

中油公司高雄煉油總廠林園廠 三輕工場裂解爐除焦罐系統改善

許長發 *

摘 要

三輕工場裂解爐之爐管，每操作一段時間（約50—60天）後必須予以除焦方可再使用。現有之除焦罐系統屬直接排放之開放型式，有白煙、廢水兩方面之污染。

一套經改良之密閉循環除焦罐系統，主要操作單元包括空氣冷凝器、除焦罐、洗滌水循環泵....等，可有效解決上述問題。

預計採用新除焦罐系統後，有形效益方面可節省工業用水和廢水處理費用3,041,800 元／年，無形效益方面為解決污染問題和提昇工廠管理形象。

一、前 言

近年來林園廠致力於污染防治工作不遺餘力，層面涵蓋廢水、空氣、噪音與固廢等之處理、改善、管制與／或監測，工作方向和重點依優先順序分別為製程減廢、操作改善、污染防治設備引進以及舊有防污系統更新....等，在標本兼治之情況下已獲相當成效。目前各項短、中、長程污染防治計劃仍不斷地進行，林園廠希望在扮演石化基本原料供應者之同時，能以最大之誠意與決心，以實際行動為環保與污染防治工作樹立榜樣。

本文旨在介紹林園廠有關廢水減量與降低污染程度之措施中，三輕工場除焦罐系統之改善構想與具體作法，並評估其改善後有／無形方面之效益及對污染改善之貢獻，以交換並分享本案之經驗與心得。

*中國石油公司高雄煉油總廠林園廠技術服務課化學工程師

二、製程簡介

三輕工場位於林園石化工業區內，是政府『十大建設』中為繁榮石化工業所推動之重要工程。年產乙烯廿三萬噸，聚合級丙烯六萬八千噸，另尚有化學級丙烯、丁二烯....等相關產品。上述石化基本原料，經中／下游工廠製造加工為各式各樣民生必需品後，不但富裕人民之生活，且為國家賺取大量外匯，在我國締造『經濟奇蹟』之過程中做出非凡之貢獻。

其簡要流程(三輕工場簡要流程圖如圖一所示)說明如下：進料(輕石油腦)和循環乙烷進至裂解爐後即行氣化並起裂解反應，裂解爐流出物流經換熱器時被驟冷下來，在此同時亦產生高壓蒸汽供工場使用。輕油裂解爐流出物旋即與循環驟冷油混合，使再度冷卻，然後進入初餾塔；而乙烷裂解爐流出物則於與循環驟冷油混合冷卻後，進至重燃料油汽提塔，其中之輕質餾份就由該塔頂部回至初餾塔；重燃料油由塔底送出。在初餾塔，可側提油料至輕燃料油汽提塔，自此塔底部取出者為輕燃料油；亦可將汽油提送餾出油汽提塔經汽提後，送往裂解汽油加氫裝置處理，留於初餾塔底部者為循環驟冷油。裂解氣體乃由初餾塔頂部逸出，經一蒸汽帶動之四級離心壓縮機壓縮至約 530 PSIG。裂解氣體之鹼洗塔設在第三、四級間，目的在去除酸性氣體。

