

## 研究报告

# 废水生物除磷机理的研究

## ——循序间歇式生物脱氮除磷处理系统中微生物的组成

周岳溪\* 钱 易 顾夏声

蔡 妙 英

(清华大学环境工程系, 北京 100084)

(中国科学院微生物研究所, 北京 100080)

**摘要** 考察了在不同运行阶段, 间歇式生物脱氮除磷处理系统内活性污泥混合液中细菌总数及主要细菌组成的变化特性。试验结果表明: ①在稳定运行期, 试验装置内活性污泥混合液中细菌总数大大多于启动期 (约大 26 倍); ②在启动运行期, 活性污泥混合液中的优势菌为气单胞菌属; 其次是假单胞菌属; 没有发现不动杆菌属。在稳定运行期间, 优势菌是假单胞菌属, 其次是气单胞菌属和棒杆菌属。

**关键词** 生物脱氮除磷, 循序间歇, 优势菌。

废水生物除磷是一项潜力很大的新型废水处理技术, 它是通过微生物菌群体系的代谢活动完成的。考察在不同运行条件下, 废水生物除磷处理系统内活性污泥混合液中的微生物组成, 是深入了解不同除磷菌的生理特性、改进工艺以提高处理效率的前提。因此, 近年来国外学者对这一课题进行了一些探讨。Fuhs 和 Chen<sup>[1]</sup> 首次研究了废水生物除磷微生物学, 并提出, 在生物除磷活性污泥中只有不动杆菌属能起除磷作用。Buchan<sup>[2]</sup> 发现, 在其废水生物除磷试验装置的活性污泥混合液微生物生态系统中, 不动杆菌的确是优势菌。但是, Brodisch 和 Joyner<sup>[3]</sup> 考察三种处理效果良好 (出水中的  $\text{PO}_4\text{-P}$  浓度小于  $0.2\text{mg/L}$ ) 的生物除磷系统中的活性污泥微生物组成, 不动杆菌只是少数除磷菌之一。最近, Cloete 和 Steyn<sup>[4]</sup> 利用半透膜滤-免疫荧光组合法<sup>[5]</sup>, 直接考察了南非 Cape Town 北区污水处理厂活性污泥中的不动杆菌数量与除磷能力之间的关系。结果, 不动杆菌为优势菌, 但其除磷作用却较小。

本文的研究目的是以循序间歇式生物处理工艺为对象, 较系统地考察试验装置内活性污泥混合液的微生物组成, 为后续的除磷菌生理特性研究提供参考。

### 一、试验材料与方法

#### 1. 主要培养基

(1) 肉汁胨培养基 (基本培养基)<sup>[6]</sup>。

(2) 休和利夫森 (Hugh & Leifeson) 二氏培养基<sup>[6]</sup>。

(3) 索恩利 (Thornley) 氏培养基<sup>[6]</sup>。

(4) 果糖水解试验培养基 (哈尔滨市预防医学中心生产)。

#### 2. 主要试剂<sup>[6]</sup>

(1) 革兰氏染色液

(2) 鞭毛染色液

(3) 异染粒染色液

(4) 1%  $\alpha$ -萘酚酒精溶液

(5) 3—10% 过氧化氢溶液

#### 3. 菌液样品

取自间歇式生物脱氮除磷处理试验装置的活性污泥混合液<sup>[1]</sup>。

#### 4. 试验方法

本试验所用活性污泥混合液取自反应器的

\* 现在中国环境科学研究院(100012)

收稿日期: 1991年7月4日

1) 周岳溪, 废水生物除磷机理及间歇式生物处理工艺的研究(博士论文), 清华大学, 1990年。

曝气阶段。对于反应器处于不同运行阶段的活性污泥混合液样品,均采用相同方法进行细菌的计数、分离与鉴定。

(1) 细菌的计数 取活性污泥混合液样品 50ml, 置于装有数粒玻璃珠的无菌三角烧瓶中, 于转速为 200r/min 的旋转式摇床中振荡 10min 后, 用无菌水稀释分散菌体, 按标准平板法(用肉脉培养基在 30℃ 下培养 48h)<sup>[7]</sup> 进行细菌计数。

