

生物絮凝吸附一级强化处理城市污水技术研究

曾晓岚, 张智, 丁文川, 许萍, 邓晓莉

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘要:通过进行生物絮凝吸附技术处理城市污水试验,着重讨论该技术在中、低污泥负荷条件下,水温 $10\sim 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{pH}6.4\sim 6.7$ 、水力停留时间 1.5 h 、溶解氧 $2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、污泥负荷 $0.55\sim 0.10\text{ kgBOD}_5/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ 时对 BOD_5 、 COD 、 SS 的去除率;高污泥负荷条件下,水温 $11\sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{pH}5.8\sim 6.4$ 时影响 COD 、 SS 等污染物去除率的因素以及在根据回归正交试验所得水力停留时间、污泥负荷、溶解氧三因素推荐组合水平参数条件下高污泥负荷的运行效果。

关键词:生物絮凝吸附;城市污水;污泥负荷

中图分类号:X703.1 文献标识码:A 文章编号:1006-7329(2004)04-0073-04

A Study on Primary Intensified Treatment of Municipal Wastewater by Bio-flocculation and Adsorption Method

ZENG Xiao-lan, ZHANG Zhi, DING Wen-chuan, XU Ping, DENG Xiao-li

(Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Area's Ecology and Environment, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: The treatment technology of municipal wastewater by bio-flocculation and adsorption was studied through experimentation. In this paper, the authors give emphasis on the study of following aspects: the removal rate of SS , COD , BOD_5 under middle and low load conditions with the water temperature $10\sim 14\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}6.4\sim 6.7$, hydraulic retention time (HRT) 1.5 h , dissolved oxygen 2.0 mg/L , sludge load $0.55\sim 0.10\text{ kg BOD}_5/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$; the factors influencing the removal rate of COD , SS under high load conditions with the water temperature $11\sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}5.8\sim 6.4$, and the operation performance under high load conditions with the optimal integration of three factors namely, the level of hydraulic retention time (HRT), sludge load and dissolved oxygen (DO) based on cross regression test.

Keywords: bio-flocculation and adsorption; municipal wastewater; sludge load

环境污染的加剧和经济发展的落后决定了城市污水强化一级处理技术将在相当长一段时间内成为我国中小城市污水处理的重要方式之一^[1]。在充分考虑到后期可增加二级或深度处理系统,使该工艺具有可延续性的基础上,探讨城市污水生物絮凝吸附处理技术在不同污泥负荷下($< 2\text{ kgBOD}/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ 为中低负荷, $\geq 2\text{ kgBOD}/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ 为高负荷^[3])的净化功能及工艺特征,以获得一种可在经济欠发达地区及三峡库区推广应用的高效低耗可延续的污水处理技术。

1 材料与方法

1.1 试验流程

污水自高位水箱、经流量计至生物絮凝吸附反应池及沉淀池处理后排放。其中生物絮凝池采用有

* 收稿日期:2004-02-10

作者简介:曾晓岚(1972-),女,云南人,博士生,讲师,主要从事水资源保护与利用和污水处理技术研究。

机玻璃板加工而成,设有不同高度出水管,以控制不同水力停留时间,其有效容积分别为 4.35 L、3.84 L、3.33 L 和 2.56 L;沉淀池设有五根出水管和一根回流污泥管,五根出水管高度不同以满足生物絮凝吸附池不同水力停留时间进水量的要求,其对应有效容积分别为 19.20 L、13.05 L、8.15 L、5.44 L 和 4.33 L;污泥回流井采用有机玻璃管加工而成,设有进水管、出水管及充气管;液体流量计为 LZB-4 型玻璃转子流量计,气体流量计为 LZB-3 和 LZB-2 型玻璃转子流量计;曝气和空气提升回流采用空气压缩机为一台 ACO-008B 型和两台 NS8200 型。

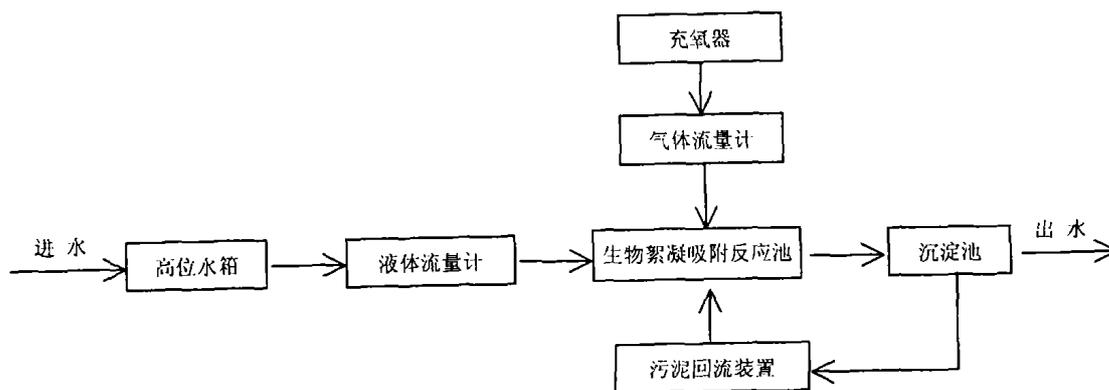


图1 试验流程示意图

1.2 试验污水水质

根据中低、高污泥负荷的试验条件要求,采用不同负荷的两种试验水质:

