

台灣中油公司人員從事兩岸交流活動報告書

參觀大陸已投產之 PDH 工廠 及討論建廠規劃細節

研提人單位：石化事業部 企劃室/事業策略組

職務：主任/化學工程師

姓名：陳正文/董遠薇

參訪期間：105 年 5 月 16 日至 105 年 5 月 20 日

報告日期：105 年 5 月 31 日

政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：參訪大陸 PDH 工廠
- 二、活動日期：105 年 5 月 16 日至 105 年 5 月 20 日
- 三、主辦（或接待）單位：
 - 5 月 16 日：啟程前往天津
 - 5 月 17 日：天津渤化石化有限公司
 - 5 月 18 日：煙台萬華化學石化有限公司
 - 5 月 19 日：山東神馳石化有限公司
 - 5 月 20 日：返程
- 四、報告撰寫人服務單位：台灣中油公司石化事業部 企劃室/事業策略組

貳、活動（會議）重點

- 一、活動性質：大陸 PDH 工廠參訪行程
- 二、活動內容：瞭解大陸 PDH 工廠實際操作狀況、操作成本、儲槽設備及開工率，並蒐集大陸丙烯供需及市場資訊。
- 三、遭遇之問題：無
- 四、我方因應方法及效果：

本次參訪行程所蒐集之工廠操作及技術相關資料，對本公司日後規劃建廠有相當大的幫助，尤其在製程設計上，可藉由其它工廠之操作經驗，選擇最佳且最適合本公司之方案，期能以最穩健、經濟的操作模式進行生產，獲得最大的投資效益。

五、心得及建議：

大陸近年來石化產業蓬勃發展，產能迅速擴充，也壓縮到台灣石化產品在國際市場之競爭力，台灣石化產業由於環境的限制，且近年來配合政府政策，逐漸往高值化產業發展，然而高值化產品技術多掌握在少數廠家手中，技術取得困難，且下游市場難以切入，加上要發展高值化產品，也要有足夠的上游石化基本原料做為後盾。此次參訪

發現，大陸石化產業近年除致力於開發下游衍生物產品，也努力增加大宗石化原料供應能力，往上、下游垂直整合發展，以提升企業的競爭力。

本公司石化事業部主要提供國內市場石化基本原料，近年來也努力往下游衍生物發展，然而發展下游衍生物也需有足夠的原料來支撐，近年來泛中油體系丙烯供需出現缺口，需仰賴進口才能滿足需求，因此擬規劃興建丙烯年產能 60 萬噸之丙烷脫氫工廠，提升國內石化原料供給能力，並有餘力往下游衍生物發展，提升本公司在石化市場之競爭力。

藉由本次參訪，蒐集到製程相關資料，對日後建廠有莫大的幫助，同時在公用物料及儲槽設施上，也獲得相當多寶貴的建議，期能藉由大陸 PDH 工廠實際的操作經驗，讓本計畫之規劃能夠更完善，為公司創造更大之利基。

參、謹檢附參加本次活動（會議）相關資料如附件，報請
鑒核並請轉行政院大陸委員會備查。

職



105 年 05 月 31 日

所屬機關意見

參觀大陸已投產之 PDH 工廠及討論建廠規劃細節

報告書摘要

丙烷脫氫製程已為一相當成熟且容易取得之技術，主要技術供應商為 CB&I Lummus 及 UOP，目前在大陸已有多套工廠建成投產，本次出國參訪目的在於瞭解大陸 PDH 工廠實際操作狀況，其於開俾及操作中所面臨之問題，碼頭及儲槽設備配置、建廠投資額及丙烯市場銷售情況，所蒐集之資料將為日後本公司投資 PDH 工廠參考之依據。

此次參訪的三家 PDH 工廠，天津渤化丙烯年產能為 60 萬噸、煙台萬華化學為 75 萬噸，而山東神馳石化為 16 萬噸，三家工廠中僅天津渤化設備利用率達 105%，由於設備因素，煙台萬華化學設備利用率僅為 60%，而山東神馳石化 PDH 工廠則為 88%。根據三家公司之建廠經驗，其技術選擇的主要考量為操作穩定性及生產所需能耗，設備投資額則為次要考量因素。

