

台灣中油股份有限公司人員因公出國報告書
(出國類別：洽公)

六輕計畫之輕油裂解製
程技術：

「L u m m u s 第 1 2 屆 輕 油
裂 解 製 程 技 術 年 會 及 第
2 屆 烯 烴 轉 化 製 程 技 術
年 會 」

服務機關：台灣中油公司石化事業部

姓名職稱：羅立新（石化事業部三輕組 經理）

李坤忠（石化事業部四輕組低溫工場長）

派赴國家：美國

出國期間：101.08.25 ~ 101.09.04

報告日期：101.10.25

摘要

輕裂工場主要產品乙烯、丙烯與丁二烯等是石化工業的基本原料，對石化工業有舉足輕重的地位。其工場的獲利情況，攸關整個事業部的經營績效。由於全球輕裂工廠陸續擴廠，使得輕裂工場之進料石油腦(輕油)之價格日益高漲，在面臨激烈的市場競爭之下，如何應用新技術與設備來提高競爭力、提高獲利，已成為很重要的課題。

CB&I LUMMUS 公司在 2012 年 8 月 27 日至 9 月 1 日於美國加州洛杉磯舉辦第十二屆乙烯研討會議，及第二屆 OCT 製程研討會議，探討乙烯生產趨勢及新技術、發表並推廣最新發展的 OCT 生產丙烯製程技術，及回應客戶問題與意見。

本廠羅立新與李坤忠獲派參加該年會，除瞭解最新乙烯製造技術與設備之外，同時和與會者廣泛接觸，以獲取更多相關資訊。

目錄

壹、 出國目的	2
貳、 出國行程	3
參、 討論過程	3
一、 在製程方面：	3
1. SRTVII裂解爐及急速冷卻的 TLE：	3
2. Transfer Line Fouling 傳輸線的結垢：	5
3. Quench Water System Fouling Control 驟冷水系統的結垢控制	6
4. Gasoline Fractionator Fouling Control 汽油分餾塔的結垢控制：	7
5. C4 及 C5 的交換反應：	8
6. 使用 GAS turbine 與裂解爐整合系統來操作，可以降低 20%的能耗。	8
二、 在降低投資設備方面：	13
1. 使用低壓的 chilling train 系統：	13
2. 使用雙成份或參成份的冷凍系統：	13
三、 在環境保護方面：	15
1. NOX 的減量：	15
2. CO2 的減量：	23
四、 在操作可靠性方面：	23
五、 在最大經濟規模方面：	24
1. 經濟規模：	24
2. 擴建的限制：	24
A. 設備限制—裂解爐	24
B. 設備限制-裂解氣壓縮機(CGC)	25
C. 設備限制-冷凍壓縮機系統	26
D. 設備限制-塔槽	26
E. 設備限制-換熱器	27
F. 設備限制-閥類	29
G. 設備限制-燃燒塔	29
H. 設備限制-管線	30
六、 在使用較低的投資成本以擴充產能方面：	30
肆、 心得：	36
伍、 建議：	36

(本文：應包含「目的」、「過程」、「心得」、「建議」及其他相關事項)

壹、出國目的

這次出國赴美國加州洛杉磯參加 2012 年 CB&I LUMMUS 公司所舉辦的第十二屆乙烯研討會議，及第二屆 OCT 製程研討會議，CB&I LUMMUS 公司是全球最大的乙烯廠設計公司之一，國內中油公司的第四輕油裂解及正在興建中第三輕油裂解廠都是由該公司所設計的。第十二屆 乙 烯研討會議專門提供有關乙烯製造的最新技術，共有 130 位全球乙烯裂解廠的代表及設備製造廠商專家參加，討論有關乙烯製造有 22 個 研 討議題。OCT 製程是 CB&I LUMMUS 公司與 BASF 公司共同合作發展出將乙烯與丁烯轉化成丙烯的最新製程，可以提高丙烯的產率，在第二屆 OCT 製程研討 2 天會議中，共討論了有關 OCT 製程 14 個研討議，並且 在研討會議期間 目的有二：

1. 從研討內容可以學習、洞悉現在、未來乙烯廠的發展新技術及瓶頸、處理經驗及趨勢，作為工場操作修改之參考，以提高公司利基。
2. 與來自各國與會人員交換乙烯工場之操作經驗，作為日後工場操作的參考，降低工場操作之能耗，以提升其競爭力。

貳、出國行程

時間	行程
101.08.25	啟程（高雄 → 桃園 → 洛杉磯）
101.08.26~ 08.29	參加 Lummus 第 12 屆輕油裂解製程技術年會
101.08.30~08.31	參加 Lummus 第 2 屆烯烴轉化製程技術年會
101.09.01~09.02	週六及週日自費自假
101.09.03~ 09.04	回程（紐約→台北→高雄）

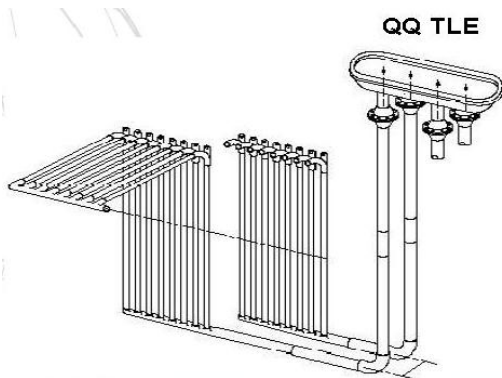
參、討論過程

議題大多數與工廠更新與擴建有關，包括進料選擇、設計考量、建造過程、生產效益等經驗分享，以及一些合作廠商的產品介紹，比較值得一提的是以下幾個利用最尖端的技術以達到乙烯裂解廠最佳的表現：

一、 在製程方面：

1. SRTVII 裂解爐及急速冷卻的 TLE：

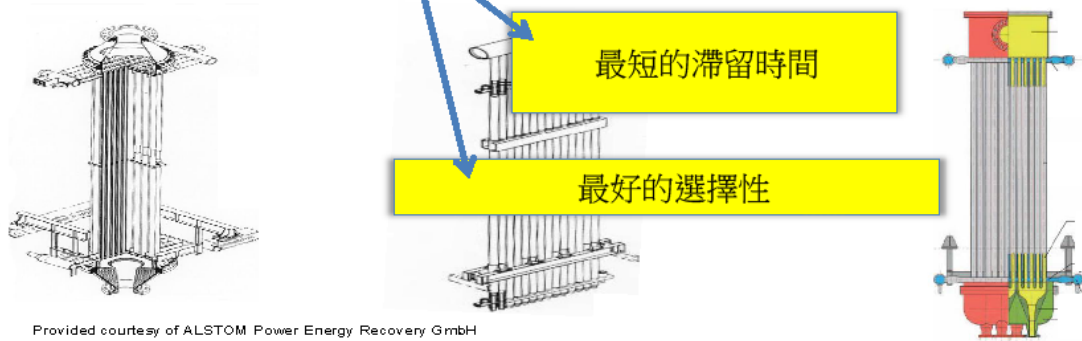
- A. 110 微秒的裂解爐可以快速裂解。
- B. 可以獲得最大的選擇率。
- C. 可以維持最長的操作周期及最大的可操作性。
- D. 可以降低 2~6% 的進料損耗。



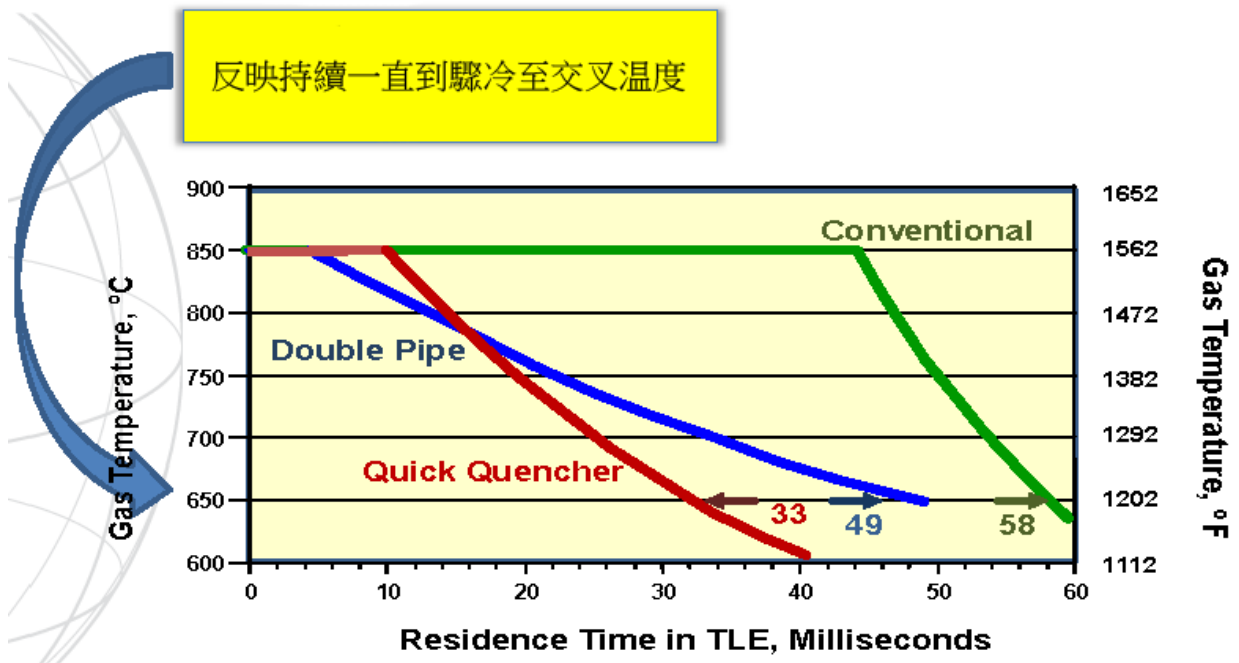
Quick Quench TLE 極速驟冷的 TLE：

Transfer Line Exchangers (TLEs) 可為了配合輻射爐管的設計選擇性而設計，TLEs 的大管徑可以允許一年以上的操作周期而不用清理，若需要清理時，可以線上清理，如同部分的正常除焦，並不需要用到機械清理，下圖是各類型的 TLE 作比較，QQ TLE 顯示出較少的滯留時間。

	Inlet Cone Milliseconds	Total (650°C) Milliseconds
Conventional	46	58
Double Pipe	5	49
Quick Quench	10	33



下圖顯示出裂解反應將持續進行，直到溫度降低到交叉溫度點為止，若能減少滯留時間，將能有最大的選擇性。



QQ TLE 的特點在於構造是緊密的雙管，氣體進口經過空氣動力學設計，因此

可以有最短的滯留時間，而產生出最佳的選擇性，同時因沒有管板的設計，使用在乙烷裂解爐上，則可減少焦炭堆積的疑慮，降低堵塞的風險。

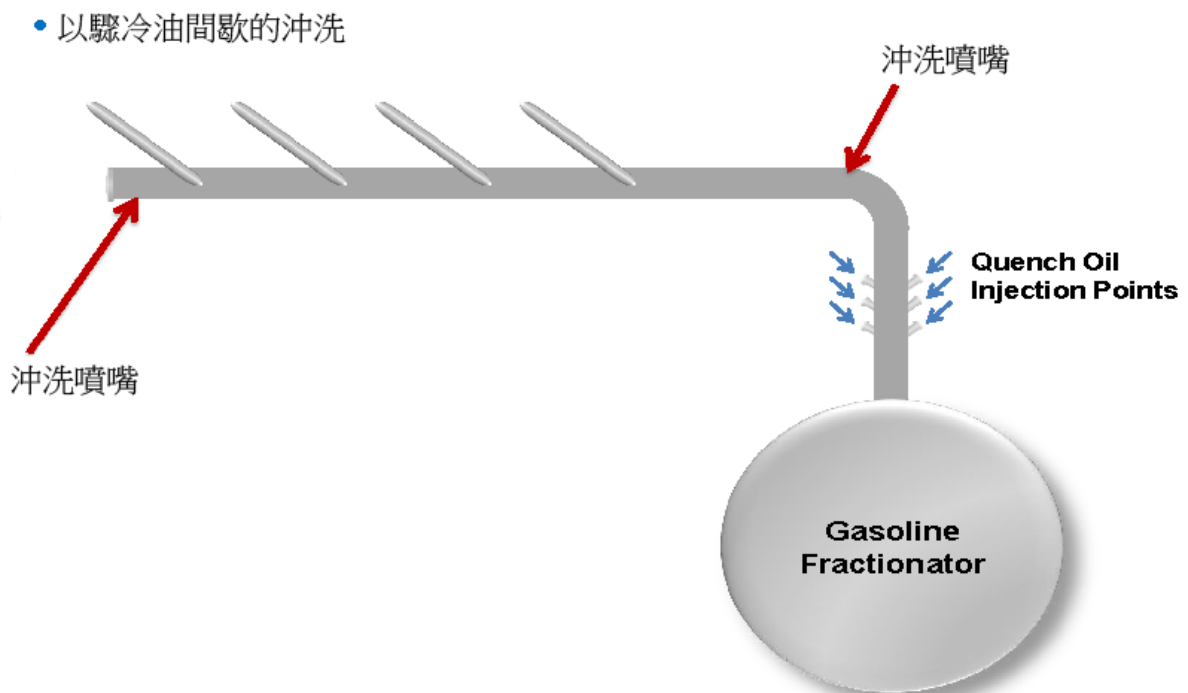


Figure 21: Schmidt'sche® Oblong Type Quick Quencher

2. Transfer Line Fouling 傳輸線的結垢：

結構的生成主要原因，是裂解氣體移動到轉角處與驟冷設備進口時，產生渦流與後混合，而使焦炭顆粒沉澱在此處所造成。

解決的方法是在轉角處與驟冷設備進口，以驟冷油做間歇的沖洗。

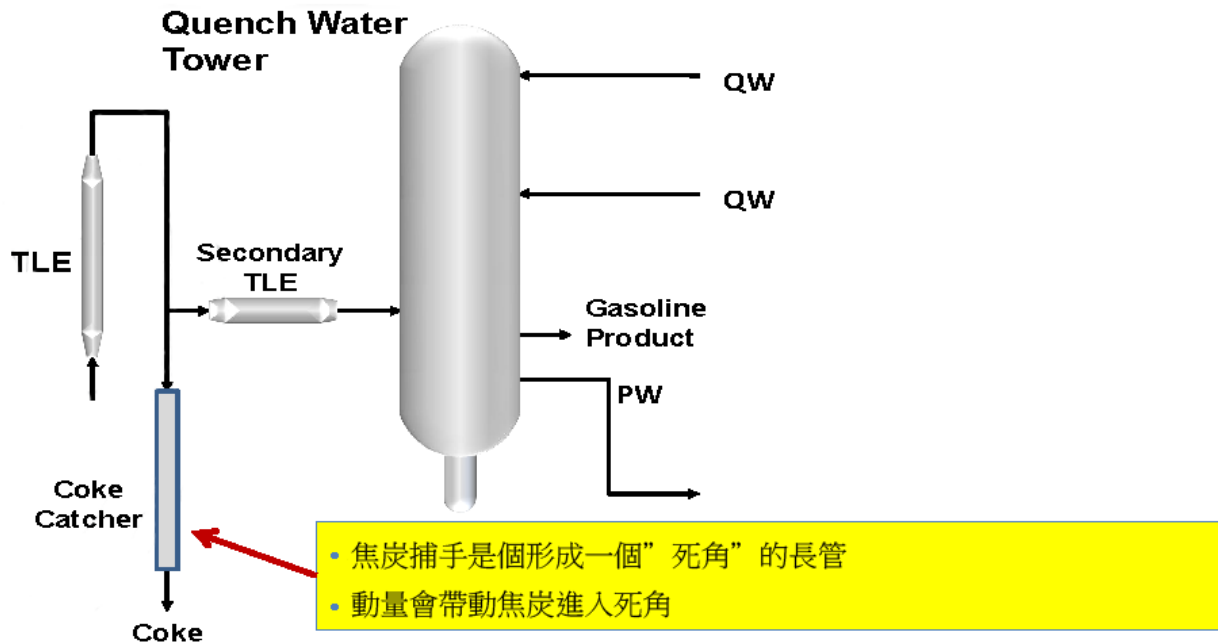


3. Quench Water System Fouling Control 驟冷水系統的結垢控制

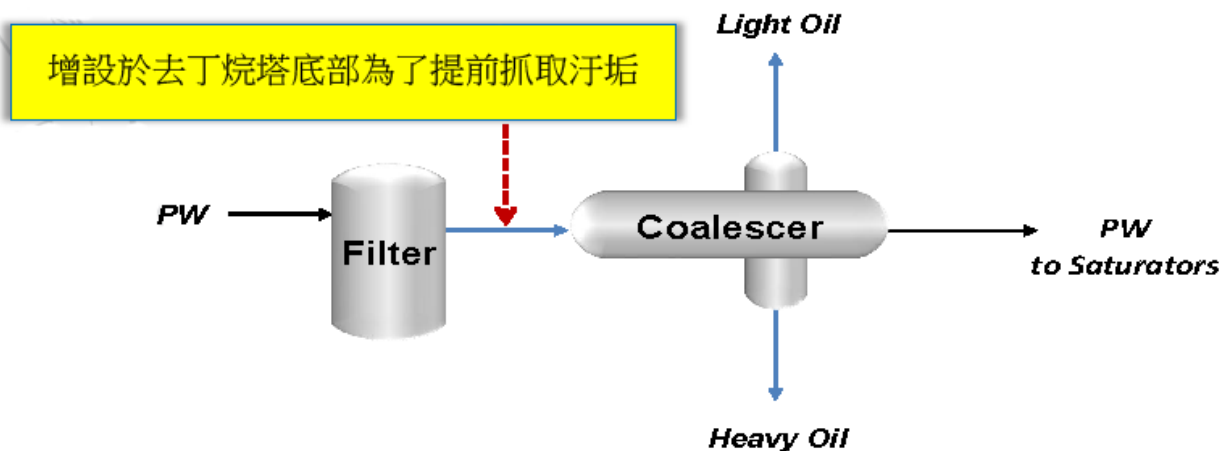
驟冷水系統的結垢已經是乙烯裂解廠長久以來的問題，最近則使用了一些新技術與方法，來改善驟冷水與製程水系統內的相關問題。

