

官厅水库入库水生物接触 A/O 工艺低温试验研究

何星海, 武江津, 常丽春, 魏树军, 柯建明

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037, E-mail: xinga0011@sina.com)

摘要: 试验表明, 生物接触 A/O 工艺可以在低温下稳定运行, 对官厅水库入库水中 NH_4^+-N 有较好的去除效果, 对 COD、TN 均有一定的去除效果. 当温度大幅下降时, 在温度下降初期 NH_4^+-N 去除率明显下降, 但经过一段时间后, NH_4^+-N 去除率逐渐回升, 并稳定在较高的去除率水平. 在本试验条件下, $0 \sim 5^\circ\text{C}$ 时, 进水 NH_4^+-N 为 10 mg/L 左右, NH_4^+-N 去除率最终稳定在 95% 以上, 出水 NH_4^+-N 稳定 $< 0.5\text{ mg/L}$. 另外, 温度变化对 COD 去除效果的影响不明显. 镜检结果表明, 在 $0 \sim 5^\circ\text{C}$ 条件下生物膜中的微生物仍具有较好的活性.

关键词: 官厅水库; 生物接触 A/O 工艺; 低温; 氨氮

中图分类号: TU991.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2004)01-0099-04

Study on Bio-Contact Oxidation A/O Process of Guanting Reservoir Water Under Low Temperature

HE Xing-hai, WU Jiang-jin, CHANG Li-chun, WEI Shu-jun, KE Jian-ming

(Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, E-mail: xinga0011@sina.com)

Abstract: The results of the experiments showed that biological contact A/O process could run steadily under low temperature and had better removal effect for ammonia nitrogen and had some removal effect for COD and TN from water of Guanting Reservoir. When the temperature dropped greatly, removal ratio of ammonia nitrogen dropped evidently, but gradually rose and remained at high removal level at last. Under the conditions of the experiment that the temperature was $0 \sim 5^\circ\text{C}$ and influent ammonia nitrogen was about 10 mg/L , ammonia nitrogen removal rate remained more than 95% at last. The change of temperature had no evident influence on removal effect of COD. And the conclusion could be got by microscope that under the temperature at $0 \sim 5^\circ\text{C}$ the microorganism in the biofilm still had a good activity.

Key words: Guanting Reservoir; bio-contact oxidation A/O process; low temperature; ammonia nitrogen

随着我国经济的快速发展, 水污染与水资源短缺问题越来越突出, 由于饮用水水源在不同程度上受到各类污染物(主要为有机物和 NH_4^+-N) 的污染, 常规给水处理工艺已不能适应现有水源水质和水质标准. 在给水处理中引入生物预处理, 被认为是强化受污染水源水处理较为有效的手段^[1~3]. 生物接触氧化工艺是目前受污染水源净化中应用最为广泛的预处理工艺之一, 国内已对其进行广泛研究与应用, 涉及江、河、湖、库等受污染源水的水质净化处理. 结果表明, 对去除水源水中的 NH_4^+-N 和有机物均取得了较好的效果^[4~9]. 但是, 目前生物接触氧化工艺的应用多在我国的南方地区. 而在北方地区由于冬季寒冷水温低, 生物接触氧化预处理工艺的研究与应用还比较少. 受污染源水多以去除 NH_4^+-N 和有机物为主要目的, 而一般认为温度对硝化反应有较大的影响. 因此在低温条件下(尤其是 $< 5^\circ\text{C}$ 条件), 对 NH_4^+-N 等污染物的去除效果, 是决定生物接触氧化工艺能否在北京地区受污染水源中应用的关键.

本研究以官厅水库入库水进行生物接触 A/O 工艺低温试验, 探讨该工艺在低温条件下对 NH_4^+-N 、COD、TN 等主要污染物的去除效果. 通过采用现场取水, 试验室内进行温度控制的方法, 研究了温度变化对污染物去除效果的影响, 并重点考察了在 $0 \sim 5^\circ\text{C}$ 条件下污染物的去除效果.

1 试验装置与方法

1.1 原水水质

试验原水取自官厅水库入库口八号铁路桥, 低温试验在冬季 1~4 月进行. 试验期间官厅水库入库水水质见表 1.