三家工廠中，僅山東神馳石化為民營企業，天津渤化石化及煙台萬華化學皆為國營企業，由於大陸市場丙烯供需仍有缺口，因此政府相當鼓勵 PDH 項目投資，使得廠家在環評及招標階段皆能順利進行，掌握市場先機，此次參訪之三家 PDH 工廠，在丙烯項目上皆有獲利。

除了工廠設備外，儲槽的配置亦為影響 PDH 工廠操作的重要關鍵，此次參訪的三家工廠，皆有足夠的原料及產品儲槽，就算丙烷冷凍船的船期延誤，也不至於發生斷料問題，造成 PDH 工廠必須被迫停爐；或是當丙烯過剩時，多餘丙烯無處可去之窘境。因此本公司在建廠規劃時，即應將儲槽配置做妥善考量，避免因原料或產品儲槽數量不足而發生 PDH 工廠需降煉量或是停爐的風險。

參觀大陸已投產之 PDH 工廠及討論建廠規劃細節

報告書目錄

一、 目的.....	5
二、 行程.....	5
三、 報告內容.....	6
(一) 拜訪天津渤化石化有限公司.....	6
(三) 參訪萬華化學石化有限公司.....	8
(四) 參訪山東神馳石化有限公司.....	10
四、 心得及建議.....	12

一、 目的

目前泛中油體系丙烯供需仍有缺口，且由於新建輕裂廠有困難度，現階段丙烯需求僅能靠進口來滿足。丙烷脫氫製程(Propane Dehydrogenation, PDH)在國外已為一相當成熟之技術，係利用丙烷進行脫氫反應後生產聚合級丙烯，同時副產氫氣，中油公司有碼頭及儲槽進口丙烷原料優勢，計畫引進國際知名廠商之 PDH 技術，興建丙烯年產能 60 萬噸之 PDH 工廠，以供應國內丙烯需求，亦可供本公司發展丙烯下游衍生物，提升在石化市場上之競爭力。

本次出國計畫期藉由參訪大陸當地 PDH 及 PDH/BDH(Butane dehydrogenation, BDH)混煉工廠，了解工廠實際開工狀況，及工廠規劃、儲槽設計等細節，並進行資料蒐集，做為日後本公司 PDH 投資計畫之參考依據。

二、 行程

起迄日期	天數	到達地點	詳細工作內容
105.05.16	1	天津	自高雄小港機場搭機啟程至天津。
105.05.17	1	天津	拜訪天津渤化石化有限公司，瞭解 Lummus 公司之 Catofin 製程其工廠操作現況，同時參觀 PDH 工廠及碼頭區。
105.05.18	1	山東省煙台市	拜訪煙台萬華化學石化有限公司，瞭解 UOP Oleflex 製程之工廠操作現況，並實地參觀工廠。
105.05.19	1	山東省東營市	拜訪山東神馳石化公司，瞭解

起迄日期	天數	到達地點	詳細工作內容
			PDH/BDH 製程，同時參觀工廠。
105.05.20	1	東營市→高雄	自東營市搭機前往上海市，並由上海搭機返回高雄。

