

中油林園廠裂解重燃料油槽逸散性氣體改善

陳 正 文 *

摘要

座落於動力工場的兩座重燃料油槽（編號為T-421/T-422），每座容量為3,000公秉，內貯輕油裂解工場產生的重燃料油（全名為pyrolysis fuel oil，簡寫為PFO）。

重燃料油來源為輕裂工場燃料油汽提塔塔底油，平時供應中橡公司做為其生產碳煙的進料油，若遇該產品不合格或因油料調度需要，就輸送到動力工場兩座油槽貯存。由於其熱值高，以及含硫量低，是鍋爐房極好的燃料，唯一的缺點是成分太重、黏度高，在輸送及貯存時均需要維持在150°C左右的高溫下操作。

動力工場兩座重燃料油槽均為錐頂式常壓油槽，設有呼吸閥及氮封設備。全槽外壁保溫，槽內並裝有加溫管，可通入中壓蒸汽加溫，來維持油料的溫度，防止油料凝固。由於溫度相當高，因此燃料油中較輕質的油料揮發上來，油氣瀰漫。原先設計的呼吸閥因為容易阻塞，故廢而不用。操作人員祇好將槽頂的人孔打開，供油槽進油及出油時槽體排氣及吸氣用。蒸發上來的油氣經由人孔及取樣口大量排出，造成附近地區油氣四佈，臭味難聞的環保問題。經過現場實測，油槽附近地區的VOC高達10ppm以上，槽頂油氣濃度更高達300ppm。

經過審慎研究，決定以水封方法來改善：

1. 將油氣由油槽頂部排氣孔以8吋管引到一個水封槽(water seal drum)，其設計原則為維持油槽內正壓力不超過120毫米水柱。平時油氣可被水封封住而不會外洩，在大量進油導致油槽壓力提高時，則油氣可經由水封再排出，此時大部分的油氣被水洗滌後吸收，排出的油氣已經非常少了。
2. 水封槽設置在地面上，內部盛滿冷卻水，平時保持很小的流量，使其以溢流(overflow)方式維持水封槽液面，水封槽裝有玻璃液面指示計，進料管插入冷卻水液面下約12公分，排放的油氣經由冷卻水洗滌後從水封

* 中國石油公司林園廠技術服務課工程師

槽頂部排出。

3. 重新啓用氮封系統，更換呼吸閥，使真空閥及壓力閥分開，以避免受油氣堵塞而失去作用。

在未改善前，槽頂濃度為 300ppm 以上，油槽地面四個據點分別為 12ppm 左右。使用本設備後，槽頂污染源減為 58ppm，油槽地面四個據點分別為 5ppm、6ppm、3ppm、9ppm，改善後該地區的 VOC 均明顯的降低了。

一、前 言

林園廠動力工場有兩座重燃料油槽，內儲高溫重燃料油（PFO）。由於操作溫度達 150°C，重燃料油中較輕質的成份容易揮發上來，再經由油槽的人孔排出，使得附近地區油氣瀰漫，臭味難聞。該油氣的排放量有限，不易處理，歷年來一直為該工場的一大困擾。

二、製程簡介

動力工場的高壓鍋爐除使用燃料氣、燃料油為燃料外，另外可燃用重燃料油（PFO），以調節輕油裂解工場重燃料油（PFO）的產量。重燃料油為輕油裂解工場的產品，先經由管線送到動力工場的兩座油槽，即可直接做為鍋爐的燃料。其流程如圖 1 所示。

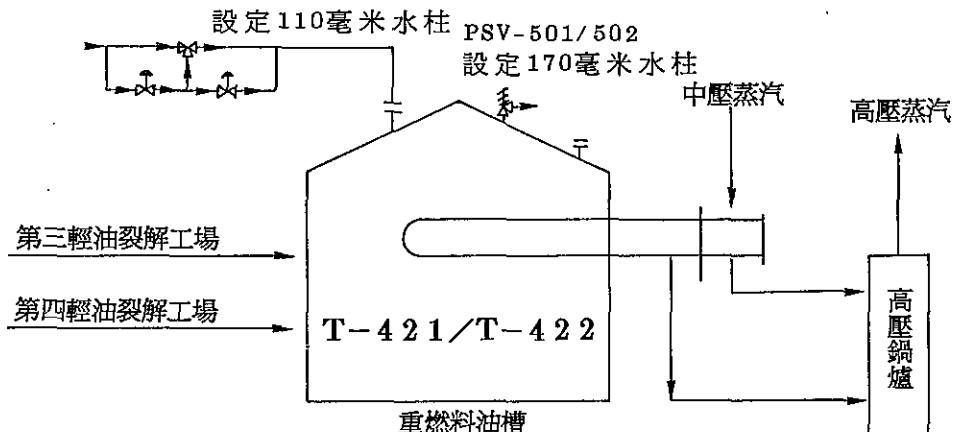


圖 1 林園廠重燃料油輸送流程圖

三、廢氣來源

座落於動力工場的兩座重燃料油槽（編號為T-421/T-422），每座容量為3,000公秉，內貯輕油裂解工場產生的重燃料油（全名為pyrolysis fuel oil，簡寫為PFO）。該油料的性質如下：

