



生物接触氧化池—膜生物反应器组合 处理电厂再生废水的研究

张 萍¹,陈晓宇²

(1. 上海电力学院 环境工程系, 上海 200090; 2. 杨树浦发电厂, 上海 200090)

摘 要:介绍了应用生物接触氧化池—膜生物反应器组合处理电厂化学再生废水和生活污水的混合废水。试验表明,当进口有机物 COD_{cr} 在 300 ~ 500mg/L, TOC 在 100 mg/L 左右, Cl^- 质量浓度为 4 500mg/L 时,操作条件 pH=6 ~ 8, DO₂ ~ 3mg/L, 停留时间为 8 h, 水温在 20 ~ 25℃ 时,出口 COD_{cr} 小于 100mg/L, 平均 TOC 10mg/L 左右, COD_{cr} 去除率在 85%, TOC 去除率为 90% 左右。

关键词:生物接触氧化池;膜生物反应器; COD_{cr} ; TOC; 氯离子浓度

作者简介:张 萍(1960-),女,硕士,讲师,从事水污染控制技术研究。

中图分类号: TM711 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-9529(2006)05-0058-04

Treatment of regeneration waste water of power plants by biological contact oxidation process and membrane-biological reactors

ZHANG Ping¹, CHEN Xiao-yu²

(1. Dept. of Environment Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China;

2. Yangshupu Power Plant, Shanghai 200090, China)

Abstract: The treatment of the mixed waste water, consisting of chemical regeneration waster water and residential sewerage from power plants, by using the biological contact oxidation process—membrane-biological reactors is recommended. Experiments show that when the inlet organics COD_{cr} is between 300 and 500 mg/L, TOC about 100 mg/L, the concentration of Cl^- about 4 500 mg/L, pH between 6 and 8, DO between 2 and 3 mg/L, detention time about 8 h, water temperature between 20 and 25℃, the outlet COD_{cr} is less than 100 mg/L, the average TOC is about 10 mg/L, the COD_{cr} elimination rate is 85%, and the TOC elimination rate is about 90%.

Key words: biological contact oxidation process; membrane-biological reactor; COD_{cr} ; TOC; concentration of Cl^-

火电厂排放的废水主要有汽轮机凝汽器的冷却排水、水力冲灰冲渣废水、化学废水、生活污水等。

化学废水产生于阴床、阳床失效后的再生排水。由再生操作产生的废水一般是将废水的 pH 值调节到符合排放标准后排放。再生废水排水量相当于化学车间水处理水量的 10%。

根据对某电厂化学车间排放再生废水的随机跟踪调研,再生废水的水质指标如表 1 所示。再生废水中氯离子质量浓度在 160 ~ 8 000mg/L、COD 含量在 50 ~ 600mg/L, 超过上海市地方标准 DB31/199-1997《污水综合排放标准》规定的 100 crmg/L 的二级标准 COD_{cr} 。因此,有必要对再生废水进行处理达标后才能排放。

表 1 再生废水水质指标

mg/L

日期	设备名称	pH 值	COD_{cr}	Cl^-	Na^+
1 月	设备 1	<2	269.86	3 370	1 270
	设备 2	<2	294.18	3 171	1 770
2 月	设备 1	4	49.2	1 250	832
	设备 2	2	151	3 350	1 460
3 月	设备 1	6	52.13	1 350	967
	设备 2	6	63.71	1 450	1 120
4 月	设备 1	7.34	73.85	160	105
	设备 2	6.7	72.4	1 760	1 240
5 月	设备 1	3	407.2	7 752	3 789
	设备 2	3	554.1	5 937	3 120

膜生物反应器是将高效膜分离技术和生物反应器的生物降解作用集于一体的水处理技术,它使用膜组件替代传统活性污泥法中的沉淀池实现泥水分离,具有固液分离率高、出水水质好、处理

效率高、占地空间小、运行管理简单等特点^{[1][2]}。目前,膜生物反应器已成功用于下水道污水、粪便污水、垃圾渗滤液等废水的处理,在工业废水处理方面的研究日益增多。

