

以 IBAC 为核心处理洗浴废水的试验研究

杨海燕¹ 冯萃敏¹ 崔福义² 林丽欣³

(1 北京建筑工程学院环境与能源工程学院, 北京 100044; 2 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 哈尔滨 150090;
3 北京东方筑中建筑规划设计有限公司, 北京 100036)

摘要 根据洗浴废水的水质特征, 采用原水→混凝沉淀-过滤→固定化生物活性炭(Immobilized Biological Activated Carbon, IBAC)→微滤膜(MF)→UV 消毒→出水的工艺流程。混凝沉淀-过滤物化预处理单元可以有效地减少洗浴废水中的各类污染物。IBAC 生化处理单元, 实现有机污染物、LAS、浴臭等有效去除, 是保证出水合格的根本措施。微滤膜发挥物理截留作用、UV 消毒杀死细菌和总大肠菌群。出水水质达到《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)。

关键词 洗浴废水 回用 处理工艺 常规指标 微生物学指标

Study on treatment of bathing wastewater process with IBAC technology

Yang Hai-yan¹, Feng Cui-min¹, Cui Fu-yi², Lin Li-xin³

(1. School of Environmental and Energy Engineering, Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 2. School of Municipal & Environment Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;
3. Beijing East Zhuzhong Architecture Layout Design Co., Ltd., Beijing 100036, China)

Abstract: According to bathing wastewater quality, the experimental process flow of 'bathing wastewater→coagulation-sedimentation→filtration→IBAC→MF→UV disinfection→effluent' was adopted. The coagulation-sedimentation-filtration unit acting as the physical and chemical pretreatment was capable of effectively decreasing various contaminants present in the bathing wastewater, but not completely removed them. And it supplied stable influent for the following IBAC unit. The IBAC unit acting as the major biochemical treatment was able to effectively remove organic pollutants, LAS and nutrient salts, etc. It was the essentially protective measures against the qualified water quality of effluent. The micro-filtration membrane unit physically captured contaminants. UV disinfected the bacteria and coliform group. The indexes mentioned above met the Water Quality Standards for Urban Water Supply (CJ/T 206—2005).

Keywords: Bathing wastewater; Reclamation; Treatment process; General pollutant; Microorganism index

洗浴行业是一种需要消耗大量水资源的行业, 而且洗浴废水具有水量大、污染轻、水质稳定的特点。本研究提出将洗浴废水处理为浴池可以直接回

用的补给水, 这一崭新的水回用途径要求处理之后的水要达到洗浴用水的水质要求, 按照目前的标准, 即要达到生活饮用水的水质标准。采用原水→混凝沉淀-过滤→固定化生物活性炭(Immobilized Biological Activated Carbon, IBAC)→微滤膜(MF)→UV 消毒→出水工艺流程。

北京市可持续水与废物循环利用技术“学术创新团队”项目(BJE 10016200611); 北京建筑工程学院博士科研启动基金。

表 1 试验用洗浴废水水质

浊度 /NTU	臭味	高锰酸盐 指数/mg/L	COD _{Cr} /mg/L	LAS /mg/L	pH	NH ₃ -N /mg/L	NO ₂ ⁻ -N /mg/L	NO ₃ ⁻ -N /mg/L	TP /mg/L
29~95	很强的芳香	9.30~24.4	92~180	0.79~4.11	6.4~7.9	0.018~4.8	0~0.23	0~2.4	0.14~0.37

1 试验部分

1.1 试验概况

试验装置如图 1 所示。试验水温为 20~25℃,洗浴废水在投药量为 25 mg/L 的 PAC 混凝剂作用下经过机械快速搅拌 1 min,而后慢速搅拌 8 min,沉淀 20 min 后被隔膜泵提升到砂滤柱中进行过滤处理。石英砂滤柱高 2.2 m,内径 60 mm,承托层为砾石,厚 0.1 m,滤层厚度为 1.4 m,滤料采用直径为 2~4 mm 的石英砂。砂滤柱的滤速控制为 6.93 m/h;滤柱的工作周期为 48 h;反冲洗采用单独水洗方式,其强度为 12~15 L/(s·m²),冲洗时间 6~8 min。

