

活性炭纤维的微生物固定方法研究

周娟娟, 胡中华
(同济大学 化学系, 上海 200092)

摘要: 为探寻适合于活性炭纤维(ACF J-10, ACF J-12, ACF A-20)的微生物固定方法, 对自然挂膜、活性污泥上清液挂膜、纯菌液挂膜的效果进行了比较。结果表明, ACF J-12的挂膜效果最好, 最佳的挂膜方式是纯菌液固定; ACF J-12经上清液挂膜后的处理容量比自然挂膜的高17%, 而采用纯菌液挂膜的容量则比自然挂膜的高45%, 且出水水质稳定。

关键词: 生物活性炭纤维; 微生物固定; 生物活性

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)01-0045-04

Methods for Immobilization of Microbe on Activated Carbon Fiber

ZHOU Juan-juan, HU Zhong-hua

(Dept. of Chemistry, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to investigate the methods suitable for immobilization of microbe on activated carbon fibers (ACF J-10, ACF J-12, ACF A-20), comparison was made on the flow of raw water, circular flow of sludge supernatant liquor, and circular flow of bacteria solution, in which microbe was immobilized on ACFs. The result shows that ACF J-12 is the most efficient for microbe immobilized on, and bacteria solution is the best method for immobilization of microbe on ACFs. The treatment capacity of ACF J-12 in sludge supernatant liquor is 17% higher than that in raw water, while the capacity of ACF J-12 in bacteria solution is 45% higher than in raw water, with stable effluent quality.

Key words: biological activated carbon fiber; immobilization of microbe; bio-activity

当用生物活性炭(BAC)处理微污染原水时,由于微生物降解和活性炭吸附的协同效应,不仅提高了活性炭的吸附容量,延长了其使用寿命,而且还提高了去除有机物的能力。但是颗粒活性炭的机械强度有限,使用中易产生细小颗粒或粉末,降低了BAC的功效。20世纪60年代初出现的活性炭纤维(ACF)是以有机纤维为原料,经高温炭化和活化而得到,它具有独特的结构、优异的吸附性能、较高的机械强度和良好的生物相容性,更易于微生物的固着。为此,研究了在活性炭纤维上固定微生物的方法,以便得到新的水处理材料——生物活性炭纤维(BACF)。

1 试验部分

1.1 试验材料

粘胶基毡状 ACF J-10 的比表面积为 1 008

m^2/g , J-12 的比表面积为 $1\ 200\ \text{m}^2/\text{g}$; 沥青基丝状 ACF A-20 的比表面积为 $2\ 000\ \text{m}^2/\text{g}$ 。

活性污泥取自上海曲阳污水厂的曝气池,原水为人工配制:采集同济大学的校内河水,静置 24 h 后取上清液并按 1:4 的比例与管网水混合,得 $\text{COD}_{\text{Mn}} = 3.8 \sim 5.5\ \text{mg/L}$ 的原水。

1.2 测定项目及方法

COD_{Mn} :国家标准方法;微生物的活性以 DO 变化即 ΔDO 表示(称为生物活性指数),测定方法参见 GB 7489-87;细菌总数:平板菌落法;用扫描电镜观察微生物在炭纤维表面的生长情况。

1.3 试验装置

活性炭纤维柱:内径为 20 mm,高为 600 mm,底部填装 50 mm 厚的石英砂垫层,粒径为 0.8 ~ 1.0

mm;柱中装填尺寸为2 mm × 3 mm 的活性炭纤维,有效高度为200 ~ 250 mm。流量控制采用流量泵。

在处理过程中,设定出水 COD_{Mn} 允许浓度为2.5 mg/L(穿透点),如出水 COD_{Mn} 值超过2.5 mg/L 则认为生物活性炭纤维的处理能力达到饱和,污染物穿透。

1.4 试验方法

1.4.1 材料预处理

将活性炭纤维、石英砂分别用清水冲洗数遍后放入烧杯,加高纯水煮沸约1 ~ 1.5 h;在高纯水中浸泡24 h后用高纯水冲洗数遍并沥干;将材料平摊在搪瓷托盘中,用牛皮纸或报纸封盖后放入烘箱,于140 °C下烘48 h后取出并置于密闭容器内待用。

