

經濟部所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：進修)

中油公司 96 年度赴國外「專題研究」計畫
「公用系統最適化與能源效率整合研究」
出國報告

服務機關：台灣中油股份有限公司石化事業部

出國人：

職稱：機械工程師

姓名：黃建輝

出國地點：英國

出國期間：96 年 7 月 30 日至

96 年 12 月 31 日

報告日期：97 年 3 月 30 日

內 容 目 次

	頁次
內容目次-----	2
摘要-----	5
壹、研習目的-----	6
貳、研習行程-----	7
參、研習內容摘要-----	8
一、能源與熱整合課程-----	8
二、公用系統課程-----	19
肆、觀摩研習摘要-----	34
一、參訪 Siemens 公司-----	37
二、參訪 ABB 公司-----	43
三、參訪 Veolia 公司-----	54
伍、研習心得與建議-----	61

附表及附圖

表 1、研習行程摘要	07
表 2、鍵入熱，冷，及公用流	13
表 3、不同工業別之 DT_{min} 經驗值	14
表 4、個別配對的 CP 不等式	17
表 5、公用系統設計整合程序	23
表 6、系統建構之壓力及蒸汽負載表	28
表 7、汽機別、進汽量及軸功變化表	30
表 8、不同時段電價表	31
表 9、非夏季優化前後總成本比較	32
表 10、夏季優化前後總成本比較	33
表 11、Siemens C-GIS 產品的主要技術性能指標	38
表 12、ABB 公司 C-GIS 產品的主要技術性能指標	43
表 13、Actiflo 性能	58
圖一、洋蔥圖	09
圖二 a、簡單流程之溫度熱焓圖	10
圖二 b、改善後流程之溫度熱焓圖	11
圖三、狹點分析步驟	12
圖四、冷、熱流的溫度—焓值圖	14
圖五、典型的總複合曲線	15
圖六、投資成本與能源成本估計	16

圖七、探索式標點法	17
圖八、整廠公用系統	19
圖九、製程總複合曲線 (grand composite curve)	21
圖十、整廠輪廓 (total site profiles)	21
圖十一、整廠複合曲線發展程序	22
圖十二、資料頡取過程	22
圖十三、蒸汽網絡環境畫面	25
圖十四、輸入元件、參數並連結	25
圖十五、輸入各必要分析要素後之圖	26
圖十六、優化結果報表	27
圖十七、及時操作資料 PI 圖	28
圖十八、布建 STAR 蒸汽網絡環境	29
圖十九、最優發電量與電價分析	31
圖二十、新增負載中心用電單線圖	35
圖二十一、Siemens 公司 NXPLUS C-GIS 產品	38
圖二十二 Siemens 公司 SIPROTEC	39
圖二十三、SIPROTEC 4 保護電驛	40
圖二十四、SICAM PAS 架構圖	41
圖二十五、南橋 500kV 變電站	42
圖二十六、ZX 家族適用範圍	44

圖二十七、ZX 家族內部示意圖-----	44
圖二十八、ABB 為真空球技術-----	45
圖二十九、PLUG-IN 插接技術-----	46
圖三十、 ABB REF54_型保護電驛-----	47
圖三十一、REF 610 饋線保護用電驛-----	47
圖三十二、RET 670 變壓器保護用-----	48
圖三十三、ABB 公司 SCADA 發展進程-----	49
圖三十四、MicroSCADA 系統架構-----	49
圖三十五、不同通信協定與 IED 連線示意圖-----	50
圖三十六、SCADA 與 FMCS 或 DCS, MMI 連線-----	52
圖三十七、OPC A&E Server-----	53
圖三十八、Veolia 公司對水循環最佳化的技術圖-----	55
圖三十九、含油廢水的建議處理流程-----	56
圖四十、 Actiflo 設備-----	56
圖四十一、Actiflo 設備剖面圖-----	58
圖四十二、Biostyr®生物處理技術-----	59
圖四十三、Biostyr® 裝置的剖面圖-----	60

公用系統最適化與能源效率整合研究 出國報告

摘要：

本次研習案主要是到英國曼徹斯特大學製程整合中心 (Center for Process Integration, CPI) 跟該中心主任 Robin Smith 教授一起研究公用系統最適化與能源效率整合議題，CPI 屬於英國曼徹斯特大學 (The University of Manchester) 化工及分析科學學院，是製程概念設計領域的領導者，其發展的方法工程使對環境友善的製程設計伴隨著最有效率的使用原物料、能源及資本的運用可以最優化。該中心因傑出的研究成果與技術轉移享有國際上極高的評價與榮譽。該中心研究議題含：有效率的使用原物料、提高能源使用效率、污染排放減量、及製程操作效能提昇等。本次研習期間除選兩門該中心碩士班課程，公用系統 (utility system) 及能源 (熱整合) (Energy (heat integration)) 一起上課外，也就石化事業部現有公用汽電共生系統作優化模擬，提出操作建議，此系統也可延伸供公司不同廠區的汽電共生系統作操作最適化參考。

同時利用本次研習機會，就石化事業部三輕更新計畫可能引用之高性能、節能設備，就近至歐盟相關廠商觀摩研習，讓理論與實務結合，期望對新製程設備採用有參考助益。

公用系統最適化與能源效率整合研究 出國報告

壹、 研習目的

汽電共生及整廠公用系統 (Cogeneration and total site Utility system) 消耗大量化石燃料、產生電力及輸送蒸汽。而廠內加熱與冷卻的需求支配公用系統的燃料需求與汽電共生，冷卻水塔設備的投資。如何透過熱整合 (Heat integration) 技術讓各製程工場能盡量利用熱回收 (heat recovery)，使從外界供應的蒸汽及冷卻水降低到最優化，就能提高能源使用效率，降低公用物料成本及污染物與 CO2 的排放。曼徹斯特大學製程整合中心 (CPI) 已發展出一套新工具 (STAR 及 SPRINT 軟體) 去設計整廠公用與汽電共生系統，以減低能源成本及降低污染排放，同時提供增產時的基礎建設投資規劃。本次研習除熟悉相關系統的知識與熟悉軟體的使用技巧外，也期望達到利用此工具推廣與運用到工作的改善的目的。

水及廢水減量 (Water and Waste water Minization) 也是本次研習的目的之一。隨著水資源的漸漸枯竭，用水的成本也會相對的提高，除力行節約用水外，水的回收再利用的議題也被相對的重視，更是對環境永續發展所必走的路。該中心 (CPI) 已發展出一套新方法工程可以經由再利用與再生的確認，達到減量的目標，而且已有成功的實際案例。

另外，工場觀摩與研習也是目的之一，汽電共生節能、高效率及安全的電氣設備與廢水回用先進技術廠商之工場觀摩與研習，作為新三輕更新計畫相關設備的採用及最好的選擇，能提供最佳策略之參考。

貳、研習行程摘要

研習期間自中華民國 96 年 7 月 30 日至 96 年 12 月 31 日，行程及工作內容摘要如表 1

起迄日期	地點	詳細工作內容
96.07.30~07.31	曼徹斯特	高雄啟程
96.08.01-96.08.25	曼徹斯特	汽電共生及整廠公用系統應用研究
96.08.26~96.09.01	法蘭克福	Siemens 公司 GIS 設備研習
96.09.02~96.09.06	科隆	參加 ABB 公司高壓氣體絕緣開關及保護電驛設備研習
96.09.07~96.10.30	曼徹斯特	汽電共生及整廠公用系統應用研究
96.10.31~96.11.05	赫爾辛基	參加 ABB 公司 Power SCADA 設備研習
96.11.06-96.12.03	曼徹斯特	廢水減量及回用技術研究
96.12.04~96.12.08	巴黎	參加 Veolia 公司廢水減量及回用技術研習
96.12.09~96.12.29	曼徹斯特	汽電共生及整廠公用系統操作最適化及工場模型應用研究
96.12.30~96.12.31	高雄	回程

表 1、研習行程及內容摘要

參、研習內容摘要

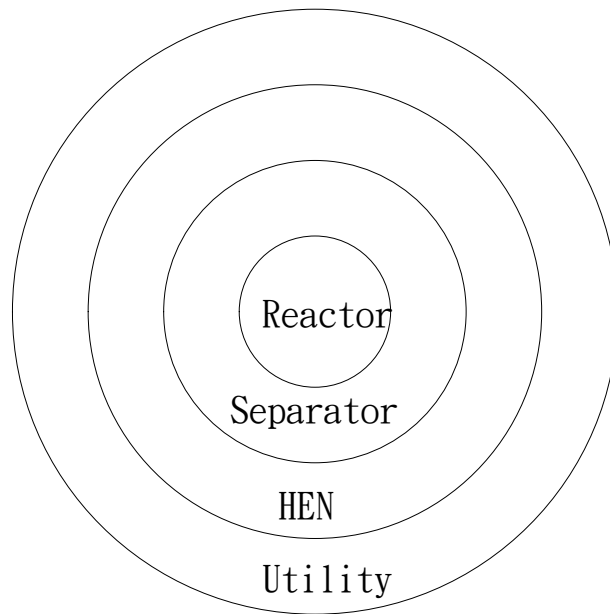
一、能源與熱整合課程

1、課程內容摘要

當國際原油價格持續攀升，對天然資源缺乏的我國來說，節約能源的議題是高耗能產業主要的考量，尤以煉油、石化製程首當其衝。製程工程師面臨的挑戰是如何有效整合、利用製程裏的能量，來降低能源的耗用，達到節省成本，提高產品競爭力的目的。有幾個問題會經常被提到，例如：

現有製程是否達到應有的能源效率？新的投資計畫如何評估其能源需求？在不增加任何費用下有何改善，能提高能源效率？或需投資那些設備來改善能源效率？用來產生熱量的公用設施(utility)如何與製程最適整合？提高能源效率與製程能量(或熱)整合，除了可以節省成本外，也有利於提升工廠安全及降低排放物對環境的衝擊。因此，若能有效地再利用製程內部的能量，除可以減少對公用設施的需求，進而可降低製程之危害程度與公用設施之投資及操作成本。因此，製程熱整合技術，不但有利於建立清潔生產及本質安全的製程，更可以提升產業之競爭力及形象。

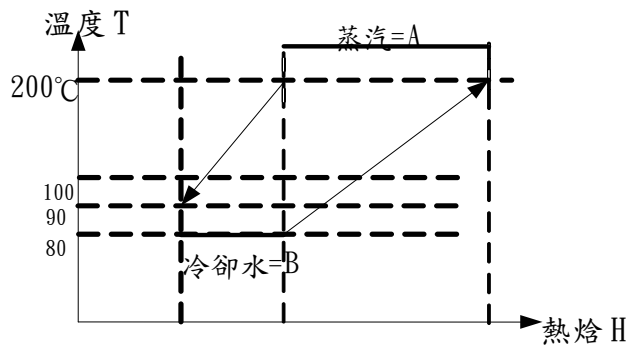
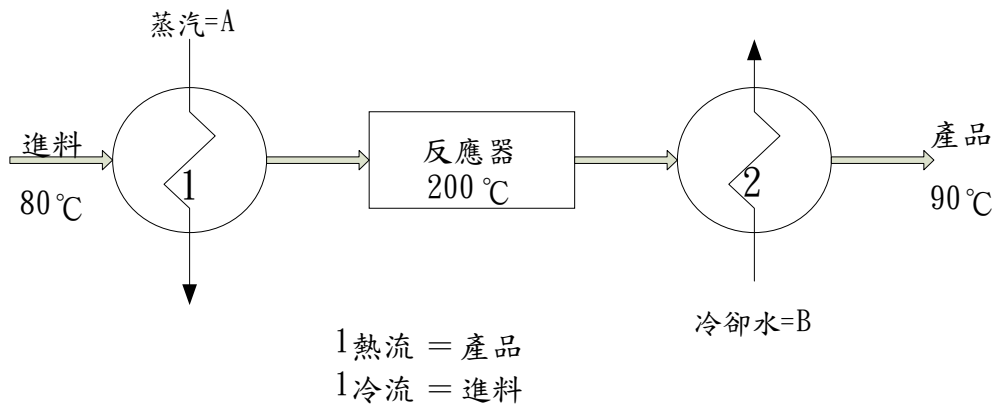
在工廠裏，製程設計始於反應器 (Reactor)，了解反應器設計後，就須確定分離系統 (Separation System)，接著瞭解質量與能量平衡 (Material and Energy Balance)，再透過(Heat Exchanger Network, HEN)的設計來達成熱整合技術，最後決定公用系統 (Utility) 的需求。經由 HEN 最適化設計，可以使製程的熱回收量最大，而降低製程對公用設施的需求。以上說明，可以簡化用洋蔥圖 (The Onion Diagram) 來表示，如圖一：



圖一 The Onion Diagram

狹點技術(pinch technology)是目前最被廣為用來設計 HEN 的方法之一，其進行的方式是藉由設定 HEN 及公用設施的目標(target)來評量製程裏熱能的利用效率，除了可同時評量製程內外的能量及投資成本外，也可以提供設計者製程改善的建議。狹點技術開始於製程的質能平衡，利用熱力學第一及第二定律有系統地分析製程及其周邊公用設施的能量目標。熱力學第一定律可用來計算熱交換後流體的焓值變化(ΔH)；而第二定律則決定熱傳遞方向。

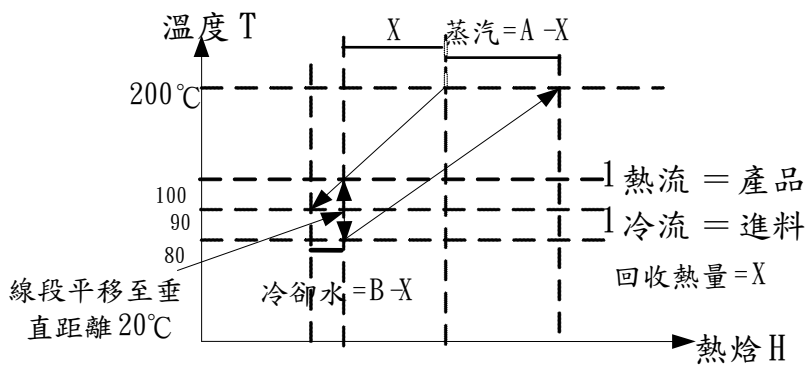
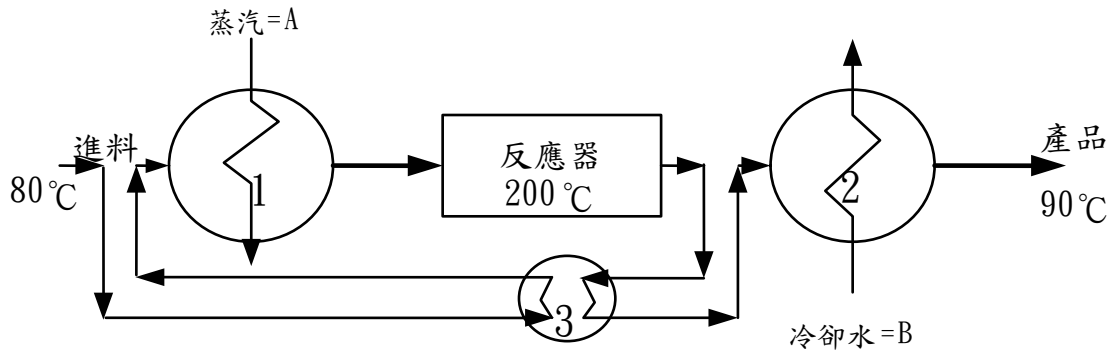
以課堂上一個例子作說明：



圖二 a：簡單流程之溫度熱焓圖

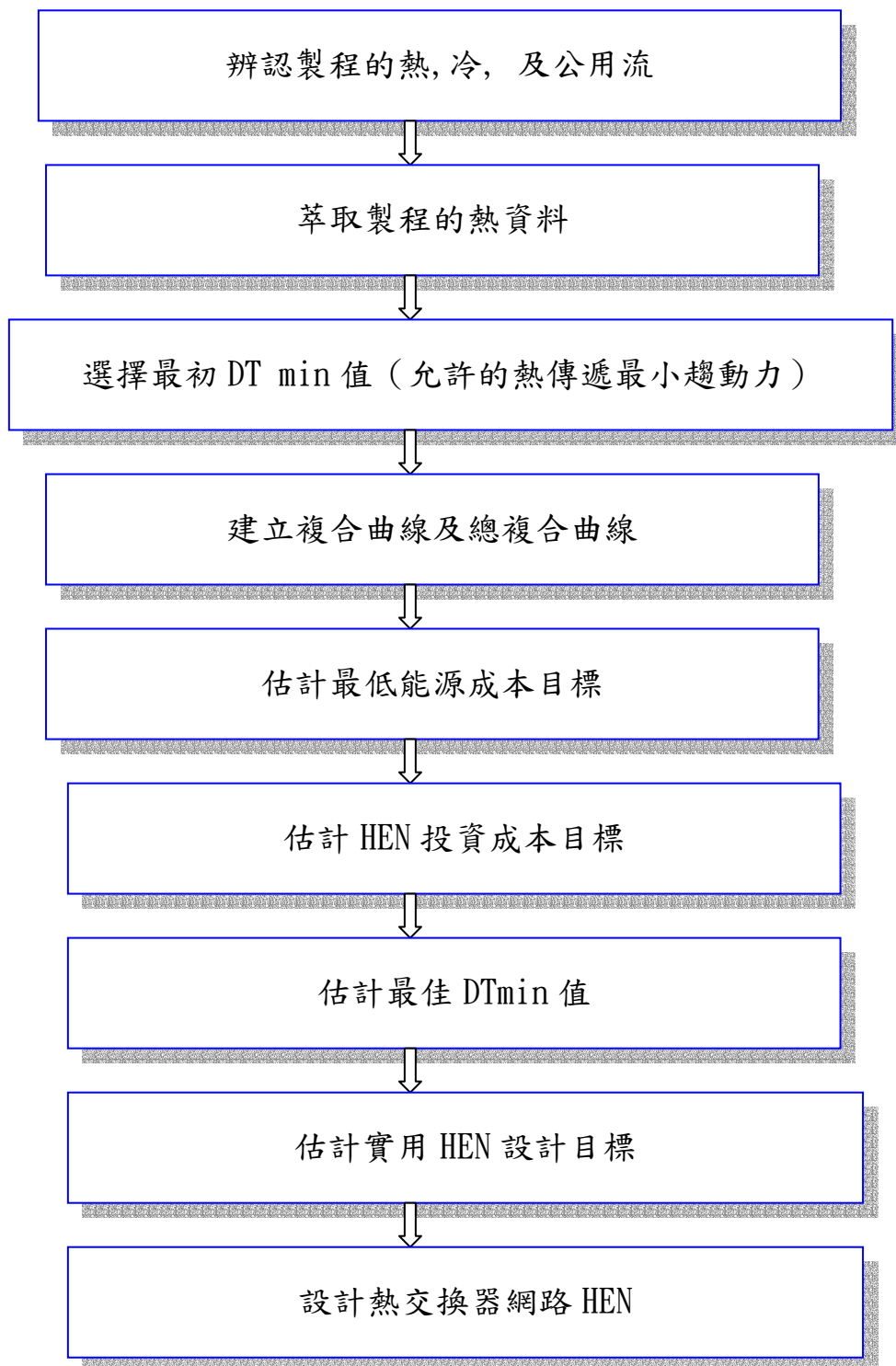
考慮上圖進料 (Feed) 至反應器前先加熱，而產品 (Product) 出反應器後先冷卻，加熱以蒸汽 (換熱器 1)、冷卻以冷卻水 (換熱器 2) 當媒介，從溫度熱焓 T-H 圖看，當沒有垂直重疊時，所需蒸汽焓為 A、冷卻水焓為 B。如果將圖二 a 改善為圖二 b，增加換熱器 3，可以回收產品的熱量 X 來加熱進料，回收的熱量 X 端視新換熱器 3 最小的趨近溫度 DT_{min} ，兩條曲線垂直軸的最小溫度即為 DT_{min} ，發生的點即為狹點 (Pinch)。從溫度熱焓圖看，回收的熱量 X 相對於 DT_{min} 值為 $20^{\circ}C$ 。增加 DT_{min} 值會導致較高的公用物料需求及較少的換熱器面積。如何找出最佳的 DT_{min} 值，就需作狹點分析 (Pinch Analysis)。狹點分析是用來決定製程的能量成本、熱交換器投資成本及辨識狹點的方法，其目的地是透過製程熱整合最適化，達到製程對製程 (process-to-process) 熱回收的最大化。教授說，利用狹

