

宁波市梅林水厂生物预处理工艺设计

汤利华¹, 许建华², 张晴浩³

(1. 安徽建筑工业学院 环境工程与电子系, 安徽 合肥 230022; 2. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092;
3. 宁波市自来水总公司, 浙江 宁波 315040)

摘要: 宁波市梅林水厂生物预处理工艺已完成了设计、施工。生物接触氧化池是在原斜管澄清池的基础上改造而成的, 日处理能力 $4 \text{ 万 m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。生物接触氧化池的曝气方式采用水气逆向流曝气, 曝气器采用膜片式微孔曝气器, 填料采用半软性弹性立体填料。对该工艺的设计作了较全面的介绍, 并就设计中应注意的问题谈一些看法。

关键词: 生物接触氧化; 生物预处理; 曝气; 填料

中图分类号: X 171 文献标识码: A 文章编号: 0253-374X(2000)02-0224-04

Design of Biological Pretreatment Technology of Meilin Waterworks in Ningbo City

TANG Li-hua¹, XU Jian-hua², ZHANG Qing-hao³

(1. Department of Environmental Engineering and Electronics, Anhui Architecture Industry Institute, Hefei 230022, China;
2. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;
3. Ningbo Water Supply General Company, Ningbo 315040, China)

Abstract: Design and construction of biological pretreatment technology of Meilin Waterworks in Ningbo City have been accomplished. The bio-contact oxidation pool has been built on the base of the sloped tube clarifier tank in the waterworks. The bio-contact oxidation pool can treat $40\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ of raw water. The semiflexible elastic cubic packing material has been chosen as the packing material of the oxidation pool. The aeration method, in which air flow is in the opposite direction to the water, is adopted in the technology. The aerator is a micropore aerator with rubber diaphragm. The paper introduces the design of the processing technology in details and discusses some problems of the design.

Key words: bio-contact oxidation; biological pretreatment; aeration; packing

对遭受污染的原水进行生物预处理, 是近几年来为解决原水污染较严重而研究得较多的一个课题。有关的研究表明, 生物预处理在原水的有机物降解和氨氮的转化方面有显著的效果。这些研究成果若能在实际工程中应用成功并得到推广, 对解决我国城镇供水水源紧缺和提高供水水质都具有很大的意义。为此, 同济大学与宁波市自来水总公司合作, 在宁波市梅林水厂先进行了2年的中试试验^[1], 取得了基本的设计参数, 然后, 双方决定对梅林水厂 $4 \text{ 万 m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 的净水工艺进行改造, 把原来的斜管澄清池改造成生物接触氧化池。该工程项目于1996年6月初竣工投产, 已稳定运行近3年, 处理效果达到了预期目的。该技术已在多处水厂或工程中被推广应用。本文对该工艺的设计作一介绍, 为生物预处理在实际工程中应用提供参考。

1 改造前后的净水工艺

收稿日期: 1999-03-16

基金项目: “九五”国家科技攻关资助项目(96-909-03-01-02)

作者简介: 汤利华(1967-), 男, 安徽枞阳人, 副教授, 工学硕士。

宁波市梅林水厂座落在姚江边,原水取自姚江.由于受到上游工厂和农田施肥等污染,姚江水中的有机物和氨氮含量较高,特别是近几年,在污染比较严重的季节,这一情况更为严重.1993~1995年,同济大学协助宁波市自来水总公司在梅林水厂现场进行设计水量为 $Q=360\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 的生物接触氧化池预处理姚江受污染原水的中试规模试验研究,池中填料采用半软性弹性立体填料,采用橡胶膜片式微孔曝气器进行曝气充氧.

据梅林水厂姚江原水 1993 年 7 月~1994 年 6 月的逐月水质检测资料,将其中较能反映原水污染程度的主要指标 $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 和 $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 的每月最高值和每月平均值汇总整理列于表 1.

我国现行的地面水环境质量标准 GB 3838-88 规定,作为集中式生活饮用水水源地一级保护区的Ⅲ类水质相应标准为: $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})\leq 4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; ρ (凯氏氮) $\leq 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (凯氏氮为有机氮和氨氮二者之总和).

由此可见,宁波市梅林水厂的姚江原水 $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 和 $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 水质指标一般均远差于Ⅲ类水水质标准,不符合要求,应当设法改善原水水质.

经过 $Q=360\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 生物接触氧化池 2 年多中试试验研究,表明在常温条件下,能去除原水中的氨氮 80%~90%,去除亚硝酸氮 80%~90%,去除 COD_{Mn} 20%~30%,去除 TOC 20%以上,能经济、高效、管理方便地达到明显改善微污染原水水质的目的.

在中试研究成功的基础上,同济大学的宁波市自来水总公司决定继续合作,将中试研究成果转化成生产力,对梅林水厂的原有 $Q=4\text{ 万 m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 的整个净水工艺流程进行合理改造.

梅林水厂原 $Q=4\text{ 万 m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 的净水工艺流程如图 1 所示.