1.4.2 自然挂膜

向 ACF 柱中通入曝气后的原水并加入少量液体培养基,定时检测微生物活性与 COD_{Mn} ,周期结束后做电镜扫描。

1.4.3 活性污泥上清液循环挂膜

向活性污泥(约2 L)中加入管网水及河水各5 L,曝气并加入营养物质(使 $BOD_5:N:P = 100:5:1$),用 $NaHCO_3$ 调节 $pH = 6.8 \sim 7.2$ 以符合微生物的生长条件。曝气2 ~ 3 d后静置24 h,所得上层悬浊液即为用于 ACF 挂膜的活性污泥上清液(SL)。

用蠕动泵将上清液打入活性炭纤维柱中进行微生物固定(固定时间为6 h),此间定时测定微生物活性的变化。固定结束后取炭柱上、中、下三个部位等量的纤维(干重都为50 mg)并置于已灭菌的装有玻璃珠和50 mL 无菌水的锥形瓶中,剧烈震荡10 min(确保纤维上的微生物被洗脱并打散)后取洗脱液测定细菌总数。由此得到的 BACF 称为 SL - BACF。

1.4.4 纯菌液挂膜

① 纯种分离

校内河水菌种分离:用无菌瓶取样后于无菌条件下用接种环挑取河水在预先制备的无菌平板固体培养基上划线,然后置于31 °C生化培养箱中培养24 h。

管网水菌种分离:用喷灯灼烧水龙头1 min,用无菌瓶取样。在无菌条件下,用1 mL 无菌移液管吸取1 mL 水并注入无菌液体培养基中,摇匀后于37 °C下培养24 h;用无菌移液管吸取1 mL 培养基并涂布于无菌平板固体培养基上,于31 °C下培养24 ~ 48 h。

经培养得到12个不同菌落,分别将其挑取出来并接种于固体斜面培养基中,编号保存以备纯化(平板划线法)。

② 菌种驯化和菌液制备

将分离得到的不同菌种混合接种于液体全营养培养基中,31 °C下培养12 h后间歇加入适量原水和高纯水,持续曝气进行原水及贫营养驯化。所得菌液(ML)的细菌数保持在 10^8 个/mL 左右。

③ 菌液循环挂膜

将菌液滤除较大的悬浮物后倒入菌桶进行循环固定,固定时间为6 h,由此得到的 BACF 称为 ML - BACF。

2 结果与讨论

2.1 自然挂膜

图1显示了J-12柱和A-20柱生物活性指数的变化情况。

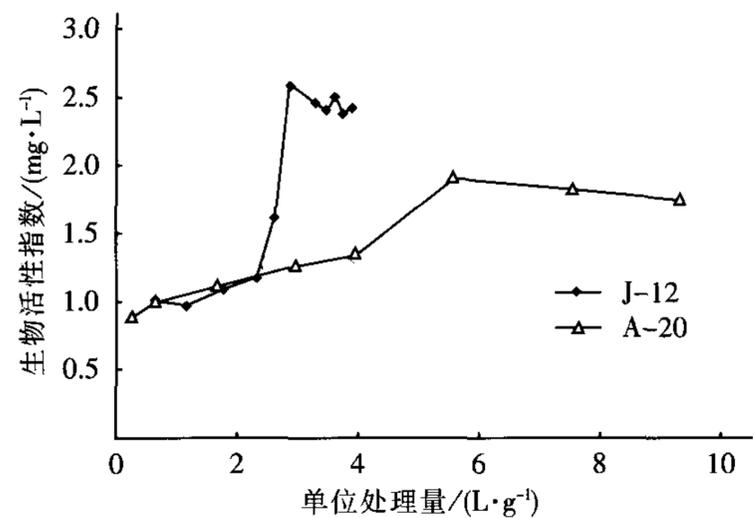


图1 自然挂膜 ACF 的生物活性指数

Fig. 1 Bio-activity index immobilized by raw water

由图1可知,初期的生物活性指数集中在1.0 ~ 1.5 mg/L,在后期生物活性指数出现了明显的上升趋势,J-12和A-20柱的最大值分别为2.5和2.0 mg/L左右,并在随后基本保持不变。图2为J-10和J-12柱出水 COD_{Mn} 值的变化情况。

