

污染水源的生物法预处理

谭 智

(浙江大学化工系环境科学与工程研究所)

许建华

(同济大学环境工程学院)

摘 要

本文研究用生物转盘工艺预处理受污染源水,试验结果表明,该工艺对源水中的 BOD_5 、 COD_{Mn} 、氨氮、酚等污染物质有良好的去除效果。源水经过预处理后进行常规处理时,其混凝沉淀性能有明显改善,加矾量减少;在消毒过程中加氯量显著降低。生物法预处理污染源水,本质上是水体自净过程的人工化,对饮用水的卫生与安全无任何不良影响。

关键词: 生物转盘, 预处理, 污染源水

一、概 述

在我国,以地表水体为水源的自来水厂大都采用混凝、沉淀、过滤、消毒这一传统的水处理工艺,以除去水中的悬浮物质与杀灭病原菌。然而,由于近年来工业、城镇的迅速发展及人口的增长与环境保护措施实施的不平衡,大量城镇污水未经处理便排入地表水体,造成城镇附近地表水严重污染,水源水质恶化。

调查资料表明,我国地表水体污染主要为有机物与氨氮超标。对于受污染的水源水,自来水厂传统的净水工艺难以有效地除去水中的污染物质。本文研究在常规的水处理工艺前,采用生物转盘法对受污染源水进行预处理。

二、试验流程与试验方法

试验流程如图 1 所示:

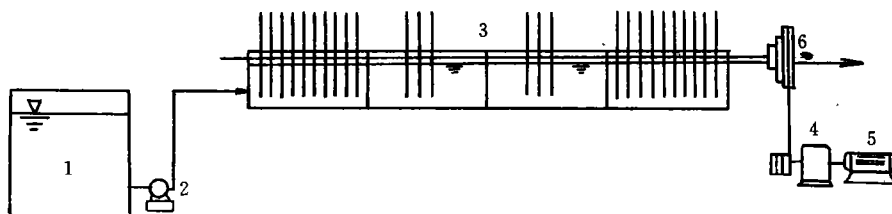


图 1 试验装置流程示意图

1: 源水水箱; 2: 计量泵; 3: 生物转盘; 4: 减速器; 5: 电动机; 6: 皮带轮

转盘装置共分四级。每级转盘 10 片,转盘直径 175mm,材料为 1.0mm 厚的聚氯乙烯,表面进行了拉毛粗糙化,以利于微生物附着生长。每级水槽有效容积 1.74L,转盘浸没率 40%,液量面积比 36.3L/m²。

试验源水取自黄浦江下游江水。
水样分析按《水和废水标准检验法》中的规定进行。

三、转盘自然挂膜试验

转盘上微生物培养采用自然挂膜方式。挂膜试验条件为:转盘外缘线速度 13.33m/min,进水流量 2L/h,水温 10—13℃,源水中 COD_{Mn} 3.28—5.69mg/L, NH₃—N 0.9—2.76mg/L。

源水由计量泵抽升进运转中的转盘装置,存活于水中的细菌利用自身分泌的具有粘性的胞外聚合物附着于转盘表面,在溶解氧存在的条件下,转盘表面上的细菌吸附,氧化分解水中的有机物质与氮氮,同时合成新的细胞物质,生物量不断增长,逐步在转盘表面上形成生物膜层。挂膜试验运行至第 15d 时,由观察可见,第一级转盘表面有一层均匀的胶质粘膜,第二级转盘表面上稀疏生长有少量微生物,但第三、四级转盘上无细菌生长现象。经测定,第一级转盘 COD_{Mn} 去除率为 10%,NH₃—N 去除率为 25%。挂膜运行继续至第 35d 时,第一级转盘表面已完全被微生物覆盖,形成了良好的生物膜层,COD_{Mn} 去除率上升到 21%,NH₃—N 去除率上升到 75%;第二级转盘表面也生成了一层薄的生物膜层,而第三、四级转盘表面仍无明显的微生物生长现象,分析认为这是由于源水中有有机物浓度较低,可降解有机物很快被第一、第二级转盘上的微生物吸附、氧化、分解,致使进入后两级转盘系统的水中缺少微生物生长所必需的营养物质,因此难以形成生物膜。故在以后试验中仅考察前两级生物转盘的运行效果。

从外表看,转盘上的生物膜外观呈棕褐色,较均匀,牢固地附着于整个盘片表面,生物膜厚度较薄,大约 1.0mm。通过镜检观察,生物膜主要由丝状菌和菌胶团组成,并有少量原生动物及后生动物。此时认为挂膜工作结束。在本研究试验条件下,完成挂膜工作需 35d。

