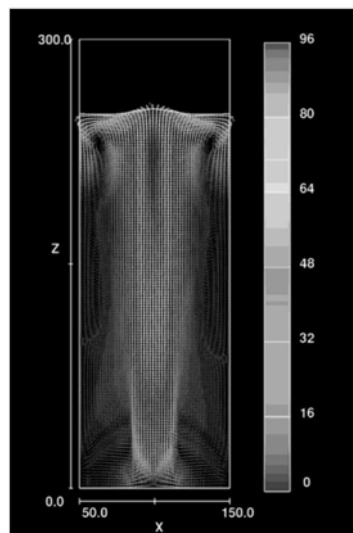


图5

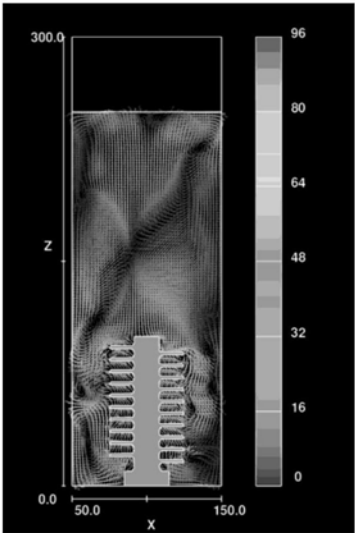


图6

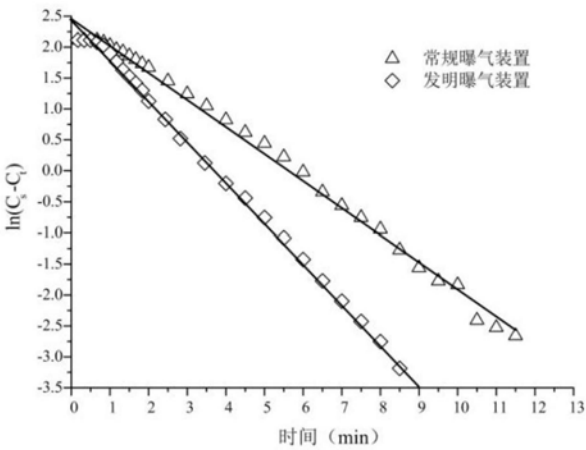


图7