

运行与管理

MSBR 系统诺卡氏菌生物泡沫的防治对策

杜英豪, 崔文亮, 钟志蓉

(深圳市水务<集团>有限公司, 广东 深圳 518031)

摘要: 介绍了诺卡氏菌生物泡沫的特点、危害及成因, 结合 MSBR 系统氯化处理诺卡氏菌生物泡沫的实践, 总结了 MSBR 系统在实际运行管理中防治诺卡氏菌生物泡沫的对策。

关键词: MSBR 系统; 诺卡氏菌; 生物泡沫; 防治对策

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2007)12-0090-03

Preventive Measures for *Nocardia* Foam in MSBR Process

DU Ying-hao, CUI Wen-liang, ZHONG Zhi-rong

(Shenzhen Water <Group> Co. Ltd., Shenzhen 518031, China)

Abstract: The characteristics, harm and forming causes of *Nocardia* foam were introduced. Combined with the practice of chlorinating *Nocardia* foam using MSBR process, the preventive measures for *Nocardia* foam in the operation and management of MSBR process were summarized.

Key words: MSBR; *Nocardia*; biological foam; preventive measures

通常三种丝状菌会引发生物泡沫, 分别是 *Nocardia* sp. (最常见)、*Microthrix parvicella* (一般) 和 1863 型丝状菌 (较少见)。其中诺卡氏菌 (*Nocardia*) 过度生长引发生物泡沫是最常见也是最严重的, 在美国超过 40% 采用活性污泥处理工艺的污水厂曾遇到过诺卡氏菌带来的问题^[1]。

1 诺卡氏菌生物泡沫的特点

诺卡氏菌易生长于气候温暖、运行泥龄长 (特别是超过 9 d)、进水中油脂类物质含量丰富的污水处理环境中。诺卡氏菌会引起厚厚的、棕色的、漂浮于池面的泡沫 (包括曝气池后的二沉池), 与其他两种丝状菌引起的泡沫相比, 诺卡氏菌生物泡沫最稳定, 其中包裹着大量悬浮固体和空气泡, 泡沫中诺卡氏菌的浓度是 MLSS 浓度的 10~100 倍。诺卡氏菌生物泡沫中富集着大量油脂类物质, 经化验分析不含诺卡氏菌的正常污泥油类物质的干基含量通常为 5%~10%, 而泡沫的干基含量 >40%, 这些油是由诺卡氏菌本身产生的还是诺卡氏菌诱集而来的, 其

机理尚不清楚^[1]。事实表明, 对于那些收集奶制品厂、屠宰场或肉类加工厂、食品厂、制药厂废水或是其他含有高浓度油脂类废水的污水处理厂, 发生诺卡氏菌生物泡沫的几率较高。

诺卡氏菌生物泡沫一旦形成, 不仅影响池面景观, 产生恶臭, 危及运行人员的身体健康, 而且给生产管理带来严重影响。由于泡沫厚且稳定, 二沉池的撇渣器几乎不起作用, 一般的水射器也难以消泡; 泡沫粘附在出水堰上, 占用出水水头, 而被出水带走的泡沫则由于内含大量 MLSS, 致使出水 SS 异常升高, 影响出水水质。曝气池的大量 MLSS 聚集在表层泡沫中 (可高达总量的 40%) 易使污泥总量的测量出现偏差, 诸如 F/M 、SRT 等的计算结果失真。

2 诺卡氏菌生物泡沫的成因

基于诺卡氏菌的上述特点, 具备以下 4 个特点的工艺系统, 经常遇到诺卡氏菌过度生长带来的问题^[2]:

① 接收含油废水 (包括未经隔油处理的餐饮

污水);

- ② 预处理系统对浮渣的去除能力差;
- ③ 浮渣在系统中循环;
- ④ 池型结构以底部相连通。

MSBR 池体共用池壁,以底部花墙相连通,采用空气出水堰,水面下 20~30 cm 潜流水,出水不能将浮渣带走,这意味着 MSBR 系统容易出现浮渣富集的问题。在设计上,预缺氧单元、缺氧单元和两侧 SBR 单元上设有撇渣槽,但由于池面上装有浮筒式搅拌器故不能设置刮渣装置,仅靠水流带渣入槽,撇渣效果不理想。至于厌氧反应单元和主曝气单元由于没有除渣装置,浮渣难以有效去除。另一方面,撇渣槽收集的渣水混合物被送回到进水端,如果预处理段除油、除渣能力不足的话,只要进水含油,即使进油浓度未超标,都会在系统中循环积累,最终导致诺卡氏菌生物泡沫的大面积暴发。

