

混凝 砂滤结合 GAC/UF 法处理洗车废水的研究

唐 利¹, 崔福义², 谭学军¹, 张 兵²

(1 同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092; 2 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要: 采用混凝、沉淀—砂滤—GAC—UF 工艺对洗车废水进行回用处理, 结果表明该工艺的处理效果良好, 出水水质可满足洗车水回用的水质要求。混凝、沉淀、砂滤预处理工艺对浊度、LAS 和氨氮的去除效果较好, 可大大减轻后续深度处理工艺的负荷, 延缓 GAC/UF 反应器的堵塞进程; GAC 单元对 LAS 的去除率 > 70%, 是整个系统去除 LAS 的主要单元; UF 单元对浊度的去除率 > 90%, 是出水浊度的有效控制单元。采用该工艺处理洗车废水并回用, 每年可节省费用约 1.2 万元, 经济效益显著。

关键词: 洗车废水; 回用; 混凝沉淀; 颗粒活性炭; 超滤

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2008)01-0084-04

Research on Combined Process of Coagulation, Sand Filtration, GAC and UF for Car Washing Wastewater Treatment

TANG Li¹, CUI Fu-yi², TAN Xue-jun¹, ZHANG Bing²

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: The combined process of coagulation, sedimentation, sand filtration, GAC and UF was applied for car washing wastewater treatment. The results show that this process has favorable treatment effect, and the effluent quality can reach the requirement for car washing wastewater reuse. The pretreatment including coagulation, sedimentation and sand filtration can effectively remove turbidity, LAS and $\text{NH}_3\text{-N}$, considerably mitigate the load of subsequent advanced treatment processes and lessen the blockage of GAC and UF reactors. The removal rate of LAS by GAC is more than 70%, and the turbidity removal rate by UF is more than 90%. Using the combined process for car washing wastewater treatment and reuse can save 12 000 Yuan per year.

Key words: car washing wastewater; reuse; coagulation and sedimentation; granulated activated carbon; ultrafiltration

针对目前日益严重的水资源危机, 人们开始致力于污水再生回用方面的研究, 由于回用水水质标准高于污水排放标准, 这就需要有处理程度更高、占

地面积适宜、操作更为方便的工艺来满足要求, GAC/UF 工艺恰恰具备了这些特点, 这为其在污水处理领域的应用提供了可能。由于该工艺对进污水

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目 (2002BA806B04)

质的要求相对较高,因此采用该工艺处理污水时,需要增加相应的预处理单元。

笔者以洗车废水为处理对象,采用混凝、砂滤(包括混凝、沉淀和砂滤)工艺作为 GAC/UF工艺的预处理单元,在小试研究的基础上^[1],考察了 GAC/UF工艺对洗车废水回用处理的可行性。

1 工艺流程与方法

1.1 试验水质

试验在哈尔滨市某洗车行进行。试验原水为经初沉池沉淀后的洗车废水。水中的主要污染物为泥砂、有机物、洗涤剂 and 氨氮等,其水质及洗车水回用标准见表 1。

表 1 洗车废水水质及回用标准

Tab 1 Quality of car washing wastewater and reuse standard

项目	原水	回用标准	项目	原水	回用标准
嗅和味	有异味	无	色度 / 倍	40	30
pH	6.5 ~ 8.0	6.0 ~ 9.0	氨氮 / (mg · L ⁻¹)	20	10
COD / (mg · L ⁻¹)	100 ~ 650	50 [*]	总硬度 / (mg · L ⁻¹)	153.73	450 [*]
BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	100 ~ 200	10	氯化物 / (mg · L ⁻¹)	48.3	300 [*]
浊度 / NTU	95 ~ 230	5	铁 / (mg · L ⁻¹)	1.708	0.3
阴离子洗涤剂 (LAS) / (mg · L ⁻¹)	2 ~ 3.5	0.5	锰 / (mg · L ⁻¹)	0.205	0.1
溶解性总固体 / (mg · L ⁻¹)	439	1000	总余氯 / (mg · L ⁻¹)	≥ 0.2	≥ 0.2
悬浮物 / (mg · L ⁻¹)	1 524	5 [*]	总大肠菌群 / (个 · L ⁻¹)	> 3	3

