

## 出國報告（出國類別：開會）

# 參加 2015 SINOPEC-RIPP/CPC-RMRI 煉 油化工技術研討會

服務機關：台灣中油公司煉製研究所

姓名職稱：洪正宗 副所長、涂茂園 組長

呂國旭 組長、蔡銘璋 組長

派赴國家：中國大陸

出國期間：104 年 11 月 16 日至 104 年 11 月 20 日

報告日期：104 年 12 月 3 日

## 摘 要

自 2010 年 2 月起台灣中油公司煉製研究所(CPC/RMRI)與大陸中石化公司石油化工科學研究院(SINOPEC/RIPP)簽有技術合作交流備忘錄，雙方約定每年輪流主辦研討會進行技術交流，今年(2015)研討會在大陸西安舉行。CPC 由煉製研究所洪正宗副所長率領代表團一行 4 人參加，發表「煤裂工場重油加氫影響及模擬應用」、「重質油高價值利用」、「催化裂化酸水氣提操作改善」、「輕裂工場節能改善」、「煉油廠廢水生物硝化脫氮案例」及「芳香烴萃取工廠之煉量提升與節能研究」等 6 篇論文，而 SINOPEC 則發表「調控煉油廠產品結構的催化裂化技術」、「生產優質 FCC 進料的加氫預處理技術」、「延遲焦化工藝技術」、「原料相容性對重油催化裂化過程的影響」、「降低 FCC 再生煙氣 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 排放助劑」、「生化剩餘污泥大幅減量及無害化新技術」及「二甲苯分離吸附劑及工藝技術」等 7 篇論文。

研討會之後，CPC 代表團一行參訪中石化洛陽分公司及洛陽工程公司，針對原油選擇評估、高酸原油提煉技術、煉油廠效益提升、節能減碳、廢水處理回用及水資源利用規劃等議題進行交流。

# 目 次

第一章 目的 .....	1
第二章 行程 .....	1
第三章 技術交流活動概況 .....	2
3.1、與會人員 .....	2
3.2、煤裂工場重油加氫影響及模擬應用 .....	3
3.3、調控煉油廠產品結構的催化裂化技術 .....	4
3.4、重質油高價值利用 .....	4
3.5、生產優質 FCC 進料的加氫預處理技術 .....	5
3.6、催化裂化酸水氣提操作改善 .....	6
3.7、延遲焦化工藝技術 .....	7
3.8、原料相容性對重油催化裂化過程的影響 .....	8
3.9、輕裂工場節能改善 .....	9
3.10、降低 FCC 再生煙氣 NO <sub>x</sub> 、SO <sub>x</sub> 排放助劑 .....	9
3.11、煉油廠廢水生物硝化脫氮案例 .....	10
3.12、生化剩餘污泥大幅減量及無害化新技術 .....	11
3.13、芳香烴萃取工廠之煉量提升與節能研究 .....	11
3.14、二甲苯分離吸附劑及工藝技術 .....	11
第四章 參訪活動概況 .....	13
4.1、參訪中石化洛陽分公司 .....	13
4.2、原油高效利用 .....	14
4.3、催化裂化裝置煙氣脫硫脫硝裝置介紹 .....	17
4.4、汗水處理回用裝置介紹 .....	17
4.5、參訪中石化洛陽工程公司 .....	19
第五章 心得與建議 .....	20

## 一、目的

本公司煉廠已引進使用大陸中石化公司的 RFCC 及 RDS 等觸媒多年，煉製研究所(CPC/RMRI)為與該公司石油化工科學研究院(SINOPEC/RIPP)技術服務部分連繫窗口。為加深對彼此技術水平的認知，以俾掌握未來合作基礎，自 2010 年起約定每年雙方輪流主辦研討會進行技術交流，今年為第六屆研討會由大陸方面主辦。此研討會已成為兩岸煉油暨化工業交流合作的重要平台，也成為彼此相互借鏡、學習、截長補短的機會。

## 二、行程

104.11.16	桃園-西安	啟程
104.11.17	西安	參加 SINOPEC-RIPP/ CPC-RMRI 煉油化工技術研討會
104.11.18	西安	參加 SINOPEC-RIPP/ CPC-RMRI 煉油化工技術研討會
104.11.19	洛陽	參訪洛陽石化煉油廠
102.11.20	鄭州-桃園	與中石化洛陽工程公司技術交流；返程

### 三、技術交流活動概況

#### 3.1. 與會人員

- CPC 煉製研究所(RMRI)
  - 副所長：洪正宗
  - 組長：涂茂園、呂國旭、蔡銘璋
- SINOPEC 石油科學研究院(RIPP)
  - 副院長：達志堅
  - 副總工程師：張久順、胡志海
  - 主任：田松柏、申海平、李本高
  - 副主任：朱玉霞
  - 組長：王輝國
  - 副處長：張劍秋
  - 工程師：陳春芳
- 泰峰興企業(股)公司：總經理 易柵文



陳春芳	王輝國	李本高	申海平	田松柏	易柵文	朱玉霞	張劍秋
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

呂國旭	張久順	洪正宗	達志堅	蔡銘璋	胡志海	涂茂園
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



### 3.2. 煤裂工場重油加氫影響及模擬應用

某煤裂工場(RFCC)主要操作瓶頸為再生器溫度，影響因素主要為焦炭產率，當焦炭產率高於 10.5 wt%，RFCC 就會出現操作瓶頸，煉量必須調降。RFCC 最近一年進料品質的影響如下：

1. 因重油脫硫工場(RDS)操作末期及大修，摻煉大量的未加氫重油，使得 RFCC 進料硫含量升高至 1.2~1.8 wt%，殘碳量有些時候甚至接近 7 wt%。因焦炭產率太高，迫使工場必須降低煉量。
2. RFCC 進料來自 RDS 的比例高，大部份時間可以接近全煉量操作。
3. RFCC 進料 Ni 含量 6~12 ppm(設計值 6 ppm)，V 含量 8~16 ppm(設計值 18 ppm)。Ni 含量高於設計值，主要受未加氫重油影響。

