

BAF BAC 工艺在炼油厂二级出水深度处理中的应用

武江津, 孙长虹, 马健驹, 秦永生(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

摘要:采用曝气生物滤池-生物活性炭工艺对炼油厂二级处理出水的深度处理进行中试研究, 拟探索炼油厂废水深度处理用于循环冷却水补水新工艺. 结果表明, 当进水 COD 浓度小于 130 mg/L, BAF 滤速低于 4.24 m/h 条件下运行时, 该工艺平均出水 COD 浓度小于 50 mg/L, 平均出水浊度为 4.46 NTU, 同时对 NH_4^+-N 也有一定的去除作用.

关键词:曝气生物滤池; 生物活性炭; 深度处理; 循环冷却水

中图分类号: X742; X703 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2003)06-04-0135

Application of BAF BAC Process in Advanced Treatment of Secondary Effluent of Refinery Processing Factory

Wu Jiangjin, Sun Changhong, Ma Jianju, Qin Yongsheng(Beijing Municipal Research Academy of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

Abstract: To find a new advanced technology for wastewater reuse in refinery processing factory, a pilot test using BAF-BAC process was carried out. The results revealed that when the COD concentration of the influent was less than 130 mg/L and BAF filtration rate was lower than 4.24 m/h, the average effluent COD concentration of BAF-BAC process was less than 50 mg/L, average turbidity was 4.46 NTU. At the same time this process has some effective removal rate on ammonia nitrogen.

Keywords: biological aerated filter; biological activated carbon; advanced treatment; circulating cooling water

我国将炼油厂二级出水深度处理后回用于循环冷却水的尝试已经有近 20 年的历史, 但由于深度处理工艺发展水平所限, 应用效果不太理想^[1]. 主要原因是再生水浊度和有机成分较高, 回用时会对循环水系统产生腐蚀和结垢.

作为循环冷却水的补充水, 废水深度处理应考虑的主要问题是使再生水水质在结垢、腐蚀及微生物生长等方面的指标达到循环冷却水的要求. 为此, 首先要去除水中 SS、COD 和浊度, 再配以后续的灭菌、脱盐等处理, 则可以达到回用的要求^[2~3].

1 试验方法及条件

1.1 试验流程和装置

中试工艺流程见图 1, 试验原水取自炼油厂二级处理出水的贮存池, 由潜水泵提升至曝气生物滤池(biological aerated filter, BAF), 曝气生物滤池出水进入中间水箱, 再由泵提升到生

物活性炭池(biological activated carbon, BAC)进一步处理后汇入清水池. 中试系统在 BAF 和 BAC 前分别设有进水流量计和气体流量计, 可分别进行控制. 中试主要设备由集水池(1.5 m × 0.6 m × 1.5 m)、BAF 池(φ0.6 m × 4 m)、生物炭柱(φ0.6 m × 4 m)及清水池(1.0 m × 0.8 m × 1.5 m)构成. BAF 内装填 3~6 mm 的陶粒, 装填高度 1.6 m. 生物活性炭柱内装填山西新华化工厂生产的 ZJ30 活性炭, 装填高度 1.6 m.

1.2 进水水质

石化炼油厂废水二级处理出水水质波动较大, 最高时 COD 达 180 mg/L, 最低值为 40 mg/L 左右. 正常情况下炼油厂二级处理出水水质见表 1.

1.3 试验过程

作者简介: 武江津(1951~), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事水污染治理与膜分离技术的研究.

