

应用悬浮填料预处理微污染原水的影响因素探讨

Approach on Affected Factors of Trace Polluted Source Water Bio-pretreatment Using Suspended Packing

徐斌 夏四清 高廷耀 (同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

Xu Bin Xia Siqing Gao Tingyao (School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092)

摘要 对采用悬浮填料的生物接触氧化原水预处理技术的影响因素进行了探讨。分析了自然挂膜条件下的工艺启动过程, 研究了停留时间、气水比、温度、浊度条件对污染物去除效果的影响。通过夏、秋、冬季的中试运行效果表明: 停留时间为60min, 生物预处理装置对污染物的去除具有较好的效果; 温度低于8.5℃, 对氨氮去除效果影响较大; 浊度对本工艺运行影响不大; 气水比为0.375, 能够满足生物预处理的运行。

关键词: 原水 预处理 影响因素 悬浮填料 黄浦江

1 引言

目前许多城市水源水受到日益严重的污染。主要表现为氨氮浓度上升, 溶解氧值下降, 有机污染加重, 原水水质呈下降态势。因此, 如何对已受污染的原水进行预处理, 以达到作为饮用水水质的要求, 已越来越受到人们的关注。

应用弹性立体填料的生物预处理工艺能有效去除原水中的氨氮, 且去除效率可达50%~80%左右; 高锰酸盐指数去除率可达10%~15%左右; 对铁、锰的去除率也可达40%左右; 同时对色度、藻类以及酚类等都有一定的去除效率。但工程实践表明, 填料比表面积小, 使用量大; 填料中心容易结块、积泥, 导致处理效率较低; 反冲洗控制复杂; 另外需要安装固定支架, 工程施工较复杂^[1~4]。鉴于使用该类型填料的生物预处理的这些缺点, 结合工程上的实用性, 我们利用一种新型悬浮填料对黄浦江微污染原水进行了规模为2000~3000m³/d进水量的中试实验研究。结果表明, 该工艺具有处理效率高、挂膜快、节省工程占地面积、不需反冲洗和可直接投加方便等特点。

2 试验概况

2.1 工艺流程(如图1)

试验期间黄浦江夏季氨氮浓度较低且变化幅度较大, 所以在中试中采用加入工业氨水的方式, 增加原水中氨氮的浓度, 以有利于实验的进行。氨水通过

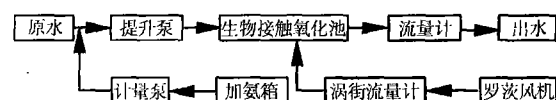


图1 工艺流程

Figure 1 Technological flow chart

加药泵注入提升泵前, 通过泵前加药方式使氨水与原水充分混合后, 原水进入生物接触氧化池。

2.2 试验设备

生物接触氧化池(钢板制)尺寸为: 长×宽×高=6.0m×1.5m×9.5m(有效水深9.0m); 池体共分为2格(串联方式)。池内按填充率50%投加新型悬浮填料(填料为球型, 单体直径为100mm, 比表面积为100m²/m³); 池底设置48根DN25穿孔曝气管(L=500mm), 并均匀分为4组。实验时每格使用1组曝气管曝气, 以保证填料的悬流状态。

2.3 试验方法

依据试验要求改变运行工况, 每日测定水温、浊度、pH、氨氮、COD_{Mn}等水质指标。测试项目的方法如表1所示。

3 工艺的启动

生物接触氧化池启动采用连续进水的动态自然培养挂膜方式。工艺启动从2001年8月4日开始, 水

第一作者徐斌, 男, 1976年生, 1998年毕业于东华大学, 现为同济大学环境科学工程学院在读博士生。

刘新超, 王绍祥参加了本试验工作。

表1 测试项目与方法
Table 1 Testing items and methods

序号	项目	方法
1	水温	玻璃温度计法
2	DO	电化学探头法
3	pH	玻璃电极法
4	氨氮	纳氏试剂比色法
5	COD _{Mn}	酸性高锰酸钾法

温约为29℃,填充率为40%。8月11日起,调整控制工况为;填充率50%,水量为80m³/h,气量为60m³/h,气水比=0.75:1,HRT=60min。利用NH₄⁺-N去除效果的变化来表征处理池的启动历程和填料的挂膜程度。每日上午和下午取混合样,对生化池进出口氨氮浓度进行分析。试验结果如图2所示。