化 驗 項 目	重 燃 料 油 (PFO)	
	設 計 值	實 際 值
閃火點(°C)	80	
比重 60°F / 60°F (API)	~ 5.2	2~3
沸點(°C)	260以上	195~220
淨燃燒熱 (Kcal/kg)	9,280	9,500~9,800
硫含量 (% Wt)	1.2	0.2~0.3
柏油含量 (% Wt)	Avg 15.8	15
礦物相關指標 (BMCI)	150	—
黏度 (C. S) at 210 °F	800~1,700	750~1,000

重燃料油來源為輕裂工場燃料油汽提塔塔底油，平時供應中橡公司做為其生產碳煙的進料油，若遇該產品不合格或因油料調度需要，就輸送到動力工場兩座油槽貯存。由於其熱值高，以及含硫量低，是鍋爐房極好的燃料，唯一的缺點是成分太重、黏度高，在輸送及貯存時均需要維持在150°C左右的高溫下操作。

動力工場兩座重燃料油槽均為錐頂式常壓油槽，設有呼吸閥及氮封設備。全槽外壁保溫，槽內並裝有加溫管，可通入中壓蒸汽加溫，來維持油料的溫度，防止油料凝固。由於溫度相當高，因此燃料油中較輕質的油料揮發上來，油氣瀰漫。原先設計的呼吸閥因為容易阻塞，故廢而不用。操作人員祇好將槽頂的人孔打開，供油槽進油及出油時槽體排氣及吸氣用。蒸發上來的油氣經由人孔及取樣口大量排出，造成附近地區油氣四佈，臭味難聞的環保問題。經過現場實測，油槽附近地區的VOC高達10ppm以上，槽頂油氣濃度更高達300ppm。

四、改善方法

有關於油槽排出油氣造成空氣污染，是化學工廠存在已久的問題。由於油槽排放的油氣對整體空氣污染的比重不高，故也較不受重視，一般而言，常溫常壓油槽排放出的油氣成份較輕，量也較小，不容易回收。但重燃料油槽則因操作溫度較高（約150°C），在此溫度下蒸發出來的油氣中含有重油成份，臭油味重，容易凝結，故其特性是散佈地區不大，但油槽所在地區則受影響較大。在油槽進油時，油氣溢漫情形更為嚴重。同時油氣中的重油成份凝結後沿著油槽外壁流下，結成黑色油垢，有礙觀瞻，日後也不易清理，且油垢遇火仍然會燃燒，影響油槽安全。

綜合以上所述，重燃油槽的排氣改善工作勢在必行。一般而言，油槽排氣改善的方法主要有回收及燃燒兩種方式，由於其排放量及濃度均很小，故不論採用何種方法，經濟效益不大，故選擇方法應格外慎重，避免投資大而收效小。例如有些方法的效果很好，可以百分之百的改善油槽排氣，但是其投資可能很大，而且設備也不易操作；有某些方法效果略差，但僅需很簡單的設備就可以達成，在政策的取向上我們寧願選擇後者。茲將我們評估過且為工業界常用的改善方法介紹如下：