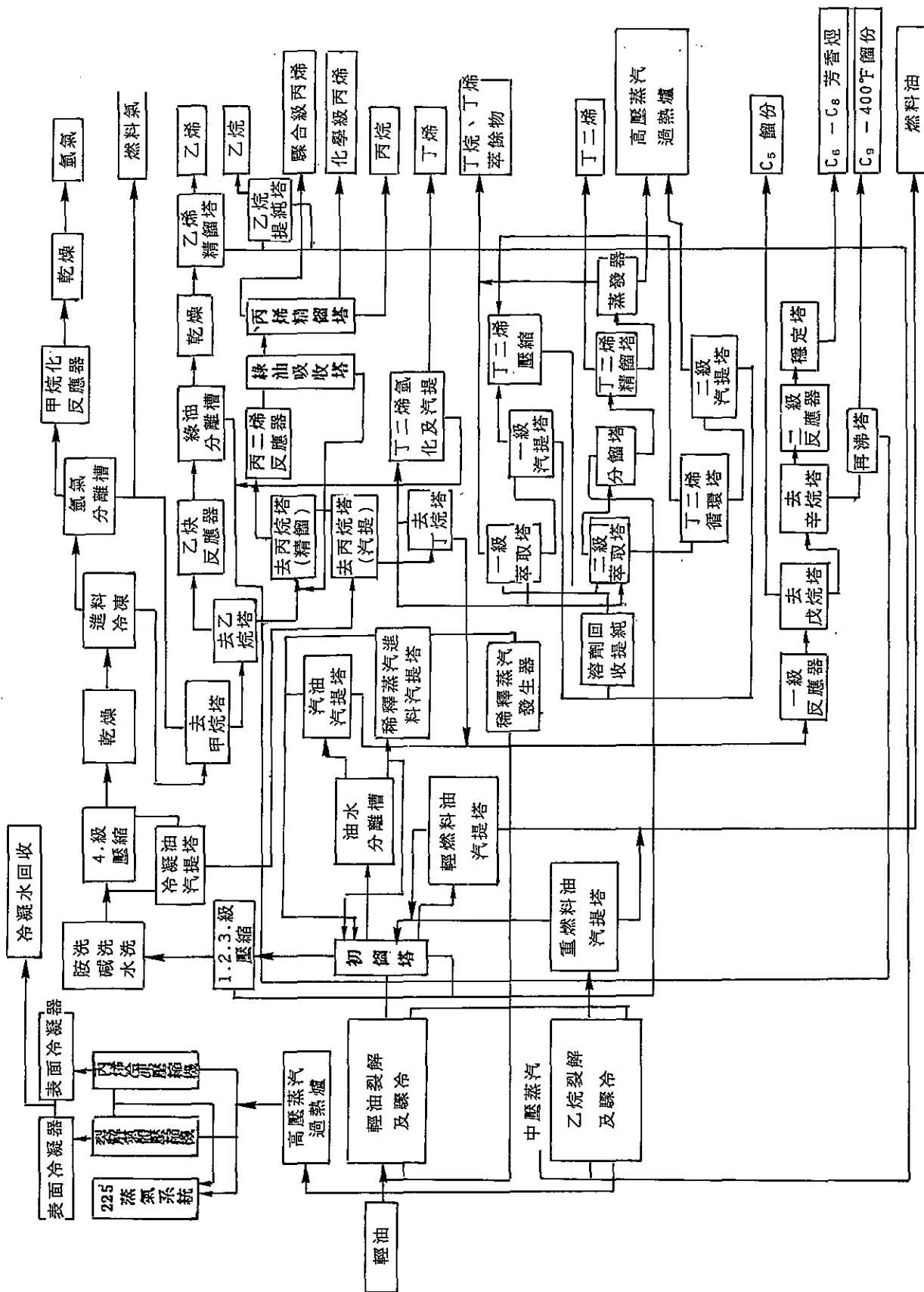
由第四級壓縮出來之裂解氣體，於經過乾燥器乾燥後，再流經一連串之冷凍器，分四段逐漸冷至 -20 ， -80 ， -144 及 -200°F ，分別進料至去甲烷塔取出甲烷。其由最後一座去甲烷塔進料分離槽頂部逸出之氣體，則再經一氫氣冷凍器，利用其本身分離冷凝而成之甲烷液體之絕熱膨脹；自行冷凍至更低溫度(-262°F)，以產生95 MOL% 純度之氫氣。

去甲烷塔塔底油依序進至去乙烷塔、去丙烷塔以及去丁烷塔繼續分餾。由去乙烷塔頂部逸出之氣體，先經乙炔反應器後再進入乙烯精餾塔；將乙烯與乙烷分離，至於乙烯精餾塔底部分出之乙烷，則與丙烯冷媒換熱氣化後始入乙烷裂解爐裂解。去乙烷塔及凝縮油汽提塔之

塔底油合併進入去丙烷塔。去丙烷塔塔頂餾出油經氯化後依序進入丙二烯反應器、綠油吸收塔和一脫硫系統，再進入丙烯精餾塔開始精餾，化學級丙烯由該塔側提而出，聚合級丙烯則由塔頂餾出；丙烯精餾塔塔底油含多量丙烷，乃送往液化石油氣儲槽。

由去丙烷塔底部進料至去丁烷塔後，塔頂逸出之混合四碳烴約含一半之丁二烯，即可逕行氫化處理成丁烯，或送往丁二烯萃取裝置取出丁二烯，而去丁烷塔塔底油便與餾出油汽提塔塔底油合併送裂解汽油氫化裝置，先後分得 C_5 ， $C_6 - C_8$ 芳香烴和 $C_9 +$ 餾份。

