

出國報告（出國類別：開會）

赴中國大陸拜訪碳材料製程公司

服務機關：台灣中油股份有限公司 綠能科技研究所

姓名職稱：謝主豐化學工程師

派赴國家：中國大陸

出國期間：107年3月26日至107年3月31日

報告日期：107年4月12日

摘 要

本所承接煉研所以重質油產出石油系軟碳應用在鋰電池負極材料研究成果，建置試量產設備，但產量受限於批次操作，故為提升製程效益並縮短工程實現期程，參訪已建立中型連續式試驗裝置成功案例之公司「北京中國石化石油化工科學研究院」（簡稱：石科院）。藉由和石科院雙向技術交流和院內試驗裝置設備參訪，了解對方技術優點，評估未來合作的可行性。

另由於本所已逐步建置軟碳的深度加工產線程序，所以在石科院參訪後再轉赴專業研發與生產鋰電池負極材料與人造石墨散熱片之製造商，「榮炭科技股份有限公司」在大陸江門市之「榮炭電子材料有限公司」（簡稱：榮炭江門廠），對該公司在鋰電池負極材料之碳化生產線操作現況與該廠技術人員進行交流，學習榮炭江門廠分享在人員操作環境和設備自動化的管理理念，作為本所軟碳深度加工產線改善方向。

目次

一、	目的	1
二、	行程	3
三、	過程	4
四、	具體成效	19
五、	心得及建議	22
六、	參考文獻	23

一、目的

目前本所進行重質油轉化精碳材料開發及深度加工之試量產研究，本研究對象主要為高階碳材。在能源與環保並重的未來，碳化學應用為必然之發展趨勢。熱縮聚碳化技術為廣泛運用於將重質油轉化高價值碳材料的一種方法，以此技術用以生產非晶型碳材、針狀焦、石墨烯等高階碳材已行之多年。目前全球石油系針狀焦製程專利及產能集中於美、英、日。2009 年之後，因應鋰電池等負極材料開發，全球針狀焦需求量回升，至 2012 年全球針狀焦缺口達 10 萬噸。本所利用熱縮聚碳化技術，配合煉研所研究成果，嘗試開發特重質油轉化為高階碳材之製程技術。本計畫原設計操作製程為連續式，惟因預算與廠址限制等問題，改以批次方式設計，期能儘速取得放大製程之操作數據及提供試樣供電池廠驗證，以取得國內市場先機。

惟批次製程先天上受限產量小及操作成本偏高故必須尋找突破之辦法，在各種製程中延遲焦化製程技術(Delayed-Coking Process)是目前已知較為成熟的製程，延遲焦化是通過熱裂解將重油轉化為液體和氣體產品，同時生成濃縮的固體碳材料(石油焦)。延遲焦化技術的原料範圍廣泛，除了常規的常壓重油(常壓蒸餾塔底油)、減壓重油(真空蒸餾塔底油)外幾乎可以把煉油廠二次加工的重油(加氫未轉化重油、減黏重油、乙烯焦油等)當作進料。

根據去年煉研所與石科院的合作經驗，石科院以本公司處理過的重質油為進料，分別採用煉研所提供操作條件和石科院針狀焦操作條件來生產生焦，結果顯示生產後的生焦進行深度加工成軟碳，與實驗室成果比較，兩者品質相當。至於壽命測試結果則較佳，證明石科院的試量產設備進行延遲焦化技術可量化生產高品質的非晶型碳材，並且是連續式生產操作。中油的重質油以石科院的針狀焦操作條件在熱膨脹係數(CTE)的測試有更佳的效果，可往超高功率的電極棒的原料及非晶型碳材/高能量型的人工石墨發展。

藉由煉研所和石科院的合作和技術交流，本所也利用此機會叩門和多次詢問下，

石科院終於允許本次的參訪，希望藉此交流搭起未來兩方的合作橋樑。

同時藉由本次的大陸出國機會，順道拜訪榮炭科技股份有限公司(簡稱：榮炭公司)的大陸鋰電池負極材料的生產工廠(廣東省江門市新會區崖門鎮登高石工業區)。

因重質油轉化為精碳材料的過程中，得到的生焦需要經過一連串加工程序(簡稱：深度加工)才能得到可以應用在鋰電池的負級材料上之軟碳。榮炭公司是專業研發與生產鋰電池負極材料與人造石墨散熱片之製造廠商，也與煉研所有多次合作與委託代工處理。目前本所建置軟碳深度加工產線，其中預鍛燒工作是委託榮炭公司代工處理，所以藉由此次大陸出國機會，前往榮炭公司的大陸生產工廠參訪和觀摩預鍛燒代工處理作業情況。

二、行程

107.03.26	桃園-北京	起程
107.03.27	北京	北京石科院參訪與技術交流
107.03.28	北京	北京石科院參訪與技術交流
107.03.29	江門	交通路程，北京-澳門機場-廣東省江門市
107.03.30	江門	榮炭江門廠參訪與技術交流
107.03.31	江門-高雄	技術交流與返程，廣東省江門市-澳門機場-高雄

三、過程

3.1. 石科院參訪與會人員

- CPC 綠能所(GTRI)

工程師：謝主豐

- SINOPEC 石油化工科學研究院(RIPP)

國際合作處

副處長：陳春芳

王靜

重油加工研究室

主任：申海平

高級工程師：劉自賓、范啟明

工程師：涂自強



涂自強	劉自賓	范啟明	申海平	謝主豐	陳春芳	王靜
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----