1.2 试验工艺流程

本试验重点研究生物接触 A/O 工艺在低温条件下对官厅水库入库水 COD、 NH_4^+-N 的去除效果

收稿日期: 2002-11-09; 修订日期: 2003-01-15

基金项目: 科技部、水利部重大科技项目(SCX2000-31-05-03); 北京市“二四八”重大科技攻关项目(9550610400-05-03)

作者简介: 何星海(1964~), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事水污染治理技术与水环境标准的研究.

与脱氮效果.工艺流程见图1.

表 1 试验原水水质¹⁾/mg·L⁻¹
Table 1 Raw water quality / mg·L⁻¹

项目	数值	项目	数值
COD	17.7~118.4	TN	13.9~21.2
BOD ₅	10.6~48.7	TP	0.27~0.33
NH ₄ ⁺ -N	6.8~17.7	SS	18~178
TKN	9.3~18.7	pH	8.13~8.51

1) pH 值除外

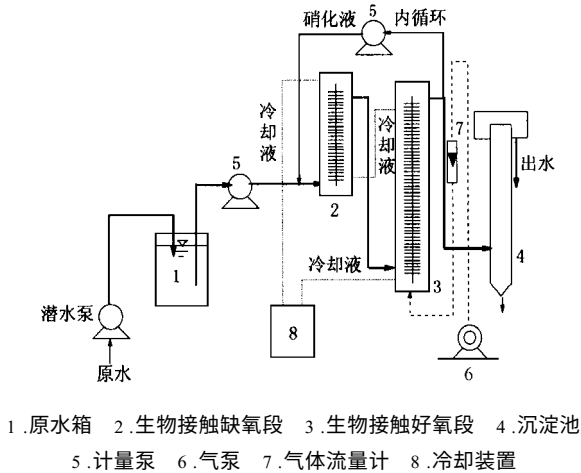


图 1 官厅水库入库水生物接触 A/O 工艺试验装置流程

Fig.1 Diagram of bio-contact oxidation A/O experiment unit

1.3 试验装置

试验装置以生物接触 A/O 工艺反应器为主.缺氧段采用 $\phi 100\text{ mm} \times 1000\text{ mm}$ 的有机玻璃柱,填料高度 0.8 m.好氧段采用 $\phi 100\text{ mm} \times 2000\text{ mm}$ 的有机玻璃柱,填料高度 1.6 m.填料采用浙江省玉环县中兴水处理设备有限公司生产的 ZX 型弹性生物环填料.沉淀池为 $\phi 150\text{ mm} \times 1659\text{ mm}$ 有机玻璃制竖流式沉淀池.

1.4 温度控制系统

在试验室内模拟冬季低温的运行条件,考察温度对净化效果的影响.具体温度控制方法为:①将试验装置置于密闭、保温的实验室内进行试验;②利用空调尽可能降低室内温度;③在试验装置外加夹套,夹套内加入冷却液(乙二醇:蒸馏水=1:1),冷却液在冷却器的控制下,以设定温度在夹套和冷却器内循环流动,从而控制装置内水温至预期温度.套管采用有机玻璃柱,内径为 120 mm,与生化反应柱一体加工.冷却器采用美国 Preston 工业公司产品.

1.5 分析项目与监测方法

试验期间主要监测项目包括 COD、BOD₅、NH₄⁺-N、TKN、TN、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N,均按国家标准

分析方法进行测定.

2 试验结果与分析

本研究在总停留时间为 3~5 h,回流比为 1:1,气水比为 2.8,好氧段 DO 为 6.4~8.2 mg/L 的条件下,从室温开始逐渐降温,依次考察了水温为 12℃左右,9℃左右,5~3℃和 3~0℃ 4 个低温条件下的净化处理效果,历时近 3 个月(2 月 10~17 日春节期间,装置正常运转,未进行取样分析).

