

出國報告（出國類別：考察）

輕油裂解工場參訪作為  
製程技術引進之參考

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：謝廠長旻志、謝經理星祿、黃經理棋榕

派赴國家/地區：印尼、泰國

出國期間：112年12月11日至112年12月15日

報告日期：113年1月3日

## 摘要

本公司四輕工場操作已 39 年，面臨設備老舊、能源效率欠佳問題，同時為配合政府能源轉型政策，因應全球電動車市場成長趨勢，本計畫規劃新建 1 座乙烯年產能 100 萬公噸之輕油裂解工場，去化煉油廠過剩汽、柴油，多產石化原料，以滿足台灣地區石化中下游業者之原料需求，強化供應鏈韌性。Lummus Technology 公司為全球知名輕油裂解專利製程廠商，參訪印尼、泰國等地輕裂工場，實際瞭解新型態輕裂工場操作狀況及節能減碳最新設計、儲槽配置、場區規劃，並進行資料蒐集，做為日後本公司四輕更新投資計畫基本設計工作之參考依據。

# 目次

壹、目的.....	4
貳、過程.....	4
參、具體成效.....	4
一、GAS TURBINE Integration.....	4
1.製程說明.....	4
2.對環境保護方面.....	5
3.整體效益，以 100kta 乙烯產能比較.....	6
二、印尼 CAP 公司之操作經驗分享.....	7
1.CAP 公司簡介.....	7
2.CAP 公司裂解爐進料.....	7
3.CAP 公司汽油分餾塔中的抑制劑.....	8
4.CAP 公司丙烯分餾塔的冷凝器設計.....	8
5.Gas Turbine Integration.....	8
6.員工經驗和培訓.....	9
7.CAP 公司事故示例.....	9
8.CAP 公司氫氣的使用.....	9
9.CAP 公司零排放和更高效率策略.....	9
10.建設新工廠設施主要考量項目.....	9
11.最終產品的去向和儲存能力.....	10
三、Low Pressure Chilling Train and Binary Refrigeration.....	11
1.Low Pressure Chilling Train 製程說明.....	11
2.Binary Refrigeration.....	11
3.降低投資成本，上述兩套製程整體效益.....	11
四、泰國 PTTGC 公司操作經驗分享.....	12
1.PTTGC 公司簡介.....	12
2.PTTGC 公司新建第四輕裂工場的主要考量.....	12
3.裂解爐進料.....	12
4.PTTGC 公司第四輕裂工場人力配置.....	13
5.PTTGC 公司之 VOCs 回收設施.....	13
6.PTTGC 公司 Low Pressure Chilling Train 操作經驗.....	14
肆、心得及建議.....	15

# 內 文

## 壹、目的

石化事業部刻正推動四輕更新計畫，本出國案旨在瞭解專利製程廠商最新節能減碳及輕油裂解技術於海外乙烯生產工廠實際應用情況、儲槽配置及規劃，同時蒐集相關資料做為四輕更新計畫製程基本設計發包工作之參考。期藉由工廠參訪瞭解專利製程廠商現階段節能減碳及乙烯生產最新技術，進而於新四輕計畫中導入最新製程，有效達到降低能耗、減少碳排放目的，以達 2050 淨零排放目標。

## 貳、過程

出國行程安排如下表：

日期	地點	工作概況
12/11(星期一)	桃園-印尼	啟程搭機/抵達印尼
12/12(星期二)	印尼	印尼 CAPC 公司輕裂工場參訪
12/13(星期三)	印尼-泰國	搭機/抵達泰國
12/14(星期四)	泰國	泰國 PTTGC 輕裂工場參訪
12/15(星期五)	泰國-高雄	返程搭機/抵達高雄

