

電鍍廢水COD污染 之製程減廢與管末生物處理

陳見財・鄭建南・張啓達・楊萬發

前言

電鍍業的放流水COD管制標準，由過去的200 mg / ℓ降至目前的100 mg / ℓ，就業者目前廢水處理常採用的化學沈澱處理法而言，對於處理COD污染濃度較低的一般清洗廢水，處理水應可符合放流水標準，但若廢水中之COD污染濃度較高或當有高濃度廢液納入廢水處理系統時，則大多數工廠放流水COD值均不易符合管制標準。因此，解決電鍍業廢水COD污染問題遂為當前重要之課題。本文即就電鍍業廢水COD之可行處理技術，分別就減廢及管末處理方法作整體性探討，以供業界參考應用。

COD污染現況與處理成效

電鍍業在脫脂、鹼洗、酸洗等前處理製程單元中，常使用大量的有機性藥劑，如脫脂劑、清潔劑及濕潤劑等，以加強金屬鍍件表面的洗淨效果，這些前處理製程槽液在使用過一段時間之後，因受污染或效能減低，致不堪再用時，即須排棄更新。由於此股老化廢液含有大量的有機污染成分，COD污染濃度相當高，必須妥善地加以收集處理，始能符合放流水標準安全排放。

電鍍製程之廢水來源，主要是各製程槽定期排放之廢棄槽液及清洗程序之水洗排水，廢水依特性可分為氰系、鉻系及一般酸鹼系廢水，廢水水質則依電鍍製程種類不同而異。根據服務團內部資料，分別統計裝飾電鍍、工業電鍍、塑膠電鍍及電子電

鍍，四種不同類型製程之原廢水COD污染濃度所示，結果詳如表1，顯示電鍍製程排放廢水COD濃度約為200 mg / ℓ。至於定期排放的廢棄脫脂槽液的COD污染濃度，則與脫脂劑種類、使用期限、鍍件種類及操作方式等因素有關，表2所示為三家不同類型電鍍工廠之脫脂廢液COD濃度，污染濃度最高達10,000 mg / ℓ以上。因此，當廢棄脫脂槽液直接排入廢水處理場處理時，結合廢水之COD濃度勢必大幅增加。

由於台灣地區電鍍工廠之廢水處理流程，絕大多數係採用氧化還原方式進行氰系廢水及鉻系廢水之前處理，然後再與一般酸鹼廢水合併以化學沈澱方式處理。此典型處理流程對氰化物、六價鉻及一般重金屬可獲得良好的去除率，然COD去除效果則不佳，僅可去除部分懸浮性COD，對於溶解性COD則無明顯去除效果，詳如表3所示。

由此可知解決電鍍廢水COD污染問題，若單獨採用化學沈澱法處理，實不易達到現行放流水COD 100 mg / ℓ之管制限值，必須配合製程減廢及增設處理單元設施，始能穩定地達到放流標準。

表1 各類型電鍍廢水COD濃度 單位：mg / L

項目	裝飾電鍍	工業電鍍	塑膠電鍍	電子電鍍	電鍍業
範圍	70~532	82~325	52~219	113~500	52~532
平均值	252	165	128	242	199

工業減廢專輯

表 2 廢棄脫脂槽液 COD 濃度

項 目	廢 液 來 源	建浴濃度 (g / L)	廢液 COD 濃度 (mg / L)	使用期限 (日)	原物料 COD 濃度 (mg / g)
A 工廠	熱脫脂廢液	85.7	428	180	161
	陽極電解廢液	214.3	856	180	
	最終電解廢液	428.6	1,249	180	
B 工廠	第一熱脫脂廢液	7.8	10,122	3	68
	第二熱脫脂廢液	40	6,500	6	
	第三熱脫脂廢液	30	5,590	6	
C 工廠	冷脫脂廢液	57.7	358	180	熱脫脂劑：1,351 冷脫脂劑：291
	熱脫脂廢液	22	247	180	
	電解廢液	25	625	180	

表 3 各類型電鍍廢水 COD 處理去除率 單位：%

項 目	裝飾電鍍	工業電鍍	電子電鍍	塑膠電鍍	電鍍業
範 圍	15~95	2~96	44~87	33~85	2~96
平 均 值	48	47	61	63	51

電鍍廢水 COD 可行之減量處理技術

電鍍廢水 COD 污染濃度的控制可分為減廢及管末處理二個層面，在廢水 COD 減量作法上，係應用減廢技術經由妥善的廠內管理與污染源減量，以有效地削減 COD 的排放量，進而達到降低廢水中 COD 污染濃度的目的。處理方法上則針對定期廢棄的脫脂槽液進行適當的前處理，如採電解氧化法，來氧化分解廢液中的有機物，以降低廢液中之 COD 濃度後，再與一般低濃度清洗廢水併同處理。

一般，電鍍業為達到 COD 污染減量所採行之減廢措施，主要有控制脫脂劑使用濃度、使用低污

染性脫脂劑、妥善管理脫脂槽液、設置脫脂槽液循環過濾設施等。在廢水處理技術上可採化學沈澱法、化學氧化法、活性炭吸附法、電解氧化法、濕式氧化法及二級生物處理法（如接觸曝氣法）等。