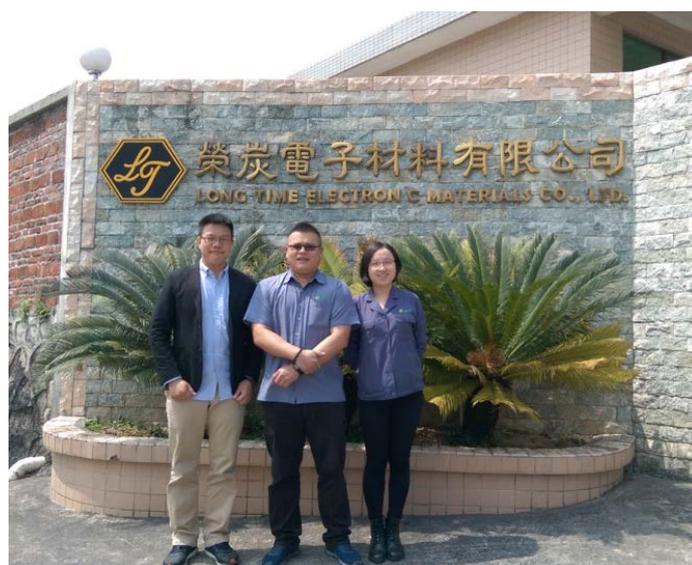
3.2. 榮炭江門廠參訪與會人員

■ 江門市榮炭電子材料股份有限公司

廠長：溫少豪

總務主任：梅蓉

車間主任：李志楊



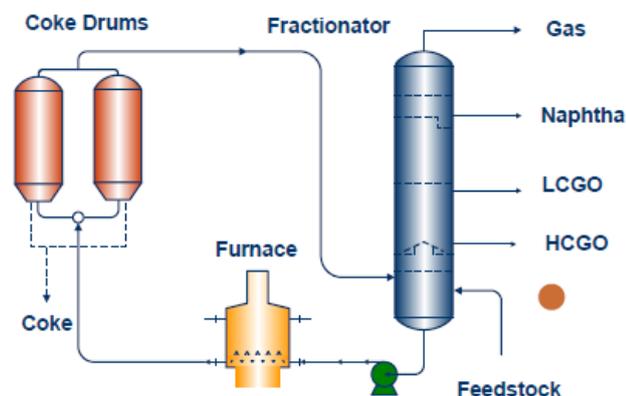
謝 主 豐	溫 少 豪	梅 蓉
-------------	-------------	--------

3.3. 石科院技術交流活動概況與心得

本次參訪討論主題圍繞著石科院建置的中型試驗裝置，此套裝置仿造煉油廠延遲

結焦製程(Delayed coking process)，一般作為石科院重油加工研究和煉油廠延遲結焦工場的技术服務使用。

一般延遲結焦(或稱延遲焦化)裝置是煉油廠提高輕質油料回收率和生產石油焦的主要加工裝置。進料是將低價值的殘渣油(常壓塔底油、真空塔底油、減黏殘渣油、重質燃料油、加氫未轉化殘渣油和煤焦油等)經深度熱裂化反應轉化為高價值液體油料和氣體燃料氣，同時生產石油焦。在延遲焦化過程中，通常使用水平管式加熱爐在高流速、短停留時間下將進料加熱至 490~510°C 的反應溫度後進入焦炭塔(或稱結焦槽)；焦炭塔內的一定溫度、壓力、滯留時間下，油料發生熱裂解和熱縮聚反應，生成焦化燃料氣、焦化液化氣、焦化汽油、焦化柴油(LCGO)、焦化蠟油(HCGO)和石油焦。因為油料在加熱爐停留時間很短，僅發生淺度熱裂化反應，快速通過加熱爐爐管獲得反應所需能量後，主要的熱裂化和熱縮聚反應被「延遲」在下一單元的焦炭塔，故稱為「延遲焦化(Delayed coking)」，也是一個沒有催化劑的熱加工製程。



圖一、延遲焦化製程流程簡圖

延遲焦化製程是煉油廠中一種間歇-連續的加工製程，一般採用一座加熱爐對應兩座焦炭塔，加熱爐是連續進料，兩座焦炭塔並聯間歇切換操作，一座在反應結焦、另一座在除焦，透過焦炭塔底部四通閥切換，一般 18~24 小時切換一次。當焦炭塔內的固體石油焦達到一定高度(一般是 60%料位)後，焦化原料油被切換到另一座空的焦炭塔內繼續進行反應，充滿石油焦的焦炭塔進行吹除、冷卻、除焦、預熱等步驟，因為焦炭塔的週期性切換，整體操作為連續式製程。

整個延遲焦化製程裝置可分為加熱爐、焦炭塔、分餾塔、吹氣放空系統和水力除焦系統，共五個系統。

加熱爐：

焦化加熱爐主要作用是給原料油提供進行結焦反應所需的熱量，同時避免原料油在加熱爐內進行反應，並具有低結焦速率和長週期操作特點。現今的延遲焦化加熱爐採用雙面輻射爐管(爐管布置在爐膛中間，一排或兩排，兩面受火焰輻射)，相較於早期單面輻射爐管(一面受火焰輻射熱、一面受爐壁的反射熱)，處理量較大、熱量分布更均勻、熱效率較高且延長加熱爐操作週期。

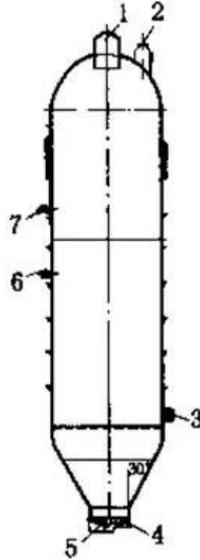
加熱爐的設計上一般需滿足以下特點：

- (1) 針對給定的原料和加熱爐進料性質以及相對應的製程參數，有很強的再現性和可靠性。
- (2) 爐膛內溫度場和熱強度場均勻，使介質有穩定的溫升梯度。
- (3) 有適當均勻的熱強度，使管內油料有較短的停留時間，一般希望 427°C 以上的油料停留時間不要超過 30 秒。
- (4) 管內油料的冷油流速(>1.83m/s)高或質量流速(1700~2200kg/m²s)高。(冷油流速：油品在 15°C 或常溫狀態下，在爐管內的流速。控制冷油流速的目的是防止爐管結焦。)
- (5) 具有多點注汽或注水、線上清焦(on-line spalling)等功能。
- (6) 高加熱爐熱效率，一般要求 90%以上。
- (7) 連續運轉時間長。

