



环境保护

水解酸化-SBR 法处理造纸中段废水

李文俊 杨玲 四川理工学院,四川自贡 (643000)

摘要:采用混凝预处理-水解酸化-SBR 工艺处理造纸中段废水,确定了水解酸化器、SBR 反应器的最佳运行参数。研究结果表明,采用水解酸化-SBR 工艺处理混凝后的造纸中段废水,在进水 COD_{Cr} 值为 1500mg/L 的情况下,出水完全达到 GB3544-2001 所规定的排放要求并且能循环回用。

关键词:造纸中段废水;水解酸化;SBR;废水处理

随着我国造纸工业的不断发展,造纸工业用水量 and 废水排放量也越来越大。具有关资料介绍^[1],全国制浆造纸工业污水排放量约占全国污水排放总量的 10%~12%,而排放污水中的化学耗氧量 COD 约占全国排放总量的 40%~45%,居第一位。因此如何选择运行费用低、处理效果好的造纸工业污染治理方案,具有十分重要的现实意义。

1979 年,美国 Natre Dame 大学 Robert Irvine 教授发表了第一篇关于采用 SBR (Sequencing Batch Reactor) 工艺进行废水处理的论著。随后,世界各国对 SBR 工艺在废水处理方面的研究逐渐增多,随着研究的不断深入,人们对该工艺的机理和优越性也有了全新的认识。SBR 工艺适合当前好氧生化处理工艺的发展趋势,属简易、高效、低耗的污水处理工艺^[2]。本实验通过水解酸化-SBR 法处理造纸中段废水,对 SBR 工艺在造纸中段废水处理方面的应用进行了探索。

1 研究方法

1.1 废水来源

实验用造纸中段废水取自四川某纸厂,废水主要包括洗筛废水、漂白废水和造纸车间的多余白水,其 COD_{Cr} 含量 <2000mg/L, BOD₅ 含量 <500mg/L, SS 含量 <550mg/L, pH 值为 6.9~7.5, 色度约为 180~200 倍,颜色为黄褐色,带有较浓臭味,而且 BOD₅/COD_{Cr}<0.3, 废水可生化性较差,因而废水低成本生化治理难度较大。

1.2 实验装置

水解酸化器采用单体结构,有效容积 15 升,为保证其水解酸化条件,采用半密封设计,并加装搅拌叶轮,提高污水与厌氧污泥的混合接触程度;SBR 反应

器有效容积 24 升,采用微孔曝气器进行曝气。

1.3 预处理过程

造纸中段废水在水解酸化-SBR 法处理前经过 PAC-PAM 混凝预处理。通过预处理可将废水中大量的有机悬浮固体物质如降解的纤维素和半纤维素除去,从而有效降低后续处理的污染处理负荷,提高废水生化处理效果。经过预处理后废水 COD_{Cr} 含量在 1500mg/L 左右, BOD₅ 含量在 400mg/L 左右, BOD₅/COD_{Cr} 比值有一定提高,但仍然小于 0.3。

1.4 反应器的启动

活性污泥的培养采用接种驯化法。接种污泥取自市政污水处理厂厌氧硝化池和生化曝气池。常温下启动生化反应器,厌氧污泥直接投入水解酸化器并进水培养;好氧污泥闷曝一天后再进水培养。

开始培养阶段采用配制的营养液代替预处理后的造纸中段废水加入实验装置,之后逐渐提高营养液中造纸中段废水浓度,直至全部取代营养液,使微生物逐渐适应造纸中段废水环境,并以废水中有机物作为生长的营养源,同时补充 N 源和 P 源,使水解酸化器 C:N:P 控制在(200~300):5:1^[3], SBR 反应器 C:N:P 控制在 100:5:1^[4],这主要是因为厌氧微生物对 C 养分的利用率低于好氧微生物,该段历时 21 天。随后经过 11 天的驯化,厌氧反应器污泥呈黑褐色且 COD_{Cr} 去除率稳定在 28.7% 左右;SBR 反应器 COD_{Cr} 去除率稳定在 82.3%, 污泥呈灰黄色并具有良好的沉降性能,至此可认为反应器启动成功。