多年來，服務團為協助電鍍業者解決廢水 COD 污染問題，曾針對多項可應用於削減電鍍廢水 COD 污染量之減廢措施及處理技術進行探討與測試，並完成脫脂槽液設置循環過濾設備之減廢效益評估，及電鍍廢水二級生物接觸曝氣法處理之可行性試驗。上述評估及試驗結果，將於後續章節中詳述，以下僅針對其他可應用之減廢措施及處理技術逐一說明之。

(一)減廢措施

1.控制脫脂劑使用濃度

在不影響脫脂效率的前提下，儘可能地降低脫脂劑使用濃度。脫脂槽液中脫脂劑濃度過高，不但無助於脫脂效果，反而因不易洗淨，而須大幅增加清洗用水量，造成廢水處理之困擾。最適宜之脫脂劑使用濃度則因鍍件之污染程度與脫脂方式之不同而有很大的差異，工廠應循序漸進地嘗試減少脫脂劑使用濃度，以減少污染排出。

2. 使用低污染性脫脂劑

一般脫脂劑組成分中含有界面活性劑及螯合劑等有機性物質，是造成廢水高COD污染來源。根據對業者使用之脫脂劑進行COD檢測結果發現，1公克的脫脂劑溶解於1公升的清水中，其COD濃度約為60~180 mg/ℓ之間，而不同的脫脂劑種類所引起的COD濃度不同。因此，選擇符合工廠需求且COD濃度較低之脫脂劑，應能降低廢水COD污染濃度。在應用實例上，目前國內已有電子電鍍工廠，在不增加原物料成本的情況下，經由使用低污染性脫脂劑，使原廢水COD濃度由350 mg/ℓ降至245 mg/ℓ，並經化學沈澱法處理後，放流水中COD濃度則由使用低污染性脫脂劑前的135 mg/ℓ降至改善後的75mg/ℓ。

3. 妥善管理脫脂槽液

過去電鍍工廠對脫脂劑的使用大都未能加以妥善管制，其用量幾乎都是用概估方式來決定，且為維持良好的脫脂效果，脫脂槽液的更新頻率各工廠都有偏高的傾向。為達到良好的管理成效，業者應調查記錄脫脂槽液處理之電鍍件數、時間和脫脂界限能力的關係，並作成關係圖，以作為脫脂槽操作的依據。另外，脫脂槽液最經濟的使用方式應是多槽脫脂方式，並依序更新各槽之老化槽液，如此每次廢棄之脫脂廢液量可以大幅減少，且能提升鍍件之脫脂效率，可說是一舉數得。

(二) 廢水處理

1. 電解氧化

廢水電解氧化處理主要是藉陽極上之氧化反應，將廢水中的有機物質予以氧化破壞，依氧化反應途徑可分為直接氧化與間接氧化二種型式。直接氧化是藉質傳作用，將廢水中的有機物質吸附於陽極表面，經由電子的轉移而氧化破壞這些有機物質；間接氧化則是在電解氧化系統中添加輔助之電解質，如氯化鈉等，藉陽極之電化學反應將此輔助電解質氧化成具有氧化力之氧化劑，以氧化分解廢水中之有機物質。因此，陽極材料及輔助電解質的作用是去除效果之重要決定因素。

一般而言，電解氧化法主要有下列優點：(1)控制操作簡單；(2)無污泥產生；(3)佔地面積小；(4)有效降低廢水有機污染濃度。

本團曾針對高濃度脫脂廢液以電解氧化法進行

表4 電解氧化法處理脫脂廢液COD之測試結果

電解時間 (hr)	0	1	2	3
COD濃度 (mg/L)	4,326	3,344	2,241	1,583
COD 去除率 (%)	0	22.7	48.2	63.4

COD去除測試。操作時，將電解設備置於反應槽內，加入處理水重量1~5%的氯化鈉，電流強度控制在60安培左右；處理水pH值於電解過程中會逐漸下降（約2~3之間），故處理前處理水之pH值宜調整至8以上。

處理測試時係採用一組電極置於反應槽內進行電解氧化。操作時，加入50L之脫脂廢液及約2,500 g的氯化鈉於反應槽內，攪拌廢液以使NaCl完全溶解，然後放置電極於槽內，打開電源進行電解。電解時，固定電壓為8伏特，電流強度控制在20~50安培左右；電解氧化過程中，分時段採樣、檢測、分析廢液之COD污染濃度，以掌握處理效率，有關測試結果如表4所示，脫脂廢液COD之去除率約為63.4%。

2. 濕式氧化法

濕式氧化法 (wet air oxidation) 是一種在高壓下操作，並藉溫度之提高，促使液體中的溶解性或懸浮性有機物與溶氧反應分解，以去除有機物質或有害物質的方法。濕式氧化過程，氧氣的供應量若不足時，會導致水解反應佔優勢，而產生大量的殘留物，以致處理氧化不完全。所以，如何降低水解反應的發生，為評估濕式氧化設備的一個重要指標。

操作時，濕式氧化的壓力通常控制在10~210 kg/cm² (150~3,000 psi) 之間；溫度則控制在175~325℃之間。濕式氧化法可處理溶解性或懸浮性有機物，如油脂、溶劑、含酚化合物及氰化物等有害物質。反應後的最終產物是水蒸氣、氮氣、二氧化碳及灰分等安定物質，而且會將硫化物、氮化物截留在水相中，不會造成空氣污染。因此，其應用範圍相當廣泛，在國外也已有許多成功運轉的實例。