A. 驟冷水的結構來源多數為裂解爐產生的焦炭，因此增設一個 Coke

Catcher 焦炭捕手來減少焦炭進入驟冷塔以減少結垢的產生，此裝置是安裝於 TLE 與驟冷塔之間的管線上的長條狀管子，於管線上形成一個死角，利用動量慣性與沉積的原理來捕捉焦炭



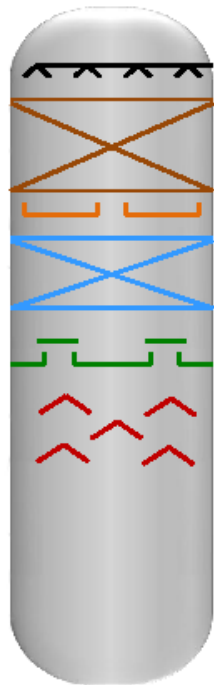
B. 對於製程水的去汙方面，則可利用 DOX 或者 PALL 來處理，此兩種方法均是將製程水先送入濾網分離固體雜質，在進入凝聚器分離油氣與重油，以此來純化製程水來減少 DS 系統的結垢，此兩種方法不同處在於 DOX 是以逆洗的方式處理濾網，而 PALL 則是以更換或拆清濾心的方式來處理，因此 PALL 有油氣暴露的問題



- PW 離開任何系統將有 <50 ppm 的油分
- 溶解焦油與碳氫化合物 (100 to 300 ppm) 到飽合

4. Gasoline Fractionator Fouling Control 汽油分餾塔的結垢控制：

下圖是填充式的汽油分餾塔，此種型態的優點是低差壓、低能耗與高的分餾能力，但缺點是較易產生結垢，同時清理與處理相對的較為困難。



填充式的汽油分餾塔

霧化噴嘴分配器

隨機填充的分餾床

收集器與液體在分配器

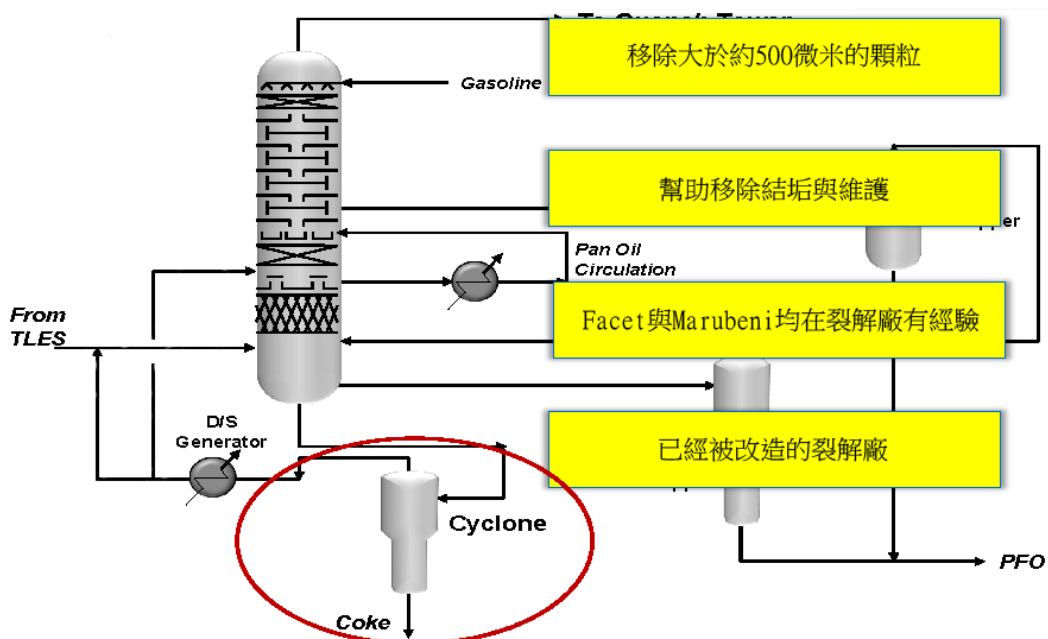
隨機填充的第二分床

煙囪板與液流管

15~18四通阻撓板

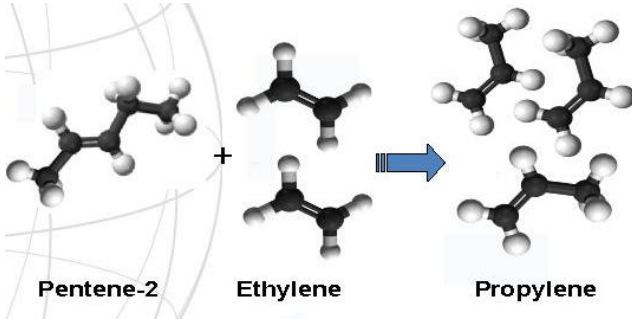
因此將汽油分餾塔改造成以下形式，上層因流體流速快且溫度較低，因此油料相對較於乾淨，故仍為填充床；中層則改為固定閥的塔盤，因此有較好的抗汙效果，下層則增設循環泵，利用高流速來減少結垢，故仍維持填充床。

因循環的驟冷油系統中含有不少顆粒，這些顆粒會對設備與管件造成結垢與堵塞，故使用新型的循環泵，將油料泵出的同時亦能去除焦炭，減少結垢的機會。

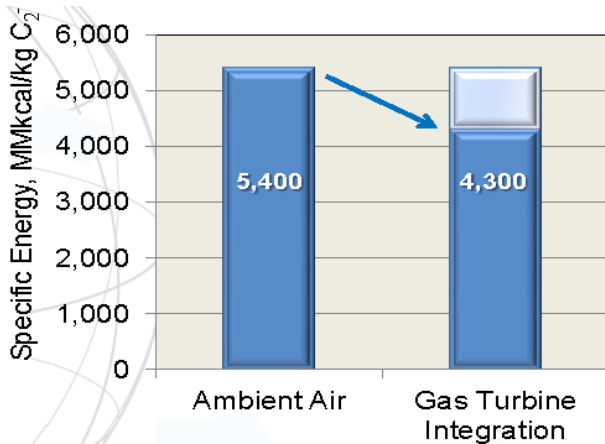


5. C4 及 C5 的交換反應：

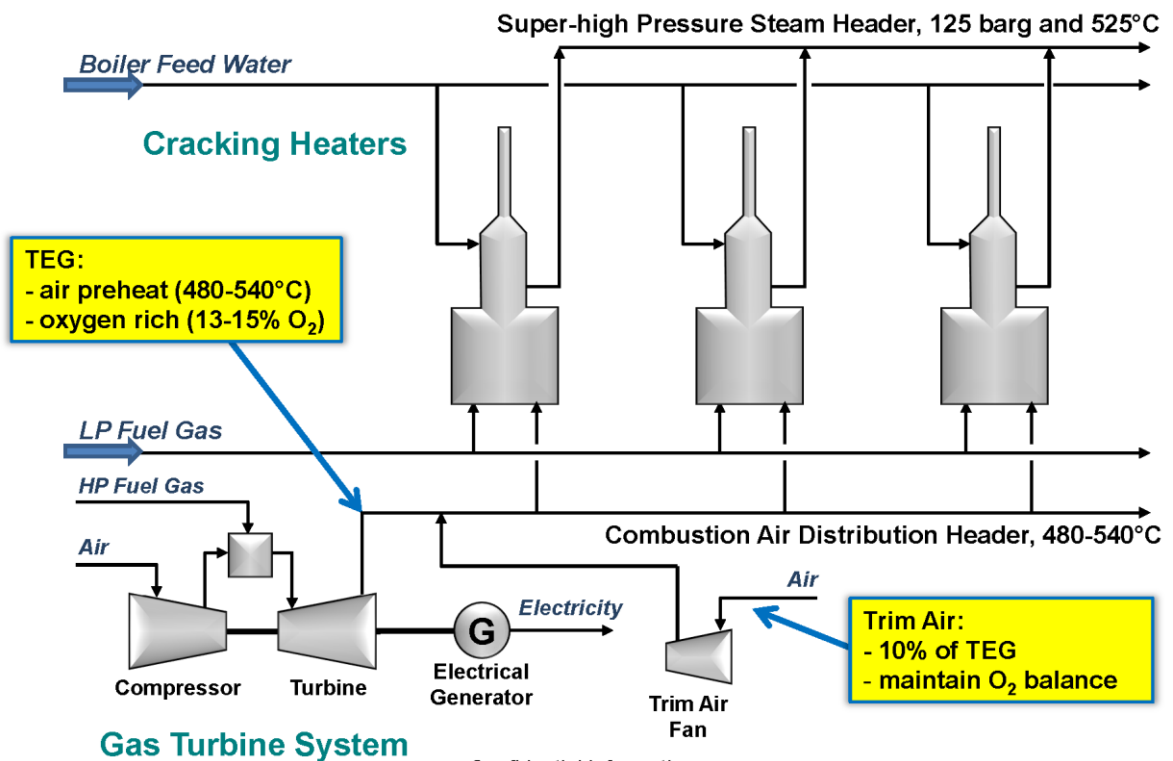
可以增加乙烯裂解廠成品中乙烯及丙烯的產量，並能降低能耗。



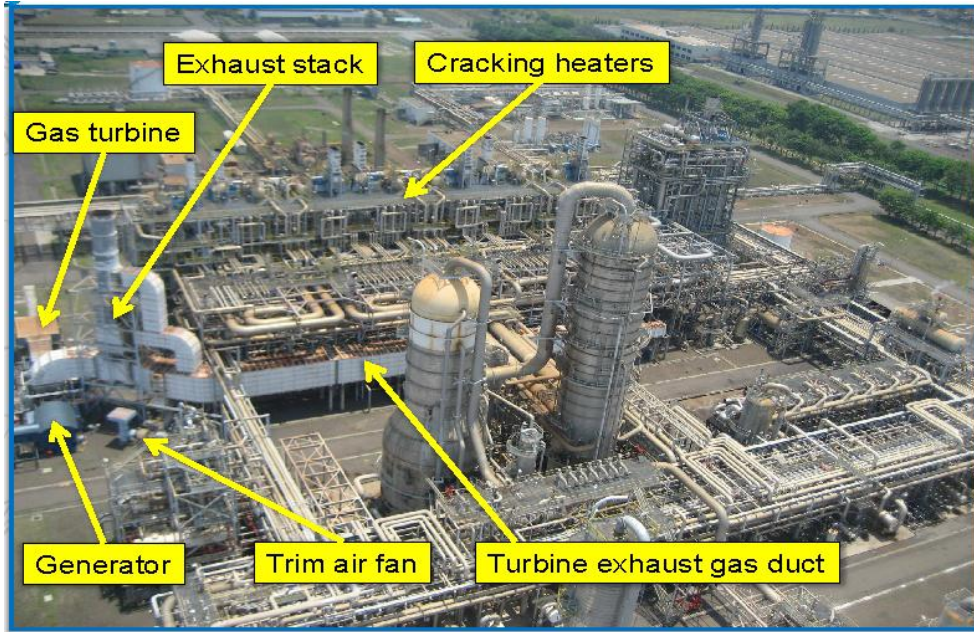
6. 使用 GAS turbine 與裂解爐整合系統來操作，可以降低 20% 的能耗。



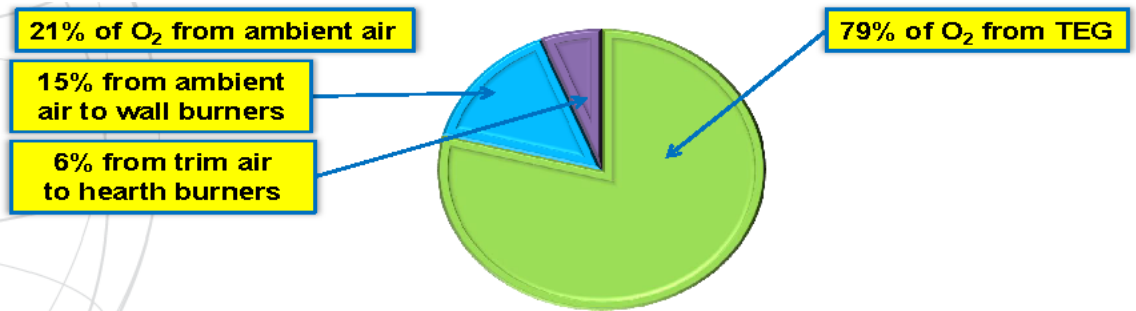
GAS Turbine 與裂解爐的整合系統是將 GAS Turbine 與裂解爐做一結合，如下圖所示：利用 GAS Turbine 使用後的煙道氣與新鮮的空氣混合後，進入裂解爐中當成熟的空氣進料流。



現場安裝圖如下：



以 Naphtha 為進料的年產 100 萬噸乙烯裂解廠為例，裂解爐所使用的氧氣來源如下表所示：79%來自 GAS Turbine 使用後的煙道氣。



使用 GAS Turbine 與裂解爐的整合系統比傳統使用大氣裂解爐可以降低 20% 能耗及增加 83.2 MW 的發電量，相當於一個 Hitachi 發電廠的發電。

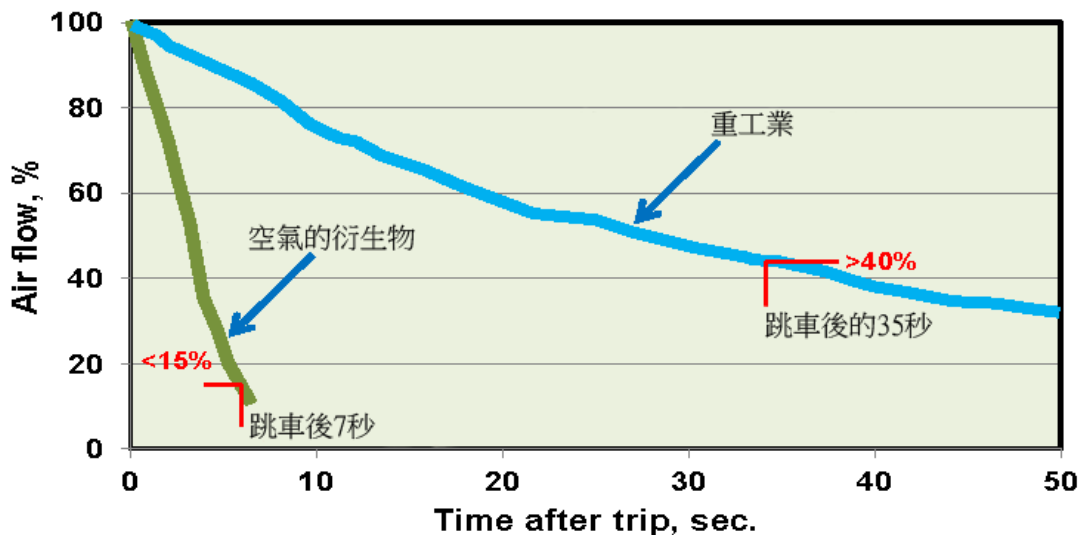
	Ambient Air Design	Gas Turbine/ Heater Integration	Credit (+)/ Debit (-), MMkcal/h
Fuel fired, MMkcal/h			<i>Expressed as fuel equivalent</i>
Heaters	631	583	
Gas turbine	0	224	
Total	631	807	-176
SHP Steam production, t/h	438	576	+98
		Electricity 38.9 MW	
Net electricity production, MW	0	83.2	+210
Energy improvement, MMkcal/h			+132
Ethylene product, kg/h	125,000	125,000	
Specific energy, kcal/kg ethylene	5,367	4,311	
	1,056 kcal/kg 乙烯 or 減少20%		Electricity generation at 60% efficiency