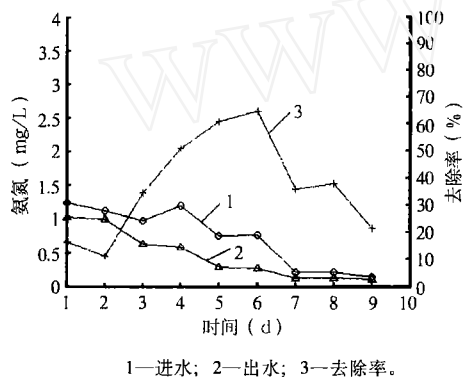


图2 启动时氨氮去除效果变化
Figure 2 Removal effects of NH₄⁺-N in startup

从图2可以看出,历时6d,氨氮去除率达到70%左右。由于启动后期进水氨氮浓度降到0.25mg/L以下,处理效率下降,但出水氨氮浓度均保持在0.2mg/L以下。填料表面出现薄薄的黄褐色生物膜,工艺启动较为顺利。

4 结果与讨论

4.1 停留时间的影响

不同停留时间的工艺运行参数见表2。2种工况下,对氨氮和COD_{Mn}去除效果如图3~6所示。

从图3~4可以看出,氨氮处理效率随着进水浓

表2 不同停留时间工艺运行参数
Table 2 Operational parameters under different HRT

时间	HRT (min)	水温 (℃)	水量 (m ³ /h)	气量
2001—08—22~10—09	60	20~30	80	45
2001—10—10~11—22	40	13~21	120	45

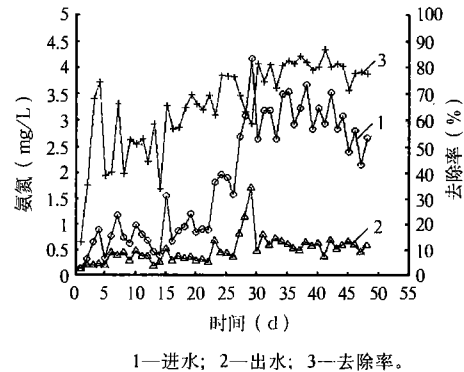


图3 HRT=60min,氨氮去除效果变化
Figure 3 HRT=60min, changes of removal effects of NH₄⁺-N

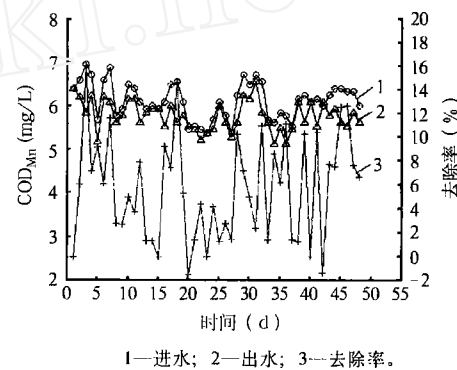


图4 HRT=60min, COD_{Mn}去除效果变化
Figure 4 HRT=60min, changes of removal effects of COD_{Mn}