為瞭解濕式氧化法處理高濃度脫脂廢液之處理成效，本團應用濕式氧化設備進行電鍍脫脂廢液的處理可行性測試，有關測試操作步驟及測試結果，

如表5所示。其COD去除率約可達61%，效果良好，故初步判斷此一處理方法的可行性甚高，唯未來仍有必要再進行更深入之測試工作，以建立最佳操作條件並使此一處理方法得以實用化。

脫脂槽液循環過濾

前已述及，老化排棄的脫脂槽液會增加綜合廢水的COD濃度，因此為能減少脫脂槽液的排放量，進而節省脫脂劑的使用量以降低生產成本，增加同業間的競爭能力，可設置脫脂槽液循環過濾機以去除槽液中累積的油脂及固態雜質，以延長脫脂槽液使用期限，直接達到減少老化廢液排棄頻率，並降低廢水中之COD污染負荷的目的。

本節將就脫脂槽液循環過濾回收設備之應用作一簡要說明，並對已設置此項設備之工廠，就其回收處理成效及設備回收期限進行量化評估，以提供業者參考。

1. 脫脂槽液之污染物特性

脫脂槽液於脫脂過程中累積的污染物，主要有鍍件表面的拋光渣、機械油及防銹油，另外尚有工作中所使用之護具所產生之絲屑。污染物可分為油脂、固態雜質單獨存在，以及油脂包覆固態雜質等三種型態。一般而言，鹼性脫脂液中之固態雜質的粒徑約為1.5～7.0 μm，電解脫脂液則約為1.5～5.0 μm。油脂則可分為懸浮於脫脂液液面上之浮上油、以細微粒徑存在於槽液中之分散油，以及被脫脂液中之界面活性劑所乳化的油脂（通常呈乳

白色，粒徑約0.1～0.4 μm的乳化油）等三種型態。

鍍件表面附著的油脂及固態雜質，於脫脂過程中累積於脫脂槽液的量，主要取決於鍍件的形狀、鍍件的加工方法，以及鍍件的表面積。依據對鍍件之單位比表面積或重量中所附著之固態雜質及油脂含量，進行隨機採樣測定結果，掛鍍鍍件之固態雜質附著量約3 mg / dm²、油脂濃度約5 mg / dm²，而滾鍍於每個滾桶中置放25kg的鍍件時，其總固態雜質附著量約在1 g 以下，油脂濃度則約在100 mg 以下。

2. 處理方法及流程

循環過濾回收法是將脫脂槽液泵送至過濾設備，進行油脂吸附及雜質過濾等純化處理，並循環脫脂液再用的方法，其典型之過濾回收流程如圖1所示。圖2為兩種常見之循環過濾回收處理流程，對於油脂含量較少之脫脂槽液是將槽液上方溢流液導入吸附單元先行去除油分後，再與脫脂槽底部槽液一併經過濾單元去除固態雜質，處理流程如圖2(a)；另油脂含量較高之槽液，則需將溢流液導入油脂分離槽經重力分離與油脂吸附分離後，再過濾去除固態雜質，處理流程如圖2(b)。

一般而言，前者適用於油脂含量低、固態雜質含量在100 mg/L 以下之鹼性脫脂後之脫脂槽；後者則適用於油脂含量在100～1,000 mg/L，固態雜質含量介於100～300 mg/L 之間之第一或第二鹼性脫脂槽，該二種流程之適用對象及其功能則整理如表6。

表5 濕式氧化法處理脫脂廢液COD之測試結果

處理前 COD (mg / L)	處理後 COD (mg / L)	去除率 (%)
4,326	1,686	61
操作步驟		
1. 取脫脂廢液 150 L，調整廢液 pH 值至 pH = 12 以上，由進料泵注入濕式氧化設備進行處理。		
2. 加溫至 250 ℃，反應壓力控制在 92 kg / cm ² (1,300 psi)，反應時間 1 hr。		
3. 降溫、降壓並洩料。		
4. 分別於測試前、測試後採樣分析廢液之 COD。		

