

廠內改善

品管圈活動在污染防治上的運用

楊 義 榮*

一、前 言

所謂「品管圈」，就是以工廠內之基層幹部為核心，把同一工作場所或與問題有關聯的作業人員，通常為3到15人為一組，組織起來，施以簡單之活動技巧、工廠管理、價值判斷，問題解析等管理技術，使全體人員能自動從事設定目標之活動，同時訓練基層主管之領導管理能力，發掘現場作業人員之潛能，培養全體員工之間題意識，自動自發發掘問題，加強其解決問題之能力，進而自我啓發，相互交換工作技能與知識，以達到工廠全員經營為目標的一種活動。

品管圈制度有系統且整套自國外引進於國內工業界已有近二十年的歷史了，過去工業界運用這項管理技術於品質管制、物料管理、生產管制、減少廢物、提升製程效率等，由於主管階層的重視，基層幹部與作業員工積極的參與，已獲致相當大的成果。惟過去工業界對污染問題之處理較具消極被動心態，故運用品管圈活動提出有關改善污染之實施方案，與整體活動比較仍甚偏低。

目前政府正積極推動環境保護政策，加強污染源取締之際，工廠造成的污染問題已是處在競爭劇烈商場環境中，謀求穩定發展必須慎重考慮的主要因素之一。但污染發生之原因複雜，並非單獨環保部門就可解決，而是所有生產部門，甚至全體員工均有責任防止污染的發生。工廠如能運用過去已建立之品管圈的制度，或善用品管圈活動之各種手法，在廠內改善、污染減量及回收再利用、製程改良、污染物處理等方面，透過全體員工的參與，競提改善方案，並由公司訂定獎勵規定，嚴格督促各部門實施，應是有效防治污染的一種方式。

二、污染防治之範疇與趨勢

過去工業界從事污染防治工作較重視管末處理技術(End-pipe treatment)，亦即污染物產生後，再想盡各種方法來解決，通常工廠會尋求專業公司進行污染防治設備之規劃、設計、建造等工作，這種方式形成以下特點：

*經濟部工業局技正

1. 解決污染問題是廠內環保人員的責任，各製造部門可任意排放污染。
2. 由於製造部門排放污染物未予節制，導致污染防治設備不堪負荷，尤其在產能不斷擴充情況下，更難有效控制污染。
3. 污染量愈大，工廠防污投資不斷增加，影響公司獲利。
4. 污染物排放標準日益加嚴，單從防污設備的擴建，仍難滿足環保法令的要求。

污染物依其型態可分為廢水、廢氣、噪音及廢棄物，如待其產生後再想辦法解決已緩不濟急了。而污染物的產生，除了生產製程設備排出者外，廠內員工操作不當，內部管理制度不善亦為主要原因。過去管末處理方式，因沒有追溯真正污染物產生源的改善，目前已不能滿足嚴格污染防治的需求，故先進國家乃極力注重污染的預防。加以從污染物本質來看，其亦屬資源之一種，只是人類尚未予以適當地再利用，任其排放而已，故污染物回收再利用等資源化技術亦為當前先進國積極發展的科技。如在工業生產過程中，採取預防、減量、再生、循環等方法，不但可減少污染的產生，提高生產效率，更能達到資源的有效利用，增加工業利潤。但有時雖有事先預防，惟污染之產生乃製程必然排放者，此時即應予以回收或處理，以符環保標準。故工廠進行污染防治工作，通常可從下列三個方面著手：

1. 削減污染源的研究與評估。
2. 污染物回收再利用之研究與評估。
3. 污染物之處理與處置方法的選擇。

從事第一項之污染預防工作，可避免將來花費大量資金處理污染物；第二項污染物回收工作，可在花錢改善污染之後，同時將污染物轉化為有價資源。前述兩項因可預防污染物的發生及使之資源化，能根本消除廢物的產生，故稱為廢物減量(Waste Minimization)，簡稱「減廢」。第三項工作就是我們所謂的管末處理，雖可降低污染物的危害性，惟究其本質，只是將污染物之型態予以轉變，對污染物之總量，由於物質不滅定律，並未改變。例如廢水處理後，所含污染物被濃縮為污泥而與水分離，污泥經脫水成泥餅即為事業廢棄物，應妥為處置，否則其所含之有害成份滲出後，容易造成二次公害問題。圖1為依據工業技術內涵列出污染防治可能採取的各種方法。

減廢雖是最積極的污染防治工作，但卻需要極大的決斷力去推動。過去工廠即使產生嚴重的污染問題，往往將其解決方案圍繞在各種管末處理方法上，除非污染問題阻礙了工廠的營運，否則企業主很少主動去找尋可能的減廢途徑。加以減廢工作可能對生產線產生衝擊，及對產品品質有所影響，使得保守的工廠管理階層不易輕言從事減廢。但在環保標準逐步加嚴的今日，企業界如不先考慮如何減廢，則污染處理成本增至影響其營運時，再回頭檢討根本解決的方法為時已晚。況且從圖一看出，減廢技術可運用的範圍，小至改進每日的操作習慣，大至完全更改整個製程或產品，甚至污染物之回收再製。固然有些技術必須仰賴專業公司，但許多污染問題的解決，由於污染均為工廠生產或

操作過程所產生，現場作業人員應是最瞭解污染發生之原因及掌握問題所在最具潛能的一群人，如管理階層能透過組織的運作，設定公司環境保護達成的目標，利用品管圈活動於污染的改善，使員工主動提出改善對策，付之實施，假以時日應可減少全廠的污染量。由於污染防治有時尚涉及相當專業之技術，故需訓練員工污染防治方面的知能，必要時，延聘專家顧問參與品管圈集會，可獲得更具體的改善對策。

圖 2 為工廠選擇污染防治方法的位階與順序，從經濟有效的環境保護觀點來看，污染源的削減較污染物的回收再利用更佳，而管末處理應是最後不得已的選擇。固然製程技術變更，污染物回收或處理設備等涉及專業範圍，品管圈活動並非全然可行，但利用品管圈進行工程規劃前及運轉後的研究方案，將有助於掌握專業公司設計、建造設備的品質，以及加強設備移交後的操作運轉。況且污染源的控制，大多屬工廠管理不善，此方面的改善，運用品管圈獲致之成效甚為顯著。加以，污染物處理設備之操作維修是工廠每天必須面對的，由環保部門組成的品管圈，對改善設備的運轉績效會有助益。

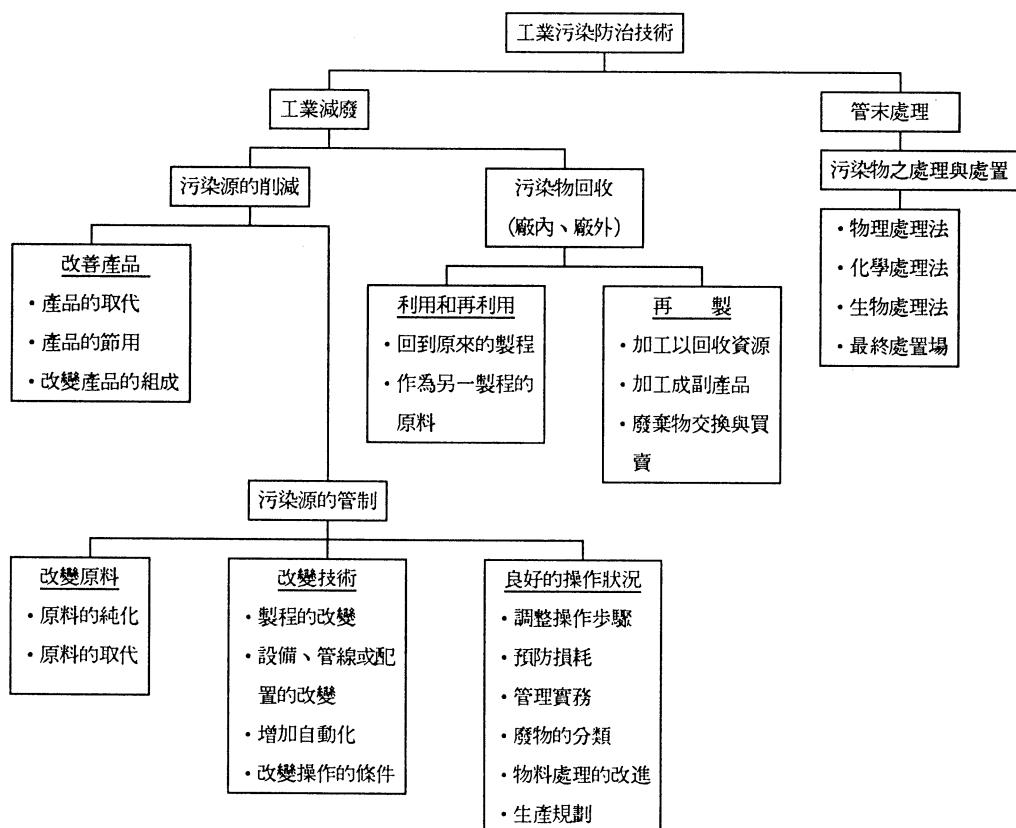


圖 1 工業污染防治技術範疇

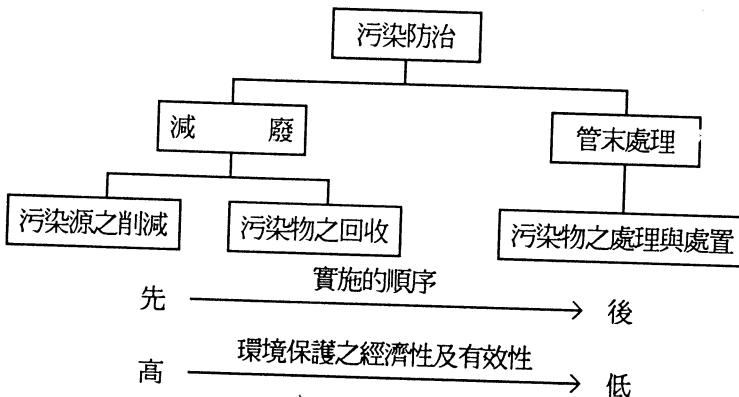


圖 2 選擇污染防治方法之位階與順序

三、品管圈活動

日本廠商推行品管圈活動相當成功，其主要理由為日本民族性勇於負責，團結力強，以廠為家，容易得到主管的信賴，且公司實施終身僱用制度，從業員工與老板容易打成一片。反觀，我國民族性較重視個人利益，常不能滿足現狀，與老板發生誤會，就另謀高就，為推動品管圈活動的不利因素，但我民族具有聰敏勤儉的習慣，是日本民族所不及的，如能加以發揮，而避免不合群的缺點，則品管圈活動仍大有可為。況且，追求卓越，追求品質是中華文化的一部份，「中庸」裡所說的「博學之、審問之、慎思之、明辨之、篤行之」，講求了解事的本末、物的始終，釐定出追求卓越品質的先後次序，再履踐篤行，身體力行。故以國人之聰明才智，在固有文化的薰陶下，發揮團隊精神，應可切合管理哲學的運用，達成企業設定品管圈活動的目標。

