

工程實務

汽車塗裝工程及電著底漆廢液之處理

鄒文源* 陳誼彰** 阮國棟***

摘要

台灣的汽車工業每年都在成長，但可利用的土地卻越來越少，如何有效的利用有限的土地面積，做好廢水處理達到環保的要求，是非常值得注意的問題。本文除介紹汽車製造過程中廢水的排放情形外，主要是說明汽車電著塗裝等高濃度廢水的處理結果。由實驗得知，以厭氣循環批式法處理，當廢水濃度維持在COD 11200mg/l、BOD 7770mg/l，水力停留時間10天，即體積負荷 $1.14\text{kgCOD/m}^3\text{r.day}$ 或 $0.79\text{kgBOD/m}^3\text{r.day}$ 時，COD的去除率達91%，BOD的去除率達92%。由本研究的結果，可提供汽車工業界做為廢水處理流程改善的參考。

一、前言

台灣之汽車工業隨著工業及經濟之快速發展，亦正蓬勃的發展，由1990年中華徵信社之調查⁽¹⁾及1989年之工商名錄⁽²⁾資料可知（如表1所示），汽車製造業之營業額均位居國內500大企業之前30名內，未來我國因邁入已開發國家行列，人民收入持續增加下，汽車之需求量亦會大幅增加，因此汽車生產時排放之廢水也會相對增加。由於台灣土地面積小，人口密度高，故環境之維護已逐漸受到大家的重視，對工廠廢水之污染問題非常注意，對工廠之污染防治工作要求亦越趨嚴格。雖然目前一般汽車製造廠均設有廢水處理場，採用化學混凝沉澱及活性碳吸附法處理，且在正常操作下可達到放流水標準，然而由於此種處理法處理費較為昂貴，可能增加汽車之生產成本，造成業者降低正常操作的意願，故開發新的處理方法來改善已有的處理流程，降低操作成本，提高處理效率，是非常值得研究的課題。

本文除介紹汽車塗裝之製程及廢水排出之概況，同時並對高濃度的電著底漆廢液進行厭氣處理研究，希望對汽車製造業之廢水處理改善有所幫助。

*工研院化學工業研究所副研究員

*工研院化學工業研究所技術員

**行政院環保署環境衛生及毒物管理處處長

表 1 汽車製造廠規模及分佈

工廠 名稱	位置	營收額 (百萬元)	500 大企業 排名	員工 人數
福特	桃園縣	34,700	2	3,100
三陽	新竹縣	23,568	6	4,024
裕隆	苗栗縣	19,054	8	3,322
羽田	彰化縣	10,266	25	1,714
中華	桃園縣	10,085	26	1,385
國瑞	桃園縣	9,477	28	782
三富	台中市	7,434	30	1,750
太子	台北縣	6,520	39	1,893

資料來源：1990年中華民大型企業排名，中華徵信社編

二、汽車製程及廢水來源

汽車製造過程中廢水的來源都是由車體表面塗裝而來，典型的汽車塗裝流程及廢水來源如圖1所示⁽³⁾⁽⁴⁾，至於各製造單元所排出的廢水形態，是依各不同工廠及不同製造單元工程所使用之塗料及溶劑種類而異，至於廢水中之主要污染物質，為有機物、懸浮固體、油脂及少量的重金屬。

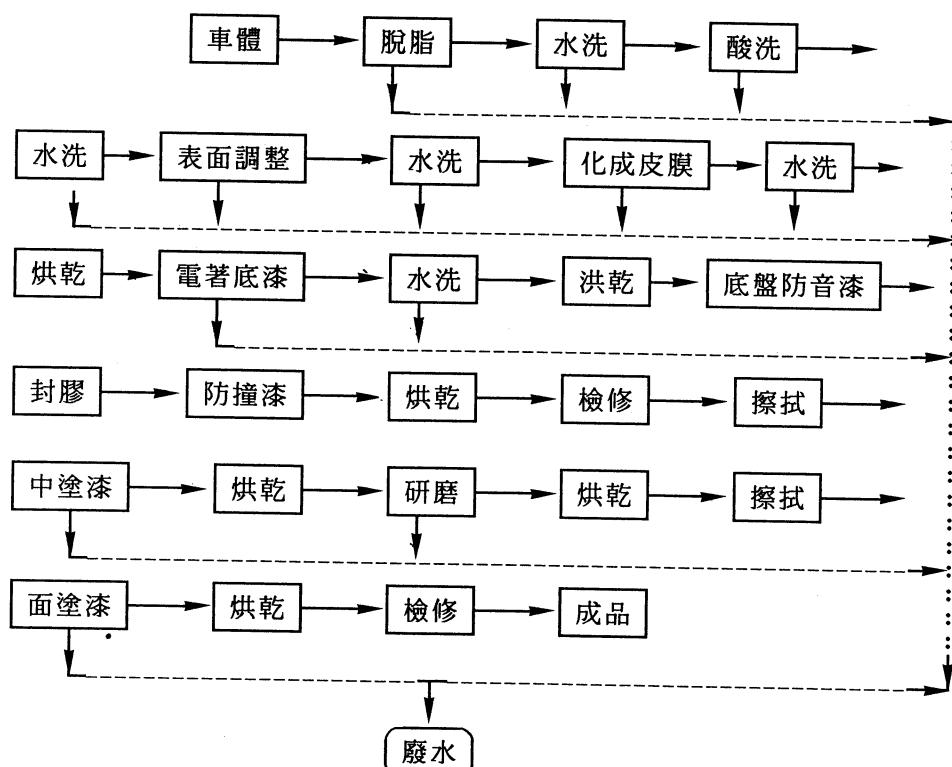


圖 1 典型汽車製程及廢水來源簡圖

汽車塗裝廢水來源可大致區分為塗裝前處理廢水、電著底漆廢水、中塗、面塗噴漆廢水三個階段。以下分別說明各主要處理工程及廢水排放情形。

2.1 塗裝前處理工程廢水⁽⁵⁾⁽⁶⁾

1. 脫脂工程

脫脂工程常使用的方法有以下幾種：

(1) 鹼洗淨法

去除金屬面的油脂，以前使用強鹼性的溶液如苛性鈉及蘇打灰(soda ash)等，經高溫長時間浸漬處理，但近來都改用磷矽酸鈉、偏矽酸鈉、磷酸鈉及碳酸鈉等弱鹼為主成份，再配合界面活性劑組成之鹼洗淨劑，如此可在較低溫且短時間脫脂。

(2) 溶劑洗淨法

常用的溶劑是三氯乙烯(trichloroethylene ,CHCl:CCl₂)，因其對各種油脂類的浸透性大，且溶解性好，而且為不燃性，和空氣混合不會形成爆炸，因此極廣泛地應用於脫脂工程上。