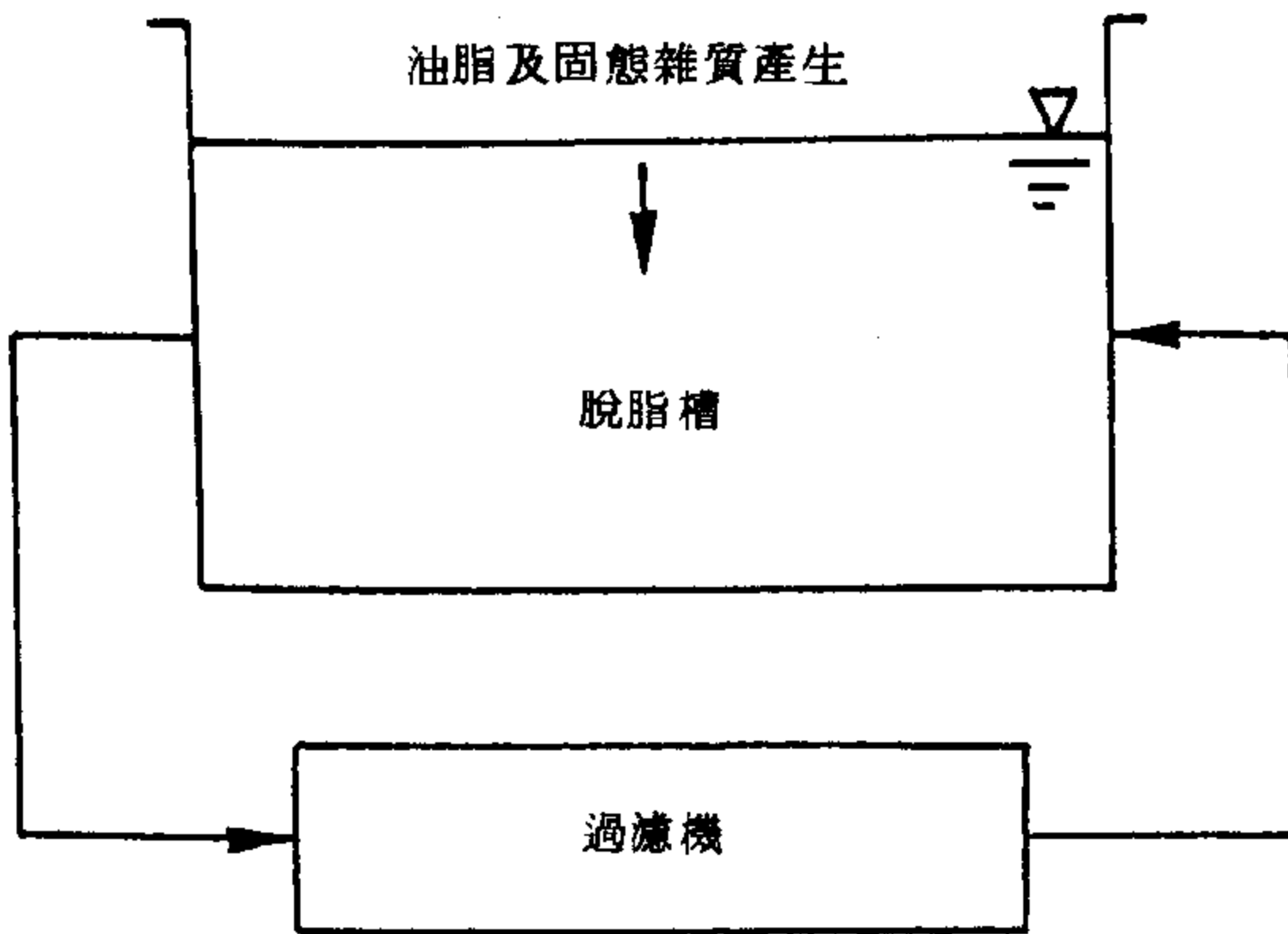


圖1 循環過濾回收流程

表 6 各種循環過濾回收裝置適用對象及其功能

流程	脫脂液特性	適用槽液	功 能
(a)	油脂含量低 固態雜質含量低 (100 mg/L 以下)	1. 鹼性脫脂後的脫脂槽液 2. 三氯乙烯洗淨後的脫脂槽液	浮油的吸附、固態雜質去除
(b)	油脂含量高 ($100 \sim 1,000\text{ mg/L}$) 固態雜質含量高 ($100 \sim 300\text{ mg/L}$)	1. 第一鹼性脫脂槽液 2. 第二鹼性脫脂槽液	浮油的分離及吸附，固態雜質去除

3. 經濟效益評估

為瞭解電鍍工廠脫脂程序設置循環過濾回收設備之效益，經進行 8 家設置脫脂槽液循環過濾回收設備工廠之設備功能及適用性評估，各廠脫脂槽液更槽週期變化情形整理如表 7。一般而言，設置循環過濾回收設備後脫脂槽液使用期限可延長 1~3 倍。以下列舉其中 1 家工廠之狀況，說明其設置脫脂槽液過濾機之處理成效與設備投資回收期限。

案例工廠係一中型規模之掛鍍工廠，以電鍍活動扳手、自行車零件及釘書機為主，基於產品功能之需求，鍍件均進行兼具耐磨及防蝕性之鎳、鉻電鍍，該廠為做好廢水污染防治工作，廠內設有乙套廢水處理設施，且於製程線上設置多項回收系統。

