

中油公司高雄煉油總廠林園廠 含酚廢水酚含量之改善

林清德*

摘要

一般而言，廢水中酚類污染物去除之方法常見的有五種：1.微生物處理法 (Biological treatment) 2.化學氧化法 (Chemical Oxidation) 3.溶劑萃取法 (Solvent Extraction) 4.活性碳吸附法 (Activated Carbon Adsorption) 5.汽提法 (Stripping)。中油林園廠目前有三輕與四輕兩座輕油裂解工場，其裂解區稀釋蒸汽發生系統操作時，難免會排放一些含有油份及酚類之驟冷水，這些嗆鼻難聞的廢水，造成林園廠綜合廢水中酚含量遠超過5ppm之管制標準。中油林園廠人員集思廣益，利用四輕工場2700區Amine系統閒置的汽提塔有關設備，以汽提方法去除輕裂工場裂解區排放出的驟冷水中油份及酚類之污染物，終於使中油林園廠綜合廢水中酚含量降低至 5ppm 管制標準下。有關含酚廢水污染改善之緣由與汽提法流程設備、操作情況及其改善成效，本文會作扼要之介紹。

一、前言

環保意識日益高漲的今天，經濟發展應與環保工作並重，尤其是被一般人視為污染性較高的石化業，更應加強污染防治之措施。中油林園廠目前有兩座輕油裂解工場——三輕與四輕，輕油裂解工場雖然被世界上公認為最重要的上游石化原料工廠，其生產的氫氣、乙烯、丙烯、丁二烯、丁二烯萃餘油、不飽和五碳與九碳烴、六至八碳芳香烴與塔底油等產品，可供石化業中下游工廠生產許多與民生有關的產品，內需與外銷功能兼俱，促進人民生活福祉及國家經濟繁榮，影響

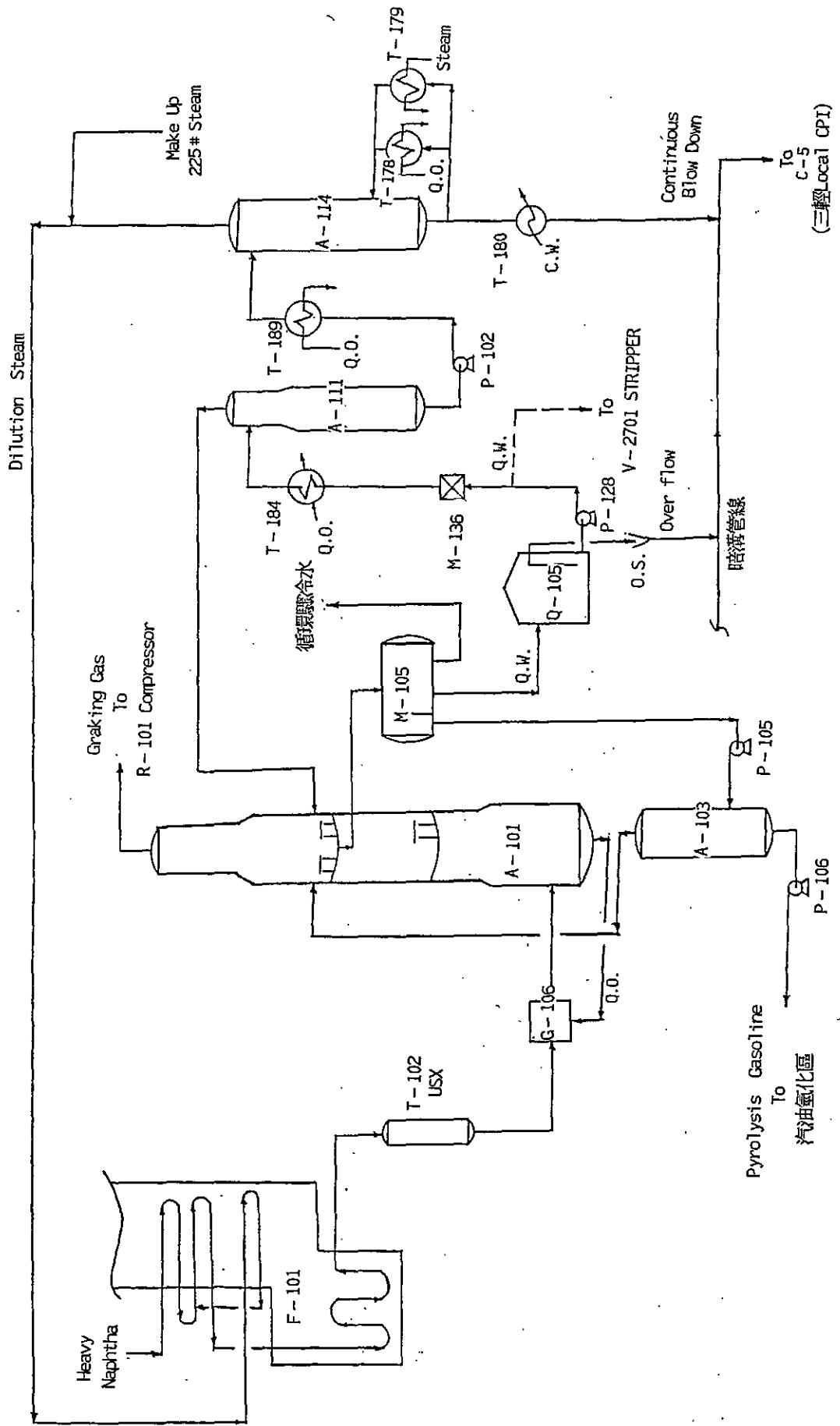
*中國石油公司高雄煉油總廠林園廠技術服務課化學工程師

國計民生甚鉅，世界各先進國家早就不遺餘力地興建輕油裂解工場，但是不可否認的，大都共識其製程複雜與設備繁多，先天的設計與實際的操作維修若稍有瑕疵，便會產生一些廢油廢水或廢氣等污染物，因此大都積極地投入大批的人力、物力及財力，進行污染改善工作，避免造成漏油、漏氣或火災等工安事故，以免發生人員傷亡與設備損壞之悲劇。中油林園廠三輕與四輕兩座輕油裂解工場目前身負重任，供應國內大部份的中下游工廠石化原料，在努力生產之餘，自當比照先進國家作法，加強污染防治之措施，以免落人口實，遭致民怨。

中油林園廠三輕與四輕兩座輕油裂解工場裂解區操作時難免會排放一些含油份及酚類之驟冷水(QUENCH WATER)，這些惡臭難聞的高溫廢水，造成現場操作環境空氣品質極差，亦使中油林園廠綜合廢水酚含量遠超過 5 PPM之管制標準。中油林園廠人員集思廣益，利用四輕工場2700區 AMINE系統閒置的汽提塔有關設備，以汽提方法去除輕裂工場排出的驟冷水中油份及酚類之污染物，終於使中油林園廠綜合廢水中酚含量降低至 5PPM 管制標準下。這種污染改善的經驗與歷程，值得探討與鼓勵，本文做一簡要的記載與報告。