其中和申海平主任討論上述(5)多點注汽或注水，近年新設計的加熱爐都採用多點注汽且因為是蒸汽，本身溫度較高；相較於注水，液態水必須吸熱汽化，會增加加熱爐熱負荷。而且多點注汽能夠靈活調節各點注汽量，更有利於加熱爐的長週期安全操作。

焦炭塔：

焦炭塔不是真正意義上的塔，實際上是一個大反應器，內部沒有什麼內部構件，整個塔體由鋼板拼湊焊接而成。塔頂部開有除焦口、出油口、放空口及泡沫小塔口；塔底部錐體下端設有除焦和進料的底蓋。



圖二、焦炭塔結構示意圖

1-除焦口；2-油氣出口；3-預熱油氣出口；4-進料管；5-卸焦口；6-熱電偶；7-中子料位計

現今焦炭塔實體設計一般裝有：(1)自動頂部和底部蓋板裝卸系統(Automatic unheading system)；(2)中子料位計指示焦炭層高度(Neutron level meter)；(3)注入消泡劑(Anti-foam agent)；(4)採用降低焦化反應壓力措施。另外焦炭塔的保溫對完成油料的熱裂化反應至關重要。如果保溫不好，熱量易大量損失，使反應溫度降低，熱裂化反應無法完成，甚至局部無法結焦。根據文獻，塔頂溫度為 432°C 時，內壁結一層緻密的焦層；溫度小於 410°C 內壁結焦輕微，溫度為 380~390°C 就不結焦。焦炭塔保溫的好壞也對減少局部應力及塔壁腐蝕有其重要的作用。

分餾塔的作用：

- (1) 分餾作用：把焦炭塔塔頂的油氣所含的汽油、柴油、蠟油及部分循環油，按其組分的揮發度不同切割成不同沸點範圍的油品。
- (2) 換熱作用：一般進料油在分餾塔底部與高溫油氣換熱及預熱後，溫度可達

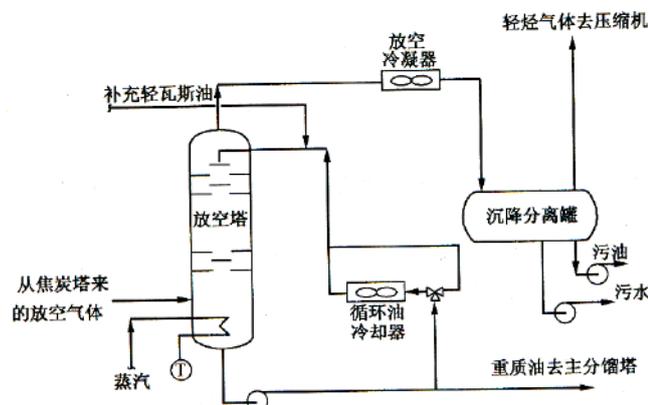
385~395°C 以上。可提升製程裝置的熱利用率和減輕加熱爐輻射段的熱負荷。

現今焦化分餾塔的設計會注重以下四點：(1)基於焦化蠟油質量和焦化原料油性質可靈活調節循環比；(2)反應油氣進入分餾塔進料段採用特殊設計防止焦粉堵塞塔底；(3)選擇低壓降、處理量大、高分離效率和高抗堵性能的塔盤內件；(4)分餾塔頂部的在線鹼洗技術。

吹氣放空系統流程(或稱排放系統)：

焦化裝置吹氣放空系統用於處理焦炭塔除焦前的冷卻過程，過程中排出來的油氣和蒸汽。(結焦後的作業程序有改槽、蒸汽吹除到分餾塔、蒸汽吹除到吹氣放空系統、慢速水冷卻、快速水冷卻、排水、開頂蓋和底蓋、除焦、鎖頂蓋和底蓋及試漏、預熱)

此系統設置是為了控制污染和提高燃料氣回收，除焦前的冷卻步驟階段會排放出大量油氣和蒸汽，如果直接排空，不僅造成可回收氣體和油品損失，還會造成嚴重的環境污染，危害操作同仁的身體健康和生命安全。此過程從焦炭塔汽提出來的油氣和蒸汽混合物，排入吹氣放空系統的放空塔底部，經冷卻的循環油回收重質烴，再送回焦化主分餾塔底部。放空塔塔頂排出的油氣和蒸汽混合物經過冷卻後，在沉降分離罐分離出污油和廢水，再送去專門處理裝置。另外在沉降分離罐分出不冷凝的輕烴氣體，會經過壓縮機壓縮後再送到燃料氣處理系統。



圖三、吹氣放空系統示意圖

水力除焦系統：

水力除焦是目前延遲焦化裝置生產中的一道程序。水力除焦的原理是利用高壓水泵浦加壓後的高壓水，對焦炭塔內的焦炭進行破碎，使其與塔壁脫離，藉由重力往下掉，排出焦炭塔後再另行處置。水力除焦是當前主流的技術，相關設計會考慮到以下三點：(1)程序控制除焦系統；(2)切焦器自動切換；(3)密閉焦炭處理系統。

延遲結焦技術其他設計方面還有，(1)優化換熱流程；(2)優化換熱製程以減少水冷量、燃料使用；(3)基於需求優化焦化操作參數。中石化公司擁有 60 年的延遲焦化經驗，在世界上設計與建設了 60 多套延遲焦化裝置，總能力達到 6,100 萬噸/年，其中五套海外裝置產能達到 1,200 萬噸/年。技術的開發和工程設計團隊有石科院(RIPP)、洛陽工程公司(LPEC)、工程建設公司(SEI)。中石化自有專利技術與國外公司延遲焦化技術主要特點整理如下表。