GAS Turbine 與裂解爐的整合系統與 stand-alone combined cycle 比較如下：仍是 GAS Turbine 與裂解爐的整合系統可以減少 9%的能耗。

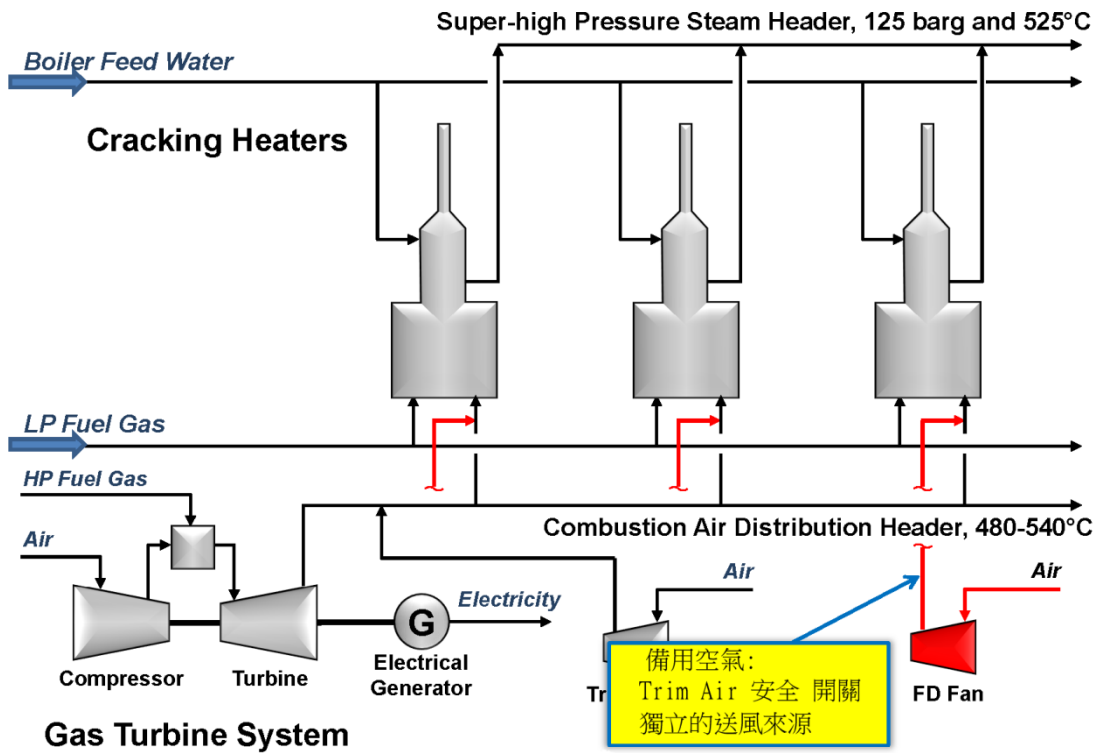
	Ambient Air Design	Gas Turbine/ Heater Integration	Stand-alone Combined Cycle (CC)
Fuel fired, MMkcal/h	631	583	631
Heaters	0	224	137
Gas turbine	631	807	768
Total			
SHP Steam production, t/h	438	576	438
Net electricity production, MW	0	83.2	83.6
Energy improvement, MMkcal/h	Base	+132	+74
Ethylene product, kg/h	125,000	125,000	125,000
Specific energy, kcal/kg ethylene	5,367	4,311	4,777
Specific energy reduction, kcal/kg ethylene	Base	1,056 20%	590 11%
Efficiency electricity generation, %	-	60	52

GAS Turbine 與裂解爐的整合系統的控制理念：

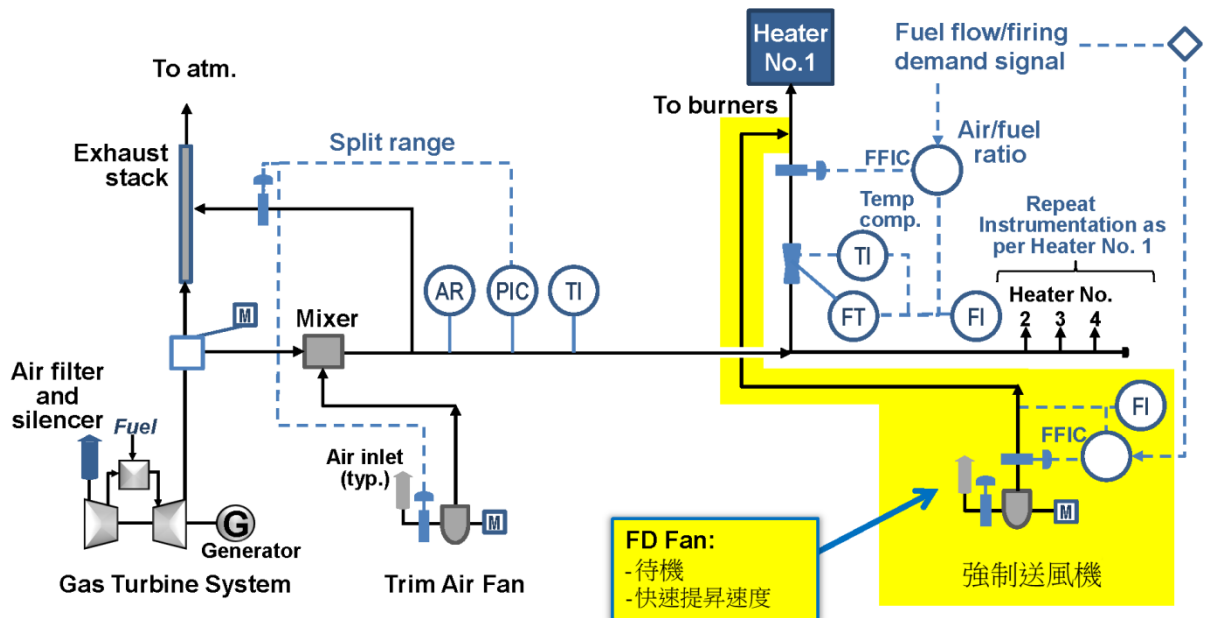
當 GAS Turbine 跳車時，會對裂解爐造成巨大的影響，因為提供裂解爐 79%空氣來自 GAS Turbine 使用後的煙道氣，當 GAS Turbine 跳車時裂解爐空氣開始減少，下圖是 GAS Turbine 跳車後空氣流量衰減速率。



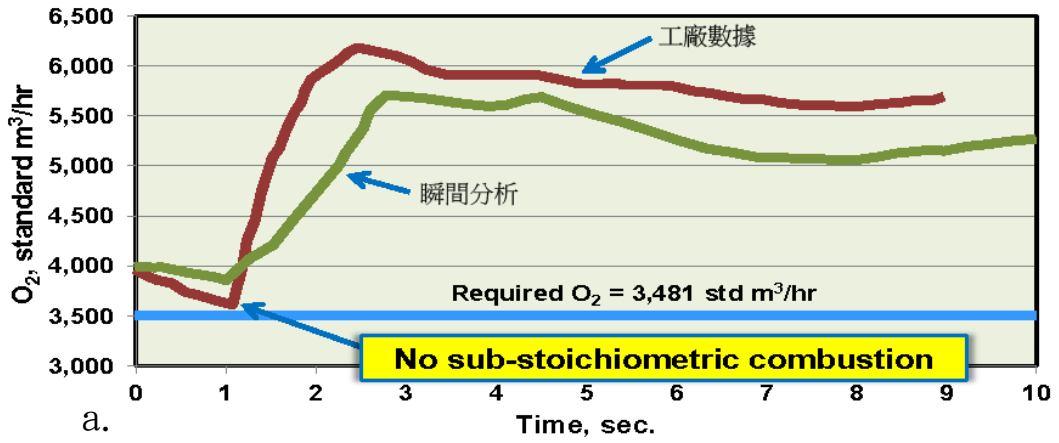
為了防止GAS Turbine跳車時，對裂解爐造成的影響，所以必需有一套備用的空氣緊急供給系統，當GAS Turbine跳車，裂解爐時的燃料氣所需的空氣能安全轉換到使用大氣空氣系統。



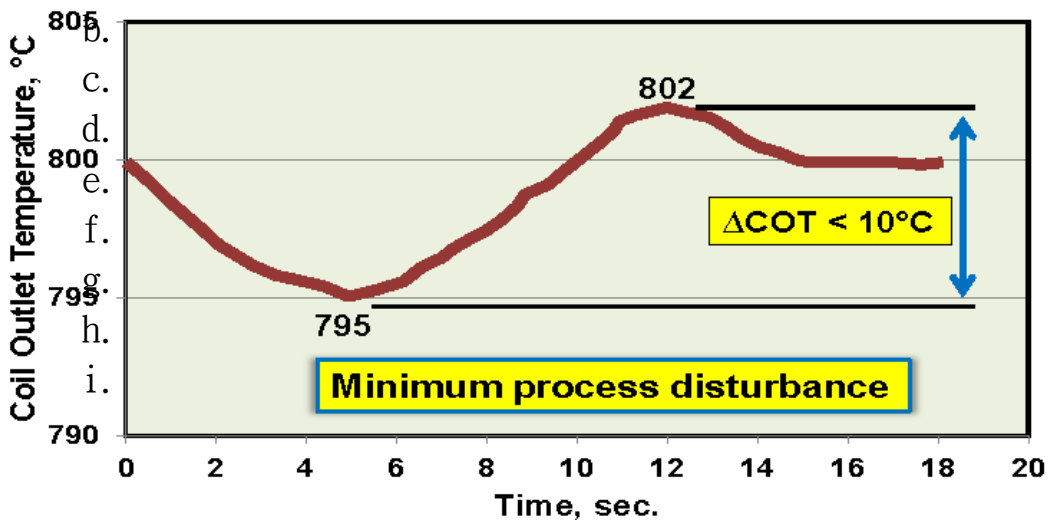
當 GAS Turbine 跳車時，獨立啟動的備用的空氣緊急供給系統，可以使裂解爐：避免不完全燃燒及對製程的干擾最小。



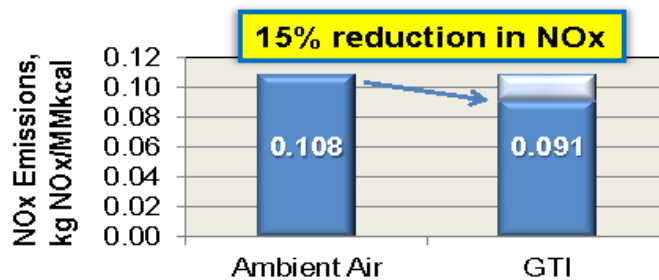
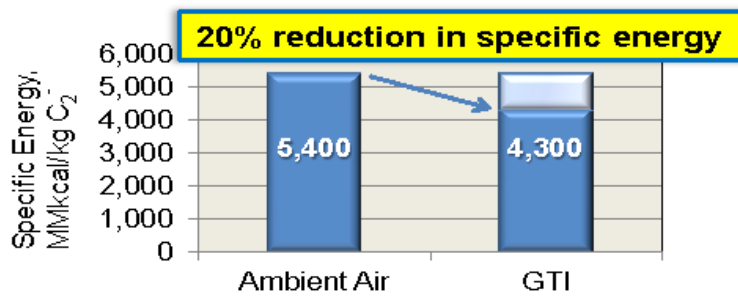
裂解爐使用備用的空氣緊急供給系統，當GAS Turbine跳車後，瞬間所有可用的氧氣流量如下圖：



GAS Turbine 跳車後，測量到的裂解爐瞬間 COT 變化



GAS Turbine 與裂解爐的整合系統可以減少 20% 能耗及減少 15% NOx。



二、 在降低投資設備方面：

1. 使用低壓的 chilling train 系統：

裂解氣壓縮機出口操作壓力由 37kgf/cm² 降至 15kgf/cm²，其優點有：

Low Pressure Chilling Train



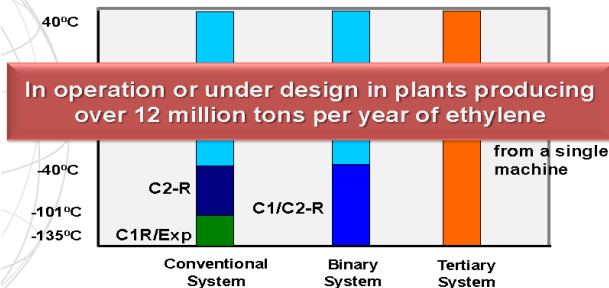
Discharge pressure reduced from 37 kg/cm² to 15 kg/cm²

- a. 可以減少 15 個設備及 1 個裂解氣壓縮機的機殼。
- b. 低的操作壓力在本質上，大大的增加工場操作的安全性。
- c. 在 2006 年已經操作成功，證明已經可以大大降低裂解氣壓縮機的能耗。

2. 使用雙成份或參成份的冷凍系統：

可以減少裂解廠設置壓縮機的數量，可以降低建廠時的投資成本，增加操作的穩定度及減少壓縮機的維修費用。

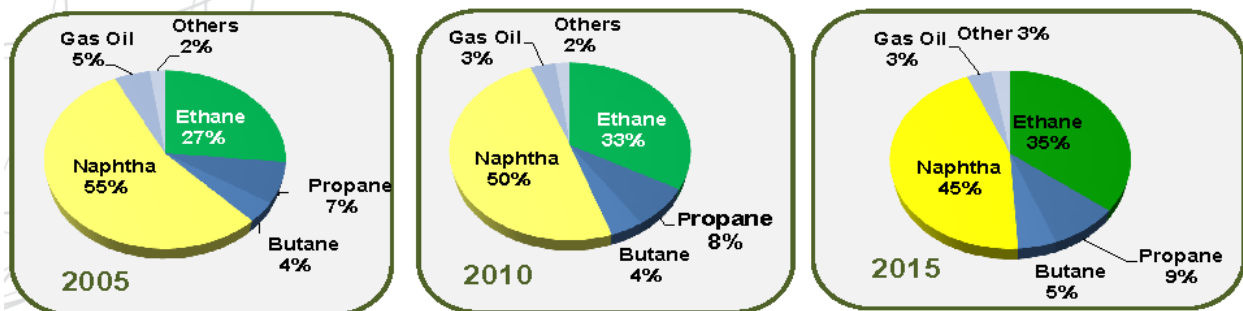
Binary and Tertiary Refrigeration



	Conventional	Latest Technology
CG compressor & driver	4	3
C ₃ - refrig compressor & driver	2	—
C ₂ - refrig compressor & driver	2	—
C ₁ refrig or expander	2 to 8	—
Tertiary refrig compressor & driver	—	3
Total	10 to 16	6