3-1 活動原則

很多企業過去已建立品管圈制度，而改善污染可利用現有之制度擴大辦理，欲期品管圈有效推行，宜遵循以下原則：

1. 要有健全的品管圈活動制度

- 由上而下設立品管圈推行組織。
 - 主管不但要支持還要參與。
 - 訂定適合公司體質之推行制度。

2. 教育訓練必須普及

- 隨時實施教育訓練，使活動不斷在公司內生根。
- 使品管圈之觀念及技巧普及每一位從業員工。

3. 加強推行幹部的功能

- 推行幹部應熟悉推行技巧、品管圈活動之定義、使用正確之手法等。
- 瞭解人際溝通，並具有說服力。
- 有表達能力，結合邏輯及想像能力，使參與者感到興趣。
- 具有現場管理能力與知識，瞭解管理者與從業員工的關係。
- 巧用心思舉辦各種型式之活動，以促進活動之活潑化。

4. 使主管與部屬建立在信賴與感謝的基礎上

- 主管對部屬要鼓勵多於責備，部屬對主管要尊重多於埋怨。
- 雙方在互相信賴中，產生協調合作的士氣，激勵工作的責任感。

5. 主管人員對品管圈活動負成敗之責

- 主管人員（包括企業之負責人）應對活動隨時加以輔導及鼓勵，並建立獎勵制度。
- 瞭解品管圈活動實況，防止活動陷入低潮。

3-2 推行程序

品管圈活動運用於污染防治初期的重點，可著重於小範圍製程或作業上的改善，以削減污染源為主，從員工本身可掌握的技術，管理或操作維修上著手，減輕污染物的排放，俟達到一定目標後，或須採用專業技術時，可將範圍擴大到邀請污染防治專業公司、學術、研究或技術顧問機構之專家、學者共同參與，進行技術層次高、牽涉範圍廣等方面探討，以免經常討論相同問題，使活動僵化，最後流於形式。

期望品管圈活動達到技術上的改善，管理上的合理化，應計畫性地依下列順序執行推動：

1. 組成品管圈組織

品管圈活動開始前應先由公司對活動的幹部實施訓練，不僅希望他們瞭解活動程序及一些統計方法，還需要瞭解一般的管理技巧，以及污染種類、來源、特性、法令規章和處理方法等。對圈員們亦應著重於各種品管圈活動的基本手法，例如特性要因圖、柏拉圖、腦力激盪法等技巧之訓練。

為改善污染成立品管圈前，宜確立成立目的，並依選擇題目及訂定目標，由相同作業單位或相關聯之單位集合 3至15人組成品管圈，並選出圈長。

2. 發掘問題

品管圈活動之目的在使員工不只是為工作而工作，而是時時動腦筋去發掘工作中所存在之問題，包括污染問題的產生，亦即使員工具有問題意識。要養成員工有問題

意識，應訓練員工時時使用5W(What, Why, Where, When, Who)1H(How)來自問，並隨時發掘原料、設備、人力、作業等方面有無浪費、低效率、不合理、高污染的地方。

3.確定主題與目標

員工經常蒐集問題後，提出品管圈會討論者必會很多，但這些問題中，必有屬於重要和次要的，亦有易於解決或不易解決的，有與公司方針相符或不符者，但不論如何，透過圈會討論選擇影響污染較大的原因，設定重要、易做、符合公司方針的活動主題，並決定改善目標，使問題的解決更具成效。同時應用特性要因圖、柏拉圖、腦力激盪法等品管圈基本手法，以尋找問題的相關原因或重要原因，設定合理事實依據，且具挑戰性的目標值。

4.現狀分析

活動主題及目標確定後，應即進行現狀分析，即在進行現狀分析，研討現階段影響污染的有關原因，進而尋求各原因中的最大原因。

現狀分析步驟與作法如下：

- 根據特性要因圖調查影響問題點的原因。
- 對各原因作成檢核表蒐集數據，並據以繪成柏拉圖，以利發掘重要原因及其影響程度。
- 如蒐集數據有困難或較為耗時，可集合圈員作經驗研判，利用投票方式，決定重要原因及其影響程度。
- 污染之特性及濃度等數據，工廠除可自行取樣檢驗外，亦可委託環境檢測服務業協助建立。

5.思考對策

針對活動主題及設定目標，檢討發生原因，蒐集數據、分析重點原因等，選取解決問題之優先順序，由圈員們的集思廣益，激發創意，提出一個甚至多個的解決對策。

6.檢討對策

就所提出各個對策先加以系統性分析其優缺點及可行性，分別詳細深入研討，以確定最佳對策，並訂定實施日期及分項負責人，一般可用進度圖，將整個活動計畫訂明時程，使實際進行時有一定之軌跡可循。最佳對策應作成改善計畫，並應有下列措施配合：

- 改善計畫應提呈上司批准。
- 宣導員工瞭解對策內容。
- 必要時可請其他部門協助。

7.對策實施

有了對策之後，全體圈員便應遵守對策實施作業，如果仍發現有窒礙難行之處，

應再討論檢討對策內容修正後實施。必要時，亦可請求上司指導，上司亦應主動追查改善計畫之實施狀況，俾得以上下溝通，相輔相成，使改善對策實施起來得以順暢。

8. 成果確認

改善對策經實施一定時日，此期間應蒐集有關作業結果之數據，並加整理，俾與改善前作比較，以瞭解改善成效；改善成果最好以定量方式，如金額或污染質量單位表示改善前後之差異。

9. 標準化

問題的改善對策經實施後，確實有了效果，不能就此停止，而應將此種狀態繼續保持下去，甚至追求更好的狀態，將其定案並訂定標準作業法，使所有作業員工共同遵循。當然標準作業之定案或修訂，均需上司、其他部門的協助與承認。

表 1 為品管圈程序與美國EPA 建議工業界採用工業減廢程序的對照表。

3-3 活動手法

品管圈活動可資利用之手法很多，表 2 有20種手法分為四類，但因各手法使用上有其特定用途，其中常用於污染防治者數量有限，本文只介紹三種簡單且最常用者。

1. 柏拉圖

柏拉圖係義大利經濟學家Pareto所發明的圖形，常用於分析問題重要性之大小排列，又稱為ABC 圖或重點分析圖。根據所蒐集之數據，採不良原因，不良狀況或不良發生位置等不同區分標準，尋求佔最大比率之原因、狀況或位置等不同區分標準，尋求佔最大比率之原因、狀況或位置的一種圖形。其主要作法，是將一定期間所蒐集的數據按上述原則分類，以出現的次數順序排列，故從柏拉圖可看出那一項目有問題，其影響程度如何，以判斷問題的癥結點，並針對最重的問題採取改善措施，可獲得事半功倍的效果。

表 3 為某油礦探勘場之一品管圈蒐集影響油水分離池除油效率之項目及發生次數，並以柏拉圖表現之如圖 4。

2. 特性要因圖

特性要因圖係對結果（特性）與原因（要因）間，或所期望之效果（特性）與對策（要因）間的關係，以箭頭連結，詳細分析原因或對策關係的一種圖形。形狀像魚骨的分布，故亦稱魚骨圖，又因其闡明原因與結果的關係，亦稱因果圖。

上例品管圈活動由圈員集會研討結果，列出影響除油效率的各種原因，如圖 3。

3. 腦力激盪法

腦力激盪法是利用集體的思考，使思想互相激盪，發生連鎖反應，以引導創造性思考的方法。由於品管圈活動經常要利用集會的方式，使圈員自動自發提出問題

表 1 品管圈程序與工業減廢作法比較

中國式管理哲學	USEPA 建議工業減廢作法	品管圈程序
• 博學 • 審問	• 規劃與組織 – 管理階層支持 – 設定計畫總目標 – 人力編組	• 組成品管圈 – 教育訓練 – 目的說明 – 決定圈名、選出圈長 • 發掘問題 – 問題意識 – 數據及資料蒐集
• 慎思	• 評估 – 收集製程和設備數據 – 選定評估目標 – 審核數據及檢查工廠 – 擬訂方案 – 篩選方案	• 確定主題與目標 – 確定理由與主題 – 設定目標 – 預定進度、人力分配 • 現狀分析 – 特性要因分析 – 過濾數據與資料 • 思考對策 – 決定優先次序 – 重點攻擊 – 腦力激盪
• 明辨	• 可行性分析 – 技術評估 – 經濟評估 – 確定最佳方案	• 檢討對策 – 初步評估 – 優缺比較 – 細步評估 – 確立對策
• 執行	• 執行 – 成立計畫、取得財源 – 安裝 – 執行 – 評估功能	• 實施對策 – 工作分配、設定期限 – 執行作業 – 進度追查、消除阻力 • 成果確認 – 蒐集執行數據 – 比較前後、檢討目標 • 標準化 – 制訂標準化作業 – 執行作業 – 修正標準化

表 2

種類	手法分類
七大手法	1.柏拉圖 2.特性要因圖 3.查核表 4.直方圖 5.散佈圖 6.推移圖 7.管制圖
新七大手法	1.KJ法 2.系統圖法 3.關連圖法 4.矩陣圖法 5.矩陣數據法 6.PDPC法 7.箭頭圖法
IE手法	1.動作研究 2.時間測定 3.甘特圖
其他	1.層別法 2.腦力激盪法 3.愚巧法