由图2可知,初期出水 COD_{Mn} 值很低,随着处理量的增加则出水 COD_{Mn} 值逐渐升高。与J-12柱在处理量为3 L/g左右时生物活性指数最高相对应的是出水 COD_{Mn} 也较低,可认为这是由微生物的出现造成的。从图1还可看出,J-12柱的生物活性指数明显高于A-20,说明在同等条件下J-12纤维上固定和繁殖了更多的微生物,J-12的生物相容性优于A-20。J-10与J-12出水 COD_{Mn} 的变化趋势基本一致,但J-12柱出水 COD_{Mn} 略低于J-10柱,说明 ACF 的比表面积对挂膜和处理效果有一定

的影响。总的来看,在活性炭纤维上固定微生物是可行的,微生物的降解作用增强了 ACF 柱的处理能力,但是自然挂膜的速度比较缓慢,且都出现在穿透点之后。两个吸附柱在继续通水情况下很快便再次到达了穿透点。

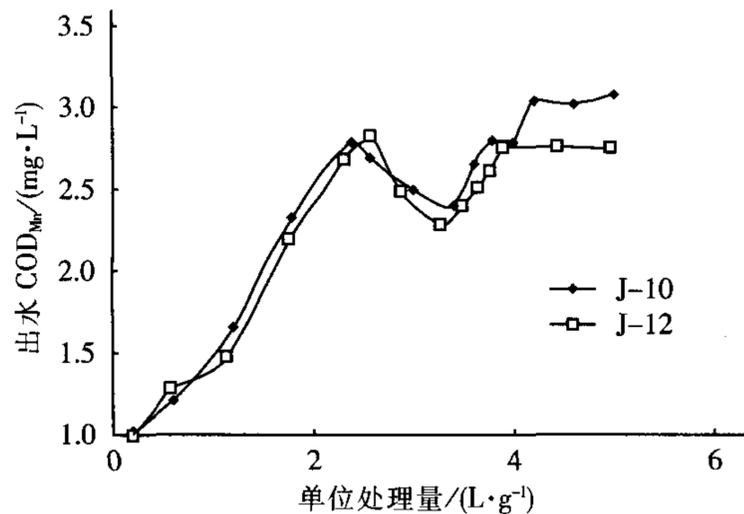


图 2 出水 COD_{Mn} 的变化

Fig. 2 Variation of effluent COD_{Mn}

扫描电镜显示,经过一段时间的自然挂膜后纤维表面上生长固定了一些微生物,不过数量较少。

2.2 上清液循环挂膜

在活性污泥上清液流经 J-10、J-12、A-20 三种 ACF 柱的过程中生物活性指数迅速上升,说明上清液中含有的微生物能很快被 ACF 截留固定;A-20 柱的生物活性指数比 J-12 和 J-10 柱的低,结合自然挂膜时的结果可以认为 J 系列 ACF 固定微生物的性能更优良。三种 ACF 柱对 COD_{Mn} 的去除效果见图 3。

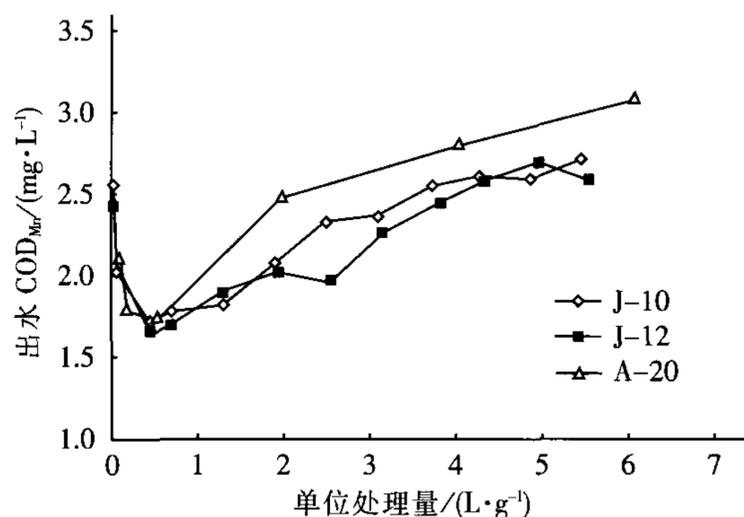


图 3 SL-ACF 柱的除污效果

Fig. 3 Pollutant removal effect of SL-ACF

由图 3 可知,初期出水的 COD_{Mn} 值很高(平均为 2.25 mg/L),这是因为上清液中含有的悬浮物附着在 ACF 表面,降低了它的处理能力。随后进入稳定期, COD_{Mn} 去除效果转好,在单位处理量 < 1.5 L/g

