

HOB AF 工艺处理石化废水生产性试验研究

邹茂荣, 彭永臻, 荣宏伟

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要:应用水解酸化-好氧生物处理和曝气生物滤池联用的 HOB AF 石化废水处理技术, 通过生产性试验研究表明, HOB AF 工艺具有处理效率高, 出水水质好的优点. 在整个试验期间系统出水的 COD、BOD₅、氨氮、油、酚和硫化物都低于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的一级排放标准, 并达到《城市污水再生利用-城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中的城市绿化标准.

关键词:石化废水; 水解酸化; 好氧生物处理; 曝气生物滤池; 填料

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-0946(2004)02-0195-04

Study on productive experiment on petrification wastewater by HOB AF

ZOU Mao-rong, PENG Yong-zhen, RONG Hong-wei

(School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: The process of HOB AF which means the combination of hydrolyzing and acidification, aerobic biological treatment and aerating bio-filter technologies is put forward on the basis of analyzing the study of petrification wastewater treatment. Through pilot test and productive application, HOB AF has the advantage of high efficiency and good effluent quality. During the testing period, COD, BOD₅, ammonia nitrogen, oil, phenol and sulfide were all under national wastewater discharge standard and conformed to the standard of water utilization in urban revegetation.

Key words: petrification wastewater; hydrolyzing and acidification; aerobic biological treatment; aerating bio-filter; filler

进入 21 世纪,随着我国水体污染日益加剧和可用水资源日益减少,国家对工业废水排放标准更加严格,对工业企业提高水资源循环利用的要求也会提高.这样,企业就需要采用新的污水处理工艺设施来适应日趋复杂的污水水质、日益严格的排放标准和日益提高的水资源循环利用率,在经济高效处理废水的同时,全面提高回用水的质量并达到污水资源的可持续回用.

纵观国内现有石化企业废水处理系统,大多采用传统的或改进的“老三套”工艺.活性污泥法由于

抗冲击负荷能力差,易发生污泥膨胀,负荷较低,比较适用于水质稳定、易生化降解、成分单一的工业废水.而生物膜法虽具有抗冲击负荷能力强、不易污泥膨胀的优点,但其处理效率低、投资大、停留时间长.考虑到石化废水具有污染物种类多、含有生物抑制物质及水质情况复杂等特点,采用单一的活性污泥法或生物膜法,很难适应现阶段石化废水的水质特点^[1].研究开发高效、经济、节能的石化废水生化处理新技术势在必行.

以上分析表明,提高石化废水处理工艺的水

平,首先必须提高废水处理装置的抗冲击能力;其次要提高工艺本身污染物处理深度和降解速度,降低废水处理时间和成本.为达此目的,可从提高废水处理速度和污染物降解深度等几个方面考虑:1)纵观现有的各类石化废水处理装置运行状况时不难发现,与活性污泥法相比,生物膜法具备较强的抗冲击能力.因此,新装置全部采用了生物膜法;2)改变污染物的性质,使污染物由难降解型转化为易降解型,缩短废水处理时间和提高废水处理深度.利用厌氧工艺前段-水解酸化段,使废水中的污染物水解,可有效地改变污染物的性质,提高废水可生化性;3)采用先进高效的后续处理工艺,提高废水处理深度,使处理出水达到《城市污水再生利用-城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中的城市绿化标准^[2].对已经经过好氧处理的污水再进行微好氧处理,其氧化能力必须更强,因此,我们选择了 BAF 作为深度氧化装置.

将上述 3 种工艺依次组合,本文提出了石化废水处理新工艺——HOBFAF 处理装置.HOBFAF 装置在污染物去除构思上采用了氧化强度递增模式,即水解池、氧化池和 BAF 的氧化性由温和型逐段转化为高氧化型,不同的污染物在不同工艺段得到不同的处理,水解段使污染物转型并使易处理物质得到降解,氧化段使大部分污染物得以去除,残留的少量难氧化污染物则通过 BAF 进一步氧化,从而大幅度提高出水水质.

曝气生物滤池(BAF)作为一种新型污水处理技术,是 20 世纪 90 年代初发展的污水处理新工艺,在国外已有实际应用.运行经验表明,采用该工艺可显著节约基建投资并减少占地面积,出水水质较好,运行费用低,管理方便,特别是其模块化结构利于未来的扩建^[3].该工艺可独立建立,也可与其他污水处理工艺组合应用,是一种适合我国国情的污水处理新工艺.