二、改善原因

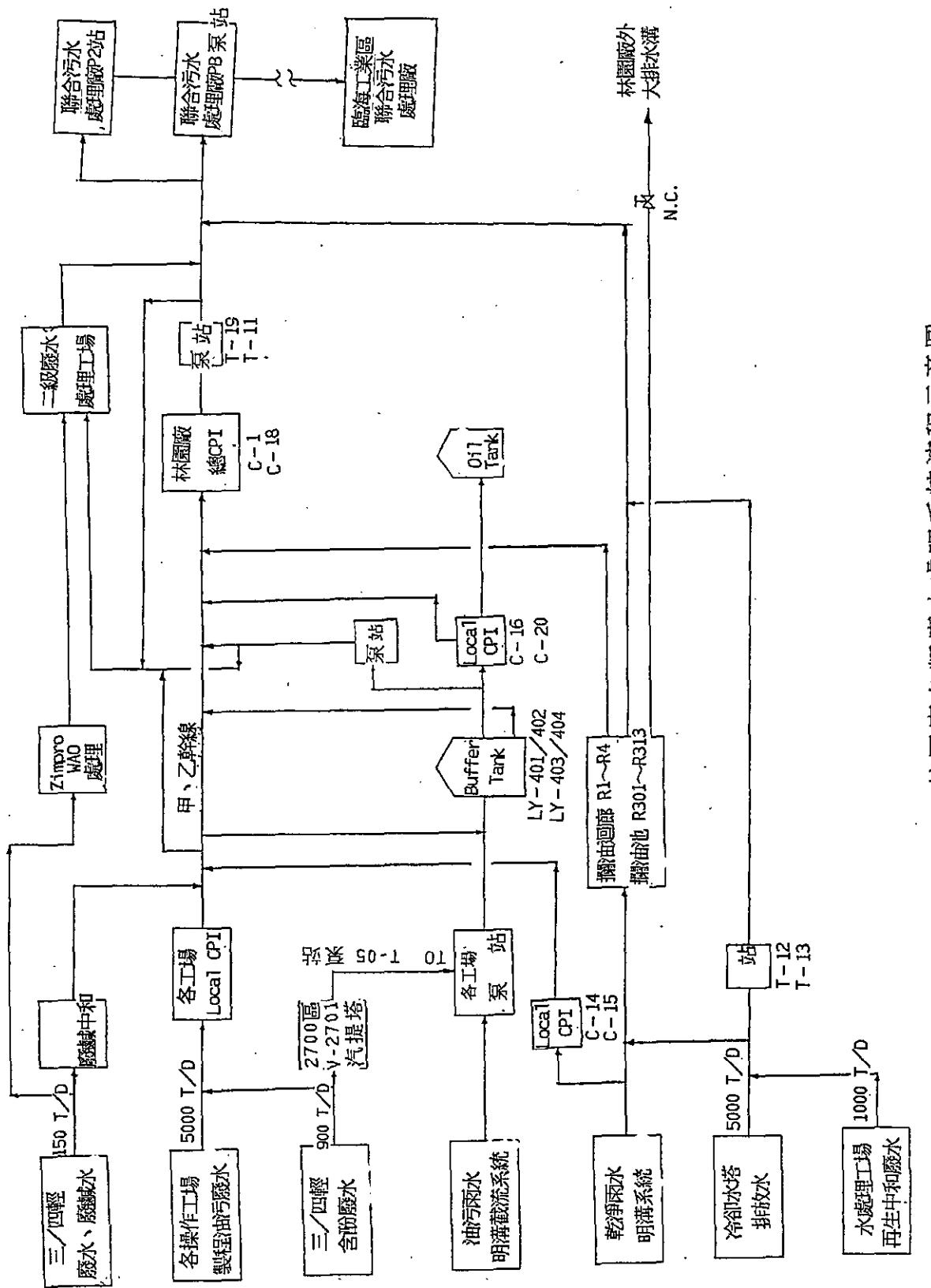
三輕與四輕工場裂解區稀釋蒸汽發生系統操作時，難免會排放一些含有油份及酚類的高溫驟冷水，尤其是輕裂工場正逢操作末期，主塔分餾效率不佳，導致驟冷水含油量高且乳化現象嚴重，油水分離不易，稀釋蒸汽發生系統有關設備負荷不堪，產生稀釋蒸氣量不足，需額外補充大量的中壓蒸氣充當稀釋蒸氣，循環使用後又回到稀釋蒸氣發生系統，造成質量不平衡，這些驟冷水因而會大量排放出來。以三輕工廠為例(圖一)，Heavy Naphtha 進料經過 F-101裂解爐高溫低壓的裂解反應後，高溫的裂解流出物經 T-102 USX 及 G-106 Quench Fitting 驟冷後即進入A-101 底層下方，A-101 初分餾塔分成三段，下段分餾出重質驟冷油，中段分餾出輕質燃料油，上段即分餾出含汽



圖一 三輕工場裂解區稀釋蒸汽發生系統流程簡圖

油的驟冷水，頂部乃最輕的裂解氣體，即送到R-101 裂解氣體壓縮機去壓縮冷凝。而含汽油的驟冷水經過 M-105 油水分離後，大部份驟冷水作為循環驟冷水供有關換熱器作熱交換用，剩下的驟冷水即經過 Q-105 Surge Tank 緩衝後，經過 M-136 過濾器及凝聚器除油後，再經 T-184 換熱升溫，再送 A-111 Stripper 汽提吹除油份較乾淨後，即進入A-114 Dilution Steam Generator產生稀釋蒸汽。由於 A-101 、M-105 、M-136 、A-111 、A-114等有關設備操作性能不佳時，尤其已達歲修前之操作末期，驟冷水中油份及酚類無法去除乾淨，使 A-114 及其再沸器容易產生Fouling 現象，造成稀釋蒸汽產生量不足，因此需由外界補充中壓蒸汽充當稀釋蒸汽用，這些外加蒸汽隨裂解流出物又回初分餾塔驟冷水中，因為稀釋蒸汽發生系統效率已不佳，這些多餘的含油份及酚類之驟冷水會導致質量不平衡，會造成惡性循環，因此稀釋蒸汽發生系統常會排放大量的高酚含量（約 60PPM，有時高達 90PPM以上）及高油含量（約 3000 PPM，有時高達 15000 PPM 以上）之高溫（約170°F）驟冷水，直接排放到工場區內的暗溝系統，造成暗溝系統熱污染情形相當嚴重，使工場區內散溢出難聞的油味及嗆鼻的酚味，操作現場工作環境極差，嚴重妨害操作人員的身心健康及工作意願，極待改善。

更重要者，這些含有高濃度的油份及酚類之高溫驟冷水，大量排放到暗溝系統後，先到三輕與四輕工場 LOCAL CPI，便經甲、乙幹線送林園廠總CPI，（圖二）增加林園廠總 CPI之除油負荷，亦使林園廠總 CPI廢水中酚含量遽增，導致林園廠綜合廢水中酚含量有時常高達 20PPM 以上，遠超過工業局聯合污水處理廠進料水中限制酚含量須在 5ppm以下之水質標準，而從民國78年 7月份起，工業局聯合污水處理廠開始嚴格管制各有關工廠的放流水水質，若不合格，一律拒收。而中油林園廠綜合廢水中酚含量偏高的老問題若不再立即有效解決，屆時恐難逃因廢水中酚含量不合格而被拒收，廢水無法排出而面臨工廠停爐之厄運，對林園廠的營運績效與中油公司的企業形象，頗為不利



圖二 林園廠各類廢水處理系統流程示意圖

，亦影響石化業中下游廠家之原料供應及其正常營運。因此改善林園廠含酚廢水之酚含量偏高問題，實乃林園廠污染改善工作上的當務之急。

三、廢污來源及其質量、特性

中油林園廠含酚廢水主要來源為輕裂工場裂解區稀釋蒸汽發生系統之排放出來的驟冷水。就三輕工場而言，廢污來源為 Q-105 Surge Tank 驟冷水 Overflow 及 T-180 驟冷水 Continuous Blow down。就四輕工場而言，廢污來源主要為驟冷水回 V-1104 前之 Continuous Blow Down。這些含油、酚類之輕裂驟冷水會排放至工場區暗溝，經各工場 Local CPI，再到林園廠總 CPI，最後這些製程廢水與其他林園廠明溝廢水匯集變成綜合廢水，因而使林園廠綜合廢水酚含量偏高。

輕裂工場裂解區稀釋蒸發生系統排放出來的驟冷水，依其有關之操作情況，其排放量因而不同，一般而言總廢污質量約有 900 MT/D。廢水中主要污染物為酚類化合物 (PHENOLIC'S COMPOUNDS)，其濃度約有 60PPM，有時這些廢水中會含有一些油份，同時呈乳化狀態，必須在較高溫，約在 250° F 左右才能解乳化而行油水分離。另外，這些含油、酚類之驟冷水，從製程中排放出來時溫度很高，容易造成工場區暗溝系統之熱污染，使週遭油氣揮發彌漫，惡臭難聞。

有關廢污質量及特性簡列如下表：

廢 污 質 量		QUENCH WATER: 500 - 1300 MT/D (AVE. 900 MT/D)
廢 污	組 成	PHENOLICS: 30-90PPM (AVE. 60 PPM) OIL CONTENTS: 10 - 20000 PPM (AVE. 3000 PPM) H ₂ O: 99%
特	溫 度	約 170° F
性	顏 色	乳白色、乳黃色
	氣 味	惡臭嗆鼻、有毒性

四、改善方法

1. 含酚廢水之處理方法：

一般而言，廢水中酚類污染物去除之方法常見的有下列五種：

- (1) 微生物處理法(Biological treatment)
- (2) 化學氧化法(Chemical Oxidation)
- (3) 溶劑萃取法(Solvent Extraction)
- (4) 活性碳吸附法(Activated Carbon Adsorption)
- (5) 汽提法(Stripping)