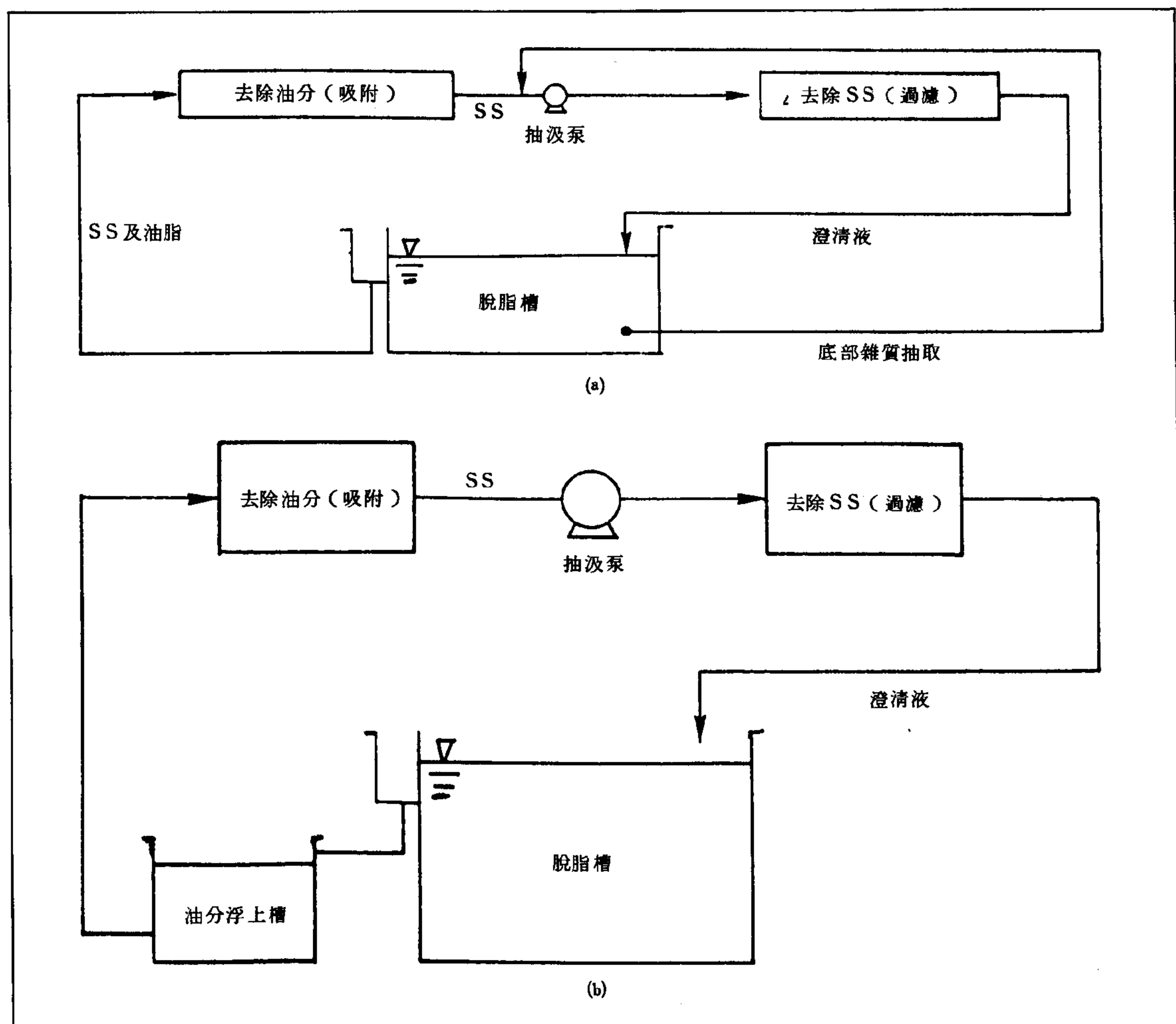


圖 2 脫脂液循環過濾回收處理流程

由於廢棄的脫脂廢液之COD污染濃度甚高，雖已設置高濃度廢液收集貯槽，並採分批微量方式併入廢水處理場處理，處理水之COD值仍無法穩定地符合 $COD \leq 100 \text{ mg/L}$ 之管制標準，該廠乃於製程中之熱脫脂槽設置循環過濾回收設備，以延長槽液使用期限及減少高濃度脫脂廢液排放量，進而降低管末處理負荷。該廠之脫脂槽液循環過濾流程與圖2(a)類似。

該設備之處理成效及污染減量效益，經進行脫脂槽液過濾處理前後二次隨機採樣分析，各項檢測資料整理如表8，同時將脫脂槽液更換期限及物料使用量情形記錄成表9，由表8及表9中可知，該掛鍍工廠設置循環過濾回收設備對脫脂槽液中之油

脂、COD及SS之去除效率分別為98%、44%及86.6%，且可使清槽期限由3.5月/次延長為11月/次，亦即可延長脫脂槽液之使用期限達3倍以上，對污染減量效益相當顯著。該循環過濾回收處理設備之初設成本含安裝配管等費用，共計25萬元，該設備之回收期限以案例工廠為例，約0.8年，詳如表10所示。

電鍍廢水二級生物接觸曝氣法處理

一般電鍍工廠之綜合廢水經化學沈澱處理後，大多數的工廠放流水COD值仍無法符合管制標準，使得工廠必須採取更進一步的處理措施，以使廢

表7 電鍍工廠設置循環過濾回收設備前後更槽週期變化情形

工廠	電鍍方式	鍍件	電鍍鍍層	脫脂槽名稱	槽液量 (L)	更槽週期	
						設置前	設置後
A	滾鍍	電器零件	鍍鎳	鹼性脫脂	1,500	25日	90日
B	滾鍍	電器零件	鍍鎳	鹼性脫脂	4,000	1個月	2個月
C	滾鍍	電器零件	鍍銅、鍍鎳	電解脫脂	300	1個月	3個月
D	滾鍍	裝飾零件	鍍銅、鍍鎳、鍍鉻	電解脫脂	2,000	2個月	7個月
E	滾鍍	家庭零件	鍍銅	電解脫脂	2,100	2個月	4個月
F	掛鍍	衛浴零件	鍍鎳、鍍鉻	鹼性脫脂	1,650	4個月	10個月
G	掛鍍	自行車零件	鍍鎳、鍍鉻	鹼性脫脂	1,150	5個月	11個月
H	掛鍍	五金零件	鍍鎳、鍍鉻	熱脫脂	7,000	3.5個月	10個月

