

某造纸厂纸机白水生化处理系统的工程应用研究

田 壮¹, 方 帅¹, 王 灿¹, 季 民¹, 贾明昊², 李晓光²

(1. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072; 2. 山东泉林纸业有限责任公司, 山东聊城 252800)

摘 要: 以某草浆造纸厂纸机白水的升级改造工程为依托,对其生化处理系统进行工程调试,重点考察了水温、水力停留时间、容积负荷等参数对生化系统运行性能的影响。结果表明,温度较高时(20~25℃),生化系统对COD和SS的平均去除率比较低水温时(15~20℃)分别提升了15.79%与16.96%,达到81.66%与61.96%;延长生化系统水力停留时间至36h,系统出水水质良好(COD<60 mg/L, SS<10 mg/L)。通过改变生化系统的水力停留时间可以使工艺出水水质达到造纸部分环节的用水水质标准。

关键词: 纸机白水; 生化处理; 水温; 水力停留时间; 容积负荷

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2017)07-0033-04

Performance of Biochemical System for Paper Machine White Water Treatment

TIAN Zhuang¹, FANG Shuai¹, WANG Can¹, JI Min¹, JIA Ming-hao², LI Xiao-guang²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;
2. Tralin Paper Group, Liaocheng 252800, China)

Abstract: In order to improve the effluent quality, biochemical process was used in the upgrading of a pulp paper machine white water treatment plant. Combined with the commissioning of the biochemical system, the effect of temperature, HRT, volume load and other parameters on the pollutants removal was explored. Experimental results showed that the average removal rates of COD and SS at 20~25℃ were 15.79% and 16.96% higher than that at 15~20℃, reaching 81.66% and 61.96% respectively. After extending hydraulic retention time of aeration tank to 36 h, the effluent COD and SS were reduced to below 60 mg/L and 10 mg/L respectively. Effluent quality could reach the standard of recycling water in different processes such as pulping and paper making by adjusting the HRT of aerobic tank.

Key words: paper machine white water; biochemical treatment; temperature; HRT; volume load

制浆造纸行业是高能耗、高水耗行业,其产生的造纸废水排放量大、污染物成分复杂,是主要的环境污染源之一^[1]。制浆造纸废水分为黑液、中段废水和纸机白水,其中纸机白水主要来源于打浆和纸机

抄造等过程^[2],该种废水具有水量大、悬浮物含量高^[3](含有大量细小纤维)、水质较为复杂(含有浆料的溶剂抽出物、溶解性木素、多种化学助剂和填料等)的特点^[4~6],是制浆造纸行业进行废水处理和再

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07203-004-44)

通信作者: 王灿 E-mail: wangcan@tju.edu.cn

生利用的主要对象。

目前,国内大部分企业的纸机白水处理集中在一级物化处理工艺上,占到了约70%,其中混凝和气浮为主要处理技术^[7,8]。但物化处理主要去除纸机白水中的悬浮物,对溶解性物质的去除效果则较差,这大大限制了纸机白水的回用。因此,有必要在一级物化处理的基础上,采用生化工艺对纸机白水中的有机物进行降解^[9,10],再辅以砂滤、超滤等进一步去除细小颗粒和一些溶解态有机物,使纸机白水的水质达到更高的回用标准。

山东某草浆造纸厂进行了纸机白水的升级改造,该厂废水量约 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,在原来絮凝沉淀处理工艺的基础上,新增曝气池和滤池,出水可回用于制浆和抄纸工序。在生化处理工艺中,水温、HRT和污染负荷对其运行效果有很大影响。因此,围绕该厂的生化处理工艺的工程调试与运行展开研究,探究不同条件下生化系统对污染物的去除效果。

1 试验材料与方法

1.1 原水水质

该造纸厂纸机白水的基本水质参数如表1所示(硬度以 CaCO_3 计)。

表1 纸机白水的水质参数

Tab.1 Basic water quality parameters

项 目	数 值	项 目	数 值
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	750 ~ 3 500	pH 值	7.0 ~ 9.0
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	450 ~ 1 400	色度/倍	250 ~ 300
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2 000 ~ 7 000	硬度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	600 ~ 700

该草浆造纸厂主要原料为麦草、玉米、芦苇秸秆等,制浆工艺主要采用碱性过氧化氢化学机械浆(APMP)工艺和氨法。纸机白水主要来自抄纸过程中的压榨、伏辊等工艺过程,产量约 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,水质主要特点是悬浮物含量高、有机物浓度大,BOD₅/COD值为0.3~0.6,可生物降解性良好。