电厂化学再生废水的特点是水量大、氯离子浓度高,水质指标波动范围较大。根据电厂化学再生废水的特点,运用生物接触氧化池与膜生物反应器组合操作对电厂再生废水进行处理。由于再生废水中只有少量可供微生物生长的营养元素,氯离子对微生物有一定的毒害作用。因此,采用生活污水和电厂的再生废水同时处理。生活污水不仅提供了生物处理中微生物的营养物,同时,生活污水与再生废水的混合可以稀释氯离子在废水中的浓度,降低其对微生物的毒害性。

本研究的目的在于降低再生废液中 COD_{cr} , 同时为今后再生废液的回用进行初步探索。

1 废水处理试验

(1) 主要分析项目

主要分析项目如表 2 所示。

表 2 分析项目及方法

分析项目	分析方法	分析次数
SS	重量分析法	2 次/星期
COD_{cr}	标准重铬酸钾法 GB11914-8	每天
TOC	1020A 型 TOC 分析仪	每天
pH	pHS-3C pH 计	每天
溶解氧	JPB-706 型便携式溶氧仪	每天
氯离子	硝酸银滴定法 GB11896-89	2 次/星期
硬度	EDTA 滴定法 GB6903-86	2 次/星期

文献[3~5]表明,当废水中氯离子浓度较高时,会干扰 COD_{cr} 测定的准确性。因此,在测定 COD_{cr} 时,根据氯离子的浓度,按硫酸汞:氯离子 = 10:1,加入硫酸汞的量。同时,测定 TOC,以确定废水中有机物的变化规律。

(2) 试验用水与试验流程

在试验中,模拟生活污水配置试验用水,加入一定比例的电厂再生废水,将混合液作为进水进行试验,再生废水取自某电厂的化学再生废水。配水用葡萄糖、 $(NH_4)_2SO_4$ 和 KH_2PO_4 ,按 $BOD_5:N:P=100:5:1$ 比例配制。用盐酸和氢氧化钠调节进水的 pH 值。试验流程如图 1 所示。

生物接触氧化池—膜生物反应器由 PVC 材料制成。生物接触氧化池容积为 54.5 L,挂有软性填料。膜生物反应池容积 24.5 L,内置中空纤

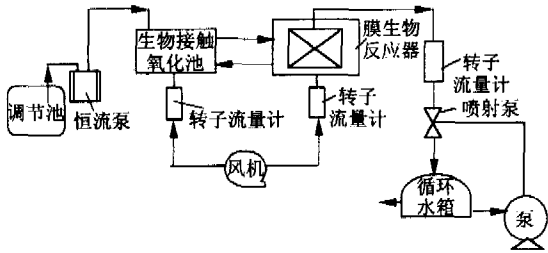


图 1 试验流程

维膜组件 2 个。每个膜面积 $0.5m^2$,组件总面积 $1m^2$,膜材料为聚丙烯,膜孔径为 $0.1\sim0.2\mu m$ 。在膜生物反应器底部装有倾斜板,便于污泥回流到生物接触氧化池中。生活污水和再生废水经过调节池混合后,由恒流泵连续输入生物接触氧化池。接触氧化池、膜生物反应器中微生物所需氧气由鼓风机提供。生物接触氧化池的出水流入膜生物反应器,膜生物反应器的出水通过喷嘴和泵抽出。曝气量、出水流量由转子流量计和阀门控制。

(3) 挂膜

东区污水处理厂的活性污泥为接种污泥,加入生物接触氧化池中进行闷曝,每天加一定量的 C、N、P 和微量元素^[6],去除上清液后,加生活污水和 5% 的再生废液,观察软性填料上微生物生长情况,同时,不定时地测定 COD_{cr} 。当 COD_{cr} 去除率达到 55% 以上^[7],认为挂膜成功。连续进料,正式进行试验研究。

