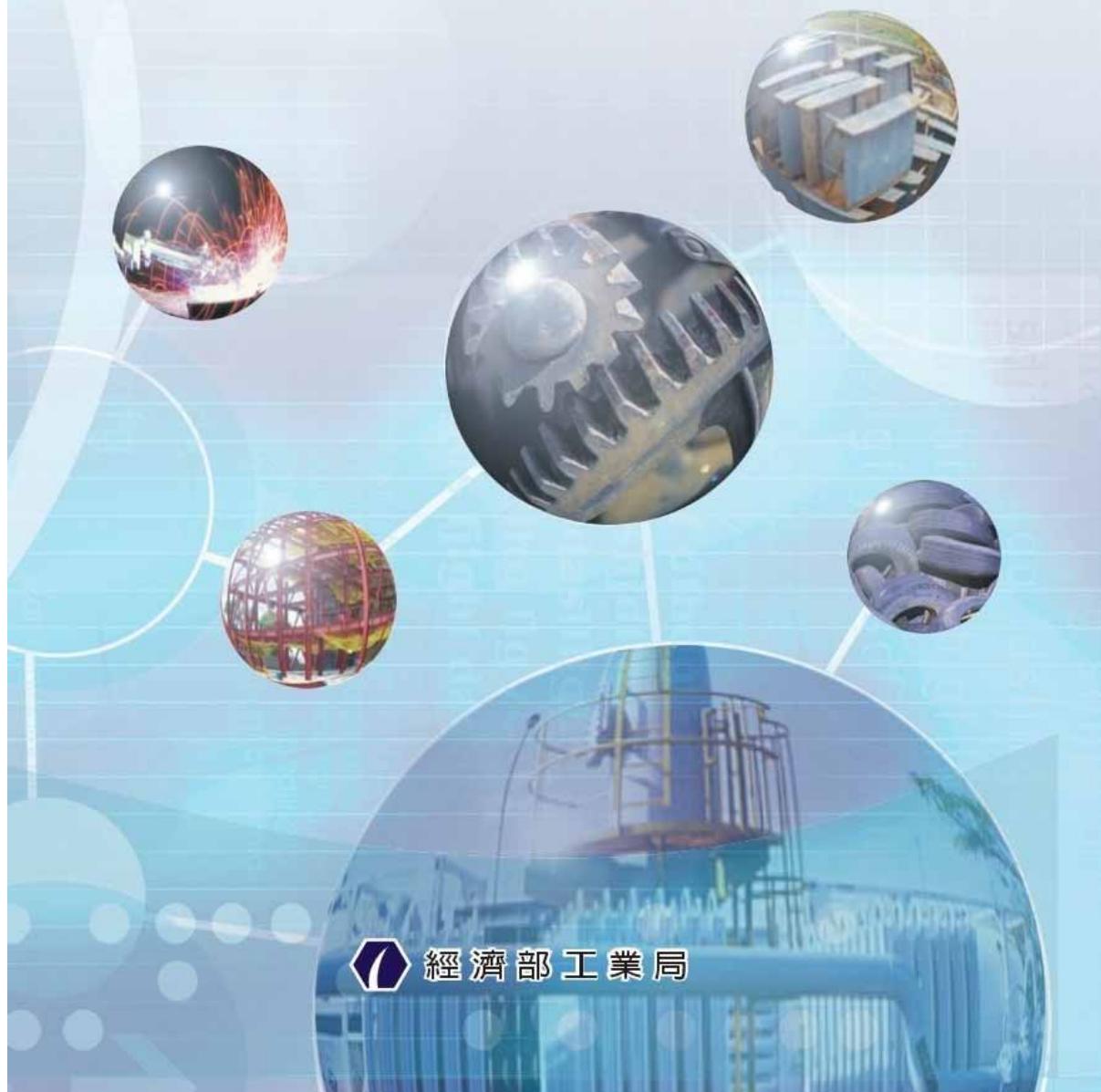


環保技術輔導改善案例彙編



序

台灣地區地狹人稠、資源有限。過去數十年來，由於工商業快速發展，使台灣社會由農業型態進入了工商業型態。經濟的發展、工業的進步，相對產生了種種環境污染的問題。為此，我國政府自 70 年代末期開始，即積極投入產業環境保護工作：透過訂定環保法規、提供行政資源與推動輔導措施，以規範及誘導產業做好污染防治工作。

民國 90 年起，本局為進一步配合國內外相關規範的漸趨嚴格，及為因應國內業界配合環保法令之輔導需求，進而規劃「環保技術輔導計畫」，以推動更具整合性的污染防治工作項目，積極深入各行業工廠進行輔導工作，協助產業運用最新環保技術以減少污染產生，採取有效且經濟的方法來符合法令要求，進而降低運作風險，達到提升產業生產力與競爭力之目的。其間，部分工廠具體執行成效卓著，並累積寶貴之工廠實務改善經驗，足為業界之典範。

本局為持續推廣歷年各輔導工廠污染防治實務改善之經驗，特於本（94）年度規劃執行「環保技術輔導改善案例彙編」作業，彙集編撰 90 年至 93 年度「環保技術輔導計畫」執行期間，受輔導工廠之具體改善成效實績，包括廢水污染防治及廢氣污染防治領域，共計 40 個案例。期望透過各案例工廠污染防治改善之實例經驗，提供產業界更多元化的參考管道，以協助工廠提昇污染防治之效能。

本彙編編撰過程，承蒙審查委員及計畫執行單位財團法人台灣產業服務基金會全力參與編輯與審查工作，使本彙編得以圓滿完成，謹致上最誠摯之謝忱。

經濟部工業局謹識

中華民國 94 年 12 月

目 錄

第一章 前 言	1-1
1.1 緣起	1-1
1.2 內容說明	1-1
第二章 廢水輔導改善案例介紹	2-1
2.1 金屬製品業	2-1
2.2 電鍍業	2-15
2.3 食品業	2-36
2.4 染整業	2-46
2.5 造紙業	2-55
2.6 紡織業	2-67
2.7 電機電子機械器材業	2-73
2.8 製藥業	2-82
2.9 光電業	2-89
2.10 皮革業	2-98
2.11 機械設備業	2-112
2.12 非金屬礦物製品業	2-116
2.13 金屬基本工業	2-120
2.14 化學製品業	2-125
第三章 廢氣輔導改善案例介紹	3-1
3.1 金屬製品業	3-1
3.2 塑膠製品業	3-8
3.3 光電業	3-21
3.4 印刷業	3-29
3.5 家具業	3-33
3.6 金屬基本工業	3-37
第四章 結 語	4-1

第一章 前 言

1.1 緣起

鑑於歷年來工業局積極推動各項環保計畫，深入各行業工廠進行輔導工作，於強化工廠污染防治輔導方面，提供各行業工廠各項污染防治設施診斷暨處理技術之提昇改善輔導措施，協助產業調整製程操作條件、參數及改善處理設施以加強污染防治工作，進而提昇其設備處理成效，改善污染排放品質或降低污染量等，其執行成效斐然；為便於持續推廣歷年各工廠實務改善之績效及經驗，並作為各界參考應用之典範，特蒐集分析工業局 90 年至 93 年度「環保技術輔導計畫」執行期間，計 969 家受輔導工廠資料，其規模及分布區域如表 1 所示，並以各廠技術輔導改善具體成效內容為篩選依據，彙整具改善績效卓著之 40 家工廠輔導案例，編輯為「環保技術輔導改善案例彙編」。

表 1 「環保技術輔導計畫」歷年輔導工廠分析

年度	輔導 家數	地區家數					企業規模(註)	
		北區	中區	南區	東區	其他	中小 企業	大企業
90	179	40	52	83	4	0	120	59
91	228	55	88	82	3	--	158	70
92	356	138	92	120	3	3	242	114
93	206	94	59	52	1	--	134	72
合計	969	327	291	337	11	3	654	315

註：製造業之中小企業為員工人數 200 人(含)以下或資本額 8,000 萬元(含)以下；大企業為員工人數 200 人(不含)以上及資本額 8,000 萬元以上(不含)。

1.2 內容說明

(1) 案例工廠污染類別及製程特性

根據歷年接受輔導工廠之污染類別統計，主要係以廢水類居多，其次為廢氣類；行業別分佈差異則不顯著。本彙編案例所涵蓋之行業甚多，包括金屬製品業、塑膠製品業、電鍍業、食品業、染整業、造紙業、紡織業、電機電子機械器材業、製藥業、光電業、皮革業、機械設備業、非金屬礦物製品業、印刷業、家具業、金屬基本工業、化學製品業等 17 個行業類別；其污染類型及排放特性均為該行業污染特性指標，頗具代表性。

歷年來，工業局在工廠輔導方面的作法，主要係以強化對既設工廠之污染設施改善，並積極協助產業朝向清潔生產及製程減廢改善等輔導為主；本彙編各案

例工廠之具體改善執行類型即包括有廠內改善、管末處理改善、或以上兩者兼俱等；各案例之製程特性暨改善類型如表 2 所示。案例類別比例，乃依據輔導類型（屬性）規劃案例家數；其中，廢水污染類別 30 家（佔 75%），廢氣污染類別 10 家（佔 25%）等為案例對象，其行業別及改善類型分佈如表 3 所示。

表 2 各案例之製程特性暨改善類型

案例別	製程特性暨改善類型	行業別
一	鋼胚生產線材盤元之廢水處理改善	金屬製品業
二	金屬製品加工之廠內暨廢水處理改善	金屬製品業
三	氯化金鉀生產金錫端子之廠內暨廢水處理改善	金屬製品業
四	金屬零件鍍鎳鉻之廠內暨廢水處理改善	電鍍業
五	金屬零件鍍鋅之廠內暨廢水處理改善	電鍍業
六	燈飾零件鍍鎳之廠內暨廢水處理改善	電鍍業
七	金屬零件鍍銅鎳之廢水處理改善	電鍍業
八	傳統食品生產加工之廢水處理改善	食品業
九	生乳加工產製乳品之廠內暨廢水處理改善	食品業
十	傳統食品生產加工之廢水處理改善	食品業
十一	紡織染整加工之廠內暨廢水處理改善	染整業
十二	筒紗染色加工之廠內暨廢水處理改善	染整業
十三	梭織染色加工之廢水處理改善	染整業
十四	木漿廢紙產製用紙之廢水處理改善	造紙業
十五	廢紙產製瓦楞芯紙之廢水處理改善	造紙業
十六	木漿廢紙產製工業紙板之廢水處理改善	造紙業
十七	胚布染整加工生產一般用布之廢水處理改善	紡織業
十八	長纖胚布染整加工生產工業用布之廢水處理改善	紡織業
十九	家電素材表面處理加工之廢水處理改善	電機電子機械器材業
二十	家電素材表面處理加工之廢水處理改善	電機電子機械器材業
二十一	中藥材產製科學中藥之廠內暨廢水處理改善	製藥業
二十二	黃蓮黃柏產製首藥粉之廠內暨廢水處理改善	製藥業
二十三	玻璃基材加工產製液晶顯示器之廠內暨廢水處理改善	光電業
二十四	玻璃基材加工產製液晶顯示器之廠內暨廢水處理改善	光電業
二十五	鹽漬牛皮加工產製黃牛面皮之廠內暨廢水處理改善	皮革業
二十六	濕藍皮加工產製黃牛面皮之廢水處理改善	皮革業
二十七	汽車空調產品鉻酸表面處理加工之廢水處理改善	機械設備業
二十八	高嶺土生產電子級玻璃纖維之廢水處理改善	非金屬礦物製品業
二十九	生鐵生產機械軸封之廢水處理改善	金屬基本工業
三十	化學原料混合溶解產製化學藥品之廠內暨廢水處理改善	化學製品業
三十一	汽機車金屬配件塗裝加工之廠內暨廢氣處理改善	金屬製品業
三十二	銑鐵熔煉生產機械鑄品之廢氣處理改善	金屬製品業
三十三	壓克力樹脂加工生產膠帶之廢氣處理改善	塑膠製品業
三十四	尼龍原料融解加工產製塑膠粒之廢氣處理改善	塑膠製品業
三十五	壓克力膠生產雙面膠帶之廢氣處理改善	塑膠製品業
三十六	壓克力膠生產雙面膠帶之廢氣處理改善	塑膠製品業
三十七	玻璃基材加工產製液晶顯示器之廢氣處理改善	光電業
三十八	PVC 原料產製壁紙之廢氣處理改善	印刷業
三十九	木製半成品產製木製家具之廢氣處理改善	家具業
四十	鎂錠產製筆記型電腦機殼之廢氣處理改善	金屬基本工業

表 3 彙編案例污染類別、行業別及改善類型分佈

單位：家數

污 染 類 別	改善 類型	行業別															合 計
		金 屬 製 品 業	塑 膠 製 品 業	電 鍍 業	食 品 業	染 整 業	造 紙 業	紡 織 業	電 機 電 子 機 械 器 材 業	製 藥 業	光 電 業	皮 革 業	機 械 設 備 業	非 金 屬 矿 物 製 品 業	印 刷 業	家 具 業	金 屬 基 本 工 業
廢 水	廠 內 改 善								1		1						2
	管 未 處 理	1		1	2	1	3	2	1			1	1	1		1	15
	廠 內 改 善 及 管 未 處 理	2		3	1	2				2	1	1				1	13
	管 未 處 理	1	4								1				1	1	9
廢 氣	廠 內 改 善 及 管 未 處 理	1															1
	合 計	5	4	4	3	3	3	2	2	2	3	2	1	1	1	1	40

(2) 案例各單元撰寫內容介紹

案例彙編之案例架構包括前言、製程與污染來源、廢水(氣)處理狀況、缺失與改善建議、具體執行成效等五大章節，其內容概要分述如下：

A. 前言

簡要介紹案例廠背景資料、產業特性、推行相關管理制度、主要使用製程原物料、產品特色及產能等。

B. 製程與污染來源

介紹案例廠主要生產製造流程與污染來源、污染物性質及排放特性說明、污染量及污染濃度描述等。

C. 廢水(氣)處理狀況

介紹案例廠既有之污染防治設施設置及操作狀況，包括系統處理流程、設備控制重點暨操作參數說明、處理後污染減量情形等。

D. 缺失與改善建議

介紹案例廠污染防治設施之操作維護缺失並提供適合製程特性、具體可行之改善對策，包括設備面、系統面、管理面及法規面等之描述。

E. 具體執行成效

介紹案例廠參酌輔導改善建議所採行之改善方案、具體改善內容等，及包括污染減量等環保改善效益、減少設備操作處理成本等改善成效評估說明。

第二章 廢水輔導改善案例介紹

2.1 金屬製品業

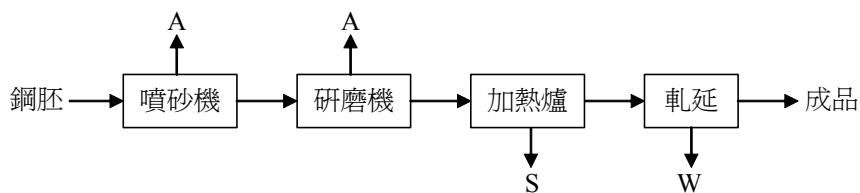
案 例 一

1. 前言

案例工廠為一股票上市公司，主要係以鋼胚為原料生產線材盤元。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠以鋼胚為原料，經噴砂、研磨、加熱、軋延後生產線材盤元。工廠製程廢水主要來源為直接冷卻水，每天產生廢水量約 $40,000\text{m}^3$ 。製程及污染源如圖 1 所示。



註：W 表廢水來源、A 表廢氣來源、S 表廢棄物來源

圖 1 案例工廠製程與廢水來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水主要為含 SS 及油脂之直接冷卻水。廢水採沉澱法 + 砂濾法處理，放流水大部分回收再循環做為直接冷卻水及砂濾池反沖洗水，以節省用水。砂濾池之反沖洗廢水以化學混凝沉澱法處理後，亦回收再循環使用。廢水處理流程如圖 2 所示。由於處理設施於設計上有諸多缺失，雖經過多次改善，處理水 COD 僅達 213mg/L 、SS 為 196mg/L 、油脂 9.1mg/L ，影響回收用水之水質。

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

廢水處理系統無法發揮功能之原因主要來自初沉池及化學沉澱池除砂系統設計不當，造成 SS、油脂去除不佳及排泥困難。缺失如下：

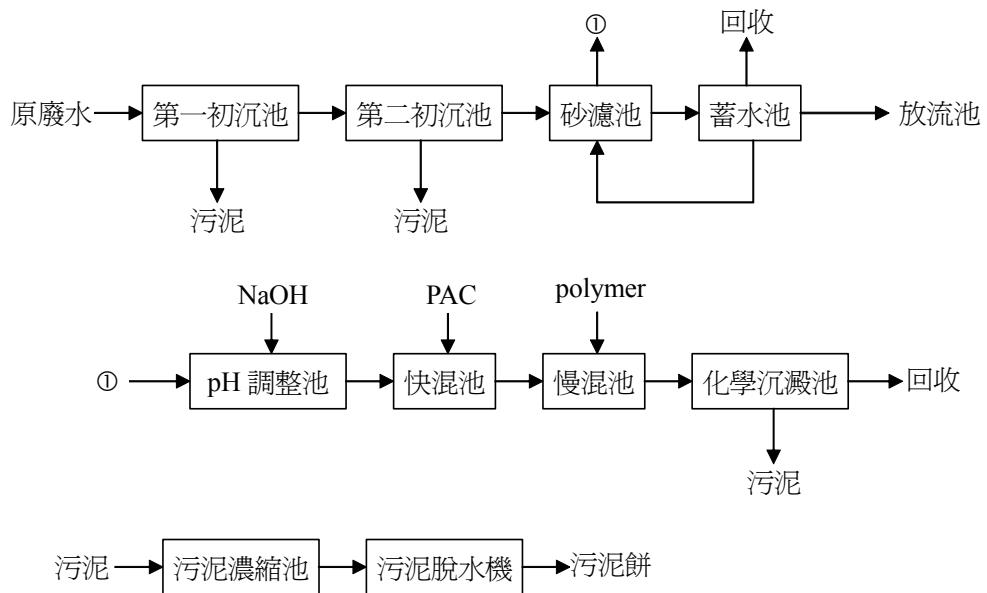


圖 2 廢水處理流程

A.初沉池

- (A) 設置二池，但設計面積過小，表面負荷（溢流率）相對過大，沉澱功能不佳。
- (B) 油脂無法去除，影響後續砂濾系統濾材之壽命。
- (C) 初沉池和匯流井間以出水口相通，出水口位置不當，造成匯流井抽水馬達起動時，初沉池產生液面波動及短流現象，加速油脂乳化而妨礙除油機之操作。
- (D) 匯流井容積太小，體積負荷過大造成抽水馬達起動頻繁；尖峰流量時因抽水不及而失去調節功能。
- (E) 污泥刮集設備及收集管路設計不當，導致排泥不均，部分區域污泥過度堆積硬化使刮泥不易，造成刮泥機鏈條經常損壞無法使用。

B.化學混凝系統中，進流水之泵送採液位控制，造成進流水量不穩定。

- C.化學沉澱池中污泥管路經常阻塞，且剪力梢無正常功能。
- D.污泥濃縮池之曝氣設施造成污泥無法重力沉澱濃縮；且污泥收集系統之管路及結構設計不當，致使污泥無法有效排出。

E.含鐵污泥暫存區臨近排水溝，易造成排水溝阻塞。

(2)改善建議

- A.工廠廢水處理流程採沉澱法+砂濾法處理，有別於傳統之混凝沉澱+砂濾法處

理。混凝沉澱法之主要功能在於廢水中加入混凝劑及助凝劑，使廢水中無法沉降或沉降緩慢之膠體粒子產生凝聚作用，再藉由沉澱去除。廢水若採混凝沉澱+砂濾法處理時，以廢水量 $2,424\text{m}^3/\text{hr}$ ，快混池與慢混池水力停留時間分別為 2 分鐘及 20 分鐘，池體有效高度為 3 公尺計算，則所需增加之用地面積合計約為 300m^2 。至於添加混凝藥劑之種類及加藥量，建議宜進行杯瓶試驗加以確認。

B.第一初沉池功能之改善

- (A)出水口位置不佳，建議提高出水口高度使廢水以溢流方式進入匯流井，可避免匯流井抽水馬達起動時初沉池產生液面波動及短流現象。
- (B)第一初沉池堰負荷太高，靠近池尾端之懸浮固體物由於堰溢流所引起顆粒向上流速超過其沉澱速度時會被挾帶流出。建議設置附加堰或多道堰解決之。
- (C)匯流井容積太小，無法發揮調節水量之功能，宜增加容積改善。
- (D)污泥斗排泥不均，可於污泥斗中加裝螺旋輸送器，使污泥集中排出，改善污泥因點抽方式產生的死角問題。

C.第二初沉池功能之改善

第二初沉池原設計之目的係在於處理鐵粉等顆粒較細小且趨近於粉末狀之物質，惟此等物質亦因細小無法藉重力而沉降，加以並未針對此污泥特性設置混凝機制，致此單元功能不大，建議改善方向如下：

- (A)第二初沉池表面浮油情況嚴重，將影響污泥之沉降，建議於廢水進流端加強除油機制取代既有之鋼帶除油機，可以替代之除油機制，以工廠之浮油量考量，應以使用除油棉於進口端強制除油較為可行。
- (B)第二初沉池為平底設計，唯一之集泥斗恰巧設於進流端底部，因工廠廢水量大，各單元停留時間又明顯不足，致進流流量、流速均處於激流狀態，加以水位差之故，集泥斗之污泥易受干擾，沉降效果不佳，改善之方法可強制增加傾斜板使形成快速沉澱池之功能，提升污泥沉澱效率。

D.砂濾池反沖洗廢水處理系統之改善

- (A)化學混凝系統中，進流水採間歇性抽水處理，因此進流水量不穩定。建議可採連續抽水處理，並於管線上設置迴流管以迴流部分廢水至貯槽，以穩定進流量。除此之外，亦可考慮改成批次操作以 pH 調整池作為調勻池定時或定

水位啟動抽至快混池操作。

(B)汙泥濃縮池中汙泥收集系統設計不佳，致使汙泥無法有效排出。改善方式可於汙泥濃縮池中加裝低轉速攪拌機以取代現有之曝氣攪拌系統，防止汙泥過度堆積硬化，避免抽泥時產生死角而有抽泥不均的情形。

(C)汙泥管路經常阻塞且剪力梢無正常功能，宜加裝管路沖洗裝置。

E.最終化學沉澱池與濃縮池集泥斗有效坡度僅約 15° ，汙泥不易集中，致稍一排泥即產生擾動現象，建議可於化學沉澱池及汙泥濃縮池中強制架設傾斜板，使集泥斗角度提高至 60° 以上，此外，因含鐵汙泥比重較高且汙泥量可觀，為方便排泥，建議用螺旋泵進行排泥較為適當。

5.具體執行成效

(1)提高第一初沉池出水口高度使廢水以溢流方式進入匯流井，且於溢流口前設置擋板以有效去除油脂，如圖 3 所示。

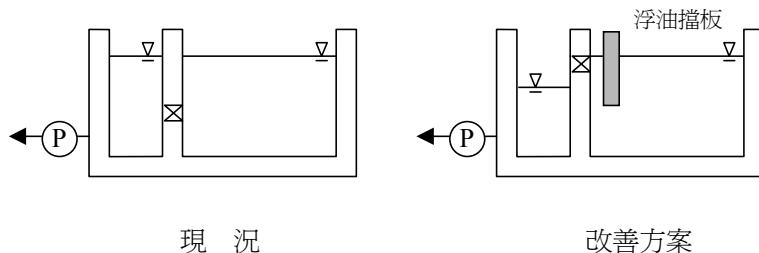


圖 3 案例工廠第一初沉池改善示意圖

(2)砂濾池反沖洗廢水處理系統，改採連續抽水處理，並於管線上設置迴流管以迴流一部分廢水至貯槽，以穩定進流量。

(3)於污泥斗中加裝螺旋輸送器，使污泥集中排出。

(4)汙泥管路加裝管路沖洗裝置，改善情形如圖 4 所示。

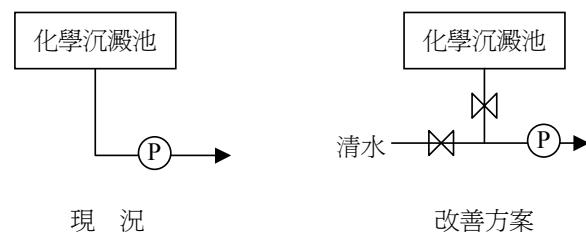


圖 4 案例工廠化學沉澱池污泥管路清洗改善示意點

(5)案例工廠改善油脂去除不佳及污泥排泥困難等問題，提升廢水處理功能，放流水 COD 降至 100~120mg/L、SS 降至 60~75mg/L。

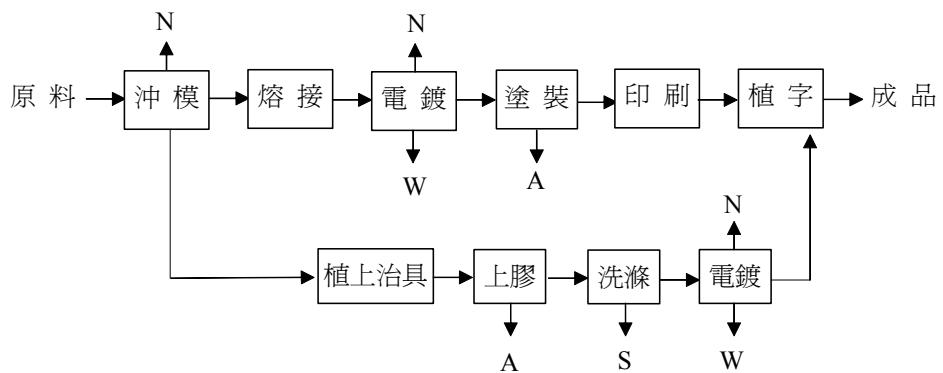
案例二

1. 前言

案例工廠設置完善之廢水處理設施，處理水質可符合放流水管制標準，但因放流水承受水體為農田水利會所管轄之灌排渠道，排放水電導度值需符合灌溉用水水質 $750\mu\text{S}/\text{cm}$ 之規定。因此由清潔生產及廢水管末處理措施進行改善。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠以玻璃為基材，經沖模、電鍍、塗裝後，成為產品，製程及污染來源如圖 1 所示。工廠之廢水來源主要為電鍍單元所產生之高濃度廢液及低濃度清洗廢水。



註：A 表廢氣來源、S 表廢棄物來源、W 表廢水來源、N 表噪音產生源

圖 1 案例工廠製程與污染來源

3.廢水處理狀況

案例工廠綜合廢水量約 $150\text{ m}^3/\text{日}$ ，廢水種類有鉻系廢水、氰系廢水及一般酸鹼廢水；鉻系廢水量極少，因此於製程區還原後即納入酸鹼廢水中處理，綜合廢水採化學混凝沉澱方式處理，處理流程如圖 2。。

案例工廠原廢水濃度及放流水濃度如表 1 所示。根據水質資料顯示，放流水質可符合管制標準，但電導度值約 $1,500\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

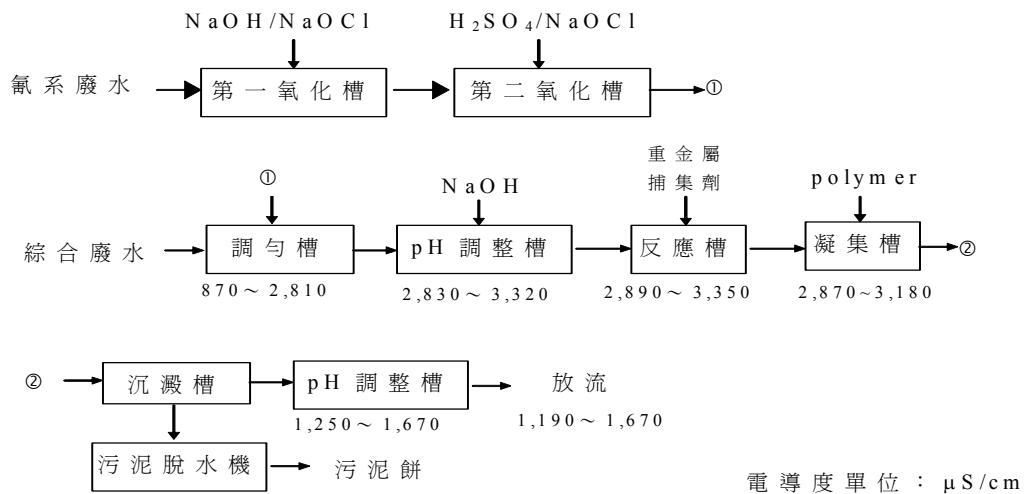


圖 2 案例工廠廢水處理流程

表 1 案例工廠原廢水與放流水水質

項目	pH	COD	SS	T-Cr	Ni^{2+}	CN^-
原廢水	2.5	106	6.7	2.82	17.1	366
放流水	7.6	22.1	4.7	0.05	0.15	0.36

單位： mg/L ，pH 除外。

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 製程用水合理化宜再檢討。
- B. 含貴重金屬之高濃度廢液排放至廢水廠處理，造成資源浪費；處理時添加化學藥劑而增加電導度值。
- C. 廢水處理系統添加重金屬捕集劑，增加廢水處理成本。
- D. 放流水電導度值約 $1,500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，超過灌溉水質 $750 \mu\text{S}/\text{cm}$ 之標準。

(2) 改善建議

A. 製程方面

- (A) 電鍍製程採手動控制方式，而各清洗水槽之清水進流則採連續流方式，造成清洗水之浪費。建議宜規劃於各清水進流管處設置定時器及電磁閥，以控制清水之適當進流時間，減少水資源之浪費。

- (B) 製程中鍍鎳後設置二段逆流水洗槽，而未設置帶出液回收槽，致使帶出液全

量成為廢水中之污染物。建議將二段逆流水洗槽改為一個回收槽及一個清洗槽之設置，並要求操作人員確實進行帶出液之回收，以降低廢水中之鎳離子濃度，進而達到降低電導度值之可能性；回收槽液可回補至鍍槽，以補充槽液因高溫而蒸發之水份。

(C)案例工廠酸性氣體經集氣罩收集、濕式洗滌塔加液鹼清洗後排放，洗滌水定期排放至廢水場處理。廢水中之酸劑及液鹼為引起電導度值之重要因素。建議依據酸槽抽風量、集風管尺寸，計算其抽風速度及理想之抽風量(15~30m/min)，以避免造成動力之浪費及槽體酸劑量之大量揮發與廢水電導度值之增加。

B.高濃度廢液資源回收

(A)案例工廠之含鎳離子高濃度廢液包括：無電解鎳，濃度 6g/L，排放量 4m³/月；電解鎳，濃度約 120~170g/L，排放量 400 公升/月，亦即鎳離子重量約 480~680 公斤/月；含鎳廢液亦以廢棄物之型式處理，造成重金屬之浪費。含鎳離子之廢液資源化技術已相當成熟，建議應設置鎳離子之電解回收設備以回收電鍍鎳廢液。鎳離子電解效率，其電流電解效率約為 0.8g/A-hr。

(B)製程中之 KAg(CN)₂ 廢液係瞬間排入廢水處理場處理，不但造成處理系統之瞬間負荷提高而降低處理成效，同時亦造成貴重金屬之損失，建議利用廠內既有之貴重金屬回收機進行回收，或委由合法之代處理業回收。若仍需排放至廢水處理場處理時，應根據廢液排放頻率及排放量，設置高濃度廢液貯槽，再定量連續排放至廢水處理場處理，以避免造成衝擊。

C.廢水處理系統

(A)廢水處理過程中添加重金屬捕集劑以降低廢水重金屬離子濃度，一般重金屬捕集劑為含硫化物之化學藥劑，處理過程中所產生之金屬硫化物沉降性良好，但亦造成處理成本偏高及污泥與電導度較高之現象。由於重金屬離子在適當氫氧離子基之情況下即可獲得良好之反應，因此應檢討重金屬捕集劑添加之必要性或降低其加藥量。若停用或降低重金屬捕集劑加藥量後造成污泥沉降性不佳之現象，則可考量自沉澱槽迴流部分污泥以作為晶核，增加其沉降效果。

(B)慢混槽所使用之攪拌機型式為螺旋漿式，且攪拌速度亦明顯太快。建議於攪

拌機馬達處安裝減速機或變頻閥，將攪拌速度控制於 30~50rpm。

(C)根據前述之製程減廢/資源回收及廢水處理系統改善後，若放流水電導度仍無法符合管制標準時，則建議應設置活性碳吸附塔及離子交換系統因應之，若處理水質良好，可考慮回收使用。

5.具體執行成效

- (1)案例工廠為節省水資源，依手動電鍍製程特性，於清洗水槽之清水進流處安裝定時器及電磁閥，控制清水之進流時機，案例工廠每日因此減少 $10m^3$ 之用水及廢水量，每年節省 12.6 萬元之自來水費及廢水處理費。
- (2)案例工廠檢討利用廠內既有之貴重金屬回收機(如圖 3)進行回收 $KAg(CN)_2$ 之可行性；測試結果發現，可有效回收銀，同時降低處理系統之瞬間負荷與排放水電導度值。

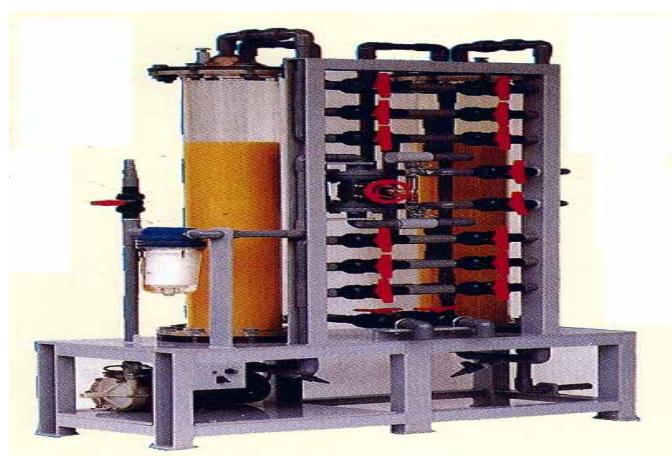


圖 3 案例工廠貴重金屬回收機

- (3)輔導案例工廠利用杯瓶試驗進行一系列測試，以確認化學混凝過程中不添加重金屬捕集劑之處理成效。試驗結果顯示，完全不添加重金屬捕集劑時，膠羽細小、沉澱性差；但當添加 $100mg/L$ 之 PAC、pH 值控制在 9.5~10.0 時，膠羽凝聚性佳、沉澱效果好(如圖 4)。因此案例工廠停止添加重金屬捕集劑，混凝劑改為少量之 PAC，每年節省約 48 萬元之廢水處理成本。



圖 4 案例工廠杯瓶試驗結果

(4)案例工廠經由上述之改善措施，放流水電導度值由平均 $1,500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 降至平均 $1,200\mu\text{S}/\text{cm}$ ，仍超過灌溉水質之電導度標準。基於設置成本之考量，未進一步設置高級處理設施，放流水採向農田水利會申請附掛方式排放。

案例三

1. 前言

案例工廠屬金屬製品業，生產製程係以氯化金鉀、鎳餅、錫球為主要加工材料，經電鍍程序產製錫端子、金錫端子、錫金銅片、鎳銅片、金端子等產品。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠主要加工製造流程及廢水污染來源如圖 1 所示，每日之廢水量約 40m^3 。

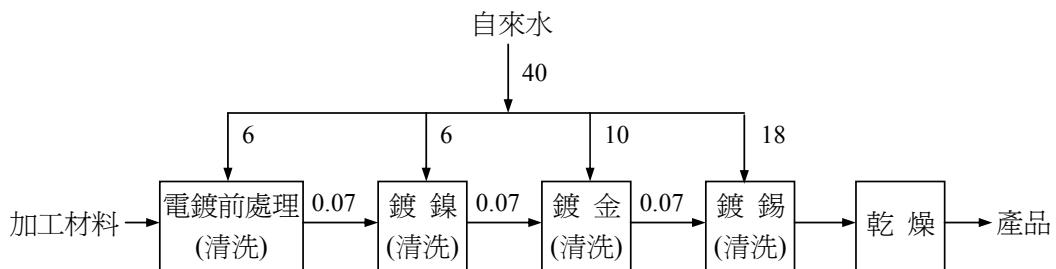


圖 1 製程與廢水來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水採化學混凝法處理，其處理流程如圖 2 所示。原廢水水質 COD： 220mg/L ， $\text{Ni}^{2+} : 32\text{mg/L}$ ， $\text{Pb}^{2+} : 2.1\text{mg/L}$ 。處理水水質 COD： $63\sim67\text{mg/L}$ ； $\text{Ni}^{2+} < 0.3\text{mg/L}$ ； $\text{Pb}^{2+} < 0.15\text{mg/L}$ ，可符合放流水管制標準。

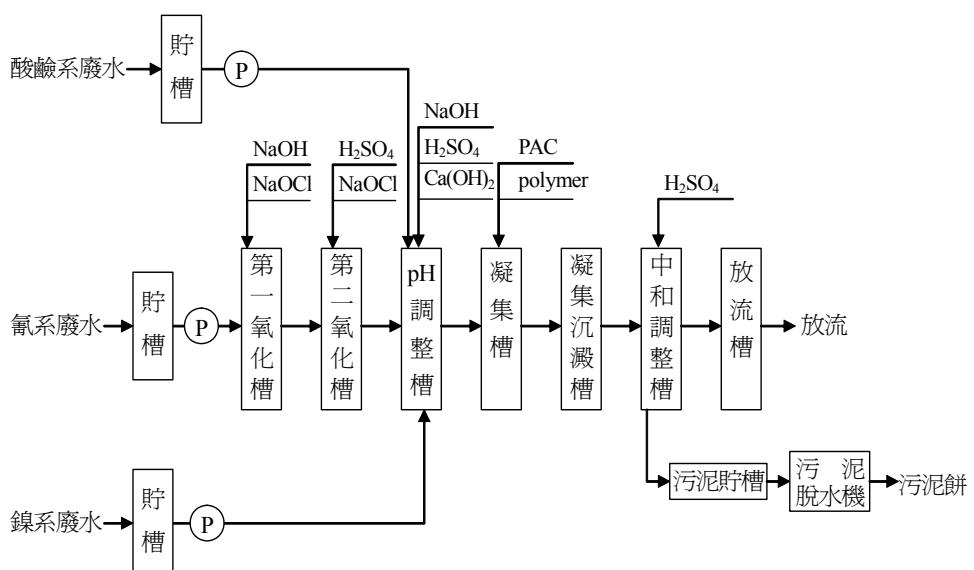


圖 2 廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 處理藥劑添加種類及加藥位置不當，致膠凝效果不佳。

B. 沉澱槽膠羽沉澱不良，放流水水質不穩定。

(2) 改善建議

A. 廠內改善與減廢回收方面

(A) 為降低廢水量，建議減少清洗水量。目前之廢水量依單位生產長度計算，約為 1L/m-min，清洗水量雖不大，但由於係採用高壓噴洗方式，應可再適當增加噴洗壓力而減少清洗水量。

(B) 廢水鎳離子濃度高，為回收鎳金屬，減少污泥產生量，建議應考慮對含鎳廢水收集管線重新規劃設計後，增設鎳離子回收設備進行回收。

(C) 為節省水資源之應用，案例工廠計畫設置砂濾塔以回收放流水再利用。為確保回收水之水質，建議應評估設置離子交換樹脂塔或活性碳吸附塔，以增加處理成效。上述設施之反沖洗水或再生廢液應一併納入廢水處理系統處理。

B. 廢水處理方面

(A) 現有之廢水處理流程中，於 pH 調整槽添加 H_2SO_4 、 $NaOH$ 及 $Ca(OH)_2$ ，並於中間貯槽同時添加 PAC 與 polymer。因 PAC 屬混凝劑，在電鍍廢水處理中一般無須添加此類藥劑，僅當反應槽形成之膠體粒子不多時，才添加此類藥劑來促進膠羽形成，而 polymer 則為高分子凝集劑，其作用主要在促使膠羽間相互凝聚成較大之膠羽，以利沉澱。因此，處理流程中添加 PAC 混凝劑之方式並不十分恰當，且由於 PAC 屬於鋁鹽的一種，其最適當之操作 pH 值為 6~8 之間，而目前 pH 調整槽操作之 pH 值為 10.5，以致添加之 PAC 對膠羽形成之助益不大，反而在中和調整槽 pH=6~9 的情況下，PAC 發生作用，在槽內產生微細膠羽，影響放流水水質，故建議宜停止 PAC 之添加或改添加其他之混凝劑如 $CaCl_2$ ，以確保放流水水質，並可減少污泥量之產生及節省操作成本。

(B) 工廠之 polymer 係屬陰性高分子聚合物，由於 polymer 與混凝劑作用不同，且攪拌方式與攪拌速度均異，因此，不能於同一處理槽內添加混凝劑與助凝

劑，現行之加藥方式需進行改善。依工廠之現況，將來若停止添加 PAC 後，建議將中間貯槽改為慢混槽，而將原螺旋狀葉片改成柵型或非字型攪拌葉片，並將攪拌速度減緩至 5~10rpm 左右，而於進流處增設一擋板，將 polymer 添加於此處。

(C)處理流程中於 pH 調整槽中同時添加 NaOH 及 Ca(OH)₂ 之鹼劑，由於二者之作用相同，而 Ca(OH)₂ 之添加易產生大量污泥，造成處置上之困擾。建議能停止 Ca(OH)₂ 鹼劑之添加，僅以 NaOH 進行 pH 值調整即可。

(D)沉澱槽之表面積負荷於全量生產後，將呈現過小的現象。依沉澱槽表面積與日後處理水量換算，表面積負荷達 $7\text{m}^3/\text{m}^2\text{-hr}$ ，較一般的 $0.83\sim1.25\text{m}^3/\text{m}^2\text{-hr}$ 超出甚多；因此即使停留時間為 2 小時的情況下，仍需降低表面積負荷。由於沉澱槽為表面積小而深之 RC 構造，且受限於空間有限之因素，建議能於槽內增設傾斜板或傾斜管，或於廢水處理場另行增設一沉澱槽，以增加表面積。

5. 具體執行成效

(1)案例工廠參考輔導改善建議進行改善，已有效減少處理廠污泥量之產生及節省處理操作成本。改善方式包括：

- A.評估添加藥劑種類之適當性，並根據杯瓶試驗結果以決定正確的混凝劑用量，逐步減少 PAC 之添加量。
- B.調整混凝劑及助凝劑之添加方式及攪拌方式，並減低膠凝攪拌轉速，如圖 3 所示。
- C.規劃增設鎳離子回收設備進行回收。

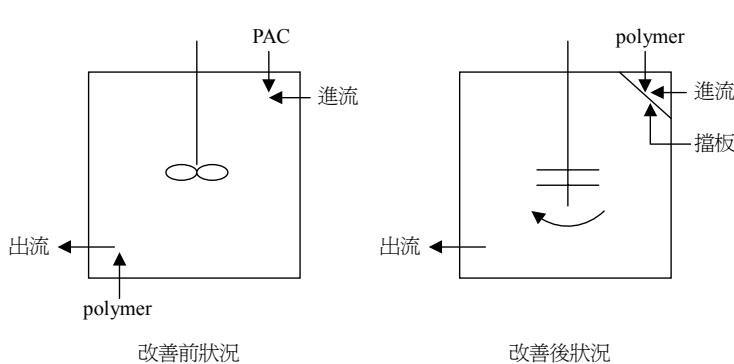


圖 3 調整助凝劑之添加方式及攪拌方式

(2)初步改善成效

- A. 節省處理廠添加藥劑成本約 8.4 萬元/年。
- B. 減少污泥產量約 30%。
- C. 建立最佳化廢水處理操作參數，放流水符合管制標準。

2.2 電鍍業

案 例 四

1. 前言

案例工廠為五金零件電鍍工廠，製程以電鍍金屬零件之鎳及鉻為主。工廠為了有效處理製程廢水，除了設置廢水處理設施外，並設置重金屬回收設備，以及污泥乾燥設施。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠為電鍍工廠，製程分為脫脂、酸洗之前處理單元，三重鎳及鉻之電鍍單元，以及後處理單元。生產流程如圖 1 所示。

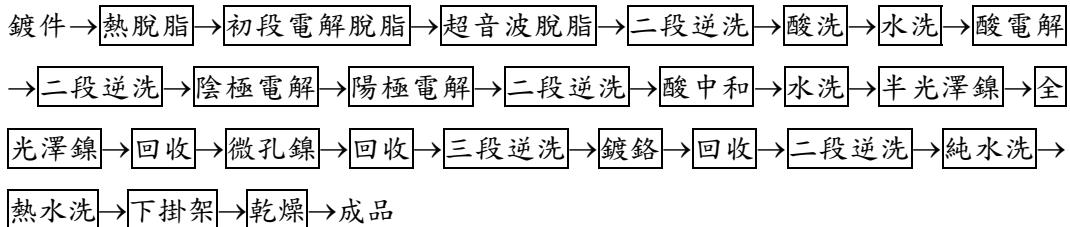


圖 1 案例工廠製程

工廠廢水來源為各單元定期排放之高濃度廢液(如脫脂廢液)，以及水洗槽之低濃度清洗廢水。廢水種類分為一般酸鹼廢水及鉻系廢水二種，各系廢水來源如下：

- (1) 一般酸鹼廢水：脫脂廢液、脫脂清洗廢水、酸洗廢水、鍍鎳清洗廢水。
- (2) 鉻系廢水：鉻酸廢液、鍍鉻清洗廢水

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水量約 $12 \text{ m}^3/\text{hr}$ ($150 \text{ m}^3/\text{日}$)；其中，鉻系廢水 $2 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、一般酸鹼廢水 $7 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、含鎳廢水 $3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 。廢水處理流程如圖 2 所示。

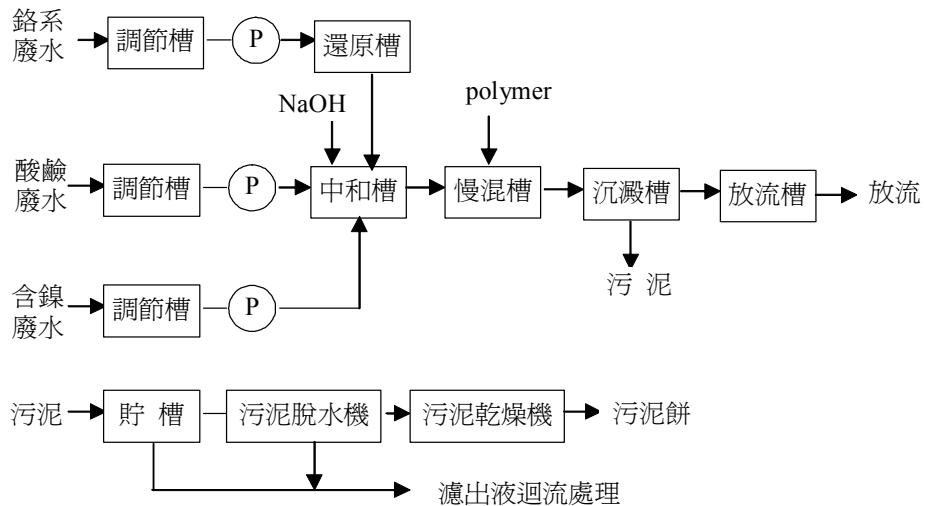


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 排放水 COD 濃度為 108mg/L，超過放流水管制標準。
- B. 當廢水中鎳離子濃度偏高時，於中和槽中部份已還原之 Cr^{3+} 會氧化成 Cr^{6+} ，影響重金屬處理成效。

(2) 改善建議

- A. 進行清潔生產、降低廢水 COD 濃度，提升廢水處理效率
 - (A) 採用低污染性脫脂劑，加強脫脂槽液管理：在不影響電鍍品質下，測試使用低污染性脫脂劑之可行性。脫脂槽液定期進行過濾、控制游離鹼在 70% 以下。
 - (B) 依據高濃度脫脂廢液排放量及排放頻率，設置高濃度廢液貯槽，再定量輸送至廢水處理場處理。
 - (C) 進行製程 COD 污染源清查：採樣檢測熱脫脂、初段電解脫脂、超音波脫脂槽液及其水洗廢水，以及陰/陽電解之水洗水、鍍鎳水洗水之總 COD 及溶解性 COD 濃度。檢測綜合廢水及放流水之總 COD 及溶解性 COD，確認廢水化學處理系統之處理效率。
- B. 如確認鎳廢水中含有干擾物質，則需考量將鎳離子或鉻離子回收，或將其分離處理。

5.具體執行成效

(1)案例工廠經檢測製程各脫脂槽液 COD 濃度後，發現脫脂槽廢液 COD 濃度達 5,500mg/L，因此加強脫脂槽液之管理，使廢棄脫脂槽液之排放頻率由原來每二月排放一次，延長為每四個月排放一次。同時，設置高濃度廢液貯槽，再定量輸送至廢水處理場處理。另外，調降廢水處理六價鉻之還原劑 NaHSO_3 使用量 25% (每日減少 25 公斤)、高分子凝集劑使用量減少 1/4，並停用消泡劑以降低廢水之 COD 濃度。改善後，放流水 COD 由 108 mg/L 降至 54 mg/L。