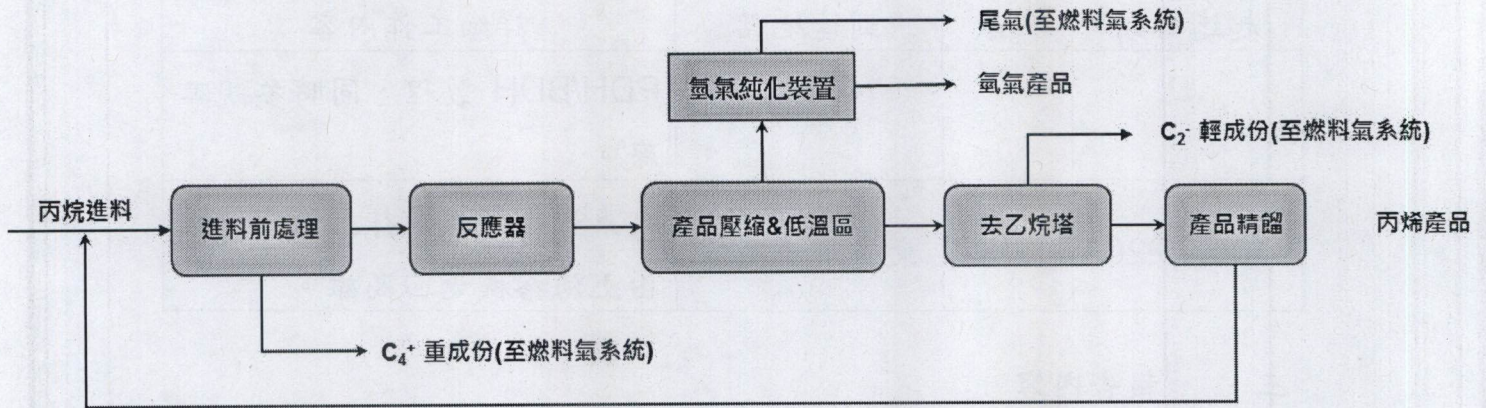
三、 報告內容

(一) 拜訪天津渤化石化有限公司

此次參訪渤化接待人員為該公司周愷 董事長、張寶春 副總經理、朱威 部長及俞增亮 副部長等四人。會議主要針對下列問題進行討論：

1. 碼頭及儲槽設備
2. 丙烯及氫氣銷售現況
3. PDH 工廠操作經驗分享
4. 觸媒及吸附劑廢棄物處理
5. 建廠時程及工廠面積大小
6. 建廠投資額

天津渤化石化有限公司(以下簡稱渤化)是天津渤海化工集團專為丙烷脫氫項目獨資成立之子公司，為一國有企業，廠區位於天津濱海新區臨港經濟區中，其 PDH 工廠，年產能 60 萬噸，區內(ISBL)投資額約 44 億元人民幣，加上區外(OSBL)之總投資額約為 60 億人民幣，於 2013 年 10 月建成投產，是大陸第一套投產的 PDH 工廠。渤化 PDH 工廠採用 Lummus 公司 Catofin 製程，其製程簡圖如下所示：



渤化 PDH 投資計畫，自 2008 年開始構思計畫輪廓，2010 年才開始公開招標，前後歷經三年，並於 2013 年 10 月 12 日投產，同年 11 月 12 日設備利用率即達 100%。渤化表示，以同產能規模的 PDH 工廠來說，雖然 Lummus Catofin 製程整體 ISBL 費用較高，但其操作容易、穩定性高，使得整體能耗較低。

在製程公用物料方面，渤化表示由於該地區電價太貴，加上缺乏蒸汽來源，因此不將氫氣輸出做為產品，而是將其做為燃料氣，同時搭配 ISBL 內自產之燃料氣以及自 OSBL 輸入的天然氣做為 PDH 工廠燃料來源，並於製程中使用燃氣渦輪機(gas turbine)，有效利用燃料氣以節省蒸汽用量。但渤化亦表示，由於 gas turbine 的控制系統操作條件過於嚴苛，造成 gas turbine 常跳俾，使得操作不穩定，建議可將操作條件放寬，以提高操作穩定性。

目前渤化的設備利用率為 105%，所生產的丙烯產品完全銷售至國內市場，不出口。渤化目前有 2 個碼頭，每個碼頭有 2 個冷凍船裝卸臂(loading arm)，一個給丙烷使用，另一個提供給丙烯使用，碼頭可容納 44,000 噸之冷凍船，卸料量每小時 1,200 噸，因此一艘 44,000 噸之丙烷冷凍船卸料只需 30 多小時。

在儲槽設備方面，岸邊的丙烷冷凍槽共有 3 座，每座 80,000 公秉，可儲存約 96,000 噸的丙烷，儲槽週轉率為 0.67，丙烷冷凍船每補給一次即足夠 PDH 工廠操作 1.5 個月；而岸邊的丙烯冷凍槽共有

2 座，每座 40,000 公秉，可儲存約 32,000 噸的丙烯，PDH 廠區內丙烯冷凍槽容量為 13,000 噸，整個丙烯儲槽的總容量約 45,000 噸。

渤化的 PDH 工廠佔地大約 8 公頃，包含氫氣純化裝置(PSA)，但不包含儲槽及公用系統。在實地參觀工廠後，發現其工廠佔地面積寬廣，仍有許多空地。由於渤化 2013 年底才開俾，因此目前還沒有廢觸媒及廢吸附劑處理問題，但其建議，若 CPC 對廢棄觸媒處理有疑慮，可交由原廠處理，目前渤化是規劃將廢觸媒交由原廠處理。