1.5 水质指标测定方法

COD_{Cr}、BOD₅、SS、pH 值、色度等采用国家标准方法^[5]进行测定。

容积负荷(kgCOD_{Cr}/m³·d)=[进水 COD_{Cr}(mg/L) ×

24)]水力停留时间(h) × 1000]

2 结果与讨论

2.1 水力停留时间对水解酸化器出水 BOD₅/COD_{Cr} 的影响

水解酸化是利用厌氧微生物对有机污染物的氧化代谢机理,将厌氧处理控制在水解酸化的环境条件下,利用大量水解细菌和产酸菌的作用,将不溶性有机污染物水解为溶解性有机污染物,将难生物降解的高分子有机污染物转化为易生物降解的低分子有机污染物,提高和改善废水的可生化性,为废水的有效处理创造良好条件。不同水力停留时间对水解酸化器出水 BOD₅/COD_{Cr} 的影响如图 1 所示。由图 1 可知,随水力停留时间的不断提高,废水的可生化性不断得到提高,在水力停留时间为 6h 和 7h 时,水解酸化器出水的可生化性最好,BOD₅/COD_{Cr} 值分别达到 0.35 和 0.36。但同时也可看出,过短或过长的水力停留时间都不利于废水可生化性的提高。这是因为过短的水力停留时间使难生物降解的高分子有机污染物还未充分被微生物代谢降解就随水流排出,可生化性来不及得到有效改善。相反,过长的水力停留时间使降解产物进一步被微生物代谢,而微生物对易降解有机物的利用率高于难降解有机物,因此虽然出水 COD_{Cr} 值降低了,但出水的可生化性并没有得到根本改善。结合废水处理效果和可生化性,水解酸化器水力停留时间取 7h 为宜。

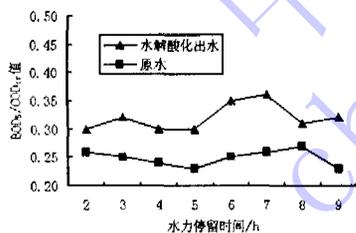


图 1 不同水力停留时间对厌氧反应器出水 BOD₅/COD_{Cr} 的影响

2.2 水解酸化器容积负荷对出水水质的影响

在水解酸化器水力停留时间为 7 小时的条件下,水解酸化器容积负荷与 COD_{Cr} 去除率的关系曲线如图 2 所示。从图 2 可知,随容积负荷的不断增大,COD_{Cr} 去除率不断下降,但变化趋势并不十分明显,由此说明,水解酸化器具有一定的抗冲击负荷的能力。从处理情况来看,水解酸化器在满负荷运行的情况下(进水 COD_{Cr} 值为 1500mg/L,BOD₅ 值为 405 mg/L),COD_{Cr} 去除率达到了 29.0%,更重要的是废水的可生化性得到了有效改善,其 BOD₅/COD_{Cr} 值由水解酸化前的 0.27 提高到 0.36。

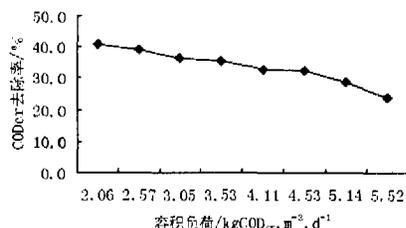


图 2 容积负荷与 COD_{Cr} 去除率的关系

2.3 SBR 活性污泥性能

在一定的污泥量下,SVI 反映了活性污泥的凝聚沉淀性。如 SVI 较高,表示污泥沉淀性较差;如 SVI 较小,污泥颗粒密实,污泥无机化程度高,沉淀性好,一般常控制 SVI 在 50~150mL/g 之间为宜^[9]。实验测得所培养和驯化的活性污泥 SVI 值如图 3 所示。

