

文章编号:1671-683X(2006)01-0113-04

# 活性污泥培养及运行过程中的微生物指示作用

孔秀琴, 兰建伟, 何乐萍

(兰州理工大学石油化工学院, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:**为了研究活性污泥培养及运行过程中微生物指示特性,依据微生物的生理特征,采用SBR工艺,以新鲜的生活污水作为营养液直接曝气,通过控制pH值、温度、溶解氧等条件逐步培养活性污泥,实验同时对微生物相的演变规律与污水处理效果之间的对应关系进行了分析研究,得出了活性污泥培养的不同阶段及运行异常时微生物相的特征。

**关键词:**活性污泥法;微生物;指示作用

**中图分类号:**X 703 **文献标识码:**A

## 0 引言

活性污泥法处理污水时,主要是在活性污泥微生物的作用下,使污水中的有机物迅速加以氧化、分解,从而改变有机物的化学性质,使污水得到净化。通过对活性污泥生物的深入研究,确定生物处理中的指示生物,并找出其与环境变化的关系,确立活性污泥的生物监测技术,并使其应用于污水处理生产运行质量控制的程序中去。在各种环境因子突变的情况下,活性污泥尚未遭到破坏之前,准确发现问题,及时采取措施加以解决,以免造成重大损失,对确保生产运行的稳定具有重要意义<sup>[1]</sup>。不少学者试图用原生动物作为活性污泥性能或出水质量的指示生物(Salavado, 1993; Curds, 1970a; Shahwani, 1991),提出了活性污泥中的原生动物群落结构同净化状态之间有相关性<sup>[2]</sup>。笔者通过观察活性污泥培养及成熟过程中的活性污泥性状和生物相的变化,根据不同时期活性污泥生物数量及生物种类变化呈现一定规律性,来判断污水处理的运行状况,找出微生物相与污水处理效果及污泥性状之间的对应关系。

## 1 试验原理

在活性污泥法中起主要作用的是活性污泥微生物。活性污泥中的细菌、真菌、原生动物、微型后生动物等多种微生物群体相结合组成一个小生态体系,只要满足微生物的营养要求和环境条件,活

性污泥微生物就可得到生长繁殖<sup>[3]</sup>。活性污泥培养驯化的方法有多种:间歇投水培养、阶段培养、满载培养、接种培养<sup>[4]</sup>。其中,活性污泥微生物的演变交替规律界限不清晰,相应地微生物对污泥培养的指示作用不明确,本次试验没有采用以上方式,而是利用成分较稳定的新鲜生活污水单独投入SBR曝气池中,进行稳定曝气直接培养出活性污泥。培养过程中活性污泥微生物从低级向高级逐步演变,有利于分别对其进行行为特性及适应条件的分析研究。并在污泥成熟后,根据水质的理化分析,以及原生动物与细菌之间存在相互依赖的功能关系,借助显微镜直接观察原生动物以及菌胶团组成和生长状态,就能直接或间接地评价废水处理效果,起到了指示生物的作用。

## 2 试验部分

试验采用SBR(sequencing batch reactor, 间歇式反应器)法,其运行过程见图1。

本试验采用的生活污水取自骆驼巷小区污水排放口,该小区主要为居民住宅区,污水的pH值约为6.5~7.5,温度14~19℃,溶解氧0.2 mg/L, COD值在350~400 mg/L,其有机物和其它水质条件符合微生物的生长要求,镜检发现少量游离细菌,在此基础上加强曝气,改善其它环境条件,促使活性污泥微生物的逐步演变壮大,最终培养出具有良好生物降解活性的活性污泥。采用的反应器属于完全混合式曝气沉淀池,其运行特点是当

收稿日期 2005-06-20; 修订日期 2005-09-15

基金项目:甘肃省自然科学基金(B)资助项目(3ZS042-B25-006)

作者简介:孔秀琴(1967-),女,甘肃兰州人,兰州理工大学副教授,主要从事污水生物治理的教学与研究。

废水进入反应池后,在最短时间内,即与全池中的混合液充分混合,并被稀释<sup>[5]</sup>.因此流入池中的污水的 pH 值、温度及水质变化对池内活性污泥的

冲击作用将降低.试验装置见图 2,反应器容积是  $0.25 \times 0.50 \times 0.50 = 62.5 \text{ L}$ .

