第 20 卷 第 2 期
2000 年 4 月
桂 林 工 学 院 学 报
JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Vol.20 No.2
Apr. 2000

文章编号 1006－544X(2000)02－0189－03

造纸废水的混凝处理研究*

张学洪[1] 解庆林[1] 李金城[1] 王敦球[1] 舒忠常[2]

(1. 桂林工学院，541004；2. 桂林市环境保护局，541000)

摘 要 研究了分别使用聚合氯化铝、精制硫酸铝、三氯化铝、硫酸亚铁、聚丙烯酰胺(PAM)和用聚合氯化铝与 PAM 联合混凝处理广西某造纸厂生产的终端废水的效果。根据处理效果出水 COD_{Cr}、出水浊度和处理成本以及经济效果综合考虑，以使用聚合氯化铝最为合适，废水 pH 值不用调节，最佳聚合氯化铝投加量为 40 mg/L，处理水出水水质可达国家污水排放标准(COD_{Cr}＜100 mg/L)。

关键词 絮凝剂；混凝；造纸废水；广西

中图分类号 X793.03 **文献标识码** A①

我国造纸工业发展迅速，每年人均消费量约在 16 kg 以上，造纸工业废水的处理是当今废水处理的难题之一[1,2]。混凝法是一种常见的水处理方法，在造纸行业废水处理中也普遍使用，但处理效果不甚理想；用聚合氯化铝作絮凝剂的研究报道较少[3~6]。

广西某造纸厂是广西较大的造纸厂之一，造纸所用原料以马尾松为主(约占 2/3)，其次是进口废纸箱、国产高档包装纸箱、普通底纸箱，年产约 3.5 万 t，该厂已对蒸煮黑液进行回收利用，将部分一级碱性废水用于烟气除尘脱硫和锅炉冲渣，并设置造纸废水的二级斜网回收纤维。终端废水排放量约为 10 000 m^3/d，水质状况为 ρ(COD_{Cr}) 400 mg/L，ρ(BOD_5) 135 mg/L，ρ(SS) 200 mg/L，pH＝6.3，浊度 400 NTU。要求处理水出水 ρ(COD_{Cr}) 达到 100 mg/L，ρ(SS) 70 mg/L。笔者采用混凝法对该厂造纸终端废水进行处理，取得了较好的效果，该方法已较好的用于实际工程中。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

絮凝剂为聚合氯化铝(PAC，大连力佳化学制品公司)、硫酸亚铁(化学纯)、三氯化铝(化学纯)、精制硫酸铝(广西南宁江南化学助剂厂)、聚丙烯酰胺(PAM)(广西南宁江南化学助剂厂)；试验废水为广西某造纸厂终端废水。

1.2 实验设备

SC556 实验搅拌器(湖北潜江市仪器厂)，PHS－2C 型精密酸度计(上海雷磁仪器厂)；TG729B 型单盘电光分析天平，日洪 H－STZ 浊度仪(无锡日洪浊度仪公司)；WMX 型 COD 快速测定仪(汕头市环海工程总公司)；差压式直读 BOD 测定装置(广东医疗仪器厂)。

1.3 实验方法

1.3.1 混凝最佳 pH 值的确定 取一组(8 份) 250 mL 的造纸废水，经调节其 pH 至不同值，投加近似最佳量的絮凝剂(由定性试验确定)后，先快速搅拌(200 r/min) 0.5 min，后中速搅拌(120 r/min) 2 min，再慢速搅拌(70～80 r/min)

① 2000－01－19 收稿，2000－02－24 改回。

第一作者简介：张学洪(1963－)，男，湖北荆州人，哈尔滨建筑大学在读博士研究生，副教授，市政工程专业。

* 桂林市重点污染源限期治理项目。

6 min。待静置 20 min 后，测定其上清液的剩余浊度，作出剩余浊度 - pH 值关系图，确定最佳 pH 值。

1．3．2 最佳混凝剂和投加量的确定 在多联变速搅拌机上通过烧杯实验来确定最佳絮凝剂种类。实验条件为：取若干组，每组为 5 份，体积各为 250 mL 的废水，于各组分别投加不同种类的絮凝剂，每一组内所投加的絮凝剂种类相同，但投加量不同。先快速搅拌（200 r/min）0.5 min，后中速搅拌（120 r/min）2 min，再慢速搅拌（70～80 r/min）6 min。待静沉 20 min 后，目测上清液水色，用浊度计测定上清液浊度，并测定上清液中剩余 COD_{Cr}，确定最佳投药种类和投药量。

2 结果与讨论

2．1 pH 对处理效果的影响

从试验结果（表 1），可知，用精制硫酸铝和聚合氯化铝作絮凝剂产生凝聚作用的最佳 pH 值分别为 5 和 6.5。该废水实际 pH 为 6.3，因此如果选用聚合氯化铝作絮凝剂，废水 pH 值不作任何调节，就可达到较好的处理效果。

表 1 不同 pH 条件下两种絮凝剂的混凝效果

Table 1 The flocculating effect of two kinds of flocculants at the different pH values 浊度/NTU

	pH 值							
	4	5	6	6.5	7	8	8.5	9
精制硫酸铝	38	28	36	42	47	57	63	89
聚合氯化铝	127	92	23	23	25	28	35	87