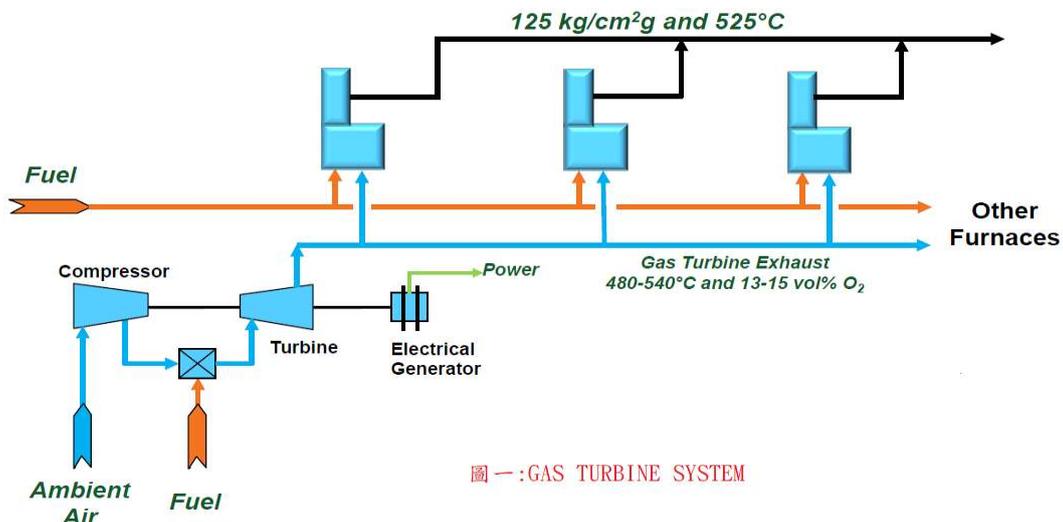
## 參、具體成效

本次考察 Lummus Technology 公司之最新製程技術應用在印尼及泰國輕裂工場，主要有兩種系統：

### 一、GAS TURBINE Integration:

#### 1. 製程說明:

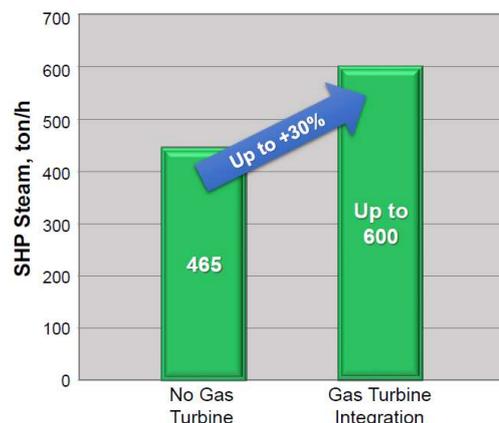
燃氣渦輪機將壓縮空氣與燃料氣混合燃燒，產出高溫熱氣體(480 度-540 度)，此熱氣體再輸送至裂解爐幫助燃燒，並能額外產生電力供工廠使用，裂解爐可產生額外的過熱蒸汽及減少溫室氣體產生(EX. CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>)。



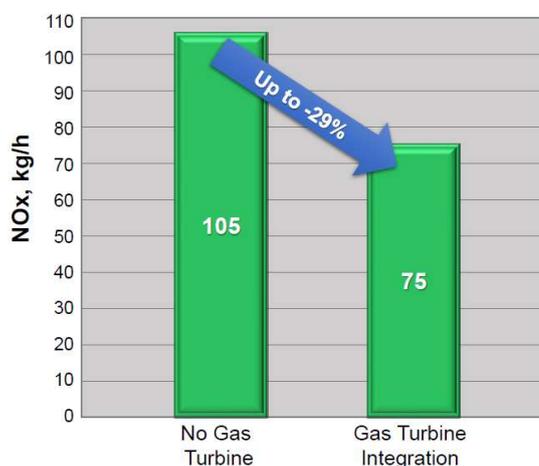
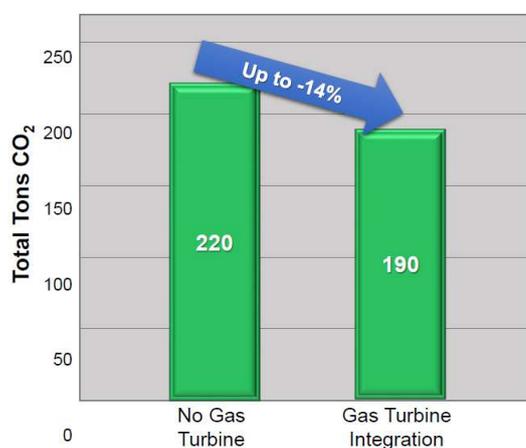


### 3. 整體效益，以 100 萬噸乙烯產能比較：

每單位乙烯產出的能源消耗降低 23%，裂解爐產出過熱蒸汽增加 30%。



環境效益:CO<sub>2</sub> 產出降低 14%，NO<sub>x</sub> 產出降低 29%。



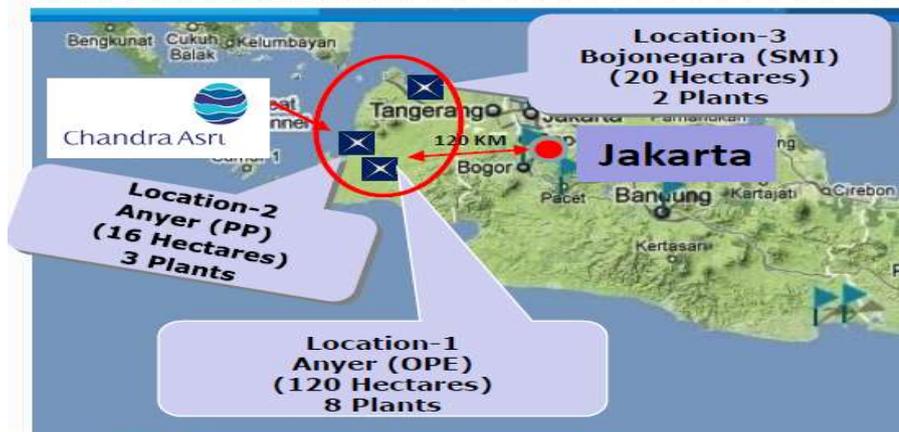
電力產出將近 85MW 之發電量，相當於一座小型發電廠，工廠電力可自給自足。

	Cracker	Gas Turbine/ Heater Integration	Δ (Difference)	X Fuel Equivalent (MMkcal/h)
Fuel fired, MMkcal/h	640	590		
Heaters	-	224		
Gas turbine		814	174	174
Total	640	814	174	174
SHP Steam production, t/h	465	599	134	(104)
Electricity production, MW		85.4 MW	85.4	(224) To (133)*
Total Energy improvement, MMkcal/h				(154 )to (63)*
Ethylene product, kg/h	125,000	125,000		125,000
Specific energy, kcal/kg ethylene	5,330**	4,098 to 4,826		504 to 1,232 Savings

## 二、印尼CAP公司之操作經驗分享：

### 1. CAP公司簡介：

Chandra Asri Petrochemical 是印尼最大的石化公司之一，總部位於雅加達，工廠設置於雅加達西邊120公里處。這家公司主要從事石油和天然氣的裂解加工，生產各種石化產品，歷經三次工廠擴建，產能達到乙烯860kta、丙烯450kta等，工廠設施有乙烯廠、丙烯廠、烯烴廠、苯乙烯廠、丁二烯廠及三座凸堤碼頭等。



### 2. CAP公司裂解爐進料：來源為 Full-Range Naphtha 及 Heavy Naphtha。

Ethane	0.00
Ethane/Propane Mix	0.00
Propane	0.00
LPG	0.00
Butane	4.13
Other Light Feed	48.36
Light Naphtha	0.00
Full-Range Naphtha	1,918.46
Heavy Naphtha	453.37
Raffinates	0.00
Heavy Natural Gas Liquids	0.00
Field Condensates	0.00
Diesel & Gas Oil with EP <390 °C	0.00
VGO with EP >390 °C	0.00
Severely Hydrotreated Gas Oil	0.00
C5'S (PRODUCT RECYCLE)	195.04
OTHER LIQUID FEEDSTOCK #2 (	0.00
OTHER LIQUID FEEDSTOCK #3 (	0.00
<b>Subtotal – Fresh Feeds</b>	<b>2,619.36</b>