度提高逐渐提高。在低进水氨氮浓度(<1mg/L)条件下,出水浓度为0.2~0.4mg/L,处理效率为50%左右。在中浓度(1~2mg/L)条件下,出水氨氮浓度为0.3~0.5mg/L,处理效率为75%~80%。在高浓度(>2mg/L)条件下,出水0.4~0.7mg/L,处理效率为75%~90%。从低浓度向高浓度转变过程中,生物预处理一般需经历1~2d的适应期,出水氨氮浓度有所提高,但很快就能进入稳定运行期。该工况下,平均氨氮进水浓度为2.0mg/L,出水氨氮浓度为0.5mg/L,处理效率为68%。由于原水中可生物降解的有机物较少,进水COD_{Mn}浓度较低,曝气搅动导致生物膜脱落等原因,所以大部分时间处理效率维持在10%以下。进水COD_{Mn}变化范围为5.36~6.96mg/L,出水变化范围为5.12~6.56mg/L,平均处理效率为5.65%。处理效率变化范围较大,这说明填料上异氧微生物繁殖速度很快,但易流失。

从图5~6可以看出,当氨氮浓度维持为2~3mg/L,出水一般为0.6~0.8mg/L时,氨氮去除率达到70%左右。随着温度的逐渐降低,氨氮处理效率逐渐下降,末期去除效率维持在50%~60%左右。该工况

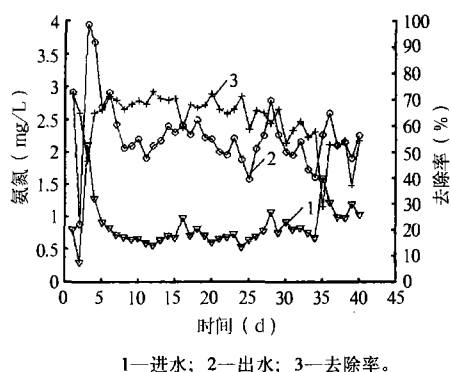
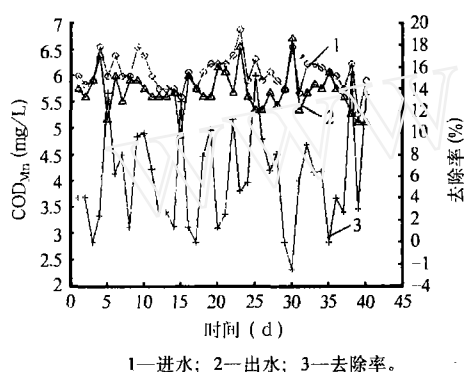


图5 HRT=40min, 氨氮去除效果变化

Figure 5 HRT=40min, changes of removal effects of NH_4^+-N 图6 HRT=40min, COD_{Mn} 去除效果变化Figure 6 HRT=40min, changes of removal effects of COD_{Mn}

下, 平均氨氮进水浓度为 1.88mg/L , 出水氨氮浓度为 0.70mg/L , 平均处理效率为 52.2% 。 COD_{Mn} 去除效果与 $\text{HRT}=60\text{min}$ 工况相似, 大部分时间处理效率维持在 10% 以下。进水 COD_{Mn} 变化范围为 $5.28 \sim 6.88\text{mg/L}$, 出水变化范围为 $4.88 \sim 6.72\text{mg/L}$, 平均处理效率为 4.87% 。从 2 个工况结果对比可以看出, 在填料填充比为 50% 、停留时间 60min 的工况中, 对于低、中、高进水氨氮浓度的进水条件, 生物接触氧化池出水基本能满足生物预处理的要求 ($<0.5\text{mg/L}$), 氨氮平均处理效率可达到 70% 左右。在填料填充比为 50% 、停留时间 40min 的工况中, 氨氮进水浓度 $2 \sim 3\text{mg/L}$, 出水浓度 $0.5 \sim 1.0\text{mg/L}$ 。由于停留时间的缩短, COD_{Mn} 处理效率略有降低。工程实际设计中, 应适当调整停留时间, 以确保较好的生物预处理效果。

4.2 低温的影响

为了考察温度对生物接触氧化工艺的影响, 从 2001 年 11 月 22 日开始, 工况重新调整为水量为 $80\text{m}^3/\text{h}$ 、气量为 $45\text{m}^3/\text{h}$ 、气水比 $=0.56:1$ 、 $\text{HRT}=60\text{min}$ 。实验工程中依据实际情况, 在 2001—11—30 ~ 2002—

