

多阶段曝气 SBR 法处理淀粉废水

廖鑫凯,李清彪,陈文谋,邓旭,卢英华,何宁

(厦门大学化学工程与生物工程系,福建 厦门 361005)

摘要 采用多阶段曝气 SBR 法处理模拟淀粉废水,研究温度和缺氧曝气时间比对处理效果的影响。结果表明,SBR 法在室温下就能高效地处理淀粉废水。多阶段 SBR 法中的缺氧反应可以促进淀粉水解酸化成小分子有机酸,提高了废水的可生化性,但对 COD 的去除不明显,曝气反应对 COD 的去除起主要作用。水解/好氧时间比的设置应由废水性质来决定。对于处理淀粉浓度 6.0 g/L、相应 COD 值为 6690 mg/L 的废水,“4h 搅拌+8h 曝气”组合是最高效的,反应 24 h,COD 去除率高达 96.8%,出水 COD 仅 215 mg/L,而对于处理淀粉浓度 8.0 g/L、相应 COD 值为 8920 mg/L 的废水,“6h 搅拌+12h 曝气”组合是最高效的。只需处理 30 h,COD 去除率高达 94.4%,出水 COD 仅 547 mg/L。

关键词 淀粉废水;生物降解;序批式活性污泥法;SBR

中图分类号 X703.1

文献标识码 A

文章编号 1000-3770(2005)10-0048-04

厌氧(水解)-好氧生物处理工艺用于处理高浓度有机工业废水还是近年来才发展起来的,很多问题还需进一步研究解决。比如,当有机污染物浓度高时,厌氧(水解)段容易受到抑制,好氧段的作用也会受影响,如果只是经过一次的“水解-好氧”过程,降解率和去除率很有限,这时就要采用多段的“水解-好氧”工艺过程^[1],但多段的过程,无疑会增加过程所要占用的空间和场地,也会增加投资,本课题组根据 SBR 中的微生物能很好处于富营养、贫营养、好氧、缺氧、厌氧周期性变化的环境中这一最大特点^[2,3],借鉴多釜串联的原理,构思了多阶段曝气 SBR 工艺,即将 SBR 的“反应”阶段分成若干小阶段,分别给予不供氧或曝气,在同一个容器内灵活方便地实现厌氧或缺氧、好氧条件的任意组合,利用空间上的完全混合以及时间上的推流提高处理过程的反应速率,充分利用多阶段水解-好氧工艺的优点,又克服其占地面积过大的缺点。实验以高浓度模拟淀粉废水作为目标废水,研究同一反应器中缺氧/好氧交替次数对淀粉废水处理效果的影响,初步探讨此工艺的可行性。

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

主要试剂:重铬酸钾(AR)、硫酸汞(AR)、硫酸

银(AR)、重蒸苯酚(AR)、硫酸(优级纯)、可溶性淀粉(AR)。

分析测试仪器:AB104-N 型电子天平、PHS-3C 型酸度计、CX41RF OLYMPUS 显微镜、美国 HACH 公司 COD 反应器、UV310 紫外分光光度计。

1.2 实验装置

实验装置示于图 1。反应器由聚氯乙烯塑料圆桶加工制作而成,内径 15 cm,高 35 cm,总体积约 6 L,有效液体容积 4 L,在 2 L 处开一个排水口,反应器底部开一个污泥取样口。空气由 ACO 系列空压机提供,用转子流量计控制在 3 L/min 左右,由砂芯曝气头作为微孔曝气器释放。采用 JJ-1 精密电动搅拌器控制搅拌速度在 90 r/min。由微电脑时间控制器及附属电子线路控制搅拌、曝气过程,并可根据需

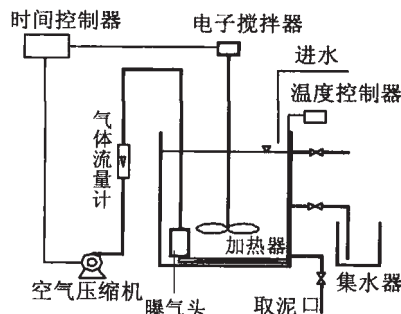


图 1 实验装置示意图

收稿日期 2004-09-27

基金项目 国家自然科学基金资助项目(20076037)