RFCC 進料因 RDS 的重油產量不足，提高未加氫重油摻煉比例，影響原油的選擇，因此，探討煤裂進料特性成為重要的研究課題。本研究利用 GC-MS、NMR 及 HPLC 等各種分析技術，比較不同重油特性，並探討重油加氫對重油組成的影響。本研究完成煤裂製程模擬軟體(FCC-SIM)模式建立，進行加氫程度對煤裂工場的影響，以及模擬未加氫高硫重油摻煉比例的影響。RFCC 進料品質主要受未加氫重油影響，未加氫重油對觸媒特性、操作條件和產率分佈變化的影響很大，RDS 操作激烈度並非重點所在，尤其未來 RDS 比例進一步降低，如何調控未加氫重油品質，

才是最重要的，期望本研究之結果有助於煤裂工場進料的選擇。

### 3.3. 調控煉油廠產品結構的催化裂化技術

研究催化裂化的反應化學、催化裂化汽油的裂化性能以及 LCO 的組成、單環芳烴的結構特性和裂化性能，開發了催化裂化同時增產柴油餾分和液化氣的 MGD 技術，可以使催化裂化 LCO 的產率與石腦油相當，同時汽油和柴油的性質得到改善。開發的 LCO 轉化技術-LTAG 通過多環芳烴的加氫飽和與單環芳烴的催化裂化，可以把 LCO 部分或全部轉化成汽油及液化氣。技術的開發達到靈活調整煉油廠產品結構的目的。

### 3.4. 重質油高價值利用

石油煉製後的產物，除了輕質部分的汽柴油外，另有相當份量的重質油產出；以往這類重質燃料油多以低價供應給工廠做為燃料使用，經濟價值低。但其實這些重質油本身具有低喹啉不溶物等的優秀原料性質，相較於煤焦油，對環境更有善且較無毒害。所以重質油只要經過適當的篩選與改質，就可以因應不同的應用來產出相應的精碳材料。台灣中油除了擁有自有乾淨重質油的優勢外，更搭配以煉製研究所深厚的研發能量，針對整個產業趨勢與需求，進行謹慎的評估，來設計開發市場實際所需的產品，為低價重質油做更有效率與高價值的利用。除了呼應國家石化高值化的政策，並期望能協助且落實公司升級轉型的策略。此報告中將針對目前正在開發中的三項精碳做簡單的介紹：

1. 車用鋰電池長壽命軟碳：長壽命軟碳的主要特性為在高 C-rate 下，能達到 80%以上快速充電之負極碳材。中油已成功開發出具有優於市售商品的長壽命軟碳，並參與台灣經濟部整合上中下游的 A+計劃，該計畫為發展電動巴士電能系統技術，以達成十年萬輛電能巴士，以及自製率 70%以上的目標。

2. 碳材增密/黏結劑：碳/碳複合材料或高性能石墨材料由於優秀的機械或熱性質等，被廣泛地應用在國防、航太及煉鋼/鋁等領域。

在其製作過程中，需要高品質的增密/黏結劑來將基材與填充材緊密的結合並

填充孔隙，成型後的複合材料才能發揮最大的性能。中油公司自己由重質油精製而成的增密/黏結劑，與指標商用品美國 A240 進行相關性能參數(例如密度增密率等)驗證，已展現優秀品質，在市場上具有相當競爭力。

3. 中高模碳纖維：碳纖維被譽為 21 世紀最具潛力的材料，瀝青系碳纖維最大特色就是具有極高的楊氏模數，此意味著具有極高的剛性，而不易在外力作用下產生明顯的變形率。中油利用本身所開發的可紡介相瀝青，進行一系列碳纖維製程例如熔融紡絲等參數研究，開發最佳化之適量化纖維熔融紡絲製程技術，目前已能穩定地以每分鐘 650 公尺的紡絲速率連續紡出 15,000 公尺以上，平均直徑 20 微米以下的原絲。



### 3.5. 生產優質 FCC 進料的加氫預處理技術

FCC 進料經加氫預處理後可顯著降低 FCC 裝置操作苛刻度、改善其產品分佈、降低催化汽油硫含量以及減少 FCC 煙氣中 CO、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 含量，從而省去治理費用。因此，近些年來加氫預處理技術的應用在中國大陸得到了較為快速的發展。FCC 進料加氫預處理依據原料的不同分為蠟油加氫處理和渣油加氫處理兩大類。

RIPP 在蠟油加氫處理技術領域的研究始自於上世紀九十年代，於 1993 年在長嶺石化 CGO 加氫處理裝置上獲得首次應用。2005 年初，RIPP 推出了蠟油加氫預

處理 RVHT 技術，該技術以新型加氫處理催化劑 RN-32V 為基礎，通過採用保護劑級配技術和主催化劑組合技術，可較好地適應不同壓力等級裝置和各種劣質蠟油原料，運行週期達到 3 年以上，且在深度脫硫的同時可達到高的脫氮深度，從而顯著降低催化裂化汽油硫傳遞係數，穩定生產國 IV 以上汽油產品，為以較低成本實現汽油品質升級提供技術支撐。隨後，RIPP 相繼開發了強化直接脫硫路徑的 RVS-420 催化劑、RAM-100 專用脫金屬劑及脫硫脫氮和芳烴飽和性能更優的 RN-400、RN-410 加氫處理催化劑，技術競爭力進一步提升。

針對固定床渣油加氫加工劣質渣油的需要，RIPP 開發了上流式渣油加氫 RUF 系列催化劑，較好地解決了流動性、活性、容金屬能力和穩定性等關鍵技術問題，於 2005 年在齊魯石化勝利煉廠 UFR/VRDS 裝置中實現連續應用 9 個週期，每個週期產品性能都要好於參比列催化劑，脫硫、脫氮、脫金屬、脫殘炭優勢明顯，且容金屬能力強、積炭少，使用過期延長 30~50% 。

### 3.6. 催化裂化酸水氣提操作改善

催化裂化製程各單元產生之酸水先匯集至油水分離槽，將酸水加熱引入汽提塔，塔頂污酸氣送至硫磺工場，冷凝液返回塔頂內，塔底汽提酸水經冷卻送廢水工場或部份再利用。本文綜合日煉 5 萬桶及 7.5 萬桶催化裂化工場的酸水汽提系統所面臨操作問題，提出改善對策如下：



1. 降低汽提塔系統油份：針對降低進料油份，可在油水分離槽前端添加解乳化劑、利用柴油萃取易產生聚合的油份及裝設 Coalescer(聚結器)；針對塔頂迴流液，常見油份累積可排出部份送至進料油水分離槽，另以汽提酸水補足迴流量。

