



環工建設報導(二)

台灣中油公司推動排燃燒塔廢氣回收及促進循環經濟之成效檢討

邱金山、辛繼勤

台灣中油股份有限公司煉製事業部大林煉油廠技術組經理、副執行長

摘要

因應揮發性有機氣體排放法規之推動，燃燒塔使用，不再是環保污染防制設備，而是消弭工安疑慮所使用之工具，如製程緊急狀況、開爐、停爐及特殊時機等情況使用。台灣中油公司煉製事業部桃園廠與大林廠配合環保法規修訂，在廢氣排放管控上，積極推動「管末處理」與「源頭管理」措施，雙向並進持續改善，確保達到環保法規修訂之目標，在管末處理方面，桃園廠廢氣燃燒塔集中，搭配燃燒塔廢氣回收設施單純，而大林廠受限於幅員遼闊，必須於廠區兩側興建兩套相距達 4 公里以上的燃燒塔廢氣回收設施，以符合實際需求，同時加強源頭管理措施，落實管控工場排放減量與回收氣體品質改善工作，讓既有廢棄物資源化，創造循環經濟契機。

而所回收之廢氣經過純化裝置處理後，除去硫化氫等有毒物質，使回收氣體成為乾淨燃料氣，桃園廠回收燃料氣自用以取代部分低硫燃油，然大林廠除自用取代全數低硫燃油與天然氣外，過剩部份則供應臨海工業區尚承鋼鐵廠與林園石化工業區中油林園廠使用，節能減碳效果合乎預期。由於兩廠特性不同，桃園廠回收燃料氣尚無法滿足自用需求，而大林廠過剩嚴重，藉由跨廠區能資源整合突破相關瓶頸與挑戰，為此，本文重點著以大林廠之特殊經驗與挑戰做為分享。

關鍵字：揮發性有機氣體、燃燒塔、循環經濟



一、大林廠廢氣燃燒塔、工場、廠區位置圖

中油公司煉製事業部大林廠幅員遼闊，工場主要座落於 C 區與 F 區（詳如圖 1），因此兩區均配屬各自的兩套酸塔(Acid Flare)、地塔(Ground Flare)與一般燃燒塔(Common Flare)，兩區距離達 4 公里以上，因此必須在 C 區與 F 區各自興建 1 座廢氣回收裝置，以確保廢氣回收能力，藉由管線連通 C 區與 F 區間之回收燃料氣集管，以增加整體操作彈性。



圖 1 大林廠燃燒塔與廢氣回收系統配置

二、燃燒塔廢氣回收裝置設計理念與原理-管末處理

民國 100 年 2 月 1 日「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」修正公告，蒐集過去實際廢氣燃燒塔排放量統計與分析，經分析廢氣分子量 39，每套廢氣回收能力最大 $9.6\text{KNm}^3/\text{hr}$ 做為設計基準。

於民國 101 年 1 月完成燃燒塔廢氣回收裝置 (Flare Gas Recovery System, 簡稱 FGRS) 之基本設計工作，設計重點著重於燃燒塔廢氣回收裝置(1).操作簡單(2).不易故障(3).維修容易等，經評估 Liquid Ring 與 Hijet 驅動方式，無論是在操作簡單性、故障頻率、維修方式等各面向探討，以 Hijet 回收方式具競爭性而雀屏中選，回收後之廢氣含 H_2S 等有毒物質，無法取代低硫燃油或天然氣，必須經由進一步淨化，因此回收廢氣經胺液吸收裝置提純，提純後的乾淨燃料氣 H_2S 含量 80ppm 以下，送回廠區燃料氣主管線，再分送至各工場使用，以取代燃料油或天然氣之使用。而經胺液吸收有毒 H_2S 則送回硫磺工場生產硫磺，售予下游使用（簡單流程詳如圖 2）。

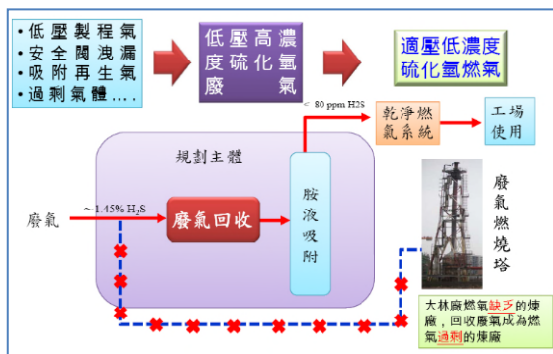


圖 2 燃燒塔廢氣回收基本概念圖

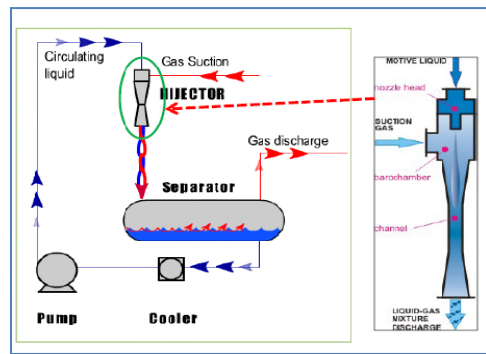


圖 3 Hijet 回收原理示意圖

Hijet System 是整個回收設施的心臟（詳如圖 3），屬專利設計，其基本原理是利用高速與分散性流體如水，將其能量轉移至吸入待回收廢氣，形成超聲速兩相流動，最後，由液體的動能轉換成壓縮廢氣的壓力能，初步工作完成，後續再送進胺液純化系統去除有毒 H_2S 等，即取得乾淨回收燃料氣。