2. 方法選擇之原則：

- (1) 有效性：所選用之改善方法必須能有效去除三、四輕工場排出的驟冷水中油、酚類之污染物，使中油林園廠綜合廢水中酚含量降低至 5 PPM管制標準下。
- (2) 時效性：所選用方法之處理流程設備必須能在短期內設置完成，最好能在二個月內完成。
- (3) 操作性：所選用方法之處理流程設備希望操作簡單、控制容易，現有操作人員有能力操作，且能維持長時間之連續操作。
- (4) 經濟性：所選用方法之處理流程設備投資費用愈低愈好，操作、維修費用亦不能太高。
- (5) 二次污染性：所選用方法之處理流程設備運轉後，雖然可改善廢水酚含量，但應儘量避免產生其他污染物排放到廢水系統，以免造成二次污染。

3. 處理方法之選定：

- (1) 中油林園廠於民國76年左右，曾委託生物技術開發中心進行二年研究計劃，試圖以生物處理方法去除三、四工場裂解區排放之驟冷水中的酚類污染物，從現場含酚廢水之長期取樣化驗、追蹤水質與水量，到研究模擬調製適當的菌種及規劃其處理流程、操作條件，從實驗室之小規模實驗模擬，到現場建立 100

MT/D 之 PILOT PLANT 實際試驗，最後才 SCALE-UP 成真正的 1000 MT/D 含酚廢水處理工場，整個過程頗費週章，投資費用亦高，且緩不濟急，就算完工運轉後，操作維修皆不易，因此其 PILOT PLANT 並未建造即叫停。

- (2) 本廠續於民國 78 年上半年左右，曾引進試用升揚環保公司最新的 ELECTRO/OZONE 電凝及臭氧氧化法，進行 PILOT PLANT 測試，結果顯示其去除酚類之效果有限，設備連續性之操作能力有待改善，短期內更無法具體有效處理大量的含酚廢水，因此未能進行更進一步的測試工作。
- (3) 溶劑萃取法對於高酚含量之廢水雖可適用，其經濟性亦不錯，唯需選用適當的溶濟例如 BENZENE，可萃取出酚類，這些被污染的溶劑，需用 NaOH 洗出酚類，溶劑才能再使用，但產生的含酚鈉鹽易造成二次污染，且其去除酚類之效率會隨溶劑萃取操作而呈不穩定現象。因此，溶劑萃取法亦非上策。
- (4) 活性碳吸附法對於高酚含量之廢水之吸附效果不錯，但若廢水中含有其他之有機物，例如輕裂含酚驟冷水中的乳化油，便會影響其去除酚類之吸附效果；再者，廢水 pH 值高時，其吸附效果亦差。另外，活性碳之再生時需用熱的 NaOH，產生的含酚鈉鹽易造成二次污染，同時吸附在活性碳上的其他有機物並不能用 NaOH 解附 (DESORPTION)，活性碳吸附功能會逐漸衰退而必須換新，影響其有效性及經濟性。因此，活性碳吸附法亦非適當的選擇。
- (5) 以上四種方法皆不能俱體有效地付諸實現，剩下可派上用場的只有汽提法一途，不妨姑且一試！本廠同仁集思廣益，急中生智，何不利用現有的四輕工場 2700 區系統閒置之 AMINE STRIPPER V-2701 及其有關設備，配合本公司煉研所環工組曾經來本廠取樣實驗證明：「輕裂工場乳化驟冷水只要加熱至 250 下左右，即能解乳化而易於油水分離」之觀念，只要 V-2701

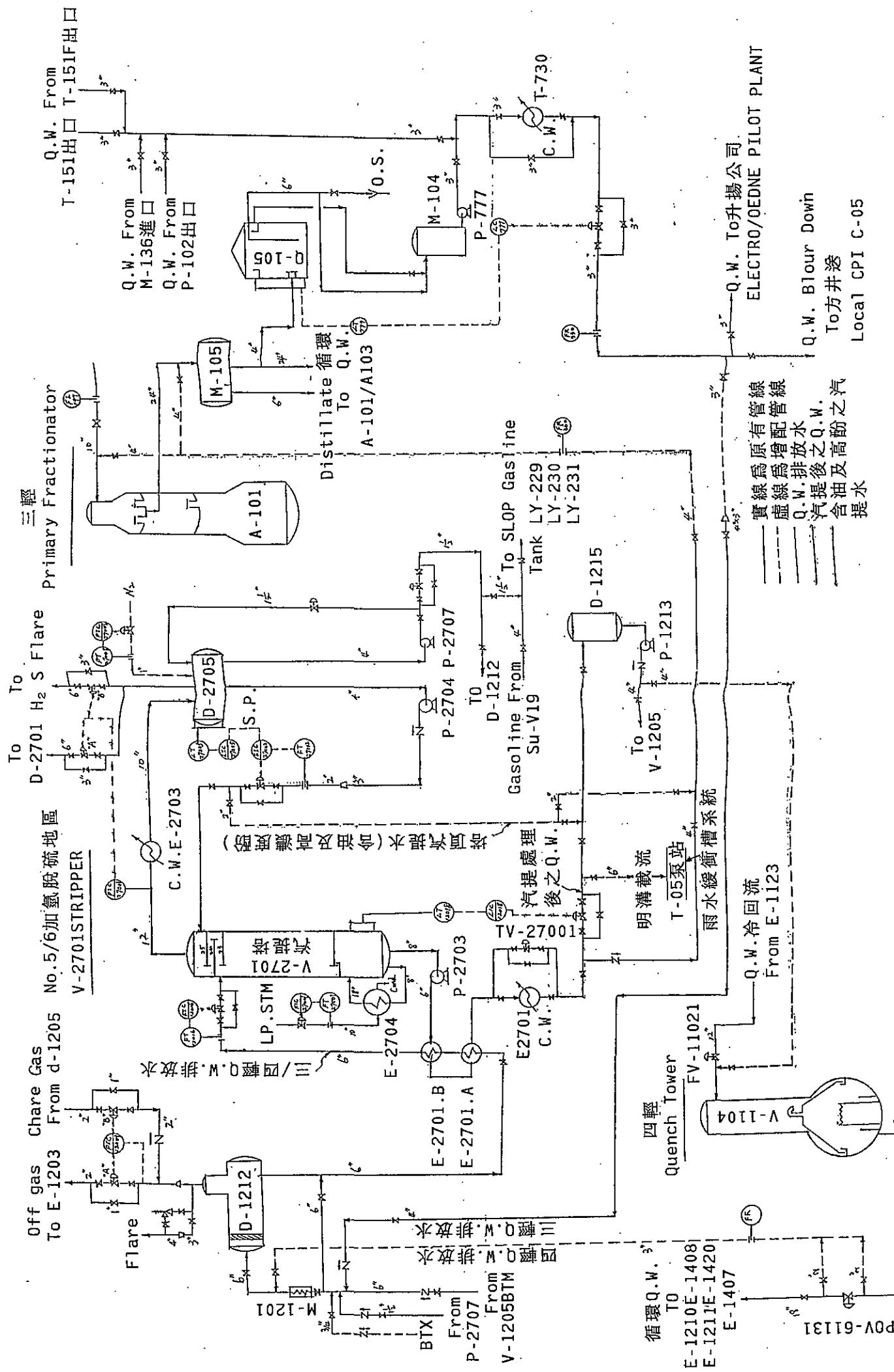
汽提塔之再沸器加熱至 250°F，以 STRIPPING 方法應可以去除三、四工場裂解區排放出的高溫驟冷水中之油份及酚類污染物。由於 V-2701 汽提塔及其有關設備相當完整，只是閒置而久未操作，其設計煉量及性能應足以改煉三、四輕含酚廢水，只要在短期間內檢修、清理有關管線及設備，並增配一些管線及儀控設備，即可完成三、四輕工場合酚廢水之汽提法處理設備，由林園廠本身人力自行完成，不需額外投資大量的設備費用與施工費用，時效性及經濟性俱佳。另外，其操作簡單、穩定且富彈性，設備維修亦不困難，操作時 V-2701 塔頂高酚含量及高油含量的汽提物完全回收到輕裂工場 QUENCH TOWER，並不會造成二次污染。因此，這種汽提法之處理方式應屬可行，而且勢在必行，大家拭目以待，不成功便成仁了！

五、處理流程設備與操作性能

1. 處理流程說明：

三、四輕工場裂解區排放出大量的含油份及酚類之驟冷水，乃利用四輕 2700 區 AMINE STRIPPER 系統閒置設備，以 STRIPPING 方法來去除驟冷水中的油份及酚類污染物，其一貫性的處理流程係本廠有關人員研究修改而得的，簡述其 STRIPPING 流程如圖三：