曝气生物滤池充分借鉴了污水处理接触氧化法和给水快滤池的设计思路,集曝气、高滤速截留悬浮物、定期反冲洗等特点于一体.其工艺原理为:在滤池中装填一定量粒径较小的粒状滤料,滤料表

面生长着生物膜,滤池内部曝气;污水流经时,利用滤料上高浓度生物膜的强氧化降解能力对污水进行快速净化,此为生物氧化降解过程;同时,因污水流经时,滤料呈压实状态,利用滤料粒径较小的特点及生物膜的生物絮凝作用,截留污水中的大量悬浮物,且保证脱落的生物膜不会随水漂出,此为截留作用;运行一定时间后,因水头损失的增加,需对滤池进行反冲洗,以释放截留的悬浮物并更新生物膜,此为反冲洗过程.一般说来,曝气生物滤池具有以下特征:1)用粒状填料作为生物载体,如陶材、俸炭、石英砂、活性炭等;2)区别于一般生物滤池及生物滤塔,在去除 BOD、氨氮时需进行曝气;3)高水力负荷、高容积负荷及高的生物膜活性;4)具有生物氧化降解和截留 SS 的双重功能,生物处理单元之后不需再设二次沉淀池;5)需定期进行反冲洗,清洗滤池中截留的 SS,同时更新生物膜.

BAF 装置与其它污水处理装置比较具备以下优点:1)总投资省.BAF 污水处理系统的占地面积仅为常规处理系统的 1/2 ~ 1/5,设备简单,容易操作控制.2)运行费用低.BAF 装置流程短,污水处理时间为 2 ~ 4 h,氧利用率高,曝气量仅为常规处理的 1/5 ~ 1/6,运行费用低.3)降解速率高.BOD 处理负荷可达 2 ~ 8 kg/(m³·d),是常规活性污泥法的 4 ~ 8 倍.4)抗冲击性能好.受气温、水量和水质变化影响小.5)出水水质好.出水可达《城市污水再生利用-城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中的城市绿化标准^[4~8].

1 HOBFAF 生产性试验装置的参数选择及试验结果

HOBFAF 生产性试验装置利用石化厂污水处理场停用的旧气浮池改造而成,采用二级气浮池的出水作为进水,试验装置设计处理量为 10 t/h,运行时维持在 8 ~ 12 t/h.生产性试验装置正式运行 6 个多月,共计处理石化废水 4.25 × 10⁴ m³.生产性试验装置规格及运行参数见表 1 所示.HOBFAF 装置生产性试验结果见表 2.

表 1 生产性试验装置规格及运行参数

	规格 /mm	有效容积 /m ³	填料类型	停留时间 /h	曝气量 /(m ³ ·h ⁻¹)	溶解氧 /(mg·L ⁻¹)
水解池	4 500 × 4 500 × 2 600	40	弹性滤料	4	0	0
氧化池		60	弹性滤料	6	100 ~ 120	2.5 ~ 3.5
BAF		20	多孔滤料	2	15 ~ 30	2.5 ~ 4.0

数据显示,石化废水 HOBAB 装置具备高稳高效的特点,出水的 COD、油、酚、硫化物都低于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的一级排放标准,出水达到《城市污水再生利用—城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中的城市绿化标准(见

表2)。当进水氨氮 $\geq 50 \text{ mg/L}$,出水氨氮 $\geq 10 \text{ mg/L}$ 的去除率为 92.8%,氨氮的去除率为 73.4%,油、挥发酚及硫化物的去除率均在 90%以上,系统具备了较高的去除率。

表2 HOBAB 生产性试验装置运行状况统计表

指标	进水质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			出水质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			降解率 /%	负荷 /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$)
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值		
COD _{Cr}	560	450	670	40.3	32.0	48.5	92.8	0.35
氨氮	60	42	78	16.0	8.4	20.8	73.4	0.34
油	18	3.6	60.2	0.88	0.10	3.2	95.2	/
挥发酚	16	9.6	19.5	0.35	0.3	0.5	97.8	/
硫化物	30	18	35.6	0.82	0.7	1.0	97.3	/

2 HOBAB 生产性装置各处理单元运行状况评价

水解酸化池中各污染指标的降解情况统计结果见表3。

2.1 水解池运行状况评价

表3 HOBAB 装置生产性试验水解酸化池运行状况统计表

指标	进水质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			出水质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			降解率 /%	负荷 /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$)
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值		
COD _{Cr}	560	450	670	302	189	348	46.0	0.38
氨氮	60	42	78	48.8	36	64.5	19.7	/
油	18	3.6	60.2	9.4	1.8	30.1	48	/
挥发酚	16	9.6	19.5	4.4	2.7	5.3	72.6	/
硫化物	30	18	35.6	32.5	17.6	34.3	/	/

据现场观察,水解池的膜很致密,颜色很黑,水体表面有很多气泡,表明厌氧菌生长良好。即使原水乳化时出水也很澄清。原水的大部分悬浮物在此被拦截,逐渐被水解为可溶性物质。统计结果表明:原水经过水解后,COD 除掉近一半,油、挥发酚的