2. 前端腐蝕控制：利用修正離子層析法的前處理方式，快速準確分析 Free cyanide，據以添加適量腐蝕抑制劑。

3. 塔頂換熱器破損：續用內置渦卷式留意本體焊接，將錐形胴體改成圓柱形胴體並保有適當液面；或更換型式如 Compabloc 及 Tube/Shell。

4. 線上儀器問題：利用蒸汽或氮氣微量逆吹防止壓力計、流量計及液位計導管阻塞；pH 計搭配導電度或 NH<sub>4</sub>-N 分析儀。

### 3.7. 延遲焦化工藝技術

延遲焦化是通過熱裂化將石油渣油轉化為液體和氣體產品，同時生成濃縮的固體炭材料-石油焦。延遲焦化技術的原料適應性很強，除了常規的常壓渣油、減壓渣油外幾乎可以加工煉廠所有的二次加工渣油，如脫油瀝青、加氫未轉化渣油、減粘渣油、催化油漿和乙烯焦油等。

自 1957 年第一套延遲焦化建成投產以來，中國已先後設計建設了 100 多套裝置，處理量已達到 1 億噸/年以上。如 2002 年建成投產的中國石化高橋石化公司 140 萬噸/年延遲焦化裝置。目前該技術已對國內外許可 69 項，其中包括蘇丹、伊朗和古巴等國家；單系列裝置最大加工能力達 200 萬噸/年。

RIPP 結合分子水準識別石油結構組成以及分子水準研究煉油過程反應化學方面的最新成就，建立了分子水準的延遲焦化反應動力學與過程模型，克服傳統集總模型的不足，為在分子水準上認識延遲焦化渣油原料結構組成及其反應動力學行為，合理指導延遲焦化工藝操作優化以及裝置的設計與改造提供更加成熟、可靠的有力工具。依據延遲焦化裝置加熱爐反應器結構特點，提出了適合加熱爐高溫複雜體系氣液相平衡模型、熱焓模型、壓降模型和結焦模型，並將這些模型與分子水準延遲焦化反應動力學模型相結合，進行加熱爐管內物料分子組成、流速、氣液狀態、結焦速度等求解演算法的大量程式設計與代碼開發，從而建立了分子



水準的延遲焦化工藝過程模型。

石油焦是一種優質炭素原料，採用石科院自主開發的針狀焦生產技術，以遼河催化裂化澄清油為原料，1995 年 11 月錦州石化公司

10 萬噸/年(原料)石油系針狀焦生產裝置建成投產，生產出合格的針狀焦，目前錦州石化公司針狀焦產能達 4 萬噸。RIPP 以高硫劣質油漿為原料，生產出了符合超高功率電極要求的針狀焦，並於 2014 年 7~9 月通過了工業試驗。大陸針狀焦年需求量將超過 40 萬噸。由於大陸產能不足，長期依賴進口，針狀焦具有良好的市場前景。

### 3.8. 原料相容性對重油催化裂化過程的影響

未來煉廠加工的原料會越來越嚴重，來源會越來越複雜。不同的原料分子組成差別很大，這些分子都有其本身固有的特性，不僅在加工反應性不同，而且相互之間會產生影響，包括在混合、反應、儲存中產生不相容的問題。例如，當我們在蠟油中摻入減壓渣油時，如果蠟油和渣油分子相匹配，則加工中不會出現相容性問題，如果不匹配，混合原料中有些組分就會在混合時或者在反應中絮凝下來。這些絮凝下來的組分一般極性較大，很容易在催化劑上優先發生吸附反應，一方面這些組分很容易在催化劑表面形成焦炭，影響催化劑的使用壽命，另一方面阻礙了其他分子在催化劑表面的吸附，影響原料分子的轉化率及產物分佈，甚至影響外排油漿的穩定性，造成油漿換熱器堵塞。石科院不僅建立了判斷蠟油摻渣體系穩定性的方法，確定了蠟油和減壓渣油混合時不能越過的閾值，研究了原料分子組成對混合體系穩定性的影響，而且還開展了分散劑的研究，取得了較好

的效果。

### 3.9. 輕裂工場節能改善

輕裂工場為本公司高產值的工場之一，對石化工業有舉足輕重的地位。其工場的獲利情況，攸關整個公司的經營績效。在面臨激烈的市場競爭之下，如何提高工場的獲利，除了增產、提高設備使用率、降低非計畫性停爐外，節約能源也是相當重要的手段，藉以創造公司最大利潤成為最重要的課題。近幾年來，為降低生產成本，業者莫不為尋求節能之道絞盡腦汁，其中加熱爐算是煉油廠或是石化廠，主要高能耗設施之一，所以本研究乃針對輕裂工場裂解爐的操作瓶頸進行評估，包括如何延長裂解爐的操作週期及配合工場去瓶頸、節能減碳目標，利用已開發工具及過去成功經驗，設法提昇加熱爐熱效能、降低熱損失之外，也引進、開發新節能材料及技術應用推廣到現場加熱爐。經評估、引進、測試後得到下列幾項重要成果：

1. 降低能耗：採用微多孔隔熱材為耐火物材料後，利用 IR 檢測壁溫得知，爐壁隔熱於更新後有大幅改進，年約節能 54%，新爐壁啓用 3 年可回收。
2. 延長操作：採用 MERT 作為新爐管材料，模擬結果證明 MERT 較傳統 FIN 爐管，可延長操作週期 1.4~2.9 倍，實際測試結果，MERT 爐管可延緩操作壓力上升速率、減少除焦次數 50%以上、節省燃料成本約 2.83%及延長操作週期 2.22 倍。

### 3.10. 降低 FCC 再生煙氣 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 排放助劑

催化裂化(FCC)裝置再生煙氣是煉廠主要的排放污染源之一。

2017 年，中國將實施新的 FCC 再生煙氣污染物排放標準。新標準(徵求意見稿)中要求 FCC 裝置再生煙氣 SO<sub>2</sub> 排放品質濃度 $\geq 200\text{mg}/\text{m}^3$ ，NO<sub>x</sub> 排放品質濃度 $\geq 300\text{mg}/\text{m}^3$ ，粉塵排放品質濃度 $\geq 50\text{mg}/\text{m}^3$ 。與此同時，國家環保局與中國石化簽署的(“十二五”主要污染物總量減排責任書》中明確，“十二五”期間，中國石化 FCC 裝置需要實施 SO<sub>x</sub> 治理工程，綜合脫硫率要求不小於 70%。因地制宜地選擇再生煙氣減排技術，實現 FCC 裝置再生煙氣達標排放是中國石化煉油企業現階段面