表 3 影響除油效率之因素及次數

影響除油效率項目	發生次數 (次數／60天)	累計次數	百分比	累計百分比
A 排出之油含水太多	48	48	59%	59%
B 排油系統阻塞	17	65	21%	80%
C 進水含油太多	10	75	12%	92%
D 其他	7	82	8%	100%

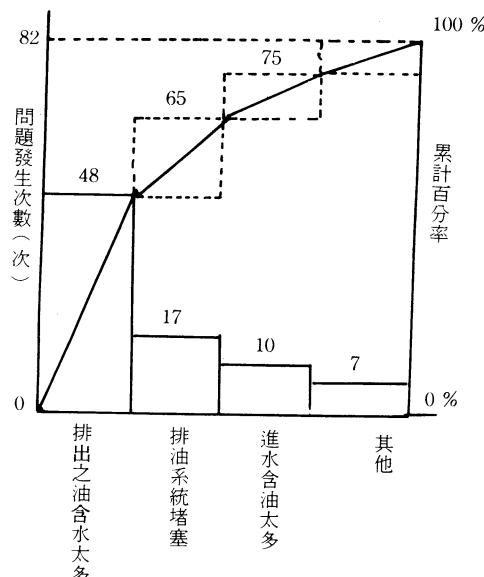


圖 3 柏拉圖分析

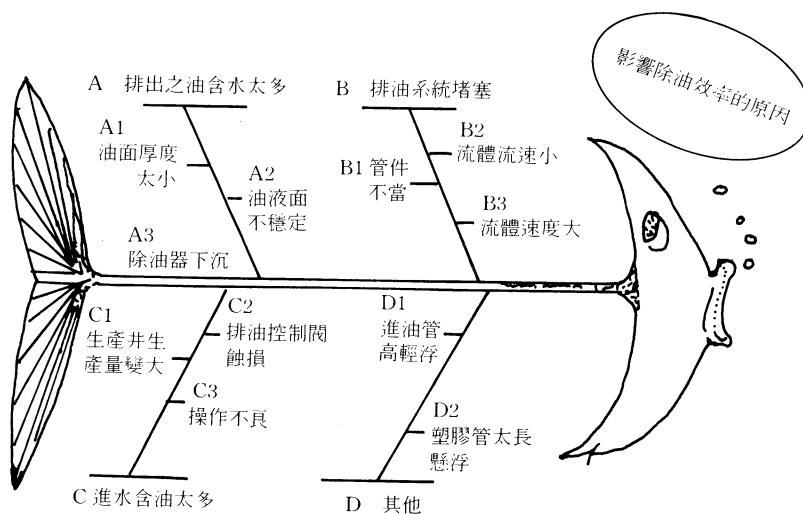


圖 4 特性要因分析

，追求問題發生之原因，研討解決問題的對策，研訂改善後的各種標準，因此有必要由全體圈員來集體思考，使意念相互溝通、互相激盪，俾能連鎖反應，順利解決問題。

品管圈集會時，運用腦力激盪法可參考下列方法：

- (1) 替代：此項能否由另項來替代？替代後尚能提供相同的效果嗎？價格是否更為低廉？
- (2) 重組：製程上每一作業是否可以重新組合？重組後效率會更高嗎？不必要的動作或移動是否因此而減少？
- (3) 交換或互換：某一方法、程序可否用另一方法、程序來代換？代換後工作是否同樣容易？績效是否因而改進？
- (4) 合併：兩項或兩項以上的作業是否可以合併成為一項？而使得這項工作較原來為經濟。
- (5) 反轉：作業的次序是否可以反轉過來，或重新安排而產生更好的效果？是否可以內外反轉？上下顛倒？將由右至左，改為由左至右？
- (6) 縮小：可否將部份或全部做得小些？而不影響品質或價格？並且可增加效率？
- (7) 採購批量：這些項目是否可大量採購以獲得折扣？或不需買太多以降低成本？
- (8) 時間與動作研究：身體動作的次序是否可以改變，以加速作業的過程？
- (9) 簡化：一些繁文縟節是否可以省略？一些表面改良是否真的需要？
- (10) 提高效率：紙上作業的速度是否可以加快？有許多餘的步驟可以刪除、合併、重排？

- (11)降低成本：有那些不必要的花費可以減除？又有那些點綴用的，不必要的項目？
- (12)污染管制：污染管制的程序會不會太緊或太鬆？是否可以修正以獲取較大利益？
- (13)形狀、尺寸與重量：這項目是否太大？體積是否過於龐大？是否太重？是否可以重新塑造，而使它更容易控制且更為經濟。
- (14)分類：各生產作業上排出之污染物是否應予分類處理，或綜合處理？是否可增加其技術及經濟可行性？

