

受污染饮用水水源生物预处理技术

Biological Pretreatment Techniques for Polluted Drinking Water Sources

夏四清 高廷耀 周增炎 (周济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

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

摘要 阐述了以石英砂、陶粒和弹性立体为填料的生物滤池、生物流化床和生物接触氧化等几种常见受污染饮用水水源生物预处理技术的工艺特点、运行参数及处理效果, 及国内以淮水为源水的蚌埠自来水厂、以姚江为源水的宁波梅林水厂和以深圳水库为源水的, 3个日处理量分别为1万t、4万t和400万t的生物预处理工程情况, 并对生物接触氧化法预处理工艺的填料选择、挂膜、气水比和积泥反冲等技术问题进行了讨论。

关键词: 受污染水源 生物预处理技术 填料 工程应用

Abstract The technological characteristics, operational parameters and treating effects of several common biological pretreatment techniques for polluted drinking water sources, such as biological filter, biological fluidized bed and biological contact oxidation etc. were introduced. A few biological pretreatment engineering in China were discussed in detail, and some technological problems in biological contact oxidation pretreatment technique were explained.

Key words: Polluted water source Biological pretreatment Packing Engineering application

1 引言

以地表水为饮用水水源的自来水厂大都采用混凝—沉淀—过滤—消毒等传统水处理工艺, 用于去除水中浊度、悬浮物并杀灭病菌。随着饮用水源的被污染, 传统处理工艺主要存在两方面问题, 一方面是混凝、澄清主要去除水中悬浮物和胶体物质, 对溶解性有机物的去除率却很低。由于水源水中各种污染物成分增加, 使水中所加药品的种类和投加量都需增加, 工艺变得复杂, 且药物残留量的增加会使出水味道变差, 腐蚀性增强; 另一方面是由于消毒过程主要采用加氯法, 对传统工艺出水的 Ames 试验结果表明, 水中有机物与氯反应生成氯化有机物, 其中有些有致癌性。因此, 对被污染饮用水源原水仍然采用传统给水处理方法处理已不能满足饮用水水质要求。

2 生物预处理技术研究现状

我国学者从1980年就开始了受污染饮用水水源的生物预处理技术的研究, 主要是接触氧化工艺。接触氧化工艺的核心部分是填料, 所以, 随着我国填料工业的发展, 受污染饮用水水源生物预处理技术也分为不

同的阶段和形式, 现将在我国开展的这几种生物预处理技术的研究情况列于表1。

这些对于受污染水源水的不同特点开展的针对性研究, 所要求去除的污染物也不尽相同, 有的以酚类污染物为主, 有的以浊度、色度、有机物和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等为主。填料主要以石英砂、陶粒和弹性立体为主, 尤其是后两者应用较为成熟。这些生物预处理研究技术, 均能使水中各种污染物浓度有较满意的降低, 特别是对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除尤为明显, 一般能达70%以上, 有的甚至达90%以上。这对于减轻后续深度处理工艺的负担有实际意义, 是保证饮用水水质的有效方法。

3 生物预处理技术的工程应用

3.1 清华大学环境工程系和蚌埠市自来水公司合作, 进行了国内第一座生产规模的生物接触氧化预处理工程应用^[1~2], 处理对象为淮河水, 生物陶粒滤池共4座, 设计单池处理能力为2500 m^3/d , 供水工程采用工艺流程为: 原水→生物陶粒滤池→澄清池→3层滤池→加氯消毒。

生物陶粒滤池设计参数: 单池面积25 m^2 , 池高

第一作者夏四清, 男, 1965年生, 1986年毕业于河南师范大学, 副教授, 在读博士生。

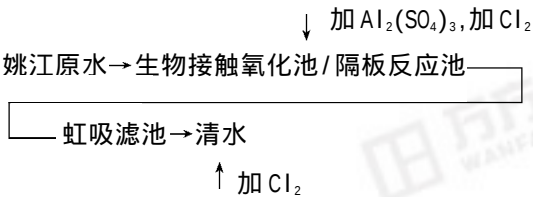
表1 不同生物预处理技术研究^[3~6]
Table 1 Research results of different pretreatment techniques