(2)為改善廢水中鎳離子濃度偏高時，於中和槽中部份已還原之 Cr^{3+} 會氧化成 Cr^{6+} ，影響重金屬處理成效之問題，案例工廠設置鉻酸回收槽液濃縮及電解純化設備，以回收鉻酸，降低廢水中六價鉻之濃度。

(3)原廢水污泥含水率約 85%，污泥量約 6.5 公噸/月，經更換板框式污泥脫水機並以熱風式乾燥機乾燥後，脫水後污泥含水率降至 75%，乾燥後污泥含水率則更降至 15%，污泥量為 1.8 公噸/月；污泥減量 72%，設備回收期限約 1.8 年。污泥乾燥機設備如圖 3 所示。

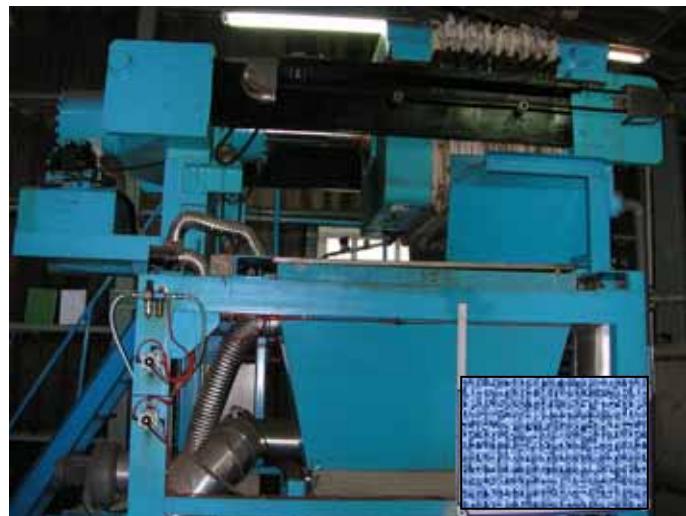


圖 3 脫水機及污泥乾燥機

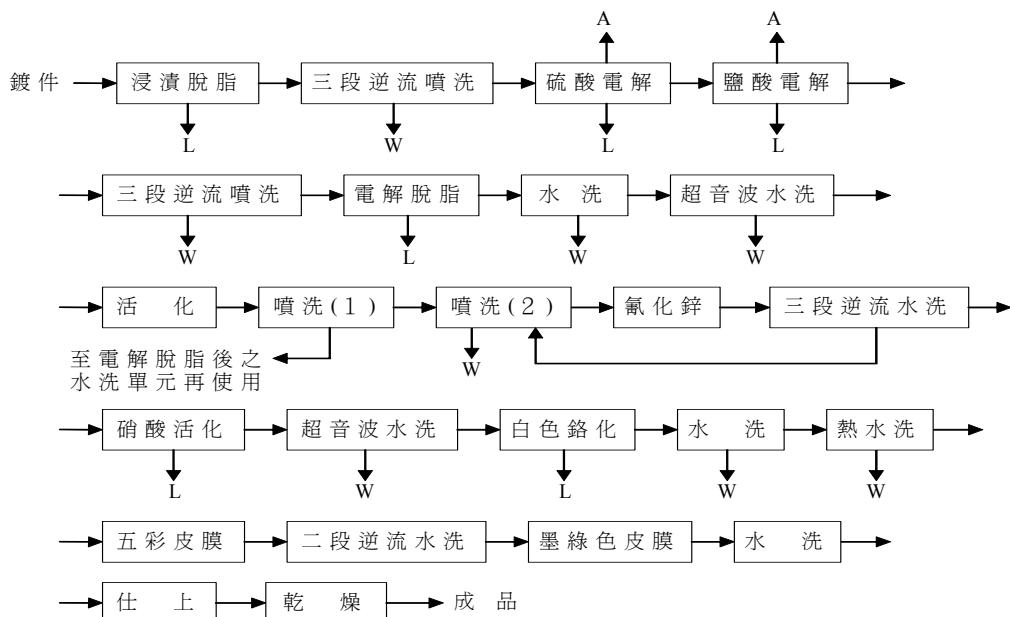
案例五

1. 前言

案例工廠位於工業區內，為專業工業性鍍鋅之電鍍工廠，生產量及種類依客戶要求而異。該廠自設廠即積極設置全動化之電鍍設備及完善之污染防治設施。為加強推動廠內清潔生產及提升各項污染防治效能，成立「環境保護安全委員會」，以統籌推動事務，並獲得良好之績效。

2. 製程與污染來源

案例工廠之製程線包括全自動油壓掛吊式電鍍、龍門式電腦控制掛吊式電鍍、全自動電腦控制滾鍍式等生產線。全自動油壓掛吊式電鍍製程及其污染來源如圖 1。



註：W 表廢水來源、L 表廢液來源、A 表廢氣來源

圖 1 案例工廠全自動油壓掛吊式電鍍製程及污染來源

工廠之製程污染包括廢水、廢氣及廢棄物等。廢水主要來自各製程之高濃度廢液及低濃度之一般清洗廢水，包括氰系、鉻系及一般酸鹼廢水。廢氣主要來自各製程線之酸性氣體。廢棄物則包括一般事業廢棄物及屬於有害事業廢棄物之廢水污泥。

3. 污染處理現況

(1) 廢水

案例工廠之綜合廢水量約 $102\text{ m}^3/\text{日}$ ，各類型廢水量及廢水水質如表 1。

表 1 案例工廠廢水特性

項目	廢水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	廢水水質 (mg/L)				
		SS	COD	Cr^{6+}	Zn^{2+}	CN^-
氯系廢水	15	--	--	--	405	166
鉻系廢水	51	--	--	130	--	--
一般酸鹼廢水	36	180	342	--	36	--
綜合廢水	102	140	326	87	265	111

工廠設有一座化學沉澱處理設施，設計總處理量為 $320\text{ m}^3/\text{日}$ 。廢水種類區分成氯系廢水、鉻系廢水、一般酸鹼廢水及高濃度廢液。前處理設施包括氯系廢水之氧化系統，以及鉻系廢水之還原系統，廢水處理流程如圖 2 所示。

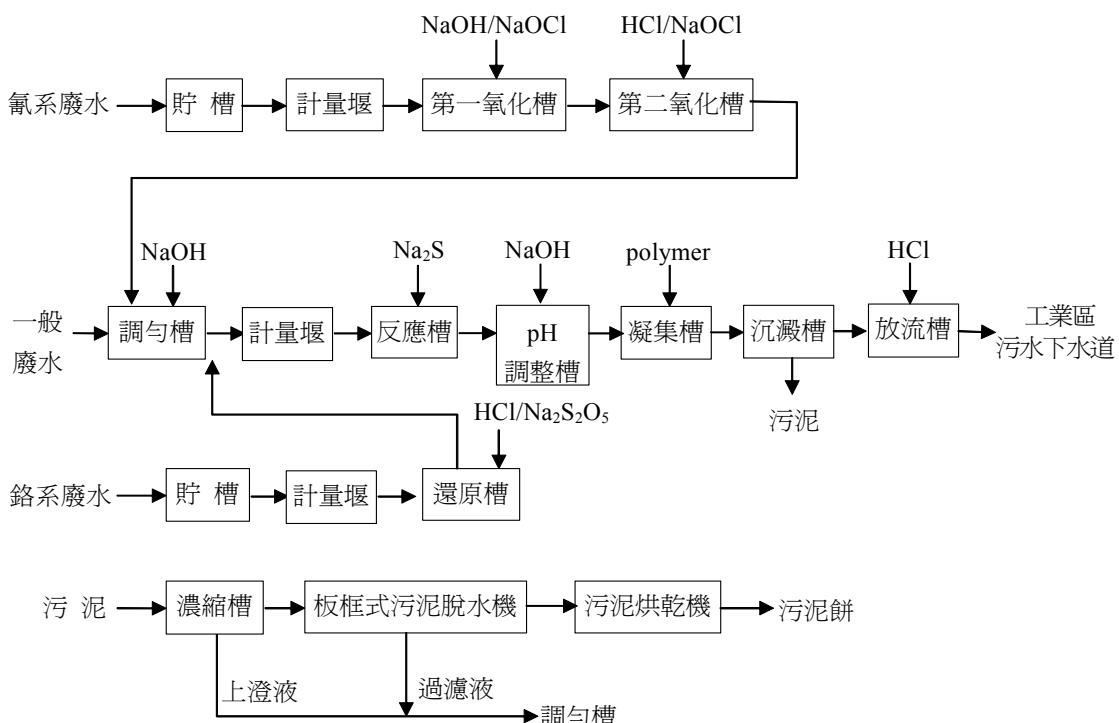


圖 2 案例工廠廢水處理流程

工廠之設計水質及實際處理水質如表 2。工廠廢水處理設施設備經費計 1,050 萬元，操作維護費用約 250 萬元/年。氯系廢水氧化處理效率約 99%、鉻系廢水還原效率約 99%、化學混凝沉澱處理效率約 34~99% (依污染物種類而異)，綜合廢水處理水質均可符合工業區污水下水道納管標準。

表 2 案例工廠設計廢水水質及實際處理水質

項目	pH	SS	COD	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	CN ⁻
設計水質	2.8	140	326	265	87	111
實際處理水質	7.0	8	120	0.8	ND	0.105

單位： mg/L，pH 除外。

(2)廢氣

案例工廠製程廢氣種類為酸霧(HCl)，廠內計有二處排氣管，經管線收集後，以濕式洗滌塔添加鹼劑方式進行清洗，並定期將洗滌廢水排放至廢水處理場處理再更新洗滌水。廢氣特性及處理成效如表 3。

表 3 案例工廠廢氣污染特性

項目	污染物質	處理前濃度 (ppm)	排氣量 (Nm ³ /min)	處理後濃度 (ppm)
一號排氣管	HCl	28	358	3
二號排氣管	HCl	24	172	2

案例工廠共設置二座填充式洗滌塔處理製程酸性氣體，設備投資費用共計 300 萬元，操作維護費用約 60 萬元/年。工廠為妥善控制處理系統之穩定性，處理系統中設置鹼劑自動加藥機及壓差計；處理系統處理效率約 90~95%。

(3)廢棄物

A.廢棄物種類與產生量

一般事業廢棄物：1.3 公噸/月

有害事業廢棄物(含重金屬廢水污泥)：13 公噸/月

B.廢棄物處理方式

一般事業廢棄物經分類收集貯存後，委託清除處理機構清除。有害事業廢棄物經烘乾減量後，污泥量由 13 公噸/月降低為 3 公噸/月，污泥減量效率達 77%，並委由合格之清除處理機構進行處理處置。

(A)污泥烘乾機投資設備金額：80 萬元

(B)操作維護費用：15 萬元/年

(C)清除處理費用合計：60 萬元/年

(D)處理效率：污泥含水率低於 10% 以下。

4. 缺失與改善建議

案例工廠在各項污染防治方面之績效良好，其輔導需求主要在推動永續發展之清潔生產與整合性污染防治管理工作。包括：

- (1) 確認環保法令規定：查核空氣污染防治相關法規、水污染防治相關法規、廢棄物清理相關法規、毒性化學物質管理相關法規、噪音防制相關法規、勞工安全衛生相關法規、消防法。
- (2) 基線資料清查：基線資料包括電鍍製程流程之鋅-鐵合金電鍍製程與鋅-鎳合金電鍍製程中的原物料與能資源使用情形。
- (3) 管理制度的推動：推動 5S 活動、推動自護制度、舉辦教育訓練活動、環境檢測資料。
- (4) 研擬可行之改善方案：研發環保綠色產品、清潔生產技術、良好操作維護、改變製程技術、改進操作管理、回收再利用等。

5. 具體執行成效

(1) 5S 活動

加強廠區之整理、整頓、清潔、清掃、教養等管理工作，工作初期即規劃推動方式與時程，推行 5S 活動過程中，利用目視管理、紅牌作戰、看板作戰及定期攝影方式落實 5S 之管理制度，而其推行要點有分開需要與不需要的東西、丟棄或處理掉不需要的東西、保留保管需要的東西；將物品定位、將物品、設備標示清楚、將器具歸位；清除機械設備、廠房污垢、髒汙，減少灰塵髒汙造成慢性品質不良；維持整理、整頓、清掃的既有水準，及從根源杜絕髒亂；養成員工守法精神，並成為習慣。

另外，在污染防治的管理上，藉由環保部門公佈告示，以瞭解清楚廢棄物量、廢水排放量、排放質、廢氣排放質、用水量與化學藥品用量等，並訂定目標、標的，以時間週期統計方式加以管理控制；並對部門方針、活動計劃、工作進步狀況，故障件數、對策、標準作法、修理經費、消耗品經費等，都有書面之紀錄與公告。

(2) 推動自護制度

工廠為了降低工安事件發生頻率導入自護制度進行自主安全管理、自我評

鑑，評鑑內容包括安全衛生基本資料及安全衛生計畫兩大部份，主要評鑑項目為組織管理、自動檢查、健康管理、教育訓練、事故調查與處理、危害控制、安全作業規章、緊急應變、個人防護具及安全衛生宣導與激勵等十項，以確認工廠工安狀況。同時，工廠定期進行消防檢查與演練，在廢水處理設施並設有安全護欄、藥液槽防溢溝堤等設施，因此若有洩漏之情事發生，將可侷限於區域，而不致擴大污染範圍。

(3) 舉辦教育訓練

案例工廠每年底即規劃下一年度教育訓練計畫，以藉由適當教育訓練降低生產成本並保護員工自身安全。教育訓練項目包括品質管理、物料管理、最新電鍍技術與改進操作方法、加強設備及管件維護、污染防治（空、水、廢、毒、噪）訓練、工安與環境管理。

(4) 環境工安檢測

案例工廠每年度均依工安、環保機關之相關規定，同時配合環境管理系統 ISO 14001 中監督與量測工作一併進行檢測。相關檢測項目包括廢水定期檢測及申報、重金屬廢水污泥委外檢驗、廢氣洗滌塔排放煙道排氣定期檢測及申報、廢棄物委外處理六聯單申報等。

(5) 清潔生產執行方案與成效

案例工廠執行之清潔生產方案包括生產技術改善、設備改進及維修二大類，計 16 項方案，整體執行效益結果總計投入 535 萬元/年，而產出則達 1,755 萬元/年，各項方案內容及績效彙整如表 4，部分改善設施之照片如圖 3~圖 6。

表 4 案例工廠清潔生產及環境管理系統實施方案與績效

方案項目		方案名稱	執行方式	執行效益
生 產 技 術 改 善	綠色設計	一、設置高濃度 鍍液回收槽	滾鍍線及吊鍍線 之電鍍槽後續流 程設置回收槽	1. 節省用水 576m ³ /年 2. 節省電鍍藥劑 576 噸/年 3. 節省廢水處理藥劑 1,900 噸/年
		二、水洗水重複 使用	氰化鋅電鍍水洗 水回收至活化水 洗再使用	1. 節省用水 2,000m ³ /年 2. 節省廢水處理藥劑使用量 19 公噸/年
		三、應用多段式 逆流清洗法改善 用水量	於各水洗單元設 置多段逆流水洗 槽，降低用水量	1. 節省用水 21,024m ³ /年 2. 節省廢水處理藥劑使用量 190 公噸/年 3. 廢水污泥(有害事業廢棄物)減 少 22 噸/年
	選擇低環境衝擊 原料	四、使用低污染 性脫脂劑	測試不同品牌脫 脂劑之 COD 濃 度，選用低污染 性之藥劑	1. 綜合廢水 COD 濃度由 450mg/L 降至約 350 mg/L，減 少加藥量
		五、改善烘乾熱 源種類	將鍍件烘乾熱能 由煤油改為電器 加熱	1. 節省煤油使用量 24 公秉/年 2. CO ₂ 減量 40.89 公噸/年
	生產程式最佳化	六、鍍鋅槽液管 理	控管鍍鋅槽液之 CN ⁻ /Zn ²⁺ 比例，減 少鋅板之析出	1. 降低氰系廢水中之 CN ⁻ 、Zn ²⁺ 濃度 2. 節省廢水處理成本，由 147 元 /m ³ 降至約 100 元/m ³
		七、化學藥品妥 善管理	設置毒性化學藥 品倉儲，並建立 領用制度	1. 避免化學藥劑之濫用、誤用所 造成之污染。
	消除污染源之洩 漏或溢流	八、滾鍍線廢氣 收集處理	滾鍍線設置密閉 式廢氣收集系統	1. 減少酸性氣體之逸散，並保護 員工之健康
		九、地面鋪設 Epoxy，設置藥 槽防溢堤	廢水處理場一樓 鋪設 Epoxy，各 藥槽均設置防溢 堤及洩漏時之廢 液收集管線	1. 避免造成環境污染及土壤或地 下水污染
設 備 改 善 及 維 修	污染防治設備之 管理維護及效率 提升	十、改變污泥脫 水方式	將濾帶式污泥脫 水機改為板壓式 污泥脫水機	1. 污泥含水率由 87% 降為 77 %，污泥重量由 23 噸/月減為 13 噸/月
		十一、設計、使 用高效率污泥乾 燥機	自行研發電器式 乾燥機，並利用 離峰時段運作， 以節省操作成本	1. 污泥含水率由 77% 降低至約 10% 以下，污泥重量由 13 噸/ 月減為 3 噸/月 2. 廢水污泥(有害事業廢棄物)減 少 240 噸/年 3. 乾燥污泥打包成束，利於運送 並避免外漏

方案項目		方案名稱	執行方式	執行效益
設備改善以增加成品率或回收再利用效率	十二、脫脂槽液循環回收使用	十二、脫脂槽液循環回收使用	設置脫脂槽液過濾與除油設備，延長槽液使用期限	1. 脫脂劑使用量每年減少 7,200kg。
		十三、廢鹼與廢酸分流收集貯存使用	1. 鹼性脫脂廢液與廢酸液分流收集貯存。脫脂廢液分批微量導入綜合槽及混凝槽，減少液鹼中和劑使用量。 2. 廢酸液作為氯系廢水第二段氧化槽及鉻系廢水還原槽之 pH 調整劑	1. 酸劑加藥量節省 66 噸/年。 2. 鹼劑加藥量節省 71 噸/年 3. 廢水污泥(有害事業廢棄物)減少 15 噸/年 4. 廢水排放減少 137 m ³ /年
	十四、改善廢氣洗滌塔系統	十四、改善廢氣洗滌塔系統	設置 pH 控制設備、液鹼自動加藥機、壓降監測器及廢水導流管線	1. 提升二座廢氣洗滌塔之處理效率 2. 洗滌廢水最佳化處理
		十五、改善廢水處理設施	綜合槽設置沉水式噴流曝氣機，使廢水充分混合 將還原槽、氧化槽及調整槽之空氣攪拌改為機械攪拌	1. 充分調勻廢水水質 2. 提升反應效率 3. 減少泡沫及廢氣產生
	十六、廢棄物分類回收再資源化	設置廢棄物分類場，將木材類、紙類、塑膠類、金屬類及廢油類分類收集		1. 一般事業廢棄物減少 28 噸/年 2. 節省廢棄物清理成本 17 萬元/年 3. 降低對環境之衝擊

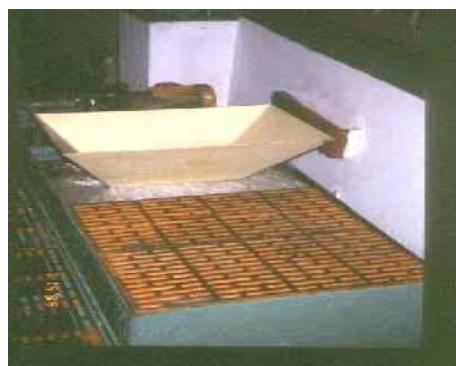


圖 3 案例工廠使用低污染性脫脂劑及過濾循環使用



圖 4 案例工廠後段清洗水回收至前段使用



圖 5 案例工廠廢水處理系統自動化



圖 6 案例工廠廢氣洗滌塔設置 pH、壓力錶及廢水導流管以提升效率

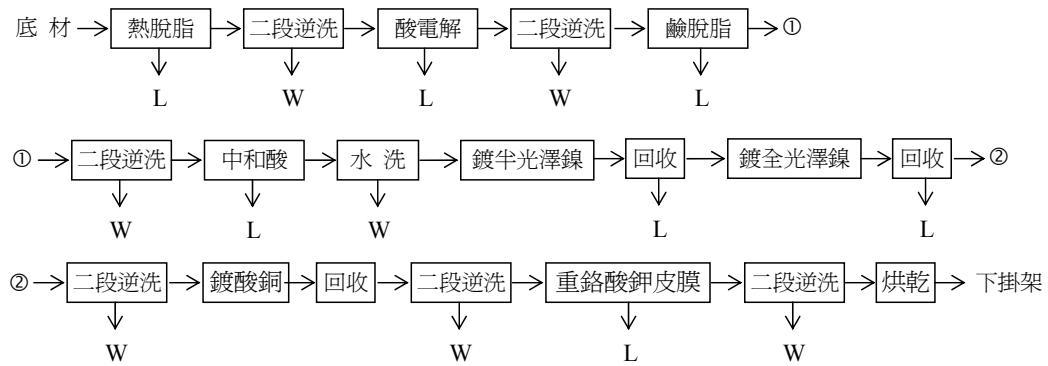
案例六

1. 前言

案例工廠為一自動化之電鍍工廠，主要從事吊扇、燈飾零件之加工電鍍，以鍍雙重鎳及氰化物為主，屬於裝飾性電鍍工廠。工廠廢水處理設施採委外代操作，放流水有電導度值超過灌溉水質 $750\mu\text{S}/\text{cm}$ 之問題。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠係以吊扇、燈飾零件電鍍為主，其製程廢水主要來自於各單元之清洗廢水及定期排放之高濃度廢液，製程及廢水污染源如圖 1 所示。



註：W 表連續性排放廢水來源、L 表定期性排放廢液來源

圖 1 案例工廠製程及廢水污染源

3. 廢水處理狀況

(1) 廠內廢水依污染特性之不同，可分為氰系廢水、一般酸鹼（含重金屬）廢水及鉻系廢水（微量），綜合廢水量合計約 $40\text{ m}^3/\text{日}$ ，採化學混凝法處理，處理流程如圖 2 所示。

(2) 原廢水水質如表 1 所示，廢水處理所使用之藥劑種類與使用量如表 2，製程各槽液之電導度值如表 3，廢水處理廠各槽液之電導度值如表 4。

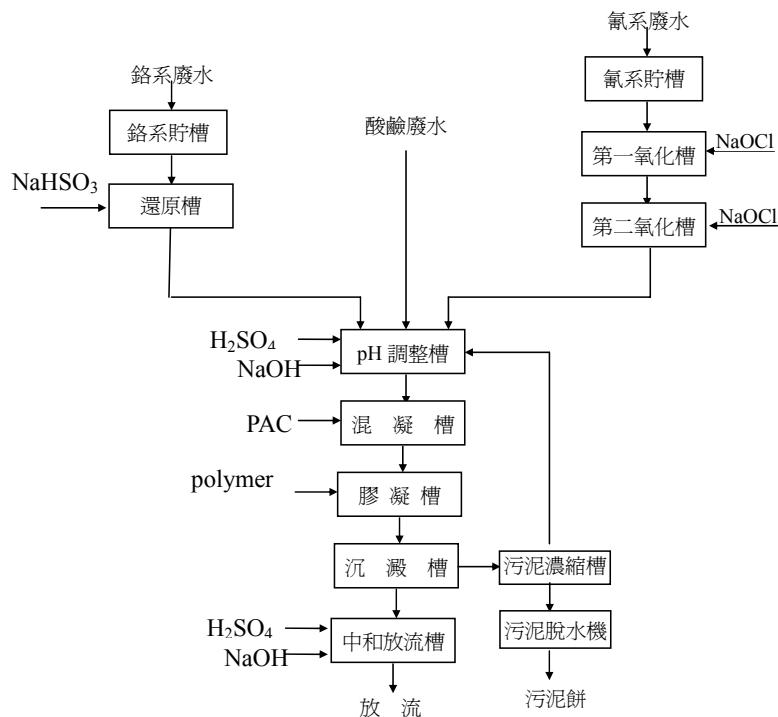


圖 2 廢水處理流程

表 1 原廢水水質

項目	pH	COD	SS	總 Cr	Ni ²⁺	CN ⁻
一般廢水	8	73.5	10	-	39	-
氰系廢水	-	342	6.5	-	-	300
鉻系廢水	-	-	2	124.9	-	-

單位：mg/L，pH 除外。

表 2 藥劑使用種類與使用量

使用藥劑	NaOCl	PAC 液體	NaOH	活性 碳粒	NaHSO ₃	polymer
使用量 (噸/月)	4.05	3.04	1.174	0.075	0.125	0.0015

表 3 製程各單元之電導度值

單元	脫脂 水洗槽 1	脫脂 水洗槽 2	酸水 洗槽 1	酸水 洗槽 2	鹼脫 脂槽 1
電導度值	596 μ S/cm	447 μ S/cm	5.28mS/cm	506 μ S/cm	3.73mS/cm
單元	鹼脫脂槽 2	綜合酸水洗	鎳水洗 1	鎳水洗 2	氰水洗 1
電導度值	469 μ S/cm	5.4mS/cm	>80mS/cm	445 μ S/cm	3.05mS/cm
單元	氰水洗 2	鎳水洗 3	鎳水洗 4	鉻水洗	純水洗
電導度值	512 μ S/cm	445 μ S/cm	439 μ S/cm	131 μ S/cm	33 μ S/cm

註：1mS/cm = 1,000 μ S/cm

表 4 廢水處理單元之電導度值

單元	鉻系貯槽	酸鹼廢水槽	氯系貯槽	第一氧化槽	第二氧化槽	調整槽
電導度值	129.1 μ S/cm	1,500 μ S/cm	3.07mS/cm	9.41mS/cm	9.1mS/cm	2.84mS/cm
單元	鉻系還原槽	混凝槽	膠凝槽	沉澱槽	放流水	—
電導度值	2.96mS/cm	2.92mS/cm	3.01mS/cm	2.86mS/cm	2.75mS/cm	—

註：1mS/cm = 1,000 μ S/cm

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 脫脂槽液缺乏妥善管理，槽液中累積大量油脂及雜質。
- B. 廢水處理藥品使用量與費用偏高。
- C. 放流水電導度值偏高，約 2,750 μ S/cm，超過灌溉用水水質 750 μ S/cm 之管制標準。

(2) 改善建議

A. 延長脫脂液使用時間：由於一般脫脂劑中含有界面活性劑及螯合劑等有機化合物，為電鍍廢水中 COD 之主要來源，而化學混凝沉澱法對溶解性 COD 去除率有限，一般而言平均去除率約為 60%。若能針對脫脂槽液加強管理，採用循環過濾回收設備去除脫脂槽液中之油脂與雜質，以延長脫脂槽液使用期限，減少老化廢液排棄頻率，並可降低廢水中之 COD 污染負荷，同時降低廢水加藥量。

B. 廢水處理藥品使用量合理化

(A) 因製程作業影響，排入廢水廠之 CN⁻與重金屬濃度會有稍許差異，為了解最適加藥量，建議收集不同時間之進流水，進行杯瓶試驗，以進一步瞭解各種加藥之最適量，並測試停止添加 PAC 之可行性。

(B) 電鍍製程之氯系廢水一般以鹼性加氯法處理，理論上，欲完全將 1kg 的 CN⁻ 氧化成氮氣及二氧化碳，需要 10kg 之次氯酸鈉(NaOCl，100%)，以及 8 kg NaOH (100%)。

以計算氯離子最適加藥量為例，說明如下：

- a. 原水水量 (CMD) \times 原水中之 CN⁻濃度 = CN⁻量 (kg/day)
- b. 氧化一單位的 CN⁻需要 10 單位之次氯酸鈉 (NaOCl，100%)
- c. CN⁻量 (kg/day) \times 10 = 100% 次氯酸鈉 (kg/day)

C.為降低排放水電導度，建議增設離子交換處理系統，並將處理水回收使用。為了不影響電鍍品質，回收放流水至清洗單元時，可依等比例加入清水（如 70% 回收水 +30% 清水或者 50% 回收水 +50% 清水），為不影響電鍍品質，可先在實驗室利用小型模型進行實驗，以進一步瞭解水回收之比例。

5.具體執行成效

- (1)案例工廠設置一脫脂實驗槽，進行脫脂劑不同建浴濃度之可行性試驗，以建立最適化之脫脂劑濃度，達到製程減廢之目的。
- (2)為降低排放水電導度，嘗試由減少加藥量著手。經由杯瓶試驗結果發現，停止添加 PAC 時，其化學混凝效果仍佳，因此停止添加 PAC，每月節省 3.04 公噸之藥劑使用量。
- (3)由於製程減廢及廢水處理場停止添加 PAC 後，處理水電導度值仍偏高。因此案例工廠設置活性碳吸附塔及離子交換樹脂塔。放流水經高級處理後，電導度值約 1.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，如表 5 所示，符合灌溉用水水質 $750\mu\text{S}/\text{cm}$ 之管制標準，可考慮回收至製程使用。
- (4)案例工廠將經過脫水機後之污泥以熱風式乾燥機乾燥，使污泥減量。污泥量由 2 噸/月降至 700 公斤/月左右，污泥減量 70%。

表 5 放流水之電導度值比較

單元	放流水 (無活性碳 + 離子交換)	放流水 (經活性碳)	放流水 (經活性碳 + 離子交換)
電導度值	2.75mS/cm	2.62mS/cm	1.65 $\mu\text{S}/\text{cm}$

註：1mS/cm = 1,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

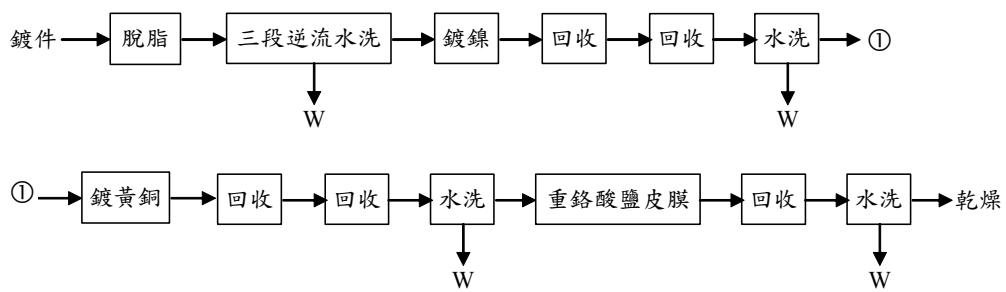
案 例 七

1. 前言

案例工廠位於工業區內，係一專門從事五金零件電鍍鎳及黃銅之代加工工廠，工廠之電鍍程序採人工手動操作方式，採一班制生產。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠之電鍍製程及廢水污染來源如圖 1 所示，鍍件經脫脂處理後，即進行鍍鎳及鍍黃銅之程序。



註：W 表廢水來源

圖 1 案例工廠製程與污染來源

案例工廠之廢水種類依廢水來源及特性，可區分成脫脂水洗廢水、鍍鎳水洗廢水、氰系廢水與鉻系廢水等四類。各類廢水污染成份與廢水量彙整如表 1，廢水水質如表 2。

表 1 工廠製程廢水種類及特性

廢水種類	污染來源	污染成份	廢水量
脫脂廢水	脫脂程序後清洗鍍件之連續性排水	界面活化劑、鹽酸	38.4m ³ /日
鎳廢水	鍍鎳後清洗鍍件之連續性排水	氯化鎳、硫酸鎳	9.6m ³ /日
氰系廢水	鍍黃銅後清洗鍍件之連續性排水	氯化鈉、氯化銅、氯化鋅	9.6m ³ /日
鉻系廢水	重鉻酸鹽皮膜處理後清洗鍍件之連續性排水	鉻酸鹽	9.6m ³ /日

表 2 工廠綜合廢水水質

項目	SS	COD	Ni ²⁺	Cr ⁶⁺	Cu ²⁺	CN ⁻
濃度(mg/L)	45	120	35	15	8	17

3. 廢水處理狀況

工廠為有效回收處理各股製程廢水，乃針對鍍鎳、鍍黃銅及重鉻酸鹽皮膜程序後之水洗排水，於廠內分別設置了三套離子交換系統，其處理流程如圖 2 所示；脫脂程序之水洗排水，以及離子交換系統之反沖洗水與再生廢液，則採化學沉澱法處理，並將處理後之放流水全量回收，其處理流程如圖 3 所示。工廠之設計廢水量及廢水水質如表 3 所示。

表 3 工廠設計廢水量及廢水水質

設計廢水量 (m ³ /日)				設計廢水水質 (mg/L)		
脫脂廢水	鎳水洗廢水	氯系廢水	鉻系廢水	SS	COD	Ni ²⁺
				100	200	50
40	10	10	10	Cr ⁶⁺	Cu ²⁺	CN ⁻
合 計：70				50	20	30

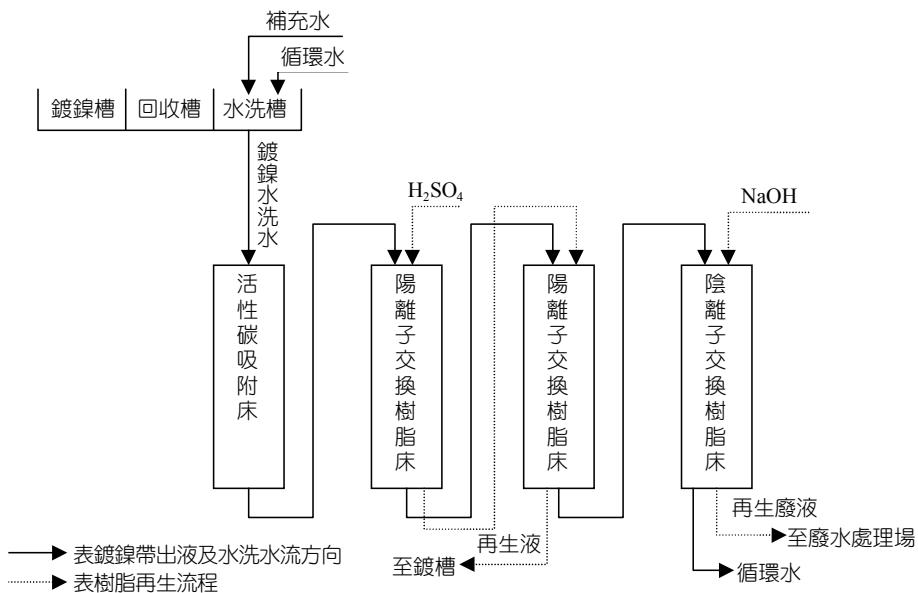


圖 2(a) 案例工廠鍍鎳水洗水離子交換處理流程

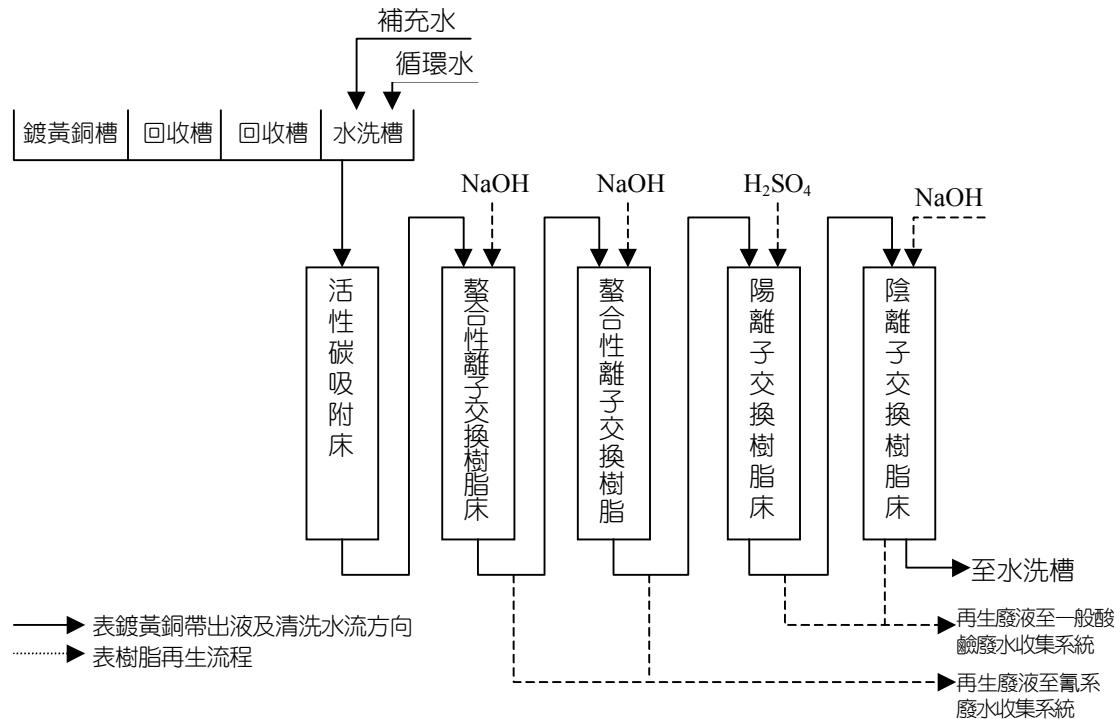


圖 2(b) 案例工廠鍍黃銅水洗水離子交換處理流程

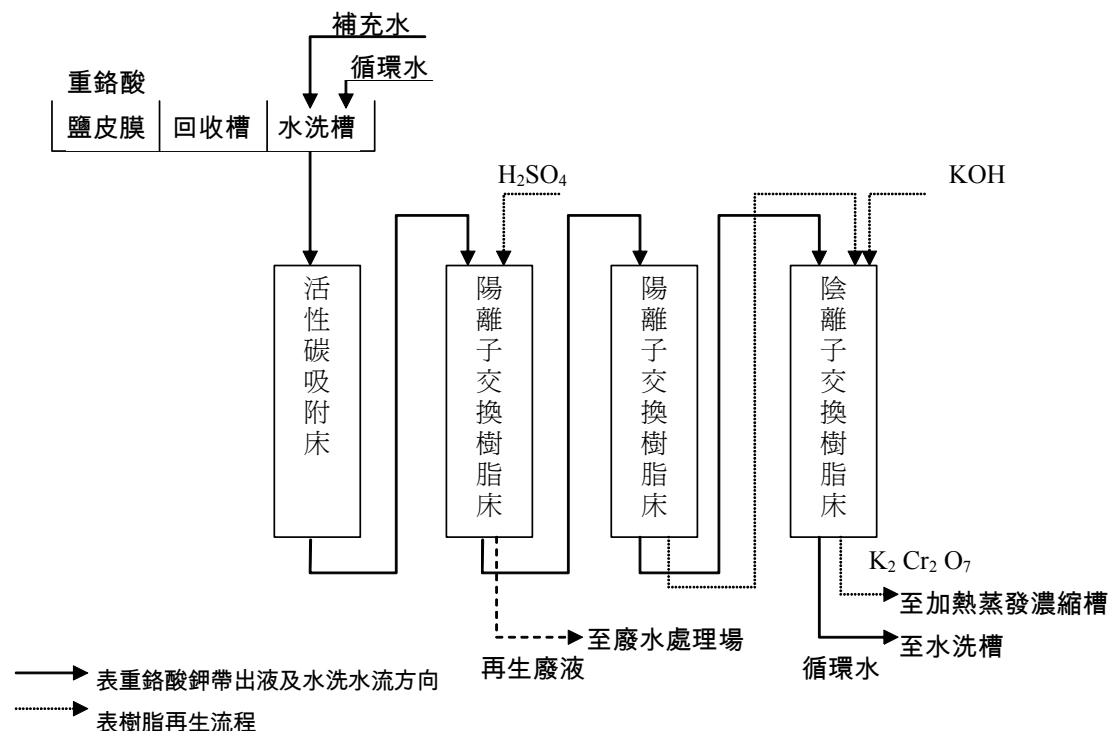


圖 2(c) 案例工廠鉻系水洗水離子交換處理流程

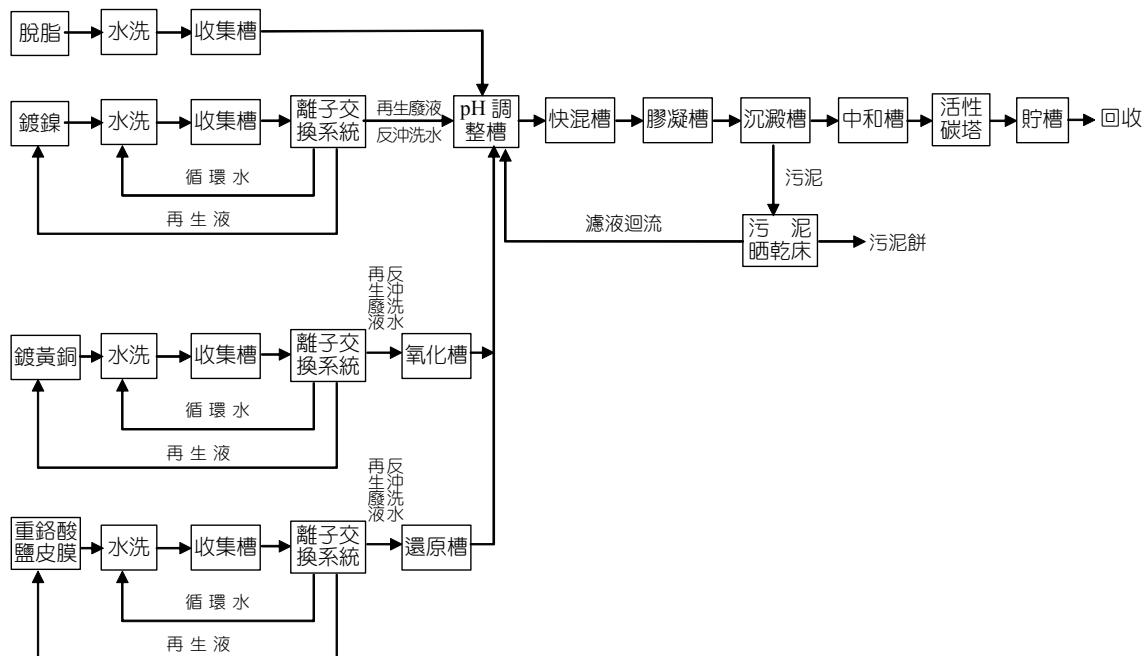


圖 3 案例工廠製程廢水回收處理流程

4. 缺失與改善建議

(1)基本上，工廠之廢水處理設施完善，處理水質良好，若能針對下列事項加以重視及改善，將更能節省廢水處理成本：

- A.新增設之鍍鉻單元，其水洗水之六價鉻濃度偏高，將使離子交換系統飽和速度加快，增加其反洗及再生頻率。
- B.應於鍍鉻槽附近設置緊急淋洗設備。
- C.樹脂使用期限已達老化(氧化)程度，應更新以提高回收效率。
- D.加強製程減廢管理措施。如：
 - (A)操作人員的訓練，以避免操作疏失，造成污染產生。
 - (B)使用適當的掛具，使易於排滴。
 - (C)落件的清除，以減少槽液污染，延長槽液使用期限。

(2)整體而言，工廠結合減廢回收系統及廢水處理設施，可減少污染物及廢水的排放量，但對於處理水循環使用比例或次數，須視鍍件清洗品質的要求，進行部分放流或定期排放更新。

5.具體執行成效

(1)工廠之廢水處理設施以處理脫脂水洗水為主，處理水則全量回收使用，同時各電鍍程序排放之重金屬離子廢水則以離子交換系統處理，處理水亦循環作為水洗水使用。如此，工廠每日可以節省 70m^3 的清洗水量。

(2)工廠之鍍鎳及重鉻酸鹽皮膜水洗水以離子交換系統處理時，樹脂飽和再生週期約一個月乙次，其樹脂飽和再生液則回補至原鍍槽繼續使用，因而可節省鍍鎳槽及鉻酸鹽槽之原物料使用量，根據統計每月約可節省 700 公斤的硫酸鎳及 20 公斤的重鉻酸鉀。

(3)工廠在正常操作下，設置離子交換系統之效益評估如下：

A.初設成本：整體離子交換系統設置成本，含週邊設備共計 2,500,000 元。

B.操作維護費

(A)動力費用

$$6\text{Hp} \times 0.75\text{kW/Hp} \times 4\text{hr/日} \times 25 \text{日/月} \times 12 \text{月/年} \times 2.6 \text{元/Kw-hr} = 14,040 \text{元/年}$$

(B)再生藥品費用：共計 6,480 元/年

$$\text{NaOH} : 20\text{kg/月} \times 15 \text{元/kg} \times 12 \text{月/年} = 3,600 \text{元/年}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 : 30\text{kg/月} \times 8 \text{元/kg} \times 12 \text{月/年} = 2,880 \text{元/年}$$

(C)樹脂更換費用（以每月平均 3,300 元計算）

$$3,300 \text{元/月} \times 12 \text{月/年} = 39,600 \text{元/年}$$

(D)操作維護費用：總計 60,120 元/年

$$14,040 \text{元/年} + 6,480 \text{元/年} + 39,600 \text{元/年} = 60,120 \text{元/年}$$

C.節省費用

(A)水洗水

$$70\text{m}^3/\text{日} \times 25 \text{日/月} \times 12 \text{月/年} \times 8 \text{元/m}^3 = 168,000 \text{元/年}$$

(B)硫酸鎳

$$700\text{kg/月} \times 12 \text{月/年} \times 55 \text{元/kg} = 462,000 \text{元/年}$$

(C)重鉻酸鉀

$$20\text{kg/月} \times 12 \text{月/年} \times 75 \text{元/kg} = 18,000 \text{元/年}$$

(D)廢水處理藥劑費

a.NaHSO₃ 加藥費用：以處理 1kg Cr⁶⁺ 需添加 3kg NaHSO₃ 計算

20kg/月 × 52/100 × 3kg × 12 月/年 × 25 元/kg = 9,360 元/年

b.NaOH 加藥費用：

15kg/月 × 25 日/月 × 12 月/年 × 15 元/kg = 67,500 元/年

(E)污泥處置費用（以委託代處理費 10 元/kg 估算）：

110kg/月 × 25 日/月 × 12 月/年 × 10 元/kg = 330,000 元/年

(F)總計每年可節省費用：

168,000 元/年 + 462,000 元/年 + 18,000 元/年 + 9,360 元/年 + 67,500 元/年 +
330,000 元/年 = 1,054,860 元/年

D.設備回收期限

(A)每年總淨節省費用：1,054,860 元/年 - 60,120 元/年 = 994,740 元/年

(B)回收期限：2,500,000 元 ÷ 994,740 元/年 = 2.5 年

2.3 食品業

案 例 八

1. 前言

案例工廠為食品公司。早期是以外銷冷凍調理鰻魚為主要經營項目，隨著時代的變遷，創新了傳統麵食點心，其產品包括饅頭、包子、粽子、水餃、港式點心、西點及蛋糕等。

2. 製程與廢水污染來源

廠內製程分為生食區及熟食區二部分。製程廢水來源主要為食品加工過程之清洗廢水，包括桶子清洗廢水、地板清洗廢水及煮粽子廢水；全廠廢水計有四股，總廢水量約 300CMD，其中肉粽水、水餃水約 30CMD，而其他廢水量約 270CMD。

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水處理流程為典型生物處理程序（調勻池、初級沉澱池、生物接觸曝氣池、生物沉澱池、過濾），廢水處理流程如圖 1 所示。粽子廢水批次排放至除油池後進入調勻池，其餘三股廢水分別自廠區內不同製程單元經截留池除油(添加生物助劑)後以重力流至集水井，再以動力泵送至廢水廠。

工廠之主要污染水質項目為 COD 與 SS。原廢水之 COD 與 SS 之變動均甚大，COD 約於 200 ~1,400 mg/L 之間、SS 約於 30 ~ 656 mg/L 之間，處理後之 COD 約 38 ~ 339mg/L，SS 約 9.2 ~ 56mg/L，仍偶有超出放流管制標準之現象。

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 廢水水質變動甚大，且調勻池容積不足，停留時間約僅 6 小時，對後續處理單元處理效率造成影響。
- B. 既有之生物接觸曝氣法，經現場觀察生物池僅具極低之生物量，生物處理單元應未發揮功能，處理水之 COD 仍偏高。
- C. 沉澱池有污泥累積及污泥厭氧上浮之情形。沉澱池之排泥方式、頻率甚或硬體設施均應改善。

