

复合塘-湿地生态系统处理草浆造纸中段废水运行效果

王 丽¹ 王 琳² 王宝贞¹ 刘 硕¹ 王 正¹

(1. 哈尔滨工业大学, 黑龙江哈尔滨, 150090; 2. 中国海洋大学, 山东青岛, 260003)



作者简介: 王 丽女士, 副教授, 博士后; 主要从事废水控制与处理利用研究。

摘 要: 应用复合塘-湿地生态系统对草浆造纸中段废水进行强化处理, 处理能力3万m³/d。最终处理单元出水的 COD_{Cr}、BOD₅、TSS浓度的全年平均值分别可达到105.8、102.1、39.8 mg/L。系统夏季的运行效果优于冬季, 但是系统设计包含了总容量270万m³的净化存储塘, 可实现冬季3个月系统废水全部存储不外排, 保证全年出水达到排放标准。

关键词: 草浆造纸中段废水; 高效复合塘; 生态系统

中图分类号: X793 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-508X(2007)06-0012-03

塘系统是利用水生生物系统(菌藻共生系统和水生生物系统)对废水进行生态处理的工程设施。这种废水处理系统基建投资和运转费用低、维护维修简单、便于操作, 能有效去除废水中的有机物和病原体, 废泥产量低, 是可以实现废水资源化的、有效的废水处理工艺, 由塘处理系统发展而来的复合塘能够高效地去除多种污染物、木素等难降解有机化合物以及重金属等具有广泛的发展前景^[1-2]。本实验对复合塘-湿地生态处理系统处理草浆造纸中段废水的运行效果进行分析和研究。

系统的典型处理流程分别见表 2 及图 2。

表1 塘系统进水水质

水量/万m ³ ·d ⁻¹	pH值	COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	SS/mg·L ⁻¹
3	8~9	1800~2000	600~750	750~850

表2 处理系统各塘主要参数

名称	单元尺寸/m	单元数量/个	有效水深/m
厌氧塘	140 × 50 × 5.5	2	5
曝气塘	90 × 50 × 5	2	4
兼性塘	350 × 50 × 3.5	2	3
净化存储塘	1500 × 900 × 2.5	1	2

1 复合塘-湿地生态处理系统

本实验研究的复合塘-湿地生态处理系统位于山东省沾化县, 占地面积约0.18万hm², 处理能力为3万m³/d。进水水质见表1, 生态塘工艺平面图见图1。系统由厌氧塘、曝气塘、兼性塘、净化存储塘和芦苇湿地组成。

废水经平流沉淀池、调节塘进行预处理后进入处理系统, 系统采用多级塘串联运行, 每一处理单元包含两个并行的处理塘。处理系统各塘主要参数及生态

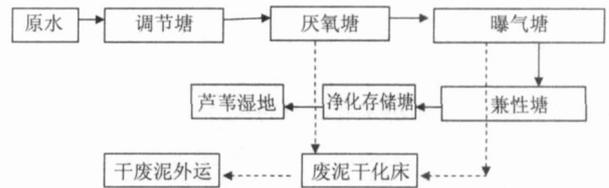


图2 生态塘系统的典型处理流程

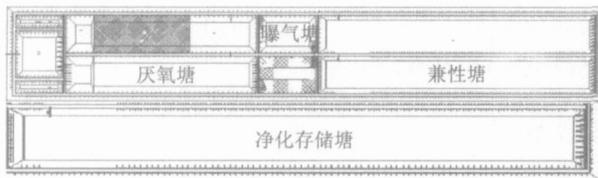


图1 生态塘工艺平面图

2 结果与讨论

2.1 各处理单元溶解氧 (DO) 的变化规律

由图 3 可以看出, 由于曝气塘配备了潜水曝气设备, 使该单元全年 DO 的浓度高于 3mg/L; 其他各单元的 DO 含量与藻类的光合作用和有机物降解过程关系较为密切, 在每年的 3~10 月, 由于藻类等生物量的增加, 尤其是兼性塘单元氧含量明显呈下降趋势; 湿地的 DO 含量在 3~5 月份略有上升, 5~10 月份呈下降趋势。这是因为在 3~5 月份湿地系统的浮萍等由

收稿日期: 2006-12-14(修改稿)