臨的重要任務。

文章介紹了石油化工科學研究院開發的RFS09 硫轉移劑在中石化三套FCC 裝置上工業示範應用情況。結果表明：FCC 裝置加工加氫 VGO，控制原料硫含量 0.35% 以下，添加 $\geq 6\%$  的 RFS09 硫轉移劑，SO<sub>2</sub> 排放品質濃度可嚴格控制在在 400 甚至 200mg/m<sup>3</sup> 以下，滿足國家新的排放標準。因此，加工加氫蠟油或原料硫含量低、採用富氧再生、NO<sub>x</sub> 濃度不超標的 FCC 裝置，現階段可以通過硫轉移劑技術並綜合其它技術來實現再生煙氣達標排放，降低煙氣脫硫投資強度和運行成本。硫轉移劑是控制 FCC 裝置再生煙氣 SO<sub>x</sub> 排放經濟、有效、成熟、清潔的技術。

石油化工科學研究院目前也開發了用於降低 FCC 再生煙氣 NO<sub>x</sub> 排放的 RDNO<sub>x</sub> 系列助劑(I 型和 II 型)。I 型為非貴金屬助劑，主要是通過催化 CO 對 NO<sub>x</sub> 的還原反應以降低 NO<sub>x</sub> 排放 II 型為貴金屬助劑，是用於替代傳統 Pt 助燃劑，在等效助燃 CO 的同時減少 NO<sub>x</sub> 的生成。兩類助劑可以單獨使用，也可以同時使用，具有很好的應用前景。

### 3.11. 煉油廠廢水生物硝化脫氮案例

鑒於氨氮造成河川生態的影響，環保署於 2012 年 7 月 1 日起實施新的石油化學業放流水標準，增列氨氮的管制標準 20 mg/L。公司石化廠無氨氮問題，但是煉油廠則有時無法達到標準。氨氮及硝酸鹽氮在好氧化物處理過程中，為反應物與產物的關係，因此當氨氮去除良好時，會造成硝酸鹽氮增高，若脫氮效率受限制將會超過既有管制標準 50 mg/L。

2011~2012 年將煉油廢水生物硝化脫氮列為工作重點，先後針對大林煉油廠第三及第二廢水工場列為改善對象，分別將生物處理單元操作模式由好氧改為缺氧串聯好氧，開啟內循環或增加迴流污泥量，使系統維持良好 COD 去除率(大於 88%)，並可獲得良好生物硝化脫氮效果(處理水氨氮小於 1 mg/L，硝酸鹽氮 10~34 mg/L)，缺氧操作條件：pH 7.0~8.0、DO 小於 0.5 mg/L，好氧操作條件：pH 7.5~8.0、DO 1.5~3.0mg/L、食微比 0.02~0.05 gCOD/gMLSS.d。

### 3.12. 生化剩餘污泥大幅減量及無害化新技術

污水生化處理過程產生對環境污染嚴重的剩餘污泥，因成分複雜處理困難而成為當前迫切需要解決的難題。針對污泥中含有大量的具有保水作用的高分子碳水化合物特性，採用催化降解方法對污泥進行處理，使這些高分子碳水化合物降解，從而顯著改善污泥的脫水性能，工業試驗結果顯示：對含水 98% 的生化剩餘污泥，處理後體積減少約 99%，COD、氨氮減少約 95%，污泥實現無害化，且處理成本較低，處理裝置撬裝化。

### 3.13. 芳香烴萃取工廠之煉量提升與節能研究

某芳香烴萃取工場之煉量受制於萃取油汽提塔，經評估該塔之原設計塔徑只有 2.8 m 過小，以致煉量無法提昇，且目前之進料與原設計方案一(BT 模式)與方案二(BTX 模式)之進料組成不同，故原設計不符合目前進料。本研究設計萃取油汽提塔高效能塔盤，並於 2014 年 10 月大修換裝，但溶劑再生塔之第 3、4 塔盤會被吹裂，經計算後，將溶劑再生塔之降流管寬度由 602 mm 放大至 682 mm。該工場於 2014 年 11 月開俾，比對改善前後之操作數據，萃取油汽提塔進料量從更換塔盤前平均值 100% 提高至 134%，塔頂蒸汽流量從更換塔盤前平均值 100% 提高至 133%。由於萃取油汽提塔為此工場之操作最大瓶頸，容量提昇後，工場之煉量亦得以提昇，萃取塔進料量從更換塔盤前平均值 100% 提高至 136%。工場煉量提昇後，預估每年之公用成本將可下降達 2 億元。

### 3.14. 二甲苯分離吸附劑及工藝技術

報告概括介紹了 RAX 系列二甲苯吸附劑和 SorPX 類比移動床吸附分離工藝的研究開發和工業應用情況。RAX 系列二甲苯吸附劑包括兩種類型、五個牌號產品，分別用於從混合 C8 芳烴中吸附分離生產高純度對二甲苯(PX)和間二甲苯(MX)。RAX 系列吸附劑率先採用高結晶度亞微米級小晶粒 FAU 分子篩作為活性組分，通過專有成型技術和二次晶化技術製造，具有吸附容量高、傳質速率快、顆粒強度大等特點。其中，兩代 PX 吸附劑 RAX-2000A 和 RAX-3000、以及 MX 吸附劑 RAX-II 已

進行商業推廣應用，並取得了良好的工業運行結果。近期又開發了更新一代的兩種二甲苯吸附劑 RAX-4000 和 RAX-III，並完成工業放大製備，已具備工業應用基礎。新一代 PX 吸附劑 RAX-4000 的原料處理能力較 RAX-3000 提高了 28%；新一代 MX 吸附劑 RAX-III 的原料處理能力較 RAX-II 提高了 20%。

SorPX 模擬移動床吸附分離工藝採用經典的雙塔串聯、24 個床層形式，通過 168 個程式控制閥門步序開關控制七股工藝物流週期性切換，吸附塔床層分區靈活，個別床層閥門維護不影響裝置正常運行。工藝設置四股可獨立優化調控的床層管線沖洗，對吸附塔內主流體濃度分佈擾動小，較同類工藝具有更高的分離效率。此外，SorPX 工藝通過能量深度集成和梯級利用技術、首創芳烴聯合裝置低溫熱回收發電，大幅度降低了裝置的能耗水準。該工藝已成功用於海南煉化 60 萬噸/年 PX 裝置，正在進行二期 80 萬噸/年 PX 項目工程設計。以 SorPX 工藝為基礎，還拓展開發了 18 萬噸/年 MX 生產裝置工藝包。

