

活性污泥法中引起丝状菌污泥膨胀的因素^{*}周 利¹, 彭永臻², 李 丽¹, 邓 军¹

(1. 青岛理工大学 山东省环境工程重点实验室, 青岛 266033; 2. 北京工业大学 北京市水质科学与水环境恢复重点实验室, 北京 100022)

摘 要:活性污泥法是采用最普遍的污水处理工艺, 而丝状菌污泥膨胀则是该工艺污水运行中易发生、危害大的问题。介绍了近 30 年来国际上关于丝状菌污泥膨胀的最新研究成果, 分析了影响丝状菌污泥膨胀的主要因素。

关键词:活性污泥法, 污泥膨胀, 丝状菌, SVI

中图分类号:X505

丝状菌污泥膨胀(以下简称污泥膨胀)是指由于活性污泥中丝状菌过度繁殖而导致污泥沉降性能恶化, 造成活性污泥流失, 从而破坏正常的处理工艺运行的现象。在实际运行中, 可以采用污泥指数 SVI 来判断污泥的沉降性能, 通常认为 SVI 值大于 150 mL/g 则标志污泥膨胀发生。污泥膨胀具有三个显著特点: 一是发生率较高, 在欧洲近 50% 的城市污水厂每年发生污泥膨胀, 在我国污泥膨胀的发生率也很高, 几乎所有的城市污水及工业废水处理厂存在不同程度的污泥膨胀问题。二是普遍性, 在各种类型与变法的活性污泥工艺中都存在污泥膨胀问题, 甚至连被认为最不易发生污泥膨胀的间歇式曝气池也能发生污泥膨胀。三是危害严重、难于控制, 污泥膨胀的后果不仅使污泥流失, 出水悬浮物增高使水质恶化, 也大大降低了处理能力, 严重者将导致工艺无法正常运行, 而且污泥膨胀一旦发生则难于控制或者需要相当长的时间。

自从活性污泥法问世以来, 污泥膨胀问题一直是污水厂运行管理中困扰人们的难题之一。在 20 世纪 70 年代之后特别是近 20 多年来, 各国相继对污泥膨胀产生的原因及控制方法开展了大量的研究工作, 有的学术团体或研究小组对此持续了数十年的研究, 取得了许多新的研究成果与突破。

1 污泥膨胀中常见的丝状菌的种类

目前在活性污泥中已发现的丝状菌有 30 多种, 但最常出现的只有十余种。通过总结南非、美国、英国、荷兰、丹麦、法国、澳大利亚、德国以及世界其他各国对膨胀污泥中丝状微生物的调查, 发现尽管在不同地区有所差异, 但最频繁出现的丝状菌有以下种类^[1]:

微丝菌	Nocardioform actinomycetes	0092 型
0961 型	0041 型/0675 型	Nostocoida limicola
软发菌	浮游球衣菌/1701 型	021N 型/发硫菌

大量研究调查表明, 膨胀污泥中的丝状菌种类与活性污泥工艺运转条件密切相关。例如在 Pujol 和 Boutin 的研究中^[2], 低负荷下的丝状菌种类为: 0041 型, 0092 型及微丝菌; 在高负荷下的丝状菌为: 浮游球衣菌, 021 型, 1701 型和 1863 型菌。Strom 和 Jenkins 的研究表明^[3], 低负荷下的丝状菌种类有: 0041 型, 0092 型, 0081 型, 微丝菌; 低 DO 下的丝状菌种类有: 1701 型, 021N 型, 浮游球衣菌, 1863 型; 低 pH 下真菌占优势。Gabb 等人^[4]对南非的脱氮或脱氮除磷污水厂中引起污泥膨胀的丝状菌 0092 型, 微丝菌, 0675 型和

* 国家“863”重大科技专项项目(2004AA601020)

编辑部约稿

收稿日期: 2004-10-27

0041 型菌划为低负荷型,而 0675 型,0041 型又可归于营养型.也有研究表明营养不足时丝状菌有发硫细菌,021N 型和球衣菌.

2 污水性质的影响

2.1 污水中底物类型

通常认为那些含有易生物降解和溶解的有机成分,特别是低分子量的烃类、糖类和有机酸类等类型基质的污水容易引起污泥膨胀,例如啤酒、乳品、石化、造纸等废水.

2.2 污水的早期消化

污水如果贮存或在水下管道、初沉池中停留时间过长,容易发生早期消化反应,这种污水容易发生污泥膨胀.其原因主要是消化时产生的大量低分子有机酸和硫化氢所致,它们特别容易引起一些丝状菌的繁殖,如 *Thiothrix* 和 021N 型菌.