(3) 浮化洗淨法

動植物油脂及礦物油，一般在高溫時很容易溶解在燈油(Kerosine)等高沸點餾出的碳氫化合物。使用燈油脫脂，脫脂後要從金屬表面去除燈油非常困難，因此選擇一種或多種界面活性劑混合使用，脫脂後之水洗，可使油脂和燈油乳化(emulsion)，能很容易的從金屬表面去除。

脫脂工程廢水的來源有二：

(1) 水洗廢水

使用以上各種方法進行脫脂後，因金屬面會附著溶劑、肥皂、鹼、界面活性劑及氧化膜，故必須仔細地進行水洗，因而產生了多量低濃度的廢水。廢水的污染成份來自脫脂劑及油脂，通常COD 在20~250 mg/l間。

(2) 老化脫脂液

脫脂液由於脫脂處理後會累積油脂，使得脫脂能力降低，而且脫脂液會隨著車體被帶往下一步驟的水洗工程，因此脫脂槽必須不斷的補充流失的脫脂液，而脫脂槽也會累積油脂，隨著脫脂液份濃度的上升，則水洗水排出的油份也會增加，通常脫脂槽累積之油脂到達10~30g/l 之濃度後，脫脂液就必須更新。通常老化脫脂液之COD在13000mg/l左右，然此廢液一般均回收處理，而不直接排入廢水池。

假如脫脂槽能裝設連續分離累積油脂的設備（如圖2所示），則脫脂液的油脂含量便可降低，同時由於脫脂時車體會附著油脂而不斷的帶出，則脫脂槽之油脂含量便會平衡，而不必更新。因為脫脂槽連續的除油，所以槽中的油脂含量較低，被車體帶出的油脂便減少，可以減少水洗時之污染量，而使得廢水之處理品質變得較好，故是一種值得推廣的製程減廢方法。

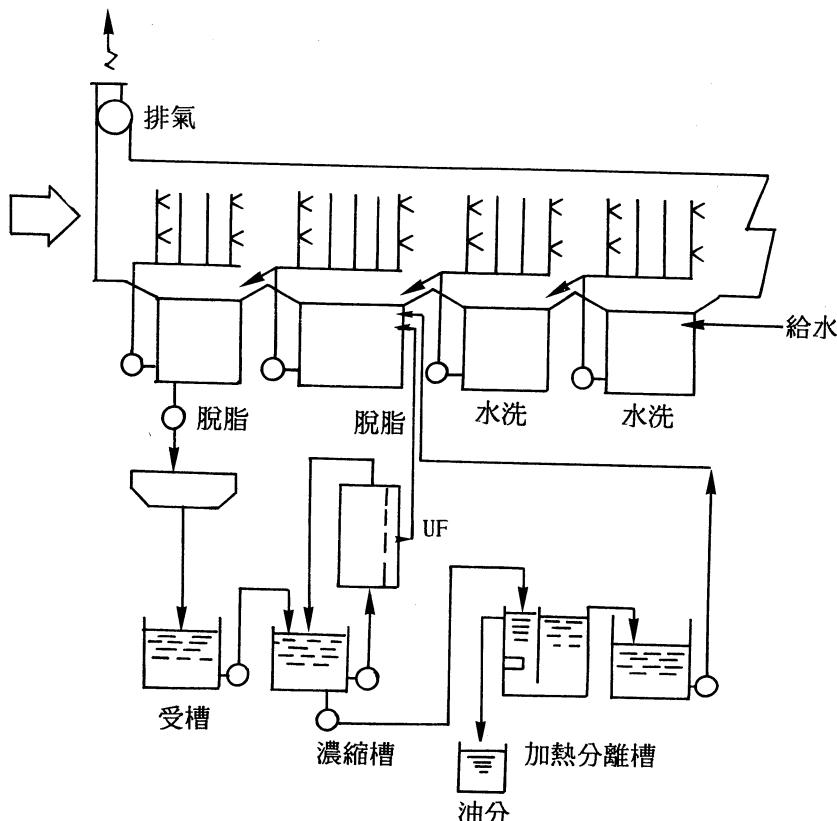


圖 2 密閉脫脂、水洗循環系統

脫脂槽油脂的分離去除是利用UF過濾並濃縮之。如果能同時利用加熱分離槽，使油脂容易上浮分離，則分離後的脫脂液就不會有漏失，經過如此處理後的脫脂液便與新的脫脂液相同，而不需更新。

2. 酸洗、表面調整工程

將車體浸漬在各種酸的溶液中，可將金屬面所附著的氧化物或氫氧化物除去的方法，謂之酸洗法。一般使用的酸有鹽酸(HCl)、硝酸(HNO_3)、硫酸(H_2SO_4)、及磷酸(H_3PO_4)等，其中，鹽酸及硫酸的除鏽效果較好，而且便宜，因此常用於車體的除鏽。

酸洗後因車體鋼鐵面附著酸，因此必須使用溫水完全洗淨，將酸完全除去，或使用稀鹼中和表面殘存的酸，但仍必須用水洗去中和生成的鹽，以防止再生鏽，此步驟即為表面調整工程。一般使用的鹼劑有鹼性蘇打、碳酸蘇打。

本階段之廢水來源有二，即經常排放的清洗水及批式排出的老化酸洗液。廢水中之污染物含有油脂及 COD，清洗水污染物較少，老化廢液則污染濃度高，但水量少。另外因使用鹼劑的關係 pH 會較高約在 10~11。

3.化成皮膜處理工程

化成皮膜處理，是利用化學方法處理金屬表面使之生成皮膜的方法。因車體為鋼鐵製品很容易生鏽，故必需經化成皮膜處理，一般鋼鐵塗裝之化成皮膜有下列幾種，但最常用的是磷酸鹽化成皮膜。

- (1)鉻酸鹽皮膜。
- (2)草酸鹽皮膜。
- (3)磷酸鹽皮膜。

磷酸鹽皮膜是1960年，由英國T.W.Coslett開發的方法，因其優點很多，故廣泛使用於汽車之處理上。

來自化成皮膜處理工程的廢水包括有經常排出的清洗水及批式排出的老化化成廢液。廢水中之污染物有前階段脫脂工程帶出少量的油脂、界面活性劑及表面處理劑等，另外含有少量化成皮膜所使用的藥品，特別是鋅、鐵、鉛及鉻等重金屬，至於廢水水質，清洗水應不會有問題，但老化廢液應採取必要的處理。

2.2 電著底漆工程⁽⁷⁾⁽⁸⁾

電著塗裝是為了改善汽車車體的防蝕性而發展起來，在1960年由美國的Brewer等人開始做實用化研究，1963年在歐洲亦同時進行工業上的應用研究，此後數十年間電著塗裝在世界各國相繼的研究發展，並應用到工業上，由於電著底漆具有下列多項優點：