注: ^{*} 参照《生活杂用水水质标准》(GJ 25.1—89),其他均参照《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)。

1.2 工艺流程

工艺流程见图 1。系统的处理能力为 1 m³ / h。

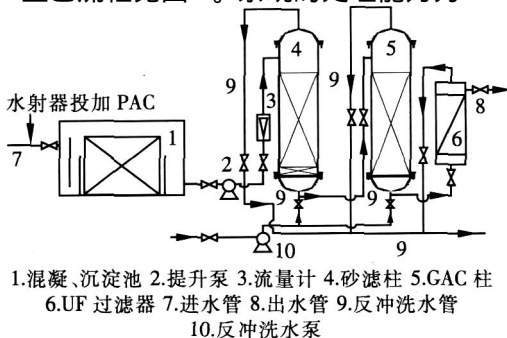


图 1 工艺流程

Fig 1 Flow chart of treatment process

混凝沉淀池由折板进水区、斜板沉淀区和集水区组成,尺寸为 1.2 m × 1 m × 1 m。砂滤柱的直径为 180 mm,高为 1 600 mm;采用石英砂均质滤料,粒径为 0.5 ~ 1.0 mm,滤层厚度为 900 mm,底部以平均粒径约为 5 mm 的砾石作为承托层,砾石的填充高度为 200 mm。GAC 柱的直径为 180 mm,高为 1 800 mm;颗粒活性炭的直径约为 1.5 mm、长度为 2 ~ 4 mm、碘值 > 900 mg/g、机械强度 > 85%,填充高度为 1 400 mm。UF 过滤器的膜组件为中空纤维超滤膜,膜材质为聚砜,过滤流量为 1 150 L/h,截留相对分子质量为 67 000,膜面积为 9 ~ 10 m²,操作压力 ≤ 0.2 MPa。

1.3 试验方法

洗车废水经设于地下的集水渠流入初沉池,水在集水渠和初沉池中的停留时间约为 15 min,经沉淀后废水中的泥砂等大颗粒物质可被部分去除,初沉池后设有潜水泵,可将水提升至位于地上的混凝沉淀池中;混凝沉淀池的进水管上设有投药口,采用水射器加药,混凝剂为聚合氯化铝(PAC),投药量为 80 mg/L。混凝沉淀池内设有折板区和斜板区,在折板区内水与药剂发生混凝反应,形成的絮体随水流入斜板区,经沉淀后出水流入集水区,清水泵将水提升使之依次通过砂滤柱、活性炭滤柱和超滤柱。

试验采用间歇运行的方式,每天运行 3 次,每次运行 2 h,取最后一次运行结束时各工艺单元的出水为试验水样,考察各单元对污染物的去除情况。测定的主要指标为浊度、COD、阴离子洗涤剂和氨氮。

砂滤柱和活性炭柱每天反洗一次,砂滤柱的反冲洗强度为 15 L / (s · m²),反冲洗时间为 8 min;活性炭柱的反冲洗强度为 8 L / (s · m²),反冲洗时间为 5 min。超滤柱每周清洗一次,先采用 1% 的草酸溶液循环清洗膜组件 20 min,然后用清水冲洗 20 min,以去除残留的草酸溶液。

在此应指出,洗车废水中含有一定的油类物质,但在《生活杂用水水质标准》(GJ 25.1—89)中并没有对油类含量的相关规定,因此试验中未对油类物质进行检测。

2 结果与分析

2.1 对浊度的去除情况

各单元工艺的出水浊度见图 2。

从图 2 可见,混凝、沉淀工艺可将原水浊度从 95 ~ 230 NTU 降至 35 NTU 以下,砂滤柱可将浊度控

制在 10 NTU 以内,这大大减轻了 GAC/UF 工艺的进水浊度负荷,避免了深度处理单元的过早堵塞,延长了其使用寿命。经计算可知,预处理单元对浊度的去除率均在 70% 以上;GAC 单元对浊度的去除效果较差,去除率 < 8%,UF 单元对浊度的去除率基本可达到 90% 以上,最终出水浊度 < 0.5 NTU。