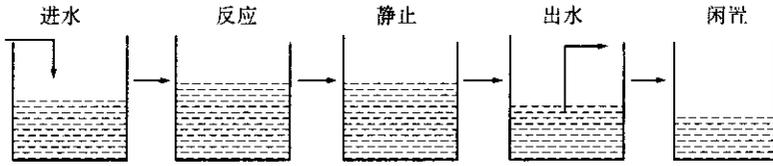


图 1 工艺流程

Fig.1 Process

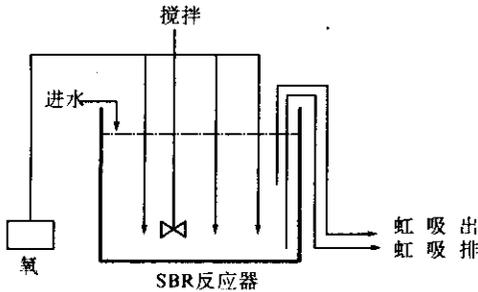


图 2 试验装置

Fig.2 Experimental equipment

试验方法:池中温度控制在  $18 \sim 22 \text{ }^\circ\text{C}$  之间, pH 值控制在  $6.5 \sim 7.5$  之间,溶解氧在  $2 \sim 6 \text{ mg/L}$ .每天运行 2 个周期,日总曝气时间 14 h,负荷在  $0.15 \sim 0.35 \text{ kg COD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ ;曝气运转过程中,为了及时了解和控制污泥的生长和活性状态,每天通过电脑显微镜检查曝气池混合液及絮体中微生物的状况.同时采用时间控制序列操作管理,监测分析以下指标:污泥 SV,曝气池 MLSS、进出水 COD 方法参阅文献 [6].与此同时,用吸管吸取摇匀后的活性污泥混合液,在载玻片上均匀地滴 5 滴,加盖玻片,于显微镜下观察计数,死亡个体不计.对于群体原生动物,对群体内的每个个体分别计数.该步骤重复 3 次即可统计出 1 mL 水样中每种微型生物的数量,鉴定时参照文献 [2].

### 3 结果及分析

#### 3.1 不同培养阶段活性污泥微生物相的特征及其指示生物

##### 3.1.1 培养初期

培养初期即培养阶段的第 1~7 天,水中有机物浓度很高,污泥尚未形成.所测得的 MLSS 与  $SV_{30}$  数据均偏小,这主要是由于污泥处于培养初期,曝气池中污泥量比较少,此时曝气池内的污泥沉降性能较差.在活性污泥处理过程中,净化污水的第一和主要承担者是细菌<sup>[8]</sup>.曝气池中首先可见大量游离细菌,接着出现通过细胞表膜渗透作

用吸收水中有机质的动鞭毛虫纲、肉足虫纲中的不同种类的原生动物.通过在显微镜下观察活体特征,发现:犁形四鞭虫、沟四鞭虫、粗尾滴虫、波豆尾滴虫、波豆叶鞭虫、沟刺波豆虫、慢行波豆虫、微细波豆虫、无恒多卓鞭虫等 10 余种的种类.其中屋滴虫和任意变形虫占优势.因此是这个时期的指示生物为屋滴虫和变形虫(见图 3).

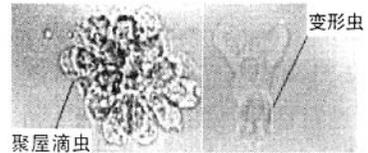


图 3 聚屋滴虫(400 ×)

Fig.3 Mastigophora 400 ×

##### 3.1.2 培养中期

培养中期的第 8~15 d,随着培养过程的进展,细菌数目大大增加,污水中出现了掠食能力更强的纤毛虫纲中的不同种类的原生动物.通过在显微镜下观察活体特征发现:锥形瓶口虫、粘液瓶口虫、钝漫游虫、天鹅漫游虫、尾草履虫、多小核草履虫、敏捷半眉虫、纺锤半眉虫等种类的纤毛虫.其中半眉虫(见图 4)、草履虫占优势.增殖的微生物吸附水中的悬浮物质并相互絮凝形成了活性污泥(见表 2).污泥浓度上升至  $1075 \text{ mg/L}$ ,污水的出水水质明显提高,见表 1.镜检发现游离细菌数量下降.继续培养,开始出现固着型纤毛虫如钟虫并出现少量的丝状菌.表明这个时期的指示动物应以纤毛虫纲中半眉虫为主.