點技術於新設計或改善化工製程，可使能源成本降低 15-40%；5-15%的製程因改善而突破產能瓶頸；對於新設計的製程，投資成本降低 5-10%。



圖二 b：改善後流程之溫度熱焓圖

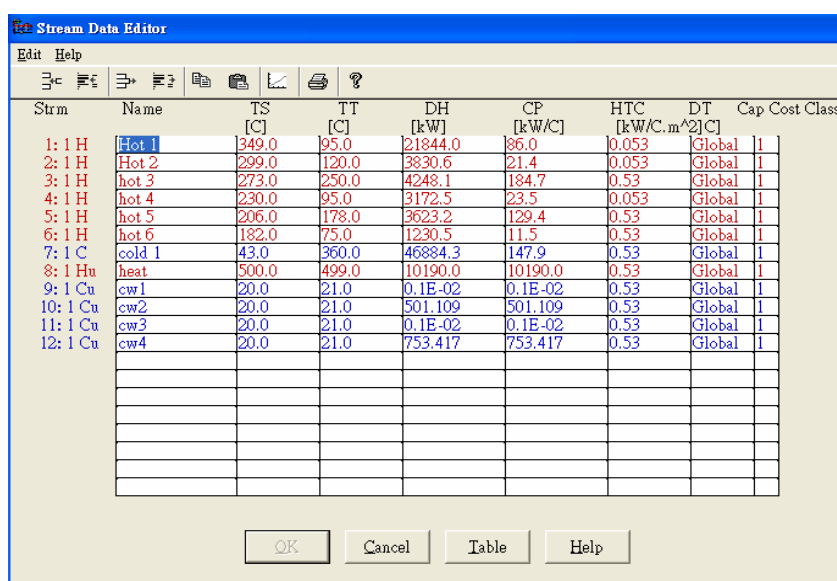
在進行狹點分析時，為了能協助設計者正確地掌握每個步驟的目的，進而快速且正確地作出決定，可遵循如圖三的步驟，但並不是一定從一而終的遵循，可依不同案例抉擇步驟或增加諸如再模擬 (re-simulation) 及資料調整 (Data Modification) 等分析，有時不同步驟間的重複分析也是需要的。其步驟分別說明：



圖三 狹點分析步驟

(1) 辨認製程的熱，冷，及公用流

如表二 可在 Sprint 中鍵入熱，冷，及公用流。



Strm	Name	TS [C]	TT [C]	DH [kW]	CP [kW/C]	HTC [kW/C.m^2/C]	DT	Cap Cost	Class
1: 1 H	Hot 1	349.0	95.0	21844.0	86.0	0.053	Global	1	
2: 1 H	Hot 2	299.0	120.0	3830.6	21.4	0.053	Global	1	
3: 1 H	hot 3	273.0	250.0	4248.1	184.7	0.53	Global	1	
4: 1 H	hot 4	230.0	95.0	3172.5	23.5	0.053	Global	1	
5: 1 H	hot 5	206.0	178.0	3623.2	129.4	0.53	Global	1	
6: 1 H	hot 6	182.0	75.0	1230.5	11.5	0.53	Global	1	
7: 1 C	cold 1	43.0	360.0	46884.3	147.9	0.53	Global	1	
8: 1 Hu	heat	500.0	499.0	10190.0	10190.0	0.53	Global	1	
9: 1 Cu	cw1	20.0	21.0	0.1E-02	0.1E-02	0.53	Global	1	
10: 1 Cu	cw2	20.0	21.0	501.109	501.109	0.53	Global	1	
11: 1 Cu	cw3	20.0	21.0	0.1E-02	0.1E-02	0.53	Global	1	
12: 1 Cu	cw4	20.0	21.0	753.417	753.417	0.53	Global	1	

(2) 萃取製程的熱資料

對於製程裏每一個已辨識的冷、熱流(cold and hot stream)及公用設施管線，必須從製程裏萃取出下列的熱資料來：

- 供應溫度(supply temperature, T_s °C)：管線的初始溫度
- 目標溫度(Target Temperature, T_T °C)：管線最終必須達到的溫度
- 熱容量流率(heat capacity flow rate, CP, Kw/°C)：物質質量流率 m , Kg/s)與比熱(C_p KJ/Kg°C)的乘積。

(3) 選擇最初 DT_{min} 值

在熱交換器裏，冷、熱流上的任一點溫度，其溫差必須至少為 DT_{min} (允許的熱傳遞最小趨動力)，這個代表熱回收的瓶頸。在固定的熱傳負載下，若選擇的 DT_{min} 愈小，則需要的熱傳面積愈大；反之，若愈大，則製程的熱回收率愈低，對公用設施的需求增加，因此， DT_{min}

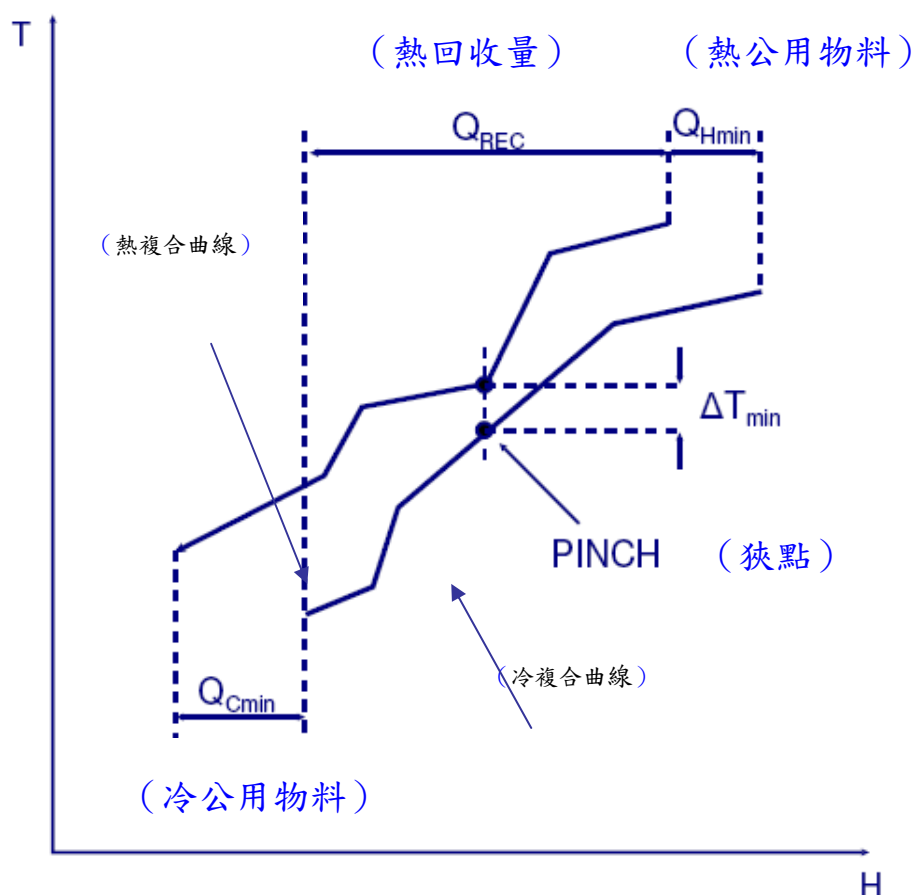
值的選擇，會直接影響投資及能量成本，其值主要因製程特性而異。

下表三 為不同工業別之 DTmin 經驗值。

編號	工業別	DTmin 經驗值
1	煉油	20~40°C
2	石化	10~20°C
3	化學	10~20°C
4	低溫製程	3~5°C

(4) 建立複合曲線及總複合曲線

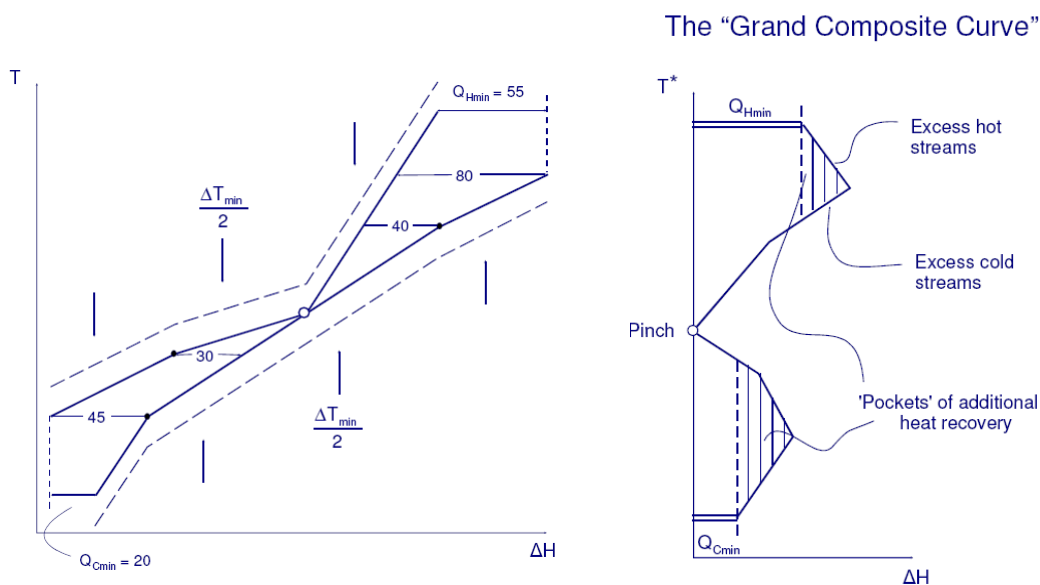
複合曲線即製程裏所有冷、熱流的溫度—焓值圖(T-H plot)，如圖四 所示，用來設定能量目標，其中包括熱複合曲線及冷複合曲線。圖四 兩曲線最接近的點即為狹點，其垂直距離等於 DTmin，而兩曲線垂直重疊的部分為製程可回收的熱量，



在狹點上方冷複合曲線超出熱複合曲線的部分，為製程必須由外部取得的最小熱量(Q_{Hmin})；而在狹點下方，熱複合曲線超出的部分，為製程必須排放的最小熱量 (Q_{Cmin})，一旦狹點確定之後，可以將製程分成狹點上/下方兩個系統，為了達到製程的最小能量目標，有三個原則必須遵守：

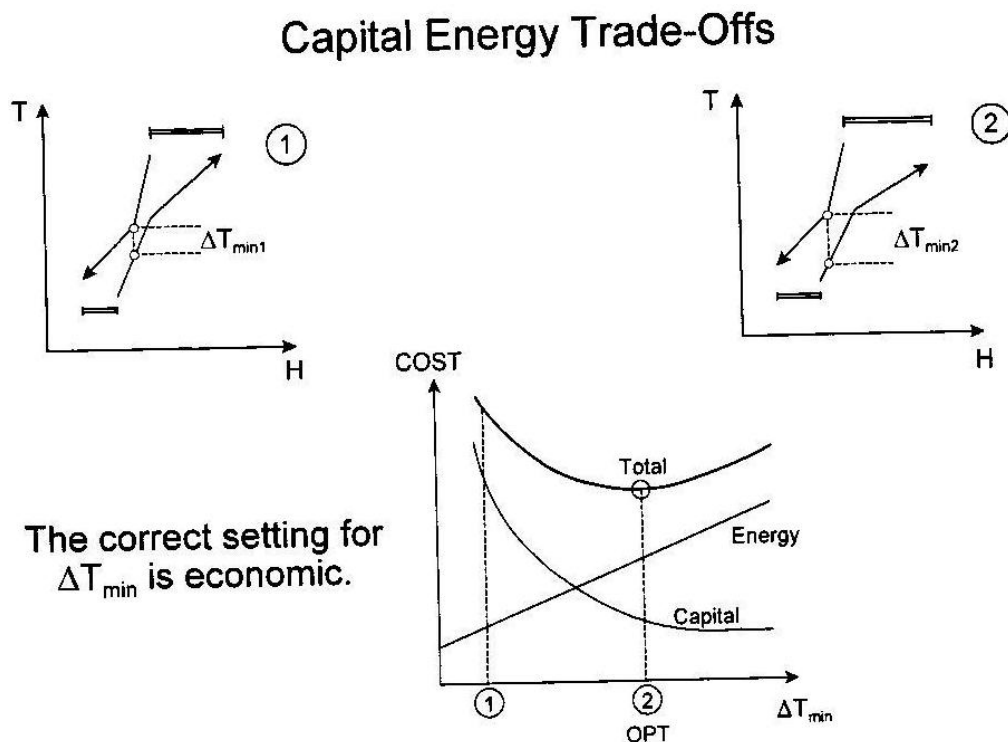
- (a) 熱量不可越過狹點傳遞
- (b) 在狹點上方不可有外部冷卻
- (c) 在狹點下方不可有外部加熱

總複合曲線 (Grand Composite Curve GCC) 是一個用來設定公用設施目標的工具，圖五 是一個典型的總複合曲線，熱流等於 0 的地方為狹點，最上與最下的兩點分別為熱、冷公用設施的負載(及)，在狹點上方的區塊為熱井 (Heat Sink)，而下方則為熱源 (Heat source)，線條的區塊部分則為製程對製程的熱回收量。



(5) 投資成本與能源成本估計及最佳 ΔT_{min} 值設定

HEN 的設計通常必須與設備及操作成本取得折衷，成本可由熱交換面積、熱交換單元個數及投資成本等因素估計。如圖六 考慮投資成本與能源成本及最佳 ΔT_{min} 值設定。得出最低成本點。



(6) 設計熱交換器網路

在 HEN 的設計方法中，根據以上狹點分析原則的方法稱為狹點設計法(Pinch Design Method, PDM)，這個方法可以有系統地引領設計者設計出良好的網路，其步驟有三，敘述如下：

(a) 由狹點開始

狹點是問題中最受限制的部分，若冷、熱流配對設計開始於遠離狹點的位置，則接近狹點時，其配對將受起始配對的限制，可能會違反

狹點或原則。因此，一開始設計時，應由狹點開始，由問題中最受限制的部分開始配對，可以使得後續困難降到最低。

(b) 個別配對的 CP 不等式

因為冷、熱流在狹點的溫差最低，所以有效的配對必須滿足離開狹點後溫差增大的要求。即必須滿足下列的兩個不等式如表四：

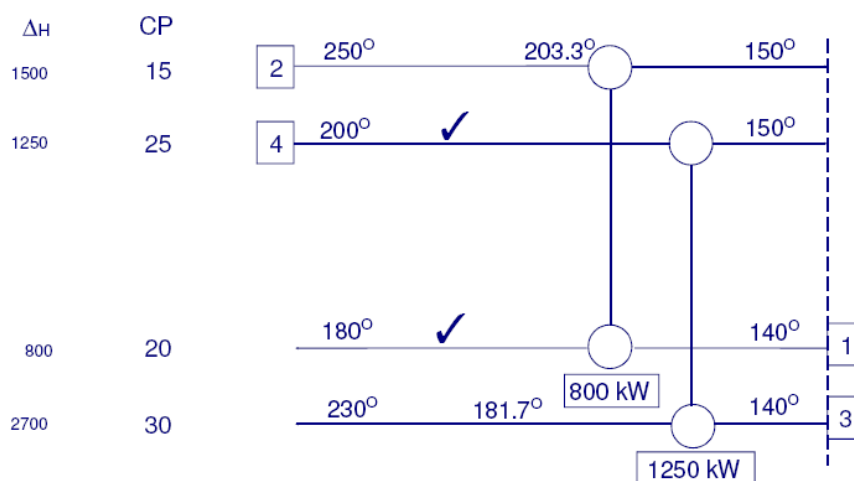
	(a) ABOVE PINCH	(b) BELOW PINCH												
CP's in descending order	<table border="1"> <tr><td colspan="2">$CP_H \leq CP_C$</td></tr> <tr><td>25</td><td>30</td></tr> <tr><td>15</td><td>20</td></tr> </table>	$CP_H \leq CP_C$		25	30	15	20	<table border="1"> <tr><td colspan="2">$CP_H \geq CP_C$</td></tr> <tr><td>25</td><td>20</td></tr> <tr><td>15</td><td></td></tr> </table>	$CP_H \geq CP_C$		25	20	15	
$CP_H \leq CP_C$														
25	30													
15	20													
$CP_H \geq CP_C$														
25	20													
15														

(c) 探索式標點法

決定冷、熱流的配對後，為了保持熱交換器單元個數最少，可以使用探索式標點法(tick-off heuristic)圖七，即對於選定的配對，令其熱傳量盡可能地大，保證每單元都能滿足一條管線的負載需求。所以依據此方法進行設計，HEN 自然會朝向最少單元目標前進。

The University of Manchester **MANCHESTER**

Maximise loads to "tick off" streams (keeps capital costs down)

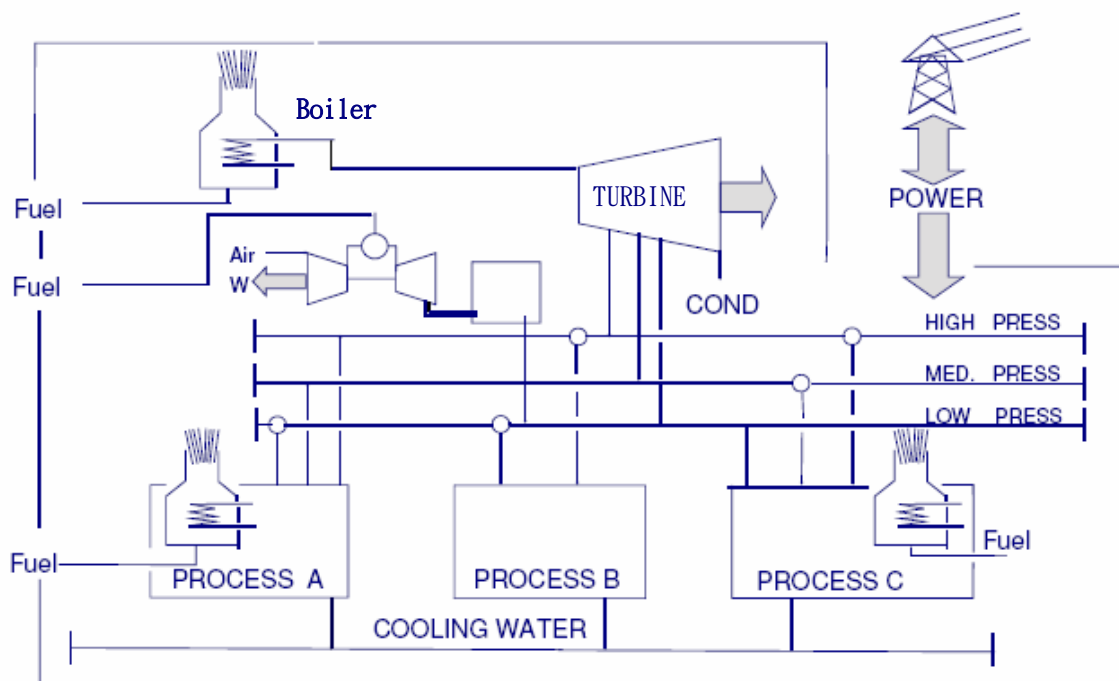


狹點分析是一項有系統的製程熱整技術，製程工程師最大的挑戰就是在基本概念設計階段引入狹點分析技術，使得製程對公用設施需求的降低，在這個階段的決定將影響製程設備整個操作週期的效能。所以如何在適當階段使用狹點分析技術，同時配合製程專家與下游工程原理，才能使其效益最大。另外，狹點技術可以使製程熱回收最大化，而不需要動到製程的核心設備或操作參數，僅涉及管線的部分變更，實為一經濟又實惠的製程整合技術，值得推廣使用，本公司是英國曼徹斯特大學製程整合中心所主持的研究合作計劃 (Research Consortium)，這項研究合作計劃提供各成員公司製程技術方面的支援與協助，同時有軟體可以使用，其中 SPRINT 程式就是針對前述說明發展的軟體。