3 案例分析

3.1 污水厂概况

南方某污水处理厂采用 MSBR 工艺,其设计流程见图 1。

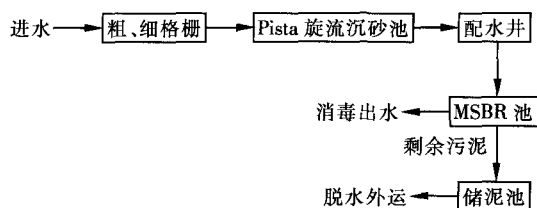


图 1 污水厂工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

经调查,该污水厂受水区域内有屠宰场、制药厂、大型配餐中心以及生产过程中需用大量润滑、冷却油的电子加工企业,进厂水中油类含量较高。由于预处理段未设曝气除油沉砂池或初沉池,该厂饱受诺卡氏菌生物泡沫的困扰。据观察,诺卡氏菌生物泡沫初现于 MSBR 池曝气单元,微孔曝气器产生的小气泡上升到池面时,表面被一层棕色粘膜包裹,难以破碎,不断碰撞后连成大气泡,而后聚集在一起形成泡沫层。泡沫层吸附 MLSS,并不断扩大,严重时布满整个曝气单元和 SBR 单元。取样化验分析结果显示,泡沫中油含量为正常 MLSS 中油含量的 5~10 倍。

2005 年 6 月—7 月该厂遭受了一次严重的进水含油异常的冲击,整个曝气单元和两侧的 SBR 单元几乎全被泡沫和浮泥覆盖。系统活性污泥颜色转为

偏黑,SVI 为 100 mL/g 左右,沉降性能尚可,界面较清晰。生物镜检发现微生物群活性下降,后生动物数量下降,丝状菌丰度为 D 级,可见大量 *Nocardia* 和 *Thiotrix* (见图 2)。该厂首先加大了排泥量,将泥龄降到 8 d 以下,但泡沫未得到遏制,向池面射水消泡,效果也不理想,于是该厂采用了氯化处理。

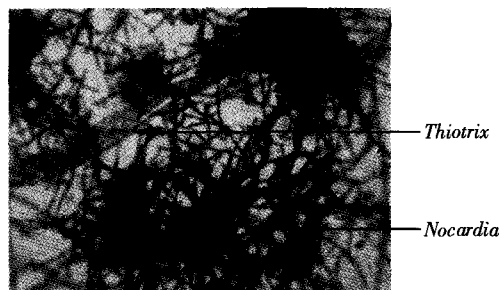


图 2 取泡沫样生物镜检图(放大 1 000 倍)

Fig. 2 Microscopic photo of foam sample (amplification 1 000 times)

3.2 氯化处理泡沫

在加氯时,投药量、加药点、杀灭频率及有效氯的浓度必须严格计算和慎重考虑。

① 加氯量计算

加氯量取决于系统中污泥的总量,一般加氯前宜先加大排泥量,降低污泥总量以便节省加药成本。MSBR 池体分为 7 个单元,其中 1/7 单元为对称的 SBR 单元交替承担后反应/澄清出水功能,可近似认为该两单元污泥浓度相近,分别取样测各单元 MLSS 后可得系统总泥量 M_s :

$$M_s = 2V_1 \cdot C_1 + V_2 \cdot C_2 + V_3 \cdot C_3 + V_4 \cdot C_4 + V_5 \cdot C_5 + V_6 \cdot C_6 \quad (1)$$

根据设定的加药浓度 T (单位为 $\text{gCl}_2/\text{kgMLSS}$) 和所使用漂白水的有效氯含量 C (单位为 kgCl_2/m^3) 可以得出每天漂白水的消耗量 M_b :

$$M_b = M_s \cdot T / (C \times 1000) \quad (2)$$

② 加氯点选择

因为氯是一种强氧化剂,它会被一些还原性物质迅速消耗掉,而它应该尽可能用于接触并杀灭丝状菌,所以加氯点的选择应基于三个要素:a. 系统中所有污泥都经过这个点;b. 远离能消耗有效氯的进水点;c. 有良好的搅拌使氯迅速扩散并与丝状菌充分接触。

MSBR 系统中由 1/7 的 SBR 单元向 2 单元(预浓缩)的回流槽或 3 单元(预缺氧)都可以满足加氯

点的条件,该厂在这两点的池壁上都布置了穿孔管,可均匀地向水体中投加漂白水。由于加药泵与回流泵联动,故根据回流泵运行时间 T_r (h/d) 即可算出漂白水的投加量: $Q_b = M_b / T_r \times 1\ 000$ 。