Improved reliability and lower maintenance cost

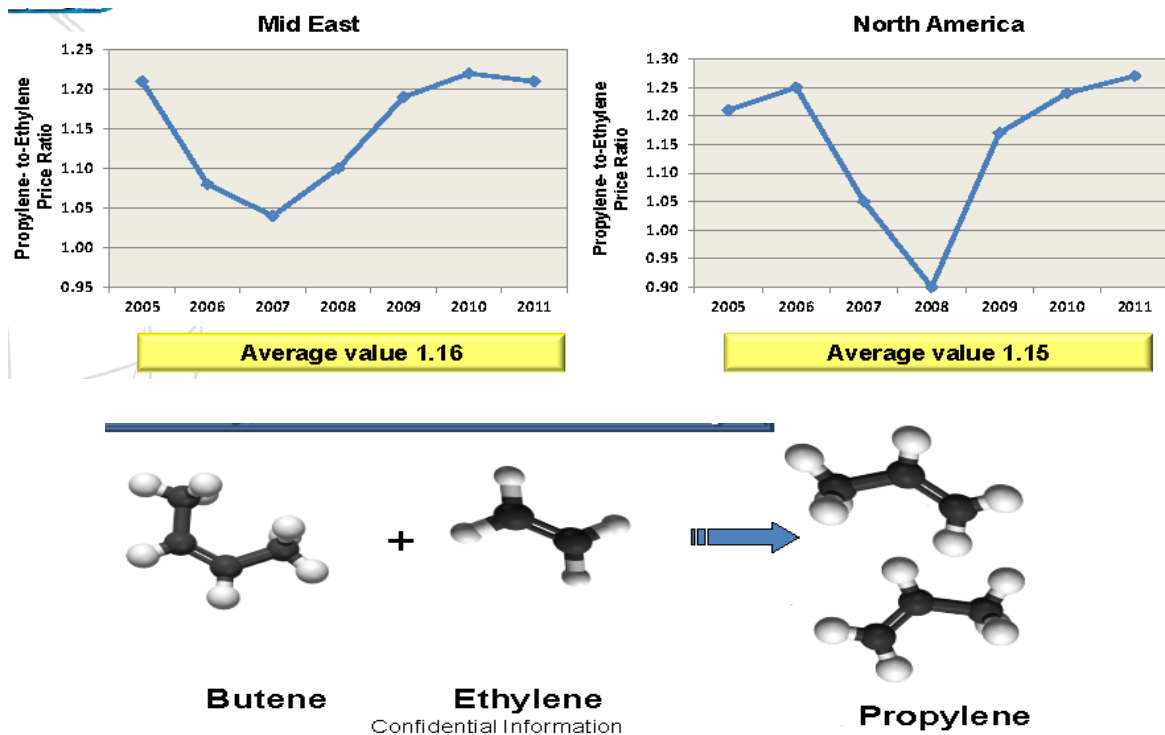
A. 進料情況的改變：由於開採油頁岩的技術發展成功，美洲地區的裂解廠進料將以低成本的乙烷取代 Naphtha，這將會造成丙烯及丁二烯等成份較重的產品生產減少，這會促使現有的乙烯裂解廠在生產策略上有所改變，趨向使副產品更具有變化的彈性操作。



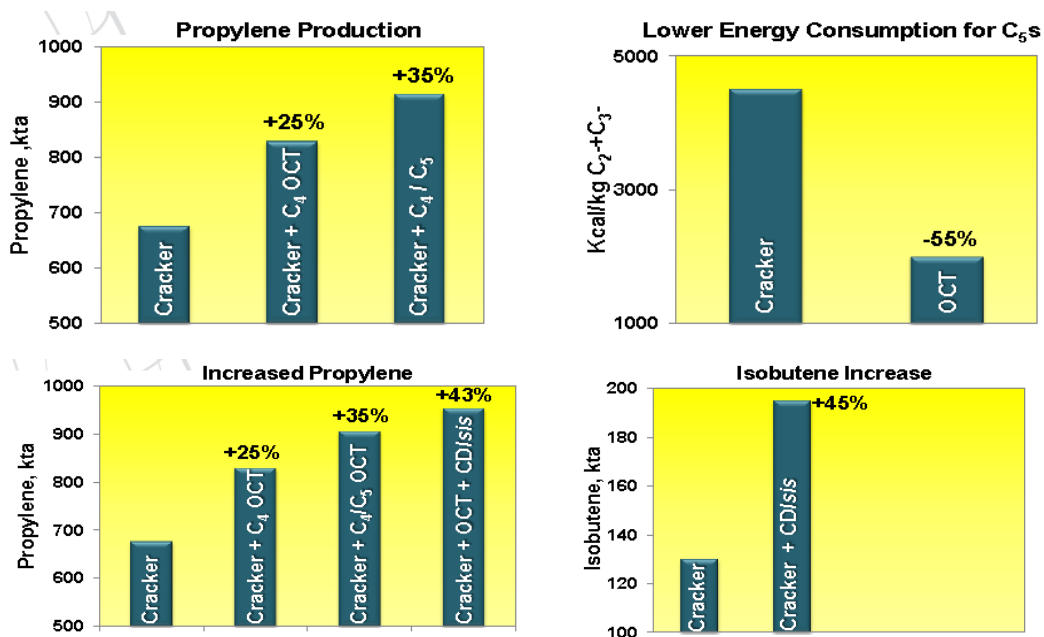
B. 丙烯的生產不足：由於全球乙烯裂解廠有 10% 的進料 Naphtha 將被低成本的

乙烷取代，全球每年將減少 7.5 百萬噸的丙烯供應，而 LUMMUS 預測 2019 年時每年丙烯需求會增加 25 百萬噸。

- C. 利用乙烯來生產丙烯：由於未來丙烯的生產不足，會造成全球丙烯價格高於乙烯，所以 LUMMUS 利用 OCT 製程將乙烯及丁烯轉化成高價值的丙烯。



- D. C4 及 C5 交互置換反應：利用裂解廠得到的 C5 及煉油廠生產的 C5，都可以當成 OCT 製程的進料，可以增加裂解廠中丙烯的產量。也可以利用異丁二烯或正二烯的氫化及異構化反應，可以單獨生產高價值的異丁烯產品，或是將分離得到的 2-丁烯當成在 OCT 進料與乙烯可合成高價值的丙烯。

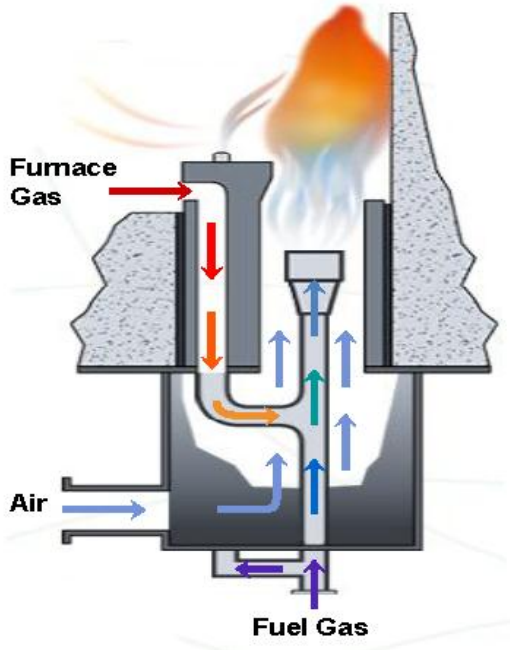


三、 在環境保護方面：

1. NOX 的減量：

- a. 改善裂解爐的燃燒器：可以延遲燃燒及利用煙道氣的再循環方式，可以將裂解爐煙道氣中的NOX由100ppm降至30ppm。利用CFD軟體模擬裂解爐，以確保爐嘴放置位置及形狀皆正確。

Ultra-Low NOx Burner Technology



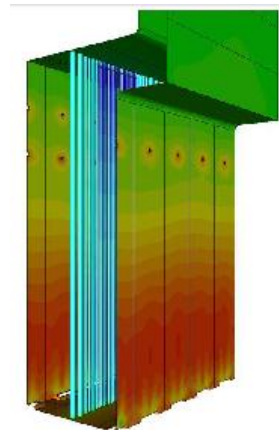
- Nox 減少
 - 燃料分級
 - 內部煙氣再循環(~45 ppm)
 - 貧-預混合(~30 ppm)
- 設計上的考慮
 - 燃料組成 (H2 content)
 - 需要的熱通量
 - 火焰穩定性
- 對於燃燒器解決方案的合適的設計/整合, CFD 模型是必要的

CFD 虛擬的裂解爐的商業應用

- 整體的燃燒器
- 超低 Nox 燃燒器的改造
- 爐壁的穩定燃燒
- 煉量最大化的改造

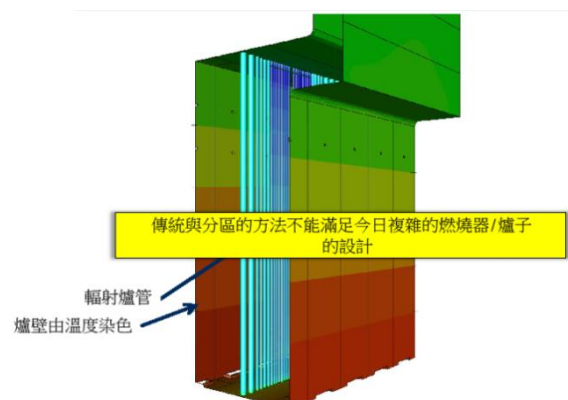
在最佳化的爐子設計上，可以計算出

- 燃燒器大小
- 燃燒器位置
- 通量的曲線
- 火焰品質



目前燃燒器廠商測試爐子都有幾何學的限制，所以在商業化的裂解爐上的試驗並不實際，為了確保商業化過程能夠是成功，可以先使用 CFD 虛擬的裂解爐。

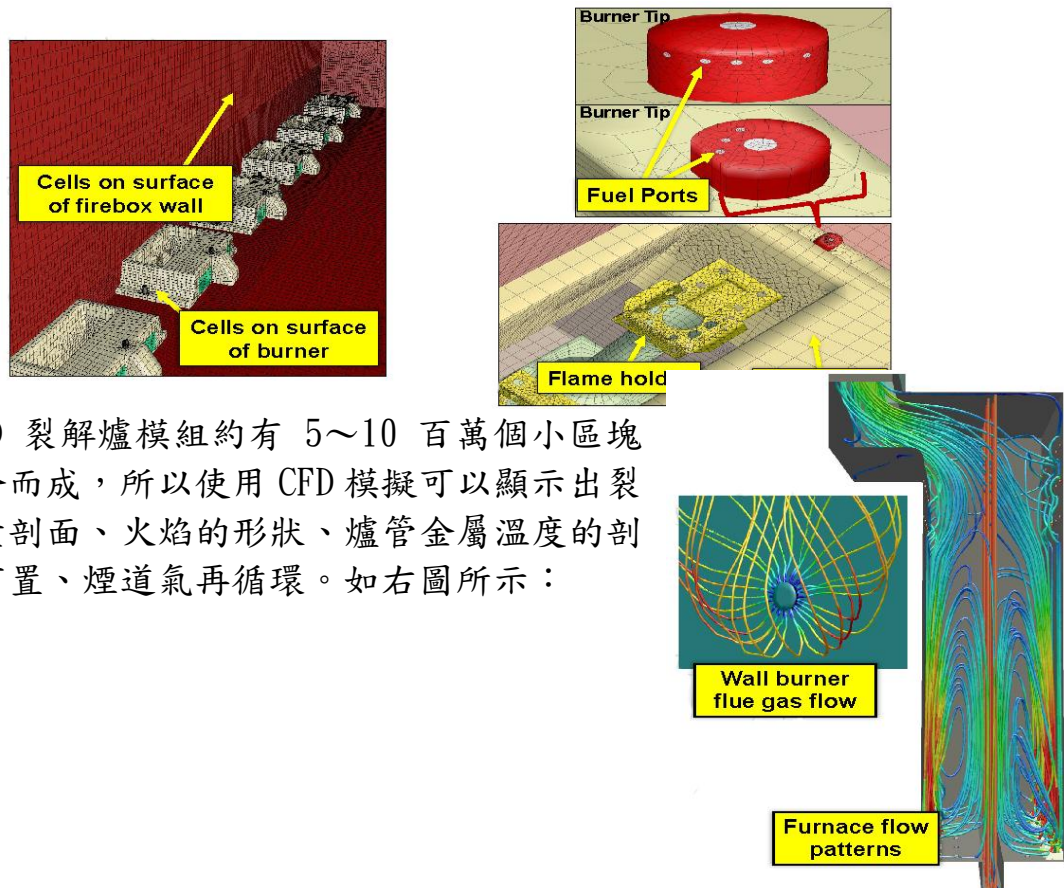
因為傳統上對裂解爐的模擬是輻射爐管的熱通量固定，無法解釋燃燒室內的空氣動力學或燃燒器的設計及特性。所以傳統式的裂解爐模擬不能滿足現今複雜的燃燒



器及裂解爐的設計。

而 CFD 模擬的裂解爐的原理是：

1. 在一個影響區塊內以數字表示質量、動量、能量守恆。
 2. 藉由將燃燒室內的影響區塊切割或者相互結合成許多連結的小區塊(cell)。
- 如下圖所示：

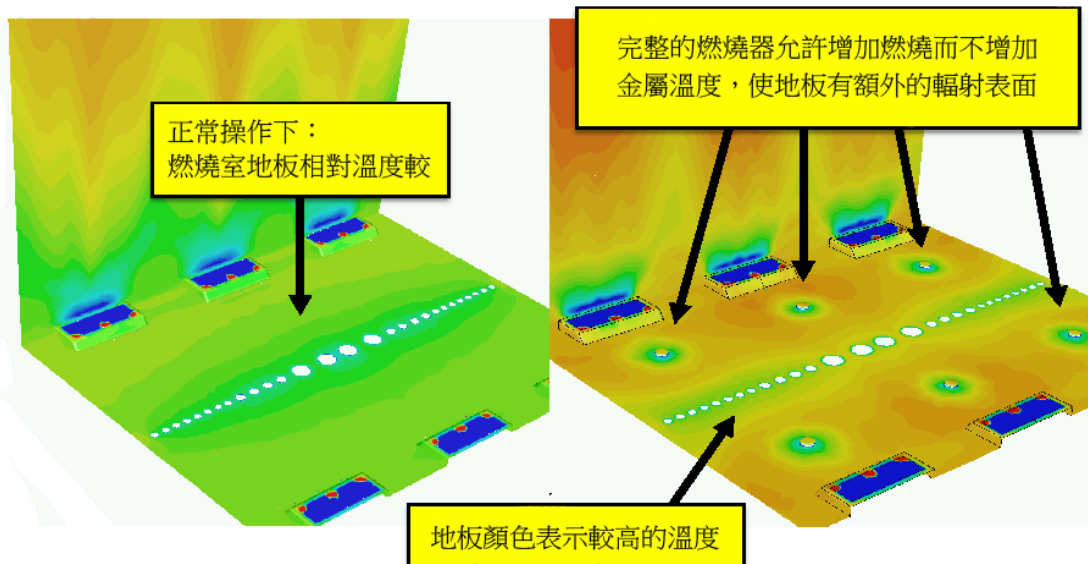


典型的 CFD 裂解爐模組約有 5~10 百萬個小區塊 (cell) 所組合而成，所以使用 CFD 模擬可以顯示出裂解爐：熱通量剖面、火焰的形狀、爐管金屬溫度的剖面、燃燒器布置、煙道氣再循環。如右圖所示：