共有九支裂解爐，其中BA-102~BA-107有 Turbine Exhaust Gas 進氣。

Furnaces	BA-101	BA-102 ~ BA-105	BA-106 ~ BA-107	BA-108	BA-109
License	Lummus	Lummus	Lummus	KBR	Lummus
Feed Type	<ul style="list-style-type: none"> <li>C2/C3 Recycle</li> <li>C3 LPG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C2/C3 Recycle</li> <li>C3 LPG</li> <li>C4's</li> <li>L-Naphtha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L-Naphtha</li> <li>H-Naphtha</li> <li>H-NGL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L-Naphtha</li> <li>H-Naphtha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L-Naphtha</li> <li>H-Naphtha</li> </ul>
Combustion Type	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambient air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambient air (BA-102)</li> <li>Force Draft Fan</li> <li>Turbine Exhaust Gas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Force Draft Fan</li> <li>Turbine Exhaust Gas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambient air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambient air</li> </ul>
Fuel type	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel Gas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel Gas</li> <li>Fuel Oil (BA-103~105)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel Gas</li> <li>Fuel Oil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel Gas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel Gas</li> </ul>
Design Feed Rate [T/H]	22	45	45	72	53
SS/Feed	2.45	1.5	1.5	1.0	1.25

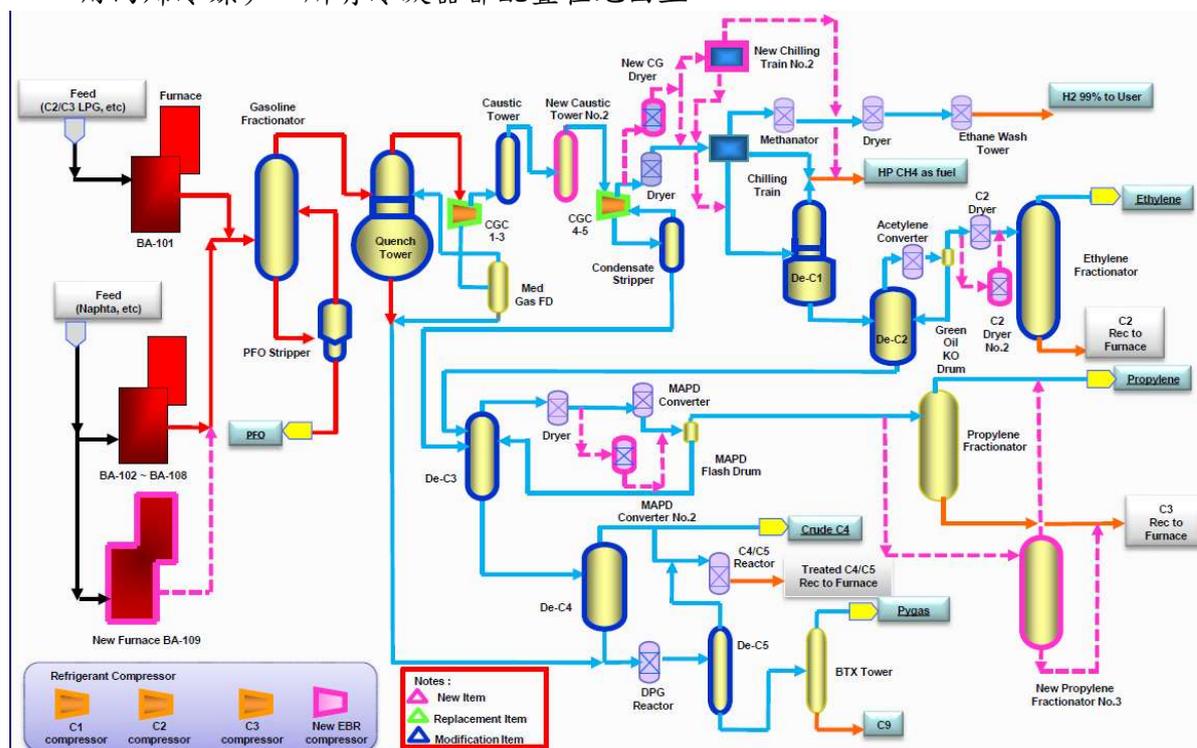
### 3. CAP 公司汽油分餾塔中的抑制劑:

汽油分餾塔注入抗氧化劑。主要有以下參數控制：

- 3.1. 汽油分餾塔上的修正差壓 $<0.077$ 。
- 3.2. 淬火油黏度 $<600$  cst。
- 3.3. 淬火油聚合物含量 $<25\%$ 。
- 3.4. 監測上述參數，然後根據需要調整化學劑量和 Flux Oil 來自 BTX 塔底部的 C9 注入。

### 4. CAP 公司丙烯分餾塔的冷凝器設計:

丙烯分餾塔 1 號和 2 號 (DA-405/406) 使用冷卻水冷卻，通過 EA-426A/B (並聯運行)，然後積聚在回流罐 (FA-408) 中，來自 FA-408 的排氣在 EA-427 中冷卻 (使用丙烯冷媒)。丙烯分餾塔 3 號 (DA-415) 使用冷卻水冷卻，通過 EA-453 凝結，然後積聚在回流罐 (FA-424) 中，來自 FA-424 的排氣在 EA-453 中冷卻 (使用丙烯冷媒)。所有冷凝器都配置在地面上。