1) 中低污泥负荷试验阶段选用重庆市杨公桥城市下水道污水作试验用水,该下水道污水除含有生活污水外,还有食品加工厂、酿造厂、针织厂、纸箱厂等排放的工业废水,是属于具有普遍性或典型性的城市污水,于试验期间其 COD₁₂₆~510 mg/L, BOD₅₇₂~145 mg/L, SS₈₄~170 mg/L, NH₃-N₁₃~40 mg/L, TP_{4.1}~10.3 mg/L, NO₃-N_{1.6}~2.2 mg/L, pH_{6.4}~6.7, 水温 10~14 ℃。

2) 高污泥负荷试验阶段以重庆市杨公桥下水道污水为基础,再加入一定比例奶粉、淀粉、葡萄糖、磷酸二氢钾、氯化铵等物质,于试验期间其 COD 为 320~519 mg/L, BOD₅ 为 237~287 mg/L, SS 为 67~230 mg/L, NH₃-N 为 10~21 mg/L, TP 为 6.1~12.1 mg/L, NO₃-N 为 2.9~3.6 mg/L, pH 为 5.8~6.4, 水温为 11~29 ℃。

1.3 测试项目及方法、频率

1.3.1 物理项目 水温:温度计测量,每天1次;气温:气温计测量,每天1次;流量:液体和气体转子流量计测定。

1.3.2 化学分析项目 见表1。

表1 化学分析项目

| 项目 | 测定方法或仪器 | 测定频率 |
|------------------------|-----------------------|--------|
| pH 值 | 精密 pH 试纸测定 | 每天 1 次 |
| COD | 重铬酸钾法或 HACH-COD 测定仪测定 | 每天 1 次 |
| BOD ₅ | 稀释接种法或 HACH-BOD 测定仪测定 | 每周 1 次 |
| MLSS, MLVSS, SS | 标准重量法测定 | 每天 1 次 |
| DO | HACH-YIS-52 型溶解氧测定仪测定 | 每天数次 |
| SV ₃₀ , SVI | 标准法测定 | 每天 1 次 |
| NH ₃ -N | 纳氏试剂光度法测定 | 每周 1 次 |
| NO ₃ -N | 戴氏合金还原法测定 | 每周 1 次 |
| TP | 铝钼抗分光光度法测定 | 每周 1 次 |

2 试验过程

分为四个阶段:

1) 活性污泥的培养驯化与试验装置的启动阶段:从重庆市唐家桥城市污水处理厂曝气池取混合液

经沉淀并移去上清液,取沉降污泥作接种污泥,加入粪便水、城市污水,开始进行闷曝式间歇培养。经32 d三个阶段培养驯化,活性污泥已完全适应试验所用城市污水而成熟,则装入试验装置,开始启动期的连续运行。11 d后,曝气池内污泥生物相组成趋于稳定,COD去除率保持于60%以上,反应器已具备在短水力停留时间下稳定运行的能力,装置试验投入运行。

2) 中、低污泥负荷运行试验阶段:实验原水为城市污水,水温10~14℃,污泥负荷随进水浓度而定,一般于0.55~0.101 kgBOD₅/kgMLSS·d之间。因于冬末春初气温低,微生物活性不强,生物絮凝吸附池独立进行污水处理,则采用水力停留时间1.5 h,溶解氧2.0 mg/L,污泥浓度(MLSS)1.700 g/L,回流比为0.140,容积负荷为0.935~0.172 kgBOD₅/m³·d。

3) 高污泥负荷下有机物去除单因素影响试验阶段:分别采用6种不同水力停留时间,8种不同污泥负荷及7种不同曝气量进行试验,以考察上述三因素对COD、SS去除率的影响。

4) 高污泥负荷运行试验阶段:根据二次回归正交试验所得水力停留时间,污泥负荷、溶解氧三因素的推荐组合水平参数进行试验,考察对COD等的去除效果。(水力停留时间为1.1 h,污泥负荷2.431~2.897 kgBOD₅/kgMLSS·d,溶解氧1.0 mg/L,污泥浓度(MLSS)为2.175 g/L,回流比为0.152,容积负荷为5.287~6.301 kgBOD₅/m³·d)。