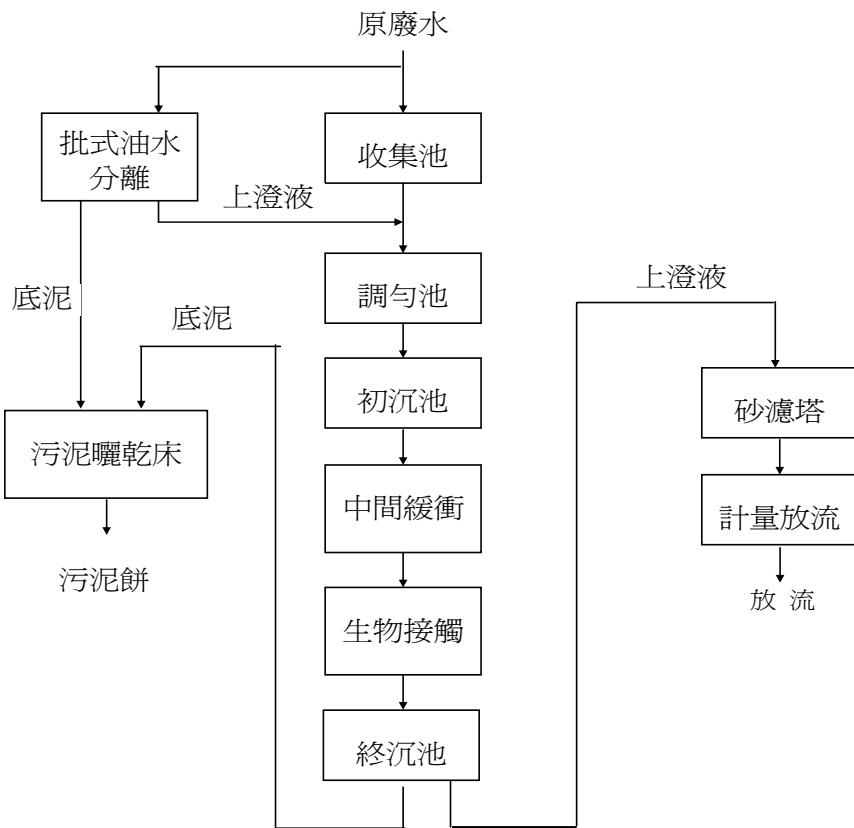


圖 1 廢水處理流程

(2) 改善建議

A. 前處理設施

(A) 工廠擬將廢水輸送方式由重力式改為動力式，原則上應可行；此法需購置適當馬力數之廢水揚水泵。操作時，因泵浦之動力作用能將部分油脂乳化，應不至於造成管線之阻塞，因此目前所添加之生物助劑應評估停用之可行性，而浮油則可於調勻池形成油脂球後撈除。因調勻池停留時間不長，約僅 6 小時，因此粽子廢水之排入應以少量連續方式進流，以免突增後續處理單元之負荷。

(B) 廢水中之浮渣去除方式係以濾網濾除後再以人工清除，操作上相當不方便且浪費人力，建議應於集水井處設置自動式細篩機去除浮渣。

(C) 既有之調勻池區分成三槽，廢水於第一槽利用泵浦輸送至聯通之二、三槽，造成動力浪費。建議將第一槽與二、三槽聯通，直接以重力方式輸送廢水，以節省動力並增加調勻功能，以穩定廢水水質。同時，應調整池內液位計高

度，以增加調勻池之有效體積。

(D)廢水在進入調勻池後，由液位計控制以泵打入後續處理單元，因此該抽水機之作動方式（如：抽水機作動時間短而停止時間長，則表示雖每日處理水量為 300m^3 ，實際抽水泵做動處理時之流量較平均流量高出甚多），可能影響生物反應或衝擊沉澱池之分離功能。建議應儘可能避免造成反應槽操作條件不易控制或反應時間不足之情形。由於選擇之抽水泵其抽水能力會較實際需求量為大，因此應以計量分水堰或迴流之方式降低進水量，使之儘可能連續操作，以免對各槽功能造成衝擊，並降低沉澱池因水力上之衝擊而造成處理水懸浮固體物濃度升高之現象。

(E)建議增設上流式厭氣污泥床(UASB)於調勻槽之後，經 UASB 前處理後 COD 可望有效降低，以減輕後續處理單元之負荷。

(F)粽子廢水為下班前所排放之當日煮粽廢水，每批次排放量約為 1.5m^3 ，既設之油水分離池體積為 2 m^3 ，應能發揮降溫與油水分離功能，不需改善。而因油水分離方式屬於重力分離之自然分離，因此不必添加任何化學藥劑即可達到此功能；如此將可降低操作成本與污泥產生量。收集之油脂宜考量委外資源化處理。

B.活性污泥重新植種

(A)案例工廠原有之生物處理系統為竹枝式之接觸曝氣式，一般而言竹枝式之生物污泥不易附著生長，且多數已上浮、無作用，因此宜將接觸式曝氣法視為活性污泥法進行操作。

(B)依據工廠之進流廢水量、廢水水質及 F/M 值(一般食品廢水約控制在 $0.3\sim 0.4$ ，MLSS 濃度約為 $2,500\sim 3,000\text{mg/L}$)，並於尋得類似工廠掌握其沉澱池污泥濃度後，計算重新植種所需之污泥量；載運之污泥量需足以達適當之食微比，應避免過低而發生污泥分散性生長、沉澱不佳之情形。

(C)維持曝氣池內適當之 MLSS 濃度，並控制曝氣量約為 2.0 mg/L 左右。

(D)由終沉池處設置污泥迴流管及迴流泵，適量迴流污泥至曝氣池。

C.沉澱系統

(A)由於沉澱池排泥功能不佳，污泥厭氧所致之污泥上浮情形嚴重，沉澱池液面累積甚多浮渣，建議提高排泥頻率。沉澱池之設計與標準沉澱池尚有相當之

距離，如沉澱池之深度較淺、無池底污泥區，且池底無刮泥設施，污泥易於池底累積產生前述之污泥厭氧上浮之情形；此外進流區應有整流設施，出流區應有溢流堰(堰負荷約 $250\text{m}^3/\text{m-d}$)；另生物沉澱池之進流口位置易生短流現象，應加以調整適切之位置。

(B)初級沉澱池處理水以抽水泵將廢水揚入曝氣槽，建議檢討取消該動力泵，而以重力之方式流入曝氣池，如此除可節省動力外亦可避免因液位控制引致抽水泵作動、停止所帶來之水力衝擊。

(C)原終沉池建議未來宜改為污泥貯池，而將初沉池改為生物沉澱池。

5.具體執行成效

因廢水處理設施需改善內容甚多，為了使改善成效符合經濟效益，第一階段先恢復生物處理系統之功能，並配合污泥迴流系統及沉澱池之操作，以評估處理功能作為第二階段改善硬體設施之參考。前處理設施之改善因影響整體處理功能，則與第一階段之改善工程同步進行。改善過程中並逐步配合廠內之環境管理系統建置適當之操作制度，採高效率、自動化、省人力之操作控制方式。具體改善作法如下：

(1)依廠區製程作業所產生之廢水水質、水量狀況進行分離程序，將濃度特性不同之廢水分別收集儲存於既有儲存槽，以減緩原廢水儲存池水質變化而影響處理成效。其中，肉粽水、水餃水約 30 CMD，COD 濃度較高，設置二座高濃度廢液儲槽，其可控制進流廢水水量，使成均勻流量，以提供最佳操作條件及維持後續處理單元之正常操作，增設之設備如圖 2 所示。

(2)原廢水中之浮渣去除方式，之前係以濾網濾除後再以人工方式清除，操作上相當不方便且浪費人力，因此增設一振動篩，藉此可篩除粗大上浮性物質或沉澱性懸浮物質，成效良好且節省人力，如圖 3 所示。

(3)參考本輔導改善建議，增設 UASB 前處理池、固定濾材、污泥重新植種，提高沉澱池排泥頻率，並增設一座符合標準設施規範之沉澱池，其在進流區設有整流設施，出流區設有溢流堰。如圖 4 所示。



圖 2 增設之粽子廢水儲存槽



圖 3 增設之振動篩



圖 4 增設之終沉池

(4)改善後因進流水質趨於穩定，且生物處理功能亦提升，處理水 COD 約為 40 ~ 120mg/L、SS 約 8.5 ~ 30mg/L 之間，處理水質不穩定狀況已大幅改善。

案例九

1.前言

案例工廠為一家以生乳為原料，從事鮮乳及發酵乳之生乳品專業製造工廠，每日單班生產 8-10 小時，每年 4 月至 10 月為生產旺季，11 月至隔年 3 月則為生產淡季。

2.製程與廢水污染來源

案例工廠主要製程廢水來自於調配槽洗滌、填充瓶洗滌及填充機洩漏、洗滌水，相關生產製程與污染源如圖 1 所示。

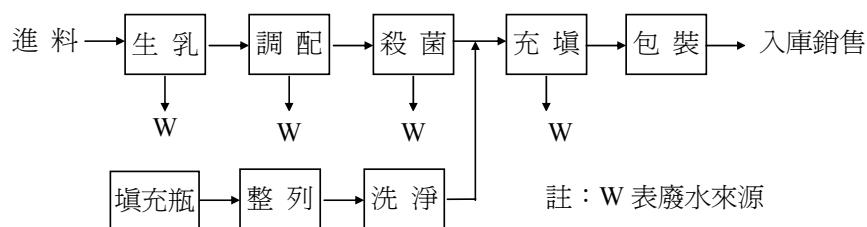


圖 1 案例工廠製程與廢水來源

3.廢水處理狀況

工廠既有之廢水處理設施，原設計處理量為 30CMD，未建立廢水水質資料。廢水採化學混凝沉淀法 + 活性污泥法處理，原設計之處理流程如圖 2。

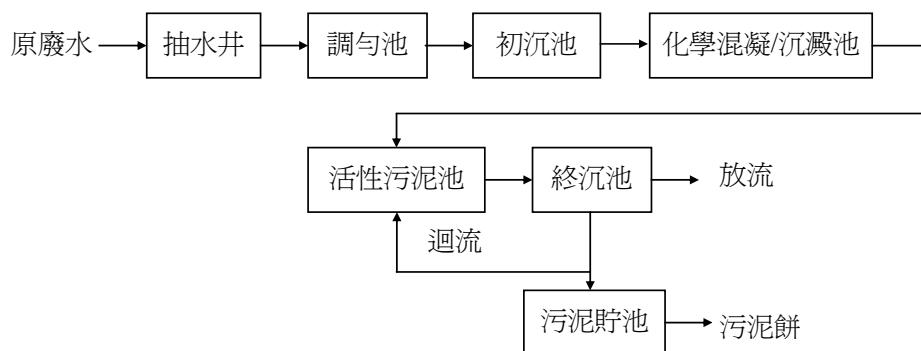


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4.缺失與改善建議

(1)缺失

A.操作人員操作經驗不足，且無水量、水質等相關操作紀錄可供參考。

- B.強酸、強鹼等二股消毒、殺菌廢液未能有效分類、收集，致整體廢水 pH 值變動大，水質不穩定。
- C.乳品充填分裝機洩漏嚴重，致須使用大量清水連續清洗，產生大量廢水。
- D.初沉池、化學混凝單元、活性污泥單元、終沉池設計嚴重缺失，致影響整體設施之處理功能。
- E.排放水無法符合放流水管制標準。

(2)改善建議

- A.進行乳品填充機功能調整或對既有之清洗機制進行規劃、調整，以避免洩漏之乳品殘留地面，造成污染，亦可減少清水用水需求。
- B.依輔導時初步測量，每日產生之廢水水量應已遠高於原規劃設計之 30CMD，且依所提供之原始設計參數判斷，處理設施各單元之停留時間亦明顯不足。建議儘速針對廢水水量、水質進行調查，做為整體處理流程修正之參考指標。
- C.在完成廢水水量、水質清查及製程減廢(節水)後，應儘速進行下列改善工作：
 - a.對原系統之設計參數及設計缺失，如物化反應單元之初沉池與生物反應單元之終沉池等二個沉澱池均為長方體平底設計，不易排泥亦無排泥機制設計，如有功能不足之現象則應採取因應方案以進行調整。建議於沉澱池之適當區段分別設置污泥抽引機制；排泥頻率及排泥時間則應視區段間之污泥累積量設定。
 - b.建議增設上流式厭氣污泥床(UASB)於調勻槽之後，經 UASB 前處理後 COD 可望有效降低，以減輕後續處理單元之負荷。

5.具體執行成效

(1)案例工廠於填充機作業平台外圍以不鏽鋼材質設置洩漏收集堤，亦即將洩漏之乳品集中收集於此一收集堤內，利用收集堤之高低液位差使其自然匯流至廠內廢水收集管線；收集後再以人工以少量清水清洗作業平台，如此節省大量之用水量與廢水產生量，並因而降低廢水場之負荷。改善方式詳如圖 3 示意圖。

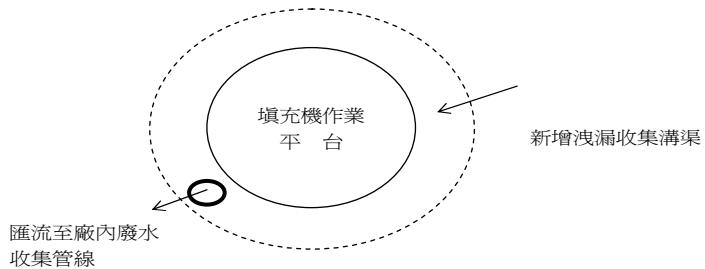


圖 3 洩漏收集堤示意圖

(2) 廢水水量水質確認

案例工廠進行廢水量量測，結果顯示實際廢水量約為 40CMD；並就未來擴廠之生產規模，訂定適當之廢水量。另規劃於改善工程中於放流口設置累計型流量計測量設備。

案例工廠不定時自廢水進流端採取具代表性之廢水水樣送請合格之檢測公司進行檢驗。分析檢測之廢水水質項目包括 pH 值、SS、COD 及 BOD，再將各次之檢測值求取其平均值，為案例工廠之廢水水質，如表 1 所示。

表 1 案例工廠原廢水水質調查結果

項目	廢水量 (CMD)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	pH
原廢水	40	1,440	800	400	11.5

(3)針對沉澱池不易排泥之問題，依輔導建議於長方體沉澱池之適當區段分別設置污泥抽引機制；排泥頻率及排泥時間則視區段間之污泥累積量設定。為達良好之排泥效果，在設置初期，於各區段抽引位置排泥時間一致，排泥時各自紀錄相對位置之污泥量多寡，在歷經多次觀察後，依各區段污泥量多寡做不同排泥頻率之修正、調整。

(4)為穩定廢水水質以利各單元之操作，製程間歇性產生之強酸、強鹼等消毒廢液，依廢液種類分設貯槽，收集後，再配合排放量及排放頻率等因子將所收集之廢酸(或廢鹼)分別以定量泵採連續少量之方式泵入調勻池內，以確保廢水水質之穩定性。

(5)廢水設施重行啟動後，除正視其處理成效外，對機械設備之保養維護及人員之操作經驗、操作紀錄文件均妥善保管，避免因人員流動而影響處理設施正常運轉之現象。

案例十

1.前言

案例工廠位於工業區內，專業生產蘿蔔糕，其他產品還包括芋頭粿、仙草、愛玉、燒仙草、年糕、蒟蒻等，主要以代工等方式和客戶合作，致力於製造傳統風味美食，使用專業的技術與高科技生產設備，提供客戶高品質的品質與服務。

2.製程與廢水污染來源

案例工廠主要製程廢水為洗米水、洗鍋水及地板清洗廢水。廠內製程因各原料製作因素，廢水量及廢水水質有相當大之變化，平日綜合廢水量約 $30\sim40\text{m}^3/\text{日}$ ，年節時則約為 $100\text{ m}^3/\text{日}$ 。

3.廢水處理狀況

工廠之綜合廢水污染濃度 COD 約 800mg/L 、SS 約 280 mg/L ，係直接排放至工業區污水處理廠處理，因管理及代處理成本較高，故擬自行設置廢水處理設施，降低排放水之污染濃度再排入工業區污水處理廠，以節省成本。

4.缺失與改善建議

案例工廠未設置廢水前處理設施。依據工廠之廢水特性判斷，建議該廠採用好氧性生物處理法，廢水處理流程如圖 1 所示，說明如下：

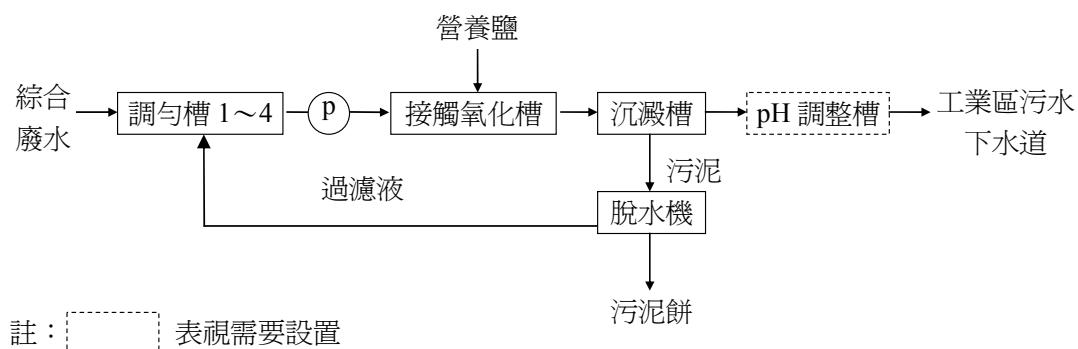


圖 1 建議之廢水處理流程

(1) 為因應不同時節所產生之廢水量差異性，可設置並聯式調勻槽共 4 槽，每槽之有效體積為 60m^3 ；為了避免產生臭味，槽內應設置曝氣系統。調勻槽若採密閉式設計，則應規劃通風人孔、維修爬梯等設施。調勻槽之進出水口設計應避免產生短流之現象。

(2)好氧性生物處理單元建議採用接觸氧化法，反應槽內應設置適當比率之接觸濾材(球)、曝氣設備及反洗設施。

(3)廢水處理所產生之有機性污泥，依規定需脫水至含水率 85% 以下再進行後續之處理處置。若欲將其作為資源化廢棄物則應依規定向環保單位申請許可後再運作。

5.具體執行成效

(1)案例工廠參考輔導改善建議進行改善，採接觸氧化法處理，降低排放水之污染濃度再排入工業區污水處理廠。廢水處理流程如圖 2。廢水處理廠廢水特性如下：

- A.原廢水特性：平日綜合廢水量約 30~40 CMD，年節時則約為 100 CMD。
- B.放流水：綜合廢水污染濃度 COD 約 1,000 mg/L、SS 約 300 mg/L，一般狀況下處理水質 COD 約為 150 mg/L，廢水水質如表 1 所示。

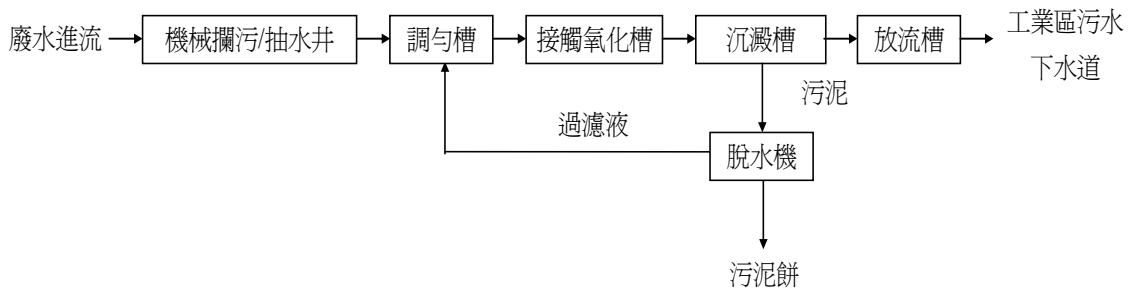


圖 2 廢水處理流程

表 1 廢水處理前後之水質狀況

項目	廢水量 (CMD)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
原廢水	30~100	800	--	280
排放水	30~100	200	--	30

(2)綜合廢水經處理後，處理水質 COD 可由 800mg/L 降至 200mg/L，SS 可由 280mg/L 降至 30mg/L 以下。依綜合廢水量 40 m³ 及工業區污水處理廠之收費標準計算 (COD : 27.83 元/kg、SS : 76.07 元/kg)，每月節省 4 萬元之代處理費。

2.4 染整業

案 例 十一

1. 前言

案例工廠為紡織染整工廠。工廠因產能增加、廢水量亦加大，致使廢水處理設施設計處理容量不足，處理水質無法符合管制標準。因此，工廠需評估廢水處理設施之最大處理容量，以做為增設或改善廢水處理設施之依據。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠製程主要以水織機紡紗成為胚布，再經退漿後，進行假染色。廢水來源主要為織機排放水、色水(含假染色及壓克力退漿廢水)及生活污水；其中，色水為定期排放之高濃度廢液，COD 污染濃度相當高。

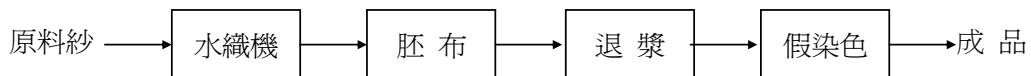


圖 1 案例工廠製程

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水分為原廢水及色水二大類，原廢水量約 $1,600\text{m}^3/\text{日}$ ，COD 濃度約 450mg/L ；色水約 $0.5\text{m}^3/\text{日}$ ，COD 濃度高達 $165,000\text{mg/L}$ 。案例工廠為了有效處理色水，因此少量排至原廢水處理場中，再以化學混凝沉澱法處理。案例工廠之廢水水質如表 1，廢水處理流程如圖 2。

表 1 案例工廠廢水特性

廢水種類	廢水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	COD (mg/L)	COD 總量 ($\text{kg}/\text{日}$)	COD 比例 (%)
原廢水	1,600	450	692.8	89.3
色水	0.5	165,000	82.5	10.7

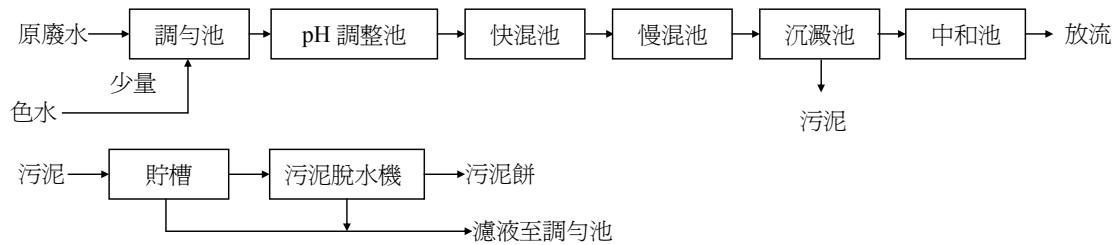


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 案例工廠原廢水量約 $1,600\text{m}^3/\text{日}$ ，而化學混凝沉澱系統之處理量僅約 $950\text{m}^3/\text{日}$ ，廢水處理設施處理容量不足 $650\text{ m}^3/\text{日}$ ，致使處理水質 COD 達 123mg/L ，無法符合放流水管制標準。

B. 色水廢水量僅約 $0.5\text{m}^3/\text{日}$ ，但 COD 值卻高達 $165,000 \sim 180,000\text{ mg/L}$ ，以少量連續方式與原廢水混和稀釋處理，除了使處理水產生色度外，並增加綜合廢水之 COD 濃度(由 400mg/L 增加至 450mg/L)，放流水之 COD 更難以符合放流水管制標準。

(2) 改善建議

A. 色水廢水以少量連續方式與原廢水混和稀釋處理，除使處理水產生色度外，並增加綜合廢水之 COD 濃度約 50mg/L ，使放流水之 COD 更難以符合管制標準。故建議案例工廠以蒸發濃縮方式去除色水之水分後，再與廢水污泥綜合進行處理處置。蒸發濃縮所需之能量計算如下：

$$0.5\text{m}^3 \times 1,000\text{L/m}^3 \times 540\text{Kcal/L} \text{ (蒸發熱)} + 0.5\text{m}^3 \times 1,000 \text{ L/m}^3 \times 83.5\% \text{ (熱傳效率)} \times 1 \text{ Kcal/}^\circ\text{C} \cdot \text{L} \times (100^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) = 302,148 \text{ Kcal}$$

B. 提升廢水處理量：原廢水量約 $1,600\text{m}^3/\text{日}$ ，既有之化學混凝沉澱系統之處理量僅約 $950\text{m}^3/\text{日}$ ，不足量約 $650\text{m}^3/\text{日}$ 。經評估，既有之調勻池、慢混池之體積與停留時間均可充分處理 $1,600\text{m}^3/\text{日}$ 之廢水量，因此僅需增設化學混凝後之固液分離設施即可。建議案例工廠在空間足夠之情況下，考慮使用沉澱方式，處理量 $950\text{m}^3/\text{日}$ ，並與現有沉澱池採並聯方式設計。沉澱池所需之表面負荷設計為 $20\sim40\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 。

C.處理效能提升：案例工廠放流水 COD 無法符合管制標準之主因為處理容量不足所致，惟為確保未來之處理成效，建議應依據廢水特性評估增設生物處理設施之必要性，評估項目主要以評估綜合廢水(含色水)之 BOD/COD 值為依據。若 BOD/COD 值大於 0.3，綜合廢水可能適合利用生物法處理，則應考量於既有之化學處理系統前增設生物處理設施。

5.具體執行成效

(1)案例工廠因廢水處理容量不足，致使放流水之 COD 無法符合管制標準，即因應需求而增設一化學混凝沉澱池，且與現有之化學混凝系統採並聯方式；兩系統同時應用處理，可以減輕既有處理設施之負荷量，處理後之水質 COD 約為 70~80 mg/L，COD 平均降幅達 39%。增設之化學混凝沉澱池如圖 3。

(2)案例工廠設置簡易式蒸發濃縮方式去除色水之水分，然後再與廢水污泥綜合進行處理處置。工廠利用廠區之鍋爐蒸氣加熱去除色水之水分，充分利用廠內製程餘熱。簡易式蒸發濃縮設備如圖 4。



圖 3 案例工廠增設之化學沉澱池



圖 4 簡易式色水蒸發濃縮設備

案 例 十二

1.前言

案例工廠為筒紗染色工廠，產品材質分聚酯纖維(PET)及聚醯胺纖維(Nylon)兩大類，染料以分散性染料與酸性染料為主。案例工廠原廢水採化學混凝法、電凝法及過濾法，但尚無法達放流水管制標準。

2.生產製程與廢水污染來源

案例工廠主要生產製程包括鬆筒、精練、染色、脫水、烘乾及包裝等。在精練及染色作業中，以低浴比染色，其製程如圖 1。工廠廢水來源主要為精練、染色及脫水等單元所產生，平均用水量為 20L/kg 紗，而廢水 COD 約 1,800mg/L。

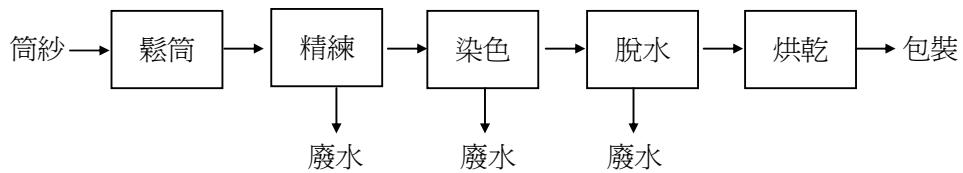


圖 1 案例工廠製程與廢水來源

3.廢水處理狀況

案例工廠製程廢水量約 80~100CMD，原廢水 COD 約 1,800mg/L 左右。廢水採化學混凝浮除 + 電凝法處理，處理水再經砂濾後排放。廢水處理流程如圖 2，廢水水質如表 1。

表 1 案例工廠原廢水及各單元水質

樣品 分析項目	原廢水	原廢水 (過濾後)	化混浮除 出流水	電凝處理 出流水
pH	6.9	6.9	8.3	7.2
COD(mg/L)	1,765	890	988	667
BOD(mg/L)	710	560	650	350
SS(mg/L)	980	—	80	17

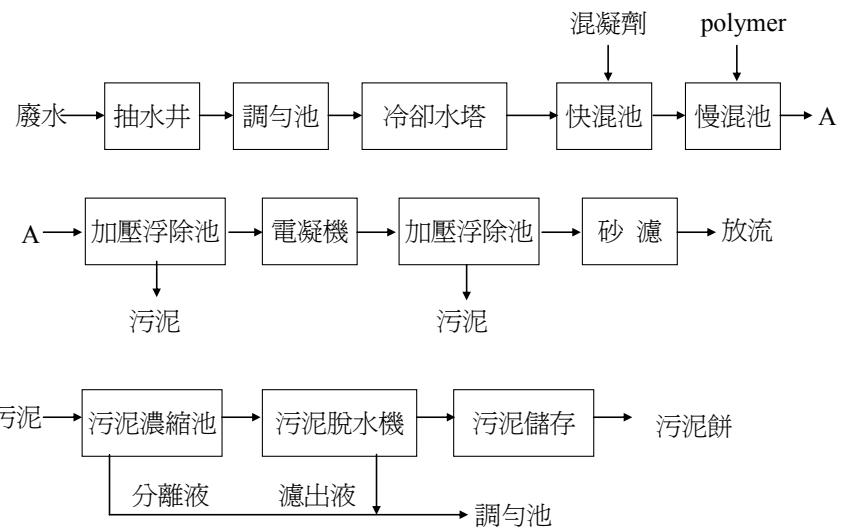


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 染色過程採用低浴比(浴比為 1：5)，平均用水量為 20L/Kg 紗，廢水 COD 達 1,800mg/L，污染濃度偏高。
- B. 綜合廢水經化學混凝浮除及電凝法處理後，處理水質仍無法符合放流水管制標準。

(2) 改善建議

- A. 建議應進行製程減廢，將高污染之染助劑改用低污染之染助劑，以降低綜合廢水污染濃度。
- B. 依據廢水水質判斷，原廢水之生物可分解性高(原廢水溶解性 COD 為總 COD 之 50%、過濾後原廢水 BOD/COD 為 0.63)，建議除應測試化學混凝最佳加藥量，並評估生物處理之可行性。依既有之處理流程判斷，建議應於化學混凝浮除後設置活性污泥處理系統，以去除有機物。建議之改善流程如圖 3。

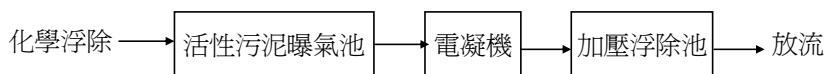


圖 3 案例工廠建議改善流程

5.具體執行成效

- (1)案例工廠經評估製程特性後，將高污染之染助劑改用低污染之染助劑，降低綜合廢水污染濃度。
- (2)案例工廠採取化學混凝浮除之出流水，進行活性污泥法試驗。試驗結果顯示，廢水 COD 由 1,026mg/L 降至 210mg/L、BOD 由 620mg/L 降至 25mg/L(水力停留時間 23hrs)，COD 去除率 78.5%、BOD 去除率 96%；處理水再經實驗室作後化學混凝處理，COD 可再降至 140mg/L、BOD 可降至 10mg/L，COD 總去除率為 85%、BOD 總去除率為 98%。依試驗結果顯示，處理水質可符合放流水管制標準。
- (3)案例工廠為了符合放流水管制標準，遂於化學混凝浮除之後設置活性污泥處理系統，並調整化學混凝浮除之操作條件，包括控制操作之 pH 在 5.5~6、PAC 添加量控制在 300mg/L、polymer 添加 1.5mg/L。改善後，放流水質 COD 可達 128mg/L、BOD 為 22mg/L。

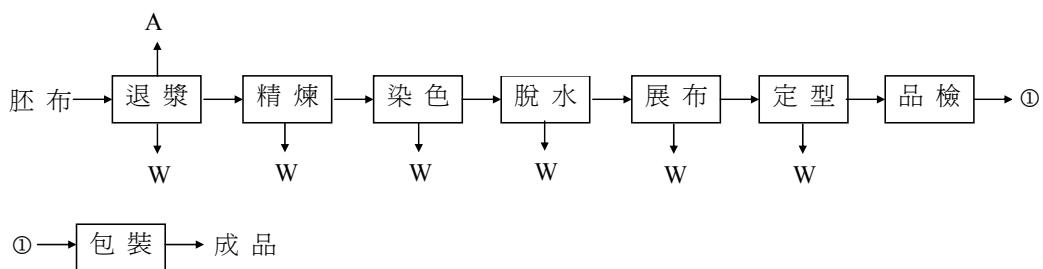
案 例 十三

1.前言

案例工廠為梭織染色之專業染整加工廠，製程中多數為 PET 布染色。案例工廠染料以分散性染料為主。分散性染料造成污染物在生物處理系統中無法去除，而必須藉由化學混凝方式處理，可有效去除色度，但卻增加污泥產生量，增加廢水處理成本。案例工廠由於廢水量大且污泥量多，影響廢水處理場操作成本甚鉅，因此亟需降低廢水處理成本。

2.生產製程與廢水污染來源

案例工廠為梭織染色之專業染整加工廠，工廠製程如圖 1 所示，其中除了品檢及包裝單元外，均有製程水產生，亦為廢水主要來源。在退漿精練、減量加工及染色等加工過程為污染物主要來源；減量加工及退漿精鍊產生均屬高濃度污染物。



註：A 表廢氣來源、W 表廢水來源

圖 1 案例工廠染整製程與污染源

3.廢水處理狀況

案例工廠廢水量約 11,000~12,000CMD，水質特性如表 1 所示。進流水 COD 濃度約 550~1,100mg/L，平均約為 800mg/L，雖然原廢水平均 COD 濃度不高，但由於廢水量大，故整廠污染量約介於 8,800~9,600kgCOD/日之間。

案例工廠廢水以生物法及化學法處理，處理流程如圖 2。高濃度減量加工廢水採用 pH 中和、化學混凝及沉澱方式處理，去除多數污染物後，再與其他染整加工廢水混合後成為綜合廢水。廢水經過生物處理(生物固定膜)後，COD 去除率約 60~70%，殘留 COD 及色度再經化學混凝處理及加壓浮除後，可符合放流水管制標準。

表 1 案例工廠廢水水質

項目	原廢水	放流水
Ph	10.2	6.3~7.5
水溫(°C)	38	30
COD(mg/L)	550~1,100	40~97
SS(mg/L)	30~80	10~30
真色色度	640	200

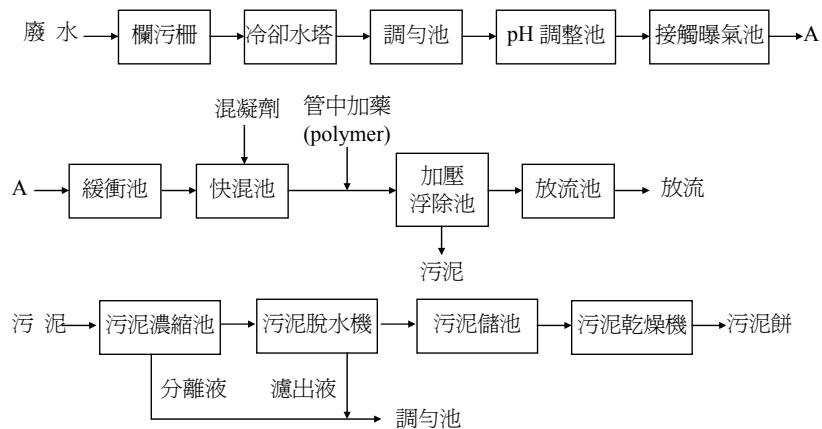


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

案例工廠廢水處理情況良好，處理水質可符合管制標準。但是由於廢水量大，添加混凝劑總量高，產生污泥量亦多，污泥處理與處置費用高。另外，案例工廠為降低污泥處理費用，自行建造污泥乾燥減量系統，但由於污泥餅含水率為86%左右，不利於後續乾燥處理。

(2) 改善建議

案例工廠廢水處理系統處理性能可以符合設計及實際操作規範，放流水符合管制標準，操作上並無問題；但在污泥產生及處理與處置方面，由於污泥產生量大，故建議針對化學混凝劑劑量最佳化進行測試，以降低污泥量。

5. 具體執行成效

(1) 化學混凝劑減量

案例工廠污泥主要來自化學混凝單元，因此評估該單元混凝劑 Alum 用量是

否適宜。評估時，採用現場之混凝劑及助凝劑進行測試，測試廢水包括混合液及上澄液兩類。其中，混合液為接觸曝氣槽剝離之生物膜與其出流水之混合；上澄液為接觸曝氣槽剝離之生物膜經固液分離後而得。

測試時，混合液之 COD 濃度約為 430mg/L，混凝劑劑量為 400mg/L 時，處理水 COD 濃度高於 100mg/L；劑量為 500mg/L 時，可以使 COD 濃度降至 100mg/L 以下；劑量為 600mg/L 時，處理水 COD 濃度符合排放標準。若繼續增加劑量，對處理水 COD 濃度去除效果並無顯著差異，且 600mg/L 劑量與原採用劑量(600 ~800mg/L)相當，並無太多減量空間。

在上澄液評估方面，初始 COD 濃度約為 240mg/L。混凝劑劑量為 400mg/L 時，處理水 COD 濃度可降至 50mg/L 左右，可確保處理水 COD 濃度符合排放標準。在相同處理水 COD 為 650gm/L 之濃度下，上澄液混凝劑劑量可以從 600mg/L 降至 400mg/L，減少 200mg/L。另外，化學混凝劑劑量對真色色度去除之影響，混合液在混凝劑劑量為 400mg/L 時，對真色色度去除效果可以相對應。在上澄液方面，在 400mg/L 劑量下，即可將真色色度降至 100 左右，與 COD 去除效果相類似。減少混凝劑用量對污染減量影響程度之比較如表 2，7.5%Alum 混凝劑劑量從 600mg/L 減少至 400mg/L 時，污泥減量達 29.6%，案例工廠可節省污泥處理與處置費用。

表 2 混凝劑用量對污泥減量影響程度之比較

廢水種類	混合液	上澄液
7.5%Alum 劑量(mg/L)	600	400
混凝劑用量(L/日)	7,200	4,800
混凝劑減量(L/日)	—	2,400
混凝劑節省成本(元/日)	—	9,600
化學污泥濕重(kg/日) (含水率 86%)	26,878	17,914
污泥減量(kg/日)	—	8,964(29.6%)
節省污泥處理費(元/日)	(處理費 3,700 元/公噸)	33,167
總節省成本(元/日)	—	42,767

(2)由測試結果可知，案例工廠將接觸曝氣池之處理水經固液分離後，添加 Alum 劑量為 400mg/L 時，處理水可符合管制標準。因此，案例工廠於生物處理後增設一水力停留時間 3 小時之沉澱池(有效容積約 1,600m³)，並調整化學混凝之混凝劑加藥量，以降低污泥產生量。

2.5 造紙業

案 例 十 四

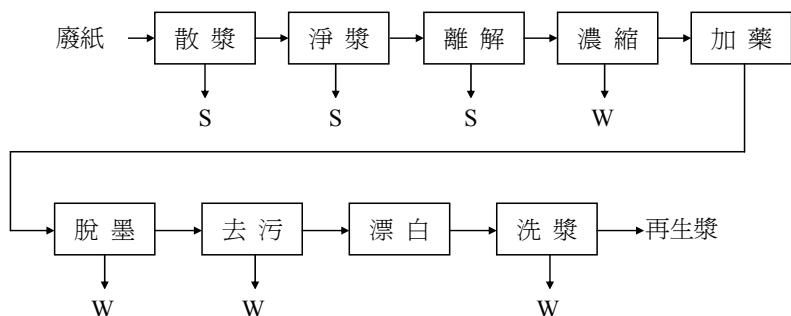
1. 前言

案例工廠為造紙業。主要製程原料為木漿、廢紙、碳酸鈣，專門生產高級文化用紙、卡紙及家庭用紙之生產。工廠已通過 ISO 9002、ISO 14001、安全衛生自護制度，並獲得多項產品正字標誌及環保標章。

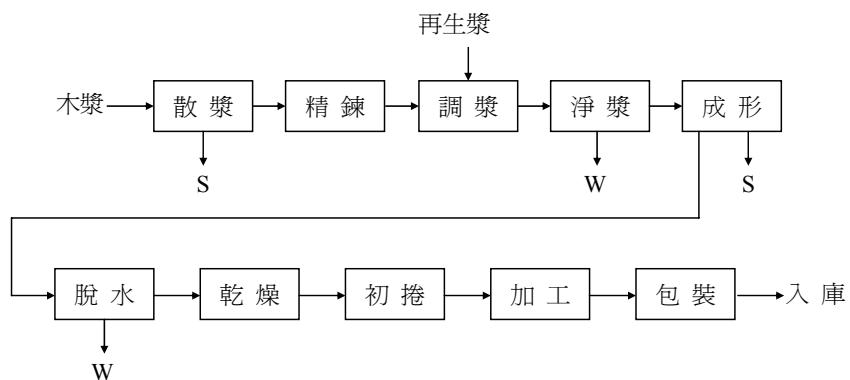
2. 製程與廢水污染來源

案例工廠主要廢水來源為抄紙過程之各種填充料（如白土或微細纖維），以及紙漿纖維脫墨製程所產生之脫墨廢水，製程與污染來源如圖 1。

(1) 廢紙脫墨再生製漿流程



(2) 製紙流程



註：W 表廢水來源、S 表廢棄物來源。

圖 1 案例工廠製程與污染來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠每天之廢水量約 $11,000\text{m}^3$ ，處理方法為活性生物濾床法 (ABF)，廢水污染特性為廢水量大，且 COD 及 SS 濃度高，其污染特性如表 1。其主要廢水處理單元設計性能歸納如表 2 所示，廢水處理流程為化學混凝浮除 + 生物滴濾池法，處理流程如圖 2。

表 1 廢水污染特性

廢水類別	廢水量 (CMD)	廢水特性
#1 原廢水	3,700	水溫：32.9°C pH：7.2 SS：1,490 mg/L COD：1,418 mg/L
#2 原廢水	7,300	水溫：33.1°C pH：7.3 SS：1,453 mg/L COD：1,438 mg/L

表 2 廢水主要處理單元性能

單元名稱	處理流量 (CMD)	池體體積(m^3)	停留時間(hr)	表面積負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$)
加壓浮除池 #1	3,700	360	2.3	51
加壓浮除池 #2	7,300	360	1.2	101
滴濾池	8,000-9,000	540	1.4~1.6	73~82
曝氣池	8,000-9,000	800	2.4~2.1	25~28
終沉池	8,000-9,000	3,200	8.5~9.6	10~11

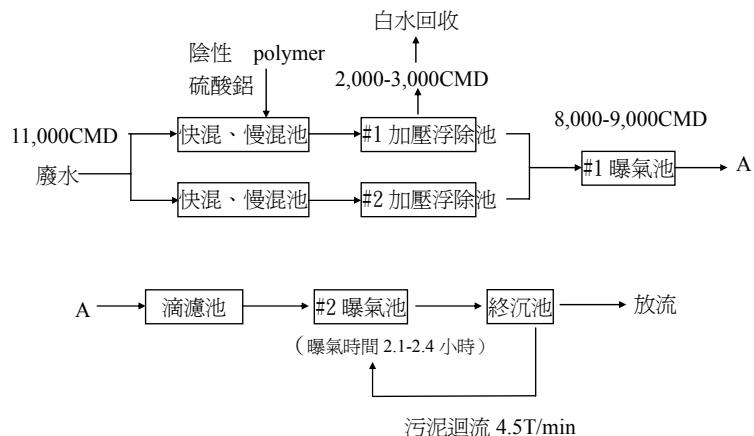


圖 2 案例工廠廢水處理流程



圖 3 案例工廠曝氣池情形

4. 缺失與改善建議

缺失	改善建議
1. 最終沉澱池污泥上浮，出流水 SS 過高。	1. 微生物觀察若為低溶氧族群時，增加污泥迴流量，每天增加約 20%，並增加曝氣量至 2~3mg/L。 2. 生物觀察若為絲狀菌族群時，需採取加氯處置或重新植種污泥。 3. 長期記錄 F/M、MLSS、溶氧及微生物相等參數，並統計其趨勢。
2. #2 加壓浮除池處理後的廢水，含大量油墨，且進入曝氣池之廢水中，微生物含大量之細菌；顯示負荷偏高，且有曝氣不均勻的現象。	1. 檢視#2 加壓浮除之操作狀況，以維持其去除率。 2. #1 曝氣池及#2 曝氣池之 DO 值分別為 1.07mg/L 及 1.02mg/L；曝氣池 DO 值溶氧不足。建議監測曝氣槽之 DO 值，並增加曝氣值至 2~3mg/L。
3. 進入生物處理系統之廢水水質、水量不穩定。	廠內廢水約 8,000~9,000 CMD，二座浮除池有效容積均約 360 m ³ ，停留時間約 47 分鐘。浮除池停流時間為 20~40 min 應已足夠，建議將#1 浮除池處理後的水送至#2 浮除池處理廢水，使#2 浮除池為連續操作狀態，可使進入生物處理之水質、水量較為穩定。
4. 混凝程序之助凝劑為陰性 polymer，藥劑種類選用不當。	廢水大多為帶負電之有機性污染物，故添加陰性 polymer，其沉降效果較差。建議改用陽性 polymer，添加濃度可進行杯瓶試驗，獲得最佳劑量值。
5. #1 加壓浮除池處理後廢水 BOD 約為 90mg/L，#2 浮除池處理後廢水 BOD 為約 160mg/L，進入生物處理之廢水為 8,000 噸，計算生物處理所需磷劑之添加量為 15kg/天，添加量不足。	廢水中 BOD：氮：磷約在 100：5：1 時，才適合活性污泥之生成與繁殖。活性污泥曝氣池營養劑之添加尿素約 120 kg/d，應足夠，而磷僅添加 15kg/天則太少。建議增加磷劑之添加。
6. 脫墨製程所產生之廢水 COD 偏高，且此股廢水非經常性排出，對於活性污泥處理系統衝擊性大。	內部建立通報系統。當排放脫墨製程廢水時，廢水處理場操作人員需加大活性污泥迴流量，以維持正常之食微比。但若長期考量，建議應將脫墨廢水單獨收集，並以加壓浮除法處理之。
7. 滴濾池處理效率不彰，有阻塞現象。	1. 滴濾池使用紅木作為濾材，生物膜長期附著其上，並未設置反沖洗設備清洗生物膜，導致生物膜過厚，生物膜內層含大量的厭氧微生物及一些抑制性物質。厭氧微生物及抑制物質隨著廢水剝落

缺失	改善建議
	<p>至活性污泥曝氣池，影響曝氣池生物處理系統。</p> <p>2.#1 曝氣池內之廢水以泵浦抽至滴濾池處理，因含大量之固體物，容易造成滴濾池阻塞。建議由曝氣池廢水抽至滴濾池的管路中銜接三通管，引部份原廢水至滴濾池，以降低固體物並增加水流量以利沖洗濾床，提升滴濾池效率。</p>
8.微生物觀察活性污泥中有硫化菌生長，表示系統中有抑制微生物成份存在，致使污泥上浮，導致出流水懸浮固體物過高。	<p>1.製程之高白度白土、溼膜碳酸鈣、上膠劑、合成乳膠及硫酸鋁使用量異常，可能使廢水硫酸根含量過高，而產生對微生物有抑制現象。須注意原物料之使用狀況，並於製程上加強管理，建立物料使用清單。</p> <p>2.可於生物處理池中加入氯化鐵，其濃度約 5-50 mg/L。</p>

5.具體執行成效

原#1 廢水及#2 廢水分別由#1 浮除池與#2 浮除池處理，二者均為批次操作，由於二座浮除池處理後之廢水水質、水量差異甚大，造成進入生物處理系統之廢水水質及水量均不穩定。經建議將原並聯處理方式改為串聯方式(如圖 4)，#1 浮除池處理後之廢水，泵送至#2 浮除池再次處理，改變處理系統為連續操作方式，處理水再泵送至生物處理系統進行後續處理。

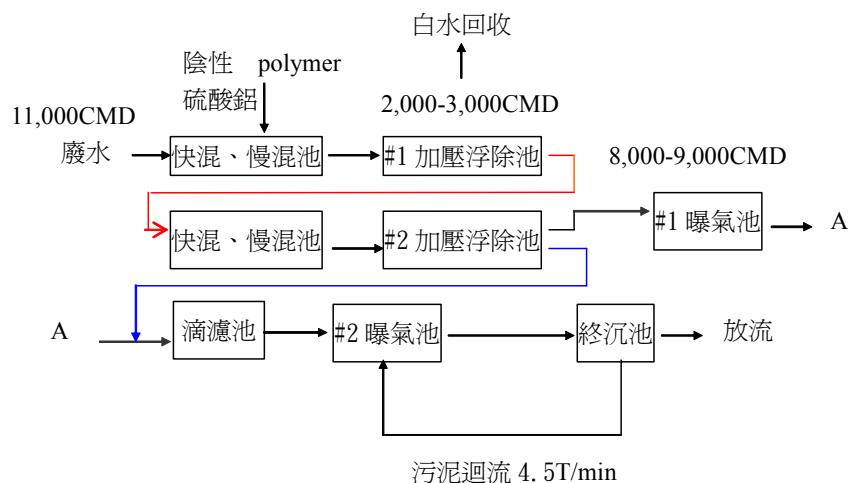


圖 4 案例工廠改善流程

(1)水質水量趨於穩定

浮除後之廢水 COD 平均值由原來 362mg/L 下降至 274mg/L，處理效率提升率達 24%，有效降低因水質、水量不穩定而導致曝氣池異常現象，詳如表 3。

表 3 案例工廠#2 浮除槽處理後 COD 值變化

項目	處理前	處理後
COD 值(mg/L)	142~525	128~375
COD 超過 400mg/L 天數	8 天 (檢測日數共 16 日)	0 天 (檢測日數共 16 日)
平均值 COD (mg/L)	362	274