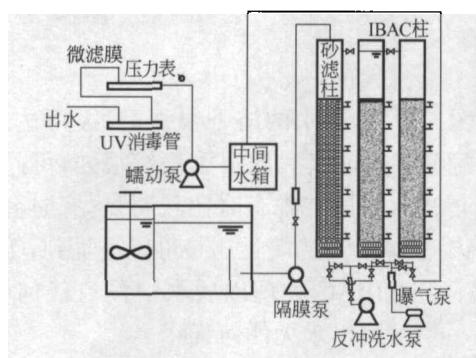


图 1 试验装置示意

IBAC 柱高 2 m,内径 60 mm,承托层为砾石,砾石粒径 8~15 mm,厚 0.1 m,炭层厚度为 1.4 m,粒度为(1~1.5)×(2~6) mm 的煤质颗粒活性炭,并在活性炭上人工固定已驯化好的工程菌。对于 IBAC 单元,水由 IBAC1 柱的底部进入,从 IBAC2 柱的底部流出,均采用底部曝气的方式充氧,保证进水的 DO 为 5.5 mg/L 左右,进水的空塔流速为 6.93 m/h。IBAC 单元的反冲洗周期为 7 d,采用单独水洗的方式,冲洗强度 4~6 L/(s·m²)、冲洗时间 14 min。

膜滤部分采用的是微滤膜组件,膜孔径 0.1 μm,产水量 40~50 L/h,操作压力<0.12 MPa,由蠕动泵来控制膜的操作压力通常为 0.1 MPa。经过长时间对膜的运行试验,确定膜工作 12 h 之后进行反冲洗,冲洗时间为 1 h。冲洗压力与运行时压

力相同。对于运行时的微滤膜污染可以采用 0.5% 的 NaClO 清洗液清洗 30 min,然后再用清水冲洗至 pH 中性为止。

UV 消毒管处理水量≤0.3 m³/h,接触时间 5 min。

1.2 试验用水

试验用水均是取自哈尔滨工业大学二校区浴池,水温为 30~35℃,水质情况见表 1。

1.3 检测项目与分析方法

水质分析方法均依照国家环保局编写的《水和废水分析检测方法》进行,详见表 2。

表 2 常规指标的检测项目与方法

检测项目	分析方法
浊度	WTW Turb55 型浊度测试仪
高锰酸盐指数	酸性法
阴离子洗涤剂	亚甲蓝分光光度法
臭味	文字描述法
细菌总数	倍比稀释法 ^[7]
总大肠菌群	多管发酵法和饮用水检测法 ^[7]

2 试验结果与讨论

2.1 整体工艺对常规指标的去除

2.1.1 浊度的去除效果(见图 2)

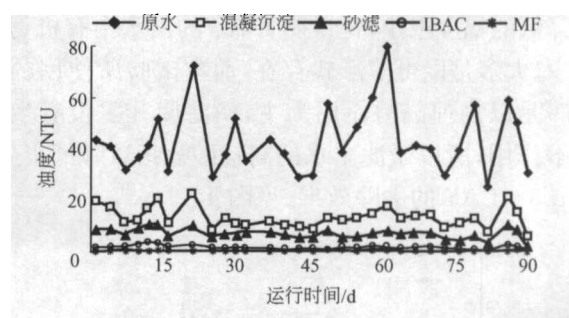


图 2 浊度的去除效果

由图 2 可知,砂滤单元在研究所确定的周期下运行,基本上可以保证出水浊度低于 10 NTU。原水浊度波动较大,经过物化预处理后出水的波动范围减小,为后续的 IBAC 生物处理提供了较为稳定

的进水水质。IBAC 处理之后出水的浊度为 0.32~3.18 NTU, 试验期间只有一天的出水浊度高于 3 NTU, 对浊度的平均去除率为 96.7%, IBAC 的处理使浊度接近出水标准。微滤之后的出水浊度为 0.01~0.42 NTU, 平均去除率为 99.7%; 经过微滤处理之后, 出水的浊度均在 0.5 NTU 以下, 从除浊角度来看, 作为安全冗余措施的微滤膜充分保证了洗浴废水的处理效果。

2.1.2 高锰酸盐指数的去除效果(见图 3)