3 试验结果及讨论

3.1 中、低污泥负荷运行试验结果

试验装置在水温10~14℃,pH6.4~6.7条件下运行效果由表2所示。由此可见,装置对COD、BOD₅、SS等的去除稳定且效果较好,其出水基本能达(GB8978-1996)出水二级标准,相对而言NH₃-N、TP、NO₃-N等则表现出较低去除率,另外在中低污泥负荷条件下,虽然BOD₅、COD、SS进水浓度有较大波动,但出水浓度的变化趋势却较为平缓;而对于NH₃-N和TP,其出水浓度则表现出与进水浓度相同的波动趋势,可见生物吸附絮凝法对BOD₅、COD、SS等浓度的变化表现出较好的抵抗能力;而对NH₃-N、TP等的浓度变化则缺乏抵抗能力。

表2 中、低污泥负荷运行试验效果表

| 项 目 | 进水浓度/mg·L ⁻¹ | | 出水浓度/mg·L ⁻¹ | | 去除率/% | | 备 注 |
|--------------------|-------------------------|--------|-------------------------|-------|-------|-------|---|
| | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | |
| COD | 115.40~265.00 | 190.20 | 46.00~105.80 | 58.91 | 60~80 | 68.68 | SS去除效果相对较好; BOD ₅ 次之;COD去除效 果相对较差;TP去除效果 相对较好;NH ₃ -N次之; NO ₃ -N去除效果相对较 差 |
| BOD ₅ | 64.56~129.28 | 96.92 | 18.16~37.43 | 27.04 | 69~72 | 70.42 | |
| SS | 67.00~158.50 | 112.75 | 18.00~46.09 | 24.27 | 70~85 | 76.32 | |
| NH ₃ -N | 13.10~40.00 | 26.55 | 11.75~36.00 | 25.45 | 8~13 | 9.92 | |
| TP | 4.12~10.30 | 7.21 | 3.45~7.97 | 6.49 | 16~24 | 20.57 | |
| NO ₃ -N | 进出水浓度基本无变化,去除率较低 | | | | | | |

3.2 高污泥负荷条件下,水力停留时间对 η_{COD} 、 η_{SS} 的影响

由图2可知,污泥负荷在3.0 kgCOD/kgMLSS·d左右,溶解氧在2.0 mg/L时,COD去除率随反应水力停留时间的增加而增大。水力停留时间为0.8~1.5 h,COD去除率于60%以上;当水力停留时间为18~48 min时,随着水力停留时间增加,SS去除率增长较快;而当水力停留时间大于等于48 min后,随着HRT增加,SS去除率变化不大,也即在相同的试验条件下,水力停留时间对SS去除率有一定影响,但存在一个临界点,在临界点以下,SS去除率随水力停留时间增加而增加,在临界点以上则影响不大。(水力停留时间于0.8~1.5 h范围内,SS去除率基本在70%以上)。

3.3 高污泥负荷条件下,污泥负荷对 η_{COD} 、 η_{SS} 的影响

由图3可以看出,当溶解氧为2.0 mg/L和HRT为0.8 h时,COD去除率与污泥负荷之间的关系曲线呈准抛物线型。污泥负荷为2.8~4.4 kgCOD/kgMLSS·d时,COD去除率位于60%~66%间;而在相同的试验条件下,SS去除率基本保持在70%左右。

3.4 高污泥负荷条件下,溶解氧对 η_{COD} 、 η_{SS} 的影响

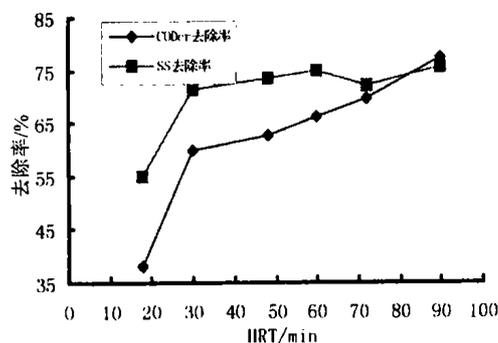


图2 COD、SS去除率-水力停留时间关系

由图4知,在污泥负荷 $3.60 \text{ kgCOD/kgMLSS}\cdot\text{d}$,水力停留时间为 0.8 h 的条件下,COD和SS去除率随溶解氧浓度增加而增大,而SS去除率的变化趋势较为平缓。据分析,当采用曝气量 0.94 L/min 、溶解氧 1.15 mg/L 时,COD去除率为 69% 左右,SS去除率在 70% 以上。