- 1.不需特別技術，容易操作，且可以自動化，節省人力。
- 2.「均一性高」對複雜零件、素材內面，接合縫端面都能塗裝。
- 3.對各種金屬之附著性佳。
- 4.塗裝後可直接、水洗、連續乾燥。
- 5.採用UF或RO密閉循環水洗系統，塗料損失少。
- 6.塗料成份安定性高，不含有機溶劑，無安全上的顧慮。

故非常適合用於汽車車體複雜構造物的防蝕上，日本在1970年代初期就開始將之用於汽車生產流程上，今日日本的汽車工業可以如此的發達，電著底漆的發展實佔有很大的因素。

電著塗裝法，是將塗料分散或溶解於電著槽，一般固形物濃度在8~20%間，然後將被塗物車體浸漬於其中，通入直流電，則水中分散的微粒子會受電場的影響而被車體吸引，因而凝聚析出形成塗膜，此為電著塗裝的基本原理。

塗料的補給方式有酸性塗料補給法（陽離子電著塗裝時則是鹽基性塗料補給法）和隔膜法。然目前車體塗裝大都使用隔膜法，隔膜法是在電著塗料內設計一隔膜室，在隔膜室內插陰極（陽離子電著塗裝時要安插陽極）。隔膜使用離子交換樹脂膜，電著塗裝時所產生的過剩氯等可通過隔膜而排出，隔膜室需維持一定的離子濃度，可利用純水補給加以調整，而補給塗料時只要將塗料溶解後加入電著槽內即可。

汽車車體經電著塗裝後必需水洗，過去之洗滌方式採用不回收之連續水流沖洗，以

致造成多量且污染濃度高的廢水，然目前一般汽車廠均改用可回收水，污染量較少的超過濾(ultra filter, UF)密閉循環水洗系統（如圖3所示）來加以改善。

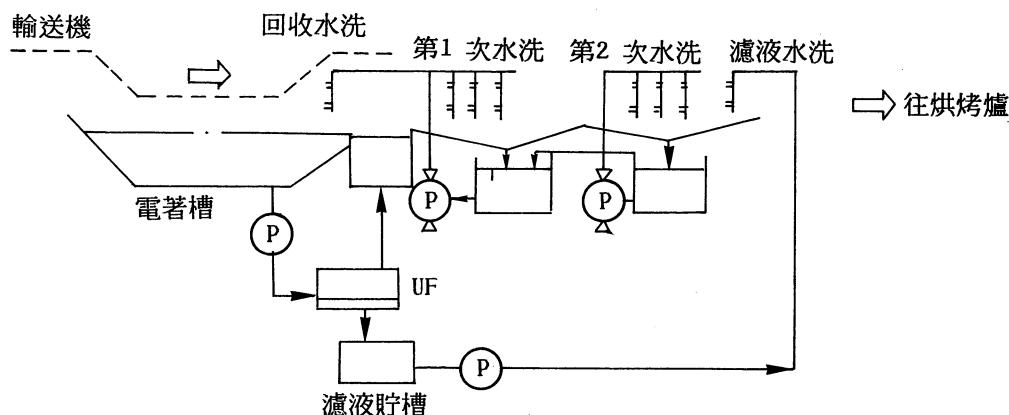


圖3 超過濾密閉循環水洗系統

由於電著槽會受到被塗裝車體帶入的金屬粉末或塵埃之污染及槽內塗料本身之凝集現象，這些污染物會導致塗膜發生不良的現象，因此需經常將槽內的塗料過濾，過濾濃縮後之塗料重回電著槽，而濾液則做為水洗水，如此循環利用使得塗料之利用效率增加，電著槽塗料品質得以保持，而且減少廢水的排放，進而減少廢水的處理費用，故具有非常高的經濟效益。

電著塗裝採用密閉循環水洗系統，雖然可避免水洗水之排放，但為維持電著底漆之品質，因此需定期排出老化的過濾液，同時UF裝置長期使用後雜質會阻礙過濾，必需定期清洗維護，故會產生UF清洗液。另電著槽電極膜內之電極液使用過久會老化影響電著品質，也需不定期更換老化之電極液。因此UF裝置仍會產生過濾液、清洗液及老化電極液三種廢水量少但濃度高的廢水，經調查某汽車廠廢水之COD值如下所示。另廢水中亦含有鉛、鉻等重金屬。

水樣	COD (mg/l)
UF濾液	30,000~38,000
UF清洗液	38,000~65,000
陽極液	3,000~ 6,000

2.3 中塗、面塗噴漆工程⁽³⁾⁽⁹⁾

車體若只經底漆(primer)和面漆(surfacer)處理時，因為塗裝太薄所以焊接部份的

痕跡和鋁金打擊所產生表面凹凸現象，必定無法掩蓋，故必需經過底面漆(primer surfacer)、填縫漆(sealer)等整面處理，如此也可以封住小洞，防止針孔(pinhole)的產生，使得塗裝成品得到較高的耐久性及美觀性。經過整面塗裝處理後之車體最後再經中塗及面塗噴漆。

3.1 實驗設備與方法⁽¹¹⁾

1. 設備

- (1) 反應槽：壓克力製圓柱形厭氣槽，直徑21.2公分，高45公分，外層具有2公分的保溫水夾層，可利用循環溫水(35°C)保溫，槽頂有4個開孔，以做為插入溫度計，攪拌棒與進料口及氣體收集口，處理試驗時外表以鋁鉑紙包覆，以防光線透入，如圖4照片所示。
- (2) 攪拌機：TOKYO RIKAIKAI CO,LTD.,DC-2RT。