## 四、參訪活動概況

### 4.1. 參訪中石化洛陽分公司

洛陽石化是大陸第五個「五年計劃」期間批准建設的單系列 500 萬噸/年燃料型煉油企業。1976 年開始籌建，始稱河南煉油廠；1978 年 1 月正式動工建設，1984 年部分建成投產；1992 年更名為洛陽石油化工總廠，1993 年 500 萬噸/年煉油工程全面建成，並通過竣工驗收。之後邊生產邊建設，依託煉油發展化工，陸續建成了聚丙烯等一批下游生產裝置；2000 年總投資 64 億人民幣的化纖工程建成投產，由此發展成為集煉油、化工及化纖於一體的綜合型煉化企業，是中石化在河



南省唯一的一家特大型煉化一體化生產企業。

目前的生產系統主要有煉油及化工兩個板塊。煉油板塊擁有 800 萬噸/年常減壓、140 萬噸/年重油催化裂化（兩套）、220 萬噸/年蠟油加氫、140 萬噸/年延遲焦化、80 萬噸/年溶劑脫瀝青、260 萬噸/年柴油加氫、100 萬噸/年催化柴油加氫、80 萬噸/年航煤加氫、65 萬噸/年氣體分餾、150 萬噸/年汽油吸附脫硫等生產裝置及配套公用工程和環保設施。化工板塊主要有 70 萬噸/年連續催化重整、26 萬噸/年芳烴抽提、24.5 萬噸/年對二甲苯（PX）、32.5 萬噸/年精對苯二甲酸（PTA）、20 萬噸/年聚酯（PET）、10 萬噸/年短纖維等裝置和 20 萬噸/年聚丙烯生產能力。

主要產品有汽油、柴油、航空煤油、化工輕油、分子篩料、溶劑油、液化氣、道路瀝青、工業硫磺、石油焦、聚丙烯、對二甲苯、精對苯二甲酸、聚酯熔體和切片、滌綸短纖維等。截至 2014 年底，正式職工 4080 人。下設 21 個職能部門、11 個直屬車間和 15 個直屬單位。資產分公司下轄集體企業惠康物業管理公司和控股子公司自來水公司。

#### 4.2. 原油高效利用

洛陽石化加工原油主要有塔河混合原油（15%）、長慶原油、中原原油（20%）和進口原油（50%-60%），除塔河原油為重質高硫原油之外，其它原油一般為輕質或中質含硫原油。

2014 年所加工的原油品種中 API $\geq$ 31.1 的輕質原油比例為 48.75%；API 介於 31.1~22.3 之間的中質原油為 34.92%；API $<$ 22.3 的重質原油為 16.33%，平均 API 達



到 30.6；加工原油性質整體偏輕。

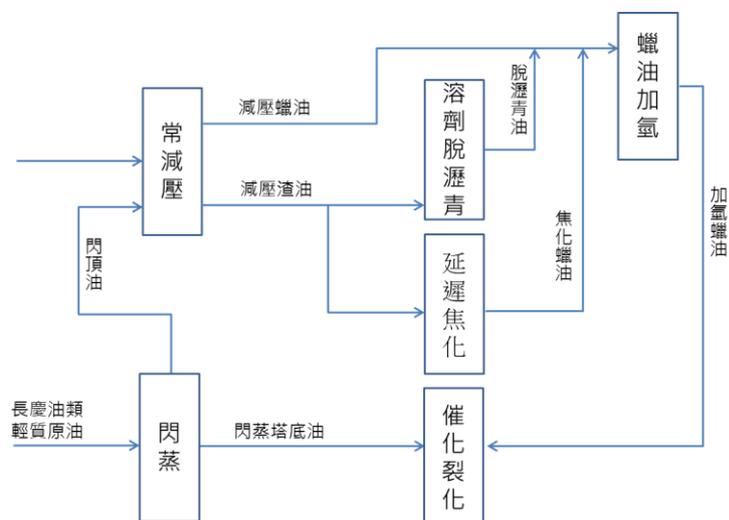
在原油高效利用方面，洛陽石化主要進行工作有二：一是依據裝置容量、限制及加工路線，優化原油採購；二是根據原油品質，進行分儲分煉。

在原油採購方面，按照原油的計畫安排，測算出進口原油平均基準性質上限：殘炭 $\geq$ 4.5%，硫含量 $\geq$ 1.1%，Ni 含量 $\geq$ 18.5  $\mu$ g/g，V 含量 $\geq$ 13  $\mu$ g/g。以此為基準，在總部規定原油採購品種中，每月以 PIMS 線性規劃軟體(LP)作為測算工具，原油及產品價格為基礎，加工效益最大化為目標，優選加工效益相對較好的原油進行採購。

2014 年採取模式一加工，塔河混合原油、管輸原油等大部分原油經過常減壓蒸餾

裝置加工後，減壓渣油作為焦化裝置和溶劑脫瀝青裝置的進料，少量長慶類輕質原油經過閃蒸裝置加工後，閃底渣油與加氫蠟油混合作為催化進料。

模式一：「長流程+大煉量」加工流程



模式一運行中存在主要問題：

1、主流程脫後含鹽高，由於塔河原油密度高，粘度大，硫含量高，鹽含量高等特點，造成脫後原油鹽含量平均在 7.3 mg/L，高時達 28 mg/L。一是焦化裝置加熱爐爐管結焦加快，清焦週期明顯縮短；二是調合瀝青品質差，產品等級降低，造成瀝青出廠困難，影響了溶劑脫瀝青裝置的加工負荷；三是減壓系統高溫換熱器結焦嚴重，換熱終溫下降了近 30℃。在 2015 年檢修中發現：

