

專題研究題目：三種混凝劑用於去除顏料廢水 COD 之研究

專題學生：羅秉豪、陳寶凡、孟家瑋、蘇品寬



一、摘要

本專題主要是在探討硫酸鋁、氯化鐵及 PAC 三種常用混凝劑對混凝去除顏料廢水 COD 之潛能及限制。研究過程所探討的操作參數包含混凝劑之添加量、高分子助凝劑之添加量、pH 值及反應時間。經由四因素三水準單一指標(COD)之正交實驗可知使用硫酸鋁混凝劑去除 COD 之最佳操作條件可設為硫酸鋁(10%) 2 ml, pH 7, 反應時間 1 小時, 高分子添加量 0.5 ml, 於此操作條件下, COD 之去除率約 24%。使用氯化鐵混凝劑去除 COD 之最佳操作條件可設為氯化鐵(30%) 1 ml, 高分子(0.1%) 0.5 ml, pH 10 及反應時間 1 小時, 於此操作條件下 COD 之去除率約 31% (實驗過程中最高可達 36%)。使用 PAC 混凝劑去除 COD 之最佳操作條件可設為 PAC(10%) 0.8 ml, pH 8.17, 反應時間 0.25 小時及高分子添加量 0 ml, 於此操作條件下 COD 之去除率約 23% (實驗過程中最高可達 31%)。文中亦對化學混凝法在實際應用上之優點點進行一些討論。

二、研究緣起

化工顏料之製程由於產品多樣化, 因此其所排放之廢水往往具有下列特性: 間歇性排放、水質水量波動性大、高 COD 濃度(可能高達 8000 mg/L 以上)、高鹽度(其中氯離子之含量可高達 7000 mg/L)、生物可降解性較差(BOD/COD 之比值可能小於 0.3), 若含偶氮類顏料, 則廢水中氮氣之含量亦會很高。除了上述問題外, 顏料廢水往往亦會有色度之困擾。上述特性使得顏料廢水之有效處理往往變得相當困難。

如上所述, 顏料廢水往往具有高 COD、高氮氣含量、高懸浮物、高鹽度、高硫酸根離子含量、生物難降解及高色度等特徵, 其中高鹽度及硫酸鹽含量可能會抑制微生物活性, 進而干擾生物處理效率, 因此針對此類廢水之處理預處理程序就變得相當重要。目前常用於處理顏料生產廢水的方法主要分為物理化學法和生物處理法, 物理化學法主要有活性炭吸附、離子交換、溶劑萃取、膜分離、化學氧化、電滲析、化學混凝法等, 而生物處理法則主要有活性污泥法、生物接觸氧化法、SBR、UASB、複合生物濾池等。大多數顏料廢水之處理流程均由上述處理方法所組合而成, 例如採用調勻單元、化學混凝單元及活性污泥處理單元組合而成, 處理後之放流水則納管進入工業區污水處理廠。

本專題即是在測試三種常用混凝劑對於去除顏料廢水中 COD 之潛能及限制, 研究過程採用實廠廢水透過正交實驗法尋找最適之操作參數, 以供未來廠實際應用時之參考。

三、研究方法

本專題使用四因素三水準單一指標(COD)之正交實驗來決定四因子之優先順序及最佳操作參數組合。

$L_9(3^4)$ 正交設計因素水準表

水準	因素			
	混凝劑添加量(mg/L)	助凝劑添加量(mg/L)	pH 值	反應時間(h)
(A)	(B)	(C)	(D)	
1	5	1.0	1.0	0.5
2	10	5.0	3.0	1.0
3	20	10.0	5.0	2.0

四、結果與討論

表 1 硫酸鋁混凝劑之四因素三水準單一指標 COD 之正交實驗結果(COD 初始濃度約 500 ppm)