3.5 高污泥负荷运行试验结果

试验装置在水温 $26\sim 29^\circ\text{C}$,pH值 6.4 条件下,运行效果如表3所示。另外在高污泥负荷条件下,进水浓度有一定波动时, BOD_5 、COD、SS出水浓度较为稳定,表现出较强的抵抗能力;而 NH_3-N 、TP则出水浓度受进水浓度影响较大。

表3 高污泥负荷运行试验效果表

| 项目 | 进水浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ | | 出水浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ | | 去除率(%) | | 备注 |
|------------------------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------|--|
| | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | |
| COD | 319.16~462.52 | 390.84 | 76.31~148.84 | 100.67 | 67~78 | 72.97 | SS去除效果较好;COD次之; BOD_5 去除效果最差;TP去除效果相对较好; NH_3-N 次之; NO_3-N 去除效果最差 |
| BOD_5 | 237.00~286.80 | 261.90 | 65.65~99.37 | 82.83 | 64~73 | 68.63 | |
| SS | 108.50~183.70 | 146.10 | 21.30~42.59 | 29.61 | 75~85 | 79.59 | |
| NH_3-N | 10.95~21.35 | 16.15 | 8.70~19.24 | 13.65 | 8~21 | 13.11 | |
| TP | 6.13~12.08 | 9.11 | 3.75~7.80 | 5.70 | 18~54 | 37.44 | |
| NO_3-N | | | 进出水浓度基本无变化,去除率较低 | | | | |

4 结语

1) 无论中低污泥负荷或高污泥负荷,其COD、 BOD_5 、SS等有机物的出水浓度相对进水浓度都呈现较小的波动性,稳定性较好;但是 NH_3-N 、TP、 NO_3-N 的出水浓度稳定性较差;

2) 中低污泥负荷阶段污泥物去除率以SS最高, BOD_5 次之,其后依次为COD、 NH_3-N 、TP、 NO_3-N ;高污泥负荷阶段污泥物去除率的排列顺序略有不同,其 η_{COD} 高于 η_{BOD_5} 。

3) 与中低污泥负荷阶段相比,高污泥负荷阶段具有更高的SS、COD、 NH_3-N 和TP去除率,而高污泥负荷阶段 η_{BOD_5} 低于中低污泥负荷阶段。

4) 在污泥负荷为 $0.55\sim 1.01 \text{ kgBOD}_5/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ 和 $3.0 \text{ kgCOD}/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ 时,对SS、COD、 BOD_5 、TP和 NH_3-N 的去除率分别达到 $75\sim 80\%$ 、 $65\sim 73\%$ 、 $68\sim 70\%$ 、 $20\sim 35\%$ 和 $9\sim 13\%$ 。

参考文献:

- [1] 许萍.城市污水生物絮凝吸附强化一级处理技术试验研究[D].重庆:重庆建筑大学,1999.
- [2] 尤作亮,蒋展鹏,祝万鹏,等.城市污水强化一级处理的研究进展[J].中国给水排水,1998,14(5):28-31.
- [3] 哈尔滨建筑工程学院.排水工程(第2版)下册[M].北京:中国建筑工业出版社.

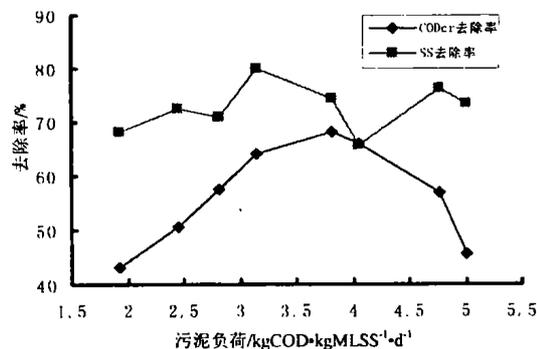


图3 COD、SS去除率-污泥负荷关系

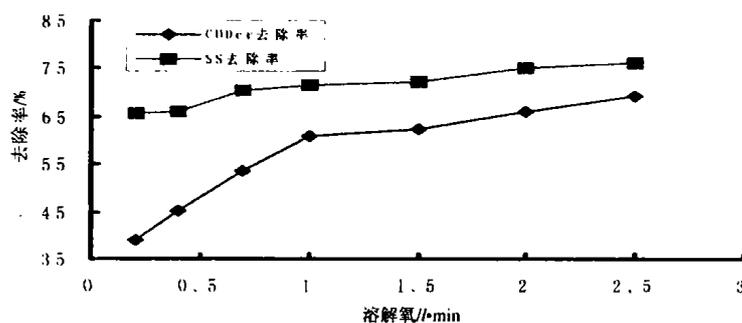


图4 COD、SS去除率-溶解氧关系