二、公用系統課程

1、課程摘要說明

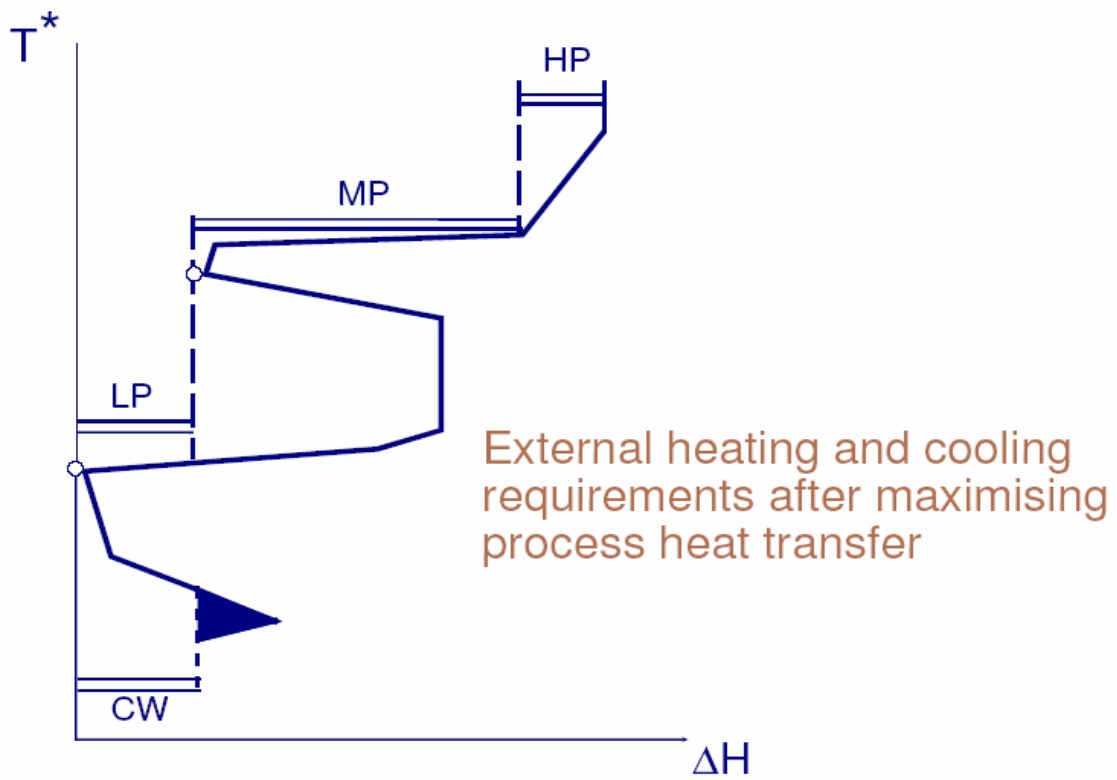
汽電共生及整廠公用系統 (Cogeneration and total site Utility system) 消耗大量化石燃料、產生電力及輸送蒸汽。而廠內加熱與冷卻的需求支配公用系統的燃料需求與汽電共生，冷卻水塔設備的投資，以往的汽電共生系統大多由高壓蒸汽鍋爐和汽渦輪發電機組合而成，近年來，為了應付電力及熱力負載（電熱比）變動的需求，以及節省工廠內有限的空間，國際上汽電共生系統大多改採燃氣渦輪發電機和廢熱鍋爐的組合，同時使汽電共生系統效率（發電效率及熱用熱能系統效率之和）提升，不但節約能源，兼可減輕對環境之污染。圖八顯示公用系統相關的設備及其關連



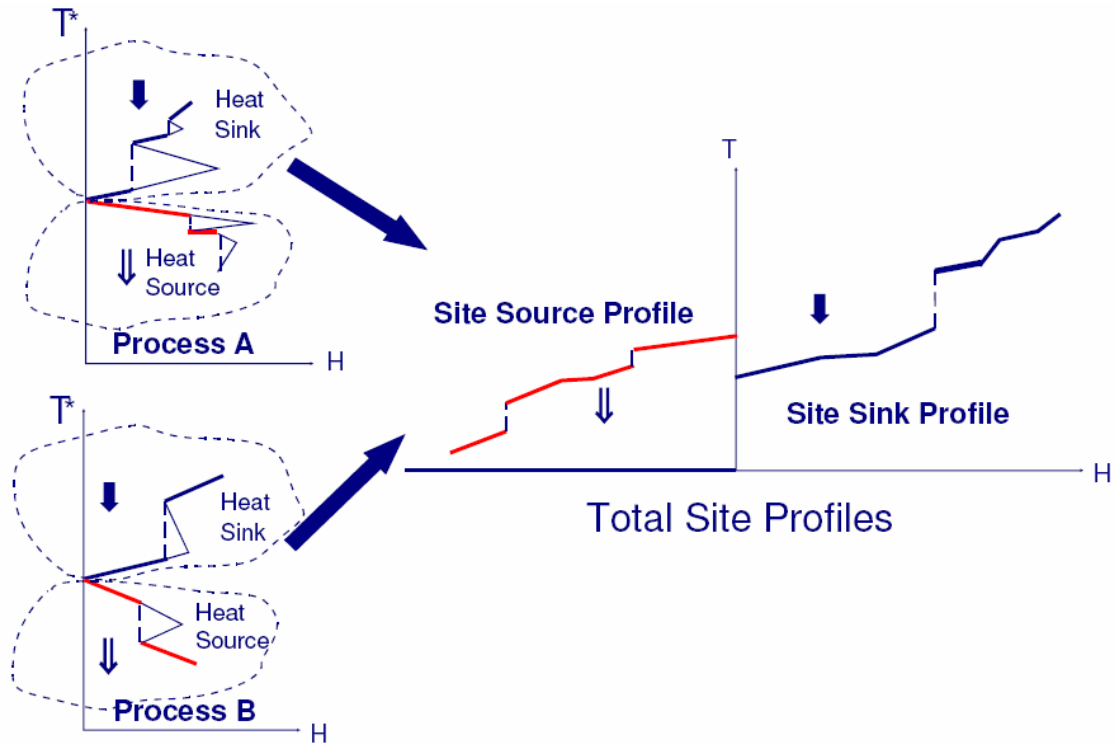
圖八、整廠公用系統

尤其近年來能源價格高漲，環保意識抬頭，各界對此高耗能的裝置的能源使用效率的提升更要求殷切；促使學術界及工業界投入開發研究的人力、財力、物力也相對增加。如何優化（optimization）此一系統，正式此課程的目的。有哪些變動因素需考慮的呢？首先是燃料與燃燒以及排放物的控制，此三因素牽涉能源使用效率的提高與對環境的衝擊，尤其在實施碳稅的地區，排放物的控制會影響優化的結果。其次是設備的使用，如何根據電力及熱力的需求，裝置不同的蒸汽機組或燃氣機組，發揮最大效率；設備維護與故障時備載的考量，多少負載率是較適當的配置；蒸汽壓力使用等級的規劃，多少不通蒸汽壓力聯箱（Steam Main）用於系統，蒸汽分佈的配置，蒸汽系統的平衡與查核等，另外考慮到製程的需求，負載變動以及製程中利用廢熱產生的蒸汽；外購電因季節與不同時段價格的差異，買、賣電價格與自發電成本的比較等因素，都影響到整廠公用系統的優化的結果。

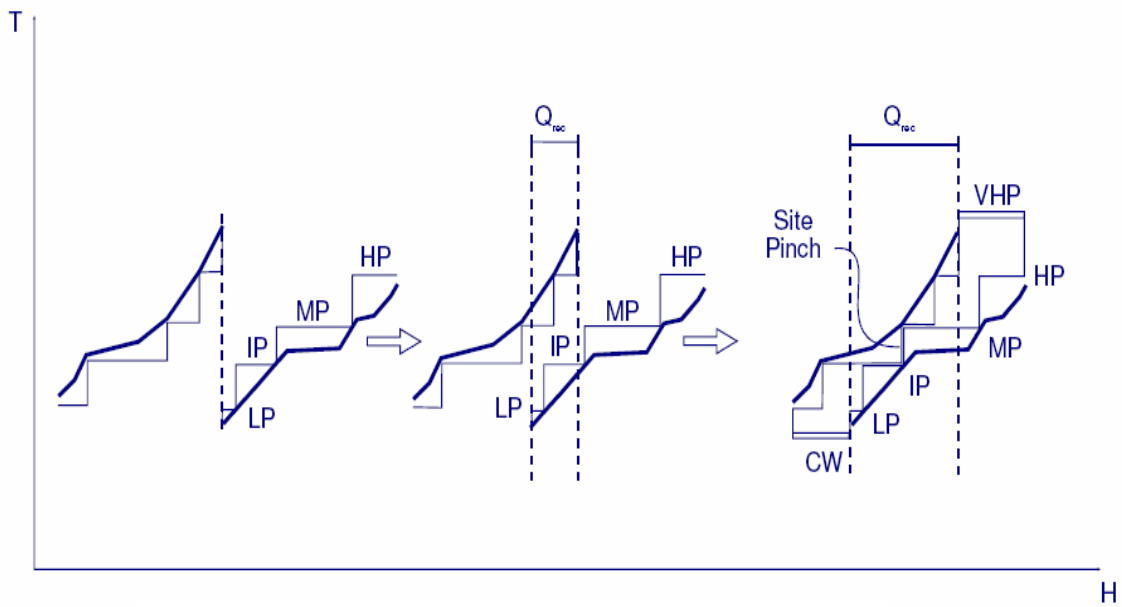
在作公用系統規劃設計前，可以用前節談到的總複合曲線（grand composite curve）如圖九概念來輔助，將各不同製程工場依每一個別製程所需加熱及冷卻的需求最大化，做出如圖九所示曲線，其次再就不同製程中需吸井（Heat Sink）集合一起，需冷卻的熱源（Heat Source）集合一起，如圖十，稱為整廠輪廓（Total Site Profile），接著利用 $\pm \Delta T_{\min}$ 方式移動曲線至狹點（pinch），如此方式可將熱回收最大化 Q_{rec} （maximising heat recovery），而導致需外來的熱源加熱的蒸汽最小化，從圖中就能知道蒸汽需求及冷卻水需求，對公用系統的規劃幫助很大。知道了蒸汽需求需求後，對整廠來說也應該知道伴隨產生的電力，



圖九、製程總複合曲線 (grand composite curve)

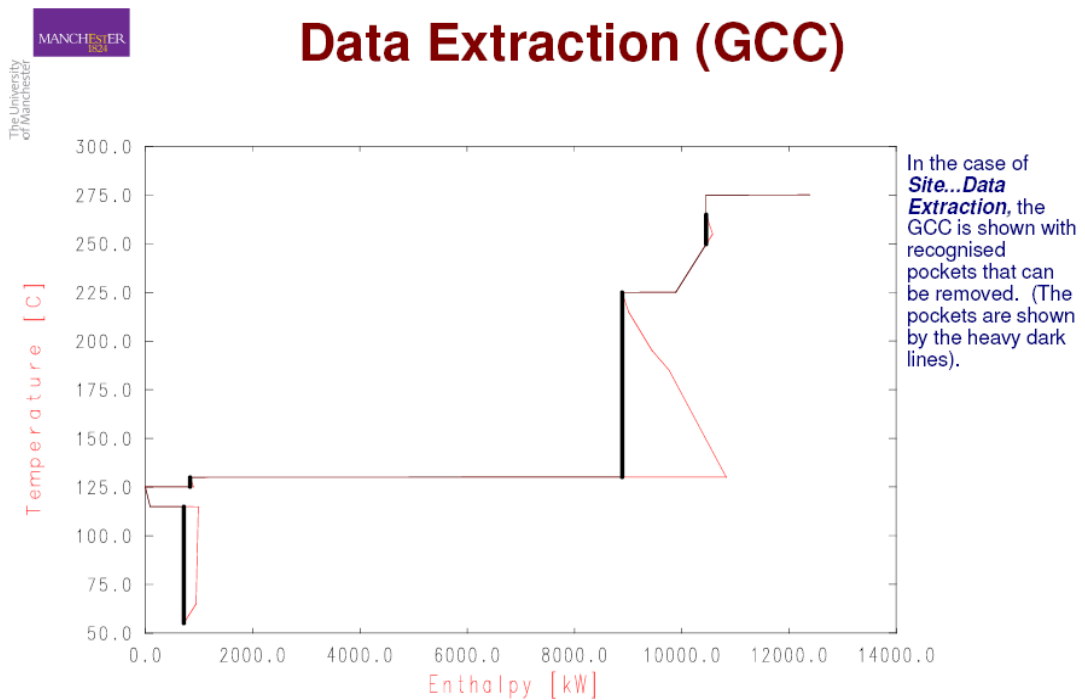


圖十、整廠輪廓 (total site profiles)



圖十一、整廠複合曲線發展程序

曼徹斯特大學 CPI 發展出一些實用的概念知識，對發展系統很有幫助，其整合程序如圖十一，以表 5 說明公用系統設計整合程序。在課堂上有一個實用的例子是有不同的七個製程，冷、熱流，經由資料領取過程（圖十二），知道最終公用物料需求量，可以進而知道公用設備。



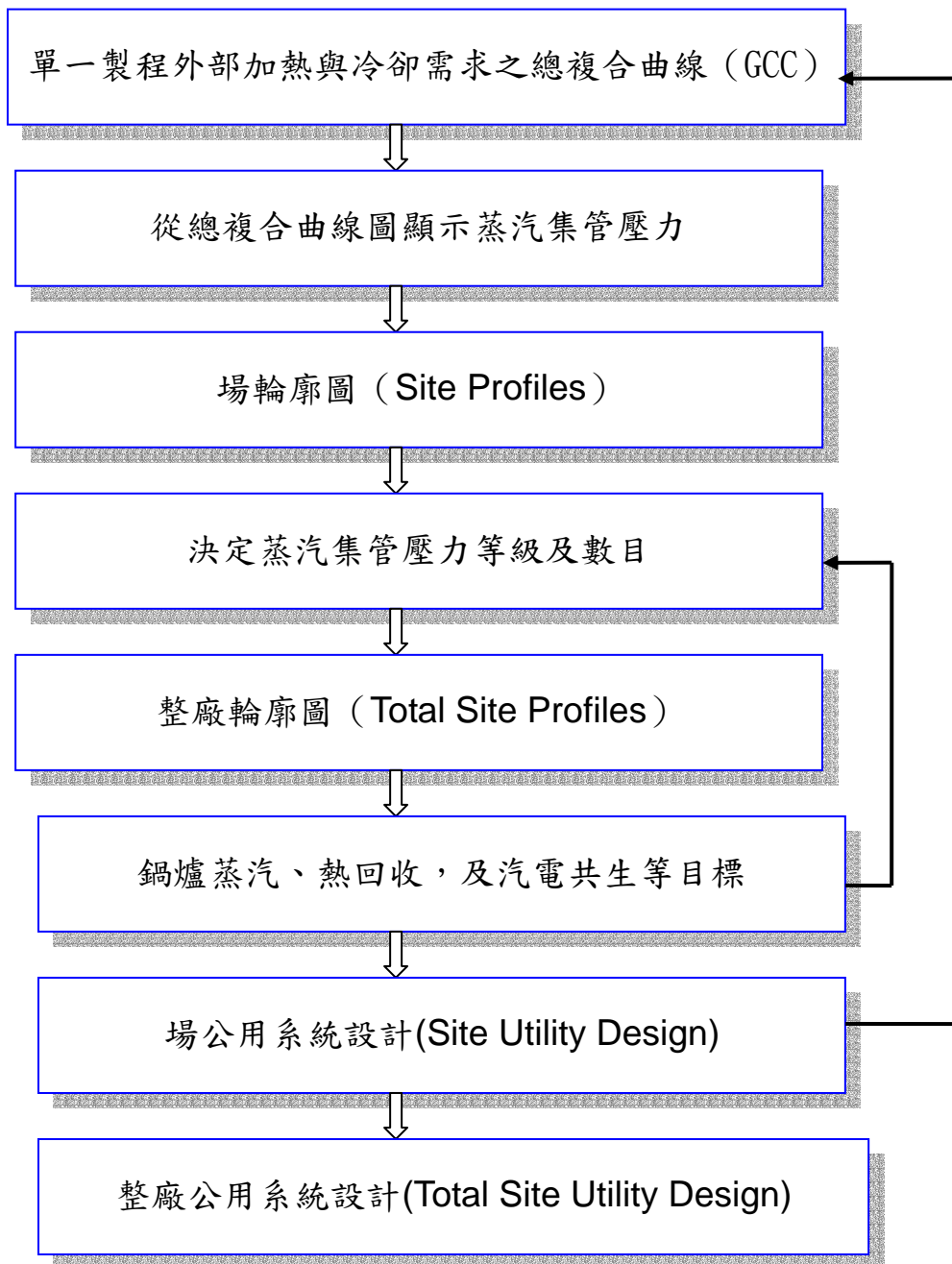


表 5、公用系統設計整合程序

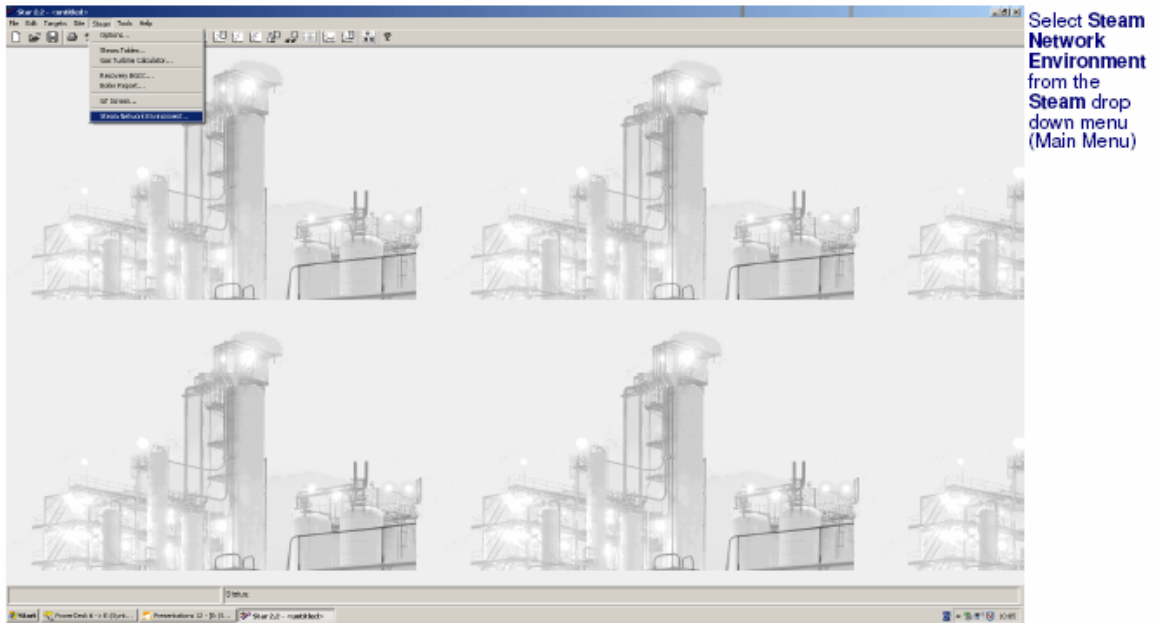
2、STAR 軟體的介紹

STAR 軟體是用於公用系統的設計、規劃和模擬，也就是 Pinch 理論的應用。應用範圍包括蒸汽系統、熱換器網路，可以是單一製程或一群組製程含熱交換與電力的產生。在程式中主要的特點有：