(三) 參訪萬華化學石化有限公司

此次參訪萬華化學接待人員為該公司郜維松 經理、官俊杰等二人。會議主要針對下列問題進行討論：

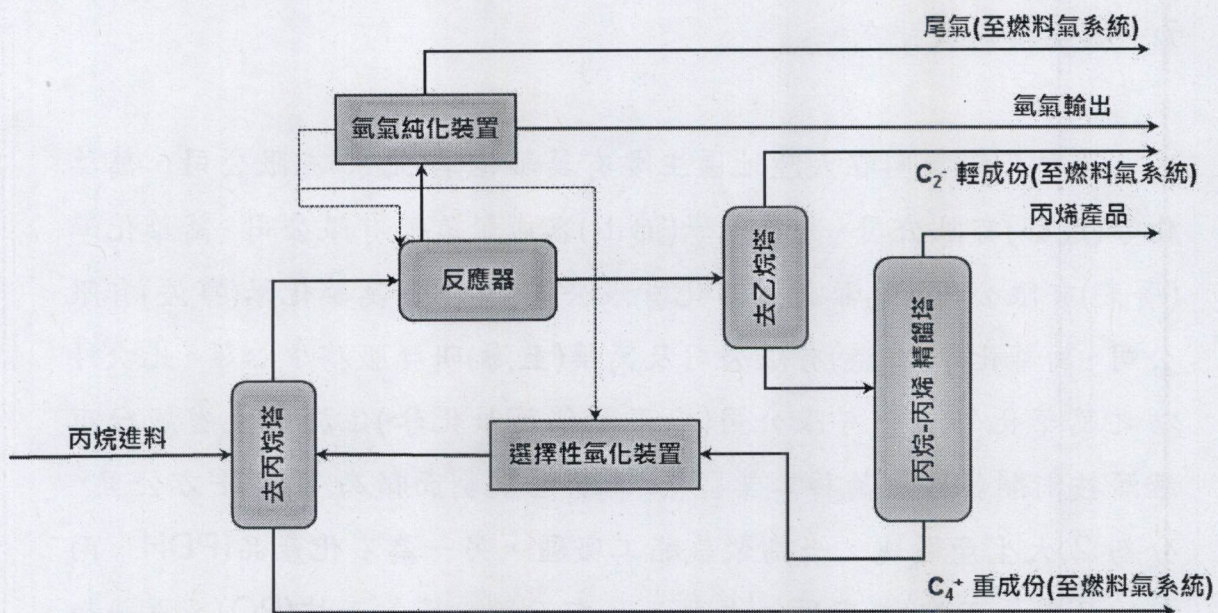
1. 碼頭及儲槽設備
2. 丙烯及氫氣銷售現況
3. PDH 工廠操作經驗分享
4. 氫氣管理
5. 建廠時程及工廠面積大小
6. 建廠投資額
7. 觸媒損耗及補充

萬華化學集團在大陸地區主要有萬華化學(北京)有限公司、萬華化學(成都)有限公司、萬華化學(佛山)容威聚氨酯有限公司、萬華化學(廣東)有限公司、萬華化學石化有限公司(煙台)、萬華化學(寧波)有限公司、萬華化學(香港)有限公司及萬華(上海)研發服務中心等。此次拜訪之萬華化學石化有限公司(以下簡稱萬華化學)位於山東省煙台市經濟技術開發區之萬華工業區中，工業區規劃面積為 10.6 平方公里，分為 2 大生產區塊，一為聚氨酯工廠區，另一為石化產品(PDH、丙烯酸及環氧丙烷)工廠區，主要產品有丙烯、環氧丙烷(PO)、甲基叔丁基醚(MTBE)、正丁醇(n-BA)、新戊二醇(neo-Pentyl Glycol)、丙烯

酸及其酯類(AA/AE)，以及高吸水性樹脂(SAP)等，為一國有企業。除了生產工廠外，萬華化學集團中亦有國家聚氨酯工程技術研究中心、國家認定企業技術中心、博士後科研工作站、2個院士工作站、3個國家認證分析實驗室以及5個省級工程研究中心與省級重點實驗室等研究開發單位。

