

①
2000, 21(3)
1-6

第 21 卷第 3 期
Vol. 21 No. 3 2000

青岛建筑工程学院学报
Journal of Qingdao Institute
of Architecture and Engineering

活性污泥工艺中控制泡沫和浮渣技术研究进展

丁峰

(青岛建筑工程学院环境工程系, 青岛 266033)

彭永臻

(哈尔滨建筑大学市政环境工程学院, 哈尔滨 150090)

王淑莹

X703.1

摘 要 对国内外研究结果表明: *Nocardia* (主要是 *Nocardia amarae*, *Nocardia pinensis* 类群), 其次为 *Microthrix Parvicella*, *Actinomycetes* 丝状菌的过量增殖是活性污泥工艺中产生泡沫和浮渣的主要原因。结合活性污泥动力学、微生物生态学与工程实践, 综合控制泡沫和浮渣的技术措施主要有: 控制 MCRT 与选择器, SFW 技术, 分类选择器, 增加污泥负荷, 避免中间厌氧区和在二沉池中的反硝化以及喷洒各种药剂, 改进工艺结构等。控制技术

关键词 活性污泥工艺, 泡沫和浮渣, 细胞平均停留时间, 选择器
中图分类号 X703

活性污泥法运行中, 在反应器(曝气池)与沉淀池内出现的泡沫和浮渣问题很早就引起人们的关注^{[1][2][3]}。笔者在大量翻阅中外文献, 对泡沫和浮渣的微生物类型与危害分别进行了探讨的基础上, 综合论述了国内外工程实践中较成功的泡沫和浮渣控制措施。

1 泡沫和浮渣的微生物类群组成

根据 E M Seviour, C J Willians et al 1988 年对澳大利亚的维多利亚, 新南威尔士南部, 昆士兰地区活性污泥污水厂产生的泡沫问题进行的调查, 结果发现, *Microthrix Parvicella*, *Nocardia amarae* 和 *Nocardia Pinensis* 是最常见的起泡微生物, 其次是 Eikelboom 0092 型、0914 型、0041 型; 而美国^[4]、中国和中国香港^[5]起泡微生物由多到少的出现频率为 *Nocardia Pinensis*, *Nocardia amarae*, *Microthrix parvicella* 及 *Nocardis amarae*。以上表明, *Nocardia* (主要是 *Nocardia amarae*, *Nocardia Pinensis* 菌属)、其次为 *Microthrix parvicella*, *Actinomycetes* 丝状菌是活性污泥工艺运行时泡沫和浮渣中最常出现的微生物。且泡沫和浮渣问题经常与活性污泥工艺异常运行状态(如丝状菌膨胀, 粘性物质积聚成浮渣等)同时发生^[6]。

2 泡沫浮渣的危害性

泡沫和浮渣一般具有粘滞性, 它会使曝气池中的大量固体进入漂浮泡沫泥渣层, 并产生漂浮层的翻转(Pitt, Jenkins, 1990); 降低曝气池的充氧效率(特别是机械曝气情况)。在纯氧密封活性污泥系统, 泡沫会进入氧压机引起火灾; 当流入沉淀池时, 在沉淀池挡板下会增大出水

※国家自然科学基金资助项目
收稿日期: 1999-09-22

悬浮固体引起出水水质恶化;泡沫和浮渣积累还能产生腐败;且在寒冷天气会结冰,影响正常运行;含有泡沫的剩余污泥在厌氧消化中引起严重的起泡现象,损坏厌氧污泥处理工艺

3 控制泡沫与浮渣的技术措施

3.1 控制 MCRT(细胞平均停留时间)与选择器技术

根据组成泡沫微生物性质合成泡机理,采用调节 MCRT 和选择器相结合的技术控制泡沫和浮渣成为可能.首先,对 *Nocardia* 的控制方面,Lindal,Blackall et al^[7]根据 *N. amarae* 菌群在完全混合活性污泥中是一个弱竞争者,且反硝化很慢的特点,提出在适当的 MCRT 值时,用好氧选择器可有效控制 *Nocardia* 泡沫和浮渣的形成;C. Hanson, K. Atasi 也表明^[8],减少 MCRT 是一种成功的控制泡沫方法;Pitt 和 Jenkins(1990)报道,可通过降低 MCRT 去除 *N. amarae* 泡沫,他们对于一个活性污泥污水厂采用 MCRT < 6d,同时回流活性污泥加氯成功地控制了 *Nocardia* 泡沫^[9].

另外,MCRT 的采用还与温度(气候)及试验规模等因素有关,他们的试验结果见表 1,由表 1 可见,不论是小试验或生产性试验规模,温度升高,采用的 MCRT 值降低.