序號	硫酸鋁 (ml)	高分子 (ml)	pH	反應時間 (h)	COD 去除率 (%)
1 ₁₁	0.5	0.5	4	0.5	12.0
2 ₁₁	0.5	1	7	1	16.0
3 ₁₁	0.5	1.5	10	2	12.0
4 ₁₁	1	0.5	7	2	20.0
5 ₁₁	1	1	10	0.5	20.0
6 ₁₁	1	1.5	4	1	12.0
7 ₁₁	1.5	0.5	10	1	16.0
8 ₁₁	1.5	1	4	2	12.0
9 ₁₁	1.5	1.5	7	0.5	24.0
K ₁	40	48	36	56	
K ₂	52	48	60	44	
K ₃	52	48	48	44	
k ₁ (-K ₁ /3)	13.3	16.0	12.0	18.7	
k ₂ (-K ₂ /3)	17.3	16.0	20.0	14.7	
k ₃ (-K ₃ /3)	17.3	16.0	16.0	14.7	
R	4.0	0.0	8.0	4.0	

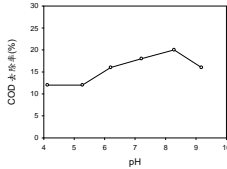


圖 1 COD 去除率隨 pH 值之變化情形, 反應條件為硫酸鋁(10%) 1.5 ml, 高分子(0.1%) 1.5 ml, 反應時間 0.5 小時

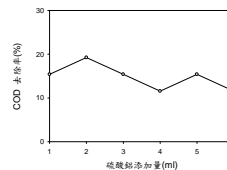


圖 2 COD 去除率隨硫酸鋁(10%) 添加量之變化情形, 反應條件為高分子(0.1%) 1.5 ml, pH 7, 反應時間 0.5 小時

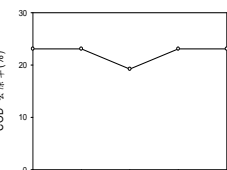


圖 3 COD 去除率隨反應時間之變化情形, 反應條件為硫酸鋁(10%) 2 ml, 高分子(0.1%) 1.5 ml, pH 7



圖 4 COD 去除率隨高分子(0.1%) 添加量之變化情形, 反應條件為硫酸鋁(10%) 2 ml, pH 7, 反應時間 1 小時

表 2 氯化鐵混凝劑之四因素三水準單一指標 COD 之正交實驗結果(COD 初始濃度約 500 ppm)

序號	氯化鐵 (ml)	高分子 (ml)	pH	反應時間 (h)	COD 去除率 (%)
1 ₂₁	0.5	0.5	4	0.5	28.0
2 ₂₁	0.5	1	7	1	36.0
3 ₂₁	0.5	1.5	10	2	36.0
4 ₂₁	1	0.5	7	2	28.0
5 ₂₁	1	1	10	0.5	32.0
6 ₂₁	1	1.5	4	1	20.0
7 ₂₁	1.5	0.5	10	1	24.0
8 ₂₁	1.5	1	4	2	20.0
9 ₂₁	1.5	1.5	7	0.5	24.0
K ₁	100	80	68	84	
K ₂	80	88	88	80	
K ₃	68	80	92	84	
k ₁ (-K ₁ /3)	33.3	26.7	22.7	28.0	
k ₂ (-K ₂ /3)	26.7	29.3	29.3	26.7	
k ₃ (-K ₃ /3)	22.7	26.7	30.7	28.0	
R	10.7	2.7	8.0	1.3	

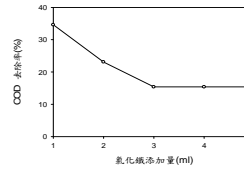


圖 5 COD 去除率隨氯化鐵(30%) 添加量之變化情形, 反應條件為高分子(0.1%) 2 ml, pH 10, 反應時間 0.5 小時

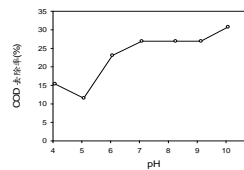


圖 6 COD 去除率隨 pH 值之變化情形, 反應條件為氯化鐵(30%) 1 ml, 高分子(0.1%) 2 ml, 反應時間 0.5 小時

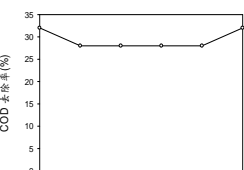


圖 7 COD 去除率隨高分子(0.1%) 添加量之變化情形, 反應條件為氯化鐵(30%) 1 ml, pH 10, 反應時間 0.5 小時

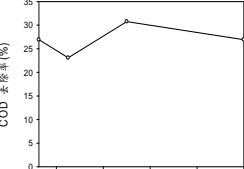


圖 8 COD 去除率隨反應時間之變化情形, 反應條件為氯化鐵(30%) 1 ml, 高分子(0.1%) 0.5 ml, pH 10

表 3 PAC 混凝劑之四因素三水準單一指標 COD 之正交實驗結果(COD 初始濃度約 500 ppm)