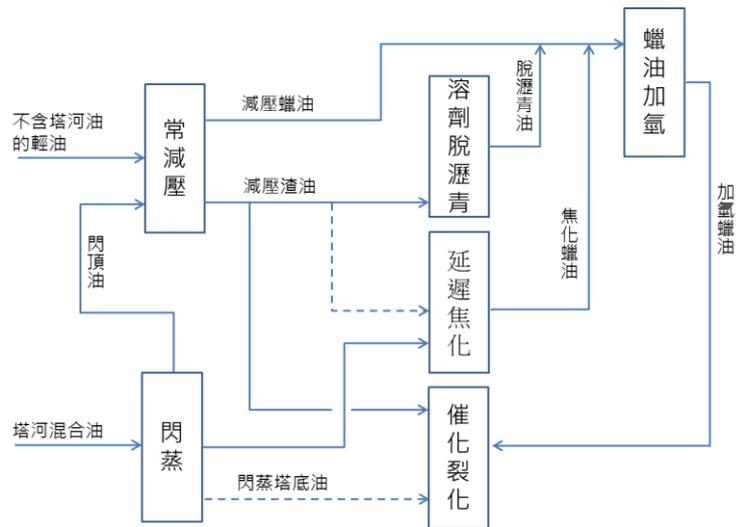
(1)常壓塔塔頂 1-5 層塔盤大部分浮閥腐蝕嚴重並脫落，部分塔盤腐蝕嚴重，厚度由 3 mm 降到 1.5 mm 以下，塔盤上及降液管內結鹽嚴重。

(2)減壓塔第四段填料第三層至第五層和下部十七層格柵填料、第四段升氣盤以及減四線進料分佈器結焦嚴重。

2、催化裝置運行不經濟，由於進料性質較輕，造成汽油辛烷值較低，需大量外購高標號汽油組分。

對閃蒸系統和主流程加工的原油品種進行調整，將殘炭和重金屬含量高、不適合作為催化裂化原料的塔河混合原油由主流程摻煉改為獨立加工，即採用模式二進行加工。

## 模式二：輕重分離，分儲分煉



改善主流程原油的性質，主流程加工除塔河混合原油以外的其它原油，減壓渣油去催化裂化和溶劑脫瀝青裝置加工。以效益優先原則，按照「先催化、再溶脫、後焦化」的順序確定減壓渣油加工方案，提高催化裂化裝置的摻渣能力，盡可能地將減壓渣油從效益差的延遲焦化加工路線轉向效益好的催化裂化加工路線；以減壓渣油加工平衡靈活調整溶劑脫瀝青裝置加工負荷，在低負荷運行情況下盡可能增加高附加值產品，減少低附加值產品，實現經濟效益最大化。

為充分利用長慶等輕質原油資源，改善催化進料性質，6月下旬開始實施原油順序加工方案，長慶、二連、中原內蒙等輕質原油單獨加工，減壓渣油直接供催化裝置，多餘減渣進罐區儲存，作為催化裂化裝置的備用原料；管輸原油及其它路運原油(長慶類輕質原油外)順序加工時，減壓渣油供延遲焦化裝置、溶劑脫瀝青裝置，多餘減壓渣油進油品罐區儲存，作為延遲焦化裝置、溶劑脫瀝青裝置的備用原料。

主流程實施分儲分煉後，效益好的催化裝置摻煉渣油比例平均提高 3%，噸油效益增加 20 元人民幣，效益相對較差的焦化裝置負荷降低，減壓渣油加工流程的優化促使產品分佈帶來變化，汽柴油等高價值產品收率變高、石油焦等低附加值產品收率降低。

### 4.3. 催化裂化裝置煙氣脫硫脫硝裝置介紹

洛陽石化共有兩套 140 萬噸/年催化裂化裝置，1#催化裂化裝置煙氣脫硫裝置 2015 年 1 月 29 日建成投運，2#催化裂化煙氣脫硫脫硝裝置 2014 年 12 月 10 日建成投運，運行至今。

兩套催化裂化煙氣脫硫脫硝均採用美國 BELCO 公司基於 NaOH 洗滌液的 EDV® 脫硫工藝以及 LoTOx™ 脫硝技術。催化煙氣經裝置處理後，控制  $\text{SO}_2 \leq 100 \text{ mg/m}^3$  (干基)； $\text{NO}_x \leq 100 \text{ mg/m}^3$  (干基)；粉塵  $\leq 30 \text{ mg/m}^3$  (干基)。淨化煙氣直接從塔頂排放。該裝置由煙氣淨化（脫硫、脫硝及除塵）系統、廢液處理系統以及臭氧發生系統等三部分組成。

- 1、煙氣脫硫部分：利用 NaOH 吸收煙氣中的  $\text{SO}_2$ 、煙塵，得到  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液，再經淨化、氧化等工序生成含  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  的污水。
- 2、煙氣脫硝部分：用臭氧發生器產生的  $\text{O}_3$  將難溶于水的 NO 氧化成易溶于水的  $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}_3$ 、 $\text{N}_2\text{O}_5$  等高價態氮氧化物，然後在洗滌塔內將氮氧化物吸收轉化為溶于水的物質，達到脫氮氧化物的目的。
- 3、廢液處理部分：脫硫脫硝產生的含鹽廢水經絮凝、氧化等處理後，控制 PH 值 6-9； $\text{COD} \leq 60 \text{ mg/l}$ ； $\text{TSS} \leq 60 \text{ mg/l}$ ，排入廠區總排污口排放。



### 4.4. 污水處理回用裝置介紹

洛陽石化污水處理系統分為煉油污水處理系統和化纖污水處理系統兩部分。

### (1) 煉油污水處理及回用裝置

煉油污水處理場設計處理能力 700t/h，污水經均質調節、CPI 除油、CAF 氣浮、ADAF 氣浮、水解酸化、兩級好氧、MBR、活性炭裝置處理後，進入煉油污水深度處理回用裝置。

### (2) 煉油污水深度處理回用工藝流程：

污水進入高效沉澱池，在高效沉澱池內投加混凝劑（三氯化鐵）、絮凝劑（聚丙烯醯胺）及粉末活性炭，水中不溶性的膠體和微小的懸浮物通過混凝、絮凝作用形成大的絮凝團，溶解性的有機物經投加的粉末活性炭吸附沉降，通過高效沉澱池的沉澱區沉澱去除。高效沉澱池出水進入曝氣生物濾池布水池，均勻分佈進入四間曝氣生物濾池，位於池底部的曝氣設施對濾層進行曝氣，空氣通過填料的孔隙上升，與污水接觸，向生物膜提供充足的溶解氧。出水進入淨水池和反洗水池，淨水池出水至活性炭過濾罐，過濾後進入回用水池回用或排放。

