

# 可提式微孔曝气器在油脂加工行业污水处理中的应用

吴东兴,黄婉光,詹亚名,钱 勋

(中粮(东莞)粮油工业有限公司,广东 东莞 523145)

**摘要:**曝气器是污水处理好氧池工段的核心设备之一,其通过控制好氧池溶解氧的浓度,使好氧微生物高效分解污水中的有机物,达到净水的目的。通过分析常见曝气器的特点及曝气器安装方式的优缺点,并结合油脂加工行业污水具有高含油、高化学需氧量的特点,选择安装方式为池面悬挂可提升式,曝气器为硅橡胶管式微孔曝气器的组合即可提式微孔曝气器作为油脂加工企业污水处理曝气器,将其应用于某粮油加工企业污水曝气系统的升级改造中,具有污水处理效果稳定、运行成本降低、设备故障率较低、维修便捷、曝气效率高等优势。可提式微孔曝气器在油脂加工行业污水处理工艺中具有较大的应用优势。

**关键词:**微孔曝气器;油脂加工行业;可提式;AO工艺;污水处理

中图分类号:TS228;X785

文献标识码:B

文章编号:1003-7969(2024)03-0144-04

## Application of lifting microporous aerator in sewage treatment of oil processing industry

WU Dongxing, HUANG Wanguang, ZHAN Yaming, QIAN Xun

(COFCO (Dongguan) Grain and Oil Industry Co., Ltd., Dongguan 523145, Guangdong, China)

**Abstract:** Aerator is one of the core equipment of the aerobic tank section of sewage treatment, which controls the concentration of dissolved oxygen in the aerobic tank to ensure that the aerobic microorganisms efficiently decompose the organic matter in the sewage to achieve the purpose of water purification. By analyzing the characteristics of the common aerator and the advantages and disadvantages of the aerator installation methods, and combined with the high oil content, high chemical oxygen demand characteristics in sewage of oil processing industry, lifting microporous aerator with the combination of pool surface suspension liftable installation and silicone rubber tubular microporous aerator was chosen as a sewage treatment aerator in oil processing enterprises. There were some advantages such as stable sewage treatment effect, low operating costs, low equipment failure rate, convenient maintenance, high aeration efficiency and so on when the lifting microporous aerator was used in the upgrade and transformation of sewage aeration system in a grain and oil processing enterprise. The lifting microporous aerator has significant application advantages in the sewage treatment process of oil processing industry.

**Key words:** microporous aerator; oil processing industry; lifting type; AO process; sewage treatment

随着现代社会经济的快速发展,国家对生态环境保护越发重视,环保要求越来越严格,企业环保意识也越来越强,对污水的治理投入力度也相应增大。

油脂加工行业的污水处理一般采用“物化+生化”组合工艺进行处理。该组合工艺中,设置好氧池是该类型污水处理工段的重要环节,其不仅提供活性污泥生化反应所需的氧气,还具有搅拌活性污泥使其充分混合,确保生化反应顺利进行的作用<sup>[1]</sup>。由于油脂加工行业污水具有高含油、高化学需氧量的特点,在好氧池工段需要大量且稳定的氧气供给(溶解氧),溶解氧主要通过曝气器提供。作为一种

收稿日期:2022-11-03;修回日期:2023-10-29

作者简介:吴东兴(1978),男,主要从事油厂生产管理与技术研究工作(E-mail) wudongxing@cofco.com。

通信作者:黄婉光,助理工程师(E-mail) huangwanguang@cofco.com。

空气扩散装置,曝气器是污水处理好氧池工段的核心设备之一,其选型的优劣不仅影响污水处理的效果和运行成本,还影响曝气设备投资和维护管理费用<sup>[2]</sup>,因而曝气器选型非常重要。本文论述了好氧池溶解氧(DO)的控制及对曝气器的要求,介绍了曝气器的组成、作用,分析各种曝气器及两种安装方式的优缺点并结合油脂加工行业污水特点,论述了可提式微孔曝气器在油脂加工行业污水处理中的应用优势。

## 1 好氧池溶解氧的控制及对曝气器的要求

### 1.1 DO的控制

油脂加工行业的污水处理好氧池工段生化处理(常采用活性污泥法)过程中,活性污泥中的好氧微生物需要大量DO来进行有氧呼吸以维持生长繁殖活动,微生物在此过程中分解污水中的有机物达到净化水体的目的,好氧池中DO浓度的控制是关键。

(1)当好氧池DO大于5 mg/L,长期高于正常浓度运行时,由于营养物质不足,活性污泥自身氧化,出现老化现象。容易引发污泥絮体发生解絮,导致活性污泥絮体结构变得较为松散,出水中漂浮很多细小的污泥碎片,水质恶化。