去除率均分别为 48%和 72.6%,而氨氮降解不多,硫化物略有升高。

2.2 氧化池运行状况评价

氧化池各污染指标的去除状况统计结果见表4。

表4 HOBAB 装置生产性试验氧化池运行状况统计表

指标	进水质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			出水质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			降解率 /%	负荷 /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$)
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值		
COD _{Cr}	302	189	348	137.4	86.3	158	54.5	0.26
氨氮	48.8	36	64.5	27.9	21.3	36.9	42.8	/
油	9.4	1.8	30.1	2.4	0.7	5.8	75.5	/
挥发酚	4.4	2.7	5.3	0.35	0.3	0.5	92.1	/
硫化物	32.5	17.6	34.3	0.82	0.7	1.0	97.5	/

据现场观察,氧化池出水水质澄清透明,悬浮物很少。氧化池前段的膜灰暗发黑,中后段的膜呈黄褐色,其原因为水解出水溶解氧为 0,使氧化段前端有机负荷较高。由于生产性试验进水 COD 较低,使 COD 的去除率和负荷偏低,但出水的 COD 更低,油、挥发酚、硫化物、氨氮各项污染物指标均已达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的一级排放标准。

2.3 BAF 装置各污染指标的去除状况

BAF 装置各污染指标的去除状况统计结果见表5。

BAF 作为对污水的深度处理手段取得了较好的效果,出水非常清澈,悬浮物质量浓度在 15 mg/L 以下,出水的 COD、油、挥发酚、硫化物达到《城市污水再生利用—城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中的城市绿化标准。很明显,BAF 作为后生化

处理达到了深度处理的目的。

表 5 HOBAB 生产性试验 BAF 装置运行状况统计表

指标	进水质量浓度/(mg·L ⁻¹)			出水质量浓度/(mg·L ⁻¹)			降解率 /%	负荷 /(kg·m ⁻³ ·d ⁻¹)
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值		
COD _{Cr}	137.4	86.3	158	40.3	32.0	48.5	70.7	0.65
氨氮	27.9	21.3	36.9	16.0	8.4	20.8	42.6	0.38
油	2.4	0.7	5.8	0.88	0.10	3.2	63.4	/
挥发酚	0.35	0.3	0.5	0.35	0.3	0.5	/	/
硫化物	0.82	0.7	1.0	0.82	0.7	1.0	/	/

3 结论

应用水解酸化-好氧生物处理和曝气生物滤池联用的 HOBAB 石化废水处理技术,通过生产性试验研究表明,HOBAB 工艺具有处理效率高,出水水质好的优点.在整个试验期间系统出水的 COD、BOD₅、氨氮、油、酚和硫化物都低于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的一级排放标准,并达到《城市污水再生利用-城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中的城市绿化标准.由此说明 HOBAB 装置非常适合石化废水的治理。

参考文献:

[1] 国家环保局.石油石化工业废水处理[M].北京:中国环境科

学出版社,1992.

- [2] 曾 科.石化污水深度净化回用的可行性[J].工业水处理,1999,19(4):14-18.
- [3] 刘士永.石化污水回用于循环冷却水技术[J].石化工业水处理技术,1997,3(1):33-39.
- [4] 邱立平,杜茂安.二段曝气生物滤池处理生活污水的试验研究[J].环境工程,2001,19(2):22-24.
- [5] 李汝淇,孔 波,钱 易.曝气生物滤池处理生活污水试验[J].环境科学,1999,20(5):69-71.
- [6] 马 军.曝气生物滤池及其研究进展[J].环境工程,2002,20(3):7-9.
- [7] 邱立平,马 军.两段曝气生物滤池处理生活污水实验研究[J].环境工程,2001,19(4):22-24.
- [8] 陈文兵,陆宏宇,董春娟,等.JSB-2 絮凝剂处理洗浴废水的试验研究[J].哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2004,20(1):74-77.

(上接 194 页)

- [5] GABER H M, INSKEEP W P, COMFORT S D, et al. Nonequilibrium transport of atrazine through large intact soil cores [J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1995, 59: 60-67.
- [6] MA LH, SELIM M. Evaluation of non-equilibrium models for predicting atrazine transport in soils [J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61: 1299-1307.
- [7] CARSEL, R F, FARRISH R S. Developing Joint Probability Distributions of Soil-Water Retention Characteristics [J]. Water Resources Research, 1988, 24(5): 755-769.
- [8] JURY W A, GROVER R, SPENCER W F, et al. Behavior Assess-

ment Model for Trace Organics in Soil: I. Model Description [J]. J. Environ. Qual, 1983, 12: 558-564.

- [9] HUYAKORN P S, PINDER G F. Computational Methods in Subsurface Flow [M]. New York: Academic Press, 1983.
- [10] HUYAKORN P S, THOMAS S D, THOMPSON B M. Techniques for Making Finite Elements Competitive in Modeling Flow in Variably Saturated Porous Media [J]. Water Resources. Res, 1984, 20(8): 1099-1115.
- [11] 蔡宝立,黄今勇.除草剂阿特拉津生物降解研究进展[J].生物工程进展,1999,19(3):7-11.