萬華工業區由於其特殊的地質結構，其地下岩層提供了良好的儲存環境，因此萬華化學的丙烷、液化氣(LPG)及丁烷原料皆儲存於地下洞庫中，洞庫位於地下100米深，寬20米，高8米，總容量為1,000,000立方米(m³)，分為三個洞穴，其中丙烷佔500,000立方米(m³) (主要由美國進口)，液化氣(LPG)佔250,000立方米(m³)，丁烷佔250,000立方米(m³)。所需之丙烷原料由碼頭卸料後直接打入洞庫中，再由洞庫直接泵送至PDH工廠使用，沒有使用緩衝槽(洞庫出來的丙烷溫度為18°C)。而丙烯產品儲槽共有12座，每座3,000公秉。萬華化學本身沒有碼頭設施，採租用方式與其它廠家共用，距離PDH工廠大約3公里。

萬華化學之PDH工廠佔地面積約4.5公頃，年產能為75萬噸，採用的是UOP Oleflex製程，其製程簡圖如下所示：



所生產之丙烯，主要供集團中之環氧丙烷(PO)及丙烯酸(AA)工廠做為原料，若有多餘的丙烯才考慮外賣；而 PDH 工廠聯產的氫氣，則提供集團中的苯胺工廠使用，當苯胺工廠大修時，此股氫氣才作為燃料氣使用，提供熱源給 PDH 工廠中之廢熱鍋爐。

目前萬華化學的 PDH 工廠開工率約為 60%，開工率不高的主要原因為於機械設備本身的問題，而非一般在意的觸媒結焦問題，若設備問題可以解決，則開工率則可提高至 100%。對於觸媒結焦問題，UOP 公司表示，反應器觸媒結焦一般會發生於觸媒表面及反應器中裝載觸媒的網子上，觸媒表面的結焦可靠再生塔來去除，但網子上的結焦則較難移除，需待大修時才能清除。且由於 Oleflex 製程是屬於流動床反應器，因此觸媒在再生過程中會有損失，需定期補充觸媒，週期大約是一周一次。

萬華化學表示，由於 UOP Oleflex 製程能耗低，且裝置佔地面積小，可連續運轉 3 年，因此選擇 UOP 製程，然而此製程之缺點是白金觸媒易因原料中之不純物，而造成中毒失去活性，因此對丙烷純度的要求較高，原料一定要經過預處理。而一般較有疑慮之氯氣，萬華化學 PDH 工廠之氯氣來源為集團中的氯鹼廠，採廠區內管線輸送方式直接泵送至 PDH 工廠使用，因此不需使用氯氣鋼瓶。

(四) 參訪山東神馳石化有限公司

此次參訪神馳石化公司接待人員為該公司張松光 副總經理、丁興起等二人。會議主要針對下列問題進行討論：

1. 碼頭及儲槽設備
2. 丙烯及氫氣銷售現況
3. PDH/BDH 工廠操作經驗分享
4. 觸媒及吸附劑廢棄物處理
5. 建廠時程及工廠面積大小

6. 建廠投資額

山東神馳石化公司位於山東省東營港經濟開發區，其母公司為山東神馳化工集團，集團中除神馳石化公司外，另有東營泰植化工有限公司、東營市黃河口置業有限公司等三個子公司，員工總數約 1,100 人，為一民營企業。神馳化工之 PDH/BDH 工廠，於 2014 年 7 月開始工藝包設計、2014 年 8 月開始建廠(同時做細部設計，約 6 個月)，2015 年 11 月投產，建廠時間約 14 個月，佔地面積約 2.2 公頃 (162m*135m)。

不同於前兩家參訪之 PDH 工廠，原料僅為丙烷，山東神馳石化的脫氫裝置可同時操作丙烷及丁烷兩種進料，藉由脫氫反應後同時生產丙烯及異丁烯，其中丙烯直接銷售至下游市場，異丁烯則做為集團中 MTBE 工廠的原料，年產能為 40 萬噸，其中丙烯為 16 萬噸，異丁烯為 24 萬噸。由於神馳化工本身沒有碼頭，因此碼頭及碼頭區之儲槽是採租賃的方式，而原料丙烷則由大陸境內採購，丁烷由美國進口。廠區中儲槽主要為高壓球槽，其中丙烷球槽容量為 15,000m³，丙烯為 15,000m³，而丁烷為 36,000m³，整個工廠 ISBL 及 OSBL 投資額約為 15 億元人民幣。