作者简介 廖鑫凯(1978-),男,硕士研究生,研究方向为生物化学工程;E-mail: singkite@tom.com

联系作者 李清彪 联系电话 0592-2183088 E-mail: kelqb@jingxian.xmu.edu.cn

要选定运行周期以及各段的启动、关闭时间。用温度控制器和加热器控制反应温度。

1.3 分析测试方法

化学耗氧量(COD):重铬酸钾法^[4];淀粉含量:苯酚-硫酸法^[9];pH值:玻璃电极法;混合污泥浓度(MLSS)减重法^[4];污泥指数(SVI)30min沉淀法^[4]。

1.4 模拟淀粉废水的配制^[6]

鉴于实际废水成分复杂,不利于反应器工艺运行特性和污泥形态结构及微生物学特性等的研究,实验采用可溶性淀粉配制模拟废水。根据C:N:P为10:5:1配置淀粉废水,并添加适量的无机盐,例如某个组成的废水(1L)含:可溶性淀粉10.0g,蛋白胨1.5g,NaCl3.0g,(NH₄)₂SO₄0.1g,KH₂PO₄0.06g,NaHCO₃0.1g,MgSO₄0.09g,CaCl₂0.03g,在运行过程中,根据不同的实验要求,可按比例改变进水各组分的浓度。

1.5 污泥的驯化

将从厦门市污水处理厂采集来的活性污泥投入SBR反应器,闷曝24h,沉降30min,弃去上清液,然后采用间歇进水方式,按SBR运行方式进行培养驯化。驯化期间,有计划地增加进水负荷(淀粉浓度0.2~1.0g/L,COD值223~1115mg/L),逐步培养适合于降解淀粉的优势微生物,在反应器中初步建立微生物与基质之间稳定的平衡体系。通过一个月时间的驯化,污泥性状稳定,外观由黑色逐渐转变为浅褐色,沉降性能较好,SVI约为85mL/g左右,淀粉和COD去除率均为95%左右。从以上几个方面分析,可以认为本系统活性污泥基本培养驯化成熟,初步达到稳定运行的条件。

1.6 实验内容

反应期间,反应器内混合污泥浓度(MLSS)维持在2800mg/L左右。每周进排水量均为2L,排水后容器内残留2L废水。实验采用瞬间进水,研究内容如下:

(1)进水淀粉浓度为2.0g/L,COD值为2230mg/L,采用“12h搅拌+24h曝气”组合方式,调节反应温度,分别在20、25、30的条件下稳定运行,研究温度对处理效果的影响。

(2)反应温度为30,进水淀粉浓度为6.0g/L(相应COD值为6690mg/L),固定总反应时间36h,其中总搅拌反应时间12h,总曝气反应时间24h。将传统SBR工艺的“反应”阶段分为若干个小阶段,在同一反应器内分别采用了“(12h搅拌+24h曝气)×1”(简称12+24组合,下同;其它以此类推)、“(6h搅拌+12h曝气)×2”、“(4h搅拌+8h曝气)×3”、“(3h搅拌+

6h曝气)×4”四种组合方式,研究不同运行方式对处理效果的影响。(注:×n表示缺氧/好氧交替次数为n次,以此类推。)