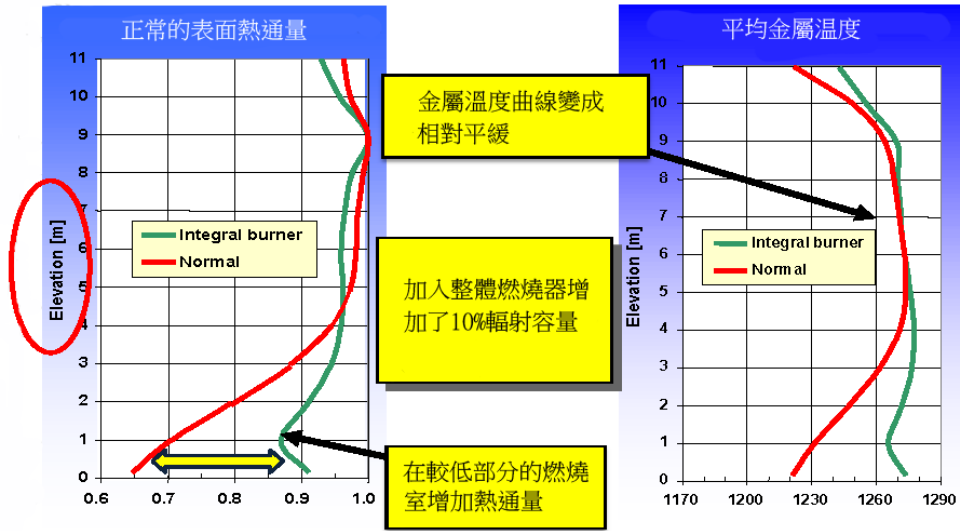
以下是 CFD 模擬應用於整合式燃燒器的例子：

燃燒器安裝前：

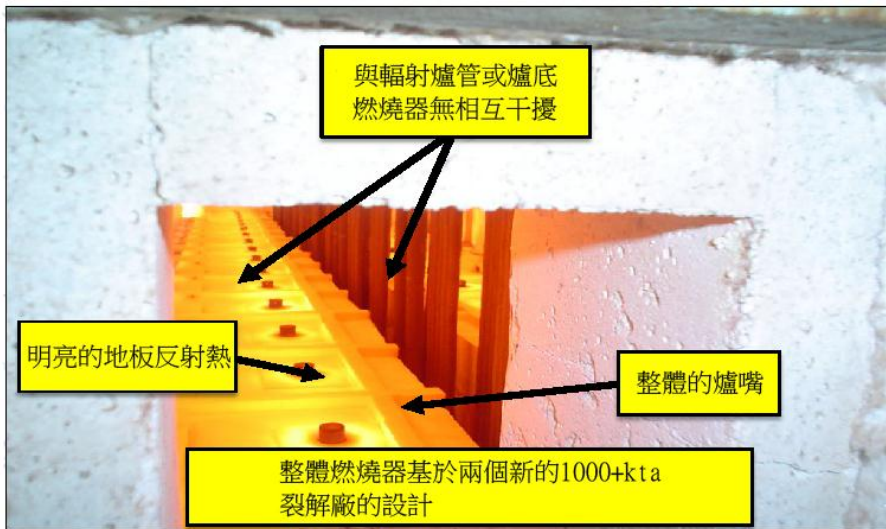
經過 CFD 模擬，將燃燒器安裝後：



CFD 模擬燃燒器的結果：

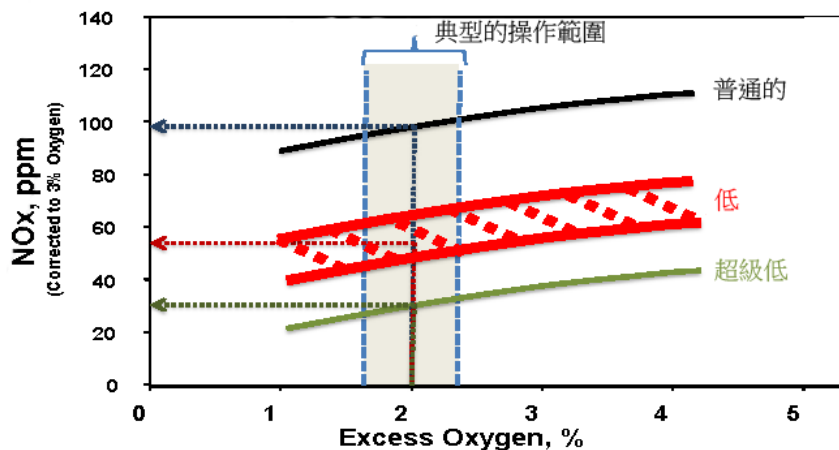


現場燃燒器操作的狀況圖如下：

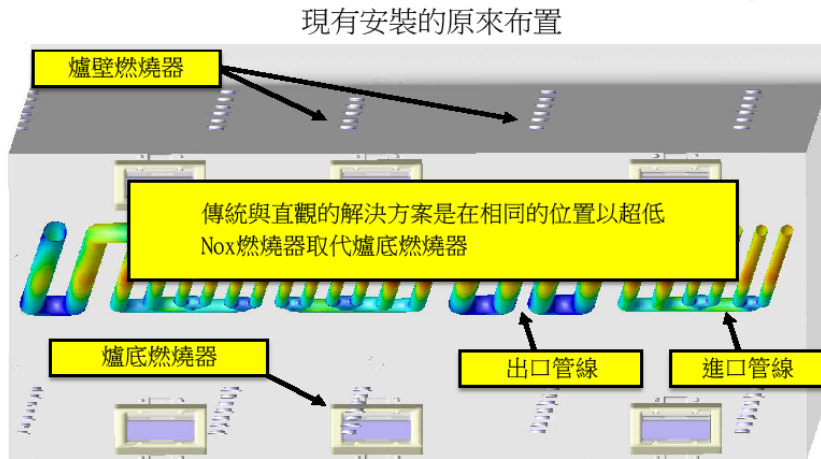


CFD 應用於低 NOX 燃燒器的例子如下圖所示：

- 現有SRT III裂解爐的改造
 - 減少氮氧化物
 - 維持目前的爐子煉量/操作周期

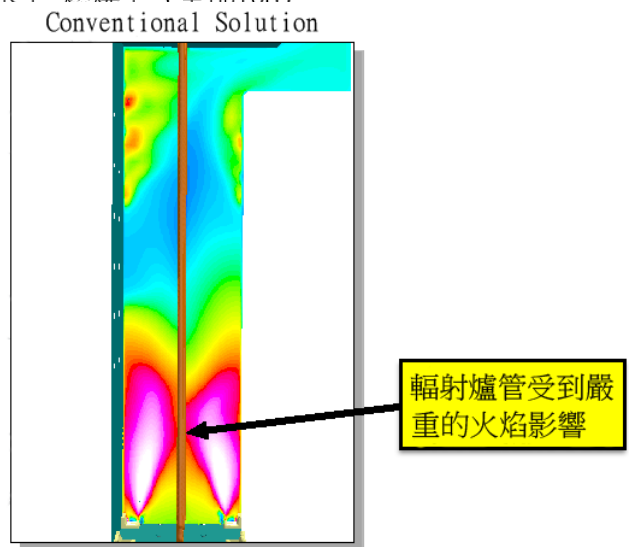


傳統安裝低 NOX 燃燒器的想法是：直接以低 NOX 燃燒器取代現有的位置的爐底燃燒器。

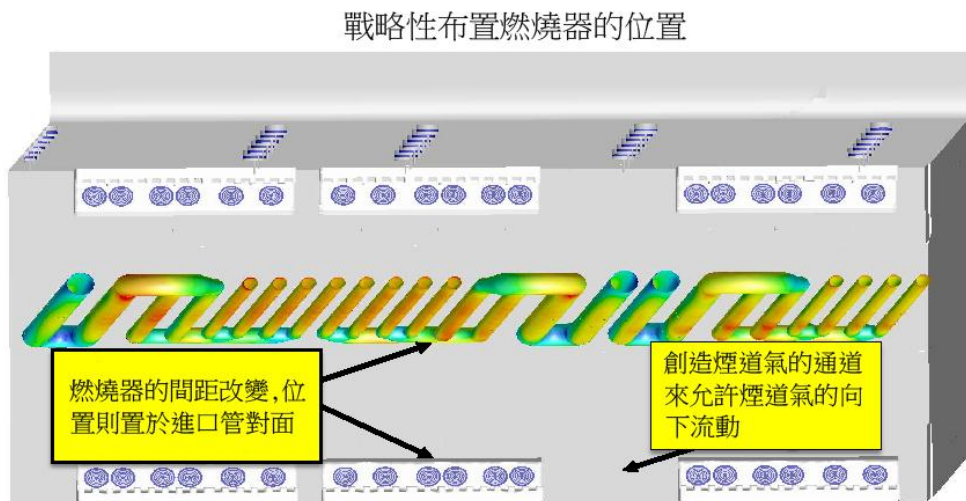


爐壁燃燒器的6個完整水平 燃燒中 (全部108)

若以上面的燃燒器布置，以 CFD 模擬出的結果：造成燃嘴火焰劇烈而短小，造成火焰會翻轉，如右圖所示：

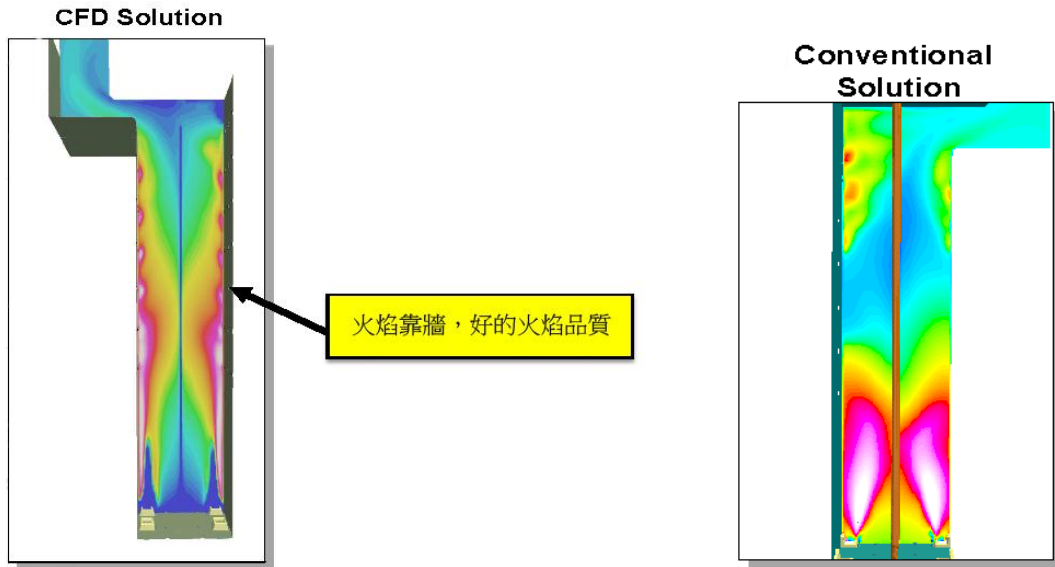


藉由模擬之結果，修改燃燒器的佈置解決火焰翻轉的問題，如下圖：

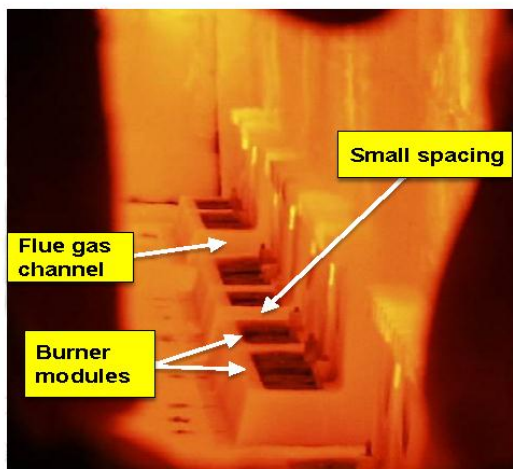


爐壁燃燒器的6個完整水平燃燒中(全部108)

模擬裂解爐內火焰分佈之情形，所以 CFD 分析法可以防止燃燒器商業測試之失敗。



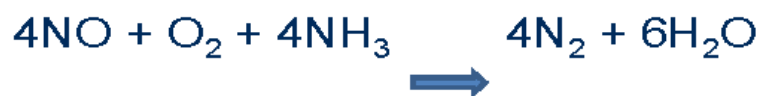
以現行的裂解爐操作為例子：



- 在商業化的爐子，在高燃燒率的情況下，連續維持著 28~32ppm Nox
- 從現有的安裝 減少了65%
- 爐子展現了超越現有的增進的操作周期長度(超過7個周期)

b. 可以使用選擇性觸媒可以降低90%NOX，利用CFD軟體模擬以確保NH3的分佈正確，目前已經有五座在使用降低NOX的選擇性觸媒。

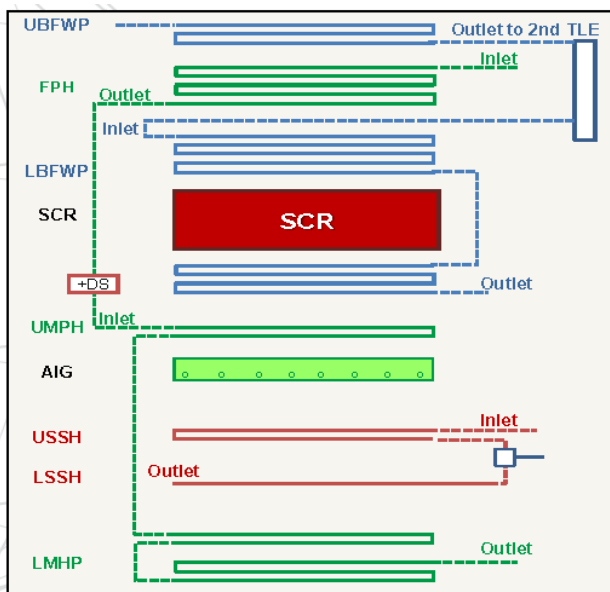
- 高水準的 NOx 減量需要選擇性觸媒，可以去除 90% NOx (<10 ppm)
- 藉由注入(NH3) 到煙氣中與良好混和的氣體通過觸媒床來移除(NOx)
- NOx 與 NH3 在觸媒中反應生成 N2 與 H2O：



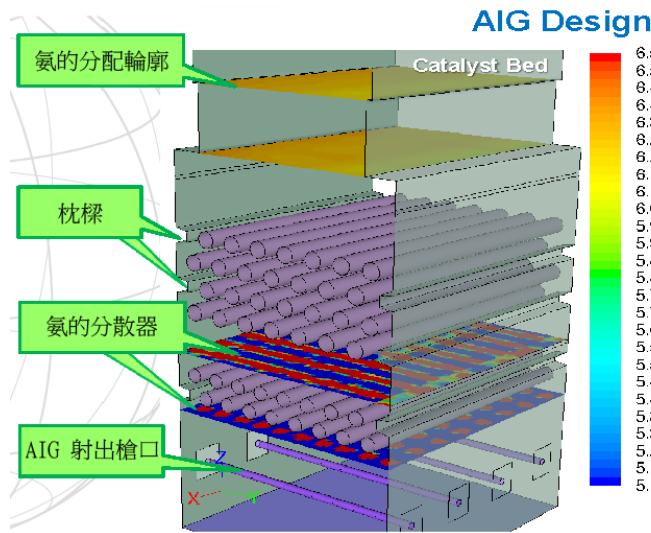
- 觸媒類型
 - 鉑金
 - 鈦-鈦
 - 沸石
- 關鍵設計標準
 - 溫度窗口
 - 氨的分布
 - 空間流速
 - 觸媒遮蔽



- 對於爐子的應用，最具成本效益的觸媒解決方案：以鈦鈦為基礎，整塊的蜂窩狀觸媒。
- 為了得到最佳的觸媒性能，以下列的操作條件為佳：
 - Temp window (250-400 °C)
 - Inlet temp uniformity (+/-11 °C)
 - Inlet velocity uniformity (+/-15%)
 - NH3/NOx ratio (+/-10%)
- 機械設計
 - 整體空間需求
 - 觸媒處理



- 位於最佳的溫度窗口下與 SCR 觸媒床新對流區的設計
- 氨的射入格(AIG) 為了均勻的混和 NH3，在設計時必須考慮下列三點：
 1. 過燃燒室的除焦。
 2. 過絡中毒。
 3. 氨流量控制單元(AFCU) 。
可以移除超過 90% NOx 。



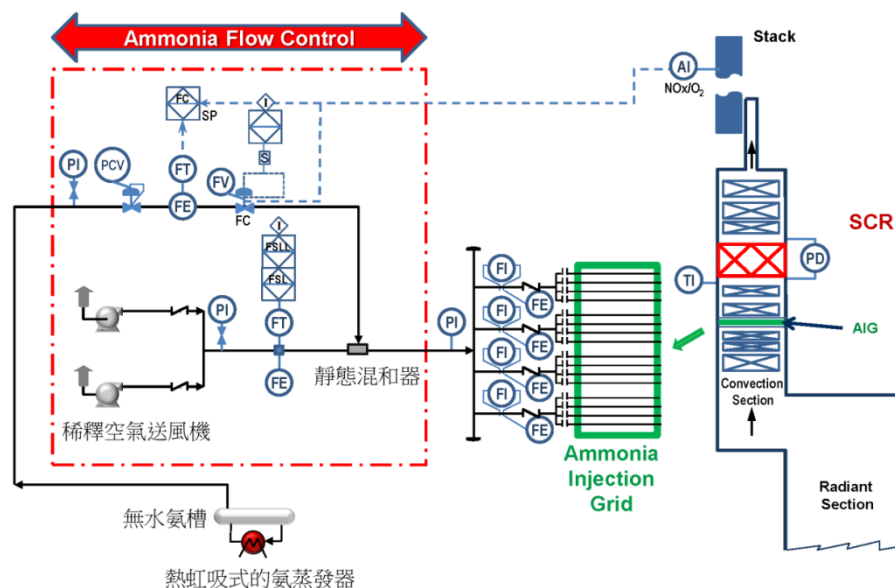
- 高移除效率的關鍵：在煙氣中，氨氣的平均分配
- AIG的設計是SCR的性能關鍵
- 確保適當的設計，CFD的建模是重要的

觸媒污染/遮蔽

- 考慮過從輻射區爐管材料造成的銹遮蔽
- 顆粒（燃燒，除焦的流出物）
 - 普通顆粒的大小通常為 3-5 mg/Nm³
 - 在燃燒室除焦時，顆粒的大小將會增加到~500 mg/Nm³；考慮過觸媒的幾何分布與間距的設置
- 硫酸鹽（銨）沉澱
- SO₂ 的轉化

