出國報告（出國類別：開會）

參與 RefComm 2024 美國德州加爾維斯敦煉製研討會出國報告書

服務機關：台灣中油公司大林煉油廠
姓名職稱：黃至輝 專員
莊友豪 化學工程師
派赴國家/地區：美國/加爾維斯敦
出國期間：113 年 04 月 28 日至 113 年 05 月 06 日
報告日期：113 年 05 月 21 日

摘要

RefComm®(Refining Community)舉辦延遲焦炭(Delayed Coking)、重油媒裂(Fluid Catalytic Cracking)及硫磺(Sulfur Recovery)等製程訓練課程暨研討會已經有 23 年之久，每年吸引近 600 名煉廠人員及設備廠家前往美國德州加爾維斯敦參與，為期五天的議程包含兩天的訓練課程和三天的研討分享會，皆由該製程領域的專家分享其寶貴經驗，能了解到最新的一些煉製技術、製程工藝和設備改進方式和營運最佳化的知識。

本次大林煉油廠重油媒裂工場黃至輝及莊友豪兩位同仁與製程廠家 Technip Energies 賴思義(Siyi Lai)博士一同受邀進行簡報，分享重油媒裂工場煉製頁岩油的經驗，藉由這次與會經驗也能和其他煉廠人員和設備廠家交流吸收新知，提供工場未來操作改善及提升設備可靠度之參考。

目次

壹、目的.....4
貳、過程.....4
一、出國行程.....4
二、報告內容.....4
1. 拜訪製程廠家 Technip Energies 休士頓總公司.....4
2. 參加 RefComm2024 加爾維斯敦研討會.....7
2.1 本次上台簡報內容概要.....8
2.2 FCC 研討會內容概要.....9
2.3 周邊設備廠家攤位交流.....26
參、具體成效.....31
肆、心得及建議.....31

壹、目的

一、參加在美國德州加爾維斯敦舉行之 RefComm 2024煉製研討會，藉由參與其中三天的 FCC conference program 獲取 FCC 相關的新技術並上台簡報分享工場煉製頁岩油之經驗。

二、至美國德州休士頓拜訪大林廠 RFCC 原設計製程廠家 Technip Energies 總公司，討論近幾年工場操作瓶頸、大修檢查到的設備損壞及未來預計改善之相關議題討論。

貳、過程

一、出國行程

起訖日期	天數	到達地點	詳細工作內容
113/04/28	1	台灣/美國德州休士頓	桃園國際機場搭機啟程
113/04/29	1	美國德州休士頓	拜訪大林廠 RFCC 製程廠家 Technip Energies 總公司
113/04/30	1	美國德州休士頓/ 美國德州加爾維斯敦	拜訪大林廠 RFCC 製程廠家 Technip Energies 總公司 及前往德州加爾維斯敦
113/05/01	1	美國德州加爾維斯敦	參加 RefComm Galveston 2024 Conference DAY1
113/05/02	1	美國德州加爾維斯敦	參加 RefComm Galveston 2024 Conference DAY2
113/05/03	1	美國德州加爾維斯敦	參加 RefComm Galveston 2024 Conference DAY3
113/05/04 ~113/05/06	3	美國德州休士頓/台灣	返回美國德州休士頓 休士頓喬治·布希洲際機場返程

二、報告內容

1. 拜訪製程廠家 Technip Energies 休士頓總公司

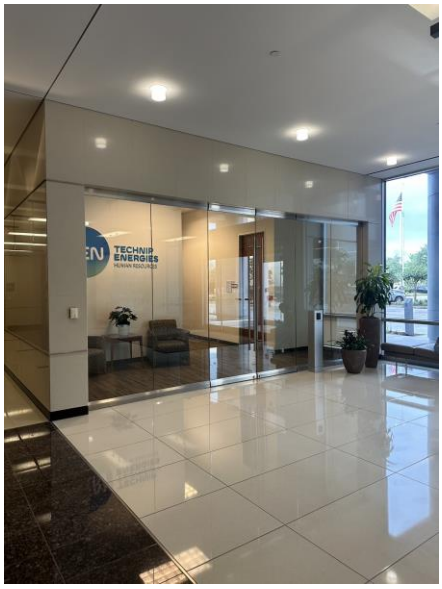
大林煉油廠重油媒裂工場於 2007 年經 SSW (Shaw Stone & Webster)完成工場基本設計(Basic Engineering Design Package)後，該公司於 2012 年被 Technip 公司收購後，又在 2017 年和 FMC Technologies合併為 Technip FMC，最後在 2019 年分拆其設計和建造部分為 Technip Energies。

從建場期間到現在，該公司的賴思義博士(Siyi Lai)及其團隊皆與本場有著良好合作及互動關係，賴博士本人更是在每兩年的歲修都會親赴現場協助專利設備反應器再生器系統(Reactor & Regenerator System)內部檢查，歷年來相關專利設備

之更新及改善也有賴於他的溝通和專業能力，皆能順利達成任務。

本次安排兩天至 Technip Energies 休士頓總公司進行拜訪，除了帶上伴手禮表達多年來雙方深厚合作關係感謝之意，另外也準備一些議題相互交流討論。

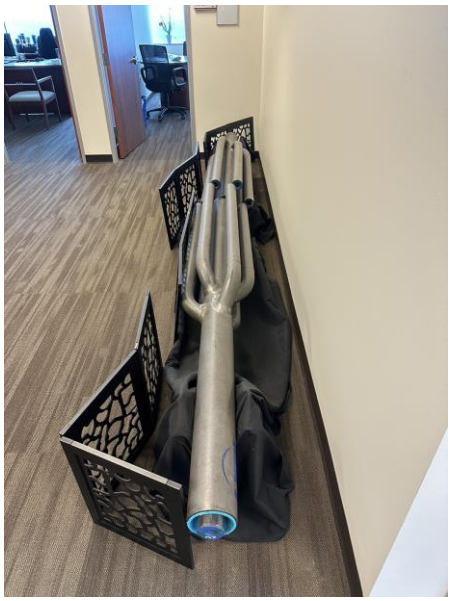
以下為參訪相關照片:



該總部位於美國休士頓 ENERGY TOWER II

抵達後與賴博士相見歡 (自左邊依序為莊友豪/黃至輝/賴博士)

大型 R2R 模型合影紀念　(左:黃至輝　右:莊友豪)



專利設備進料噴嘴展示照	專利設備觸媒冷卻器新型換熱管

與 Technip Energies Team 進行議題討論

左邊自上到下分別為:

Hayden Poppe, Senior principle mechanical engineer

Steve Shimoda, FCC Technology department manager

Hunter Hicks, FCC Project engineer

Melody Cacho, FCC Proprietary equipment manager

右邊則為 Siyi Lai 和黃至輝

2. 參加 RefComm2024 加爾維斯敦研討會

本次受邀至 RefComm 研討會進行簡報相關流程時間序如下:

2024/02/19: 接獲主辦方 CRU 通知簡報 Topic 審核通過

2024/03/06: 出國計劃陳核簽文至事業部執行長

2024/03/07: 提供報名表及照片等相關資料給主辦方

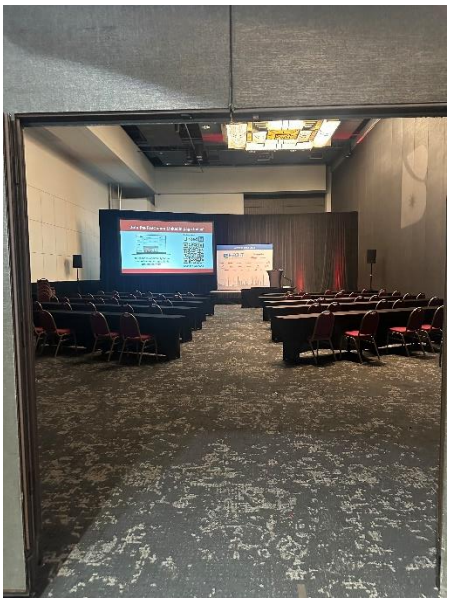
2024/03/15: 提供簡報初稿給主辦方

2024/03/20: 收到主辦方寄送之正式邀請函

2024/04/19: 提供簡報最終版給主辦方

2024/05/01~05/03:抵達加爾維斯敦 Moody Garden Hotel 會場，報到後參加研討會

以下為研討會相關照片及資訊:

	
會場報到處	簡報廳(CatCracking Hall)
三人簡報後於會場合照紀念	會場內設備廠商攤位

2.1 本次上台簡報內容概要

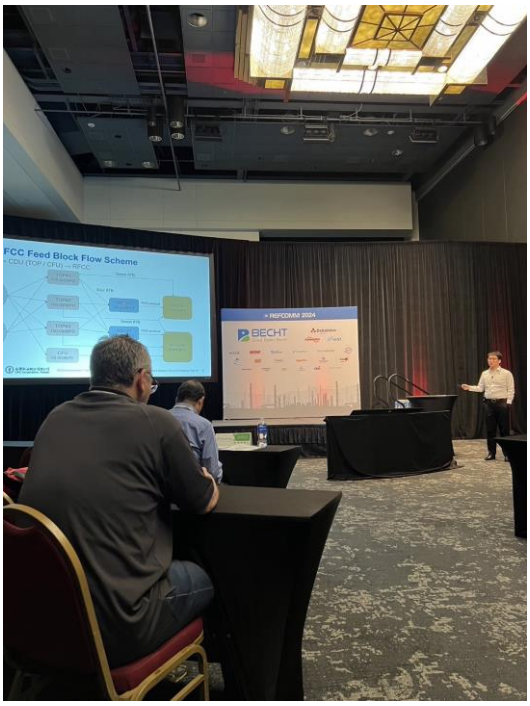
本次簡報題目為「Operational Feedback from a Residue FCC Unit Processing Tight Oil」，依據三位講者切成三個部分:

第一部分由賴思義博士負責，內容先簡介大林煉油廠重油媒裂工場的設計基礎、三個 CASE 進料組成及 Technip Energies 在 R2R™系統專利特色:兩座再生器、進料噴嘴(FIT)、升舉管分離系統(RSS)、汽提結構床及觸媒冷卻器等設計理念，再接續介紹到在美國各產區逐年上升的頁岩油產量及其特色，並比較頁岩油和傳統高硫原油和輕甜原油之價格和性質。

第二部分由黃至輝工程師負責，內容接續賴博士之頁岩油簡介後先是講述大林廠挑選頁岩油作為部分進料的一些優點(產量充足、讓煉廠更有彈性的控管油料、相對便宜的價格及能提升工場轉化率)，然後比較了重油媒裂工場在摻煉頁岩油前後的進料性質變化及對應到 R2R 操作變化(媒床溫度、裂解溫度及蒸汽產量等)，進而統整工場整體產品產率變化(汽油、丙烯、泥漿油及焦炭產率等)，然後也將頁岩油高含鐵量之特性可能對裂解觸媒帶來的一些負面影響，用實際工場觸媒添加量之變化來說明。

最後一部分由莊友豪工程師負責，內容主要是說明頁岩油帶來的優缺點所影響工場和下游工場之操作變化和相關應變調整方式，首先低含碳量對熱平衡之影響造成觸媒冷卻器蒸汽產量減少、較低的汽提及霧化蒸汽使用量和特殊情況下使用火炬油補足熱量，而高轉化率造成輕質油料過多則會影響 WGC 轉速上升和吸收油循環量提高，相關探討後也把產率和操作變化影響的整體效益作出說明及最後的總結。