表一、國外公司延遲焦化技術特點

公司	技術特點
SINOPEC(中石化)	(1) 產品收率和質量預測； (2) 製程控制方法； (3) 先進的加熱爐設計； (4) 優化的換熱工藝，可降低公用工程和燃料消耗； (5) 密閉吹氣放空系統； (6) 焦炭塔的設計和製造； (7) 切焦器的自動切換； (8) 除焦控制閥； (9) 程序控制和連鎖技術； (10)水力除焦設備
Foster-Wheeler 公司(簡稱 FW)	(1) 增加加熱爐注汽，提高出口溫度到 500°C； (2) 降低焦炭塔壓力到 0.103MPa； (3) 超低循環比或零循環比操作； (4) 超低循環比時分餾塔採用噴淋洗滌； (5) 加熱爐可用雙面或單面輻射，採用在線清焦；

	<ul style="list-style-type: none"> (6) 採用自動拆頭蓋機，縮短生焦週期到 16 小時； (7) 焦炭塔及加熱爐安全連鎖及順序控制
Conoco/Bechtel 公司	<ul style="list-style-type: none"> (1) 進加熱爐的循環油部分或全部被更輕的餾分油取代； (2) 過濾蠟油大於 25 μm 的焦粉顆粒； (3) 分餾塔加裝循環油抽出槽和設置噴淋洗滌油； (4) 零或最小循環比，餾分油循環； (5) 優化焦炭塔的壓力，較高的焦炭塔操作溫度； (6) 縮短生焦週期到 11~20 小時； (7) 安全的除焦系統和敞口的斜式溜槽
ABB-Lummus 公司	<ul style="list-style-type: none"> (1) 降低焦炭塔壓力到 0.103MPa； (2) 加熱爐可用雙面或單面輻射，採用在線清焦； (3) 低循環比時分餾塔設置塔盤和噴淋洗滌； (4) 優化的專利焦池和焦炭塔的框架設計； (5) 可靠的連鎖和自動化技術； (6) 較高的加熱爐出口溫度(482-510$^{\circ}\text{C}$)； (7) 污油處理技術
Kellog Brown&Root 公司	<ul style="list-style-type: none"> (1) 焦炭塔壓力維持 0.103MPa； (2) 加熱爐出口溫度到 510$^{\circ}\text{C}$； (3) 超低循環比或零循環比操作； (4) 採用自動拆頭蓋機，縮短生焦週期

延遲焦化的固體產品為石油焦，石油焦依型態外觀分為數種不同的石油焦，一般有彈丸焦(Shot coke)、海綿焦(Sponge coke)、針狀焦(Needle coke)。

彈丸焦生成是焦化原料較重且高瀝青質的當進料，在高溫、低壓和低循環比的操作條件下，生成的球形焦炭；海綿焦是由高樹脂-瀝青質含量的進料生成的焦炭，這類焦炭含有小孔，小孔之間為特厚的壁，以至於小孔之間沒有通道。由於雜質含量高、導電率差且石墨化的熱膨脹係數高(CTE)，故不易鍛燒。

針狀焦用高芳香烴的焦化原料當進料，在特定的操作條件下生產的焦炭，焦內的孔隙呈細長的橢圓形孔，而且為均勻定向。針狀焦的結晶度高、熱膨脹係數低、導電

性良好，經過鍛燒和石墨化後可製造高級電極等石墨產品。石科院表示目前中石化旗下大型煉廠中並無專門生產針狀焦延遲焦化工場，但中石油旗下的煉廠有專門生產針狀焦的延遲焦化工場。石科院對於針狀焦的質量指標和分析方法，整理如下表。

表二、針狀焦質量指標和分析方法

項目	技術指標	分析方法
真密度/(g/cm ³)	>2.12	SH/T 0033
CTE 值/(10 ⁻⁶ /°C)	<2.60	RIPP 24-90
灰分/W%	<0.2	SH/T 0029
硫含量/W%	<0.5	GB/T 387

以石科院的研究經驗當加熱爐出口溫度較高，會使焦炭塔造成泡沫夾帶和促進彈丸焦的生成，彈丸焦的產生會影響操作安全。



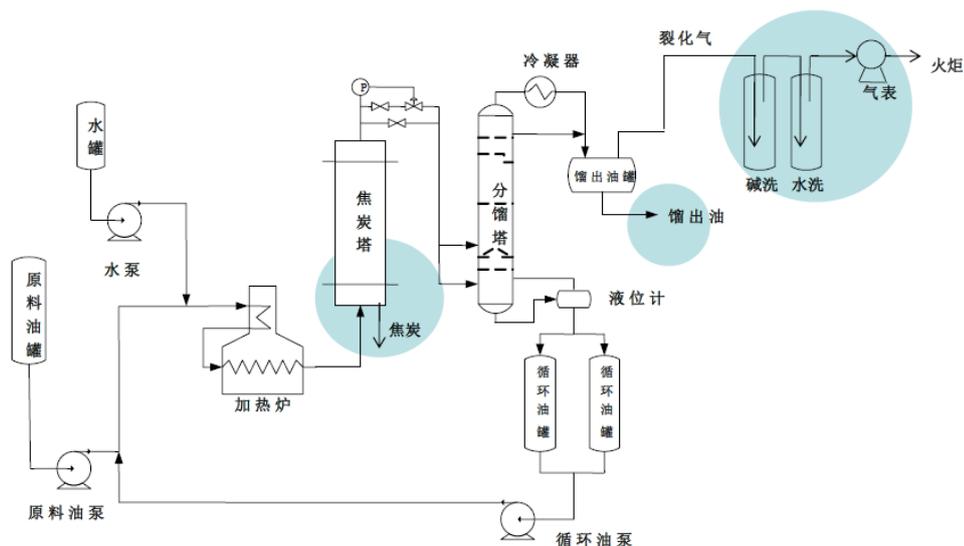
圖四、彈丸焦(左)；海綿焦(中)；針狀焦(右)