序號	PAC (ml)	高分子 (ml)	pH	反應時間 (h)	COD 去除率 (%)
1 ₃₁	0.5	0.5	4	0.5	19.2
2 ₃₁	0.5	1	7	1	19.2
3 ₃₁	0.5	1.5	10	2	11.5
4 ₃₁	1	0.5	7	2	19.2
5 ₃₁	1	1	10	0.5	23.1
6 ₃₁	1	1.5	4	1	19.2
7 ₃₁	1.5	0.5	10	1	26.9
8 ₃₁	1.5	1	4	2	15.4
9 ₃₁	1.5	1.5	7	0.5	30.8
K ₁	50	65	54	73	
K ₂	62	58	69	65	
K ₃	73	62	62	46	
k ₁ (-K ₁ /3)	16.7	21.8	17.9	24.4	
k ₂ (-K ₂ /3)	20.5	19.2	23.1	21.8	
k ₃ (-K ₃ /3)	24.4	20.5	20.5	15.4	
R	7.7	2.6	5.1	9.0	

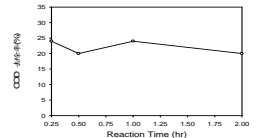


圖 9 COD 去除率隨反應時間之變化情形, 反應條件為 PAC(10%) 1 ml, 高分子(0.1%) 0.5 ml, pH 7.08

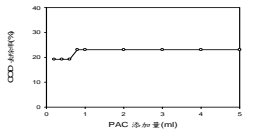


圖 10 COD 去除率隨 PAC(10%) 添加量之變化情形, 反應條件為高分子(0.1%) 0.5 ml, pH 7.12, 反應時間 0.25 小時

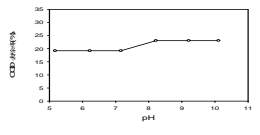


圖 11 COD 去除率隨 pH 值之變化情形, 反應條件為 PAC(10%) 0.8 ml, 高分子(0.1%) 0.5 ml, 反應時間 0.25 小時

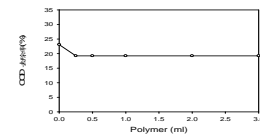


圖 12 COD 去除率隨高分子(0.1%) 添加量之變化情形, 反應條件為 PAC(10%) 0.8 ml, pH 8.17, 反應時間 0.25 小時

五、結論

經由四因素三水準單一指標(COD)之正交實驗可知針對三種常用混凝劑對顏料廢水中 COD 之去除測試可獲下列結果:

- 使用硫酸鋁混凝劑去除 COD 之最佳操作條件可設為硫酸鋁(10%) 2 ml, pH 7, 反應時間 1 小時, 高分子添加量 0.5 ml, 於此操作條件下, COD 之去除率約 24%。
- 使用氯化鐵混凝劑去除 COD 之最佳操作條件可設為氯化鐵(30%) 1 ml, 高分子(0.1%) 0.5 ml, pH 10 及反應時間 1 小時, 於此操作條件下 COD 之去除率約 31% (實驗過程中最高可達 36%)。
- 使用 PAC 混凝劑去除 COD 之最佳操作條件可設為 PAC(10%) 0.8 ml, pH 8.17, 反應時間 0.25 小時及高分子添加量 0 ml, 於此操作條件下 COD 之去除率約 23% (實驗過程中最高可達 31%)。

由上述結果可知三種混凝劑對 COD 之處理效果似乎是鐵系較優系來得高, 但最高之去除率亦僅大約 30% 左右, 此和一般業者所聲稱可高達 60% 之 COD 去除率有很大之落差。至於 pH 之最佳操作範圍則大約和一般所認知的範圍尚稱符合。