1.2 工艺流程

收集的白水经物化、好氧处理后再进行过滤。白水先经多圆盘真空过滤机回收纤维,再进入絮凝沉淀池(有效容积为 $4\,180 \text{ m}^3$)去除SS,削减绝大部分悬浮态和部分近胶体态COD,出水水质满足制浆车间洗浆要求;而后经过生化系统、二沉池与砂滤池,利用活性污泥的快速吸附和生物降解作用,进一步去除废水中溶解态和胶体态有机物,使出水水质稳定达到抄纸回用要求(流程见图1)。

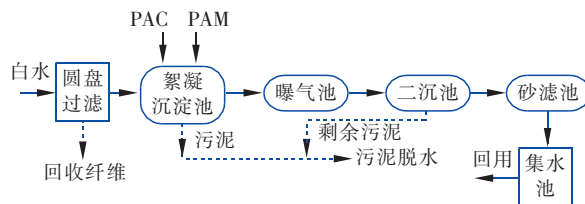


图1 工艺流程

Fig.1 Flow chart of paper machine white water treatment process

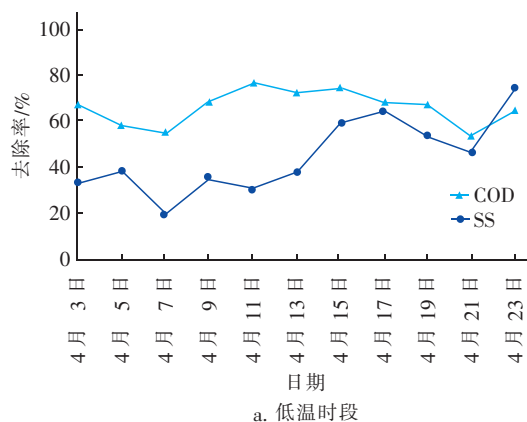
1.3 检测项目与分析方法

COD:重铬酸钾法;BOD₅:稀释接种法;SS:过滤烘干称重法;硬度:EDTA滴定法;色度:稀释倍数法;pH值:玻璃电极法。

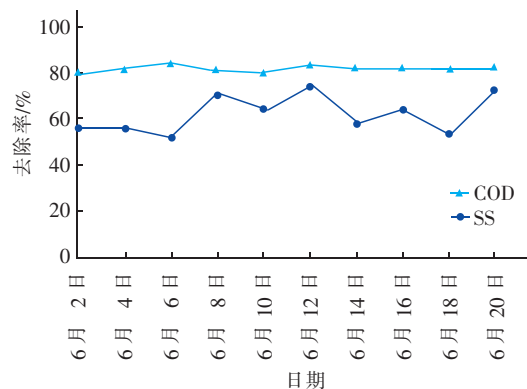
2 结果与讨论

2.1 水温对去除效果的影响

试验考察水温对生化系统运行性能的影响,控制生化系统HRT为24 h,污泥回流比为100%,结果如图2所示。



a. 低温时段



b. 高温时段

图2 不同温度下生化系统对COD和SS的去除率

Fig.2 COD and SS removal by aerobic biological system at different water temperatures

在低温(15~20℃)时,生化系统对 COD 的去除率为 52%~76%,对 SS 的去除率为 20%~74%;在高温(20~25℃)时,对 COD 的去除率为 79%~84%,对 SS 的去除率为 51%~73%,均高于低温下的。图 3 进一步比较了在不同水温条件下,COD 去除速率随容积负荷的变化。可见,随温度的升高,生化系统对有机物的去除速率显著提升。

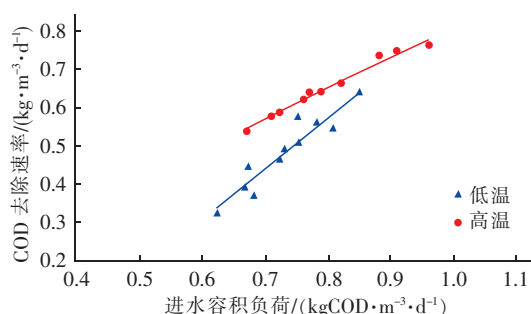


图 3 不同水温及负荷下生化系统对 COD 的去除

Fig. 3 COD removal effect at different water temperatures and loads

上述结果表明,水温对生化系统的运行性能影响较大。这主要是因为生化系统内微生物活性受水温的影响较大:水温较高时,微生物活性较高,降解、吸附 COD 和 SS 等污染物速率较快,去除程度也更高;低温时微生物活性受到了抑制。另外,负荷增加意味着底物浓度提高,有利于微生物增殖,故在一定范围内 COD 去除速率与有机负荷呈正相关关系。Krishna 等^[9]也认为,温度较高时,由于更快的反应动力学和较高的比生长率导致底物降解速率较快。