收稿日期: 2002-11-13; 修订日期: 2003-03-18

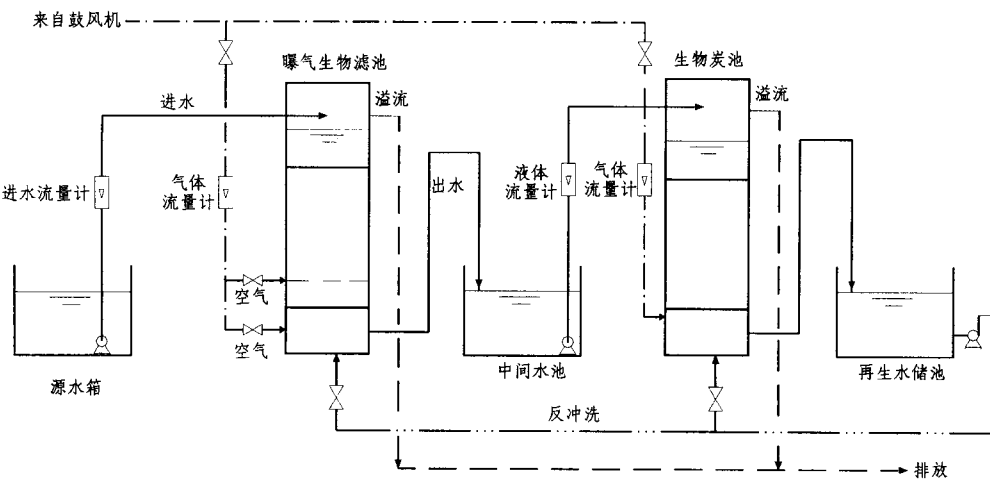


图 1 深度处理工艺流程

Fig.1 Schematic diagram of the advanced treatment process

表 1 炼油厂二级出水水质/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Table 1 The water quality of secondary treatment of refinery processing factory/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD_{Cr}	SS	pH	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	油	硫化物	BOD_5
二级处理出水	≤ 150	≤ 150	6 ~ 9	≤ 1.0	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 60

废水深度处理中试系统自 2001 年 8 月底开始启动运行.8 月 ~ 9 月为系统的调试挂膜阶段,10 月后进入正常运行状态,历经驯化启动期和运行期 2 个阶段,共计运行 10 个月.

1.3.1 驯化启动期

BAF 单元从 8 月 22 日开始启动.污泥的培养驯化采用接种培养法,具体是在曝气生物滤池中加入二级处理中二沉池的污泥,闷曝 48h,此后每天排出部分上清液并加入新的二级处理出水,逐步加大进水量,此阶段不进行反冲.培养期间对重点水质指标进行测定,随着微生物培养时间的增加,BAF-BAC 对 COD 的去除率逐渐增加,滤料表面形成一层很薄的生物膜,表明已挂膜成功.随后以进水量 $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 启动运行,24h 连续运转至 8 月 30 日,即进入全面试验阶段.

1.3.2 运行期

影响 BAF-BAC 运行效果的因素很多,如溶解氧水平、温度、滤池进水水质、水力停留时间、水力负荷等.本试验工艺流程为炼油厂二级处理厂出水的深度处理过程,滤池的进水水质无

法进行定量控制,所以对实验的影响因素主要考虑滤池的滤速.

中试期间,按进水量不同将试验分为如表 2 所示的 5 个阶段.5 个阶段均保持 BAF 气水比 6:1, BAC 池气水比 3:1.每日监测 COD、pH、DO、水温.定期监测 BOD_5 、SS、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、浊度.

表 2 试验阶段划分

Table 2 Different phase of the pilot test

阶段	BAF		BAC	
	进水量	滤速	进水量	滤速
	$/ \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$/ \text{m} \cdot \text{h}^{-1}$	$/ \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$/ \text{m} \cdot \text{h}^{-1}$
1	1.0	3.53	0.3	1.06
2	1.2	4.24	0.4	1.41
3	1.0	3.53	0.4	1.41
4	0.7	2.48	0.4	1.41
5	0.6	2.12	0.4	1.41

2 试验结果与分析

2.1 COD 去除率

中试各阶段 COD 平均进出水浓度及去除率见表 3.