(2) 细菌的分离与鉴定 每个活性污泥混合液样品重复分离两次。用无菌水稀释活性污泥混合液。取稀释度为  $10^{-6}$  的稀释液涂布于肉汁脉培养基平板上, 30℃ 下培养 72h。从其中的单一菌落多的四个平板中, 挑取所有单一菌落。再经 2—3 次平板划线纯化, 将单纯菌株分别转接到肉脉汁斜面培养基上, 用矿物油密封保存。

细菌鉴定按《一般细菌常用鉴定方法》<sup>[6]</sup>、《伯杰氏系统细菌鉴定手册》(第九版)<sup>[8]</sup> 所述的方法进行。

## 二、试验结果及讨论

### (一) 试验结果

活性污泥混合液分别取自污泥驯化时的启动期和试验装置处理效果良好的稳定运行期, 取样时试验装置处于曝气阶段。对所取的活性污泥混合液样品进行细菌计数、分离和鉴定。

#### 1. 细菌总数

采用标准平板法对活性污泥混合液中的细菌重复进行三次计数, 其平均值由表 1 所示。反应器在不同运行期, 活性污泥混合液中的细菌总数存在着明显差别。

表 1 细菌总数

样 品	细菌总数(个/ml)
启动期	$1.8 \times 10^7$
稳定期	$4.6 \times 10^8$

#### 2. 活性污泥混合液中的主要细菌组成

(1) 启动期的主要细菌组成 对启动期的活性污泥混合液样品进行了两次分离, 得纯菌

142 株和 128 株。表 2 的鉴定结果表明, 这些纯菌主要属于假单胞菌属、气单胞菌属和肠杆菌科。

表 2 启动运行期活性污泥混合液中  
主要细菌组成(%)

菌名	在第一组 (142 株) 中所占比例	在第二组 (128 株) 中所占比例	平均值
假单胞菌属	31.7	25	28.3
气单胞菌属	59.8	59.4	59.6
肠杆菌科	7.8	7.0	7.4
未鉴定	0.7	8.6	4.7

(2) 稳定运行期的主要细菌组成 对稳定运行期的活性污泥混合液样品进行了两次分离, 得纯菌 241 株和 189 株。表 3 所示的鉴定结果表明, 这些纯菌主要属于假单胞菌属、气单胞菌属、棒杆菌属。

表 3 稳定运行期活性污泥混合液  
主要细菌组成(%)

菌名	在第一组 (241 株) 中所占比例(%)	在第二组 (189 株) 中所占比例(%)	平均值 (%)
假单胞菌属 <sup>1)</sup>	54.8	47.7	51.3
气单胞菌属 <sup>2)</sup>	20.7	29.6	25.1
棒杆菌属	19.9	16.9	18.4
不动杆菌属	—	2.1	1.1
未鉴定	4.6	3.7	4.1

1) 其中类产碱假单胞菌的数量在第一组中占 53.1%, 在第二组中占 46.6%, 平均占 49.9%。

2) 全部为豚鼠气单胞菌。

图 1 示出了启动和稳定运行期活性污泥混

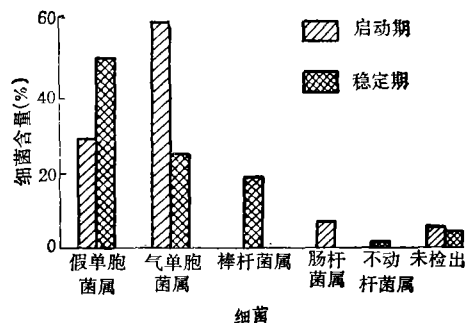


图 1 启动和稳定运行期活性污泥混合液内  
主要细菌组成比较

合液中的主要细菌组成比较。

## (二) 讨论

### 1. 细菌总数

从表 1 可以看出,在稳定运行期,曝气阶段活性污泥混合液中细菌数量大大高于启动运行期(约 26 倍),这是因为通过启动运行期的驯化培养,细菌数量明显增加的缘故。

### 2. 细菌的组成

细菌的分离、鉴定结果表明,通过厌氧、好氧处理,试验装置于启动运行期活性污泥混合液的主要细菌组成与稳定运行期的有明显差别。在启动运行期的样品中,气单胞菌属含量最多,假单胞菌属次之,且没有发现不动杆菌(表 2、图 1)。在稳定运行期的活性污泥混合液中假单胞菌属含量最多(主要是类产碱假单胞菌),占全部菌株的 50% 以上,气单胞菌属含量次之。此外,还存在相当数量的棒杆菌属和少量的未鉴定菌(表 3、图 1)。由此可见,本试验装置稳定运行期的优势菌种是假单胞菌属。在此期间,试验装置的 COD、氮和磷的去除效果都很好<sup>[1]</sup>。