反应器 (处理水源)	石英砂流化床 (黄浦江)	陶粒接触氧化 (珠江)	陶粒接触氧化 (安徽巢湖)	弹性立体接触氧化 (宁波姚江)
处理规模	中试	100L/h	小试	360m ³ /d
气水比		1:1	1:1~1:2	0.5~0.66:1
进水COD (mg/L)		10	6.6	5.9~14.0
COD 去除率 (%)	24~31	29.3	28.5	25~35
BOD 去除率 (%)	27~48	90.1		
进水NH ₃ -N (mg/L)	0.5~2.0	2.8	2.61	0.75~3.5
NH ₃ -N 去除率 (%)	80.0	92.7	70.0	80~93
进水浊度 (NTU)		15	185.6	7~20
浊度去除率 (%)		76.2	42	50~80
进水色度 (度)		24	24.3	30~37
色度去除率 (%)		47.8	47.7	15~30

4.5m, 陶粒滤料2m, 陶粒粒径2~5mm, 配水和配气方式均为穿孔管, 反冲洗周期7~12d, 挂膜时1[#]池采用自然接种挂膜, 2[#]、3[#]、4[#]池采用接种挂膜, 滤速为3.6~6.0m/h, 水温为1.5~30℃, 气水比1:1, 在进水OC 4.2~12.7mg/L, 出水3.2~8.7mg/L时, 去除率为18.5%~35.6%, 平均去除率29.5%; 进水NH₃-N在0.1~4.0mg/L时, 其在生物滤池中去除率曝气时达70%~90%, 不曝气或曝气不正常时在48.6%~71.4%。

在进水浊度18~120NTU时, 生物预处理出水浊度为14~101NTU, 去除率为19.2%~63%, 平均37.9%; 当进水色度为35~120度时, 出水为20~120度, 去除率11.1%~41.6%, 平均21.55%。

3.2 同济大学环境工程学院和宁波自来水公司合作, 对梅林水厂姚江原水进行接触氧化预处理^[7~8]。在原处理设施不作大的改动前提下, 只将原斜管澄清池改建为生物接触氧化池, 工艺流程为:



生物接触氧化池体为58.8m×5.9m×17.8m, 日处理能力4万t, 池内选用YDT弹性填料和YMB-1型橡胶膜片式微孔曝气器, 填料高4.65m, 接触氧化池等分3格并列, 气水比0.5~0.7:1, 水力停留1.2~2.0h, 利用原澄清池排泥斗排泥, 排泥周期1次/8h。采用动态培养的自然挂膜法, 水温21℃左右7~10d挂膜成功(NH₃-N去除率60%以上), 在进水COD_{mn}6~18.9mg/L, NH₃-N 0.25~9.0mg/L, 浊度7~20度, 色度30~37度, 藻类4.8×10⁶~7.2×10⁷个/L情况下, 其对应去除

率分别为20%~30%, 70%~95%, 50%~80%, 47%~67%和78%。根据计算, 由于生物接触氧化池的生物絮凝作用, 使后续净水工艺的硫酸铝用量节约50%; 原水经生化池处理后不需预加氯, 净化全过程节约液氯用量80%~85%。经专家鉴定, 认为该项技术已达到国际先进水平。

3.3 同济大学城市污染控制国家工程研究中心和东深供水工程管理局合作, 从1993年开始对深圳水库源水进行生物接触氧化预处理小试、中试及工程设计研究, 在进水BOD₅2.0~4.0mg/L, COD_{mn}3.2~3.6mg/L, NH₃-N 1.5~2.3mg/L情况下, 其对应去除率分别为17.4%~47.6%, 12.5%~28.5%和76.5%~85%, 出水浓度分别小于1.9mg/L, 2.8mg/L和0.43mg/L。

东深源水预处理工程设计处理规模为400万m³/d, 采用工艺流程为: 东深供水渠源水→沉砂区→粗格栅→细格栅→生物处理池→出水至水库。

工程设计水力停留时间50min, 填料占池体积41%, 池中采用推流式。生物处理池设计总有效尺寸长270m, 宽25m, 有效水深3.8m, 共设6个廊道, 由于处理水量大, 不可能在预处理装置中像姚江水那样用污泥斗排泥, 只能通过技术途径解决填料积泥问题。

东深源水预处理工程设计水质要求: 进水BOD₅4mg/L, COD_{mn}5mg/L, NH₃-N 2mg/L, 出水水质BOD₅≤3mg/L, COD_{mn}≤4mg/L, NH₃-N≤0.5mg/L, 当进水NH₃-N浓度超过0.5mg/L时, 其去除率达到75%。该工程已建成, 运行稳定。经专家论证, 该项工程技术水平达到国际先进水平。