2.1 低温条件 COD 的去除效果

不同低温条件下 COD 处理效果见图 2.从图 2 可知,当水温从室温降至 12℃左右温度段,进水 COD 浓度相对较高,在 90~50 mg/L 之间,去除率为 40%~60%,与相应浓度常温条件下的去除效果基本相当.进入 9℃左右温度段以后,进水 COD 浓度一直较低,基本在 30 mg/L 左右,去除率较低且波动较大,这点也与常温时相似.只是在 3~0℃温度段的试验过程中,发生了一次反应柱内结冰的现象,致使 COD 去除率急剧下降,去除率为负值(见图 2 中 3 月 18 日,为 -11.0%),待反应柱内的冰融化后,COD 去除率上升,进水 COD 为 20.70~29.04 mg/L,COD 去除率为 13.1%~36.0%,与常温条件下相同浓度范围的去除率水平相当.以后试验过程中注意避免反应柱产生结冰现象,运转正常.说明本试验系统具有较强抗温度冲击变化的能力.因此,在本试验条件下,除反应柱内结冰外,温度下降对 COD 去除效果没有明显影响,微生物可以适应低至 0℃的生长环境.

2.2 低温条件下 NH₄⁺-N 的处理效果

不同低温条件下,NH₄⁺-N 的处理效果见图 3.从图 3 可知,前 3 个温度段,每一次温度的下降(从常温下降至 12℃左右,12℃~9℃,9℃~5℃)均引起了 NH₄⁺-N 去除率明显变化,并且变化趋势完全相同,均为在温度下降初期,NH₄⁺-N 去除率持续下降,然后逐渐上升,最后达到较高去除率水平.只有从 5℃~3℃降至 3℃~0℃时,未发现 NH₄⁺-N 去除率有明显地变化,可能是温度下降幅度较小的缘故.

由此可见,温度较大幅度地下降,对微生物生长有较大的影响,但系统内存在能够适应低至 0℃~5℃生长环境的微生物.0℃~5℃温度段稳定运行了近 1 个月,试验结果表明,当进水 NH₄⁺-N 浓度在 10 mg/L 左右时,出水稳定在 0.5 mg/L 以下,NH₄⁺-N 去除率稳定在 95%以上.