表 3 中试 COD 浓度阶段平均值 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Table 3	Average COD concentration of different phase / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$				
阶段	1	2	3	4	5
进水浓度	128.7	132.0	128.2	133.4	47
BAF 出水	74	88	75	57.0	39
BAC 出水	38	50.0	49	40	33
总平均去除率 / %	70.0	62.1	61.8	70.0	29.8

试验的第 1 ~ 4 阶段,进水 COD 128.2 ~ 133.4 mg/L ,BAF 池在各滤速下的 COD 去除率差异明显,一般来说,滤速较低 BAF 显示出相对较高的 COD 去除率,各阶段平均去除率在 33 % ~ 57.3 % 波动,出水 COD 为 57 ~ 88 mg/L .BAF-BAC 工艺总的去除率为 61.8 % ~ 70 %,出水 COD 平均浓度均在 50 mg/L 以下.试验的第 5 阶段,COD 的去除率较前几个阶段有所降低,总平均去除率降至 24.5 %,但应注意到该试验阶段中进水 COD 值始终在一个较低水平,进水 COD 平均值 47 mg/L ,所以不能仅用去除率来衡量该工艺对 COD 的去除效果.

2.2 BAF-BAC 工艺对浊度的去除

浊度在循环冷却水系统的腐蚀问题上有至关重要的作用,当污水回用于循环冷却系统时,其浊度宜控制在 10 mg/L 以下^[4].中试期间浊度进出水浓度及去除率关系见图 2.可以看出,进水浊度曲线波动较大,经过 BAF 池处理后的出水浊度值趋于平稳,说明 BAF 池对浊度的去除受原水浊度影响不大.

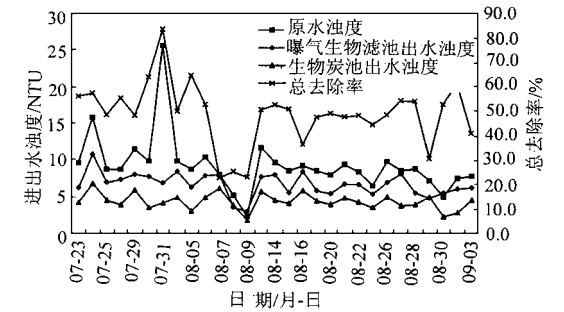


图 2 浊度进出水浓度及去除率

Fig.2 Inlet and outlet turbidity and removal rate of turbidity

表 4 为中试期间浊度分析结果,原水经

BAF-BAC 工艺处理后,由于 2 滤池的过滤、吸附作用,废水中的浊度明显降低,浊度的总平均去除率为 48.98 %,出水平均浊度为 4.46,可满足回用要求.

表 4 中试浊度结果分析 / NTU

Table 4	The experiment result of turbidity / NTU		
项目	最高值	最低值	平均值
进水	25.57	2.38	9.4
生物滤池出水	10.67	3.09	6.76
生物炭池出水	6.73	1.83	4.46
平均总去除率 / %		48.98	

2.3 对氨氮的去除

氨在工业循环水杀菌处理时会增加氯用量,氨对某些金属,特别是铜具有腐蚀性,当再生水作为冷却水回用时,要考虑冷却设备腐蚀损害问题^[5].由于炼油工艺中有脱氮工艺,因此,正常情况下炼油厂二级处理后 $\text{NH}_4^+ - \text{N} < 1.0 \text{ mg/L}$.中试期间,曾发生 2 次炼油厂脱氮工艺运转不正常,二级处理出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 高达 30 mg/L .虽然中试系统设计时没有脱氮要求,但 BAF-BAC 工艺对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 仍显示了明显的去除作用.中试结果表明,深度处理工艺对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率达 65 % 以上,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 可小于 10 mg/L .

3 讨论

3.1 滤速对 BAF 池去除效果的影响

对于生化反应而言,水力停留时间直接影响到工艺的去除效果.图 3 为 BAF 在进水平均浓度 $< 150 \text{ mg/L}$,气水比为 6:1 的条件下 BAF 出水 COD 平均浓度随滤速的变化关系.可见,BAF 滤速的增加将导致 BAF 出水水质恶化,当滤速增加到 4.24 m/h 时,BAF 出水接近 90 mg/L ,再经 BAC 处理后出水 COD 浓度将超过循环冷却水补水 COD 50 mg/L 的标准.因此,BAF 的滤速宜控制在 4.24 m/h 以下.