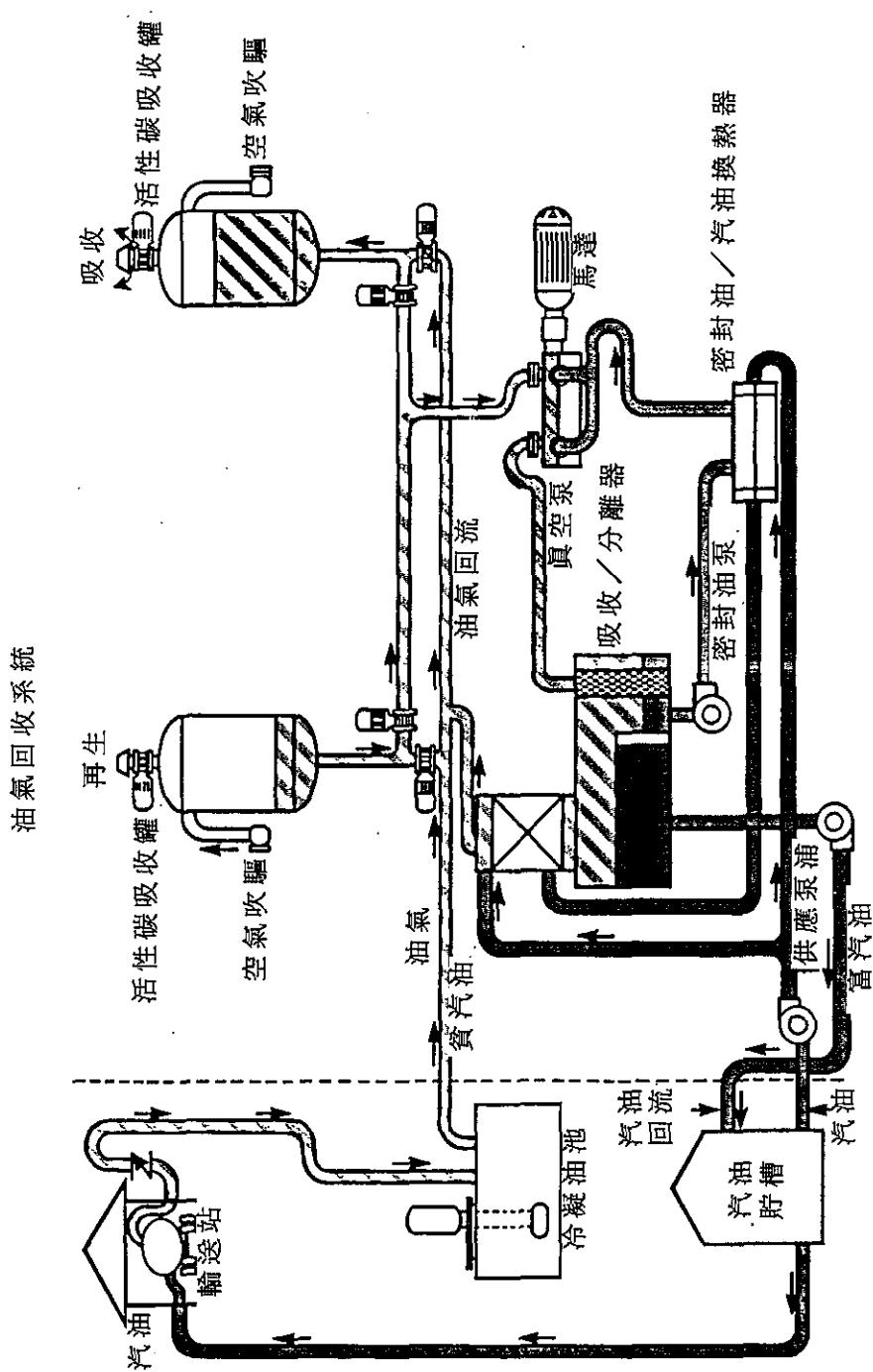
1. 油氣回收法

本方法乃是採用活性碳先將油氣吸收，吸飽油氣的活性碳以空氣再生後，經過特製的真空泵加壓凝結成液體再予以回收。由於本方法僅適用於輕質油氣（如汽油、芳香烴溶劑等）的回收，重燃料油凝結後即結成硬如瀝青的油垢，無法從活性碳床內再生出來，故不能採用。其流程如圖2所示。

2. 燃燒法

增設壓力控制系統，收集油槽排放出來的油氣加以燃燒處理。此方法的要求是油氣來源較多，涵蓋較廣的油槽地區，可以整體方式一併規劃燃燒設備，較為經濟。現有兩座重燃料油槽，由於排放量有限，同時重質油氣容易凝結，故燃燒設備的管線，設備及燃嘴等的設計均較為困難，不易採用。另有一種以觸媒反應方式的燃燒技術，可以在較低溫度下加速油氣的化學氧化反應，但因如上所述的限制，也無法在此應用。其流程如圖3所示。

圖 2 油氣回收法(1)



