

活性炭吸附对印染废水生化出水中不同种类有机物的去除效果^{*}

李欣珏 钱飞跃 李 暮 李 新 刘勇弟^{**} 孙贤波

(华东理工大学资源与环境工程学院, 上海, 200237)

染料废水是含有一定量有毒物质的有机废水,具有高 COD 和高色度. 传统的生化方法能够去除纺织印染废水中的大部分有机物,然而出水仍有相当大的色度,因此后续处理是必要的. 活性炭是使用最广泛和最有效的吸附剂,能很好地去除色度. 本文以印染废水生化出水中的溶解性有机物为研究对象,通过树脂分离技术将印染废水生化出水中的有机物分为 4 类,采用超滤法测定水样的分子量分布,研究了活性炭吸附对印染废水生化出水中 4 类有机物的去除效果及水样中不同分子量大小有机物的去除特性.

1 实验材料和方法

1.1 水样来源

实验水样取自昆山市某印染废水处理厂,以下将用 0.45 μm 滤膜过滤后的印染废水生化出水简称为原水. 实验期间其水质参数如下:原水初始 pH 值为 7.45—8.10;COD 为 58—69 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;DOC 为 20.80—22.28 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;UV₂₅₄ 为 1.234—1.294 cm^{-1} ;原水的色度以 ADMI_{7.6} 表征时为 448—472,用稀释倍数法测定在 54—58 之间.

1.2 实验及分析方法

(1) 有机物分离方法采用 XAD-8 和 XAD-4 吸附树脂联用技术将水中溶解性有机物分为疏水酸、非酸疏水物质、弱疏水物质及亲水物质 4 类有机物.

(2) 色度:由于稀释倍数法有很大的人为误差,本实验选用能较精确测量色度的 ADMI_{7.6} 来表征水样色度. ADMI_{7.6}:调节 pH 值为 7.6 $\pm$ 0.1 用 5 cm 光程玻璃比色皿测定(哈希公司 DR/4000U 型可见分光光度计).

(3) 实验方法:本实验中所需活性炭均来自上海活性炭厂,实验采用粒径 < 180 目的活性炭. 在 (20 $\pm$ 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 、180 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、吸附时间 7 h 的条件下进行吸附等温线实验. 实验结束后测定 0.45 μm 滤膜滤出液的各项指标.

2 结果与讨论

2.1 吸附等温线

3 种炭型对原水的吸附等温方程见表 1.

表 1 Freundlich 等温方程拟合结果

炭型	指标	Freundlich 等温方程	R^2
煤质炭	DOC	$\ln Q = 0.824 \ln C_e - 5.596$	0.989
	COD	$\ln Q = 0.946 \ln C_e - 5.677$	0.966
	ADMI _{7.6}	$\ln Q = 0.341 \ln C_e - 2.557$	0.986
	UV ₂₅₄	$\ln Q = 0.665 \ln C_e - 6.054$	0.980
椰壳炭	DOC	$\ln Q = 0.658 \ln C_e - 6.029$	0.965
	COD	$\ln Q = 1.339 \ln C_e - 7.961$	0.983
	ADMI _{7.6}	$\ln Q = 0.642 \ln C_e - 5.185$	0.981
	UV ₂₅₄	$\ln Q = 0.484 \ln C_e - 7.024$	0.985
竹炭	DOC	$\ln Q = 0.796 \ln C_e - 6.531$	0.976
	COD	$\ln Q = 1.080 \ln C_e - 7.033$	0.980
	ADMI _{7.6}	$\ln Q = 0.376 \ln C_e - 3.487$	0.980
	UV ₂₅₄	$\ln Q = 0.592 \ln C_e - 7.122$	0.974

由表 1 可知,以 DOC 表征时,3 种活性炭对印染废水生化出水的吸附能力由大到小依次为:煤质炭、椰壳炭、竹炭;以

2011 年 9 月 10 日收稿.

^{*} 国家高技术研究发展计划(863)重点项目(2009AA063904)资助.

^{**} 通讯联系人, Tel:021-64253389; E-mail: ydliu@ecust.edu.cn

ADMI_{7.6}表征时,吸附能力由大到小依次为:煤质炭、竹炭、椰壳炭;以 COD 表征时,吸附能力由大到小依次为:煤质炭、竹炭、椰壳炭;以 UV₂₅₄表征时,吸附能力由大到小依次为:煤质炭、椰壳炭、竹炭. 因此选用煤质炭处理后的印染废水生化出水来进行树脂分离.