此行技術交流中，石科院也介紹院內的中型試驗裝置。石科院開發的延遲焦化中型試驗裝置有技術移轉到海內外多家公司，目前還在運轉的裝置有4套，整理如下表。

表三、石科院許可的延遲焦化中型試驗裝置

序號	公司	投用時間	製造商
1	石科院(RIPP)	1999.05	Xytel
2	印度 IOC	2000.06	Xytel
3	中國石油錦州石化分公司	2001.09	石科院
4	美國 BP	2008.12	Xytel

石科院院內的中型試驗裝置是第一套運轉裝置，投用時間也是最早，製造商是 Xytel 承包。四套向石科院技術移轉的延遲結焦中型試驗裝置的公司只有作為研究使用，並未有後續進一步延伸。石科院延遲焦化中型試驗裝置流程圖，如下所示。



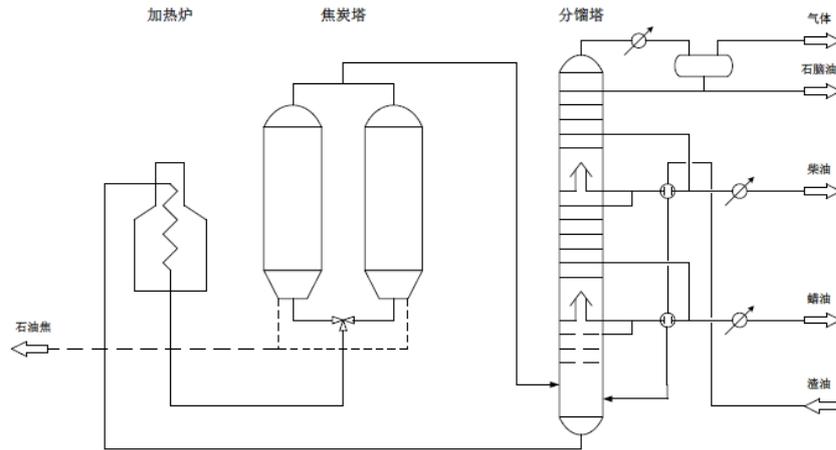
圖五、RIPP 中型試驗裝置流程圖

此套的中型試驗裝置焦化進料量為 10kg/hr，石科院作為研究使用操作頻率不高，一年操作次數大約 20~30 次。設備受限於一座焦炭塔，所以生焦年產能最大量約為 3 公噸。

製程分析：

石科院中型試驗裝置整體製程仿造煉廠的延遲焦化工廠製程，除了焦炭塔數目和製程熱回收以外，其他設備類似煉廠的延遲焦化工場裝置。此套裝置進料方式是從分餾塔塔底抽出循環油，循環油進入循環油罐，再依循環比的多少，調整循環油和原料油的進料比例，最後進入加熱爐，進入加熱爐前會注水幫助油料在管線的流動。

一般煉廠的延遲焦化工場進料，是把焦化原料進入主分餾塔底部，主分餾塔塔底再抽出部分循環油送到加熱爐加熱，循環比也是依據進入主分餾塔塔底的流量和循環油的抽出流量去做調整，所以此套裝置和煉廠的延遲焦化工場的進料方式略有差異。此套裝置的進料設計可以避免分餾塔底部的結焦問題，製程操作也比較容易操作，但因此套進料規模甚小，所以沒有像煉廠強調的餘熱回收和物流熱整合優化。一般煉廠的延遲焦化裝置前端製程(加熱爐、焦炭塔、主分餾塔)示意圖如下所示。



圖六、煉廠延遲焦化裝置前端製程示意圖

油料進入加熱爐充分加熱後，進入焦炭塔進行熱裂解和熱縮合反應。反應生成的固體產品焦炭沉積在焦炭塔內，高溫油氣從焦炭塔頂部排出，經壓力控制閥組進入分餾塔，在分餾塔中分割成裂化氣、塔頂輕油和塔頂重油。對裂化氣首先進行採樣分析，後經鹼洗和水洗進氣表計量，最後排到外部的小火炬系統放空燃燒。塔底重油經塔底液位控制閥組進入循環油罐，根據試驗要求按預定的循環比，從循環油泵打入加熱爐和新鮮原料一起進入加熱爐回煉。

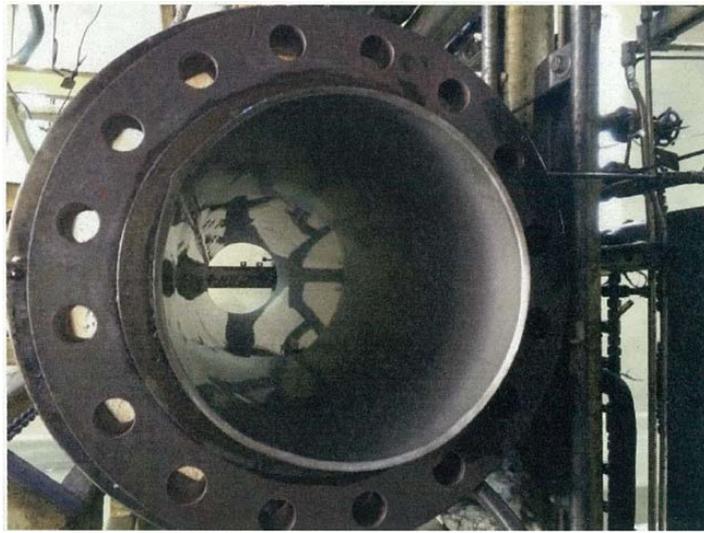
塔頂輕油經冷凝器冷卻後，收集在塔頂輕油餾出油槽中，試驗完成後與未回煉的塔底重油一起去蒸餾裝置進行切割，分成焦化汽油、焦化柴油和焦化蠟油。所以此套中型試驗裝置重點在於產出固體產物焦炭，而不是從分餾塔分離液體油料產物。所以試驗中產出的液體油料需另外收集，作為油品研究或作為廢油處理。

