

出國報告(出國類別:洽公)

烯烴類石化產品與觸媒
研討會 - L u m m u s C B I 裂
解爐課程

服務機關: 台灣中油公司石化事業部

姓名職稱: 李宗杰 (石化事業部三輕組 工程師)

陳見成 (石化事業部策略組 工程師)

派赴國家: 美國

出國期間: 99.05.03 ~ 99.05.08

報告日期: 99.06.02

摘要

Lummus 所舉辦裂解爐設計與操作的相關課程，課程內容包含裂解爐基本相關的動力學及設計理念、除焦及焦炭抑制、燃燒器、緊急事故處理等。這些裂解爐的知識，可幫助我們更了解裂解爐的設計原理及操作需注意之細節，吸收新的、正確的設計與操作原理，建立正確之裂解爐維修與操作方法，更進一步帶動操作技術的提昇。

目錄

一、	出國目的	4
二、	任務過程	4
	(一)、 行程概況	4
	(二)、 公司簡介	4
	1. 公司沿革	4
	2. 公司業務	5
	(三)、 課程表	6
	(四)、 課程內容概述	7
	1. 裂解爐各部份簡介示意圖	7
	2. 裂解技術原理概述	8
	3. 製程變數	9
	4. 爐管	11
	5. 結焦機制	12
	6. 抑制結焦	13
	7. 對流區	13
	8. 控制和儀表	16
	9. 裂解爐最適化操作	17
	10. 裂解爐模型	18
	11. Revamps	20
	12. 緊急情況的處理	22
	13. 名詞定義	25
三、	心得建議	26

(本文：應包含「目的」、「過程」、「心得」、「建議」及其他相關事項)

一、 出國目的

本案原擬參加工程公司 Lummus CBI/S&W/Sud-Chmie 年會，因今年工程公司不舉辦年會，故改由參加工程公司 Lummus 所辦之裂解爐培訓課程。

Lummus 是六輕的基本製程設計廠商，此行是參加 Lummus 所舉辦裂解爐設計與操作的相關課程，課程內容包含裂解爐基本相關的動力學及設計理念、除焦及焦炭抑制、燃燒器、緊急事故處理等。這些裂解爐的知識，幫助我們更了解裂解爐的設計原理及操作需注意之細節，吸收新的、正確的設計與操作原理，建立正確之裂解爐維修與操作方法，更進一步帶動操作技術的提昇，這些資訊對於六輕將來操作時，會有很大的助益，可將這些所得的資訊，作為未來操作之參考。

二、 任務過程

(一)、 行程概況

因本訓練課程案報名費已用掉超過一半的預算，礙於預算，故此次出國行程安排的相當緊湊，含路程總計僅 6 天，日程與工作概況如下：

日期	工作概況
99.05.03 (一)	啟程
99.05.04 (二)	抵達美國
99.05.05 (三)	參加 Lummus 培訓課程
99.05.06 (四)	參加 Lummus 培訓課程
99.05.07 (五)	參加 Lummus 培訓課程，返程
99.05.08 (六)	返抵高雄

(二)、 公司簡介

1. 公司沿革

(1). Lummus 公司為 Walter E. Lummus 先生於 1907 年創立於美國波士頓。

(2). 1966 年 Lummus 被 Combustion Engineering 公司 (C-E) 收購，因而改名為 C-E Lummus。

- (3). 1967 年總部遷移到 Bloomfield, New Jersey 現址迄今。
- (4). 1984 年 C-E 收購 Crest Engineering，公司名稱改為 C-E Lummus Crest。
- (5). 1990 年 ABB 收購 C-E 及其子公司，公司改名為 ABB Lummus Crest。
- (6). 1995 年 ABB 將旗下的 Global Engineering 與 Lummus 合併，公司改名為 ABBLummus Global INC. (LGI)。
- (7). 2007 年 ABB 將 LGI 整個賣給 CB&I 公司(Chicago Bridge & Iron Company)，公司又改名為 CB&I Lummus Global INC.。

2. 公司業務

Lummus 是一家國際性公司，業務焦點在油氣、煉油以及石化等產業，總部設於美國紐澤西州之 Bloomfield，服務項目包括：

- 規劃及可行性研究
- 技術授權
- 製程設計
- 工程設計
- 加熱爐換熱器設計製造
- 專案管理
- 估價及施工排程
- 財務規劃
- 採購及工程建造
- 開爐準備及試車
- 教育訓練及技術服務

在石化產業方面，Lummus 公司擁有烯烴類、苯乙烯、聚烯、酚類、輕質烴以及特殊化學品等 50 項以上之專利製程技術，其中乙烯生產技術之計劃個案已超過 175 件，約佔全球乙烯產能之 40~45%。

(三)、 課程表

Tuesday, May 4, 2010		Instructor
9:00am - 4:30pm		
1.0 Introduction		S. de Haan
2.0 Terminology		B. Stancato
3.0 Kinetics		K. Sundaram
4.0 Radiant Coil System		S.de Haan/B. Zhao
5.0 Coil Coking/Feed Contaminants		B. Stancato

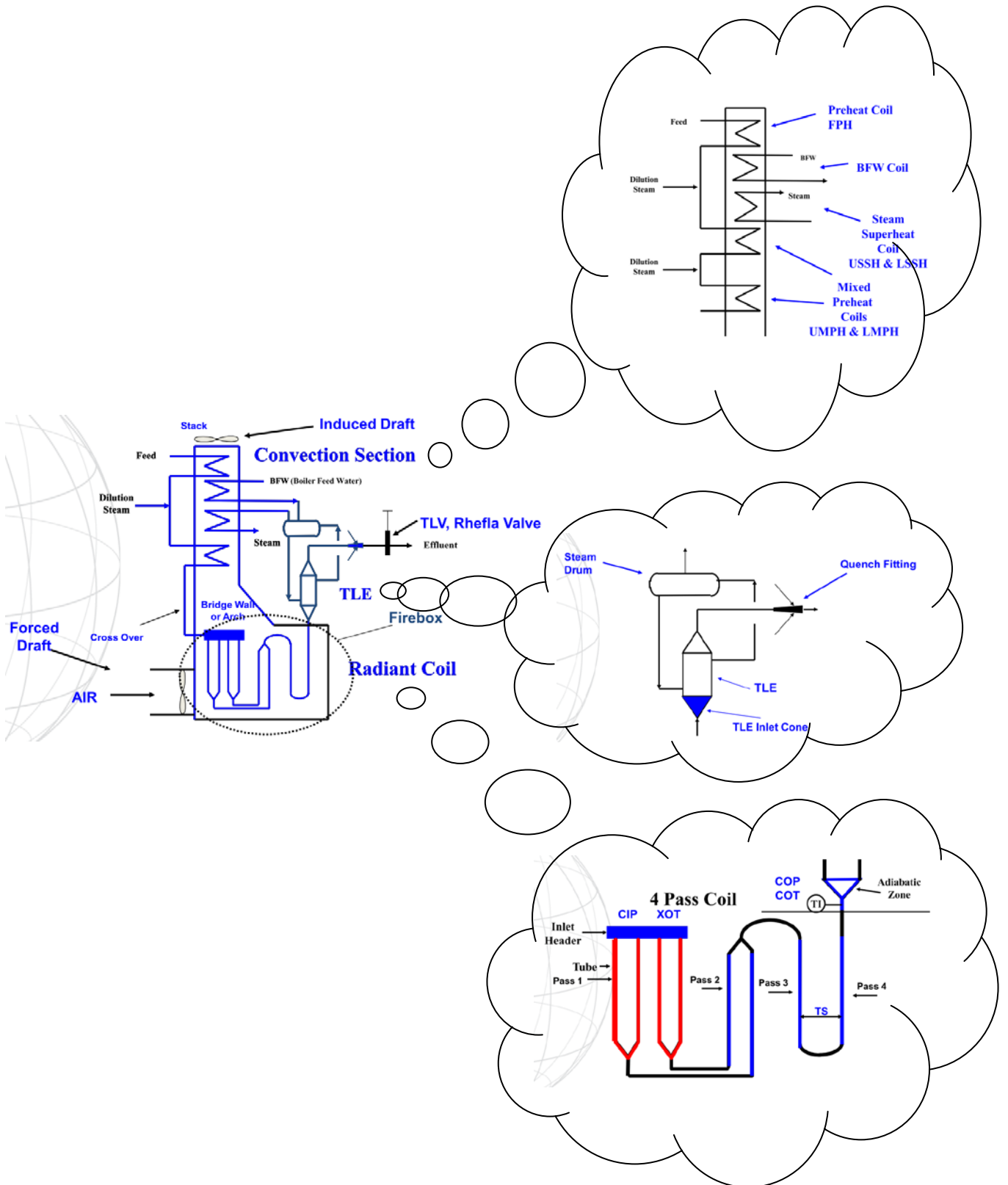
Wednesday, May 5, 2010		
9:00am - 4:30pm		
6.0 TLE Design and Fouling		F. McCarthy
7.0 Coke Inhibition		B. Stancato
8.0 Decoking		B. Sullivan
9.0 Burners		F. McCarthy
10.0 Start Up and Shutdown		B. Sullivan
11.0 Convection Section		B. Zhao

Thursday, May 6, 2010		
9:00am - 4:30pm		
12.0 Control and Instrumentation		B. Sullivan
13.0 Trips and Interlocks		M. Wiley
14.0 Furnace Modeling		CN Kuan/F. Bertola
15.0 Revamps		D. de Haan
16.0 NOx Emissions		B. Zhao
17.0 Furnace Troubleshooting		S. de Haan

註：課程表上時間為美國當地時間。

(四)、 課程內容概述

1. 裂解爐各部份簡介示意圖



2. 裂解技術原理概述

烴類和蒸汽混合物在裂解爐中進行熱裂解，形成富含乙烯和其它烯烴的複雜混合物，也生產出粗裂解汽油和燃料油。其它副產品包括丙烯和混合四碳烴等。乙烯、丙烯和丁烯含一個或一個以上的雙鍵，在化學上分類為烯烴。其它產品包括氫氣和甲烷。裝置內的加氫反應器中要消耗氫氣，甲烷作為燃料氣。裂解餾出物也包含少量的乙炔（三鍵烴），為了使乙烯和丙烯的最終產品合乎規格，要在下游去除乙炔。裝置內生產的乙烷循環返回裂解爐，在單獨的循環乙烷裂解爐中裂解，去除乙烷以增加乙烯產率。

裂解反應可劃分為兩大類：一次反應和二次反應。一次反應包括大分子分解成自由基（不穩定基團），自由基然後重新化合形成新的分子，包括烯烴（乙烯、丙烯和丁二烯）。二次反應接著一次反應發生，在二次反應中烯烴化合成大分子和氫氣。因此將裂解餾出物迅速冷卻，避免不希望的二次反應發生是很重要的。迅速將裂解氣冷卻到反應速率很低的溫度能使乙烯產率達到最大。典型的裂解爐餾出物在爐管內的反應時間是 0.15 到 0.20 秒。裂解餾出物迅速冷卻是從離開反應區 0.01 秒內開始。

