

文章编号 :1009-038X(2002)05-0511-04

组合生化池曝气器损坏的原因及解决方法

杨诗斌

(江南大学 机械工程学院 江苏 无锡 214063)

摘 要 :食品饮料行业废水处理工艺系统中组合生化池常见的问题是 ,由于曝气器的坏损导致接触氧化池中曝气不均 ,甚至出现局部曝气而大面积不曝气现象 .经分析 ,其根本原因是管道内的积水所致 ;应用文丘里管原理并通过理论计算 ,设计了一种排出管道内积水以解决曝气器坏损问题的具体方案 ,并应用于实际 ,获得了较好的实践效果 .

关键词 :组合生化池 ;曝气器 ;文丘里管 ;废水处理

中图分类号 :X 703.3

文献标识码 :A

The Problem of the Mangle of Aerators in Combined Biochemical Pool and Its Solution

YANG Shi-bin

(School of Mechanical Engineering , Southern Yangtze University , Wuxi 214063 , China)

Abstract : The common problem of combined biochemical pool in the system for waste-water treatment in food and drink industries is that the mangle of aerators aerate asymmetrically in the contact oxidation pool , sometimes no aeration in large scope . Analyzing the cause of the problem of mangle of aerators , applying Venturi tube principles , and calculating in theories , we designed a specific scheme to discharge the seeper in pipeline for solving the problem of the mangle of aerators ,and gained a good practical result .

Key words : combined biochemical pool ; aerator ; Venturi tube ; waste-water treatment

在食品饮料行业 ,从企业生产线上流下来的废水属高浓度高悬浮物有机废水 ,如直接排放 ,会对环境造成严重污染 .近年来 ,随着社会对环境保护的重视 ,国内一些具有一定规模的食品饮料厂 ,特别是一些规模较大的食品饮料企业集团 ,不惜投入巨资建立废水处理系统 .食品饮料行业典型的废水处理工艺为 :废水固液分离—厌氧(二级 UASB 串联)—组合生化^[1] .经固液分离后的废水进入二级厌氧反应器 ,COD_{Cr} ,BOD₅ 去除率达 70%~85% ;经厌氧反应器处理后的废水再经调节池后进入组

合生化池 ,使厌氧出水中的有机物得到进一步降解 ,最后经过滤池、气浮 ,实现水质达标排放 .组合生化池中的曝气器如果坏损 ,就会产生曝气不均现象 ,影响废水达标排放 .为此 ,对曝气器损坏的原因及解决方法进行了研究 .

1 组合生化池简介

组合生化池由缺氧池、预曝池、接触氧化池组成 ,集缺氧、沉淀、好氧于一体 ,其中好氧接触氧化

收稿日期 2002-05-10 ; 修订日期 2002-07-16 .

作者简介 :杨诗斌(1964-)男 ,江苏南京人 ,工学学士 ,工程师 .

万方数据

池结构如图 1 所示. 池中设置框架, 安装盾式纤维软填料, 通常填料高度为 3.0 m 左右, 取决于所采用的鼓风机风压, 填料层上水层高度约为 0.5 m, 填料层下部水区高度在 0.5~1.5 m^[2]. 由于填料的比表面积大, 可增加有效容积, 填料层间紊流激烈, 生物膜更新快、活性高^[2]. 池底布置若干个网状膜式曝气器, 其作用是将空气分散成微小空气泡(直径 $D\ 2\sim3\ \text{mm}$) 增大气液接触界面, 把空气中的氧溶解于水^[3]. 曝气的过程除供氧外, 还起搅拌混合作用, 使活性污泥在混合液中保持悬浮状态, 与污水充分接触混合^[4], 提高氧的利用率, 为微生物创造降解有机物的最适宜环境.