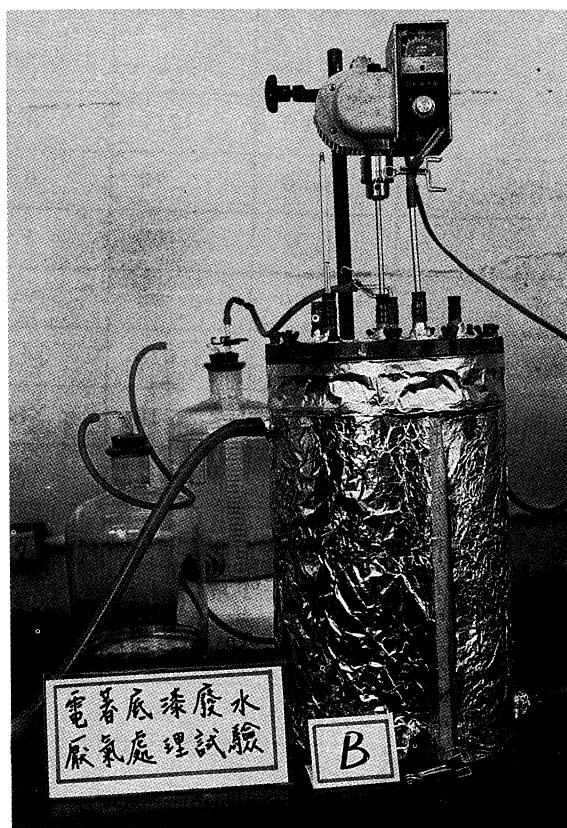


圖4 厭氣批式處理設備

2. 實驗材料

- (1) 污泥：取自豬糞尿厭氣塘及漁市場排水溝，外觀醣酵良好的污泥，經沉澱去除沙粒後，再經過濾去除較粗的飼料固體及雜物後，加入反應槽，污泥處理時必需儘量減少與空氣接觸，污泥懸浮揮發性固體 (VSS) 約為 25,000mg/l，污泥上清化學需氧量 (COD) 約 500mg/l。
- (2) 廢水：將塗裝廢水中之 UF 濾液、UF 洗液、老化陽極液及中塗、面塗廢水等四種高濃度的廢水，依其平均每日產生量之比例混合。平均之 COD 約 12,300mg/l，pH 約 3.20，詳細水質如表 3 所示。由表 2 知 BOD/COD 比值等於 0.67，可知廢水中生物可分解的有機成份相當高，通常廢水 BOD/COD 比值大於 0.5 時，即適合採用生物處理法，因此汽車塗裝廢水採用厭物處理法做前處理應是可行的。

表 2 某汽車廠塗裝廢水量及污染量

廢水來源	廢水量 m ³ /day	COD 濃度 mg/L	COD 污染量 kg/day
N0.1水洗	46.80	211	9.87
N0.2水洗	48.00	20	0.96
水封	11.32	109	1.23
化成液	192.00	93	17.86
陽極液	4.69	3,070	14.40
U.F.洗液	0.50	64,210	32.10
U.F.濾液	1.00	29,710	29.71
中塗、面塗廢水	1.34	4,630	6.20
離子交換再生水	0.8	8	0.11
N0.3水洗	28.0	964	26.99
人工水洗	52.0	398	20.70
合計	386.45		160.03

表3 汽車電著底漆塗裝高濃度廢液水質

污染物	濃 度
pH	(3.10~3.37) 3.24
COD mg/l	(11,200~11,920) 11,560
BOD mg/l	(7700~7910) 7,770
SS mg/l	(24~38) 30
Pb mg/l	(2.1~27) 15
Cd mg/l	<0.03
Cr mg/l	(1.2~2.0) 1.6
SO ₄ ²⁻ mg/l	1.44
Ethyl Cellosolve %	0.13
Butyl Cellosolve %	0.2

(3)操作方法：

- ①進料：採連續批式進料方式，一天一個週期，每天取四股高濃度廢液依廢水產生量之比例混合後，以工業級NaOH溶液調整pH至7.0±0.2，依各槽控制之進料量，一次倒入反應槽，馬上蓋緊進料口，再啟動攪拌機，攪拌速度控制為100rpm，並維持5分鐘，攪拌後以排水集氣瓶由氣體排放口收集產生之氣體。處理試驗之溫度，均以溫水循環保溫至35°C。
- ②出料：廢水在反應槽中經24小時之作用分解後（第二天），利用虹吸管排出上清液，此即為放流水，放流水分析其pH、COD、BOD₅、SS及VSS等。氣體由氣體出口收集，測量氣體產量並分析其組成。
- ③分析方法：pH、COD、BOD₅、VSS等均依照環保署之水質檢驗法第一篇測定，氣體組成則利用Gas Chromatograph測定。

3.2 結果與討論

本試驗控制水力停留時間(HRT)5天至30天，COD體積負荷由0.38kgCOD/m³r.day到2.28kgCOD/m³r.day，共進行6個試程，以下對試驗結果進行討論。

1.有機負荷與去除量之關係

循環批式厭氣處理電著底漆塗裝廢液，其COD、BOD體積負荷與去除之關係，分別示於圖5、圖6。

由圖5、圖6之結果可知，COD、BOD有機去除量是隨著有機負荷之增加而增加，⁽¹²⁾有機負荷在1.14kgCOD/m³r.day及0.79kgBOD/m³r.day時，有機去除率仍可達90%以上，顯示處理效果相當良好，但當有機負荷升高至2.28kgCOD/m³r.day或1.58kgBOD/m³r.day時，則去除量並未顯著增加，且去除率下降至僅有50%，顯示此時之負荷已

太高，使得去除效果不佳。但也有可能是負荷升得太多，由 $1.14\text{kg COD/m}^3\text{r}.day$ 或 $0.55\text{kg BOD/m}^3\text{r}.day$ 升至 $2.28\text{kg COD/m}^3\text{r}.day$ ； $1.10\text{kg BOD/m}^3\text{r}.day$ ，負荷相差達二倍，以致微生物適應不良而影響處理效果，未來如有類似試驗，在較高之負荷時，負荷量不應變化過大。