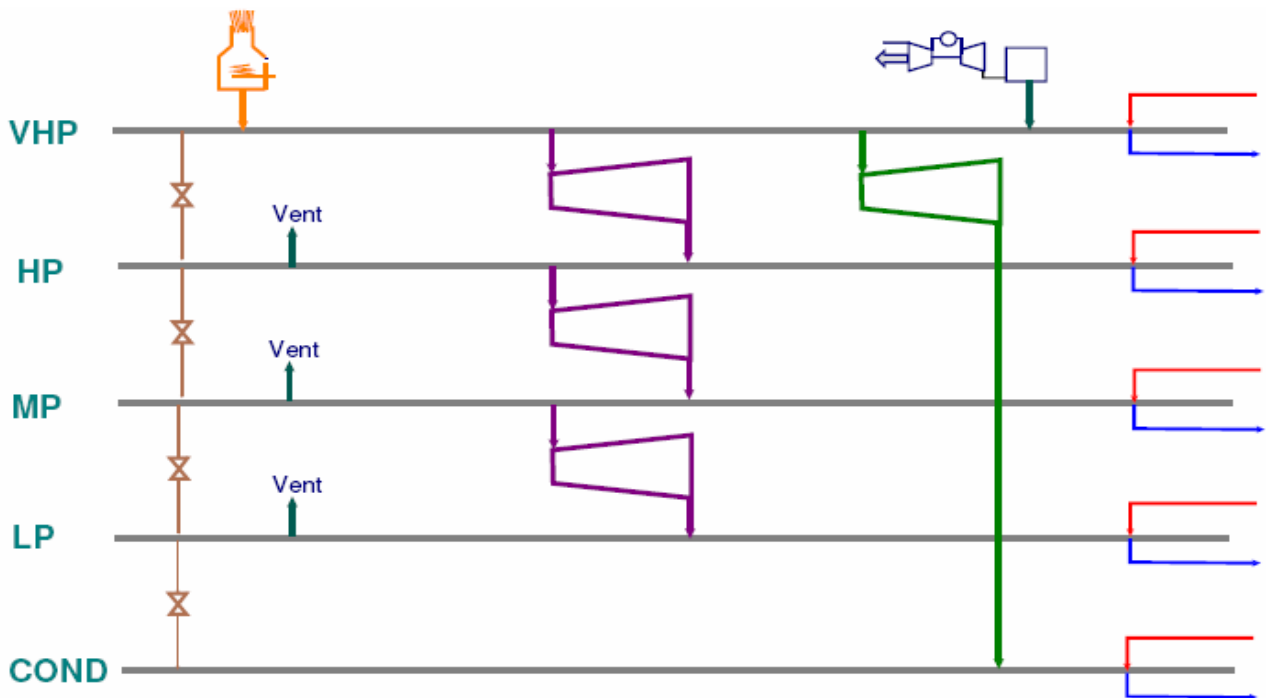
- 點/範圍 目標 (Point/Range Targets)：當準備妥製程資訊後，程式可以計算能源、資本、總成本，及排放目標等。為能源回收之最適設計點，本程式可以計算使用者訂定範圍的能源回收目標。
- 場目標 (Site Targets)：群組製程以現有蒸汽主集管 (Steam Mains) 表示，可以分析熱回收、鍋爐蒸汽與冷卻水的需求及汽電共生。最優化技術 (Optimization Techniques) 包含決定最適蒸汽溫度去將熱回收或汽電共生最大化。場蒸汽網絡 (Site Steam Network) 可以分析以決定每一流場的邊際成本。
- 蒸汽系統 (Steam Systems) 利用一熱機例如燃氣渦輪機，可算出排氣產生的熱量與蒸汽產量。蒸汽網絡可以利用熱力學模式與內建蒸汽表來模擬與優化蒸汽量與軸功的產生。

在利用 STAR 軟體設計、規劃和模擬時，開啟程式就會進入如下圖 畫面，選擇蒸汽網絡環境 (Steam Network Environment) 後，可以進入規劃畫面，進行蒸汽系統相關元件的建立與連結及輸入有效的參數，包括：不同壓力等級的集汽槽 (Steam Mains)，圖中的 VHP、HP、MP 等，蒸汽的進出 (產生及

需求)，降壓站與排放（Let Down & Venting），鍋爐、汽機與燃氣渦輪機發電機等，並作適當連結。

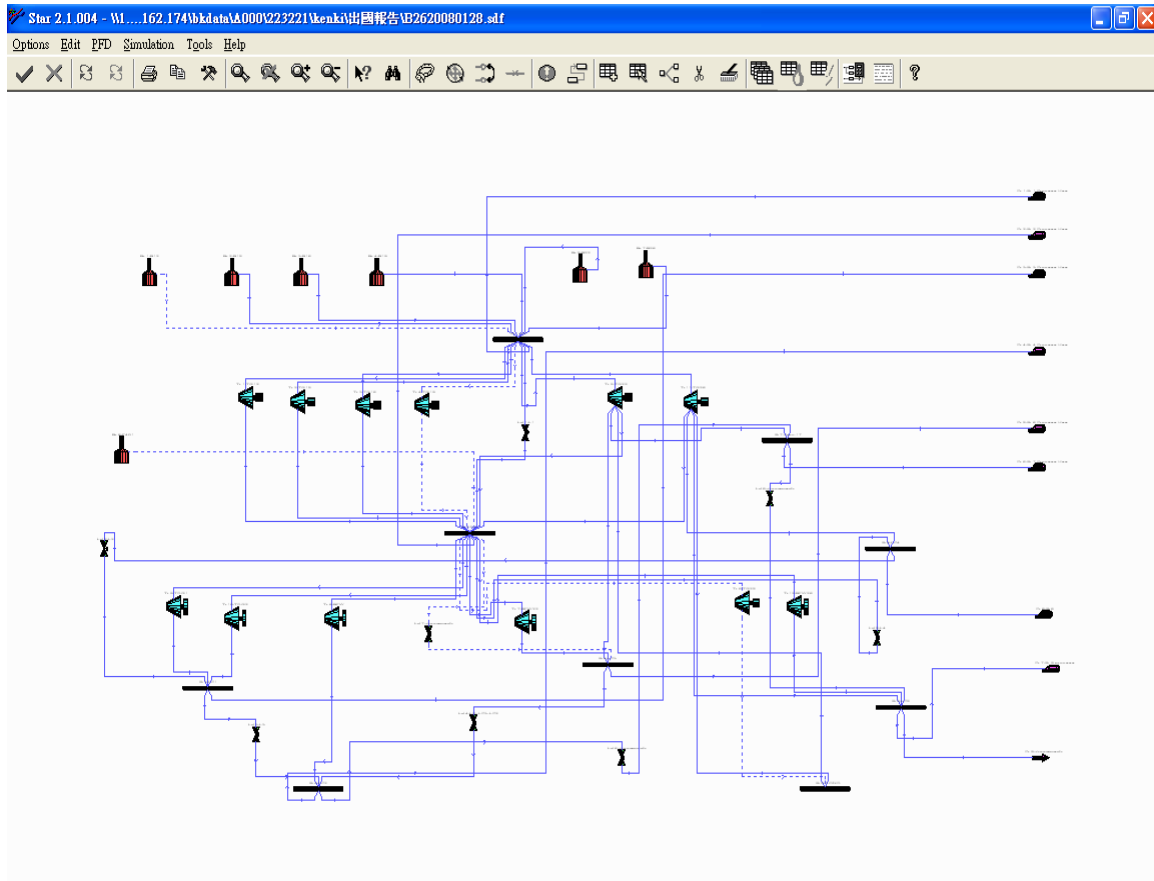


圖十三 蒸汽網絡環境畫面



圖十四 輸入元件、參數並連結

以林園石化為例輸入各必要分析要素後之圖如下圖十五，



含高壓鍋爐 (B12、B15、B16、B19、B22、B26) 產生高壓蒸汽除供給三、四輕，其他經汽輪發電機 (TG12、TG15、TG16、TG19、TG22、TG26) 供應全廠製程中壓蒸汽需求，中壓蒸汽另有一來源為中壓鍋爐 (F401)。運轉時隨著全廠中壓蒸汽需求，調整背壓式發電機 (TG12、TG15、TG16、TG19) 排汽和#22、#26 汽輪發電機中壓抽汽，操作時盡量控制全廠高、中壓蒸汽穩定，避免減壓站不當啟用，維持中壓鍋爐 (F401) 於低載狀況。另有一部中壓蒸汽冷凝式機組 (TG25)，可以調解發電量，以同時滿足蒸汽產銷與買賣電策略的操作。STAR 程式會依據輸入的資料先行模擬，如果有輸入錯誤或違反系統設定規則，程式會告訴您錯誤訊息及改正建議，待系統完成模擬後，即可進行優化 (Optimization)。優化可以有三種選擇：最小總成本 (Minium

Total Cost)，符合場用電量（Match Site Power）及最大發電量（Maxium Power）等，程式會根據蒸汽需求、燃料種類及單價、賣電單價、是否有碳稅等因素進行優化，結果可以跟初始狀況作比較，報表會列出不同設備操作狀態的改變量及差異。如圖十六 所示，做為建議調整操作之參考。

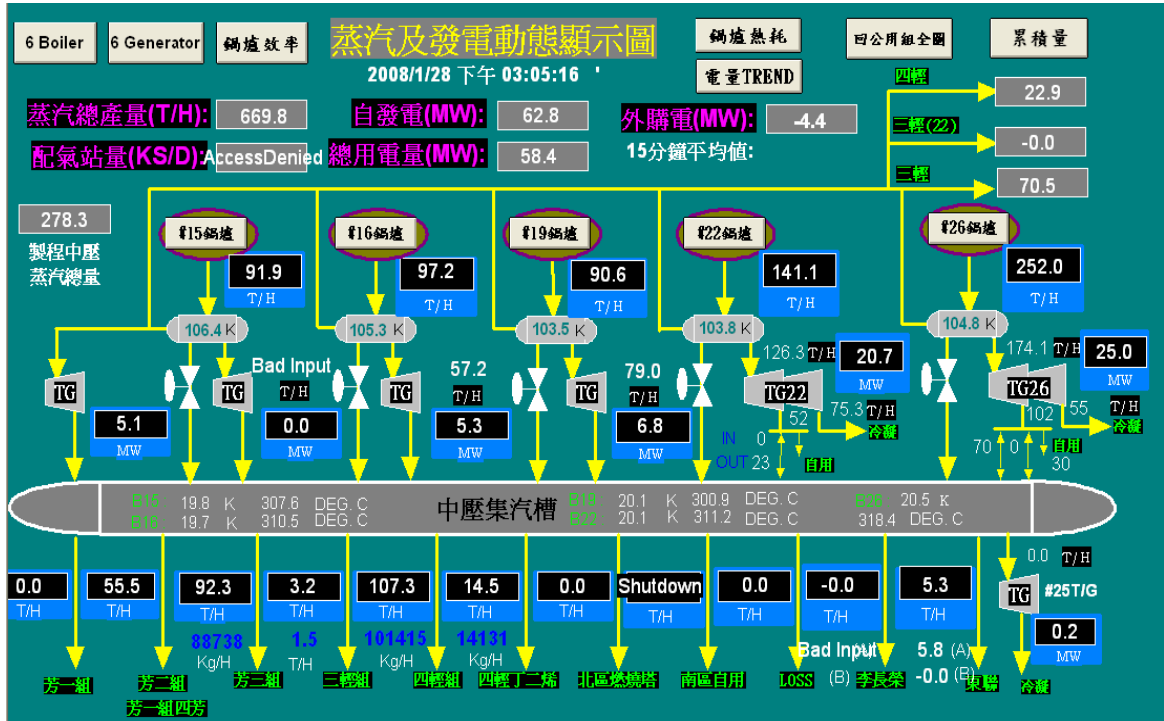
Case 1 [weekday-semi-peak]				
Summary				
	Current	Optimum	Difference	
Total Operating Cost	= 5281.85	4761.29	-520.566	[MDD/yr]
Total Annual Capital Cost	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD/yr]
Total Annualised Cost	= 5281.85	4761.29	-520.566	[MDD/yr]
Operating Costs				
Total Fuel Cost	= 5274.80	4568.88	-705.918	[MDD/yr]
Total Condenser CW Cost	= 82.5997	0.00000	-82.5997	[MDD/yr]
Steam Import Cost	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD/yr]
Steam Export Value	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD/yr]
Site Power demand	= 58.4000	58.4000	0.00000	[MW]
Steam Turbine Shaftpower	= 62.7921	47.2135	-15.5786	[MW]
Steam Turbine Driver Power	= 11.0489	11.0489	0.00000	[MW]
Power Import/Export	= -4.39213	11.1865	15.5786	[MW]
Power Import/Export Cost	= -75.5447	192.407	267.952	[MDD/yr]
Power Standing charge	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD/yr]
Total Operating Cost	= 5281.85	4761.29	-520.566	[MDD/yr]
Capital Costs				
Steam Turbine Cost	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD]
Boiler Cost	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD]
Total Capital Investment	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD]
Total Annual Capital Cost	= 0.00000	0.00000	0.00000	[MDD/yr]

圖十六 優化結果報表

3、實例應用說明

此次研習期間，正好工研院能環所賴慶智博士也在曼大 CPI 進行研習，有機會就 STAR 軟體程式的應用共同研究，算是機緣巧合，也讓理論與實務結合。本實例是以前述林園石化廠汽電共

生系統為研究基礎。以 97.0128 下午 03:05 的負載為參考依據，實際操作 PI 的資料如圖

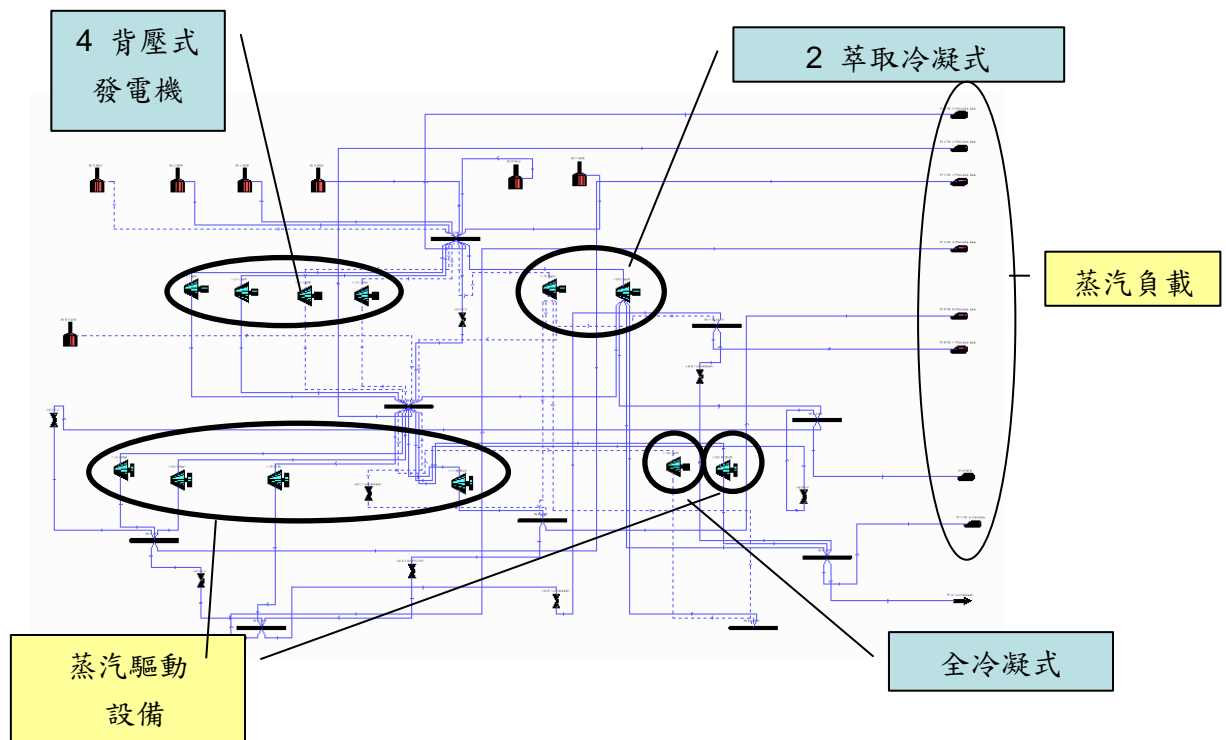


圖十七 及時操作資料 PI 圖

系統建構之壓力及蒸汽負載，如下表 6：

Steam Mains	P, bara	T, °C	m _{USG} , t/h
HP	101.01	311.70	93.4
MP1	20.61	285.00	278.1
LP1	4.11	144.63	37.0
LP2	2.71	130.15	45.0
LP3	5.70	156.84	13.0
LP4	6.50	161.99	26.0
LP5	1.01325	100	66.0
Vent17	1.70	115.17	30.0
COND	0.15	54.07 (saturate)	64.89

當時自發電量 62.8MW，全廠總用電量 58.4MW，外賣電量 4.4MW。燃油價格 14.05 TWD/kg (熱值= 42.8 MJ/kg)，買賣電價平均 2.36 TWD/KWH。接著布建 STAR 蒸汽網絡環境 (Steam Network Environment) 如圖十八



為便於分析熱量轉換為電力的效率及判斷相對於燃料的價格，本研究新設定一個價格單位為 DD (Defined Dollar)，1 DD = kW-hr 熱量為基準的燃油單價，分析時燃油熱值= 42.8 MJ/kg= 11.89 kW-hr/kg (1KJ=3600 kW-hr)，所以單位燃油價格= 11.89 DD/kg，而分析時燃油價格 14.05 TWD/kg，所以 1DD = 1.18 TWD，設定此一個價格單位的目的是，當電價 = 1 DD/kW-hr 時，表示熱量轉換效率為 100%，1 DD 相當於可以買到 1 kW-hr 熱量的重油量，如果電價小於 1 DD/kW-hr，則 1 DD 可以買到大於 1 kW-hr 的電量，表示買電比自己發電省的來；若電價大於 1 DD/kW-hr，則要看發電效率

來決定買電或自己發電。經程式模擬與優化後列表於後，程式建議抽取冷凝式發電機都停掉，只保留背壓式發電機，代表多以冷凝式發電是不划算的。表 7 顯示正常操作、最小、最大及優化後之結果，進汽量及軸功的變化，明顯表示此時段自發電力不經濟。

表 7 汽機別、進汽量及軸功變化表

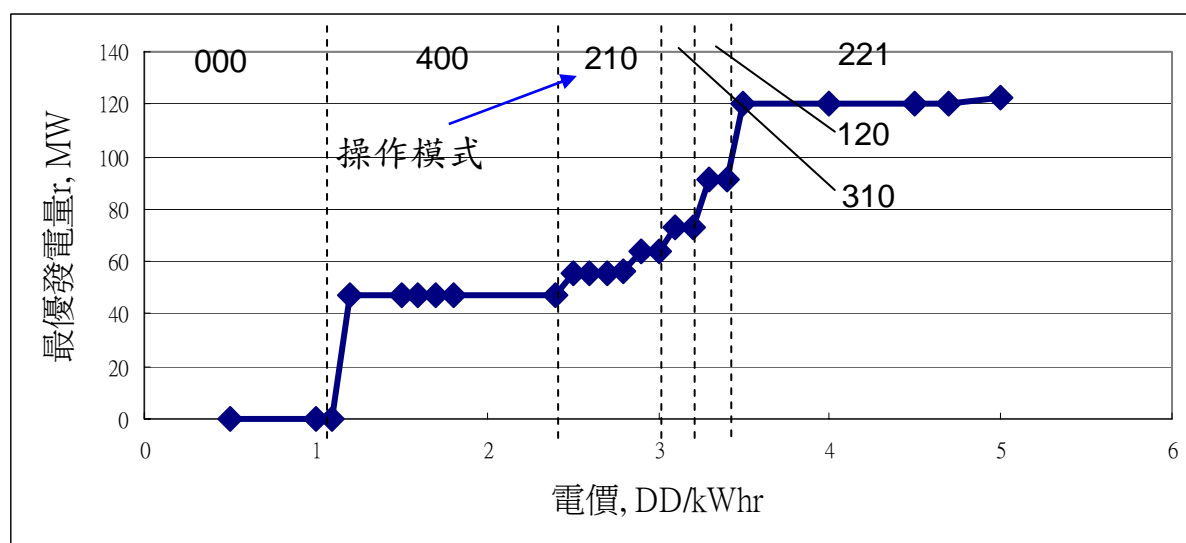
汽機別	進出力	實際	模擬 (半尖峰)			
		正常	正常	最小	最大	優化
背壓式 TG12	進汽量(T/H)	—	60	25	120	120
	軸功(MW)	5.1	4.7	—	—	11.8
背壓式 TG15	進汽量(T/H)	57.2	57	25	120	120
	軸功(MW)	5.3	4.4	—	—	11.8
背壓式 TG16	進汽量(T/H)	79.0	79	25	120	120
	軸功(MW)	6.8	6.9	—	—	11.8
背壓式 TG19	進汽量(T/H)	0	0	25	120	120
	軸功(MW)	0	0	—	—	11.8
抽取冷凝式 TG22	進汽量(T/H)	126.3	126	50	220	0
	軸功(MW)	20.7	20.8	—	—	0
	冷凝量 (T/H)	75.3	55	20	80	0
抽取冷凝式 TG26	進汽量(T/H)	174.1	174	150	280	0
	軸功(MW)	25.0	26.0	—	—	0
	冷凝量 (T/H)	55	40	20	70	0
總計	進汽量(T/H)	496.6	496	300	980	480
	軸功(MW)	62.9	62.8	—	—	47.2
	冷凝量 (T/H)	130.3	95	40	150	0

汽電共生的裝置是政府政策鼓勵的節能設備，一方面鼓勵高耗能產業能夠熱電連產，一方面疏解台電公司因開發電源受阻的壓力。台電公司為改善其負載結構，增加備載容量，在電費結構上也有一套優惠及加重收費方案，希望能鼓勵用戶避開尖峰用電，以舒緩其尖峰備載不足之壓力。措施包括超約罰款，尖、離峰時間電價等，所以汽電共生業者必須衡量油價及廠內蒸汽負載的高低，定出最佳發電策略，所以必須有一套輔助工具，而 STAR 正有如此功能。電價表如表 8，電價與最優發電量的關係經 STAR 計算後可以由圖十九表示。

