

滤料粒径对曝气生物滤池硝化性能的影响

田文华¹, 文湘华¹, 崔燕平², 钱 易¹

(1. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084; 2. 中国矿业大学 化学与环境工程学院, 北京 100084)

摘 要: 为研究滤料粒径对曝气生物滤池(BAF)硝化性能的影响,分别采用粒径为 2~3 mm 和 4~5 mm 的沸石滤料在直径为 0.2 m 的 BAF 中进行了试验,结果表明,前一种滤料比后一种滤料对氨氮去除率高,20 °C 时两者的硝化速率常数分别为 16.8 mg/(L·h) 和 10.3 mg/(L·h),前者比后者高 63.1%;同一条件下前一种滤料比后一种滤料硝化强度大 39.7%。两种粒径沸石比表面积的比值为 1.8,这是引起硝化性能差异的主要原因。在硝化滤池中选择粒径为 2~3 mm 沸石滤料比较适宜,既不影响运行周期,又提高了硝化性能,从而减小了滤池的体积,降低了工程投资。

关键词: 天然沸石; 滤料粒径; 曝气生物滤池; 硝化

中图分类号: TU991.24 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2003)05-0048-03

1 试验装置和方法

1.1 试验装置

试验装置为直径 200 mm、高 5 m 的有机玻璃柱(见图 1),内部被多孔板分为上、下两室,滤料装填高度均为 1.5 m。上、下室中间的水垫层中设一穿孔管作为中排管,用于小水量反洗时排除下室污泥。从下至上每隔 0.3 m 分别设 1 个滤料取样口和水样取样口,各有 14 个取样口。试验所用污水为清华大学校园生活污水,经污水泵抽入污水箱中进行初步沉淀后进入小污水箱,经 30~40 目筛网过滤掉漂浮的大块杂物,再用机械隔膜计量泵打入反应器。

1.2 试验方法

① 运行效果试验:分工况 I 和 II 两步进行。首先在上室装填粒径为 4~5 mm 的沸石,下室装填粒径为 4~6 mm 陶粒接种挂膜并运行,时间为 3 个

月;后将上、下室的滤料取出,在上、下室分别装填粒径为 2~3 mm 和 4~6 mm 的沸石重新接种挂膜并运行,时间为两个多月。滤料装填时均用相应孔径的筛子过筛。滤料基本性质及试验条件见表 1,两种工况下滤料平均粒径比值为 1.8:1。

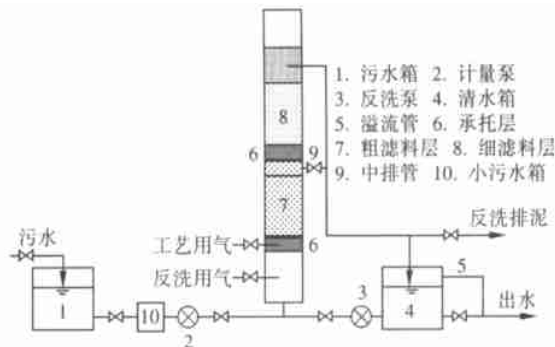


图 1 试验装置及工艺流程

表 1 滤料基本性质及试验条件

工况	滤料粒径 (mm)	堆积密度 (kg/m ³)	总空隙率 (%)	水力负荷 (m/h)	水力停留时间 (h)	气水比	进水 COD 平均浓度 (mg/L)	温度 (°C)	运行时间
I	4~5	944	58.3	1.1	1.4	(4~6):1	52.4	20~28	2002 年 5—7 月
II	2~3	982	55.6	1.5	1.0	(4~6):1	39.9	19~26	2002 年 8—10 月

② 硝化速率常数试验:在试验工况达到稳定时,分别在 22 °C 时在上室沿程取水样过滤测定氨氮,做氨氮浓度对柱高的变化曲线,将曲线斜率与流

速相乘即为该温度下的硝化速率常数,然后根据 Arrhenius 方程 $K(T) = K(20) \theta_t^{T-20}$ ($\theta_t = 1.09$) 换算至 20 °C 时的硝化速率常数。

③ 硝化强度试验:在工况 I 时,分别取粒径为 2~3 mm 的沸石滤料各 0.5 mg 用 30~40 目塑料滤网包好,在上室配水层中放置 40 d 左右,待生物膜完全稳定后分别取出 20 g 样品放入 250 mL 锥形瓶,加入已配制好的 100 mL 标准培养液中。

将锥形瓶的瓶口用绵纱布封口,在恒温摇床中培养,温度为 20 °C,转速为 130 r/min。24 h 后取培养液的上清液,用 0.45 μm 滤膜过滤,测定 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度。另取出滤料在 105 °C 烘干称重,按下式计算滤料的硝化强度:

$$\omega(N) = \frac{\rho \cdot C \cdot V}{tm} \quad (1)$$

式中 $\omega(N)$ ——硝化强度, $\text{mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$