CAP 公司輕裂製程流程圖

### 5. Gas Turbine Integration:

- 5.1. 燃氣渦輪機是 CAP 公司原始設計的一部分。主要目的是確保對烯烴製造廠的電力供應可靠，並將渦輪排氣氣體用作燃燒器的熱燃燒空氣，以降低燃料消耗。
- 5.2. 燃氣渦輪每 12,000 運轉小時進行維護，進行特定的檢查周期 (燃燒檢查、熱氣體通道檢查、大修)。
- 5.3. 燃氣渦輪機在電力供應可靠性和能源效率方面都是有益的，因為將渦輪排氣整合到爐中，以減少燃料消耗。

## 6. 員工經驗和培訓：

CAP 公司大多數員工在裂解廠有 15-25 年的經驗，定期進行能力評估和年度學習發展計劃。

## 7. CAP 公司事故示例：

在 2022 年 9 月，2 號冷凝箱發生事故（氮氧化物氣體爆炸），對冷凝箱 2 號的維修產生影響。Lummus 建議每次停俾時都以甲醇進行清洗，以防止氮氧化物積聚。

## 8. CAP 公司氫氣的使用：

8.1. 裂解爐中使用 100%氫氣將降低煙道氣排放並提高裂解效率，但由於目前的氫氣生產方案（藍色氫氣/綠色氫氣）仍然不具經濟可行性，因此 CAP 公司尚不考慮將氫氣替代爐用燃料。

8.2. 裂解工場內的氫化反應器中使用氫氣，氫氣也用於下游工廠（PE、PP、B1 和 MTBE 工廠），多餘的氫氣將被送入爐用燃料系統。

## 9. CAP 公司零排放和更高效率策略：

9.1. 印尼政府法規自 2023 年第三季度起，實施碳交易政策，並將在 2025 年對石化行業實施碳稅（目前僅適用於煤電廠）。

9.2. 已實施能源管理系統（ISO50001），並將每年的能耗和排放表現報告給政府。公司有一個中期計劃，涉及能源和排放減少涉及能源和排放減少，並試圖申請綠色貸款來支持修改計畫。

9.3. 降低 CPI VOC:

CAP 對所有工廠進行 CPI VOC 測繪，識別 CPI VOC 的各種來源，辨別出主要涉及採樣系統。因此，有重新進行修改及設計採樣點以減少 CPI VOC。

## 10. 建設新工廠設施主要考量項目：

CAP 選擇 Licensor 的標準主要基於以下項目：

10.1. 製程技術（包括業主要求和每個單元的製程性能比較，製程安全和環境方面）。參考具有相似容量且經驗豐富的輕裂廠及最近的客戶名單。

10.2. 操作性和可維護性（包括技術經驗和熟悉度）。

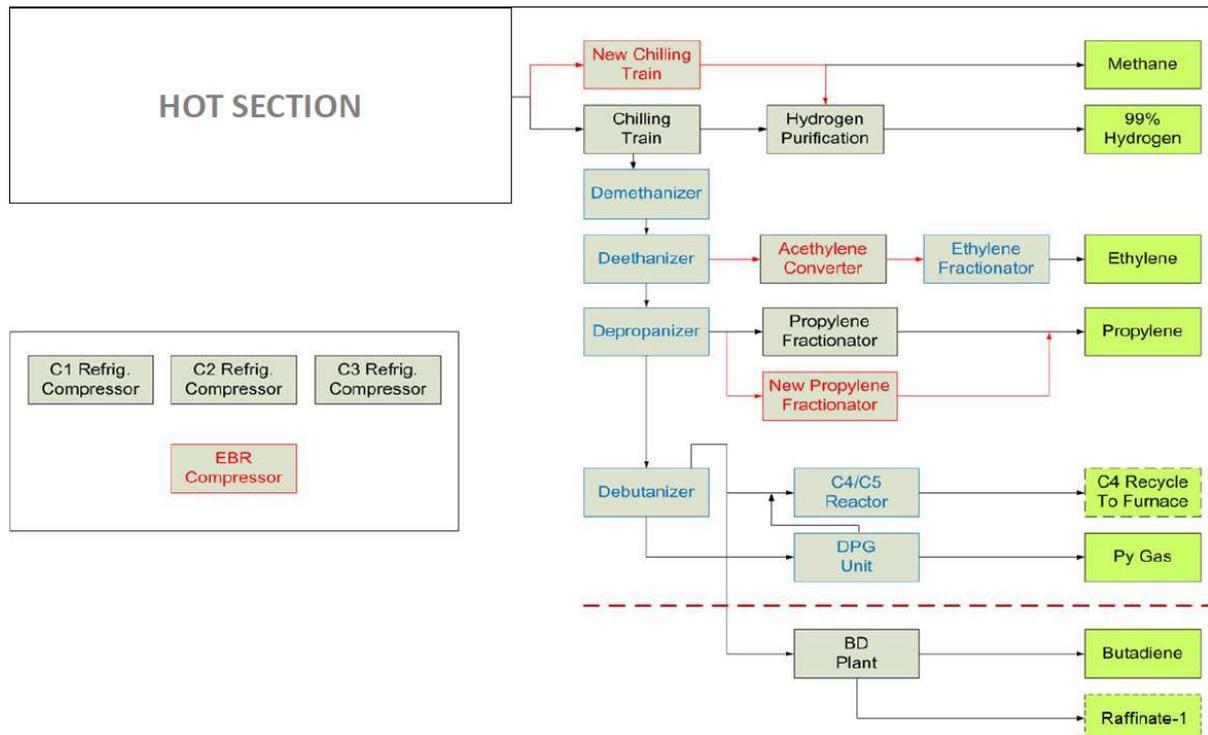
10.3. 專案執行（包括進度，Licensor 的經驗和 EPC 承包商的經驗）。