高溫和低 HC 分壓有利於一次反應。低 HC 分壓尤其利於獲得高乙烯產率，這是在裂解過程中使用稀釋蒸汽的一個原因。儘管通入稀釋蒸汽能將結焦反應降到最低，裂解過程仍然會結焦，裂解爐和換熱器必須定期離線除焦。這是利用通過蒸汽/空氣混合物來進行除焦程序。

在相同的裂解條件下，使用不同的進料可得到不同的乙烯產率。一般情況下用較輕的（比重）和沸點較低的進料乙烯產率較高。

進料注入稀釋蒸汽以降低 HC 分壓，可將焦的沉積減到最少。HC 分壓越低，所希望的產品產率越高，裂解爐和下游輸送管線換熱器中結焦速度越緩慢。

稀釋蒸汽的最適量取決於進料的類型和它的性能。一般來說，較輕的原料需要較少的稀釋蒸汽。不建議不加選擇地增加稀釋蒸汽流量，原因如下：

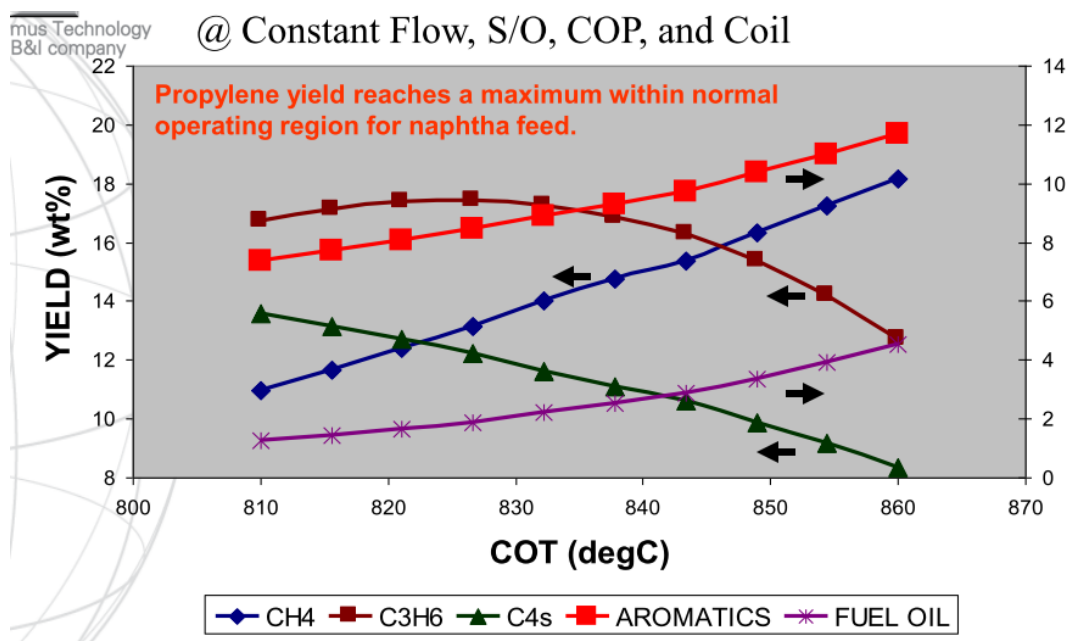
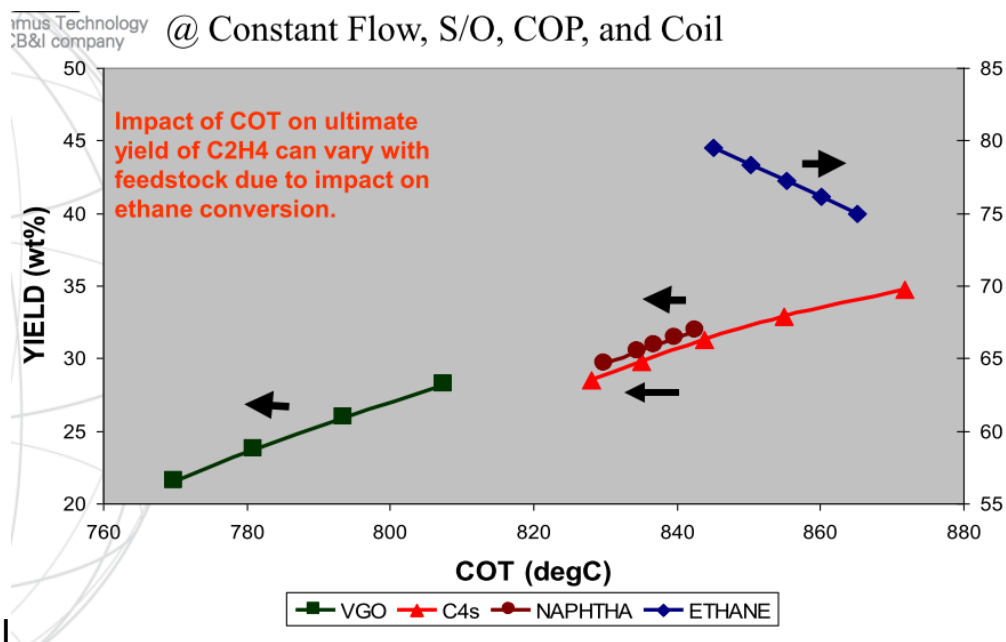
- ◇ 導致較高的爐管壓力，將部分抵消較高的 steam/oil ratio 所產生的低 HC 分壓。
- ◇ 較高的流速將造成出口裂解爐管鑄造組跨接頭的沖蝕。
- ◇ 稀釋蒸汽增加到一定值後，增加稀釋蒸汽比，乙烯產率不會再提高。

在輻射段爐管出口溫度較高的情況下，乙烯活性高，不穩定。為了避免由於二次反應造成的乙烯損失，須盡可能快地冷卻離開爐管的裂解氣體，以減少二次反應。這是在裂解餾出物的 TLE 中完成的工作。

3. 製程變數

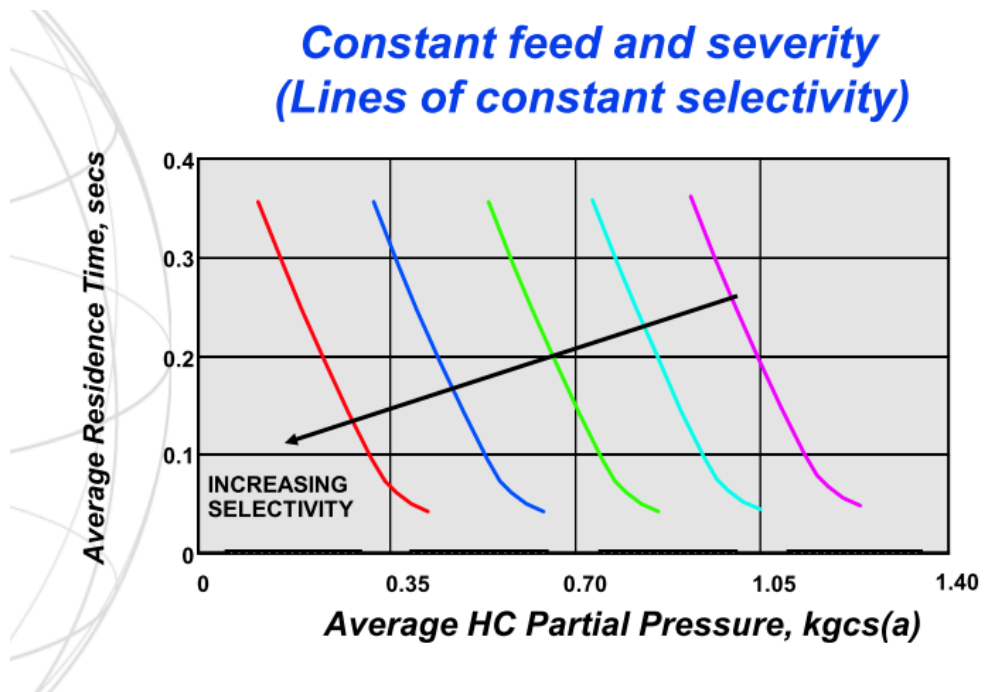
(1). COT 的影響：

當在固定的流量、Steam / oil Ratio、COP 和爐管下，當 COT 越高，乙烯、甲烷、芳香烴和燃料油產率越高，C4s 則是相對產率降低，丙烯產率則是隨 COT 增加高到一定程度後，反而下降。



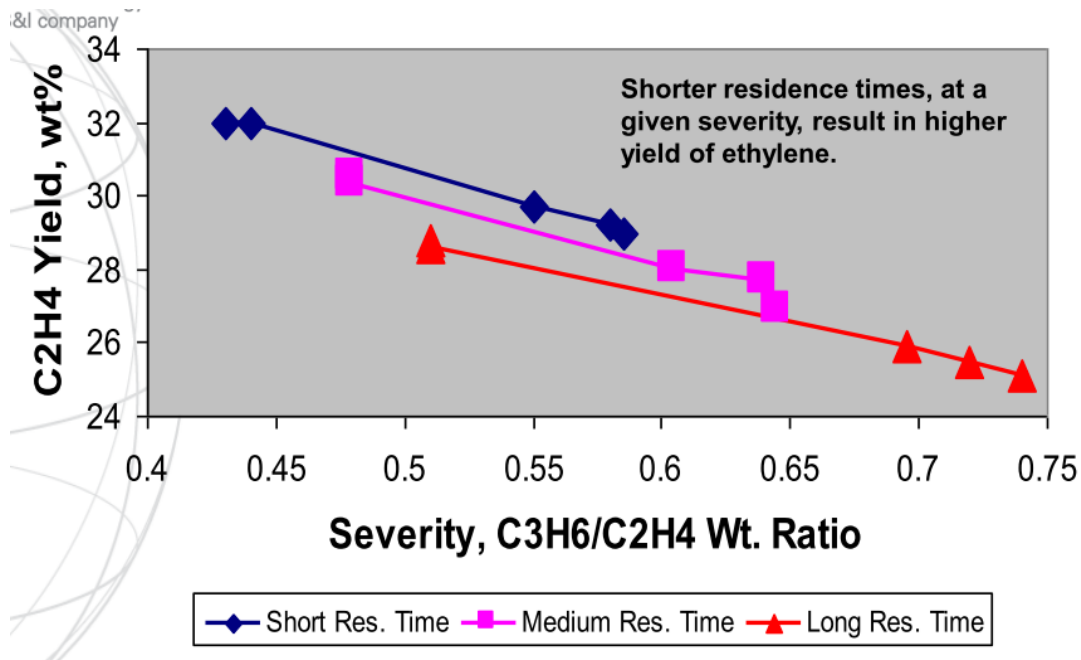
(2). HC 分壓的影響：

在相同的滯留時間下，HC 分壓越低裂解的選擇性越高



(3). 滯留時間的影響

在相同的 Severity 下，滯留時間越短，乙烯的產率越高



(4). Steam / Oil Ratio 的影響

固定 Severity，相同乙烯產率下 S/HC ratio 由 0.5 增加到 0.6 將可減少 1.1% 進料。

(5). COP 對的影響.