2.3 营养物质浓度

氮磷是微生物生长的重要营养物质,通常认为污水中保持 $BOD:N:P=100:5:1$ 比较合适. Richard 用 021N 型菌进行试验表明^[5],在营养物质浓度较低的情况下,丝状菌不仅具有 K-Strategy(K-对策)功能,且对营养物质具有累积能力,这是它们在不平衡生长条件下的优势. R. E. Sheker 等人^[6]报道了在缺 N($TOC/N=160/2.7$)的情况下,缺氧选择器并不能抑制丝状菌的生长.研究表明许多丝状菌对营养物质(如 N、P 等)有较强的亲和力,这可能是缺乏营养物质而导致污泥膨胀的原因.

2.4 pH 值

污水中有机物在降解过程中由厌氧或兼氧水解酸化变成低分子化合物,如挥发性有机酸、氨基酸、单糖、醇类等,同时会导致 pH 值下降,这种环境有利于丝状菌的繁殖. Peidi Hu 和 Storm 的研究中发现^[7],当 pH 较低($pH \leq 5$)时出现真菌丝状菌的大量繁殖,SVI 值最终超过了 1000ml/g,而在较高的 pH 条件下 SVI 一直保持较低的数值.

3 运行条件对污泥膨胀的影响

3.1 污泥负荷

污泥负荷是影响污泥膨胀最重要的因素之一,各国的研究者对此做了大量的研究,但研究结果却并不一致,有的甚至矛盾. Pipes 调查研究了 32 个活性污泥处理厂,发现合适的污泥负荷在 $0.25 \sim 0.45 \text{ kg/kgMLSS} \cdot \text{d}$ 范围内,低于或高于这个范围会导致高的 SVI 值. Chao 和 Keinath 在研究中发现^[8],负荷在 $0.6 \sim 1.3 \text{ g COD/gMLSS} \cdot \text{d}$ 和大于 $1.8 \text{ g COD/gMLSS} \cdot \text{d}$ 范围内易发生膨胀. 德国一个研究小组经过多年的调查研究指出,在完全混合式曝气池中比较频繁地出现污泥膨胀问题,此时其污泥负荷小于 $0.05 \text{ kg COD/kg MLSS} \cdot \text{d}$;而在推流式曝气池中当污泥负荷超过 $0.5 \text{ kg COD/kg MLSS} \cdot \text{d}$ 时才出现污泥膨胀问题.

笔者曾选用啤酒废水和石化废水为处理对象,研究了 SBR 工艺中污泥负荷对污泥膨胀的影响^[9],结果表明,在保证溶解氧足够的条件下,高污泥负荷不仅不能引起污泥膨胀,而且还有抑制丝状菌繁殖的作用.当污泥负荷降低到某一临界值时导致污泥膨胀发生,该临界值与反应器进水底物浓度呈负相关关系.

3.2 溶解氧浓度

溶解氧(DO)是影响污泥膨胀的另一个重要因素,污水厂在实际运行中由于 DO 的原因而引起的污泥膨胀也比较常见.国外有不少关于 DO 对污泥膨胀影响的研究报道,但得出的结论也不尽一致.例如,Sezgin 等人的研究发现,曝气池混合液中 DO 浓度小于 1.0 mg/L 时会引起污泥膨胀^[10],德国研究小组则认为曝气池中 DO 浓度小于 2.0 mg/L 时就会导致污泥膨胀. Benefield 等人报道高 DO 会引起污泥膨胀^[11]. Palm 等人的研究结果表明,引起污泥膨胀的 DO 临界值与污泥负荷有关,只要溶解氧成为限制,任何条件下都可能发生污泥膨胀^[12]. 笔者在研究 SBR 工艺处理石化和啤酒废水时发现,高 DO 并不能导致丝状菌污泥膨胀,而当石化和啤酒废水中 DO 分别低于 0.5 mg/L 和 0.4 mg/L 时能够引起污泥膨胀.

3.3 冲击负荷

在污水处理过程中,污水尤其是工业废水经常在短时间内水质水量发生变化,一般认为负荷的突然变化容易引起污泥膨胀.但国外有研究发现,在处理食品加工废水时有规律的高、低负荷交替变化能控制由 *S. natans* 型丝状菌引起的污泥膨胀.