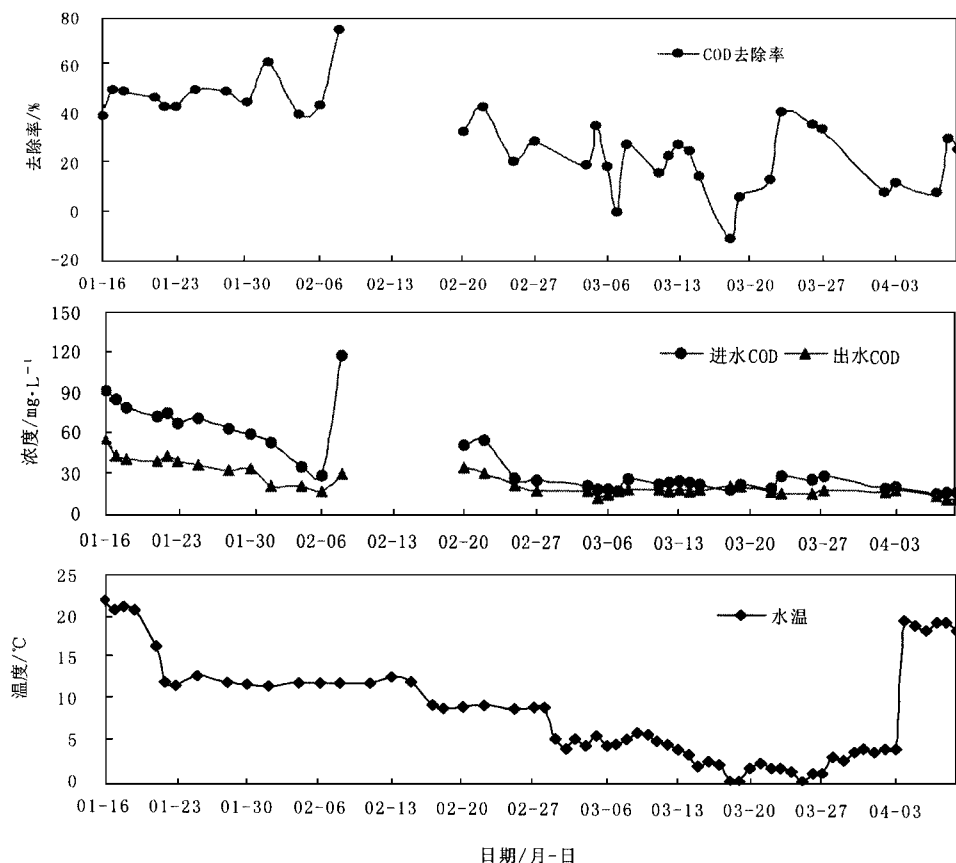


图 2 不同低温条件下 COD 去除效果
Fig.2 COD removal effect under different low temperature

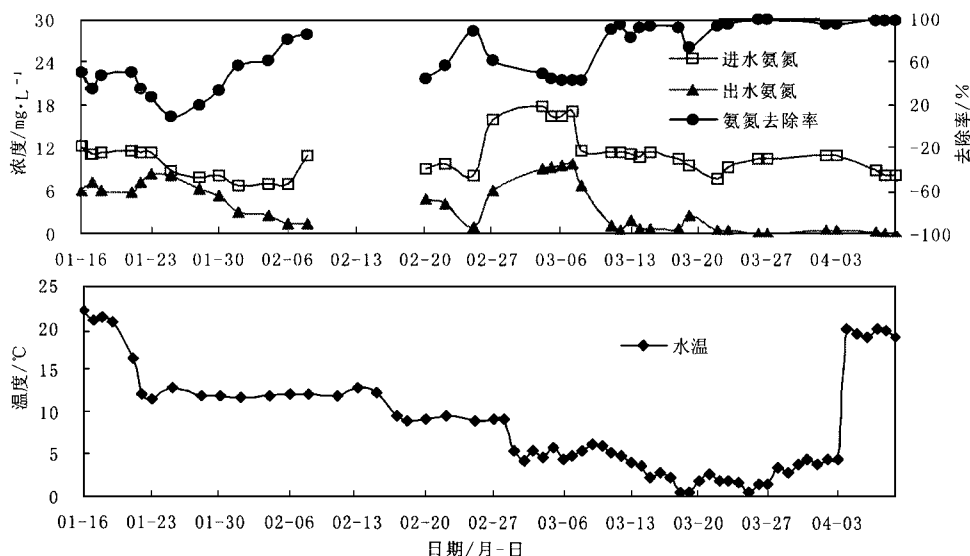


图 3 不同低温条件下 NH_4^+-N 的去除效果
Fig.3 Ammonia nitrogen removal effect under different low temperature

2.3 0~5℃条件下各种形态氮的转化及脱氮效果
为了验证在低温条件下 NH_4^+-N 去除的有效性,对试验装置进出水中各种形态氮进行了 8 次取

样分析,结果见图 4.
图 4 中的 8 次分析结果均表明出水 NH_4^+-N 浓度明显降低, NO_3^--N 浓度明显升高,说明 NH_4^+-N

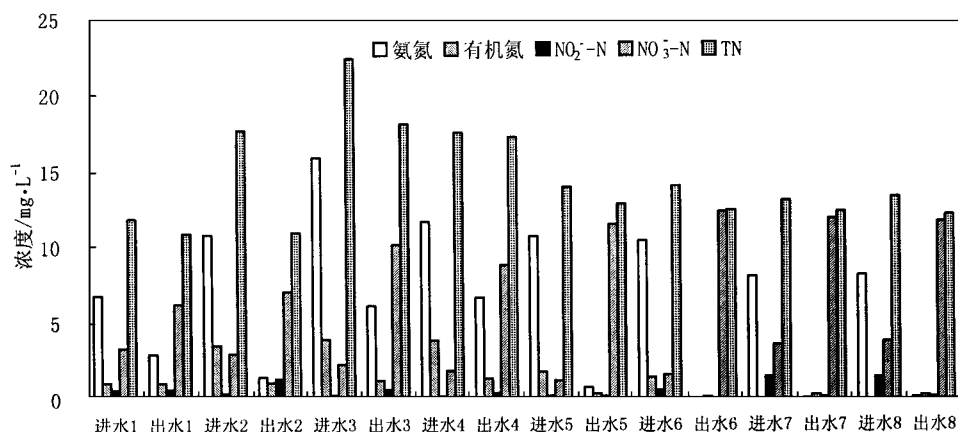


图4 低温条件下进出水各种形态氮的转化

Fig. 4 Translation of nitrogen under low temperature

的去除确实是硝化作用的结果.在低温条件下脱氮率为1.8%~38.1%之间,与常温条件下的脱氮效率基本相同.