表 1 控制 *Nocardia* 泡沫时 MCRT 与温度关系(地点: Sacramento, Calif)

试验规模	温度(℃)	MCRT(days)
小试验	16	2.2
小试验	24	1.6
生产性试验(夏季)	22	1.8
生产性试验(冬季)	18	2.2

在美国,根据 *Nocardia* 菌产生泡沫和浮渣的具体情况,采用不同 MCRT 控制泡沫的污水厂数目统计结果见表 2.

表 2 美国控制 *Nocardia* 泡沫和浮渣时采用不同 MCRT 值的污水厂数目统计(部分)

MCRT(days)	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	>12
应用的污水厂数目	6	5	3	3	1	2	2

同时,以上泡沫控制技术还可与控制污泥膨胀等活性污泥异常运行情况相结合,综合调节活性污泥运行工艺 O E Albertson, P Hendricks 针对 Phonenix 活性污泥污水厂一直存在着在连续的膨胀污泥环境下,相当低的 MLSS 和 SRT 较短的情况下运行状况,采用 DO 为 0~0.3mg/l 的缺氧选择器,结果当总氮还原约 75%时,曝气的缺氧选择器可以对污泥的膨胀全部控制;*Nocardia* 泡沫可以初步控制,在泡沫表面直接喷洒高浓度的氯(2000~3000mg/l)很容易消除泡沫及浮渣^[10].

放线菌属(*Actinomycetes*)是生长缓慢的丝状菌,在类脂化合物、疏水难降解的颗粒底物以及机构应力、接种等条件时易引起放线菌的污泥膨胀和泡沫浮上.一方面,Kappeler et al 认为,

任一 MCRT 下的放线菌及 0092 型均能引起低负荷膨胀和上浮;而另一方面, Lemmer, Baumann 和 Bendt et al(1988)则证实,低的 MCRT($<6d$)、用缺氧选择器成功地抑制了放线菌的上浮和低负荷膨胀与泡沫上浮;D Mamais, A Andreadakis et al 的报道是,用缺氧选择器或厌氧选择器不能有效控制 *M Parvicella* 的生长^[11];J Kappler, W Gujer 用好氧选择器在低的固体停留时间(SRT)和缺氧选择在任何 SRT 条件下都可以控制放线菌的过量增长^[12]。

3.2 选择性泡沫浮选或淘汰(SFW)

SFW 法即将载有 *Nocardia* 等起沫微生物的泡沫和浮渣溢流至系统外以得以去除。Darviel K Cha, David Jenkins et al 用带有自由液面的 40L 曝气池和设挡板的二沉池进行实验的结果是^[13]:20d 后, *Nocardia* 丝状菌达到 11×10^6 intersections/gvss;以后 15 天内,其值在 $9 \times 10^6 \sim 11 \times 10^6$ 之间波动,去除二沉池挡渣板 23d 后, *Nocardia* 菌数量降至 $1 \times 10^6 \sim 2.5 \times 10^6$ 之间,重装消泡装置 72d 后, *Nocardia* 数量又增加到 6×10^6 。Richards, Phil Nungesser, Carl Jones 认为,这主要是由于延长了 MCRT,使之高于混合液中其它微生物的原因。后者在亚特兰大 Utoy Greet 的 WPCP 污水厂研究表明,使用增加曝气量,控制 MCRT,以从混合液中除去起沫微生物,允许载有 *Nocardia* 的泡沫及浮渣从曝气池中溢流到相邻池子里去除,得到很好的泡沫去除效果^[14]。W A Pretorius, C J P Laubscher 1987 年在南非通过选择性浮选,泡沫和浮渣形成微生物可在 24h 内大量从活性污泥中去除掉^[18]。泡沫去除后,生物相中的丝状菌明显减少,而去除的泡沫中几乎都是丝状菌,且 $>95\%$ 的泡沫微生物能在最初的约 4h 去除;去除速度不取决于 *Nocardia* 泡沫微生物种类(Laubscher 1986),但依赖于初始泡沫中的微生物浓度。在一些文献中报道的其它经验也肯定了这种措施是成功的(Blackall, et al 1985, Hiraoka 和 Tsumura 1983, 等)。

3.3 分类选择器

Payilla 等人(1996 年)研究了用于从 MLSS 中生产和去除表层泡沫和浮渣的分类选择器,他们发现,分类选择器可使 *Nocardia* 的数量降低;向选择器中添加可降解的非离子表面活性剂可进一步降低混合液中的 *Nocardia* 水平。