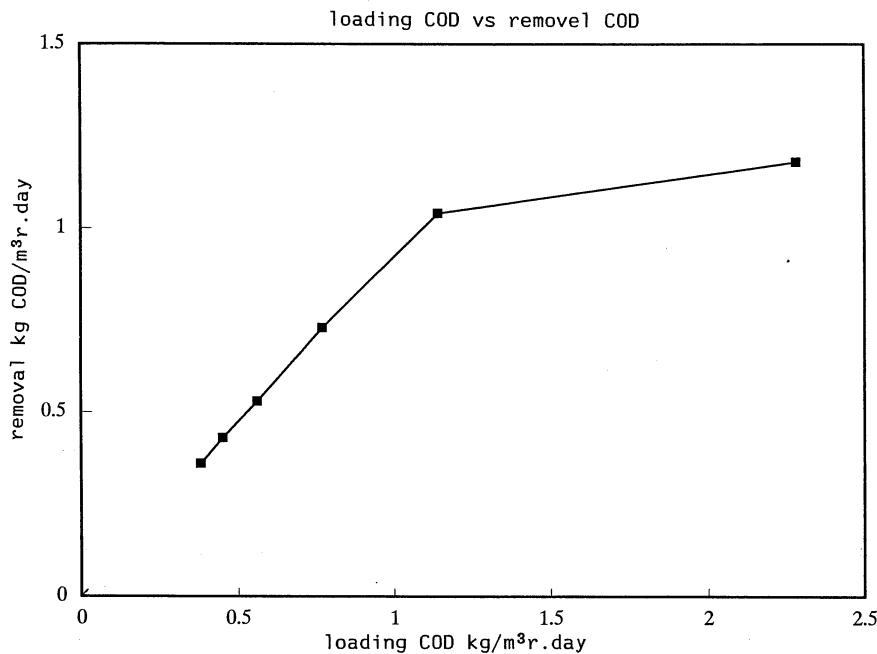


圖 5 COD體積負荷與去除量之關係

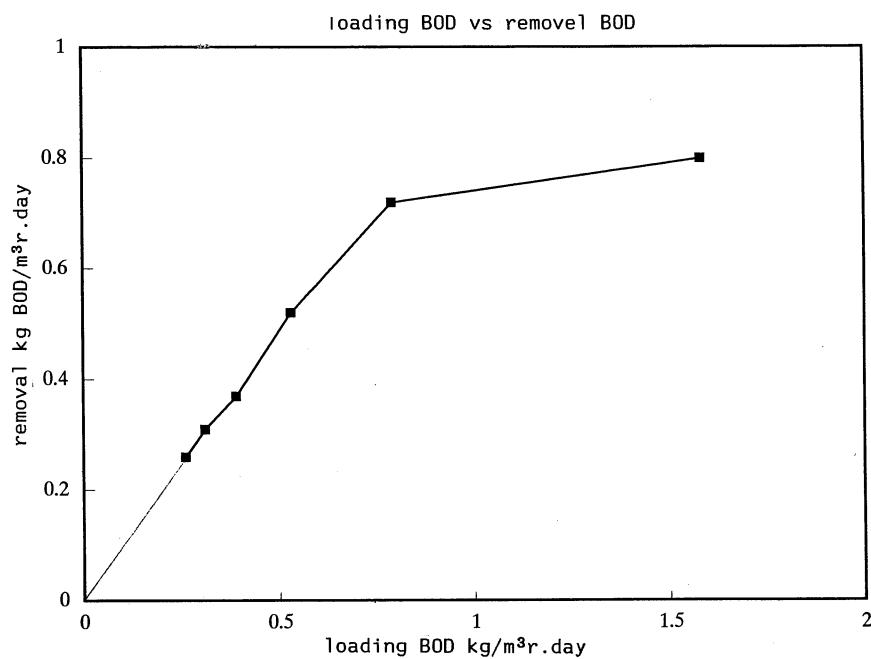


圖 6 BOD體積負荷與去除量之關係

2. 生物負荷與COD去除量之關係

循環批式厭氣處理高濃度電著底漆廢液，其生物負荷與COD去除量之關係示於圖7。

由圖7之結果知，厭氣生物污泥去除COD之能力，在生物負荷為 $0.05\text{kgCOD/kgVSS.day}$ 以下時，隨著生物負荷之提高而相對增加⁽¹³⁾，顯示反應槽之起始最高濃度 COD 在 1140mg/l 時對厭氣生物污泥沒有抑制作用。當生物負荷提高至 $0.106\text{kg COD/kg VSS.day}$ ，反應槽之起始最高濃度為 2280mg/l 時，COD的去除量則增加得不多，顯示厭氣生物污泥在COD 2280mg/l 廢水濃度下會受到抑制，以致COD之去除量無法相對增加。

未來如進行相似之實驗，克服廢水濃度之抑制問題，可利用一面攪拌延長進料的方式，來避免反應槽內濃度過高所造成的抑制問題。

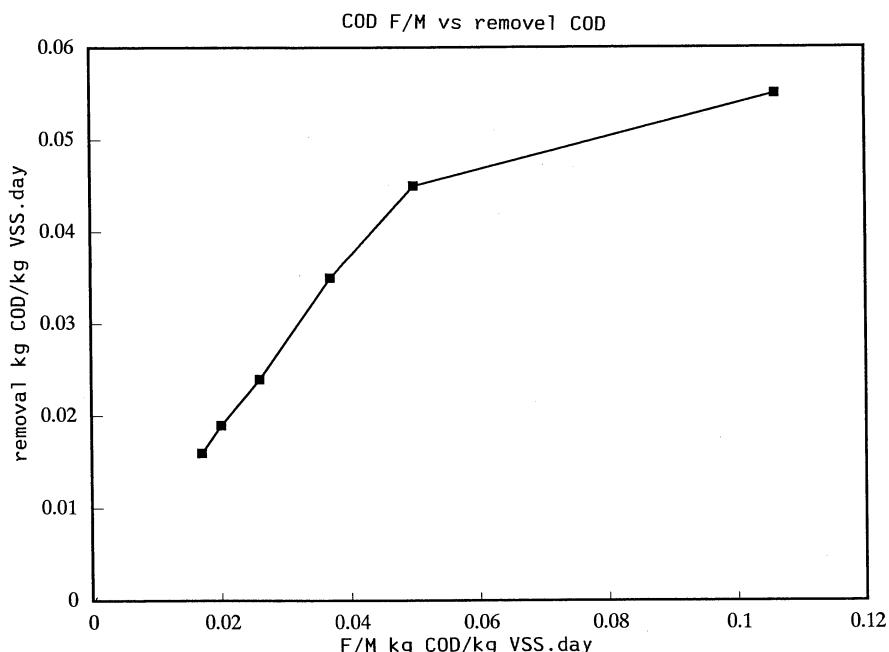


圖7 生物負荷與COD去除量之關係

3. COD體積負荷與反應槽單位體積氣體產量(Y1)、COD去除氣體產量(Y2)、COD去除甲烷產量(Y3)之關係。

以循環批式厭氣處理高濃度電著底漆廢液，其COD體積負荷與Y1($\text{m}^3 \text{gas/m}^3 \text{reactor.day}$)、Y2($\text{m}^3 \text{gas/kg COD removed}$)、Y3($\text{kgCH}_4 / \text{kg COD removed}$)之關係，分別示於圖8、圖9、圖10。