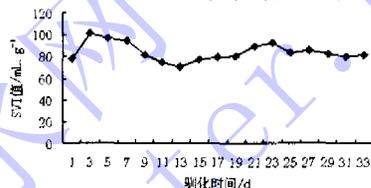


图 3 驯化时间与 SVI 值的关系

由图 3 可知,在培养和驯化前期 SVI 值出现一定的波动,特别在培养和驯化开始的前 10d 波动较大,随着培养和驯化的不断进行,SVI 值逐渐趋于稳定,驯化后期绝大多数在 80~95mL/g 之间,说明活性污泥的沉降性和絮凝性较好,能很好地将分散的微生物和细小有机物颗粒凝聚成较大颗粒,因而能加快污泥沉降速度。同时也说明了污泥活性较好,没有发生污泥膨胀的趋势,这也标志着活性污泥经过一个多月的培养和驯化已经成熟,能够对废水进行好氧生物处理。

2.4 SBR 处理较优工况的确定

序批式活性污泥法简称 SBR,核心是其反应池,该池集水质均化,初次沉淀,生物降解,二次沉淀等功能于一体,整个工艺简洁,运行操作可通过自动控制装置完成,管理简单,投资较省。SBR 工艺将曝气池和沉淀池合二为一,其基本运行周期由进水、曝气反应、沉淀、排放和闲置五个阶段组成^[9],在运行周期的安排上采取进水时间 0.5h,进水的同时开始曝气,曝气反应时间由实验确定,沉淀时间 1h,排水时间 0.5h,闲置时间 2h。

其它运行参数为:SBR 处理系统采用泥水比为 1.0,常温下进行,不调节 pH 值,MLSS5.8g/L~6.3g/L,SVI80~95mL/g。

2.4.1 曝气反应时间的确定

表 1 是在进水 COD_{Cr} 为 1100mg/L 的情况下不同



曝气反应时间对出水 COD_{Cr} 去除率的影响情况。由表 1 可以看出,曝气反应时间对 COD_{Cr} 去除率有较大影响,过短的曝气反应时间不利于 COD_{Cr} 去除率的提高,这是因为时间过短,使微生物和废水中有机物的接触时间变短,导致微生物对废水中有机污染物的降解尚未完全,因此出水 COD_{Cr} 去除率不高;另外,过长的曝气反应时间,也不能带来处理效果的提高,反而造成生产效率下降,从 COD_{Cr} 去除的角度来看,曝气反应时间以 8 小时较为适宜,该条件下 COD_{Cr} 去除率达到 83.9%。

表 1 曝气反应时间对 COD_{Cr} 去除率的影响

曝气反应时间/h	3	4	5	6	7	8	9	10
COD _{Cr} 去除率/%	45.3	52.7	59.4	65.6	73.7	83.9	81.6	82.3

2.4.2 曝气量的确定

表 2 曝气量对 COD_{Cr} 去除率的影响

曝气量/m ³ ·h ⁻¹	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75
COD _{Cr} 去除率/%	64.7	73.4	77.1	84.2	77.6	66.4	62.3

好氧微生物处理废水需要氧气,合适的曝气量能够保证微生物正常的生理代谢。表 2 是在曝气反应时间为 8h 时曝气量对 COD_{Cr} 去除率的影响。从表 2 可知,当曝气量小于 0.25m³/h 时, COD_{Cr} 去除率较低,这是因为反应器内溶解氧(DO)浓度较低,影响了微生物的正常生理代谢;当曝气量大于 0.65m³/h 时,也不利于 COD_{Cr} 去除率的提高,因为过大的曝气量不但造成悬浮微生物浓度增大,而且造成 DO 浓度过高,使氧的转移速率降低,导致活性污泥中的微生物进入自身氧化阶段,同时在反应器表面出现较厚泡沫层,因而不利于 COD_{Cr} 去除率的提高。从处理效果来看,曝气量以 0.45m³/h 为宜,该条件下 COD_{Cr} 去除率达到 84.2%。