在此值得一提者為輕裂工場低溫分餾所需之冷凍，乃藉由以兩套冷凍壓縮機為主體所組成之冷凍系統（即丙烯和乙烯冷凍系統）串合使用而得。前者能提供 -28 、 -6 及 $45^\circ F$ ，而後者更能供應 -149 、 -90 及 $-55^\circ F$ 之低溫冷凍。此外，在設計上儘可能將冷媒氣體於再沸器內冷凝，或將冷媒液體以程序流體再予冷卻，以達更經濟之冷凍效果。



圖一 第三輕油裂解工場簡化流程圖

三、廢污來源

三輕裂解區除焦罐系統之廢污，主要來自裂解爐除焦過程中所產生之高溫且含焦碳微粒之除焦氣體；在除焦罐內以工業用水洗滌所產生之白煙（蒸汽）和大量熱污水。至於裂解爐為何須除焦以及除焦方法，分述如下：

裂解爐操作一段時間（約50—60天）後，每支爐管內壁表面會漸積焦碳層。為維持所需之裂解溫度，勢須提高輻射區爐管出口溫度，其結果亦招致爐管表面溫度升高，但若溫度超過1950°F，爐管壽命將

很快減短，故裂解爐操作至此情況就需停下來除焦。裂解爐需除焦之另一主因，係爐管之高壓力降。若輻射區進口處之任一限制流孔板下游壓力，高過其上游壓力之二分之一以上時，該流孔板即已無法再保持流體之臨界流動，將導致輕油與蒸汽在輻射區爐管內分佈不佳，故亦需停下來除焦。

除焦方法係採蒸汽／空氣除焦法。首先裂解爐溫度須先予逐步降低至 1350°F，然後保持於此溫度下加入空氣，空氣量最多為蒸汽之2WT%（蒸汽流量始終保持在 20,000LB／HR）。接著藉光學高溫測溫器觀察爐管表面溫度，當然不可超過1950°F。設所有情況皆屬正常，則可逐步提高裂解爐出口溫度至 1500°F，空氣量為蒸汽之5 WT%，並取樣分析爐管出口氣體，直到 CO₂ 含量低於 1.5 MOL% 為止。最後再提高空氣量至最大極限 --- 蒸汽之20 WT%，維持半小時以期徹底除焦，至此除焦方算大功告成，裂解爐可改回正常操作。

四、廢污質量及特性

三輕裂解區除焦罐系統之廢污主要為白煙及熱污水。三輕現有輕油裂解爐八座，乙烷裂解爐一座，以每座裂解爐除焦週期50—60天計，平均每週有一座裂解爐進行除焦，依操作經驗和設計容量推估，除焦過程（約24HR／次）廢污產生量為：

白煙（除焦罐頂部排放氣體）

1.除焦蒸汽： $20,000\text{LB/HR} \times 24\text{HR/次} = 480,000 \text{ LB/次}$

2.除焦空氣： $4,000\text{LB/HR} \times 24\text{HR/次} = 96,000 \text{ LB/次}$

3.水滴蒸發： $5,954\text{LB/HR} \times 24\text{HR/次} = 142,680 \text{ LB/次}$

合計白煙產生量： $718,000 \text{ LB/次}$

熱污水（除焦罐底部排放水）

主要來自用以驟冷、洗滌除焦氣體之工業用水，其產生量約： $146.69\text{TON/HR} \times 24\text{HR/次} = 3,520 \text{ TON/次}$

在特性上，除焦罐頂部排放之氣體，除蒸汽造成之白煙有礙觀瞻外，若洗滌效果不佳，亦有可能夾雜少量油滴和焦碳微粒，使設備、人車受污損。除焦罐底部排放之洗滌水，除水量甚大外，且水溫接近 212°F ，在在加重林園廠廢水處理之負擔。