③ 杀灭频率和有效氯浓度

污泥通过加氯点的频率 F 必须为 2~3 次/d, F 的计算公式如下:

$$F = Q_r \cdot C_r / M_s \quad (3)$$

式中 Q_r ——回流污泥量, m^3/d

C_r ——回流污泥浓度, kg/m^3

有效氯浓度需控制在 35 mg/L 以下,否则将会杀伤非丝状菌微生物。

④ 加氯过程及控制

该厂采用循序增加投药浓度的方案,见表 1。

表 1 氯化处理方案

Tab. 1 Plan of chlorination for removal of *Nocardia* foam

加药浓度/ ($gCl_2 \cdot kg^{-1} MLSS$)	3	5	7	10
投加时间/d	3	2	2	≥ 1 (视情况)
加药量/($L \cdot h^{-1}$)	169.0	281.7	394.4	563.5
加药点有效氯浓度/ ($mg \cdot L^{-1}$)	7.2	12.0	16.8	24.0

该厂在加氯的同时辅以农用喷雾器向泡沫表面喷洒漂白剂,并在氯化过程中密切监视出水水质、污泥性能指标、泡沫状态以及污泥生物相。当漂白剂浓度增加到 10 $gCl_2/kg MLSS$ 时,泡沫颜色变白且大量减少至几乎消失,若伴随有出水氨氮异常升高现象,即停止加氯。

3.3 其他防治对策

从实效来看,氯化处理诺卡氏菌生物泡沫效果明显,能较彻底杀灭诺卡氏菌,但实践过程中也暴露出氯化处理的不利之处。由于诺卡氏菌富集在泡沫中,并形成“自锁”的稳定结构,氯化处理针对水体中的丝状菌效果明显,但对泡沫中的诺卡氏菌作用不够直接,导致所需药剂量较大,成本较高,而且对系统中正常微生物的影响也大,加药后期难免造成水质波动。由于生物系统的修复,尤其硝化菌群的修复需要较长的时间,这对出水水质要求高的污水处理厂不利,因此若对于仅仅(或主要)由诺卡氏菌引起的生物泡沫,是否采用氯化处理需要慎重考虑。

鉴于诺卡氏菌生物泡沫的特点鲜明,而且一旦

生成则危害甚大,所以“防”胜于“治”,预防其发生是最佳方法。如果受水区域内有含油类物质的污染源,污水厂应联合政府有关部门加强源头监管,尽量避免油类物质超标排放,同时也需在工艺流程和运行管理上加强自身免疫力。如果进水含油,曝气除油沉砂池或初沉池是需要的,尤其对于 MSBR 系统,应尽量减少进入生物处理系统的油量。为了强化除渣能力,该厂在曝气单元和预浓缩单元设置了隔油围栏,配置了吸污车,定期以隔油围栏收集浮油浮渣,并用吸污车将其吸走外运处置。一旦发生诺卡氏菌生物泡沫,该厂用围栏将池面泡沫浮泥收集,用吸污车将其转移到一个闲置池中,向泡沫中喷洒漂白剂杀灭诺卡氏菌后进储泥池直接进行脱水处理。为防止上清液仍含有诺卡氏菌,在上清液回流渠内投加漂白剂杀菌,彻底防止诺卡氏菌循环回系统中。在池面上,用高压水枪向泡沫喷洒浓度为 50 mg/L 的漂白剂。由于水流带压,可将泡沫打散,使漂白剂与泡沫中的诺卡氏菌充分接触,这比在水体中投加漂白剂效率高且对水体中正常微生物副作用小,因而效果比较理想。

4 结论

对于采用 MSBR 工艺的污水处理厂,如果原水中含油类物质较多,建议设置曝气除油沉砂池或初沉池;MSBR 系统在运行管理时应高度重视浮渣的去除;MSBR 系统发生诺卡氏菌生物泡沫时,宜设法将泡沫浮泥收集转移出系统单独处置,同时在池面以高压喷洒 50 mg/L 的漂白剂,直接杀灭泡沫中的诺卡氏菌。

参考文献:

- [1] Michael Richard, Sear-Brown, Fort Collins, CO. Activated sludge microbiology problems and their control[A]. Presented at the 20th Annual USEPA National Operator Trainers Conference[C]. USA: Buffalo, NY, 2003.
- [2] Water Environment Federation. Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants[M]. USA: Alexandria, Va, 1996.

E-mail: duyinhao@waterchina.com

收稿日期: 2007-02-14