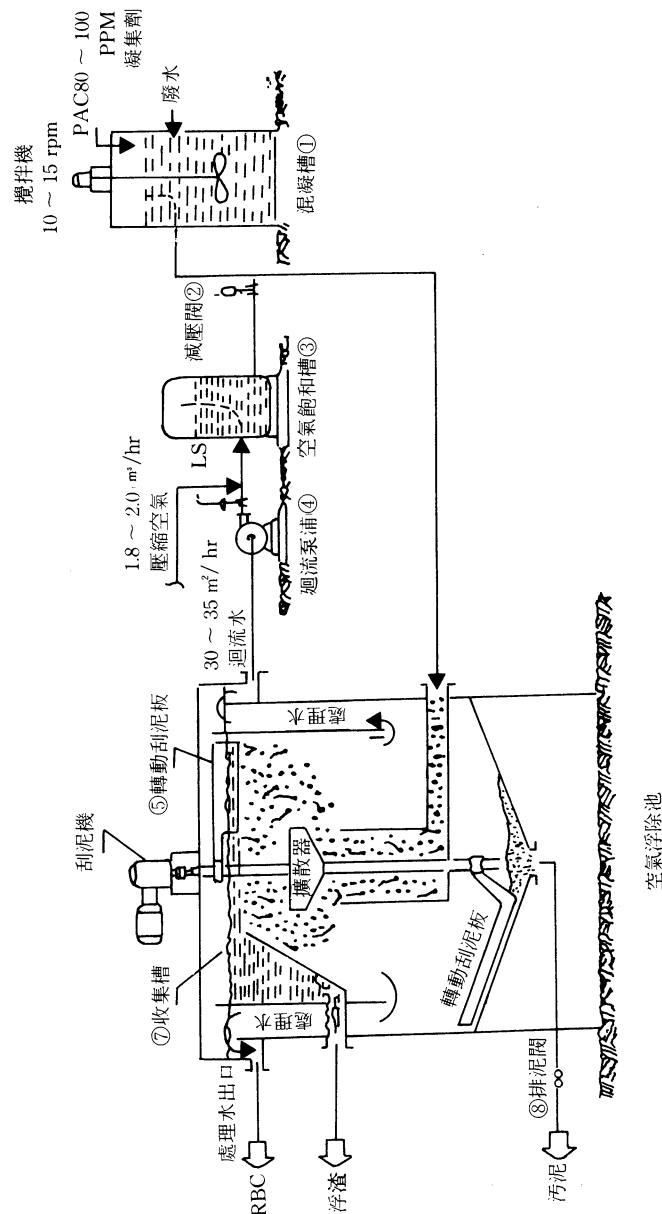


圖 5 廢水加壓浮除操作程序

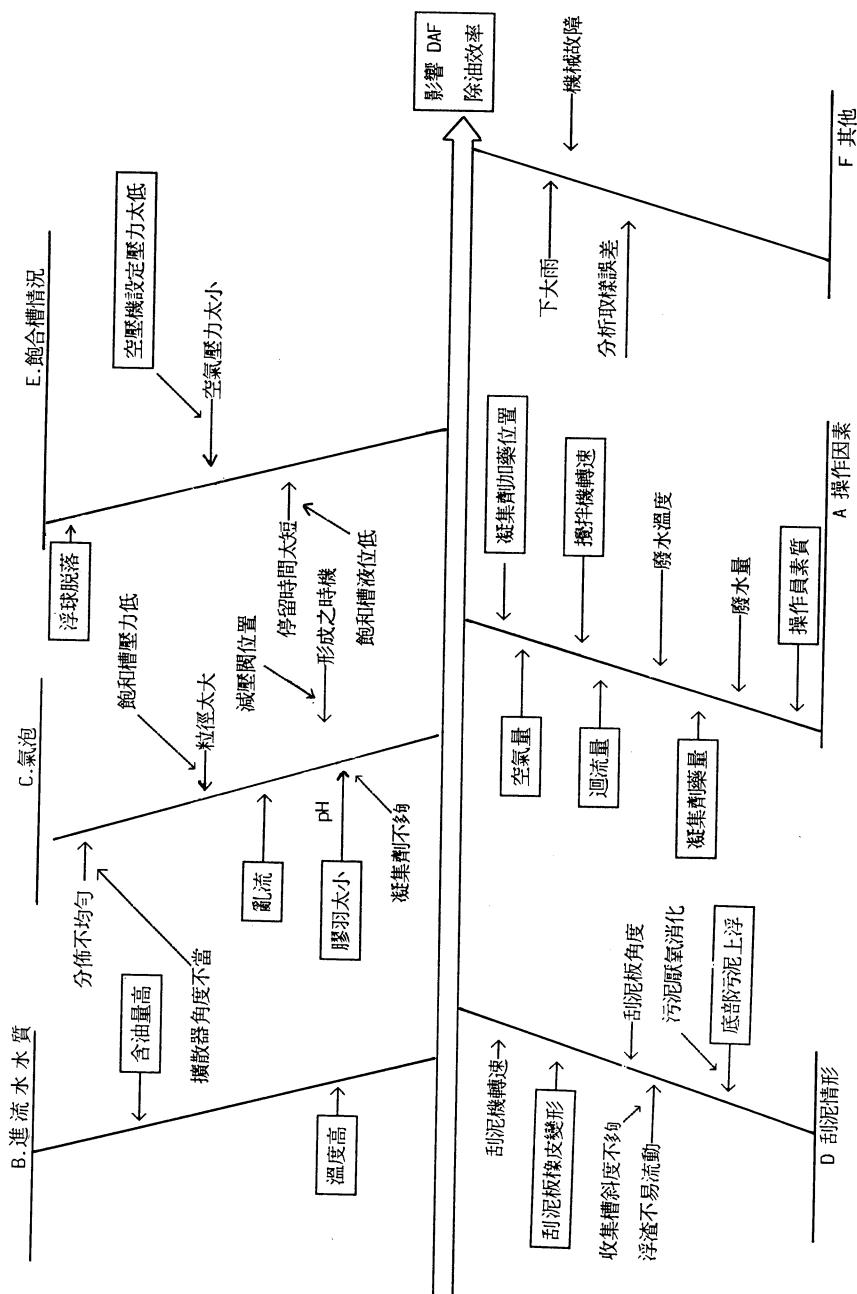


圖 6 要因追查魚骨圖

表 4 數據收集及統計

要 因 曰 期	A 操作 因素	B 進流水水質		C 氣泡		D 刮泥情形		E 飽和槽情況		DAF出口 含油量
		含油量高	溫度高	膠羽太小	亂流	橡皮變形	底部污泥上浮	空氣壓力太小	浮球脫落	
74年 3/ 1						✓				10
3/4				✓						7
3/5		✓								13
3/6								✓		10
3/7	✓									16
3/13	✓									14
3/14	✓									14
3/18	✓									16
3/19		✓								17
3/20	✓									15
3/21				✓						13
3/22			✓							11
4/1		✓								16
4/4		✓								12
4/8		✓								8
4/9	✓									11
4/10	✓									10
4/11					✓					10
4/12		✓								26
4/15		✓								13
4/17				✓						7
4/18				✓						7
4/19	✓									20
4/23							✓			9
4/24	✓									6
4/30	✓									8
5/18	✓									15
5/20				✓						9
5/21				✓						9
5/28	✓									6
5/29	✓									16
5/30	✓									12
5/31									✓	15
6/3					✓					7
6/4	✓									12
6/5			✓							12
6/6	✓									12
6/7							✓			8
6/13							✓			6
6/14	✓									12
6/17	✓									21
6/24	✓									8
小計	19次	7 次	2 次	7 次	1 次	1 次	3 次	1 次	1 次	
合計	19次	9 次		8 次		4 次		2 次		

表 5 不良要因統計表

要 因		不良次數	累計數	百分比%	累計百分比%
A	操作因素	19	19	45.7	45.7
B	流進水水質	9	28	21.0	66.7
C	氣 泡	8	36	19.0	85.7
D	刮泥情形	4	40	9.5	95.2
E	飽和槽情況	2	42	4.8	100.0
小 計		42		100.0	

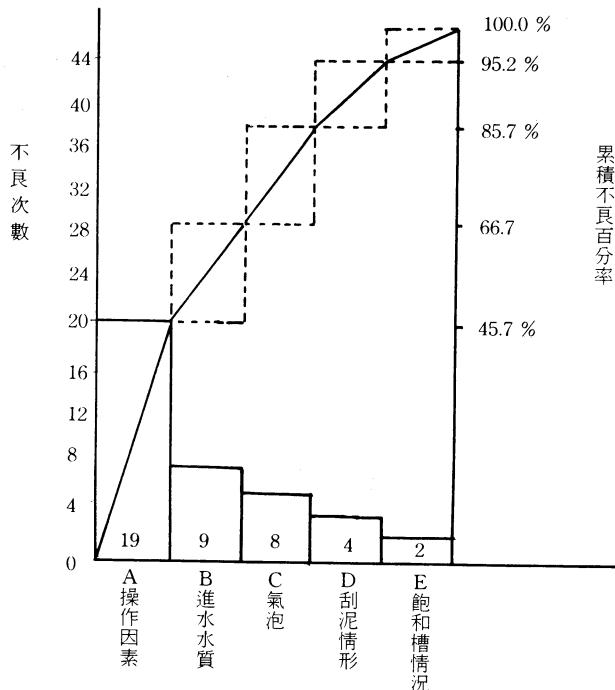


圖 7 柏拉圖

4. 改善對策與實施經過

除油圈針對影響DAF 除油效率之各要因，利用方法展開型系統圖做分析，擬定可行改善對策如表 6。再依系統圖中評價為可行之手段，研擬具體改善對策，並付諸實施，如表 7。

四、實例

例一（如何改善廢水浮除槽除油效率）

1. 品管圈組織

- (1)單位：某煉油廠公用課廢水處理場。
- (2)圈名：除油圈。
- (3)圈長、輔導員各1人。
- (4)圈員共14人。

2. 現況與目標

(1) 現況

工廠廢水含油份、懸浮物等污染物質經過冷卻塔降溫後，流入廢水池，大部份浮油在此去除。利用泵將廢水送入混凝槽，配合加藥以凝聚污染物質，再經加壓浮除槽(DAF) 操作分離，最後廢水流入旋轉生物盤(RBC)，經過生物處理後排放。

雖然目前排放水油脂含量標準為 10mg/l ，而經DAF後之平均油脂含量為 8.6mg/l ，低於環保標準，但基於環境保護使命感及減輕RBC負荷，仍繼續自我要求改善。

(2) 目標

將DAF處理水平均含油量自 8.6mg/l 降至 5mg/l 以下。

(3) 操作概況（圖5）

廢水流入混凝槽①與凝聚劑混合攪拌，經過化學反應後會產生膠羽，而DAF處理水一部份經過迴流泵與壓縮空氣混合流入空氣飽和槽③，在 $65\# \sim 75\#$ 空氣飽和槽中，讓空氣溶解於迴流水成飽和狀態。飽和水經過減壓閥②後壓力驟減，會釋放出無數微細的氣泡，與混凝槽出口含膠羽的廢水混合進入DAF⑥底部，這些微細的氣泡會附著於膠羽上，使膠羽的密度銳減而浮至水面形成浮渣，經過刮泥板⑤刮除到收集槽⑦，較重之污泥則沉澱於底部，經由排泥閥⑧排出，處理水經由溢流堰一部份流入RBC旋轉生物盤，另一部份當迴流水。由於處理水水質良好與否受到許多因素之影響，因此若能找出這些因素之最佳操作，將能降低處理水含油量。

3. 現況分析與數據收集

問題經圈員集合討論，綜合各種影響DAF效率之要因，繪出魚骨圖如圖6。又根據74年3月至6月資料顯示DAF處理水含油量偏高（超過 5mg/l ）之原因，利用檢核表統計如表4及表5。依據表5繪出柏拉圖如圖7。

表 6 提出可行改善對策及評價

目的 第一層次	第一層次	手 段 第一層次	手 段 第二層次	手 段 第三層次	評價	實 施 事 項
		使空氣量適當	調整空氣量	加大空氣量	○ ×	擬利用實驗計畫尋找最佳操作條件
		更改空氣導入方式			○ ×	“
		使迴流比保持常數	減少迴流量		○ ×	“
		飽和槽壓力穩定	調整減壓閥		○ ×	“
		使凝聚劑藥量添加適當	增加凝聚劑藥量		○ ×	“
		使產生膠羽	減少廢水量		○ ×	“
		選擇最好的凝聚劑加藥位置	PAC 前，助凝劑後		○ ×	“
		使膠羽增大	PAC 後，助凝劑前		○ ×	“
		避免膠羽於混凝槽沉澱	提高攪拌機轉速		○ ×	“
		使用攪拌機轉速適中	降低攪拌機轉速		△ ×	必須等停爐大修，才能施行
		使操作因素控制良好	清理換熱器		△ ×	無法實施
		使廢水溫度降低	減少廢水量		○ ○	增設沉水泵抽油
			清理廢水池浮油， 增加廢水散熱效果			可行
		使廢水量穩定	固定進水閥			

使操作人員素質提升	加強現場演練	<input type="triangle"/> 待比較改善後之效果，再決定是否施行
將 DAF處理水含油量降低	能力差的操作人員調職	<input type="times"/> 無法施行
使進流水水溫降低	冷卻水冷卻	<input type="times"/> 好，但太浪費
使進流水含油量降低	冷卻塔冷卻	<input type="circle"/> DAF 進口裝設溫度錶，每二小時記錄一次，超過35°C時，尾動冷卻塔
使進流水水質先能獲得改善	請練製工場改善	<input type="times"/> 可行，但無法改善
	電話通知改善	<input type="times"/> 不易做到
	請操作員到現場了解	<input type="circle"/> 可行，現場放一部移動式沉水泵
	增設沉水泵	<input type="times"/> 無法實施
	先設法清除油分	<input type="circle"/> 接自行購買更換試用
使刮泥機轉速適中	調整刮泥機轉速	<input type="times"/> 不理想
要避免刮泥板橡皮變形	使用耐油性橡皮	<input type="times"/> 大費工時
使刮泥良好	變形即更換同材質橡皮	<input type="times"/> 無法實施
	人工清理	<input type="times"/> 不易調整
	收集槽斜度要大	<input type="circle"/> 請修理工場加裝手動排泥設備
	調整電纜索之拉力	<input type="times"/> 排泥閥有時無法自動開啓
避免底部分污泥上浮	避免汙泥產生厭氧化	<input type="times"/> 無法實施
	手動排放汙泥	
	自動排放汙泥	
使氣泡分佈均勻	調整擴散器角度	

將 DAF 處理水含油量降低	使氣泡粒徑細小	提高餌和槽壓力	○
	降低進流水溫度	加大空氣量	○
選擇氣泡形成最適當的時機	減壓閥盡量靠近混凝槽管線	超過35°C啓動冷水塔	○
	混凝槽出口至 DAF 進口距離愈近愈佳	無法實施	×
使氣泡保持良好現象	避免亂流	降低 DAF 液位	×
	修汀要大	提高混凝槽液位	×
擬利用實驗計畫尋找最佳操作條件	使浮球不脫落	選擇適當 pH	○
	使餌和槽操作良好	添加適當凝聚劑	○
DAF 進口處裝設溫度錶，超過35°C時，啓動冷卻塔	使壓縮空氣高於飽和槽壓力	改用其他代用品	○
	迴流水停留時間要長	池和槽液位穩定	○
DFA 進口處裝設溫度錶，超過35°C時，啓動冷卻塔	提高空壓機壓力	提高空壓機自動啓動設定壓力	○
	加大餌和槽容積	降低飽和槽壓力	×
無法降低	減少迴流率	減少迴流率	○
	加大餌和槽容積	增加餌和槽容積	×