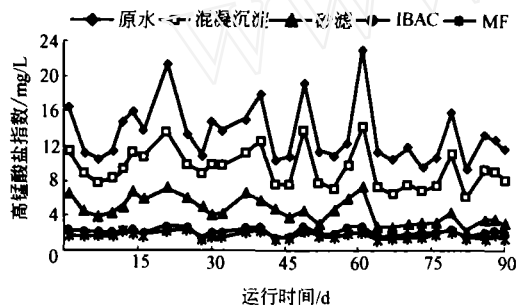


图 3 高锰酸盐指数的去除效果

由图 3 可知, 同浊度一样经过混凝沉淀-过滤物化预处理之后, 水中的有机物含量大大降低, 而且以高锰酸盐指数作为表征有机物的变化范围也在逐渐减小, 在试验期间砂滤出水的高锰酸盐指数没有高于 10 mg/L, 但是水中有机物的含量仍然较高。经过 IBAC 处理以后水中的高锰酸盐指数为 1.34~2.79 mg/L, 满足标准《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005) 的要求 (< 3 mg/L), 平均去除率为 84.1%。经过微滤膜之后高锰酸盐指数有所降低, 但是降低的幅度很小, 这说明 IBAC 的出水中有机物含量少, 大多是以可溶形式存在, 而本试验所使用的微滤膜是以物理截留作用为主, 微滤膜几乎没有生物降解作用, 所以微滤出水的高锰酸盐指数降低很少。

2.1.3 LAS 的去除效果(见图 4)

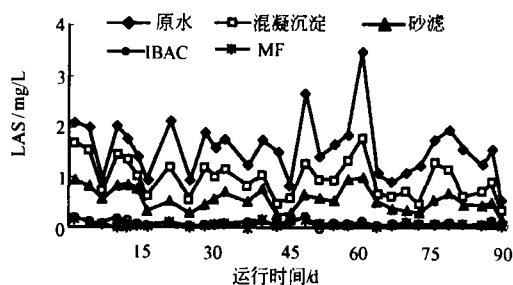


图 4 LAS 的去除效果

由图 4 可知, 经过混凝沉淀之后 LAS 变为 0.37~1.79 mg/L, 平均去除率为 36.7%。砂滤出水中 LAS 为 0.19~1.01 mg/L, 平均去除率为 62.4%。经过 IBAC 处理之后水中的 LAS 为 0.010~0.235 mg/L, 平均去除率为 92.6%, 可见 IBAC 处理后水中的 LAS 大大降低, 出水的最高值也没有超过 0.3 mg/L, 足可以保证处理之后水中的阴离子含量不会超标。经过微滤膜过滤后, 水中 LAS 减少的并不多, 为 0.011~0.215 mg/L, 平均去除率为 94%。

2.1.4 浴臭的去除效果(见图 5)

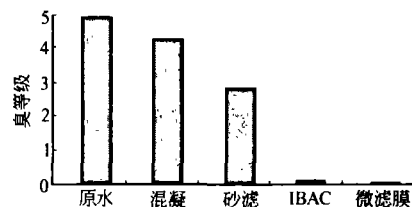


图 5 浴臭的去除效果

由图 5 可知, 原水的浴香很强, 等级可达 5 级; 经过混凝沉淀处理以后的浴香仍然很强, 可降低为 4 级; 砂滤出水中的浴香有时比较明显, 有时会有较弱的气味, 总体上人的嗅觉还是可以察觉到, 等级为 2~3 级; 经过 IBAC 处理以后水中没有任何气味, 等级为 0; 微滤膜出水无任何气味。

研究表明, 洗浴废水中的浴臭经过物化处理可以部分去除, 但出水中气味明显, 严重影响使用, 说明发臭物质并不能完全以颗粒形态存在, 而也以溶解形态存在于水中; 经过 IBAC 处理之后水中无浴臭, 说明 IBAC 优良的净化作用从根本上去除了引发臭味的物质, 可以消除使用者的接受障碍。微滤膜的物理截留作用的发挥, 更确保了水质的可靠。

2.2 整体工艺对微生物学指标的去除

2.2.1 细菌总数

在整体工艺连续运行的情况下, 对各单元出水中的细菌总数进行测定。为了考察微滤膜、UV 消毒对洗浴废水中细菌的去除, 通常在微滤膜运行了 10 h 以上时测定微滤膜出水中的细菌总数。试验期间, 每 7 天测定一次细菌总数, 结果如表 3 所示。