2.5 最佳运行条件下的处理结果

根据上述实验结果确定的水解酸化-SBR 运行参数,即水解酸化器水力停留时间 7h, SBR 反应器处理周期 12h,其中曝气反应 8h,曝气量 0.45m³/h 以及 1500mg/L 的进水 COD_{Cr} 负荷作为最佳处理条件,连续进行了 7 个周期的造纸中段废水处理,处理结果如表 3 所示。

表 3 最佳运行条件下的处理结果

水质指标	COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	SS /mg·L ⁻¹	色度 /倍	pH 值
进水(平均值)	1532	410	118	73	7.1
出水(平均值)	233	52	79	78	7.4
去除率/%	84.8	87.3	33.1	-6.9	--

从表 3 可知,在最佳运行条件下,水解酸化-SBR 工艺对 COD_{Cr} 和 BOD₅ 去除率均超过 84% 以上,SS 的去除率也达到 33.1%,但色度没有降低,比处理前升高了 6.9%,原因可能是处理过程中一部分无色有

机污染物转变为有色物质,或者使原来的发色物质又产生新的发色基团,具体原因,有待于今后作进一步探讨。造纸中段废水经过混凝预处理再通过水解酸化-SBR 工艺处理,出水澄清,无臭味且 COD_{Cr}<450mg/L、BOD₅<100mg/L 和 SS<100mg/L,完全达到 GB3544-2001 所规定的排放要求并能循环回用。

3 结论

3.1 水解酸化器水力停留时间对废水可生化性影响较大,在水力停留时间为 7h 时,BOD₅/COD_{Cr} 值为 0.36,废水可生化性较好。另外,随水解酸化器容积负荷的增大,出水 COD_{Cr} 去除率下降不明显,说明水解酸化器具有一定的抗冲击负荷的能力。

3.2 曝气反应时间和曝气量对出水 COD_{Cr} 去除率有较大影响,实验得出的最佳曝气反应时间和曝气量分别为 8h 和 0.45m³/h。

3.3 造纸中段废水经过混凝预处理-水解酸化-SBR 处理,出水澄清,无臭味且 COD_{Cr}<450mg/L、BOD₅<100mg/L 和 SS<100mg/L,完全达到 GB3544-2001 所规定的排放要求并且能循环回用。

参考文献

- [1] 韦国海.中国造纸工业污染防治的现状和对策[J].国际造纸,2002,19(1):44
- [2] 张统.间歇式活性污泥法污水处理技术及工程实例[M].北京:化学工业出版社,2002
- [3] 国家环保局水和废水检测分析方法编委会.水和废水监测分析方法[M].第三版.北京:中国环境科学出版社,1998
- [4] 纪轩.废水处理技术问答[M].北京:中国石化出版社,2003
- [5] 唐受印,汪大翠,戴友芝等.废水处理工程[M].北京:化学工业出版社,1998
- [6] 徐亚同,黄民生.废水生物处理的运行管理与异常对策[M].北京:化学工业出版社,2003

Treatment of the Effluent from Washing/Screening/Bleaching by Hydrolysis Acidification - Sequencing Batch Reactor

Li Wen-Jun, Yang Ling

(Sichuan University of science and engineering,
Zigong Sichuan, 643000 China)

Abstract: Hydrolysis acidification-SBR process was conducted to treat the effluent from Washing, Screening, Bleaching plants by flocculation and the running parameters were decided of the anaerobic reactor and the SBR. The results showed that the effluent with 1500mg/L COD_{Cr} could be purified to meet the requirement of national standard of GB3544-2001 and be recycled by using the hydrolysis acidification-SBR process.

Key words: combined effluents from Washing, Screening and Bleaching plants; Hydrolysis acidification; SBR; effluent treatment