01—23 停止加工业氨水。低温对污染物的去除效果如图 7~9 所示。

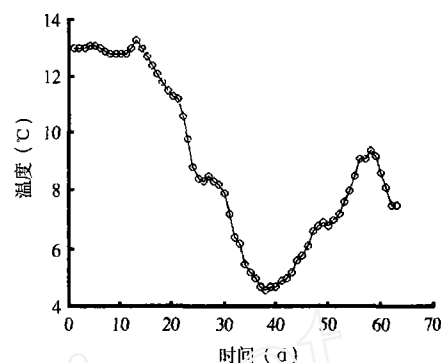
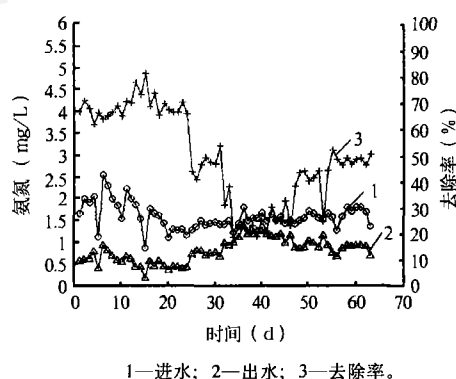
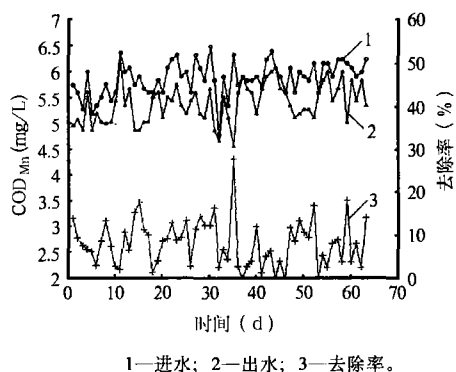


图7 原水温度变化曲线

Figure 7 Variation curve of temperature of the source water



1—进水; 2—出水; 3—去除率。

图8 随水温变化, 氨氮去除效果变化
Figure 8 Changes of Removal effects of NH_4^+-N under various temperature of source water

1—进水; 2—出水; 3—去除率。

图9 随水温变化, COD_{Mn} 去除效果变化
Figure 9 changes of Removal effects of COD_{Mn} under various temperature of source water

从图 7~8 可以看出, 温度 8.4°C 以上历时 24d , 氨氮去除率能达到 $60\% \sim 80\%$, 硝化作用较活跃。在第 25d 温度降为 8.3°C , 处理效率从第 24d 的 65% 突

然降至44%。在最低温度4.6℃时,氨氮去除效率仅为20%,硝化作用基本停止。随温度升高,氨氮处理效率逐步回升至50%左右。但温度回升至8.4℃以上时,氨氮去除效果未能恢复到原有水平。这说明硝化细菌世代时间长,活性的恢复需要一定的时间。

从图9可以看出,温度的降低对 COD_{Mn} 去除效果影响不大。处理效率维持在10%左右。进水 COD_{Mn} 变化范围为4.8~6.48mg/L,出水变化范围为4.56~6.24mg/L,平均处理效率为8.2%。这说明异氧菌对低温的影响抵抗力较强,填料上异氧微生物生长趋于稳定。同时也说明硝化细菌受温度影响大、活性弱,易流失,异氧菌有更多的生存空间。