(2) 提昇生物處理效率

改善滴濾池進水方式，降低固體物含量及增加進流水量，使滴濾池濾床達到沖洗作用，並改善滴濾池噴頭之阻塞現象及 ABF 處理系統之微生物相，促使 ABF 之 BOD 處理效率提升至 65%，詳如表 4。

表 4 案例工廠滴濾池處理系統(ABF)改善效率

項目	滴濾池改善前	滴濾池改善後
進流水質 COD(mg/L)	375	375
滴濾池處理前 COD(mg/L)	180	180
滴濾池處理後 COD(mg/L)	153	63
放流水 COD(mg/L)	87	33
放流水 SS(mg/L)	18~38	<15
BOD 處理效率(%)	15	65
曝氣池 MLSS(mg/L)	1,600	4,000

案 例 十五

1.前言

案例工廠位於苗栗縣造橋鄉，生產製程係以廢紙為主要原料產製瓦楞芯紙、牛皮紙板等，每月產量約 2,200 公噸。

2.製程與廢水污染來源

案例工廠以廢紙為原料，經散漿後進行抄紙，主要廢水污染源為抄紙過程之濾水(即俗稱白水)，其主要污染物為懸浮固體物。工廠主要製程與廢水污染源如圖 1。

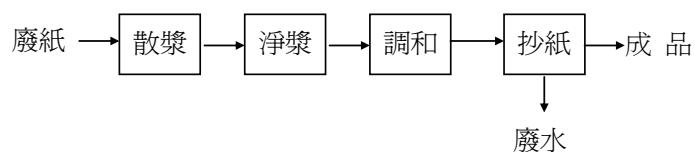


圖 1 案例工廠製程與污染來源

3.廢水處理狀況

案例工廠廢水量約 3,500CMD、COD 約 700mg/L、BOD 約 120mg/L、pH 為 6 ~9。廢水經化學混凝處理後回收 87%處理水，其餘以生物法(接觸曝氣)處理。處理流程如圖 2 所示。

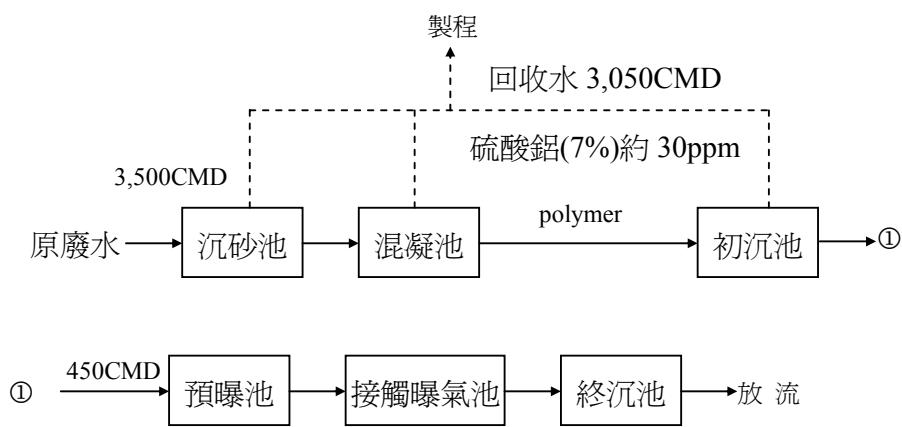


圖 2 案例工廠廢水處理流程圖

4.缺失與改善建議

(1)缺失

A.混凝池所添加助凝劑為陰性 polymer，其凝集效果不佳。

B.初沉池有效容積約 $1,500\text{m}^3$ ，每天處理廢水量約 $3,500\text{ m}^3$ ，停留時間超過 10 個小時，顯然設計容量過大；因滯留時間過長，夏天因溫度較高，易有污泥老化上浮之虞。

C.曝氣池總計約 640m^3 的體積容量，以每天進入曝氣池之廢水量約 450CMD 計算，其曝氣時間 34 小時，停留時間過長，浪費曝氣及運轉動力成本。

D.接觸曝氣池之選用濾材為竹材，竹材於接觸曝氣池的放置方式為橫向，易形成短流，且曝氣池並未加裝反沖洗設備，造成濾材阻塞。竹材已損壞。

E.檢測曝氣池之溶氧值高達 5mg/L 以上(表 1)，顯然曝氣池溶解氧並未被微生物吸收利用，顯示曝氣池微生物量可能不足。

表 1 處理單元溶氧值及 pH

廢水單元	初沉池	預曝池	曝氣池 (一)	曝氣池 (二)	終沉池
溶氧值(mg/L)	0.8	1	5.3	6.3	2.3
pH	5.8	6.4	6.9	7.5	6.8

(2)改善建議

A.polymer 的作用主要在於將細小膠羽予以凝聚，並進而沉降。輔導時採陽離子 polymer 進行杯瓶試驗，顯示沉降效果遠大於陰離子 polymer，故建議在化學混凝加藥之助劑方面改用陽性 polymer，使用濃度仍依照原來使用濃度。

B.由於廢水於初沉池停留時間過久，為避免夏天溫度過高導致污泥上浮，建議夏天時增加排泥頻率及延長排泥時間。

C.案例工廠之生物床共有三池（一槽預曝池，二槽曝氣池）($20\text{mL} * 8\text{mW} * 2\text{mH}$)，二槽曝氣池總計 640m^3 的體積容量，其曝氣時間達 34 小時，停留時間過長，建議僅使用一槽即可達到適用之處理容量。

D.由於接觸濾材已損壞，且曝氣池微生物量不足，建議更換濾材。

5.具體執行成效

(1)依輔導建議在化學混凝加藥之助劑方面改用陽性 polymer，使用濃度仍依照原來使用濃度。

(2)更改管線，僅使用一槽曝氣池，以達到適用之處理容量。

(3)更換濾材，接觸材料之容積與接觸曝氣有效容積比為 60% ，並設置反沖洗設備。

(4)除了注意濾材及接觸曝氣池的設計外，營養劑之添加主要功能與目的為供應廢水生物處理所需之營養鹽。微生物在對有機物進行代謝作用時，須少量的氮、磷，若欠缺這些營養成份，微生物之增殖及酵素的生成會受到抑制，進而降低對有機物的分解功能；通常廢水中 BOD：氮：磷之含量比約在 100：5：1 時才適合微生物繁殖。

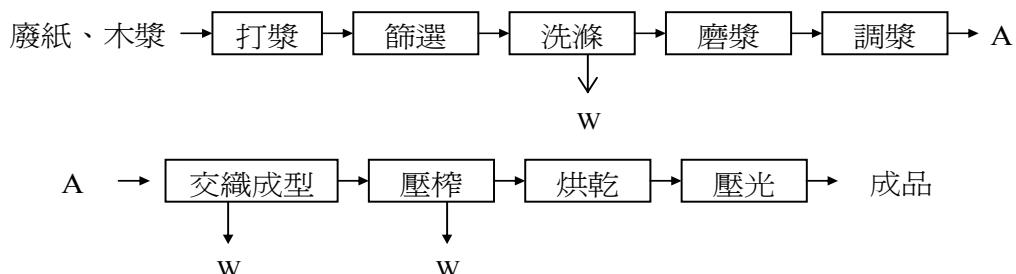
案 例 十 六

1. 前言

案例工廠為專業之紙板製造廠，以廢紙(進口及國產)及木漿為主要原料，產製白、灰紙板供工業上包裝、容器之用途。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠以廢紙為原料，經打漿、篩選、洗滌、磨漿、調漿等製程產製紙板。廠內製程因產品因素，並未設置脫墨設施；原設有 2 台抄紙機，因環境因素考量，現僅有 1 台抄紙機進行抄紙工作。廢水量因抄紙量減少而相對減少，由原先之 5,000CMD 降為約 2,500CMD，廢水中之主要污染物為有機物及懸浮性固體物。其製程與廢水污染來源如圖 1 所示。



註：W 表廢水來源

圖 1 案例工廠製程與廢水污染來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水量約 2,500-2,800CMD，COD 約 600~700 mg/L，SS 約 500~600 mg/L。廢水採化學法及生物處理，廢水處理流程如圖 2。一般狀況下放流水 COD<100 mg/L，但偶因活性污泥池產生大量泡沫，且污泥較鬆散，導致處理水質較不穩定，如表 1 所示。

表 1 廢水處理後之放流水狀況

項目	廢水量 (CMD)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
一般狀況下	2,500~2,800	60~70	5~10	5~10
異常狀況下	1,961	128	10.7	3.6
放流水管制標準	---	180	30	30

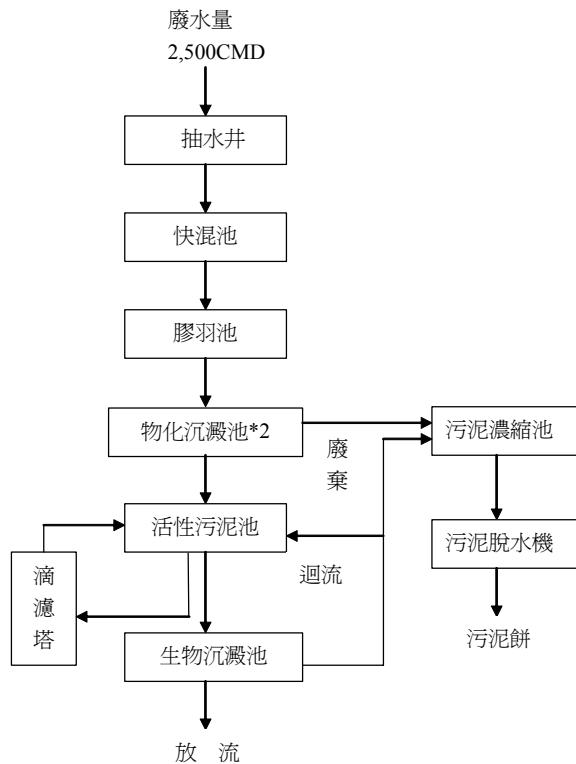


圖 2 案例工廠廢水處理流程

案例工廠由於活性污泥池產生大量之泡沫，且污泥沉降性差，導致處理效果不佳，靠消泡劑之噴灑，勉強控制泡沫之困擾。其快混/膠羽池只維持攪拌功能，無加藥措施。曝氣系統採用 4 台沉水式曝氣機，以輪流啟動方式進行曝氣。MLSS 約 1,500 mg/L，迴流污泥濃度約 2,500 mg/L。

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 由於活性污泥池產生大量之泡沫，初階段採加蓋及清水消泡措施，但會導致生物沉澱池污泥上浮；以消泡劑噴灑於活性污泥池中，可暫時予以控制。
- B. 活性污泥池之污泥有鬆化現象發生，導致處理效率降低。
- C. 生物沉澱池缺浮渣擋板及浮渣收集設施。現場雖已設懸吊式之簡易浮渣刮板，但功能顯然不足；由於生物處理異常時，或污泥廢棄量不足，致污泥產生厭氣消化時，皆會形成浮渣而直接影響放流水水質。

(2) 改善建議

- A. 前快混/膠羽池只維持攪拌功能，並未有加藥措施，連同兩座物化沉澱池，將具

有水質調勻之功能（廢水停留時間高達 3 天）。另因兩座沉澱池容量合計達 7,000~8,000m³，因池內水流為水平擴散溢流，如能妥善維護管理，應可將廢水中之 SS 有效去除。

B. 由於前端之物化設施於正常操作下應能有效去除廢水中之 SS，故溶解性 COD 將由後段之 ABF 系統(活性污泥法+滴濾塔)處理；建議應檢驗進入 ABF 系統之水質資料(COD 及 SS)，並與放流水質比較，據以判斷該處理系統之處理效率。

C.ABF 處理系統功能提昇

(A) 由於欠缺進入 ABF 系統之廢水水質資料，故 COD 容積負荷、食微比等資料無法計算得知。建議應建立 COD 容積負荷、食微比等操作參數資料，以便於異常狀況時，據以做適當之調整。

(B) 於現場輔導時曾測試 SV₃₀，其值約 650mL/L，污泥膠羽較鬆散，且上澄液不夠澄清。建議由 SV₃₀ 之測試結果，進一步了解污泥膠羽狀況並可初步判斷處理成效，據以調整處理參數。

(C) 現場曝氣系統為四台沉水式曝氣機輪流曝氣，此曝氣方式將導致池內四周溶氧量值差異度變大；另沉水式曝氣機雖具易維修之優點，但其曝氣方式亦導致膠羽鬆散。建議實地了解曝氣系統之使用狀況，將有助於現場操作管理工作。

(D) 滴濾塔上方之散水頭有 4~5 個已損壞，因散水頭將影響散水分布，對處理效率有直接影響，建議宜修護之。

(E) 滴濾塔採用原木條當濾材，與一般之塑膠填充材有別，處理效率上應會較好。但滴濾塔建造時未於塔下方設通風口，塔內缺對流散熱效果；廢水於滴濾塔進行生物薄膜反應時，恐會氧氣交換量不足及產生高溫，此高溫除影響處理效率外，恐亦將危害濾材使用年限。建議在系統操作穩定時，於滴濾塔四周增設通風口。

D. 由於生物處理異常時，或污泥廢棄量不足致污泥產生厭氣消化時，皆會形成浮渣。缺浮渣擋板及浮渣收集設施，於處理異常時，將直接影響放流水水質，故建議增設之。

5. 具體執行成效

(1) 建立 ABF 系統之 COD 容積負荷、食微比等操作參數資料，以便於異常狀況時，

據以做適當之調整。

- (2)增加曝氣量、減少進流量、加少量氯殺絲狀菌等措施，處理系統功能正恢復中。並持續注意廢水之 BOD、氮、磷含量比、系統之曝氣量、廢水之油脂含量/絲狀菌含量等。
- (3)修護滴濾塔上方之散水頭以改善散水分布情形；另於滴濾塔四周增設通風口以改善對流散熱效果。
- (4)於生物沉澱池設施上，增設浮渣擋板及浮渣收集設施。

2.6 紡織業

案 例 十七

1. 前言

案例工廠位於桃園縣蘆竹鄉，為上市公司之一；主要係以胚布為原料經退漿、染色、定型、包裝等製程產製各種成衣用布、各種裡布、旅行箱及手袋用布等。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠製程廢水中主要污染源為退漿、染色、定型等階段之排放水，其中定型廢液污染濃度雖較高，COD 約 8,000 mg/L，但 10~15 天排放一次；退漿廢水之 COD 約 3,000~4,000 mg/L，每日廢水量約 600m³；染色廢水之 COD 約 500~600 mg/L，平常每日廢水量約 1,300m³，故退漿及染色製程為廠內主要廢水污染源，其污染物主要為有機物及色度。工廠生產作業流程及廢水污染來源如圖 1 所示：

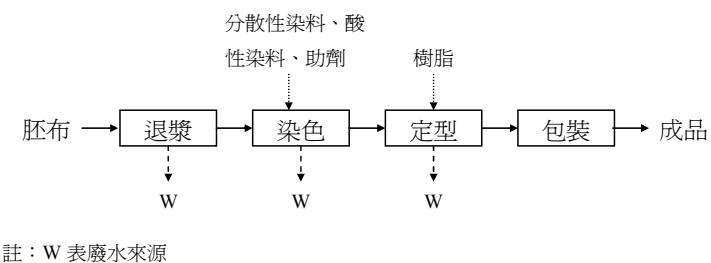


圖 1 案例工廠製程與廢水污染源

3. 廢水處理狀況

案例工廠新廢水處理設施係於 2000 年完工使用，廢水先收集調勻後，以活性污泥系統及物化處理系統處理後排放。廢水處理流程為典型生物處理 + 化學處理程序。處理流程如圖 2 所示。產品產量因淡季因素減少而廢水量卻因製程因素增加，以往廢水量約 2,000 CMD，現廢水量近 3,000 CMD，廢水處理廠之原廢水水質與放流水質平均如表 1 所示。

表 1 案例工廠原廢水處理廠之進流與放流水質

項次	COD (mg/L)	SS (mg/L)	水溫(°C)	pH
進流水質 (平均)	900	700	40	9
放流水質 (平均)	110	15	30	7
放流水管制標準	140	30	35	6~9

* 放流標準以印染整理業第二類為標準。

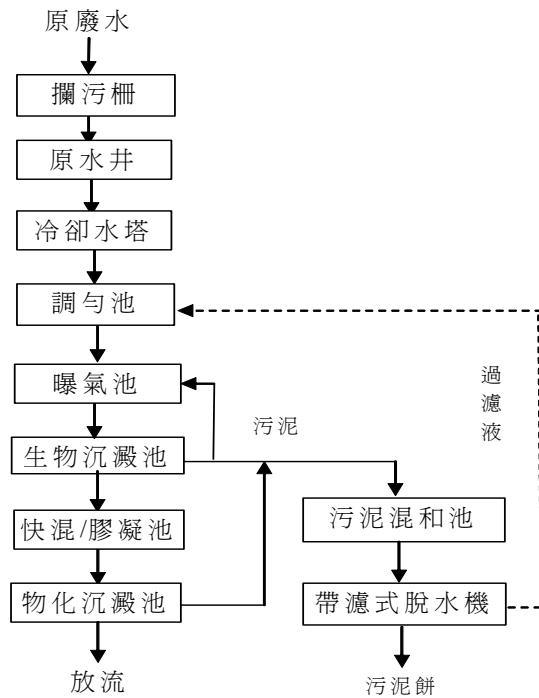


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

工廠近年來已投入大量之人力、物力改善現有處理設備，但由於產量時有變化，常導致處理後之放流水水質不穩定；處理後水質雖皆可符合放流管制標準，惟生物處理效率不佳，希望能有效改善提升生物處理單元功能，以確保處理水質之穩定性。

(2) 改善建議

A. 案例工廠於產品性質不變且產量減少情況下，廢水量卻大幅上升，顯見廠內製程管理亟需改善；為節省水資源及確保廢水處理效率，建議應檢討製程管理，以降低廢水產生量及污染濃度。

B. 調勻池及曝氣池皆為地下密閉式設計，僅有之出入人孔因安全因素長期予以關閉；由於製程中之染印階段常有高達 80°C 之廢水排出，而鼓風機傳送之風力溫度常介於 $30\text{~}35^{\circ}\text{C}$ ，因此該兩處理單元之溫度有過高之虞。由於活性污泥較適宜之溫度為 $25\text{~}30^{\circ}\text{C}$ ，超過 30°C 會逐漸有微細且直接性之危害。建議應測量曝氣池之實際溫度，如超過 30°C 應考慮設置通風設備。

C. 每週約 2.5 天時間並未有廢水進流處理，對活性污泥而言，該時間係處於體內消化（飢餓）階段，將不利於污泥之活性保存；建議於調勻池與曝氣池間之牆壁打洞（打洞處須注意避免短流），並於未進水處理期間，酌量抽取調勻池水體進入曝氣池；當曝氣池水位漸高時，水體將透過打洞處流回調勻池，以保持曝氣池之污泥活性。

D. 曝氣池與生物沉澱池有高程差及距離問題，現採用離心式泵浦泵送處理水；由於離心式泵浦泵送時易將污泥打散，使得污泥沉降性變差；建議應更改為隔膜式或單軸螺旋式等類型泵浦，以保持污泥完整性。

E. 調勻池池深 4.5m，目前液位控制為 2~4m 間，為保守型操作，可考慮將低液位點由 2m 提高至 2.5m(或 3m)，可穩定處理效率。

F. 提高曝氣池污泥迴流率及檢測相關之操作參數，使池內 MLSS 濃度維持於 2,500~3,000 mg/L 間，溶氧維持於 1.5~2.0 mg/L 間，以有效提升生物處理效率。

5. 具體執行成效

(1) 調勻池池深 4.5m，目前液位控制為 2~4m 間，為保守型操作；由於高液位操作可有較大之水質調勻能力，將評估製程廢水排放狀況，如排放量變化不大，案例廠將低液位點由 2m 提高至 2.5m，可穩定處理效率且減少放流水質之波動程度。

(2) 曝氣池為兩座矩形池體構成，水力停留時間為 27 小時，為栓塞流 (plug flow) 且為延長曝氣設計，改善作法為提高曝氣池污泥迴流率及檢測相關之操作參數，使池內 MLSS 濃度維持於 2,500~3,000 mg/L 間（必要時須重新植種馴養），溶氧維持於 1.5~2.0 mg/L 間，有效提升生物處理效率。

(3) 曝氣池與生物沉澱池有高程差及距離問題，改採用隔膜式泵浦取代離心式泵浦泵送處理水，以保持污泥完整性。

案 例 十 八

1. 前言

案例工廠為專業長纖維染整廠，其生產規模於同業中屬大型之企業，目前產品以製作工業用布為主。

2. 製程與廢水污染來源

工廠主要產品為耐隆與特多龍之人造纖維織布，係將織布經精練、漂白、染色與脫水後，加入樹脂、柔軟劑及觸媒等整理加工劑以定型機加工而成。製程廢水中主要污染源包括精練、染色、脫水與後處理等程序排放之廢水，製程與廢水污染來源如圖 1。

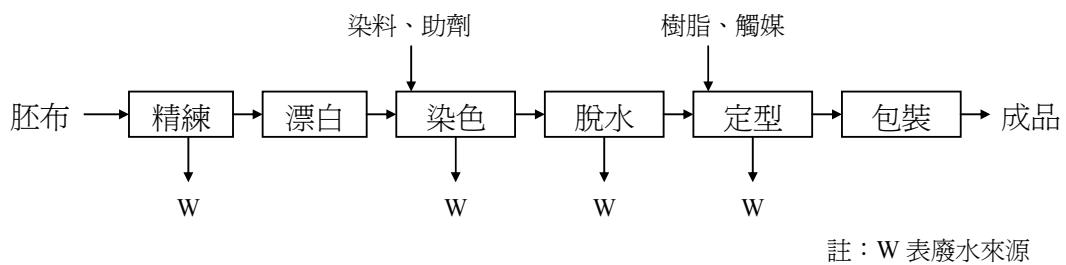


圖 1 案例工廠製程與廢水污染來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠綜合廢水量約 $1,500\text{ m}^3/\text{日}$ (24hr 生產)，其中分散性廢水約佔 90%，另有螢光紅廢水約 $5\text{ m}^3/\text{日}$ 。綜合廢水 COD 約 600mg/L 、BOD 約 200 mg/L 。廢水處理採生物法+化學混凝浮除法處理。處理流程如圖 2。

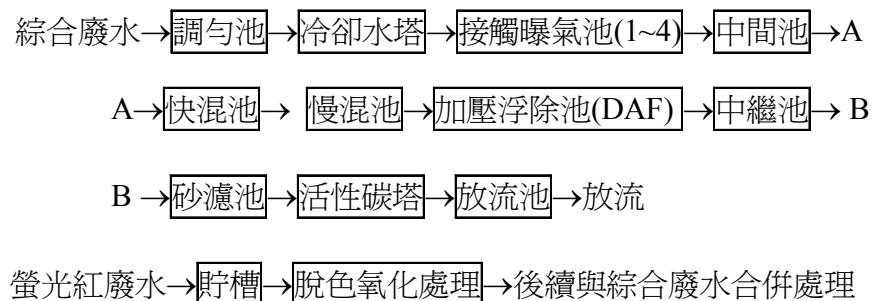


圖 2 廢水處理流程

接觸曝氣處理系統停留時間約 20hr，pH 值約為 8.5；化學處理以硫酸鋁為混凝劑，加藥量約 750 mg/L。廢水處理系統如圖 3 所示，操作運轉正常，處理後放流水水質符合放流水管制標準，放流水 COD : 100mg/L、BOD : 25mg/L、SS : 20 mg/L。



圖 3 案例工廠廢水處理設施

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 因廢水處理設施在規劃時未設置生物沉澱池，致使處理水質偶而會產生不穩定之現象。
- B. 當接觸曝氣槽進行反沖洗時會將大量含 SS 之處理水循環至調勻池循環處理，此時綜合廢水之污染濃度會提高，而在生物處理效率固定之情況下，必須提高化學處理之加藥量或調整適當之 pH 值。

(2) 改善建議

- A. 建議應建立接觸濾材反洗時之最佳操作條件，以提升整體之處理成效。
- B. 建議應考慮增設生物沉澱池，以穩定處理水質；若考量空間之規劃問題，亦可考慮設置生物處理系統之加壓浮除系統，或使用原相關之設計參數，可參考目前之加壓浮除系統(溢流率： $0.04\sim0.17\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{min}$ 、停留時間 5~21min、加壓空氣壓力 $4.5\text{kg}/\text{cm}^2$)。
- C. 案例工廠之 4 池接觸曝氣池係採池底相通之設計，在設備維修上相對較困難，建議應事先妥善規劃，於歲修時能同時將故障之設施修復，並設置通口之柵門設施(能於池上方控制通口之啟閉)，以及必要之配管，以利單池設施維修時能有效將處理水隔離。

5.具體執行成效

(1)建立接觸濾材反洗時之最佳操作條件

為有效處理濾材反洗產生之 SS，於各曝氣池中設置觀測用之接觸濾材，以有效掌控反洗時機；並定期以一公升之量筒測定曝氣槽中懸浮性之生物污泥量 (SV_{30} 觀測)，當測定值偏高時，宜抽送部分之處理水至加壓浮除系統進行固液分離，避免全量迴流至調勻池處理，增加處理系統之負荷。

(2)利用離峰時段，將接觸曝氣池反沖洗所產生之 SS 以加壓浮除處理，有效降低 SS 及穩定放流水水質。

2.7 電機電子機械器材業

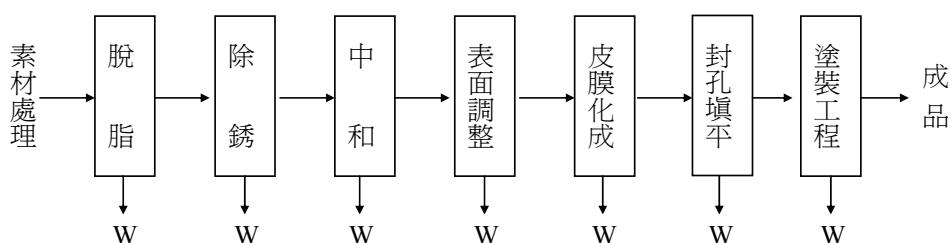
案 例 十九

1. 前言

案例工廠為家電製造工廠。製程包含金屬加工、切削及塗裝等單元。工廠極為重視環保工作，多年前即已設置廢水處理系統；因綜合廢水水質不穩定及欠缺廢水處理設施操作維護經驗，致使處理水質不穩定且污泥含水率偏高。因此案例工廠欲提升處理系統操作維護能力，以確保處理水質之穩定性。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠素材經加工、表面處理及塗裝工程後製成成品，表面處理製程與污染源如圖 1。案例工廠主要廢水來源為塗裝前之表面處理製程，其污染物來源包括物件製造時所沾附之切削油，以及製程所使用之脫脂劑及有機酸。



註：W 表廢水來源

圖 1 案例工廠製程與廢水污染來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水量約 $250\text{m}^3/\text{日}$ ，廢水水質如表 1，主要污染物有 COD、SS、鋅、鎳等。其廢水處理採用化學混凝浮除法及生物法(接觸曝氣法)處理，處理流程如圖 2。工廠因化學處理不穩定，且於週休二日時廢水量少，生物處理系統之操作控制不易，而影響處理水質。同時，污泥餅含水率高而增加處理成本。

表 1 案例工廠廢水水質

項目 檢測值	水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	鋅 (mg/L)	鎳 (mg/L)	pH
處理前	250	280	167	15.6	0.77	6.2
處理後	250	35	9	0.29	0.09	—

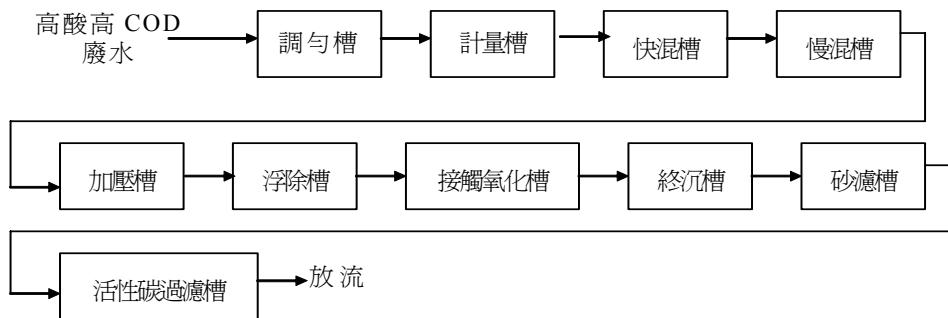


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A.化學混凝浮除處理系統效率不穩定，影響生物處理效率。
- B.生物處理系統營養源添加不當，沉澱槽滋生藻類。
- C.沉澱槽有細小污泥上浮，且污泥脫水不易。
- D.污泥餅含水率高(85~87%)，增加處理成本。

(2) 改善建議

- A.案例工廠為了控制生物處理進流水之 pH 值，因此將前段化學混凝之 pH 值控制於 8.0。依金屬離子之溶解度與 pH 關係，綜合廢水含不同金屬離子時，化學處理之 pH 值一般約為 9~10(僅含鎳離子時則為 10~10.5)，因 pH 值控制偏低，所以金屬之去除效率偏低。建議案例工廠從製程減廢上著手，減少重金屬廢水排入廢水處理場；並於化學處理系統及生物處理系統間，設置 pH 調整槽，將化學段處理水 pH 控制於 6.5~7.5。如此，方能將化學處理之 pH 值調整至適當之範圍，新增 pH 調整槽設置位置如圖 3 所示。

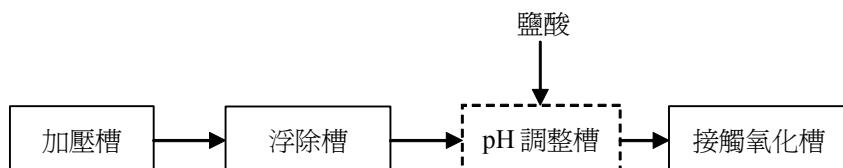


圖 3 案例工廠建議新增 pH 調整槽位置

B. 案例工廠為因應假日曝氣槽中生物之營養需求，因此添加氮、磷等營養鹽，造成曝氣槽壁上及沉澱池出流渠發現藻類生長之現象(如圖 4)。微生物生長所需之碳源為有機物，而氮磷則為營養鹽；添加量需依據廢水 COD 濃度及既有含量計算，若添加過量易造成藻類滋生；添加量一般以 COD : N : P = 200 : 5 : 1 計算。至於假日之生物操作因應方式，在調勻槽停留時間為 24hr 下，應於假日前逐漸降低進流水量，並調低曝氣槽之溶氧量，以提供足夠之養分、維持生物之正常活性。若較長期休假，則應於曝氣槽內添加少量之過期奶粉或葡萄糖，以維持生物之正常活性。

C. 案例工廠沉澱槽有部分細小污泥上浮，污泥脫水不易。究其原因為污泥排泥頻率約 1 個月一次，因此造成污泥中之有機物因厭氧產氣而上浮，故建議應增加污泥排泥頻率。



圖 4 案例工廠沉澱槽出流渠滋生藻類

D. 案例工廠為提升污泥脫水效率、降低污泥量，已將袋濾式脫水機更換為壓濾式(板框式)污泥脫水機，但污泥含水率仍偏高。除因生物污泥因排泥時間過長，造成厭氧消化影響脫水效率外，污泥濃縮槽短流(如圖 5)，造成脫水機進流污泥濃度過低，且濃縮槽部分曝氣系統故障，造成出流口端污泥濃度較低，降低污泥脫水機之處理效率。建議工廠將污泥進流口調整至污泥濃縮槽之另側，並逐步調整脫水機之操作循環時間。



圖 5 案例工廠污泥濃縮槽短流狀況

5.具體執行成效

- (1)案例工廠於化學混凝浮除槽後增設一座 $5m^3$ 之中間貯槽，並依據杯瓶試驗結果，將化學段之 pH 值調高至 9.5~10.5，以有效去除重金屬，穩定生物處理系統進流水質。
- (2)依據廢水中原含之濃度及 COD 濃度計算，減少 N、P 鹽之加藥量，並清除沉澱池出流渠之藻類。
- (3)縮短沉澱槽之排泥頻率，減少污泥厭氧上浮之機會。
- (4)調整污泥濃縮槽之進流處，使進流處與出流處成對角，提升污泥濃縮效率。
- (5)案例工廠整體改善後，處理水質已穩定符合放流管制標準，污泥餅含水率亦由 80% 降至 70% 以下，污泥量由 3,000kg/月 降至 1,800kg/月，污泥餅重量減量達 40%；案例工廠同時修正相關之操作維護方式，以確保廢水處理成效。

案 例 二 十

1. 前言

案例工廠為專業封裝、測試服務廠。主要業務內容為積體電路、電晶體、發光二極體數字顯示板、發光二極體數字顯示燈、液晶時鐘蕊、光電晶體、合成電路、薄(厚)膜電路等製造加工、組合、積體電路測試及進出口業務。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠主要有三條製程線，第一及第二生產線的主要製程如圖 1 所示，第三生產線的製程如圖 2 所示。

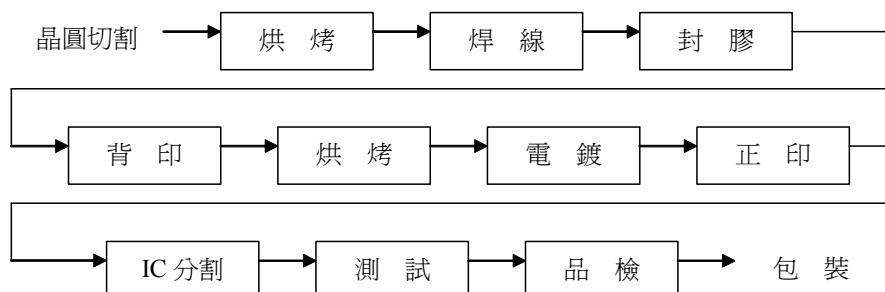


圖 1 案例工廠第一及第二生產線流程圖

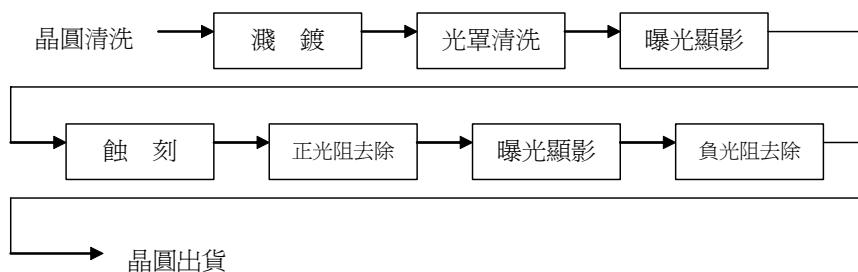


圖 2 案例工廠第三產線流程圖

案例工廠整廠廢水水量約 1,100CMD，廢水來源與水量說明如下：

- (1)生活污水(含廠房、宿舍及廚房所產生之廢水)：150CMD。
- (2)鍋爐、冷卻塔、切割廢水、純水製程廢水：720CMD。
- (3)其他製程廢水、電鍍製程廢水、廢氣洗滌塔廢水：230CMD。

3. 廢水處理狀況

案例工廠既有廢水處理設施分為生物處理流程、化學混凝處理流程及電化學處理程序三組，處理流程如圖 3。既有三組處理設施在良好之分流處理規劃下，各處理系統處理水水質良好，致最終合併排入農田灌排渠道之水質 COD<70mg/L、SS<10mg/L，均可穩定地符合放流水管制標準。

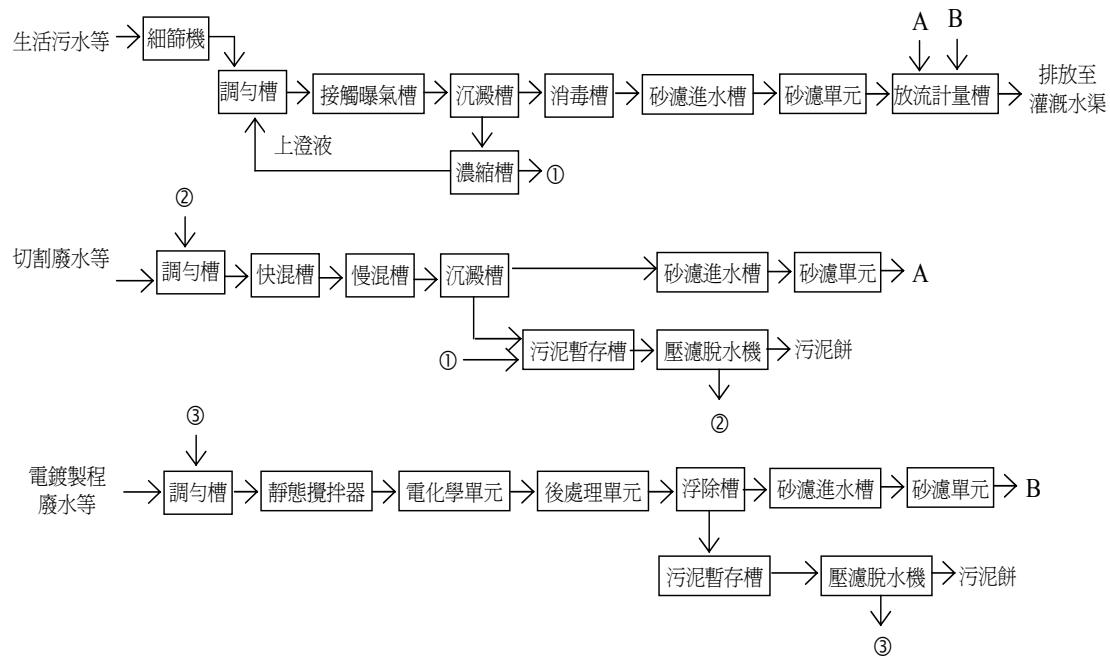


圖 3 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

案例工廠所遭遇問題為切割廢水含微細顆粒，無法以既有處理設施去除，處理水無法回收使用。

(2) 改善建議

建議案例工廠可使用真空吸引過濾膜組法，逕行將過濾水回用至製程再利用之線上回收處理模式，以大幅降低用水需求。該技術在低速、低壓之狀況下，採用橫流過濾的固-液分離方式，並在薄膜底部設置空氣曝氣系統，以降低膜面濃度極化的現象，並藉助於氣泡由下往上之剪力與薄膜左右之震盪力，使膠體不易附著且濾過量穩定，能有效去除廢水中之微細顆粒。

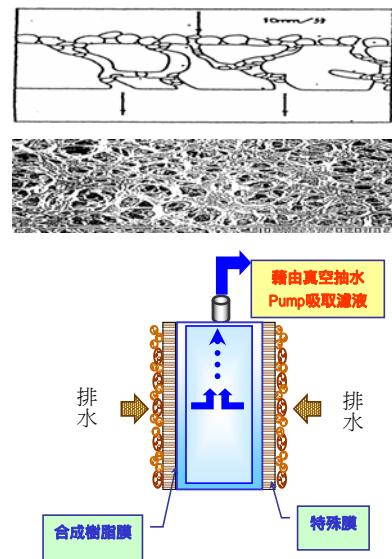


圖 4 真空吸引過濾膜組示意圖

5. 具體執行成效

(1) 切割廢水線上過濾回收再利用可行性探討

A. 案例工廠依輔導建議，進行線上過濾回收模型試驗。模廠設備處理量為 $1\text{m}^3/\text{hr}$ ，如圖 5 所示，處理流程如圖 6。



圖 5 案例工廠真空吸引過濾膜組模廠

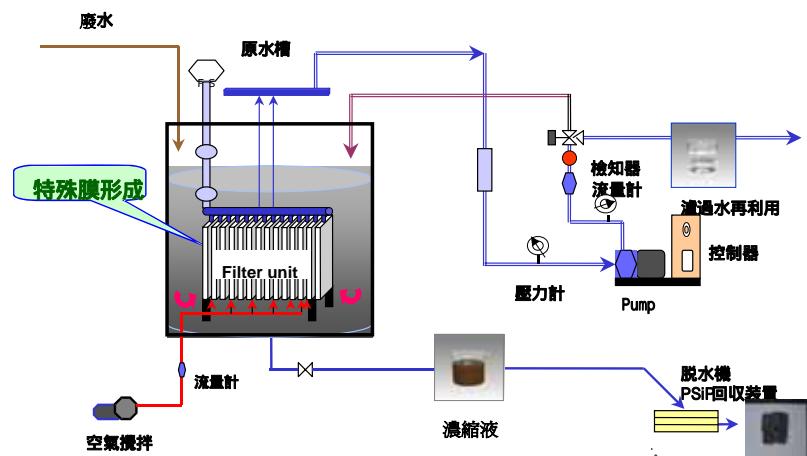


圖 6 模廠設備處理流程

B.回收水水質分析與試驗結果

為確認處理設備之去除成效及確保回收水的回用不會對製程或產品造成影響，相關的回收水水質分析驗證包括 SS 之去除效率、粒徑分佈等項目：

(A) SS 去除率：由於切割廢水中所含 SS 之粒徑遠小於一般進行水質分析時測試 SS 所使用之過濾濾紙孔隙度($1.5\mu\text{m}$)，為求精確測得模型試驗設備對 SS 之移除效率，特地選用過濾濾紙孔隙度為 $0.2\mu\text{m}$ 之濾紙進行分析，測試結果：原廢水水質 $\text{SS}=79\text{mg/L}$ ，濃縮液 $\text{SS}=21,000\text{mg/L}$ ，過濾回收水水質 $\text{SS}<1\text{mg/L}$ 。

(B) 粒徑分佈：比對原水與過濾後回收水之水質粒徑分佈圖，所測之粒徑分別為 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$ 與 $0.01\mu\text{m}$ 三種，測試粒徑之分佈已遠小於分析 SS 所用濾紙粒徑之 $1.5\mu\text{m}$ 。原水與過濾後回收水比較如圖 7。



圖 7 切割廢水處理前後比較

(2) 實廠線上回收設備投資效益分析

在不考量投資抵減與加速折舊等優惠情況下，若設備購置費用為 350 萬元/組-100CMD，其投資回收效益約為 3 年。相關計算因子說明如下：

- A. 每天回用 $100m^3$ 自來水： $15 \text{ 元}/m^3 \times 100m^3 = 1,500 \text{ 元}$ 。
- B. 既有設施廢水處理費用： $15 \text{ 元}/m^3 \times 100m^3 = 1,500 \text{ 元}$ 。
- C. 每回收 $100m^3$ 自來水每年之效益： $(1,500 + 1,500) \times 365 = 1,100,000 \text{ 元}/\text{年}$ 。
- D. 設備回收期限： $3,500,000 / 1,100,000/\text{年} = 3.2 \text{ 年}$ 。
- E. 若確認經回收水之水質可回用充當超純水使用，因一般 $1m^3$ 超純水之製造費用約為台幣 40~50 元，則回收期限將可縮短至 1.6 年。

(3) 案例工廠進行之真空吸引過濾膜組模廠試驗，經證實其可有效去除粒徑極微細之 SS，處理水應可回收使用。惟因該技術及設備，在國內僅有一個實績，因此案例工廠仍謹慎評估規劃中。

2.8 製藥業

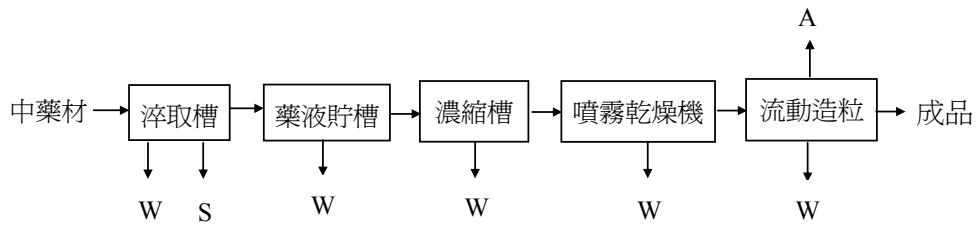
案 例 二十一

1. 前言

案例工廠為中藥製造廠，製程以中藥材為原料，製造及銷售科學中藥為主要營業範圍，產量約每月 30 公噸科學中藥。

2. 製程與廢水污染來源

工廠製程原料主要為中藥材，其中各單項藥材已經先由供應商清洗、乾燥處理，而後依不同處方調配秤量放置淬取槽蒸煮，淬取藥液經貯存、濃縮、乾燥後，製成科學中藥。製程與污染源如圖 1 所示。



註：W 表廢水來源、S 表廢棄物來源、A 表廢氣來源

圖 1 案例工廠製程與污染來源

主要廢水來源包括淬取、貯存、濃縮及乾燥等四部份之桶槽及機件清洗廢水。除濃縮槽冷凝水及噴霧乾燥機空氣處理濕式洗滌廢水為連續排放外，淬取槽、藥液貯槽等部門廢水係間歇性排放；其中，藥液貯槽沉積高濃度廢水及噴霧乾燥機清洗廢水，因含大量有機懸浮固體物，故將二股廢水分離處理。案例工廠製程廢水污染特性如表 1。

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水處理設施原僅為三槽串聯沉澱，匯流各股廢水，經沉澱後即排放至工業區污水處理廠。因綜合廢水之 SS 含量高，且大部份為有機物質，故沉澱效果不佳，其進流至工業區污水廠之水質為 SS：100~1,500mg/L、COD：1,500~3,000 mg/L，水質未符合工業區污水處理廠進廠標準。

表 1 案例工廠製程廢水污染特性

主要污染種類	污 染 來 源	廢水量(m ³ /日)	廢水水質(mg/L)
淬取槽清洗	中藥蒸煮提煉藥液後，淬取槽清洗所產生之廢水。	8	pH: 5~7 COD: 1,550~2,300 SS: 70~1,170
藥液貯槽清洗水	藥液貯存濃縮處理後，沉積於槽底之濃稠廢液及其清洗廢水，本股廢水污染濃度最高。	8	pH: 4~5 COD: 38,000~117,600 SS: 27,750~121,300
濃縮槽廢水	藥液濃縮過程，及濃縮完成之管線清洗廢水，溶解性 COD。	12	pH: 5~6 COD: 11,000~66,300 SS: 820~4,100
噴霧乾燥機清洗廢水	每種處方濃縮藥液經噴霧乾燥機乾燥成科學中藥成品後，清洗乾燥機管線系統所產生的廢水。	30	pH: 4~6 COD: 9,760~39,100 SS: 1,820~18,800
生活污水及冷凝水	生活污水及蒸煮之蒸汽冷凝水	82	pH: 5~7 COD: 10~50 SS: 10~30

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 廢水處理改善設施由於未設置調勻槽，無法因應廢水水質及水量之巨大變化，導致處理成效不佳。

B. 放流水水質偏酸，除因濃縮與煎煮過程中產生之廢水為酸性廢水外，因原廢水以批次排放，在進流管道及沉澱池停留時間過長，產生醣酵現象，導致廢水酸化。

C. 經現場生物槽生物膜取樣及微生物相觀察發現，細菌量與螺旋體均非常多（如圖 2），顯示系統處於高負荷狀態，證實系統設計容量不足。

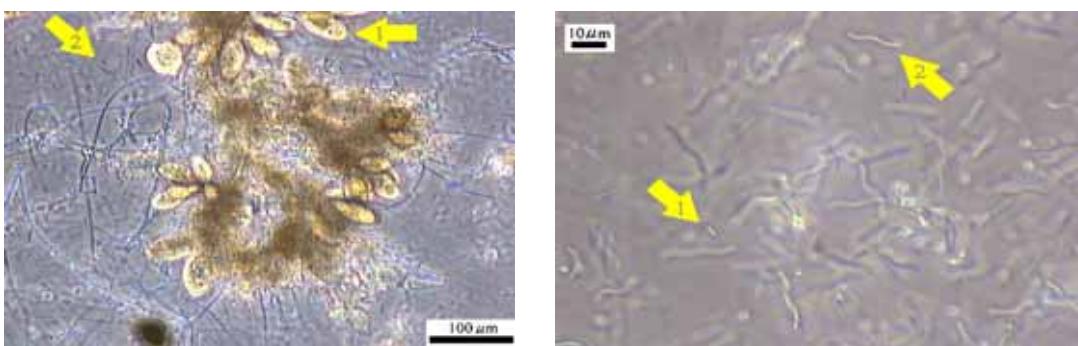


圖 2 案例工廠顯微鏡觀察細菌量與螺旋體多

(2)改善建議

A.為能有效調勻不同排放頻率之廢水特性，需設置足夠容積之調勻槽，其容量需達 $100m^3$ (停留時間 8 小時) 以上。

B.增設上流式厭氣污泥床 (UASB) 於調勻槽之後，曝氣槽之前；經 UASB 後 COD 可望降至 $400\sim 550mg/L$ ，經曝氣後應可達放流水標準。