AFCU（氨氣流量控制單元）

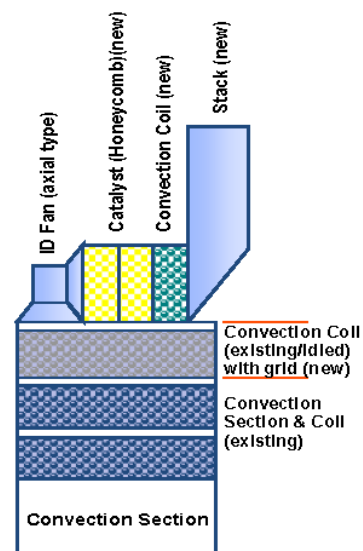
- 可由含水的（19% wt or 29% wt）或無水的氨來供給
- 按照 API RP 536 來設計
- 可由（DCS）或者現場 PLC 來控制
- 組成關鍵：
 - 稀釋空氣送風機
 - 攪拌器



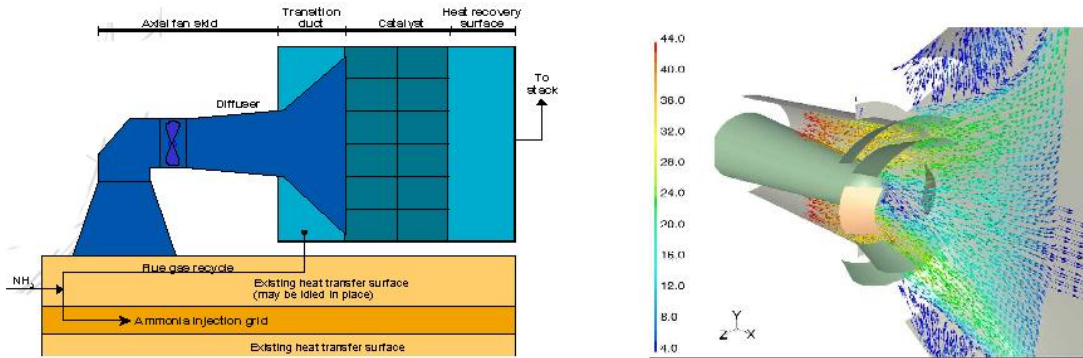
- 觸媒壽命:正常操作下 3-5 年
 - 對於觸媒 60°C/hr 升溫速率
 - 當觸媒床在允許的溫度範圍內時 NH3 注入
 - 清潔(詳細的需求由觸媒供應商來修改)
 - § 壓縮空氣(100 psi)
 - § 過熱蒸氣(>28°C 過熱)
 - § 避免與水接觸
 - 正確的燃燒室除焦
 - 與觸媒供應商建立觸媒的管理計畫
- 改變現有的爐子，增加了額外的限制
 - 空間限制
 - § 遷移更換風扇, 加熱表面, 煙囪
 - § (AIG, AFCU) 氨設備的布置
 - 更高的草圖需求
 - 要避免修改現有的基礎與鋼架構
- 更換現有的對流區解決了許多問題
 - 在最佳的溫度窗口下，SCR 能被設計於加熱表面內



- 開發是為了解決對於簡單SCR改造的需求,同時避免與傳統方法相關聯的問題
- 以模組方法來激發爐子的SCR改造
 - ”添加”於對流區頂部的剩餘空間
- 能利用低花費，中溫度層的觸媒



- 觸媒床頂部裝/卸載
- 雙層系統提供了允許廢觸媒的部分更換, 與活性 觸媒的管理計畫
- 氨氣從 SRS 注入煙道氣的再循環流
- 利用 SRS 的風扇增進 NH3 的混合
- SRS 對觸媒提供了良好的混合, 均勻的分布



• 為了滿足當前氮氧化物的要求, SCR 系統變成裂解爐設計中很重要的一環。

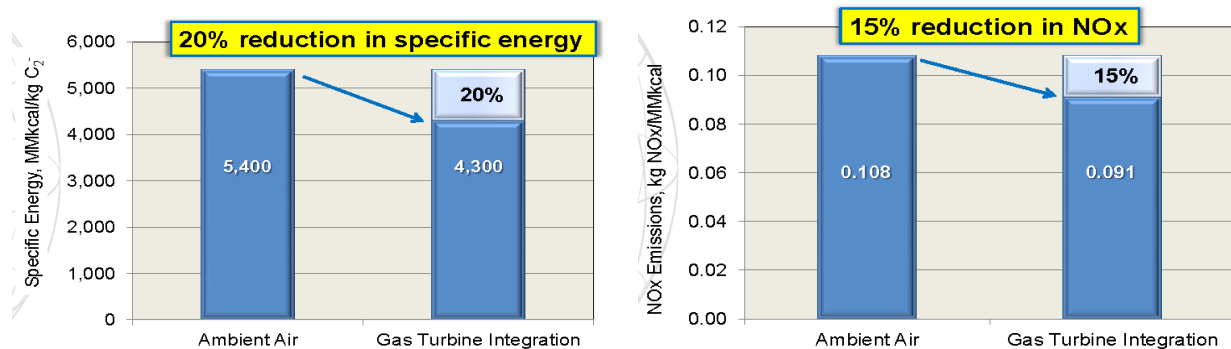
2. CO2 的減量:

a. 利用OCT製程來生產丙烯, 可以降低溫室氣體的排放:

因為OCT製程是放熱反應, 在反應中不需要額外加給熱源。

在產品的分離方面費用很低: 因為產品中沒有氫氣及甲烷, 只有碳數間的分離, 沒有烯類及直鏈間的分離。

b. GAS Turbine與裂解爐的整合系統: 可以降低20%的能耗, 及減少15%NOx。



四、 在操作可靠性方面:

由於引進新的技術、技巧性的操作、LUMMUS 持續的技術服務、強的維修能力, 可延長裂解廠平均的操作周期高達 48 個月, 最大甚至到達 120 個月。

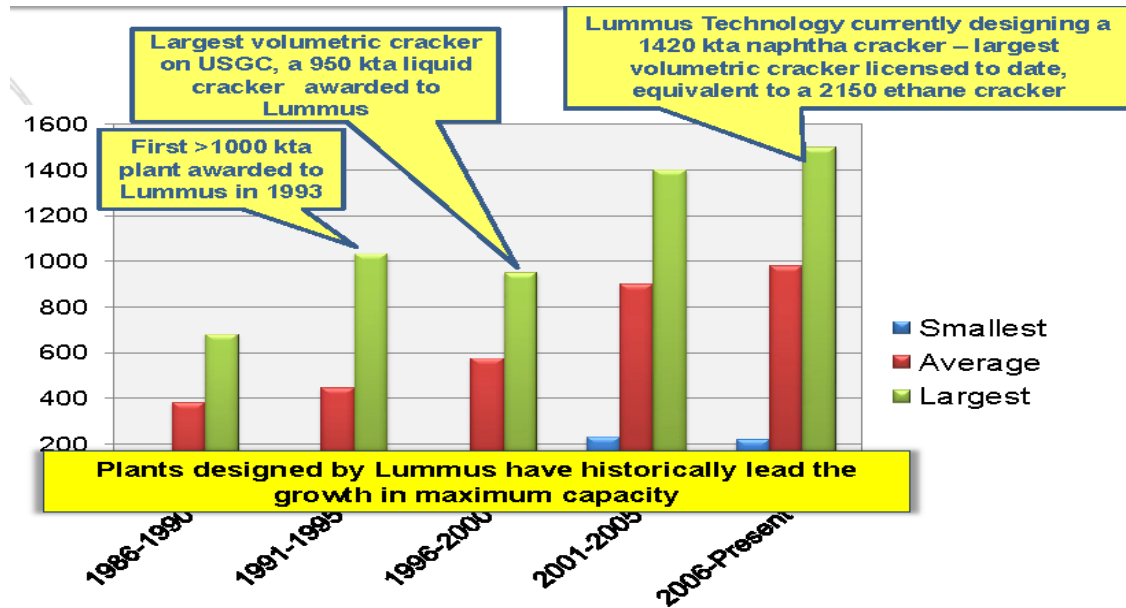
Year	Total Survey Ethylene Capacity MTA	On Stream Time	Time Between Turnaround Months	
			Average	Maximum
2002	21 Million	97.7%	36	96
2007	20 Million	98.0%	42	84
2012	30 Million	98.9%	48	120

Multiple plants have no shutdown during survey periods

五、 在最大經濟規模方面：

1. 經濟規模：

在 1993 年第一座年產 100 萬噸的乙烯廠誕生之後，目前以 Naphtha 為進料的裂解廠最大設計產能是年產 142 萬噸的乙烯；以乙烷為進料的裂解廠最大設計產能是年產 215 萬噸的乙烯。



2. 擴建的限制：

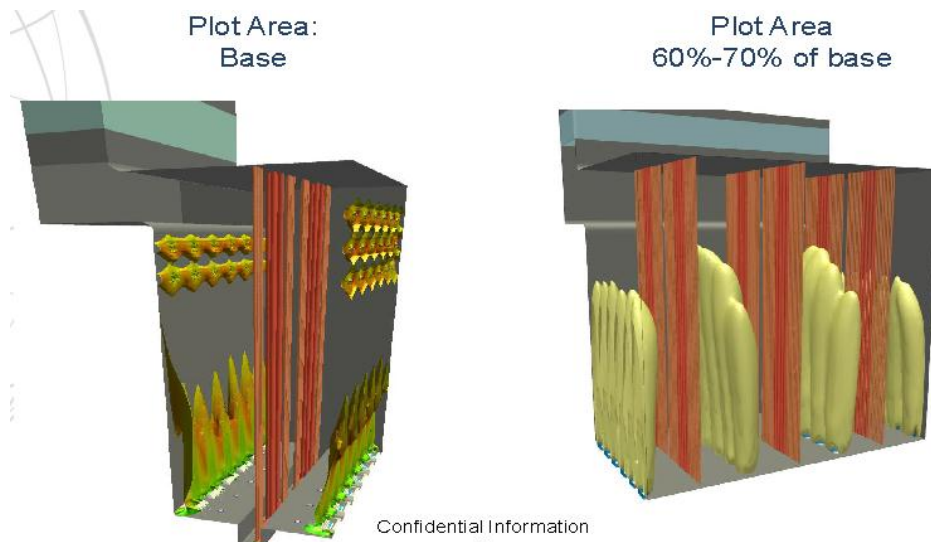
設備對於工廠可做的煉量有著相對的影響性，以下將以最大煉量的前提之下對各個單元設備是否限制到煉量的提升來做討論。

A. 設備限制—裂解爐

以直觀而言增加進料量即可增加煉量，但以增加爐子來增加煉量這變的不切實際!!

因為爐子數量如果增加，則相關的維護與設備的問題也會相對的增加，為此所做的花費將遠大於油料儲存於管線與設備的問題，因此最理想的爐子數量是 5~8 。

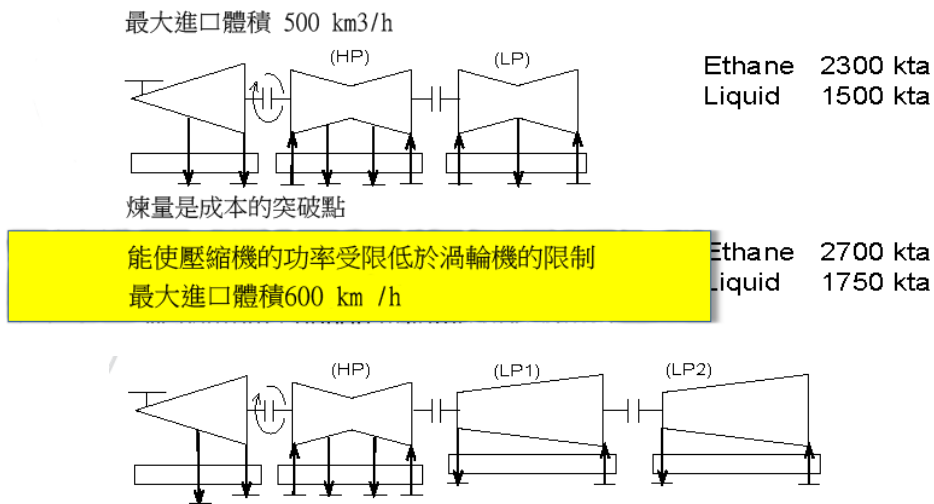
Lummus 為此提出了一個方法，級是以 SRT X 來替代現有的爐子，相對於傳統裂解爐，SRT X 優化了加熱平台，同時間接的增加單一空間下可增加的進料量。



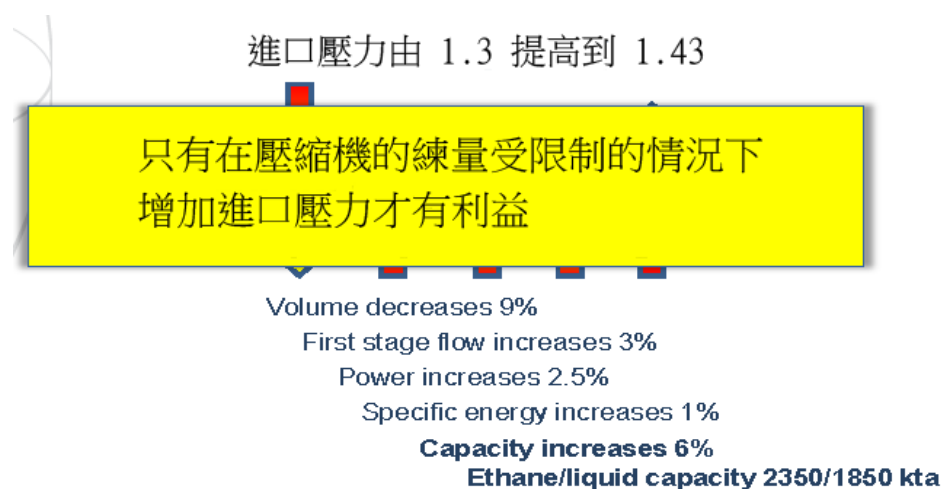
B. 設備限制-裂解氣壓縮機(CGC)

LP chilling train 是一個能降低 CGC 負荷的方法之一，因其所需的壓力較低 (15~20)，所以 CGC 的壓縮級數自然可相對的減少，若需要加大煉量時仍可增加 CGC 的壓縮級數，但比仍可少於原本的 chilling train 設計(33kg)所需的級數，這使得壓縮機的功率受限能低於渦輪機的限制。

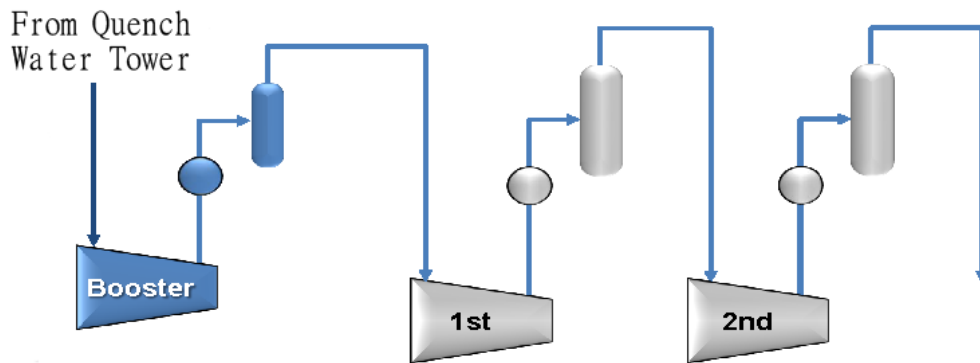
- 對於 LP chilling train 有兩種可能的布置



如果 CGC 的負荷已達到上限時，可增加壓縮機進口壓力來增加體積流率，利用加壓的方式來增加單一空間下的體積密度，但增加壓縮機進口壓力將增加爐管出口壓力(COP)，增加 COP 將減少選擇性，進而降低 CGC 進口乙烯的濃度，如何決定最佳化，位置評估是必須的，



為此 Lummus 在 CGC 進口增設了一座增壓器來解決相關的問題



C. 設備限制-冷凍壓縮機系統

可使用雙成分或者三成分的冷凍系統來減少透平的耗用

Ethylene Refrigeration



Binary Refrigeration



對於增加進口壓力是否可減少冷凍系統負荷而言，通常丙烯冷凍系統最低的溫度層級是 -40°C ，相當於大約 $1.3 \text{ kg/cm}^2\text{a}$ 的進口，若增加 2°C 的冷凍溫度將增加 0.13 kg/cm^2 的進口壓力。

D. 設備限制-塔槽

在乙烯廠內有兩種大型塔槽

- 低設計壓力（氣油分餾塔，驟冷塔）
 - §大直徑
 - §高度適中
 - §槽壁較薄
- 高設計壓力（乙烯精餾塔，丙烯精餾塔）
 - §直徑適中
 - §高度很高
 - §槽壁較厚