ρ ——滤料堆积密度, kg/m^3

C ——反应 24 h 后培养液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 总浓度, mg/L

V ——水样体积, L

t ——培养时间, h

m ——滤料质量(烘干后), kg

1.3 测定方法及仪器

水样测定选用国家标准方法^[1],具体方法及所用仪器为:① $\text{NH}_3 - \text{N}$:纳氏试剂分光光度法,分光光度计;② $\text{NO}_3^- - \text{N}$:紫外分光光度计法,紫外-可见分光光度计;③ $\text{NO}_2^- - \text{N}$:N-(1-萘基)-乙二胺光度法,分光光度计;④ COD :重铬酸钾法, COD 快速测定仪。

2 结果和讨论

2.1 运行效果比较

图 2 和图 3 分别为工况 I、II 的运行结果。工况 I 的氨氮去除率仅为 40%~55%,而工况 II 的氨氮去除率前 15~40 d 约为 60%~70%,40 d 以后上升到 80%~95%。工况 I 和 II 的进水 COD 浓度和水温都比较接近,只是工况 I 水力停留时间比工况 II 多 0.4 h,氨氮去除率随水力停留时间减小而减小^[2],工况 I 水力停留时间短,但去除率反而高,说明减小滤料粒径有利于提高氨氮去除率。

当进水氨氮负荷相同时,氨氮去除负荷的大小可以用来反映硝化能力的大小。图 4 显示了工况 I 和 II 在运行基本稳定时(30~60 d)去除氨氮负荷和进水氨氮负荷之间的关系。可见,在进水氨氮负荷相同时,工况 II 明显靠近 100% 去除线。如在进水氨氮负荷为 $0.40 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,工况 I 的氨氮去除

负荷约为 $0.19 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,而工况 II 约为 $0.37 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,后者约为前者的 2 倍。可见,使用小粒径滤料时硝化性能提高了 1 倍。

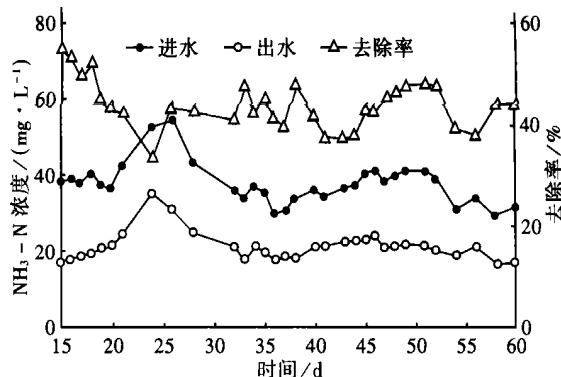


图 2 工况 I 氨氮进、出水浓度及去除率变化

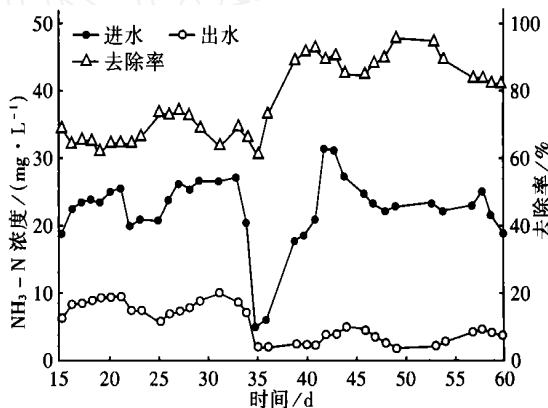


图 3 工况 II 氨氮进、出水浓度及去除率变化

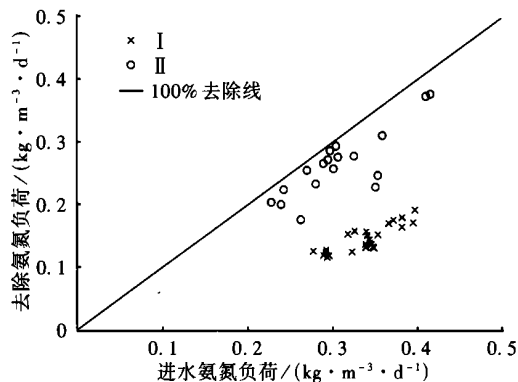


图 4 氨氮去除负荷与进水负荷的关系

2.2 硝化速率常数比较

硝化速率常数表示 BAF 在稳态时单位时间内单位体积滤料所能去除的氨氮质量,单位为 $\text{mg}/(\text{L} \cdot \text{h})$ 。它代表了最大去除速度,不受流速影响,只受温度影响,因此在相同温度下可以比较不同滤料的硝化性能优劣。图 5 为两种工况下稳态时测得的硝