表 8、不同時段電價表

分類	基本電費(元/度/月)		流動電費(元/度)	
	夏月	非夏月	夏月	非夏月
尖峰時間	217	-	3.45	-
半尖峰時間	160.6	160.6	2.0	1.94
週六半尖峰	43.4	32.1	1.13	1.07
離峰時間	43.4	32.1	0.82	0.77
備註	夏月為 6~9 月，其餘為非夏月			

圖十九 最優發電量與電價分析



上圖中操作模式第一位數代表背壓式操作台數，第二位數代表萃取冷凝式操作台數，第三位數代表全冷凝式操作台數。例如：210 代表兩台背壓式、一台萃取冷凝式、0 台全冷凝式。從圖表中可看出電價在每度 1.2~2.4DD (1.416~2.832 TWD) 間，適合開 4 台背壓式發電機，1.2DD 以下不要開任何一台發電機，較經濟；如果 2.4DD 以上就會隨電價上升，有不同的發電策略。

如果以非夏季不同用電時段來分析發電總成本，實際操作情況與優化建議操作情況相比，全年約可節省費用 446MDD/年，約為 5 億 2 千 6 百 2 拾 8 萬元新台幣，如表 9。

表 9 非夏季 優化前後總成本比較表

非夏季	操作配置	模擬優化情況				實際情況
		200	300	400	210	
	總成本, MDD/yr	3115	3104	3097	3159	3543
週間半尖峰	燃料費用	1291	1325	1360	1405	1570
	買電, MW	34.8	23.0	11.2	3.2	-4.4
	契約電費	19	12	6	2	0
週六半尖峰	燃料費用	247	248	250	264	314
	買電, MW	57.2	56.6	56.0	37.8	-4.4
	契約電費	2	4	5	4	0
離峰	燃料費用	1282	1290	1301	1373	1633
	買電, MW	57.2	56.6	56.0	37.8	-4.4
	契約電費	2	4	5	4	0

如果以夏季不同用電時段來分析發電總成本，實際操作情況與優化建議操作情況相比，全年約可節省費用 202MDD/年，約為 2 億 3 千 8 百 3 拾 6 萬元新台幣。全年總成本節省約億 7.5 台幣，約為 14% 的節省率，如表 10。

表 10 夏季 優化前後總成本比較表

夏季		模擬優化情狀			實際狀況
操作配置		300	400	210	320
總成本, MDD/yr		1584	1567	1585	1769
平日尖峰	燃料費用	265	272	293	314
	買電費用	23.0	11.2	-5.5	-4.4
	契約電費	17	8	0	0
平日半尖峰	燃料費用	398	408	422	471
	買電費用	23.0	11.2	3.2	12.0
	契約電費	0	0	2	0
週六半尖峰	燃料費用	125	136	141	157
	買電費用	54.5	11.2	3.2	12.0
	契約電費	0	0	0	0
離峰	燃料費用	645	651	687	816
	買電費用	56.6	56.0	37.8	12.0
	契約電費	5	7	4	0

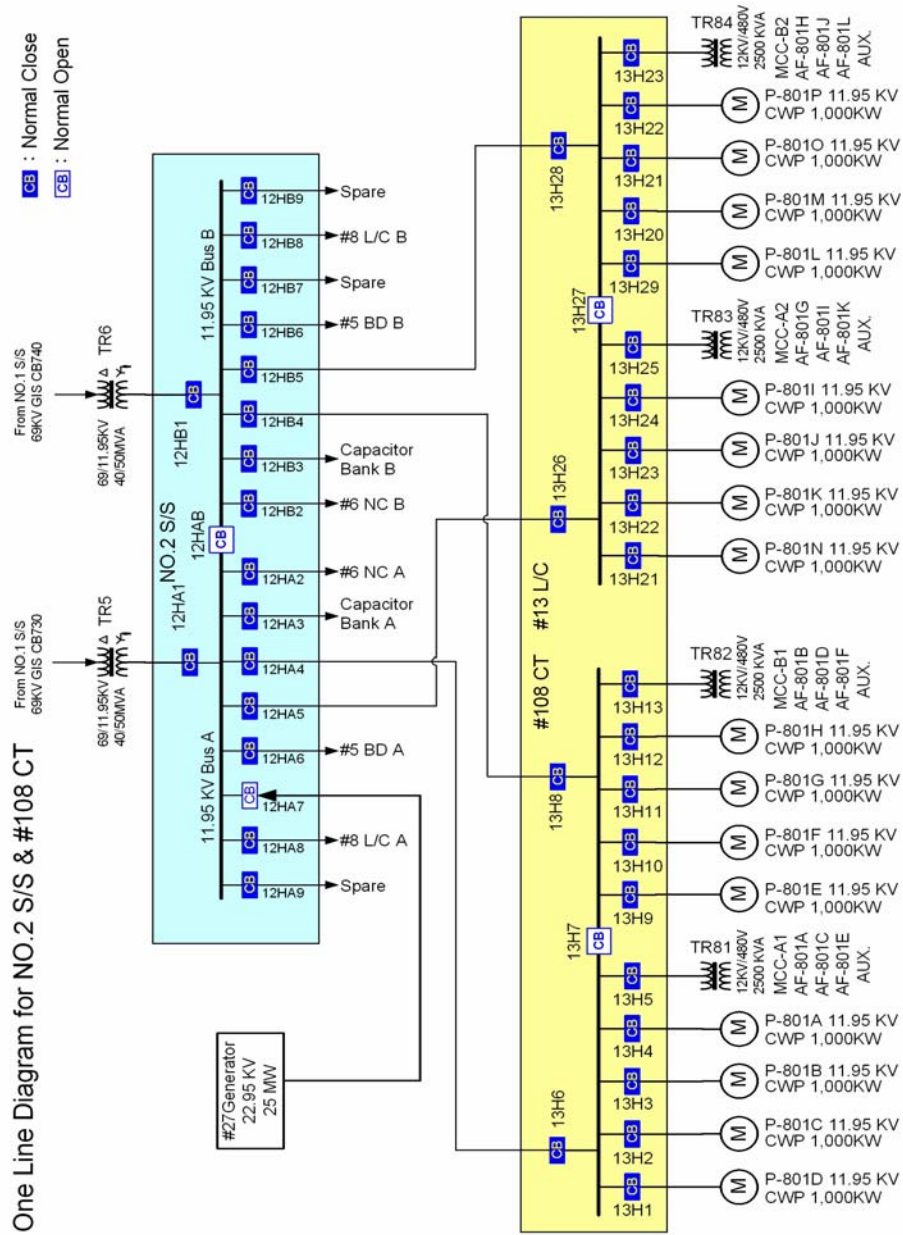
實施尖、離峰經濟調度，及各鍋爐、發電機最優化之調度，並不需再加任何投資，只須建立合理之數學模式，藉由 STAR 軟體提供最優化之結果，適時調整鍋爐及發電機負載，即可達成最優化之狀況。設備可靠度愈高，可優化調度之範圍愈大。

建立合理可接受之系統模式，在於收集完整之各鍋爐、發電機運轉資料，而各流量計之準確與否是重要的一個環節，再實施優化前，收集到的資料需經過資料調正的程序 (Data reconciliation)，才能發揮最大的效果。「蒸汽系統模擬及最優化」亦可用於系統異常之模擬，如製程高、中壓蒸汽用量變化大時或鍋爐停爐時，預測各鍋爐產汽量及各發電機發電量，是否可滿足購、售電量之契約。

公用系統之任務除了提供可靠穩定蒸汽、電力外，應努力於節約能源，降低成本，創造利潤。實施尖、離峰負載調度，搭配各鍋爐、發電機最適化之調度，便是為達上述目標的策略方法。

肆、觀摩研習部分

石化事業部因應三輕更新案增加用電，已擬出完整的電力系統規劃，新增設備含新建第二變電所 50MVA 雙迴路變壓器、GIS 高壓配電盤供新增負載中心 NC6、BTX7、BD5 用電所需，#108 水塔 GIS 高壓配電盤等如附圖二十，電氣設備設置原則，都必須考慮供電可靠度，所以採用雙回路系統供電，尤其此次對高壓配電盤特別引進較新的設備 GIS (Gas Insulated Switch)，以減少設備故障及維修，同時也解決因三輕更新案改為原地更新，造成的建廠場地不足的影響。



0 32

圖二十、新增負載中心用電單線圖

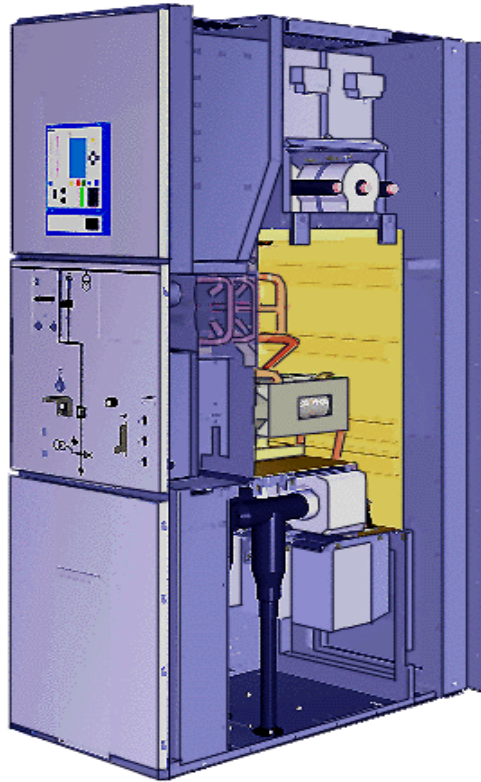
經整理與傳統 GCB (Gas Circuit Breaker) 作優、缺點比較如後，優點為：空間需求較小、5~8 年免維護、現場安裝速度快、安全、無活電部份外露、可加裝電壓偵測器 VD(Voltage detector)、電纜頭為預鑄式施工方便。但仍有些缺點：如費用為傳統 GCB 之 2~2.5 倍、生產 31.5KA 之廠家約 3~4 家，家數少、廠地需求較嚴格、固定式斷路器，無法抽出，僅用三段式 DS+ES 隔離、電纜回路較缺乏彈性、擴充增設或售後服務只能找原廠家。當初參與決定的與會人員共同討論結果，仍決定擬採用 GIS，還是基於安全可靠、免維護保養的優點，這也是將來的趨勢，台電公司也是往此種規範走。除了高壓配電盤，保護電驛對系統的穩定及操作安全與故障後原因分析的影響也很大，目前大多採智慧型電子元件(IED, Intelligent Electronic Devices) IED 依用途可分為：發電機保護用、變壓器保護用、輸電線保護用、配電饋線保護用、匯流排保護用、馬達保護用、其它(如電容器保護用)等種類。有的集各種功能於一身而稱為多功能智慧型電子元件(Multifunction IED) 預期未來，隨科技進步，功能更強大，性能更優異的 IED 將會陸續出現。另外，變電所的監控系統 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 也扮演重要的角色。林園石化廠變電所現有 SCADA 系統使用 ABB 公司 AC 800M，如何在新增第二變電所時系統能整合，而不受限於原系統的牽制，而喪失採購彈性，甚而無法採購到合理價格的設備，都是新系統應該要考慮的。而變電所監控系統、智慧型電子元件及相關通訊協定(IEC 61850) 等自動化系統(設備)的整合、運轉維護、故障原因判別都是新系統建構時，應優先考慮的事項。建議在採購電力監控系統時，需與 GIS 設備中之數位 IED 保護電驛、Power Meter 及其他電氣設備互相匹配，以充分發揮電力監控系統之監視、圖控、偵測、記錄、事故分析等功能，並透過 OPC (OLE Process Control) Server/Client) 與既設電力監控系統互連，同時要求廠商提供最適化的設計，並提供匹配的全部所需的軟、硬體程式與設備。

此次利用研習期間，借著在歐盟地利之便至 ABB 及西門子公司了解有關 GIS 高壓配電盤、變電所監控系統(SCADA)、智慧型電子元件(IED)及通訊協定等技術，希望能提供建議，對將來電力系統穩定有所幫助。

一、參訪 Simens 公司

三輕更新案第二變電所，決定採用盤式氣體絕緣開關設備（Cubicle Type Gas Insulated Switchgear, C-GIS），所以此行主要也是了解 GIS 的相關技術與操作維護與傳統 GCB 的差異。

C-GIS 是將 SF6 絕緣技術、密封技術與空氣絕緣的金屬封閉開關設備製造技術進行整合的產物。利用低壓力的氣體絕緣介質、固體絕緣材料以及特定的絕緣結構，將高壓導體、高壓元件密封或金屬封達到耐受額定絕緣水準的要求；利用開關元件、連接導體、電纜承載電流、真空開斷技術對線路的負荷電流、短路電流等進行控制、開斷和對線路及設備進行保護；並使用現代感測技術、數位技術及通信技術來實現產品資訊化、智慧化的時代。產品的技術及可靠性進一步得到提高，尺寸進一步小型化。新型的固體介面絕緣插接技術，並推廣應用於各氣室的連接、盤體間的連接，以及電壓互感器、避雷器等高壓元連接；有些產品使用了固體絕緣母線或充氣母線室加母線連接器；現場安裝已開始不需要抽真空和充氣；密封箱體採用薄不銹鋼板焊接結構，並開始採用鐳射焊接技術、同步抽真空與充氣技術、氬氣檢漏技術；氣體壓力一般在 0.05MPa 以下。下圖二十一為 Simens 公司 NXPLUS C 產品。下表 11 為 Simens 公司各相關產品的技術性能規範，應該都符合本次三輕更新案的採購規範。



圖二十一為 Siemens 公司 NXPLUS C-GIS 產品

表11 Siemens C-GIS產品的主要技術性能指標

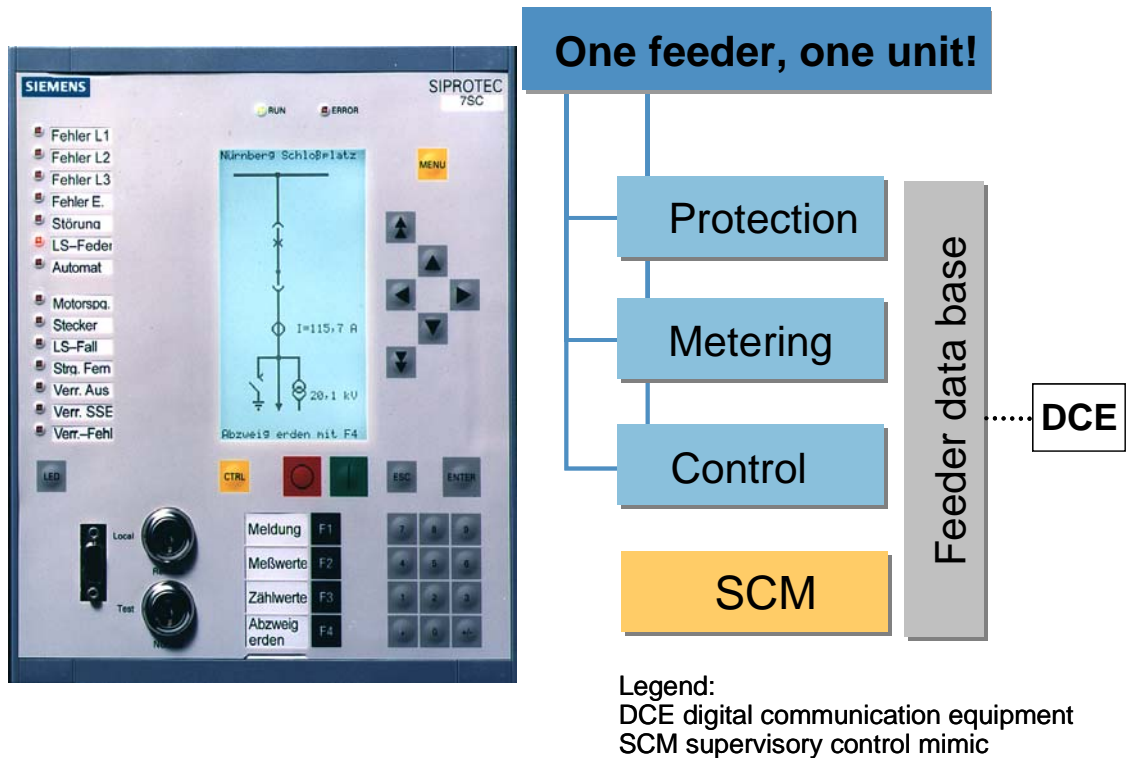
廠家	型號	額定電壓/kV	額定電流/A	額定短路開斷電流/kA	充氣壓力/MPa	絕緣等級(低頻/衝擊耐壓)/kV	外形尺寸(寬×高×深)mm
西門子	8DA	12~	~	40	0.16	28/75	600×235
	10	40.5	2500	31.5(4	0.16	50/125	0×1600
	8DB	12~	~	0.5kV)		70/170	600×235
	10	40.5	2500			80/200	0×2600
	8DC	7.2~	1250	25	0.05	20/60	600×225
	11	24				28/75	0×1225
		36/95				50/125	
	NX PLU S	24 , 40.5	2500	31.5	0.05	28/75	600×245
						50/125	0×1225
						85/185	

西門子 IEDs 屬西門子輸配電集團(Siemens AG PTD Group) 能源自動化 (Energy Automation)部門業務範圍。西門子 IEDs 種類包括各種電力設備保護裝置(如差動保護、測距保護、發電機保護、過流保護等)及一些間隔控制單元(Bay Control Unit)。一種專門為 IEC 61850 所設計的產品稱為 SIPROTEC 系列(如圖 4-1)，包含 SIPROTEC easy 系列、SIPROTEC compact 系列、SIPROTEC 4 系列、SIPROTEC 7SA522 與 7SA6(測距保護)、SIPROTEC 7SD5(線路差動保護)、SIPROTEC 7UT6(變壓器及其他設備保護)、SIPROTEC 7SS52(高速分段式母線保護)、SIPROTEC 7SS60(集中式母線保護)、SIPROTEC 7UM61 與 7UM62(發電機保護)等等，具有樹狀結構的參數設定、故障波形分析功能、類比量測值顯示、簡易及一致性的操作，包含：訊息事件記錄、測量值顯示、控制功能、保護電驛測試、功能設定等操作介面。



圖二十二 Siemens 公司 SIPROTEC 系列

舉西門子標榜的新世代的保護電驛 – SIPROTEC 4 為例，如圖二十三

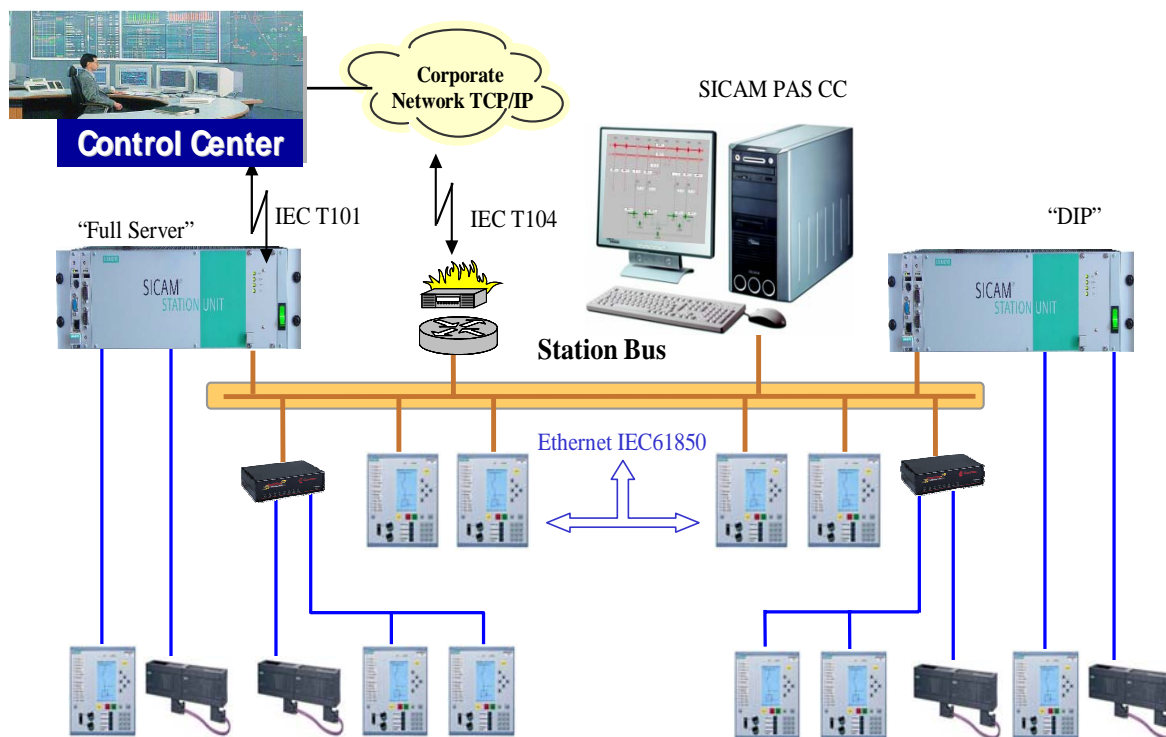


一條饋線一個電驛即可涵蓋保護 (Protection)、量測 (Metering) 及控制 (Control) 功能於一。

早期變電所內之自動化設備為感測器 (Sensor)、轉換器 (Transducer)、遠方末端設備 (Remote Terminal Unit, RTU)、及電纜線所構成；除此之外，於控制室設有配電盤可供現場人員監視及操作變電所內變電設備。進來已多採用國外變電所自動化的作法，採用變電所 SCADA 取代傳統盤面，並負責與智慧型電子元件連線，將電驛保護、量測、控制及通訊等功能 (Protection, Measuring, Control, Communication, PMCC) 納入 SCADA 系統。本事業部林園石化廠也採用此項裝置，以提高操作可靠度及事故分析的精確度。