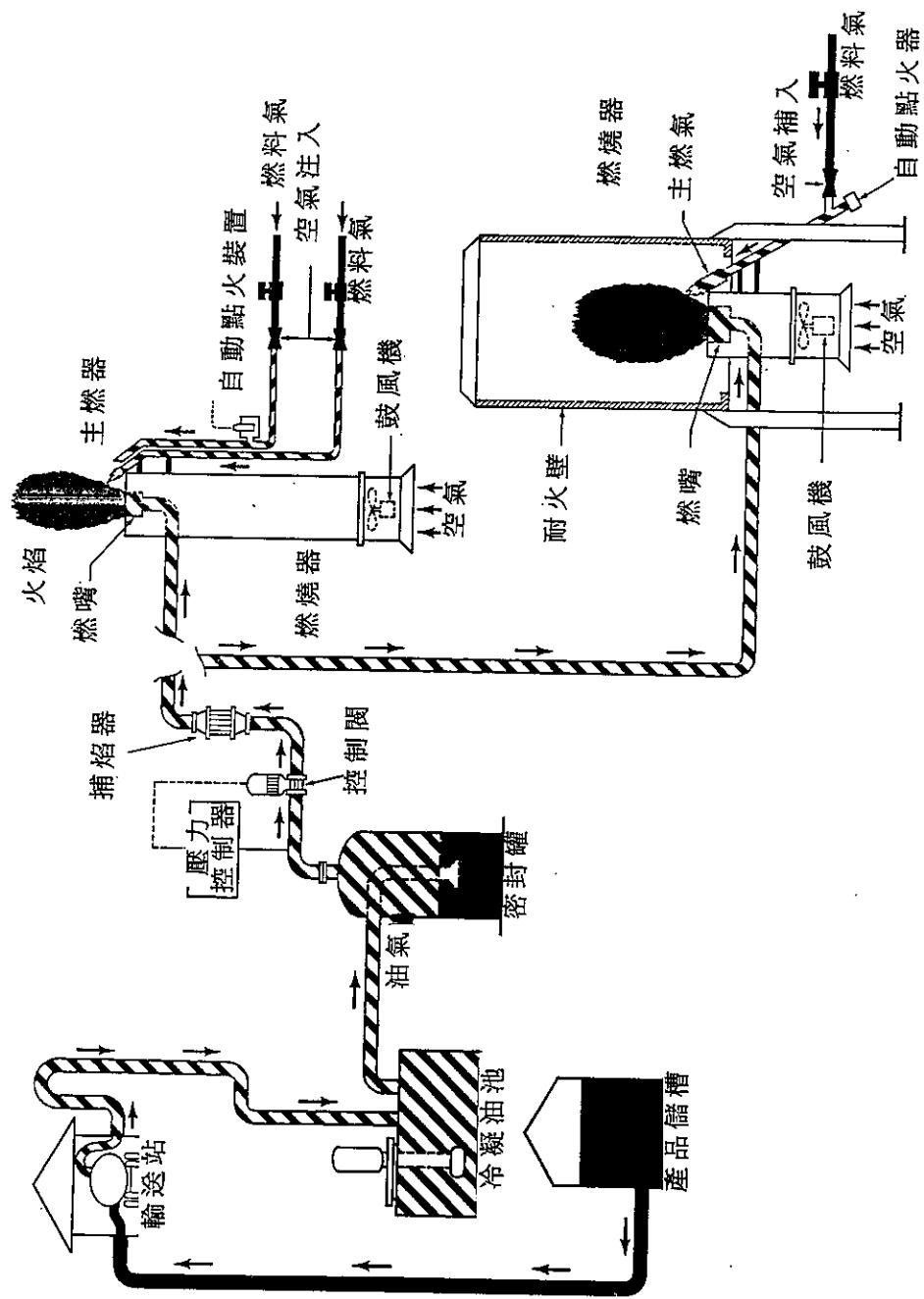


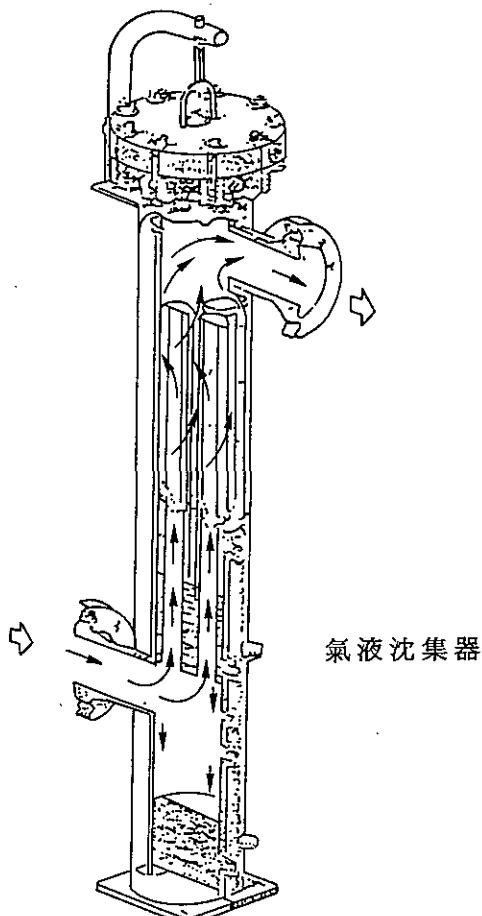
圖 3 燃燒法 (2)

3. 活性碳吸收法

活性碳可充分吸收碳氫化合物，其缺點是吸附量有限（每公克活性碳可吸收油氣約0.45公克），並且不易再生。同時活性碳廢棄物的再處理也是一大困擾。

4. 液體沉集法

將油氣先經過一個構造簡單的沉集器 (coalescer)，可將其中較重的成份凝結先行收集起來，則接著排出的僅為較輕的成份，如此可減輕該地區污染的程度，或降低後續處理設備的負荷。重燃料油因為油氣凝結後成為油垢，容易堵塞，故無法應用此法。其流程如圖4所示。



