

SBR法降解高浓油脂废水的活性污泥菌驯化及小型连续处理

刘妮妮^{1,2} 郭兴要¹ 王 璋^{1*} 胡玉洁¹ 刘昆元²

(1. 中国食品发酵工业研究院, 北京 100027; 2. 北京化工大学化学工程学院, 北京 100029)

摘 要 根据高浓度油脂废水生物降解处理采用酵母一级处理-SBR法二级处理的连续净化工艺的要求,使用规模为 20 L 的 SBR 反应器对城市生活污水处理用的活性污泥进行强制性驯化,并以驯化的活性污泥菌直接应用于 SBR 法处理含油废水。实验发现该小型 SBR 法的工艺技术方案可行,系统抗冲击负荷能力强,整个系统运行比较稳定,对于含高浓度油脂的油脂精练加工厂实际排放污水处理效果良好,油脂和 COD 的去除率分别连续稳定在 95% 和 90% 以上,出水水质指标达到国家一级排放标准的要求。

关键词 SBR 活性污泥 油脂废水 生物降解

中图分类号 X703 **文献标识码** A **文章编号** 1008-9241(2006)11-0106-04

Domestic breeding of activated sludge for continuous pilot-scale SBR processing of high lipid-containing industrial wastewater

Liu Nini^{1,2} Guo Xingyao¹ Wang Zhang¹ Hu Yujie¹ Liu Kunyuan²

(1. China National Institute of Food and Fermentation Industries, Beijing 100027;

2. College of Chemical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

Abstract According to the technological requirements of a biological process of high lipid-containing wastewater by a continuous treatment using yeast biodegradation as the primary processing and SBR as the secondary, domestic breeding of activated sludge taken from municipal wastewater treating stations was carried out by using a 20 L SBR pilot test. The operation results of the continuous pilot SBR processing of high lipid-containing industrial wastewater using the bred sludge directly showed that this SBR processing technology was available with a strong resistance against changeable environmental loading, and that the whole treating system went smoothly and stably with an efficient removal capability of waste lipid and COD for over than 95% and 90% respectively. The quality of the treated water could satisfy the first class requirements of China national standards.

Key words sequencing batch reactor (SBR); activated sludge; lipid-containing wastewater; biodegradation

近几年来,我国油脂加工业发展很快,具有一定规模的浸出油厂已达 2000 多家,全国油料加工能力达 5000 万 t,油脂精炼能力达 700 万 t,在给人们日常生活带来了巨大方便的同时,也相应产生了大量高含油工业排放污水^[1]。这些含有大量油脂及表面活性物质等高浓度有机物废水的 COD 都在 10 000 mg/L 以上,目前,经过常规的方法一级处理后, COD 仍然远远高于国家规定的污水综合排放标准,对周围环境造成很大影响。

SBR (sequencing batch reactor) 即间歇式活性污泥法,近 20 年来在国内外得到广泛重视和开发应用。该生物降解处理技术具有工艺简单、处理能力

强、反应过程基质浓度梯度大但处理效率高、耐冲击负荷能力强、出水水质好、投资省、占地面积少、运行方式灵活、费用低等优点^[2],对于高浓油脂废水处理也具有明显的开发应用潜力。本文作者利用从城市污水处理厂活性污泥分离筛选得到的油脂废水分解微生物菌株,开发了微生物连续降解高浓度油脂废水的二级生物净化处理技术^[3,4]。本实验应用 SBR 法对油脂废水进行研究,在对油脂分解活性污泥菌进行系统性驯化后,考察了 SBR 法对油脂和

收稿日期: 2004 - 04 - 30; 修订日期: 2006 - 06 - 14

作者简介: 刘妮妮 (1979 ~), 女, 硕士研究生, 主要从事环境工程专业研究工作。

* 通讯联系人, E-mail: wangz0909@yahoo.com.cn

COD的连续净化处理效果。

1 实验材料与方法

1.1 高含油废水来源及水质

本实验处理用的高含油废水取自北京市一油脂生产厂精炼车间下水道污水排放口,经隔栅过滤去除小块浮游物以及沉淀静置除掉沉渣后,分析油脂、COD等主要成分含量。其初始含油量 $0.2 \sim 1.1\%$, COD $15\ 000 \sim 30\ 000\ \text{mg/L}$, BOD_5 $10\ 000 \sim 23\ 000\ \text{mg/L}$, SS $2000 \sim 4000\ \text{mg/L}$, 色度 $8000 \sim 10\ 000$ 倍。