10.4. 財務和商業（CAPEX 和 OPEX）。

10.5. 能源消耗。

10.6. CAP 選擇 licensor 將準備 RFP（標案請求），通常包括以下內容：提案說明，設計基礎和工作範圍。然後將進行技術評估和商業評估，經營層批准後，最終的工程及商業決策會由最終管理層進行確定。

## 11. 最終產品的去向和儲存能力：



低溫區方塊流程圖

- 11.1. 乙烯主要通過管道以高壓狀態送至下游工廠（聚乙烯廠、苯乙烯單體廠），少量部分供出口的低壓乙烯。
- 11.2. 丙烯全部供應給下游工廠聚丙烯工廠。
- 11.3. 原油 C4 全部供應給丁二烯工廠。
- 11.4. 煤焦油被出口。
- 11.5. 儲存能力根據平衡設計，遵從下游/用戶的停產情況，確保烯烴廠的連續運行 7~10 日，直到用戶恢復為止。



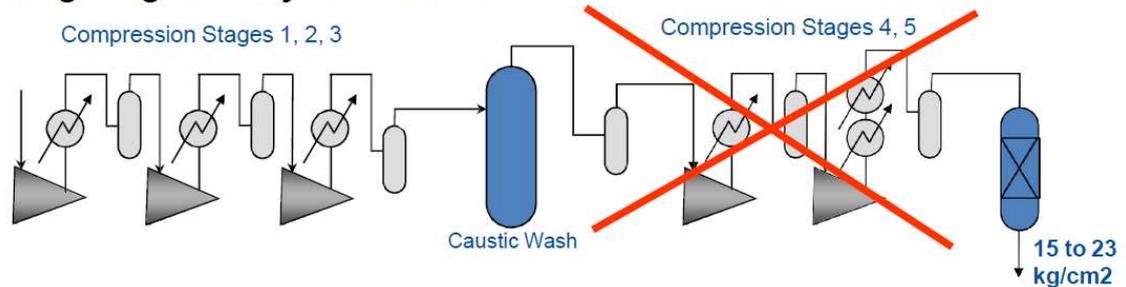
### 三、Low Pressure Chilling Train and Binary Refrigeration:

#### 1. Low Pressure Chilling Train 製程說明:

現行製程上裂解氣壓縮機總共為五級式壓縮，分為低壓段、中壓段、高壓段並有各自的機殼。LUMMUS 之最新製程為三級壓縮，僅保留低壓段與中壓段，在操作上的優點如下:

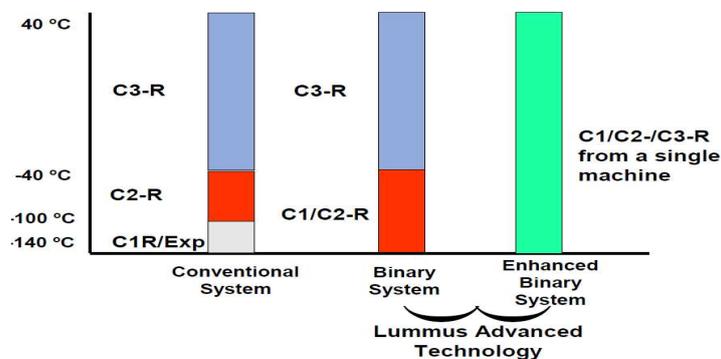
1. 1. 操作壓力下降: 壓縮機只有三級，出口壓力從 40kg/cm<sup>2</sup> 降到 24kg/cm<sup>2</sup>，壓縮機出口溫度不變約在 90 度 C，所以機體和附屬設備的設計壓力減半。壓縮機外殼將不會那麼厚。以安全性來說，較低的操作壓力增加了工廠的安全性。
1. 2. 減少設備投資成本及減少空間配置: 因缺少高壓段製程，約可減少了 15 件設備，削減設備佔總體的 5%，降低了建置成本也減少了建置空間。

#### Reconfiguring the Ethylene Flowsheet



#### 2. Binary Refrigeration:

既有冷凍製程使用兩套冷媒壓縮機，一套是丙烯壓縮機，另一套為甲烷乙烯雙冷媒壓縮機。LUMMUS 研製出三成份冷媒單台壓縮機的操作，因而減少設備投資成本及維修費用。



#### 3. 降低投資成本，上述兩套製程整體效益:

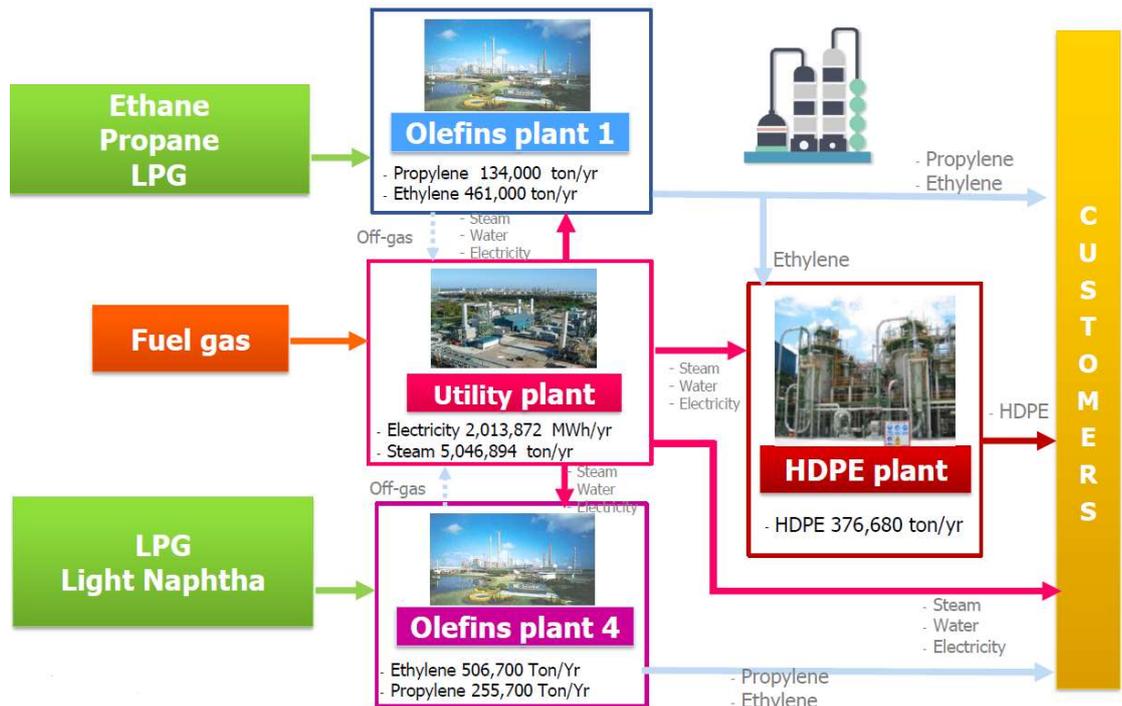
3. 1. ISBL 減少 8% 投資額。
3. 2. 消除 24 件設備，ISBL 總件數的 13%。
3. 3. 壓縮機/渦輪外殼減少 30% 到 50%。