化区氨氮沿程变化曲线。根据斜率变化求得两种工况下 20 °C 的硝化速率常数分别是 10.3 mg/(L·h) 和 16.8 mg/(L·h), 后者比前者高 63.1 %。

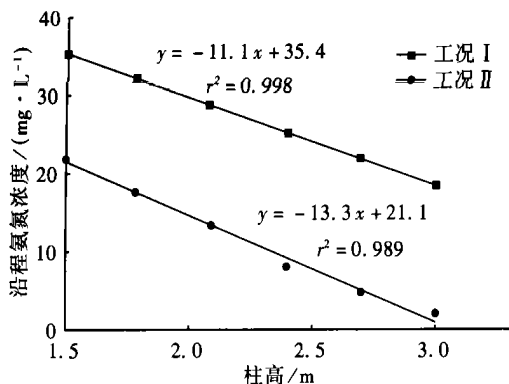


图5 工况 I 和 II 沿程氨氮浓度变化

2.3 硝化强度比较

硝化强度表示滤料表面硝化作用的强弱程度, 可用于比较相同条件下两种滤料硝化性能的优劣。从运行反应器中同时取出两种滤料在 20 °C 以下测得的硝化强度结果见表 2。可见粒径为 2~3 mm 滤料比 4~5 mm 滤料硝化强度高 39.7 %。

表 2 硝化强度试验结果

滤料粒径 (mm)	2~3	4~5
取样温度 (°C)	15	15
硝化强度 [mg/(L·h)]	7.34	5.25
差异率 (%)	39.7	

硝化强度与硝化速率常数的量纲相同, 含义实际相同, 但后者是前者的 2 倍。硝化强度虽然是 20 °C 测定的, 但是所用样品是在 15 °C 下培养的, 低温下硝化菌生物量较少; 另外可能是在静态试验时传质效果较差, 所以数值较小, 但它从另一个方面证明小粒径沸石效果更好。

2.4 粒径对硝化性能的影响

硝化生物膜附着在滤料表面, 因此滤料的外比表面积对硝化生物膜的质量会产生影响。对于某一确定滤料来说, 滤料的比表面积与粒径成反比。粒径为 4~5 mm 滤料与 2~3 mm 滤料平均粒径的比值为 1.8, 那么后者与前者比表面积的比值也为 1.8。试验显示两种粒径滤料的硝化速率常数的比值为 1.63, 硝化强度的比值为 1.40, 均小于比表面积的比值, 这可能是由于生物膜是一种立体结构, 因此硝化生物量并不是严格与表面积成正比, 也不是

与粒径成反比, 可见粒径对单位体积滤料的生物量影响很大。

2.5 滤料粒径的选择

滤料粒径的选择, 要考虑滤料生物量和产生的水头损失。对硝化滤池来说, 由于硝化菌世代期长, 增殖慢, 另外滤池孔隙率较大, 且生物滤池滤速最大只有 5~6 m/h, 又需定期反冲洗, 因此粒径为 2~3 mm 时生物膜的生长引起的水头损失可不予考虑。当然, 滤料粒径也不要小于 2 mm, 否则一方面会造成小粒径滤料在反洗时流失; 另一方面小粒径滤料会填充到大粒径滤料的空隙中, 减少孔隙率, 容易造成局部堵塞。

在硝化滤池中选择粒径为 2~3 mm 沸石, 与 4~5 mm 沸石相比硝化性能可提高 40 %~60 %, 且不会引起水头损失的增加, 这样可以减少硝化滤池体积 40 %~60 %。

3 结论

① 粒径为 2~3 mm 沸石比 4~5 mm 沸石滤料对氨氮的去除率高。20 °C 时两者的硝化速率常数分别为 16.8 mg/(L·h) 和 10.3 mg/(L·h), 前者比后者高 63.1 %, 同一条件下的硝化强度也高 39.7 %。

② 粒径为 2~3 mm 沸石与 4~5 mm 沸石比表面积的比值为 1.8, 这是引起硝化性能差异的主要原因。

③ 在硝化滤池中选择粒径为 2~3 mm 沸石滤料比较适宜, 这样既不会影响运行周期, 又能提高硝化性能, 从而减小了滤池的体积, 降低了工程投资。

致谢: 中国地质大学 (北京) 水资源与环境科学学院姚英强同学参加了部分试验工作。

参考文献:

- [1] 国家环保局. 水和废水监测分析方法 (第 3 版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [2] 田文华, 文湘华, 钱易. 沸石滤料曝气生物滤池去除 COD 和氨氮 [J]. 中国给水排水, 2002, 18 (12): 13 - 15.

电话: (010) 62778943 2774887

E-mail: tianwh98@mails.tsinghua.edu.cn

收稿日期: 2002 - 12 - 11