(2)当好氧池DO处于2~5 mg/L运行时,活性污泥的絮体结构良好,沉降性能良好,污泥指数(SVI)在80~120,出水清澈透明。

(3)当好氧池DO小于2 mg/L,长期低于正常浓度运行时,活性污泥供氧不足,超负荷运行,则有机污染物过剩,活性污泥沉降效果变差,出水浑浊,污水中的生化需氧量(BOD)难以被完全降解,还可能导致污泥发生解絮,甚至诱发活性污泥丝状菌膨胀,系统崩溃<sup>[3]</sup>。

因此,需保证好氧池DO在合适的浓度范围(2~5 mg/L)内。当受到高浓度、大水量污水波动冲击时,可控制较高的DO浓度,促使有机污染物的有效降解;当水量不足、营养不足时,则应控制相对

较低的DO浓度,降低微生物内源代谢的速率,以避免活性污泥老化及解絮情况的发生,同时也可以降低风机电耗和节约运行成本。

### 1.2 对曝气器的要求

活性污泥法中DO浓度的控制方式有连续式曝气和间歇式曝气2种。在水质水量较为稳定的情况下采用连续式曝气保持DO在最佳浓度范围。油脂加工行业由于车间污水为间歇性排放,造成污水处理系统水量、水质波动较大,通常采用间歇式曝气方式以有效控制DO的浓度范围。2种方式中间歇式曝气方式对曝气头的要求更为严苛。由于频繁的启停操作,曝气头需要具备较好的弹性,以防在停止曝气时污水回流。因此,在曝气器选型上需要根据工艺要求进行配型。

## 2 微孔曝气器的组成及作用

### 2.1 微孔曝气器的组成

微孔曝气器主要由曝气头、曝气管、固定装置、供风设备组成。曝气时,空气由供风设备鼓风到曝气管道输送至曝气头,通过曝气头的微孔被分散成细小的气泡释放到水中。

### 2.2 微孔曝气器的作用

好氧池的DO是通过曝气器输送空气溶解到水中得来,DO的浓度控制主要依靠曝气器的稳定运行保持。曝气效果的好坏直接影响生化处理系统的效率,曝气作用是保障好氧微生物高效处理污水的前提。在活性污泥法中,好氧池通过曝气充分搅拌活性污泥,使得污水与微生物能够充分接触,提高反应效率。因此,曝气器的曝气效果必须均匀分布,避免曝气死区,再通过污泥回流使好氧池水质均匀,抗冲击力强。

## 3 常见的微孔曝气器分类及安装方式

### 3.1 分类

常见的曝气器有陶瓷微孔曝气器、盘式橡胶膜片微孔曝气器、硅橡胶管式微孔曝气器、射流曝气器等,各自的特点具体见表1。

表1 各种曝气器的特点比较

曝气器	适应性	可靠性	优点	缺点
陶瓷微孔曝气器	A/O、A <sup>2</sup> /O等工艺	可酸洗或煅烧再生,使用寿命8~10年	抗腐蚀,抗氧化,不易老化,能适应较为复杂的水质	没有止回功能,容易积垢 <sup>[3]</sup> ,氧利用率一般,造价高
盘式橡胶膜片微孔曝气器	A/O、A <sup>2</sup> /O、生物接触氧化、序批式活性污泥法(SBR)等工艺	使用寿命一般为3~5年,进口膜片可达8~10年	气泡小,亲水性较好,具有止回功能,传氧效率较高 <sup>[4]</sup>	容易老化、撕裂,维修复杂,存在曝气死区,搅拌效果较差
硅橡胶管式微孔曝气器	A/O、A <sup>2</sup> /O、生物接触氧化、SBR等工艺	使用寿命一般为5~8年,进口膜片可达8~10年	搅拌性能好,无曝气死区,不易堵塞,具有止回功能,氧利用率高,可间歇运行,单位服务面积大,综合能耗低,造价较低,维修方便	起始阻力损失较盘式的高
射流曝气器	A/O、A <sup>2</sup> /O等工艺	使用寿命一般为10年以上	搅拌效果好,不易堵塞,寿命长,维修方便	氧利用率低

### 3.2 安装方式

安装方式,各自的优缺点见表2。

曝气器有池底固定式和池面悬挂可提升式2种

表2 曝气器2种安装方式的优缺点

安装方式	优点	缺点
池底固定式	施工简单,安装材料较少,一次性投资低	维修需要停工、排水,维修时间长,污水池底维修作业安全事故风险高
池面悬挂可提升式	检修及维护方便,不需要停工,维修作业效率高,不影响生产	池体跨度大时需要增加支撑,施工难度较大,水池较深时曝气管晃动不稳定