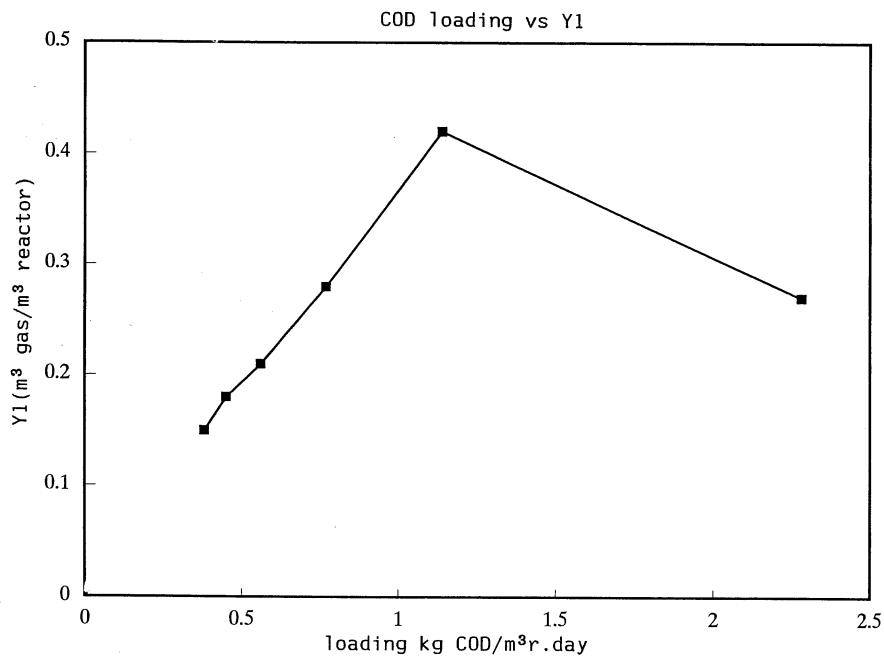


圖 8 COD體積負荷與氣體產率Y1之關係

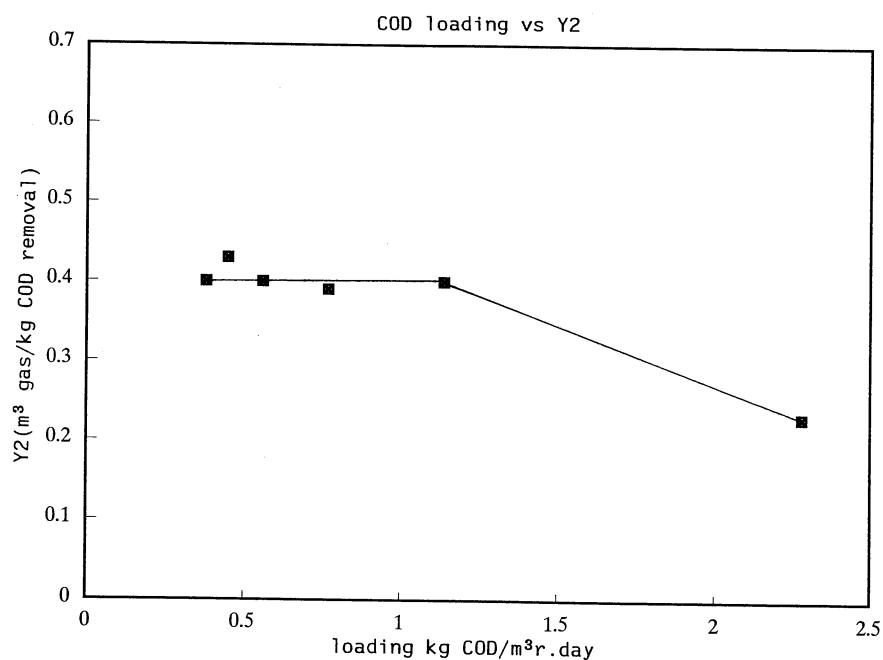


圖 9 COD體積負荷與氣體產率Y2之關係

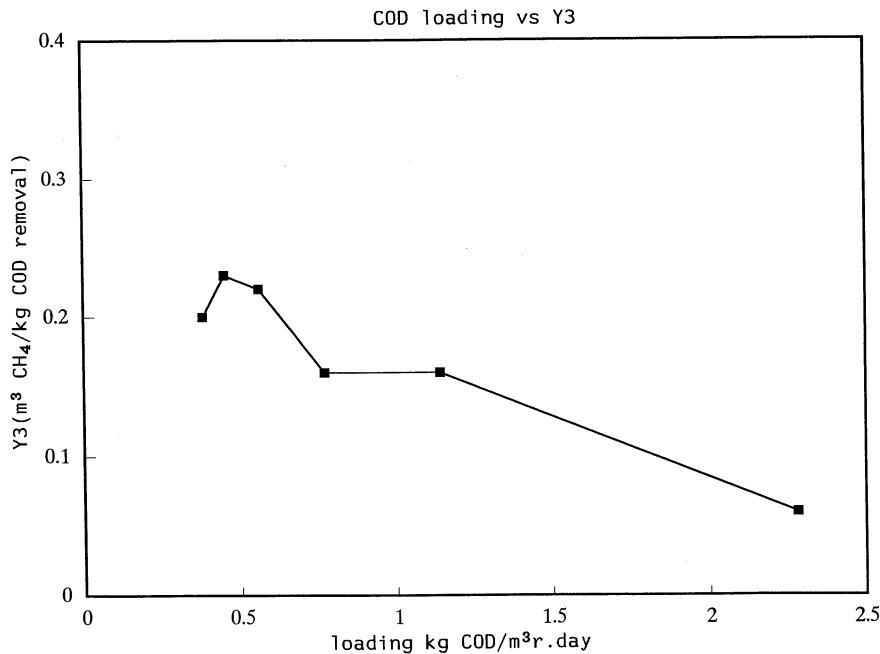


圖10 COD體積負荷與甲烷產率Y3之關係

由圖8之結果知，體積負荷在 $1.14\text{ kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 以下時，其Y1值隨COD體積負荷之提高而相對增加，當體積負荷提高至 $2.28\text{ kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 時，COD轉化為氣體的效率就變差，Y1值不升反降，顯示厭氣生物污泥已受到抑制。

由圖9之結果知，體積負荷在 $1.14\text{ kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 以下時，Y2值均很穩定，都維持在0.4左右，但當體積負荷提高至 $2.28\text{ kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 時，由於厭氣生物污泥受到抑制，以致有機物轉化為氣體的量就減少，故氣體產率Y2值就明顯的下降至0.23。

經分析氣體之甲烷含量，可計算出甲烷產率Y3值，甲烷產率(Methane Yield)是有機物甲烷化的重要指標，可做為檢討甲烷菌是否受到抑制之指示，通常在 35°C ， $\text{BOD : COD} > 0.5$ 時，甲烷產率為 $0.34 \sim 0.36\text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg COD removed}^{(14)}$ ，換算成標準狀態(STP)時，其Y3值約為 $0.22\text{ kg CH}_4/\text{kg COD removed}$ 。

由圖10之結果知，前三個試程在低負荷時，即 $0.56\text{ kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 以下，厭氣甲烷菌沒有受到抑制，故Y3值均在0.22左右，當體積負荷提高至 $0.77 \sim 1.14\text{ kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 時，甲烷菌可能稍受抑制，以致Y3值下降至0.16，當體積負荷再提高至 $2.28\text{ kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 時，氣體中之甲烷成份自56%減為40%，Y3值大幅降至0.06，顯示厭氣甲烷菌已嚴重受到抑制，以致Y3值偏低。

4. 生物負荷與甲烷產率Y4($\text{kg CH}_4/\text{kg VSS.day}$)之關係。

以循環批式厭氣法外理高濃度電著底漆廢液，其生物負荷與甲烷產率Y4之關係，

示於圖11。

由圖11之結果知，在低生物負荷時，即 $0.05\text{kg COD/kg VSS.day}$ 以下時，Y4值與生物負荷成正比關係，即Y4值隨生物負荷之提高而增加，但增至一定限值後Y4值就會下降，由圖中之曲線可知生物負荷在 $0.106\text{kg COD/kg VSS.day}$ 時，Y4值即明顯下降至僅有0.0035，顯示此時的厭氣生物污泥已受到抑制以致活性偏低。