2.2 HRT 对生化系统去除效果的影响

保持进水有机负荷在一定范围,调控进水流量,考察生化系统在不同 HRT 下的运行性能,结果见图 4。

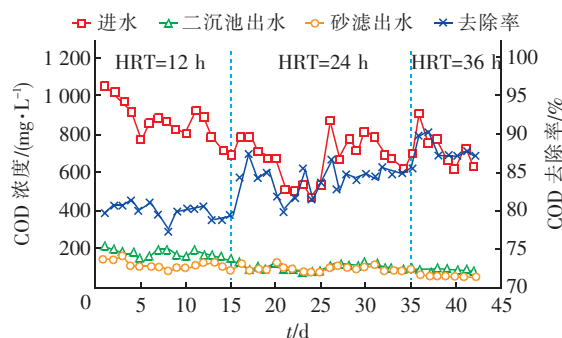


图 4 不同 HRT 下生化系统对 COD 的去除率

Fig. 4 COD removal by aerobic biological system at different HRTs

从图 4 可知,随着停留时间的增加,生化系统对 COD 的去除率增大。当 HRT 为 12 h 时,生化系统对 COD 的去除率为 77.3%~81.0%,其平均值为 76.8%;当 HRT 为 24 h 时,生化系统对 COD 的去除率达 79.9%~87.5%,其平均值为 84.3%,去除效果提升明显;当 HRT 为 36 h 时,系统对 COD 的去除率为 87.1%~90.1%,其平均值达到 88.3%。

不同停留时间下二沉池出水 COD 都低于 200 mg/L,满足洗浆、漂白环节回用水水质标准;当 HRT 延长至 36 h 时,砂滤出水 COD 已在 60 mg/L 以下,满足文化用纸和铜版纸的回用水水质标准。

随着水力停留时间的增加,对 SS 的去除率也有一定提高。当 HRT 为 12、24、36 h 时,生化系统对 SS 的去除率分别为 49.1%、57.8%、62.3%,表明通过增加水力停留时间的方法来获得更高的 SS 去除率比较困难。不同停留时间下二沉池出水 SS 都低于 120 mg/L,满足洗浆、漂白环节回用水水质标准;当 HRT 延长至 36 h 时,砂滤出水 SS 已在 10 mg/L 以下,满足文化用纸、铜版纸以及生活用纸的回用水水质标准。

当生产用水的硬度过高时,在纸机湿部易产生沉淀、水垢,堵塞网孔,影响生产,缩短网部等的使用寿命,降低硬度有利于防止设备结垢,进而提高纸品。测定显示,该工艺对硬度的去除率变化幅度很大,平均去除率约为 12%,但延长水力停留时间对去除硬度无明显影响(见图 5)。

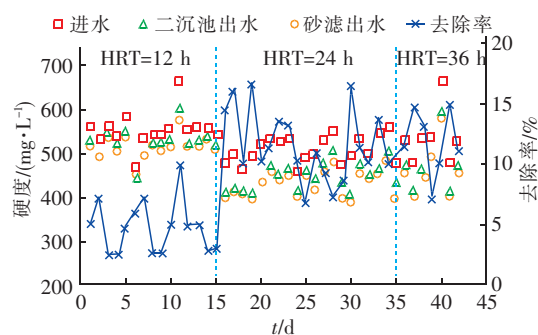


图 5 不同水力停留时间下生化系统对硬度的去除率

Fig. 5 Hardness removal by aerobic biological system at different HRTs

2.3 容积负荷对去除效果的影响

保持生化系统的水力停留时间为 24 h,探究不同容积负荷下系统对 COD、SS 的去除效果。当进水 COD 浓度由 300 mg/L 升高至 860 mg/L 时,容积负