西門子變電所自動化系統屬西門子輸配電集團 (Siemens AG PTD) 能源自動化 (Energy Automation) 部門業務範圍，西門子變電所自動化系統稱為：SICAM PAS (Power Automation System)。IEC 61850 未全面使用於

變電所內時，如圖 24，此時 IEC 61850、IEC 60870、DNP3.0、Modbus、Profibus DP 等通訊協定並存於變電所內。



圖二十四 SICAM PAS 架構圖

2004 年 10 月，西門子推出了符合 IEC 61850 標準的 SICAM PAS 和 SIPROTEC 整套自動化系統，變電所通訊匯流排(station bus)為光纖以太環網，間隔層設備完全採 IEC 61850 通訊。在參訪過程中，西門子代表特別提到該公司設計製造的上海南橋 500 千伏變電站自動化系統順利投入營運。這是自 2004 年起，西門子輸配電集團 (PTD) 在瑞士承建世界上第一個運用 IEC 61850 通訊協定變電站自動化系統以來，西門子在全球承建的第 100 個工程實例，該自動化監控系統的運轉，大大提高了上海市電力供應的可靠性。

南橋 500 千伏變電站如圖 25 隸屬於華東電網有限公司，位於中國第一條長距離、大容量、高壓直流輸電線路——全長 1000 公里的葛南線的上海側落點，目前承擔了葛洲壩向華東地區輸電的任務。在南橋變電站工程中，西門子使用的產品為 SICAM PAS 變電站自動化系統和 SIPROTEC 4 間隔控制單元。靈活的軟硬體模組化設計使得 SICAM PAS 滿足了從小型工業系統到高壓、超高壓級別的應用。整合的組態配置和診斷程式，簡化了配置工作和二次系統的故障分析，同時也實現了快速系統的擴展能力。

設備間的通訊依靠基於 IEC 61850 通訊協定的 100-Mbit/s 光纖以太環網實現。這大大減少了系統設備的回應時間，並且使得組態更加簡便。



圖二十五：南橋 500kV 變電站

二、參訪 ABB 公司

ABB C-GIS 部分

三輕更新案高壓配電盤決定採用盤式氣體絕緣開關設備 (Cubicle Type Gas Insulated Switchgear, C-GIS) 及智慧型保護電驛 (IED) 整合變電所自動化系統，讓電力供應系統也能跟上時代腳步。12kV SF₆ 氣體絕緣開關設備部分，斷路器的規範如下：

(1) 額定

- A. 額定電壓 12 kV。
- B. 額定頻率 60Hz。
- C. 額定連續電流：Incomer 盤 2300A / Feeder 盤 1250A。
- D. 額定對稱啟斷容量，均方根值 31.5kA。（在額定電壓下）
- E. 額定短時間載流能力 31.5 kA/3 Sec。
- F. 額定啟斷時間(以 60Hz 為基準)5 cycles。
- G. 額定控制電壓 DC 110V。
- H. 責務週期 0-0.3s-CO-15s-CO。

(2) 在正常之 SF₆ 氣壓下，斷路器須能承受下述測試電壓

- A. 低頻耐壓(60Hz)，1 分鐘，乾式，均方根值 28kV。
- B. 衝擊耐壓(1.2x50 μs 全波)，峰值 75kV。

從以上規範及比對下表 12 ABB 公司 C-GIS 規範，ZX1.2、ZX2 應該都符合要求。以圖表示如圖二十六。

表12 ABB 公司 C-GIS產品的主要技術性能指標

廠家	型號	額定電壓/kV	額定電流/A	額定短路開斷電流/kA	充氣壓力/MPa	絕緣等級(低頻/衝擊耐壓)/kV	外形尺寸(寬×高×深)mm
ABB	ZX0	12, 24	630~1250	25	0.03	28/75 50/125	400x850x1900 400x850x1600
	ZX1.2	12~40.5	2000	31.5	0.03	28/7550/125 85/185	600x2100x1300 800x2100x1800
	ZX2	12~40.5	2500	25 31.5	0.03	28/75 38/95 50/125 95/185	600x2300x1700 800x2300x1700

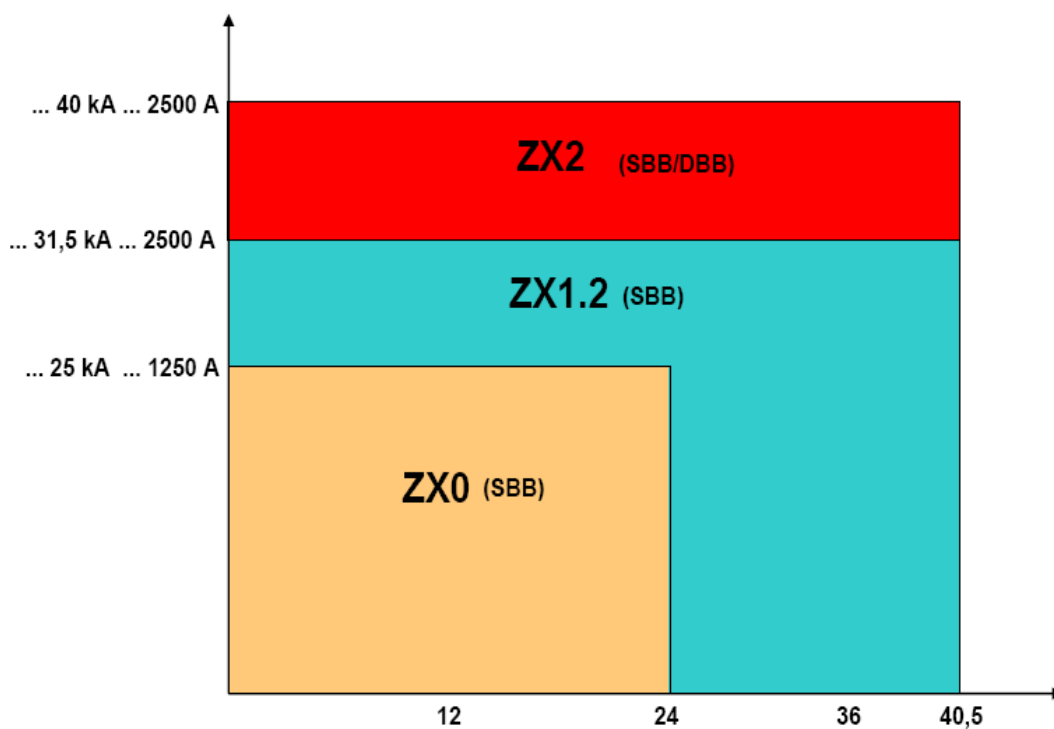
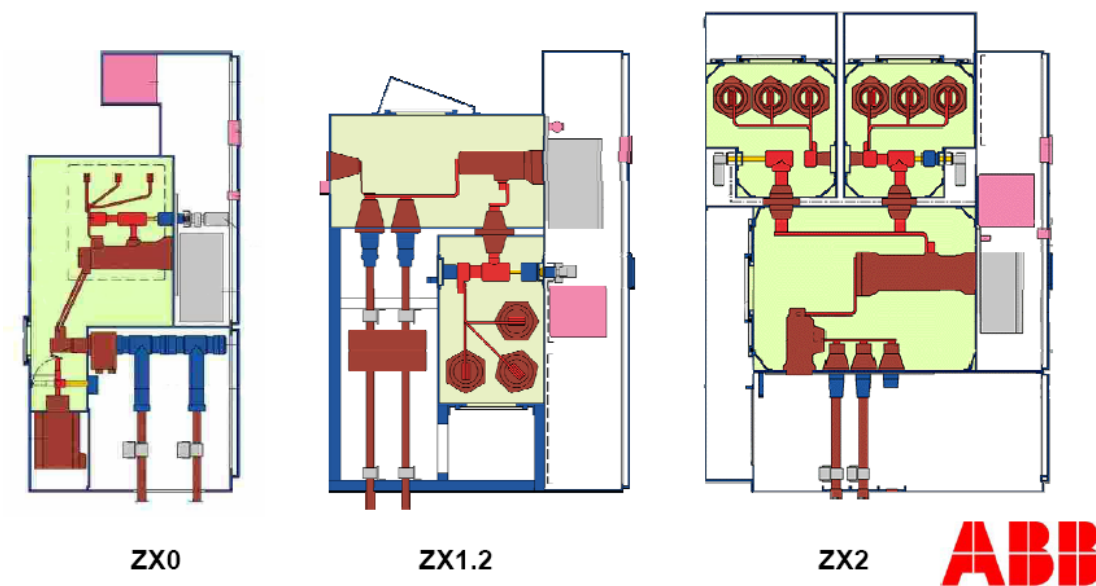


ABB 公司生產 12KV C-GIS 的基地，要在德國法蘭克福工廠，ZX 家族如下圖 27。其應用從 12~40.5kv

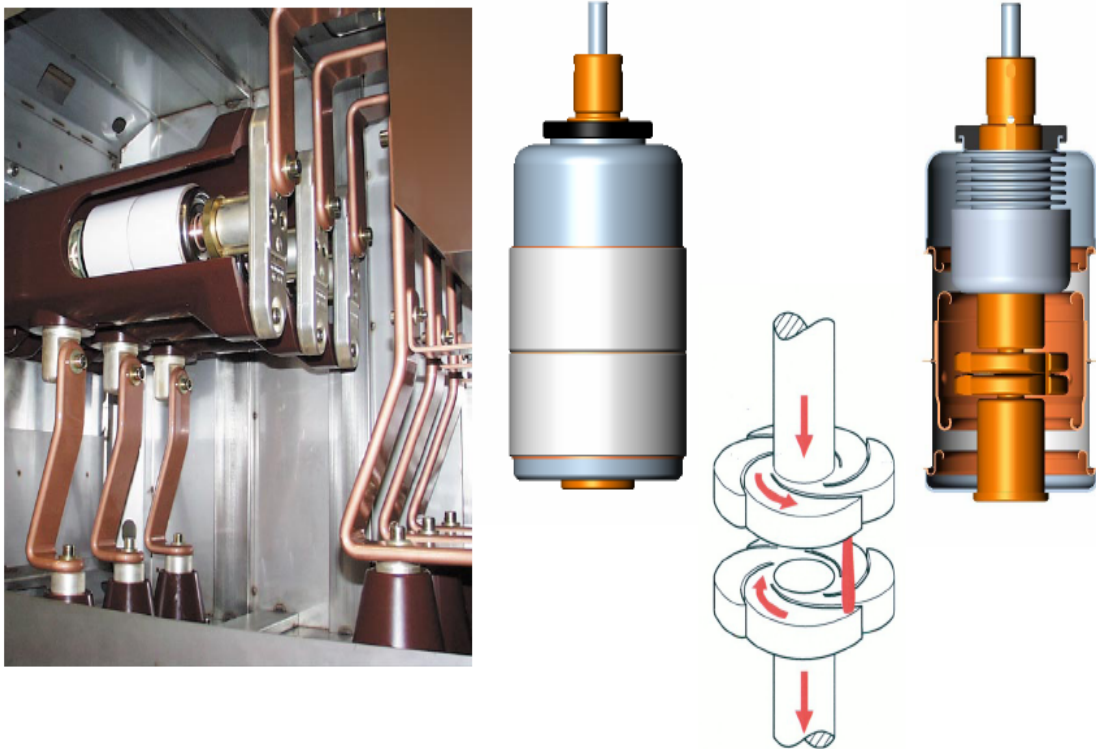
■ Gas insulated medium voltage switchgear - metal enclosed or metalclad - for applications from 12 to 36 (40.5) kV



■ Gas insulated medium voltage switchgear

ABB 氣體絕緣開關的特色是，在現場裝設時不須有絕緣氣體工作，不需要抽真空和充氣。其箱體全為不銹鋼以雷射切割及焊接，擁有獨特真空開關技術，三位置選擇開關可選擇匯流排或接地，固體介面絕緣插接技術包括：電力電纜、盤間連結、試驗設備等，感測技術：對位置偵測、電壓電流量測、絕緣氣體壓力、洩露偵測，另整合 IED 保護電驛 REF542。圖二十八，為真空球技術

Vacuum circuit-breaker 36 kV 1250 A



圖二十九 為插接技術，插接技術即是在現場不須有有絕緣氣體工作，不需要抽真空和充氣。減低在裝建時發生錯誤的機會，裝建時如有延時也不會影響品質，因為沒有開放箱體吸收濕氣，且裝建簡便，更安全、更環保，可用性更高。

Core technology: Plug-in systems

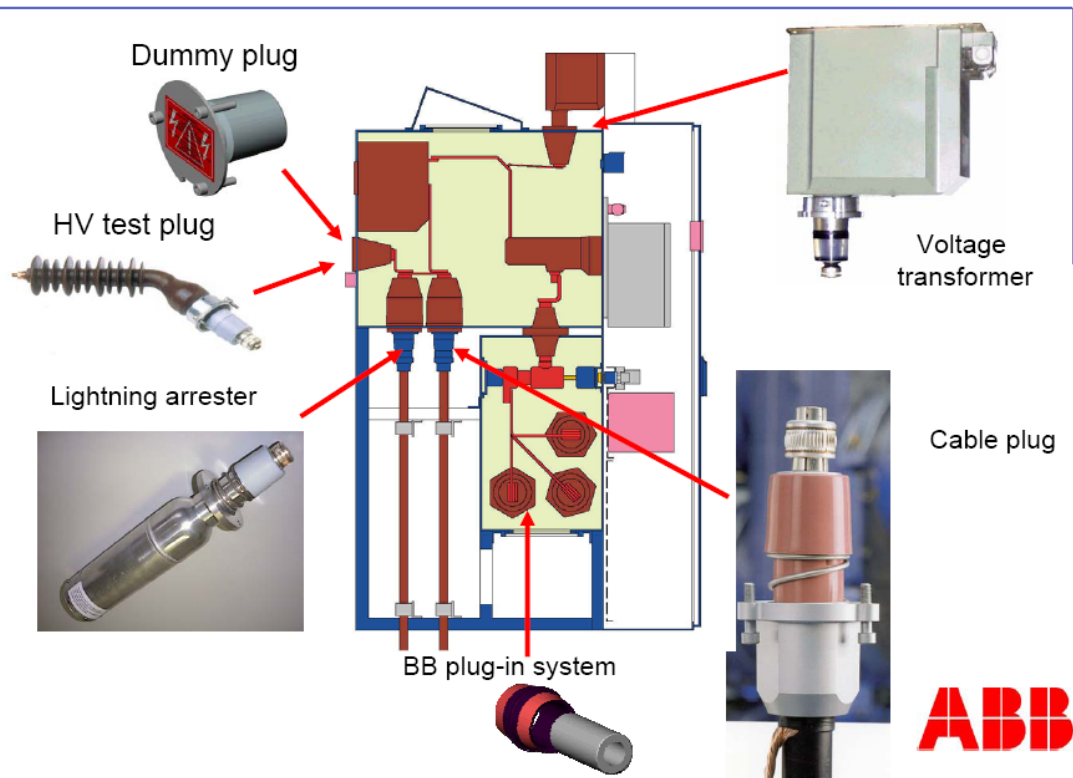


ABB IED 部分

ABB IEDs 種類相當齊全，舉凡斷路器、匯流排、電容器組、饋線、發電機、馬達、變壓器、輸電線等各種電力設備的各種形式保護與控制一應俱全，之前主要產品為 500 系列，之後主要產品為 600 系列。500 系列 IEDs 主要配合使用於 SYS 500 系列變電所自動化，如 REF 541(饋線保護)、RET 544(變壓器保護)等；600 系列 IEDs 主要配合使用於 SYS 600 系列變電所自動化，如 REF 610(饋線保護用，如圖)、RET 670(變壓器保護用，如圖)等，當然它們都具備 IEC 61850 通訊協定。舉 REF54_型保護電驛為例(饋線保護如圖三十)設計使用於電力系統的保護、控制、量測及監視。它能使用於任何型式的開關控制盤，包含單匯流排、雙匯流排及其它複雜系統。保護電驛的電流、電壓輸入，可為傳統式的比流器及比壓器或者電流及電壓感測器。REF54_型保護電驛操作於多工多處理器環境、數位信號處理，結合了功能強大的 CPU 及分散式 I/O 信號處理，並且改善保護電驛的動作反應時間及精密度。MMI 包含一個可顯示不同視窗的顯示板，

在 MMI 中指導使用者如何操作及處理。



圖三十 REF54_型保護電驛

REF 610(饋線保護用，如圖三十一)、RET 670(變壓器保護用，如圖三十二)，REF 610 除過流、接地等基本保護功能外，還提供熱過負荷、相不平衡保護，多重自動重合開、關迴路監視等功能，平均故障修復時間 (MTTR) 短及平均無故障工作時間 (MTBF) 長，算是一顆高效及實用的保護電驛。



圖三十一 REF 610

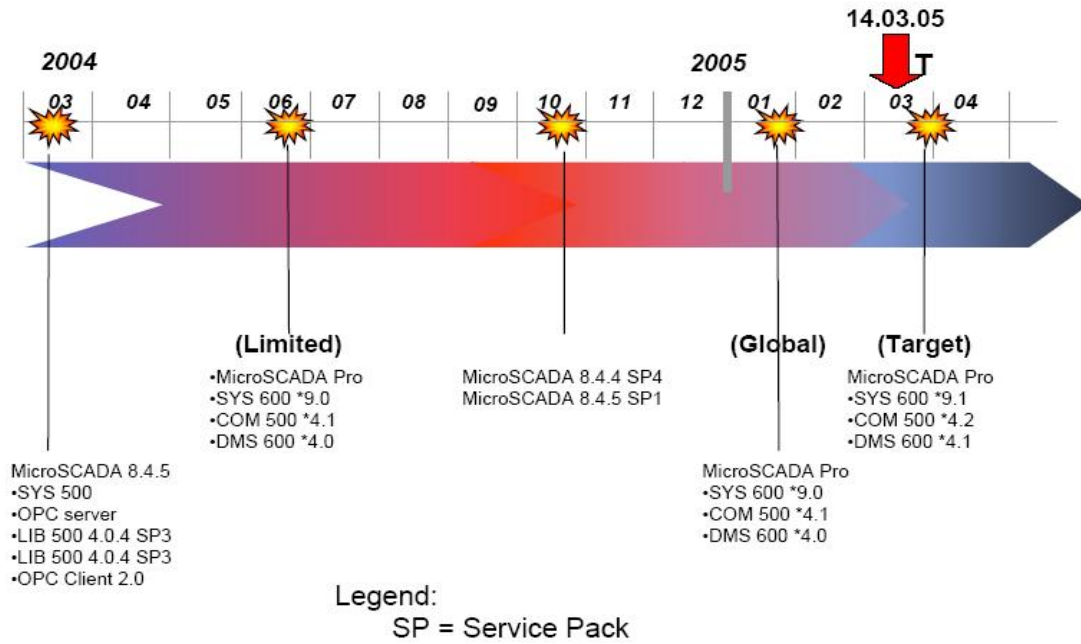


圖三十二 RET 670 變壓器保護用

ABB 變電所 SCADA部分

ABB 公司 SCADA 發展進程如圖三十三 所示，由 MicroSCADA 8.4.5 SYS 500 系列，到 MicroSCADA Pro SYS 600 *9.1 系列，其系統架構如圖三十四，變電所現場裝置如直流充電器，RTU 的 DO、DI、AO、AI 點，計表 (Meters) 等可利用光纜透過 ModBus 至前端處理機 (Front-end)，再上乙太網路 (TCP/IP)，各式電驛由其特有通信協定如 LON、SPA 等再上乙太網路；在中控室端有 SCADA 主機及備援 (Host& Redundancy) 及工作站 (Workstation)，另有時間伺服器 (Time Server) 連接 GPS 統一時間標記；同時可以透過 OPC DA/DE server/client 連結到企業網路。