C.因應負荷之增大，建議採用大接觸材填充率至 50% 以上之濾料。

D.應設置沉澱槽，以有效進行固液分離，並因應未來廢水量增加之處理需求，建議之處理流程如圖 3。

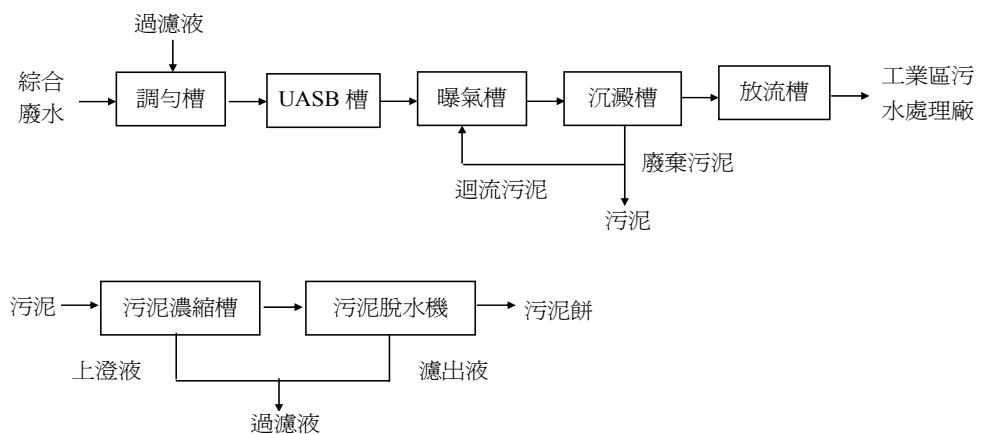


圖 3 案例工廠建議之廢水處理流程

5.具體執行成效

(1)案例工廠經過詳細之廢水特性調查，並檢討多種生物處理技術之特性後，生物處理系統則採用可彈性增加濾料填充率之流動式生物濾料(MBBR)。案例工廠經改善後，處理水可穩定達到污水廠之進廠標準。改善後之處理水質如表 2。

表 2 案例工廠廢水處理改善成效

項目	綜合廢水	處理後排放水	工業區污水廠 進廠標準
廢水量 (m ³ /日)	140	140	—
pH	4~7	6~9	5~9
COD (mg/L)	1,500~3,000	400~550	600
SS (mg/L)	100~1,500	30~80	400

(2)案例工廠為降低生產成本及廢水污染濃度，於生產程式中改善提升篩分機效能、噴霧乾燥機以高效率式代替傳統機械式清洗，且回收再利用製程藥渣等，其廠內管理與減廢措施及成效如表 3。

表 3 案例工廠廠內管理與減廢措施及成效

減廢措施	內容說明	成效
生產程式改變	1.改善提升篩分機效能，將原排渣含水率由70%降至50%。 2.規劃回收鍋爐冷凝水，有效減少廢水排放量。	1.每日可回收藥汁200公升，經濟效益10萬元/月。 2.每日回收冷凝水約10噸，經濟效益0.5萬元/月
設備改進及維修	1.噴霧乾燥機清洗，以高效率式代替傳統機械式，增加清洗效率並減少清水使用量。 2.清洗室增設震盪去污機，將篩網上雜物去除，減少清洗水量。	1.每日減少廢水量5噸。
回收再利用	製程藥渣及製程污泥研發作為農作肥料。	1.降低廢水污染濃度及廢棄物資源化。

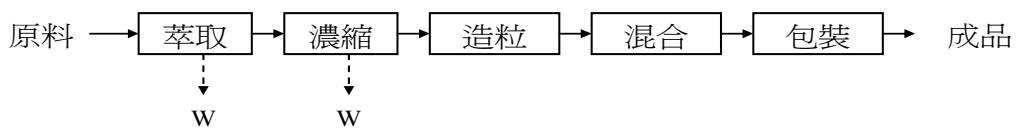
案 例 二十二

1. 前言

案例工廠為專業之藥品製造廠，以黃蓮、黃柏及豆粉為主要原料，產製首藥粉，產能約 0.25 公噸/月，產值約 300 萬元/月。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠之生產製程及廢水污染來源如圖 1 所示，廠內製程因各原料製作因素，廢水量及廢水水質因而有相當大之變化。



註：W 表廢水來源

圖 1 案例工廠製程及廢水來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水量約 1-10 CMD，濕製程（萃取/濃縮）時因桶槽清洗，導致廢水量達 10 CMD，COD 及 SS 約 2,000~3,000 mg/L。乾製程（造粒/混合）時廢水量約 1CMD，COD 及 SS 約 100~200 mg/L 間。廢水以生物法+活性碳吸附法處理，處理流程如圖 2。設備屬預鑄式建築物污水處理設施，惟活性碳桶為加設。調勻池體積 6m³，原設計無曝氣設施，案例工廠加設曝氣管線。一般狀況下 COD<100 mg/L，但製程廢水排放量大且污染度高時，常導致處理水質不穩定，處理水質 COD 約為 94 ~125mg/L。

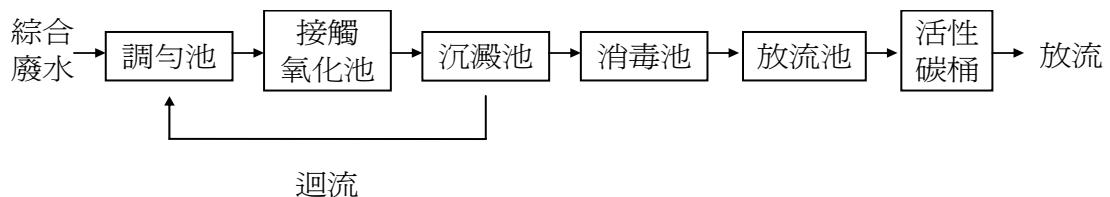


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 案例工廠有時數日未有廢水流入，有時廢水量達 10 CMD，導致處理水質不符合放流水管制標準。
- B. 活性碳槽吸附效果不佳，導致放流水有真色色度問題。
- C. 污泥排泥頻率、各槽之操作條件及操作參數有待改善。

(2) 改善建議

A. 製程管理改善

- (A) 廠內於製程更換進行桶槽清洗時，廢水量大且污染濃度高（尤其第一次清洗水）；建議進行清洗程序改善工作，如固定桶槽進行單一物種萃取/濃縮工作、清洗水回收作為下次之添加水、採噴霧乾燥機清洗、順序更改（由須較高潔淨度開始）、以加壓空氣噴管集中桶內廢液並以廢紙吸附等措施，以減少廢水量及污染質之排放。
- (B) 工廠製程原料包含黃蓮，其內含有之黃蓮素，為一種生物鹼，對廢水處理設備之微生物有抑制作用，量大時有滅菌之效果。建議應避免含黃蓮成分之廢水進入處理設備處理，可將黃蓮清洗水委外處理或以廢紙吸附等處理措施。
- (C) 桶槽清洗時瞬間排放之大量廢水（且污染濃度高），勢必將造成處理設備之重大負荷，嚴重影響放流水水質；建議於製程區域建立廢水收集設施，並以泵浦定量抽取排放至廢水處理設備處理。

B. 處理設備改善

- (A) 由於廢水處理設備屬預鑄式建築物污水處理設施，該設施設計上係針對生活污水進行處理，如用於處理製程廢水，將會有處理能力不足現象發生。如廠內製程管理能有效配合，或許該套設施處理後能達到放流水管制標準；如廠內製程管理未能有效配合，則勢必需進行較大規模之處理設備改善工作。

(B) 處理設施功能提昇

- a. 建議於廢水進入調勻池前加設濾網，並調整 pH 計位置及加藥點，以提升加藥中和效果。另因採重力流方式處理，進流量等於處理量，如能改為泵浦控制，將可有效發揮調勻功能，因可控制處理量，處理水質將較穩定。

- b.建議增設上流式厭氣污泥床（UASB）於調勻槽之後，接觸氧化槽之前；經UASB前處理後 COD 可望有效降低，經接觸氧化後應可達放流水標準。
- c.沉澱池未設置刮泥機，且採氣昇泵浦抽取污泥，因污泥抽取不完全會形成架橋現象，應會有污泥厭氧上浮現象發生。建議設置浮渣擋板，由於生物處理異常時，或污泥廢棄量不足致污泥產生厭氣消化時，皆會形成浮渣，將直接影響放流水水質。設置浮渣擋板後，所阻擋之浮渣經攪拌後會再度下沉；如係油性浮渣，則需人工刮除。
- d.活性碳桶之設置為確保放流水水質，惟因生物處理後水質污染濃度仍高，且缺少過濾（現場設有簡易之濾網）及反沖洗設備，活性碳長期處於飽和狀態，致實際吸附效果有限。建議如製程管理改善及處理設施功能提升後，處理後之放流水質可符合標準，處理水即可直接排放；而活性碳桶將用於處理異常時（如 COD、SS 或色度超過標準）之警急應變設施。如處理後之放流水水質長期無法符合標準，則需擴大現有活性碳桶設備之規模。
- e.現有之廢棄污泥採定期以水肥車抽取運棄方式處理，與法規要求不符；法規要求污泥需處理至含水率在 85% 以下方可委外處理。於經濟效益考量下，建議增設污泥乾燥床，將污泥處理至含水率在 85% 以下再委外處理。

5.具體執行成效

- (1)進行清洗程序改善工作，桶槽清洗方式儘量以乾式處理，廢水量因此減少 $0.5m^3/$ 日，污染濃度並因此而降低，以減少廢水量及污染值之排放。
- (2)於製程區域建立廢水收集貯槽，並以泵浦定量抽取排放至廢水處理設備處理。
- (3)於生物沉澱池設施上，增設浮渣擋板及浮渣收集設施。改善後排放水質趨於穩定，放流水 COD 介於 85~100mg/L 間。

2.9 光電業

案 例 二十三

1. 前言

案例工廠為液晶顯示器及組件製造廠。主要製程原料為玻璃、KOH、HCl、 FeCl_3 ，為專業之液態晶體顯示器及組件製造廠。工廠已通過 ISO 9000、ISO 14001、自護制度、QS 9000，並推行 TQM、TPM、5S 及提案制度。

2. 生產製程與廢水污染來源

案例工廠主要製程包括將玻璃基材經光蝕刻膠塗佈、蝕刻、洗淨、SP 印刷、組立、液晶注入、壓著封止及測驗檢查等單元。生產流程如圖 1 所示。

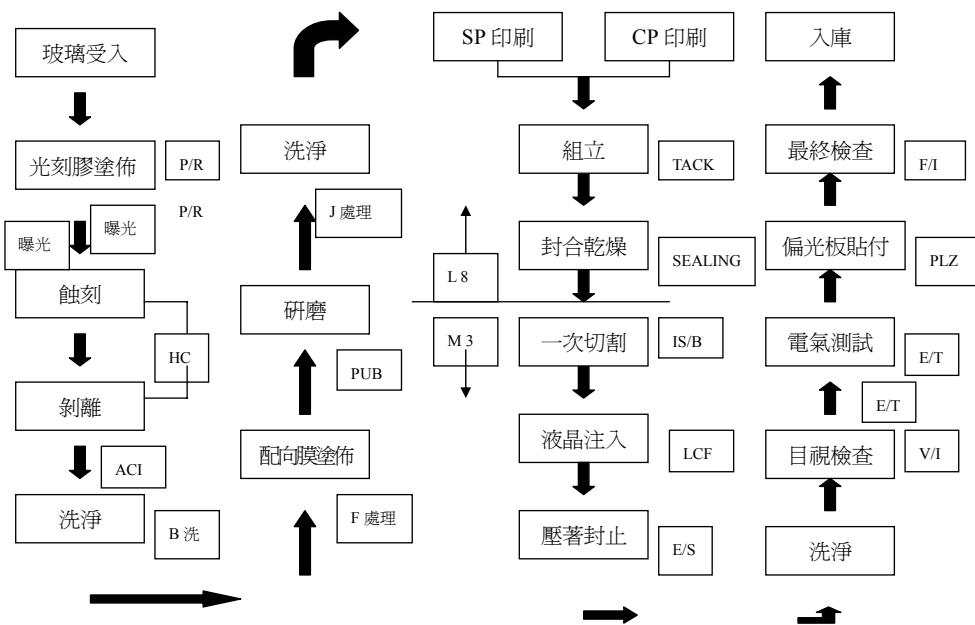


圖 1 案例工廠生產流程

廢水主要來自玻璃脫脂鹼性廢液、廢水、酸性蝕刻廢液及濕式洗滌塔之洗滌廢水。廢水污染來源如下：

- A. 鹼性廢水：脫脂製程之廢液及清洗水。
- B. 酸性廢水：蝕刻製程之清洗水。

C.濕式洗滌塔：廢氣洗滌溢流水。

D.冷卻水及 RO 濃縮廢液與生活廢水。

3.廢水處理狀況

案例工廠製程中所產生之廢液主要有脫脂廢液 $18\text{m}^3/\text{月}$ ，委外處理顯像廢液(500公升/日)、蝕刻廢液($1\text{m}^3/\text{日}$)、清洗廢水及廢氣洗滌塔洗滌廢水，綜合廢水量約 $1,150\text{m}^3/\text{日}$ ，綜合廢水水質如表 1 所示。

表 1 案例工廠綜合廢水水質

項目	pH	COD(mg/L)	SS(mg/L)	Fe ²⁺ (mg/L)
設計值	6.5~8.5	100	30	10
原廢水	2.1	138	14	16.2
放流水	6.6	49.4	10.5	0.81

鹼性廢液、廢水主要成份為 KOH，其 pH 值為 12.4，電導度大於 20,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；酸性廢液成份含金屬物質，pH 值 2.0，電導度為 4,600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；濕式洗滌塔廢液因主要吸收酸氣，其 pH 值為 1.8，電導度 9,160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

案例工廠所產生之廢水皆排至廢水處理廠，並利用化學混凝沉澱法處理。廢水處理流程如圖 2。

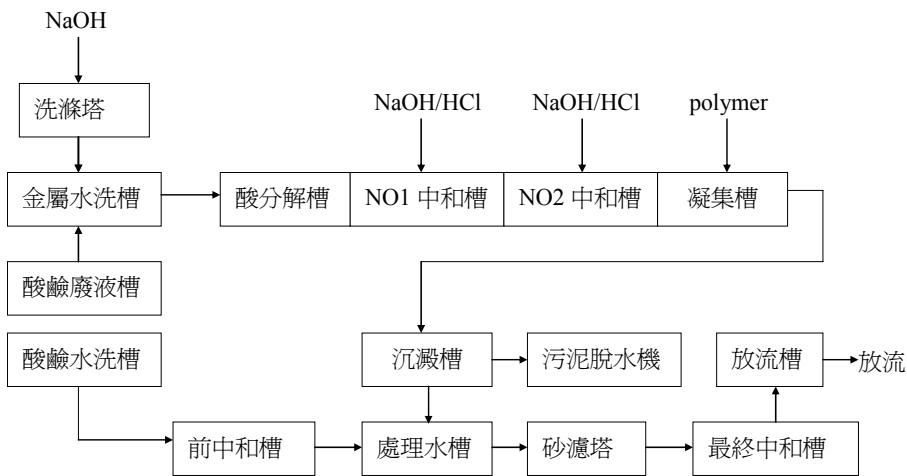


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A.廢水化學混凝處理之 pH 值控制在 6 左右，所產生之膠羽細小，沉降效果不佳。

B.經由製程廢水清查得知，工廠每日 3 班作業交班時段前，會進行脫脂製程之鹼性槽液更新，每次約產生 1,590L 之高 pH 廉液，並瞬間排至廢水處理場，造成進流廢水之高鹼性變化、沉降性差，放流水電導度亦超過灌溉水質標準。

(2)改善建議

A.工廠化學混凝之 pH 值控制於 6 左右，依金屬離子之溶解度與 pH 關係圖(圖 2)， Fe^{2+} 之 pH 介於 7~9 之間時其離子溶解度最低，故於 pH 值 6 之操作情形下並未能完全將 Fe^{2+} 形成氫氧化鐵沉澱去除。輔導時進行最佳 pH 值杯瓶試驗，結果如圖 3。由圖可知，當 pH 控制在 6.75 時，其污泥之沉降效果較佳，電導度由 $2,800\mu\text{S}/\text{cm}$ 減為 $2,630\mu\text{S}/\text{cm}$ ，變異性不大。當 pH 提高至 7.5 時，電導度相對提高至 $4,900\mu\text{S}/\text{cm}$ ，對於放流水之電導度管制較為不利。因此，pH 值控制在 6.5~7.0，污泥之沉降效果較佳，且能有效抑制電導度之急遽升高，避免放流水水質超過排放標準。

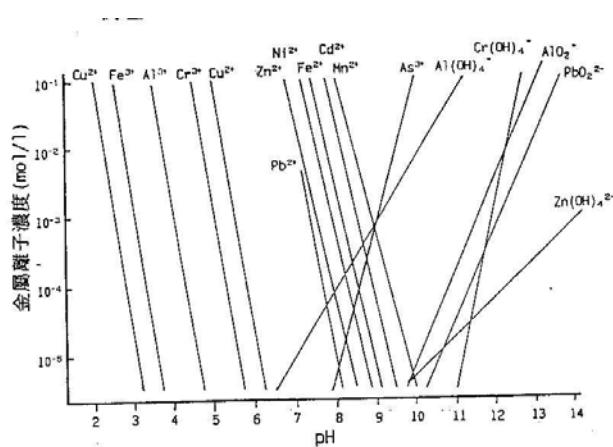
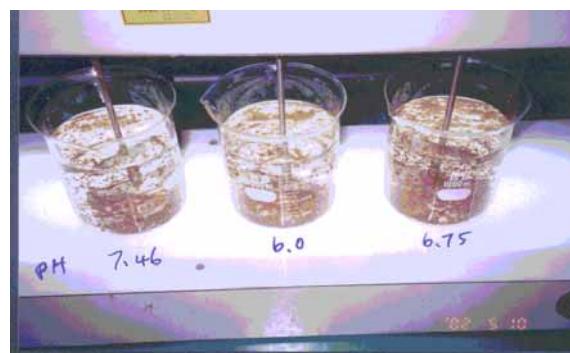


圖 2 金屬離子之溶解度與 pH 之關係

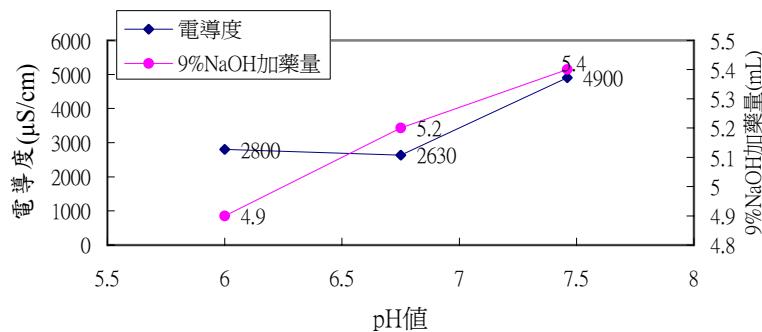


圖 3 案例工廠最佳 pH 杯瓶試驗結果

B. 由於原廢水之鐵離子濃度介於 10~20mg/L 之間，因濃度不高，造成化學混凝處理時之成核效果不佳，故無法形成較大污泥膠羽，污泥因此無法產生層沉降或污泥氈的全面壓密沉降作用。基於前述原因，另行添加混凝劑，以使沉降效果良好。為減少混凝劑用量，建議將濃縮污泥連續迴流至混凝池，以取代混凝劑功能，增進膠羽凝集沉澱效果，並使污泥具更佳脫水特性。

迴流污泥量之多寡，藉由杯瓶試驗進行評估，由圖 4 可得知，當污泥迴流流量為 40mL(污泥迴流比=污泥量/廢水量=0.05=5%)時，液鹼添加量可減少 19.2%；污泥迴流比為 7.5% 及 10% 時之液鹼加藥減量分別為 21.2% 及 26.9%。當污泥迴流比為 5% 時，電導度由 $2,603\mu\text{S}/\text{cm}$ 下降至 $2,080\mu\text{S}/\text{cm}$ ，電導度降低幅度達 20.1%；在污泥迴流比 7.5% 及 10% 時電導度降幅分別為 22.4% 及 25.5%。依污泥試驗結果顯示，污泥迴流比控制於 5% 時，對於污泥產生量的控制較佳，迴流水量對水力負荷之影響亦較小。

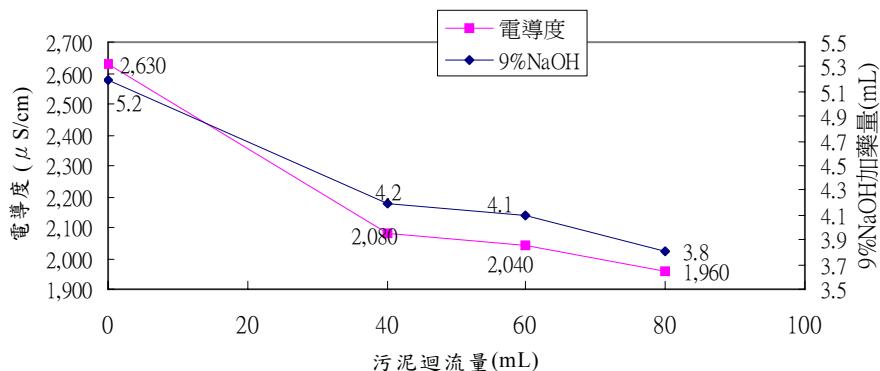


圖 4 案例工廠污泥迴流量對液鹼及電導度的影響

迴流污泥固體濃度會因沉降性而持續改變，迴流污泥量較難掌握，建議迴流污泥量可使快混池之固體物含量在 300mg/L 左右，將是較佳之操作條件。

污泥迴流試驗數據顯示，污泥迴流對處理後之上澄液濃度影響不大，其 Fe^{2+} 濃度在 1.54mg/L 以下，皆可符合 10mg/L 之放流水管制標準。

C. 製程更換槽液所排出之高鹼性廢液，建議應先貯存於桶槽，再以定量方式注入廢水處理系統。現有高鹼性廢液之暫存槽容積為 5m³，無法全數貯留瞬間排放之廢液，建議可將原有之 3 m³ 污泥濃縮槽改為廢液暫存槽，增設一座 1 m³ 污泥濃縮槽，即可改善因高鹼性廢液瞬間排放所造成之衝擊。

由於高鹼性廢液之成份為 KOH，可當做酸性蝕刻廢液之中和鹼劑使用，可大幅減少中和藥劑之使用量。

5. 具體執行成效

案例工廠首先調整化學混凝之最佳 pH 控制值，並於快混槽添加迴流污泥(如圖 5)，形成較大污泥膠羽，以提升污泥沉降效果，並降低上澄液之懸浮固體含量，及降低 polymer 使用量。此外，亦增設高鹼性廢液貯存桶，有效緩衝廢水水質急遽變動，降低酸鹼藥劑之使用量。藥劑使用及污泥量改善情形如表 2。



圖 5 案例工廠污泥迴流改善方式

表 2 案例工廠藥劑使用及污泥量改善情形

種類	改善前月平均量(kg)	改善後月平均量(kg)
液鹼	6,160	3,779
polymer	11	4
污泥	1,492	300

案例工廠改善前之平均每噸廢水處理費用為 5.3 元，經改善後每噸廢水處理費用降為 4.7 元，如表 3 所示。處理費用中以 KCDI 之費用減少最多，表 4 為 KCDI 之費用，由此費用減少情況推斷，案例工廠自改善後，放流水電導度趨於穩定，顯見相關改善已獲致具體成效。

表 3 案例工廠廢水處理費用

項 目	改善前月平均值	改善後月平均值
藥品費(元/月)	20,273	18,715
電費(元/月)	26,661	25,870
污泥處理費(元/月)	1,350	1,350
KCDI 水費(元/月)	45,576	10,505
氯化鐵委外費用(元/月)	22,141	26,177
人事費(元/月)	70,932	70,932
合計廢水處理費(元/月)	186,933	153,549
處理水量(噸)	35,387	32,649
每噸廢水處理費(元/噸)	5.3	4.7

表 4 案例工廠 KCDI 處理費用

月份	1	2	3	4	5	6	7	8
費用(元)	44,000	44,000	64,086	30,217	17,160	9,779	9,812	5,269

註：KCDI 為當放流水之電導度超過標準或不穩定時，回收水處理系統不進行回收，而需額外增加之用水量及其費用。

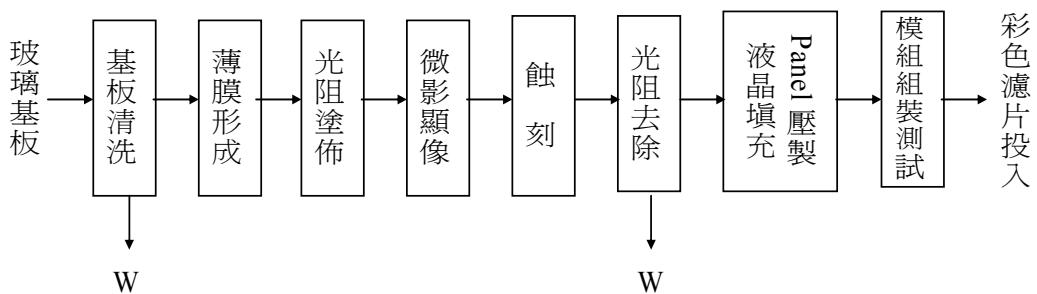
案 例 二 十 四

1. 前言

案例工廠為專業之 TFT-LCD 製造廠，產製 LCD 面板。工廠相當重視環保問題，設置完善之廢水處理系統。由於廠內廢水產生源眾多，在各股廢水排放時間不一的情況下，廢水廠進流廢水水質不穩定，致使處理效率不穩定。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠其主要製程係將玻璃基版經過清洗薄膜形成，以及顯像、液晶填充後製成成品，主要製程單元與廢水來源如圖 1。案例工廠之廢水來源包括基板清洗、蝕刻及光阻去除等單元之製程清洗廢水。所產生之廢水含無機與有機廢水二種。



註：W 表廢水來源

圖 1 案例工廠製程與污染來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠原廢水量約 6,744 CMD，其中有機部分 1,583CMD(23.5%)，無機廢水 5,163CMD(76.5%)，有機廢水 COD 約 300~800 mg/L，各股廢水水量、水質如表 1 所示。

案例工廠有機廢水因有脫氮之需求，處理系統採用 AO+MBR；無機廢水則以化學混凝沉澱法處理後，處理水再併同處理後之有機廢水過濾後排放，處理流程如圖 2。處理後，排放水 COD : 24.3~44.7 mg/L、BOD : 8.7~16.9 mg/L、SS : 2.9~4.9mg/L、總鉻 : 0.13 mg/L、Cu²⁺ : ND、Zn²⁺ : 0.07 mg/L，均符合排放標準。但由於進流之廢水水質水量變化甚大，常導致處理系統處理水質不穩定。

表 1 案例工廠各股廢水水量水質

廢水種類	IPA	剝離廢水	顯像廢水	COD 系	BOD 系	無機(含氟)	無機(一般)
廢水量(CMD)	210	931	425	12.6	4.2	2,026	3,135
pH	8.2	10.2	10.6	10.6	10.2	6.3	4
COD(mg/L)	18.6	374	484	660	789	110	26.2
BOD(mg/L)	2.7	101	125	161	195	33.3	10
SS(mg/L)	N.D.	6.4	6	13.5	N.D.	397	2.9
色度	< 25	< 25	< 25	68	< 25	36	< 25
總鉻(mg/L)	---	---	---	---	---	1.79	0.04
Cu^{2+} (mg/L)	---	---	---	---	---	0.07	---
Zn^{2+} (mg/L)	---	---	---	---	---	2.28	0.33
F^- (mg/L)	---	---	---	---	---	14.6	0.37

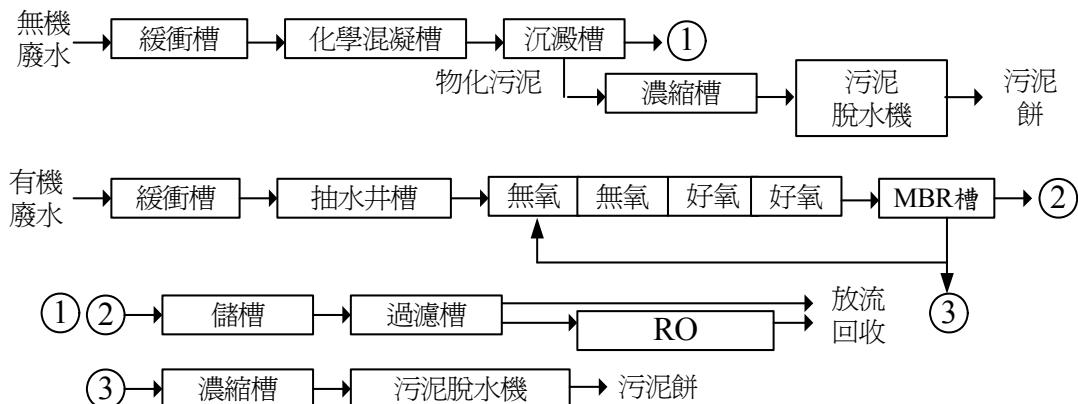


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 排放水皆可符合放流水管制標準，但由於進流之廢水水質水量變化甚大，常導致處理水質不穩定。
- B. 經採取水樣觀察，生物槽之缺氧槽、消化槽及 MBR 槽等微生物相均以細菌為最優勢之菌種，且數量很多，顯示系統已超出所能處理之設計量。
- C. 顯微鏡相中發現缺氧槽、含氟沉澱槽浮渣有不少油脂，各槽泡沫問題嚴重，其原因除微生物死亡屍體釋出蛋白質產生外，油脂及界面活性劑也為其中可能之因素。

(2)改善建議

- A.建議環工部門應持續向廠務、品管部門反應減少廢水量及污染濃度之要求，並要求藥品供應商配合，作好廠內製程管理工作，才能確保廢水處理廠之處理效率。
- B.進流之廢水水質水量變化甚大，常導致處理系統之成效無法穩定，建議當製程高濃度廢液排放時，應通知廢水場操作人員，並增設儲槽，以便能少量定量併入處理系統，避免衝擊負荷過大，造成系統之不穩定。
- C.水樣經顯微觀察發現，生物槽之缺氧槽、消化槽及 MBR 槽等微生物相均以細菌為最優勢之菌種，且數量很多，顯示系統已超出所能處理之設計量。除依照第 1 項增設高濃度儲槽外，製程應再清查，確認污染源特性，並進行減廢作業。
- D.由微生物相中發現，缺氧槽、含氟沉澱池浮渣均有不少油脂，所提之各槽泡沫問題，其原因除微生物死亡屍體釋出蛋白質產生外，油脂及界面活性劑也為其中之產生因素，建議可增設佔地面積小及高效率之生物浮除系統，以有效去除油脂、界面活性劑，並發揮生物處理效果。
- E. A/O 處理系統，具有抑制絲狀菌增長及增加硝化菌/脫硝菌競爭力之特性；另因系統處於無氧/好氧交替環境下，環境變化較大，各種微生物皆不易形成優勢生長，整體有機物處理效率較一般生物處理低。由於需因應各種不同狀況，以致操作上變數較多，建議應規劃現場操作人員熟悉工廠相關製程運作，以避免製程突發衝擊負荷影響系統之處理效率。

5.具體執行成效

- (1)經輔導後，案例工廠修正內部通報制度，並定期針對廢水特性召開檢討會議，排放高濃度廢液時，應貯存於廠內貯存槽，再通知廢水場操作人員採取應變措施後，再排至廢水廠處理；系統不穩定狀況明顯降低。
- (2)於生物處理系統超出所能處理之設計量，因此進行製程清查、確認污染源特性，並進行減廢作業。其中，有機廢水每日約減少 $20m^3$ ，廢水之 COD 亦由 300~800 mg/L，降低至 250~700mg/L，生物處理系統之污染負荷亦降低。

2.10 皮革業

案 例 二十五

1. 前言

案例工廠為鹽漬牛皮製革工廠。廠內廢水處理設施，由於設計及操作上之缺失，導致處理成效不佳，故進行多次改善工程。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠主要製程原料為鹽漬牛皮與藍濕皮，經浸水、浸灰脫毛、鞣製、染色加脂及整理加工等程序製成黃牛面皮與藍濕榔皮等產品，供鞋類、皮包、沙發等各類皮革製品使用。其製程及污染來源如圖 1 所示。工廠主要廢水來源為浸水、浸灰、脫灰、鉻鞣、染色加脂等製程間歇排放之廢水及塗飾製程之連續排水，廢水流量變化極大。

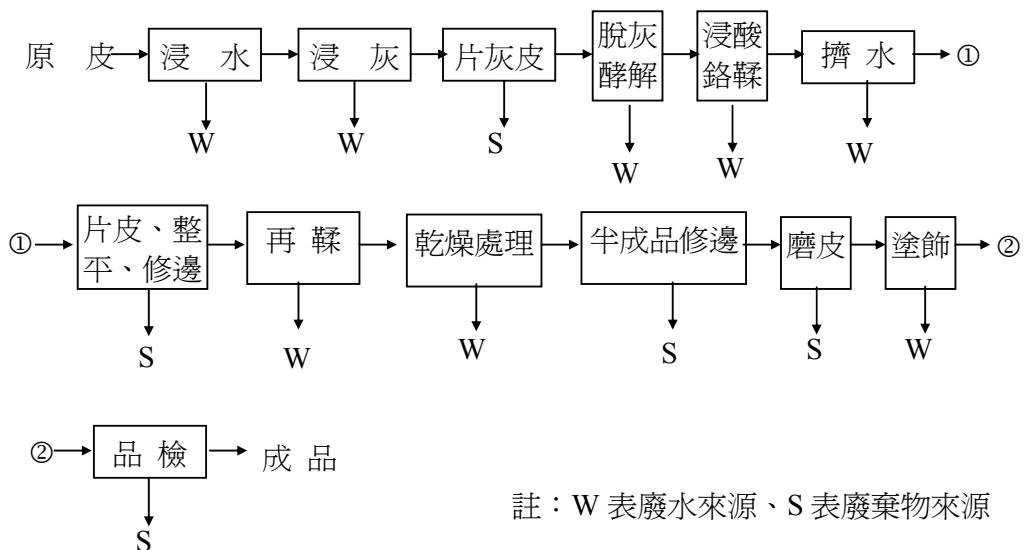


圖 1 案例工廠製程與污染來源

3.廢水處理狀況

案例工廠綜合廢水量約 $1,000\sim1,200\text{m}^3/\text{日}$ ，廢水中含有硫化物及鉻離子，廢水之 COD、BOD 及 SS 濃度均相當高。其廢水水質如表 1。

表 1 案例工廠廢水特性

每日廢水量	項目	pH平均值	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	總鉻 (mg/L)
1,000~1,200m ³	原廢水	8.5	5,000	1,140	1,750	0.5
	放流水	6.4	145.0	6.2	10.7	ND

案例工廠廢水處理設施經多次修改後，其處理方式採物化+生物+物化處理法，製程廢水未進行分流前處理，處理流程如圖 2。

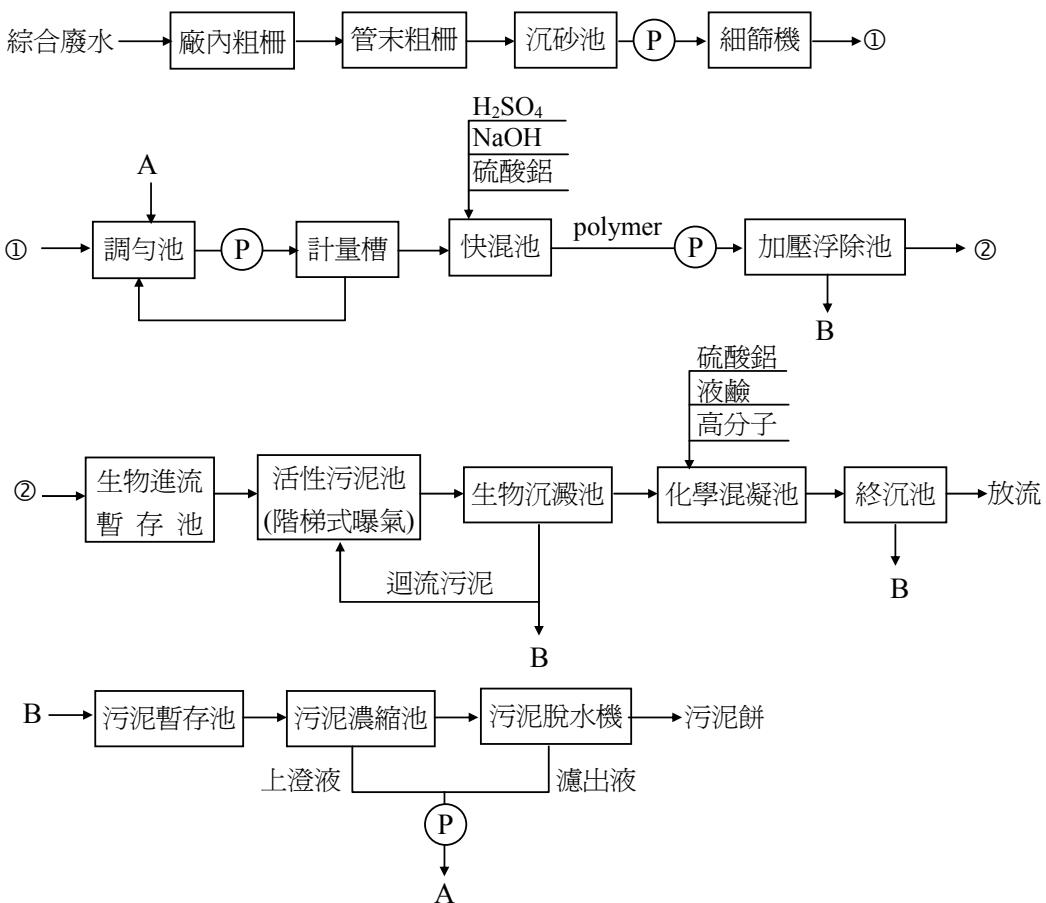


圖 2 案例工廠原廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 廢水中含高濃度的氯鹽、硫化物及重金屬鉻，廢水水質、水量變化甚大，雖然經過減廢及分流前處理程式，仍然很難穩定地達到放流水管制標準。
- B. 增設含硫廢水、鉻鞣廢水分流前處理及擴增生物池，並加裝生物後化學混凝沉澱及砂濾處理設備，仍無法達到放流水管制標準。

(2)改善建議

A.廠內改善

- (A)將鉻鞣廢液、含硫廢水等主要污染源加以分流收集處理。
- (B)改採分批式沖洗製程，減少廢水量。
- (C)廢液回收利用。
- (D)以 $MnSO_4$ 作為催化劑，催化氧化浸灰廢液含高濃度之硫化物。

B.製程減廢技術

- (A)以拍打器拍打牛皮，去除多餘之鹽粒，減低製程廢水之氯鹽、SS 等污染物濃度。
- (B)採低污染性之保毛法製程。
- (C)添加高鹽基度之高固鉻法，減少鉻液殘存之污染負荷。
- (D)更新機械設備。
- (E)削肉渣之酵素以減廢處理。

C.提昇現有處理流程之功能

案例工廠將含硫廢水、鉻鞣廢水分流前處理，再經化學混凝浮除十延長曝氣活性污泥法十化學混凝沉澱法處理，改善處理流程如圖 3。

5.具體執行成效

(1)改善內容

A.製程減廢部分

(A)使用保毛法與溶毛法最佳搭配之運用

配合浸灰酵素、浸灰劑、硫化物搭配及石灰的添加，以讓牛毛的去除最佳及毛根殘留最少，並使用篩毛機將毛髮篩除後，再循環回收到製程鼓中使用，以大幅降低化藥與水量。且由於毛髮未溶解於廢液中，也能有效降低廢水的污染濃度，並可將篩下之毛髮，進行堆肥而製作出高級肥料。

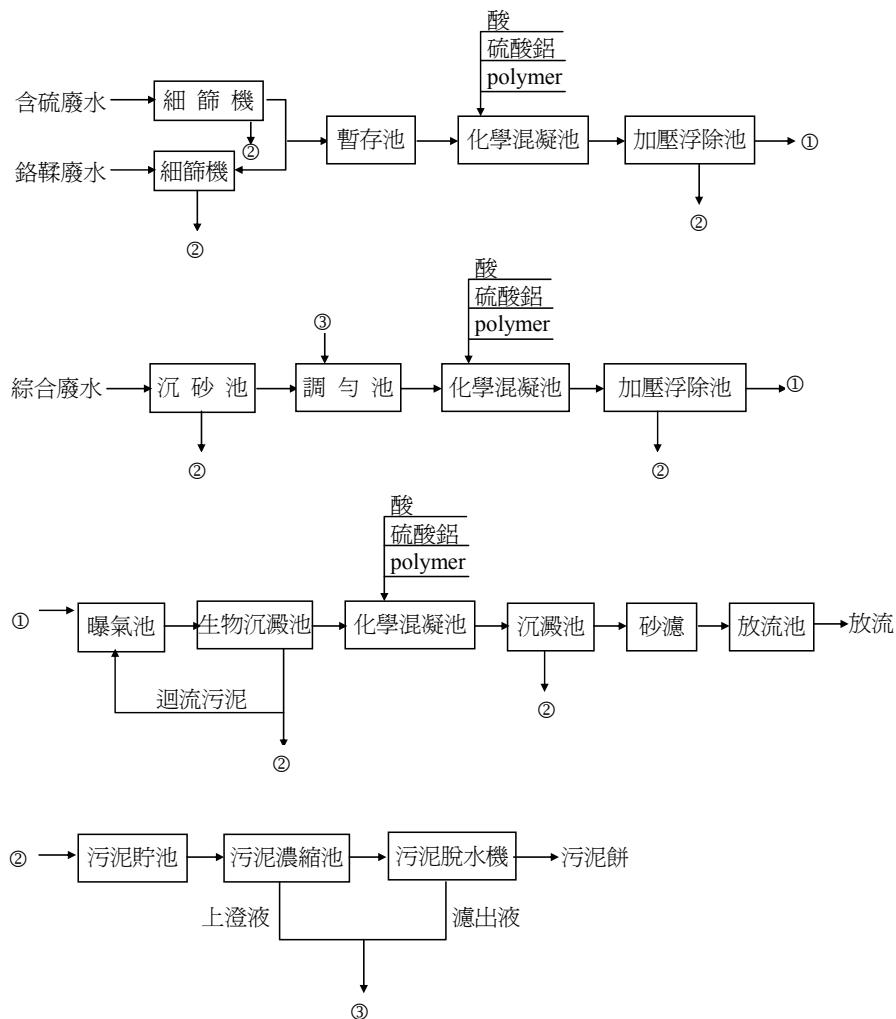


圖 3 案例工廠改善後之廢水處理流程

(B) 運用自動控制 PLC 系統，並更新製程設備，以有效掌控用水量及節約用水
 將傳統之半屏鼓(Paddle)逐漸更新為木鼓(Drum)、並進行自動控制化料精
 紹使用之短水浴操作。

(C) 最適化化料之篩選

各種品牌化料均有其特點，相互間之親和性，必須以最客觀之檢驗篩選
 比較，建立替代品目錄索引，由化料之屬性、價位、固成份（有效成份）、物
 性、牢度、污染衝擊量等，建立使用排行榜資料庫，作最適化之篩選與使用。

(D) 提高鉻鞣之吸收力，減少鉻鞣廢液之污染濃度

將高鹽基度鉻粉與傳統鉻粉搭配使用及鉻鞣助劑的最適量添加，以促進
 皮革之鉻吸收力提高；一般傳統鉻粉吸收率約為 85%左右，即鉻含量為 3.9

%~4.2%，高吸收率之鉻鞣其鉻粉吸收率為90%以上，至少有10%之提升，鉻含量在4.3%~4.6%，其所排出之鉻鞣廢液鉻含量將明顯降低。

(E)水性塗飾劑替代油性塗飾劑，而儘可能以液態化料替代粉狀化料，以減低廢水之污染濃度。

B.廢水處理廠部分

(A)增設硫系、鉻系廢液分流前處理設備。

(B)擴建調勻池與曝氣池，如表2。

表2 調勻池與曝氣池改善前後狀況

項目	改善前處理能量	改善後處理能量	功能提升狀況
調勻池	700m ³ (停留時間：0.9~1.2天)	2,600 m ³ (停留時間：2.2~2.6天)	停留時間達2天，容量足夠
曝氣池	3座共1,580m ³ (停留時間：2.0~2.6天)	12座共4,424 m ³ (停留時間：3.7~4.4天)	改善後之處理方式為階梯進流，停留時間長達4天

(C)增設後化學混凝沉澱及砂濾池。

(D)建置完成顯微鏡微生物相電腦影像捕捉系統，並配合例行之檢測數據進行功能診斷。

(2)改善成效

A.製程減廢部分

(A)由調勻池水量及水質狀況可清楚看出製程減廢成效，如表3，由表中可明顯看出BOD、SS、總鉻、硫化物均明顯降低。

(B)削肉下來之碎肉，經高溫酵解後，每個月約可降低4萬元的廢棄物處理費用。

表3 案例工廠改善前後調勻池水量及水質狀況

項目	pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	總鉻 (mg/L)	油脂 (mg/L)	硫化物 (mg/L)	氯鹽 (mg/L)
改善前	8.0~9.8 (8.79)	1,750~4,560 (3,255)	1,010~2,800 (1,750)	1,043~4,860 (2,293)	19~300 (51)	21~268 (80)	112~500 (350)	3,000~4,000 (7,500)
改善後	8.0~9.5 (8.52)	3,500~6,000 (5,000)	900~1,500 (1,140)	1,000~2,500 (1,750)	0.01~10 (0.05)	20~250 (150)	50~200 (100)	3,000~5,500 (3,500)

註：()內為平均值；改善後之水量增加原因為產量增大，但由於製程減廢因素，而使COD濃度提高。

B.廢水處理部分

由於製革廢水中仍含有多量的難分解之有機物，此工廠雖經過改善，但其放流水 COD 仍平均在 150mg/L，而 BOD 却已為個位數字，顯示以化學混凝 + 延長曝氣法 + 砂濾之處理方式，其 COD 之極限約在 150mg/L 左右（如表 4 所示）；再由各單元之功能檢測數值判斷，其化學混凝浮除之 SS 去除率 91.5 %，生物處理單元 BOD 去除率也達 95 %，而其食微比約為 0.06kg BOD/kg MLSS·day，顯示系統處理成效已達極限，而排放水仍無法符合 87 年 COD100mg/L 以下之管制標準。（說明：依 92.11.26 環署水字第 0920084786 號令修正發布，製革業生皮製成成品皮者，COD 排放標準為 160mg/L）。

表 4 案例工廠改善前後之處理後放流水水質比較

項目	廢水量 (CMD)	pH	COD	BOD	SS	總 鉻
改善前	600~800	7.2	169	27	20	ND
改善後	1,000~1,200	7.3	155	7	10	ND
放流水管制標準	—	6.0~8.0	100	30	30	2

案 例 二十六

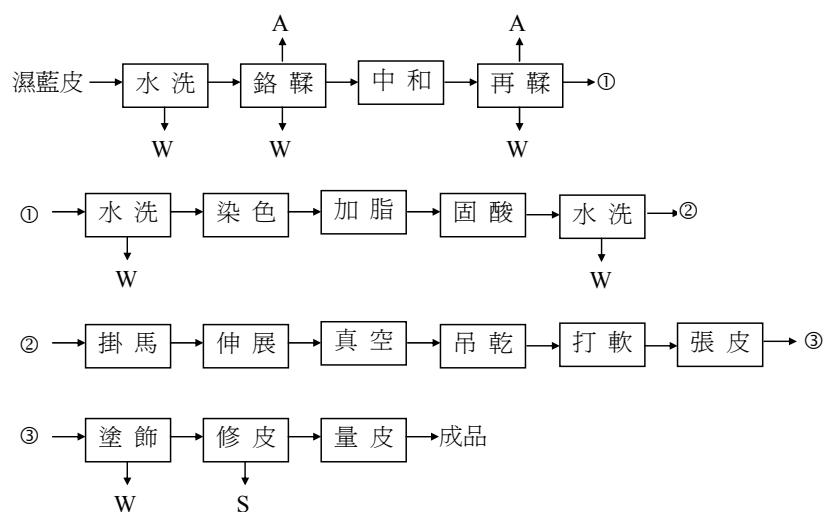
1.前言

案例工廠為典型之濕藍皮加工廠，主要製程係以進口歐美半熟皮（濕藍皮）為原料，經鉻鞣、再鞣、染色加脂及塗飾後，製成黃牛面皮、柄皮帶等成品，以提供下游工業如鞋業、皮件業及傢俱業等作為加工之原料。

2.製程與廢水污染來源

案例工廠係以濕藍皮為原料，經水洗、鉻鞣、中和、再鞣、染色、加脂、固酸、掛馬、伸展、真空、吊乾、打軟、張皮、塗飾、修皮、量皮等步驟始成產品供下游工業作為加工之原料。

工廠主要廢水污染來自水洗、鉻鞣再鞣、染色加脂及塗飾等四大部分，前三者為間歇性排放，塗飾廢水中塗飾洗滌水為連續排放，而塗飾自動噴台廢水則累積一段時間後再批式排放。製造流程及廢水污染來源如圖 1 所示。



註：W 表廢水來源、A 表廢氣來源、S 表廢棄物來源

圖 1 案例工廠製程及廢水來源

3.廢水處理狀況

案例工廠各製程排放廢水之水量及水質污染濃度，如表 1 所示，由表中可知，鉻鞣再鞣、染色加脂此兩部份製程所產生之廢水量約佔總廢水量的 72%。其綜合廢水水量及水質狀況，如表 2 所示。