在固定 Severity，相同乙烯產率下，COP 增加 0.3kg/cm² 將增加 1.9% 進料。

4. 爐管

從裂解技術原理上，高溫、短停留時間和低分壓的條件有利於乙烯、丙烯等產品的生成，要獲取這些條件關鍵是採用合適的爐管。裂解反應是在高溫下進行的化學反應，為提高能量傳遞的效率，一般利用提高管壁溫度或提高傳熱係數兩種途徑來解決。

針對這些問題，許多公司針對爐管的金屬材料、爐管形狀以及在爐管加入內件進行開發和研究。首先是提高爐管金屬材料的耐溫等級，進而可以提高爐管承受的最高溫度，但目前常用爐管的最高耐溫約為 1125 °C，進一步提高難度很大，因此絕大部分研究集中在爐管結構方面。

根據普蘭德邊界層理論，當流體沿固體壁面流動時，靠近壁面有一層極薄的流體，附著在爐管壁面且不滑脫，這樣在爐管壁面形成了一個流動邊界層，它雖然很薄，但其傳熱阻力很大，在管內中心區，熱量通過對流傳熱的方式傳到中心。因此，爐管傳熱的最大阻力在於爐管內壁的邊界層，如果能夠減小邊界層的傳熱阻力，將大大強化爐管的傳熱效率。LUMMUS、KELLOGG、EXXON 公司均利用改變爐管內流體的流動形態技術，強迫流體從原來的層流變為亂流，流體的切向流速大大增加，這將對管壁形成強烈的沖刷作用，破壞爐管換熱熱阻的最大區域（靠近壁面流體速度近似為零的低速區），使熱阻大的邊界層厚度大大減薄，增大爐管的總傳熱係數，從而降低爐管管壁的溫度，這樣爐管管壁上的結焦層厚度也隨著管壁溫度的下降而變薄，這也將進一步提高爐管的總傳熱係數，從而達到強化傳熱、延長裂解爐運轉週期的目的。其原理是能夠增加有效的傳熱面積，同時可以改善爐管的物料對流傳熱，缺點是管壁較厚，爐管造價提高，製造難度增加。

Spiral Bead Element



Conventional Mixing element

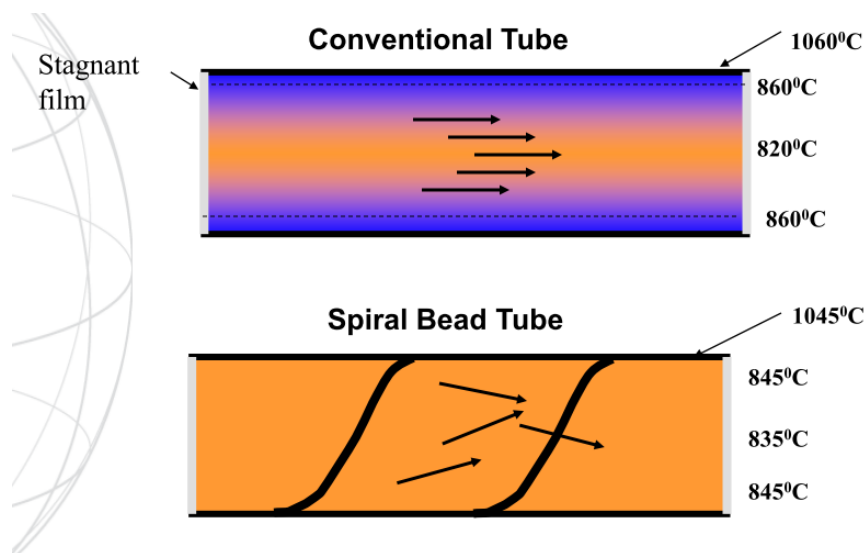


New slit mixing element to reduce pressure drop



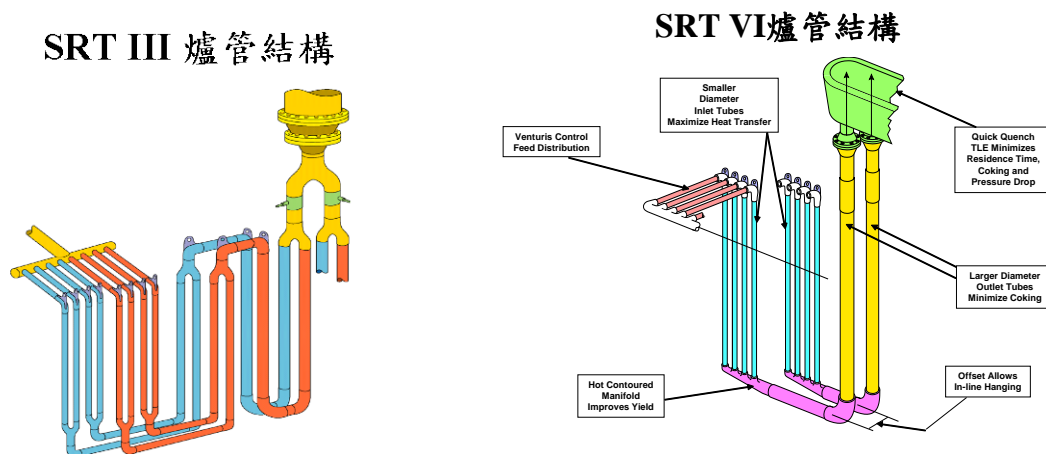
Twisted tape inserts (Sinopec)





爐管更換最佳時機為何呢？除平常由窺火孔探視是否紅管之外；比較科學的做法，是利用磁化測量來分析追蹤爐管碳化程度（Carburization）。已經嚴重碳化的爐管，因其較脆弱、伸張力較差，爐管變得較不易彎曲，一旦發生緊急停爐，則爐管容易破裂而發生工安事故。因此，若操作中爐管表面金屬溫度高，操作週期短，或爐管已經變形嚴重，則更換爐管勢在必行。當裂解爐停下來檢修時，分析碳化程度，長期追蹤其趨勢記錄，或可預測更換爐管的最佳時機。

六輕所選用爐管結構如下：



5. 結焦機制：

裂解爐運轉過程中結焦有三種機制：催化結焦、自由基引發結焦、沉積結焦。催化結焦往往發生在爐管運行初始階段，主要是輻射段爐管中的金屬如 Ni、Fe 的催化形成，結焦特性由管壁表面的纖維結構、絕熱特性以及活性中心的多寡決定。分子量小於 100 的乙炔、乙烯、丁二烯、甲基、己基、酚基自由基易引發新的自由基，不飽和基團也易引發

自由基結焦，使爐管表面的結焦不斷增加。自由基的活性取決於氣體組成、溫度、壓力和流量。芳香烴在高溫下反應生成大分子的焦油，進一步沉積形成固體結焦，芳香烴縮聚結焦由原料中芳香烴含量影響。分析結焦過程，初始結焦主要以催化結焦為主，結焦快速沉積下來，同時增加了自由基結焦的表面積，表面的凹凸不平增加了沉積結焦的機會和速率。當金屬微粒下面形成碳纖維後，金屬微粒隆起，使更多的碳沉積在上面，碳纖維繼續增長。自由基結焦包圍在碳纖維外表，凝聚結焦沉積在碳纖維之間，逐漸形成固定的焦炭，引起爐管表面的結焦。

6. 抑制結焦

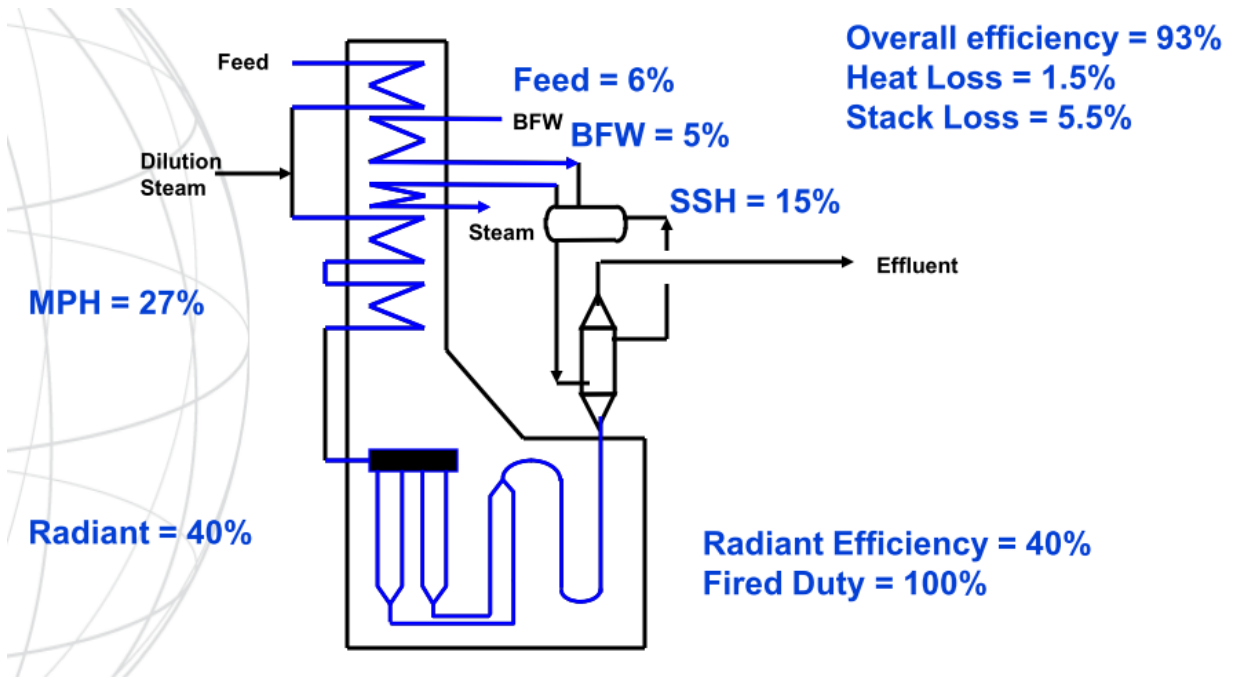
乙烯裝置裂解爐管結焦是影響乙烯產量的重要因素之一，它會使爐管管壁熱阻增大，熱傳導率降低，使裂解過程能耗增大，壁溫升高，爐管壽命縮短。除了減輕結焦，以及在裂解過程中加快焦或其先驅物的去除，工業上已採用或正在考慮的抑制結焦方法有：