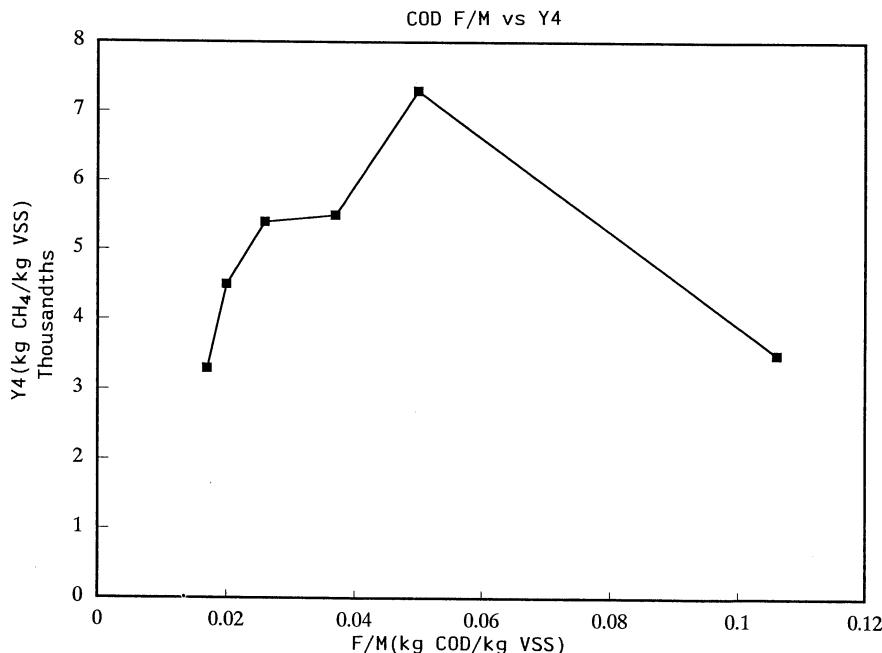


圖11 生物負荷與甲甲產率Y4之關係

5. 厭氣反應槽中生物污泥量(MLVSS)之變化

以循環批式厭氣法處理高濃度電著底漆廢液，反應槽中生物污泥(MLVSS)之變化，示於圖12。

由圖12可知，厭氣反應槽最初添加之混合污泥(MLVSS)濃度均在 $25,000\text{mg/l}$ 以上，經連續進料馴養 5天後MLVSS 減少至 $22,000\text{mg/l}$ 左右，隨後再繼續操作，雖提高負荷，縮短HRT 但MLVSS 並不會減少，顯示前 5天之馴養操作為厭氣污泥之適應期，馴養期無法適應之污泥即自然淘汰隨放流水排出⁽¹⁵⁾，5 天後污泥對電著底漆廢液適應後，便不再減少，由此結果可知，對於含有重金屬成份的電著底漆廢液，採用循環批式厭氣處理法是可行的，不但對COD、BOD有機污染物的去除良好，而且厭氣生物污泥不會隨著放水流失，厭氣反應槽的生物污泥能維持，則可保持處理效果良好，否則，雖然生物污泥對廢液之分解性良好，但污泥易於流失時，反應槽中之污泥量逐漸減少後，則處理效果必定無法維持。

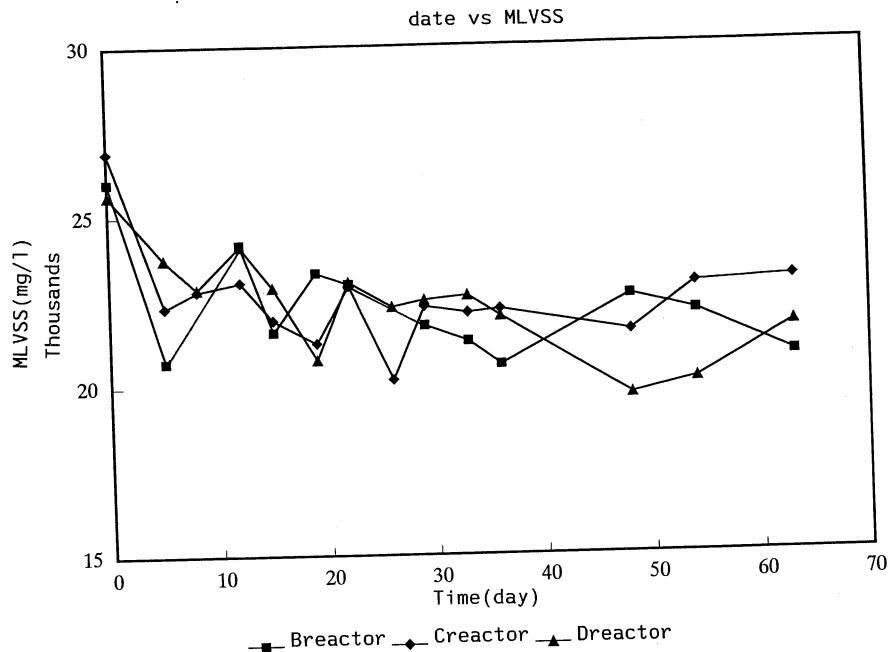


圖12 厥氣反應槽中生物污泥量之變化

3.3 處理流程設計

典型的塗裝廢水處理流程採綜合廢水處理，如圖13所示，雖然此種物化處理方法能有效的將廢水處理至放流水標準，然最後通過活性碳吸附槽之水質，有機物濃度尚高，故活性碳需經常再生或更換，以致處理成本太高，影響業者正常操作的意願。因此建立一套有效而成本較低的處理方法對汽車業者來說是相當有意義的。

本研究經過二個月的研究，證實將高濃度的電著底漆廢液分流後，採用省能源的厥氣生物處理，COD去除率可達91%以上，效果甚為良好，故建議汽車業改善塗裝廢水的處理流程，是將UF過濾液、UF清洗液、老化陽極液及中塗、面塗廢水分流收集後採厥氣生物法處理，如此必定可以大幅延長活性碳的壽命，減少活性碳再生或更換的次數，降低操作成本，並有較佳的放流水質。建議處理流程如圖14所示。