2.2 煤质炭对不同种类有机物的去除效果

根据 Freundlich 吸附等温线方程计算,COD 和 ADMI_{7.6}达到项目要求处理效果(即 COD < 50 mg·L⁻¹,ADMI_{7.6} < 80)时煤质炭的投加量分别为 0.373 g·L⁻¹、1.188 g·L⁻¹. 对两种投加量处理后的水样及原水进行树脂分离,结果见表 2.

表 2 4 类有机物在煤质炭吸附处理中的去除率

指标	活性炭投加量 (g·L ⁻¹)	去除率/%			
		疏水酸	非酸疏水物质	弱疏水有机物	亲水性有机物
UV ₂₅₄	0.373	69	65	98	69
	1.188	94	71	100	84
ADMI _{7.6}	0.373	74	35	100	20
	1.188	98	85	100	60
DOC	0.373	54	38	70	22
	1.188	74	100	87	60

由表 2 可知,以 UV₂₅₄表征时,煤质炭对弱疏水性有机物的去除效果最好;以 ADMI_{7.6}表征时,煤质炭对弱疏水有机物和疏水酸的去除效果最好;以 DOC 表征时,煤质炭对疏水性物质(即疏水酸,非酸疏水物质及弱疏水有机物)的去除效果优于亲水性物质. 煤质炭对印染废水生化出水 UV₂₅₄和 ADMI_{7.6}去除率略高于 DOC 的去除率,这表明煤质炭吸附较易去除含不饱和键的有机物.

2.3 分子量分布

选用和 2.2 相同的两种投加量处理后的水样及原水进行分子量分布的测定,结果见表 3.

表 3 分子量分布(%)

分子量区间	DOC			UV ₂₅₄			ADMI _{7.6}		
	原水	0.373 g·L ⁻¹	1.188 g·L ⁻¹	原水	0.373 g·L ⁻¹	1.188 g·L ⁻¹	原水	0.373 g·L ⁻¹	1.188 g·L ⁻¹
<1 k	39.48	36.55	42.06	23.3	21.82	17.14	16.67	13.62	3.45
1—4 k	18.39	14.91	12.98	21.8	21.56	22.45	34.42	27.23	36.21
4—10 k	10.41	11.29	14.77	18.04	18.7	17.96	32.03	34.27	34.48
10—50 k	9.17	11.64	12.75	19.69	20.52	19.18	11.26	17.37	13.79
>50 k	22.56	25.6	17.45	17.18	17.4	23.27	5.63	7.51	12.07

由表 3 可知,原水中,分子量 < 1 k 的有机物对 DOC 的贡献最为显著,ADMI_{7.6}值则主要受分子量为 1—10 k 的有机物的影响,各分子量分布区间对 UV₂₅₄的贡献大致相当. 对于煤质炭在两种投加量下处理后的水样,仍然是分子量 < 1 k 的有机物对 DOC 的贡献最为显著,分子量在 1—10 k 的有机物对 ADMI_{7.6}值的影响最大,各分子量分布区间对 UV 的贡献大致相当.

2.4 煤质炭吸附对生物毒性的去除

考察了煤质炭吸附对生物毒性的去除效果,原水、0.373 g·L⁻¹的投加量下及 1.188 g·L⁻¹的投加量下的相对抑制率分别为 64%、30%、10%. 由此可知,煤质炭能显著降低抑制率,从而去除生化出水的生物毒性,这与活性炭对 UV₂₅₄的高去除率有关.

3 结论

(1)3 种活性炭对印染废水生化出水均有显著的处理效果,其中煤质炭的处理效果优于竹炭和椰壳炭.

(2)以 UV₂₅₄表征时,煤质炭对弱疏水性有机物的去除效果最好;以 ADMI_{7.6}表征时,煤质炭对疏水酸的去除效果最好;以 DOC 表征时,煤质炭对疏水性物质的去除效果优于亲水性物质.

(3)活性炭吸附能显著去除印染废水生化出水的生物毒性,但处理前后水样的分子量分布变化较小.

关键词: 印染废水生化出水, 活性炭吸附, 吸附性能, 分子量分布, 生物毒性.