4.3 浊度的影响

考察了中高氨氮负荷条件下,浊度变化对氨氮处理效率的影响。其结果如图10~11所示。

从图10~11可见,进水浊度为43.3~112度,出水浊度为46.3~96.8度。氨氮去除率保持在80%曝气,使悬浮填料在池体中不断做自转和公转运动,且

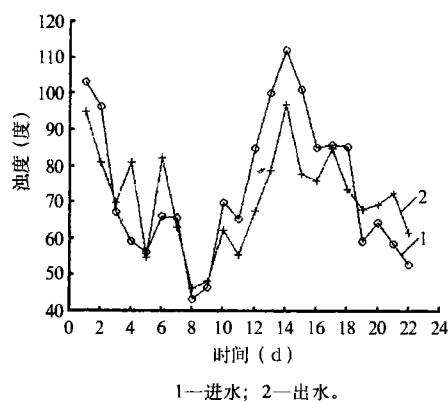


图10 浊度变化曲线

Figure 10 Variation curve of turbidity of source water

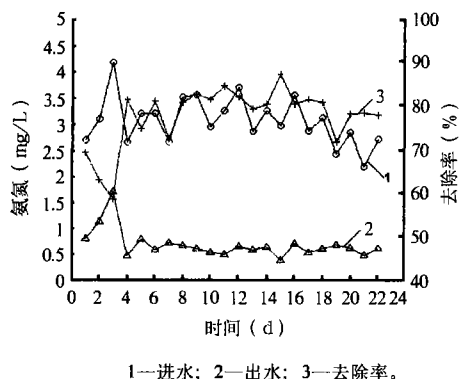


图11 随浊度变化,氨氮去除效果变化

Figure 11 Removal effects of NH_4^+-N under various turbidity of source water

水流流动速度较快,这样就保证了填料本身与整个池底不积泥和少积泥。实际运行表明,采用该悬浮填料的工艺可克服弹性填料的生物接触氧化池与生物滤池的缺点,保证在工程上的可实用性。

4.4 气水比的影响

气水比分别为0.56和0.375条件下,对于不同的进水氨氮浓度,生物接触氧化池内DO浓度均达到6.0mg/L以上。对于低、中氨氮进水浓度,溶解氧浓度均接近饱和值。这说明由于悬浮填料在池内不断做自转与公转运动,大大提高了溶解氧的传质效率。同时,悬浮填料在池内流化效果良好,非常有利于生物膜的不断更新。气水比还有一定的下降空间,有待于以后实验的继续研究。

5 结论

5.1 采用悬浮填料的生物接触氧化工艺,温度在20℃以上,自然挂膜时间大约10d,工艺启动比较迅速。

5.2 生物接触氧化池内原水停留时间控制在60min,对低、中、高进水氨氮浓度均有较好的去除效果,出水氨氮浓度能够满足处理的要求,抗冲击负荷能力较强。停留时间缩短为40min,氨氮去除率仍能维持在70%左右,但出水容易超过0.5mg/L,而且会导致 COD_{Mn} 的处理效率降低。

5.3 温度在8.5℃以上,对生物接触氧化池处理氨氮能力影响较小。在温度低于5℃以下,硝化作用基本停止。随着温度的升高,硝化作用能够逐渐恢复,但恢复速度较慢。温度对黄浦江原水 COD_{Mn} 的去除效率影响不甚明显。

5.4 原水浊度的变化对本工艺的影响较小。填料在池中依靠水力和曝气的搅拌作用处于流化状态,增加了水的紊动,提高了氧的利用率。可保证填料及池底不会积泥。当气水比分别为0.56和0.375时,池内DO浓度接近饱和值。气水比还有一定的下降空间。

6 参考文献

- 肖羽堂,许建华. 姚江饮用水源生化工艺去除污染总结. 中国给水排水,1998,14(2):8~10.
- 梅翔,陈洪斌,高廷耀,等. 微污染水源水生物接触氧化处理工艺的启动与运行工况的调节. 给水排水,1999,25(4):8~11.
- 丁卫东,杨卫全. 生物接触氧化处理大冶河原水的试运行介绍. 给水排水,2001,27(10):7~10.
- 陈洪斌,梅翔,高廷耀,等. 悬浮物对源水生物预处理装置运行的影响和冲洗. 同济大学学报,2001,29(4):489~494.