備註：○：可以 ×：不可以 △：需調查才能了解

表 7 具體改善對策及實施經過

要因	改善對策	利用實驗計畫法，探討DAF 最佳操作條件
A 操作因素	實施經過	進流水水質若有異常現象(溫度、含油量過高)會影響實驗計畫法之進行，因此本圈於74年 9月開會討論，決定實驗計畫法於進流水水質改變後，再實施較理想，同時選定空氣量，PAC 藥量、助凝劑量，加藥位置，攪拌機轉速等要因，並根據操作經驗訂出水準，編成16個實驗順序，分成 4組，圈員也分成 4班，每班負責一組來進行實驗，並送化驗課化驗 DAF 進出口含油量，然後利用統計分析於74年10月找出最佳操作條件
	結果	(一)選定之最佳條件為空氣量 $1.8\text{m}^3/\text{hr}$ ，迴流量 $35\text{m}^3/\text{hr}$ ，攪拌機轉速 10 rpm ，PAC 加藥量 100 ppm ，助凝劑加藥量 2ppm 。 (二)DAF 處理水含油量在95%下信賴區間為 $4.13 \pm 1.09\text{ppm}$ 。
B 進流水水質高	B ₁ 改善對策	進流水溫超過 35°C 時啓動冷卻水塔。
	實施經過	74年 9月底於DAF 進水處裝設溫度錶，每二小時記錄廢水溫度一次。
	結果	進流水溫度由 35°C 降至 $25^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 。
水・水質高	B ₂ 改善對策	(一)煉製工場操作異常時，立即電話通知煉製工場改善。 (二)74年 9月廢水池增設移動式沉水泵。
	實施經過	當煉製工場煉製原油種類改變時，較易造成含油量偏高，若煉製工場無法立即改善，廢水池會積存浮油，必須馬上啓動沉水泵把浮油清除乾淨
	結果	進流水含油量由 39.9ppm 降至 25ppm 。
要因	改善對策	(一)做膠凝試驗探討最佳pH值。 (二)做膠凝試驗，來決定凝集劑藥量
C 膠羽太小	C ₁ 實施經過	廢水與凝集劑，混合攪拌後，會形成膠羽，凝集劑藥量不足，是造成膠羽太小的主因，本圈於74年10月初分成二班，在給水工場實驗室進行膠凝試驗，一班做pH值探討，另一班做凝集劑藥量之探討於10月中完成。
	結果	(一)廢水pH=6 時，所形成的膠羽最佳，pH= 9時次之。 (二)由於DAF 處理水是 RBC 旋轉生物盤進流水，而RBC 最佳操作條件pH 在 $6 \sim 8$ 之間，所以在探討凝集劑藥量時，是以廢水pH= 6時來做實驗，經實驗結果PAC 凝集劑在 100 ppm 最佳。
氣	C ₂ 改善對策	混凝槽增設喇叭管，提高混凝槽液位。

泡 流	實 施 經 過	飽和空氣，經過減壓閥後，釋出的氣泡會於混凝槽冒出形成浮渣造成困擾，為改善此缺點，於74年9月將混凝槽液位增高0.6米，浮渣已不會積於混凝槽，但偶而仍有氣泡冒出，乃於混凝槽出口管線增設2"排氣管"以改善氣泡冒出缺點。
	結果	情況良好，混凝槽不會再有浮渣冒出。
D 刮 泥 情 形	要 因 改善 對策	更換為耐油性橡皮。
	實 施 經 過	原有刮泥板橡皮用不到半年即變形，浮渣不易刮除乾淨，74年9月購買耐油性橡皮，自行換新。
	結果	到75年3月已經使用超過半年，效果良好。
E 飽 和 槽 情 況	D ₂ 底 部 污 泥 上 浮	改善 對策 改用手動代替定時器，來操作氣動式排氣閥。
	實 施 經 過	由於發現定時器未作動排泥閥，排泥閥有時沒有打開使得沉積於DAF底部之污泥產生厭氧消化而上浮，乃改裝成手動式排泥閥。
	結果	DAF底部污泥，每天白天班定時排出5分鐘污泥不會上浮。
E 飽 和 槽 情 況	E ₁ 空 氣 壓 力 太 小	改善 對策 空壓機自動啓動，設定壓力由5kg/cm ² 提高到6kg/cm ² 。
	實 施 經 過	74年10月發現當飽和槽壓力高於75#時壓縮空氣就不易注入飽和槽，因此把空壓機設定壓力提高。
	結果	壓縮空氣易於進入飽和槽，飽和槽操作壓力穩定。
E 飽 和 槽 情 況	E ₂ 浮 球 脫 落	改善 對策 改善飽和槽操作步驟。
	實 施 經 過	全體圈員於74年9月開會討論發現浮球脫落的原因，是因為飽和槽液位不穩定時，使得浮球上下擺動過大所致。因此決議飽和槽操作，應先啓動迴流泵，使飽和槽液位保持1/2以上，才能啓動空壓機慢慢注入空氣，同時調整迴流量。
	結果	飽和槽液位穩定，浮球不再脫落。

5. 成果確認

(1) 環保效益

DAF 處理水平均含油量，由改善前之 8.6mg/l 減少至改善後的 3.8mg/l ，已達到預定目標值 5mg/l 以下，如表 8。

但根據74年11月至75年2月資料顯示改善後之DAF 處理水含油量仍偶有超過 5mg/l 目標值之情事，其原因、次數與改善前比較如表 9 及圖 8。

表 8 DAF 處理水改善前後之平均含油量

日 期		DAF 處理水平均含油量 (mg/l)
實 施 前	74年 3月	10.8
	74年 4月	10.1
	74年 5月	6.6
	74年 6月	7.1
	平 均	8.6
實 施 後	74年11月	3.9
	74年12月	3.9
	75年 1月	4.2
	75年 2月	3.3
	平 均	3.8

表 9 改善前後各項原因次數統計表

項 目	改 善 前				改 善 後			
	不 良 次 數	累 計 數	百 分 比 %	累 比 百 分 %	不 良 次 數	累 計 數	百 分 比 %	累 比 百 分 %
A 操作因素	19	19	45.7	45.7	6	6	75	75
B 進流水水質	9	28	21.0	66.7	2	8	25	100
C 氣泡	8	36	19.0	85.7	0	8	0	100
D 刮泥情形	4	40	9.5	95.2	0	8	0	100
E 飽和槽情況	2	42	4.8	100.0	0	8	0	100
合 計	42		100.0		8		100.0	100

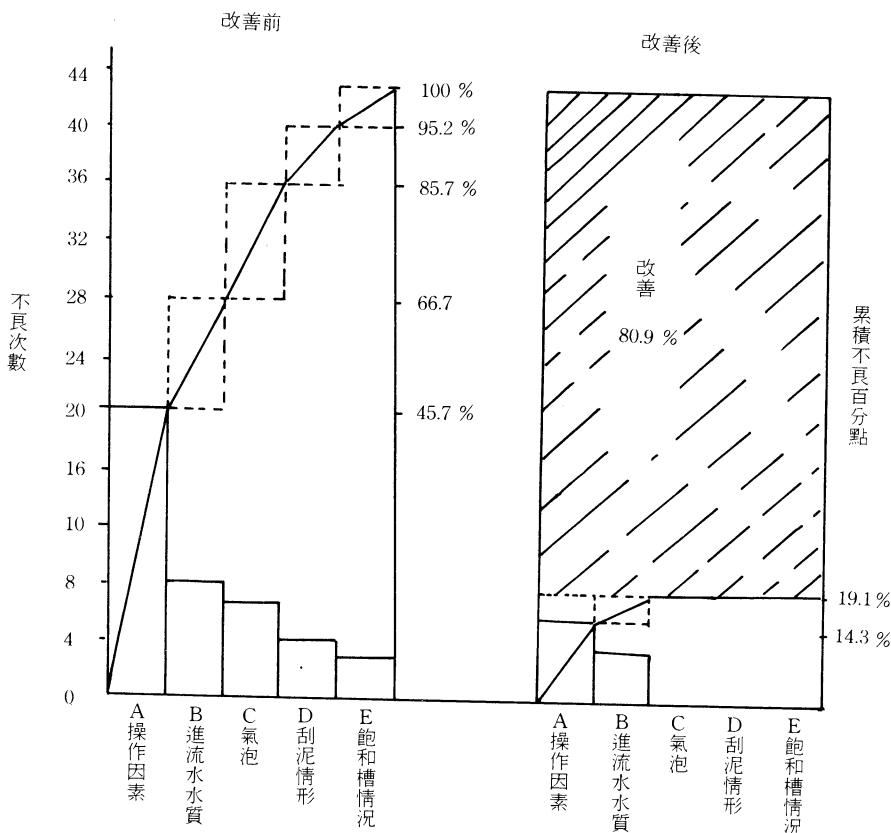


圖 8 改善前後柏拉圖分析

(2) 經濟效益

A. 有形效益

本廠之改善對策，主要經費為增設移動式沉水泵 2萬元，混凝土出口增設喇叭管 5千元，合計 2萬 5千元。面對錯綜複雜的污染問題，由點而面，由易到難，逐件逐項研討，以最少之投資，卻大大地提高廢水處理效率。

B. 無形效益

- 消極的確保排放水標準，積極的改善生活環境，提升企業形象。
- 經由員工腦力資源的有效運用，充份利用現有設施，也能不藉外力達到污染防治之目標。
- 員工藉此活動，凝聚力量，集思廣益，全力防治污染，有志竟成，並且使各種手法之運用更加熟練。

6. 標準化作業及檢討

(1) 標準化 (圖九)