四、结果与讨论

1. 去除污染物效果

生物转盘对受污染源水中几种典型的污染物质去除效果见下表:

表 1 生物转盘工艺去除源水中污染物效果

项目	浓度 (mg/L)		去除率 (%)
	进水	出水	
COD _{Mn}	7.14	5.85	18.07
BOD ₅	3.27	1.47	54.89
NH ₃ —N	1.87	0.21	88.77
酚	0.049	未检出	100
铁	0.85	0.53	37.25
锰	0.31	0.15	50.54

(1) 水力负荷 200L/m².d,水温 18—25℃。(2) 数据为系统运行稳定后,3 次检测数据的平均值。(3) 酚浓度系人工添加。

试验结果表明,生物转盘工艺对源水中的污染物质的去除效果令人满意,去除酚与

$\text{NH}_3\text{—H}$ 的效果尤佳。其除铁、除锰机理可能是生物转盘系统中的水具有较高的溶解氧水平(溶解氧浓度为同温度下饱和溶解氧浓度的 84%—88%),部分铁、锰被氧化生成氢氧化物而去除,另有部分被生物膜吸附而去除;细菌周围的胞外聚合物能与重金属离子形成一种络合物,从而降低水中重金属离子的浓度,并且可减弱重金属离子对细菌的危害。

此外,试验还考察了源水进出生物转盘的浊度变化情况,当进水平均浊度为 59 度时,出水浊度为 41 度,浊度降低 30%。分析原因认为:(1)水中的一些胶体物质被生物膜吸附;(2)一些脱落在水槽中的生物膜形成活性污泥,其对胶体颗粒和细小悬浮物有生物絮凝作用,使部分小颗粒凝聚成较大的颗粒,增加了水的透光性能。

2. 工艺条件试验

(1)水力负荷($\text{H} \cdot \text{L}$) 水力负荷是生物转盘的重要设计参数。本试验装置中不同的水力负荷对应的水力停留时间列于表 2。

表 2 水力负荷与水力停留时间的关系

水力负荷($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	100	200	300	400	500
停留时间(min)	52.20	26.10	17.04	13.05	10.44

注:转盘浸没率 40%。

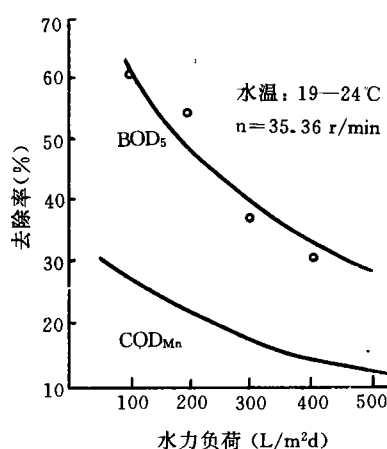
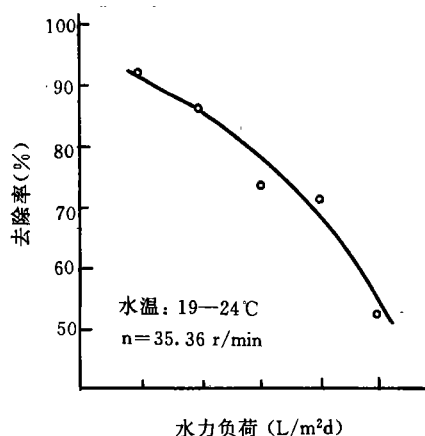


图 2 $\text{NH}_3\text{—N}$ 去除率与水力负荷关系曲线 图 3 有机物去除率与水力负荷关系曲线

生物转盘对源水中污染物去除率与水力负荷的关系(图 2、图 3)表明,水力负荷对污染物去除效果影响较大,因此运行时,为取得预定的污染物去除率,应尽可能保持进水流量稳定。一般水力负荷低时对于除去污染物有利。当水力负荷为 $250\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 时, BOD_5 去除率为 48%, $\text{NH}_3\text{—N}$ 去除率为 80%。

(2)水温 在室内试验考察一年四季生物转盘处理受污染源水的运行情况(冬季最低水温为 6.8°C)。从水温与污染物去除率的关系(如图 4、图 5)。可知,水温高于 15°C 时,处理效果良好。在适宜温度范围内,温度高时,微生物氧化分解有机物的活性增强;另一方面,水的粘度降低,生物膜表面的液膜厚度减小,有利于液相主体的基质朝生物膜迁移。