	Conventional	Latest Technology
CG compressor & driver	4	3
C <sub>3</sub> - refrig compressor & driver	2	2
C <sub>2</sub> - refrig compressor & driver	2	—
C <sub>1</sub> refrig or expander	2 to 6	—
Binary refrig compressor & driver	—	2
<b>Total</b>	<b>10 to 14</b>	<b>7</b>

#### 四、泰國 PTTGC 公司操作經驗分享：

##### 1. PTTGC 公司簡介：

PTT Global Chemical(簡稱:PTTGC)為泰國國營事業泰石油(簡稱:PTT)旗下之子公司，總計有四座輕裂工場，本次參訪 Branch2 工廠設置於芭達雅東南邊 40 公里處，工廠設施有第一輕裂工場、第四輕裂工場、公用設施工場、高密度聚乙烯工場等，本次參訪以第四輕裂工場為主，於 2021 年啟用，產能達到乙烯 500kta、丙烯 250kta 等。



##### 2. PTTGC 公司新建第四輕裂工場的主要考量：

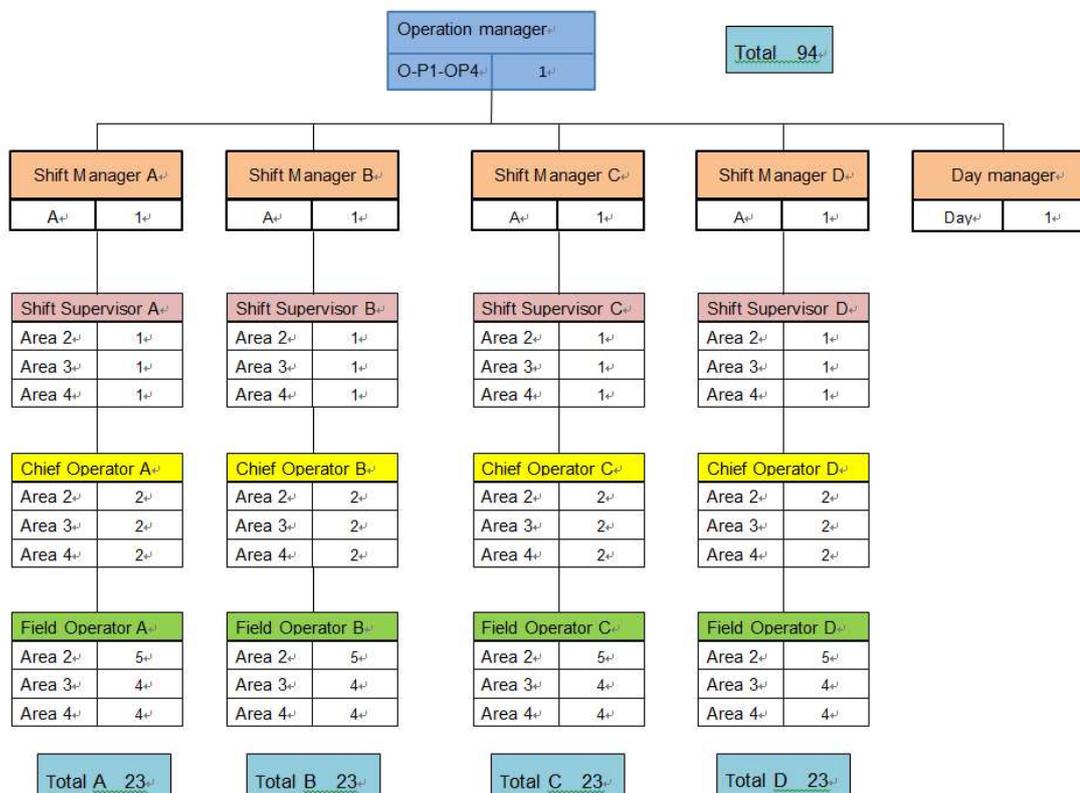
- 2.1. 提高原料彈性及靈活性，尤其是來自自家業務的石油腦和液化石油氣。
- 2.2. 在未來乙烷原料供應減少的情況下，維持乙烯和丙烯的生產，以滿足客戶需求。
- 2.3. 應對原物料價格波動的方式強化 PTTGC 業務。
- 2.4. 從內部原料中獲得更多價值回報。