荷由 $0.31 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 升至 $0.86 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, COD 去除速率呈线性增加, 去除率也从 60.9% 提高到 87.5% (见图 6)。说明低 COD 容积负荷时, 微生物活性受限, 导致处理效率降低, 随着负荷的增加则底物不再是限制因素, 去除率稳定在较高水平。

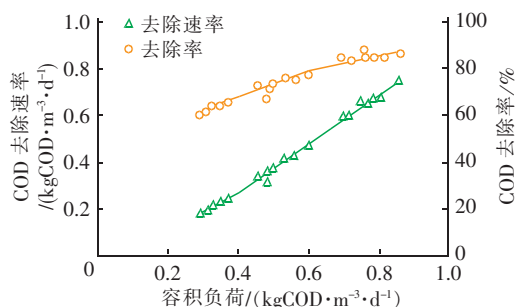


图6 生化系统容积负荷对 COD 去除效果的影响

Fig.6 COD removal effect by biological system under different volume loading rates

在不同负荷下对 SS 的去除率基本稳定在 55%, 这说明生化系统对 SS 的去除效果主要依靠吸附作用, 受有机负荷的影响不大。

3 结论

① 经过升级改造后, 系统出水水质得以大大提高, 达到抄纸回用水水质要求。生化系统参数对工艺出水水质影响很大。

② 当温度较高时 ($20 \sim 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) 微生物活性高, 生化系统对 COD 和 SS 的去除速率及效果较之较低水温时 ($15 \sim 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) 有显著提升。

③ 随着水力停留时间的增加, 生化系统对 COD、SS 的去除率增大。当 $\text{HRT} = 36 \text{ h}$ 时, 工艺最终出水 $\text{COD} < 60 \text{ mg/L}$, $\text{SS} < 10 \text{ mg/L}$, 满足造纸工艺回用水水质标准, 回用程度大大提高。

④ 在一定范围内生化系统对 COD 的去除速率与去除率随容积负荷的增加而增大, 对 SS 的去除率影响不大。当进水容积负荷为 $0.31 \sim 0.86 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, COD 去除率为 60.9% ~ 87.5%, SS 去除率稳定在 55%。说明该系统具有一定的抗冲击负荷能力。

参考文献:

[1] Dudala P S, Garg A, Dhakhwa S. Biodegradability enhancement of synthetic pulping liquor (generated from sugarcane baggase digestion) by non-catalytic wet oxida-

tion process [J]. J Environ Chem Eng, 2014, 2 (2): 1182 - 1185.

- [2] De Ios S R, Tatyana P, Chairez I, et al. Remediation of lignin and its derivatives from pulp and paper industry wastewater by the combination of chemical precipitation and ozonation [J]. J Hazard Mater, 2009, 169 (1/3): 428 - 434.
- [3] 郭茂新. 利用废纸造纸行业废水的处理技术 [J]. 中国给水排水, 2000, 16 (11): 23 - 25.
- [4] 龙启明. 造纸白水处理工程及调试运行 [J]. 轻工科技, 2013, (6): 109 - 110.
- [5] Miranda R, Blanco A, Negro C. Accumulation of dissolved and colloidal material in papermaking—Application to simulation [J]. Chem Eng J, 2009, 148 (2/3): 385 - 393.
- [6] Oulanti L, Daneault C, Chabot B. Cationisation of silicon wafers to assess the development of a solid sorbent for the removal of anionic contaminants in paper machine white water [J]. Chem Eng J, 2012, 209 (11): 28 - 37.
- [7] 蔡敏强, 张宏. 纸机白水回收处理方法的选择 [J]. 陕西科技大学学报, 2002, 20 (6): 84 - 86.
- [8] 耿晓宁, 刘秉钺. 浅谈纸机白水的封闭循环 [J]. 中国造纸, 2005, 24 (8): 52 - 56.
- [9] Krishna K V, Sarkar O, Venkata M S. Bioelectrochemical treatment of paper and pulp wastewater in comparison with anaerobic process: integrating chemical coagulation with simultaneous power production [J]. Bioresour Technol, 2014, 174: 142 - 151.
- [10] 何争光, 刘军深, 曹书霞, 等. 废纸制浆造纸废水的治理实例 [J]. 中国给水排水, 2004, 20 (1): 78 - 80.



作者简介: 田壮 (1994 -), 男, 山西运城人, 硕士研究生, 从事水污染控制技术研究。

E-mail: tianzhuang2015@tju.edu.cn

收稿日期: 2016 - 11 - 28