3.2 反冲对 BAF 和 BAC COD 去除效果的影响

BAF 在运行过程中,由于微生物的繁殖和截留悬浮物的增多,阻力逐渐增加,液位逐渐升高,出水水质变差.一般来说,当 BAF 总的水头

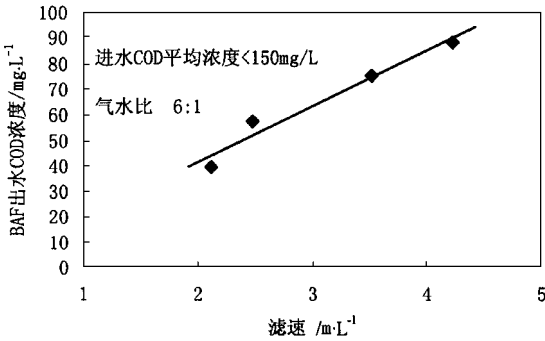


图 3 滤速对出水 COD 浓度的影响

Fig. 3 Influence of filtration rate on COD concentration

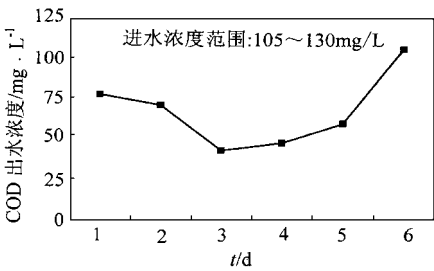


图 4 BAF 出水浓度在一个运行周期中的变化

Fig. 4 Variation of COD concentration during the operation period of BAF

损失接近通过 BAF 所必需的水头或是出现水质恶化的穿透现象之前,BAF 即应当停止运行进行反冲,以去除多余的微生物和 SS.反冲不彻底会导致滤池的阻塞、水质恶化和运行动力费用增大.但反冲过于彻底和频繁,会使培养的生物膜遭到破坏,影响处理效果.中试研究中采用气水共同反冲,初期大约 6~10d 反冲一次,反冲时间为 10 min.反冲后,出水 COD 浓度会略有升高,但能很快恢复正常.图 4 反应了一个运行周期内 BAF 出水 COD 浓度的变化情况.刚刚反冲完的第 2 天 BAF 出水 COD 浓度为 77.6 mg/L,随后几天的出水浓度分别为 70.8

mg/L、42.6 mg/L、47.4 mg/L 和 59.4 mg/L,下一次反冲的前一天出水浓度为 105.6 mg/L.由此可见,BAF 反冲后,水质会受到一定影响,正确地掌握反冲时间对于保证出水水质的稳定至关重要.在中试进水浓度 130 mg/L 条件下,BAF 的运行周期应小于 6d.

BAC 的反冲操作与 BAF 具有相似性.试验中 BAC 有几天曾连续大强度反冲造成生物膜的流失和活性炭滤料的磨损,使得生物炭的出水水质变差,色度增加,同时水中带有细小的黑色炭粒.这种现象在实际操作中是应该严格避免的,正常情况下,BAF 和 BAC 的反冲洗水强度应控制在 6~10 L/(m²·s).

4 结论

(1) 采用 BAF-BAC 工艺处理炼油厂二级处理出水对 COD、浊度和 NH₄⁺-N 有明显的去除作用.中试结果表明,当 BAF 和 BAC 滤速分别为 4.24 m/h 和 1.41 m/h 时,出水 COD 平均值为 50 mg/L,总平均去除率达 70%,NH₄⁺-N 的去除率大于 65%,浊度去除率平均为 48.98%,平均出水浊度为 4.46 NTU.

(2) 炼油厂二级出水的深度处理工艺,中试进水浓度 130 mg/L 条件下,中试 BAF 的运行周期应小于 6d.

参考文献:

- 1 张文星,李本高.炼油厂污水回用于循环冷却水系统的前景探讨.环境工程,1998,12(6):11~13.
- 2 王大中.城市污水用作循环冷却水的工程实践.工业水处理,1994,14(1):3~6.
- 3 曾德勇.二级排放水经深度处理回用作循环冷却水.中国给水排水,2001,17(3):61~63.
- 4 张颢,侯盾等.污水回用于循环冷却水系统腐蚀影响因素的研究.工业水处理,2001,21(3):1~3.
- 5 周彤.城市污水回用于循环冷却水时氨氮去除.工业用水与废水,2000,31(6):9~11.