五、處理流程與處理效果

1.改善前

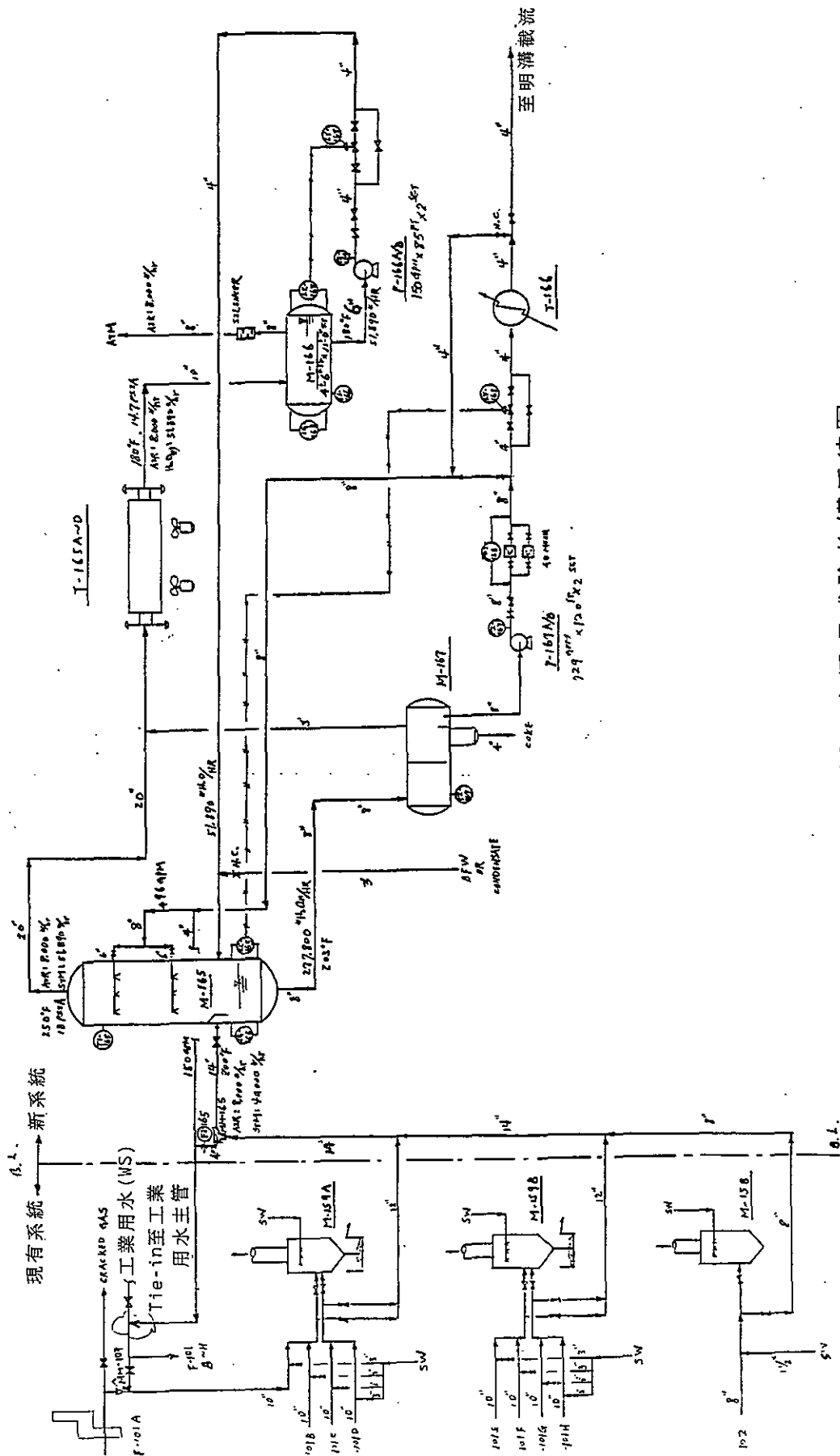
(1) 改善前處理流程（三輕工廠除焦罐系統圖見圖二）

裂解爐除焦氣體進至除焦罐之前，先以工業用水予以冷卻，使溫度自 $1,500^{\circ}\text{F}$ 降至 800°F 。在除焦罐內，除焦氣體經雙層水霧洗滌以除去焦碳微粒、臭味後由高點排放大氣。洗滌水自除焦罐底部，先排至位於除焦罐正下方之焦碳沉集坑，使焦碳與水分離，滾燙之洗滌水再溢流至截流溝系統，最後經雨水緩衝槽或總CPI 處理（79年12月以後經廢水二級處理）後泵送至聯合污水處理廠。

現有除焦罐系統屬直接排放之開放型式，白煙、熱污水皆未處理即予排放，且用以洗滌之工業用水亦未循環再使用，就污染防治或經濟觀點言仍不盡理想，有待進一步改進。

(2) 改善前處理效果

除焦罐系統之主要目的在處理裂解爐除焦氣體。三輕建廠



圖二 三輕工廠循環式除焦罐系統圖

時污染防治可能不是設計之考慮重點，故在除焦罐容量以及因洗滌所造成之二次污染問題方面均未得應有之重視，因而影響此系統之處理效果。其在空氣、水與熱方面所產生之後遺症遂成為今日污染防治工作之重要課題。