由於冷箱(cold box)設備問題，目前神馳他工 PDH/BDH 工廠開工率分別為 88%及 90%。在此製程中，丙烷/丁烷(C₃/C₄)反應器各有 2 個，總共 4 個反應器，其中一個進行脫氫反應，另一個進行觸媒還原再生程序，2 種進料採不混合方式分別進入反應器中，其中丙烷原料的純度需 97%，而丁烷的純度僅需 61%，脫氫反應結束後，丙烯/異丁烯產品將混合一同進入後續的分離程序，首先由去丁烷塔去除重成份，再由去丙烷塔分離出丙烯，最後由去乙烷塔將輕成份分離出來，後段設備較 PDH 製程多出一座去丁烷塔。

在轉化率方面，由於丙烷/丁烷分別進入不同反應器中脫氫，因此丙烯轉化率為 45%(溫度 580°C)，異丁烯為 54%(溫度 590°C)，未反應的丙烷將與新鮮進料再回到反應器中脫氫，而未反應的丁烷，先進

入 MTBE 裝置後，再與新鮮丁烷進料回到反應器中脫氫。整個循環，包含脫氫反應及反應床還原僅需 18 分鐘。若丙烷/丁烷混合進料，則脫氫反應溫度將設定在 585°C，在此溫度下，丙烯轉化率會稍微下降一些，但異丁烯轉化率不變。由於製程轉化率高，未反應之丙烷/丁烷中的雙烯(diene)成份(如丙二烯)，一般來說在 80~90 ppm，但此製程可容許的量為 200 ppm，因此不需要對未反應的丙烷/丁烷做任何處理即可再回到反應器中進行脫氫程序。

神馳化工之 PDH/BDH 工廠，所生產的氫氣全做為燃料使用，不輸出，工廠內的壓縮機皆以蒸汽渦輪機(steam turbine)帶動，沒有使用 gas turbine，而 PDH 工廠所需的蒸汽是以 ISBL 內自產的燃料氣做為熱源，不足部份則以外購方式取得。

由於神馳石化之 PDH/BDH 廠，2015 年底才開俾，目前沒有廢棄觸媒處理問題，但其表示，未來將交由原廠處理，並建議 CPC 可循同樣模式處理廢棄觸媒。

四、心得及建議

- (一) 過去十年來，大陸丙烯供需間一直存在缺口，長期需要靠進口丙烯來平衡其國內的需求，是全球最大的丙烯進口國，近年來積極投資 PDH 廠，使得丙烯來源有了明顯的變化，預估至 2019 年，大陸將有 14 套 PDH 或 PDH/BDH 混煉的工廠，加上煤化工所生產之丙烯，屆時丙烯將可完全自給自足，甚至出現供過於求的情況。
- (二) 此次參訪的三家工廠，僅山東神馳石化為民營公司，其餘為國營企業，因此也需面臨環評及招標的問題，惟當地政府相當支持丙烷脫氫投資項目，因此整個環評及建廠過程相當順利。
- (三) 根據參訪工廠表示，以 PDH 技術所生產之丙烯，其丙烷-丙烯間價差需在每噸 350 美元以上，才可能有獲利。
- (四) 根據考察結果，部份大陸 PDH 工廠操作並不順利，設備利用率

僅 6 成，主要為設備因素所造成，若本投資計畫確定成案，在基本設計時即應審慎評估，並在細部設計時選擇優良設備廠商，以減少開俾後因設備因素而造成需降煉量問題。

- (五) 本公司在建廠條件上，與天津渤化石化較為類似，該公司因電價昂貴且無蒸汽來源，因此選擇 gas turbine，但其設備在操作條件上過於嚴苛，造成 PDH 工廠常面臨跳俾問題，未來本公司在設計階段可將此納入考量，在安全範圍內放寬 gas turbine 操作條件以降低工廠跳俾風險。