表8 某掛鍍工廠熱脫脂槽液循環過濾前、後污染濃度變化

處理狀況	污 染 濃 度 (mg/L)					
	油 脂		COD		SS	
	第一次分析	第二次分析	第一次分析	第二次分析	第一次分析	第二次分析
循環過濾前	6,440	8,370	15,816	21,640	361	479
循環過濾後	43.3	166.6	8,141	12,110	33.1	64
處理成效	99.3%	98%	48.5%	44.0%	90.8%	86.6%

註：原脫脂槽液之COD濃度為5,600 mg/L。

水的COD濃度降至容許限值以下。

經實際測試分析國內電鍍工廠之廢水、廢液特性，發現經化學沈澱處理後之放流水中BOD/COD值約在0.2～0.6之間，具有相當的生物可分解性，適合採用生物處理法處理電鍍廢水中COD污染

表9 某掛鍍工廠循環過濾回收設備設置前後熱脫脂槽更槽期限及脫脂劑補充量變化情形

項 目	脫脂劑補充量	熱脫脂槽槽液更槽期限
設 置 前	200 kg/月	3.5 月/次
設 置 後	130 kg/月	11 月/次
減量效益	減少使用量70kg/月	延長使用期限達3倍以上

註：1. 脫脂槽液體積為7,000公升。

2. 脫脂槽液配製濃度為5%。

成分。

由於國內電鍍工廠大多為代加工型態工廠，廠內廢水水質、水量隨產品種類、訂單多寡而有變化，且各類老化廢棄槽液之排放頻率亦與生產作業有關，因此，基於考量國內電鍍工廠廢水特性變化大；廠內可用土地空間有限等因素，經審慎的評估各種可行的生物處理方法後，發現以好氧性的生物接觸曝氣法做為化學沈澱處理後之二級處理方法較為適宜。以下就二級生物接觸曝氣法去除電鍍廢水COD污染成分的可行性進行說明，期能提供業者一經濟有效的處理方法，使放流水質能穩定地符合環保標準。

(一)處理流程及技術說明

以接觸曝氣法做為電鍍廢水二級生物處理，其建議之處理流程如圖3所示。

表10 某掛鍍工廠熱脫脂槽液循環過濾回收設備效益評估

項 次	項 目	單 位 費 用	費 用
初 設 成 本	脫脂槽液循環過濾回收設備（含安裝、配管）	250,000 元	250,000 元
	合 計		250,000 元
每年操作維護費用	• 電力費（1 Hp，每天操作8小時，每年操作300天）	2.6 元/kw·hr	5,279 元
	• 濾袋更換費用	2,500 元	2,500 元
	• 吸油棉更換費用	1,200 元	6,000 元
	合 計		13,779 元
每年可節省費用	• 熱脫脂劑補充費用（每月減少70 kg）	70 元/kg	58,800 元
	• 熱脫脂劑配製費用（每年減少819 kg）	70 元/kg	57,330 元
	• 活性碳吸附去除COD費用（活性碳使用量4268.8 kg/年）*	50 元/kg	213,440 元
	合 計		329,570 元
每年總淨節省費用：329,570 元－13,779 元＝315,791 元			
回收期限：250,000 元÷315,791 元/年＝0.8 年			