以下為上台簡報相關照片:

	
進行簡報中	Q&A 環節

2.2 FCC 研討會內容概要

為期三天的 RefComm2024 研討會，FCC 相關的演講約有十來場，我們挑選出較和重油媒裂工場實務應用上較相關的 4 場進行內容概要探討。

2.2.1 MITIGATING FAILURES OF ABRASION RESISTANT REFRACTORY LININGS Presented by Jerome Garot SILICON

在石油煉製工業中，FCC 扮演著至關重要的角色，將重質原油轉化為高價值的產品，如汽油、柴油和液化石油氣(LPG)，然而由於 FCC 製程中高溫、高壓和腐蝕性氣體的存在，製程設備容易受到侵蝕和磨損，這對生產效率和安全性構成了挑戰。為了應對這些問題，FCC 耐火泥成為了保護和延長製程設備壽命的重要材料，FCC 耐火泥是一種特殊配方的耐火材料，具有抗高溫、抗腐蝕和耐磨損的特性，它被應用於 FCC 製程中的各種設備，如反應器、再生器、煙道氣管線和 CO 爐，其主要功能是抵禦高溫下的化學侵蝕和機械磨損，同時保持設備的完整性和性能。

耐火襯裡的損壞是操作中最關鍵的痛點之一，尤其是在 FCC 容器中，這些故障導致製程中斷、提前維修和提早更換關鍵製程設備，進而導致操作成本的顯著增加，同時也影響了產品的產量，SILICON 的 Jerome Garot 在簡報中解釋了耐磨耐火襯裡中一個關鍵的設計缺陷，即耐火襯裡的旁路(bypass)現象，耐火材料層中的間隙和裂縫讓製程氣體和流體化觸媒進入設備的器壁，可能導致 coke jacking(圖 1)、refractory biscuiting(圖 2)、accelerated corrosion 和 complete lining separation，而 SILICON 是一家金屬製造公司，設計和製造各種專業耐鉤丁(anchors)，用於石化、水泥、焚化、鋼鐵、能源等行業。

圖1 coke jacking 導致鉤丁與外殼分離，同時外殼本身破裂，甚至器壁鋼材滲碳(Carburized)

	(背面)	(正面)

圖2 Biscuiting 和六角金屬剝落

耐火襯裡的 bypass 是耐火襯裡損壞的主要原因，這問題主要源於傳統閉孔(closed cell)和非閉孔(non-closed cell)鉤丁系統的設計缺陷，在 closed cell 鉤丁系統中，由互相連接的六角金屬組成，金屬之間的縫隙自由延伸從襯裡表面到容器壁，這從根本上創造了有利於襯裡 bypass 的條件，如下圖 3 所示，而 non-closed cell 鉤丁系統中，不會形成一系列單獨的耐火材料單元，耐火材料是一個連續的系統，金屬鉤丁嵌入其中，bypass 透過耐火材料和金屬之間的界面形成物理間隙，如下圖 4 所示，在高溫下耐火材料收縮而金屬則膨脹，兩者的速率各不相同，這在重復的熱循環中會進一步惡化，bypass 也透過耐火材料之間的縫隙，如下圖 5 所示。

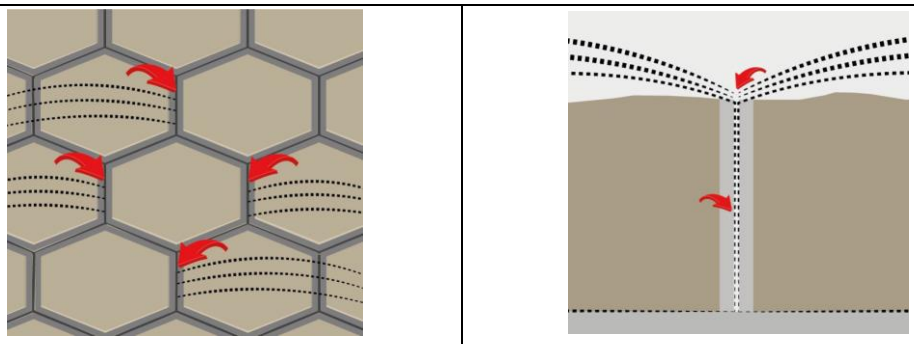


圖3 六角金屬之間的間隙

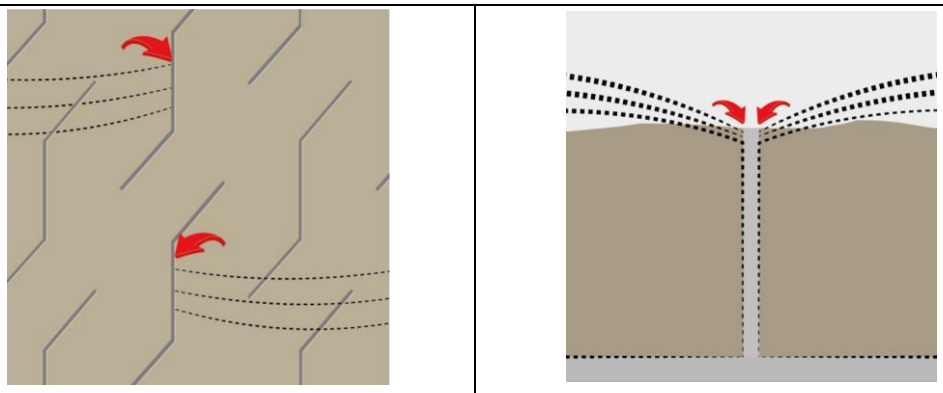


圖4 耐火材料和金屬鉤丁之間的間隙

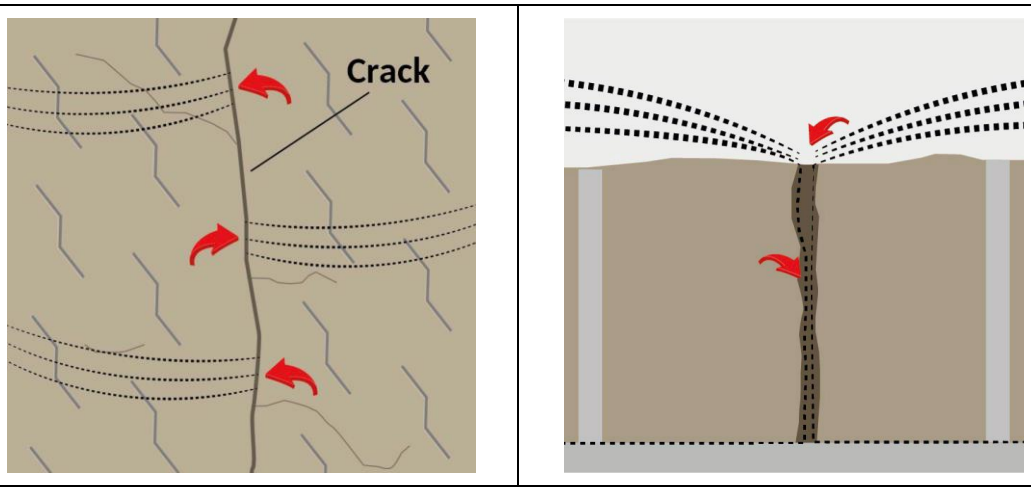


圖 5 耐火材料之間的縫隙

簡報最後提出了一種替代的半封閉(semi-closed)鉤丁系統，融合了傳統 closed cell 和 non-closed cell 系統的優點，並減輕了其缺點，通過滲透測試證明，semi-closed 鉤丁系統可以有效地減輕旁路，如下圖 6 所示，保護耐火材料，從而提高石化處理設備的效率、安全性和長期可持續性，另外，拉力試驗結果顯示 semi-closed 鉤丁系統在保留耐火材料方面與 closed cell 系統有顯著差異，如下圖 7 所示，semi-closed 鉤丁系統提供了強大的支撐和抵抗可能導致耐火材料與鉤丁分離的力。

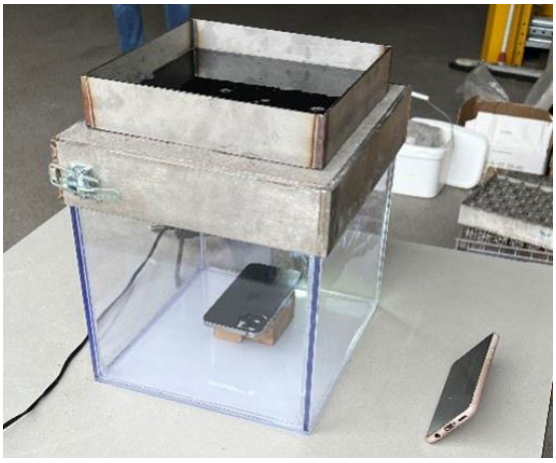
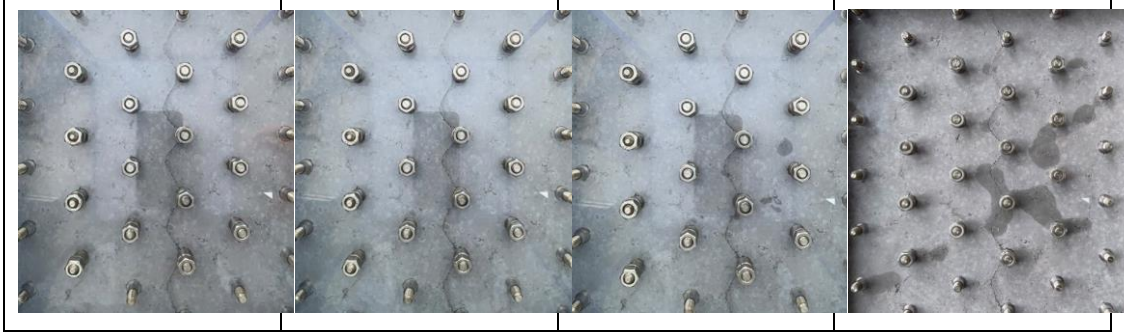