2．2 不同絮凝剂及不同投加量对处理效果的影响

试验结果见表 2。投加不同的絮凝剂对 COD 的去除率不同，以聚合氯化铝效果最好，而精制硫酸铝、三氯化铝、聚丙烯酰胺效果次之，硫酸亚铁效果较差。而且投加 1% 聚合氯化铝作絮凝剂，投加量相对较少，仅为 4/10 万（即 40 mg/L）。

2．3 聚合氯化铝和 PAM 的复合混凝效果

在 250 mL 的废水中先投入一定的聚合氯化铝，由于聚合氯化铝的电荷中和作用，使废水中胶粒的表面电荷被中和到一定程度，胶粒间排斥能较弱，而增多了相互间的碰撞次数；然后再加入 PAM，可使被部分中和的胶粒迅速被吸附和桥连，形成絮凝体。表 3 为复合混凝的试验结果。

表 2 不同混凝剂及不同投加量时上清液中 COD_{Cr}值（mg/L）

Table 2 The CODCr value of liquor supernatant in different flocculants and at different dosing capacities $\rho(COD_{Cr})/(mg \cdot L^{-1})$

絮凝剂种类及浓度**	混凝剂投加量/mL				
	0.2	0.6	1.0	1.6	2.0
精制硫酸铝(1%)	122.3	99.5	69.3	66.4*	66.3
聚合氯化铝(1%)	107.6	96.4	57.0*	56.4	54.2
硫酸亚铁(1%)	137	128	103.6	95.6*	94.3
三氯化铝(1%)	109.4	107.7	80.4	61.3*	60.6
阴离子聚丙烯酰胺(3‰)	125	98.4	69	64.5*	65.9

* 为相对最佳投加量；** 浓度为质量分数。

由表 3 可以看出，复合使用聚合氯化铝和 PAM 混凝可以部分提高 COD 去除率，如 2 号样中上清液 COD_{Cr}可降至 45.3mg/L，但总的来看提高幅度并不是很大。PAM 价格较昂贵，因而使用复合混凝法，将会使处理费用提高，因此只有在出水水质不达标时，才考虑使用复合混凝剂。

表 3 聚合氯化铝和 PAM 复合混凝试验

Table 3 The coagulating test of allying polyaluminium with PAM

序号	V/mL		$\rho(COD_{Cr})/(mg \cdot L^{-1})$	浊度/NTU
	3‰PAM	1%的聚合氯化铝		
1	0.2	0.6	76.4	37
2	0.2	1.0	45.3	25
3	0.4	0.6	52.3	27
4	0.4	1.0	45.6	25
5	0.6	0.6	53.2	28
6	0.6	1.0	40.7	21

3 结论

（1）该造纸废水须处理后出水必须达到 $\rho(COD_{Cr})$ ＜100 mg/L，ρ（SS）＜70 mg/L。该废水可生化性不好，水量又较大（10 000 m^3/d）。因此，既要求选用的絮凝剂对 COD 和悬浮物去除效果好，又要考虑成本尽量低。本文比较了各种絮凝剂的去除效果、投加量和其成本价格，认为使用聚合氯化铝作为该废水处理的絮凝剂（投加量约为 40 mg/L），去除效果最好，最为经济，且不需调节 pH 值。

（2）复合使用聚合氯化铝和 PAM，可以部分提高 COD 去除率，因成本较高，在一般情况下不宜采用复合絮凝剂，而在出水水质不能完全达标时，可考虑复合絮凝剂（即 PAC－PAM）。

参　考　文　献

[1] 张自杰. 环境工程手册. 水污染控制卷［S］. 北京：高等教育出版社. 1996. 964～1023

[2] 张鑫衍. 浅析造纸工业废水的净化治理［J］. 工业水处理，1998，18（2）：41～42

[3] 张万忠，李锦贵. 季铵盐阳离子 P（DM～AM）用于造纸废水处理的研究［J］. 水处理技术，1999，25（5）：290～293.

[4] 廖泰泉. 再生纸造纸污水的物理化学法快速净化与循环使用［J］. 工业水处理，1998，18（1）：34～35

[5] 马青山. 絮凝化学和絮凝剂［M］. 北京：中国环境科学出版社，1988. 180～210

[6] 张崇华. 混凝剂与絮凝剂［M］. 北京：中国环境科学出版社，1991. 125～150

THE RESEARCH ON COAGULATION IN WASTEWATER TREATMENT OF A PAPER MILL

Zhang Xuehong　Xie Qinglin　Li Jincheng　Wang Dunqiu

(*Guilin Institute of Technology*, *Guilin*　541004)

Shu Zhongchang

(*Guilin Environmental Protection Agency*)

Abstract　The terminal wastewater from a paper mill in Guangxi was coagulated with polyaluminium chloride, refined aluminum sulphate, aluminum chloride, ferrous sulphate and polyacrylic amide (PAM), respectively. The wastewater was also treated by the combined coagulation of polyaluminium chloride and PAM. The results have shown that polyaluminium chloride was the best coagulant according to the coagulating results, i. e. removal of COD_{Cr} and turbidity and costs. The optimum value if throwing polyaluminum chloride was 40 mg/L. The treated water was suitable to meet the requirement of national wastewater discharge standard (ρ (COD_{Cr}) <100 mg/L).

Key words　coagulant; coagulation; wastewater of paper mills; Guangxi