- ◇ 改變爐管合金成份，提高爐管合金性能，如從 HP-Mod 升級到 35Cr/45Ni 合金。
- ◇ 裂解原料預處理，該方法是採用加氫處理、芳香烴萃取等技術，降低芳香烴含量，提高氫含量
- ◇ 向裂解原料或稀釋蒸汽中添加結焦抑制劑
- ◇ 將焦催化氯化生成 CO 和 H₂ 減少焦垢厚度
- ◇ 加氫熱裂解，其是採用氫氣作為稀釋劑進行熱裂解
- ◇ 爐管表面的預處理，即在爐管表面塗覆一層對結焦效應小，不利於焦垢粘附的物質。

7. 對流區

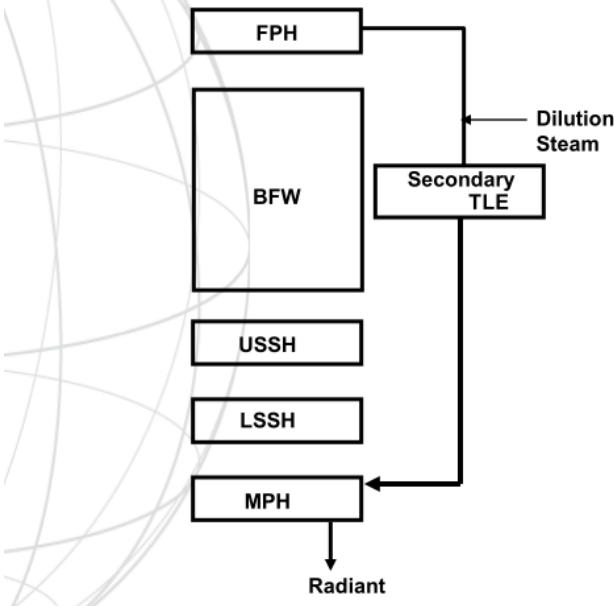
(1). 裂解爐典型的整體熱平衡

整體熱效率約 93% 以上，依不同進料而有不同。熱損失約 1.5%，煙道氣熱損失約 5.5%。

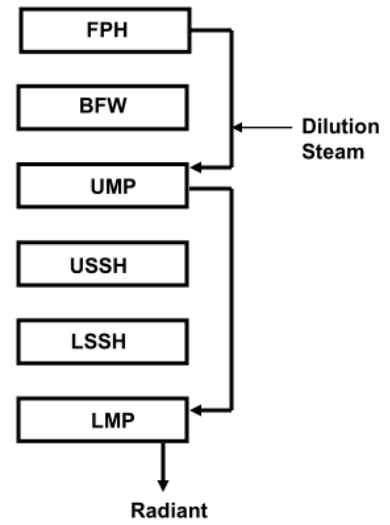


(2). 典型的對流段

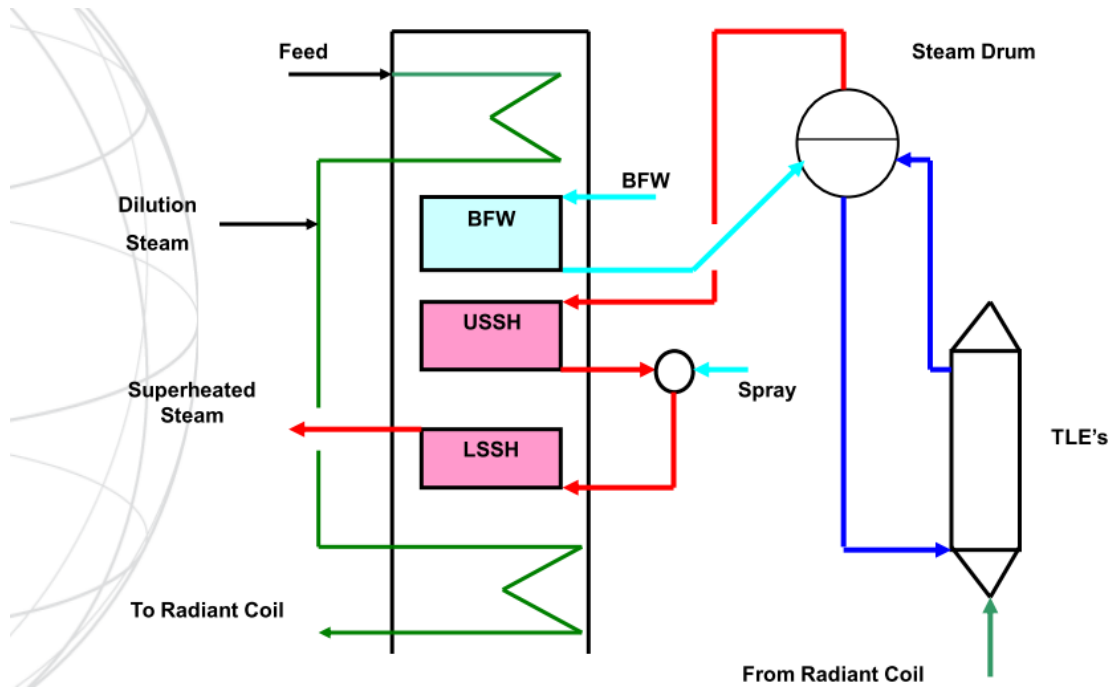
Gas Feed



Liquid Feed



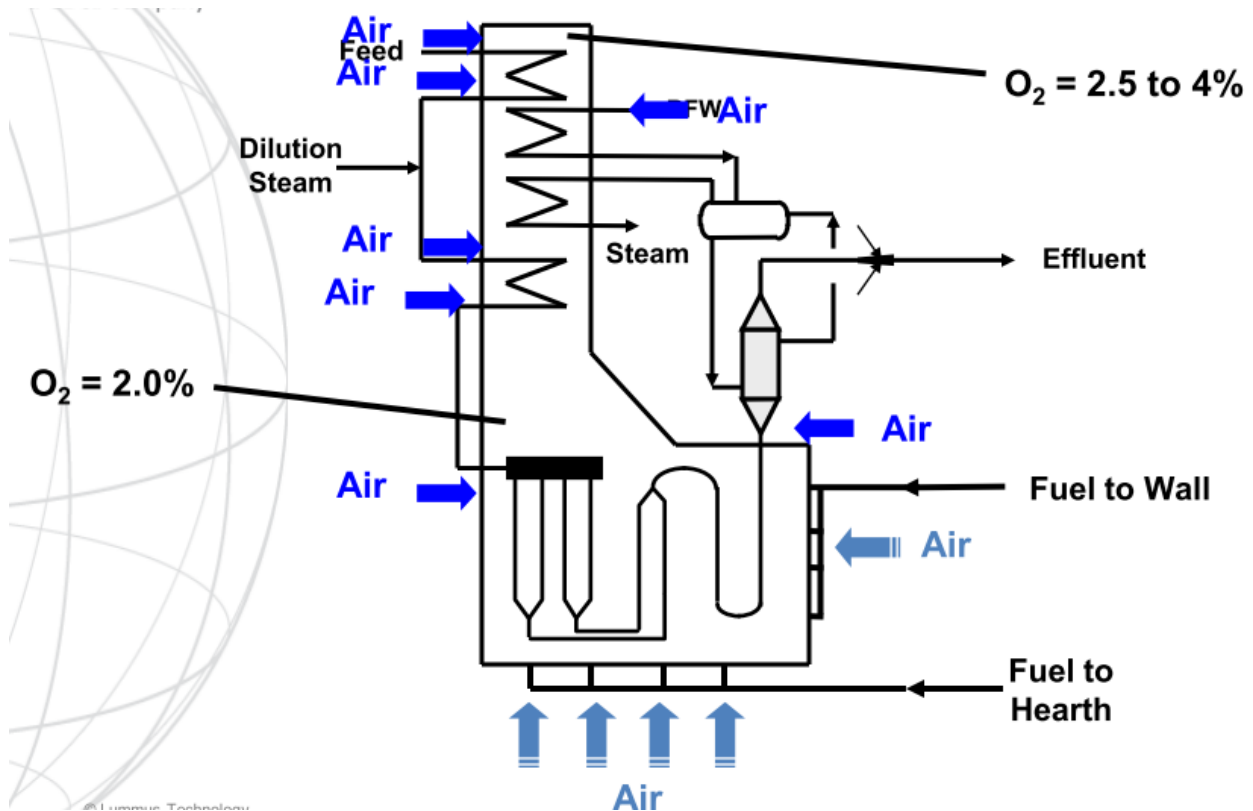
(3). 超高壓蒸氣系統



(4). 空氣洩漏

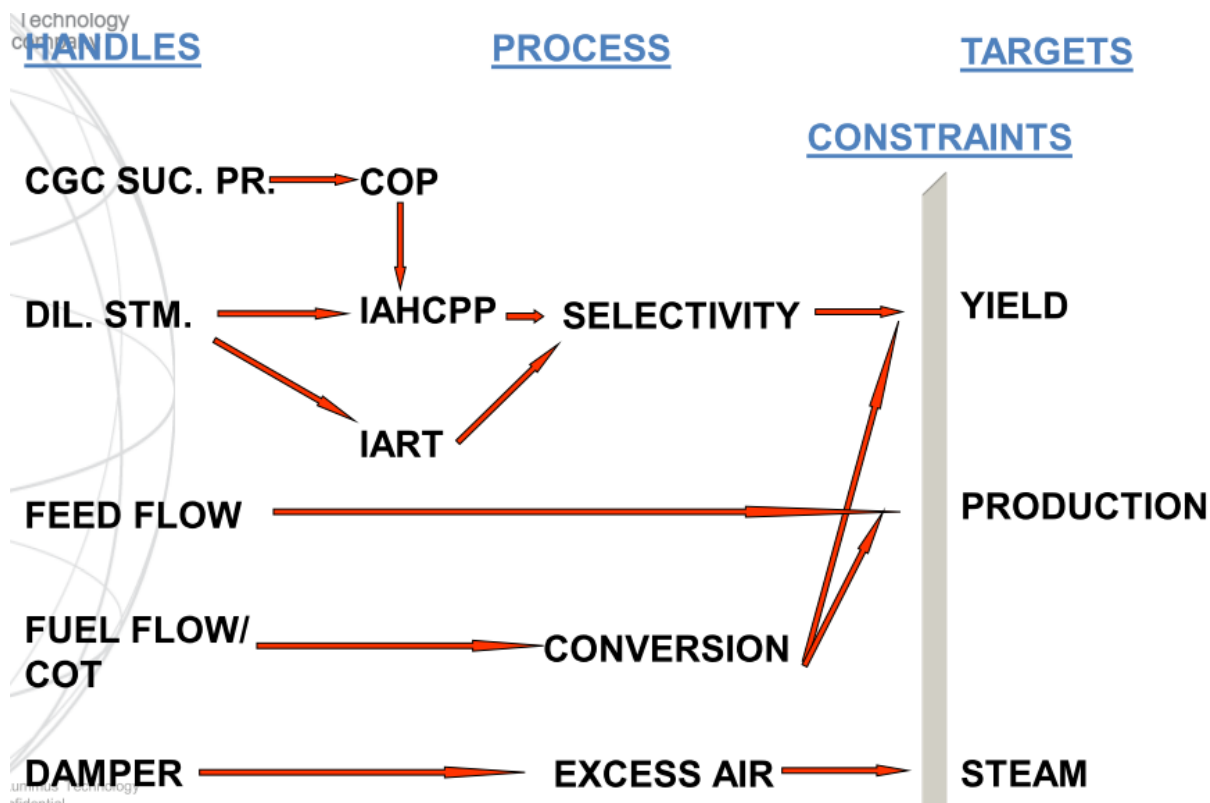
一般正常操作下在 ARCH 所測的 Excess O_2 為 2.0%，在煙道所測得的 Excess O_2 為 2.5~4.0%。空氣洩漏入對流區將造成：