圖 6 滲透測試，黑色液體放置在襯裡頂部，iPhone 放在下面的容器中，用來拍攝整個過程

Semi-Closed



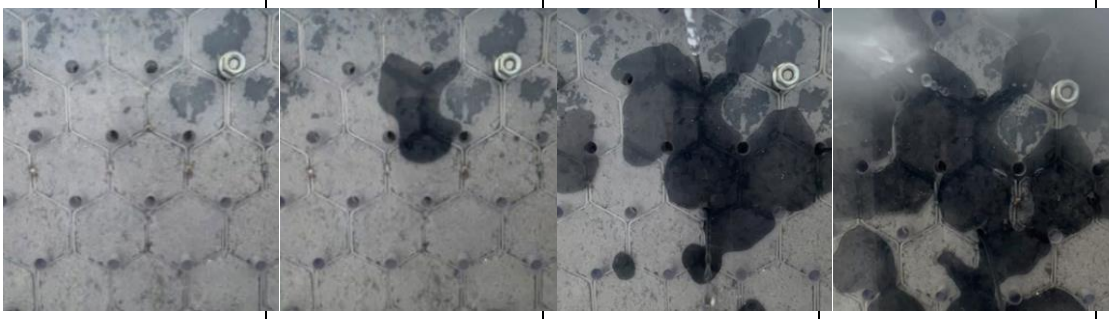
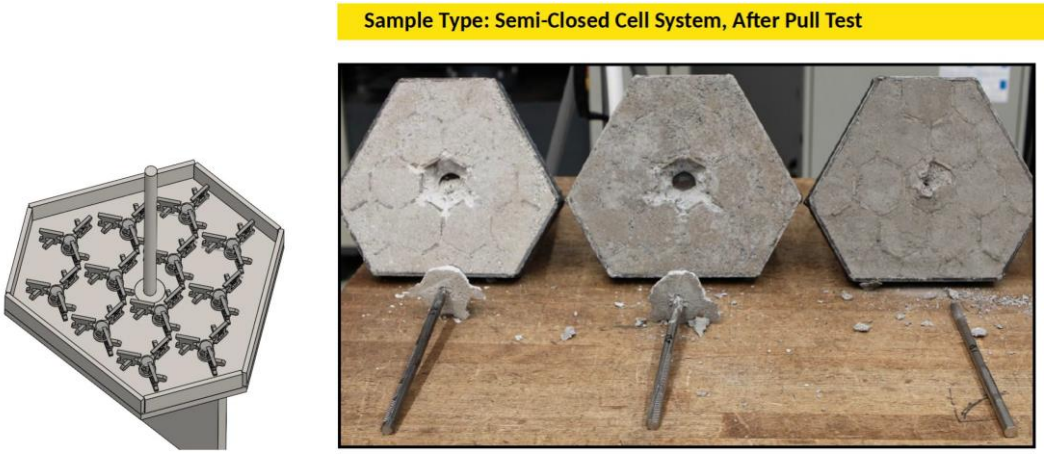
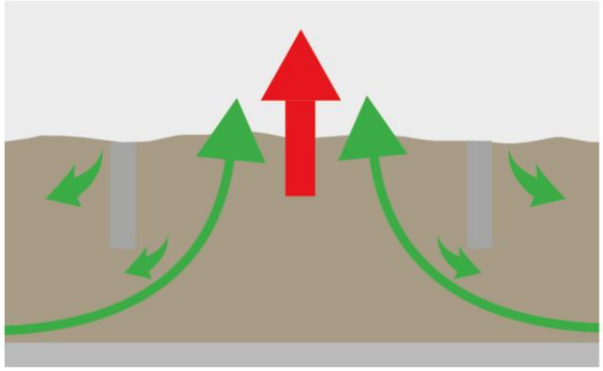
測試前	90 秒後	3 分鐘後	10 分鐘後
Closed Cell			
			
測試前	10 秒後	20 秒後	90 秒後

圖 7 拉力試驗，semi-closed 鉤丁系統：42.9 kN，closed cell 鉤丁系統：7.6 kN

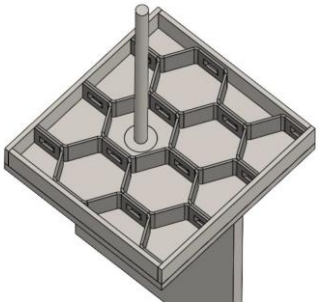


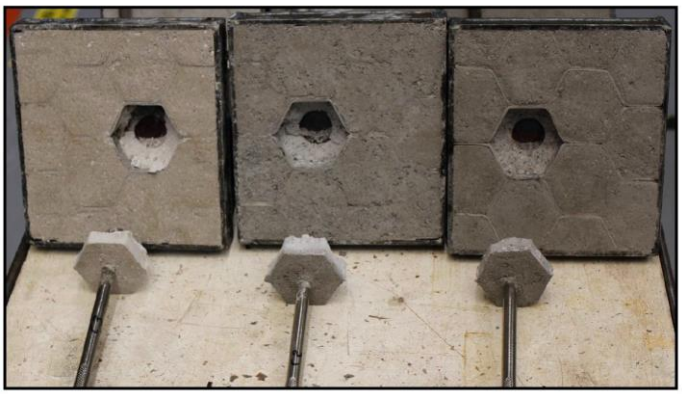


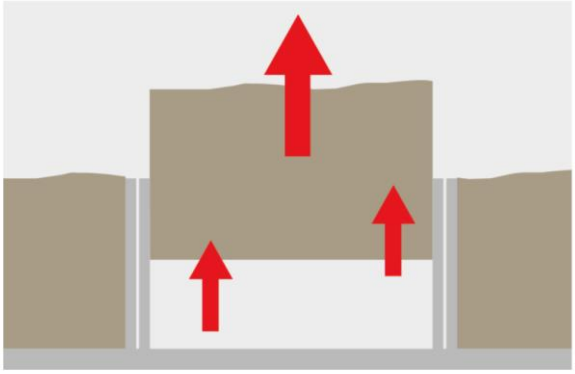
Representation of exerted forces during pull test in semi-closed cell system.

(monolithic)

Sample Type: Closed Cell System, After Pull Test







Representation of exerted forces during pull test in closed cell system.

(multi-lithic)

2.2.2 Enabling Safe FCCU Operational Changes Through Ionic Modeling

Presented by Ezequiel Vicent OLI SYSTEM

重油媒裂工場(FCCU, Fluid Catalytic Cracking Unit)能將重質油料轉化成輕質且更有價值的產品，故其在煉廠扮演著相當重要的角色，為了增加煉廠蒸餾塔底油(AR,Atmospheric Residue)的去化能力，使用 AR 直接當作 FCCU 進料變得越來越常見，但其高鹽(NaCl)及高金屬含量不僅對裂解觸媒造成影響，也會增加 FCCU 主分餾塔塔頂的腐蝕危害。

FCCU 主分餾塔(MF, Main Fractionator)的結垢和腐蝕通常來自於氯化銨(NH_4Cl, Ammonium Chlorine)及亞硫酸氫銨(NH_4HS, Ammonium Bisulfide)兩種化合物，這些鹽類只溶於水不溶油的特性導致會沉積在主分餾塔內部、頂部、回流系統及冷凝系統，主要會造成兩大影響:

1. 造成主分餾塔壓差(dP)提高

➔ 塔壓差變高後為了維持住 LCO 產品流率，會需要提高塔底溫度，進而會導致塔底結垢速率提高。

➔ 導致塔頂冷凝器(空冷器)管束堵塞進而影響換熱效率，可能會造成煉量無法提升。

2. TPA(Top Pump-around)塔頂迴流系統結垢

➔ 熱交換(熱整合)效率變差

➔ 較難維持 TPA 取出層液位，降低整體循環量

➔ 可能影響汽油終沸點

➔ OVHD(Overhead)頂部出口冷凝系統可能無法補足冷卻量，嚴重會需要降煉量

減緩或降低影響的策略大致如下:

1. 控制原油品質:監測進料 Na 含量、降低 AR 比例
2. 改善 CDU(Crude Distillation Unit)脫鹽槽操作
3. 增加主塔頂部溫度
4. 添加腐蝕抑制劑於 OVHD
5. 優化 OVHD 水洗頻率及流量
6. 添加鹽類分散劑

以上策略都有機會可以減緩或是解決主塔頂部腐蝕及結垢問題，OLI 公司提出 Ionic modeling 離子分析模擬方式來作為瞭解為何會發生腐蝕及結垢的工具，再進一步提出相對應的改善策略。

離子分析模擬提供一個預先分析來了解工場內哪邊可能發生腐蝕或為何發生腐蝕，其熱力學分析也可以用在結垢裕度評估、潛在腐蝕迴路和操作溫度及壓力變化造成的瞬間冷凝衝擊。

離子化學也可以提供複雜組成之酸水和油料分析，可以辨識工場操作安全範圍和設備材質選用是否有誤。 (相關範例如圖 1)

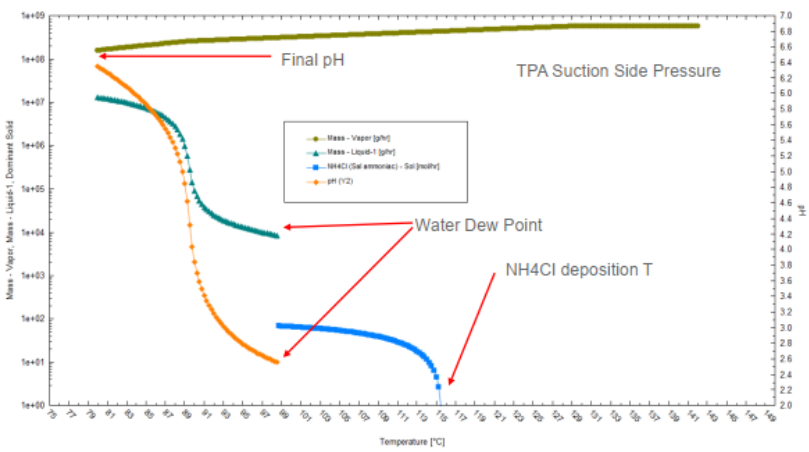


圖 1 Ionic Model 後相關流體/化合物資訊

接著講者分享了一個案例是有關某一煉廠想要提高其 FCCU 的煉量進而汽油產量，為了達成此目的主要的操作調整會先降低 LCO 及 HCO 的取出量，進而有以下幾點影響:

1. 主塔頂部溫度降低 15~20 度
2. 部份冷凝酸水可能會堆積在主塔頂部的塔盤(upper trays)
3. 鹽類將會沉積在主塔頂部及 TPA 系統(見圖二)

基於這些變化，該廠希望透過建立主塔頂部系統的離子分析模型(透過 OLI 公司的軟體)來找出安全的工場操作範圍及了解可能會受到的腐蝕風險及後續影響。

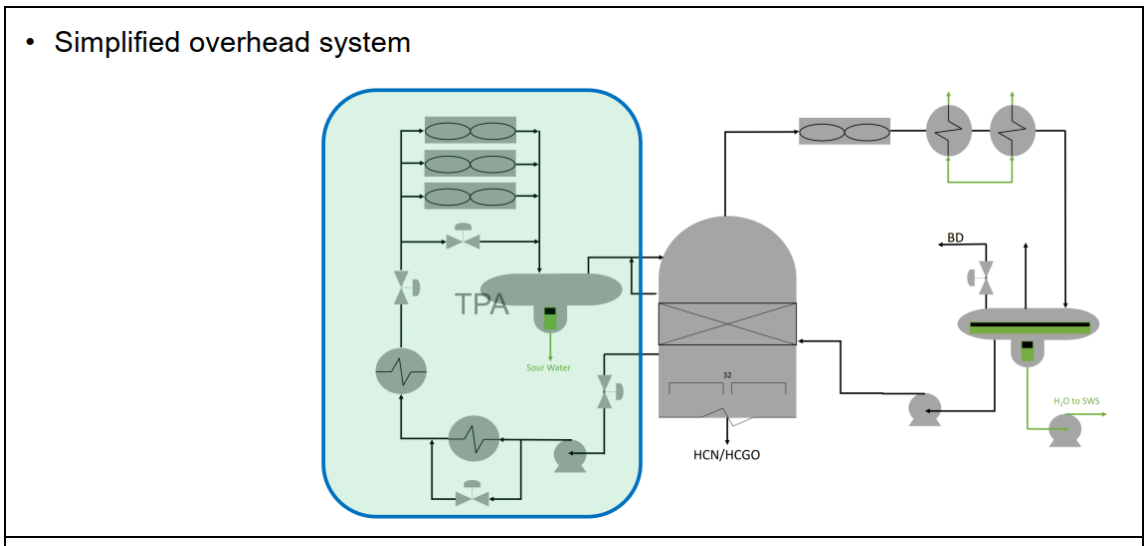


圖 2 該煉廠 FCCU OVHD SYSTEM

OLI 進行更多的一些背景資料分析:

*TPA 製程環路操作資訊: 取出溫度 170 度/泵浦出口壓力 11barg/

TPA 取樣水含量:500ppm，組成分析為氯離子:600ppm/NH_3:850ppm

*調整後的塔頂溫度會<120 度、壓力為 1.9bar-g，極可能會有冷凝水在塔槽頂部

*從水樣分析可以得知高氯含量

*依現況酸水冷凝下來的區塊 NH3 可能會沒辦法中和掉

*Shock Condensation(操作衝擊下的冷凝水)會形成非常低 PH 值(<2.6)的水相

*過剩的 HCl 會再和 NH_3 形成 NH_4Cl 氯化銨的沉積

<u>首先針對 NH4Cl 氯化銨沉積機制進行分析:</u>

- ➔ NH_4Cl 於油料內的生成會受 HCl、NH_3 和水相可容物等因子影響，而非氣相分壓。
- ➔ NH_4Cl 會隨著總壓增加而開始沉積(見圖 3)

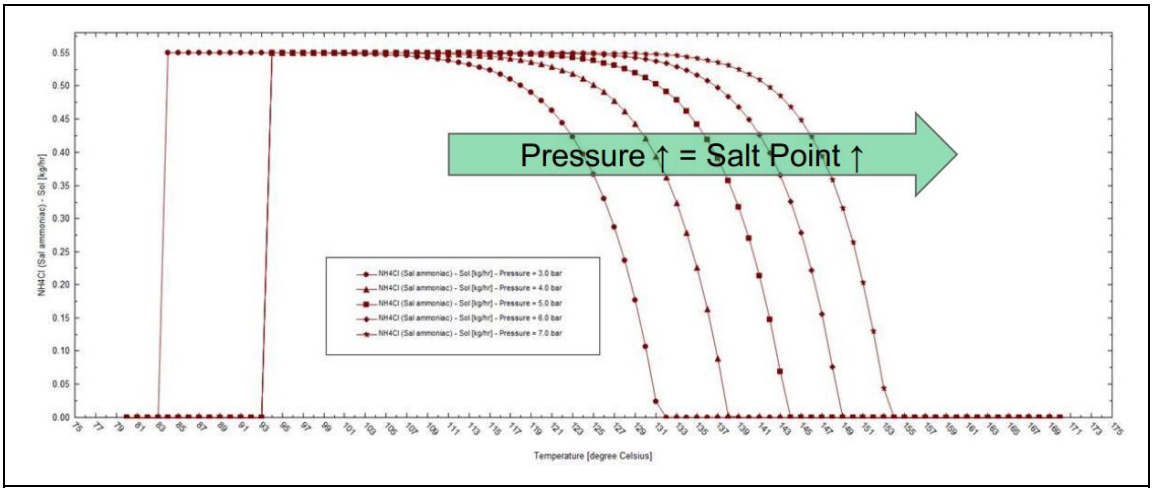


圖 3 NH_4Cl 析出濃度對應溫度壓力分析圖

依據 TPA 製程環路操作資訊作出相關分析圖表

水量和 NH_4Cl 生成溫度對照圖 (圖 4)

水樣 PH 值變化對照腐蝕速率與溫度對照圖(圖 5)

潛在腐蝕/鈍化風險和最大點蝕電流密度與溫度對照圖(圖 6)

定溫定壓下 HCl 和 NH_3 濃度與 NH_4Cl 生成對照表(圖 7)

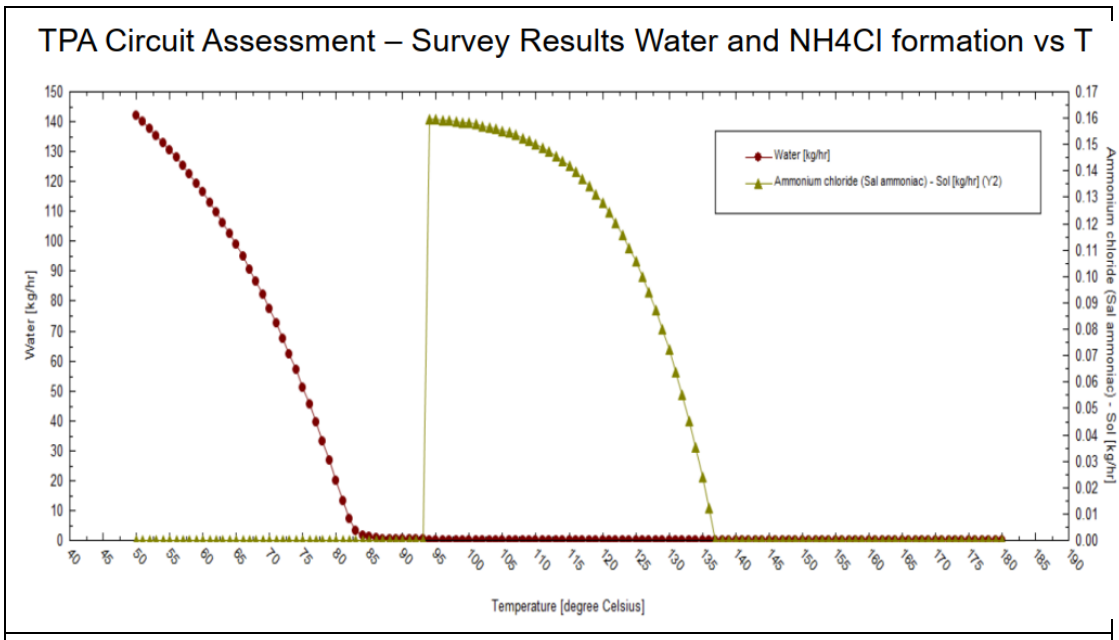


圖 4

- TPA Circuit Assessment – Survey Results Water pH and Water Corrosivity vs T

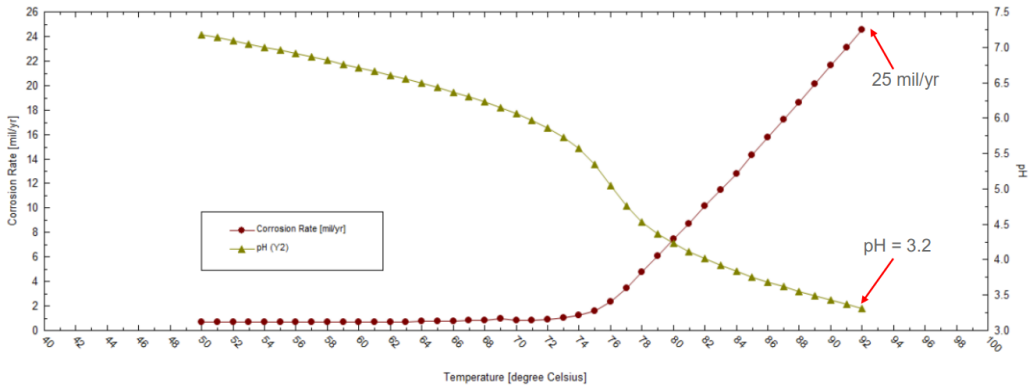


圖 5

- TPA Circuit Assessment – Survey Results Corrosion/Repassivation Potential and MPCD Vs T – Potentia for Pitting Corrosion Identified

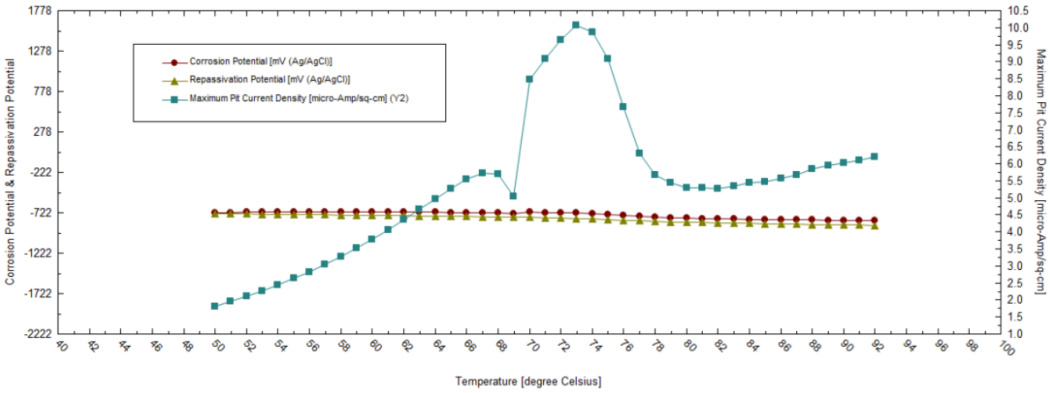


圖 6

- TPA Operational Envelope: Effect of varying HCl and NH3 at constant T and P on NH4Cl Formation

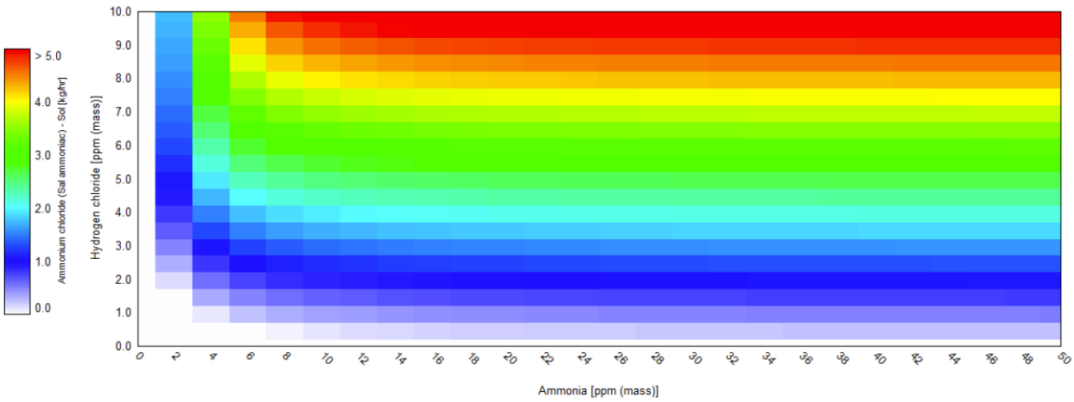


圖 7

經以上分析後，OLI 對該廠改變操作後 TPA 腐蝕預防/轉移方式建議如下:

- ➔ 需要新增水洗在 TPA 系統來稀釋高濃度的水流避免化合物沉積於高風險區塊。
- ➔ 經過水洗後水樣至少需要達到 25%的水溶液濃度，可以用 Ionic Model 來優化注水量
- ➔ 確保注水後的分散品質

➔ 避免泵浦抽空

➔ 經過稀釋後的水樣 PH 值須達到 6 或更高

經下圖 8 分析後建議水洗須用 80 度的鍋爐水以 5ton/hr 注入 TPA(170 度,11barg 的系統)