2 试验结果与讨论

试验设定的条件为:模拟生活污水与工业再生废水 10%、15%、20%;氯离子质量浓度 1 500 mg/L、3 000 mg/L、4 500 mg/L;溶氧 $DO\ 2\sim3\ mg/L$ 、 $<2\ mg/L$;停留时间 24 h、8 h。

(1) 生物接触氧化池—膜生物反应器在不同氯离子浓度下 COD_{cr} 、TOC 的处理效果

在 $DO\ 4\sim6\ mg/L$, $pH=6\sim8$,水温 $20\sim25^\circ C$,停留时间 24 h, Cl^- 质量浓度增加到 1 500 mg/L,运行到 200 h 后 Cl^- 质量浓度增加到 3 500 mg/L,运行到 400 h 后 Cl^- 质量浓度增加到 4 500 mg/L。生物接触氧化池、膜生物反应器中 COD_{cr} 、TOC 的变化如图 2、图 3 所示。

可以看出,氯离子质量浓度在 1 500 mg/L、3 500 mg/L 时,生物接触氧化池出口的 COD_{cr} 质量浓度小于 100 mg/L,TOC 质量浓度在 20 mg/L 左

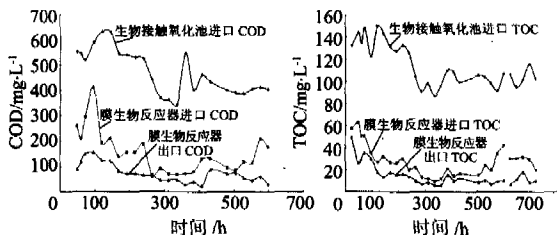


图2 生物接触氧化池进口、出口、膜生物反应器出口 COD_{cr} 随时间的变化

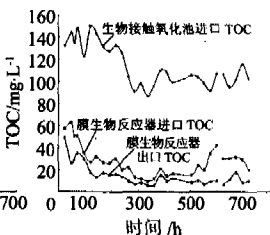


图3 生物接触氧化池进口、出口、膜生物反应器出口 TOC 随时间的变化

右;当氯离子质量浓度为 4 500 mg/L 时,由于氯离子浓度的增加对微生物的毒害或抑制,微生物的活性受到破坏,生物接触氧化池出口 COD_{cr} 质量浓度逐渐上升,平均出口浓度大于 100 mg/L, TOC 大于 20 mg/L。但此时膜反应器出口 COD_{cr} 小于 100 mg/L, TOC 约 10 mg/L。因此,膜生物反应器不仅具有生物处理作用,同时还具有稳定出水水质的作用。

(2) 不同再生废水配比下的 COD_{cr}、TOC 去除效果

图 4、图 5 是操作条件在 pH = 6 ~ 7, 溶氧 DO = 4 ~ 6mg/L, 停留时间 24 h, 温度在 20 ~ 25℃ 时, 生物接触氧化池中 COD_{cr}、TOC 去除率, 生物接触氧化池—膜生物反应器 COD_{cr}、TOC 去除率的变化曲线。可以看出, 总的 COD_{cr} 去除率(生物接触氧化池—膜生物反应器) 约在 90% 左右。生物接触氧化池的 COD_{cr} 去除率在 30% ~ 90%, 有较大的波动。总的 COD_{cr} 去除率, 由于膜生物反应器的截留作用, 相对比较平稳, 在去除率 70% ~ 95% 之间。

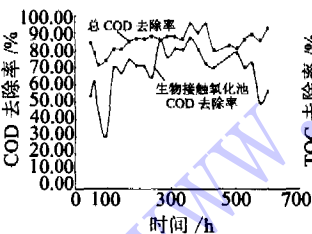


图4 生物接触氧化池、生物接触氧化池—膜生物反应器 COD_{cr} 去除率

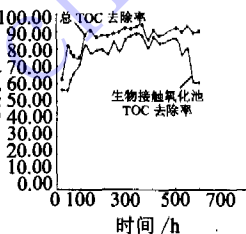


图5 生物接触氧化池、生物接触氧化池—膜生物反应器 TOC 去除率

(3) 不同停留时间 COD_{cr}、TOC 去除效果

当 pH = 6 ~ 8, DO 4 ~ 6, 氯离子质量浓度为 4 500 mg/L 时, 改变停留时间, 由 24 h 减小到 8 h, 测定数据如表 3、表 4 所示。