*：僅估算去除脫脂廢液中COD之處理成本，並假設去除1 kg之COD需10 kg之活性碳

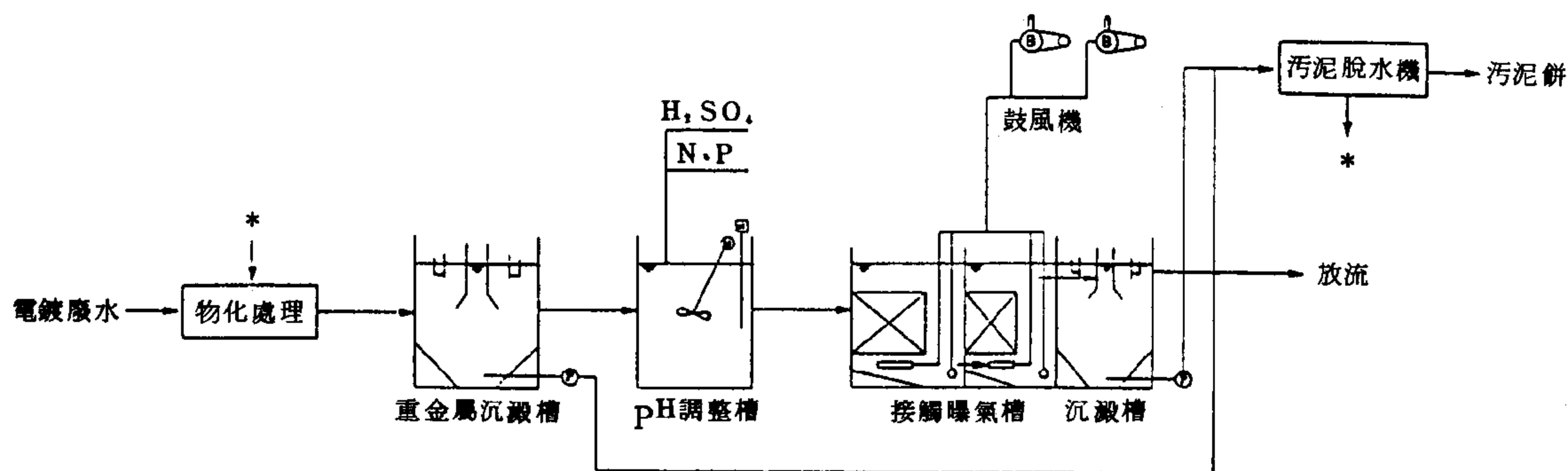


圖 3 電鍍廢水二級生物接觸曝氣法之處理流程

電鍍廢水先經前段化學沉澱法處理去除重金屬離子後，沉澱槽出流水調整 pH 後流入接觸曝氣槽進行二級生物處理。其處理流程說明如下：

1. 一般電鍍廢水在進行化學沉澱處理過程中，為使廢水中的重金屬離子與 OH^- 基結合形成固態的重金屬氫氧化物顆粒，以利沉澱去除，其操作 pH 值均控制在 9~10 之間，使得去除重金屬離子後的沉澱槽出流水 pH 值偏高且缺乏氮、磷等營養成分，並不適合直接進入接觸曝氣槽進行二級生物處理，必須先於 pH 調整槽內添加酸劑調整廢水的 pH 值至 7.0~7.5 的範圍；並添加適量的 N、P 等營養鹽，以使進流水水質符合二級生物處理之條件。
2. 廢水由 pH 調整槽流入接觸曝氣槽進行生物處理，為防止短流現象發生並提高處理效率，接觸曝氣槽以採兩槽串連型式為佳；槽內設置散氣攪拌裝置，由鼓風機壓送空氣進入廢水中循環攪拌廢水，使其與接觸材表面生物膜充分接觸，並供應充足的氧氣使槽內廢水溶氧 (DO) 濃度維持在 1 mg/L 以上。

(二) 操作管理上注意事項

採用接觸曝氣法做為電鍍廢水二級生物處理系統時，必須特別注意防範下列異常現象的發生，方能確保良好的 COD 去除效果。

1. 進流水質異常

接觸曝氣法雖被認為較能承受負荷之變化，但當化學沉澱前處理功能異常時，將造成進流水中重金屬離子含量過高，由於一般生物處理對重金屬的最大容忍值銅離子為 1 mg/L，鎳離子為 6 mg/L

，總鉻則為 5 mg/L，因此，化學沉澱前處理若未能發揮穩定的處理功能，重金屬離子將流入接觸曝氣槽內對生物膜中的微生物造成毒性，甚至導致微生物死亡，嚴重影響 COD 去除效果，為防止此一現象發生，須加強前處理之操作維護管理。

2. 氮、磷營養鹽不足

氮、磷營養鹽不足，會影響生物處理效率，因此必須維持進流廢水之 N、P 平衡，適量的補充營養劑。

3. 接觸材阻塞發生厭氧狀態

生物膜增殖過厚，累積於接觸材之孔隙中造成阻塞，將影響水流循環及氧氣的傳輸，產生厭氧狀態而使處理效率降低，為防止此一現象發生，必須適時的進行接觸材反沖洗，去除部分過於肥大的生物膜及附著的固體物，提升生物膜之生物代謝機能，以維持良好的去除效率。

(三) 處理試驗結果

選定進行二級生物接觸曝氣法處理試驗之工廠，為一專門從事自行車車架及電腦外殼之電鍍加工廠，以鍍雙重鎳一鉻為主。該廠廢水分流系統完善，採傳統化學沉澱法處理；高濃度廢液則設有貯槽收集，再以分批（微量）方式泵入處理系統處理，然而，由於工廠作業時間、原物料之補充量（尤其是脫脂劑之使用量）隨訂單數量多寡而有明顯之變化，使得原廢水水質變化很大，惟在良好的操作下，經化學沉澱處理後之水質重金屬污染項目均可符合排放標準，但 COD 則介於 80~390 mg/l 間，無法穩定地符合放流標準。經長期檢測該廠原廢水水質及化學沉澱處理後之水質整理如表 11。

進行二級生物接觸曝氣法處理時，將廢水處理系統之出流水泵送至一容積 500 公升之貯槽內，加入酸、鹼藥劑調整廢水 pH 值至 7.0 ~ 7.5 之間，以符合生物處理之進流水質要求。在進行不同水力停留時間測試時，以定量泵調整進流量，將貯槽中之廢水平均抽入兩段串聯之接觸曝氣槽，處理後之出流水以重力流方式流入沉澱槽進行固液分離，上層澄清液經溢流堰流出後放流。試驗用之接觸曝氣

槽有效容積為 0.041m^3 、濾材體積為 0.023m^3 ，濾材填充率為 55%。

由於生物處理之水力停留時間愈長，在相同處理容量的條件下，所需曝氣槽體積越大，在考量電鍍工廠廠區面積偏小的情況下，規劃採 24 小時、16 小時、8 小時及 4 小時等不同水力停留時間進行測試，經實際測試結果彙整如表 12，歸納說明如下：