- ◇ 降低效率
- ◇ 增加引風機負荷



8. 控制和儀表

變數調整之相關示意圖如下：



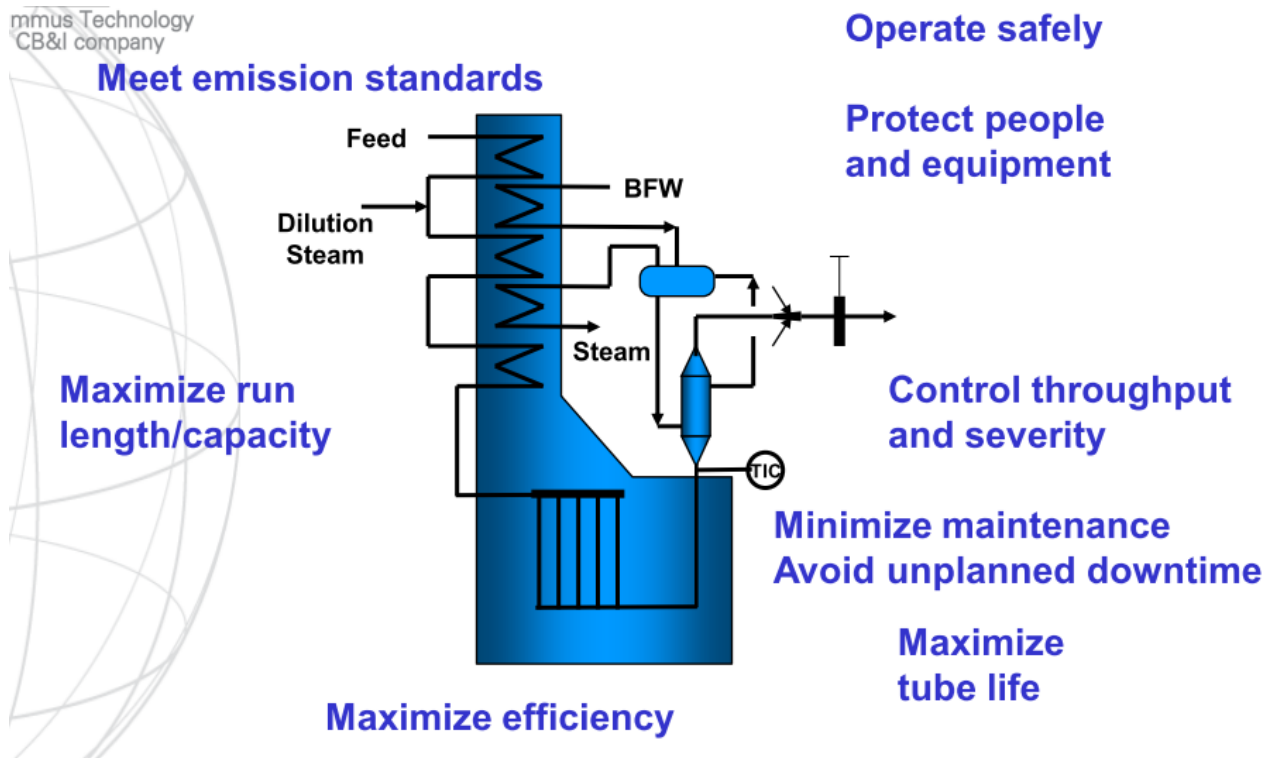
裂解爐相關裝置之 PID 控制參數初始設定參考值如下：

	GAIN	INTEGRAL	DERIVATIVE
Throughput Controller	0.4	3 sec	0
Flows and Heat Duty	0.1	5 sec	0
Steam Drum Level	0.8	4 min	0
Average COT	0.8	3.5 min	0.1 min
Temperature Differential	0.3	2 min	0.1 min
Steam Desuperheat	1.4	4 min	0.1 min
Draft (Firebox Pressure)	0.4	30 sec	0

THIS IS ONLY A GUIDELINE – REMEMBER TO CONVERT UNITS

9. 裂解爐最適化操作

裂解爐操作希望達到的目標如下：



典型的最適化項目如下：

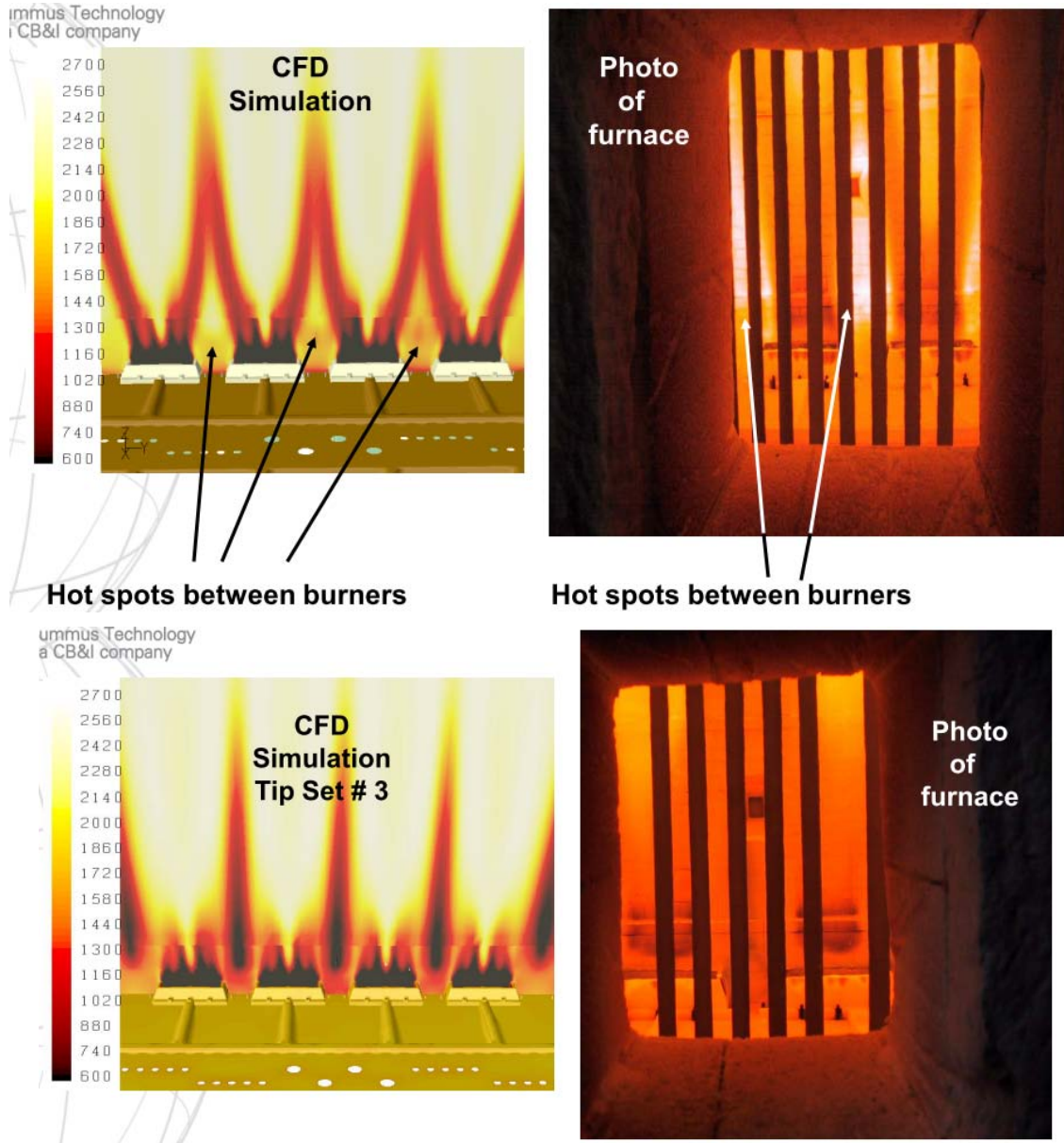
- ◇ 歷史資料回顧
- ◇ 原因/影響
- ◇ 操作數據查核
- ◇ 物理性質的查核
- ◇ 燃燒室的檢查
- ◇ CFD (Computational Fluid Dynamics)

舉其中影響裂解爐操作週期探討一

- (a) 進料開爐時控制不佳流量變化太大
- (b) 除焦不徹底
- (c) 爐管表面溫度過高
- (d) 爐管嚴重彎曲
- (e) 燃燒器結焦積碳
- (f) 爐管使用壽命到了

燃燒器是裂解爐重要部件其性能關係爐子熱負荷、熱效率、爐管熱強度、加熱均勻性、產品產率與對環境污染等皆有重要影響，尤其火焰碰觸爐管問題更需謹慎以對：

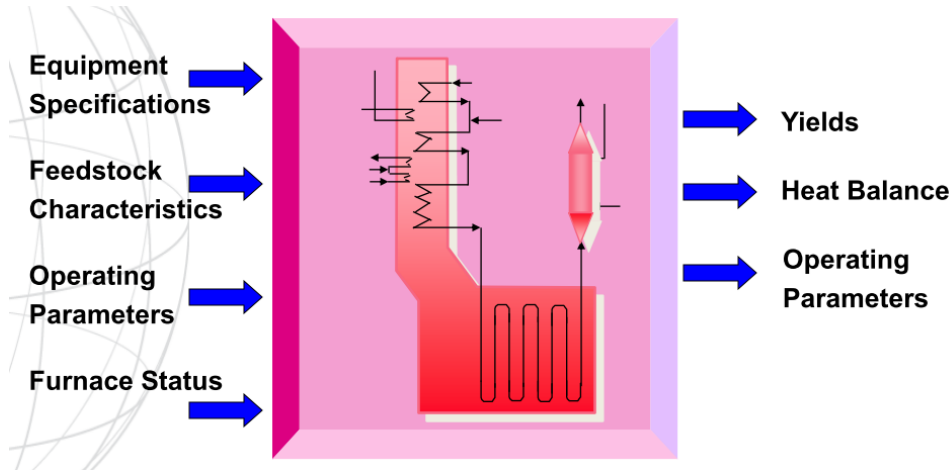
調整操作前後比較如下二圖一



一般裂解爐的最適化操作可藉由與現場工作人員有計畫性的配合、利用複雜的工具(如動力學模式、便攜式分析儀和測溫儀以及 CFD)來分析，可能獲得導致大幅性能改進，且通常很少或沒有資本投資。