3.4 增加污泥的 BOD₅ 负荷率

如果污泥的底物负荷增加不会使泡沫和浮渣形成丝状菌参与竞争,则增加污泥的负荷可有效的控制泡沫和浮渣的形成。但若增加对起沫丝状菌能优先利用的底物负荷(如烷烃,或者间接的表面活性剂),或者可供 *Microthrix parvicella* 优先利用的底物(如脂肪和油),反而会导致这些泡沫和浮渣形成微生物的增殖。

3.5 避免中间厌氧区

放线菌(*Actinomycetes*),如同不动细菌属,在富氧环境中能够结合聚磷盐和聚- β -羟基丁酸,而在厌氧环境中能够短期存活,其结果是,中间厌氧区可能有利于放线菌的增长而不利那些需要绝对好氧条件的细菌的生存。

3.6 避免在二沉池中发生反硝化

在存在疏水污泥成分时,由于它们能够稳定地附着在气体上,反硝化会使污泥、泡沫和浮渣浮在二沉池水面上。同时反硝化和在曝气池前段设置反硝化段,已证明在二沉池中防止污泥及泡沫和浮渣上浮是成功的。

3.7 其它方法

(1)投加泡沫和浮渣控制剂

添加化学药剂(如 Cl_2 , H_2O_2 , O_3 , 聚合铝盐混凝剂等)和上部搅拌也是控制泡沫的常用方法. T Nishimura, S Kuribayashi 通过在曝气池中添加 O_3 (2~6mg/l) 成功地抑制了 *Nocardia* 菌不正常增殖产生的泡沫和浮渣, 并且他们还发现^[15]: 污泥沉降性能好转了, 在去除 COD、TOC、SS、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、TN 方面无不同, 硝化作用增强了, 出水水质变好.

Y J Shao, et al 向 terminal 污水厂出现严重 *Nocardia* 泡沫的反应器中投加阳离子聚合物, 3d 后泡沫根除, 其机理包括与废水表面存在的稳定泡沫的接触作用和聚合物絮凝使 *Nocardia* 丝状菌分散进入活性污泥絮体^[16].

(2)工程措施

将曝气池建成前端集中进水和推流式水力流态, 以形成底物梯度, 以及在曝气池之前或其前段设置高负荷接触区(多格间, 推流式), 来抑制泡沫丝状菌和浮渣的过量增殖.

由上可见, 活性污泥工艺中产生泡沫的机理和影响因素是复杂的, 并且经常与污泥膨胀等异常情况同时出现, 因此, 应该根据具体情况采用相应不同的控制技术. 文献[17]给出的德国控制生物起泡沫和浮渣措施及其效果对比见表 3. Paut Pitt 和 David Jenkins 对美国部分活性污泥污水厂统计的控制 *Nocardia* 泡沫策略及其成功率^[18]如表 4 所示. 有趣的是, 其中 58 家污水厂直接用水喷洒泡沫, 收到了很高的成功率(88%), 当然, 若停止喷洒水, 泡沫又会重新出现.

表 3 德国各种控制微生物起泡沫与浮渣措施的对比

控制措施	试验次数	起泡沫丝状菌种属	泡沫浮渣控制效率			备注
			+	±	-	
接触区	9	<i>Microthrix Parvicella</i> 78% 其它丝状菌 20%	55	22	22	
凝聚剂	11	<i>Microthrix</i> 64% <i>Nocardia</i> 31%	54	27	18	只有几天的短期效果
生物添加剂	7	<i>Microthrix Parvicella</i> 57% Eikelboom 0675 型 14% 其它丝状菌 29%	28	0	72	费用昂贵
投氯	11	<i>Microthrix</i> 64% <i>Nocardia</i> 18% 其它丝状菌 18%	82	9	9	费用视投加量而不同, 长期效果

表 4 美国活性污泥污水厂控制泡沫策略及成功率(部分)

泡沫控制策略	策略使用污水厂数目	成功率(%)
降低 MCRT (MLSS)	44	73
氯所投加至 MLSS 和/或 RAS	48	58
用水喷洒	58	88
用消泡剂	35	20
降低曝气时间	5	60