### 4 可提式微孔曝气器的选择及优点

油脂加工企业生产车间污水多为间歇性排放,水质成分复杂,水温高,pH不稳定,水质水量变化幅度很大,容易对曝气器造成破坏。另外,污水中含有大量的浮油、乳化油及钠皂,会强烈抑制微生物的生长繁殖,同时容易造成曝气器堵塞,虽然在进入生化处理之前,会进行除油脱皂的预处理,但在曝气器选型时必须考虑在内。结合表1和表2,基于曝气效果优良、综合能耗低、造价低、维修方便的原则,并考虑油脂加工行业污水的特点,选用安装方式为池面悬挂可提升式,曝气器为硅橡胶管式微孔曝气器的组合即可提式微孔曝气器,其具有以下优点:

(1)运行稳定性好。该曝气头采用硅橡胶柔性微孔膜片,具有较高的抗形变及弹性指数、抗撕裂强度,膜片上开有成百上千个均匀的微孔,是可变孔径的曝气器。曝气时,压力使微孔膜片鼓起,使膜片上的孔眼张开,空气经孔眼后形成气泡进入污水中,达到曝气充氧的目的。在停止曝气后,膜片受到的空气压力消失,膜片会在外界水压和自身弹力的作用下关闭微孔并紧压在支撑件上,阻止膜外的污泥等异物流入支撑件中堵塞微孔和通气管道。另外,微孔可以张开,足以使空气中少量的灰尘通过,不会造成微孔堵塞。

(2)氧利用率高。在好氧池中气泡分散均匀,气泡平均直径在1.0~2.0 mm,与污水的接触面积大大增加,具有较高的氧气传递效率。

(3)动力效率高。采用管式膜片,在氧气传递效率高基础上,提高了动力效率。管式曝气头能够360°释放空气,活性污泥混合性好,不存在曝气死区,保证供气充足的前提下,相对减少了空气总量,从而减少鼓风机的能耗,达到节能降耗的目的。

(4)使用寿命长。采用耐腐蚀、抗老化、抗臭氧、抗酸膜片,能长期保持高度弹性,使用寿命长达5年以上,并且该微孔曝气管适用于极限工作温度90℃。

(5)维修方便。安装方式采用池面悬挂可提升

式,不需要停机排空,维修作业效率高且不影响生产,能很好地契合油脂加工行业连续生产的需求。

### 5 应用实例

广东省东莞市某粮油加工企业,配套污水处理站,设计处理能力为1500 m<sup>3</sup>/d,出水水质执行GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中IV类标准,污水处理工艺采用水解酸化+AO活性污泥法组合工艺。该污水处理站生化好氧池原有1000套曝气器,采用盘式橡胶膜片微孔曝气器,安装方式为池底固定式,曝气方式为间歇式。投入使用2年后曝气系统运行开始不稳定,逐渐暴露出以下4个问题:

(1)曝气风管阻力变大。由于曝气头堵塞,曝气风管的阻力变大,曝气效果变差,曝气开机时间变长,需要频繁对曝气头进行酸洗维护才能勉强维持生化池需要,消耗较多物料。同时为了避免管道超压,必须从旁通排掉部分空气,造成浪费。

(2)存在曝气死区。盘式曝气头只能向上释放空气,曝气头下方全部形成曝气死区。在运行过程中曝气死区不断沉积活性污泥形成厌氧污泥,从而发黑、结块浮上水面,影响污水处理效果。

(3)设备故障率高。由于风管阻力大,鼓风机负荷越来越高,频频出现过载烧电机、变频器故障的情况。好氧池曝气效果得不到保障,影响污水处理效果,增大了排放水质超标的风险。

(4)维修困难。部分曝气头脱落、膜片破裂漏气导致曝气不均匀,由于曝气头采用池底固定式安装,检修需要停产排空污水池的水,且维修工期较长,然而该粮油加工企业生产线开工较为连续,无法满足停工维修的条件。

为了解决以上问题,该厂对曝气系统进行升级改造,用可提式微孔曝气器代替原有的池底固定式安装的盘式橡胶膜片微孔曝气器。自2020年改造完成后运行至今,可提式微孔曝气器运行效果良好,避免了重复出现改造前一系列的问题,具体体现在以下几点:

(下转第152页)

成相同长度的齿形元件,适当降低过高的剪切所造成的蛋白质二级结构破坏;SER/32/32的剪切速率( $2\ 150\ \text{s}^{-1}$ )、平均最大剪切应力( $6\ 489.193\ \text{Pa}$ )及平均停留时间( $1.290\ \text{s}$ )在啮合元件和齿形元件之间,综合性能较好,在螺杆配置过程中,配置于螺杆的前中后段,将啮合元件和齿形元件适当地插入螺旋元件之间使螺杆综合性能达到最优。