在稳定运行期间,试验装置内活性污泥中所分离出来的主要细菌的生理代谢试验结果表明,假单胞菌属、气单胞菌属及棒杆菌属不仅能有效地降解废水中的有机物,而且还能过量摄取水中的磷酸盐以聚磷酸颗粒的形式贮存于细胞内,同时还能还原硝酸盐进行反硝化脱氮<sup>[9,10]</sup>。因此,试验装置能有效地去除有机物、脱氮和除磷。

另外,过去人们认为不动杆菌属在生物除磷过程中起着最主要的作用。但是,根据本试验结果,在稳定运行期间试验装置的活性污泥混合液中只存在少量的不动杆菌属,主要是假单胞菌属。这点与国外近年的一些研究结果基本一致。如近年来有些学者在进行 UCT 工艺的试验研究中发现,活性污泥混合液中不动杆菌数量仅占全部细菌总数的 1—10%<sup>[3]</sup>,优势菌种则是假单胞菌属和气单胞菌属。Hascoet 发现<sup>[9]</sup>,运行良好的间歇式生物脱氮除磷试验装置的活性污泥混合液中几乎找不到不动杆菌,

而假单胞菌属和气单胞菌属的数量却相当多。此外,即使在一些装置中不动杆菌属相当多<sup>[2,4]</sup>,它在实际除磷过程中所起的作用也不大<sup>[4,5]</sup>。所以,以往 Fuhs 和 Chen 等人提出废水生物除磷完全是由不动杆菌属完成的观点是不够全面的。笔者认为,废水生物脱氮除磷过程中活性污泥混合液内微生物组成和数量的差异,可能是由于所采用的处理工艺的类型、进水水质和运行条件等不同所致。

## 三、结 论

根据上述的试验结果和讨论,可以得出下列几点结论:

1. 在启动和稳定运行期间,试验装置内活性污泥混合液中细菌数量存在着明显差异(约 26 倍)。

2. 在稳定运行期间,试验装置内活性污泥混合液的主要细菌组成与启动运行期间的不同。启动运行期的优势菌种为气单胞菌属,而稳定运行期则为假单胞菌属(主要为类产碱假单胞菌),其次为气单胞菌属。

3. 废水生物脱氮除磷处理过程中,活性污泥混合液内微生物的组成和数量的差异是由所采用的处理工艺的类型、进水水质和运行条件等不同所致。

## 参 考 文 献

- 1 Fuhs G W, Chen M. *Microbiol. Ecol.*, 1975, 2:119
- 2 Buchan L. *Wat. Sci. Tech.*, 1983, 15 (3/4): 87
- 3 Brodish K E U, Joyner S J. *Wat. Sci. Tech.*, 1983, 15 (3/4): 117
- 4 Cloete T E et al. *Wat. Res.*, 1988, 22(8): 971
- 5 Cloete T E, Steyn P L. *Wat. Res.*, 1988, 22(8):961
- 6 中国科学院微生物研究所细菌分类组. 一般细菌常用鉴定方法. 北京: 科学出版社, 1978: 100—108
- 7 顾夏声, 李献文. 水处理微生物学基础. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981: 85
- 8 Krieg N R et al. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. London: Williams & Wilkins Baltimore, 1986: 156—158
- 9 Hascoet M C et al. *Wat. Sci. Tech.*, 1985, 17(11/12): 23
- 10 Payne W J. *Denitrification*. A Wiley-Interscience Publication: John Wiley and Sons Inc., 1981: 33

**A Study on the Mechanism of Biological Removal of Phosphorus-Microbial Composition of the Activated Sludge in a Sequencing Batch Reactor.**

Zhou Yuexi Qian Yi et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp. 2—4

In this paper, the microbial composition of the activated sludge in a sequencing batch reactor, which can effectively remove phosphates from waste water, was investigated. Experimental results demonstrate: (1) The population of bacteria in the mixed liquor of activated sludge during steady operation stage was much larger than that during the start-up stage (about 26 times larger). (2) The predominant genus during the start-up stage was aeromonas and pseudomonas came second (with no acinetobacter found), while the predominant genera during the steady operation stage were pseudomonas and aeromonas (with a limited number of acinetobacter present).