图 4 半眉虫(40 ×)

Fig.4 Sarcodina 40 ×

表 1 培养中期处理效果及污泥指标

Tab.1 Cultivated middle stage treatment effect and sludge indexes

水质指标						污泥指标	
进水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	出水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	COD 去除率 /%	进水 BOD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	出水 BOD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	BOD 去除率 /%	MLSS/ (mg·L <sup>-1</sup> )	SV <sub>30</sub> /%
400	160	60	310	110	64.5	1 075	5

表 2 培养中期污泥的特性及优势微生物

Tab.2 Cultivated middle stage character sludge and dominant microorganism

絮体大小	小,平均 100μm	
絮体形态	不规则形动胶菌团	
絮体结构	开放	
絮体紧密度	较紧密	
丝状菌数量	较少	
游离细菌	比前期少	
微型动物	优势种	豆形虫,半眉虫均活跃
动物	其它种	出现少量钟虫、线虫、丝状菌

3.1.3 培养后期

培养后期即培养阶段的第 16~30 天,出现了大量的钟虫类原生动物,标志着活性污泥已成熟,游离细菌含量低,活性污泥絮体已经形成,污泥浓度达到 1 949.6 mg/L.此时污水中出现了大量枝状动胶菌团使得污泥絮体进一步变大,COD 去除率达 74%,污水净化效果良好(见表 3、表 4).

培养后期,发现了典型动胶菌所形成的菌胶团——生枝状的动胶菌团(见图 6).菌胶团是活性污泥和生物膜的重要组成部分,有较强的吸附和氧化有机物的能力,在废水生物处理中具有重要作用<sup>[9]</sup>.活性污泥性能的好坏,主要可根据所含

表 3 培养后期处理效果及污泥状况

Tab.3 later stage treatment effect and sludge indexes

水质指标						污泥指标	
进水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	出水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	COD 去除率 /%	进水 BOD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	出水 BOD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	BOD 去除率 /%	MLSS/ (mg·L <sup>-1</sup> )	SV <sub>30</sub> /%
360	95	74	310	80	74.2	1 949.6	15

表 4 培养后期污泥的特性及优势微生物

Tab.4 Cultivated later stage character sludge and dominant microorganism

絮体大小	中,平均 250μm	
絮体形态	出现枝状动胶菌团	
絮体结构	扩展生长	
絮体紧密度	紧密	
丝状菌数量	较少	
游离细菌	少	
微型动物	优势种	钟虫,累枝虫活跃,出现大量动胶菌团
动物	其它种	少量半眉虫,线虫,丝状菌

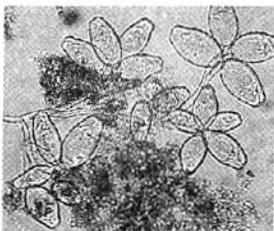


图 5 培养后期的累枝虫 (100×)

Fig.5 later stage Epistylis (100×)

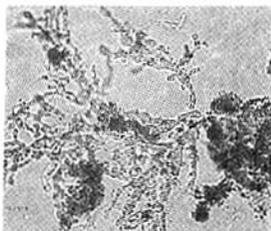


图 6 动胶菌属(400×)

Fig.6 zoogloea itzsohnii (400×)

菌胶团多少、大小及结构的紧密程度来确定.试验发现,菌胶团具有很强的生存能力,对水质及冲击负荷的耐受力较强,这是由于动胶菌团具有较厚的生枝状公共荚膜,对其内的动胶菌起保护作用,可免受其它后生动物的吞噬及有害物质的侵害.规则的菌胶团是活性污泥系统稳定运行的指示生物.

以上分析表明,活性污泥培养后期污泥中的微生物种类趋于高级,大量钟虫和规则形状的菌胶团是此时的指示生物.