由於輕裂工場合酚驟冷水，含有乳化油，必須加熱至 250°F 才有利於 V-2701 STRIPPER 之解乳化而分離油水，才能使油份及酚類汽提至塔頂，確保塔底排放水中油份及酚類污染物減少至最低程度。因此，輕裂驟冷水送到 V-2701 STRIPPER 之進料水溫度較高時，較有利於汽提之操作效率，因此三輕驟冷水 (Q.W.) 由 M-136 進口管線 TIE-IN 增配一條 3" 管線送出，其送出量利用 Q-105 LEVEL CONTROLLER LC-777 控制，避免 Q-105 Overflow 到暗溝，三輕 M-136 送出的 Q.W. 再沿現有的 4" RICH AMINE 管線送到四輕 D-1212 上游；而四輕 Q.W. 由 P-1106 下游新增 3" 管線到 D-1212 上游，三、四輕 Q.W. 一同送到 2700 區 E-2702 A/B 預熱至 200°F 左右，再



由FIC-12016 控制流量後進入 V-2701 STRIPPER，進行汽提操作，其E-2704 A/B REBOILER 乃儘量利用 L.P. STEAM 加熱，使 V-2701 塔底溫度達 250° F ，進行乳化油之解乳化而使油水分離，油份及酚類汽提至 V-2701 塔頂，塔頂壓力若太高，可由 PIC-27001 "B" VALVE 排放油氣到 FLARE 系統；若塔頂壓力不足，會影響 V-2701 BTM 之壓力、溫度，此時需由新增的 PIC-27008 壓力控制器酌量開入 N2 來加壓，控制 V-2701 塔頂壓力，相對亦提高 V-2701 塔底壓力及溫度。V-2701 塔頂 VAPOR 經 E-2703 CONDENSER 冷凝後，收集在 D-2705 迴流槽，這些油份及酚類較多的污水不再當迴流送回 E-2701，改由新增的 2" 管線經現有一些管線全部送回三輕或四輕 QUENCH TOWER，酚類最後隨裂解汽油到汽油氫化區藉氫化反應而去除掉。V-2701 STRIPPER 塔底排放水中油份及酚類含量已大幅降低，但溫度仍高，可再經由 E-2702A/B 進出料換熱器降溫，再經 E-2701 COOLING WATER 冷卻至 100° F 以下，經由 LIC-12018 塔底液面控制器控制後再排放到明溝截流系統，自動流到 T-05 泵站，可逕送總 CPI，或送到 LY-401/402 BUFFER TANK 緩衝除油後再送總 CPI，因而使林園廠總 CPI 之水油份及酚類含量減低，尤其是林園廠綜合廢水中的酚含量可降低至 5PPM 管制標準下，誠屬難能可貴，令人拍案叫絕。

2. 處理流程之特點：

- (1) 主要汽提設備乃現有的 V-2701 STRIPPER 系統之閒置設備，不需要再投入大量的時間、人力及財力之花費，僅需就其 Q.W. STRIPPER 進出管線系統再增設一些 PIPINGS 即可，預估投入費用約 150 萬元新台幣，費時約半個月即可，所有設計、施工及清理檢修之工作完全由中油林園廠自行進行，不需要再借助外力。
- (2) 本處理流程乃利用本公司煉製研究所環工組實驗證實，Q.W. 乳化時，加熱至 250° F 左右即可解乳化而進行油水分離，因此 V-2701 STRIPPER 塔底溫度控制在 250° F 左右，有利於 STRI-

PPER再汽提油份及酚類污染物至塔頂，本案處理流程之有效性因而提高。

- (3) 本處理流程 V-2701 STRIPPER 塔頂汽提出來油、酚類含量較高的污水，不需再投資新設備來處理，乃完全回收到三、四輕工場現有 QUENCH TOWER，最後利用現有的汽油氫化區反應器來去除掉，不會造成二次污染之後遺症。
 - (4) V-2701 STRIPPER 系統操作簡單，現有操作人員即有類似之操作知識與經驗，另外維修方面亦然。
 - (5) V-2701 STRIPPER 之再沸器加熱蒸汽，乃儘量利用本廠過剩的低壓蒸汽，減少能源浪費；另外，操作閒置之 V-2701 STRIPPER 設備，亦有助於提高設備利用率。

3. 流程設備概要：

(1) DV-2701 STRIPPER 系統有關的設備概要簡列如下：

設備編號	設備名稱	設 備 概 要
V-2701	三／四輕含酚驟 冷水之汽提塔。	本塔槽由下而上共25層 VALVE TRAY， 進料層#23 層， TRAY SPACING 2.46FT ，高度 86.94FT，內徑 7.55FT 操作進料量 82688 LB/HR 設計進料量 135617 LB/HR 操作溫度250° F，操作壓力 15 PSIG 設計溫度302° F，設計壓力 50 PSIG
D-2705	V-2701之迴流槽	水平式迴流槽，容量 278 FT3， 內徑 4.26FT，長度 17.39FT 操作溫度130° F，操作壓力 8 PSIG 設計溫度302° F，設計壓力 50 PSIG
E-2703	V-2701 之塔頂 冷凝器	SHELL & TUBE HEAT EXCHANGER: AES TYPE SHELL:1 PASS, I.D. 29" TUBE:2 PASS, 532 Pc * 3/4" O.D *20FT LENGTH * 18BWG * 1"PT* <> TRANSFER AREA: 2060 FT2
E-2704&S	V-2701 之塔底 再沸器	SHELL & TUBE HEAT EXCHANGER: AEL TYPE SHELL:1 PASS, I.D.67" TUBE :1 PASS, 4401 Pc *3/4" O.D*16FT LENGTH*18BWG*15/16"PT*△ TRANSFER AREA: 13340 FT2
P-2703&S	V-2701之塔底泵	離心式泵浦，轉速3550 RPM 泵量 343 GPM，揚程 153 FT 馬達：25HP ，460V*3PHASE*60HZ
P-2704&S	V-2701之迴流泵	離心式泵浦，轉速 3560 RPM 泵量 56 GPM，揚程 483 FT 馬達：50HP ，460V*3PHASE*60HZ

(2) DV-2701 STRIPPER 原設計與改煉Q.W.情況下之操作條件比較
如下：

	操作條件	ORIGINAL DESIGN (AMINE CASE)	APPLICATION (Q.W. CASE)
汽提塔進料	進 料 量	135617 LB/HR (1476 MT/D)	76164 LB/HR (829 MT/D)
	組 成	MEA:1.52 H.C.:0.03 CO ₂ :0.22 H ₂ S: 0.14 H ₂ O: 98.09 Mole %	PHENOLICS: 60PPM H.C.:0.4 H ₂ O:99.6 wt %
	溫 度	198° F	197° F
	壓 力	10 PSIG	13 PSIG
汽提塔塔底	排 放 量	120394 LB/HR (1310 MT/D)	43549 LB/HR (474 MT/D)
	組 成	MEA:1.52 CO ₂ :0.07 H ₂ S: 0.04 H ₂ O: 98.37 Mole%	PHENOLICS: 9 PPM H.C.:0.2 H ₂ O:99.8 wt%
	溫 度	244° F	249° F
	壓 力	13 PSIG	15 PSIG
汽提塔塔頂	汽 提 量	15223 LB/HR (166 MT/D)	32615 LB/HR (355 MT/D)
	組 成	H.C.:0.24 CO ₂ :1.21 H ₂ S: 0.76 H ₂ O: 98.37 Mole%	PHENOLICS:130 PPM H.C.:0.7 H ₂ O:99.3 wt%
	溫 度	237° F	240° F
	壓 力	8.8 PSIG	10.3 PSIG