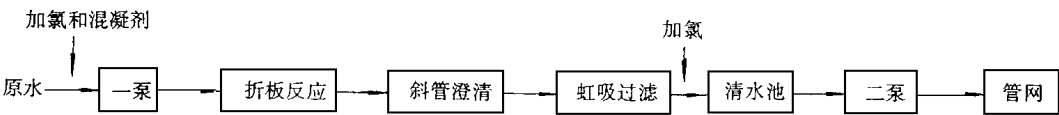


图 1 梅林水厂原有的 $Q=4\text{ 万 m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 的净水工艺流程

Fig. 1 Flowsheet of Meilin Waterworks' former $Q=4\times 10^4\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ purification system

这一工艺面对污染日益严重的原水,出水水质很难保证,并且在消毒过程中,氯的耗用量也比较大.在试验过程中,考虑了若干种工艺组合,最后,根据试验结果,决定采用如图 2 的工艺流程改造方案.

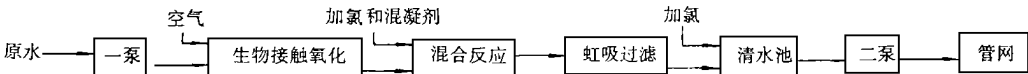


图 2 梅林水厂改造后的 $Q=4\text{ 万 m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 的净水工艺流程

Fig. 2 Flowsheet of Meilin Waterworks' transformed $Q=4\times 10^4\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ purification system

生物接触氧化池是将原斜管澄清池改造而成.由于姚江水常年浊度较低,原水经生物接触氧化处理后,经过短时间的混合反应,直接进入滤池过滤.生物接触氧化池的供氧采用鼓风曝气供氧.

2 生物接触氧化池的构造与设计参数

2.1 原有的斜管澄清池的构造

原斜管澄清池与折板反应池合建在一起,平面尺寸 $35.8\text{ m}\times 17.8\text{ m}$,池总高 5.5 m .反应池停留时间 $15\sim 25\text{ min}$,斜管澄清池停留时间 $1.2\sim 1.5\text{ h}$.斜管澄清池分为 4 格,水流上向流,排泥采用穿孔管,出水采

用集水渠,其平面布置如图 3 所示.

2.2 改造后的生物接触氧化池

由于改造后的生物接触氧化池出水经短时间的混合反应后,直接进入滤池过滤,原反应池的容积偏大,而原料管澄清池作为生物接触氧化池停留时间偏短,因此,综合各方面的因素,决定保留部分反应池容积,以增强过滤效果,另一部分反应池改造成生物接触氧化池的一部分.生物接触氧化池的平均停留时间为 1.5 h,保留的反应池的停留时间为 7 min 左右.生物接触氧化池分为 4 格.

原料管澄清池从底部进水,从上面出水.改建后的生物接触氧化池从上面进水,从底部出水,进出水系统改动较大.进水配水采用多孔渠道.为了提高配水的均匀性,连同原有的隔墙在内,每隔 1.9 m 设一导流墙.导流墙下部每隔 3 m 左右开 1 个 500 mm × 500 mm 的方形孔,水由这些孔流入 2 个集水廊道,集水廊道上部设有集水渠道,水由集水渠道进入反应池,再进入滤池进行过滤.生物接触氧化池的平面布置如图 4 所示.

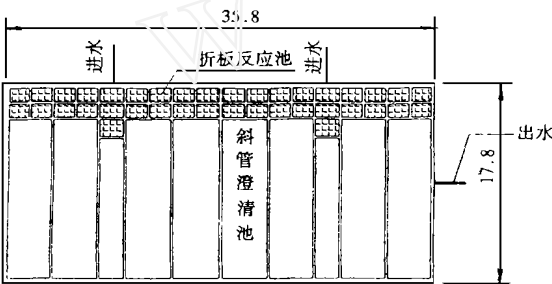


图 3 原有的斜管澄清池平面图(单位:m)
Fig.3 Plan of former inclineal - tube clarifier (unit :m)

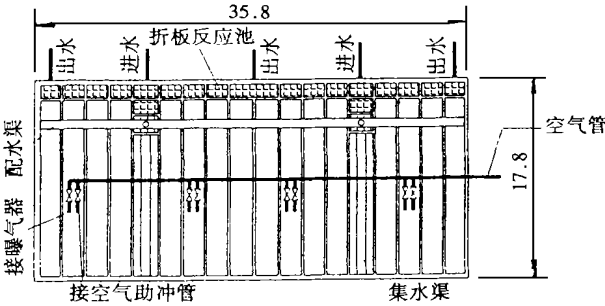


图 4 改造后的生物接触氧化池平面图(单位:m)
Fig.4 Plan of transformed bio - contact oxidation pool (unit :m)

生物接触氧化池的充氧采用鼓风曝气.空气总管 $D = 300\text{ mm}$,每格氧化池底部的空气管道布置成环状.空气管道采用给水塑料管,曝气器采用膜片式微孔曝气器,每个曝气器的服务面积为 0.36 m^2 ,共 1 200 个曝气器.曝气器的安装要求处于同一水平面上,误差要求在 $\pm 5\text{ mm}$ 范围之内,否则,将影响布气的均匀性.