##### 3. 裂解爐進料：來源為 Light Naphtha 及 LPG。



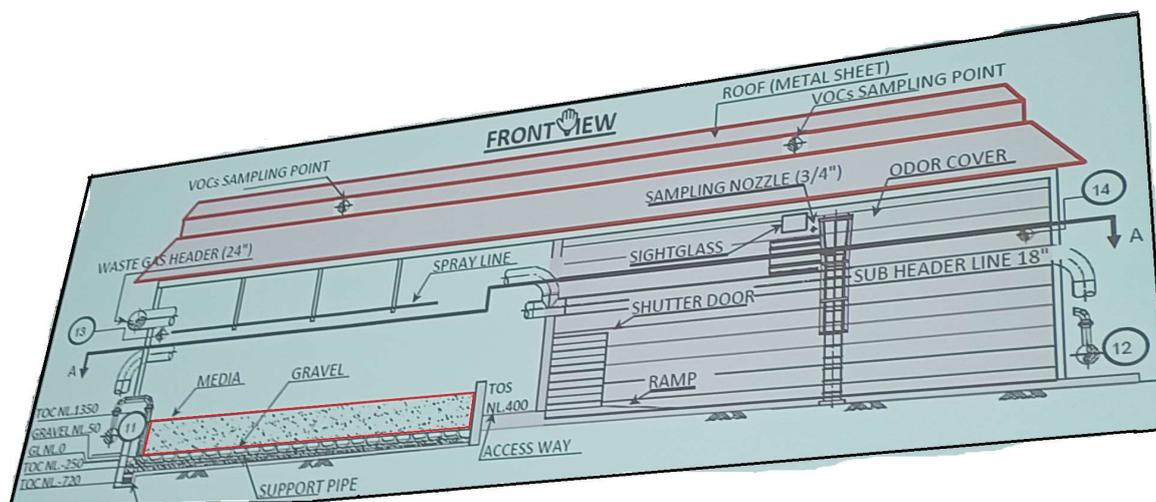
#### 4. PTTGC 公司第四輕裂工場人力配置:

工場輪班採四班三輪，職務編制為操作經理 1 員、常日班工程師 1 員 (Day Manager)、總領班 4 員 (Shift Manager)、領班 12 員 (Shift Supervisor) 及現場操作員 76 員 (Operator)，總共 94 員，每班輪班人力 23 員，未編制值班工程師，與本公司相較，人力配置相當精簡。



#### 5. PTTGC 公司之 VOCs 回收設施:

5.1. PTTGC 之 CPI 皆採完全密閉設計，油氣回收如下圖之密閉鐵皮屋裝置，油氣管由地下連接至屋內之生物觸媒池，池中鋪滿觸媒約 1 公尺高，VOCs 與生物觸媒反應可消除 VOCs，觸媒會逐漸減少，約減少 25% 即需補充，頻率一年一次，並安排定期取樣屋內 VOCs 含量。