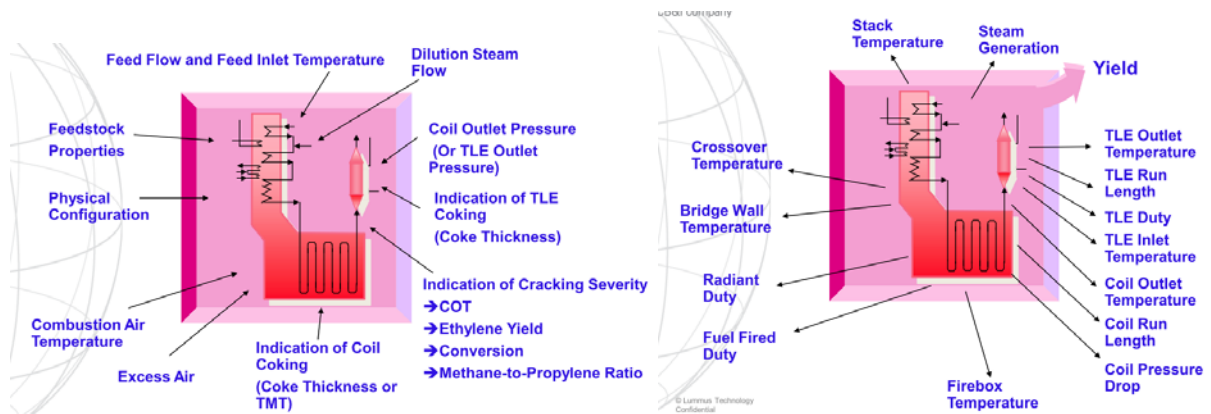
10. 裂解爐模型

裂解爐模型如下所示，可藉由輸入不同的變數而獲得不同的結果



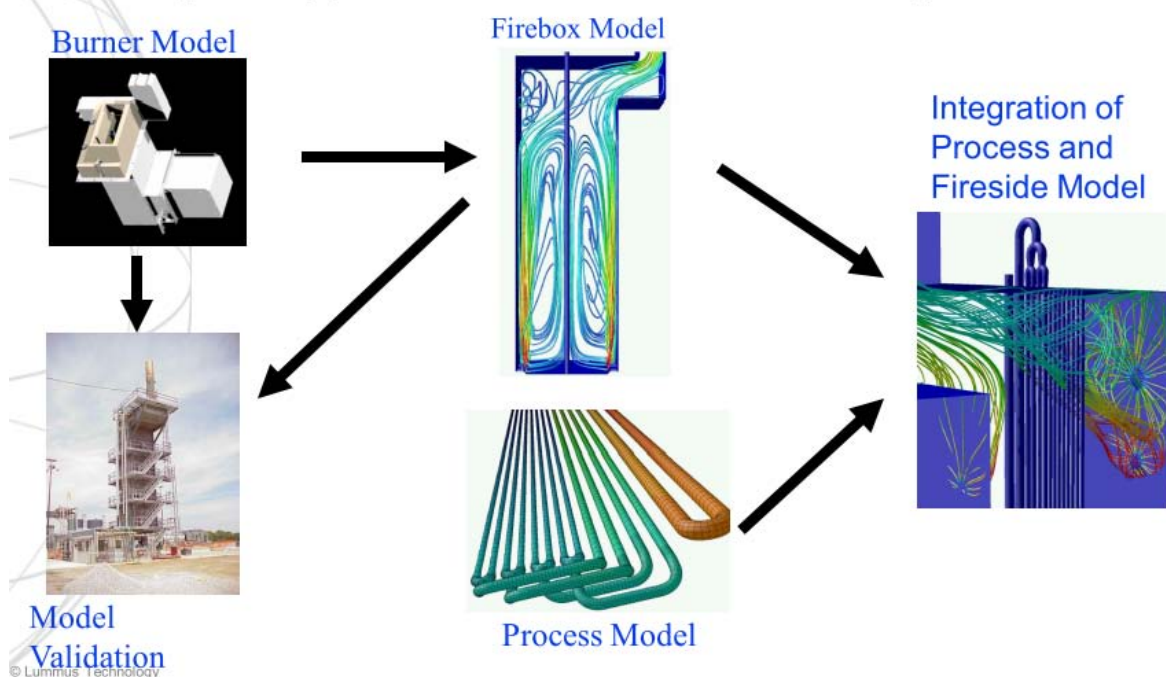
裂解爐模型主要輸入

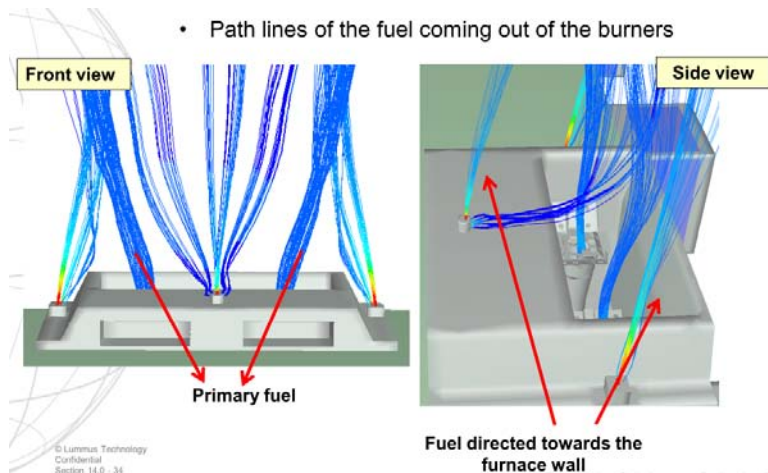
裂解爐模型主要輸出



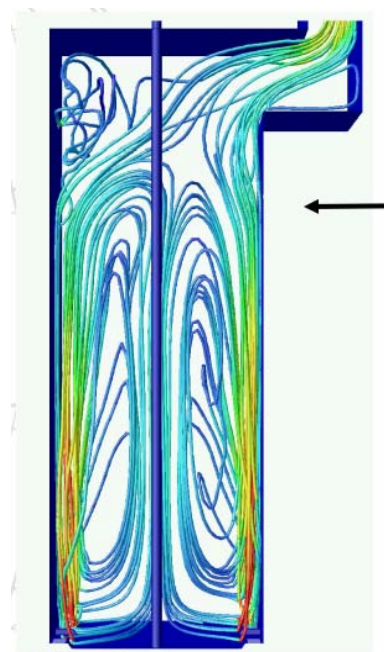
Lummus 是使用數百萬的 CFD 計算細胞 CFD Model 來預估裂解爐的操作情形，CFD 模型能夠從火焰翻滾情形來預測爐膛燃燒火焰形狀及趨勢，了解燃燒器和燃燒噴嘴位置和角度所造成的影響，進一步了解 TMT 和熱通量的變化情形。裂解爐階段是 CFD 模型如下圖所示。

A Stepwise Approach to a CFD Model of a Cracking Furnace:





燃燒器模型



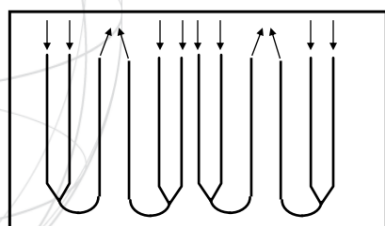
燃燒式模型

11. Revamps

燃燒式的大小固定了爐管的長度和最大的 PASS 數，但可藉由修改懸吊系統、燃燒器的能力、通風的限制、燃燒室溫度限制、蒸汽鼓容量、文氏管和 TLE 來增產。

Coil Geometry

Fire Box Size Fixes the Tube Length and Maximum Number of Passes



- Coil Support System
- Burner Capacity
- Draft Limits
- Firebox Temp Limits
- Steam Drum Capacity
- Venturi's
- TLE's