PALL氣液沈集系統可有效去除液體及固體雜質

圖4 液體沉集法⁽³⁾

5. 冷凝法

本方法是在槽頂上加裝一個冷凝器，使得重質油氣冷凝而落回槽內，流程簡易。但深入研究後卻發現有種種困難，最主要的原因是冷凝器支撐不易。且由於油槽的承受壓力僅略大於大氣壓力 ($-88/+180\text{mmH}_2\text{O}$)，冷凝器為了減少壓降，勢必放大管側之管徑，更增加了支撐的困難（以8吋管的表面積計，約只能承受450公斤的重量）。故冷凝法的應用尚待進一步評估。其流程如圖5所示。

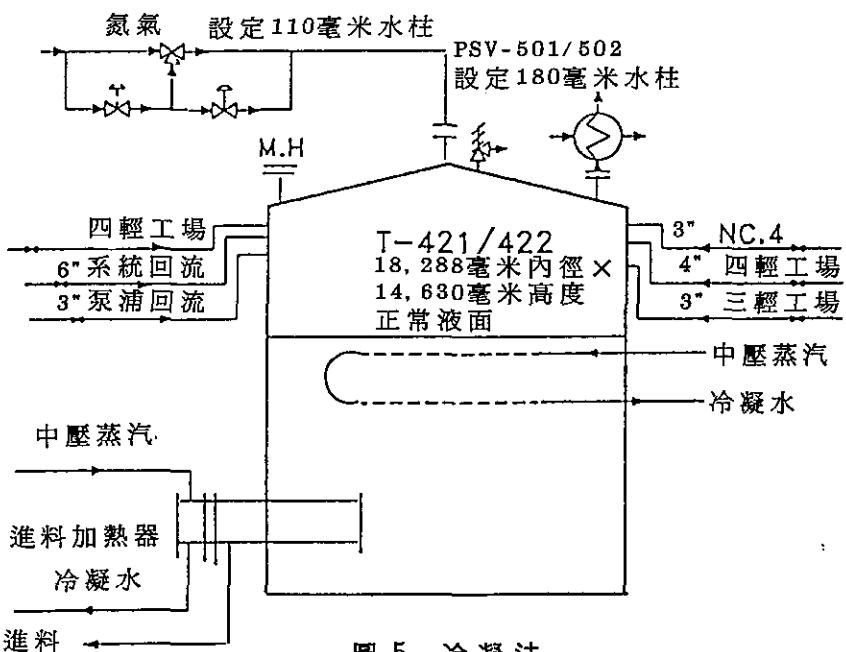


圖 5 冷凝法

6. 修改油槽形式

將錐頂油槽修改為浮頂式油槽，可以大幅改善油氣逸散情形（通常逸散量可降低90%以上）。但因重燃料油槽所裝油料在常溫時即凝固為瀝青狀，浮頂容易卡住，故不適合改為浮頂油槽。同時本方法成本較高，通常在新建油槽時考慮較佳。

以上幾種方法均不適宜使用在改善重燃料油槽，主要原因為該油槽所裝油料較為特殊，不是一般的處理方法所能奏效，所以如何選擇適合的方法，實在煞費周章。經過不斷的琢磨及苦思，並考慮重燃料油的回收及再處理困難，決定嘗試採用水封防堵的方法，一方面可以防止油氣逸出，一方面能彌補現有控制系統容易故障的缺點，同時增加的設備簡單，容易操

作。全部系統為：

1. 將油氣由油槽頂部排氣孔以8吋管引到一個水封槽 (water seal drum) ，其設計原則為維持油槽內正壓力不超過120毫米水柱。平時油氣可被水封封住而不會外洩，在大量進油導致油槽壓力提高時，則油氣可經由水封再排出，此時大部分的油氣被水洗滌後吸收，排出的油氣已經非常少了。
2. 水封槽設置在地面上，內部盛滿冷卻水，平時保持很小的流量，使其以溢流 (overflow) 方式維持水封槽液面，水封槽裝有玻璃液面指示計，進料管插入冷卻水液面下約12公分，排放的油氣經由冷卻水洗滌後從水封槽頂部排出。
3. 重新啓用氮封系統，更換呼吸閥，使真空閥及壓力閥分開，以避免受油氣堵塞而失去作用。如此本系統有雙重保障，操作時若壓力昇高時，槽內氣體經由水封槽排氣，萬一水封失效，則亦可由槽頂安全閥排氣。若槽體有負壓產生時，正常可由氮氣補壓，若氮氣無法作用，另外有真空閥可補壓。（重燃料油槽設計壓力為 $-88/180\text{mm H}_2\text{O}$ ）
4. 改善前後系統圖請見圖6及圖7。