原斜管澄清池的排泥采用穿孔管排泥.实际运行表明,由于原排泥管直径偏小,且排泥管比较长,排泥效果差.运行一段时间后,泥斗中的泥面不断升高,造成澄清效果差.实际运行中,每隔 1 个月左右的时间要把池中的水放干,用高压水冲洗.关于生物接触氧化池的排泥,曾考虑了几种方案,最后决定仍采用穿孔管排泥,但与原来的排泥系统相比,在以下几方面作了改进;管径放大,由原来的 $D = 150\text{ mm}$ 改为 $D = 200\text{ mm}$;原来每段排泥管偏长,现把原来的一段改为两段,提高排泥的均匀性;原来的排泥管离污泥斗底的距离偏大,现把排泥管高程降低.

生物接触氧化池的填料采用半软性弹性立体填料,填料安装高度 3 m.该填料具有比表面积大,挂膜快,并且有助于均匀地布气布水的优点.

在前期试验过程中,一直采用这种填料,效果稳定.填料在平面上采用梅花形布置,如图 5 所示.

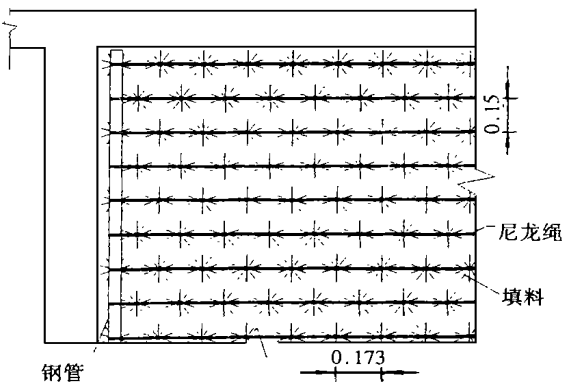


图 5 生物接触氧化池填料平面布置
Fig.5 Plan of bio - contact oxidation pool's packing

3 设计中应注意的问题

3.1 配水的均匀性

生物接触氧化池配水的均匀性应从以下几个方面加以注意:

(1) 进水方式. 对于面积不大的池子,可考虑在一侧设出水堰进水;若池子面积较大,应考虑设配水渠在整个面积上均匀配水. 填料上部应保持一定的淹没水深,一般应为 0.5 m 左右,有时受池深的限制,可能比较困难. 但淹没水深越小,进水点就应越分散.

(2) 池形与池面积. 生物接触氧化池最好是圆形、方形或接近方形,以有利于均匀配水,每单元面积不宜太大. 但不少水厂即使采用生物接触氧化池进行预处理,也不希望建新的构筑物,只考虑在原有的构筑上进行改造,大多是改造沉淀池或澄清池. 在这种情况下,应对原池进行分格,否则,布水布气很难达到均匀.

(3) 填料的平面布置. 填料在布置上应尽可能减少空隙,以减少局部短流,增加单位池容的比表面积. 推荐的布置方式如本文所示. 填料的布置间距视填料的尺寸而定.

3.2 曝气方式与曝气装置

曝气宜采用水气逆向流曝气,以提高氧的转移率,降低气水比. 曝气器距水面的距离不宜小于 4 m. 曝气器距填料底的距离不宜小于 0.5 m,否则曝气器服务面积就达不到设计要求,影响均匀曝气. 曝气器可供选择的型式很多,这里推荐采用膜片式微孔曝气器,该曝气器的充氧效率可达 15%~20%,性能稳定. 并且,该曝气器的微孔在停止曝气时,自动闭合,防止管道进水,下一次再重新启用时,可降低鼓风机的启动电流,对电机设备的维护有利.

3.3 进水水质的控制

进水水质对生物接触氧化池的处理效果有很大影响. pH 值过高或过低都是不利的,一般水源水的 pH 值在 6.5~8.5 之间,基本上是适合的. 可能有些水源水的 pH 值偏高或偏低,要考虑采取适当的措施. 水温将明显影响处理效果,因此,在特别寒冷的地区,采用生物接触氧化要考虑适当的保温措施. 进水的浊度可能是容易被忽视的一个问题,浊度过高一方面容易引起堵塞,另一方面,影响填料表面生物的附着和污染物被填料表面的生物膜吸附.

4 结语

受污染的原水的生物预处理在我国实际工程中的应用还处于刚起步阶段,及时总结这方面的实际工程经验,对减少设计过程、施工过程以及运行管理中的失误有重要意义,对这项技术的推广使用有积极的推动作用. 宁波市梅林水厂生物预处理工程目前从整体上看是成功的,以后将根据较长时间的运行结果进一步总结这一工程的得失,为这项技术的发展作出进一步的努力.

参考文献:

- [1] 许建华,万英,汤利华,等. 微污染原水的生物接触氧化预处理技术研究[J]. 上海:同济大学学报,1995,23(4):376-381.