三、源頭管理-工場源頭排放管控與回收氣體品質改善

興建燃燒塔廢氣回收系統是屬管末處理，雖能處理工場排放大部分廢氣，惟屬於治標而非治本措施，必須思考如何進行工場源頭排放管控，以廢氣減量做為治本標的。

工場源頭廢氣排放管控與回收氣體品質改善可分為：

- 減少廢氣排放量：(1).連續或間歇性氫氣密封，改以回收燃料氣取代，減少氫氣使用，改善回收燃料氣熱值(2).連續吸附再生設備，多以氫氣為介質，改以天然氣取代，連續排放氣體可於 FGRS 回收再利用(3).連續吸附再生設備降低其排放頻率(4).工場開停爐精緻化操作。
- 回收燃料氣通路：大林廠幅員遼闊，回收燃料氣必須供應整個廠區，才能擴大回收通路，因此需串連回收燃料氣主管線。
- 操作管理：人員訓練、燃料氣系統專人管理、網路平台建置、每週定期檢討。

四、燃燒塔廢氣回收裝置執行成效與減量成果

大林廠於民國 101 年 1 月完成燃燒塔廢氣回收裝置（FGRS）之基本設計工作，102 年 12 月中鼎公司得標進行細部設計與施工，惟施工期間施工區受限於土污法之規定需待土壤開挖工程污染防制計畫核准而延至 103 年 7 月開工，環保局同意將燃燒塔廢氣回收改善完成日期展延至 104 年 10 月 31 日，104 年主要著重於全廠燃燒塔排放源頭排放管控，期間二套燃燒塔廢氣回收裝置（FGRS）陸續加入操作，直至 105 年 1 月 9 日兩套燃燒塔廢氣回收裝置性能測試全部完成，正式開始運轉並納入操作，廢氣排放由 103 年 $405,201\text{Nm}^3/\text{天}$ 降低至 $246,455\text{Nm}^3/\text{天}$ ，經估算節省約 4 億元/年，



燃燒塔廢氣回收裝置 (FGRS) 陸續加入操作後，廢氣排放由 103 年 405,201Nm³/天降低至 8Nm³/天，相較於 103 年估算節省約 10 億元/年，除大幅改善整體燃燒塔排放情形，並資源化回收廢氣再利用，改善前後之比較如下圖 4 與圖 5。