1. COD 容積負荷在 $1\text{kg} \cdot \text{COD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 以下，接觸材表面積負荷在 $12\text{g} \cdot \text{COD} / \text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以下時，水力停留時間維持在 4 小時，COD 去除率可達到 75%。
2. COD 容積負荷在 $0.57\text{kg} \cdot \text{COD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 以下，接觸材表面積負荷在 $7.2\text{g} \cdot \text{COD} / \text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以下時，水力停留時間維持在 8 小時，COD 去除率為 85%。
3. COD 容積負荷在 $0.38\text{kg} \cdot \text{COD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 以下，接觸材表面積負荷在 $4.9\text{g} \cdot \text{COD} / \text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以下時，水力停留時間維持在 16 小時，COD 去除率為 91%。
4. COD 容積負荷在 $0.26\text{kg} \cdot \text{COD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 以下，接觸材表面積負荷在 $3.4\text{g} \cdot \text{COD} / \text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以下時，水力停留時間維持在 24 小時，COD 去除率為 91.8%。

表 11 工廠原廢水與化學沉澱處理後處理水之水質

單位：mg / L，pH 除外

名稱 污染項目	原廢水水質	化學沉澱處理後之水質
COD	140~550	80~390
Ni ²⁺	20~55	0.1~3.7
Cr ⁽⁶⁾	15~50	0.1~3.3
Fe ³⁺	10~45	0.4~0.7
pH 值	3~4	6.8~8.5
BOD	—	10.8~93.9

表 12 電鍍廢水二級生物處理試驗結果分析

試驗編號		1			2			3			4		
進流水水質 COD (mg / L)		267			263			191			161		
進流水水質 BOD (mg / L)		73.8			82.5			74			93.9		
BOD / COD		0.28			0.31			0.39			0.58		
進流水水質	Ni ²⁺	1.29			1.90			1.7			0.62		
	Cr ⁽⁶⁾	0.14			3.28			0.79			ND		
	T - N	4.6			6.1			13.3			6.8		
	T - P	0.20			0.16			0.14			0.17		
水力停留時間 (hr)		24			16			8			4		
體積負荷	$\text{g} \cdot \text{COD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$	267.2			388.19			570.71			956.34		
	$\text{g} \cdot \text{COD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$	73.85			121.77			221.11			557.77		
表面積負荷 $\text{g} \cdot \text{COD} / \text{m}^2 \cdot \text{日}$		3.39			4.93			7.24			12.15		
放流水 COD 濃度 (mg / L)		24	22	22	22	20	23	29	28	30	38	42	36
放流水 BOD 濃度 (mg / L)		1.6	1.1	1.1	—	—	0.5	3.8	6.8	2.0	2.0	2.8	3.9
COD 去除率 (%)		91.0	91.8	91.8	91.6	92.4	91.2	84.8	85.3	84.3	76.4	73.9	77.6
BOD 去除率 (%)		97.8	98.5	98.5	—	—	99.4	94.9	90.8	97.3	97.9	97.0	95.8

下時，水力停留時間維持在24小時，COD去除率達92%。

電鍍廢水採用二級生物處理法處理其COD污染成分，在技術上確實可行，惟因其BOD/COD之比值較理論值偏低，因此在選擇處理方法時，須審慎考量廢水水質、水量特性，宜採操作簡易、效果穩定且適於處理高難度廢水之處理方法。

結語

電鍍業廢水污染防治工作向來頗受業者及環保單位所重視，業者為能有效解決污染問題，紛紛採行減廢技術及管末處理措施，以使放流水質能符合

管制標準。然而，不可諱言地，部分工廠在採行減廢措施之合理化用水以減少廢水量後，廢水COD污染濃度相對提高，使得長期困擾業者之COD污染問題益形嚴重。此一問題癥結，筆者認為主要在於業者未能妥善進行全廠整體性污染減量工作，同時未能全盤瞭解電鍍廢水COD的來源及特性，以便採取適當之解決對策；如今，這種現象經驗證發現，應用整體性減廢回收與管末處理技術，可以經濟有效地克服電鍍廢水COD污染問題。本文引用服務團多年來為降低電鍍廢水COD污染濃度，所進行的各項試驗結果，提供予業界參考應用，期能對產業界污染防治工作有所裨益。

參考文獻

1. 電鍍業廢水污染防治資料彙編，經濟部工業局編印，民國83年6月。
 2. 電鍍業廢水處理技術整合及推廣專案綜合報告，經濟部工業局工業污染防治技術服務團專案報告，民國82年6月。
 3. 陳見財、張啓達、朱昱學著，電鍍工廠減廢回收技術及實例介紹，工業污染防治季刊第12卷第2期，pp123～144，民國82年4月。
 4. 鄭建南等著，電鍍業脫脂槽液循環過濾回收效益評估，第四屆（1994）工業減廢技術與策略研討會論文集，pp 657～672，民國83年6月。
 5. 電鍍業過濾回收設備技術探討與推廣專案綜合報告，經濟部工業局工業污染防治技術服務團專案報告，民國83年6月。
 6. 涂錦葆主編，電鍍廢水治理手冊，機械工廠出版社，1989年12月。
-

（陳先生現任工業污染防治技術服務團工程師）

（鄭先生現任工業污染防治技術服務團工程師）

（張先生現任工業污染防治技術服務團工程師）

（楊先生現任工業污染防治技術服務團團長）