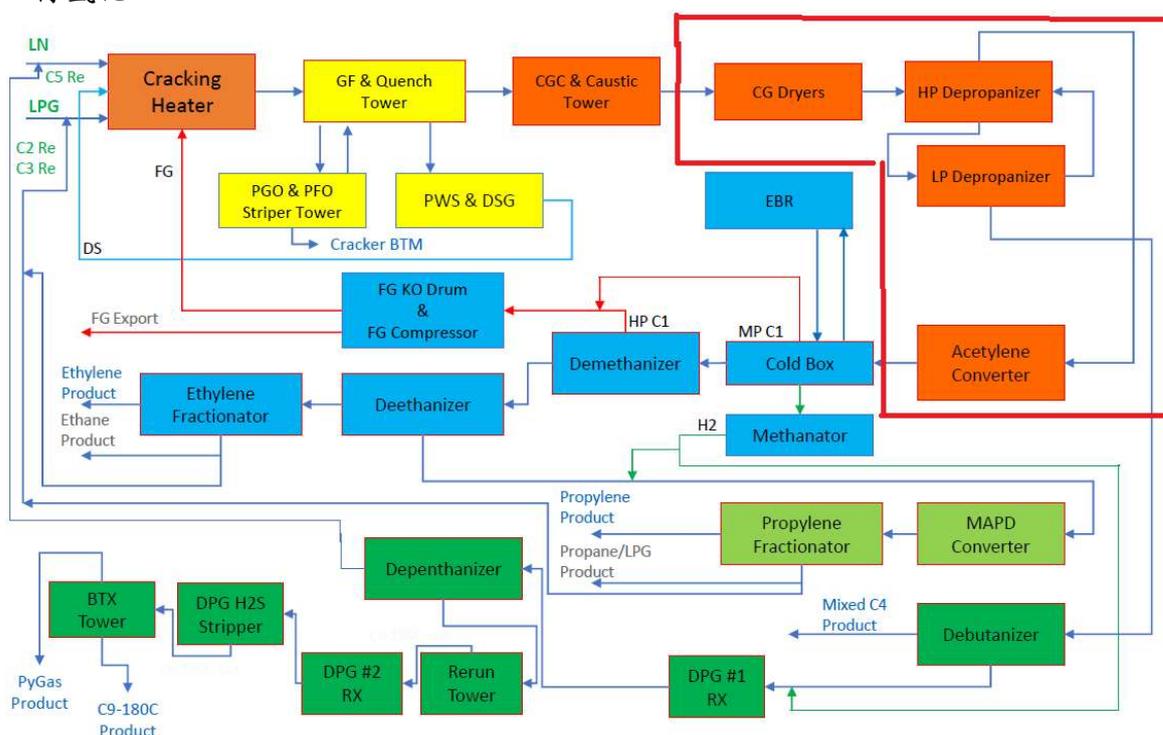


5.2. 生物觸媒的成分有 65%佛焰苞(植物)、20%肥料(來源為牛糞)、10%萊姆、5%汙泥，觸媒皆為天然成分，此裝置相當環保。

Media Component	%Volume
Spathe	65
Manure	20
Lime	10
Excess Sludge	5
Total	100

### 6. PTTGC 公司 Low Pressure Chilling Train 操作經驗:

Chilling Train 系統除配置三段式裂解壓縮機外，流程圖經重新修訂。在 Chilling Train 的上游有配置乙炔轉換器。它有何幫助?如果它在 Chilling Train 的上游，那麼裂解氣中含有的氫氣尚未分離，被用於與乙炔反應進行氫化，這有助於減小下游設備的尺寸，因為氫已經被消耗，用於氫化乙炔和 MAPD 的部分。乙炔需要在 Chilling Train 上游進行氫化，這避免了 Chilling Train 中潛在的乙炔凝固問題，儘管這不是一個常見的問題，但是消除氫並與下游 Chilling Train 中冷凍系統隔離。因為乙炔在上游全部消耗，乙炔轉換器的上游有脫丙烷分離器。所以只有 C3 流向 Chilling Train。主要是 C4 中的雙烯不流向 Chilling Train。在原本的五級裂解壓縮機，所有最重的成分都是通過 Chilling Train 流動，因此這些 C4 雙烯可能有凝固問題。C4 雙烯還可以與 NOx 結合形成結焦，可能發生事故。因此，從安全的角度來看，這種擔憂也減少了。值得注意的是，大部分的 MAPD 都在乙炔轉換器中進行氫化。



PTTGC 輕裂製程方塊流程圖

總結其操作優點：

- (1) 氫氣在在氫化階段被反應掉可減少冷箱負荷及設備成本。
- (2) 乙炔在進入冷箱前已被氫化降低在冷箱中冷凝下來的風險。
- (3) MAPD 在乙炔反應器中局部被氫化因而減少後續反應器的設備投資。
- (4) 碳四產物未進入冷箱因而減少膠體物質的產生。

## 肆、心得及建議

四輕工場操作已 39 年，產能、效率、安全性及污染排放指標皆無法與現代化工廠相比擬，加上現階段泛中油體系石化原料確實有缺口，不論是政府鼓勵石化業者發展石化高值化產品，或是未來供應新材料循環產業園區使用，皆需要有足量的原料供應來支持其發展，對於仍需靠進口才能滿足需求的泛中油體系業者來說，仰賴進口充滿風險，同時也增加生產成本，若僅依賴原料進口、不進行舊工場更新，未來若遇突發事件造成供應鏈中斷，國內恐面臨斷料危機，也唯有在原料供應充足且穩定的情況下才能提升生產利基，提高出走業者回流投資意願，將高附加價值產品留在國內，因此四輕更新對國內整體石化產業發展具有正面的重要性，有關新四輕的規劃建議如下：

### 一、公用系統及運儲設計

公用系統搭配林園廠既有系統做整體的統籌規劃，視需求增建冷卻水塔、原水槽、空氣中心、廢水及廢鹼處理、廢氣燃燒塔、電力系統及其附屬設施。

新四輕 3 種主要原料，石油腦、C5 及丙烷，其進料比例為石油腦(含 C5) 70%、丙烷 30%，未來優先使用大林廠提供之石油腦及 C5，並以長管泵送供料，不足石油腦及丙烷則由洲際儲運所直接進口供應。因洲際儲運所未規劃丙烷冷凍槽，未來將挪用丙烯冷凍槽作為調度使用。

### 二、污染防治：

參考歐、美、日等工業化國家之公害防治措施，對廢水、廢氣及噪音予以有效控制以期使污染物之排放符合國家訂定之環境污染物排放標準。

相關污染防治建議設計如下：

1. 與林園廠共用廢水及廢鹼回收處理設施。
2. 針對毒性、可燃性及揮發性有機氣體裝設偵測警報系統。
3. 儲槽區設置漏油警報裝置。
4. 採用低噪音及雙軸封型式之轉機設備。
5. 有害空氣污染物及毒性化學物質採用無洩漏型閥件(Bellow-type valve )或無軸封泵浦。
6. 裂解爐及加熱爐採全燃氣設計，配置低氮氧化物燃燒器(Low NOx burner, LNB)。
7. 常壓儲槽區裝設油氣回收裝置。

8. 廢氣燃燒塔之廢氣回收系統採用高壓縮效能及高妥善率之Liquid-jet型式。
9. 廢水處理系統加蓋密閉集氣，連通至污染防制設施。
10. 新建工場地下管線採用管溝化設計，防止污染土壤及地下水體。

### 三、電力方面：

輕裂製程設計搭配燃氣渦輪機(Gas turbine)，對整體電力與蒸汽供需做最適當規劃。目前林園廠平均用電量約為68MW，其中自發電(汽電共生)50MW、外購台電公司合約電量為20MW，燃氣渦輪機正常操作時，發電量可在50 MW至72 MW彈性調整，可作為備援。燃氣壓縮機能為輕裂工場所帶來之效應，雖須增加部分能源消耗啟用燃氣壓縮機，但卻也降低裂解爐之總燃氣耗用量以及額外發電量，總地來看，燃氣壓縮機之每單位燃氣產生電能之能源效率是高於單純於LNG燃氣發電機組的，同時根據CAP廠所提供之資訊，該燃氣壓縮機設計妥善率優良，提供了穩定的操作狀況及供電。

### 四、蒸汽方面：

輕裂製程設計搭配燃氣渦輪機(Gas turbine)，對整體電力與蒸汽供需做最適當規劃。林園廠目前正執行19號鍋爐汰舊更新，屆時蒸汽總產量為1,090 T/h。平日操作可應付需求，但於新四輕開爐時，將面臨蒸汽不足之情況，屆時22號鍋爐會更老舊，甚至已不勘使用，建議可提前考慮汰舊換新。未來任一座鍋爐可於兩年定檢期限內搭配輕裂工場大修時提前停爐大修，或避開輕裂工場開俾期間檢修。

### 五、空氣方面：

建議新建空氣中心，設置空壓機與乾燥機以提供製程所需之動力空氣與儀器空氣，並與林園廠原有系統互為備援。

### 六、廢水/廢鹼處理：

新四輕各工場排出之雨污廢水及廢鹼，由林園廠廢棄物工場處理後再排至聯合污水廠。