(3)转速(n) 试验装置用皮带轮进行变速,共有 $13.76\text{r}/\text{min}$ 、 $24.25\text{r}/\text{min}$ 、 $35.36\text{r}/\text{min}$ 三种转速。不同转速条件下氨氮的去除情况(图 6)表明,在维持转盘上生物膜不发生非正常脱

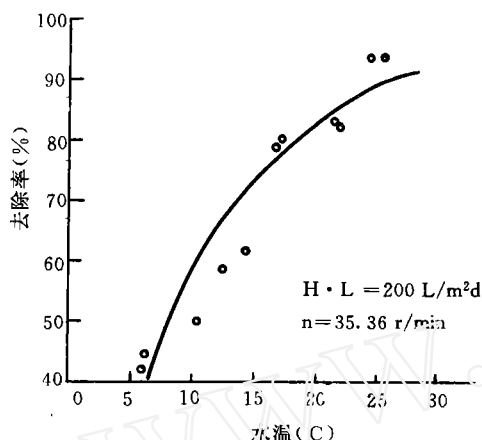
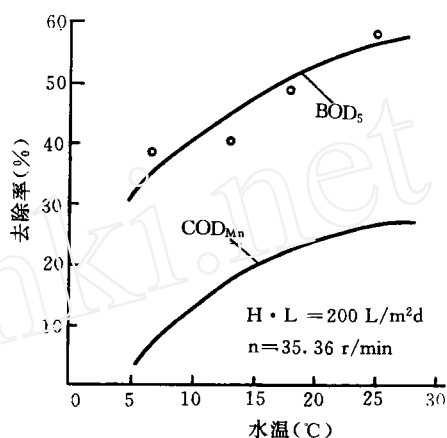
图 4 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率与水温关系线

图 5 有机物去除率与水温关系曲线

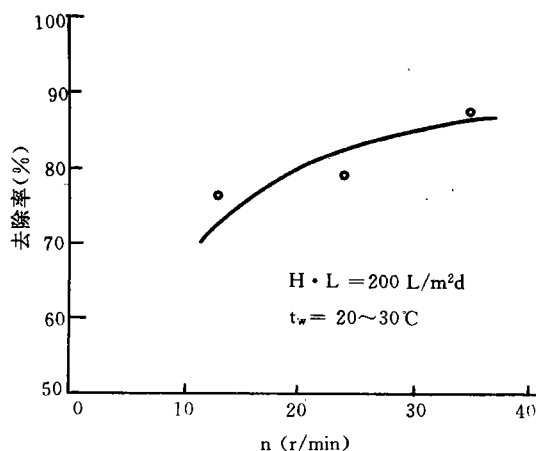
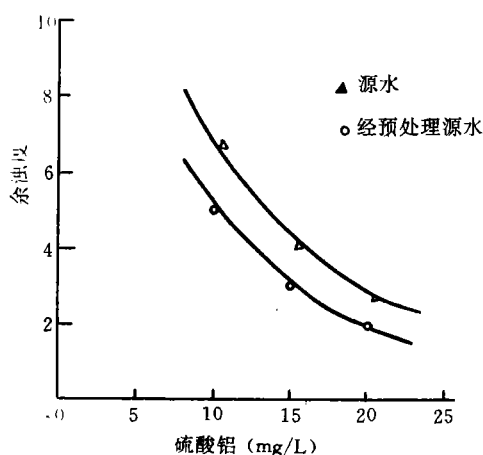
图 6 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率与转速的关系曲线

图 7 混凝沉淀试验曲线

落的前提下,转速增加,处理效果提高;也即增大转速,可增加装置的产水能力。因为生物转透装置与水体自净过程相比,不仅是在反应器内富集了大量生物体,同时也人为地加快了氧和基质的传递过程,转速增加,传质速度加快,因而去除率上升。

3. 生物预处理对后续常规工艺的影响

(1) 混凝沉淀试验 图 7 为源水与经过生物转盘预处理过的源水混凝沉淀试验对比结果。混凝设备为 6 桨搅拌机,水样加矾后,用 125r/min 转速快速混合 1min,然后以 30r/min 转速搅拌反应 9min,静置 0.5h 后取上清液测余浊。其结果表明,经过生物转盘预处理的源水比未经预处理源水混凝沉淀性能好,余浊低。若是达到同样的余浊,则经过生物预处理的源水混凝剂投量少。此外,试验过程观察到,在投加同样混凝剂量条件下,经过预处理的源水絮体形成和生长速度较快,絮体粒径较大。