達到預定的開工週期後(石科院也是設定結焦週期 24hr 左右)，停止進料，甩污油、降溫、除焦。最後根據焦化產品量計算物料平衡，並對各焦化產品進行採樣分析。整套中型試驗裝置從小監控制室電腦線上控制，資料準確可靠，溫度偏差 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、壓力偏差 $\pm 5\text{kPa}$ ，物料平衡可達 97%以上。整套裝置約佔廠房空間 10(m) \times 10(m)面積，含控制室，廠房高度約 5m 高。

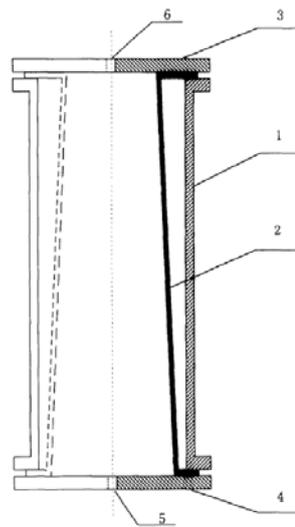
石科院依本身在延遲焦化研究領域提供操作參數，焦化油料為煉研所送來的重質油料當進料，送樣回饋給煉研所，生焦經後續的深度加工測試後品質甚為滿意。

煉研所三次的送料給石科院代工經驗，操作中有發覺進料油料易結焦且對溫度敏感，其中有一次操作導致加熱爐爐管結焦很嚴重，後續維修甚至把加熱爐爐管拆下來用柴油清洗和重新整理設備。

針對此套中型試驗裝置除焦的方法，石科院是發明內外桶易拆卸的除焦技術，焦炭塔內有一個內部套桶設計。專利搜尋可查到石科院的中華人民共和國專利號CN2418128Y(一種易除焦的焦炭塔)實用新型專利，授權公告為 2001 年，時間點符合第一套中型試驗裝置建置時間。



圖七、焦炭塔及內桶



圖八、示意圖

根據專利說明書內容，焦炭塔由塔體 1、內襯桶 2、頂法蘭 3、底法蘭 4、焦化原料入口 5 和焦化氣相出口 6 組成，其中內襯桶 2 嵌在塔體 1 的內壁，內襯桶 2、塔體 1 上端突緣與頂法蘭 3 通過螺栓、螺母連接，內襯桶 2、塔體 1 下端突緣與底法蘭 4 也通過螺栓、螺母連接(圖中未畫出螺栓和螺母)，焦化原料入口 5 開孔於底法蘭 4，焦化氣相出口 6 開孔於頂法蘭 3。

焦炭塔的除焦方法如下：焦炭在焦炭塔內襯桶 2 成焦後，打開頂法蘭 3 和底法蘭 4，輕輕砸一下焦炭上層，焦炭柱靠錐度和重力就自動從內襯桶內脫落，在塔體下端用太空包或容器承接焦炭柱。由於焦炭是以整個柱狀除出，既省時省力，又沒有粉塵污染。內襯桶可用薄鐵皮或薄不銹鋼板作成，一但損壞可以方便快捷更換費用也較低廉。

3.4. 榮炭江門廠技術交流活動概況與心得

本次參訪榮炭江門廠的緣由是本所和榮炭公司有合作，再加上煉研所陳彥旭博士建議，所以才會利用此次大陸出國計畫案把榮炭江門廠參訪行程排進去。

榮炭公司成立於 2009 年，是一家專業研發與生產鋰電池負極材料與人造石墨散熱片之製造廠商。公司營運總部及研發中心設立在台灣新北市的亞東科學園區，負極材料生產工廠及品檢中心設立於中國廣東省江門市崖門鎮登高石工業區，佔地 12000 平方餘米，生產運轉至今約 7 年，也是此次參訪的工廠。

整座工場有兩條碳化生產線(車間一廠、車間二廠)，碳化生產線採用日本最先進的之 Noritake 滾道式(RHK)碳化爐(或稱隧道式)，也是大陸境內唯一採用日本 Noritake 碳化爐生產之負極材料公司。