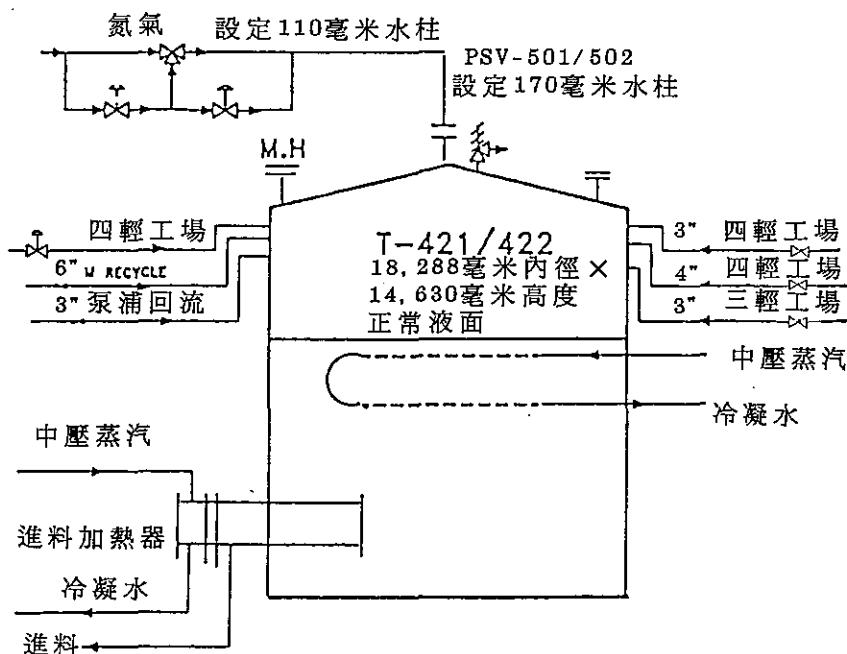


圖 6 改善前系統圖

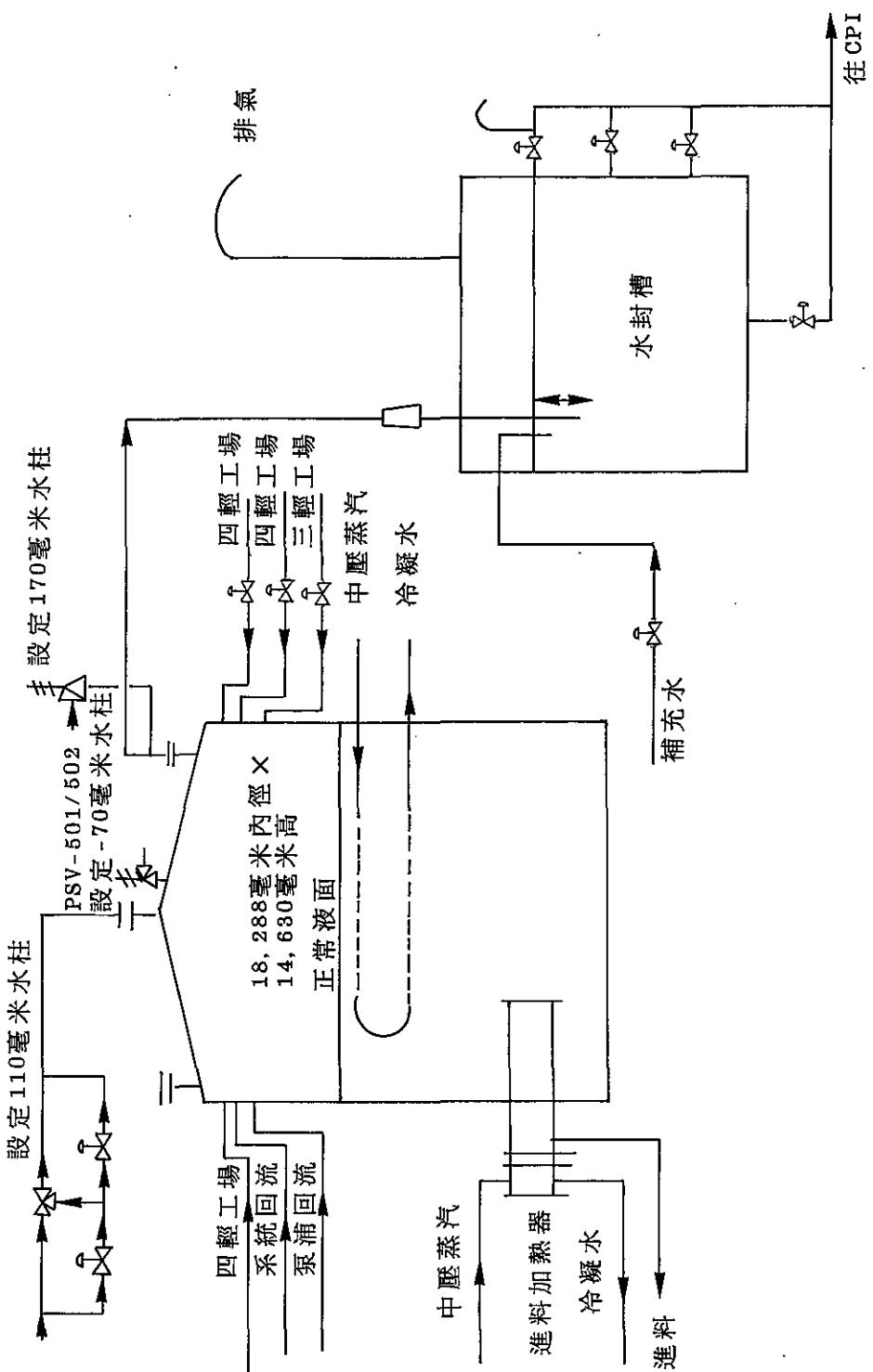


圖 7 改善後系統圖

5. 工程期間：民國80年2月至4月。

完工操作：民國80年4月迄今。

五、改善成效

1. 該項工程於民國80年2月至4月施工完成，其中真空閥及壓力釋放閥則因尚未購進，故暫先行整修啓用氮封設備及呼吸閥，全套系統正式使用。
2. 4月11日會同林園廠環監課同仁，測試油槽逸散性氣體濃度。在未改善前，槽頂濃度為300ppm以上，油槽地面四個據點分別為12ppm左右。使用本設備後，槽頂污染源減為58ppm，油槽地面四個據點分別為5ppm、6ppm、3ppm、9ppm（圖8），改善前後該地區的 VOC 濃度變化情形如圖9，均明顯的降低了。