2.4 0~5℃条件下生物相的观察

在0~5℃条件下,对试验装置中的生物膜进行镜检(图略),发现有大量的丝状菌、钟虫、累枝虫等固着型纤毛虫和线虫、红眼旋轮虫、转轮虫、红斑瓢体虫等后生动物.生物相较丰富,形成了从细菌、原生动物到后生动物的完整群属.说明在0~5℃条件下,生物膜中细菌生长活跃,活力旺盛,生物相组成好.

3 讨论

一般认为,硝化反应的适宜温度是20~30℃,15℃以下时,硝化反应速度下降,5℃时完全停止^[10].本试验在0~5℃的条件下运行了一个月,取得了较好的效果.在进水NH₄⁺-N 10 mg/L左右,出水NH₄⁺-N最终稳定<0.5 mg/L, NH₄⁺-N去除率高达95%.该结果甚至比常温条件试验时还好.究其原因主要是:

(1) 本低温试验研究是在进行了半年常温试验的基础上开始,保证了试验装置进入低温试验时有充足的微生物数量和活性.

(2) 严格控制了低温试验的条件,进水NH₄⁺-N负荷≤0.08 kg/(m³·d),气水比增大为2.8.

(3) 在低温试验期间,原水COD较低,BOD₅/TKN仅为1.5左右,利于硝化菌成为优势菌.

由此可见,微生物所处的状态、进水负荷与气水比等运行参数、原水水质等对污染物的去除效果均有影响,在讨论水温对去除效果的影响时,必须与其它因素进行综合分析,才能得出正确的结论.

4 结论

(1) 生物接触A/O工艺可以在低温下稳定运行,对NH₄⁺-N有较好的去除效果,对COD、TN均有一定的去除效果,可以有效地改善官厅水库水质.

(2) 当温度大幅下降时,在温度下降初期NH₄⁺-N去除率明显下降,但经过一段时间后,NH₄⁺-N去除率逐渐回升,并稳定在较高的去除率水平.在本试验条件下0~5℃时,进水NH₄⁺-N为10 mg/L左右,NH₄⁺-N去除率最终稳定在95%以上,出水NH₄⁺-N稳定<0.5 mg/L.

(3) 本试验条件下,温度的变化对COD去除效果的影响不明显.

(4) 镜检结果表明,在0~5℃条件下生物膜中的微生物仍具有较好的活性.

参考文献:

- [1] 王占生,刘文君.微污染源饮用水处理[M].北京:中国建筑出版社,1999.78~94.
- [2] 桑军强,王占生.低温条件下生物陶粒反应器运行特性研究[J].环境科学,2003,24(3):112~115.
- [3] 于鑫,等.磷元素在饮用水生物处理中的限制因子作用[J].环境科学,2003,24(1):57~62.
- [4] 查人光,贺尧基,等.生物接触氧化预处理在石臼漾水厂中的应用[J].给水排水,1999,25(3):9~11.
- [5] 黄晓东,于正丰,王占生,等.受污染珠江水的生物膜法预处理研究[J].给水排水,1998,24(7):35~37.
- [6] 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[J].给水排水,1996,22(8):15~18.
- [7] 龚明树,殷云兰,王占生,等.取水口水源水生物预处理中试研究[J].给水排水,1999,25(4):5~8.
- [8] 叶旭全,谢汉强,张辉,等.东深原水生物硝化工程试运行小结[J].给水排水,2000,26(2):1~5.
- [9] 季民,周青,吴昌敏,等.天津引滦水的水质变化特征与生物预处理试验研究[J].给水排水,2001,27(12):37~40.
- [10] 张自杰主编,张忠祥主审.环境工程手册(水污染防治卷)[M].北京:高等教育出版社,1996.723.