4 结语

污泥膨胀是一个相当复杂的问题,因为影响污泥膨胀的因素太多.由于活性污泥对底物的降解是生物化学反应过程,形成活性污泥的微生物是多种微生物的群体,既受到污水水质条件的影响,又受到运行条件及环境的影响,如污水的种类、成分、浓度、水温、负荷、溶解氧、pH 值及氮磷含量等因素都会对污泥膨胀产生影响,既可能一个因素起作用,也可能多个因素协同起作用,在不同的研究条件下就可能得出不同的结论,因此,对该课题进行全面、系统的研究十分必要.

参 考 文 献

- [1] Jiri Wanner. The Implementation of Bulking Control in the Design of Activated Sludge Systems. *Wat. Sci. Tech.*, 1994, 29(7):193-202
- [2] R. Pujol and P. Boutin. Control of Activated Sludge Bulking: From the Lab to the Plant. *Wat. Sci. Tech.*, 1989, 21:233-239
- [3] P. F. Strom and D. Jenkins. Identification of significance of filamentous microorganisms in activated sludge. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 1984, 56(5):449-459
- [4] D. M. D. Gabb, D. A. Still, G. A. Ekama, et al. The Selector Effect on Filamentous Bulking in Long Sludge Age Activated Sludge Systems. *Wat. Sci. Tech.*, 1991, 23:867-877
- [5] Richard M. G., Shimizu G. P. and Jenkins D. The Growth Physiology of the Filamentous Organism Type o21N and its Significance to Activated Sludge Bulking. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 1985, 57(12):1152-1162
- [6] R. E. Sheker, R. M. Aris and W. K. Shieh. The effects of Fill Strategies on SBR Performance under Nitrogen Deficiency and Rich Conditions. *Wat. Sci. Tech.*, 1993, 28(10):259-266
- [7] Peidi Hu and Peter F. Strom. Effect of PH on fungal Growth and Bulking in Laboratory-activated Sludge Res. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 1991, 63:276-277
- [8] A. C. Chao C. A. and Keinath T. M. Influence of Process Loading Intensity on Sludge Clarification and Thickening Characteristics. *Water Research*, 1979, 13:1213-1223
- [9] 周利,彭永臻,高春娣. SBR 工艺中污泥负荷对丝状菌污泥膨胀的影响. *中国给水排水*, 1999, 15(6):11-13
- [10] Sezgin M., Jenkins D. and Parker D. S. A unified theory of filamentous activated sludge bulking. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 1978, 50 (9):362-381
- [11] Larry D. Benefield, Randall C. W. and King P. H. The stimulation of filamentous microorganisms in activated sludge by high oxygen concentration. *Water Air and Soil Pollution*, 1986, 15(4):327-332
- [12] Palm J. C., Jenkins D. and Parker D. S. Relationship between loading, dissolved oxygen concentration and sludge settleability in the completely-mixed activated sludge process. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 1980, 52(10):2484-2506
- [13] 刘志强,苗群,张建. 城市污水生物脱氮除磷应用技术. *青岛建筑工程学院学报*, 2003, 24(3):64-68

(下转第 66 页)

The Application of Glassfibre Reinforced Plastic Mortar Pipe in the Seaside Silt

Zhang Jing, Yin Xian-you and Zhu Chang-cong
(QETDZ Water Supply and Discharge Company, Qingdao 266555)

Abstract: In view of the little underpinning and strong corrosiveness of the seaside silt, DN1200 GPRMP was used in the seaside part of Qingdao Jihongtan Reservoir Huangdao Water Supply Project. The author introduces the characteristics of the GRPMP, describes the specific method of the foundation, pipe connection in the course of pipe construction, and draws the conclusion that GPRMP is available in the seaside according to the date of distortion and subsidence observation.

Key words: GPRMP, seaside silt, foundation, ground subsidence

作者简介: 张晶(1972-), 女, 工程师

(上接第 52 页)

The Factors Leading to Filamentous Sludge Bulking in the Activated Sludge Process

Zhou Li¹, Peng Yong-zhen², Li Li¹ and Deng Jun¹

(1. Shandong Provincial Key Lab of Environmental Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033;

2. Beijing Key Lab of Water Quality Science and Water Environment Recovery, Beijing Polytechnical University, Beijing 100022)

Abstract: Activated sludge process used most widely in wastewater treatment plant is often accompanied by filamentous bulking which happens readily and harms the operation of activated sludge process seriously. The latest research achievements of filamentous bulking in the world in nearly thirty years were introduced systematically, and the main factors such as sludge load, dissolved oxygen concentration, PH, nutrition concentration and other factors influencing the filamentous sludge bulking were discussed in this paper.

Key words: activated sludge process, sludge bulking, filamentous, SVI

作者简介: 周利(1963-), 男, 博士, 副教授