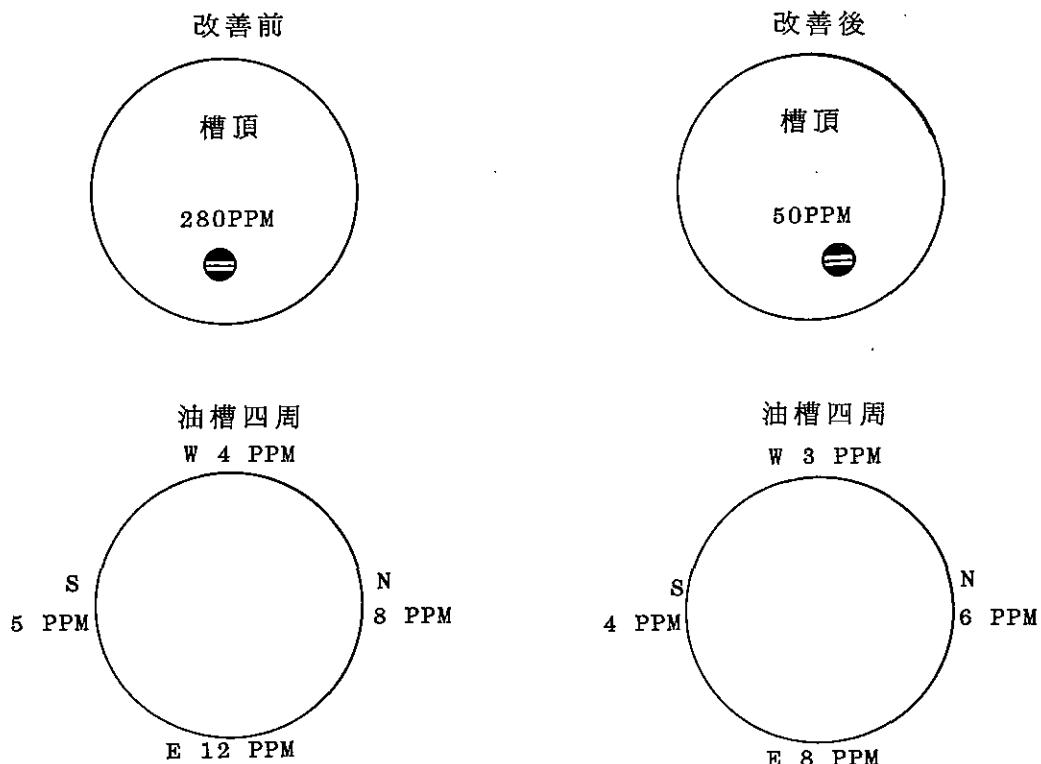


圖8 改善前後油槽四周油氣濃度

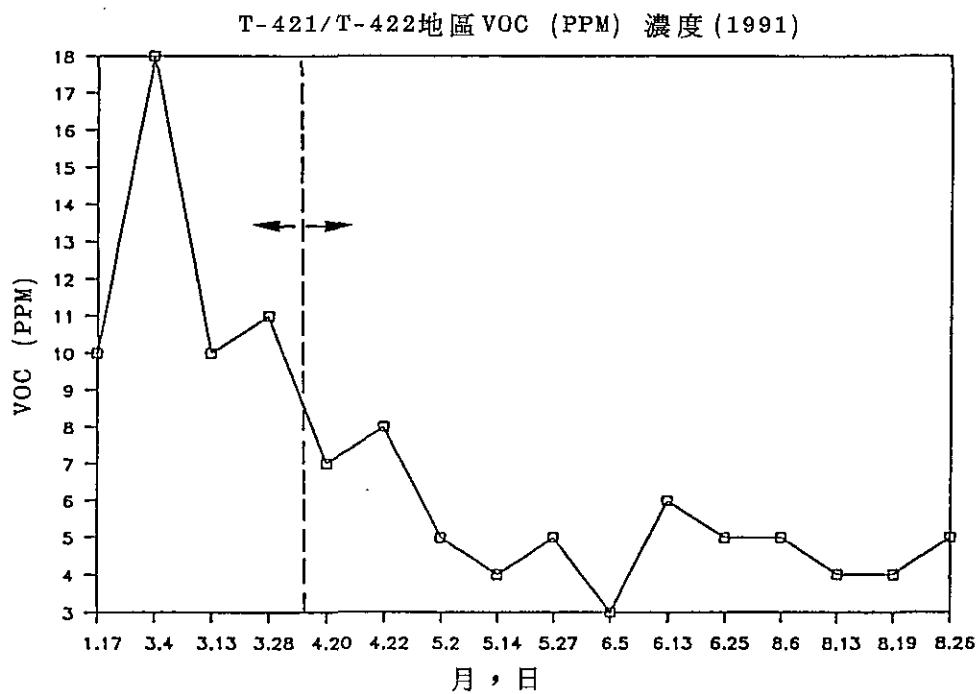


圖 9 改善前後 VOC 變化情形

3. 本設備啓用初期，由於水封槽頂部排氣管未見有油氣排出，現場人員一度以為是排氣管線堵塞，可能會導致油槽壓力升高造成危險。經過反覆檢查測試結果，證實水封槽確實達到水封效果，使得油槽維持在微正壓的狀態，故除非油槽在大量進油的狀況，才會明顯見到水封槽排氣的現象。平常則由於油氣受水封槽液面封住的關係，油槽極少再有油氣排放了。
4. 使用的結果，水封槽液面可以完全封住油氣，免其外洩。同時冷卻水使用量極小，僅需保持微量溢流，維持水封槽液面即可。經取樣化驗水封槽的排放水中含油量僅 1.8 ppm，遠低於河川放流水標準的 10 ppm。由此證明水封槽的微正壓設計，使得油氣不會再排出。
5. 由於以前在操作時，以為該兩座油槽平時應該有油氣冒出，才認為油槽的吞吐功能正常，並視之為正確的操作方式。對本次修改後未見到水封槽排氣孔冒出油氣，反而覺得惶恐，以為是管線不通，將造成油槽無法

正常排氣。故剛啓用水封槽時曾一度覺得沒有信心。後來經測試結果證實水封槽操作正常，並且有效的封住油氣，使得油氣不會外洩，因此大幅的改善了現場人員的操作觀念。

6. 本設備在操作時需注意冷卻水的開入量，僅需維持水封槽溢流即可，避免開入過大而浪費水源。

六、經 費