4. 操作性能試驗：（請參閱表一、表二）

含酚驟冷水利用 V-2701 STRIPPER，試圖以 STRIPPING方法去除輕裂工場合酚廢水中之油、酚類污染物，去年(78年) 2月底該汽提塔系統清理、檢查、修改管線等等配合工作完成後，曾立即作過 V-2701 STRIPPER 汽提操作性能評估，記錄當時之操作條件，並作水質化驗分析。初期採用 CONTINUOUS 及大量打迴流方式操作，並於進料中注入部份的 B.T.X. 以增加酚類之萃取量，塔頂利用 N2 加壓以控制塔壓，塔底溫度利用低壓蒸汽再沸器 E-2704 加熱至 250° F左右。由於塔頂含油、酚類成份之汽提物很多，而塔頂迴流槽 D-2705 水側及油側 SURGE VOLUME 不夠，迴流槽油水分離不佳，迴流中含有相當多的油、酚類成份，再打迴流會增加汽提塔之負荷。因此，這種方式的操作結果，V-2701 STRIPPER 塔底排放水中 PHENOLICS 之去除率平均只有 70.8 %，OIL 之去除率平均為 74.4 %，STRIPPING 效果仍不甚理想，林園廠綜合廢水酚含量雖已改善許多，但仍無法降低到 5PPM管制標準。所謂”山窮水盡疑無路，柳暗花明又一村”，靈機一動，78年 3月 18日以後，V-2701 STRIPPER改採用完全不打迴流方式操作，將這些含油、酚量較高的廢水完全回收到四輕 V-1104 Quench Tower，這種操作方式結果，效果甚佳，連續操作一個多月之分析結果顯示，V-2701 汽提塔塔底排放水中 PHENOLICS 之去除率平均高達 91.8%，林園廠綜合廢水酚含量幾乎都降低到 5PPM 管制標準下；而 OIL 之去除率平均仍只達 77.4 %，乃因 V-2701 STRIPPER進料水中，因輕裂工場初分餾塔（尤其是三輕 A-101 PRIMARY FRACTIONATOR）效率較差時，驟冷水中會滲入許多的 LFO 重質油，在 V-2701 塔底 250° F 操作溫度下，仍然無法將這些重質油汽提上來，因此塔底排放水中仍含有不少的重質油；但這些重質油可在總CPI 油水分離池中輕易分離出來，並不致於造成大困擾，對林園廠綜合廢水油含量之影響程度很低。

表一 V-2701 STRIPPER 改煉輕裂工場含酚廢水之操作條件：

V-2701 Stripper Operation Conditions of 1st Period (With Reflux)

DATE	V-2701 FEED		V-2701 BOTTOM			V-2701 TOP			
	Flow Rate (MT/D)	Temp. (F)	Flow Rate (MT/D)	Temp. (F)	Press. (PSIG)	OVHD Rate (MT/D)	Reflux Rate (MT/D)	OVHD Temp. (F)	Reflux Temp. (F)
78.3.4	550.0	200.0	310.0	247.0	13.7	240.0	190.0	235.0	115.0
78.3.5	550.0	202.0	320.0	250.0	15.1	230.0	180.0	239.0	118.0
78.3.6	550.0	202.0	320.0	250.0	15.1	230.0	180.0	239.0	118.0
78.3.8	580.0	203.0	350.0	250.0	15.1	230.0	180.0	240.0	120.0
78.3.10	580.0	200.0	350.0	248.0	14.2	380.0	280.0	236.0	117.0
78.3.11	580.0	200.0	360.0	247.0	13.7	220.0	170.0	235.0	116.0
78.3.14	590.0	202.0	360.0	250.0	15.1	230.0	180.0	239.0	120.0
78.3.15	590.0	201.0	360.0	249.0	14.6	230.0	170.0	238.0	119.0
Average	571.3	201.3	341.3	248.9	14.6	248.8	191.3	237.6	117.9

V-2701 Stripper Operation Conditions of 2nd Period (NO Reflux)

DATE	V-2701 FEED		V-2701 BOTTOM			V-2701 TOP			
	Flow Rate (MT/D)	Temp. (F)	Flow Rate (MT/D)	Temp. (F)	Press. (PSIG)	OVHD Rate (MT/D)	Reflux Rate (MT/D)	OVHD Temp. (F)	Reflux Temp. (F)
78.3.19	590.0	204.0	310.0	251.0	15.7	280.0	0.0	244.0	120.0
78.3.20	620.0	203.0	210.0	251.0	15.7	410.0	0.0	242.0	120.0
78.3.21	620.0	203.0	280.0	250.0	15.1	340.0	0.0	242.0	120.0
78.3.22	620.0	204.0	220.0	252.0	16.2	400.0	0.0	243.0	121.0
78.3.23	620.0	203.0	180.0	253.0	16.8	440.0	0.0	246.0	122.0
78.3.24	780.0	202.0	520.0	250.0	15.1	260.0	0.0	242.0	123.0
78.3.25	780.0	200.0	500.0	250.0	15.1	280.0	0.0	242.0	122.0
78.3.27	620.0	198.0	380.0	252.0	16.2	240.0	0.0	246.0	122.0
78.3.28	760.0	196.0	390.0	251.0	15.7	370.0	0.0	243.0	123.0
78.3.29	620.0	180.0	330.0	251.0	15.7	290.0	0.0	243.0	123.0
78.3.30	1170.0	190.0	810.0	248.0	14.2	360.0	0.0	239.0	127.0
78.3.31	860.0	201.0	500.0	248.0	14.2	360.0	0.0	238.0	126.0
78.4.1	700.0	201.0	400.0	248.0	14.2	300.0	0.0	238.0	129.0
78.4.3	870.0	201.0	510.0	248.0	14.2	360.0	0.0	238.0	132.0
78.4.4	870.0	200.0	530.0	247.0	13.7	340.0	0.0	237.0	132.0
78.4.6	870.0	187.0	520.0	248.0	14.2	350.0	0.0	238.0	132.0
78.4.7	890.0	185.0	530.0	248.0	14.2	360.0	0.0	238.0	133.0
78.4.8	880.0	198.0	520.0	249.0	14.6	360.0	0.0	239.0	137.0
78.4.10	880.0	197.0	530.0	247.0	13.7	350.0	0.0	237.0	135.0
78.4.11	890.0	197.0	530.0	249.0	14.6	360.0	0.0	238.0	136.0
78.4.12	930.0	196.0	550.0	248.0	14.2	380.0	0.0	239.0	136.0
78.4.13	930.0	198.0	550.0	247.0	13.7	380.0	0.0	238.0	137.0
78.4.14	930.0	196.0	540.0	248.0	14.2	390.0	0.0	239.0	139.0
78.4.15	930.0	197.0	550.0	247.0	13.7	380.0	0.0	237.0	136.0
78.4.17	940.0	199.0	590.0	249.0	14.6	350.0	0.0	240.0	138.0
78.4.18	940.0	198.0	540.0	250.0	15.1	390.0	0.0	240.0	138.0
78.4.19	940.0	197.0	550.0	249.0	14.6	380.0	0.0	240.0	138.0
78.4.20	940.0	195.0	550.0	248.0	14.2	380.0	0.0	240.0	137.0
78.4.21	940.0	190.0	540.0	247.0	13.7	390.0	0.0	237.0	136.0
78.4.22	940.0	189.0	550.0	247.0	13.7	380.0	0.0	236.0	135.0
Average	829.0	196.8	473.7	249.0	14.7	353.7	0.0	240.0	130.2

表二 V-2701 STRIPPER 去除輕裂工場含酚廢水中油、酚類污染物之性能表現

V-2701 Stripping Phenolics & Oil Performance of 1st Period (With Reflux)

RATE	V-2701 Q.W. FEED			V-2701 BTM BLOW DOWN			Phenolics Removal Percent (%)	Oil Removal Percent (%)
	Flow Rate (MT/D)	Phenolic Contents (PPM)	Oil Contents (PPM)	Flow Rate (MT/D)	Phenolic Contents (PPM)	Oil Contents (PPM)		
78.3.4	550.0	81.0	22.0	310.0	43.0	0.5	70.1	98.7
78.3.5	550.0	58.2	110.0	320.0	10.7	2.0	89.3	98.9
78.3.6	550.0	58.5	104.0	320.0	20.0	3.0	80.1	98.3
78.3.8	580.0	42.9	20.0	350.0	6.0	600000.0	91.6	0.0
78.3.10	580.0	40.3	17.0	350.0	36.9	1.0	44.7	96.5
78.3.11	580.0	58.0	10.0	360.0	40.3	0.5	56.9	96.9
78.3.14	590.0	35.6	5.0	360.0	13.7	7.0	76.5	14.6
78.3.15	590.0	52.9	7.0	360.0	37.3	1.0	57.0	91.3
Average	571.3	53.4	36.9	341.3	26.0	75001.9	70.8	74.4

V-2701 Stripping Phenolics & Oil Performance of 2nd Period (NO Reflux)