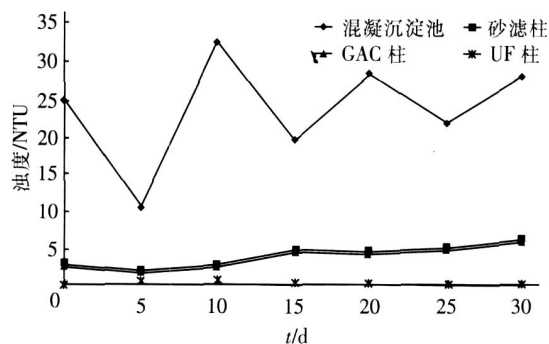


图 2 各单元工艺出水浊度

Fig 2 Turbidity in effluent from each unit

2.2 对 LAS 的去除情况

由于洗车过程中采用了大量的洗涤剂,因而 LAS 是洗车废水回用的主要控制指标之一。原水及各单元工艺的出水 LAS 值如图 3 所示。

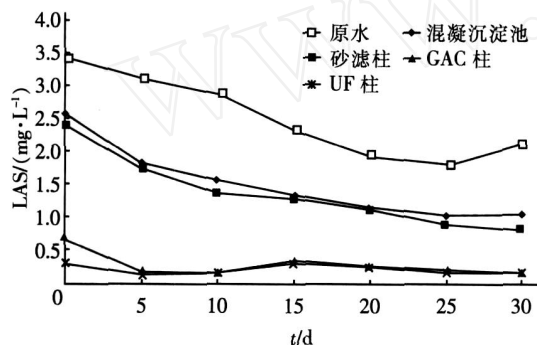


图 3 各单元工艺出水 LAS 值

Fig 3 LAS in effluent from each unit

由图 3 可见,混凝、沉淀与 GAC 单元对 LAS 的去除起着主要作用,GAC 单元出水 LAS 浓度基本在 0.5 mg/L 以下,该单元对 LAS 的去除率 > 70%,其出水 LAS 浓度已达到洗车废水回用标准的要求,因此在洗车废水回用处理工艺中,采用 GAC 深度处理单元是有必要的。另外,由图 3 还可知,UF 工艺对阴离子洗涤剂的去效果并不十分显著,去除率一般在 20% 以下。

2.3 对 COD 的去除情况

各单元工艺出水 COD 如图 4 所示。

从图 4 可以看出,混凝、沉淀工艺基本上可以将

原水中的 COD 值降到 80 mg/L 以下,该单元对 COD 的去除率 > 50%。UF 单元对 COD 的去除效果优于 GAC 单元的,这说明水中存在的有机物的尺寸大部分在 0.4 μm (活性炭吸附孔径) 以上^[2],这是由于活性炭主要吸附 0.4 μm 以下的小分子有机物,而对大分子有机物的吸附效果欠佳。UF 单元的出水 COD < 40 mg/L,满足回用要求。