(3)进水淀粉浓度提高为8.0g/L(相应COD值8920mg/L),实验方法同上。

(4)不定期进行污泥取样,测试相关指标,并镜检观察污泥生物相。

2 结果与讨论

2.1 温度对处理效果的影响

按1.6中(1)实验,研究不同温度条件对废水处理效果的影响,具体结果如图2所示。

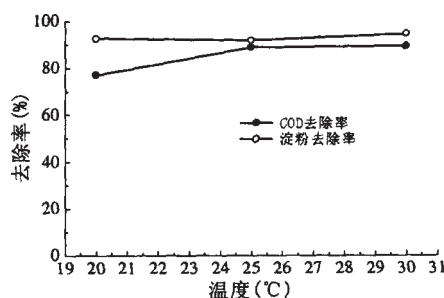


图2 温度对废水处理效果的影响

由图2可见,温度在20~30变化时,淀粉的最终去除率没有明显变化,但温度升高,有利于COD的最终去除。从数据分析可得,对于去除COD而言,当温度超过25时,温度对反应速率的影响不明显,对COD去除率提高的幅度不大。曾薇等^[7]的研究也表明,在低于20的范围内,温度才成为生物活性的限制因素,对反应速率影响较大。因此,在寒冷的冬季,只要稍微加热,而在炎热的夏季,SBR可以在室温下处理淀粉废水,一般不需要给反应器额外提供热量。

2.2 缺氧/好氧交替次数对处理6.0g/L淀粉废水的影响

按1.6中(2)的条件进行实验,研究缺氧/好氧交替次数对6.0g/L淀粉废水处理效果的影响。其运行结果如图3所示,采用多阶段曝气方式处理淀粉废水,缺氧/好氧交替次数不同,但处理过程都基本类似。在第一个缺氧段里,由于上一周期剩余混合液的稀释作用,使COD浓度在表观上有50%左右的去除率,在随后的各个水解阶段里,基本没有发现COD的减少。COD主要是在各个曝气段被去除的。这是因为在水解阶段,兼性菌主要是将淀粉大分子降解成小分子酸,提高废水的可生化性能,但没有彻底去除COD。

从COD的最终处理效果来看,A+8组合是最高

效的,该组合在整个过程中均显示出比其他组合的优越性,其 COD 去除率高达 96.8%(实际上在 24h 已基本达到此效果),出水 COD 仅为 215 mg/L。采用 6+12 组合和 3+6 组合方式,COD 去除率相近,可达 94.8%、95.1%。采用 12+24 的曝气组合方式,即传统 SBR 法,效果最差。

从淀粉的去除情况来看,各种组合下淀粉去除状况均良好。由于淀粉是极易被水解酸化的物质,所以水解 3h 后,废水中的淀粉几乎完全被水解。在第一个水解过程结束后,淀粉去除率均达到一个较高的值,一般不低于 87%。在其后的处理过程中各种组合的处理效果很接近,出水的淀粉含量均很低,在 0.1 g/L 左右,淀粉去除率在 97%~98%左右。

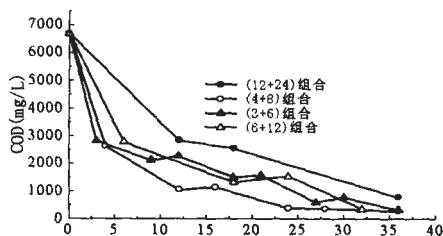


图 3a

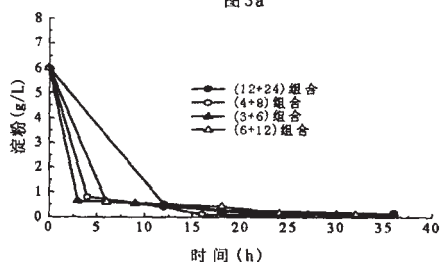


图 3b

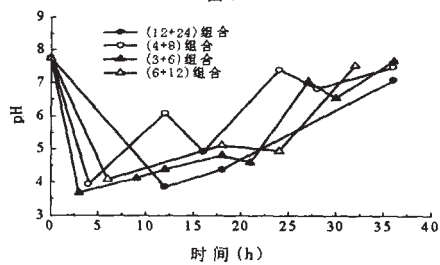


图 3c

图 3 缺氧/好氧交替次数对 6.0 g/L 废水处理效果的影响

上述结果表明,实验中水解时间和好氧时间的分配对处理过程是有影响的。4+8 组合处理效果最好,3+6 组合、6+12 组合次之,12+24 组合即传统 SBR 最差,其原因是 3+6 组合中水解时间过短,6+12 组合的水解时间过长,而传统 SBR 相当于 12+24 组合,水解时间更加过长,其处理效果也最差。