MicroSCADA Pro 開發進程



圖三十三 ABB SCADA 發展進程

ABB 變電站自動化系統架構

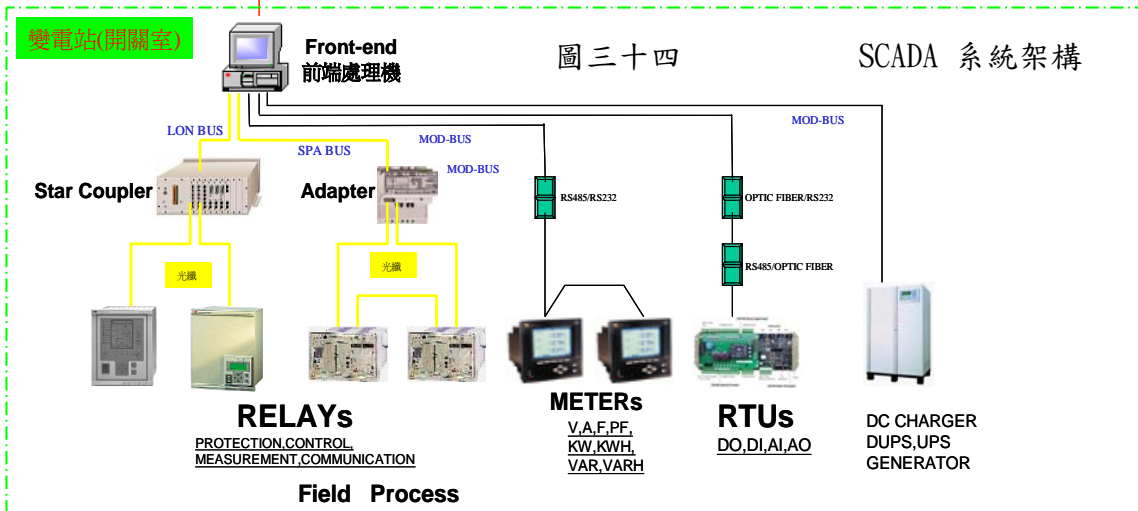
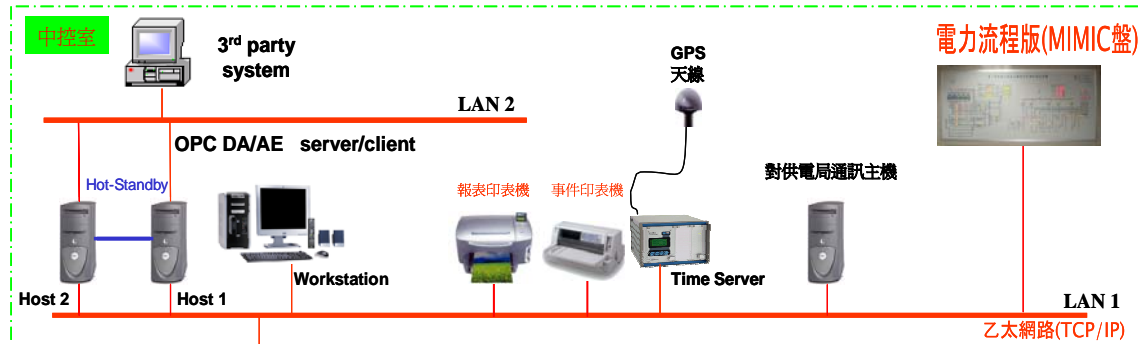


圖 三十五為 MicroSCADA 透過不同通信協定與 IED 連線示意圖。

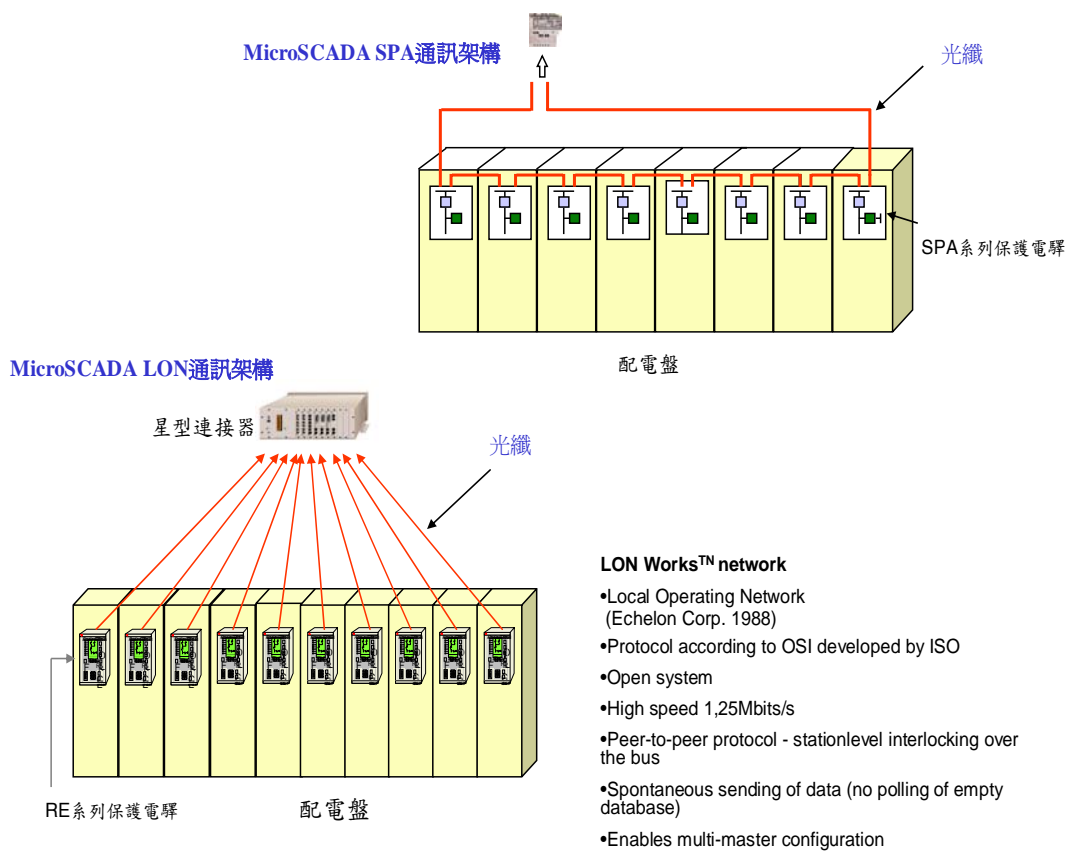


ABB MicroSCADA 功能敘述如下：

A、使用者權限管理

a. 提供登入者設定權限

b. 可依登入者的職務及權力, 劃分等級

c. 其等級分三級:如下

- 第一級為監視者, 只可作畫面瀏覽, 無法控制現場裝置.
- 第二級為監控者, 可電力系統瀏覽及現場控制.
- 第三級為工程師, 瀏覽, 控制以外, 並可定義資料庫內容

B、匯流排狀況 顏色區分與管理 (LIB 510)

單線圖上的匯流排，可以根據電源來源 (source)，各開關投入/切開，變壓器接地與否…等，以電壓等級來著色 (以表示線上有電壓與否)。讓操作人員以更直觀的方式，了解目前電力系統的供電情形。以免一時疏忽而誤操作。以 Line Indicator (箭頭) 表示電的來源與流向。預設值為，黃色表接地、白色表未送電、粉紅色表連接到兩個來源，或斷路器狀態不明 (也就是斷路器未定位)，紅色表匯流排有電壓。若經變壓器變壓，可設定不同電壓等級，著以不同顏色。

C、進入保護及控制單元的唯一層級 (LIB 510)

改進保護及控制單元查看參數功能，RE 系列保護電驛設定工具，支援 SPACOM 產品系列及通訊功能。

D、保護電驛事故跳脫自動列印報表 (LIB 610)

歷史紀錄查詢，故障波形記錄器。

E、支援的電力品質測量

- 電壓波形失真量測。例如：電壓諧波
- 電流波形失真量測。例如：電流諧波
- 可對個別諧波成份設定極限值

F、Incoming & 變壓器狀態警報畫面

DC-Charger & Dynamic UPS 警報畫面，配電盤警報快速跳圖功能 (LIB 610)，配電盤位置圖與單線圖快速跳圖功能 (LIB610) 等

G、電力緊急異常操作流程 (LIB 620)

H、ABB RE 系列電驛預知保養 (LIB 690)

功能描述：三相電流及電壓迴路供電狀態監視、跳脫迴路監視、斷路器連續運轉時間、斷路器氣體壓力監視、斷路器動作時程、監視及控制

斷路器之彈簧儲能、接點消耗、Relay 自我診斷。

I、馬達持續運轉時間計算應用(LIB 690)

功能內容：運轉時數累計功能；可查詢每月時段之日報表、月報表、年報表；提供二種方式作計算器：不可歸零之累計計算器、可歸零之累計計算器。

J、操作跳脫次數管理(LIB 690)

功能內容敘述：即時顯示 CB 跳脫次數、可即時顯示 CB 系統操作次數、提供操作極限的設定警報、跳脫極限設定警報、可設定各分盤，可累計也可設定不累計。

K、量測報表

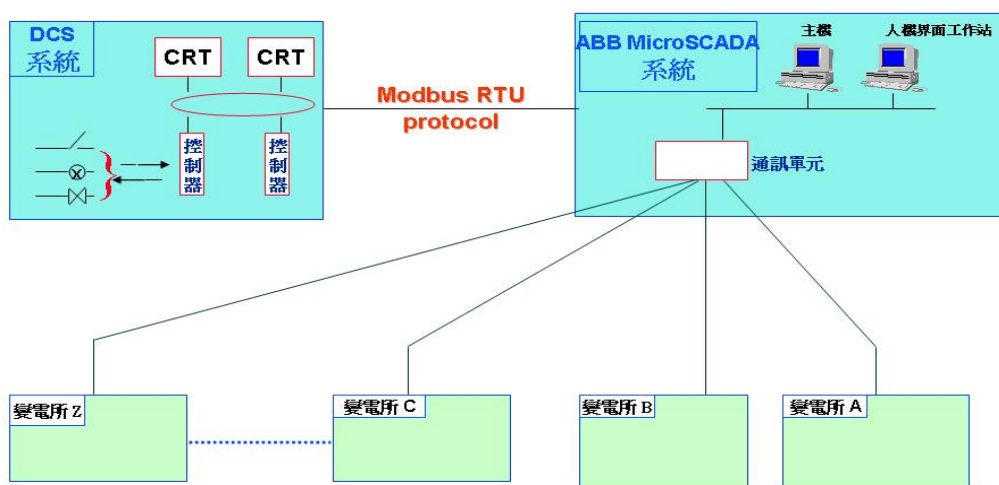
運轉報表 (LIB 510)、趨勢圖、高低警報、電費計算、Excel 報表管理輸出。

L、系統自我診斷功能(LIB 610)

M、SCADA 與 FMCS 或 DCS, MMI)連線功能：如圖三十六

SCADA 可透過 ModBus 與 DCS、MMI 連線。

SCADA 與 FMCS 或 DCS, MMI)連線功能(LIB 690)



圖三十六 SCADA 與 FMCS 或 DCS, MMI 連線功能

N、 OPC A&E Server：透過 OPC DA/DE server/client 連結到企業網路

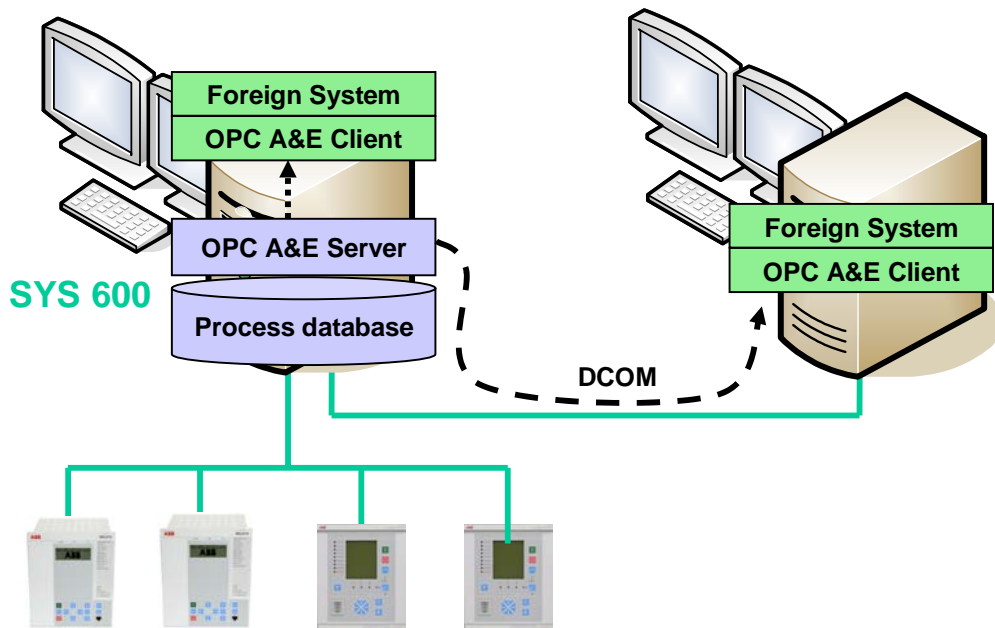


圖 三十七 OPC A&E Server

三、參訪 Veolia 公司

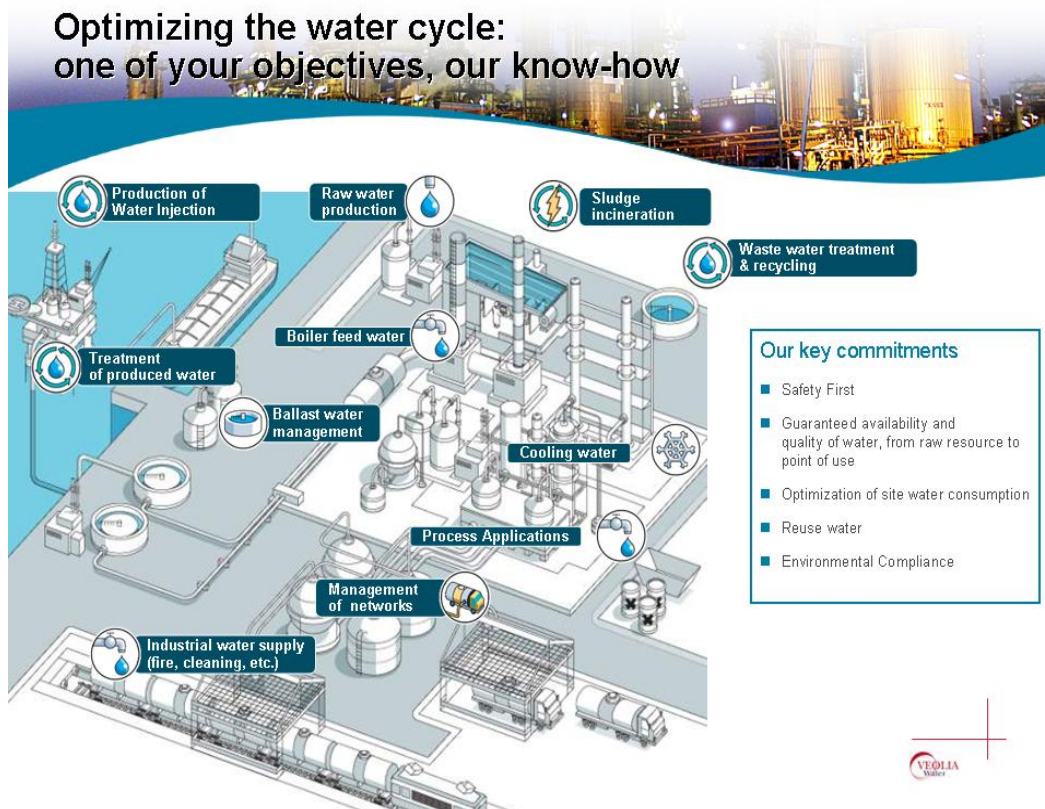
因應三輕更新計畫，用水量增加，廢水量也增加，在水資源有限之下，如何節約用水及回用廢水是必然要走的趨勢。尤其水利署訂定有用水計畫書審查作業要點，規定開發單位申請核發用水、供水同意文件，應依此要點規定提送用水計畫書，並檢附供水單位之同意文件或自行開發水源切結書或相關文件，計畫用水量超過每日三千立方公尺者應送水利署審查。審查通過的文件才能進一步進入環評審查，行業別是石油化工原料製造業者，用水回收率區間應在 55~84%，其建議值是 70%。所以達到審查要求正是我們努力的方向。

林園石化廠現有廢水工場處理量每日 14,000CMD，受限於擴建用地不足，只能朝增設個別設備改善著手，改善後使單一設備故障，不致影響處理水量及排放水質方向規劃。如何讓未來製程廢水不超出既有處理能量，仰賴公用廢水與製程廢水分流，因公用廢水含 COD 很低，只要經過濾後就可直接排放，製程廢水再經廢水工場處理，則因應三輕更新計畫增加的廢水就能處理無虞。

在林園地區工場用水會遇到的問題常常是，在枯水期自來水鹽化，使得純水採水率降低，造成單位採水量耗能增加及廢水增加，甚至影響到生產工場用水。而在豐水期時又因夾帶大量泥沙，使濁度增高，也同樣影響採水量。另外，工場用水特性中分，公用廢水與製程廢水；公用廢水的問題是高硬度與矽土 SiO₂，如要考慮回用，必須處理高硬度與矽土 SiO₂ 的問題。製程廢水經二級廢水場後，排放水雖符合排放標準，問題是硫酸根、氯鹽很高以及可能的有機污染，回收技術及設備的匹配，就須有足夠的理論與實務的經驗，才能使將來回收計劃增加可行性，所以借著在英國研習期間就近到法國 Veolia 公司觀摩先進技術以為將來應用的參考。

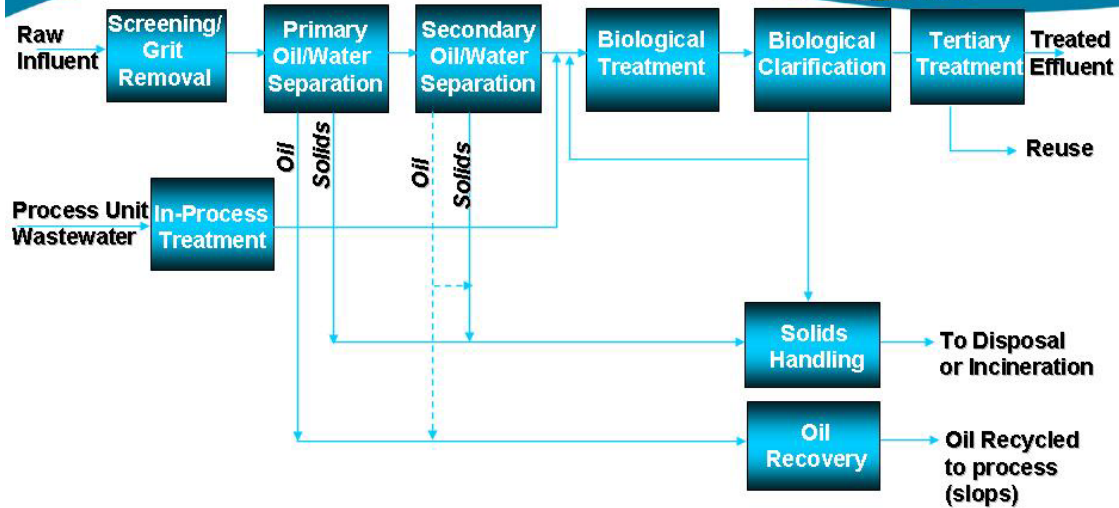
法國 Veolia 公司在工業用水及廢水處理上的技術與服務是國際知名的公司，遍佈世界的分公司提供最先進的用水解決方案。本公司桃園煉油廠目前的新建純水與超純水設備，正是 Veolia 公司興建，目前已完成試車啟用。其技術包含：工業用水前處理、海水淡化、冷卻水處理、純水與

超純水處理、含油廢水處理、污泥處理、特殊廢液處理、廢水回用等。在 25 個國家，員工有 61300 位，該公司對水循環最佳化的技術如圖三十八，主要承諾是安全第一，保證從水源到各用水點的品質及可用性，用水的最優化，符合環境法規，回收用水等等



該公司對含油廢水的建議處理流程如圖三十九，前段二級以前處理與林園廠相似，三級處理主要做回收，須根據不同性質的廢水特性，先分析或進行模場試驗，來確定最家佳處理方式。

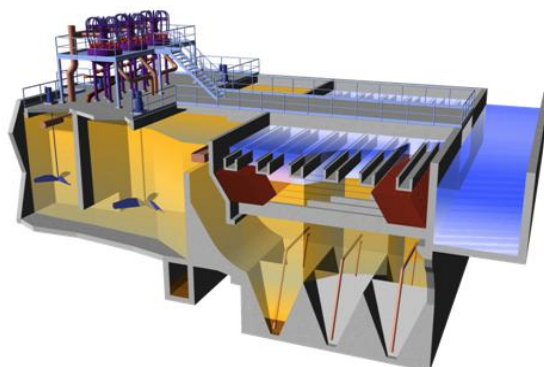
5/ Oily wastewater Typical Treatment Systems for Refinery Effluents



值得介紹的是該公司有一個設備稱為 **Actiflo**，如圖四十，對萬一遭遇暴雨、地表逕流暴增、原水濁度升高，系統仍有穩定之出水水質，對位於北部的桃廠與經常受原水濁度太高影響的林園廠都值得考慮。

1/ Industrial water pre-treatment

Example 1: ACTIFLO™



> Function

Physico-chemical treatment and Clarification (flocculation/decantation)

> Applications

- > Primary and tertiary treatment of raw water or wastewater
- > Treatment of CSO's waters (SS, colloids, phosphorus, heavy metals, grease removal)

> Results

Primary and CSO's treatment : 75 to 95% removal of suspended solids. Tertiary treatment : 5 to 15 mg SS/l at the outlet with adjusted coagulant doses (for both applications).