RATE	V-2701 Q.W. FEED			V-2701 BTM BLOW DOWN			Phenolics Removal Percent (%)	Oil Removal Percent (%)
	Flow Rate (MT/D)	Phenolic Contents (PPM)	Oil Contents (PPM)	Flow Rate (MT/D)	Phenolic Contents (PPM)	Oil Contents (PPM)		
78.3.19	590.0	68.7	48.0	310.0	11.8	43.0	91.0	52.9
78.3.20	620.0	81.7	46.0	210.0	3.0	3.0	98.8	97.8
78.3.21	620.0	50.1	71.0	280.0	1.0	2.0	99.1	98.7
78.3.22	620.0	42.0	5000.0	220.0	28.0	3400.0	76.3	75.9
78.3.23	620.0	49.0	26.0	180.0	3.0	237.0	98.2	0.0
78.3.24	780.0	50.0	293.0	520.0	1.0	196.0	98.7	55.4
78.3.25	780.0	78.7	1800.0	500.0	11.0	37.0	91.0	98.7
78.3.27	620.0	39.2	1100.0	380.0	1.0	1.0	98.4	99.9
78.3.28	760.0	45.0	415.0	390.0	0.8	1.0	99.1	99.9
78.3.29	620.0	38.3	4000.0	330.0	0.8	100.0	98.9	98.7
78.3.30	1170.0	75.1	6000.0	810.0	0.1	14.0	99.9	99.8
78.3.31	860.0	53.8	5000.0	500.0	10.4	400.0	88.8	95.3
78.4.1	700.0	58.3	275.0	400.0	14.3	12.0	86.0	97.5
78.4.3	870.0	89.9	132.0	510.0	10.7	27.0	93.0	88.0
78.4.4	870.0	55.4	306.0	530.0	3.0	48.0	96.7	90.4
78.4.6	870.0	54.1	416.0	520.0	3.3	16.0	96.4	97.7
78.4.7	890.0	70.7	8000.0	530.0	3.4	4000.0	97.1	70.2
78.4.8	880.0	47.7	7000.0	520.0	14.7	8000.0	81.8	32.5
78.4.10	880.0	41.7	100.0	530.0	9.5	65.0	86.3	60.9
78.4.11	890.0	40.6	200.0	530.0	8.3	69.0	87.8	79.5
78.4.12	930.0	63.2	10000.0	550.0	9.4	700.0	91.2	95.9
78.4.13	930.0	69.3	8000.0	550.0	32.4	800.0	72.4	94.1
78.4.14	930.0	53.4	9000.0	540.0	3.5	13000.0	96.2	16.1
78.4.15	930.0	61.7	3000.0	550.0	27.3	250.0	73.8	95.1
78.4.17	940.0	63.0	15000.0	590.0	8.3	15000.0	91.7	37.2
78.4.18	940.0	89.6	4000.0	540.0	8.0	755.0	94.9	89.2
78.4.19	940.0	62.1	280.0	550.0	3.3	32.0	96.9	93.3
78.4.20	940.0	63.4	7200.0	550.0	3.7	3100.0	96.6	74.8
78.4.21	940.0	58.7	3200.0	540.0	1.7	1900.0	98.3	65.9
78.4.22	940.0	88.3	200.0	540.0	33.2	98.0	78.4	71.9
Average	829.0	60.1	3336.9	473.3	9.0	1743.5	91.8	77.4

六、改善成效

- 1.三、四輕工場區的暗溝系統不再遭受高濃度油份及酚類之驟冷水的大量排放，熱污染現象減輕許多，造成廢水、廢油、油泥（SCUM）及溢散性氣體問題，一掃而空，現場操作環境大幅改善。
- 2.四輕 2700 區 AMINE 系統閒置多年，V-2701 STRIPPER 改煉輕裂工場合酚廢水，可增加本廠之設備利用率，亦可減輕增設污染防治設備之急迫性，並可緩和本廠二級廢水生物處理工場進度落後之窘境。
- 3.V-2701 STRIPPER 塔頂汽提物完全回收到輕裂工場裂解汽油系統，完全不會造成二次污染外，亦可增加油品回收率，每天約可回收2 KL SLOP GASOLINE，另外亦可減輕本廠總CPI 之除油負荷。
- 4.三、四輕工場合油份及酚類之驟冷水以往直接排放到暗溝系統，使本廠總CPI 廢水中酚含量居高不下，除油負荷甚重，導致林園廠綜合廢水中酚含量偏高，油含量亦不低。從民國78年 3月份起，三、四輕工場合油份及酚類之驟冷水改由 V-2701 STRIPPER 處理後再排放，連續操作一年多以來，操作穩定，效果良好，林園廠綜合廢水中油含量及 COD明顯下降，最令人振奮的成果是：「林園廠綜合廢水中酚含量可穩定控制在 5 PPM放流水質管制標準以下，多年來最令林園廠頭疼的廢水中酚含量偏高問題，一舉根治！」（請參閱表三與圖四、圖五、圖六）

表三 V-2701 STRIPPER 處理輕裂工場含酚廢水前與後，
林園廠綜合廢水之水質列表比較：

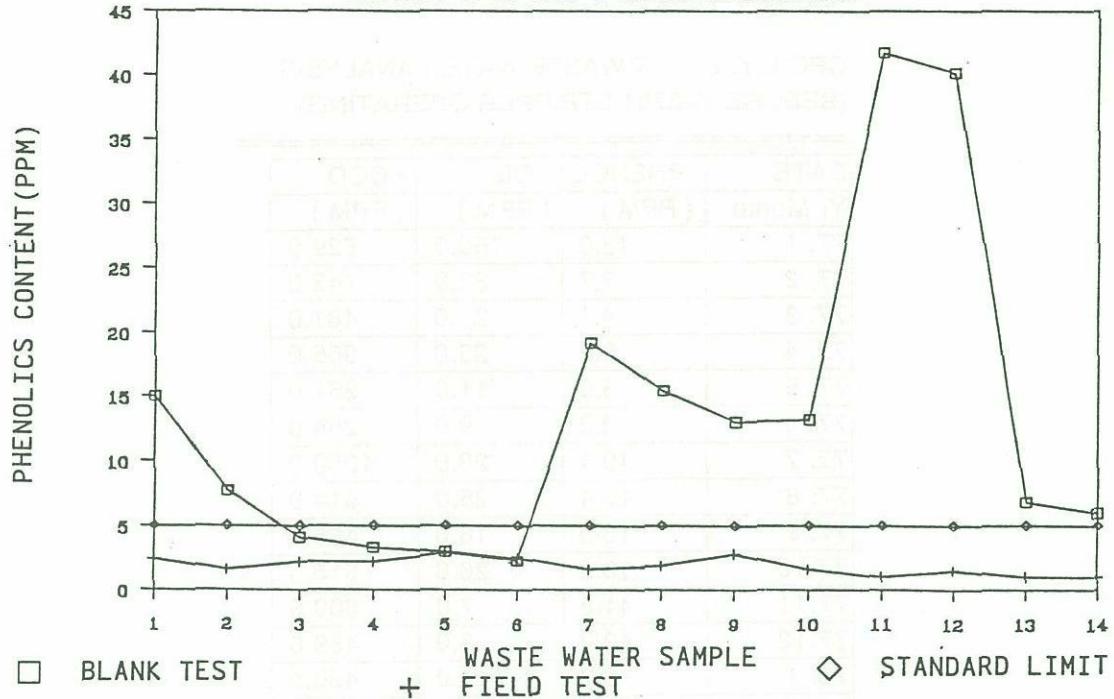
CPC L.Y. PLANT WASTE WATER ANALYSIS
(BEFORE V-2701 STRIPPER OPERATING)

DATE Yr Month	PHENOL (PPM)	OIL (PPM)	COD (PPM)
77. 1	15.0	150.0	829.0
77. 2	7.7	38.0	743.0
77. 3	4.1	21.0	481.0
77. 4	3.3	23.0	306.0
77. 5	3.0	11.0	261.0
77. 6	2.3	9.0	264.0
77. 7	19.1	28.0	1358.0
77. 8	15.4	25.0	514.0
77. 9	13.0	16.0	436.0
77.10	13.2	26.0	615.0
77.11	41.8	7.0	600.0
77.12	40.2	8.0	459.0
78. 1	6.8	16.0	460.0
78. 2	6.0	12.0	508.0
Average	13.6	27.9	559.6

CPC L.Y. PLANT WASTE WATER ANALYSIS
(AFTER V-2701 STRIPPER OPERATING)