由表 3、表 4 可以看出, 停留时间由 24 h 降低到 8 h 后, 生物接触氧化池出口的 COD_{cr} 大于 100

mg/L, 平均去除率从 82% 降低到 70%。但膜反应器出口的 COD_{cr} 仍小于 100 mg/L, 平均 COD_{cr} 去除率在 80% 左右。此时膜生物反应器出口的 COD_{cr} 已接近 100 mg/L, 去除率逐渐下降。

表 3 不同停留时间 COD_{cr} 的变化 mg/L

停留时间	生物接触氧化池进口处	生物接触氧化池出口处	膜生物反应器出口处	去除率 /%	总去除率 /%
24 h	345.1	68.4	47.2	80.18	86.32
	547	71.2	27.2	86.98	95.03
	403.2	80	39.2	80.16	90.28
	462	83.2	35.9	81.99	92.23
	362.9	70.2	45.6	80.66	87.43
8 h	432	156.9	72.4	63.68	83.24
	370.9	90.7	60.4	75.55	83.72
	413.5	187	83.6	54.78	79.78
	397	156.9	85.4	60.48	78.49

表 4 不同停留时间 TOC 的变化 mg/L

停留时间	生物接触氧化池进口处	生物接触氧化池出口处	膜生物反应器出口处	去除率 /%	总去除率 /%
24 h	86.681	9.615	6.104	88.91	92.96
	95.981	11.877	6.014	87.63	93.73
	109.003	14.301	10.236	86.88	90.61
	90.963	13.275	7.062	85.41	92.24
	98.216	12.144	8.218	87.64	91.63
8 h	104.674	21.159	6.772	79.79	93.53
	105.23	26.31	10.327	75.00	90.19
	110.059	21.056	15.632	80.87	85.80
	92.34	21.92	14.36	76.26	84.45

(4) 不同溶解氧时 COD_{cr}、TOC 的去除效果

当 pH = 6 ~ 8, 氯离子质量浓度为 4 500mg/L, 停留时间为 8 h 时, 改变 DO 为 2 ~ 3mg/L、小于 2mg/L, 测定数据如表 5、表 6 所示。

表 5 不同溶氧时 COD_{cr} 的去除效果 mg/L

溶解氧	生物接触氧化池进口处	生物接触氧化池出口处	膜生物反应器出口处	去除率 /%	总去除率 /%
2 ~ 3	403.2	93	42.2	76.93	89.53
	462.4	129.2	37.5	72.06	91.89
	433.6	130.4	45.36	69.93	89.54
	402	95.7	54.4	76.19	86.47
	394.2	114.6	47.2	70.93	88.03
<2	392.5	95.31	74.85	80.81	75.72
	388.3	117.9	80.78	69.64	79.20
	406.4	126	93.45	69.00	77.01
	391.4	209	104.3	46.60	73.35

可以看出, 当溶氧在 2 ~ 3 mg/L 时, 生物接触氧化池出口的 COD_{cr} 大于 100 mg/L, 当 DO < 2 mg/L 时, 生物接触氧化池出口 COD_{cr} 有上升的趋势, 平均 COD_{cr} 去除率由 73% 降低到 67%。膜生物反应器出口 COD_{cr} 在 DO 2 ~ 3 mg/L 时小于 100

mg/L,总的COD_{cr}去除率(生物接触氧化—膜生物反应器)在88%左右。当DO<2时,由于溶氧的减少,好氧微生物得不到足够的氧,新陈代谢能力降低,操作状况恶化。COD_{cr}总去除率下降到78%,出口COD_{cr}大于100 mg/L,并有上升的趋势。