1.2 高含油废水的一级生物降解处理

本实验采用二级微生物净化处理工艺对高浓度油脂废水进行降解。上述工厂高浓油排放污水经过隔栅沉淀过滤去除固体沉降物,酸碱中和调节后,再根据需要按比例添加色拉油 $1\% \sim 2\%$ 、 NH_4NO_3 0.2% 、 K_2HPO_4 0.4% 、 KH_2PO_4 0.4% 和 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1% ,调 pH 7.5。接着采用从北京城市污水处理厂活性污泥中分离筛选、驯化得到的高效油脂分解微生物菌株假丝酵母 (*Candida* sp.) WZFE G-284^[3],进行一级生化分解处理^[5]。酵母一级处理后的出水再进入 SBR 处理池,采用驯化的活性污泥进行二级生化降解操作,最后经静止沉淀、泥水分离后,将处理后的水通过滗水器直接排出池外。

油脂废水一级处理实验时,将生长良好的 2 环酵母菌斜面培养物接种至装有 150 mL 种子培养基的 500 mL 三角瓶中,转速 200 r/min,温度 30 ,摇瓶培养 48 h 后,作为种子液,以 $5\% \sim 10\%$ 的接种量接入 10 L 小型生化反应器(自制),进行油脂废水的一级处理实验。

一级处理后的出水水质经分析, pH $6.0 \sim 8.0$, 含油量 $650 \sim 1250\ \text{mg/L}$, COD $1000 \sim 2300\ \text{mg/L}$, BOD_5 $500 \sim 1600\ \text{mg/L}$, SS $500 \sim 1000\ \text{mg/L}$, 色度 $2500 \sim 4000$ 倍,并以此作为二级 SBR 处理实验用的油脂废水。

1.3 SBR 实验装置

本实验采用上海嘉定封浜模型厂生产的小型长方形 SBR 反应器,高 40 cm,长 30 cm,宽 30 cm,有效容积为 27 L,有机玻璃制成。中间设有一个搅拌器,侧面有 3 个排水口,一次能排掉 50% 的上清液。底部设有排泥口。内置曝气用烧结砂芯,由增氧泵产生的压缩空气进行曝气充氧,转子流量计调节曝气量(图 1)。

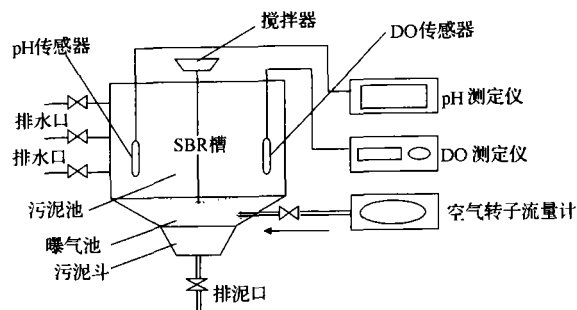


图 1 SBR 实验装置示意图

Fig 1 Diagram of SBR equipment

1.4 水质分析方法

各水质项目均采用我国国家标准规定的方法进行分析, pH 以玻璃电极法 (GB 6920-1986), COD 以重铬酸钾法 (GB 11914-1989), BOD_5 以稀释与接种法 (GB 7488-1987), 含油量以红外分光光度法 (GB/T 16488-1996), SS 以重量法 (GB 11901-1989), 色度以色度测定通用方法 (GB 605-1988), 溶解氧 (DO) 以碘量法 (GB 7489-1987)。

2 结果与讨论

2.1 SBR 法采用的活性污泥的驯化

本实验采用的活性污泥取自北京市城市排水集团公司高碑店污水处理厂的回流污泥,并进行接种驯化。将取回的污泥静沉,弃去上清液后,取一定量移入 SBR 反应器中。驯化培养的初始阶段,以高含油废水的一级处理出水与含 1% 葡萄糖的培养液各 50% 进行配水投加,使反应器内 COD 浓度控制在 $500\ \text{mg/L}$ 左右;定期加入一定量的 NH_4Cl 和 NaH_2PO_4 以适当地补充氮、磷源,控制 COD N P = 100 5 1 左右,进行曝气培养,并定时分析检测活性污泥的油脂分解和 COD 去除性能等的变化。5 d 后,投入污泥的颜色全部淡化,而且表现出良好的絮凝状态。此后每天换水 2 次,每次换水 10 L,按每天递增高含油废水的一级处理出水 10% 的比例,定量地增加一级废水的处理量,直到完全采用一级处理油脂废水出水,并继续驯化 20 d。