14 Furnaces

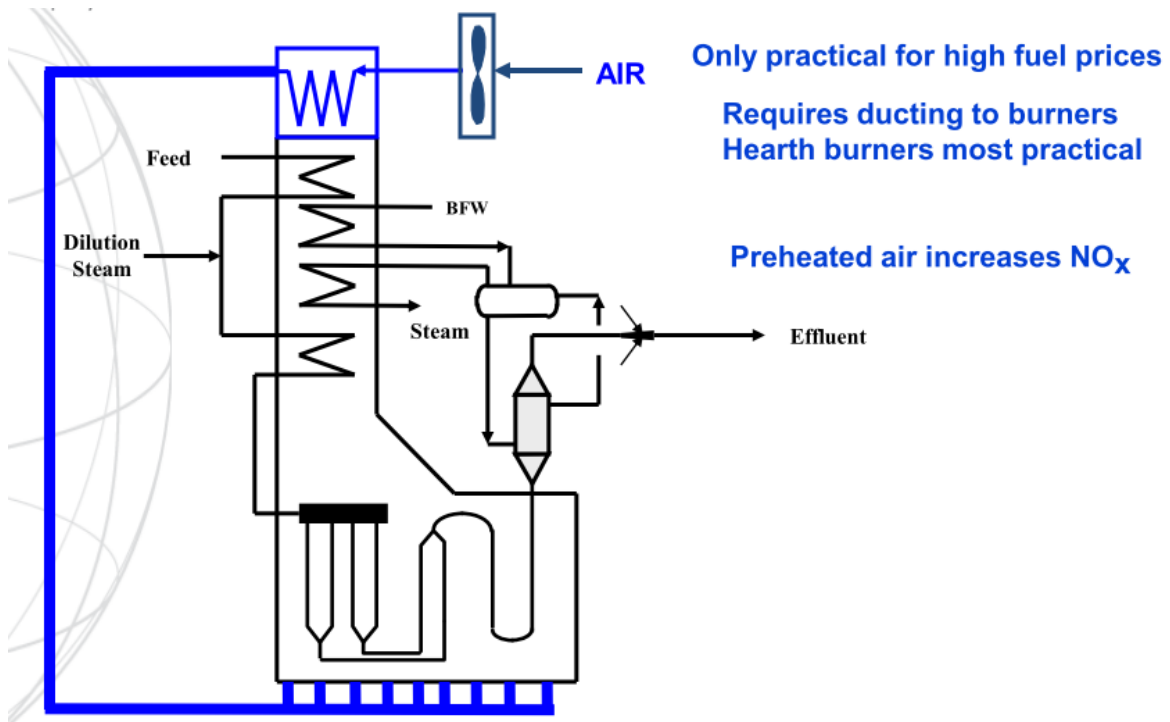
4 Coils Each

Before
27.4% C2-
14-15,000 Kg/hr
40-45 Days RL

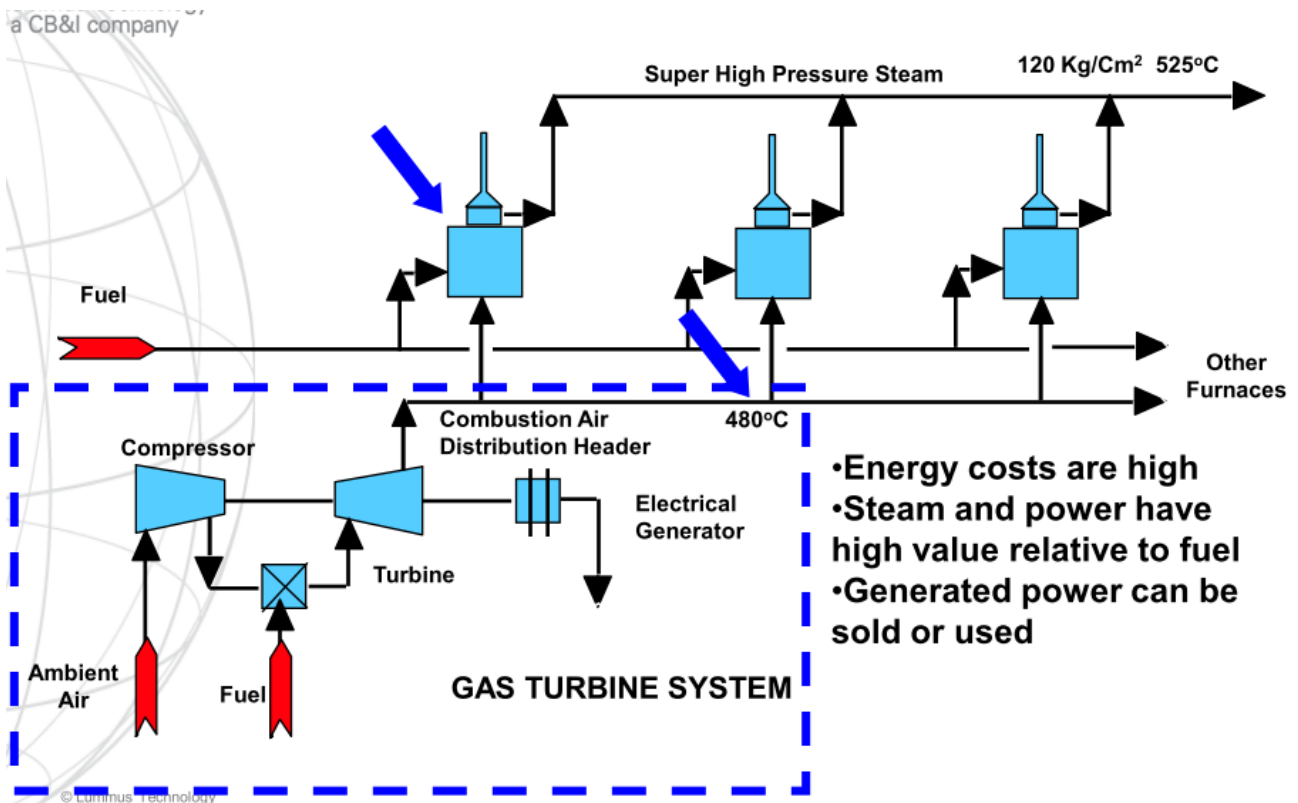


After
29.4% C2-
16,000 Kg/hr
40-45 Days RL

此外，高燃料價格情形下，亦可增設燃料器的 Preheater，但增設 Prehaeter 將增加 NOx 的排放。



而在能源價格高漲的時候，當電和蒸汽價格高於燃料價格時亦可增設 Gas Turbine System，來節省裂解爐燃料的耗用並增產蒸氣和電以增加效益。



Heat Balance Comparison

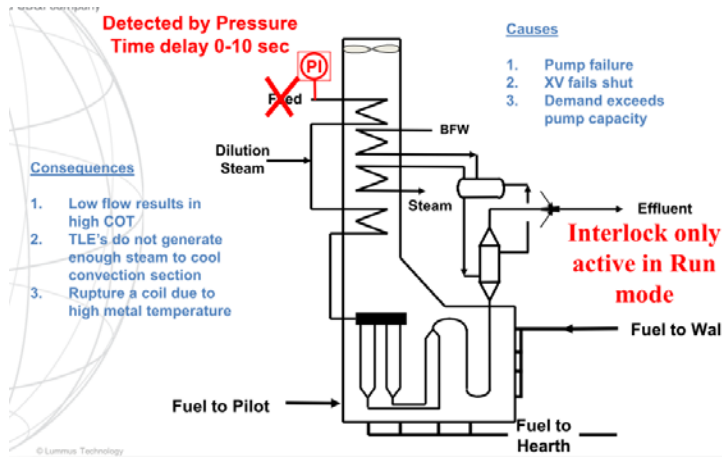
Basis: 750,000 MTA Gas Oil Cracker

	No Gas Turbine	Gas Turbine/ Furnace Integration
Fuel Fired, MM Kcal/Hr		
Furnaces	575	520
Gas Turbine	-	140
Total Fired	575	660
40 Bar Steam Export, MT/Hr	Base	+85 → 18100 kW
Power, KW	Base	+42800 Power generated at an efficiency of 61%
Specific Energy, Kcal/Kg of C ₂ ⁻	5700	4925

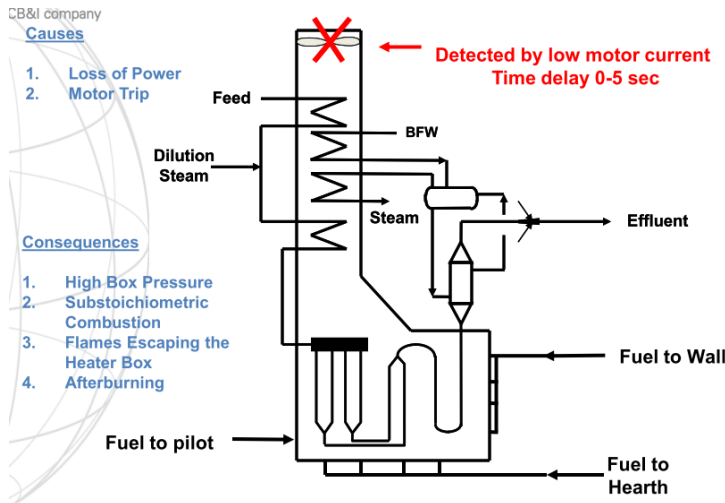
Typical power plant 32 to 38% efficiency