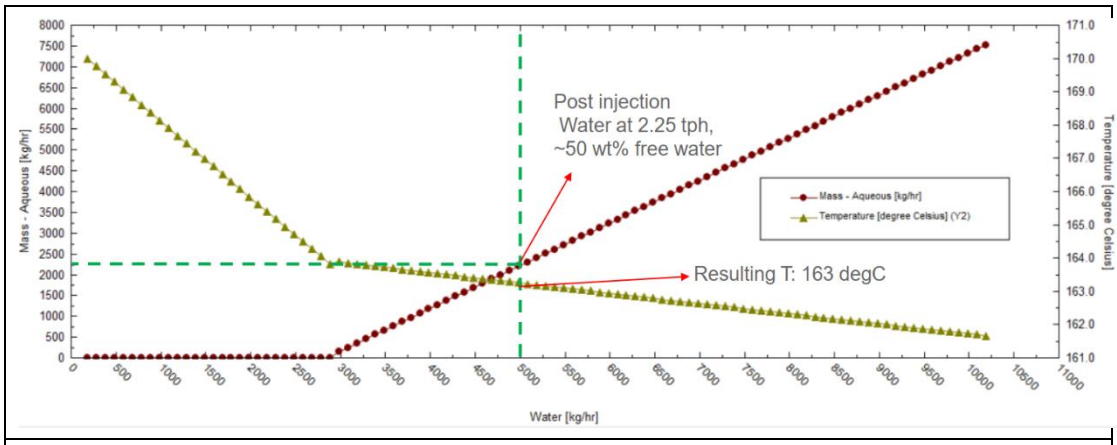


圖 8

結論:

➔ 這個案例分享主要是著重在當操作改變後離子模型分析的重要性

➔ 透過模型分析可以辨識出工場操作安全範圍來協助工場操作調整

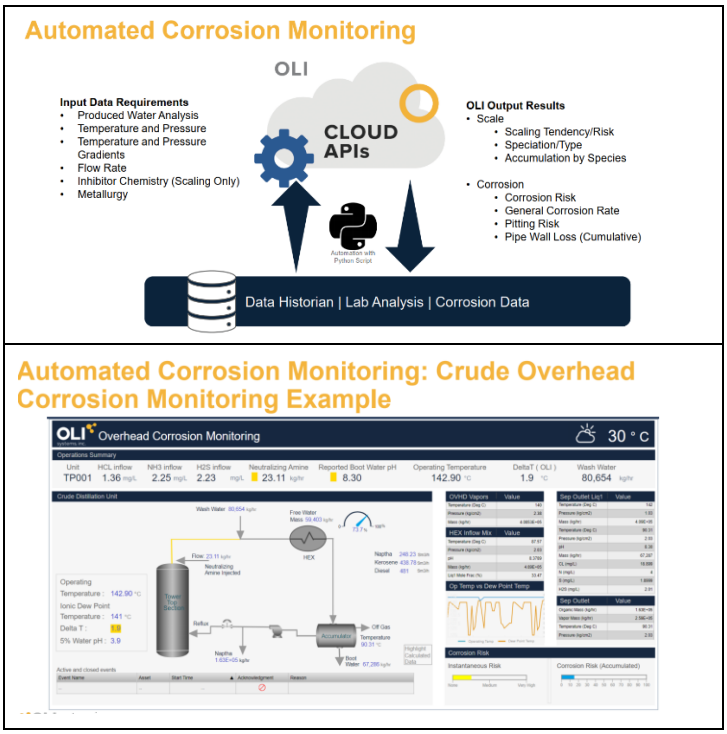
➔ 改變主塔頂部溫度導致額外的 HCl/NH_3 及 NH_4Cl 沉積在 TPA 迴路

➔ 透過增加注水在 TPA 迴路能有效的溶解鹽類及稀釋高濃度水相

➔ 更多的主塔頂部操作邊界(極限)需要透過一次次分析出安全範圍然後整合成工場操作指引(IOW, Integrity Operating Window)

➔ 不間斷的監控製程變化及了解操作現況是影響系統可靠度最重要的事情

最後講者也分享了 OLI 提供的軟體自動化監測分析工場腐蝕狀態(如下兩圖)



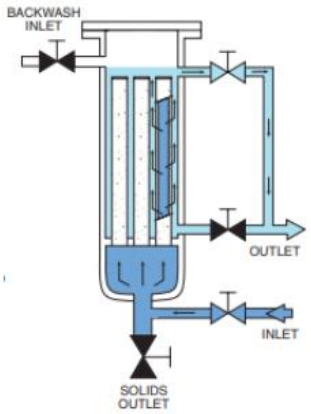
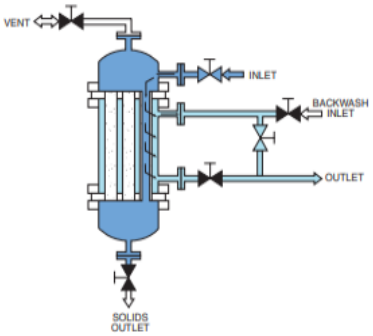
2.2.3 Advanced Liquid Process Filtration Using Porous Metal in FCC Slurry Oil Applications　　Presented by Michael Owsiany　　Mott Corporation

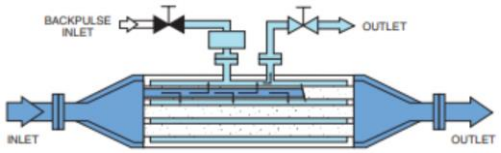
重油媒裂工場(FCCU, Fluid Catalytic Cracking Unit)因製程需透過高溫觸媒與油料反應進行裂解產生相關產品，裂解油氣與觸媒於反應器內透過旋風分離器進行分離，但仍有微量觸媒粉會隨油氣挾帶至主分餾塔於底部與油料形成塔底泥漿油產品(Slurry oil product)，後續因產品規範需要將泥漿油內顆粒含量降低至0.001wt%，故塔底油過濾系統(Slurry Filter)及其濾材和過濾方式也為設備廠商各擅勝場之處。

本場講者將內容分為四個部分，依序為濾芯製造及技術特點、製程技術驗證、FCC Slurry Oil 相關應用及相關實績介紹等。

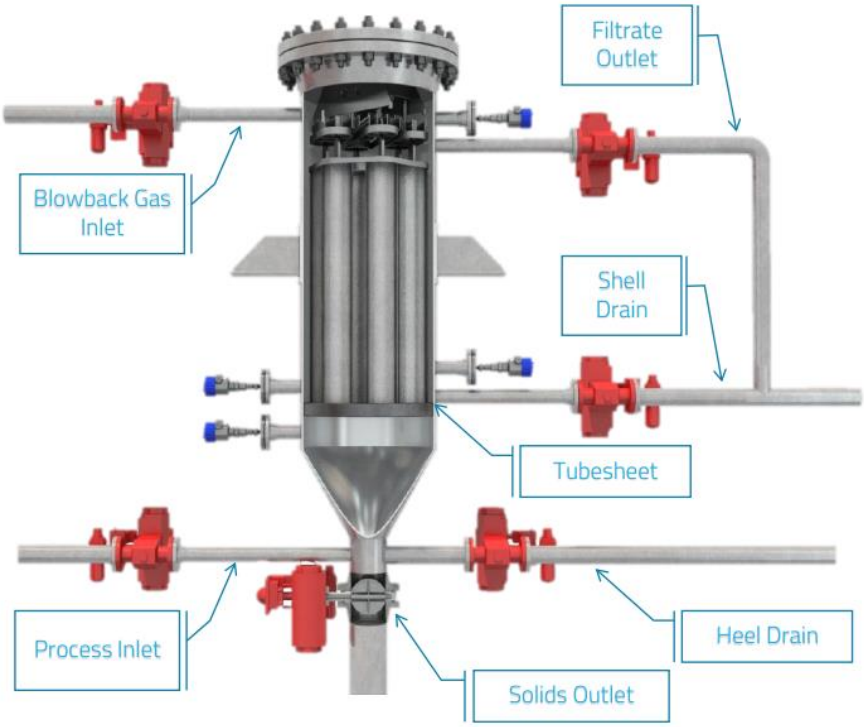
1. <u>濾芯製造及技術特點</u>

- 多孔濾芯製造流程大概如下: 從金屬不規則細粉->壓縮->燒結和架構->均勻成形(孔洞尺寸及分佈)->泡點測試->過濾介質能達到 0.1micron
- 濾材能夠應用的金屬材質:不鏽鋼/哈氏合金 Hastelloy®/Inconel®/Monel®/鈦合金/其他合金
- 多孔濾芯之優勢:
  - ➔ 能操作在極端溫度 800˚F~1700˚F
  - ➔ 操作壓力在部份真空狀態到 1000psi
  - ➔ 耐腐蝕耐沖蝕性
  - ➔ 可以清洗在重新使用，大部份應用皆可超過 10 年壽命
- 多孔濾芯應用在各種不同製程情境

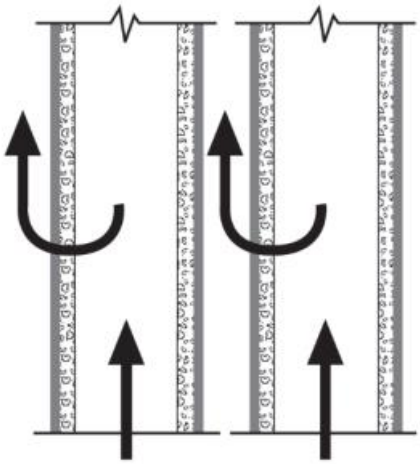
	Barrier Filtration 單一側流通之過濾系統 最常見的濾芯型式
	Multi-mode Filtration 兩側開放流通系統 也可當作 Barrier Filter 用/和沉降槽 可用於重複循環系統作為 Concentrator

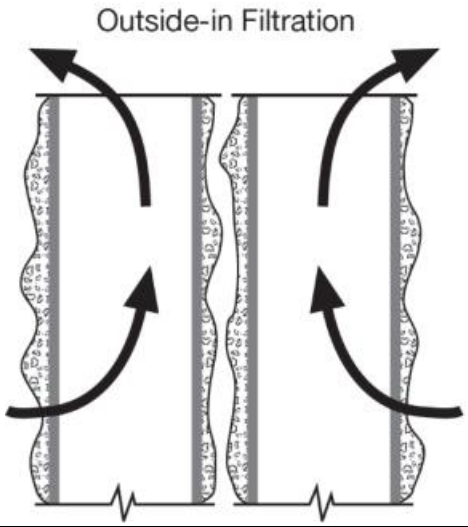
	High Velocity Crossflow Filtration 兩側開放流通系統,小直徑濾芯用 高流速及紊流 可用於重複循環系統作為 Concentrator

下圖為一多孔濾芯過濾器製程圖



多孔濾芯過濾過濾流向可分成 Inside-out Filtration(由濾芯內到外)和 Outside-in Filtration(由殼測進入濾芯內)兩種方式，其優劣如下說明:

Inside-out Filtration 	● 較先進的設計方式及有逆洗功能 ● 均勻的 Cake(粉層)沉積/較不容易產生粉層架橋現象 ● 粉層洗滌/交替的逆洗流體 ● 高的過濾面積 ● 較好的濾芯強度

	● 較傳統的設計方式 ● 安裝較為容易 ● 濾芯擺放密度較高 ● 較簡單的粉層清理 ● 比較理想是用在保護性的過濾(保護下游過濾設備)

*設計上仍要以需求及特殊規範來安排要用哪種方式或組合來設置

2. <u>製程技術驗證</u>

Mott 公司提供過濾系統的可行性評估方式，利用實驗裝置來進行以下測試分析:

- ➔ 應用的可行性
- ➔ 粒徑分析 PSD(Particle Size Distribution)
- ➔ 顆粒形狀及化學組成
- ➔ 選擇適當的過濾孔徑(Appropriate Micron Level)
- ➔ 最適化的操作流量
- ➔ 需要的過濾面積
- ➔ 逆洗油的效果評估

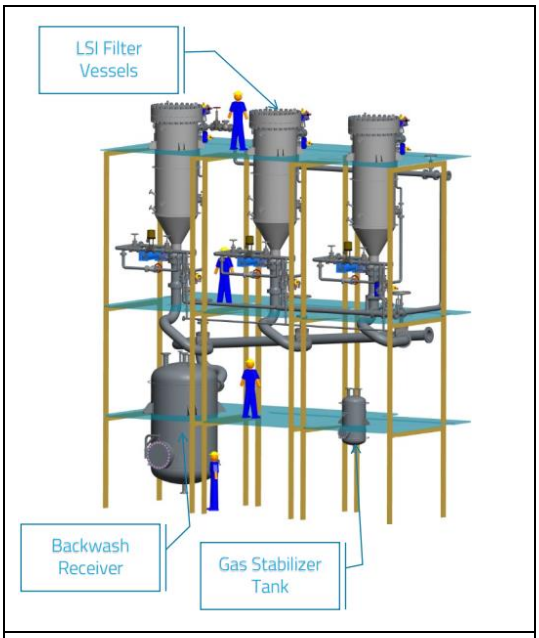
也提供 Pilot-Testing(實驗工場測試)來保證濾芯性能

	實驗工場測試優點如下: ● 可以精確量化出實際工場所需要的濾芯數量 ● 測試直接引入製程實際操作流體 ● 測試可由濾芯公司專家協助雇主 ● 系統可手動或自動的控制來達成 ● 提供可靠的數據及量化尺寸的設計

3. <u>FCC Slurry Oil 相關應用</u>

典型的 FCC Slurry 過濾器大致有四個部分:

- ➔ LSI (Liquid/Solid Ingress)過濾槽:可設計成 100%或 50%操作負荷量(ex:達成流體過濾循環 4 小時)、包含一座備用過濾槽和典型逆洗油顆粒濃度約 10~15%。
- ➔ Backwash Receiver 逆洗油接收槽:接收來自逆洗過濾槽殼側之逆洗油料。
- ➔ Gas Stabilizer Tank 氣體穩定槽:提供加壓燃氣/氮氣等用來排出逆洗油。
- ➔ Backwash Accumulator 逆洗油緩衝槽(選擇性):當需要連續式的逆洗油循環需求，緩衝槽可以提供較好的儲存緩衝效果。



典型的過濾器系統現場配置圖

FCC Slurry 過濾器性能保證如下:

- ➔ <20~100ppm 的粒狀物於過濾後油品
- ➔ >98%以上粒狀物移除率
- ➔ 改善過濾線上週期

4. <u>相關實績介紹</u>

煉廠 Slurry Oil 量:5000BPSD 使用多層細網濾芯 有高壓差、低的線上過濾週期 下線後常有結垢物 處理方式:提供實驗裝置分析 改善結果:提高操作量、減低壓差 更長的線上過濾時間	

2.2.4 Lessons Learned from FCC Incidents: Common Threads and Good Practices

Presented by Richard Grove(Chevron) and Alex Maller(Phillips 66)

雖然沒有兩個 FCC 工場是完全相同的，但所有工場之間都有共同點，這些共同點包含:碳氫化合物持續進入反應器，空氣持續引入再生器、透過在滑閥上下游保持正壓差來隔離反應器與再生器、流體化觸媒在反應器和再生器之間連續移動、離開反應器的碳氫化合物高於其自燃溫度溫度，再生器進行受控燃燒反應、如果跳俥，必須將反應器維持為分餾塔中碳氫化合物與再生器中空氣之間的高壓惰性邊界、滑閥不是氣密等。

Chevron 的 Richard Grove 在簡報中指出 FCC 在開俥和停俥是一個值得高度關注的時期，此時發生事故的風險最高，當觸媒不循環時，保持升舉管(riser)和反應器中足夠的蒸汽至關重要，以反應器作為高壓屏障，隔離再生器中的空氣與主分餾塔中的碳氫化合物。並且講述了過去 FCC 的事故案例，包括 2018 年 4 月 26 日 Husky Superior 煉油廠的 FCC 爆炸及柏油(Asphalt)火災(圖 1)以及 2015 年 2 月 18 日 ExxonMobil Torrance 煉油廠的靜電集塵器(Electrostatic Precipitator)爆炸(圖 2)，其中 Husky Superior 煉油廠停爐期間未於反應器建立適當蒸汽屏障(steam barrier)，使反應器壓力高於空氣側(再生器)壓力及碳氫化合物側(主分餾塔和吸收塔等)壓力，如下圖 3 所示，又因含碳觸媒滑閥(spent catalyst slide valve)嚴重沖蝕與溼氣壓縮機持續運轉，讓空氣由再生器經反應器、主分餾塔到含有碳氫化合物的吸收塔，並與碳氫化合物混和成可燃性蒸汽雲，被自燃性物質引燃而產生氣爆。ExxonMobil Torrance 煉油廠為了在膨脹機出口加裝盲板，減少流入反應器的蒸汽量，因為當時蒸汽從撐開的法蘭逸出，而蒸汽從法蘭逸出表示 SCSV 沒有完全密封，並且不存在觸媒屏障(catalyst barrier)，如下圖 4 所示，最終在流入反應器的蒸汽量減少後，無法再防止碳氫化合物流入空氣側，來自主分餾塔中的碳氫化合物流入反應器，並通過洩漏的 SCSV 流向靜電集塵器，與從 CO 爐風扇流入靜電集塵器的空氣混合，碳氫化合物於 CO 爐(CO boiler)風扇與空氣混合，易燃混合物在靜電集塵器內部點燃，引發爆炸，如下圖 5 所示，爆炸碎片落在烷化工場沉降槽附近，其中含有氟化氫、水、碳氫化合物和化學添加劑，同時也造成周圍的施工架損壞。