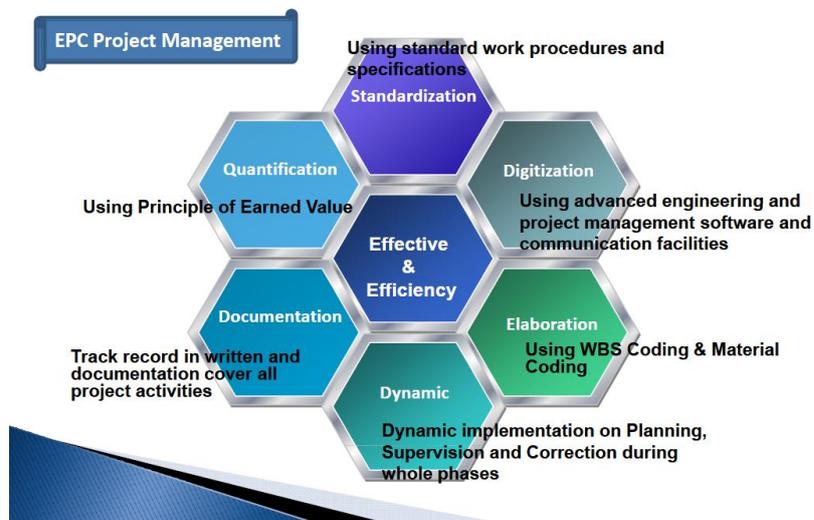
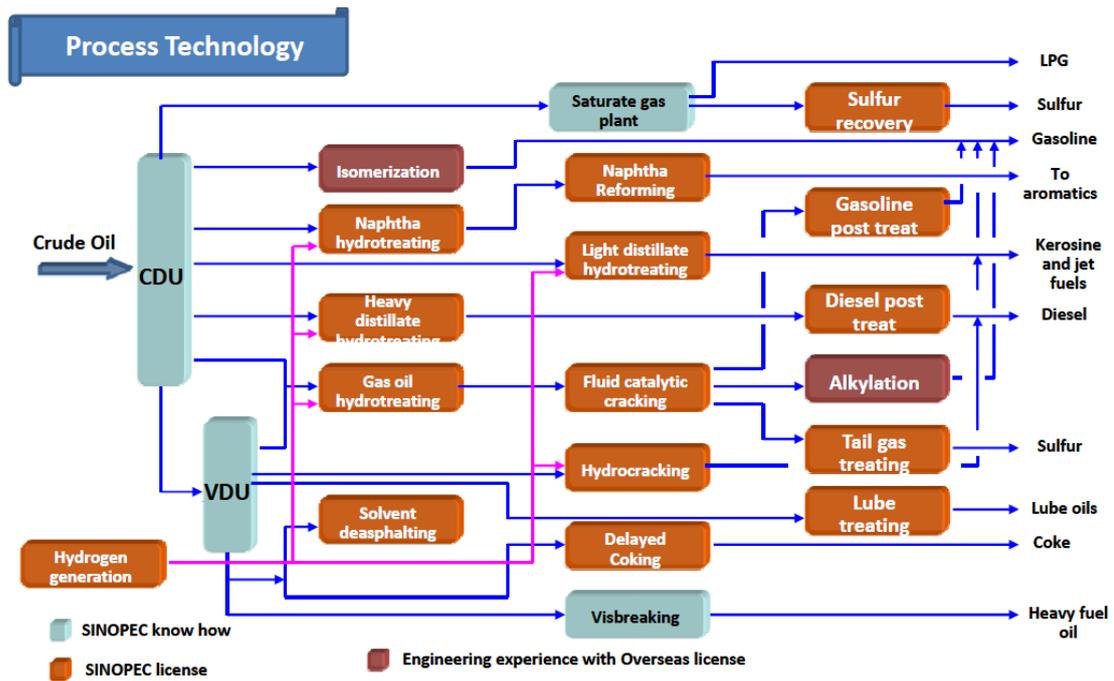
### (3) 化纖污水處理及回用裝置

化纖污水包括 PTA 連續來水、PTA 間斷來水、其它生產生活污水。來水經過預處理、均質調節、生化處理、活性炭過濾等工序處理，設計處理能力為 400t/h。2004 年對化纖污水處理系統進行污水深度處理工藝改造，增加 MBR 裝置，處理回用流程為：污水經預處理、均質調節、生化處理、MBR、活性炭過濾等工序處理，最終回用或達標排放。2006 年開始實現污水部分回用於迴圈水系統。



#### 4.5 參訪中石化洛陽工程公司

洛陽工程公司在煉油工程設計中，針對不同類型的原油制定不同的加工方案，積累了上百種世界各地原油及典型原油的設計加工經驗，可為用戶提供大量、準確的借鑒方案。特別是探索煉製高含硫原油的各種成功方案，並取得良好的成效。洛陽工程公司在過去十年已成功完成約 50 家煉油廠及石化廠之工場設計，其中近 30 個案子的常壓蒸餾裝置容量超過 20 萬桶/日。