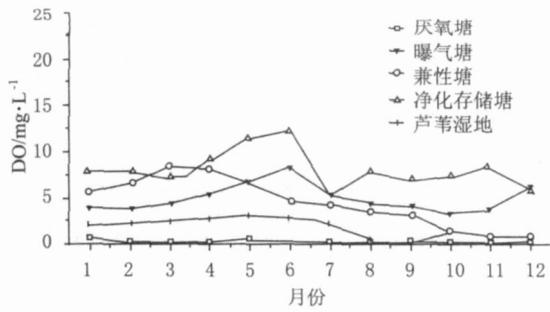


图3 不同季节生态处理系统DO变化规律

于气温的原因没有大量繁殖,但是5~10月气温上升,浮萍大量繁殖,影响了水体的大气复氧,所以,DO呈下降趋势。厌氧塘内藻类生物量全年都很低,对DO的影响较小,而且造纸废水的草渣含量高,在塘表面会形成浮渣层,所以厌氧塘的DO含量很低。

2.2 BOD₅ 的去 除 规 律

表3为高效复合塘-湿地复合生态处理系统对BOD₅的去 除 效 果。由表3可知,塘-湿地生态处理系统对BOD₅的总去除率在81%~88%之间,平均去除率84%。

表3 生态处理系统BOD₅浓度逐月变化规律 mg/L

月份	厌氧塘 出水	曝气塘 出水	兼性塘 出水	存储塘 出水	湿地 出水
1	548	369	182	134	132
2	556	362	185	128	122
3	536	339	182	143	138
4	432	331	168	132	93
5	420	309	147	101	71
6	431	287	129	113	83
7	450	286	141	126	81
8	451	341	138	123	78
9	451	340	168	120	86
10	462	356	147	150	100
11	588	369	159	158	102
12	585	360	250	153	137
去除率/%	12~38	25~39	31~58	16~30	0~28

该生态处理系统中BOD₅的去 除 主 要 集 中 在 曝 气 塘 和 兼 性 塘,两个单元BOD₅的去 除 率 分 别 为 25%~39%和31%~58%。曝气塘出水BOD₅常年保持在286~360mg/L之间;兼性塘出水的BOD₅常年保持在130~250mg/L之间;净化存储塘出水的BOD₅在101~158mg/L之间;湿地处理单元的出水BOD₅随季节有一定的波动,低温期出水BOD₅在102~137mg/L之间;而5~8月的温暖季节,系统出水BOD₅稳定在71~83mg/L。生态处理系统全年BOD₅去除率高达76%~92%;而芦苇湿地对BOD₅的去 除 率 冬 季 低 于 1%,没有什么效果。

2.3 COD_{Cr} 去 除 规 律

《中国造纸》2007年第26卷第6期

表4为高效复合塘-湿地复合生态处理系统对COD_{Cr}的去 除 效 果。由表4可知,塘-湿地生态处理系统对COD_{Cr}的总去除率在90%~95%之间,平均去除率92.5%。

表4 生态塘处理系统COD_{Cr}浓度逐月变化规律 mg/L

月份	厌氧塘 出水	曝气塘 出水	兼性塘 出水	存储塘 出水	湿地 出水
1	680	483	289	159	155
2	682	488	251	147	137
3	585	431	220	149	152
4	582	430	218	140	141
5	568	418	188	129	101
6	547	388	179	128	109
7	559	401	180	129	108
8	482	449	170	120	97
9	568	458	211	119	109
10	597	463	231	157	117
11	699	476	284	180	169
12	690	490	310	190	181
去除率/%	62~73	7~29	27~63	29~44	1~19

系统各个单元对于COD_{Cr}的去 除 率 存 在 差 异,厌氧塘的去 除 率 最 高 达 到 73%,处理效果最佳,而且由于厌氧塘采用了废泥发酵坑技术,在进水段设置深达7m的废泥发酵坑,形成绝对的厌氧环境,废水处理过程属于深度厌氧到甲烷发酵阶段,在该单元可见大量明显的甲烷气体逸出水面,而且没有异味。

在兼性塘COD_{Cr}的去 除 率 高 达 27%~63%,这是因为兼性塘的尺寸是所有单元中最大的,水力停留时间较长,而且兼性塘内填充有大量的纤维填料,在填料表面形成大量的生物膜,在膜表面由里到外形成厌氧、兼氧、好氧多种生态环境,有利于COD_{Cr}的去 除;此外,曝气进水中不仅包含有机物,还包含还原性无机物,相当高的DO以及好氧化环境等都应是COD_{Cr}去 除 率 较 高 的 主 要 原 因^[3]。净化塘和湿地水生生物的代谢产物是净化塘和湿地中COD_{Cr}降解的主要原因。但是湿地植物在冬季对COD_{Cr}降解作用接近于零。