表 6 不同溶氧时 TOC 的变化 mg/L

溶解氧	生物接触氧化池进口处	生物接触氧化池出口处	膜生物反应器出口处	去除率 / %	总去除率 / %
2~3	105.527	15.328	8.642	85.47	91.81
	104.081	23.956	10.67	76.98	89.75
	98.501	19.957	7.056	79.74	92.84
	91.913	35.304	9.717	61.59	89.43
	109.003	14.301	10.236	86.88	90.61
<2	110.059	21.056	15.632	80.87	85.80
	105.23	24.87	15.6	76.37	85.18
	96.861	26.354	16.423	72.79	83.04
	99.718	29.718	21.274	70.20	78.67

(5) 出水中Cl⁻质量浓度、硬度、SS的变化见图6、图7。

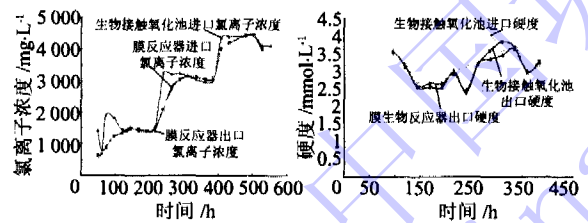


图6、图7为氯离子质量浓度、硬度在生物接触氧化池和膜生物反应器进、出口的变化。从图中可以看出,经过生物接触氧化池、膜生物反应器的处理,氯离子质量浓度、硬度的进、出口浓度几乎相同,没发生变化。这表明在本系统的操作条件下,微生物对氯离子、硬度没有去除效果。同时,不定时测定的生物接触氧化池和膜生物反应器中的SS,但SS几乎未检出。这可能是由于废水经生化处理后,使污泥的密度增加,增强了污泥的沉降性能。

3 结论

(1) 当操作条件在pH=6~8,DO=4~6 mg/L,

氯离子质量浓度小于3 500 mg/L,停留时间为24 h,进口COD_{cr}在400~500 mg/L时,生物接触氧化池出口COD_{cr}小于100 mg/L、TOC<10 mg/L,COD_{cr}去除率约80%,TOC平均去除率87%。

(2) 当操作条件pH=6~8,DO<2~3 mg/L,氯离子质量浓度在4 500 mg/L时,停留时间为8 h,生物接触氧化池—膜生物反应器出口COD_{cr}小于100 mg/L、TOC<15 mg/L,COD_{cr}去除率为85%,TOC去除率约为88%。当停留时间为24 h时,生物接触氧化池—膜生物反应器COD_{cr}的去除率达到90%,TOC去除率为92%。

(3) 运用生物接触氧化池—膜生物反应器废水处理系统可以达到同时处理火电厂化学再生废水和生活污水的目的,膜生物反应器置于生物接触氧化池之后可以稳定出口废水的水质。当氯离子质量浓度波动,生物接触氧化池出口废水中COD_{cr}发生波动时,膜生物反应器出口废水中的COD_{cr}数值较稳定。

(4) 由本试验数据可知此操作系统对废水中Cl⁻、硬度的去除没有效果。废水中的氯离子、其它离子去除有待于进一步的研究。

参考文献:

[1] 顾国维.膜生物反应器在污水处理中的研究和应用[M].北京:化学工业出版社,2002.
[2] 姬广磊.膜生物反应器在高浓度有机废水处理中的应用[J].环境科学与技术,2002,25(2).
[3] 黄新文.无机盐对SBR生化处理法的影响[J].水处理技术,2002,28(4).
[4] 罗平.高浓度含盐废水COD测定中Cl⁻的影响及消除[J].南京化工大学学报,1992,21(6).
[5] 杨俊仕.高氯离子废水中低COD简易分析方法研究[J].油气田环境保护,2002,12(3).
[6] 石燕.活性污泥法处理含铬废水的研究:[D].上海:同济大学,2001.
[7] 俞汉青.生物膜反应器控膜方法的试验研究[J].中国给水排水,1992,8(3).

收稿日期:2006-02-06