在多阶段曝气反应中,水解段的时间设置过长,废水被严重酸化,废水中积累了大量的酸性物质,水

解菌、好氧菌经受不了太强的酸性,活性被抑制,处理效果变差,而且还耗用时间。水解过程太短,大分子物质不能及时地被降解,一定程度影响好氧过程的效率。还有,好氧时间过短,酸化的小分子未来得及被完全去除,也会影响下一个水解阶段的效果。此外应该还和两种不同需氧特性菌体的转换时间有关。

处理过程中 pH 先变酸后逐渐回归到中性。

2.3 缺氧/好氧交替次数对处理 8.0 g/L 淀粉废水的影响

按 1.6 中(3)的条件进行实验,研究不同组合方式对 8.0 g/L 淀粉废水处理效果的影响,其运行结果如图 4 所示。

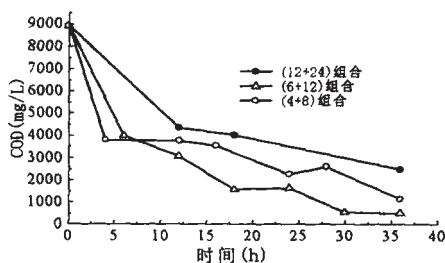


图 4a

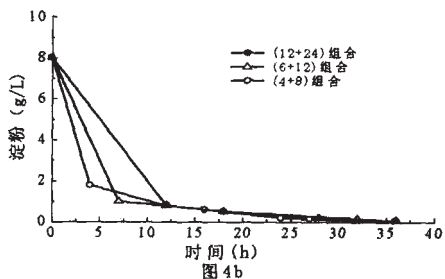


图 4b

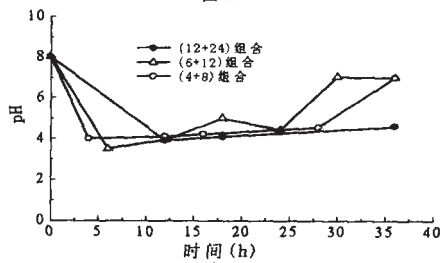


图 4c

图 4 缺氧/好氧交替次数对 8.0 g/L 废水处理效果的影响

从 COD 的最终处理效果来看,6+12 组合是最高效的。只需处理 30h, COD 去除率高达 94.4%,出水 COD 仅有 547 mg/L。传统 SBR 法处理效果最差,出水水质恶化, COD 高达 2469 mg/L,平均 COD 去除率仅为 72.3%。其原因分析与 2.2 相同,这里不再赘述。

2.4 活性污泥性状及其生物相分析

经过一个多月的运行,反应器内污泥浓度仍能保持在 2800 mg/L 左右,产泥少,污泥颜色显黄褐色,SVI 指数为 85 mL/g,絮凝状态良好,沉降速率

大。通过镜检观察(见图5),SBR中的活性污泥是一个复杂和丰富的微生物群落,其中的微生物主要由细菌组成,数量可占污泥中微生物总量的95%以上,构成了活性污泥的骨架,微型动物(如轮虫、累枝虫、眼虫、线虫、小鞭毛虫等)附着在污泥表面生长,此外,还有部分游离细菌。这些细菌、微型动物及废水中混杂的有机和无机物质、胶体物质等聚在一起形成了具有很强吸附、分解污染物的活性污泥。