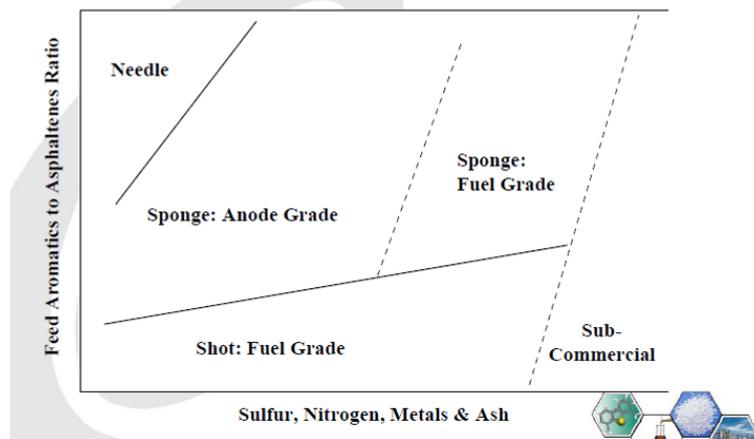
## 五、心得與建議

1. 四川石化重油加氫脫硫工場(RDS)之上流式反應器(UFR)進料為南疆原油，進料品質差且柏油精含量高，使得 UFR 無法完全處理，導致操作一直不好。本公司大林煉油廠 RDS3 工場增建 UFR 設備，屆時須注意進料品質問題。
2. 依據中石化經驗，UFR 出料可設取樣點，但因涉及觸媒性能保證問題，通常 UFR 觸媒與加氫脫金屬、加氫脫硫及加氫脫氮反應器觸媒綁在一起。
3. 本所試驗工場之 UFR 設備今年完成，可投入 UFR 觸媒評估工作。
4. 本公司 VGOHDS 工場目前採用日本 Nippon Ketjen(NK)公司之觸媒，中石化公司有意投標，建議提供觸媒樣品供本所評估。
5. 中石化公司有意投標本公司煤組觸媒，建議提供觸媒樣品供本所評估。
6. 中石化進行原油相容性研究，結果顯示若原油不相容，不但會影響觸媒的使用壽命，也會影響換熱器及塔盤效能。由於環烷基原油柏油精含量高，建議不要和石蠟基原油放在一起。
7. 大陸柴油/汽油比降低，中石化開發了催化裂化同時增產柴油餾分和液化氣的 MGD 技術，可以使催化裂化 LCO 的產率與石腦油相當，同時汽油和柴油的性質得到改善。開發的 LCO 轉化技術-LTAG 通過多環芳烴的加氫飽和與單環芳烴的催化裂化，可以把 LCO 部分或全部轉化成汽油及液化氣。技術的開發達到靈活調整煉油廠產品結構的目的。
8. 面臨能源短缺、環境污染與溫室氣體排放的衝擊，全球各先進國家紛紛整合各大車廠或研究機構，競相研發省能、潔淨的電動車，主要是以鋰電池為動力來源，車用鋰電池所用的負極(陽極)材料主要為碳材，特別強調大電流充放電特性與低成本訴求。非晶型碳材雖每克所攜帶的電量(即克電容量, mAh/g)較石墨碳材低，但是本身結構具不定型，很適合鋰離子短時間嵌入嵌出，又因為非晶型碳材製程不需經高溫石墨化，所以成本比石墨碳材低很多，很適合當成車用大型鋰電池的負極材料。煉研所正進行由重油經過結焦、研磨/分篩、碳化及表面處理等技術，開發具有快速充電及長壽命性質的碳材料，也在 104 年參加經濟部的 A+淬煉計畫，結合下游業者導入電動巴士電池的開發，但需要有一個

中試產量來提供充分的碳材。

- 當考慮要大量生產碳材時，目前最成熟的煉焦技術為延遲焦化的技術，產出的焦炭有海綿焦，主要用於生產煉鋁預焙陽極，具有較高的價值；彈丸焦，由高瀝青質、高金屬含量的劣質原料產生，是由 1~5 mm 的小球組成鬆散結構，只能用於燃料；針狀焦，具有明顯的針狀紋理結構，主要用於生產煉鋼用高功率電極，具有較高的價值。其生產需要特殊的原料及操作條件，性質取決於進料的選擇，如圖所示。

## 原料性質與焦炭結構關係



- 目前煉研所製焦的程序與條件與大量生產的延遲焦化製程有所不同，參考國外的經驗，非晶型碳材也是從延遲焦化製程生產，所以理論上應該要先進行延遲焦化的測試與驗證，若其結果與目前的碳材性質一致，才能保證往後大量生產的產品品質，也可以省去試驗工場的投資，但是必須考慮若委外代工，是否有被抄襲的潛在風險。
- 中石化煉廠低鹽度製程廢水，經一級處理(調勻、油水分離及溶氣浮除，去除懸浮固體及浮油)，及二級處理(缺氧/好氧生物薄膜反應器，亦即 A/O MBR 去除溶解性有機物及氨氮)，經 MBR 的薄膜抽出處理水，直接與工業用水適量混合當做冷卻水塔補充水，層次屬於淺度回用，優點為回用水量較大回收率較高約 90~95%，缺點為冷卻循環水處理技術如微生物控制方面需要特別留意。CPC 林園廠及大林廠新增設二級處理亦採 A/O MBR，但 MBR 的薄膜抽出處理水再經

逆滲透(RO)三級處理去除鹽類，回收水適合當做純水進料，層次屬於深度回用，優點為回用水質較佳，缺點為 MBR 薄膜破損影響 RO 操作壽命及回收率較低約 65~70%。綜合比較若環評要求需回收較大水量可考量淺度回用的模式。

12. 洛陽石化採用 Belco 技術 LOTOX(去除 NO<sub>x</sub>)/ EDV Scrubbing(去除 SO<sub>x</sub> 及 TSP)，大林廠去除 SO<sub>x</sub> 及 TSP 也採用 Belco 的 EDV Scrubbing，但去除 NO<sub>x</sub> 採用在 CO 爐內注入 NH<sub>3</sub> 還原成 N<sub>2</sub> 的 SNCR 技術，LOTOX 係指驟冷飽和煙氣利用 O<sub>3</sub> 將 NO/NO<sub>2</sub> 氧化成水溶性 N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>，被鹼性水溶液吸收中和成 NaNO<sub>3</sub> 溶液，殘留 O<sub>3</sub> 與後段 SO<sub>x</sub> 吸收溶液所含的 Sulfite 或 Bisulfite 反應而消耗掉不至於排到大氣中。這個概念可用在利用 O<sub>3</sub> 再生飽和活性炭(吸附處理 VOC)排氣所含殘留 O<sub>3</sub> 的去除(煉廠鍋爐煙氣 DeSO<sub>x</sub> 排水也含 Sulfite 及 Bisulfite)。
13. 石科院表達 SINOPEC 與 CPC 在生技產品方面未來的合作意願，請 CPC 將議題帶回考量未來適合的合作模式。針對本議題，負責生技行銷的溶劑事業部，102 年與 SINOPEC 台北辦事處曾洽談達成初步共識，先做行銷合作方式：(1)區域性銷售推廣：因 SINOPEC 台北辦事處屬香港分公司，因此建議初期以廣東地區為主，以其熟識的渠道進行銷售推廣。(2)企業內行銷：該辦公室將本案陳報 SINOPEC 總公司，可針對總公司或適合的子公司進行企業內推廣。(3)加油站通路推廣：SINOPEC 目前在大陸地區有 2 萬多家直營加油站，未來可在該通路銷售。至今上述構想礙於諸多因素尚未試行。中油生技產品類別計有：保健食品、個人清潔保養品、飲料及家用清潔用品，前兩類較適合到大陸銷售，可分別以「CPCBio」及「ZOEYEN」兩種商標(皆已在大陸完成註冊)進行銷售推廣，需充份了解大陸對進口產品的法規，尋找適合經銷商辦理大陸的審批、出口報關及銷售推廣，也需持續開發新產品使產品線更具有完整性，也有助於該項業務的推行。