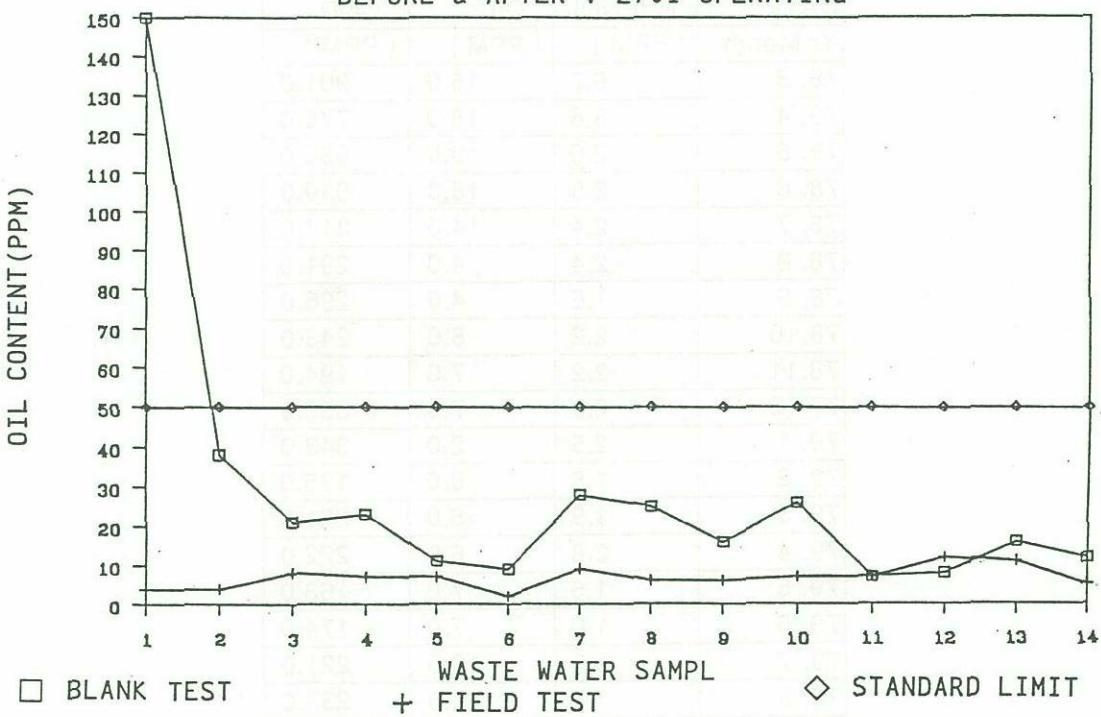
DATE Yr Month	PHENOL (PPM)	OIL (PPM)	COD (PPM)
78. 3	6.7	15.0	901.0
78. 4	3.6	18.0	775.0
78. 5	2.0	19.0	930.0
78. 6	2.5	18.0	650.0
78. 7	2.4	14.0	314.0
78. 8	2.4	4.0	291.0
78. 9	1.6	4.0	296.0
78.10	2.2	8.0	243.0
78.11	2.2	7.0	194.0
78.12	2.9	7.0	352.0
79. 1	2.5	2.0	343.0
79. 2	1.6	9.0	135.0
79. 3	1.9	6.0	221.0
79. 4	2.8	6.0	222.0
79. 5	1.6	7.0	163.0
79. 6	1.0	7.0	174.0
79. 7	1.5	12.0	221.0
79. 8	1.0	11.0	233.0
79. 9	1.0	5.0	230.0
Average	2.3	9.4	362.5

PHENOLICS CONTEENT IN WASTE WATER
BEFORE & AFTER V-2701 OPERATING

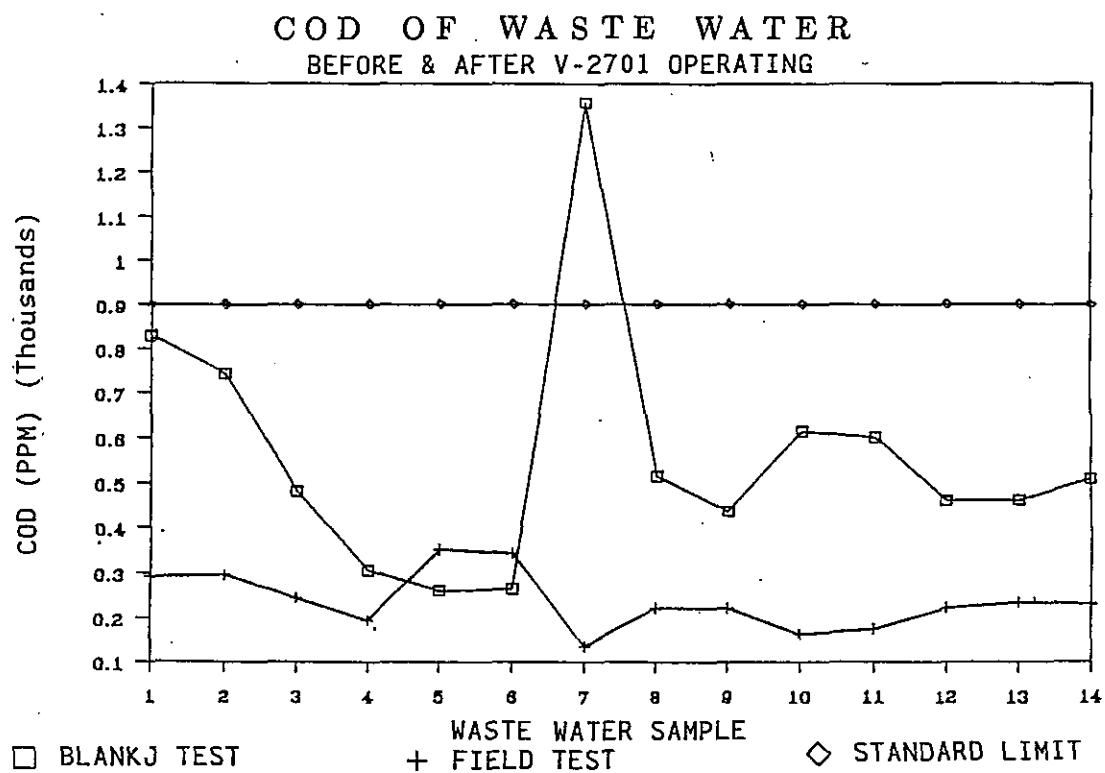


圖四 V-2701 STRIPPER 處理輕裂工場含酚廢水前與後，
林園廠綜合廢水中酚含量之變化作圖比較：

OIL CONTENT IN WASTE WATER
BEFORE & AFTER V-2701 OPERATING



圖五 V-2701 STRIPPER 處理輕裂工場含酚廢水前與後，
林園廠綜合廢水中油含量之變化作圖比較：



圖六 V-2701 STRIPPER 處理輕裂工場含酚廢水前與後，
林園廠綜合廢水中化學需氧量之變化作圖比較：

七、操作管理問題與對策

- 1.三／四輕 Q.W. 送 V-2701 STRIPPER 進料量不穩定問題。
 - (1) 問題緣由：三／四輕 Q.W. 送出壓力不同，三輕較低又較遠，因此必須調整三／四輕 Q.W. 排放閥之開度；使兩邊壓力平衡以配合 Q.W. 送出量，操作上較不方便，且往往造成三輕 Q.W. 不易送出之情況。
 - (2) 改善對策：擬增設三輕 Q.W. 獨立進料管線，直接從三輕區內送

到 V-2701 的預熱器 E-2702A之前，直接由 FIC-12016控制流量；另外，四輕 Q.W. 送出管線上亦擬增設流量控閥，如此，三／四輕 Q.W. 送出流量可穩定控制，V-2701 STRIPPER之Q.W. 進料量亦較穩定。（請參閱圖七）

2.V-2701 OVHD CONDENSER E-2703 FOULING 問題

- (1) 問題緣由： V-2701 STRIPPER OVHD VAPPOR中油份及酚類含量較高，當 E-2703 CONDENSER冷卻水循環量不足時，E-2703 換熱量不足，因而V-2701 STRIPPER OVHD VAPOR 無法完全冷凝，E-2703操作溫度遠高於120° F，一方面使換熱管壁結垢程度與日俱增而不利於換熱效果，另方面，由於 E-2703冷凝效果欠佳，仍有大量含油、酚類水氣湧入 D-2705 迴流槽時，易造成其頂部壓力控制閥打開而大量排放帶有油、酚類之水氣液到 FLARE 系統，增加FLARE 系統操作管理上的困擾。
- (2) 改善對策： A.增加冷卻水塔 C.W.送到 2700區之供應量，以增加 E-2703冷卻水循環量。

B.E-2703新增備用的 Tube-Bundle，Tube-Sheet材質用C.S.，Tube亦採用C.S.(A-179)材質，14BWG，Floating Head，餘 Spec. 同現有E-2703，以利於 E-2703 FOULING 時更換。

3.V-2701 REBOILER 加熱溫度不足之問題

- (1) 問題緣由： V-2701 STRIPPER 進料量較多時，其 E-2704塔底再沸器之負荷亦較重，往往E-2704 L.P. STEAM 流量控制閥全開，仍然使 V-2701 塔底溫度無法達到 250° F，影響 V-2701 STRIPPER之汽提效果。
- (2) 改善對策： V-2701 塔頂壓力控制可酌量調高，使塔底操作壓力跟著提高，亦使塔底操作溫度相對提高；另方面，可考慮E-2074的加熱蒸汽改用中壓蒸汽，以提高再沸器之加熱溫度。