参 考 文 献

- 1 Pretorius W A, Laubscher C P. Control of biological scum in activated sludge plants by means of selective flotation. *Wat. Sci. Tech.*, 1987, 19(2): 1003 ~ 1011
- 2 Kappeler J, Gujer W. Influences of wastewater composition and operating conditions on activated sludge bulking and scum formation. *Wat. Sci. Tech.*, 1994, 30(11): 181 ~ 189
- 3 Kampfer P, Weltrin D, et al. Research note on growth requirements of filamentous bacteria isolated from bulking and scumming sludge. *Wat. Res.*, 1995, 29(6): 1585 ~ 1588
- 4 Daniel K. Jenkins D, et al. Process control factors influencing *Nocardia* populations in activated sludge. *Wat. Envir. Res.*, 1992, 64(1): 37 ~ 43
- 5 Ziegler M, et al. Isolation and morphological and cytological characterization of filamentous bacteria from bulking sludge. *Wat. Res.*, 1990, 24(12): 1437 ~ 1451
- 6 王凯军. 活性污泥膨胀的机理与控制. 北京: 中国环境科学出版社, 1992
- 7 Blackall L, et al. Continuous culture studies with *Nocardia amarae* from activated sludge and their implications for *Nocardia* foaming control. *Wat. Res.*, 1994, 28(4): 234 ~ 239
- 8 Hanson C, et al. A case study relating activated sludge nutrient loading to the appearance of *Nocardia* spp. foaming. *Wat. Sci. Tech.*, 1992, 26(9-11): 2497 ~ 2500
- 9 Pitt P, Jenkins D. Causes and control of *Nocardia* in activated sludge. *J WPCF*, 1990, 62(2): 143 ~ 150
- 10 Albertson O. E, Hendricks. Bulking and foaming organism control at phoenix, AZWWTP. *Wat. Sci. Tech.*, 1992, 26(3-4): 461 ~ 472
- 11 Mamais D, et al. Causes of, and control strategies for, *MICROTHRIX PARVICELLA* bulking and foaming in nutrient removal activated sludge systems. *Wat. Sci. Tech.*, 1998, 37(4-5): 9 ~ 17
- 12 Kappeler J, Gujer W. Scumming due to actinomycetes: Towards a better understanding by modelling. *Wat. Res.*, 1994, 28(4): 763 ~ 779
- 13 Cha D, et al. Discussion of process control factors influencing *Nocardia* populations sludge. *Wat. Envir. Res.*, 1993, 65(1): 89 ~ 93
- 14 Tyler R, et al. Solution of *Nocardia* foaming problems. *J WPCF*, 1990, 62(7): 915 ~ 919
- 15 Goi M, et al. An experimental study to suppress scum formation accompanying the abnormal growth of *Nocardia* by adding ozone in the aeration tank. *Wat. Sci. Tech.*, 1994, 30(11): 231 ~ 234
- 16 Shao Y, et al. Polymer addition as a solution to *Nocardia* foaming problems. *Wat. Environ. Res.*, 1977, 69(1): 216 ~ 221
- 17 Jacques A, et al. Relationship between temperature and growth of organisms causing *Nocardia* foams in activated sludge Plants. *Wat. Res.*, 1995, 26(6): 1555 ~ 1558
- 18 Dillner A, et al. Foaming in anaerobic digesters caused by *MICROTHRIX PARVICELLA*. *Wat. Sci. Tech.*, 1998, 37(4-5): 51 ~ 55

Research Progress of Foam & Scum Control Technologies in Activated Sludge Process

Ding Feng

(Dept. of Environmental Engineering, QIAE)

Peng Yongzhen Wang Shuying

(School of Municipal and Environmental Engineering,

Harbin Civil University of Architecture and Engineering, Harbin 150090)

Abstract By discussing foam & scum emergence and its harmfulness, mechanism and effective factors in domestic and foreign activated sludge process, the paper demonstrates that surplus propagation filamentous bacteria of *Nocardia* (mainly *Nocardia amarae*, *Nocardia pinensis*), nest by *Microthrix parvicella* are the main causes to foaming & scumming. Synthetical technologies of foam & scum control in the light of kinetics theories of activated sludge, microbial ecology and engineering practice are controlling MCRT and selectors, selective floatation, classified selectors, increasing BOD₅ loading, avoiding intermediate anaerobic zone, denitrification in the secondary settling basin, spraying various pharmacies and improving process structures et al.

Key Words activated sludge process, foam & scum, MCRT, selectors

作者简介 丁 峰,男,35岁,副教授

(上接第 14 页)

参 考 文 献

- 1 潘德惠.数学模型的统计数学方法.沈阳:辽宁科学技术出版社,1985.101~117
- 2 黄崇福,王家.模糊信息分析与应用.北京:北京师范大学出版社,1992.81~90
- 3 刘树成等.经济计划、管理、预测、决策的现代化.北京:经济科学出版社,1985.124~156

Study of Construction Effects Assessment Based on Chief Component Analysis

Xia Qingdong

(Dept. of Managing Engineering, QIAE)

Abstract Multi-parameter involved assessment of the performance of construction projects is discussed in this paper. Based on the theory of chief component analysis, a comprehensive assessment model is developed, and an application example is presented.

Key Words chief component, construction performance, assess

作者简介 夏清东,男,40岁,副教授