為求最佳處理效果，將可獲致效果之各項工作，列為標準化如下：

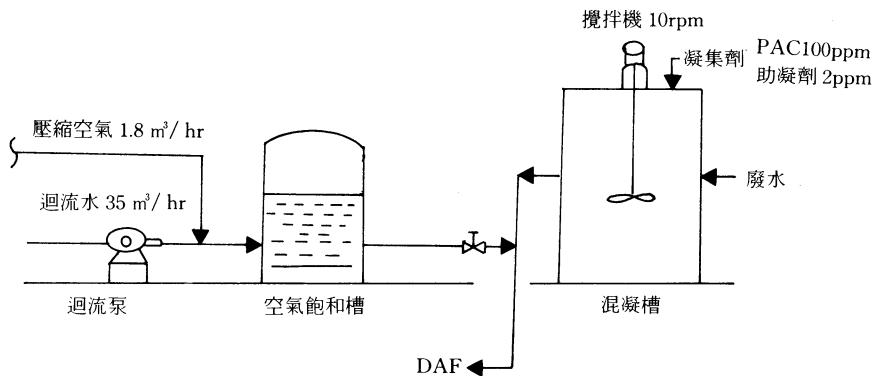


圖 9 DAF 標準化操作流程

- A. 進流水溫度超過35°C時啓動冷卻水塔。
- B. 混凝槽凝集劑PAC 加藥量在100ppm，助凝劑加藥量在2ppm，攪拌機轉速10rpm。
- C. 在廢水處理量 $60\text{m}^3/\text{hr}$ 下飽和槽操作，空氣量控制在 $1.8\text{m}^3/\text{hr}$ ，迴流量控制在 $35\text{m}^3/\text{hr}$ 。
- D. DAF 底部排泥閥，每天手動操作 5分鐘。
- E. 飽和槽操作應先啓動迴流泵，使飽和槽液位保持 1/2以上才能慢慢注入壓縮空氣。

(2) 檢討

- A. 本研究是以正常操作廢水量 $60\text{m}^3/\text{hr}$ （最大處理量75%）做基礎，找出最佳操作條件。若處理量有變化時，須機動調整操作條件。
- B. 依據膠凝試驗，廢水水質pH= 6時，所形成的膠羽較大，但為考慮RBC旋轉生物盤操作，故廢水pH以控制在7~8之間為宜。
- C. 改善後之不良要因，以操作因素居多（佔75%），亦即若能再經訓練等方式提高操作人員素質，將可使不良原因減至最低。

操作人員素質，將可使不良原因減至最低。

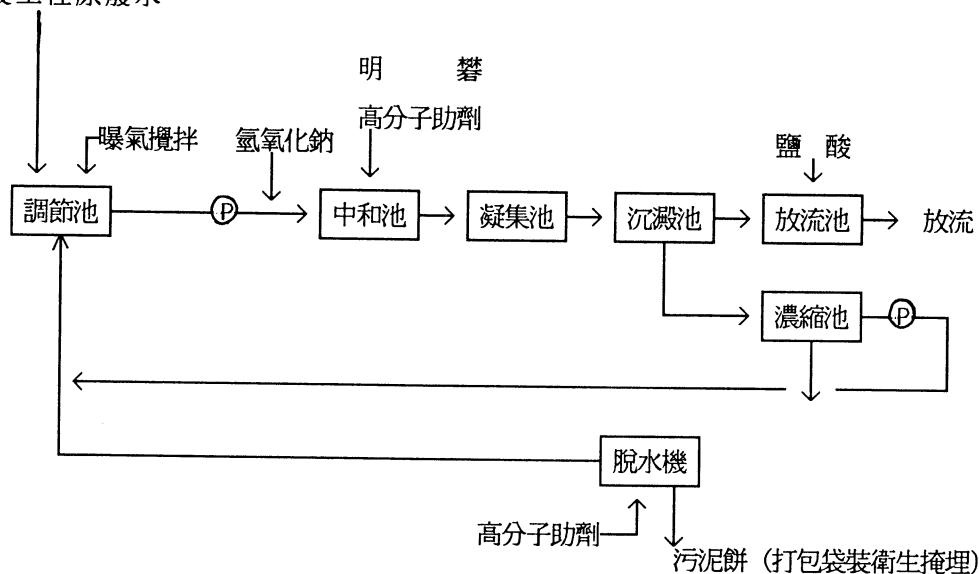
4.2 例二（削減塗裝廢水處理藥劑費用）

1. 品管圈組織

某知名家電廠之安全衛生管理部為減少廢水處理費用，組成綠十字圈進行品管圈活動，成員除圈長、輔導員各一人外，尚有 6名圈員。

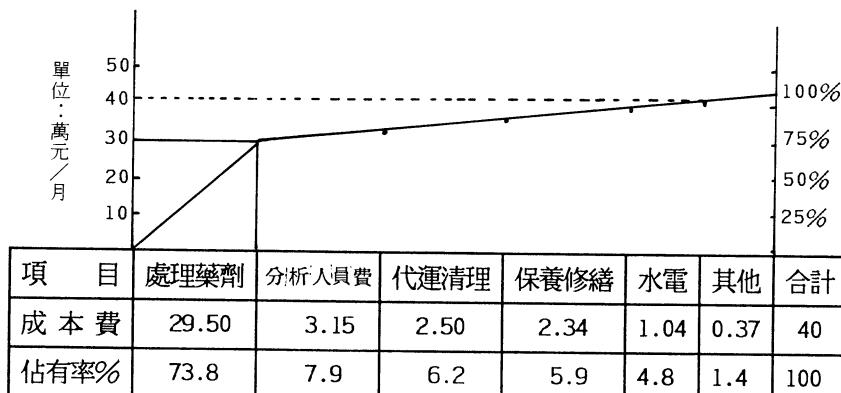
2. 塗裝廢水作業流程

塗裝工程原廢水



3. 現狀分析

廢水處理成本偏高直接影響電化、家電、電機等塗裝部門製造成本提高。目前處理藥劑費占總處理成本73.8%，比率最大，故選定此項進行研究改善。



資料來源：73年12月～74年3月。

4. 目標

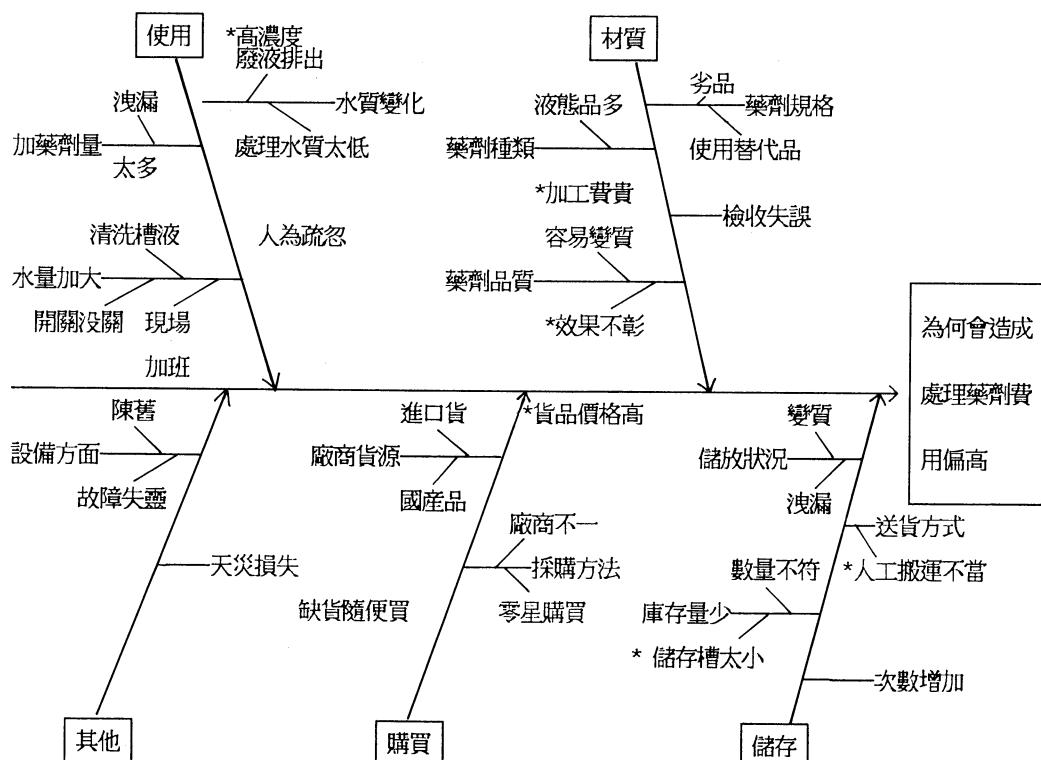
處理藥劑費削減率 $47.5\% \rightarrow 24\%$ 。

5. 計畫時程及工作分配

次序 項目 日程	月別										工作分配
	73/12 10 20	74/1 10 20	2 10 20	3 10 20	4 10 20	5 10 20	6 10 20	7 10 20	8 10 20		
1. 題目選定	→										全體
2. 把握現狀	→										全體
3. 要因分析		→									全體
4. 改善前數據			→								一人
5. 對策立案				→							一人
6. 對策實施					→						二人
7. 改善後數據						→					一人
8. 成果確認							→				二人
9. 標準化								→			一人
10. 下期活動計劃									→		全體

註：-----→預定進度 -----→實際進度

6. 特性要因分析



註*：主要影響因子

7. 改善前數據收集：

收集期間：民國73年12月～74年 3月

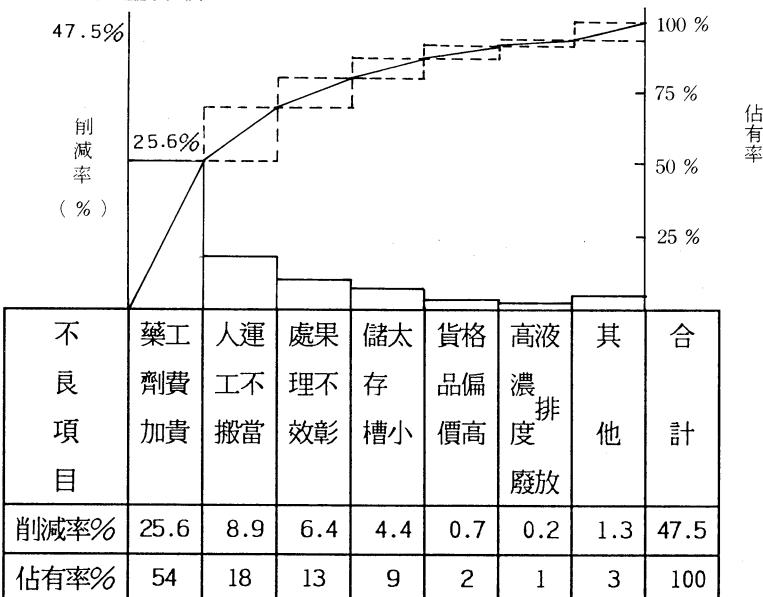
平均處理藥劑費：29.5萬元（預算20萬元／月）

超出處理藥劑費：9.5萬元

削減率：47.5% ($9.5 \div 20$)