(2) 加氯试验 本研究对源水和经生物法预处理后的源水进行了加氯对比试验,两种不

同情况下的加氯量与余氯量关系曲线如图 8 所示。

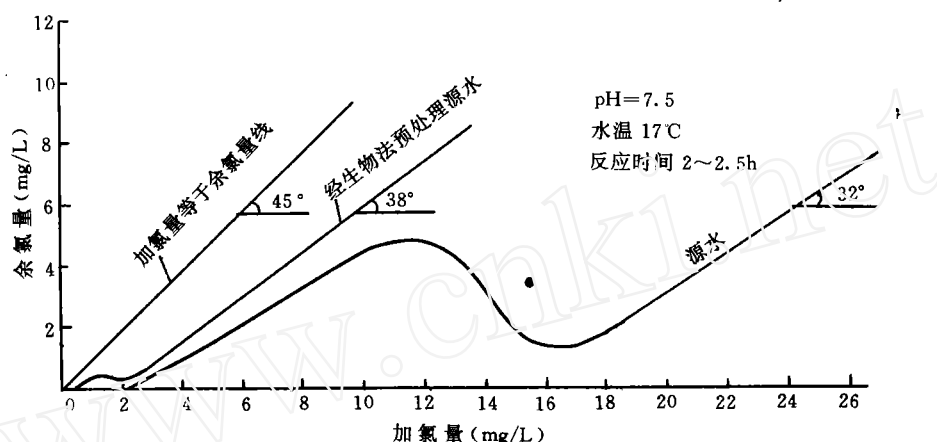


图 8 加氯量—余氯量关系曲线

分析图 8 曲线可得出:①按我国饮用水标准——出厂水自由性余氯为 0.5—1.0mg/L 的要求,经过生物转盘预处理后的水加氯量约为源水加氯量的 1/5。这不但在经济上降低了制水药剂费用,而且显著地减少了形成有机卤化物的可能性,避免了由于加氯量大时出厂水具有严重氯味的问题。②加氯量过折点后,源水及经生物法预处理的源水的加氯量——余氯量曲线与水平线夹角分别为 32°和 38°,均小于理论的加氯量等于余氯量的 45°角线,说明两种情况下水中的有机物还在继续与氯反应,但经生物转盘预处理的水耗氯速度小,即化学稳定性好,加氯后可以较长时间地维持配水管中的余氯量。

五、结 语

1. 污染水的生物转盘工艺预处理是一种经济有效,且无副作用的方法。其本质是水体天然自净过程的人工化。

2. 常温下,生物转盘自然挂膜需 5 周左右,挂膜成熟时,生物膜外观呈棕褐色,镜检显示其主要由丝状菌和菌胶团组成。

3. 在适当的水力负荷条件下($\leq 250\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$),生物转盘工艺对污染源水中的酚去除率大于 98%,氨氮去除率大于 80%,有机物、铁、锰浓度均显著降低。

4. 经过预处理后的源水,加矾量减少,混凝沉淀性能明显提高,加氯量远低于未经预处理的源水。提高了饮用水的质量。

参 考 文 献

- 1 Van Lelyveld et al , Water Supply and ealth, New York ,1981, 135—138
- 2 Milliner Ret al , Biological Pretreatment of Tewkesbury, Water Treatment and Examination, 1972, 21 (4), 318—326
- 3 A. A. Friedman et al , Effect of Disk rotational Speed on Biological Contactor Efficiency, J. WPCF, 1979, 51(11): 2678—2689
- 4 Bruce E. Rittmann and Vernon L. Snoeyink, Achieving Biologically Stable Drinking Water, J. AWWA, Oct. 1984, 106—114
- 5 J A Zeevalkink et al, Physical Mass Transfer in a Rotating Disc Gas—Liquid Contactor, Water Res, 13: 913—919

BIOLOGICAL PRETREATMENT FOR RAW WATER POLLUTED

Tan Zhi

(Environmental Science & Eng. Research Institute, Chem. Eng. Dept., Zhejiang University)

Xu Jianhua

(Env. Eng. College, Tongji University)

ABSTRACT

The paper studies the pretreatment of raw water polluted by using rotating biological contactors (RBCs). The results show that RBCs can efficiently remove BOD, COD, NH—N, phenol etc. from the raw water polluted. After biological pretreated, the raw water's property of coagulation and sedimentation is well ameliorated. And the demanded quantities of coagulant and chlorine are markedly reduced when the raw water is treated by conventional water treatment processes.

Biological pretreatment of raw water polluted is essentially the artificial process of raw water self—purification in nature and has no harmful effects on drinking water.

Key words: rotating biological contactors, pretreatment, raw water polluted