2.4 TSS 去 除 规 律

从表5可以看出,复合生态处理系统具有较好的TSS去 除 能 力,系统出水TSS浓度基本稳定在24~52mg/L之间。尤其当芦苇湿地投入使用后,随着芦苇逐渐生长茂密,芦苇茎及根系起到有效的过滤、吸附和截留作用,出水TSS浓度迅速从春季的51mg/L下降到秋季的23mg/L左右。

在常规的生态处理系统中,通常将净化存储塘作为最终的处理单元来进一步净化废水,但近年的研究显示,存储塘中大量生长的浮游藻类将导致系统出水

表5 生态处理系统TSS浓度逐月变化规律 mg/L

月份	厌氧塘出水	曝气塘出水	兼性塘出水	存储塘出水	湿地出水
1	251	232	171	120	51
2	250	210	170	141	51
3	212	202	171	121	51
4	219	198	198	110	49
5	234	206	196	120	46
6	242	210	201	119	40
7	250	211	204	120	25
8	252	209	199	128	25
9	259	211	198	128	25
10	261	199	189	134	24
11	248	190	177	106	31
12	268	203	189	110	51
去除率/%	65~71	18~25	4~27	30~41	43~82

TSS 浓度迅速增长, 进而引起接纳水体的“水华”现象。而芦苇湿地中茂密生长着芦苇和浮萍等水生植物, 它们不仅能够进一步抑制藻类的生长, 芦苇、浮萍根系及茎叶良好的截滤作用能进一步去除水体中各类悬浮颗粒。这进一步说明芦苇湿地具有良好的 TSS 去除能力。因而在生态处理系统中采用芦苇湿地能够有效保证系统对 TSS 的去除效果^[4-5]。

3 结 论

3.1 复合塘-湿地生态处理系统各处理单元对造纸废水中污染物有较高降解能力和去除效率。

3.2 整个生态系统运行稳定、处理效果良好, 植物生长季节各污染物的去除效率均优于非植物生长季节, 同时系统中的净化存储塘在容积设计上可以保证在冬季(近3个月)处理效果下降时, 对污水进行存储不向外排放, 而且具有最后的净化作用, 实现造纸废水在冬季的存储净化作用, 保证全年废水处理达标排放。

参 考 文 献

- [1] Wang Baozhen, Dong Wenyi, Li Gaoqi, et al. Experimental study on high rate pond system treating piggery wastewater [J]. *Wat.Sci. and Tech.*, 1996, 34(11): 125
- [2] 王宝贞, 王琳, 丁永伟, 等. 废水处理生态系统的研究与工程实践 [A]. 2005 中国国际水处理技术高级专家论坛, 中国水污染治理技术装备论文集 [C]. 北京: 中国环境保护产业协会废染治理委员会(CWPCC), 2005
- [3] PENG Jian-feng, WANG Bao-zhen, WANG Lin. Multi-stage ponds-wetlands ecosystem for effective wastewater treatment [J]. *浙江大学学报(英文版)*, 2005, 6B (5): 346
- [4] PENG Jiang-feng, WANG Bao-zhen, WANG Lin, et al. Performance of a combined system of ponds and constructed wetlands for wastewater reclamation and reuse [A]. International conference on waste stabilization ponds Avignon, France, 2004 [C]. France: EEC by Cemagref, Antony Cedex, 2004
- [5] Tadesse I, Green F B, Puhakka J A. Seasonal diurnal variations of temperature, pH and dissolved oxygen in advanced integrated wastewater pond system treating tannery effluent [J]. *WaterResearch*, 2004, 38(3): 645

Efficiency of Advanced Combined Pond-Wetland Eco-System in the Treatment of Washing and Bleaching Effluent from Straw Pulping Line

WANG Li^{1,*} WANG Lin² WANG Bao-zhen¹ LIU Shuo¹ WANG Zheng¹

(Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang Province, 150090; 2. Ocean University of China, Qingdao, Shandong Province, 260003)

(* E-mail:fuping@hit.edu.cn)

Abstract: Advanced combined pond-wetland eco-system with treatment capacity of 30000m³/d was applied to treat the washing and bleaching effluent from the straw pulping line and the good treatment efficiency was recognized. The annual average values of COD_{Cr}, BOD₅, TSS of the effluent from the last wetland could reach 105.8, 102.1, 39.8 mg/L respectively. The system pollutants removal efficiency in summer was better than in winter. The storage pond with 27Mm³ was adopted which could guarantee the treatment efficiency all the year around.

Key words: washing and bleaching effluent form straw pulping line; combine pond-wetland eco-system CPP

(责任编辑: 王 岩)

推进林业生态建设 加快发展林纸循环经济