活性污泥在驯化过程中,经过最初的 48 h 曝气培养后,可以直观地看出污泥的絮状结构明显增多,颜色也由驯化前的灰褐色逐步转化为浅黄色。同时在污泥驯化培养期,随进水 COD 浓度的增加,去除率也相应增加。这一方面说明了随着污泥的驯化培养,微生物量迅速增加,从而使 COD 去除率也相应

增加。另一方面随污泥的驯化培养,污泥中的微生物对废水中的有毒或有抑制作用的物质的适应能力增加,从而使系统的有机物去除率增加。但进入稳定运行期后,随着废水 COD 浓度的增加,COD 去除率基本不变。这表明经过驯化后,该活性污泥中的有效微生物得到了充分的生长繁殖,形成了稳定性的菌群优势,COD 等的去除能力也得到了充分的发挥,从而使得废水中的有害物质基本上对微生物不造成明显抑制作用。此后经过以一级油脂废水进水驯化 20 d 后发现,污泥沉降速度加快,沉降性能良好,污泥体积明显增加,大约增加了 10% ~ 15% 左右。当进水 COD 为 1580 mg/L 时,经 12 h 曝气处理,出水 COD 降为 86 mg/L, < 100 mg/L,去除率达到 95%,并连续维持同样水平状态一星期以上(图 3)。通过显微镜观察,此时的活性污泥以菌胶团为主,伴有少量丝状菌,并有原后生动物出现。因此,这时可以认为已完成对油脂废水的微生物驯化培养过程,活性污泥菌的性能保持稳定状态。

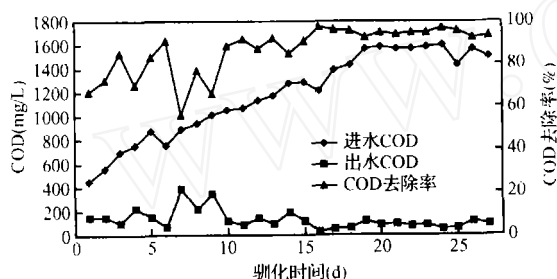


图 3 SBR 活性污泥驯化的结果

Fig 3 Dominative breeding results of activated sludges

2.2 SBR 法二级降解油脂废水的连续运行处理

在活性污泥菌经驯化培养、保持性能稳定后采用 SBR 法对油脂废水进行二级处理时,将上述一级出水适当稀释、调节 pH 值,加入一定量的 N、P 后投入到 SBR 反应器中。同样每天换水 2 次,每次更换总处理水量一般为 10 L。实验采用限制性曝气处理方法,即在进水结束后再开始曝气,在分析比较了不同曝气时间对 COD 去除作用的影响效果后,从节能角度考虑出发,选用 8 h 限制性曝气方法。并根据具体实验装置条件,处理后的废水排放方式采用间歇式排放,为此,经过反复比较实验后确定 SBR 反应器内总停留时间(HRT)为 10 h,总处理周期为 12 h(进水 0.5 h,曝气 8 h,沉淀 1 h,排水 0.5 h,静置 2 h)。而且,如果将进水的 COD 浓度控制在 1800 mg/L 之内,体系正常周转,基本上都可以达到

油脂废水的总体处理效果显,系统运行稳定。

图 4 为采用上述优化实验工艺条件连续运行 15 d,一级处理后油脂废水的进水 COD 浓度基本上控制在 1800 mg/L 以下,而油脂含量为 300 ~ 600 mg/L 情况下,经过 SBR 二级分解处理前后进出水 COD 的每日分析结果。

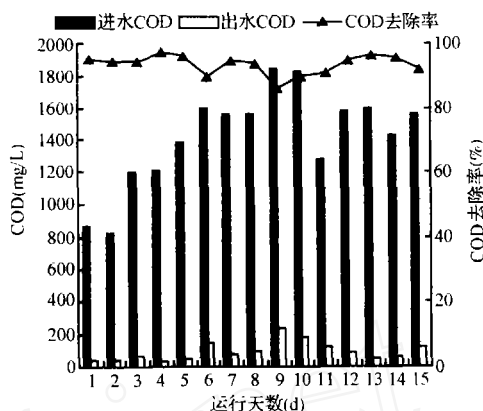


图 4 SBR 法连续运行的 COD 去除效果

Fig 4 COD elimination during the continuous SBR processing

结果可知,SBR 法处理效果良好而且比较稳定,COD 的最低去除率为 86.1%,最高为 97.3%,平均为 93.4%。说明确定的工艺参数是合理的,技术上是可行的。出水水质较好,出水 COD 除一次突发到 235.9 mg/L 之外,基本上控制在 150 mg/L 之内,平均为 97.7 mg/L,达到油脂行业废水排放标准^[6]。