时 J-10、J-12、A-20 柱的平均 COD_{Mn} 去除率分别为 64%、65%、62%;在后期(单位处理量为 1.5 L/g 至穿透点前)出水水质仍相对平稳,生物膜固定较好的 J-12 和 J-10 柱对 COD_{Mn} 的平均去除率保持在 54% 和 50%,这说明 ACF 上的微生物能够起到缓冲冲击负荷的作用,被吸附的物质在生物降解作用下达到了平衡。此外,穿透前的各柱的单位处理水量也比自然挂膜时的大,说明微生物的增多加大了 ACF 的处理容量。A-20 纤维因为比表面积大,所以稳定期的 COD_{Mn} 平均去除率较高,但生物活性指数低、生物相容性差,使得微生物量较少,导致处理后期的出水 COD_{Mn} 升高较快(后期平均处理率只有 40%);而 J-10 纤维因为比表面积小,在后期也较快达到衰竭(平均去除率为 49%);生物相容性与比表面积都较适宜的 J-12 纤维柱去除 COD_{Mn} 的效果相对较好,后期平均去除率为 54%。

2.3 纯菌液挂膜

试验发现,采用纯菌液挂膜时生物活性指数的上升速度比采用上清液固定时更快,并很快达到平衡。固定完成后选取 J-12 纤维进行细菌总数测定,测得上、中、下三层的微生物总数分别为 1 200、600、20 个/cm³。这种固定方法的优点在于菌液纯度高,菌种对污染物质的降解能力强,同时菌液中较低的悬浮物和 COD_{Mn} 含量使得 ACF 上附着杂质少。ML-BACF 对 COD_{Mn} 的去除效果见图 4。

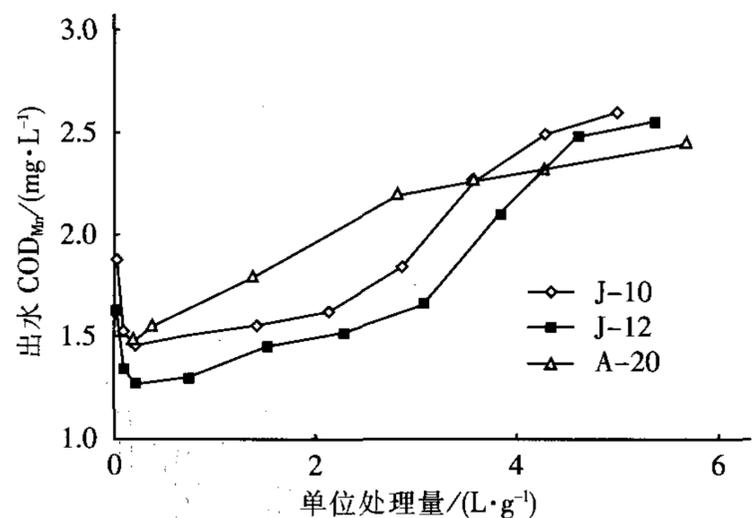


图 4 ML-BACF 柱的除污效果

Fig. 4 Pollutant removal effect of ML-BACF

由图 4 可知,ML-BACF 柱去除 COD_{Mn} 的效果更好,也更稳定,J-10、J-12、A-20 柱的 COD_{Mn} 平均去除率分别为 66%、73%、67%;虽然后期出水 COD_{Mn} 升高较快,但平均 COD_{Mn} 去除率仍高达 54%、56%、53%。对 A-20 而言,挂膜方式对其挂膜效

果影响很大,即采用杂质含量少的 ML 挂膜时的挂膜效果最佳。ML - BACF 的处理容量总体上比 SL - BACF 的大,尤其是 J 系列纤维柱(J - 12 处理容量增加了 45%,J - 10 增加了 42%),因而去除效果更好。

对挂膜后的 J - 12 和 A - 20 进行电镜观察,可见活性炭纤维束之间生长了大量的微生物。这些微生物能有效地将吸附的污染物质降解(使吸附位空出),进而重新吸附污染物质,不断地进行着“ACF 吸附—微生物降解”过程,从而大大提高了 ACF 的处理容量,说明生物活性炭纤维去除有机污染物的过程中存在着物理吸附与生物降解的协同作用。

3 结论

① 活性炭纤维具备相当的生物相容性,能够在上面进行微生物固定。

② J 系列 ACF 的生物相容性比 A 系列好,更利于生物的固定生长。

③ 纯菌液固定的效果最佳,除污效果也明显优于自然挂膜和污泥上清液挂膜。

参考文献:

- [1] 姜军清,黄卫红,陆晓华. 活性炭纤维及其应用研究进展[J]. 工业水处理,2001,21(6):4-6.
- [2] Wataru N, Woo K H, Eiji S, et al. The performance of an ozonation - biological activated carbon process under long term operation[J]. Water Science Technology, 1998, 38(6):163-169.