本次改善工作共計增設兩個水封槽（每座油槽各配置一個水封槽），相關的油氣管線，冷卻水管線等，共兩套設備，含施工費用計廿四萬元。

1. 水 封 槽：每座製作費用七萬元，共計十四萬元。
2. 管 線：材料費約五萬元。
3. 施工費用：以本廠零星工作發包進行，費用約五萬元。

七、結論與建議

1. 在衆多種油槽排氣改善的方法中，由於油料種類的不同，可選用的方法不盡相同，有些甚至需引用國外技術，不僅耗費龐大，同時延宕時日，其效果則存疑。故在考慮經濟、可行、易操作的原則下，我們自己開發了採用水封的方法，其特點是設備簡易、操作容易、無油氣再回收的困擾，也沒有二次污染的問題。唯一的缺點是該設備僅能處理正常操作時的排放量，無法處理異常時油氣大量蒸發時的狀況。
2. 重燃料油之貯存較為特殊，故採用的方法也非常見的方法，幸獲成功，若以後有機會，希望也能將其應用在一般常溫常壓油槽，來改善現有錐頂油槽油氣排放的問題。
3. 兩座油槽正陸續進行修改進料油管的工作，準備將位於槽頂的進料油管移到槽底，可以減少頂部進油時，容易造成部分油料驟沸（flash），產生過多油氣，而增加了油槽排氣的問題。相信俟本項工程完成後，兩座油槽排氣的問題將可更加改善。

八、參考文獻

- (1)：油氣回收法，美國 JOHN ZINK 公司，產品型錄。
- (2)：燃燒法，美國 JOHN ZINK 公司，產品型錄。
- (3)：液體沉集法，美國 PALL 公司，HYDROCARBON PROCESSING GROUP 產品型錄。