塔槽大小通常不會是限制工廠煉量的瓶頸

Low pressure towers (gasoline fractionator/quench tower)

Installed up to 17m diameter, up to 46 m T/T,
up to 900 tons
Required 16.1 m diameter, 47 m T/T, 1150 tons
(largest required tower is based upon 2000 kta liquid cracker gasoline fractionator)

High pressure towers (ethylene & propylene fractionators)

Installed up to 10 m diameter, up to 93 m T/T,
up to 1800 tons
Required 8.6 m by 94 m, approx 1850 tons
(largest required tower is based upon 2000 kta liquid cracker propylene fractionator)



塔槽大小通常不會限制
工廠煉量

E. 設備限制-換熱器

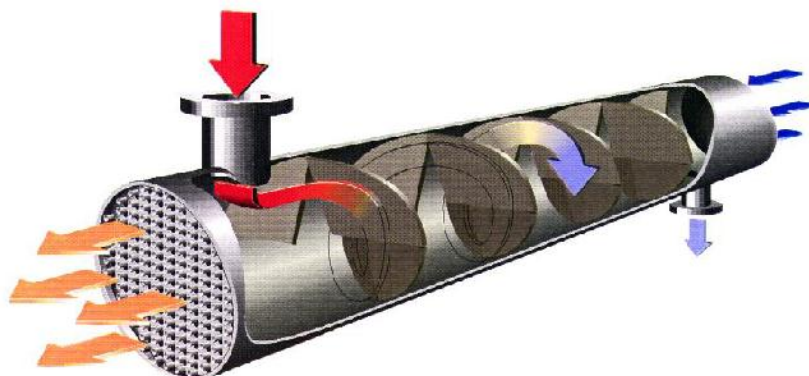
大煉量的工廠需要大的換熱器

- 由於維護與建造的大小限制，經常需要將殼側以平行的方式切成數等份
- 除了切成 2 等份的殼側，在殼側內以平行方式分配的流體將變得更複雜，如果建造較大型的換熱器將會有以下的需求。
 - 增加地表面積
 - 需要較大的管徑來減少殼側進出口的差壓
 - 分支的配置需要允許相對稱的管線
 - 增加儀器需求
 - 增加基礎/土木工程

為此 Lummus 提供了一些新的換熱器型態：

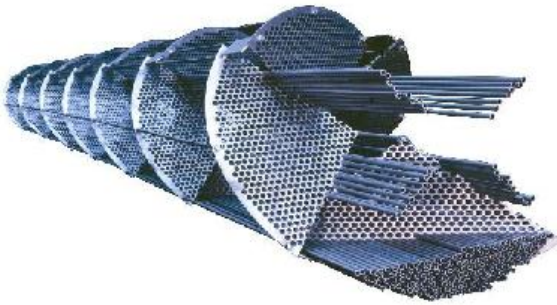
1. HELIXCHANGER® heat exchangers

- 對於殼側流體 連續性的轉向
 - 減少殼側差壓
 - 減少殼側結垢
 - 增加殼側熱傳
 - 對於流體引起的震動，提供有效的保護





- 適用於許多乙烯廠內的各個系統
 - Secondary TLEs
 - QO 與 QW 系統
 - 裂解氣壓縮機出口冷卻器
 - 乙炔反應器的換熱設備
 - 丙烯分餾系統的換熱設備
 - 丙烯冷凍系統的冷凝器
 - more...
- 可以使用在很多地方



2. Core-in-Kettle exchangers 與 High flux tubing



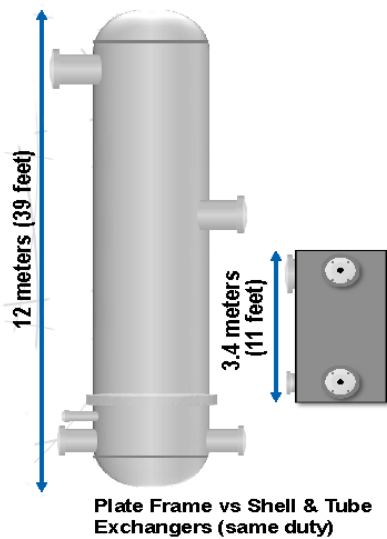
使用在許多大型的擴廠上

- 適用於純物質或者接近純物質的沸點系統上
- 鋁製的換熱氣被淹沒於將沸騰的流體下
- 可以安裝在 drums 或塔槽底部
 - 當安裝在drum時，許多冷卻/冷凝的流將可以在單一的容器中處理



- 多孔的金屬層連結於管壁上
 - 利用毛細現象牽引液體
 - 大量的沸騰區域
 - 由10個以上的因素來提高沸騰的熱傳系數
- 總熱傳系數是加倍的

3. Plate frame exchanger



- 高總熱傳系數
 - 低安裝的實際面積
 - 減少規畫區域的需求
- 逆流
 - 殼/管側的溫度在換熱器內交叉
 - 減少冷卻水流量/增加 ΔT
 - 較低的驟冷塔塔頂溫度
- 維護簡單
 - “栓上的” 盒子將避免外部洩漏但能確保簡單的維護

F. 設備限制-閥類

- 裂解爐隔離閥
 - 證明到直徑 60”
 - 足以讓裂解爐煉量超過 300 kta
- 壓縮機逆止閥
 - 標準尺寸到 60” ， 可以提高到更大的尺寸 72”
 - 足以讓工廠煉量超過 2200 kta
- 安全閥
 - 早在計畫中確定數量與大小
 - § 確定結構與通道需求
 - § 由大管徑的燃燒塔排放集管來決定路徑

G. 設備限制-燃燒塔

- 大型工廠通常利用燒塔負荷的緩和來減少燃燒塔容量
 - 減少計畫區域
 - 減少對鄰居/環境的影響
- SIL3 可靠性需求
 - 必須定期檢測來維持 SIL 等級
 - 多數個子系統來減少工廠整體負荷
 - § 單一子系統失效的機率將會增加
 - § 考慮在聯合附載下最大系統的故障
- 如果 SIL-3 統沒有作用，一些獨立的系統將表現顯著的負載
 - 額外的保護層
 - 仍然提供全煉量的洩壓閥

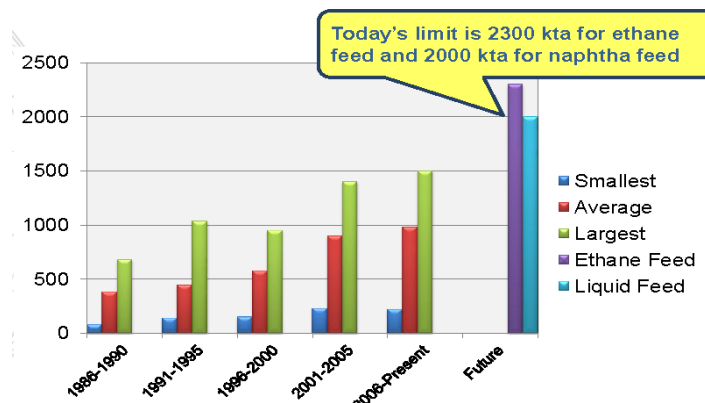
H. 設備限制-管線

• 轉換線/壓縮機進口

- 120 inch (3000 mm)的直徑正在操作中
 - § 足夠到 1500 kta 的液體油料裂解廠煉量
 - § 較大的管徑可能有較大的煉量
- 法蘭
 - § 大於直徑 60 inch 將使用特別的供應商
 - § 法蘭與螺栓形式可能到 144 inch
 - § 厚度修改美 ASME Sect 8 Div 1
- 大型噴嘴與特殊配件，需要有限的元件分析
 - § 特別強化需求的應用
- 風量負荷與震動分析的需求

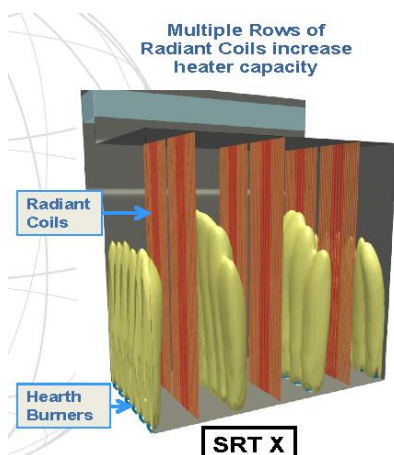
利用最新的技術可以解決擴廠的限制的問題：

- 使用SRT-X裂解爐：單一SRT-X裂解爐可操作至32Kta，是在擴建時最有效運用現場有效空間來提高產量，並且能夠降低擴建時的投資成本。
- 低壓力的chilling train系統，降低了裂解氣壓縮機對動力的需求，可以幫助達到年產200萬噸乙烯的目標，現今最大乙烯廠產量限制：以Naphtha為進料是年產200萬噸乙烯；以乙烷為進料是年產200萬噸乙烯。



六、 在使用較低的投資成本以擴充產能方面：

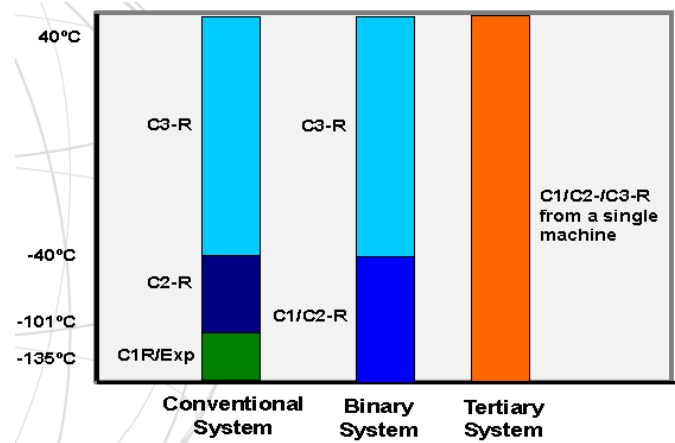
最新技術的使用：利用 SRT-X 裂解爐、混合氣體的冷凍系統、OCT 的整合技術... 等等，可以降低擴充產能的投資成本、增加操作的可靠性及減少工場 shut down 的時間。



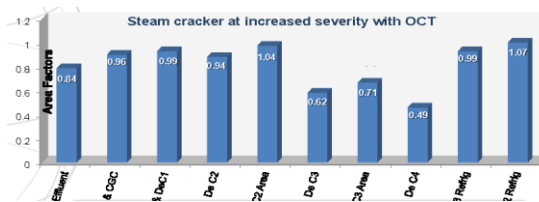
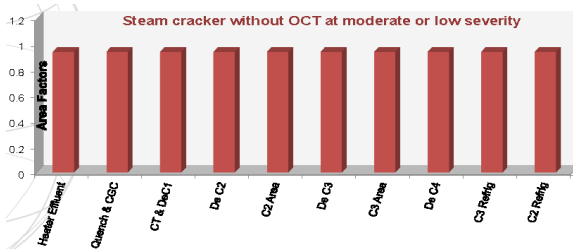
1. SRT-X 裂解爐：因為幅射區內多列式的排列，增加了裂解爐的加熱量，在相同的現場空間內可以增加 50% 的乙烯產量，且因為管架不必擴充所以投資成本較低，產量的大量提升增加了操作的彈性，也降低了分離設備更新的費用。

2. 使用混合成份冷媒的冷凍系統：當擴充產能

時，使用典型傳統的作法是將所有現有的冷凍壓縮機的轉子全部更新，或是送到原廠進行修改；若採用雙成份或參成份冷媒的冷凍系統，只需要增加一台新的壓縮機即可，可以降低投資成本。因為在工場操時可將新的壓縮機先安裝在現場，只要等到停爐大修時再 TIE IN 即可，大大地減少因壓縮機修改時的停爐等待時間。



3. 乙烯廠與 OCT 的整合，可以降低擴充丙烯產量時的投資費用。

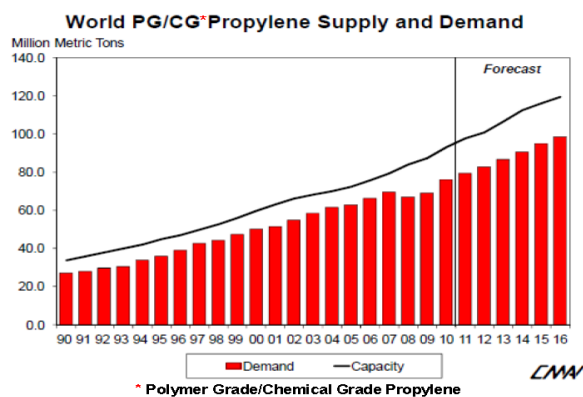
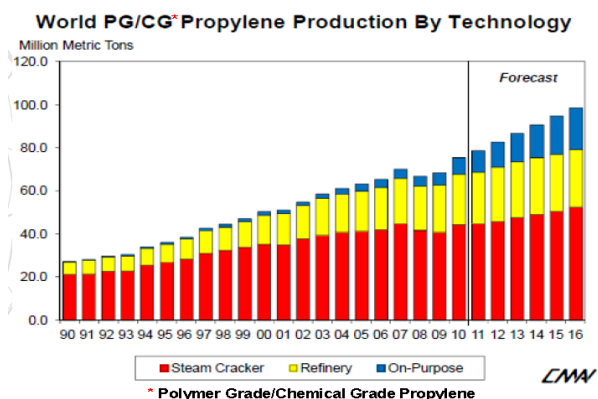


- 自從 2000 年,39 個 OCT 製程工場得到操作許可後，以 OCT 製程生產超過每年 8 百萬噸的丙烯產量，超過全世界 10% 的丙烯產量。
- 它製程的優點包括：
 - 使 C4s 與 C5s 轉化到高價值丙烯
 - 解決了發展中的丙烯的缺口
 - CO₂ 產生量很低
 - 低的公用系統消耗(不需外加能量的反應)
 - 低的投資成本(反應器流出物很容易分離)

缺點：需要尋找 C4 進料

全球市場的趨勢：

- 可用的 C4 進料：
 - 全球傾向使用蒸汽裂解產生的混合 C4 當成進料。
 - 許多新的以輕成份(乙烷或液化石油氣)為進料的裂解廠。
 - 混合的 C4s 進入到新的丁二烯提取(BDE)製程。
 - 使用丁二烯來製造丙烯經由甲烷化技術。
- 上漲的汽油市場：
 - 因為汽油價格的高漲，造成煉油廠中的 FCC 工場生產更少的丙烯。

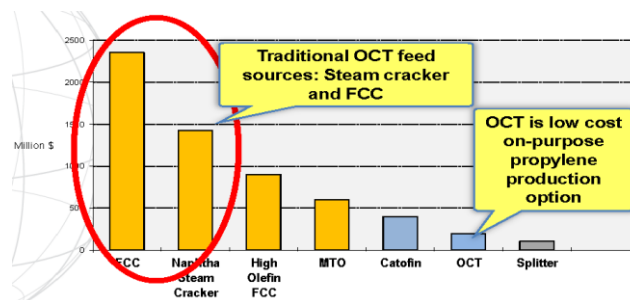
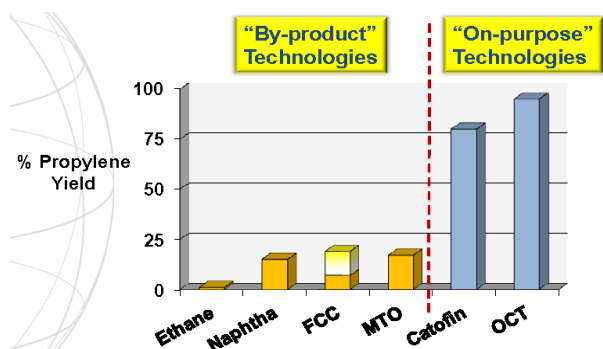


在丙烯需求方面：

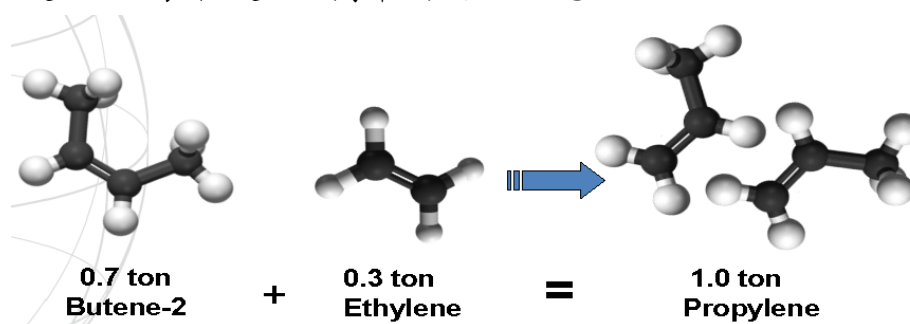
- 丙烯需求增每年 5~6%

在製造方面：

- C4s 生產不足
- 經由特定的方式來生產丙烯，可以解決此一問題：
 - 二聚合物與 OCT 的混合製程。
 - C5 的交換反應。
 - CDIsis 製程。