月份 不良項目	73 12	72 1	2	3	合計	佔有率 (%)	累計 (%)
藥劑加工費貴	5.0	5.2	4.7	5.6	20.5	54	54
人工搬運不當	1.9	1.6	1.5	2.1	7.1	18	72
處理效果不彰	1.4	1.2	1.1	1.4	5.1	13	85
儲存槽太小	1.0	0.9	0.6	1.0	3.5	9	94
貨品價格偏高	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	2	96
高濃度廢液排放	0	0.1	0	0.1	0.2	1	97
其他	0.3	0.2	0.1	0.4	1.0	3	100
合計 (萬元)	9.7	9.3	8.1	10.9	38		

8. 改善前柏拉圖分析：



9. 對策實施

實施日期：4月1日－5月31日

不良項目	原因分析	對策立案	對策區分			預期效果
			A	B	C	
1.藥劑加工費貴	外商配藥(液態)品質不穩，加藥量增加，價格高。	採購粉態藥劑，使用粉末分散器，自行調配高分子助劑。	✓			1.確保品質。 2.易於儲存。 3.價格降低2倍。
2.人工搬運不當	缺少大量儲藥槽，增加運送次數，運費自然提高。	在沉澱池左側畸型地，設置了3噸儲藥槽壹座。	✓			1.減少2/3送貨次數。 2.節省人力與運費。
3.處理效果不彰	使用多元氯化鋁(PAC)效果不佳，價格又貴。	改用廉價硫酸鋁(明礬)處理廢水。	✓			1.適用濁度高的塗裝廢水淨化處理。 2.節省1元/kg。
4.儲存槽太小	限於場地不足，小量儲存工本費提高。	同2.對策實施。		✓		1.大量儲存藥劑。 2.美化畸型地。
5.貨品價格偏高	缺貨隨買，零星洽購，輸入品貨源，廠商不一。	採用每個月初一次進貨，以議價方式，統一廠商，採購現地貨品。		✓		1.品質提高。 2.價格下降。 3.貨源不缺。
6.高濃度廢液排放	塗裝現場不定時排放，造成處理困難，用藥量加大。	規定塗裝現場於每週上班最後一天(17時)以後排放，特別處理。			✓	1.減少過大負荷，促使正常操作。 2.同時段集中高濃度廢水處理，相互中和，節省藥劑。

10. 改善後數據收集：

收集期間：民國74年6月～74年8月

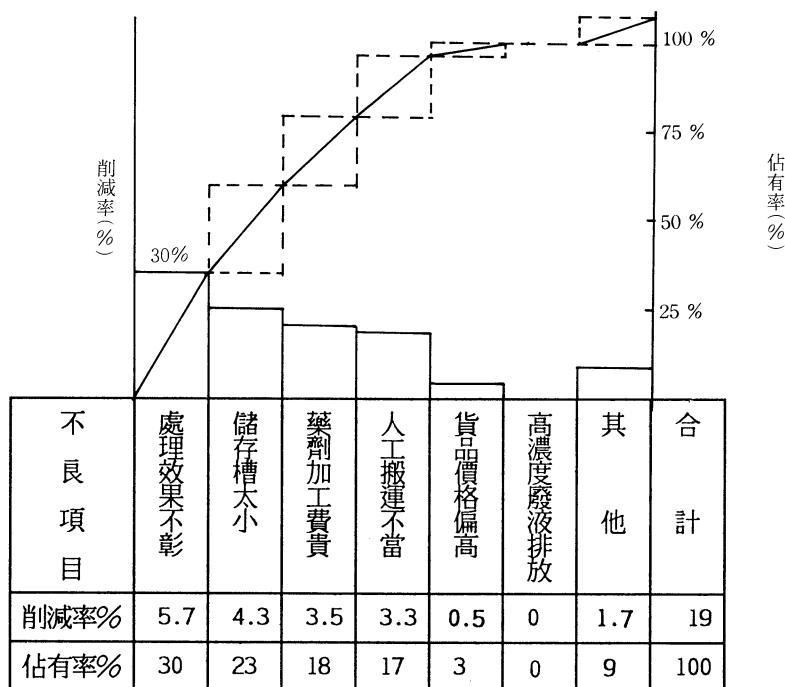
平均處理藥劑費：23.8萬元（預算20萬元／月）

超出處理藥劑費：3.8萬元

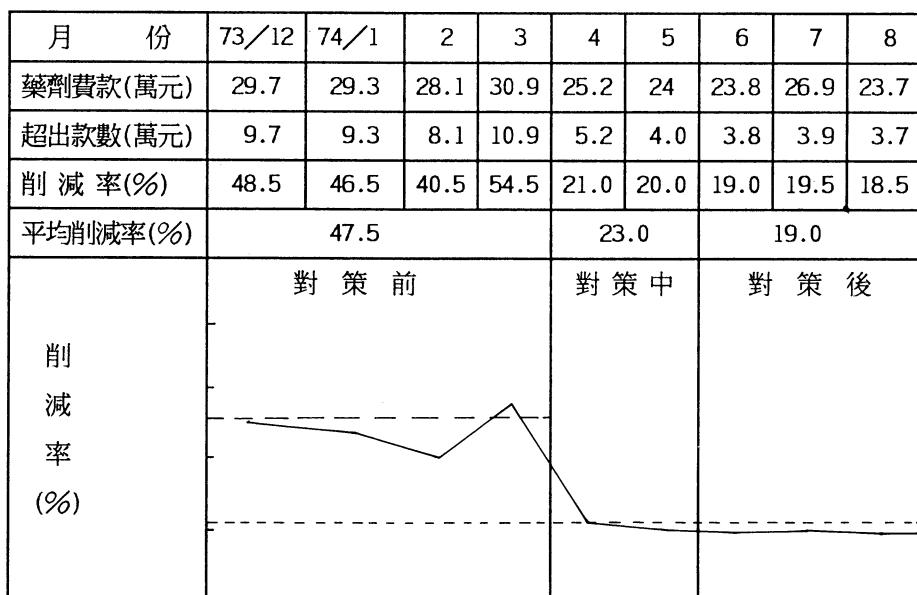
削減率：19%

月份 不良項目	74 6	7	8	合計	佔有率 (%)	累計 (%)
處理效果不彰	1.2	1.2	1.0	3.4	30	30
儲存槽太小	0.9	0.8	0.9	2.6	23	53
藥劑加工費貴	0.7	0.8	0.6	2.1	18	71
人工搬運不當	0.6	0.6	0.8	2.0	17	68
貨品價格偏高	0.1	0.1	0.1	0.3	3	91
高濃度廢液排放	0	0	0	0	0	91
其他	0.3	0.4	0.3	1.4	9	100
合計(萬元)	3.8	3.9	0.7	11.4		

11. 改善後柏拉圖分析

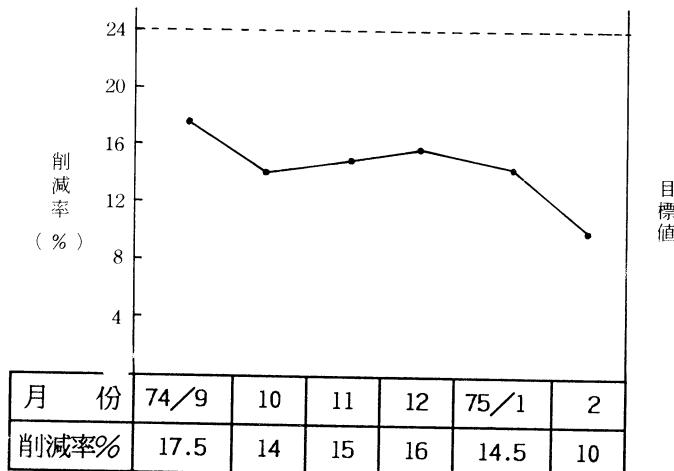


12. 改善對策前後柏拉圖



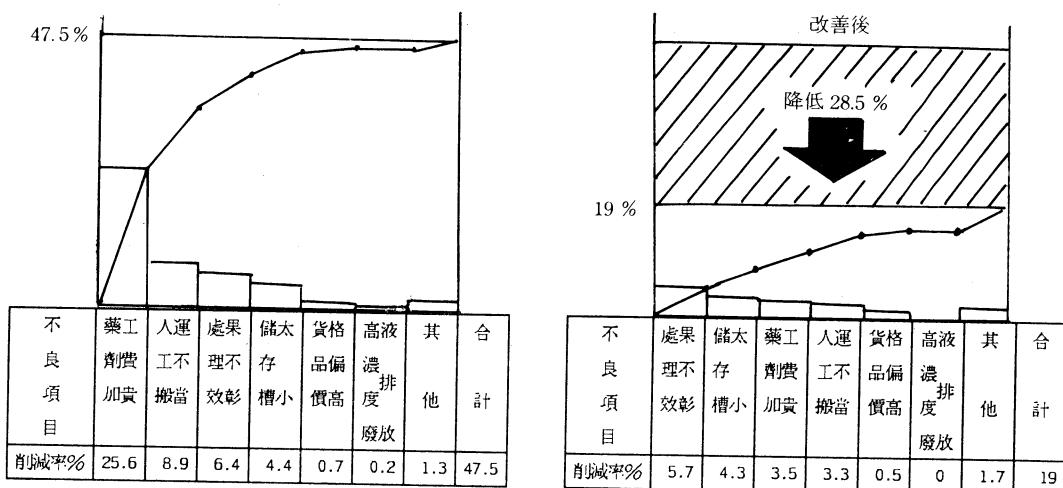
註：預算經費20萬元／月

13.廢水處理藥劑費用改善效果追蹤



註：24期評估預算經費24萬元／月

14.成果比較



15成果檢討

1.有形成果

A.廢水處理藥劑費削減自47.5%降至19%。(改善率28.5%)