电话:(021)65982594 65985766

E-mail:huzh@tongji.edu.cn

收稿日期:2004-06-25

· 技术交流 ·

双级纤维过滤器技术原理及应用

某热电厂制水车间原除盐水处理工艺流程见图1。

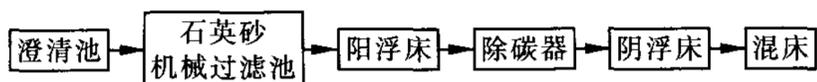


图1 原除盐水处理工艺流程

实际运行中机械过滤器存在如下问题:①滤层中局部滤料易结球、结块并形成硬壳层,滤出水浊度偏高(3~5 NTU),不能满足阳浮床入口水的水质要求;②运行周期短,反洗频率提高,自用水耗过大;③由于过滤精度不高,使后续阳浮床清洗频率提高,而且树脂污堵、工作强度加大。

为此采用双级纤维过滤器专利技术进行改造,其结构见图2。

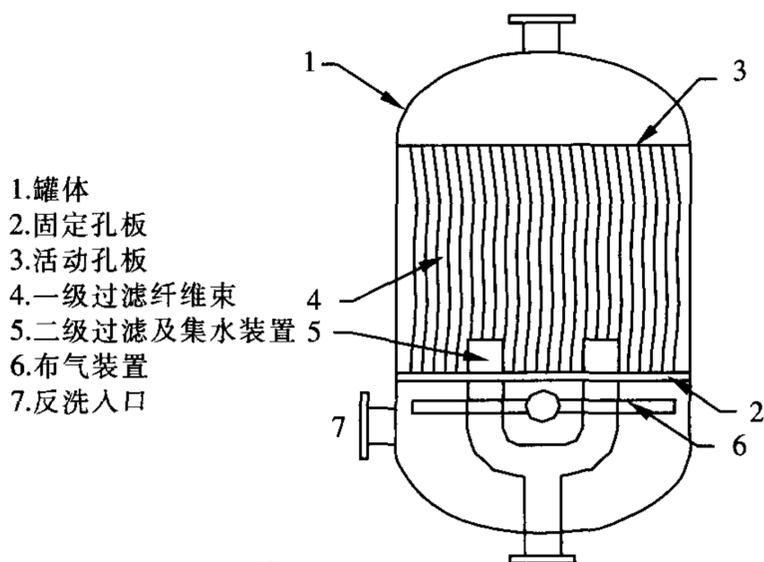


图2 双级纤维过滤器结构示意图

该装置可实现两级过滤,大大提高了过滤精度。过滤过程中,水流自上而下推动活动孔板压实纤维,在活动孔板与固定孔板间实施第一级过滤;一级滤出水经设置在固定孔板上的第二级滤元实施第二级过滤,二级滤出水经滤元芯汇集于母管送出罐外。反洗水由反洗入口进入,通过固定孔板托起活动孔板,拉直纤维束,配合压缩空气对一级过滤层实施反洗。

改造后运行两年来效果良好,技术性能对比见表1。节水效益达 400 元/10⁴ m³,且运行成本降至原来的 1/3,经济效益显著。

表1 Ø3 000 机械过滤器与双级纤维过滤器技术性能比较

项目		机械过滤器 (石英砂)	双级纤维过滤器
滤料	种类	石英砂	经膨化处理的丙纶纤维
	粒径	1.2~0.5 mm	50 μm
	孔隙度/%	44	72(过滤状态)
	比表面积/(m ² ·m ⁻³)	4 928	10 000(过滤状态)
滤速/(m·h ⁻¹)		5~10	≥30
出力/(m ³ ·h ⁻¹)		50~70	≥200
过滤精度 (滤出水浊度,NTU)		3~5	1~1.5
截污容量/(kg·m ⁻³)		1~1.5	>5
自用水耗/%		2~3	≤1
过滤方式		表层过滤	深层过滤

(东北电力学院应用化学系 袁世平 于凤丽 曹英峰 供稿)