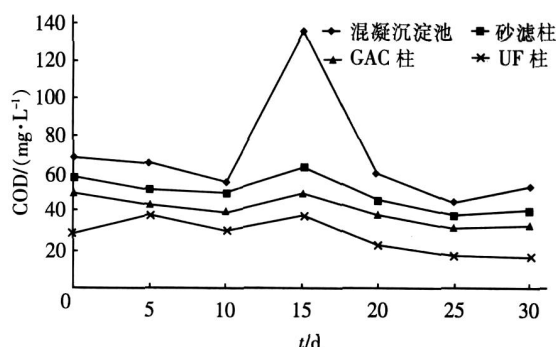


图 4 各单元工艺出水 COD 值

Fig 4 COD in effluent from each unit

2.4 对氨氮的去除情况

原水及各单元工艺出水氨氮如图 5 所示。

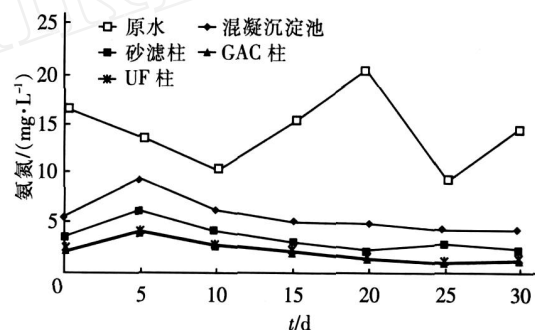


图 5 各单元工艺出水氨氮值

Fig 5 NH₃-N in effluent from each unit

由图 5 可见,经混凝、沉淀后,水中氨氮浓度 < 10 mg/L, GAC 单元对氨氮的去除效果优于 UF 单元的,其原因可能是试验中所采用的间歇运行方式容易使微生物在 GAC 的孔隙内或表面滋生,之所以认为是微生物的作用,主要是因为氨氮在水中是以离子形式存在的,且其溶解度非常大,所以活性炭对氨氮的物理吸附作用很弱,其对水中氨氮的去除主要依靠生物膜的生物同化作用^[3]。UF 单元对氨氮基本无去除作用,这主要是因为超滤膜无法对其实现截留。

2.5 系统的总体净化效果

整个工艺最终出水各项指标的平均值见表 2,

可见各指标均达到了洗车废水回用的水质标准要求。

表 2 系统出水水质

Tab 2 Effluent quality of system

项目	出水 平均值	项目	出水 平均值
嗅和味	无异味	悬浮物 / (mg · L ⁻¹)	1
pH	7. 97	色度 倍	10
COD / (mg · L ⁻¹)	33. 4	氨氮 / (mg · L ⁻¹)	0. 38
BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	4. 8	总硬度 / (mg · L ⁻¹)	65. 88
浊度 /NTU	0. 42	氯化物 / (mg · L ⁻¹)	24. 1
阴离子洗涤剂 (LAS) / (mg · L ⁻¹)	0. 06	铁 / (mg · L ⁻¹)	0. 1
溶解性总固体 / (mg · L ⁻¹)	117	锰 / (mg · L ⁻¹)	0. 031
		总余氯 / (mg · L ⁻¹)	≥0. 2
		总大肠菌群 / (个 · L ⁻¹)	<3

2. 6 经济效益分析

以每日清洗 60 辆小型机动车的车行进行分析。试验中测定该车行因排泥损耗的水量为 0. 54 m³ /d (排泥量为 0. 54 m³,污泥含水率为 99. 7%),中试系统的处理水量为 6 m³ /d,则废水回收率为 91%。清洗一辆汽车的水量以 0. 1 m³ 计,则每洗一辆车需要补充管网水 0. 009 m³。经计算,设备的初期投资为 1. 2 万元,运行费用 (包括电费、药剂费、设备折旧费、更换滤料费等)以 6 元 /d计,将采用该废水处理设备生产的回用水洗车与传统的直接使用管网水洗车的费用进行对比,结果见表 3。

由表 3 可知,若采用该废水回用设备处理洗车废水并回用,一年可节约 12 159 元,设备投资一年

即可收回,经济效益显著。

表 3 经济效益分析

Tab 3 Economic comparison

项目	不采用回用设备	采用回用设备
管网补充水量 / (m ³ · 辆 ⁻¹)	0. 1	0. 009
日用水量 (以 60 辆车计) /m ³	6	0. 54
补充水费 / (元 · d ⁻¹)	42	3. 78
排污费 / (元 · d ⁻¹)	1. 2	0. 108
水处理费 / (元 · d ⁻¹)	0	6
总费用 / (元 · d ⁻¹)	43. 2	9. 888
年节约费用 / 元	12 159	

3 结论

混凝、沉淀—砂滤—GAC—UF工艺对洗车废水的处理效果良好,该工艺可有效去除水中 COD、浊度、阴离子洗涤剂和氨氮等污染物,处理后的出水水质完全满足洗车水回用的水质要求,且经济上可行,因此该工艺是较为适宜的洗车废水回用处理工艺。

参考文献:

[1] 崔福义,唐利. 洗车废水回用处理工艺的试验研究 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005, 37(3): 310 - 313
[2] 马峥,张振良,于惠芳. 活性炭对水中有机物去除的研究 [J]. 环境保护, 1999, (5): 41 - 44
[3] 王琳,王宝贞. 优质饮用水净化技术 [M]. 北京:科学出版社, 2000.

E - mail: tangli@mail tongji. edu. cn

收稿日期: 2007 - 08 - 29

提高水源利用效率
减少生态环境污染
促进持续稳定发展