表 1 各製程廢水之污染特性

主要污染種類	污染來源	廢水量	廢水水質(mg/L)*
水洗廢水	濕藍皮原料經水洗所產生之廢水	38m ³ /日	pH : 4~5 SS : 100~500 COD : 1,500~3,000 BOD : 300~1,000
鉻鞣、中和、再鞣廢水	加入鉻單寧、中和劑及再鞣單寧等所排放之再鞣廢水	58m ³ /日	pH : 5~7 SS : 300~1,000 COD : 5,000~10,000 BOD : 1,000~2,000 總鉻 : 10~20
染色、加脂、固酸廢水	加入酸性染料、油脂、蟻酸等排放之染色加脂廢水	59m ³ /日	pH : 5~7 SS : 200~500 COD : 10,000~20,000 BOD : 5,000~10,000 總鉻 : 3.0~10.0
塗飾廢水	塗飾洗滌水及塗飾自動噴台廢水	5m ³ /日	pH : 6~8 SS : 500~3,000 COD : 3,000~15,000 BOD : 500~2,000

*pH 除外

表 2 綜合廢水水量及水質狀況

項目	廢水量 (CMD)	pH	COD (mg/L)	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	總鉻(mg/L)
水量水質狀況	160	5~7	1,500~5,000	300~1,500	150~800	5.0~15.0

案例工廠廢水處理係採用化學混凝沉澱 + 接觸曝氣法，處理過程產生之污泥則是應用機械式污泥脫水機進行處理。其處理流程如圖 2 所示。工廠廢水處理設備設計水質及水量，如表 3 所示。

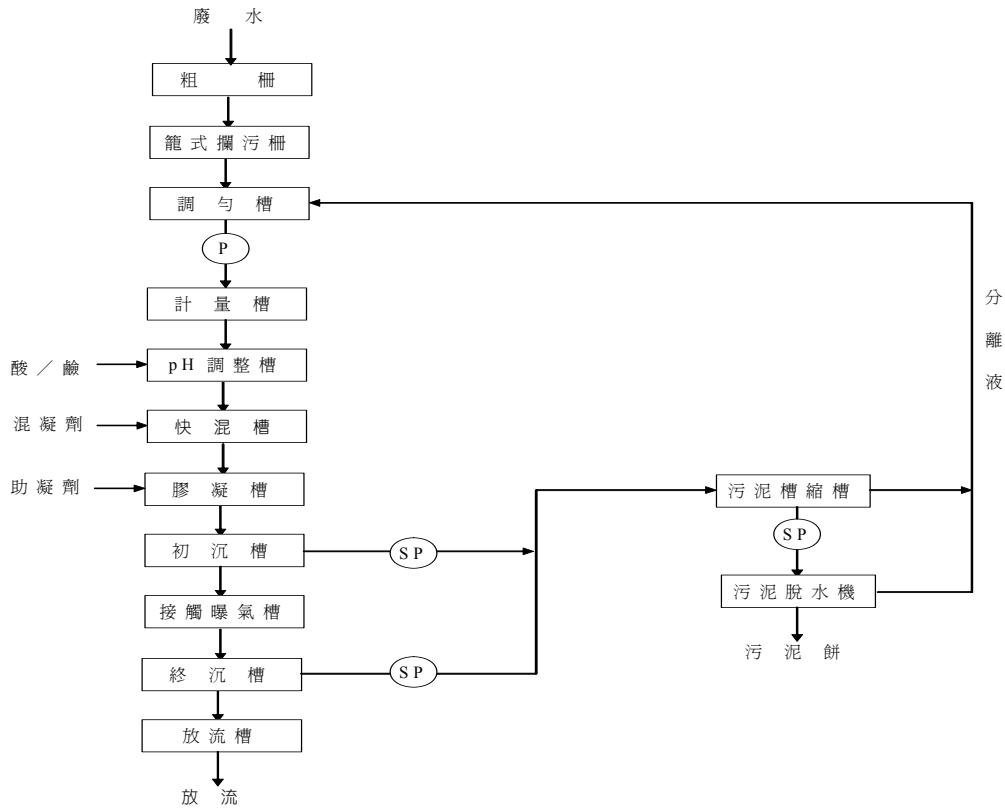


圖 2 案例工廠廢水處理流程

表 3 案例工廠廢水處理設備設計水質及水量

項目		pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
設計 水質	處理前 (平均值)	4.0~7.0	1,700	750	600
	處理後	6.0~9.0	200mg/L 以下	50mg/L 以下	50mg/L 以下
設計水量		200m ³ /日			

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 攔污柵

攔污柵係人工耙除方式操作之粗柵及籠式攔污柵(如圖 3)，由於案例工廠廢水中碎皮屑含量很多，此兩種攔污柵之組合，攔污效果仍不理想，現場可以看到柵條間全部塞滿碎皮屑，造成水位的上升及碎皮屑穿過柵條流入調勻槽中，導致調勻槽底部的沉積，及抽水泵的堵塞，增加了後續單元的負荷。



圖 3 改善前之籠式攔污柵（被碎皮屑堵塞嚴重）

B. 調勻槽

調勻槽有效容積為 $200m^3$ ，以實際水量 150CMD 計算，具有 1.3 天的廢水儲存容量。唯攔污柵功能不佳，容易造成碎皮屑，固形物於調勻槽底部沉積及抽水泵的損壞。調勻槽周圍原配置之曝氣管線閥門及散氣設備，大部分已損壞或堵塞，攪拌效果不良，有嚴重淤積及厭氧情況發生。另外調勻槽鼓風機損壞，與曝氣槽連通共用同一台鼓風機，導致曝氣槽之供氣量不穩定，影響生物處理功能。

C. 膠凝槽

膠凝槽至初沉槽之落差太大，使得廢水流速太快，膠凝槽中所形成之膠羽因沖激力量過大而破碎、分散或揚起無法沉降，影響沉澱去除效果，如圖 4。

D. 初沉槽與終沉槽

初沉槽為無刮泥設備之簡單型沉澱槽，溢流堰為平堰型式，設計簡陋且未保持水平，造成堰負荷不平均，污泥膠羽容易被帶出而影響後續之生物處理功能。

E. 接觸曝氣槽

採用比表面積為 $45m^2/m^3$ 之網狀接觸材，容易堵塞，且進水、出水有短流現象，由於前處理單元及化學混凝沉澱單元功能不佳，碎皮屑固形物及有毒物質流入接觸曝氣槽內，嚴重影響接觸曝氣槽之處理功能。

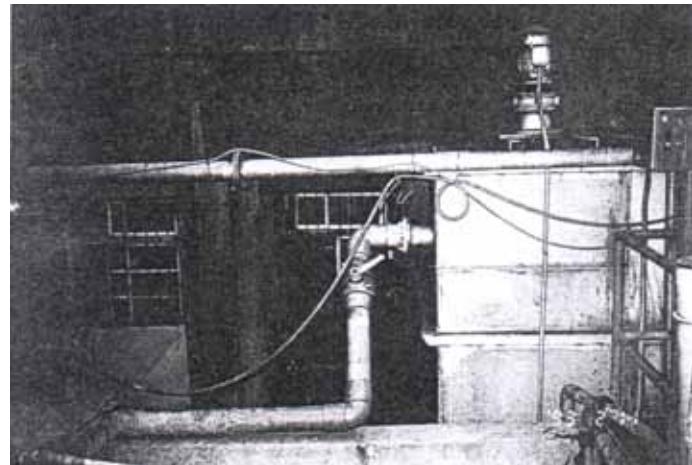


圖 4 膠凝槽與初沉槽的高落差情況

F.案例工廠之功能測試結果如表 4 所示，由表中可看出廢水處理成效不佳，其接觸曝氣槽生物處理功能未發揮。另由表 5 可發現其廢水中磷含量（約 0.11mg/L），明顯不足，無法達到 $BOD:P=100:1$ 的比例，宜補充添加磷營養劑。

表 4 廢水處理改善前之處理狀況

	採樣地點 檢驗項目	調 匀 槽	初沉槽出流水	終沉槽出流水
改善前	SS (mg/L)	540	110	20
	COD (mg/L)	1,537	1,163	661
	BOD (mg/L)	372.0	254.9	311.9
	總磷 (mg/L)	0.11	—	—

(2)改善建議

A.由於廢水中碎皮屑含量很多，粗柵及籠式攔污柵去除效果不佳，建議宜增設勾耙式機械攔污柵及細篩機，以有效去除碎皮屑及固形物，防止調勻槽淤積堵塞，並減輕化學混凝單元之負荷，降低加藥量及操作費用。

B.調勻槽曝氣管線大部份閥件損壞，散氣管亦有嚴重堵塞現象，僅有少部份散氣管可維持正常曝氣，攪拌效果不佳，槽內淤積嚴重，且已發生厭氧狀況；另外調勻槽鼓風機損壞，並與曝氣槽共用同一台鼓風機，導致曝氣槽供氣量不穩定，影響生物處理效果。宜修復調勻槽之曝氣管線及設置個別專用之鼓風機，以維持調勻槽之正常功能。

- C.化學混凝單元處理效果不佳，需視水質變化狀況，進行杯瓶試驗，確定最佳之化學混凝操作條件，以發揮最好的處理效果，減輕後續之生物處理單元之負荷。
- D.廢水中磷含量不足，將對生物處理產生不利影響，應添加磷營養劑於曝氣槽中，以促進生物處理功能。
- E.由於廢水有機污染濃度偏高，不適宜在曝氣槽前段即採用接觸曝氣法作為廢水二級生物處理方法。此外，改善前所使用之不規則網狀接觸材形式不佳，孔隙率太小，容易堵塞，依據處理狀況判斷，接觸材已嚴重堵塞，幾乎無任何處理功能，故建議二級生物處理單元，應更改為活性污泥法，以改善此一狀況。
- F.膠凝槽至初沉槽之落差太大，應加以改善，使其間之管內流速維持在 30cm/sec 左右。
- G.初沉槽及終沉槽之溢流堰傾斜或不平整，使堰負荷不平均，導致膠羽易流出至後續單元，因而增加曝氣槽的處理負荷或使得終沉槽出流水 SS、COD、BOD 濃度增高，而影響處理水質。故需增設可調整水平高低之 V 型溢流堰，以克服此一問題。

5.具體執行成效

- (1)於籠式攔污柵前增設勾耙式機械攔污機如圖 5 所示。已能充分發揮碎皮屑去除效果，籠式攔污柵之碎皮屑堵塞情況已明顯改善，如圖 6 所示。
- (2)將化學混凝單元移入調勻槽中，高架支撐，以有效利用空間，並改善化學混凝單元與初沉槽之間落差過大水流速度過高，造成膠羽破碎沉降不良的情形，有關改善成果如圖 7 所示。
- (3)拆除接觸曝氣槽中之接觸材，修改為活性污泥槽。活性污泥槽中間以隔板隔開，前段尾部設一開孔穿通，使流入之廢水經過最長的路徑。全面更新活性污泥槽之曝氣系統，並採用傳氧效率較佳之細氣泡散氣管。如圖 8 所示。
- (4)恢復磷營養劑的添加，以達到 $BOD:N:P = 100:5:1$ 之需求，促進生物處理效果。
- (5)加藥槽及加藥系統已重新配置與換裝新的加藥泵。
- (6)案例工廠廢水處理改善工程完工試車過程中均有進行現場功能測試，測試結果其放流水質 COD 仍無法達到 100mg/L 之標準。另由於植種之污泥因長時間的運送

停止曝氣時間太久，污泥已有膨化現象。

案例工廠為典型之濕藍皮加工廠，雖於廢水量不大且廢水污染濃度比一般生皮製革廠為低，但由於製程中使用不少難生物分解之化藥，再則該廠因工廠土地空間有限，故廢水處理設施之改善工作困難性較高。



圖 5 改善後增設之勾耙式機械攔污機



圖 6 改善後之籠式攔

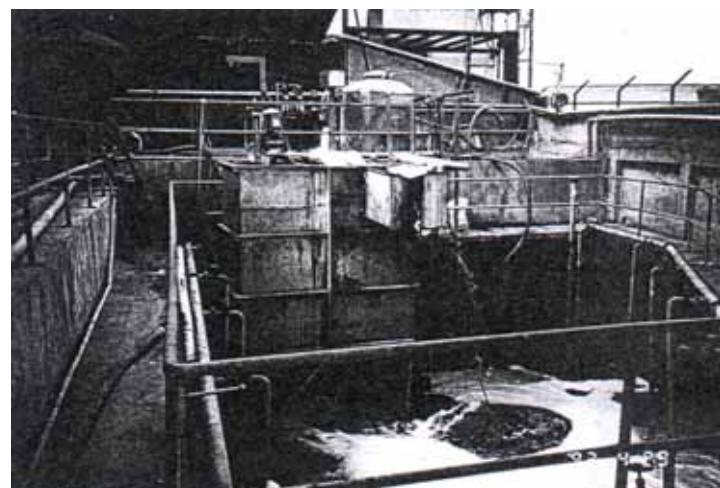


圖 7 改善後之化學混凝單元(置於調勻槽中)



圖 8 改善後之活性污泥槽情況

2.11 機械設備業

案 例 二十七

1.前言

案例工廠為各種汽車冷暖空調設備及各種機電產品的製造廠，已通過 ISO-14001 認證，並推行 TPM、5S 及提案制度。主要生產產品包括汽車空調及機電相關產品。工廠向來重視環保問題，設有完善之處理設施，但因操作因素，致使處理水質不穩定。

2.製程與廢水污染來源

案例工廠各項產品經加工成型後，依產品需求進行表面處理。工廠之廢水產生來源，主要為製造高性能蒸發器過程中之表面處理階段，以鉻酸及親水液來處理半成品而產生之廢水。生產製程及廢水來源如圖 1 所示。

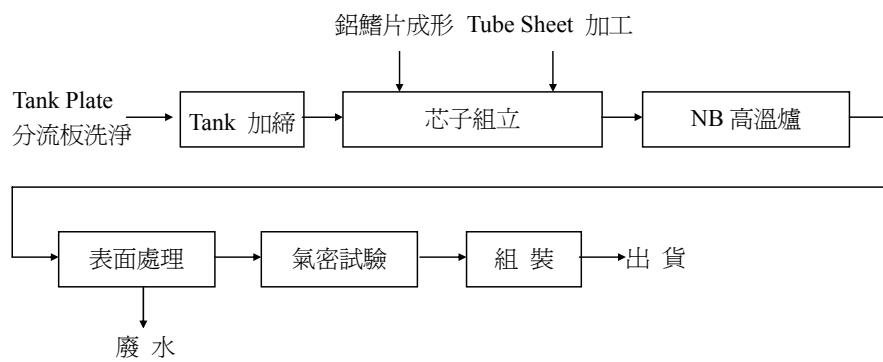


圖 1 高性能蒸發器製程及廢水來源

3.廢水處理狀況

(1)案例工廠廢水特性分為一般廢水及含鉻廢水兩類。其中，含鉻廢水先經收集並還原後，再與一般廢水合併，利用化學混凝沉澱法加以處理；廢水處理流程如圖 2 所示，原廢水與放流水質如表 1。

表 1 案例工廠原廢水與放流水質

水樣	原廢水	放流水
水量(m^3 /日)	60	60
pH	5.5 ~ 9.5	6 ~ 9.5
SS(mg/L)	>20	<20
COD(mg/L)	160 ~ 190	30 ~ 80

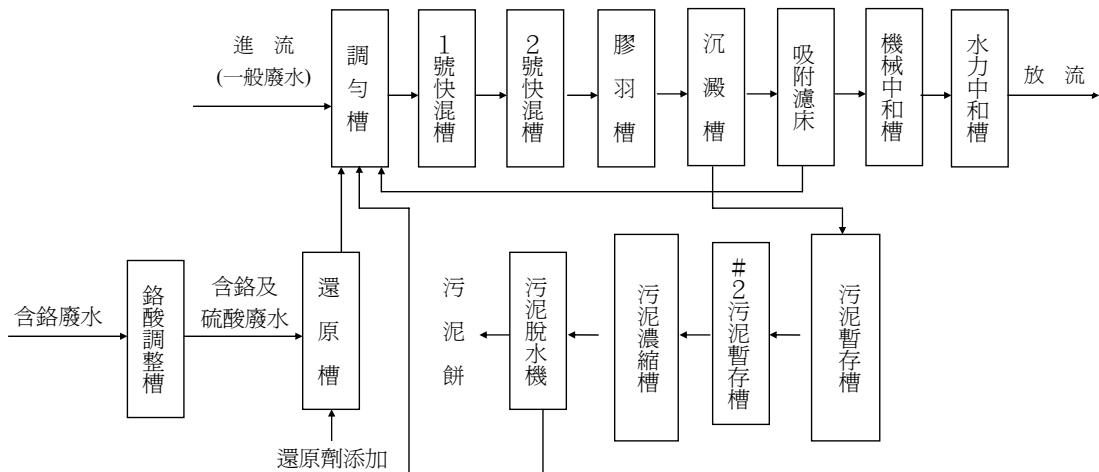


圖 2 案例工廠廢水處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 該廠基材為鋁材，經由脫脂與化成等製程所排放的廢水含有多量的鋁化合物，而於化學混凝單元仍添加 PAC，此舉將增加污泥產生量。

B. 原設計廢水量為 200CMD，污泥濃縮槽設計有三串聯槽(如圖 3)，唯目前實際廢水產生量僅有 60CMD，因此操作人員係讓污泥貯滿後再一次脫水，造成污泥中有機物因濃縮時間過長(約停留 6 天)而產生厭氧自我分解，使污泥產生臭味且不易脫水；上述三槽濃縮槽傳送以幫浦進行，使濃縮污泥於槽體間因機械力而破壞已凝聚的污泥。

C. 污泥餅含水率達 95% ，增加處理負荷及成本。

(2) 改善建議

A. 於親水液浴製程中產生約 2L/日廢液，此廢液 COD 濃度非常高，基於整體作業安全考量，應納入廢水處理流程併同處理。

B. 由於製程廢水含有大量鋁化合物，已有混凝劑之功能，可取代混凝劑 PAC 的添加；建議工廠操作人員依杯瓶試驗步驟，於不同 pH(8、8.5、9.3)下添加不同高分子凝集劑量，以決定最佳的操作條件，並減少藥劑添加量。



圖 3 污泥貯存及濃縮槽停留過久

C.由於污水廠實際廢水量大幅減少，因此建議停用部份濃縮槽(如第三槽，但應注意須有足够的水力負荷 $2\text{--}4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-d}$)，如此可減少污泥泵浦抽送時破壞污泥結構，亦可減少泵浦動力使用。另外應盡量使污泥脫水處理於當日即處理完畢，避免污泥中有機物因厭氧自我分解而產生臭味。因此，污泥於每日排入濃縮槽後，經過一天濃縮，於隔日在啟動污水處理前，即應先行進行污泥脫水。

5.具體執行成效

(1)針對含有大量鋁化合物之製程廢水，依金屬離子之溶解度與 pH 關係，經進行簡易試驗結果發現，調整廢水 pH 值於不同 pH (分別為 8、8.5、9.3) 下，停止添加 PAC 並添加少許的高分子凝集劑，即可有效的使污泥凝聚(如圖 4 所示)，且由圖可知，當 pH 值控制在 8.0 時，其污泥之沉降效果較佳。案例工廠調整操作參數後，每月節省 PAC 0.25 公噸之成本，並減少污泥量。

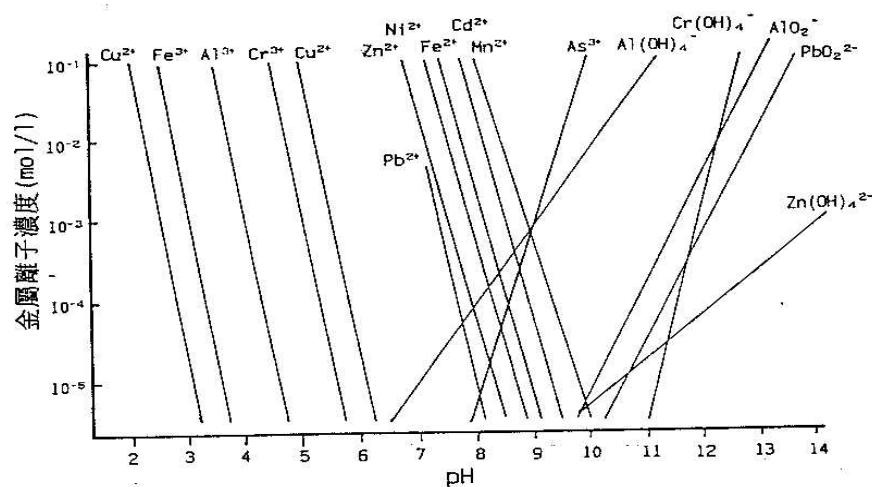




圖 4 不同 pH 下添加高分子凝集劑之結果

(由左至右 pH 為 9.3、8.0、8.5)

(2)案例工廠經檢討污泥濃縮槽之水力負荷及停留時間後，將原串聯之 3 座濃縮槽，僅使用其中之 2 槽，減少污泥厭氧分解之可能性，提升污泥之脫水效率。經改善後，污泥餅含水率由 95% 降為 80%，污泥量由原來的 6 公噸/月減少為 1.5 公噸/月，污泥處理成本減少 5.4 萬元/月，每年節省 64.8 萬元。

2.12 非金屬礦物製品業

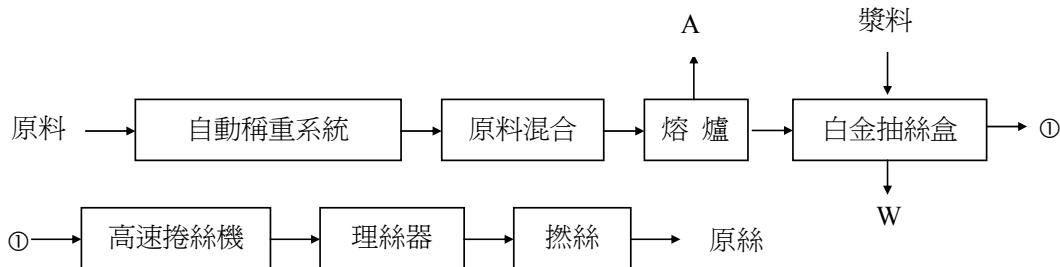
案 例 二十八

1. 前言

案例工廠為專業之電子級玻璃纖維製造廠，工廠之廢水來源主要為製程中添加漿料之漿料廢水。工廠向來重視環保問題，原已設置完善之廢水處理設施；因漿料原物料改變，致使綜合廢水及放流水水質不穩定，亟需改善。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠以高嶺土及石灰石為主要原料，經熔融及抽絲後成為產品。製程如圖1所示。工廠之廢水主要為製程之漿料廢水及生活污水二種。



註：A 表廢氣來源、W 表廢水來源

圖 1 案例工廠製程與污染來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠之廢水有製程漿料廢水(約佔 90%)及生活污水(約佔 10%)，綜合廢水量約 500CMD；原廢水 COD 約 2,900~3,000mg/L、SS 約 600 mg/L。廢水處理流程為典型物化加生物處理程序（調勻、混凝膠凝、初級沉澱、生物接觸曝氣、生物沉澱、過濾），主要污染水質項目為 COD 與懸浮固體 SS。廢水處理流程如圖 2 所示。

工廠之廢水處理相關參數如下：反應池 pH：5.5；PAC(7%)加藥量：1,400mg/L；快混池 pH：7.0~7.5；曝氣池 DO：4.7 mg/L；調勻池停留時間：32hr；化學沉澱池停留時間：5.1hr；生物沉澱池停留時間：3hr。依據工廠經驗，星期一及星期二之水質污染濃度較高。

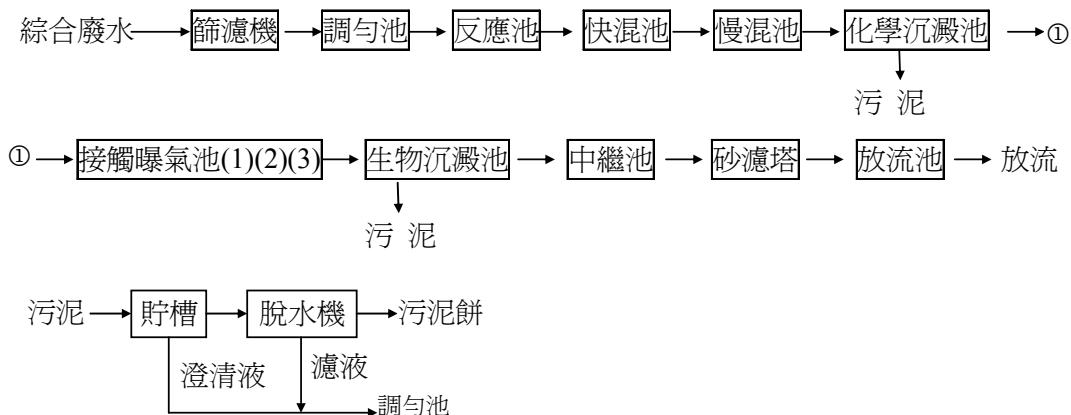


圖 2 案例工廠廢水處理流程

案例工廠之原水及處理水水質如表 1，廢水之總 COD 與溶解性 COD 值如表 2。既有生物處理系統之 COD 去除率為 79.6% 、BOD 去除率為 85.1% 。原水之溶解性 COD/總 COD 為 0.46，經化學處理後之溶解性 COD/總 COD 約為 1.0，顯示經化學處理後之處理水應為生物易分解之狀況；亦即既有生物處理系統之處理效率應可提升。造成生物處理效率未完全發揮之原因，可能受前段化學處理加藥狀況之影響，以及接觸曝氣設施操作之影響。

表 1 原廢水與處理水質

項目	原水	化學處理後	終沉池
COD(mg/L)	2,370	957	196
BOD(mg/L)	1,061	366	54.5

表 2 廢水總 COD 與溶解性 COD 值

水樣	原水	原水 溶解性 COD	化學段 總 COD	化學段 溶解性 COD	終沉池 總 COD	終沉池 溶解性 COD
COD (mg/L)	2,739	1,252	965	958	176	170

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 生物處理系統採用接觸曝氣法，然而生物池僅具極低之生物量，生物處理單元

未發揮功能，處理後之 COD 仍偏高。

B.化學段加藥量甚高，PAC 加藥量 1,400 mg/L，polymer 加藥量 6 mg/L，較一般加藥量高出甚多。

C.因放流水 COD 不穩定，曾有超過管制標準而被限期改善情形。

(2)改善建議

A.案例工廠 COD 雖達一定之去除效率，然而生物處理單元尚未完全發揮功用(放流水 BOD 約 55mg/L)。接觸曝氣池僅具極低之生物量。建議案例工廠應進行測試，將既有系統修正為操作彈性較高之活性污泥系統。測試方式可自鄰近操作正常之生物處理系統取得活性污泥(亦可混合部分既有接觸材上之污泥)，並加入化學處理後之處理水，曝氣，並監測水質，以瞭解生物量較高時之生物分解情形；監測時需分析溶解性 COD。

B.若前項之測試可行，建議案例工廠至類似工業之污水處理廠載運活性污泥加入曝氣池(載運之污泥量需足以達適當之食微比，應避免過低以免發生污泥分散性生長、沉澱性不佳之情形)，並將沉澱之生物污泥迴流至曝氣池，以維持適當之活性污泥量於曝氣池內。

C.在生物污泥馴養完成後，可將廢棄之生物污泥迴流至調勻池以進行 COD 之預處理(調勻池維持正常之曝氣)，並同時提高進入快混池廢水之懸浮固體量。由於原廢水適當引入具膠凝性之生物污泥，應有降低混凝劑之功能。

D.化學段加藥量甚高，PAC 加藥量 1,400 mg/L，polymer 加藥量 6 mg/L，較一般加藥量高出甚多，且有殘留至生物段方生成無機固體、干擾接觸生物處理法之虞。建議應逐步調降加藥量，並先調降 PAC 之加藥量，以達一定之去除效果。

5.具體執行成效

(1)案例工廠依據建議事項，規劃活性污泥處理系統可行性試驗，試驗結果如圖 3，顯示處理水質於系統穩定狀況下，處理水 COD 約為 100~120mg/L。經過評估後，工廠將第二及第三曝氣池更改為活性污泥曝氣池、變更終沉池迴流泵以迴流污泥；並進行污泥種植培養。改善後，廢水進入生物處理單元之 COD 濃度約在 1,500 ~2,000mg/L 左右，曝氣池 MLSS 濃度約 5,300mg/L，曝氣池 DO 維持於 3~4mg/L 之間。排放水 COD 由 196mg/L 降至 80 mg/L。此改善方式，較原欲增設三級處理設施節省 220 萬元之設備成本。

(2)工廠逐步調降 PAC 及 polymer 之加藥量。PAC 加藥量由 1,400 mg/L 降至 600mg/L，polymer 加藥量由 6 mg/L 降至 2mg/L。

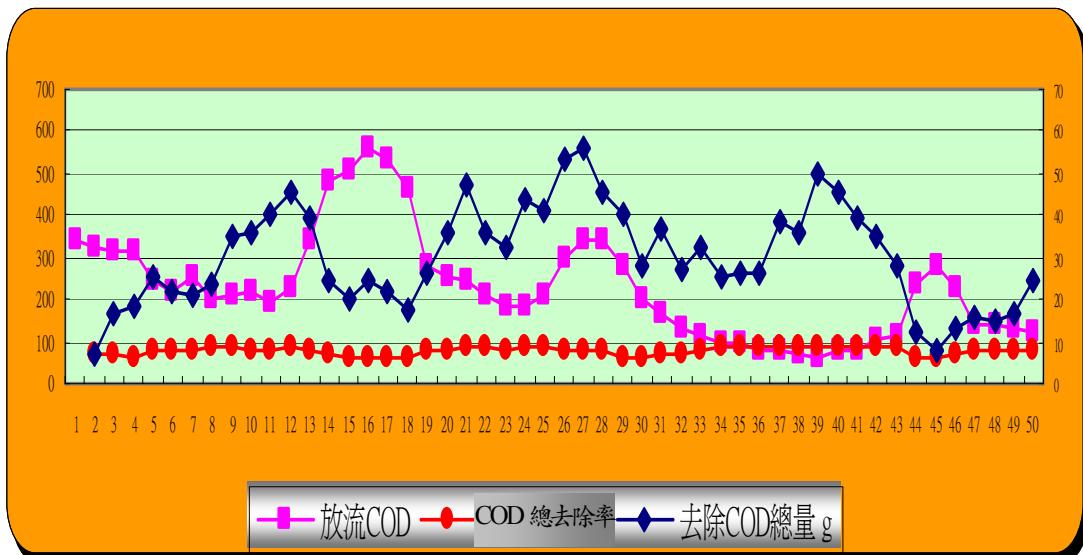


圖 3 案例工廠活性污泥系統可行性試驗結果

2.13 金屬基本工業

案 例 二十九

1. 前言

案例工廠為專業機械軸封及球閥製品製造工廠。工廠已通過 QS9000 、ISO 9000 、ISO 14001 認證，並推行 TPM 、 5S 及提案制度。主要產品為機械軸封、合成橡膠(PU Packing) 、汽機車、船舶引擎零件等，供應國內外廠商。

2. 製程與廢水污染來源

案例工廠之生產製程及廢水來源如圖 1 所示。

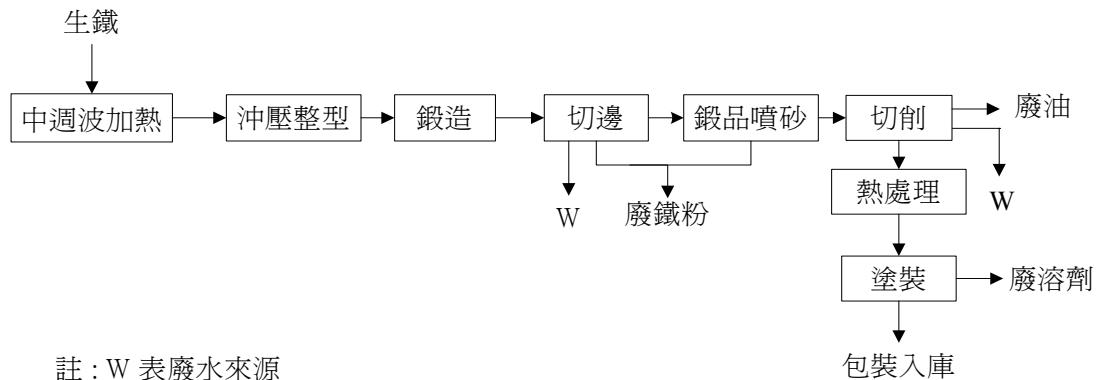


圖 1 案例工廠製程與污染來源

3. 廢水處理狀況

案例工廠廢水處理設施流程為物化處理系統。相關處理流程如圖 2 所示；工廠廢水處理廠主要單元操作參數如表 1 所示。

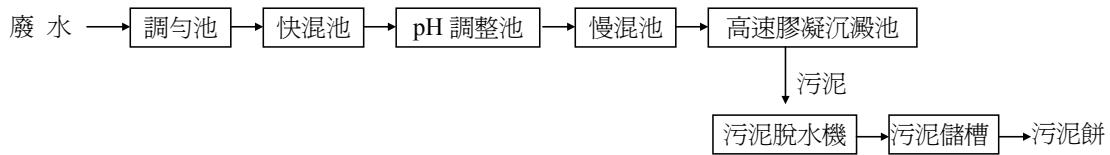


圖 2 案例工廠廢水處理流程

表 1 廢水處理單元操作參數

單元操作參數	調勻池	快混池	pH 調整池	慢混池
池體積(m^3)	3.3	1.6	3.3	3.3
進流量(m^3/day)	10	10	10	10
操作時間(min)	20	10	20	20
加藥種類		PAC	氫氧化鈉	Polymer
pH 值			8.5-10.5	

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 案例工廠廢水處理廠係採套裝式設計，放流水質合乎管制標準，但因排放水量超出排放許可申請量(1,500 噸/月)而遭開單告發。
- B. 案例工廠污泥膠羽密緻性欠佳，導致含水率達 90%，違反「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第 17 條：無機性污泥委外清理前需先進行中間處理，將其脫水或乾燥至含水率 85%以下之相關規定。
- C. 案例工廠固定於每月底數日，每日定量排放 1 至 2 噸之廢鹽酸及高濃度脫脂廢液，造成處理設施負荷突增，影響處理效率。

(2) 改善建議

- A. 建議針對每月月底排放之化成廢酸液，另增設 FRP/PE 儲桶予以收集暫存，再以定量泵於隔月初逐日/分批將其注入調勻池內，以免造成水質不穩，而影響加藥後膠羽特性及顆粒密度。
- B. 進流廢水中重金屬以鋅離子為大宗，使其形成低溶解性固體氫氧化物 $Zn(OH)_2$ 膠羽，而加以沉澱分離去除，故於 pH 調整池中添加氫氧化鈉(鹼劑)，並控制 pH 於 8.5-10.5 間操作。依據各項重金屬離子最適沉澱 pH 值顯示，鋅離子形成氫氧化物膠羽最佳 pH 值為於 8.5-9.5 間，該廠加藥範圍變異過大，需注意加藥過量時，使已沉澱之 $Zn(OH)_2$ 膠羽再溶解。建議 pH 調整池操作於合適之 pH 範圍，以減少鹼劑加入量及污泥產出量；另外，需定期進行 pH 監測計校正。
pH 調整單元係以曝氣方式進行攪拌，由於槽內各區域曝氣攪拌混合不均(如圖 3 所示)減低藥劑功能。建議定期清除池底曝氣管線之阻塞，防止短流效應並提昇處理效率。

C.慢混池設計 HRT 為 20 分鐘，符合相關設計規範。但工廠為使廢水於系統內維持等速流，於慢混池加藥口對角線設置出流口，如圖 4 所示，使進流廢水加藥後並無足夠之反應時間立即出流。建議於慢混池加裝隔板(Buffle)，如圖 5 所示，將可同時增加流動距離及有效體積，有效延長膠羽生成時間，並使該單元於預先設計 G 值下操作。



圖 3 pH 調整池曝氣攪拌不均



圖 4 慢混池液面溢流距離過短

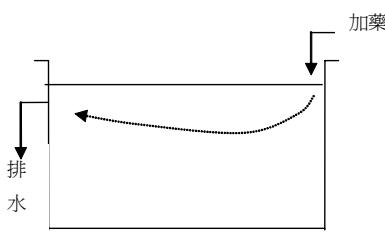


圖 5(a)現行加藥方式

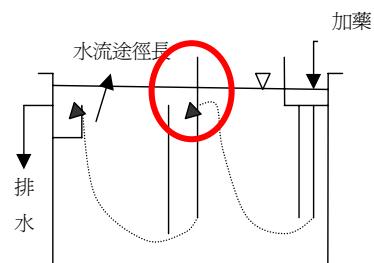


圖 5 (b)增設擋板延長水流途徑

D.板框壓濾式脫水機系採半自動(批次)方式操作，其脫水效率不佳，污泥餅含水率達 90%。考量設備成本，不建議改為自動操作型式，建議於板框式脫水單元前增設小型氯化鐵污泥調理劑加藥槽，以進行污泥脫水前調理作業。當高壓泵將高速膠凝沉澱池污泥注入濾室時，以連動操作原理同時注入調理劑，並將污泥與調理劑注入濾室之比率控制於 20:1 左右，預期將可增加污泥脫水效率。

另外，操作人員可於每日上午系統操作前，先以稀酸或清水清洗濾布，然後預敷矽藻土於濾布，以減少濾布之阻塞，並幫助泥餅脫除。

E.建議可以快混池迴流高速膠凝沉澱池之沉澱污泥，作為晶核，如此，並可將未反應完全之混凝劑迴流再利用。藉由足夠之晶核密度，產生較佳成核效果，將可有效增加污泥顆粒密度，以降低廢水處理成本及污泥產生量。另外，由於迴流污泥本身為鹼性，將可取代部份鹼劑以調整 pH 值，亦可降低液鹼等藥劑使用量。

5.具體執行成效

(1)案例工廠依下列方式進行改善，並重新調整污水處理系統：

- A.於調勻池前增設化成廢酸液 FRP/PE 暫存桶。
- B.減少 pH 調整池加藥量至 pH 值調整於 8.5-9.5 間。
- C.定期清除 pH 調整池底曝氣管線之阻塞處，並防止短流效應，以提昇處理效率。
- D.於慢混池加裝隔板以有效延長膠羽生成時間。
- E.於板框式脫水單元前增設小型氯化鐵污泥調理單元；每日定時以稀酸或清水清洗濾布。

(2)輔導時取原水進行瓶杯試驗(結果如表 2)，加以評估合適污泥迴流量如下：

表 2 案例工廠瓶杯試驗結果

迴流污泥體積量 (ml)	迴流污泥 添加量(mg)	迴流固體物 濃度(mg/L)	上澄液殘留 SS(mg/L)	沉澱污泥比阻抗 (sec ² /g)
0	0	0	14.8	1.82
3	11.4	57	15.4	1.84
5	19	95	12.5	1.77
10	38	190	13.1	1.34
15	57	285	17.9	2.41
20	76	380	20.9	2.33

註：迴流污泥濃度(MLSS)=3,800mg/L

將表 1 數據整理如圖 6 所示。根據圖 6 實驗結果發現，在 200ml 快混池水樣中，加入體積量為 5-10ml 之迴流污泥(迴流體積比 3-5%)時，並將迴流污泥濃度控制於 95-190mg/L 時，系統中污泥脫水性最佳，且上澄液 SS 值和空白組相近。以快混池有效體積 1.6m³ 計算，採以每 10 分鐘為操作週期，加入 $1.6 \times 1,000 \times 95 \div 3,800 = 40\text{L}$ 至 $1.6 \times 1,000 \times 190 \div 3,800 = 80\text{L}$ 之迴流污泥；預期可將快混池中懸浮之固體物顆粒調至最佳顆粒密度。

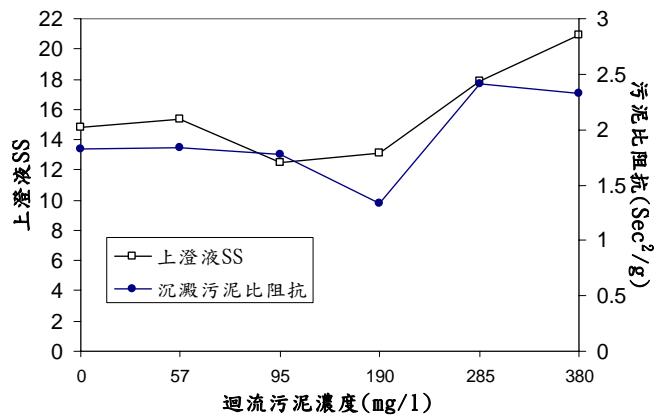


圖 6 污泥迴流試驗結果

(3)案例工廠經由上述之改善及污泥迴流，污泥減量效益達 $[(14.8-13.1) \text{ mg/L}] \div 14.8 \text{ mg/L} = 11\%$ ，污泥含水率降至 80%，每月污泥量由 4 公噸減少 2 公噸，節省污泥處理成本達 9.6 萬元／年。

2.14 化學製品業

案 例 三 十

1. 前言

案例工廠從事化學品之銷售、研究與製作。工廠已設置完善廢水處理設施，但因製程常產生高濃度 COD 廢水，因此需尋求適當之處理技術。

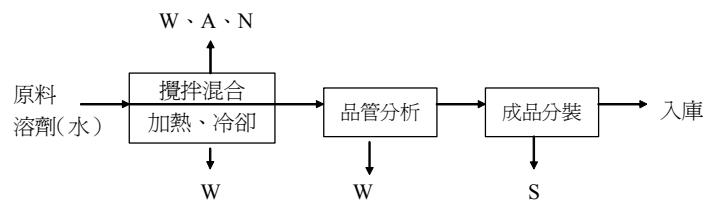
2. 製程與廢水污染來源

(1) 生產製程

案例工廠主要製造程序為混合、溶解及分裝，使用原料包含氯化鋅水溶液、油漆溶劑、磷酸鹽及礦胺酸等。主要產品包括水前處理化學藥品、鍋爐水處理劑、冷卻水處理劑、紙漿造紙工業用化學藥品及燃燒處理化學藥品。

生產製程中，並無化學反應發生，其產品性質大致可分為液態製程(水性及油性產品)及粉末製程(粉末產品)等兩類。

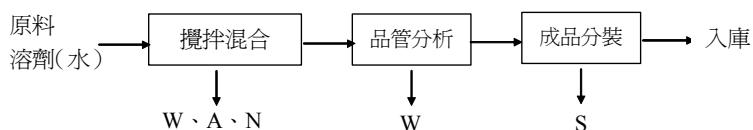
A. 液態製程為將原料及水或溶劑於混合槽中，進行攪拌混合，並依生產條件需要，進行加熱(溶解)或冷卻(溫度控制)處理，製程如圖 1 所示。



註：W 表廢水來源、A 表廢氣來源、S 表廢棄物來源、N 表噪音來源

圖 1 案例工廠液態製程與污染來源

B. 粉末製程乃取直接粉末原料，於特殊設計之混合槽進行混合，混合後成品再直接以紙箱分裝入庫，如圖 2 所示。



註：W 表廢水來源、A 表廢氣來源、S 表廢棄物來源、N 表噪音來源

圖 2 案例工廠粉末製程與污染來源

(2)廢水污染來源

案例工廠生產製程以批次混合為主，在批次生產後，因換槽時需進行洗槽，洗槽廢水除部分濃液會進行回收使用外，多數排至廢水原水槽暫存。

3.廢水處理狀況

案例工廠製程廢水產生量 $2.5\text{ m}^3/\text{日}$ ，加上其他低污染廢水（生活污水、冷卻水、雨水等）後，合計廢水量約 $10\text{ m}^3/\text{日}$ 。廢水處理後與其他低濃度廢水混合排放，排放之水質雖符合工業區廢水處理廠進廠限值（COD < 700 mg/L），但因規劃將回收冷卻水，因此需將製程廢水處理至符合放流管制標準。案例工廠廢水水質如表 1，廢水中 Zn^{+2} 、 Cl^- 等離子含量偏高。

表 1 案例工廠廢水水質

項目	原水	處理後	與其他廢水混合排放
pH	9~10	8.5（平均值）	5.8~7.5
COD(mg/L)	4,000~5,000	2,000~4,000	300~700
BOD(mg/L)	--	600（平均值）	--
SS(mg/L)	--	100（平均值）	--

案例工廠廢水採批次式化學混凝法處理，處理流程如圖 3 及圖 4；操作頻率 3 次/月，加藥量均依經驗值處理。廢水處理系統之 COD 去除率約 50%，處理後水質 COD 約 $2,000\sim4,000\text{mg/L}$ ，仍屬高濃度廢水。

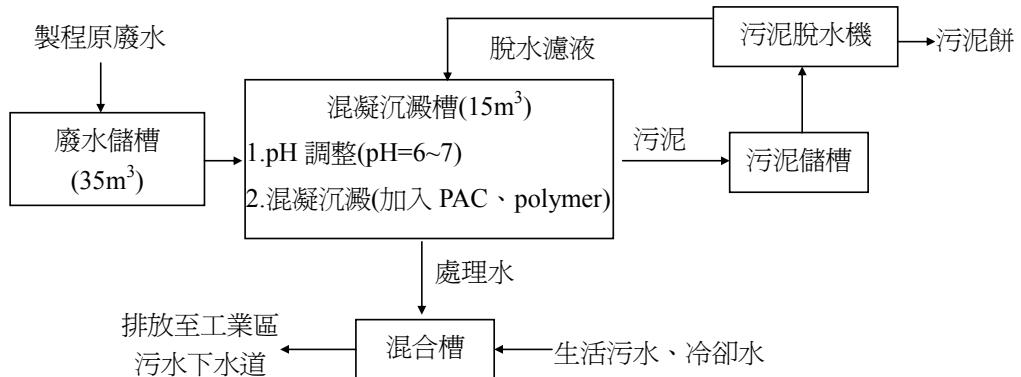


圖 3 案例工廠廢水處理流程



圖 4 案例工廠廢水處理設備

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 廢水水質相當不穩定，但工廠對於廢水水質特性無法掌握，包括廢水污染物種類、廢水水質等。
- B. 廢水 COD 值太高，無法利用化學混凝法有效處理。
- C. 廢水處理操作僅憑經驗值，無任何標準程序，包括加藥量、酸鹼值控制等。
- D. 為使廢水排放之 COD 值小於 700mg/L，工廠以低濃度廢水予以稀釋處理，雖能解決排放問題，但卻造成水資源浪費(低濃度廢水可回收再利用)，且 COD 排放總量未減少。
- E. 冷卻水、鍋爐水等資源，大多直接排放，無任何回收處理之機制。
- F. 廢水中含大量氯鹽，致使所測得之水質無法反應廢水之實際狀況。

(2) 改善建議

- A. 改善廢水處理廠之處理能力，減少稀釋水量，回收冷卻水再利用，減少全廠之用水量，降低用水成本。
- B. 建立長期廢水水質資料，利用管理機制，有效掌握產品生產排程，減少製程變更及清洗之頻率。清查生產製程所使用之原物料成份及污染值，以有效掌握其對廢水水質之影響。對於全廠主要原物料之特性，建立相關物質性質分析資料，以隨時掌握廢水水質狀況。
- C. 針對高濃度廢水進行處理技術研究。

5.具體執行成效

(1)清查製程用水

案例工廠用水依類別可分為冷卻用水、製程用水、鍋爐用水、生活用水及其他用水等五大類，其中以間接冷卻用水所佔的比例最高，佔全廠總取水量的45%。其次為製程產品用水佔28%；鍋爐用水所佔之比例最低，詳如表2所示。

表2 案例工廠用水情形

種類	原水 (自來水)	產品 用水	冷卻 用水	其他用水 (生活、鍋爐、洗滌)	消耗水
水量(m ³ /月)	873	247	394	228	6
比例(%)	100	28	45	26	1

(2)案例工廠以往於產品配製過程中，對於各次反應槽槽桶之洗槽廢水，多數直接排入廢水處理場中，僅對其中3種產品之第一次洗槽水加以回收，回收量約50公升/批次。經產品特性與製程內容討論後，篩選出7種生產量較大之產品進行減量計畫。因考量回收液對產品之影響，故在不影響產品品質狀況下，僅針對第一次洗槽廢水回收至回收槽桶中，作為下次製程中原料用水之一部分。經此製程改變，實際用水減量合計約4.4m³/年。

(3)為有效改善冷卻廢水之水質，以達到可再利用之目標，案例工廠於冷卻水中加入殺藻劑(試劑為工廠產品之一)，以有效控制水中微生物含量。冷卻廢水添加殺藻劑前後之水質結果顯示，添加殺藻劑可有效減少水中微生物含量，除了可增加冷卻用水循環次數，也提升後續回收使用之可行性。

同時，案例工廠以往於配製過程所產生之洗槽作業廢水，都直接排入廢水處理場中，雖達成稀釋廢水原水之目的，但亦增加廢水處理負荷。因此，案例工廠積極回收冷卻水，回收水量可節省386噸/月用水，不僅降低製程用水量，同時也節省廢水處理費用。