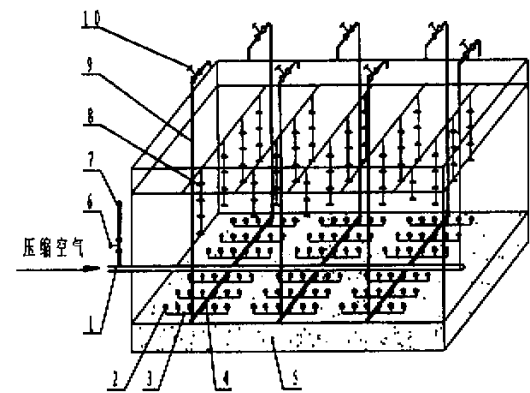


图 1 接触氧化池示意图

Fig.1 Diagram of contact oxidation pool

2 组合生化池常见问题及原因分析

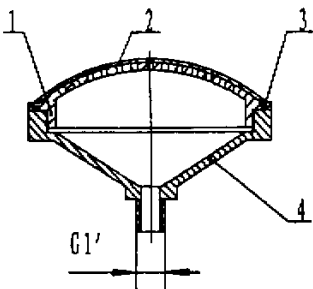
2.1 常见问题

组合生化池常见的问题是接触氧化池中曝气不均, 甚至出现局部曝气而大面积不曝气的现象; 氧的利用率非常低, 造成生化池短路, 有机物得不到进一步降解, 废水不能达标排放. 出现曝气不均, 甚至局部曝气而大面积不曝气现象的原因为: 网状膜式曝气器橡胶膜撕裂, 曝气器的塑料螺纹管接头断裂, 导致曝气器从分支管上脱落.

网状膜式曝气器结构如图 2 所示, 主要由带有微孔的橡胶膜片、橡胶膜片支撑板、密封垫圈、底座等组成. 微孔合成橡胶膜片上开有 $80\sim100\ \mu\text{m}$, 5 000 个同心圆布置的自闭式孔眼. 当充气时空气通过膜片支撑板上的孔眼进入膜片与支撑板之间, 在空气压力的作用下, 使膜片微微鼓起, 孔眼张开, 达到布气扩散的目的. 当供气停止时, 由于膜片与支

撑板之间的压力下降, 膜片本身的弹性作用使孔眼渐渐自动闭合, 压力全部消失后, 由于水压作用, 将膜片压实于支撑板上.

曝气器损坏后须停机检修, 将接触氧化池中数百立方米的废水抽排到调节池中, 重新更换新的曝气器. 由于氧化池中挂满了填料, 且池底有数十厘米厚的污泥, 又要避免水和污泥进入管道, 操作难度较大. 更换后的新的曝气器使用 1~2 月, 有时甚至半个月之后, 就出现曝气膜撕裂或曝气器从分支管上脱落现象, 维修麻烦, 增加了废水处理成本.



1—膜片支撑板; 2—微孔橡胶膜片; 3—O 形圈; 4—底座

图 2 曝气器结构示意图

Fig.2 Diagram of aerator Structure

2.2 原因分析

造成网状膜式曝气器橡胶膜撕裂, 以及曝气器的塑料螺纹管接头断裂而导致曝气器从分支管上脱落的原因, 通常认为是压缩空气过量引起的; 但在压缩空气主管管进口处安装分流阀, 分流一部分压缩空气, 问题依然没有解决.

笔者在江苏金坛酿造总厂废水处理现场仔细观察、分析判断, 认为引起曝气器损坏的根本原因是管道内积水. 当管道内积水达到一定量时, 开机时压缩空气将管道内的积水快速推至分支管上的曝气器内, 由于积水过多, 曝气器的橡胶膜微孔来不及排放, 曝气器内的水压迅速升高, 将部分曝气器的橡胶膜撕裂, 导致曝气不均; 积水严重时发生数个曝气器的塑料螺纹管接头断裂, 导致曝气器从分支管上脱落, 压缩空气从曝气器脱落的管口喷出, 从而出现局部曝气而大面积不曝气的现象, 造成生化池短路, 最终影响到水质的达标排放.

造成管道内积水的原因, 一是压缩空气的冷凝水, 二是曝气器螺纹接管与压缩空气分支管、橡胶膜与曝气头的安装不严密引起渗漏.