4.V-2701塔底液面不穩定之間題

- (1) 問題緣由：V-2701塔底液面由於原先設計只有裝設液面指示器，並未裝設液面控制器及其控制閥，V-2701塔底液面變化較大時，靠人工方式來調整，不易控制液面，影響汽提操作效果，且往往造成操作人員之不滿與抱怨。
- (2) 改善對策：利用現有的 V-2701 塔底液面指示作為測試點，再增設液面傳送器及液面控制閥，調整 V-2701 塔底排放量，使 V-2701 液面較穩定。另外，V-2701 STRIPPER 進料量及再沸器加熱量控制較穩定，亦有利於 V-2701 塔底液面維持較穩定之操作情況。

5.V-2701 STRIPPER 進料量多造成負荷太重之問題。（減廢問題）

- (1) 問題緣由：輕裂工場初分餾塔（尤其是三輕 A-101）分餾效果不佳，Q.W. 乳化較嚴重，油份及酚類含量均偏高，稀釋蒸汽發生系統不堪負荷，必須大量排放Q.W.，造成 V-2701 STRIPPER 進料量太多且質不佳，負荷較重，影響 V-2701 汽提效果，使處理後排放水質不甚理想。
- (2) 改善對策：輕裂工場初分餾塔應儘量維持在較佳的分餾效率之操作情況，同時亦應注意稀釋蒸汽發生系統有關設備之操作與維修，增加稀釋蒸汽發生效率，不需再從外界補入225# Steam，因而可減少 Q.W. 之排出量。三輕因為 Q.W. 排放量及質往往較差，因此在稀釋蒸汽發生系統有關設備 A-114 (Dilution Steam Generator) 及 A-111(A-114 Feed Water Stripper)，擬再增設一套備用塔槽，可替換使用，以確保Dilution Steam 產生量之充足與穩定，製程中 Q.W. 排放量自然減少，以達 "減廢" 之目標。

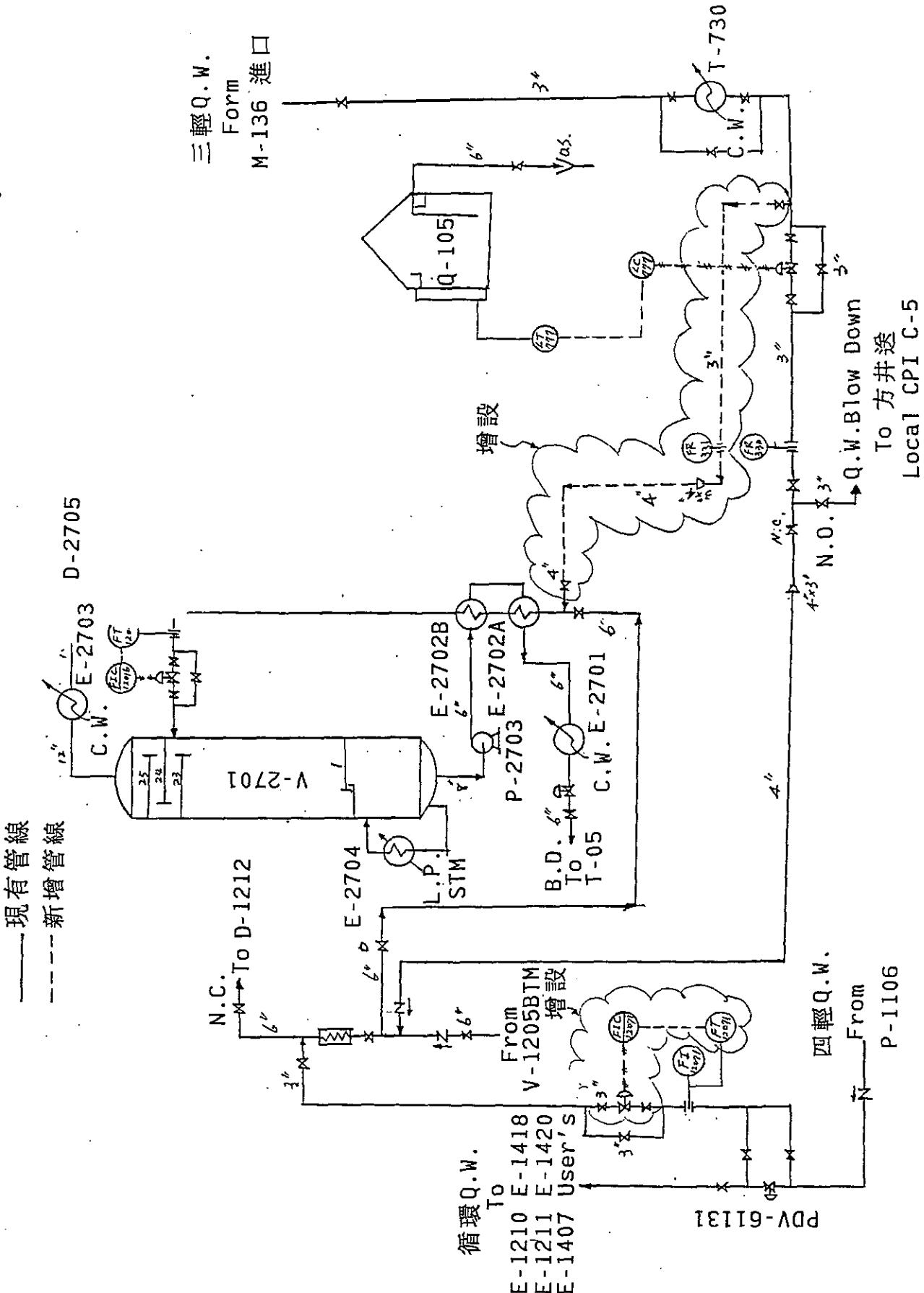
6.V-2701 STRIPPER 系統停爐檢修之替換問題

- (1) 問題緣由：V-2701 STRIPPER 系統有關設備，隨著日數增加，塔槽內部 TRAY、REBOILER、CONDENSER 等等設備會因 FOULING 問題而使汽提效果變差，其他轉動機械或儀控系統等設備之效率亦較差，必須停爐清理檢修 V-2701 STRIPPER 系統。

有關設備，此時輕製 Q.W. 即無汽提塔可去除油份及酚類成份之污染物，易造成林園廠綜合廢水酚含量不合格之情況。

- (2) 改善對策：第三芳香烴工場閒置設備 SU-V19 塔槽修改增配有關 PIPINGS，即可改煉輕裂含酚廢水，可部份取代 V-2701 之汽提塔任務；另外可考慮將部份 Q.W. 排放到 Buffer Tank，以空間換取 V-2701 之檢修時間。在 V-2701 停爐檢修期間應注意輕裂工場 Q.W. 系統之操作，儘量減少 Q.W. 之排放量。

圖七、三 / 四輕 Q.W. 送 V-2701 STRIPPER 進料系之改善流程圖



八、結論與建議

利用四輕 2700區 AMINE 系統 V-2701 現有的閒置汽提塔改煉三輕與四輕工場合酚廢水，經過一年半多時間的實際操作，輕裂工場區內油份及酚類污染物所造成的嗆鼻臭味減輕許多，多年來林園廠廢水中酚含量偏高的頭疼問題，迎刃而解。本案不論是有效性、時效性、操作性、經濟性及避免二次污染性等方面之表現，皆令人欣慰，有目共睹，堪稱污染防治的經典之作；另外，就其技術性、設備利用性及人力整合性等方面之表現，亦可圈可點，足供操作營運管理之範本。在環保意識高漲的今天，石化業面臨生死存亡之秋，五輕亦已宣佈動工的現在，身為石化業上游龍頭的中油一份子，更應秉持污染防治人人有責的觀念，同心協力，契而不捨，在努力操作生產之餘，更要為環保工作獻上一份心力，開創石化業更美好的明天！

輕裂工場合酚廢水利用本案處理，只是治標之工作，更重要的，應從治本工作著手，建議應從減廢方面改善，注意輕裂工場有關設備之維修與操作，加強輕裂工場裂解區稀釋蒸汽發生系統之性能，重要設備可考慮汰舊換新或增設輔助設備，避免輕裂工場裂解區稀釋蒸汽發生系統常排放出含有高濃度的油份及酚類之污染性驟冷水。如此一來，林園廠輕裂工場合酚廢水之問題，更能從根本解決，亦能更高枕無憂！