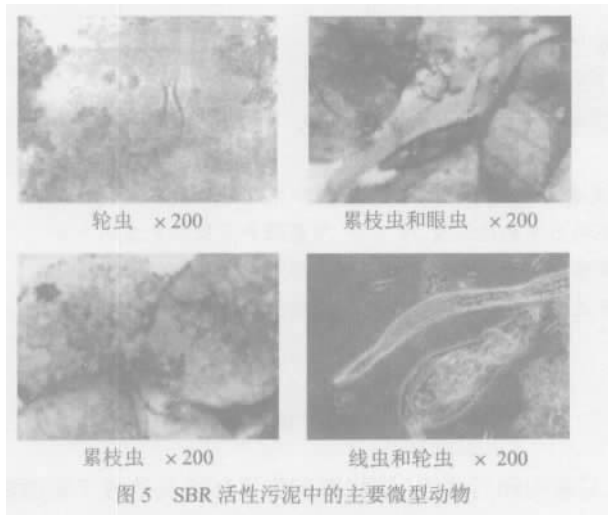


图5 SBR活性污泥中的主要微型动物

SBR中的活性污泥是由兼性微生物和好氧微生物组成的生物群落,在不同的运行阶段中出现不同的优势微生物。多阶段曝气SBR中的好氧细菌、微型动物能够度过很长时间的低氧、缺氧和厌氧期(沉淀、闲置期)而生存下来。当反应器处于不利于好氧微生物生长的运行阶段时,它们仅仅处于一种“休眠”状态,难于生长繁殖,但其本身的结构、生理功能并未受到损害,而当氧气充足时,这些微生物能够迅速分解代谢废水中的有机物,使得废水中的COD急剧下降。在实验运行过程中,未发生污泥膨胀,说明多阶段曝气SBR有很好地控制丝状菌膨胀的能力。

3 多阶段曝气操作特点分析

从理论上说,多阶段曝气操作方式的特点在于反应阶段使缺氧/好氧反应交替进行,直至水质达标。在该方式中,交替次数的作用等效于多釜串联反应器的个数。

根据化学反应工程原理^[4],串联反应器个数越多,越接近于平推流反应器的处理效果,出水中的基质浓度越低,而实验结果并非如此。出现这种矛盾的原因主要有两个:

首先,第一段水解时间太长,对后面的好氧段造成抑制,好氧微生物需要花费一定时间适应水解后

的酸性环境,不能最有效的缩短整个反应周期;另一方面,由于曝气反应后水中的溶解氧不可能立刻被消耗完全,如果缺氧时间太短,兼性微生物仍会继续进行好氧反应,导致水解酸化时间相对缩短,对大分子物质的继续水解酸化反应不够,所以效果也不能达到最优。

其次,虽然SBR活性污泥中两大类特征各异的微生物(好氧的、厌氧的或缺氧的)能在处于缺氧/好氧交替变化的共生环境中互为调节、相互补充、协同作用,却无法充分发挥它们自身降解污染物的能力。这是因为,在空间上紧密接触的两个不同生物群体虽然可以非常有效地进行连续的连串生物降解(或其它)作用,但这种方法容易受到与生物群体有关的因素的限制,如不利的外部环境(宏观与微观环境)、不合适的菌群比例和特性的退化等。显然,这种方法可能要以牺牲生物体自身的最大能力为代价来换取它们之间的协同作用。因为在同样的外部环境下,两种不同需氧特性的生物群体的效能难以同时达到最优。

4 结 语

多阶段曝气SBR法的处理效果好于传统SBR法,三种组合方式的处理均能获得较好的出水水质,淀粉、COD去除率高,出水pH值呈微碱性,污泥活性好,尤其处理8.0g/L废水时效果更为明显,因此用多阶段曝气法处理淀粉废水是可行的。但实验同时发现,并非缺氧/好氧反应交替次数越多,处理效果就越好。

参考文献:

- [1] 柴社立,宋若海,李清泉,等.多阶段水解-好氧工艺处理淀粉废水的研究[J].长春科技大学学报,2000,30(3):266-270.
- [2] Torrijos M, Cerro R M, Capdeville B. Sequencing batch reactor. A tool for wastewater characterization for the lawprc model [J]. Wat Sci Tech., 1994, 29:81-90.
- [3] Irvine R L, Wilderer P A, Flemming H C. Controlled unsteady-state process and technologies:an overview [J]. Wat Sci Tech., 1997,35(1):1-10.
- [4] 国家环保局,《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中国环境科学技术出版社,2002.
- [5] 胡飞.马铃薯淀粉微细化及机械力化学改性的研究[D].华南理工大学食品与生物工程学院轻化所,2001.
- [6] 吴志旺.高浓度淀粉模拟废水的水解-好氧循环处理工艺[D].厦门大学化学工程与生物工程系,2002.
- [7] 曾薇,彭永臻,王淑莹,等.pH值与温度对SBR法反应时间控制的影响[J].中国环境科学,2002,22(5):456-459.
- [8] 陈甘棠.化学反应工程[M].北京:化学工业出版社,1990.

(下转第72页)

身的生产用水。目前,该企业已经承诺向周边的两座电厂分别供应回用水 3600m³/h 和 700m³/h, 给企业自身也带来了可观的收益。不仅如此,该工程的投产为国内、特别是西部地区钢铁企业生产、生活合流制污水的治理,提供了宝贵的经验。

为了确保处理后总排与回用水质达到设计要求,建议加强对厂内各排水单位废水处理设施的运行管理,严格控制排水指标,达到各厂生产废水的分流分治。

GENERAL TREATMENT & REUSE PROJECT FOR EFFLUENT OF A LARGE-SCALE IRON-STEEL PLANT

Yang Long-jun^{1,2}, Zhao Shi-jie³, Liu Xiao-jun¹, Chen Li-rong⁴

(1. Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China;

2. Baotou Engineering & Research Corporation of Iron & Steel, Baotou 014010, China;

3. Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou 014010, China)

Abstract: This paper introduces technical performance of wastewater treatment, sludge treatment and oil-water separation as well as existing problems and resolving measures for comprehensive effluent treatment & reuse project of a large-scale iron and steel plant.

Key words: large-scale iron and steel plant; effluent; comprehensive treatment & reuse technique

(上接第 51 页)

SIMULATED STARCH WASTEWATER TREATMENT BY MULTI-STAGE AERATION SBR PROCESS

Liao Xin-kai, Li Qing-biao, Chen Wen-mou, Deng Xu, Lu Ying-hua, He Ning

(Department of Chemical and Biochemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: A multi-stage aeration SBR process was designed to degrade simulated starch wastewater. Effects of temperature and the ratio of anoxia to aeration aerobic time on the process were studied. It was found that starch wastewater could be efficiently treated at room temperature. The hydrolysis treatment in multi-stage SBR process could accelerate the hydrolysis of starch into small organic acid molecule and improve the feasibility of biochemical treatment of the starch wastewater, but the removal efficiency of COD which was mainly determined by the aerobic treatment was relatively low. The optimal ratio of hydrolytic/aerobic time depended on the properties of wastewater. For the treatment of wastewater containing 6.0g/L starch and 6690 mg/L COD, the combination of 4 h+8 h was optimal, through which the removal efficiency of COD could reach to 96.8 % and the COD concentration of outlet wastewater was only 215 mg/L after treatment for 24h. The combination of 6 h+12 h could be the most efficient to treat the wastewater containing 8.0 g/L starch concentration and 8920 mg/L COD. After treatment for 30h, the removal efficiency of COD was 94.4 % and the COD concentration in outlet wastewater dropped to 547 mg/L.

Key words: starch wastewater; biological degradation; SBR process

准确 及时 权威

中国工程项目网 (www.gcxm.com.cn) 是一家专注于工程项目
商业情报信息增值的专业网站, 主要致力于为广大工程施工企业
提供生产与供应商、勘察设计院所、工程咨询单位、工程监理公
司等单位提供最新拟建项目信息和招标信息。

中国工程项目网
网址: www.gcxm.com.cn

电话: 010-81755321 传真: 010-81920417
地址: 北京市东四西大街 46 号冶金工业部西楼 3 层 邮编: 100711