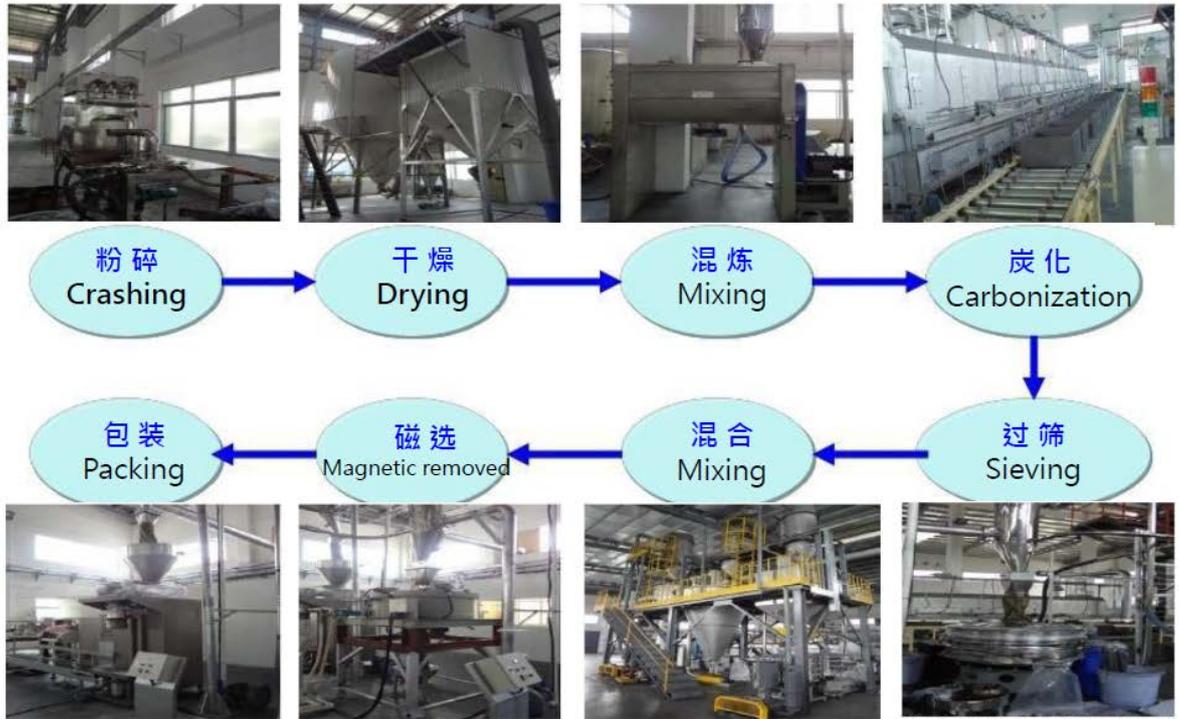


圖九、日本 Noritake 滾道式碳化爐

榮炭建置碳化生產線屬於連續式產線，不同於本所建置的批次式碳化氣氛爐，可處理量更大。兩條碳化生產線處理量整理如下表，假設材料比重為 0.6-0.7，且一個坩鍋可裝填 7-7.5 公斤。兩組碳化產線燒成的週期約 22.5 小時，但這部分依客戶材料特性作調整。整個碳化生產線碳化爐是主要設備外，還需搭配前處理和後處理的程序設備，前處理包含粉碎、乾燥和混煉；後處理包含過篩、混合、磁選和包裝。但是否需要經過每道程序要視客戶的材料性質而定。

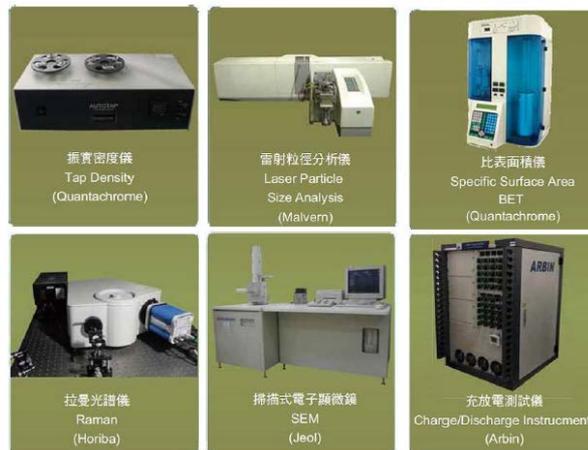
表四、生產線處理量

	日產能	一組料(4 個坩鍋)	一組料 run 貨時間
車間一廠	2.4 噸	28 公斤	23 分鐘
車間二廠	3.6 噸	28 公斤	12 分鐘



圖十、碳化生產線流程

榮炭江門廠也建置了先進檢驗設備，用來提供客戶的品質化驗數據。除了碳化生產線和品保檢測設備交流外，廠長也表示因大陸環保法規日漸要求嚴格，目前廠內持續進行作業環境的改善和減輕操作員的負荷工作，這方面也分享了許多心得。



圖十一、先進檢驗設備

四、具體成效

4.1. 石科院參訪具體成效

此次石科院參訪前中間有一番波折，後續經過泰峰興公司和本所長官的努力下，石科院終於答應此次的參訪交流。但中間交涉過程本所提出觀看延遲焦化中型試驗裝置的請求，一直到出國前石科院都沒有鬆口答應，只允許會議室技術交流討論。

直到會面當天本人代表綠能所由衷感謝石科院答應此行的技術交流。經過第一天在會議室就延遲焦化本身的技術交流和意見交換，參訪第二天的行程，石科院安排現場觀看延遲焦化中型試驗裝置的實體設備。雖然當時設備並無操作，但石科院也就設備本身當場簡介，設備圖照片如下所示。經過現場近距離觀看此套中型試驗裝置，更加肯定石科院在延遲焦化的技術水平，也是此行的最大收穫。



圖十二、石科院中型試驗裝置

此趟出國前準備提問的問題，多數也在參訪交流中得到答案，重點整理如下：

- (1) 石科院評估現有的中型試驗裝置(進料量=10kg/hr)，可放大 2~3 倍，以放大最大進料量(30kg/hr)且兩座焦炭塔設計評估，生焦年產能約 100 噸。
- (2) 考慮到加熱爐採用電加熱的方式，進料量不宜過度放大，目前現有中型試驗裝置加熱爐加熱功率為 100KW。(本所現有的批次反應器，外圈加熱器加

熱功率 60KW)