圖 1 Husky Superior 煉油廠吸收塔爆炸和柏油槽洩漏起火燃燒

圖 2 ExxonMobil Torrance 煉油廠的靜電集塵器爆炸

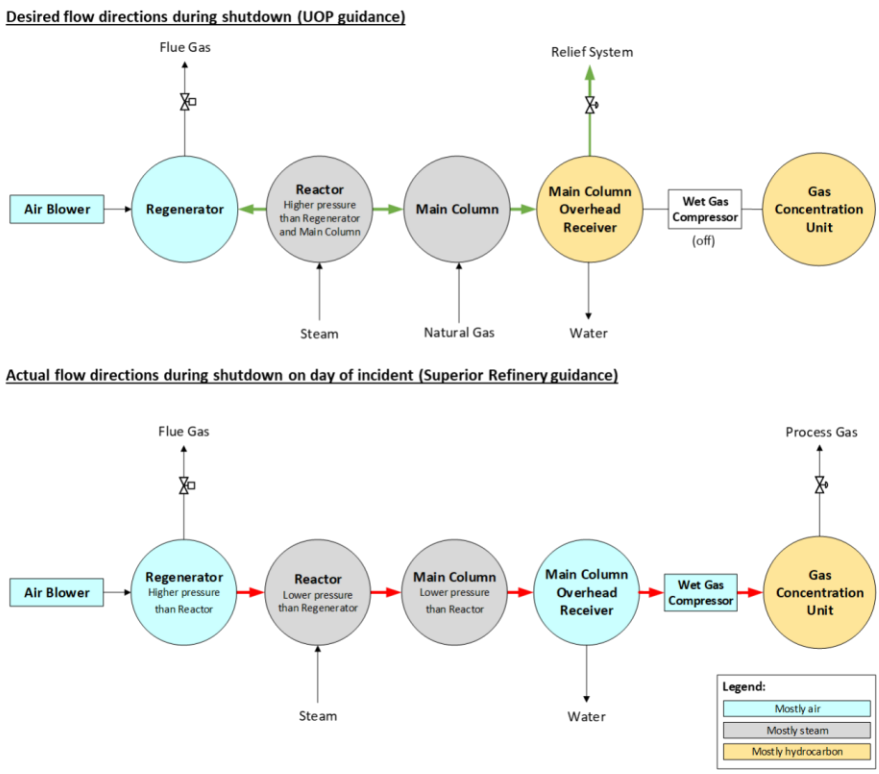


圖 3 停爐期間，反應器建立蒸汽屏障，使反應器壓力高於再生器和主分餾塔，UOP 建議(上)和實際(下)流向比較

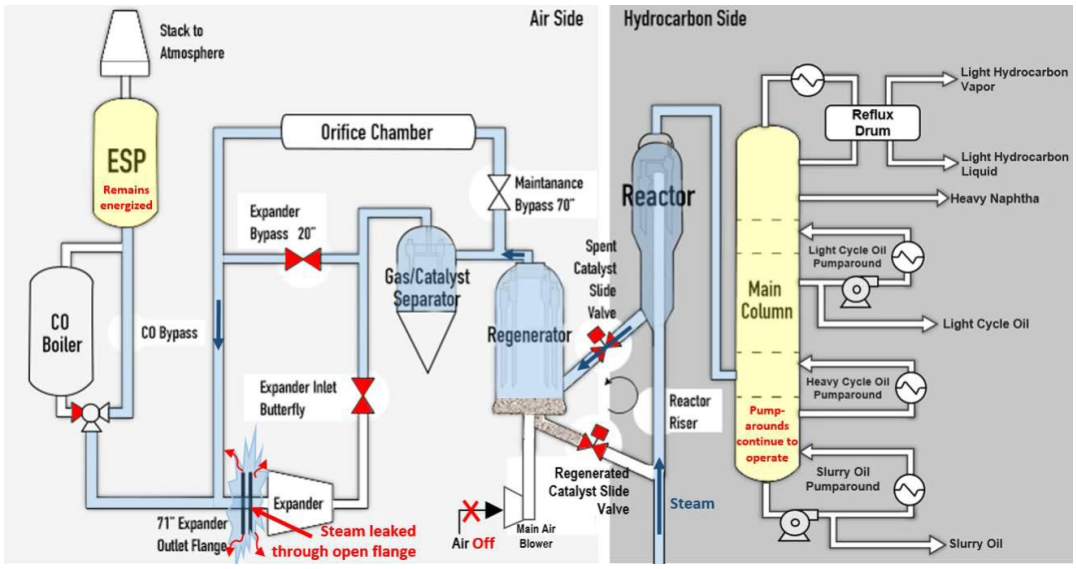


圖 4 反應器中的蒸汽通過沖蝕的 SCSV、煙道氣管線和設備，並從撐開的法蘭逸出。

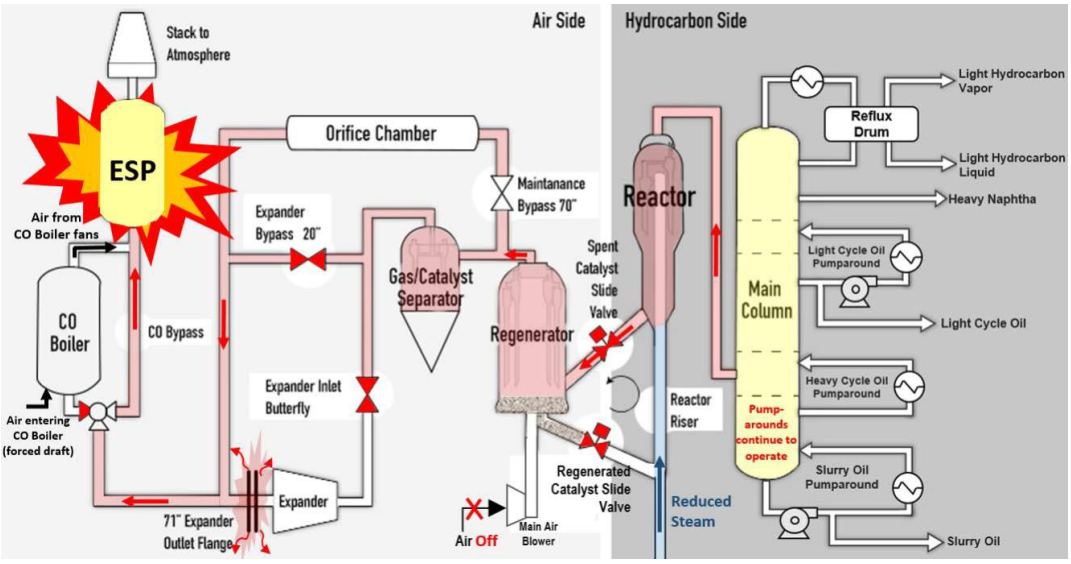


圖 5 當進入反應器的蒸汽流量降低時，反應器壓力不再能夠阻止碳氫化合物從主分餾塔逆流

當我們進行檢修工作時，我們也會在反應器和主分餾塔之間安裝一個 78”大盲板，在這個階段，作業的風險極高，遺憾的是 2021 年 01 月 19 日我們因不當的插盲程序，導致主分餾塔內部發生了氣爆，內部塔盤和結構床遭到嚴重損壞，損失慘重，事後重新檢討後，我們已經修正了插盲程序，具體步驟如下：

i. 進料轉換後，將油料引至主分餾塔塔底，以置換漿油，並冷卻塔底溫度至 200℃以下。

ii. 觸媒再生完成後，停止觸媒循環，並確保 SCSV(LV-1003)差壓至少維持在 0.1 kg/cm^2 以上，兩個再生器的壓力維持在 0.7~1.0 kg/cm^2 之間。

iii. 泵空主分餾塔塔底液位，也降低主分餾塔壓力，利用來自反應器的蒸汽將主分餾塔內的油氣吹驅至 flare 系統。

iv. 主分餾塔底部引入蒸汽，以防止油氣殘留在底部插盲處，持續時間至少 30 分鐘。

v. 關閉排往 flare 的控制閥，並開啟反應器 24”排放至大氣管線，以將反應器與主分餾塔系統一同洩壓，準備進行插盲。

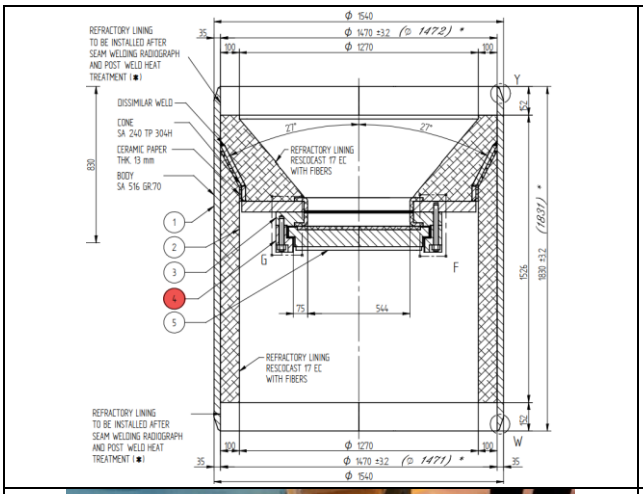
vi. 插盲完成後，反應器與再生器系統繼續循環卸觸媒。

vii. 卸完觸媒後，停止主空氣壓縮機的運行。

2.3 周邊設備廠家攤位交流

2.3.1 IMI REMOSA: 流體化觸媒裂解製程特殊閥

重油媒裂工場原本計畫在 2023 年大修更換 SCSV(LV-1003)的左右兩側 GUIDES，參考下圖 1 紅色標示位置，其外觀表面有大量的沖蝕痕跡，如下圖 2 所示，最後因為與下方位置的 BATHTUB 施工互相衝突，我們並未進行更換，在這次研討會上有許多攤位展示各種新產品和新技術，IMI Remosa 攤位剛好展示了新設計的滑閥(見圖 3)，其 GUIDES 與 DISC 為一體，兩者同時移動，具有高度的耐沖蝕性，且易於維修和更換，此外，他們還開發了抗沖蝕且具有良好密封性(Erosion Resistant + Tight Shut Off)的滑閥，不過目前世界上尚無使用者，Elke Baum(lead product manager)還使用模型向我們展示了主分餾塔隔離閥(Isolation Valves)的開啟和關閉狀態，如下圖 4 所示。



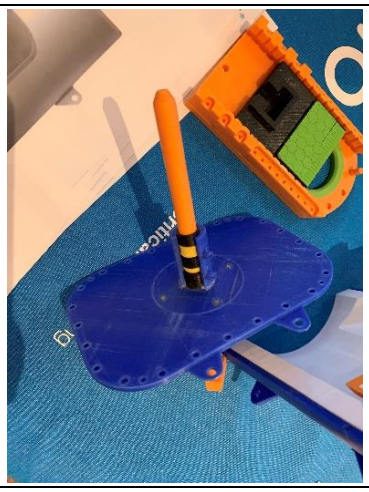


圖 1 SCSV(LV-1003)構造圖

圖 2 SCSV(LV-1003)左右兩邊 GUIDES 沖蝕受損

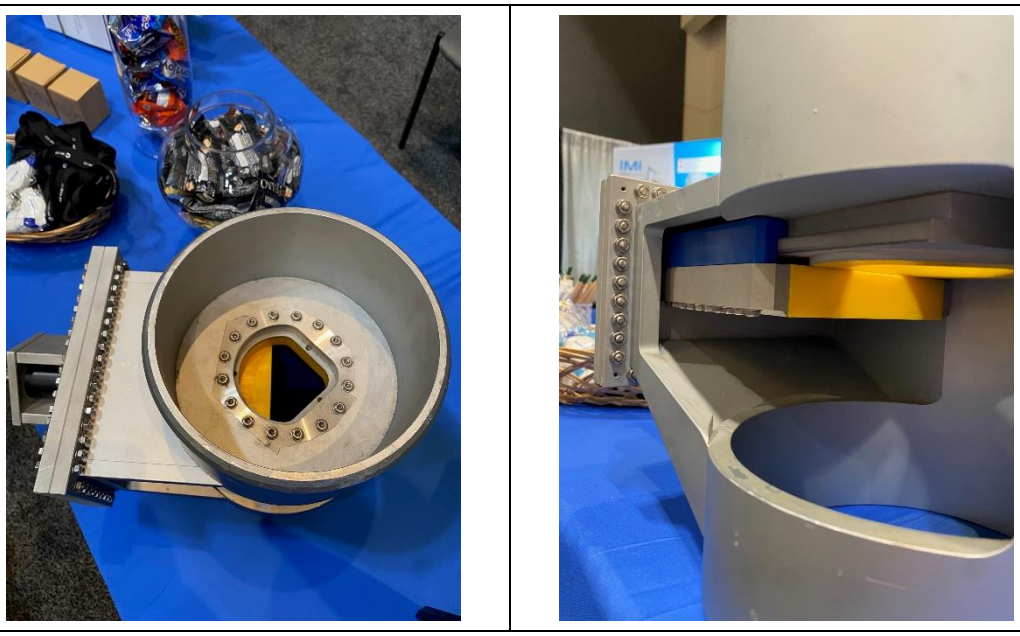
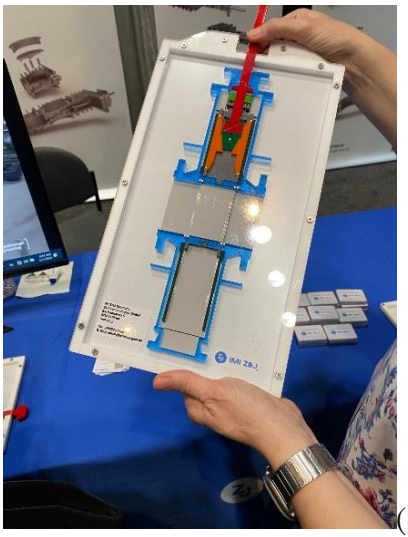


圖 3 高耐沖蝕滑閥設計



(開啟)

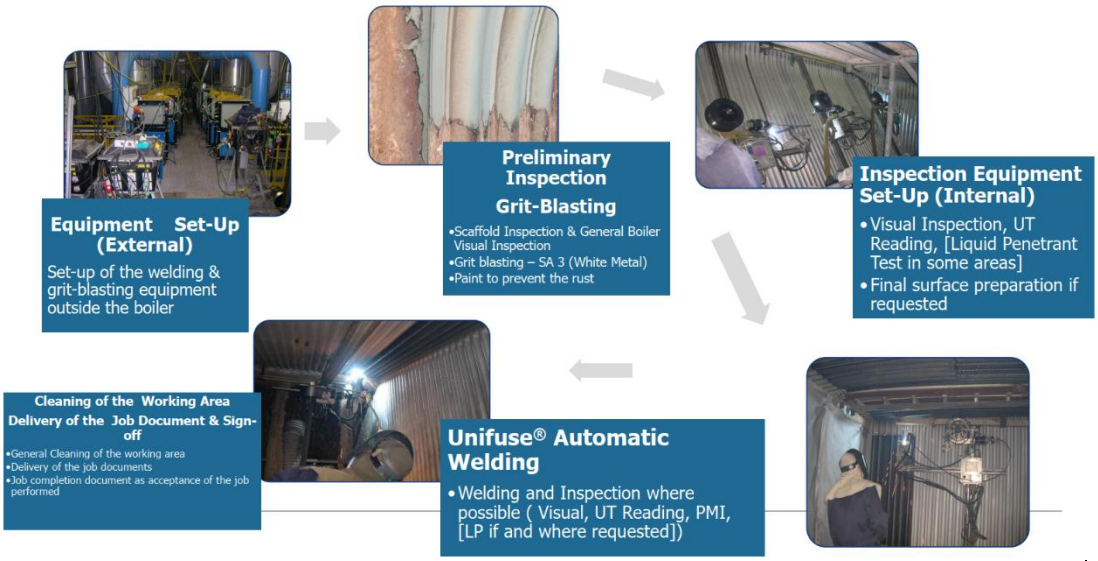
(關閉)