**Key words:** phosphorus, activated sludge, phosphate removal.

**Investigation on the Kinetic Characteristics of Copper Adsorption on Red Earth in Flow Method by Utilizing First-Order Kinetic Differential Equation.** Lan Yeqing et al. (Nanjing Agricultural University, Nanjing 210014): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.5—8

The kinetic characteristics of adsorption of copper on red earth in flow method was investigated by utilizing a first-order kinetic differential equation. Results show that the rate of copper adsorption is affected by diffusion. Specifically, the rate of the process is dominated by external diffusion when the adsorption is at lower levels and by the internal diffusion when the adsorption is at higher levels. At a given temperature and pH value, the theoretical saturated adsorption amount of copper is basically a constant and independent of flow rate and concentration of the solution under study. However, the experimentally determined saturated adsorption amount of copper was found to be significantly affected by the flow rate and concentration of the solution and smaller than the theoretical saturated adsorption amount.

**Key words:** red earth, adsorption of copper, diffusion.

**Influence of Acidic Mining Waste Water on Water Quality of Lean River.** Lin Yuhuan, Li Qi (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp. 9—14

The lean river, especially in the region of waste water discharging point, was seriously polluted by mining waste water. The pH values of the river water were sometimes observed to be lower than 6.5 during flood season, the concentrations of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd etc.) in the river water were close to or even obviously higher than the national standards of water quality. Furthermore, simulation calculation indicates that, at pH values lower than 6.5, most of the heavy metals existed in the water in the form of ions,

resulting in even higher toxicity to fishes. The heavy metals were also found to be accumulated in the sediment of the river. Besides, the elements like Al, Fe, Mn etc. also exerted negative influence on the treatment of drinking water and fishery.

**Key words:** mining waste water, heavy metals, water pollution.

**Application of Discrete Multicriteria Optimization Decision Model (DMODM) in EQDSS.** Wang Jinnan (Chinese Research Academy of Environmental Sciences 100012): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.15—19

DMODM is a model that can solve a sort of decisive optimization problems which are formed by discrete values of a number of decisive variables and have multicriteria for assessment of alternatives. This essay briefly describes the principle, solving methods-dominated approximation method and reference point approach of the model, as well as its application and effect in the National Environmental Quality Decision Support System (NEQDSS).

**Key words:** discrete Multicriteria decision model, optimization decision problem, discrete package.

**Study on Warning System of Environmental Impact Assessment.** Chen Zhijian, Chen Guojie (Institute of Mountain Disasters and Environment, Academia Sinica, Chengdu 610015). *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.20—23

This paper discusses the concept and integrative principle, hierarchical principle and practicable principle of the environmental impact warning assessment, defines the warning standard according to the environmental quality index, proposes mathematical models for the poor or worse state warning, deterioration trend warning and deterioration speed warning, and gives a case of the environmental impact warning assessment of the Three Gorges Hydraulic Engineering on the Yangtze River in China.

**Key words:** environmental impact assessment, environmental impact warning, environmental deterioration.

**Study on the Accumulation of Deposits in Waste Water Stabilization Pond.** Fan Xiaojun, Qian Yi (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.24—26

Results of the researches on the accumulation of deposits in waste water stabilization pond was summarized. Based on the analysis of the origin and composition of the deposits the authors suggested that the deposits are composed of two fractions: biodegradable and non-biodegradable. A theoretical model describing the accumulation of benthic deposits was hence established. According to the model, the following conclusions could be drawn: (1) the amount of the accumulation of non-biodegradable is directly proportional to the operation time of the pond; (2) the accumulation of biodegradable part of the deposits will not surpass a maximum value; and (3) the accumulation of pond benthic deposits is closely related to the quantity and quality of influents as