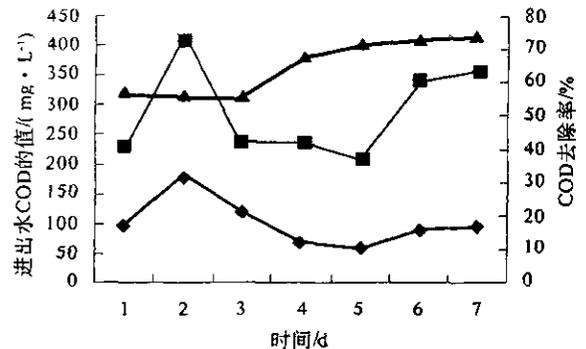


图 7 COD 的去除率

Fig.7 Clearance of COD

### 3.2 污泥成熟的判断标志

当镜检发现游泳型纤毛虫时,测定污泥的各项指标,其中,SV = 5%; MLSS = 780 mg/L. COD 的去除率 37.5%,随着活性污泥培养的继续进行,各项指标的数值不断上升.实验进行至 16 ~ 30 d 时,镜检发现污泥生长状况良好,在向成熟阶段过渡,菌胶团由松散向紧密发展,原生动物在由低级向高级演替,钟虫明显占优势,大量的动胶菌团生长良好.此时测定 SV<sub>30</sub> = 15%, MLSS = 1 949.6 mg/L, COD 的去除率达到了 74%.出水水质指标 COD 的值也随之降低(见表 3).由此判断污泥进入成熟期.在成熟期后的第一周测得 COD 的变化如图 7,此时 COD 去除率在 50 ~ 70% 之间,相对稳定,运行状况正常.

### 3.3 污泥发生异常情况的特征

在 SBR 活性污泥培养运行过程中,污泥曾经出现过几次恶化现象,微生物发生退步,种类异常,分析归纳为以下几种类型:

(1) 溶解氧不足(溶解氧小于 1.5 mg/L).活性污泥有时呈黑色并放出腐臭味,此时会出现线虫等适应在低溶解氧条件下生活的生物.

(2) 曝气过量.就会使各种变形虫和纤毛虫成为占优势的种属.

(3) 水力负荷突然增大时,往往会出现大量的线虫,通过增加曝气量,减小水力负荷,配合剩余污泥排放,可以抑制线虫生长.

以上问题出现时,应检测曝气系统和进水负荷变化情况.

## 4 结 论

试验采用 SBR 法的工艺过程,利用生活污水

直接曝气成功的培养出活性污泥.培养过程中,活性污泥从无到有,微生物相从低级到高级演变交替规律清晰,从而确认了指示微生物与污水处理效果之间的对应关系:即屋滴虫和任意变形虫指示活性污泥培养处于初期,污水出水效果差,污泥的处理能力低;以纤毛虫纲中半眉虫属中敏捷半眉虫为主指示活性污泥培养处于中期,污水出水效果较好,污泥的处理能力有所提高;固着型纤毛虫如钟虫及规则形状的菌胶团的出现则可指示活性污泥培养处于成熟稳定期,污水出水效果好,污泥的处理能力有所提高.

### 参考文献:

- [1] 聂英进,罗翠华.污水厂活性污泥生物的指示作用[J].铁道劳动安全卫生与环保.2004,31(5):247 ~ 249.
- [2] 陈声贵,许木启,曹宏参,等.活性污泥微型动物种群动态与水质净化效能的关系[J].动物学报.2003,49(6):775 ~ 786.
- [3] 程树培.环境生物技术实验指南[M].南京:南京大学出版社,1995.
- [4] 李健.大型 SBR 工艺启动特点及活性污泥培养驯化[J].给水排水.2001,127,15:18 ~ 21.
- [5] 徐亚同,史家,张明.污染控制微生物工程[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [6] 奚旦立.环境工程手册(环境监测卷 I)[M].北京:高等教育出版社,1998.
- [7] 罗宁,洪炆.活性污泥法快速培菌的探索与实践[J].云南环境科学.2000,19(3):55 ~ 57.
- [8] 周群英.环境工程微生物学[M].北京:高等教育出版社,1988.
- [9] 肖作义,王利平.城市污水二级好氧工艺活性污泥性状和生物相的指示作用[J].内蒙古科技与经济,2003(1):77 ~ 79.

## Experimental Research on Cultivation of Activated Sludge and Indicative Function of Microorganism in the Running Course

KONG Xiu-qin, LAN Jian-wei, HE Le-ping

(College of Petrochemical Technology, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** According to the physiological characteristic of microorganism, SBR process is used to gradually cultivate activated sludge by controlling pH, temperature, dissolved oxygen etc. with fresh domestic sewage directly aerated as nutrient liquid for studying indicative character of microorganism in the course of cultivating activated sludge and running. Meanwhile, corresponding relationship between evolution of microorganism and treatment effect is analyzed and studied. Characteristics of microorganism at different stages of cultivating activated sludge and in the abnormal running period are obtained.

**Key words:** method of activated sludge; microorganism; indicative function