#### 参考文献:

- [1] 王瑞元. 2022年我国粮油产销和进出口情况[J]. 中国油脂, 2023, 48(6): 1-7.
- [2] 张金闯. 高水分挤压过程中花生蛋白构象变化及品质调控[D]. 北京:中国农业科学院,2019.
- [3] 王强, 张金闯. 高水分挤压技术的研究现状、机遇及挑战[J]. 中国食品学报, 2018, 18(7): 1-9.
- [4] 徐飞, 刘丽, 石爱民, 等. 亚基水平上花生蛋白组成、结构和功能性质研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 264-269.
- [5] BUMM S H, WHITE J L, ISAYEV A I. Glass fiber breakup in corotating twin screw extruder: Simulation and experiment[J]. Polym Compos, 2012, 33(12): 2147-2158.
- [6] TANG H, ZONG Y, ZHAO L. Numerical simulation of micromixing effect on the reactive flow in a co-rotating twin screw extruder[J]. Chin J Chem Eng, 2016, 24(9):

1135-1146.

- [7] 张超, 樊瑜瑾, 田野. 啮合同向双螺杆挤出机滑移条件下的仿真分析[J]. 塑料科技, 2019, 47(8): 71-75.
- [8] 梁荣亮, 过学迅, 陈见. 基于 Gambit 的液力缓速器流道网格生成技术[J]. 上海汽车, 2008(4): 31-33, 38.
- [9] 张雪贝, 王驰, 陈红丽. 基于 FLUENT 的 UDS 和 UDF 功能的中子扩散耦合计算研究与快堆应用分析[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2020, 57(2): 324-332.
- [10] 张雪晨, 张丽梅, 黄志刚, 等. 啮合同向双螺杆挤出机不同螺杆元件对其流道的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(4): 99-103, 206.
- [11] 张宏建, 黄志刚, 李梦林, 等. 啮合同向双螺杆挤出机不同螺杆流道仿真分析[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(9): 70-74.
- [12] 毕超. Polyflow 软件基础及其在双螺杆挤出仿真过程中的应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2018: 10-74.
- [13] 黄志刚, 刘凯, 李梦林, 等. 单螺杆挤出机计量段模拟研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 63-67.
- [14] 郎珊珊. 双螺杆元件及挤压参数的建模与试验研究[D]. 兰州:兰州理工大学, 2014.
- [15] JIN X, CHANDRATILLEKE G R, WANG S, et al. DEM investigation of mixing indices in a ribbon mixer[J]. Particuology, 2022, 60: 37-47.

(上接第 146 页)

(1) 维修便捷。可提式微孔曝气器可单独拆除提出水面进行维护、维修,无需停机、停产排空水池,无需冒险入池作业即可完成维修,避免了曝气头破损不能及时维修的情况,保障曝气系统稳定运行。

(2) 曝气效率高。可提式微孔曝气器为管式曝气器,具备  $360^\circ$  曝气效果,较原有的盘式曝气器曝气效率高,作用范围覆盖所有区域,避免了曝气死区;曝气效率提高,能耗降低。

(3) 曝气管道风压大幅度下降。改造后曝气管道阻力下降幅度较大,风压由  $75\ \text{kPa}$  下降至  $50\ \text{kPa}$ ,有效规避了曝气管道超压的风险,无需旁通排气降压,节约能耗;目前运行状态保持较好,无需进行酸洗。

(4) 设备故障率低。随着管道阻力下降,鼓风机电机负荷降低,电机电流由  $80\ \text{A}$  下降至  $68\ \text{A}$ ,改造后未出现过载、超压、变频器故障的情况,节省电能的同时降低了设备故障率。

(5) 运行成本降低。改造后不仅保障了出水达标排放,减小环保风险,还取得了可观的经济效益,实现节约包括维修费、电费、清洗药剂费等约 15 万

元/年。

## 6 结 语

环保政策始终保持高压态势,污水治理、节能环保成为油脂加工行业污染治理的重中之重。一方面督促老旧企业、工厂进行提标改造;另一方面,对新建企业、工厂实行更为严格的环保标准,从而使环保工艺设施达标、稳定运行,尤其是污水处理工艺。可提式微孔曝气器曝气效果好,综合能耗低,维修保养便捷,在油脂加工行业污水处理中的应用优势较大,具有较大的推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 王洪臣. 城市污水处理厂运行控制和维护管理[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [2] 梁远, 王佳伟, 李洁, 等. 微孔曝气器充氧性能变化对污水处理厂能耗的影响[J]. 给水排水, 2011, 47(1): 42-45.
- [3] 方冰. 某污水处理厂管式微孔曝气系统诊断性研究[J]. 山东化工, 2017, 46(14): 196, 199.
- [4] 彭永臻, 郭建华. 活性污泥膨胀机理、成因及控制[M]. 北京:科学出版社, 2012.