2.改善後

(1) 改善後處理流程

改善之後，用以冷卻和洗滌裂解爐除焦氣體之流體不再是改善之前所使用之工業用水，而是以循環泵浦打循環之 BFW 或蒸汽冷凝水。此循環水提供潛熱 (LATENT HEAT) 以冷卻除焦氣體。在洗滌、冷卻之過程中，受蒸發之循環水隨著除焦蒸汽和除焦空氣自除焦罐 (M-165) 頂部流至空氣冷凝器 (T-165 A-D)，將空氣／蒸汽予以冷卻／冷凝，然後一起進至空氣／冷凝液分離槽 (M-166)，空氣自 M-166 頂部逸散至大氣，冷凝水再以泵浦回除焦罐。除焦罐底部含有焦碳之熱水，先流至焦碳沈集槽，使焦碳與水分離。焦碳於操作一段時間後，再從沈集槽放出移除，熱水則以循環泵浦回除焦罐，並以之洗滌除焦氣體。系統內由於除焦蒸汽冷凝而過剩之熱水，先經水冷器 (T-166) 冷卻後再排放至截流溝系統。

改良後之除焦罐系統，屬一種密閉循環型式：除焦蒸汽與受除焦氣體氣化之循環水於空氣冷凝器冷凝後再回至除焦罐，以提供潛熱冷卻除焦氣體，整個系統之熱量被移除至空氣中，如此方不至於增加林園廠冷卻水塔系統之熱負荷。除焦罐底部之熱水亦經水冷器冷卻後方予排放，減輕林園廠廢水處理之熱污染。以此方式循環操作，直至裂解爐除焦完成為止。

2.改善後處理效果

改良後之除焦罐系統，以大量循環水洗滌除焦氣體，可有效滌淨除焦氣體中之焦碳微粒、油滴或氣味，除焦氣體復經空氣冷凝器，其中之除焦蒸汽和氣化之洗滌水完全被冷凝。因此排放至大氣之除焦氣體既無氣味、油漬，又無白煙，除焦罐底

部含焦碳熱水，於新設計之焦碳沈集槽行固／液分離，焦碳定期予以清理，熱水絕大部份循環再使用，少部份過剩之熱水先予冷卻後始排放。如此，不但焦碳分離效果好，且容易清理，同時廢水量驟減，水溫亦降低。比之舊有除焦罐系統，改良後之除焦罐系統，在除焦氣體之處理效果上，可謂大幅提昇。

六、效益評估

1.有形方面

- (1) 節省工業用水費用：除焦罐約每週使用一次，每次持續約24小時。驟冷用工業用水量34.06 TON／HR，洗滌冷卻用工業用水量 112.63 TON／HR，依 79 年 3 月工業用水價格8.00元／噸，每年可節省工業用水費用約：

$$24\text{時／次} \times 48\text{週／年} \times 1\text{次／週} \times (34.06 + 112.63)\text{噸／時} \times 8.00\text{元／噸} = 1,351,900\text{元／年}$$

- (2) 節省廢水處理費用：設廢水處理單價（包括降溫）為10.0元／噸，則每年約可節省廢水處理費用為：

$$24\text{時／次} \times 48\text{週／年} \times 1\text{次／週} \times (34.06 + 112.63)\text{噸／時} \times 10.0\text{元／噸} = 1,689,900\text{元／年}$$

合計節省工業用水和廢水處理費用：3,041,800 元／年

2.無形方面

- (1) 改善白煙污染和油滴對人車、設備之污損。
- (2) 減輕廢水處理負擔。
- (3) 杜絕工場區因排放熱水產生之煙霧，有助管理形象之提昇。

七、結論與建議

- 1.值此環保意識風起雲湧之際，舊有工廠之製程與防污措施，有必要重新予以檢討、改善和／或加強，以符合法規標準，並儘量減低工業生產帶給環境之傷害。
- 2.在污染防治與環境保護之作法上，建議採下列之優先順序進行：製

程減廢、操作改善、廢棄物處理、資源回收.....等。當然各工廠情況不同，如何運用智慧、表現誠意以做好環保與防污工作，有待上至管理者，下至基層操作人員共同努力。

3. 本文所介紹之三輕工場除焦罐系統改善實例，其構想與作法係將原有之直接排放型式改為密閉循環系統，因而有效解決空氣與廢水兩方面之污染問題。預計採用新除焦罐系統後，在有形效益方面可節省工業用水和廢水處理費用3,041,800 元／年，無形效益方面為解決污染問題和提昇工廠管理形象。