责任编辑 蒋瑶琴 (收到修改稿日期:2002-08-08)

value and oxygen supply to culture the five strains and determine the optimal circumstance condition. At the same time, effects of LAS and AE on *Spirogyra* and degradation efficiency of bacteria strains to LAS and AE have also been studied by using bioassay.

Key words: Linear alkyl benzene sulfonate
Linear alkyl ethoxylate
Biodegradation
Screening of bacteria strain

**Study on Treating $\text{NH}_4\text{-N}$ Wastewater
by *Spirulina platensis***

Wang Cuihong Li Riqiang Xin Xiaoyun
(Dept. of Environmental Science, Shanxi
University, Taiyuan 030006)

Study on treatment of $\text{NH}_4\text{-N}$ wastewater by using *spirulina platensis* has been conducted. When the concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ in wastewater was 40.5mg/l in culture of Zarrouk after 7d, $\text{NH}_4\text{-N}$ could be removed 93%, and in domestic wastewater, it could be removed about 91.3% when the volume of wastewater was 80% in culture and adding 8 mg/L of NaHCO_3 . In order to evaluate the availability of the algae, the chemical components of Fe, Zn, Mn, Cu and Se in *spirulina platensis* should be analyzed simultaneously.

Key words: *Spirulina platensis*
Relative growth rate
 $\text{NH}_4\text{-N}$
Removing rate

**Study on Removal of Ammonia-nitrogen in
Drinking Source Water by XOF**

Pan Luting Zhao Jianfu
(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource
Reuse, Tongji University, Shanghai 200092)
Xiao Jin
(South China University of Technology,
Guangzhou 510641)

Study on removal effect of $\text{NH}_4\text{-N}$ in drinking source water by XOF and observation on affect of removal efficiency on addition amount, retention time and pH have been conducted. The result showed that in turbid water, XOF could completely utilize synergistic action of oxidation flocculation for effective removal of $\text{NH}_4\text{-N}$, under pH7~8, ratio of addition amount of XOF and $\text{NH}_4\text{-N}$ was 10:1, reaction time 20min, the removal rate of XOF to $\text{NH}_4\text{-N}$ was highest.

Key words: $\text{NH}_4\text{-N}$
Oxidation flocculation
Drinking source water treatment

**Application of Artificial Neural Network
PID Control to Organic Garbage
Decomposition Vanished Machinery**

Qiu Huiqing Nan Dongxiang
(School of Mechanical Engineering, Tongji University,
Shanghai 200092)

In this paper, introduced the application of neural PID control to organic garbage decomposition vanished machinery. The control system was a system of non-linear and a great deal delay, for it was unable to obtain the satisfactory demand that if it used a general PID control. The NNI was used to identify the object on line, it could be built an object of mathematic modeling. On the basis, NNC was adjusted on real time, the system became self-adapted and improved its control effect. The control system with ANN PID has good dynamic character, quick response, short steady, better than general control of PID, and improved control effect of system by ANN-PID.

Key words: ANN
Bacteria-bed temperature
Simulation of temperature control with
the MATLAB
Autocontrol

**Approach on Affected Factors of Trace Polluted Source
Water Bio-pretreatment Using Suspended Packing**

Xu Bin Xia Siqing Gao Tingyao
(School of Environmental Science and Engineering,
Tongji University, Shanghai 200092)

The affected factors of polluted source water bio-pretreatment by suspended packing were discussed, including retention time, ratio between airflow and water flow, temperature and turbidity. From the result of pilot scale experiment in Huangpu River source water bio-pretreatment could be drawn that the removal efficiency of pollutants was better under 60 min retention time, the removal efficiency of $\text{NH}_4\text{-N}$ decreased a lot if the temperature of source water was below 8.5°C, the removal efficiency has only little dependence on turbidity, and the ratio between airflow and water-flow was 0.375 could guarantee the removal efficiency of this facility.

Key words: Source water
Pretreatment
Affected factor
Suspended Packing
Huangpu River