(4)廢水氧化處理實驗及分析

案例工廠依照廢水處理方法之改善建議，分別就「Fenton法」與「電聚浮除法」進行實驗分析；廢水水樣取自廢水儲槽，其測試分析結果如表3所示。

表 3 Fenton 法及電聚浮除法分析結果

方法	Fenton 法	電聚浮除法
處理前 COD 值	2,238 mg/L	2,238 mg/L
處理後 COD 值	917.6mg/L	742.4mg/L
COD 去除率	41%	52.3%
污泥量(體積比)	10%，白色	25%，黃綠色
液體色	混濁色	澄清，微黃色

表 4~表 6 分別為原廢水、Fenton 法與電聚浮除法之廢水處理成本分析，其結果比較發現，原廢水的處理成本為 $1,220$ 元/ m^3 •月，而兩方法之處理成本皆低於原廢水之處理成本(Fenton 法為 992 元/ m^3 •月、電聚浮除法為 $1,117$ 元/ m^3 •月)，但以 Fenton 法較低。

然而，該分析並未加以考量設備初設費及設備折舊率。因在 Fenton 法中，不須添加任何設備，但電聚浮除法設備之初設費用約為 120 萬元，故以處理成本而言，以 Fenton 法較為便宜。

表 4 案例工廠原廢水處理成本分析

項目	單價	用量	費用
50%酸	4 元/公斤	12.5 公斤/月	50 元/月
10%PAC	3.5 元/公斤	295 公斤/月	1032.5 元/月
10%polymer	76.4 元/公斤	106 公斤/月	8,098.4 元/月
污泥處理	7 元/公斤	460 公斤/月	3,220 元/月
廢水處理場用電	2.7 元/度	116.5 度/月	314.5 元/月
人事費用	30,000 元/月	1 人	30,000 元/月
合計			42,715.4 元/月
平均處理成本			1,220 元/ m^3 •月

表 5 案例工廠 Fenton 法處理成本分析

項目	單價	用量	費用
50%酸	4 元/公斤	2 公斤/月	8 元/月
10%PAC	3.5 元/公斤	175 公斤/月	612 元/月
Fe^{2+}	150 元/公斤	3.5 公斤/月	525 元/月
H_2O_2	500 元/公升	1.75 公升/月	875 元/月
污泥處理	7 元/公斤	350 公斤/月	2,450 元/月
廢水處理場用電	2.7 元/度	90 度/月	243 元/月
人事費用	30,000 元/月	1 人	30,000 元/月
合計			34,713 元/月
平均處理成本			992 元/ m^3 •月

表 6 案例工廠電聚浮除法處理成本分析

項目	單價	用量	費用
50%酸	4 元/公斤	350 公斤/月	1,400.0 元/月
10%PAC	3.5 元/公斤	175 公斤/月	612.5 元/月
污泥處置	7 元/公斤	875 公斤/月	6,125.0 元/月
廢水處理場用電	2.7 元/度	360 度/月	972.0 元/月
人事費用	30,000 元/月	1 人	30,000.0 元/月
合計			39,109.5 元/月
平均處理成本			1,117 元/ m^3 -月

案例工廠評估改善技術之可行性、經濟性及環境面等因素後，決定採用 Fenton 法做為廢水之氧化處理方法。

由於案例工廠原已設置混凝攪拌裝置，為降低改善成本，故決定在原廢水處理設備中，由原混凝沉澱槽裝設加藥計，分別加入 Fe^{2+} 及 H_2O_2 進行 Fenton 處理，改善後之廢水處理流程如圖 5 所示。原混凝攪拌裝置中，改成可調整轉速之裝置，使混凝槽具有快混及慢混之功能。因此，原混凝沉澱槽中，將可依快混、慢混之程序，於同一槽中操作。

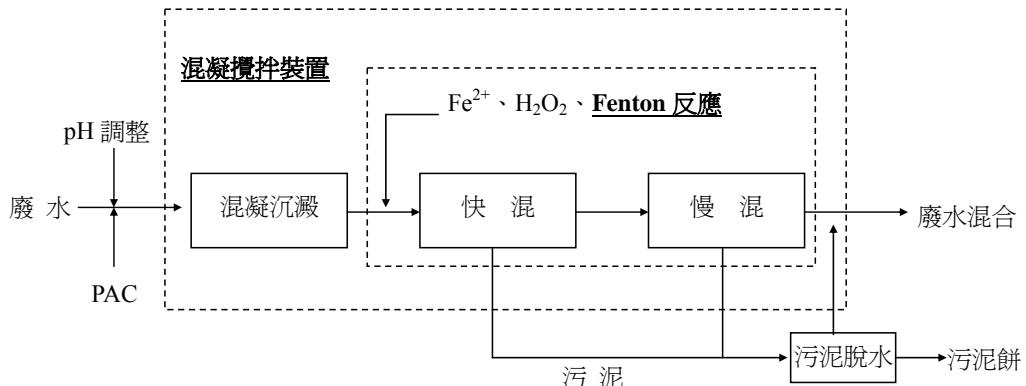


圖 5 案例工廠廢水處理改善流程

(5) 案例工廠經改善後，其具體成效如下：

- 排放水 COD 濃度由 2,000~4,000mg/L 降至 920mg/L。
- 製程排放水及冷卻水回收量合計約 390 噸/年
- 節省用水成本約 0.43 萬元/年
- 節省廢水處理費用：約 14.16 萬元/年($390 \text{ 公噸/年} \times 363 \text{ 元/公噸} = 141,570 \text{ 元/年}$)
- 節省污泥處理費用：約 0.92 萬元/年($1.32 \text{ 公噸/年} \times 7,000 \text{ 元/公噸} = 9,240 \text{ 元/年}$)

第三章 廢氣輔導改善案例介紹

3.1 金屬製品業

案 例 三十一

1.前言

案例工廠為一小型專業塗裝之代工廠，初期以手工液體噴漆為主。民國八十八年大舉擴充平面廠房成立體三樓廠房，增設自動清洗槽、工件預熱房及高功率烘烤爐，並將粉裝設備增加為兩組，期能以流程化之動線，配合高科技之廠房設施，以追求日益精美之成品品質，滿足日益增加的產量，成為一高水準之現代化公司。

2.製程與污染來源

案例工廠主要塗裝產品為汽、機車之金屬配件，每年塗料用量約 10 公噸。工廠已改由無揮發性有機化合物污染之粉體塗裝作業，並採用手動噴塗槍噴塗，其主要製程如圖 1 及圖 2 所示。

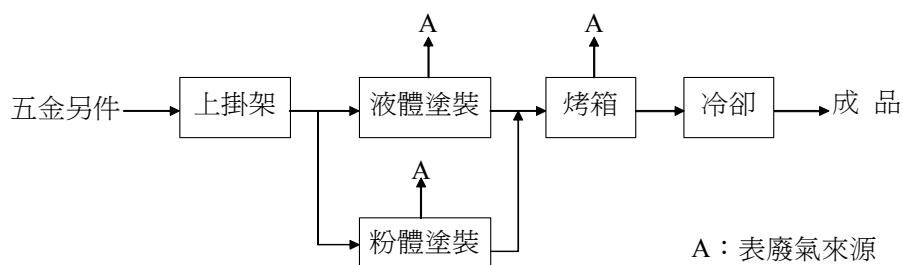


圖 1 案例工廠製程與污染來源



圖 2 案例工廠自動沖洗與粉體塗裝製程

3. 廢氣處理狀況

案例工廠於粉體噴塗室所逸散之塗料，經二座旋風集塵機串聯處理後回收，並將回收之粉體塗料依塗裝產品品質需求，再依比例加入品質要求較低之塗裝產品，並將處理後之廢氣再經由排放管道排放，處理流程如圖 3 所示。

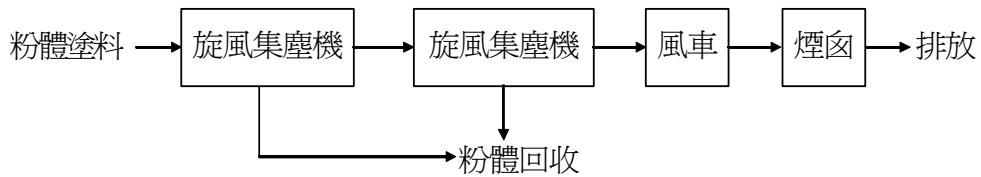


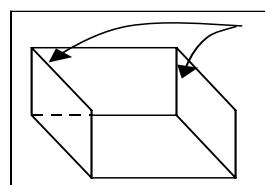
圖 3 案例工廠廢氣處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

工廠所面臨問題主要為提升產品品質，降低不良率、減少塗料用量及降低清洗溶劑使用量等問題，分別說明如下：

A.如下圖，被塗物之兩內角隅的粉體塗料塗著厚度不佳。由於兩內角隅之塗裝面是組合成品之正面，目前之塗裝成品，因該角隅部位塗膜過薄，經烘烤後形成皺紋面幾乎無效果，而造成光亮平坦表面，因此常造成瑕疵品。



B.黑色皺紋粉體塗料之成分結構問題。黑色粉體之粒徑及息角會影響供料管內之粉體流動性、微粉荷電能及迂迴包覆效果，而黑色粉體之粒徑及息角會影響供料管內之粉體流動性、微粉荷電能及迂迴包覆效果。

C.皺紋漆所用之樹脂顆粒表面稍帶粘性，在粉體塗料儲存時易造成結鬆塊現象。

D.工廠所採用之靜電粉體塗裝之噴槍的粉體塗料離子化效果不佳，因此塗裝效率及效果不佳。

E.在塗裝現場儲存多量的粉體塗料，取用雖較方便，但因為塗裝現場室溫較高，容易使粉體塗料結塊，使用時需要搗碎過篩，才能使用。

F.粉體塗料粒徑分布不一，品質不佳，會直接影響塗裝效率及效果。粉體塗料之粒徑過大與過小對靜電粉體塗裝之不良影響，主要容易造成逆電離現象使烘烤後塗膜易生桔皮，其可能原因包括：粉體粒度細、被塗物與噴槍之距離近、施加於噴槍的電壓高、由噴槍流向於被塗物的電流多。

G.若粉體粒度過粗時，塗著粉體層之附著強度減弱，經烘烤後所形成之塗膜平坦性不佳。

(2)改善建議

A.製程改善

(A)被塗物的正極在受到靜電噴塗之帶負極粉體會造成角隅之磁場亂流，使粉體濺彈而附著量會減低，因此在噴塗作業宜改為預先朝角隅分別各噴一道，接續依正常噴塗作業塗布，即可改善之膜厚不佳之缺陷。

(B)黑色粉體塗料之穩定角宜控制在 35~50 度，粒度宜控制在 100 μm 以上者在 2% 以下，50 μm 者在 40% 以上，10 μm 者在 10% 以下。

(C)為改善結塊現象之缺點，建議製造商，酌加微細體質顏料，減低樹脂成分間之聚集現象。粉體塗料宜採用高電壓靜電發生器內藏之靜電噴槍，使粉體粒子帶電荷。為有效控制被塗物之膜厚，需要將輸送粉體塗料之壓縮空氣之空氣濕度控制在水分 1.3g/Nm³ 以下，油分 0.1ppm 以下。為消除粉體塗料結塊之缺陷，建議除每日需要量以外之粉體塗料宜另儲存於陰涼之場所。

(D)建議購置一台小型振動式篩分試驗機，將每批之進料施予品質檢查，若不符合品質要求規格者，得予退回請求改善。並購置視比重測定器施予粉體塗料之品質檢驗，以利塗裝成品之均質化。實施原材料之進料管制，以減低不良率。

B.廢氣控制系統

(A)建立旋風集塵機之資料檔案，其內容應包括原始之操作數據及維護資料，諸如氣體處理量、操作溫度、進口及出口風速、壓力損失、粉塵負荷及其他影響操作之數據等，作為設備維護保養之參考依據。

(B)保存旋風集塵機之操作手冊或構造圖，如部份個體構造圖或備用零件圖，以及所使用之零件如墊圈、螺絲、螺帽及皮圈等規格尺寸。

(C)對於設備易造成磨損之部份（如進氣口或導翼），應儘量選用較耐磨之材料，對於可能發生故障之零件應設置於更換按裝容易之位置。

(D)隨時檢查捕集粉塵之排出狀況，並防止圓錐下部或全面堵塞而影響抽吸作用，此等異狀皆可自壓力損失之變化觀察而得。

(E)集塵斗中之粉塵需定時清除，並檢查旋風集塵機之各部份，以確保操作正常。

(F)因集塵斗壁面磨損或粉塵排出裝置不良所引起之洩漏，會造成上吹現象而使旋風集塵機之性能降低，因此在發現後應即時修理再行使用。

(G)旋風集塵機不能有漏氣現象發生，機體各部份連接處如粉塵排出口及維修門均需保持緊密，方能有效進行集塵作業。

5.具體執行成效

(1)製程改善

案例工廠依據上述之建議事項進行改善，投資成本約 8 萬元，其揮發性有機化合物減量及效益如下：

A.產品不良率降低 8%，噴塗效率可提高 10-15%。

B.粉體塗料用量每年減少 8%(800 公斤)，節省 $800 \times 300 \text{ 元/公斤} = 240,000 \text{ 元/年}$ 之塗料費用；以 90%回收率而言，粉塵產生量每年減少 80 公斤($800 \text{ 公斤/年} \times 10\% = 80 \text{ 公斤/年}$)；LPG 節省 3%用量。

C.噴塗效率提高 10-15%，可減少 10%用電量，節省電費約 18,000 元/年

D.清洗用有機溶劑用量每年減少 10%(100 加侖/年 $\times 10\% = 10 \text{ 加侖/年}$)，約 10 加侖。

E.案例工廠每年共可節省生產費用約 273,000 元。

(2)廢氣控制系統

案例工廠空氣污染防治設備相當完善，且設備之操作效果好，但對於防制設備定期的維護保養工作，則礙於人力不足並無法落實執行，日後可能造成設備壽命短之狀況。

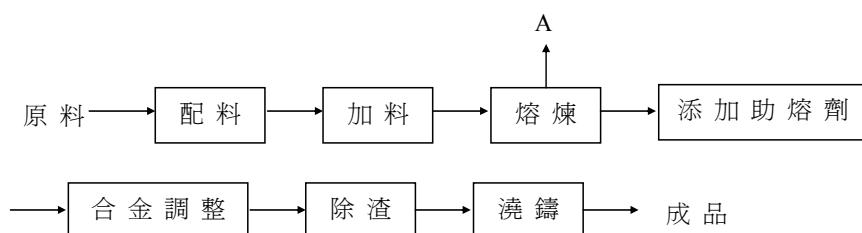
案 例 三十二

1.前言

案例工廠位於工業區內，從事造紙機及研磨機之機械鑄造，主要原料為銑鐵、焦炭及石灰石，生產之銑鐵鑄品產量約每月 1,600 公噸。案例工廠因排放白煙，環保單位要求改善。

2.製程與廢氣污染來源

案例工廠以銑鐵為原料，以熔爐進行熔解鑄造工作，製程如圖 1 所示。廢氣污染來源主要為熔煉時產生之粒狀物及金屬燻煙。



註：A 表廢氣來源

圖 1 案例工廠製程與污染來源

3.廢氣處理狀況

案例工廠於熱風化鐵爐上設置集風箱，以及袋式集塵機收集粒狀物。工廠因為水霧會將袋式集塵機之濾袋潤濕而使風阻增大，致使風機抽不到風，而產生集風箱及部分排放管道皆有白煙逸散現象；集風箱到袋式集塵機間裝設三組噴水裝置，因水霧會將熱風化鐵爐排出之廢熱氣降溫，同時亦將 SO_3 與水蒸氣形成硫酸蒸氣。且煙囪有白煙逸出(含有水氣)，如圖 2 所示。

4.缺失與改善建議

(1)缺失

- A. 煙囪有白煙逸出(含有水氣)。
- B. 热風化鐵爐上之集風箱，因成正壓而有白煙逸散出來。
- C. 噴水裝置之水霧會將熱風化鐵爐排出之廢熱氣降溫，並將 SO_3 與水蒸氣形成硫酸蒸氣。

D.袋式集塵機之濾袋因潤濕而增大風阻，致使風機抽不到風，集風箱及部分排放管道皆有白煙逸散現象。



圖 2 案例工廠白煙排放情形

(2)改善建議

建議自集風箱到第一(既有)袋式集塵機間，增設一套正式之濕式洗滌塔(去除硫酸氣及降溫)及熱交換器(再熱升溫，以避免水汽冷凝於袋式集塵機內)(相關配置如圖 3)，洗滌塔水溫最好能控制在 15-25°C 左右(驟冷式)，目的是為了有效冷凝吸收酸氣功能，並防止下游之袋式集塵機之濾袋因水蒸汽冷凝而潤溼，或可改用密閉式蒸發冷卻水塔，使水溫控制在 30~35°C 左右，唯效果可能略差一些，亦或使用大量水稀釋及降溫，唯將造成大量之排放水；熱交換器可作回熱(Reheat)升溫，並降低相對濕度至 75% 以下，即可防止水氣因冷凝而使濾袋產生潤溼之阻流現象。

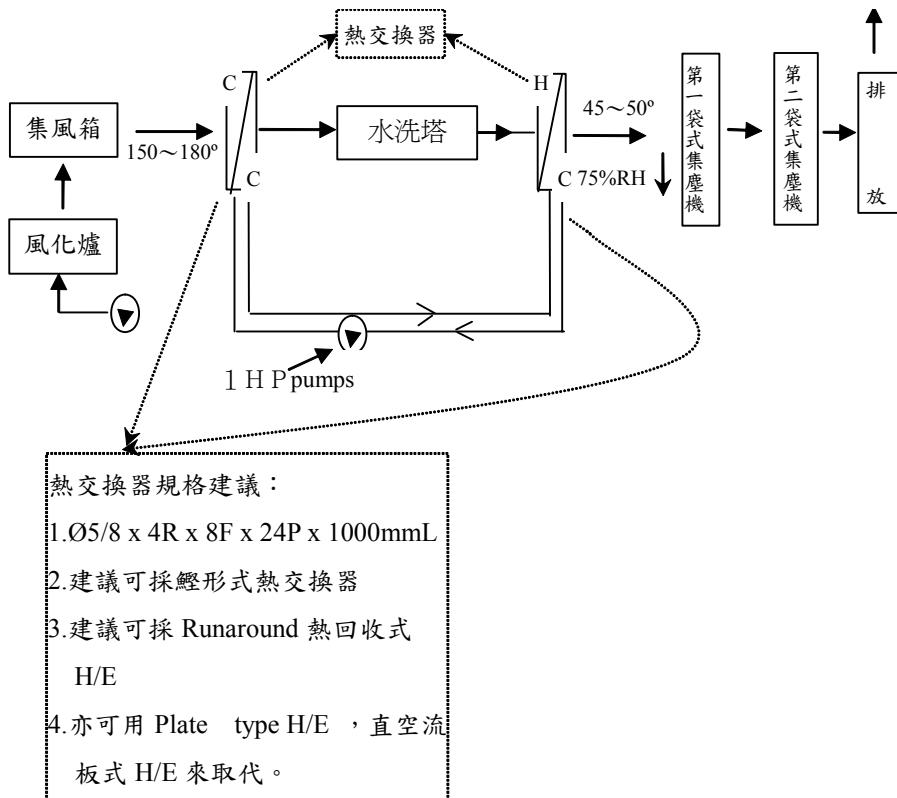


圖 3 案例工廠建議改善流程

5. 具體執行成效

該廠輔導前的白煙逸散問題，主要原因為水霧會將袋式集塵機之濾袋潤濕而使風阻增大，致使風機抽不到風，而產生集風箱及部分排放管道皆有白煙逸散現象，基於環保理念及現場環境要求，已改善現有之空污設備，實際改善流程如圖 4。

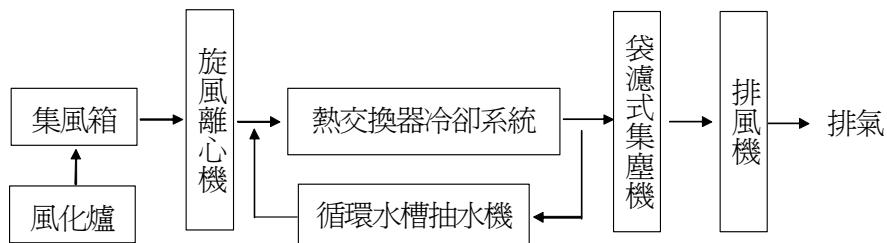


圖 4 案例工廠改善流程

案例工廠經輔導後設置適當之防制設備，排氣之乾基排放量為 $157 \text{ Nm}^3/\text{min}$ ，廢氣排放濃度分別為粒狀污染物 15 ppm 、 $\text{SO}_x : 81 \text{ ppm}$ 、 $\text{NO}_x : 24 \text{ ppm}$ ，並且有效控制白煙之排放。

3.2 塑膠製品業

案 例 三十三

1. 前言

案例工廠主要生產黏性膠帶，屬塑膠製品加工業，產品包括橡膠系黏膠、壓克力膠、雙面膠帶及商標膠帶等。該廠主要空氣污染物為含甲苯、乙酸乙酯等溶劑之揮發性有機物(VOCs)，廢氣處理設備則包括活性碳吸附床、活性碳溶劑回收裝置及直燃式焚化爐。

2. 製程與廢氣污染來源

案例工廠主要製程係先將壓克力樹脂與乙酸乙酯原料混合製成粘著膠，以供後續製程使用。粘著膠與各式紙品經膠帶機、離型機、商標機塗佈後，經烘乾、捲取及分條包裝而為產品，生產製程如圖 1。

廠內 VOCs 廢氣來源為混合設施、膠帶機、離型機及商標機等製程單元之塗佈及乾燥作業，所使用之有機溶劑為甲苯及乙酸乙酯，均設置廢氣處理設備及溶劑回收裝置。

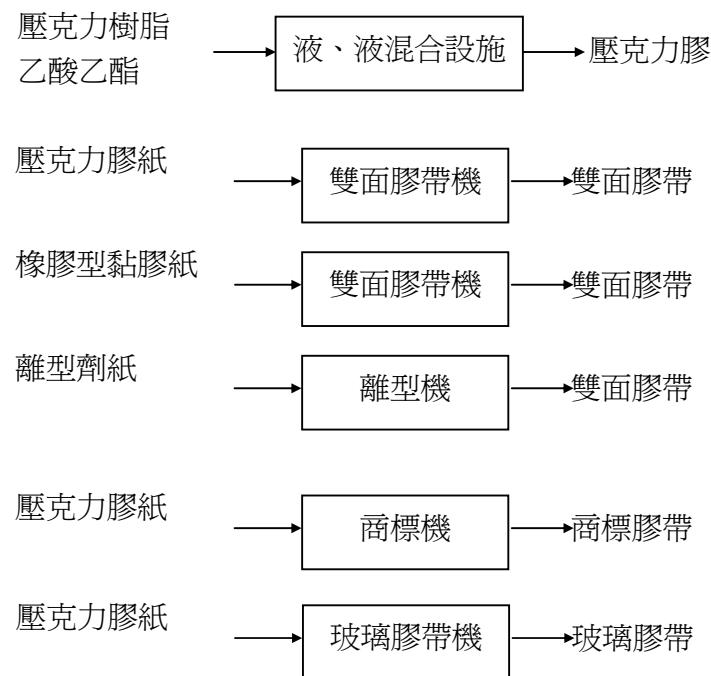


圖 1 案例工廠製程

3. 廢氣處理狀況

案例工廠 VOCs 廢氣來源為混合設施、膠帶機、離型機及商標機等製程單元之塗佈作業，以及乾燥設施。製程排放之 VOCs 廢氣處理系統包括：活性碳吸附處理橡膠型膠與壓克力膠製程廢氣、直燃式焚化爐處理壓克力系膠帶製程廢氣、溶劑(甲苯)回收處理橡膠系膠帶製程廢氣。

圖 2 為案例工廠活性碳溶劑回收處理流程，三座活性碳床各承載 2 噸椰殼製活性碳，吸脫附交替進行，每月可回收約 115 噸甲苯溶劑(純度為 86%)；雙面膠帶及商標膠帶製程廢氣因不具回收價值，故利用直燃式焚化爐處理後排放，甲苯排放率低於 0.04g/sec。活性碳吸附床及直燃式焚化爐之操作良好，惟溶劑回收裝置因原始設計及操作因素，回收效率不如預期。

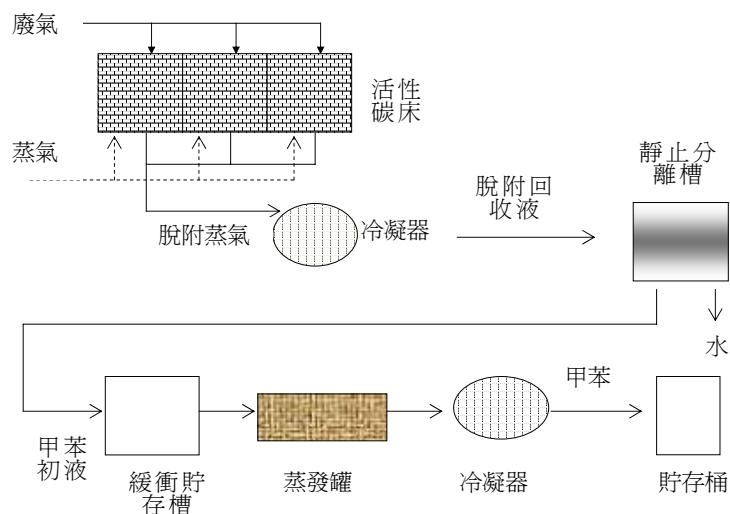


圖 2 案例工廠活性碳溶劑回收處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 活性碳床吸脫附週期為 75 分鐘（吸附時間 60 分鐘，脫附時間 15 分鐘），吸脫附週期需重新評估，以確保最佳回收效率。
- B. 回收設備之進氣系統設計易造成短流現象，將因氣流分佈不平均而增加局部活性碳處理負荷，無法完整發揮吸附處理系統功能。
- C. 溶劑回收設備之脫附蒸氣原設計壓力 8 kg/m^2 過大，造成能源浪費。

D.活性碳床經蒸氣脫附 15 分鐘後，並未規劃適當冷卻過程，無法達成有效吸附。

(2)改善建議

A.依據廢氣基本資料及活性碳處理設備規格計算，活性碳吸附飽和時間為 86 分鐘，故宜延長操作週期，且於飽和時間內視甲苯回收品質調整吸脫附時間，儘量增加吸附時間、縮短脫附時間，以延長活性碳壽命，節省脫附蒸氣使用量。

B.將廢氣進流系統更改為多管出流方式，使廢氣分佈均勻，以完全發揮活性碳吸附功能，如圖 3 所示。

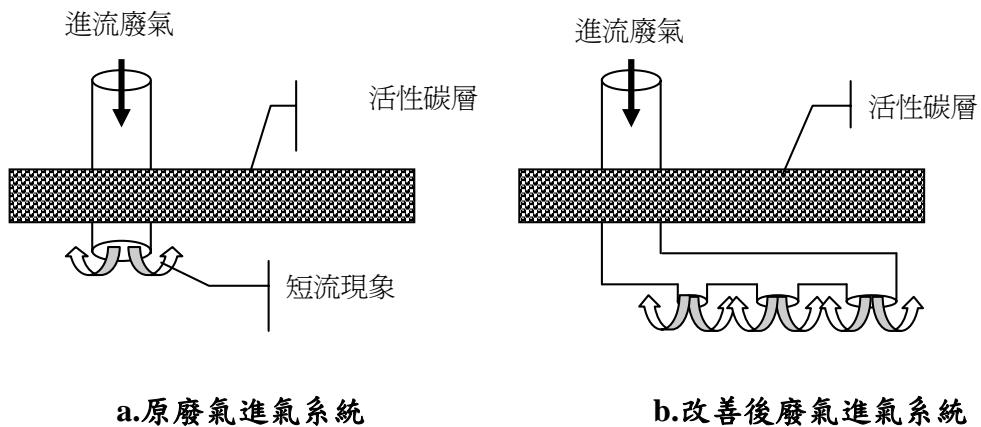


圖 3 廢氣進流系統改善方式示意圖

C.一般常用之脫附再生蒸氣壓力約 $3-5 \text{ kg/m}^2$ ，應評估及測試適合之脫附蒸氣通量，以減少能源耗用。

D.活性碳床經高溫蒸氣脫附後溫度往往高達 100°C 以上，需再經適當冷卻及乾燥過程，使碳床溫度降至 40°C 以下，溼度降至 50%，通常使用空氣乾燥及冷卻碳床最快可在 1 分鐘內完成，應增加碳床冷卻乾燥程式，規劃適當之冷卻時間，以確保下次吸附處理效率。

5.具體執行成效

(1)依據表 1，案例工廠活性碳溶劑回收系統改善前之平均吸附效率為 92.6%，而一般活性碳吸附床操作良好時之吸附效率可達 97% 以上。故案例工廠延長吸脫附操作週期及增加碳床冷卻乾燥程式，透過操作方式改善，活性碳床吸附效率維持在 95%。

依工廠每年工作 288 天、每日操作 16 小時計算，每年 VOCs 排放削減量可達 74 噸，每噸活性碳 VOCs 削減增量達 12.33 公噸。

表 1 案例工廠活性碳溶劑回收系統未改善前之處理效率

吸附槽	THC 入口濃度(ppm)	THC 出口濃度(ppm)	處理效率(%)
A	14,177.5	34.5	99.8
B	15,229.9	645.0	95.8
C	16,856.2	3,009.2	82.1

(2)針對活性碳溶劑回收系統廢氣進流分佈不均產生短流現象，進行碳床改建工程，使進流廢氣均勻分佈於系統中，而使吸附床操作達到最佳化。改善後之平均吸附效率達 97%，改善後 VOCs 排放量降至 92.41 噸/年，VOCs 總排放削減量達 135.6 噸/年。

案例工廠活性碳溶劑回收系統未改善前之平均甲苯每月回收量約 115 噸/月，依據甲苯市價為 7.5 元/公升計算，其甲苯回收值約 86.2 萬元/月；設施操作改善後，甲苯回收效益增至 90.5 萬元/月，每年之甲苯回收效益可增加 51.6 萬元，表 2 為溶劑回收系統改善前後之回收效益比較。

表 2 案例工廠溶劑回收系統改善前後之回收效益

改善前甲苯回收效益 (萬元/月)	改善後甲苯回收效益 (萬元/月)	經濟效益 (萬元/年)
	長期污染減量	長期效益
86.2	90.5	51.6

註：甲苯費用以市價 7.5 元/公斤計算

案 例 三十四

1.前言

案例工廠位於工業區內，利用尼龍半成品、廢尼龍碎布、打結紗下腳料及再生次品料等回收物為原料，混合加入融解製成成品。案例工廠因設置的廢氣處理系統處理效果不佳，於現場排放口發現有嚴重塑膠味及白煙，需改善既有的空污設備。

2.製程與廢氣污染來源

案例工廠利用尼龍半成品、廢尼龍碎布、打結紗下腳料及再生次品料等回收物為原料，混合加入融解，經熱押出($250\sim360^{\circ}\text{C}$)、冷卻、切粒及包裝等程序後製成成品，製程如圖 1。

主要的廢氣來源為熱押出機所產生之揮發性廢氣；熱押出機分成母機($250\sim360^{\circ}\text{C}$)及子機($250\sim270^{\circ}\text{C}$)，功能為融解尼龍原料，均會排放出揮發性廢氣。

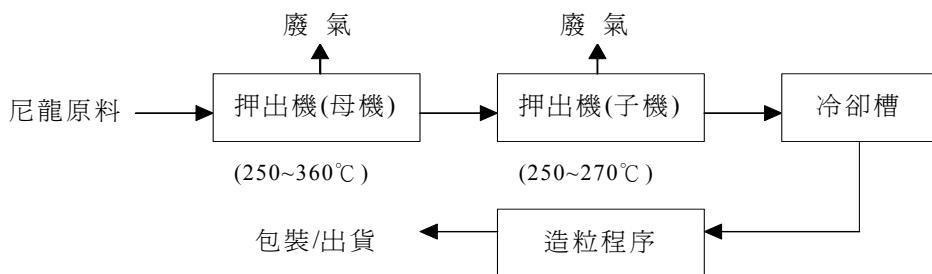


圖 1 案例工廠製程與污染來源

3.廢氣處理狀況

案例工廠由押出機(母子機)產生的揮發性廢氣，經收集後以第一段水洗塔(packing scrubber)、靜電集塵器、第二段水洗塔及 RC 水池水洗後排放至大氣，廢氣處理流程如圖 2 所示。



圖 2 案例工廠廢氣處理流程

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

案例工廠因設置的廢氣處理系統處理效果不佳，於排放口附近有塑膠味及白煙，排氣目視約為 10% 透視度之灰白色煙霧，常溫，中等的塑膠焦臭。因風向的關係導致廢氣(塑膠臭味)逸散至鄰近住家及工廠。

(2) 改善建議

A. 集氣系統改善建議

押出機母機及子機處各有一方形收集口，由於融解尼龍原料所產生的揮發性廢氣會黏著吸附於過濾網上，造成部分阻塞情形，不僅造成集氣效果不佳，臭氣影響廠內工作環境衛生，還可能逸散至廠房外，形成另一逸散源。

建議準備多片入口金屬濾網，2~3 天更換一次(實際上仍需視現場阻塞狀況決定之)，更換後的濾網可清洗處理後再重複使用。

B. 廢氣處理系統改善建議

(A) 水洗塔改善建議

水洗塔為主要處理廢氣的設備，同時可達冷卻廢氣的目的。依現場的排氣狀況判斷，第一洗滌塔及第二洗滌塔之處理效果不佳，建議平常操作時應定期檢查噴嘴是否阻塞、循環水泵是否正常運作、水洗塔內部的填充物是否有固體顆粒的累積等，以確保處理的效率。

現場輔導時輔導人員分別收集了約 10 公升的廢氣 2 組。一組為實驗組，另一組為對照組，並於實驗組中加入 1%漂白水 100 ml，搖洗約 30 秒。與對照組比較發現，膠臭味可顯著的去除。建議案例工廠以 25 ml/min 之流量，將漂白水(12%有效氯)加入水洗塔循環水中，並將循環水排放量降至 5 公升/分鐘，讓漂白水可重複使用，並降低藥品的消耗量。加入系統的流程順序為：

20 公升漂白水桶 → 0~100 ml/min 加藥泵 → 水洗塔循環水槽。

預估漂白水用量為： $25 \text{ ml/min} \times 60 \text{ min/hr} \times 10 \text{ hr/day} \times 0.001 \text{ l/ml} = 15 \text{ L/day}$ 。

(B) RC 水池改善建議

案例工廠廢氣排放至大氣前，會先經 RC 水池水洗，其主要功能為再次去除塑膠臭味，但其效果其實是相當有限。應於池中添加吸收劑，以利於塑

膠臭味的被吸收，建議每立方公尺貯水加入 2~5 kg 硫代硫酸鈉(先溶解於 20~50 公升桶中，再倒入混勻)，其功能為去除排氣之氣味。

(C)排放異味消除改善建議

排氣後味道的消除，可將排放的塑膠味做一彌蓋。可於排氣中噴入少量稀釋之樟腦油彌臭，以 200ml 之樟腦油及 60ml 之沙拉脫先攪拌混合乳化後，加入 1,000 公升的水稀釋；並以噴嘴於 RC 水池出氣口噴灑。

上述三項改善建議，綜合改善流程如圖 3 所示。

5.具體執行成效

案例工廠參考輔導改善建議進行改善，已有效降低廠內臭味的產生及逸散。改善方式包括：

- (1)集氣系統改善：案例工廠提高押出機母機及子機收集口之金屬濾網更換頻率，更換後的濾網清洗處理後再重複使用。
- (2)水洗塔效率改善：定期檢修第一洗滌塔及第二洗滌塔之噴嘴，清除內部的填充物累積的固體顆粒，以確保處理效率。另外，將漂白水加入水洗塔循環水中，降低塑膠焦臭。
- (3)RC 水池改善：於池中添加硫代硫酸鈉吸收劑，以吸收塑膠臭味。

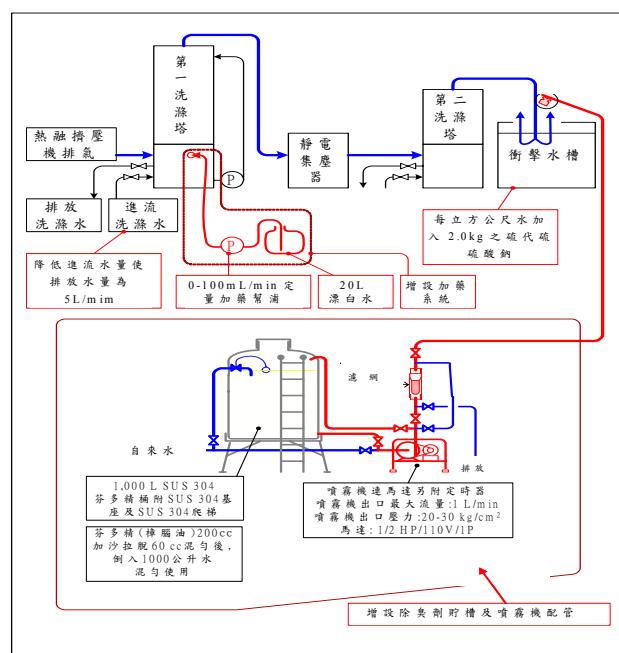


圖 3 案例工廠廢氣處理系統改善建議圖

案 例 三十五

1.前言

案例工廠位於某工業區內，主要產品以雙面膠帶為主，其次為 OPP 膠帶，雙面膠帶每個月產量計有 50 萬平方公尺。

2.製程與廢氣污染來源

案例工廠共有 2 條生產線，生產作業流程及廢氣污染源如圖 1 所示。目前廠內所使用的溶劑共計有 3 種，為甲苯、乙酸乙酯及 IPA，有時會因市售溶劑價格上漲，而使用其他性質相近的替代溶劑。

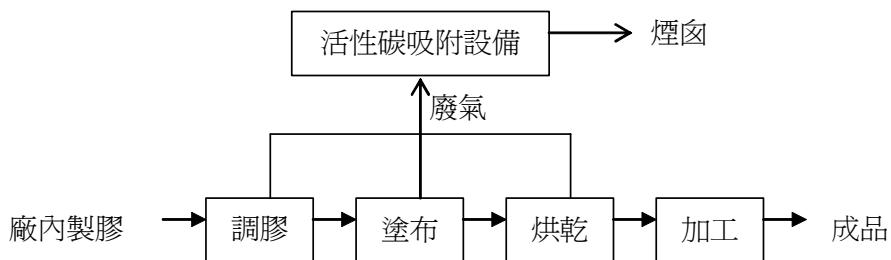


圖 1 案例工廠製程與廢氣污染源示意圖

3.廢氣處理狀況

案例工廠由流程圖顯示，主要廢氣污染源為調膠、塗布及烘乾過程所排放之 VOC 廢氣。目前已裝設活性碳吸附設備將污染物處理後排放於大氣中，各生產線排放廢氣的特性如表 1 所示。。

表 1 生產線排放廢氣特性

生產線編號	一號機	二號機
廢氣量(NCMM)	116	100
濃度(ppm@THC)	300~600	300~600
排放溫度(°C)	150	150

4.缺失與改善建議

(1)缺失

A.活性碳吸附床適用於常溫下使用，若廢氣具有高相對濕度（大於 50%），則必須先進行除濕；若廢氣溫度超過 40°C 時，最好先加以冷卻，因吸附效率在溫

度大於 40°C 時會明顯降低。工廠製程廢氣約為 150°C ，經部分熱損失，進入活性碳吸附設備時，溫度大約為 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，明顯可知吸附效果必定不佳，又活性碳床出口並無儀器偵測濃度變化情形，若吸附貫穿時也無從得知，更換時間只能依靠長期累積的經驗，若製程產量改變後則無法確實掌握。

B. 烘乾製程（烘箱）使用天然氣當燃料，其每個月使用的燃料費用太高，約 10 萬元（以天然氣單價 14 元/ Nm^3 計算）。

(2) 改善建議

案例工廠所排放的有機溶劑廢氣屬混合溶劑，若使用溶劑回收設備則有其困難性，同時為降低燃料費，建議將活性碳吸附床更換成蓄熱式廢氣焚化爐（RTO），搭配熱媒油交換器，回收熱能加熱烘箱，除可符合固定污染源排氣管制標準外，更可進一步達到熱源回收製程利用之功效，RTO 流程如圖 2 所示。如此可兼顧兩者並達到整體性的效益。

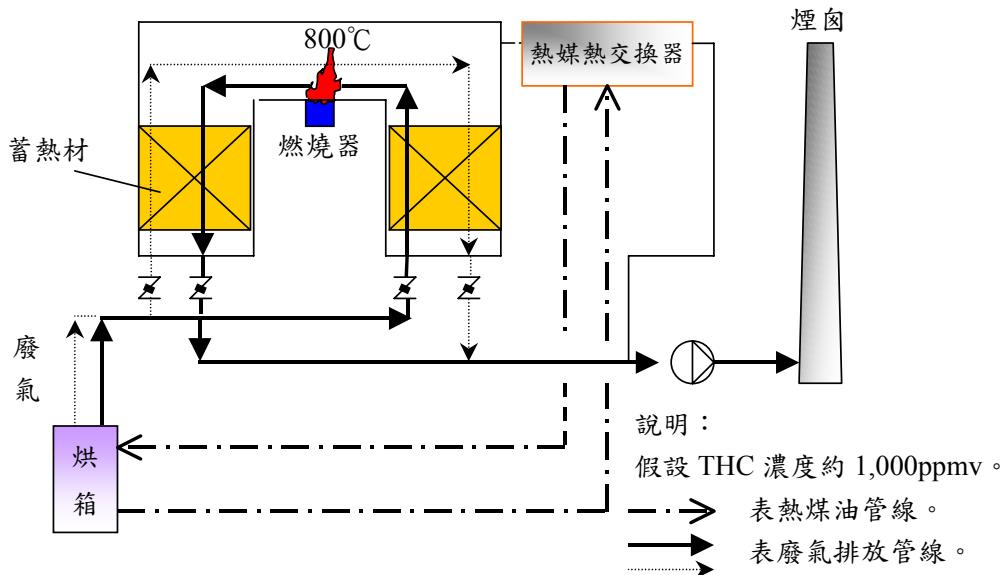


圖 2 RTO 廢氣處理及熱回收流程

若有機廢氣濃度可達 $1,000\text{ppm}(@\text{THC})$ ，則預估 RTO 每月燃料耗量將小於 3 萬元(使用天然氣)，VOCs 的去除效率可達 97%以上，回收的熱能可達 65%左右。

5. 具體執行成效

(1) 具體作法

改善建議的初設費用約為新台幣 700 萬元(2 條生產線)，包含 RTO 本體、控制系統及熱煤油交換器系統，但不包含天然氣管路。

(2)處理有機廢氣的效益如下：

- A.煙囗口排放濃度可達 30ppm@THC。
- B.每年可節省燃料費約 84 萬元。

案 例 三十六

1.前言

案例工廠位於工業區，已通過 ISO9000 品質保證認證，為專業之油性膠帶製造廠。主要製程係以壓克力膠、離型紙、泡棉及棉紙為原料，經調膠、塗布、烘乾等程序產製油性膠帶，產品以雙面膠帶為主。工廠共有 2 條生產線，未來將規劃增設第三條生產線擴大產能。為因應未來產值的提升及法規的要求，故需做整體面的考量與規劃。

2.製程與廢氣污染來源

案例工廠現有 2 條生產線，廢氣污染物為來自於調膠、塗布、烘乾等程序所排放之 VOCs 廢氣，經活性碳吸附設備處理後排放於大氣中，目前製程使用的溶劑共計有 11 種，甲苯；EA；天然(合成)橡膠；IPA；壓克力樹脂；石油樹脂；松香樹脂；抗氧化劑；聚異氰酸鹽；Urea-Aldehyde resin；2,4-Chelate。其生產作業流程及廢氣污染源如圖 1 所示。

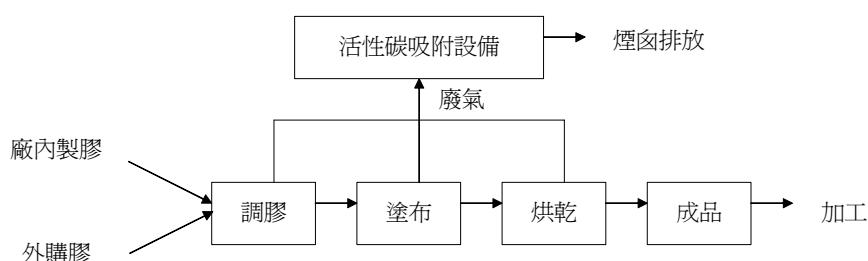


圖 1 生產作業流程及廢氣污染源

3.廢氣處理狀況

案例工廠為採用活性碳固定床吸附設備吸附 VOCs 廢氣，並由煙囪排放至大氣；處理系統目前運作正常。第一條生產線及第二條生產線煙囪排放廢氣的相關資料如下：

(1)第一條生產線

方形煙囪尺寸= 500 x 650 mm

流速=7~8 m/sec

溫度=70 °C

排放風量=7,000 NCMH

(2) 第二條生產線

方形煙囪尺寸= 330x400 mm

流速=15 m/s

溫度=70 °C

排放風量=5,673 NCMH

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

以活性碳吸附 VOCs 之處理機制，有溫度上的限制(一般<35°C)。其有機廢氣之吸附處理能力會因排氣溫度較高(70°C)而造成處理效果不佳；案例工廠活性碳吸附設備，依其處理廢氣溫度、外型及容量預估，約使用 1~2 週後即飽和失效。

(2) 改善建議

A. 因活性碳吸附床適用於常溫下，故建議於增設第三條生產線時做整廠性的規劃與考量，依溶劑性質、量及製程需求，建議將活性碳吸附床更換成 RTO 設備，以達到整體性的效益。

B. RTO (Regenerative Thermal oxidizer；再生式廢氣焚化爐)，搭配熱回收熱媒油交換器，利用有機廢氣的溶劑燃燒加熱塗布機的熱風，除可達空污防止的環保需求外，進一步更可達熱源回收製程利用之功能，RTO 流程如圖 2 所示：

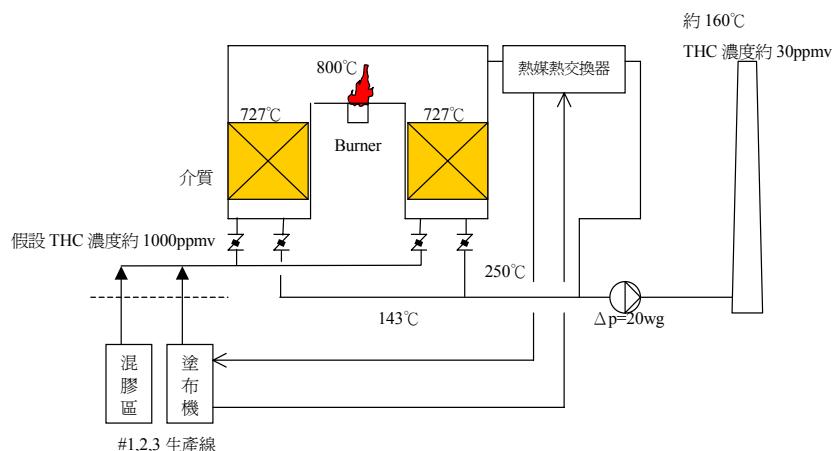


圖 2、RTO 廢氣處理及熱回收流程

5.具體執行成效

(1)RTO 每月燃料耗量小於 1 萬元(使用天然氣)，VOCs 的去除效率可達 97%以上。

(2)工程費用

A. RTO 本體及其控制系統：約 500 萬元(風量=7,000+5,673NCMH)

B.熱煤油交換器：約 75 萬元

C.其他工程：約 60 萬元

D.合計約 635 萬元(不含天然氣管路)

(3)RTO 整體重量約有 15 噸

尺寸 = 3m(w)*10m(L)*3m(H)

(4)將符合未來增訂的法規標準及回收熱源。

3.3 光電業

案 例 三十七

1. 前言

案例工廠為光電業製造工廠，主要產品屬於 TFT-LCD。TFT-LCD 製程所排放之廢氣中，污染物主要包括 VOCs、無機酸氣及毒性或爆炸性氣體。案例工廠為妥善處理製程廢氣，設置沸石濃縮轉輪處理系統，但轉輪活性吸附位常堵塞，高沸點 VOCs 不易脫附，影響系統處理效率及設備壽命，需進行改善，以提升廢氣處理效率及延長設備使用期限。

2. 製程與廢氣污染來源

案例工廠為 TFT-LCD 製造工廠。製造過程中，玻璃基板需經多次「清洗→薄膜→光阻塗佈→曝光→顯影→蝕刻→光阻剝離→洗淨」步驟，完成陣列基板製造，所得之陣列基板再與彩色濾光片結合，進行後段面板組裝、裝填液晶、測試等步驟後，方完成 TFT-LCD 成品。