圖 4 主分餾塔隔離閥的開啟和關閉狀態

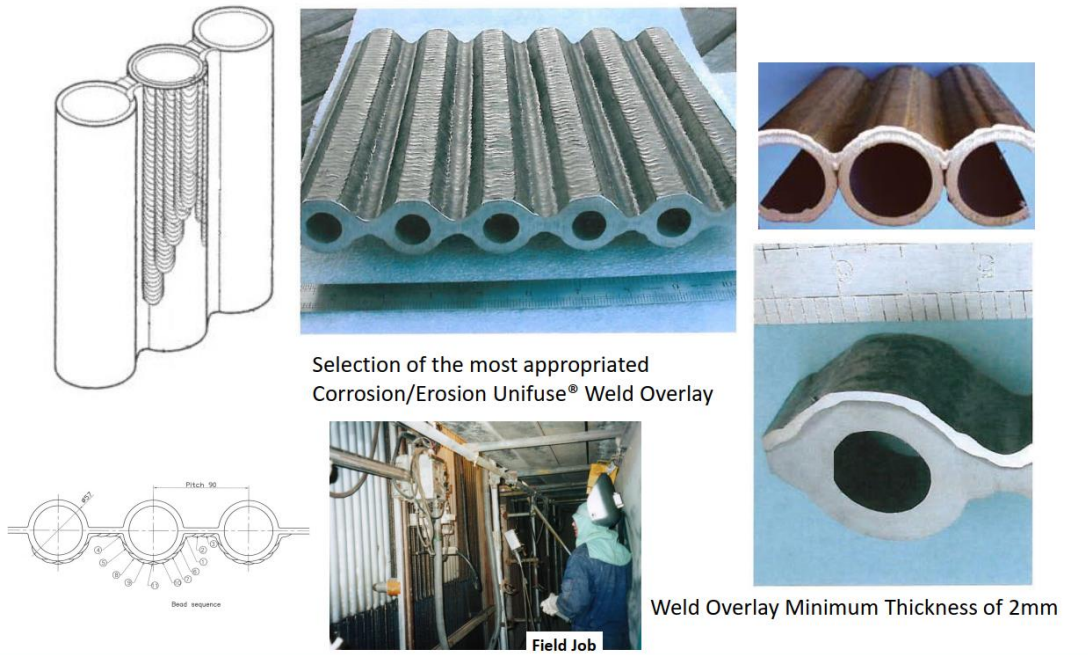
2.3.2 WSI

WSI 公司主要提供塔槽管嘴、管線內/外部及鍋爐管排自動焊接和 Unifuse™(金屬保護塗層焊接)等技術，Unifuse™塗層金屬可選用抗腐蝕沖蝕等材質，使用在製程容易受影響區塊，尺寸最小可應用至 1.5 吋~6 吋管內，自動焊接技術則可穩定焊接所產生熱影響，可實施連續性的 GTAW。

相關介紹及現場照片如下:



WSI 公司工程實務評估及實施流程

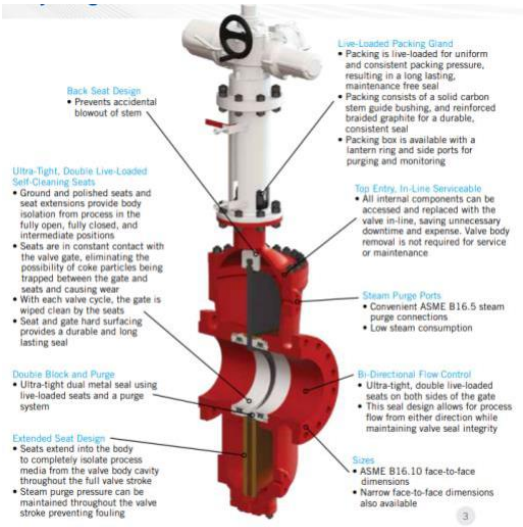


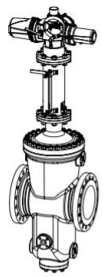
爐管單側進行 Unifuse overlay weld

2.3.3 DeltaValve

DeltaValve 公司主要提供延遲焦炭(Delayed Coking)製程關鍵設備-焦炭槽之相關切換及隔離閥件，另外也有提供低洩漏率且能線上抽換 Stem 的隔離閥。

相關型錄及實體照片如下:





Technical Data

Size:*	6 inch to 36 inch* [152 mm to 914 mm]
Pressure Class:	CL150, CL300, CL600, CL900, CL1500
Body Material:	ASME SA217 C12, ASME SA217 C5, ASME SA216 WCB
Seat Material:**	ASME SA182 F9 (Nitrided), ASME SA387 Gr 91 CL 2 (Nitrided)
Gate Material:**	ASME SA387 Gr 91 CL 2 (Nitrided)
Stem Material:**	Nitronic 50 ASME A479 GRXM-19
Bolting:	ASME SA193 B16, ASME SA194 Gr7L
Actuation:	Electric, hydraulic, manual, bare stem
Engineering and ASME Standards	
B16.5 / B16.47	Pipe flange and flanged fittings
B16.10	Face-to-face and end-to-end dimensions of valves
B16.34	Pressure / temperature charts per materials
API 598	Valve inspection and testing
API 600	Steel gate valves

Envelope Dimensions – Class 300††

Valve Size*	B16.10 F/F	Envelope Dimensions			Weight
	A	B	C	D	
in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	lb [kg]
6 [150]	15.88 [403]	52.1 [1323]	16.7 [423]	13.3 [338]	650 [295]
8 [200]	19.75 [502]	73.8 [1874]	20.2 [513]	16.0 [406]	1200 [344]
10 [250]	22.38 [568]	74.7 [1847]	23.0 [583]	18.7 [475]	1500 [681]
12 [300]	25.5 [648]	83.4 [2118]	26.4 [670]	22.3 [566]	2100 [953]
14 [350]	30.0 [762]	87.0 [2210]	29.3 [743]	23.6 [599]	3961 [1797]
16 [400]	33.0 [838]	82.1 [2085]	32.4 [823]	26.8 [681]	3800 [1725]
18 [450]	36.0 [914]	94.5 [2400]	36.0 [913]	29.5 [749]	5100 [2315]
20 [500]	39.0 [991]	123.6 [3140]	38.4 [975]	30.8 [782]	5464 [2478]
24 [600]	45.0 [1143]	117.3 [2979]	46.6 [1184]	36.0 [914]	9500 [4312]
30 [750]	55.0 [1397]	126.4 [3210]	56.3 [1429]	44.0 [1118]	14500 [6582]
36 [900]	68.0 [1727]	146.7 [3726]	65.9 [1674]	52.0 [1321]	22000 [9986]

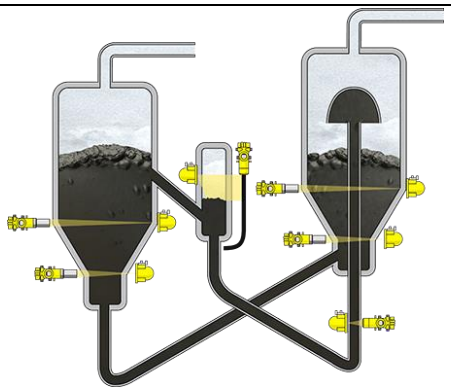
(Refer to Figure 2 on next page)

*Other valve sizes and custom face-to-face dimensions available upon request.
Chart dimensions assume electric actuation.
Dimensions and weights are subject to change.

**Other material options available. Consult with DeltaValve for additional details.
††Dimensions for CL 150, 600, 900 and 1500 available upon request.

2.3.4 VEGA: 煉油業的液位、壓力與密度儀表

R2R 的媒位控制極為重要，若媒位失控或不準確，可能導致災難性的後果。在重油媒裂工場，目前使用差壓測量的結果來推算實際媒位，然而 VEGA 提供了另一種非侵入式(輻射)的媒位測量方式，包括極限液位(limit level)、連續液位、密度量測，如下圖所示，具有高可靠性的優勢，這些產品也可以應用在工場的觸媒儲槽(D-1301/D-1302AB/D-1303)的媒位監控上，目前觸媒槽是以垂直輻射液位計測量媒位，但如果槽內觸媒呈現山丘形狀，則可能會產生較大的測量誤差，因此需要特別注意。

 重油媒裂工場中的密度、液位測量和點液位檢測	 Radiometric sensor for point level detection
 Radiometric sensor for continuous level measurement	 Radiometric sensor for density measurement

參、具體成效

本次公務出國計畫任務大致可分成兩部份，分別之具體成效如下:

1. 拜訪 Technip 總公司

自 2012 年試俥完成後，重油媒裂工場就未有派員至休士頓之計畫，這次很榮幸有機會能前去 Technip Energies 休士頓總公司進行拜訪，除了表達這 10 年賴博士及其團隊對重油媒裂工場各項協助的感謝之意，也盼雙方深厚的合作情誼可以延續下去，另外也與 Technip 團隊進行兩小時的會議，討論有關進料噴嘴、TSA(Technical service agreement)技術服務協議、Orifice chamber 修改案及回煉汽油減苯萃餘油一案等議題，相關會議內容已回報給轄區主管。

2. 參加 RefComm2024 研討會

本次很榮幸能作為講者參加研討會進行頁岩油操作之經驗分享，除了對我們都是很好的磨練及經驗外，透過此次分享也能讓中油公司獲得能見度，從其他講者的演講內容及現場設備廠商展位交流也獲得很多操作、製程改善的想法及資訊，例如工場以往就常碰到的耐火脫落問題就可以參考是否同 SILICON 公司分享的剝落機制，也可嘗試小面積的使用半封閉系統(Semi-closed)的鉤丁施作;主塔頂部 E-2116 熱交換器時常有的銨鹽沉積腐蝕破管問題，可以參考 OLI SYSTEM 針對 TPA 迴路的分析方式，來注意操作是否有碰觸到高風險區塊。另外在設備廠商展位的部份，如果本場 SCSV(LV-1003)欲換成具有較高洩漏等級的閥(低洩漏率)，可以考慮採用 IMI Remosa 提到的的 Erosion Resistant + Tight Shut Off 滑閥；至於 WSI 所提到的 Unifuse™(金屬保護塗層焊接)技術，則是可應用在 CO 爐高腐蝕/沖蝕處的管排。

肆、心得及建議

心得:

這次研討會給我們兩個都留下了很深刻的印象，除了皆是我們第一次用全英文在國外研討會進行簡報外，三天研討會也涵蓋了重油媒裂相關的許多主題，包括工安、管線設備、耐火、製程模擬等，每個主題都相當引人注目，此外，許多設備廠商的展位(Booth)也展示了很多新技術和其獨特性，會場空間和氣氛也相當舒適(如下圖所示)，充滿著學術能量帶給我們相當多的啟發。另外研討會上也聚集了來自世界各地的專家，大家齊聚一堂互相交流且分享操作經驗和研究成果，這對於煉廠營運和各工場操作的改善及發展至關重要，我們此行主要是參加重油媒裂相關主題，其中包括上台進行 FCC 工場煉製頁岩油的經驗分享，參加人員有來自 FCC 製程廠家、特殊閥廠商、相關設備廠商和工場人員，他們的參與讓整個研討會內容相當豐富也促進了合作機會。總而言之，這次研討會的內容豐富多彩，為我們提供了寶貴的學習和交流機會。

RefComm2024 研討會廠商展位

建議:

FCC 為煉廠相當核心之製程，每年皆有許多相關研討會舉辦(製程、工安和觸媒等)，如能事先規劃好每年預計之出訪人員，編列好相關預算，讓工場同仁皆有拓展視野及歷練的機會，將會有效強化同仁向心力和加強製程改善能力，進而使工場營運能更好更穩定。