3 解决方法及理论分析计算

3.1 具体解决方法

由上所述可知, 为防止曝气器的损坏, 在曝气

器开始工作前,应首先设法将管道内的积水排出。具体解决方法是在每根支干管末端焊接一根配阀门的排空管(如图1所示),高出水面0.5 m。

3.2 理论分析与计算

3.2.1 曝气阻力 $P_{\text{曝气}}$ 的计算

曝气阻力包括压缩空气通过管路系统时的压力损失、曝气器本身的摩阻损耗,以及曝气器上部的静水压、水液面大气压等,即:

$$P_{\text{曝气}} = \sum \Delta P_{\text{管路}} + \Delta P_{\text{曝气器}} + H\gamma (\text{静水压}) + P_0 \quad (1)$$

式中: $\sum \Delta P_{\text{管路}}$ ——管路系统的压力损失; $\Delta P_{\text{曝气器}}$ ——曝气器的气摩阻力; H ——曝气器上表面距水层面的高度(m); γ ——水液的密度(kg/m^3); P_0 ——标准大气压(101.325 kPa)。

曝气器的供气压力(绝对压力)要大于曝气阻力,即 $P_{\text{供气}} > P_{\text{曝气}}$ 。

1) 压缩空气通过管路系统时的压力损失

$$\sum \Delta P_{\text{管路}} = \sum \Delta P_{\text{沿}} + \sum \Delta P_{\text{局}} \quad (2)$$

式中: $\sum \Delta P_{\text{沿}}$ ——沿程损失; $\Delta P_{\text{沿}} = \lambda L / D \cdot \rho v^2 / 2$; $\sum \Delta P_{\text{局}}$ ——局部损失, $\Delta P_{\text{局}} = \xi \cdot \rho v^2 / 2$; λ ——沿程损失系数; L ——管长(m); D ——管内径(m); ρ ——流体密度(kg/m^3); v ——流体平均速度(m/s); ξ ——局部损失系数。

2) 压缩空气通过曝气器时的压力损失 $\Delta P_{\text{曝气器}}$

曝气器的气摩阻力已有行业标准,以BZQ.W-192网状膜式球冠形可张微孔曝气器为例,气阻大小为3 400~3 500 Pa。

3) 曝气器上表面的静水压 $H\gamma$ 的计算

通常 $H=3\sim4$ m,取决于所采用鼓风机风压的大小;考虑悬浮污泥的影响,水液的密度 γ 值近似取 $1\,200\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

3.2.2 排空阻力的计算

$$P_{\text{排空}} (\text{绝对压力}) = \sum \Delta P_{\text{管路}} + P_0 = \sum \Delta P_{\text{沿}} + \sum \Delta P_{\text{局}} + P_0 \quad (3)$$

3.2.3 实例计算比较曝气阻力与排空阻力的大小

图3为江苏金坛酿造总厂废水处理好氧接触氧化池曝气管路系统简图。曝气供气压力(表压)49 kPa,曝气供气量 $9\text{ m}^3/\text{min}$;曝气器为BZQ.W-192型,气阻大小为3.4~3.5 kPa,曝气器上表面距水面高度 $H=3.5$ m;主管道A-B-C段(DN150)长38 m,主干管C-D-E段(DN80)长5 m,支干管E-F段(DN80)长1 m,分支管E-G段(DN50)长1.3 m(共60根),排空管F-J-K段(DN50)长4.5 m(共12根)。

根据公式 $Q=Au$ (Q ——气体流量, m^3/s ; A ——管内孔截面积, m^2 ;

Q ——气体流量, m^3/s ; A ——管内孔截面积, m^2)可求出压缩空气通过主管道、主干管、支干管、分支管、排空管的流速,分别为 $u_0=8.49\text{ m}/\text{s}$, $u_1=4.97\text{ m}/\text{s}$, $u_2=2.49\text{ m}/\text{s}$, $u_3=1.27\text{ m}/\text{s}$, $u_4=6.37\text{ m}/\text{s}$ 。

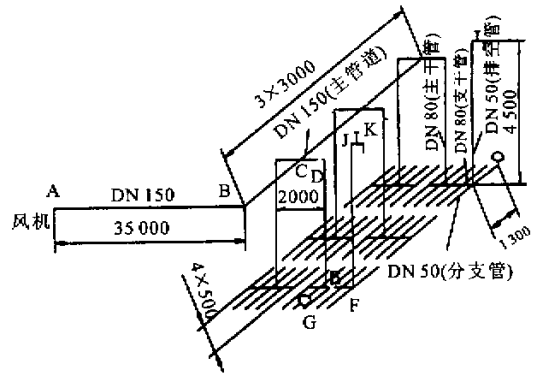


图3 曝气管路系统简图

Fig.3 Diagram of aeration pipeline system

1) 曝气阻力的计算

为了计算方便,取A-B-C-D-E-G段进行计算。

管路沿程损失 $\sum \Delta P_{\text{沿}}$ 的计算:

$$\Delta P_{\text{沿}} = \lambda \cdot L / D \cdot \rho v^2 / 2$$

式中: $\lambda = f(Re, n)$; $Re = uD\rho/\mu$; $n = R_a/D$; $\rho = 1.8\text{ kg}/\text{m}^3$, 20℃, 49 kPa(表压)时空气的密度; Re ——雷诺数; μ ——空气动力粘性系数, 20℃时为 $18.5 \times 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{s}$; n ——相对粗糙度; R_a ——管壁绝对粗糙度 $0.05\sim0.10\text{ mm}$ 。

A-B-C段:由 $\lambda=0.02$, $L=38\text{ m}$, $u=8.49\text{ m}/\text{s}$, $D=0.150\text{ m}$ 得 $\Delta P_{\text{沿A-B-C}}=328\text{ Pa}$ 。

C-D-E段:由 $\lambda=0.025$, $L=5\text{ m}$, $u=4.97\text{ m}/\text{s}$, $D=0.08\text{ m}$ 得 $\Delta P_{\text{沿C-D-E}}=35\text{ Pa}$ 。

E-G段:同理, $\lambda=0.038$; $\Delta P_{\text{沿E-G}}=1.5\text{ Pa}$ 。

A-B-C-D-E-G段管路总沿程压力损失

$$\sum \Delta P_{\text{沿}} = \Delta P_{\text{沿A-B-C}} + \Delta P_{\text{沿C-D-E}} +$$

$$\sum \Delta P_{\text{沿E-G}} = 365\text{ Pa}。$$

管路局部损失 $\sum \Delta P_{\text{局}}$ 的计算^[5]:

A-B-C段:共有10处90°匀滑弯头, $\xi=0.23$; $\Delta P_{\text{局A-B-C}}=83\text{ Pa}$ 。

C-D-E段:

C点处分流三通, $\xi=0.9$; $\Delta P_{\text{局C}}=58\text{ Pa}$ 。

D点处90°匀滑弯头, $\xi=0.23$; $\Delta P_{\text{局D}}=5\text{ Pa}$ 。

E点处分流三通, $\xi=0.9$; $\Delta P_{\text{局E}}=20\text{ Pa}$ 。

$\Delta P_{\text{局C-D-E}}=83\text{ Pa}$ 。

E-G段: $u=1.27\text{ m}/\text{s}$ 。两处90°分流三通, $\xi=0.9$; 一处90°折角, $\xi=0.83$; $\Delta P_{\text{局E-G}}=4\text{ Pa}$ 。

A-B-C-D-E-G段管路总局部损失

$\sum \Delta P_{\text{局}} = \Delta P_{\text{局A-B-C}} + \Delta P_{\text{局C-D-E}} + \Delta P_{\text{局E-G}} = 170 \text{ Pa}$

压缩空气通过管路 A-B-C-D-E-G 段时的总压力损失为

$$\sum \Delta P_{\text{管路}} = \sum \Delta P_{\text{沿}} + \sum \Delta P_{\text{局}} = 535 \text{ Pa.}$$

曝气阻力(A-B-C-D-E-G 段):

$\Delta P_{\text{曝气器}} = 3.5 \text{ kPa}$; $H\gamma = 41.16 \text{ kPa}$; $P_0 = 101.293 \text{ kPa}$.

$P_{\text{曝气}} = \sum \Delta P_{\text{管路}} + \Delta P_{\text{曝气器}} + H\gamma(\text{静水压}) + P_0 = 1.465 \times 10^5 \text{ Pa} < 1.503 \times 10^5 \text{ Pa}$ (供气绝对压力).

2) 排空阻力的计算

取 A-B-C-D-E-F-J-K 段进行计算.

管路沿程损失 $\sum \Delta P_{\text{沿}}$ 的计算:

A-B-C 段: $\Delta P_{\text{沿 A-B-C}} = 328 \text{ Pa}$;

C-D-E 段: $\Delta P_{\text{沿 C-D-E}} = 35 \text{ Pa}$;

E-F 段: $\lambda = 0.028$, $\Delta P_{\text{沿 E-F}} = 2 \text{ Pa}$;

F-J-K 段: $\lambda = 0.027$, $\Delta P_{\text{沿 F-J-K}} = 89 \text{ Pa}$.