表3 水中细菌总数检测结果

时间	原水/ 10^4 CFU/mL	砂滤出水 / 10^3 CFU/mL	IBAC出水 / 10^3 CFU/mL	微滤膜 出水 /CFU/mL	UV消毒 /CFU/mL
第1月	1.3	3.1	9	1	0
第3月	4.8	2.7	4.9	66	18
第7月	11	3	9.6	61	0
第12月	7.2	1.9	7.5	190	13
第15月	6.5	4.6	8.3	284	14

由表3可知,用微滤膜作为消毒环节,长期使用不能保证出水中细菌总数指标的安全,因此后续的UV消毒是必需的单元。经过UV消毒以后,出水中的细菌总数有时检测不到,多的时候也不超过20 CFU/mL,远远低于规范要求的 ≤ 80 CFU/mL。

2.2.2 总大肠菌群

在整体工艺连续运行的情况下,对各单元出水中的大肠菌群数进行测定。为了考察微滤膜、UV消毒对洗浴废水中大肠菌群的去除,在测细菌总数的同时也测定大肠菌群数。结果如表4所示。

表4 水中大肠菌群数检测结果

月份	原水 / 10^5 MPN	砂滤 出水 / 10^3 MPN	IBAC 出水 / 10^2 MPN	微滤膜 出水 /MPN	UV 消毒 /MPN
第1月	5.8	4	1.3	0	0
第3月	4.8	5.6	4.8	0	0
第7月	7.2	9.4	8.4	0	0
第12月	4.4	4.9	3.6	4	0
第15月	2.6	3.3	2.7	11	0

注:数据为100 mL水样的MPN值。

由表4中可知,微滤无论在去除细菌总数、还是大肠菌群均有较好的效果。德国的Hagen认为^[8],孔径为0.2 μm 的微滤膜在饮用水处理中可以完全去除大肠杆菌,但是本试验中0.1 μm 的微滤膜经过长期使用还是可以在出水中检测到大肠菌群,去除效果相对差一些。这可能与国产膜的质量有关,或者是由于所处理的水质中本身微生物的含量较高引起的。在整体工艺中UV消毒充分体现了不可缺少的作用,同时验证UV消毒在这种小型的集成设备中具有较好的杀菌效果。试验还监测了整体工艺对水中沙门氏菌属的去除效果,由于篇幅所限,另做

论述。

3 结论

洗浴废水经过混凝沉淀-过滤物化预处理之后,水中的浊度、高锰酸盐指数、LAS、浴臭均下降,为IBAC的稳定运行奠定了基础,使得IBAC出水中这几项指标进一步降低,均达到了回用水质的要求,经过微滤膜处理以后,浊度又大大降低,其他几项常规指标也均有所减少。按照《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)的要求,从对饮用水水质微生物检测角度来看,经过整体工艺处理后水中的细菌总数、总大肠菌群数完全满足标准的要求,说明整体工艺可以有效地控制细菌总数、总大肠菌群数等微生物学指标。

参考文献

- Asano T, Maeda M, Takaki M. Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. *Water science and Technology*, 1996, 34(11): 219~226
- Crook J, Surampalli Y. Water reclamation and reuse criteria in the U. S. *Water Science and Technology*, 1996, 33(10/11): 451~462
- Asano T, Levine A D. Wastewater reclamation recycling and reuse: past, present, and future. *Water Science and Technology*, 1996, 33(10/11): 1~14
- Haarhoff J, Van der Merwe B. Twenty-five years of wastewater reclamation in Windhoek, Namibia. *Water Science and Technology*, 1996, 33(10/11): 25~35
- Faby J A, Brissaud F, Bontoux J. Wastewater reuse in France: water quality standards and wastewater treatment technologies. *Water Science and Technology*, 1999, 40(4/5): 37~42
- 刘鸿志. 国外城市污水处理厂的建设及运行管理. *世界环境*, 2000, (1): 31~33
- 马放, 任南琪, 杨基先. 污染控制微生物学实验. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2002. 48~50
- Hagen K. Use of membrane for drinking water treatment. *Water Supply*, 1998, 16(1/2): 333~335

※ 通讯处:100044 北京市西城区展览路1号北京建筑工程学院城建系

电话:(010)68322128

E-mail: yanghaiyan@bicea.edu.cn

收稿日期:2006-01-15

修回日期:2006-08-28