關鍵的原因是:OCT 製程是 C4 簡單的交換化應



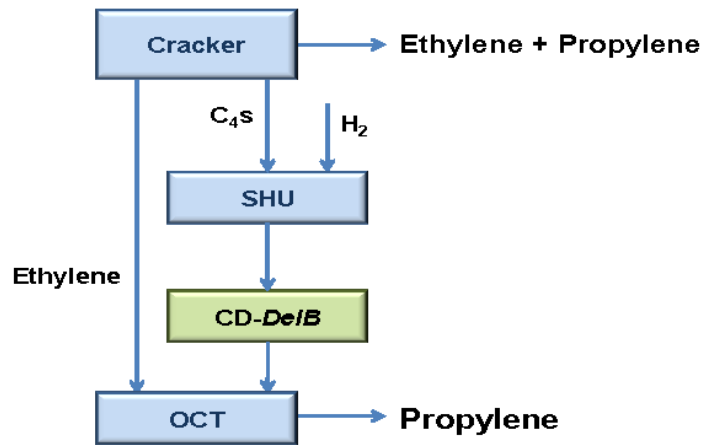
在 OCT 製程中的操作經驗：

1. 不純物的移除很重要：新的吸附劑。
2. 改良 OCT 觸媒的再生。
3. 更好操作的觸媒及裝填技術。

裂解廠中加入 OCT 製程可增加生產丙烯的操作彈性。

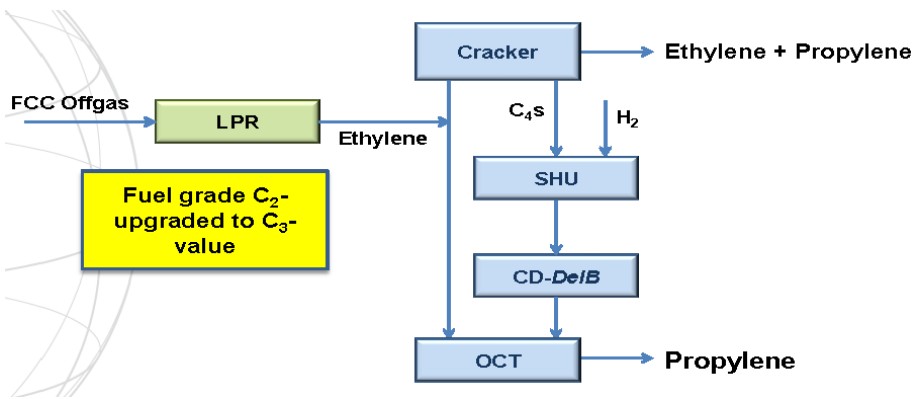
裂解廠生產的乙烯及 C4 可以合成丙烯，但其中 C4 進料必須先去除異丁烯,可以

使用 MTBE 或 TBA,或烷化反應等來去除。

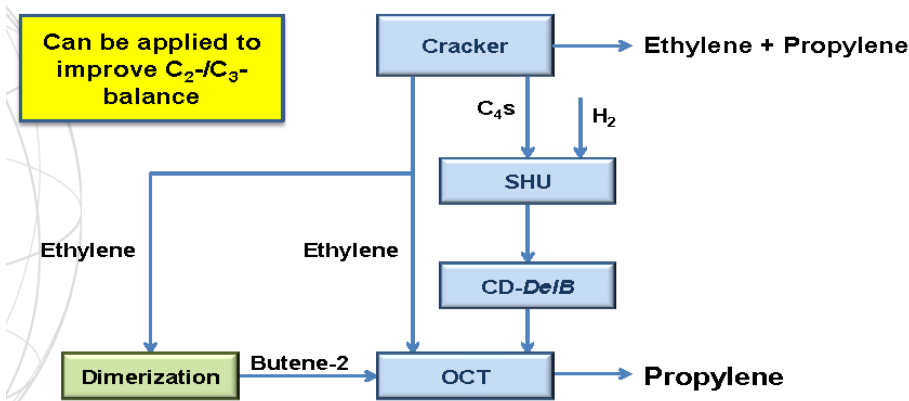
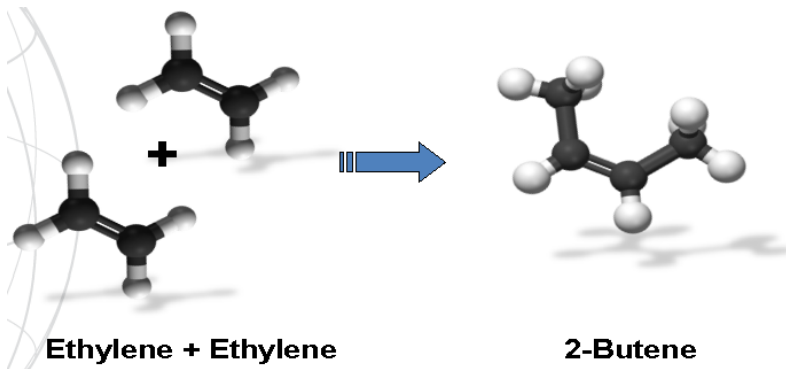


也可以使用 FCC 製程的乙烯來當成 OCT 製料。

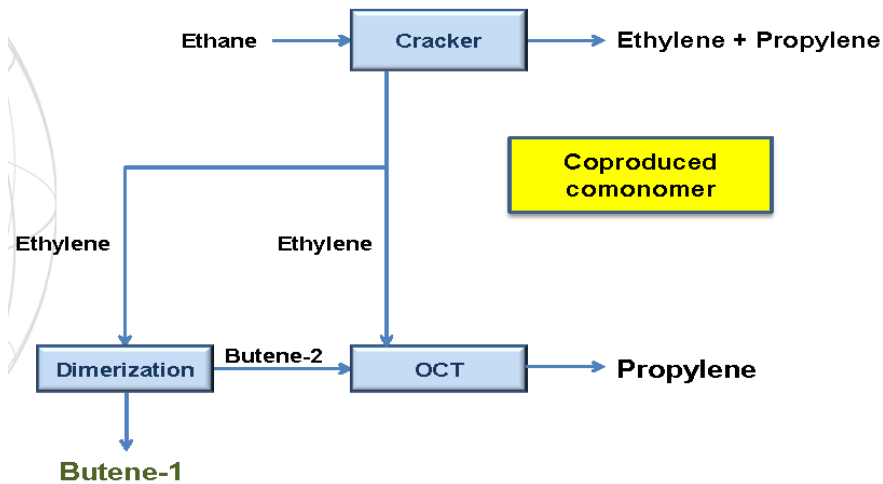
中的低品質成中的進



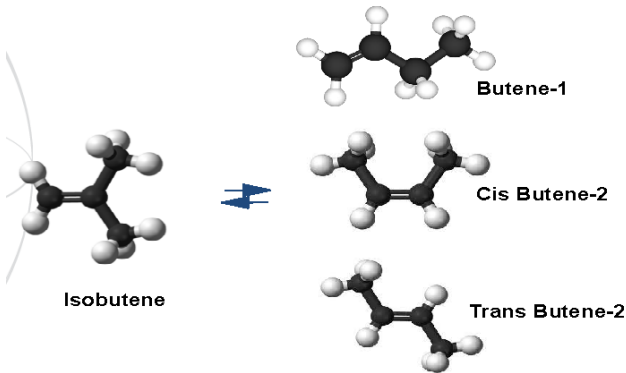
也可以先利用裂解廠生產的乙烯先合成出丁烯，作為 OCT 的進料，反應如下：



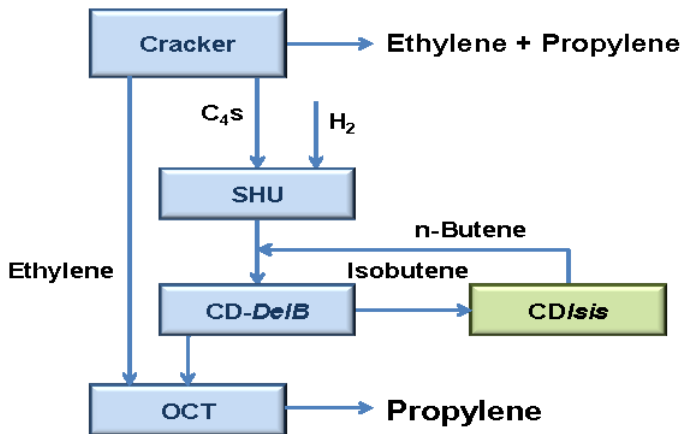
乙烷裂解廠也可以利用 OCT 製程來增產丙烯。



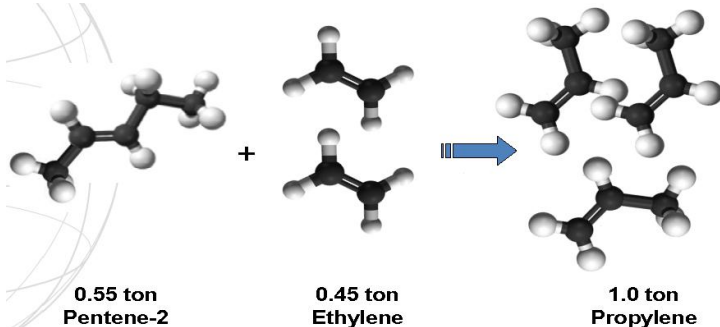
丁烯的雙鍵異構化反應如下：

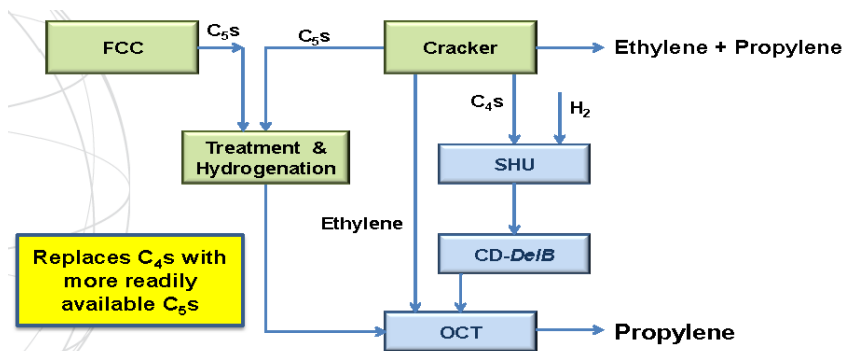


可以利用此丁烯的異構化反應，來增加 OCT 反應中所需要的可用 2-丁烯。



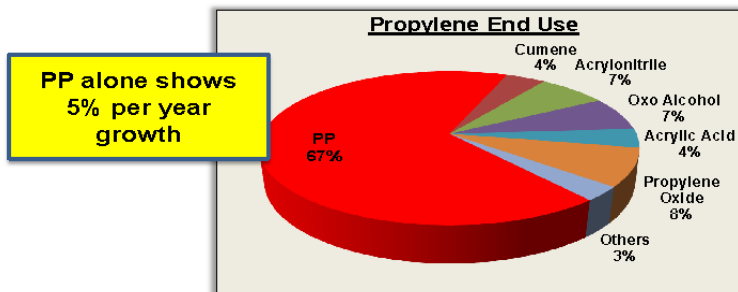
也可以利用 FCC 製程中的 C5 與乙烯進行交換反應合成丙烯。





- 所有 OCT 的變化都在操作中, 或設計中或興建中。
 - C5s 給料的進料可以從 FCCs 工場或輕裂工場很快的得到。
- OCT 在一般的使用上或是擴廠的應用上, 都是同樣地有效。

輕裂廠的進料會持續的輕質化。
 乙烯裂解的副產品丙烯會繼續減少。
 丙烯的需求將會繼續增加。



PP alone shows 5% per year growth

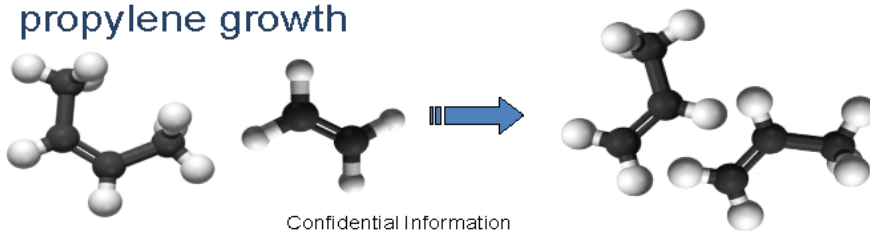
不明確汽油要求可能造成 FCC 廠生產丙烯的不足

OCT 製程將會繼續成為生產丙烯的重要製成。

Lummus 期望 OCT 製程能增強的技術有, 例如: CDIsis 製程、C5 的交換反應、二聚物/OCT 製程等, 將會在 OCT 製程中是否能成功, 繼續拌演重要的角色。

Lummus 期望練油廠來源的進料能在丙烯的生產上, 逐漸拌演重要的角色。

propylene growth



肆、心得：

在這次五天的 Lummus 乙烯研討會中，其中有兩天是專門討論 OCT 製程，而前面三天的乙烯裂解研討會的 22 個主題中與 OCT 有關的製程的主題也有 7 編之多，可見 Lummus 強力推薦乙烯裂解廠使用 OCT 製程來增加丙烯的產量。

1. 預測全世界的丙烯需求會增加，而丙烯最大的生產來源是以 Naphtha 為進料的乙烯裂解廠，因為全球油頁岩的開發技術成功，在開採油頁岩中可以產生出大量低價格的乙烷氣體，使得全球約有 10% 乙烯裂解廠原本以 Naphtha 為進料將會轉為以價格低廉的乙烷為進料，使得全球丙烯供應缺少的情況會更加的嚴重，所以 Lummus 預測全球丙烯的價格會持續的上漲。

2. 在亞洲方面有：

■大陸乙烯的年產 1100 萬噸/年。

■日本/韓國/新加坡的擴廠。

■泰國也開始投入乙烯的生產。

在北美，變成全球最低進料成本之一 Shell(Notheast)、Exxon(Baytown)、Dow(Taft/Freeport)…等大石油公司，紛紛投入以乙烷為進料的乙烯生產行列，預計 2015 年時，北美新增加乙烯生產量可達 1126.9 萬噸/年。

在中東方面：乙烯的產量仍會持續的增加，未來中東與北美的乙烯產量將會佔全球乙烯總產量 40% 以上，所以乙烯的供應不會有問題。

3. 預測丁二烯價格會下降。因為亞洲各國紛紛投入乙烯裂解生產的行列，例如中國、南韓、新加坡…等，預計 2013 年以後，丁二烯不足的情況可以獲得改善，丁二烯的價格也會開始逐年下降。

我們在全球如此競爭激烈的乙烯市場中，依據 Lummus 的統計：四輕年產 35 萬噸的乙烯，在 2006 年時已算是最小的乙烯廠，世界乙烯廠的平均年產量足 100 萬噸，所以連新建的三輕最大年產 80 萬噸乙烯都在世界乙烯產量平均值以下，所以皆未達到 Lummus 公司所稱的經濟規模。所以我們新三輕及四輕在先天上就不足，加上國內法規規定：壓力容器的開放檢查、PSV 需 2 年重新 reset 一次的種種規定下，更使得乙烯煉量是全球最低煉量的舊式設計的四輕組想要延長大修的周期更是雪上加霜。

伍、建議：

以下是個人小小的建議：

1. 設法將四輕汰舊換新，以達到與世界級乙烯廠競爭的最小經濟規模。

2. 在未汰舊換新之前，加強與國內或國外乙烯廠技術交流的機會。

在此次 Lummus 的研討會，與台塑 OL-2/3 廠的主管聊天中才知道：他們已經和大陸的賽科公司及南韓的 LG 都有密切的技術交流，很多的問題都可以從同一家設計公司設計出來的其他廠中找到解決的方法，因為同一家設計製程所出現的問題，大部份也會在其他的乙烯廠中發生。

基於我們是國營企業不能與中國相互技術交流的規定，我們可以透過陳前總經理先與台塑技術交流，因為他們的裂解爐與三輕及四輕相同皆是 SRT-VI 型，製程也是由 Lummus 公司設計的所以可以解決。

3. 利用這次三輕更新的機會，大量引進最新的輕裂廠設計觀念及設備時，將四輕人員調到三輕學習，然後將學到的觀念及技術，設法應用在四輕舊設計的製程上，才能提升四輕競爭力。