案例工廠 TFT-LCD 製程所排放之污染物，主要包括 VOCs、無機酸氣及毒性或爆炸性氣體；其中，主要產生 VOCs 之污染源為黃光區及機台清洗等製程，製程產生 VOCs 所使用之溶劑如表 1，主要的 VOCs 種類為異丙醇(IPA)、丙酮(acetone)、丙二醇單甲基醚(PGME)、丙二醇單甲基醚酯(PGMEA)四種有機溶劑，處理前之廢氣濃度約 350-450ppm。

表 1 案例工廠使用有機溶劑之特性

溶劑品名	化學式	物理狀態	密度 (g/mL)	沸點 (°C)	自燃溫度 (°C)	作業環境容許濃度 (ppm)
甲醇	CH ₃ OH	液	0.792	64.5	385	200
異丙醇	(CH ₃) ₂ CHOH	液	0.786	82.4	399	400
丙酮	(CH ₃) ₂ CO	液	0.791	56.2	465	750
PGMEA	C ₆ H ₁₂ O ₃	液	0.957	146	333	200
PGME	C ₄ H ₁₀ O ₂	液	0.915	120	286	100
HMDS	C ₆ H ₁₉ NSi ₂	液	0.772	399.2	—	—
乙酸丁酯	CH ₃ CO ₂ C ₄ H ₉	液	0.883	126	—	150
DMSO	(CH ₃) ₂ SO	液	1.095	189	215	—
MEA	CH ₃ (CH ₂) ₂ NH ₂	液	1.018	172	410	3
BDG	C ₈ H ₁₈ O ₃	液	0.904	231	95	—

3. 廢氣處理狀況

TFT-LCD 製程之 VOCs 污染物分為高沸點與低沸點兩類，工廠為避免高沸點水溶性 VOCs(去光阻剝離液 stripper：MEA、DMSO、BDG)進入沸石濃縮轉輪處理系統處理，易造成轉輪活性吸附位堵塞，因高沸點不易脫附，直接影響系統處理效率及設備壽命，因此採行分流後冷凝再回收方式處理。

案例工廠之 VOCs 主要污染防治設備，為沸石濃縮轉輪處理系統搭配焚化爐(如圖 1)，原始設計風量為 600SCMM，設備規劃之處理效率為第 1 年 $>95\%$ ，而至第 5 年仍 $>90\%$ ，剛設置完成時其去除效率均達 95% 以上，但經運轉 3 年後至改善前之系統效率約 70-80% 間，效率明顯低於期望值(90%)，而另一套備用系統為固定床活性碳設備。

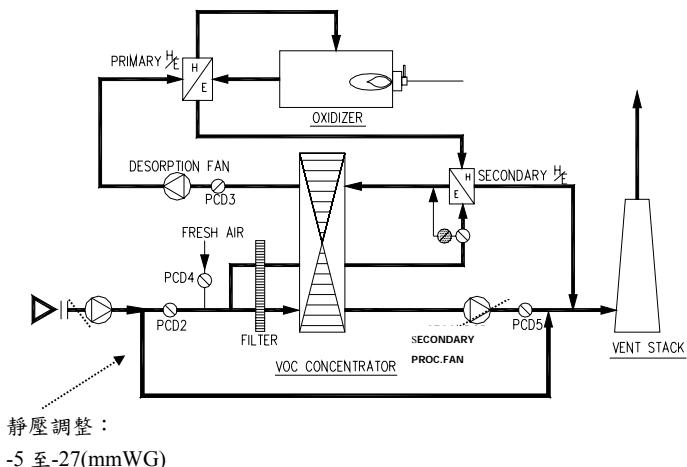


圖 1 案例工廠 VOCs 廢氣沸石濃縮轉輪處理系統圖

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

沸石濃縮轉輪處理系統效率不佳(70~80%)，希望改善目標為系統效率達 90% 以上。

(2) 改善建議

A. TFT-LCD 製造過程中產生大量有機粉塵，呈黃色之粉末物，但不知其來源與特性是否會影響沸石之吸附特性，雖然這些粉末大部份在進入沸石濃縮轉輪箱前端由濾網過濾下來，但仍有部份穿過前濾網而進入沸石濃縮轉輪管道內，因此需

進一步瞭解粉末是否影響沸石之吸附效率。

B.VOCs 防制設備設計時，由於僅針對四大主要 VOCs 成分(IPA、丙酮、PGME、PGMEA)進行規劃，對於排放量較少之 VOCs 則未處理，可能影響處理設施之處理效率。因此，對於製程所產生 VOCs 之種類及濃度進一步瞭解。

C.由於工廠系統已運轉 5 年，接近廠商當初承諾保證期限，因此對沸石轉輪本身之物理特性及對各種 VOCs 之處理效率是否有老化現象需進一步瞭解。

D.案例工廠 VOCs 處理系統之設計包括經沸石轉輪之主要廢氣管道，及未經沸石轉輪緊急事故之旁通管道，若有未經處理之廢氣洩漏通過，將直接影響廢氣之排放濃度，因此需進一步確認製程廢氣於正常操作下，皆經主要廢氣管道由防制設備處理後排放。

5.具體執行成效

(1)系統效率提昇改善分析項目

A.濾網粉末物分析：目的為瞭解製程所產生黃色粉末之組成，解析可能之產生源。分析項目包括：以感應偶合電漿質譜儀(ICP-MS)分析無機物之組成，以瞭解結垢物是否含有金屬成分；以熱裂解氣相層析質譜儀(PGC-MS)分析有機物之組成，以瞭解結垢物是否為高分子有機物。

B.廢氣處理系統效能分析：目的為瞭解沸石濃縮轉輪對各種 VOCs 污染物吸附與脫附能力，判斷現有操作條件是否足以有效吸脫附各種 VOCs 污染物，廢氣則以 GC-MS 分析包括(A)沸石轉輪入口及出口之濃度。

C.沸石吸附劑表面特性與堵塞物成分分析：目的為瞭解沸石轉輪縱深各位置之吸附劑特性，分析是否有污染物質堵塞吸附劑孔隙影響其吸附能力，再佐以 VOCs 廢氣分析結果，與處理系統操作資料，評估可能影響系統處理效率之原因。

D.電子顯微鏡(SEM，5,000 倍)，有助分析陶瓷纖維及沸石粉末之分布狀態。

E.針對系統中 4 個點之真實濃度進行檢測，以確知系統廢氣流向問題，包括轉輪入口處、轉輪出口處、二次側風車(非偶合旁通風管)及煙囪排放口等，案例工廠以 THC 之自動連續監測方式進行廢氣流向確認工作。

(2)系統效率提升改善分析結果

A.沸石吸附劑之 ICP-MS 分析結果

(A)基本上案例工廠之既有轉輪(舊)無大量其他元素污染之現象發生。

(B)新沸石濃縮轉輪原有組成，係含 60-70% (wt)之陶瓷纖維，為一蜂巢狀成形基材，而另外 30-40% (wt)則是沸石粉末長晶附著於基材上，其主要成份為 Si 及 Al，由分析結果得知，新、舊沸石在主要成分上並無明顯劇烈之變化，因此判斷沸石結構組成未受明顯之影響。

B.沸石吸附劑之 GC-MS 分析結果

(A)在新、舊的沸石吸附劑分析結果得知，在新沸石上尚有原始殘於沸石表面上數種殘留化合物，除了苯乙烯(Styrene)為有害於沸石本身之聚合物外，其他對其吸附效率均無影響，且在其他在使用後(舊)沸石吸附劑上均未發現有被污染的情形。

(B)新沸石轉輪上殘留之有機化合物成份係沸石轉輪製造後，以 400-500 °C 烘烤而未完全揮發之殘留成份以及與大氣接觸後，沸石飽和吸附之大氣中 VOCs，但這些成份經使用後，將會於轉輪再生時脫附掉。

(C)舊沸石吸附位置表面所殘留之 VOCs 為甲苯、PGME 及 PGMEA，為原 TFT-LCD 製程所產生之主要 VOCs 廢氣，並無檢測出其他成份反應。其中，PGME 與 PGMEA 為光阻製程之光阻稀釋劑成份，雖為高於 100°C 沸點物質，但以沸石之特性，可以大量且高效率對此二化合物進行吸、脫附。

C.沸石吸附劑之表面特性分析結果

從比表面積之分析結果得知，相較於新的沸石吸附劑，舊沸石吸附劑其比表面積皆有下降的趨勢，若以前中後段分別與新品比較，於使用後，比表面積分別降到約 83% (前)、67% (中)、90% (後)，其中以中間段降低幅度最大，因此研判可能已有部分聚合物堵塞於沸石孔洞中，但此衰減率為沸石因聚合物堵塞而老化之正常現象，若會影響去除效率則須更換轉輪或將轉輪作高溫 (300°C) 再生活化。

D.電子顯微鏡分析判結果

以電子顯微鏡 (SEM, 5,000 倍)，分析沸石表面，其陶瓷纖維及沸石吸附劑粉末之分布狀態如圖 2 所示。

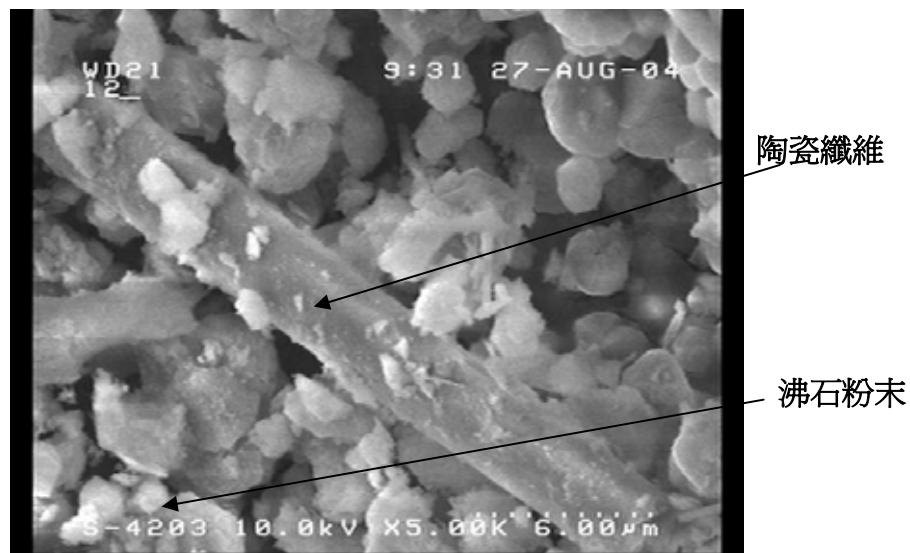


圖 2 電子顯微鏡分析沸石表面陶瓷纖維及沸石粉末之分布狀態圖

E.沸石吸附劑之 TGA 分析

(A)由四個樣品進行熱重分析(TGA)後，在溫度高於 600°C 以上時，顯示結果均相當，使用前(新)沸石於 200°C 以下時之重量累積下降率 Delta Y(3.0355%)，遠高於使用後(舊)之 Delta Y(1.4498% ~1.6685%)。此結果是因為使用後之轉輪已在 180~200°C 溫度下進行線上之連續再生，以及新轉輪有部分原始殘留之 VOCs 脫附出來所導致。

(B)使用後(舊)中段沸石轉輪在 400-700°C 溫度區間之熱重下降率 Delta Y (1.7%) 遠高於新及使用後之前、後段舊轉輪 Delta Y(1%)，由此結果可得，沸石內之微孔洞可能有聚合物殘留其中，因一般聚合物(如 MEA, Styrene..)於 350°C 以上可斷鍵而去除之，其中又以吸附之中段沸石殘留量最高。

F.濾網粉末物之 PGC-MS 分析

由分析結果顯示，黃色粉末物主要裂解產物為 phenol、methylphenol、dimethylphenol 與含氮的裂解產物，且由廠方經驗表示，黃色粉末若經陽光曝曬則會呈現粉紅色粉末狀態，因此初步研判應為含顯影劑成分。

G.VOCs 廢氣採樣分析結果

案例工廠之 VOCs 廢氣採樣分析結果(輔導改善前)如表 2。從表 2 之 VOCs 系統效能分析結果判讀如下：

表 2 VOCs 廢氣採樣分析結果(輔導改善前)

(單位 : ppbv)

化合物英文名稱	化合物中文名稱	進口端 (ppb)	脫附量測 (ppb)	出口端 (ppb)
Acetone	丙酮	27,503.3	78,432.2	1,362.5
2-Propanol, 1-methoxy-	丙二醇單甲基醚(PGME)	19,741.0	48,535.3	6,396.3
Isopropyl Alcohol	異丙醇(IPA)	1,507.9	26,066.2	47.9
Acetic acid, butyl ester	乙酸正丁酯(BA)	363.7	12,473.8	13.2
1-Methoxy-2-propyl acetate	丙二醇單甲基醚醋(PGMEA)	3,685.4	7,030.6	1,197.1
Ethanol	乙醇	202.9	3,312.5	35.6
2-Propanol, 1-butoxy-	2-丁氧基-2-丙醇	ND	2,959.5	ND
Dimethyl sulfide	二甲基硫	62.7	786.6	13.3
Silanol, trimethyl-	三甲基矽醇(HMDS 衍生物)	19.0	657.0	13.1
1,4-Dioxane	二氫陸園	ND	363.9	ND
Toluene	甲苯	23.5	230.4	2.9
Acetaldehyde	乙醛	14.4	184.2	13.3
2-Butanone	丁酮(MEK)	23.6	100.3	4.1
Butane	丁烷	9.4	64.1	26.3
Silane, fluorotrimethyl-	氟三甲基矽烷(FSiMe3)	ND	28.9	ND

(A)由此分析出來的化合物，經與相關製程廢氣特性比對，得知 VOCs 之來源以黃光區及清洗機台為主(去光阻機台之去光阻剝離槽廢氣已分流至冷凝回收，因此分析報告中無去光阻劑之成份)。其中 IPA 及 Acetone 主要為清洗製程產生、PGMEA / PGME 為光阻劑之稀釋劑，而三甲基矽醇(HMDS 衍生物)為光阻劑之加強粘著劑 HMDS 衍生物。

(B)以光電業主要四種化合物而言，各成分之去除效率實測結果以 IPA > Acetone>PGME>PGMEA，此現象有違理論上高矽鋁比沸石轉輪對於特定 VOCs 去除效率高低順序為 PGME>PGMEA>IPA>Acetone，因此推斷必有其他系統上之因素(如洩露)而影響總合去除效率。

H. 案例廠對系統 4 個點之實測結果

檢測結果如圖 3、4 所示。由結果顯示，系統整體處理效率於改善前僅約 60% ~80% ，但濃縮轉輪之處理效率卻相當高(>95%)，再配合非偶合平衡風管之 VOCs 洩漏濃度檢測發現濃度相當高，因此研判此系統於平衡風管恐有未經處理之高濃度 VOCs 旁通洩漏，而影響表示整體處理系統效率。

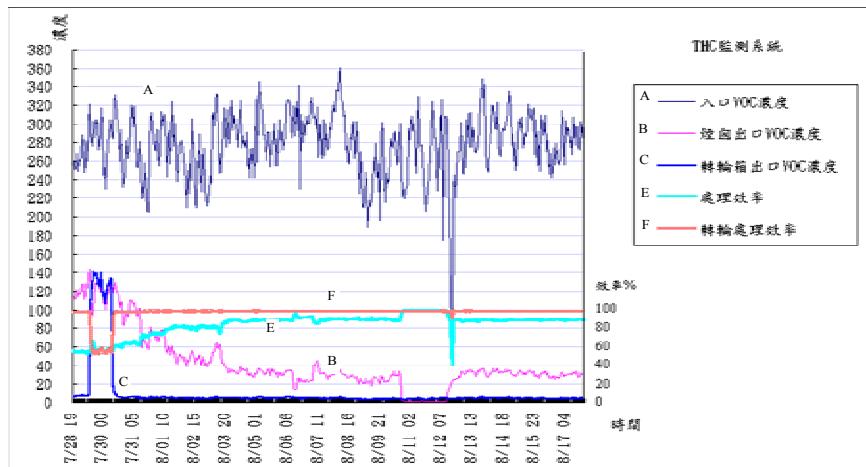


圖 3 THC 之自動連續監測效率統計圖(1)

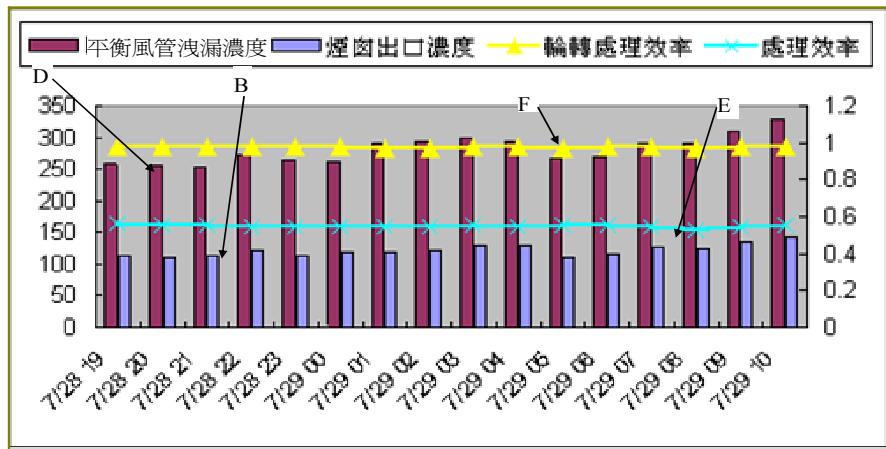


圖 4 THC 之自動連續監測效率統計圖(2)

I. 具體改善方案

案例工廠從系統非偶合平衡風管之靜壓控制調整，加大二次側風車之控制靜壓值設定，直至非偶合平衡風管微量逆(迴)流為止，避免未處理的 VOCs 旁通洩漏至排放煙囗，影響整體系統之效率。

工廠在調整二次側風車之控制靜壓值由 -5mmWG 逐漸調降到 -27.0mmWG 後，可達到微量逆流效果，避免未處理廢氣藉由平衡風管彙流至主要迴路，影響實際處理效率之判讀，此時全系統(VOCs 處理設備)之 VOCs 去除效率上升至 92% 以上(符合目標 90% 以上)，相關靜壓值與效率資料如圖 5。

工廠於系統改善前、後進行整體效率之檢測(如表 3)，由結果發現 VOCs 處理系統效率由改善前之 70% 提升至改善後之 95% 以上，成功達到預期的目標。

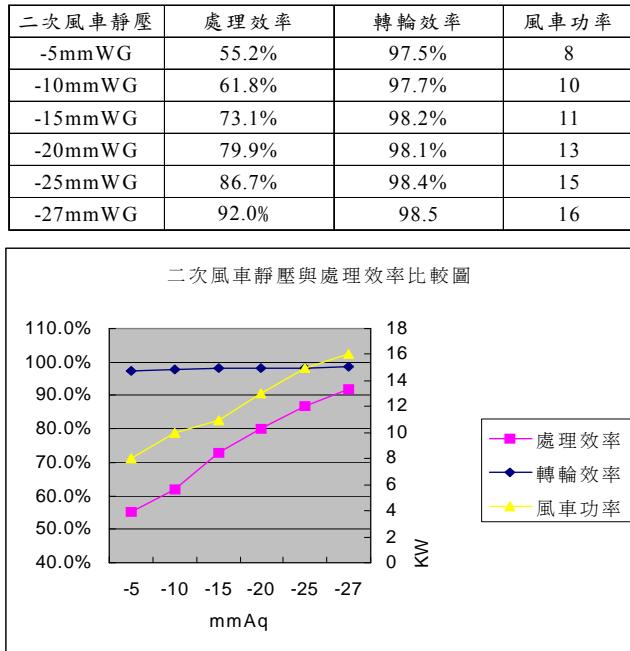


圖 5 案例工廠風車靜壓與處理效率關係表

表 3 案例工廠沸石轉輪系統 THC 檢測結果

改善前	沸石轉輪處理前 實測值(ppm ; kg/hr)	煙囪排放口 實測值(ppm ; kg/hr)	削減率(%)
THC 第一小時	194 ; 4.58	89.7 ; 1.48	67.7
THC 第二小時	253 ; 5.97	87.4 ; 1.44	75.9
THC 第三小時	226 ; 5.34	92.9 ; 1.53	71.3
THC 第四小時	218 ; 5.15	87.6 ; 1.44	72.0
THC 第五小時	208 ; 4.91	93.0 ; 1.53	68.8
THC 第六小時	215 ; 5.08	87.6 ; 1.44	71.6
THC 第七小時	210 ; 4.96	90.5 ; 1.49	70.0
THC 第八小時	231 ; 5.45	95.0 ; 1.56	71.4
改善後	沸石轉輪處理前 實測值(ppm ; kg/hr)	煙囪排放口 實測值(ppm ; kg/hr)	削減率(%)
THC 第一小時	439 ; 8.73	19.1 ; 0.34	96.1
THC 第二小時	338 ; 6.72	19.9 ; 0.35	94.8
THC 第三小時	387 ; 7.69	18.8 ; 0.33	95.7
THC 第四小時	294 ; 5.84	17.7 ; 0.31	94.7
THC 第五小時	338 ; 6.72	17.9 ; 0.32	95.2
THC 第六小時	419 ; 8.33	17.4 ; 0.31	96.3
THC 第七小時	409 ; 8.13	19.1 ; 0.34	95.8
THC 第八小時	441 ; 8.76	22.4 ; 0.40	95.4

- 改善前廢氣性質：(1)處理前：排氣溼度：2.05%、排氣溫度：22.1°C、乾基排氣量：550.87(CMM)；
(2)處理後：排氣溼度：2.04%、排氣溫度：104°C、乾基排氣量：384.44(CMM)。
- 改善後廢氣性質：(1)處理前：排氣溼度：2.37%、排氣溫度：22.8°C、乾基排氣量：463.94(CMM)；
(2)處理後：排氣溼度：2.44%、排氣溫度：50.4°C、乾基排氣量：412.31(CMM)。

3.4 印刷業

案 例 三十八

1. 前言

案例工廠位於工業區內，生產製程係以 PVC、DOP 及 CaCO_3 為原料以產製壁紙，為一專業壁紙製造公司，每個月平均產量約 53 萬平方公尺。因工業區緊鄰學校，有部分住宿的師生反應時常會聞到異味（類似有機溶劑的味道），疑為工業區內工廠所產生的味道，當地環保機關也將幾家廠商生產列名觀察，案例工廠也列為觀察名單之一。

2. 製程與廢氣污染來源

(1) 案例工廠主要生產製程有 PVC 皮製造程序及凹版印刷程序，從原料至成品為一貫作業；主要製程及廢氣污染源如圖 1 所示。

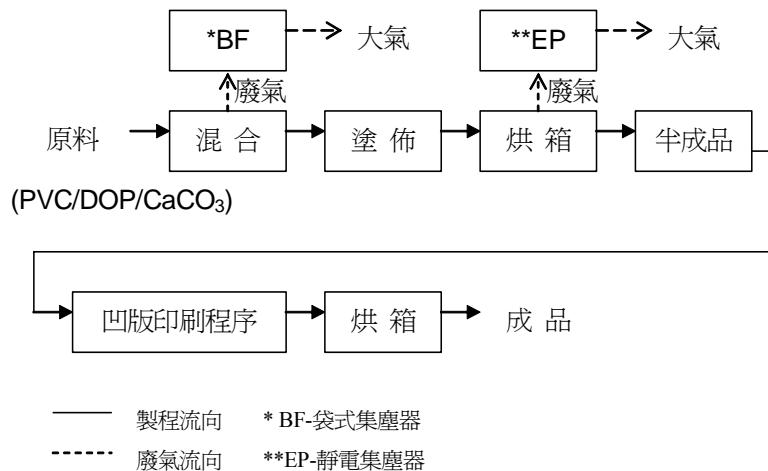


圖 1 案例工廠製程及廢氣來源

(2) 由流程圖顯示，主要廢氣污染源為原料混合過程逸散之粒狀污染物及塗佈後烘烤過程所排放之 DOP 廢氣。目前兩者皆已分別裝設廢氣處理設備將污染物處理後排放於大氣中。

3. 廢氣處理狀況

廢氣現有處理設備計有袋式集塵器及靜電集塵器兩類：

(1)袋式集塵器主要係以濾布過濾機制將原料混合製程中逸散之粒狀污染物加以收集處理，操作狀況正常。

(2)靜電集塵器最大設計的廢氣處理量約為 250 CMM (m³/min)。主要處理功能為收集烘箱所產生的廢氣並回收廢氣中的 DOP。

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 靜電集塵器設備效率檢視發現，塗佈機後的烘箱共有 5 節 (chamber)，每節的最大廢氣量約為 110CMM，最高排氣的平均溫度約為 150°C，若出口的檔板閥 (damper) 全量打開 (開度 100%)，則廢氣量約為 550CMM，顯示當廠內烘箱滿載操作時，會使進氣之廢氣量因超出靜電集塵器最大設計廢氣處理量 250CMM 而產生過大的氣體速度，引起渦流或擾流而使得已被吸附的粒子再揚起之情形；預估生產設備的效能大約在 45~55%之間，廢氣處理設施才不會過載。

B. 現場於煙囪口下方及附近發現有白色粉粒 (約為 10~100μm)，研判可能是混合原料 (PVC 與 CaCO₃)，少部分未完全附著於基材上所逸散。

C. 廠內的塗佈及印刷程序為逸散性 VOCs 主要的來源，目前並未設有任何收集處理機制。

(2) 改善建議

A. 建議再併聯加設一套靜電集塵器，可隨時切換成單套使用或雙套同時使用，如圖 2 所示，如此可依製程現場狀況做調整。

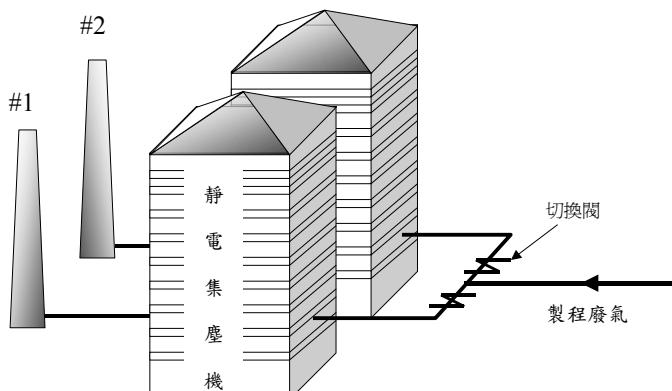


圖 2 靜電集塵器併聯使用示意圖

B.針對逸散性粒狀物之控制，可在廠房排風機的合理靜壓下將初級過濾網換成較小網目（濾網業者可提供該濾網的壓損），並加裝差壓計確認其差壓，差壓到達設定值時即表該更換此濾網，如圖 3 所示。

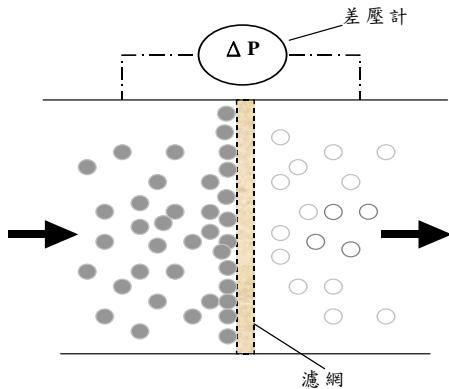


圖 3 濾網裝置示意圖

C.對於未以密閉式收集的 VOCs 逸散源而言，可採用集氣的方式來加以收集後處理。且由於廠房屋面積較大，建議採用局部換氣的方式收集產生的 VOCs，因考量員工作業的舒適感及兼顧收集之功效，可使用局部吹吸的方式，但需注意吹風側的方向，以免污染累積造成員工傷害，如圖 4 所示，運用在設備上時如圖 5 所示。

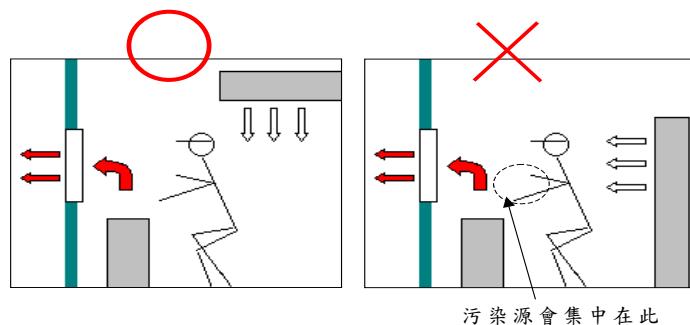


圖 4 吹吸式集氣方式示意圖



圖 5 設備運用吹吸式集氣方式示意圖

D. VOCs 之處理方式

若考量全廠性規劃時，可利用焚化的方式將 VOCs 廢氣分解並回收熱能至製程再利用，建議可使用 RTO (Regenerative Thermal oxidizer，蓄熱式焚化爐)，搭配熱媒油交換器，回收熱能加熱烘箱，除可符合空污防制的環保標準外，更可進一步達到熱源回收製程利用之功效，RTO 流程如圖 6 所示。

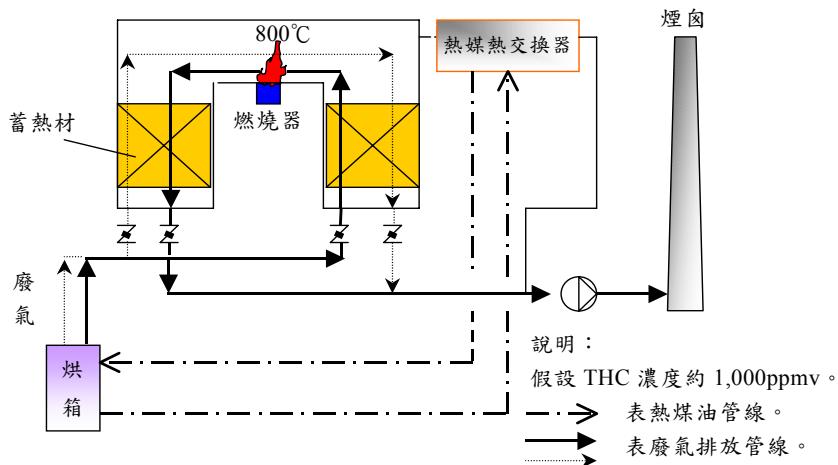


圖 6 RTO 廢氣處理及熱回收流程

若有機廢氣濃度可達 1,000ppm(@THC)，則預估 RTO 每月燃料耗量將小於 3 萬元(使用天然氣)，VOCs 的去除效率可達 97%以上，回收的熱能可達 65% 左右。

5. 具體執行成效

案例工廠參考輔

導改善建議，將排風機過濾網換成網目較小濾網，並加裝壓差計，確認其壓差，粒狀物去除效率約增加 50% 效率。另於 VOCs 的改善方面，將塗裝製程逸散源加裝局部排氣裝置，並連接至後段增設之 RTO 爐，可有效且成功將製程 VOCs 廢氣進行處理，並將廢熱回收至烘乾製程中使用，逸散源收集 VOCs 效率約 80%，RTO 去除 VOCs 效率 >99%，熱回收率為 70%，每月燃料消耗量約 20,000 元，整體改善成效相當良好。

3.5 家具業

案 例 三十九

1. 前言

案例工廠位於某工業區內，為一專業大型的木製家具製造廠，為國內大規模之木製家具工廠，主要產品為外銷之椅子及碗碟櫃。

2. 製程與廢氣污染來源

案例工廠主要加工製造流程及廢氣污染來源如圖 1 所示。主要廢氣污染源為砂光／切割製程之逸散粉塵、塗裝製程之逸散漆料及揮發性有機物、以及鍋爐煙囗排放之粒狀污染物／氮氧化物／硫氧化物等。塗裝製程主要使用之塗料為傳統溶劑型塗料，塗料用量約 30 公噸/年，使用的塗裝方式為手持無氣式噴槍噴塗。

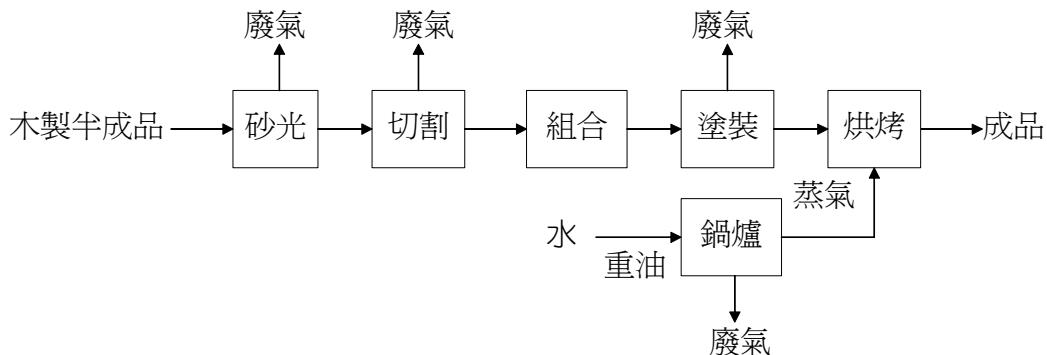


圖 1 案例工廠製程與廢氣污染來源

3. 廢氣處理狀況

案例工廠製程中產生之空氣污染物與相關防制設備如表 1 所示。

表 1 空氣污染源與收集防制方式

空氣污染源	砂光／切割	塗裝	鍋爐
空氣污染物	粉塵	漆料、揮發性有機物	粒狀污染物／氮氧化物／硫氧化物
廢氣收集方式	氣罩	吸氣罩	排氣煙道
空氣污染防治設備	旋風集塵機 袋濾集塵機	水幕式洗滌台	—

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

A. 來自塗裝作業之 VOCs 逸散，雖裝置水幕式噴漆台進行排氣，惟集氣效率不佳，造成現場作業環境之空氣品質下降，且其排氣亦未經處理而逕行排放。

B. 工廠採傳統空氣式霧化噴槍，其噴塗效率低，塗料用量相當大；且塗裝作業場所明顯產生超量噴塗的現象，十分浪費塗料。

(2) 改善建議

A. VOCs 控制

(A) VOCs 收集

a. 適當的氣罩設計可以最小廢氣體積，得到最大收集空氣污物的效率。鑑於工廠受塗物件是置於輸送帶上噴塗，故建議增設接受型的上吸式氣罩。至於原有已設之附有水幕的側吸式氣罩(即噴漆台)，因距離噴塗操作位置較遠，致使其集氣效率不佳，建議儘量移近污染源。若可靠近之距離已無改善空間，對於未被收集到的部份 VOCs 廢氣，同時可由上吸式氣罩接續收集。前述二股廢氣可匯入同一風管進行處理，惟氣罩與風管之銜接部位可設置擋板，以供可調節風量之彈性。

b. 由於工廠塗裝噴漆位置之污染源數目較多，且噴塗漆類所具臭味程度各有所異，例如面漆塗裝較具刺激性臭味。基於環保成本之考量下，建議工廠可先針對重點污染源進行集氣及處理做改善，除可檢討改善成效外，亦可保留其他污染跟進修改的彈性空間，且可降低環保成本之失效風險。

(B) VOCs 處理設備

常見 VOCs 處技術包括直燃式焚化法、活性碳吸附法及生物處理法等三種，其中生物處理法因需求較大地面積而不適合工廠，至於活性碳吸附法雖初設成本較低，但活性碳飽和後之換碳費用甚高，以處理每公噸 VOCs 所需費用之成本分析而言，並不見得低於直燃式焚化爐。利用焚化法來處理 VOCs 或臭味氣體，為一最有效的控制處理方法。

a. 優缺點

優點包括適於處理各類有機廢氣及臭味氣體，處理效果極佳且可回收廢熱再行利用。而缺點則有燃料費可觀、操作成本高，因此必須考慮熱回收問題、若無連續且高濃度之廢氣污染源，則會造成能源之浪費、若操作不當

則燃燒後排出之產物仍可能造成空氣污染，如 SO_x、NO_x 等二次污染物。

b.操作注意事項

燃燒室溫度須確保在 650°C 以上，及 0.3~0.5 秒的滯留時間，且須掌握溫度分佈的均一性，以免局部區域溫度過高或過低。廢氣中氧含量若在 10 % 以下，或一氧化碳濃度太高時，則燃燒溫度最好提高至 800°C 以上，以有效分解惡臭成分，但操作溫度儘可能控制於 1000°C 以下，以免高溫 NO_x 之產生。為防患有機廢氣濃度達到爆炸界限，甚至反向回燒，必須加裝緊急排放、稀釋或防止回火的安全裝置。減少開停爐次數，並避免加熱或冷卻速率過快，致使耐火材料發生龜裂脫落現象。

c.設計考慮因子包括(a)操作溫度：650~850°C、(b)滯留時間：0.3~0.5 sec、(c)焚化爐內氣體流速：6~12 m/sec、(d)VOCs 破壞率：95% 以上、(e)熱回收率：單一熱交換單元：35~40%、二個熱交換單元：45~50%、三個熱交換單元：65~70%、(f)輔助燃料用量：為最主要之操作成本項目、(g)設置與操作成本、(h)設備尺寸大小與所需空間及(i)系統壓損等(如表 2)。

表 2 VOCs 焚化法熱交換率與壓損關係

設備	熱交換率(%)	壓損(mmH ₂ O)
焚化爐本體	0	105
熱交換器	35	105
	50	210
	70	385

B.改採高效率噴槍(HVLP)替代傳統空氣式噴槍，以有效提昇塗裝效率及減少塗料之用量。

5.具體執行成效

(1)進行 VOCs 處理技術評估

大部分的 VOCs 都具可燃性，為了安全上的考慮，處理 VOCs 之濃度將特別注意避免位於低爆炸下限(LEL)與高爆炸上限(UEL)之危險範圍內。若 VOCs 濃度太高，可以空氣稀釋後再行處理，以確保安全。

在處理 VOCs 時，往往需要先將干擾物質予以去除，包括粒狀污染物於噴塗過程產生之漆粒物質或燃燒過程產生之碳粒等；以工廠之廢氣特性而言，主要所去除之干擾物質為粒狀污染物及水分。

(2)直燃式焚化法設計操作

焚化所需溫度一般視廢氣成份、滯留時間及破壞效率而定，表 3 為典型 VOCs 及臭味氣體之焚化溫度與破壞效率之代表值，表 4 為建議之操作溫度。案例工廠針對 VOCs 廢氣進行直燃式焚化法設計，廢氣在燃燒室內滯留時間為 0.3~0.5 秒，燃燒室出口之廢氣溫度約在 800°C 左右，並將廢熱回收利用於預熱廢氣。

表 3 焚化溫度與破壞效率關係

有機成份	滯留時間(秒)	處理溫度(°C)	破壞效率(%)
乾性油樹脂	0.45	640	80
聚酯樹脂	—	695	99.6
低級脂酸、胺類	0.3	720	無臭
低級脂酸、丙烯類	0.5	550	無臭
酚、氯	0.5	700	無臭
油臭	0.5	700	98
甲醛、一氧化碳	1.0	650	無臭
甲苯、二甲苯	—	650	92
照相凹印墨、光油	—	735	97
碳氫化合物*	0.3~0.5	590~680	90 以上
碳氫化合物十一氧化碳	0.3~0.5	680~820	90 以上

註*：甲烷、芳香劑、溶纖劑轉化率為 90% 以上時，反應溫度為 760~820°C。

表 4 直接焚化之建議操作溫度

污 染 源	操作溫度(°C)
臭味控制	700~850
油脂排煙	650~850
烤漆爐	650~820
揮發溶劑	700~820
漆包線	760
精製操作	650
炊具上漆	650
乙烯塑料溶膠處理	650~760
燻煙	650

(3)改善建議事項投資成本約 40-50 萬元，其揮發性有機化合物減量及效益如下：

- A. 塗料用量每年約可減少 10% 用量，約 3 公噸(公斤/年 \times 10% = 30 公噸/年)，約可省 30,000 公斤 \times 90 元/公斤 = 2,700,000 元塗料費用。
- B. 減少揮發性有機化合物逸散量 160 公噸/年。

3.6 金屬基本工業

案 例 四 十

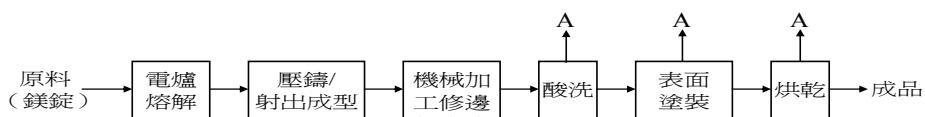
1. 前言

案例工廠為國內自行車專業製造廠商，為金屬基本工業。廠內製程除自行車生產線外，近年則轉型拓展新的業務領域，增設鎂合金鑄件生產線，兼以製造生產筆記型電腦機殼。工廠因附近居民反應，鎂合金鑄件生產線之排氣煙囪排放之粒狀污染物，需進行廢氣處理設施之改善。

2. 製程與廢氣污染來源

案例工廠鎂合金鑄件製造流程，係以鎂錠為基本材料，經電爐熔解成鎂合金融熔液，再經壓鑄/射出成型機予以壓鑄/射出，成型、初成型之鑄件經機械加工修邊、以酸鹼液進行前處理、表面塗裝及烘乾而為成品。製程及廢氣污染來源如圖 1，塗裝室如圖 2。

由上述製程說明可知，案例工廠生產線有三種空氣污染源：(1)酸鹼洗作業之酸洗槽，廢氣中含有磷酸成分，採用「填充式洗滌塔」處理，磷酸廢氣處理效果良好；(2)塗裝作業之噴塗室排氣含有噴漆漆粒及 VOCs 廢氣，經由氣罩收集並以濕式洗滌塔處理後再由煙囪排放至大氣中；(3)烘乾機所排放之廢氣，廢氣中含有 VOCs 廢氣，未處理而直接排放至大氣中。



註：A 表廢氣來源

圖 1 案例工廠製程與廢氣來源



圖 2 案例工廠塗裝室狀況

3. 廢氣處理狀況

案例工廠之鎂合金鑄件表面塗裝計有七個塗裝室，塗裝噴塗廢氣中主要含有噴塗漆粒及揮發性有機溶劑兩類空氣污染物，其中噴塗漆粒屬於粒狀污染物，而 VOCs 為氣狀污染物，主要成分為二甲苯 (xylene)，鎂合金鑄件表面塗裝廢氣處理流程如圖 3 所示。每條塗裝室之廢氣係以噴塗室作業區下方之鋸齒狀狹縫抽風口，將噴塗廢氣抽引至後方之濕式洗滌塔中處理，再由煙囪排放至廠房外。目前於七條塗裝排氣系統之濕式洗滌塔之後，均預留可插入數層活性碳吸附棉之「活性碳吸附槽」，惟槽內未放置活性碳吸附棉。圖 4 為案例工廠改善前之排放煙囪，鎂合金鑄件生產線廢氣煙道排放粒狀污染物，依據案例工廠之檢測結果顯示，粒狀污染物濃度為 $100\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，而周界標準為 $500\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。

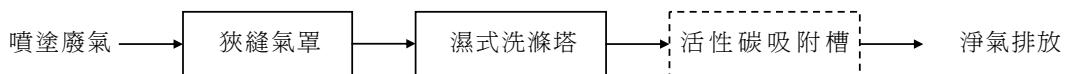


圖 3 案例工廠塗裝廢氣處理流程



圖 4 案例工廠改善前之排放煙囪

4. 缺失與改善建議

(1) 缺失

- A. 案例工廠塗裝排氣系統煙囪排放口之廠房屋頂處，發現廠房屋頂煙囪排放口附近有一層黑色之噴漆顆粒(如圖 5)，顯示現有濕式洗滌塔之漆粒處理效率不足。
- B. 案例工廠運作中之空氣污染防治系統，於系統中之活性碳吸附槽內未插入活性碳吸附棉，意即該預留之活性碳吸附槽為空槽，活性碳吸附槽無法有效去除 VOCs。



圖 5 案例工廠煙囪排放口附近之黑色噴漆顆粒

(2)改善建議

A.依據空氣污染防治缺失，建議修正處理流程如圖 6 所示，處理流程中各單元改善重點說明如下：



圖 6 案例工廠建議廢氣處理流程

B.現有狹縫氣罩改善，建議在實際操作時，宜確實控制水位應滿至鋸齒狀之狹縫氣罩之 1/2 處，以符合原始設計之操作方式。

C.於濕式洗滌塔之後，增設高效率之「纖維過濾裝置」，或高效率之纖維過濾網，利用該纖維過濾網，可確保將穿透濕式洗滌塔之噴漆漆粒（微細粒徑）捕集，而不致於阻塞後續活性碳過濾單元或由煙囪排放出去。

5.具體執行成效

(1)案例工廠為了改善既有鋸齒狀之狹縫氣罩，確實控制水位應滿至鋸齒狀之狹縫氣罩之 1/2 處，以符合原始設計之操作，使廢氣在通過鋸齒狀之狹縫氣罩時，除了具有整流之效果外，亦可提高廢氣通過鋸齒狹縫之斷面流速，可於通道口將下方水面揚起，造成氣液混和之渦流效果，達到去除大粒徑之噴漆漆粒之粒狀物前處理之功效（此鋸齒狀之狹縫氣罩可視為去除噴漆漆粒前處理設備）。因此，案例工廠加裝水位控制器(如圖 7)，以達到上述之目的。



圖 7 案例工廠加裝水位控制器改善狹縫氣罩效率

(2)由於案例工廠無法於濕式洗滌塔之後增設纖維過濾裝置，以便將穿透濕式洗滌塔之噴漆漆粒（微細粒徑）捕集，因此將煙道出口加長，並加裝過濾棉過濾噴漆漆粒，如圖 8。



圖 8 案例工廠煙道出口加長並加裝過濾棉

(3)案例工廠經過上述之改善後，排氣中粒狀物之濃度降低至 $50\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 以下，VOCs 排放濃度亦降低。

第四章 結 語

產業界配合國內環保法規的要求、以及在環保產業的積極帶動之下，針對工廠製程上所衍生之水污染防治及空氣污染防治方面，大多早已投入相當的經費設置相關的處理設施。惟因國內環保法令漸趨縝密、嚴格，根據歷年工廠輔導成效分析結果顯示，早期業界所投資設置之防治設備，或因老舊須汰舊換新、或因處理功能不彰導致成效不如預期、或因製程及處理設施管理不善造成廠方大量成本浪費、或因處理成效無法符合環保法令標準而屢遭環保單位取締等情形，將面臨需重新檢視及規劃改善的問題。

本案例編輯內容主要係為蒐集工業局 90 年至 93 年度「環保技術輔導計畫」受輔導工廠實際改善情況，分析改善效益，選擇部分工廠實際訪視，彙整改善績效卓著之案例。案例所涵蓋之行業範圍廣泛，內容編輯則力求精簡扼要、淺顯易懂，輔以實用圖例說明，為便於後續推廣及各界參考應用。

歷年來經濟部工業局持續協助產業界進行製造技術提昇及污染防治改善輔導工作，業者如需各項輔導協助、技術諮詢或技術交流，均可連結至經濟部工業局計畫網站之產業環保相關輔導資源查詢(http://proj.moeaidb.gov.tw/eta/pic/upbat_sec_128.gif)。其輔導資源範疇涵括氣候變化綱要公約資訊網、能源資訊網、清潔生產資訊網、減廢資訊網、永續產業發展資訊網、產業環保輔導計畫網、工安環保管理系統輔導計畫網、工安環保報導、環保產業資訊網國產環保設備器材便覽、土壤及地下水污染整治網、節約用水資訊網、資源化資訊網、工業再生資源流通網、工業廢棄物清除處理輔導資訊網、事業廢棄物再利用資訊網等等，期能透過節能規劃、清潔生產技術，製程減廢、污染處理設施功能提昇與廢棄物資源化等輔導界面，有效協助業者解決空、水、廢、毒等工安環保問題，進一步降低製造生產成本，提昇產業市場競爭力，以達成企業永續經營發展之目標。

國家圖書館出版品預行編目資料

環保技術輔導改善案例彙編 /宋明裕，陳見財，
張聖雄編撰----初版，----臺北市：工業局，94
面；公分

ISBN 986-00-3028-6 (平裝)

1.污水處理 - 個案研究 2.空氣污染 - 防制 - 個案研究

445.93

94022506

環保技術輔導改善案例彙編

出版日期：中華民國 94 年 12 月初版

發 行 人：陳昭義

總 編 輯：陳文輝

審查委員：李公哲、林明傳、林華宇、周明顯、吳志超、黃孝
信、陳秋楊、陳良棟、陳見財、張維欽(依姓氏筆
劃排列)

編 撰：宋明裕、陳見財、張聖雄(依姓氏筆劃排列)

發 行 所：經濟部工業局

台北市信義路三段 41-3 號

TEL：(02)2754-1255

FAX：(02)2704-0160

<http://www.moeaidb.gov.tw>

出 版 所：經濟部工業局

台北市信義路三段 41-3 號

TEL：(02)2754-1255

FAX：(02)2703-0160

<http://www.moeaidb.gov.tw>

財團法人台灣產業服務基金會

台北市大安區 106 四維路 198 巷 41 號 2 樓之 10

TEL：(02)2325-5223

FAX：(02)2325-3922

<http://www.ftis.org.tw>

印刷承製：貿聖印刷有限公司

工 本 費：新台幣參百元整

版權所有 翻印必究

GPN：1009403799

ISBN：986-00-3028-6