- (3) 石科院願意提供工程放大設計協助，包含 P&ID、儀表規範開立和設備規範開立等。惟承包的工程公司必須先由綠能所找尋，重點必須找得到製作小型設備的特製設備商。
- (4) 關於放大 3 倍的經濟分析，石科院申海平主任初估設備建置需要 2~3 億台幣。申主任以做過最小的年產能 10 萬噸延遲焦化煉廠為例，評估小於五萬噸的年產能不具經濟性。
- (5) 設備廠房面積約為 10(m)×10(m)，此面積含控制室和配電盤，廠房高度約 4~5m。廠房為水泥建築，先有建築物，之後才規劃設備建置，所以當初焦炭塔的設計受限於廠房高度。
- (6) 中型試驗裝置焦炭塔的除焦方法，雖然採用石科院的特殊專利進行除焦。但除焦工作，還是對操作人員有一定程度的重體力負荷。
- (7) 一般中型試驗裝置操作過程，設備裝置和控制室各排一人，惟有進行除焦工作才會額外增加人手。
- (8) 操作過程的三廢處理，廢氣排到簡易小型火炬系統燃燒、廢油特別蒐集再送他處處理(中型試驗裝置的分餾塔並無設計切割油品功能)。
- (9) 此套中型試驗裝置因只有一座焦炭塔沒有設計連鎖功能，但有裝設安全排放裝置。如果設計兩座焦炭塔考慮製程需求，必須要設計連鎖功能。
- (10) 關於石科院中型試驗裝置，此套設備作為研究使用中石化延遲焦化煉廠的技術服務；有數次商轉例子，商轉業主後續也是用在研究上。
- (11) 石科院此次參訪主動釋出善意，歡迎綠能所再次參訪並期許更進一步的交流和合作機會。

4.2. 榮炭江門廠參訪具體成效

榮炭江門廠位於廣東省的境界，從北京搭乘飛機到澳門機場後，還需進行澳門出關和大陸入關(橫琴關)的兩道程序後，最後搭車抵達廣東省江門市。中間的交通路程花了大多數的時間，再從下榻的旅館到榮炭江門廠區路程也需要 1.5 小時車程。這次參訪感謝榮炭台灣公司的業務經理安排，交通路程也備有專車接送，參訪過程提出的問題都會熱心解答。雖然此行本所代處理的料粉因程序還在大陸海關查驗，無法看到實際代處理情況，但還是有看到車間一廠(第一條生產線)處理其他客戶的料粉。

此外，此行的最主要收穫，就是透過榮炭江門廠廠長的介紹，引薦了兩間設備環境改善的廠商。第一間是集塵設備及空氣輸送設備專業廠商(協輝機械)；第二間是粉料的自動注料設備廠商(上海一實貿易公司，日本則武公司的代理商)。因為本所建置的批次式碳化爐，在倒料操作和取料操作上，容易造成粉塵污染，對操作人員的身體造成不利的影響。希望朝改善作業環境和減輕操作同仁的負荷，也是此次出國前本所長官交待向榮炭江門廠觀摩與學習。

回台後續已經聯絡兩間廠商，將擇日拜訪本所，並對相關問題提出專業性意見。其中一實公司已提供自動注料機型錄供參考，截圖其中設備如下所示。所以相關工作已在進行。



圖十三、真空脫氣粉體自動注料機(一實公司提供)

五、心得及建議

- (1) 本次參訪和交流過程中了解到石科院在延遲焦化領域技術深耕數年，技術層面較國外大廠毫不遜色，交談過程也大方分享在該領域上的實例和心得。透過此趟技術交流，可互相學習和激發更多的研究思維，是相當難得的經驗。建議未來可繼續並增加彼此交流。
- (2) 先前煉研所委託石科院代工採用延遲焦化技術生產高品質的非晶型碳材，初步成果數據皆與自身實驗室結果相當。本所進行煉研所的碳材專案，受限於生焦產能無法提升，此行參訪石科院的中型試驗裝置，可進一步評估是否為該問題的解決辦法。建議由本所會同煉研所與石科院進行三方參訪會談，針對生焦產能提升問題，再詳細討論，評估解決方法及合作的可能性。
- (3) 關於生焦產能提升，除了工程專業問題外，其他如土地使用、內部和外部程序的行政流程、軟碳深度加工產線匹配和下游客戶的提貨量，均尚需進一步的討論和協議，才能確認。目前台灣電動車推廣正在啟蒙階段，建議配合政府政策執行。
- (4) 本次透過榮炭江門廠的交流機會，得到碳粉加工作業環境上的建議和經驗，建議建置注料系統和集塵設備系統等功能，改善作業環境和減輕操作同仁的工作負荷。
- (5) 煉研所和石科院簽有技術合作交流，預計今年(2018年)第四季在台灣舉行，屆時石科院代表團將來台參與。本所可利用此機會與石科院交流學習，加深對彼此技術水平的認知，培養合作之契機。

六、參考文獻

- (1) 范啟明博士, 中国石化延迟焦化技术, 中國石化石油化工科學研究院, 2018.
- (2) 何永盛, 參加2017 SINOPEC-RIPPCPC-RMRI 煉油化工技術研討會, 出國報告, 台灣中油公司煉製研究所, 2017.
- (3) 洪正宗, 參加2015 SINOPEC-RIPPCPC-RMRI 煉油化工技術研討會, 出國報告, 台灣中油公司煉製研究所, 2015.
- (4) 胡堯良主編, 延遲焦化裝置技術手冊[M]. 煉油裝置技術手冊. 北京: 中國石化出版社, 2013.
- (5) 瞿濱主編, 延遲焦化裝置技術問答(第二版)[M]. 煉油裝置技術問答叢書. 北京: 中國石化出版社, 2013.
- (6) 梁朝林, 顧承瑜. 延遲焦化(第二版)[M]. 煉油工業技術知識叢書. 北京: 中國石化出版社, 2015.
- (7) 中國石化出版社編著, 延遲焦化裝置技術改造及優化案例[M]. 煉油裝置技術改造及優化案例叢書. 北京: 中國石化出版社, 2012.
- (8) 中國石油化工有限公司石油化工科學研究院, 一種易除焦的焦炭塔: 中國, 2418128Y. [P]. 2001-02-07.
- (9) 江門市榮炭電子材料有限公司簡介, 榮炭科技公司.
- (10) 自動注料機(粉體充填機)型錄, 上海一實貿易公司.