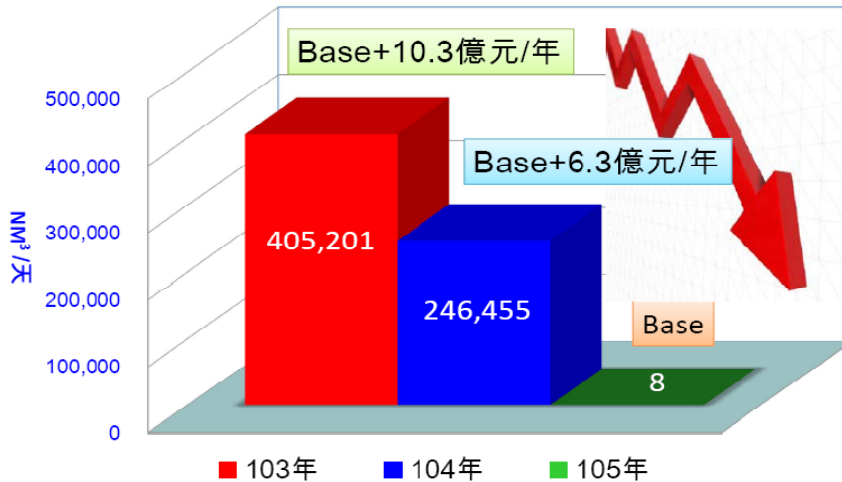


圖 4 改善前後燃燒塔排放成效

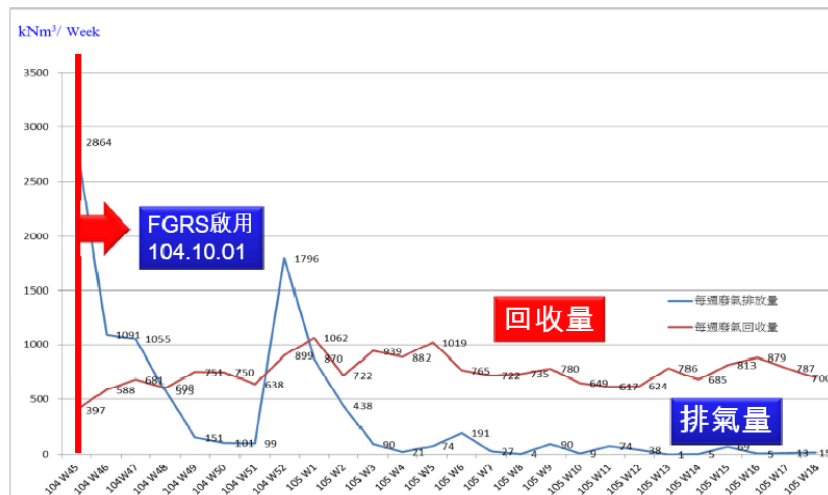


圖 5 燃燒塔廢氣排放改善執行情況

五、回收燃氣與循環經濟推動所面臨挑戰之經驗分享

大林廠回收燃氣與循環經濟之推動所面臨的挑戰，概分為(1).回收燃氣熱值偏低，利用價值低(2).燃料氣過剩處理機制(3).跨廠區能資源整合出路限制(4).跨廠區能資源整合調度困境，相關瓶頸突破之關鍵，摘要如後：

1. 回收燃氣熱值偏低之改善：由於回收燃料氣熱值偏低，無法於一般加熱爐使用，造成處理困擾，經過全面清查氫氣來源，配合製程安全分析，以燃料氣或天然氣取代，回收燃料氣中大幅降低氫氣含量，其熱值自然大幅提高，與一般工場生產燃料氣熱值相仿，可使用於全廠，同時可減少外購氫氣需求，不只達成廢棄物資源化外，同時節省能資源之使用。



2. 燃料氣過剩處理機制：大林廠經歷多次擴建後，自產燃料氣明顯不足，必須靠低硫燃油或天然氣彌補自產燃料氣缺口，經過燃燒塔廢氣回收裝置之貢獻，除取代低硫燃油或天然氣之使用外，仍有過剩回收燃料氣必須排放，造成資源浪費。為此，必須外售過剩燃料氣給本公司林園廠與尚承鋼鐵廠，共同將廢棄物資源化，創造循環經濟。
3. 跨廠區能資源整合出路限制：本公司林園廠大量自產氫氣，原供應高廠重油脫硫工場使用，但高廠於去年底停工，自產氫氣去處形成困擾，由於氫氣純度高不適合全部當加熱爐燃料氣使用，過剩氫氣只能排放燃燒塔，造成資源浪費，為此，大林廠停用氫氣工場操作，而使用林園廠過剩氫氣，減少煉製成本，而大林廠大量過剩燃料氣供應林園廠使用，並大幅降低林園廠過剩裂解燃油與裂解柴油的使用，將過剩裂解燃油與裂解柴油送大林廠摻配低硫燃油與柴油，以提高價值。
4. 跨廠區能資源整合調度困境：大林廠回收燃料氣後，成為燃料氣過剩煉廠，除了廠區內各廠大修時程不一，造成氫氣與燃料氣的不平衡外，同時必須顧及林園廠生產平衡與尚承鋼鐵廠開停爐（市場調節），特別建置了大林廠、林園廠、尚承鋼鐵廠間的即時燃料系統平台，即時性調解燃料氣動態平衡，其中包含(1)工場生產量變化(2)工場使用量變化(3)燃燒塔回收燃料氣量變化及(4)下游廠家燃料氣用量變化(5)天然氣或燃料油使用狀況。任何突發狀況，均能提供正確與快速處理機制，對於計劃性煉量提升或降載，也能做預防性因應，避免燃氣不平衡而造成資源浪費。

六、結語

配合政府環保法規日益嚴峻，引進燃燒塔廢氣回收系統操作，仍面臨回收燃料氣品質不佳，操作單位排斥使用，以及回收燃料氣過剩的挑戰，除透過廠內各工場間相互協調外，尚須透過尚承鋼鐵廠與本公司林園廠資源互換、資源整合與協調機制，充分消化回收燃氣。

回顧廢氣回收推動之初，確實相當困擾，面臨回收廢氣熱值偏低、燃料氣過剩，在突破跨廠區能資源整合出路後，又面臨跨廠區能資源整合調度困境等挑戰，所幸在高雄市政府環境保護局、與慧群環境科技股份有限公司指導協助下，讓同仁觀念改變與心態調整，共同突破困境，順利將回收廢氣資源化，並透過資源整合模式結合尚承鋼鐵廠與本公司林園廠，建立互通有無之循環經濟的雛形，回收廢氣資源化當燃料氣使用只是第一步，未來已規劃純化回收廢氣中的氫氣與乙烯，提高資源化價值，取代相關工場進料，創造循環經濟契機，減少資源浪費，友善環境與永續生存將是此次燃燒塔廢氣回收推動最大獲益。