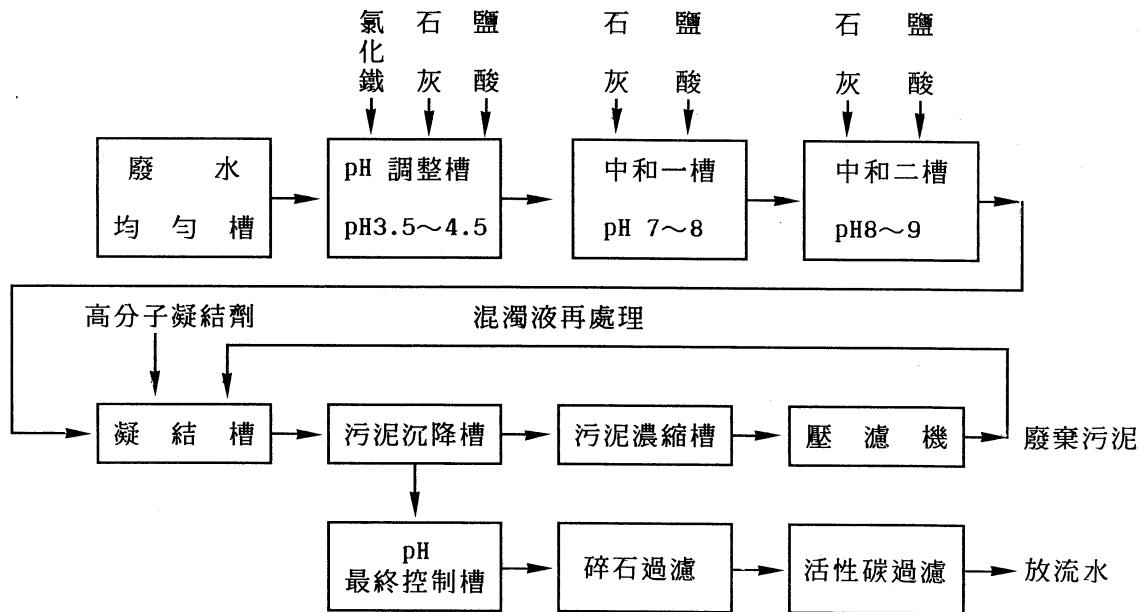


圖13 典型汽車塗裝廢水處理流程

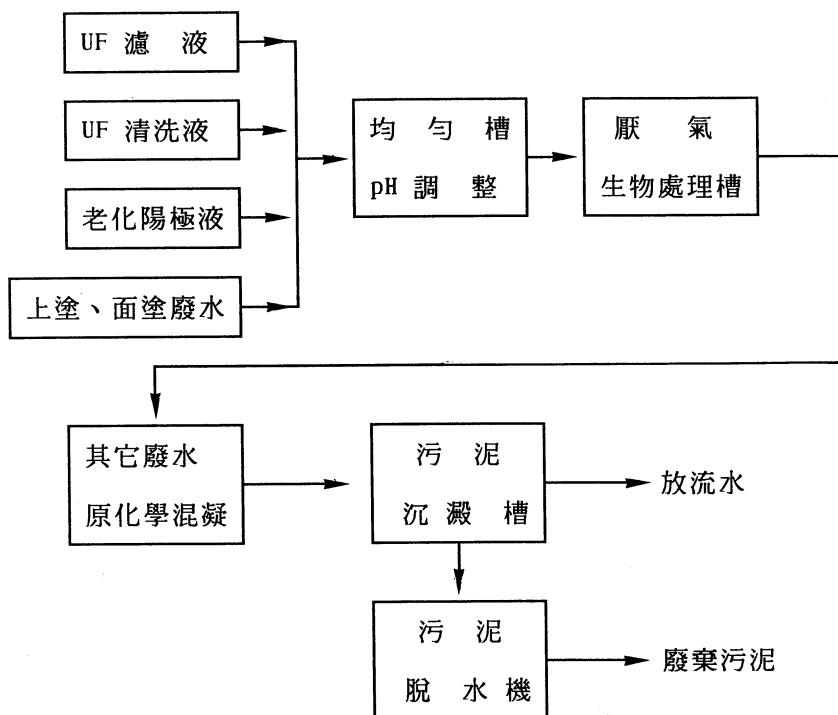


圖14 汽車塗裝廢水建議改善處理流程

結論與建議

1. 汽車電著底漆廢液以厭氣循環批式法處理，維持進料COD 11,200mg/l、BOD 7,770mg/l，水力停留時間10天，即體積負 $1.14\text{kg COD/m}^3 \text{ r.day}$ 或 $0.79\text{kg BOD/m}^3 \text{ r.day}$ 時，COD的去除率為91%，而BOD的去除率為92%。
2. 循環批式厭氣法處理汽車電著底漆廢液除對有機物的去除良好外，且生物污泥不會隨放流水流失，故是一種良好的處理法值得推廣應用。
3. 本試驗進料後之混合，因時間短故攪拌較快(100rpm)，易將污泥膠羽顆粒打碎，造成放流水之懸浮固體較多，污泥不易沉降，故如實際放大設計時，宜將攪拌速度控制在 $50 \pm 10\text{rpm}$ ，才不致破壞污泥膠羽顆粒。
4. 利用厭氣生物處理法來處理有機污染物是最經濟的方法，經試驗結果汽車塗裝廢液適合採用厭氣生物處理法，故建議將高濃度廢液分流收集，利用厭氣生物法理後再與其它廢水合併處理，是一較經濟的處理流程。

參考資料

- (1) 中華民國大型企業排名 1990，中華徵信社編。
- (2) 中華民國台灣地區各行業工廠名錄，經濟部工業統計調查聯繫小組編印，1989年12月。
- (3) 山岸壽治原著，賴耿陽譯著，實用塗料及塗裝，復漢出版社印行，1979年 1月。
- (4) 三原一幸，洪純仁譯著，解說塗料學，復漢出版社印行，1981,10。
- (5) 川原浩，塗裝前處理と公害問題へのアプローチ，P107～111，1982。
- (6) 兼松雅務，廢水處理と水の再利用について，塗裝技術，P94～98，1982, 12。
- (7) 大澤晃，林旻姬譯，電著塗裝法，表面技術雜誌115期，P81～85，19。
- (8) 塗裝技術ハンドブック，日本塗裝技術協會編，昭和62年 2月27日。
- (9) 石渡淳介，今井一郎，上池齊，多田義田，最新工業塗裝技術，幸書房發行，1978。
- (10) I.J.Callander and J.P.Barford, Cheese Whey Anaerobic Digestion-Effect of Chemical Flocculant Addition, Biotechnology Letters Vol 5, N03, 153-158, 1983。.
- (11) 楊建俊、阮國棟、張坦卿、鄒文源等，二種厭氣生物法處理味精廢醪之比較，第十一屆廢水處理技術研討會論文集，P551-560 (1985)。
- (12) 阮國棟、葉玉芸、張坦卿、彭明鏡、鄒文源等，改良型厭氣污泥床法處理酒廠廢水，第八屆廢水處理技術研討會論文集P.395-411，1983。
- (13) 鄒文源、張坦卿、阮國棟、黃愛倫等，抗生素廢水厭氣生物處理之放大試驗，第十一屆廢水處理技術研討會論文集，P147～161，1986。

- (14) Anderson, G.K. ; Donnelly, T. and Mokeown, K.J., Identification and Control of inhibition in the anaerobic treatment of industrial wastewaters, Process Biochemistry, 28-32, 1982。.
- (15) 阮國棟、張坦卿、鄒文源等，改良型厭氣污泥床廢水處理槽之起動經驗，第十一屆廢水處理技術研討會論文集，P.377～388，1986。
- 電著底漆廢水厭氣處理試驗