B.節省藥劑費：
①684,000元/年 ($200,000\text{元}/\text{月} \times 28.5\% \times 12\text{月}/\text{年}$)

支出材料費：
②儲存30,000元

③粉末分散器17,000元

節省金額：
① - ② - ③ = 637,000元/年

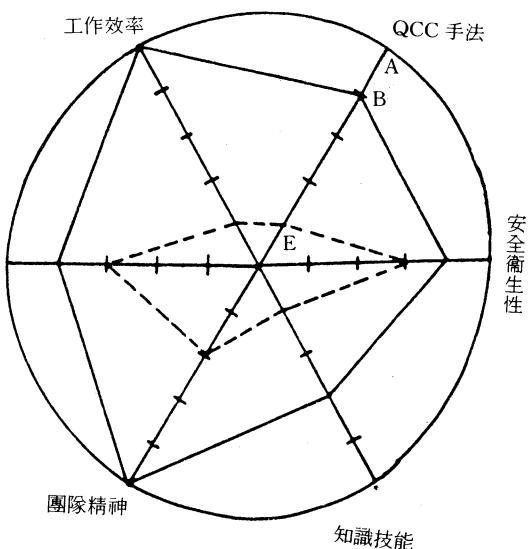
15. 成果檢討

1. 有形成果

- A. 廢水處理藥劑費削減自47.5%降至19%。（改善率28.5%）
 B. 節省藥劑費：
 ① 684,000元/年 ($200,000\text{元}/\text{月} \times 28.5\% \times 12\text{月}/\text{年}$)
 ② 儲存30,000元
 ③ 粉末分散器17,000元
 節省金額：① - ② - ③ = 637,000元/年

2. 無形成果

區別 主 管 評 價 項目	改善前	改善後
QCC 手法	E	B
安全衛生性	C	B
知識技能	E	C
團隊精神	D	A
職場明朗化	C	B
工作效率	E	A



16. 標準化

1. 向廠商訂貨，需求藥劑包裝完全，標示明確。
2. 藥劑入車前，嚴格檢驗，確保品質。
3. 儘量使用現地貨品，原則每月採購一次，杜絕貨源短缺。
4. 藥劑儲放分類標示，防止濫用。
5. 每週上班最後一天，17時以後排放高濃度廢液個案處理。
6. 非廢水性化學原液，應依事業廢棄物清理法管理之。

4.3 例三（電鍍工廠污染減量方案－美國實例）

1. 製程概況

某電鍍工廠主要之營業為金屬裝飾品鍍鎳、黃銅、銀或金。其零件加工的程序為清洗、電鍍和拋光。基本的操作包括塗料剝離、清洗、電鍍、乾燥和拋光。

在鍍銀時，欲電鍍的金屬零件先浸入附有逆流的氯化鈉溶液中以便進行剝離，然後用50%的鹽酸溶液作酸洗，零件再經拋光至光滑，拋光的零件再用苛性鈉溶液清洗去除

附著之污物，然後用 5%的硫酸溶液來中和零件上殘存的苛性鈉溶液。

在零件浸入電鍍槽內一段時間後提出將其放入一個靜止的洗滌槽，靜置些時間後另行放入一個連續的水洗槽。在靜止和連續的洗滌槽中均用自來水，靜止洗滌槽內的溶液可做為電鍍槽的補充溶液。若使用兩個靜止的洗滌槽時，則第二個槽內的水可作為第一個靜止洗滌槽的補充水。從連續洗滌槽溢出的水即作為廢水排出。電鍍後零件接著被拋光。

通常鍍金不需進行剝離作業。在初期的清洗操作後，零件即經電鍍。鍍鎳和黃銅亦是用類似的方式來做。在鍍黃銅和鎳前通常使用1, 1, 1, -三氯乙烷的蒸氣來除去油脂。在有些情況下，零件先鍍鎳，然後再鍍上金、銀或黃銅。

在工廠內所有的電鍍操作均是手動的，每天一班，僱用 8個操作員。清洗和電鍍操作共用了30個槽。典型的電鍍單元的組成是包含一個電鍍槽，然後是一個或二個靜止洗滌槽以及一個連續洗滌槽。除了鍍鎳之外，所有電鍍和剝離溶液均含有氯化物。

2. 污染源概況

含氯化物之廢水來自剝離過程或來自鍍金、銀、黃銅、銅以及其他之洗滌操作。其他廢水來自連續洗滌槽以及清洗地板、設備的廢水；主要廢棄物有鍍浴過濾廢棄物、老化電鍍廢液。

來自剝離、電鍍和清洗地板之廢水匯流至綜合處理設備，經預先處理後，排入衛生下水道。

在電鍍槽內會累積金屬污泥，每月用手提式過濾器過濾一次，每個電鍍槽使用兩個過濾器，每2~3個月換一次。

3. 品管圈組織

由於是小廠雇用人員不多，故品管圈由廠內人員和廠外顧問組成，

其成員如下：

- 廠長（圈長）
- 電鍍領班
- 製程工程師
- 電鍍化學顧問
- 環境工程顧問

品管圈注重所有電鍍操作的評估，而不限於某一特定電鍍製程。開始評估前，先收集最近的生產記錄、原料資料、設備佈置及操作流程、污染現況。審核過資料後，即對全廠作綜合性檢查。

4. 改善提案

在完成現場檢查、資料審核，品管圈舉行一連串腦力激盪會議，發掘具有潛力之污染減量專案如下：

(1)以下列方式減少電鍍液從電鍍槽中被帶出：

- 將工件適當的放在電鍍架上。
- 增加電鍍液的溫度。
- 降低電鍍液成分的濃度。
- 用滴盤來增加帶出液的回收。

(2)以下列方式來延長鍍浴的壽命：

- 以較佳的洗滌方式，減少帶入污物。
- 使用離子補充水。
- 使用較純的陽極。
- 將廢鍍液退回供應商。

(3)以下列方式減少洗滌水：

- 使用多段逆流的洗滌槽
- 使用靜止洗滌槽。
- 使用噴霧洗滌。

(4)預防來自研磨和拋光房的灰塵進入電鍍房，而污染到鍍浴。

(5)將氯化物廢水和其他的廢水分開，如地板清洗和剝離的廢水。

5. 提案可行性分析

品管圈為使提案於將來執行時發揮成效，乃經討論決定篩選以下四項進行技術及經濟可行性評估：

(1) 分出有害廢棄物

從廢棄物中分出有害廢棄物幾乎無需投資設備，即可加以執行，而且可以立即節省金錢，並沒有任何技術上的問題。

(2) 使用滴盤來減少電鍍液被帶出

滴盤是用來收集從電鍍槽內拿出的架子和工件所滴下的電鍍液。電鍍液又流回電鍍槽，此方案可減少稀薄洗滌廢水的量，但在電鍍浴內雜質累積的速度快。由於電鍍液被帶出較少，故化學品補充量亦減少。滴盤的價格估計為\$115，安裝費用為\$200，故總成本為\$315。預計此方案每年可減少洗滌廢水處理費用\$500，且每年減少\$ 400的補充化學品的成本。因此，回收期為0.35 年，或約為 4個月。

(3) 使用去離子水作為補充溶液或洗滌水

使用去離子水可減少雜質在電鍍浴內累積，尤其是可避免自來水中造成硬度的礦物質。因此，將避免碳酸鹽沉澱在電鍍槽內。

此方案與前面使用滴盤的方案一起做評估。去離子水之裝置成本為\$267，當加上滴

盤的成本時，總成本即變成\$582。去離子水的廠外包裝服務費用為每年\$450。每年可以節省處理費用和補充化學品費用\$900。因此，每年淨操作成本可以減少\$450，故回收期為 1.3年。

(4) 安裝噴霧洗滌器

安裝噴霧洗滌器將減少清潔工件所需的洗滌水的量。若裝上噴霧控制器，則可依需要做洗滌的工作。預計洗滌水可以減少50%。如此洗滌廢水的濃度變高，而有些可流回電鍍槽內做為補充水。

估計四個噴霧洗滌單元的價格為\$2,120，加上\$705的管線、閥和安裝人工費用，總投資成本為\$2,825。每年預計可減少\$350的處理費用，而這是減少50%的洗滌廢水來估算的，其回收期超過 8年。

五、結論

環境保護法令日愈嚴格，已由過去的廢水排放管制，延伸到廢氣排放處理的要求，噪音的防制，目前更推廣至事業廢棄物的管理。尤其是民眾環保意識的提高，糾葛著複雜的公害糾紛，更加速環保時代的來臨。工業界面對此一情勢，應深刻瞭解污染的改善是責無旁貸的，早日謀求治本的辦法，而非以追求管末處理，達到環保標準為滿足。

污染防治技術已由過去單純的管末處理，演變至今天的多媒介管理（Multimedia Management）技術，在著手研究或評估改善方法時，尤待工廠各部門員工攜手合作，集思廣益，找出污染原因，循(1)污染源的削減，(2)污染物的回收利用，(3)污染物的管末處理、處置等方法的順序，篩選最佳的方案付諸實施。此時利用品管圈活動對削減污染源與改善現有污染處理系統最具效果，畢竟員工對污染的產生最熟悉，故如何激發員工的腦力資源，促進其改善污染的參與感，此種活動應是有效的方法之一。而污染物的回收、處理與處置方法的選擇，常涉及專業技術範疇，此時品管圈如有專業公司或專家顧問參與，更可獲得具體成效。

六、參考文獻

1. 白賜清、翁辰修著，「品管圈活動」，品質管制學會發行，75/3。
2. 廖方靚著，「品管圈活動之促進方法」，品質管制學會發行。
3. 巫垂晃、陳有志、劉莉貞、藩乃紹，「品質管制」，高立圖書公司，77/3。
4. 先鋒企業管理發展中心，「1985年全國品管成果發表大會彙編」。
5. 楊義榮編譯，「工業減廢評估」，經濟部工業污染防治技術服務團編印，78/9。
6. 楊義榮，「品管圈活動與工業污染防治」，工業簡訊，78/11。