4 生物接触氧化法预处理技术的问题讨论

4.1 填料的选择

填料作为生物接触氧化处理工艺中微生物的载体,它首先决定了生物处理反应器内附着生长的微生物的量,在一定的水力负荷和曝气强度下,又决定了反应器内传质条件和氧的利用率,从而对工艺运行效果影响很大。据笔者了解,在受污染饮用水水源的生物预处理中,以弹性立体填料和陶粒填料的应用较为成熟。

4.2 生物预处理设施的挂膜运行

受污染饮用水源的预处理设施的挂膜一般采用自然挂膜方式,在有些情况下还会加一些营养物质(如葡萄糖等),以辅助挂膜。判别生物膜是否成熟可以根据 $\text{NH}_3\text{-N}$ 或 OC 的去除率,当其去除率分别为 75% 或 15% 以上时,即认为挂膜成功。在挂膜过程中,由于受污染饮用水源的 pH 值变化不是很大,水温成为影响挂膜的重要因素,一般情况下,水温大于 20°C 时,约两周即可完成挂膜,水温下降,则挂膜会相应延长。

4.3 气水比的选择

一定的气水比是保证受污染水源生物预处理正常运行的必要条件,曝气的作用主要有两个方面:一是供给生物氧化所需的氧;二是提供生物处理反应器内良好的水流紊动程度,以利于污染物、微生物和氧的充分接触,保证传质效果。但过高的气水比会造成对生物膜的强烈冲刷。同济大学专门研究了生物接触氧化预处理微污染原水所需气水比的问题,推导出了气水比公式^[9]。根据我们的经验,在实际设计时,气水比可在 0.7~1.3:1 之间选取,出水 $\text{DO} \geq 6\text{mg/L}$,以保证稳定的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效率。

4.4 填料积泥及反冲洗技术

悬浮物是生物膜法处理效果的重要影响因素,过高的进水悬浮物,一方面沉降或粘附于填料生物膜上,妨碍微生物与水中污染物、 DO 的传质过程,降低生物膜的活性;另一方面,悬浮物在填料上的积累,使填料的比表面积减少,微生物数量减少,导致生物处理效果的下降。在小型水厂可设初沉池减少积泥,而对于大型

(比如日处理能力几百万 t) 水厂,根据试验,可适当增加水流速度和曝气强度,以降低泥沙在填料上的载留率。且定期进行反冲洗,冲洗周期一般为 1~2 周 1 次。

5 结语

随着人民生活水平的不断提高,对饮用水的质量日益关注。同时,由于社会经济的发展,使大多数城市的饮用水源受到不同程度的污染。受污染饮用水水源的生物接触氧化法处理技术是行之有效的预处理工艺,对受污染水源中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、可生物降解有机物、浊度、色度、藻类等均有较好的去除效果,能较为全面、有效地改善受污染饮用水水源的水质,大大地改善后续处理的效果,还可减少水中卤代有机物的生成,提高饮用水的安全性。

6 参考文献

- 刘文君,贺北平,张锡辉,王占生,吕剑虹,成斌,董祥龙,刘爱民. 淮河(蚌埠段)饮用水源水生物接触氧化预处理生物性试验. 环境科学, 1997, 18(1), 20~21.
- 刘爱民. 应用活性炭组合工艺处理淮河污染水的试验研究. 华东给排水, 1997, (1), 19~24.
- 许建华,杨人隽,王嘉宝. 水的特种处理. 上海: 同济大学出版社, 1990, 29.
- 黄晓东,于正丰,王占生,庄汉平,盛国英. 受污染珠江水源水的生物预处理试验研究. 给排水, 1998, 24(7), 35~37.
- 黄显怀,王占生,宋邦才. 巢湖原水生物接触氧化预处理的研究. 给排水, 1996, 22(8), 15~19.
- 许建华,万英,汤利华,王白杨. 微污染原水的生物接触氧化预处理技术研究. 同济大学学报, 1995, 23(4), 376~381.
- 肖羽堂,许建华,王冠平. 强化微污染原水净化效果的生产性应用研究. 环境科学, 1998, 19(3), 28~30, 34.
- 肖羽堂,许建华. 姚江饮用水源生化工艺除污染总结. 中国给排水, 1998, 14(2), 8~10.
- 汤利华,许建华. 生物接触氧化预处理微污染原水所需气水比探讨. 给排水, 1995, (6), 9~11.