图 5 说明了又一次连续运转实验过程中该 SBR 连续降解处理体系对含油废水油脂的分解结果,进一步再现了这一系统连续稳定运行的油脂降解效果。一级处理后的残留油脂成分经 SBR 法处理后浓度总体上都要低于 20 mg/L,去除率平均达到

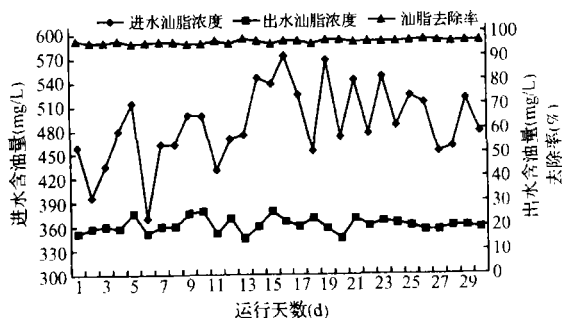


图 5 SBR 法连续运行的油脂去除效果

Fig 5 Waste lipid elimination during the continuous SBR processing

95.1%,特别是最后 10d 中出水的油含量均保持在 20 mg/L 以下,达到了国家一级排放标准。

另外,实验观察到该 SBR 法处理中所驯化的活性污泥菌在生物处理上具有较强的优势,基本上以菌胶团为主,沉淀性能良好,不易产生污泥膨胀,剩余污泥量少。在 12 h 处理周期下,通过对污泥容积指数(SVI)进行考察,SVI 始终保持在 100 左右,污泥沉降性能良好。在为期 30 d 的反复连续操作运行实验中,SBR 体系运行稳定性好,出水的油脂、COD、BOD 和 SS 等项指标达到国家污水的一级或二级排放标准。以上结果说明了该工艺所确定的各项参数条件的合理性,技术上是可行的,可进行实际操作运行。

3 结 语

本实验通过对城市生活污水处理用的活性污泥进行长时间适应性强化驯育,并以驯化的活性污泥菌直接应用于 SBR 法处理过程中,实验发现采用酵母一级处理-SBR 法二级处理的 2 级微生物连续净化工艺技术处理含高浓度油脂的油脂精练加工厂实际排放污水,整个处理效果良好,系统运行比较稳定,系统抗冲击负荷能力强,当进水 COD 浓度(500 ~ 1800 mg/L)和油脂浓度(300 ~ 600 mg/L)连续大幅度变化,经实验总结出 SBR 法的主要工艺技术控制参数为:控制经酵母一级处理后进入 SBR 的进水油脂浓度不高于 600 mg/L, COD 浓度不大于 1800 mg/L, pH 值在 7.0 条件下,采用限制性曝气方法,实施单元处理周期为 12 h(进水 0.5 h,曝气 8 h,

沉淀 1 h,排水 0.5 h,闲置 2 h)的工艺方案,可以确保系统连续稳定运行,较好地去除油脂废水中的油脂和 COD,去除率分别在 95%和 90%以上。以上实验结果表明,高浓度油脂废水的二级处理采用 SBR 的工艺技术上可行的,整个处理效果良好,系统运行比较稳定,出水主要指标达到国家一级排放标准的要求。这一连续小试处理工艺条件参数的确定与反复实验对技术方案的可行性验证也说明,该 SBR 降解高浓度油脂废水的工艺技术充分体现工艺流程相对简单、造价和运行费用低、耐高浓有机负荷能力强、污泥沉淀性能良好以及可连续稳定运行等优点,为精练油脂加工厂含油废水处理工程展示出一个稳定、快速、有效的经济实用性工艺技术。

参 考 文 献

- [1] 赵现军,马登品. 国内中小油脂加工企业的困境与对策. 中国油脂, 2003, 28(2): 65 ~ 67
- [2] 沈耀良,王宝贞. 废水生物处理新技术理论与应用. 北京:中国环境科学出版社, 2000. 77 ~ 147
- [3] 郭兴要,王璋,刘新征. 高含油废水预处理微生物菌种的分离筛选. 精细与专用化学品, 2002, 8(增刊): 203 ~ 206
- [4] 王璋,郭兴要,杨鹏,等. 高含油废水生物降解处理中活性污泥细菌的选育与应用. 2002 年纪念中国微生物学会成立五十周年全国学术年会论文集,中国微生物学会编. 北京:科学出版社, 2002. 76
- [5] 刘妮妮,郭兴要,胡玉洁,等. 快速降解高含油废水菌种的性能研究. 中国油脂, 2003, 28(11): 71 ~ 74
- [6] 污水综合排放标准. GB8978-1996