A-B-C-D-E-F-J-K 段管路总沿程压力损失

$$\sum \Delta P_{\text{沿}} = \Delta P_{\text{沿 A-B-C}} + \Delta P_{\text{沿 C-D-E}} + \Delta P_{\text{沿 E-F}} + \Delta P_{\text{沿 F-J-K}} = 454 \text{ Pa.}$$

管路局部损失 $\sum \Delta P_{\text{局}}$ 的计算:

A-B-C 段: $\Delta P_{\text{局A-B-C}} = 83 \text{ Pa}$;

C-D-E 段: $\Delta P_{\text{局C-D-E}} = 83 \text{ Pa}$;

F 点处: 90° 折角, 管径突然缩小, $\xi = 1.13$, $\Delta P_{\text{局F}} = 41 \text{ Pa}$;

J-K 段: 两处 90° 折角, $\xi = 0.83$, $\Delta P_{\text{局J-K}} = 61 \text{ Pa}$.

A-B-C-D-E-F-J-K 段管路总局部损失

$$\sum \Delta P_{\text{局}} = \Delta P_{\text{局A-B-C}} + \Delta P_{\text{局C-D-E}} + \Delta P_{\text{局F}} + \Delta P_{\text{局J-K}} = 268 \text{ Pa.}$$

压缩空气通过管路 A-B-C-D-E-F-J-K 段时的总压力损失

$$\sum \Delta P_{\text{管路}} = \sum \Delta P_{\text{沿}} + \sum \Delta P_{\text{局}} = 722 \text{ Pa.}$$

排空阻力(A-B-C-D-E-F-J-K 段)

$P_{\text{排空}}(\text{绝对压力}) = \sum \Delta P_{\text{管路}} + P_0 = 1.020 \times 10^5 \text{ Pa} < 1.503 \times 10^5 \text{ Pa}$ (供气绝对压力).

参考文献:

- [1] 贺延年. 废水的厌氧生物处理[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [2] 陈坚. 环境生物技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [3] 唐受印, 汪大猷. 废水处理工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [4] 佟玉衡. 实用废水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [5] 清华大学流体传动及控制研究室, 上海工业大学流体传动及控制教研室. 气压传动与控制[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.

3.2.4 曝气阻力与排空阻力大小的比较 由以上计算可知, 对于曝气供气管路系统, 由于压缩空气流速较低, 管径较大, 无论曝气时还是排空时压缩空气通过管路系统时的压力损失均较小, 其值相对于曝气池静水压 $H\gamma$ 或大气压 P_0 或供气压力 $P_{\text{供气}}$ 的大小可忽略不计. 因此, 曝气阻力 $P_{\text{曝气}} \approx \Delta P_{\text{曝气器}} + H\gamma(\text{静水压}) + P_0$, 排空阻力 $P_{\text{排空}}(\text{绝对压力}) \approx P_0$. 显然, 排空阻力较曝气阻力小.

3.3 操作要求

每次开机前首先将排空管的阀门完全打开, 由以上分析计算可知, 由于排空的阻力较曝气的阻力小得多, 因此压缩空气通过主干管经支干管短路(不经过曝气器)从排空管快速排出, 如图4原理图所示. 由文丘里管原理可知, 此时由于压缩空气的快速通过而在支干管与分支管交接处产生负压, 将各分支管内的积水抽吸到支干管中随压缩空气一起从排空管口排出, 同时少量压缩空气进入分支管内排挤积水. 几分钟后当排空管口没有连续水流排出时, 关闭排空管口阀门, 此时曝气器开始正常工作.

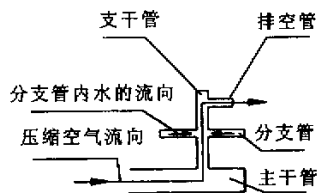


图4 排水原理示意图

Fig.4 Diagram of drainaging Principle

4 结 语

上述解决组合生化池曝气器损坏问题的方法既简单又经济. 笔者设计并应用此方案对江苏金坛酿造总厂废水处理系统中的组合生化池进行改造后, 曝气器使用一年仍正常无损坏现象. 实践证明, 此方法切实可行.