12. 緊急情況的處理

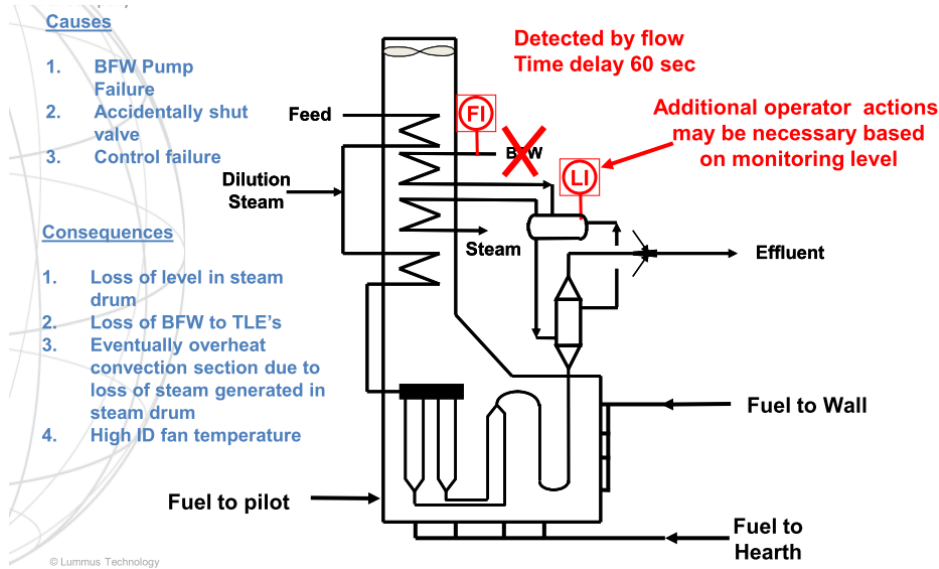
進料中斷：



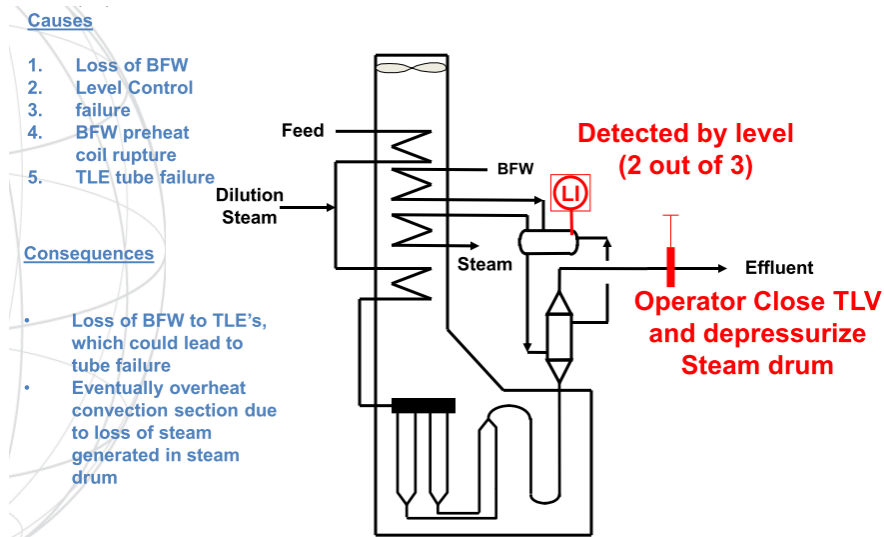
ID Fan 停止運轉：



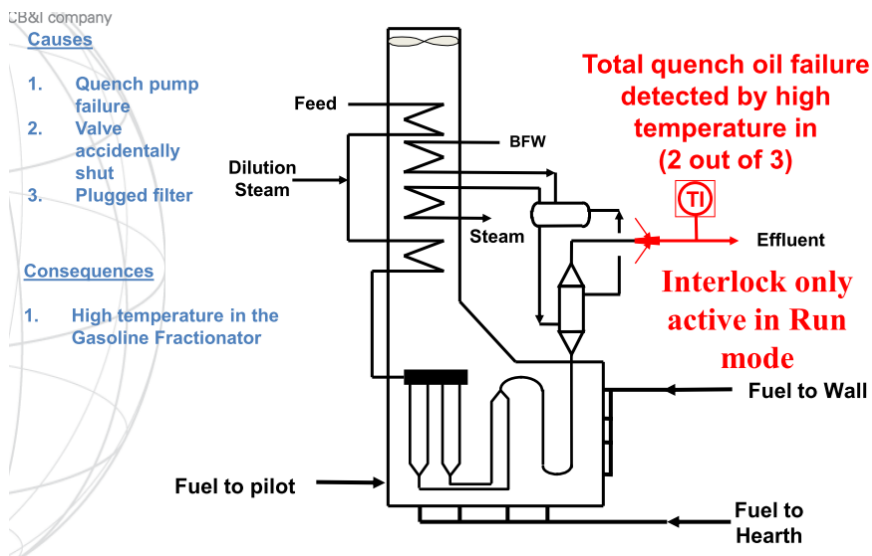
BFW 中斷：



蒸汽鼓低液位：



Quench Fitting 溫度高：



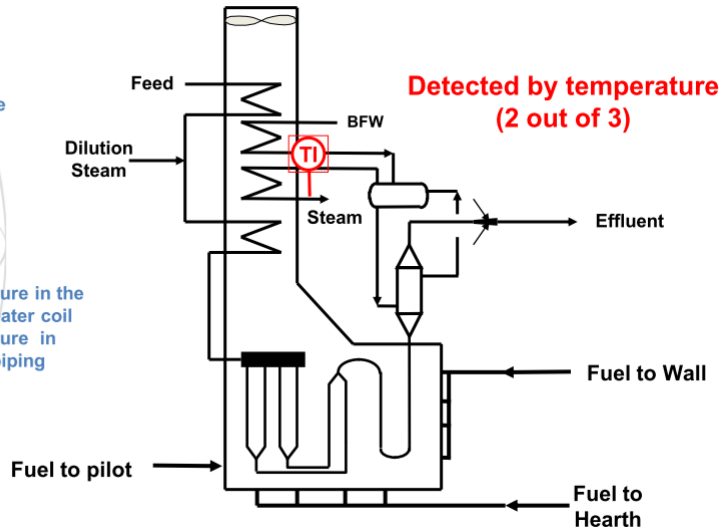
過熱蒸汽溫度高：

Causes

1. Loss of BFW supply
2. Control failure
3. Control valve fails shut

Consequences

1. High temperature in the lower superheater coil
2. High temperature in downstream piping



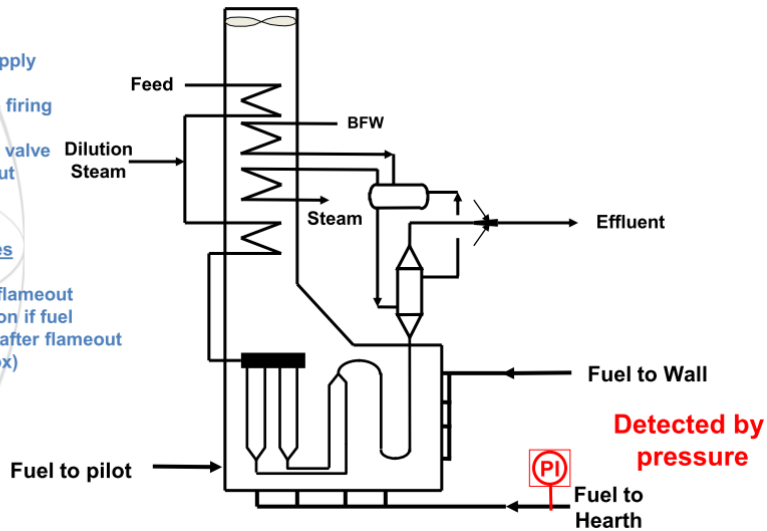
Hearth Burner 燃料中斷：

Causes

1. Fuel supply failure
2. Reduce firing too low
3. Control valve fails shut

Consequences

1. Burner flameout
2. Explosion if fuel returns after flameout (cold box)



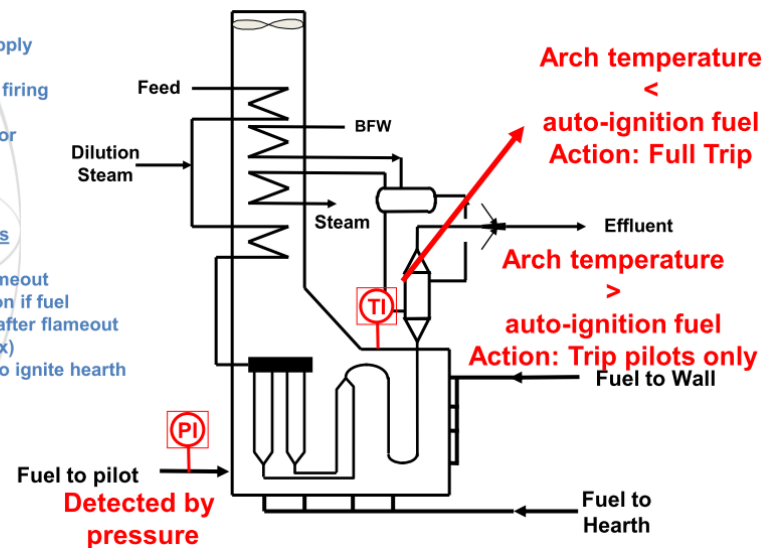
Pilot 燃料中斷：

Causes

1. Fuel supply failure
2. Reduce firing too low
3. Regulator failure

Consequences

1. Pilot flameout
2. Explosion if fuel returns after flameout (cold box)
3. Failure to ignite hearth burner



13. 名詞定義：

- ✧ Severity : Extent of cracking
- ✧ Selectivity : Amount of “desired” products per unit of feed converted
- ✧ Yield : Amount of a specific component product (normally weight %)
- ✧ PFO : pyrolysis fuel oil
- ✧ PGO : pyrolysis gas oil
- ✧ TMT : Tube Metal Temperature (Usually in reference to the radiant coil)
- ✧ SOR : Start of Run
- ✧ EOR : End of Run
- ✧ EBP : End Boiling Point
- ✧ IBP : Initial Boiling Point
- ✧ DS : dilution steam
- ✧ S/O : steam to oil (feed) ratio
- ✧ S/HC : steam to hydrocarbon (feed) ratio

- ✧ FHP : Feed Preheat Coil
- ✧ UFP & LFP : Upper and Lower FPH
- ✧ MPH : Mixed Preheat Coil
- ✧ UMP & LMP : Upper and Lower MPH
- ✧ DSSH : Dilution Steam Superheater
- ✧ SSH : Steam Superheat Coils
- ✧ USSH : Upper Steam Superheater
- ✧ MSSH : Middle Steam Superheater
- ✧ LSSH : Lower Steam Superheater
- ✧ BFW : Boiler Feed Water Coil

- ◇ SHP : Super High Pressure (Steam)
- ◇ XOT : Process Crossover Temperature
- ◇ BWT : Bridgwall Temperature entering convection section
- ◇ FGT : Flue Gas Temperature
- ◇ TLE : Transfer Line Exchanger

三、 心得建議

- (一)、 此次參予之 Lummus 裂解爐培訓課程，內容包含裂解爐基本相關的動力學及設計理念、除焦及焦炭抑制、燃燒器、緊急事故處理等。這些裂解爐的知識對於六輕建廠時，會有很大的助益。只是，回來後經與其他同仁討論才發現，相關課程內容竟與當初四輕爐管更新時的訓練課程內容相似度很高，讓人不免有無法值回票價的感覺。雖說如此，但畢竟講師不同、學員不同、語言不同，收穫當然也就不同了。尤其是感受到外國人上課時那種既隨性又認真的態度，有問題立即提出，不同的思維邏輯，不同的切入點，有時常讓講師也無法回答，但他們也會提出自己實際操作時的情形來與大家分享，真的是獲益良多。另外，當初四輕爐管更新時的訓練課程無緣參與甚感遺憾，若當時曾參與該訓練課程，或許此次參與 Lummus 裂解爐培訓課程能收穫更多。
- (二)、 側面得知以往這課程都是四天以上，但今年不知為何 Lummus 將其縮短為三天，雖說課程內容豐富，但到後面幾個章節因為時間因素都只是簡單帶過，不免遺憾。Lummus 裂解爐培訓課程之前亦曾分別於韓國、新加坡及中國舉辦過，現今適逢六輕建廠時期，或許可利用這個機會邀請 Lummus 前來舉辦類似之培訓課程，讓相關人員能更了解六輕裂解爐的設計與操作原理與之前三/四/五輕不同之處，甚至更可進一步與 Lummus 人員面對面釐清關於操作上的疑慮。
- (三)、 由於能源之短缺、價昂，新近工場較諸老舊工場，特別著重於能源節約之設計：如對流區熱回收設計改善，空氣預熱器之設置，裂解爐管進口溫度之提高(COT)，輻射區熱效率之最適化，及絕緣材料之改善等，使得裂解爐熱效率大幅提高，相對的單位乙烯之能源耗用顯著減少。石化事業部應積極推動將高溫耐火陶瓷塗料應用於裂解爐、加熱爐等，除可有效降低能耗外，亦可解決高溫與腐蝕問題所引起的停爐損失。
- (四)、 在此次培訓課程中也有茂名石化的工程師參加，在這幾天的相處交談下來發現，也許是近來大陸陸續蓋了許多新廠，在試車時各種問題都發生過，其對輕裂工場可能遭遇到問題似乎都有自己的一套解決方案，這期間恰好碰到撫順壓縮機逆轉造成損害，Lummus 人員亦徵詢其

可能發生原因。此外，大陸對輕裂工場等相關元件也已有自製能力，如 Cold Box、壓縮機、裂解爐爐管…等，均已可自行製造且似乎運行起來均有不錯的成效，也許兩岸可多舉辦輕裂工場的技術交流，應可使雙方均獲益良多。

- (五)、 一般採用低壓去甲烷塔系統之乙烯製程，使用丙烯、乙烯及甲烷冷煤 3 個冷凍系統，Lummus 公司為精簡設備及操作，節省能源，將乙烯及甲烷冷凍系統整併為『二成份系冷凍系統』，用以冷凝丙烯冷煤，並提供 4 級冷凍梯度與製程分餾之需。二成份系冷凍系統 (Binary Refrigeration System) 為 2000 年 Lummus 發展出之新冷凍系統，2001 年成功的應用於 Sinopec 燕山石化乙烯廠之擴建案(450 kta 至 710 kta)；全世界至今已有三個二成份系冷凍系統使用實績，另有六套系統仍在設計中。而茂名石化其使用的為『三成份系冷凍系統』(目前已有 4 個使用實績)，其操作上更加複雜，且不好操作，現今經過一段時間的調整後，已有一套操控模式可參考。六輕將來亦有一套『二成份系冷凍系統』，對中油而言亦屬第一次接觸，或許可向其取經，藉以了解相關操作可能發生的問題及解決方法。
- (六)、 Lummus 依其裂解爐的相關歷史資料建有一套裂解爐模型(百萬個 CFD Module 所組成)，可根據不同進料組成預估出其產率，且可根據 TMT 預估爐管操作週期，甚至進一步最適化裂解爐的操作，經詢問茂名石化的工程師，該系統在他們工場應用良好，對六輕工場將來操作或許可參考使用。