> Advantages

Compact, high operating flexibility, quick start-up, excellent quality and stability of the treated water, Low sensitivity to changes of temperature and water quality, good settling of the sludge.

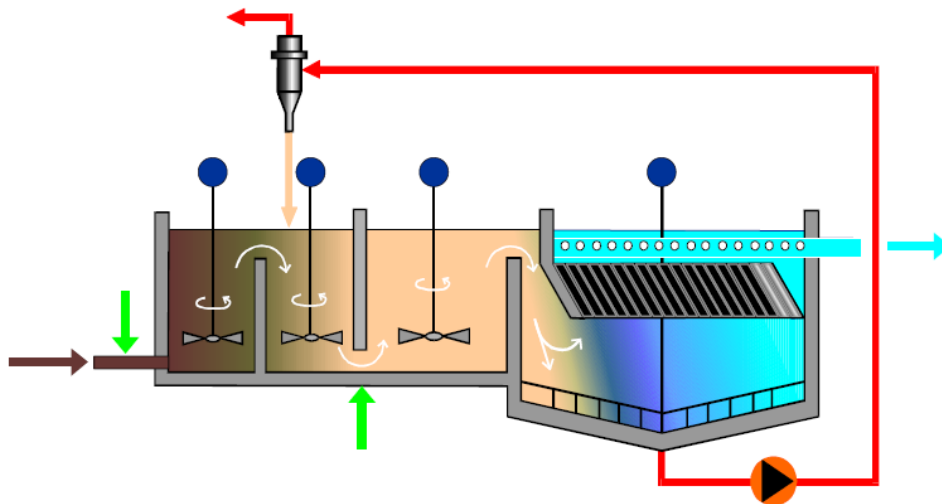


其技術為一結合化學混凝、膠凝、Actisand®之先進處理技術。
Actisand®是特殊的石英砂，可以使膠羽著床於 Actisand，重複使用。原水於進入緩衝池之前，即先於管線中加入氧化劑以加速水中鐵份及錳等之氧化；視水質決定是否需加細篩機於 Actiflo®之前作為前處理。

- 加混凝劑於快混階段並於 Actiflo®快混池利用動力攪拌使混凝劑與原水混合。
- 於 Actiflo®膠凝階段，共分注藥池（injection tank）及熟化池（maturation tank）。於注藥池加助凝劑（Polymer）與 Actisand®使膠羽著床於 Actisand®加速膠羽形成及增加膠羽重量。
- 當膠羽完全成熟於熟化池，處理水混合膠羽進入沈澱池，沈澱池中設有 Lamellar block 以縮短停留時間及增加膠羽沈降效率以達濁度去除率 90~99%之目標。
- 沈降之 Actisand®與膠羽於沈澱池底部利用刮泥機收集，經由污泥泵送至水力分離器（Hydrocyclone）分離膠羽與 Actisand®。Actisand®再次回到膠凝使用、分離之污泥則至污泥處理。

技術優點：

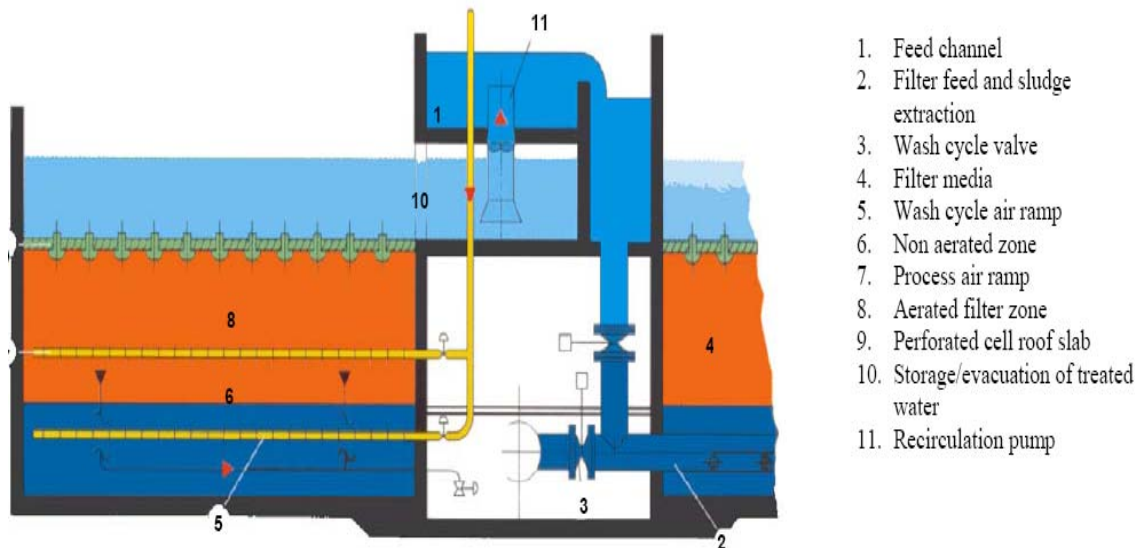
- 佔地面積小，結合 Actisand®、lamellar block 技術沈降污泥，表面負荷（Surface loading）可達 40~90 m/h；與傳統之 Clarifier 比較可有效縮小使用面積達 5~50 倍。
- 操作彈性大，如萬一遭遇暴雨、地表逕流暴增、原水濁度升高，系統仍有穩定之出水水質。
- 啟動迅速（低於 10 分鐘）。
- 用藥量較傳統化學處理低，操作費用低。
- 原水水質水溫變動之忍受度高；較傳統之 Clarifier 有更優良之出水水質及操作穩定度。



其性能如表 13，濁度可以承受 2000NTU，而出流水只有 0.2~2.0 NTU，去除率 99.9%，比一般砂濾器好很多。

Parameter	Raw Water	Effluent Actiflo™
Turbidity (NTU)	≤ 2000	0.20 - 2.0
Apparent Color (mg Pt/l)	0 - 300	0 - 10
TOC (% removal)	1 - 30 mg/l	25 - 80 %
Algae (% removal)	> 30,000 cells/ml	90 - 99 %
Particle Counts (log removal)	≤ 2 × 10 ⁶	1.5 - 3.0 log
Metals (Iron, Manganese, Arsenic) (% removal)		80 - 90 %

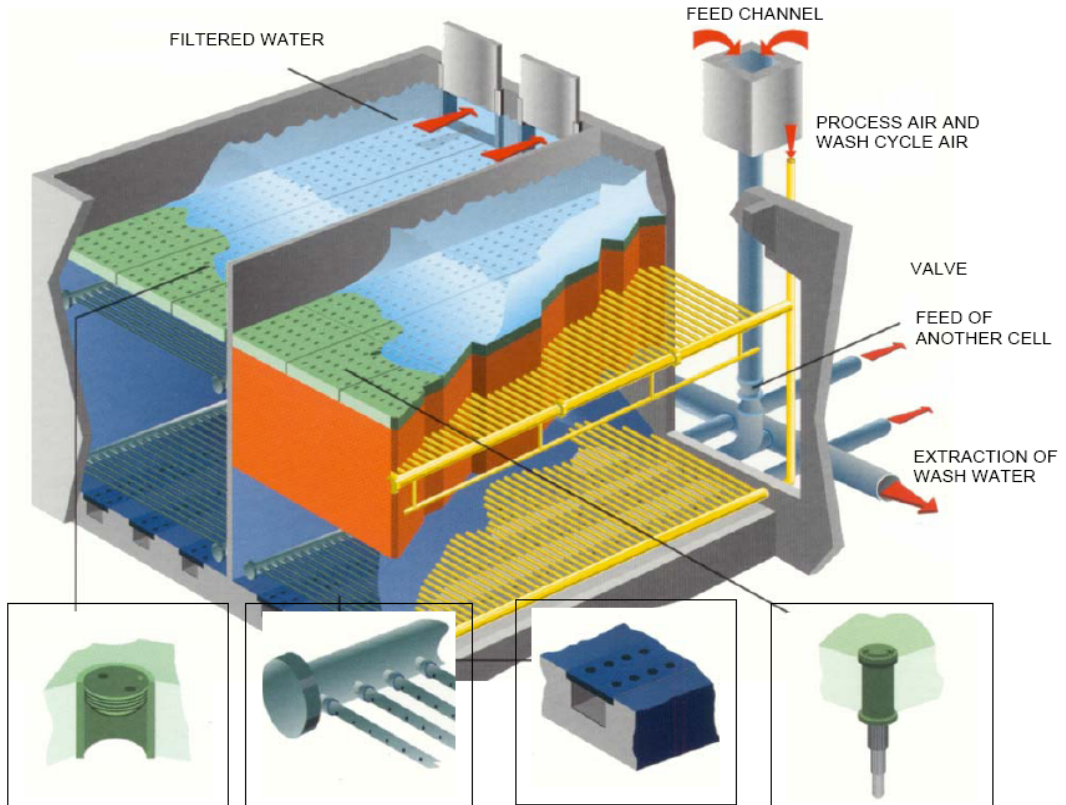
另一項技術為 Biostyr®，是一創新且高度精巧之生物處理技術，結合生物反應槽（去除溶於水中之生物可分解污染物）及過濾裝置（去除及阻隔固體物及活性污泥）於單一之結構體。為過去十餘年中發展出來之類似技術中最先進及最新之產品。如圖四十二



- 利用上浮式之 Biostyrene[®] 濾材阻隔固體物及活性污泥，原水經由槽底向上流至上層出水渠。於流經濾床時由池底之曝氣攪拌作用與下層中之污泥作用去除水中之有機物及氮化合物。
- 上、下層間之層板裝有特製之濾水器（Nozzles）以防止 Biostyrene[®] 外流。
- 利用上層處理後之水定期反洗防止 Biostyrene[®] 濾層阻塞。

如圖四十三 顯示 Biostyr[®] 裝置的剖面圖

ISOMETRIC SECTION OF A BIOSTYR® CELL



技術優點如下：

- 利用出水渠高程反洗，故不需另設反洗泵及反洗槽。
- 由於 Biostyr® 結合生物處理及過濾設施於一體，故不需後段之沈澱池，且出水水質優良及佔地面積較傳統之生物處理小。
- 由於曝氣及微生物與待處理水反應處於 Biostyr® 反應槽之下層，故臭味、異味之逸散可減至最低。
- 維修保養濾水器（Nozzles）容易不需清空濾材。
- 無濾材流失之顧慮。

伍、研習心得與建議

- 1、公司自 96 年起，每年有 10 個國外進修半年的名額，對多數優秀的工程師都是好消息，我有幸爭取到此機會，而且研習內容又是在工作崗位上的議題，所以研習期間非常努力，尤其與來自不同國家的研究生共同聽課討論，也談到不同國家的風土人情，大家對台灣的印象都很好。我個人覺得英語還是很重要，除通過語言測驗外，我們比較弱的是說，更需要好好加強，否則在國外生活、上課討論壓力會很大。
- 2、英國曼徹斯特大學（The University of Manchester）化工及分析科學學院，是製程概念設計領域的領導者，其發展的方法工程使對環境友善的製程設計伴隨著最有效率的使用原物料、能源及資本的運用可以最優化，對原物料效率的使用、能源使用效率的提高、污染排放的減量、及製程操作效能的提昇等都有顯示的成效，在工作期間能有機會親身體驗國外高等學府的風貌及教學與研究的實際狀況，要感謝公司的栽培。
- 3、本公司是曼徹斯特大學製程整合中心（Center for Process Integration, CPI）研究合作計劃（Research Consortium）的成員。這個合作計劃目前成員除了中油外，尚有 BP、ExxonMobil、UOP、Total 及 Mitsubishi Chemical 等 17 家公司，這項研究合作計劃提供各成員公司製程技術方面的支援與協助，包括網路技術文獻資料庫的檢索、每年研討會及年會的參與以及製程整合軟體的使用。這套製程整合軟體包含七項不同用途的軟體，可針對各項製程及設備進行模擬、評估及最適化分析，內容涵蓋蒸餾塔、鍋爐、渦輪機、汽電共生系統、冷凍系統、水系統、氫氣系統、蒸汽系統等等，值得本公司現場與技術單位多加使用與推廣，尤其對新進操作工程師、方法工程師幫助很大。
- 4、狹點技術（Pinch Technology）的應用，在熱整合（Heat integration），汽電共生的最優化都有相當的實用性。狹點技術是目前最被廣為用來設計 HEN 的方法之一，其進行的方式是藉由設定 HEN 及公用設施的目標來評量製程裏熱能的利用效率，除了可同時評量製程內外的能量及投資成本外，也可以提供設計者製程改善的建議。狹點技術開始於製程的質能平衡，利用熱力學第一及第二定律有系統地分析製程

及其周邊公用設施的能量目標。熱力學第一定律可用來計算熱交換後流體的焓值變化(ΔH)；而第二定律則決定熱傳遞方向。

- 5、狹點的存在限制了能量回收的最大程度，狹點處不應有能量通過，否則會增加冷、熱公用物料的用量。為了使總能耗最少，設計時應遵循以下的狹點規則：(1)狹點之上不應設冷卻器；(2)狹點之下不應設加熱器；(3)不應有穿越狹點的熱交換。
- 6、STAR 軟體提供公用系統最優化，並不需再加任何投資，只須建立合理可接受之系統模式，收集完整的鍋爐、發電機運轉資料，查核各流量計之準確與否，在實施優化前，將收集到的資料經過資料調正的程序 (Data reconciliation)，後即可最優化，藉由優化之結果，適時調整鍋爐及發電機負載，即可達成最優化之狀況。設備可靠度愈高，可優化調度之範圍愈大。同時 STAR 軟體亦可用於系統異常之模擬，如製程高、中壓蒸汽用量變化大時或鍋爐停爐時，預測各鍋爐產汽量及各發電機發電量，是否可滿足購、售電量之契約。對汽電共生實施尖、離峰經濟操作調度，及各鍋爐、發電機最優化之調度，都有非常大的參考價值。
- 7、以林園石化廠現有汽電共生裝置之操作現況作實際模擬，目前是操作 3 台背壓式發電機，2 台抽取冷凝式發電機，停全冷凝式發電機。高壓蒸汽負載 94.3Ton/Hr，中壓蒸汽負載 278Ton/Hr，以此數據在 STAR 建模，則全年總操作費用含燃料費、外購電費、冷卻水費用等約 3543 MNT/年；如在 STAR 優化後，STAR 會告訴我們最優狀況為僅開 4 台背壓式發電機，將抽取冷凝式發電機及全冷凝式發電機全停，則全年總操作費用 3057 MNT/年，約可節省 14% 費用。所以理論上如依建議操作，可達最低成本；但實務上，必須考量操作安全、電力系統穩定、鍋爐背載等因素，以防有鍋爐跳爐、台電電壓降時，不致造成煉製工場跟著停爐，並衍生環保問題，所以 STAR 結果僅供操作參考。
- 8、盤式氣體絕緣開關設備 (C-GIS) 是將 SF6 絕緣技術、密封技術與空氣絕緣的金屬封閉開關設備製造技術進行整合的產物。利用低壓力的氣體絕緣介質、固體絕緣材料以及特定的絕緣結構，將高壓導體、高壓元件

密封或金屬封達到耐受額定絕緣水準的要求；利用開關元件、連接導體、電纜承載電流、真空開斷技術對線路的負荷電流、短路電流等進行控制、開斷和對線路及設備進行保護；並使用現代感測技術、數位技術及通信技術來實現資訊化、智慧化的時代產品，其優點為空間需求較小、5~8 年免維護、現場安裝速度快、安全、無活電部份外露、可加裝電壓偵測器（Voltage detector）、電纜頭為預鑄式施工方便等。

- 9、變電所監控系統、智慧型電子元件及相關通訊協定(IEC 61850)等自動化系統(設備)的整合、運轉維護、故障原因判別都是新系統建構時，應優先考慮的事項。建議在採購電力監控系統時，需與 GIS 設備中之數位 IED 保護電驛、Power Meter 及其他電氣設備互相匹配，以充分發揮電力監控系統之監視、圖控、偵測、記錄、事故分析等功能，並透過 OPC (OLE Process Control) Server/Client 與既設電力監控系統互連，同時要求廠商提供最適化的設計，並提供匹配的全部所需的軟、硬體程式與設備。
- 10、IEC 61850 應為變電所內未來之標準通訊協定，其具有整合電驛保護、量測、控制、參數設定、波形擷取及遠端維護等需求的功能，且具有互通性、易擴充、易規劃等優點。目前已有 ABB, SIEMENS, AREVA, GE, SEL, TOSHIBA 等公司之產品支援此標準，且已有使用實績，本公司各電機專業人員宜對此一標準通訊協定深入了解，以為將來採購類似器材的依據。
- 11、林園石化廠每日補充自來水量約 3 萬 3 千立方公尺 (CMD)，未來將增加至每天 5 萬立方公尺。廢水排放量約也會從目前 13,000 CMD 增加至將來的 18,000 CMD。其自來水源來自以東港溪為水源的鳳山水庫，其供應之工業用水，原水水質硬度高；且因來上游受氨氮污染，淨水廠以大量加氯方式來處理氨氮，致使水中含氯量偏高，對純水系統及冷卻水系統的操作有不利的影響。而供水的穩定性影響整廠是否能正常運作及更是未來更新計畫是否能順利推動的關鍵因素。水資源的

短缺是未來須面對的棘手問題，為未雨綢繆，除加速推動廠內各項節水措施外，應參考國內、外之經驗，將工業廢水回收、再利用列為重要選項之一。若部分排放水能再予以適當處理再回用，一方面可降低自來水用量及排放水量，而回收水水質優於自來水水質，可提高枯水期之水質鹽化時的應變能力，穩定工廠生產，另一方面更可凸顯石化事業部在推動節水及對環保工作上盡心盡力的正面形象。

12、**Actiflo** 設備，可以處理高濁度的原水，當遭遇暴雨、地表逕流暴增、原水濁度升高時，系統仍有穩定之出水水質。且操作彈性大，對原水水質水溫變動之忍受度高；較傳統之 Clarifier 有更優良之出水水質及操作穩定度，此種設備概念可以供將來選用時參考。

13、回用工業廢水，因對水質的變動無法完全掌握，應經過模廠試驗以確認使用製程的可行性。因為模廠試驗是未來實廠設置時的最小單位，經由此試驗結果，將可取得最佳設計及操作參數，如此直接使用於實廠任何容量之規劃設計，才能降低實廠化之設計風險，且較能準確的預估實廠之操作費用，同時發現每個模組的操作特性，也較能選擇最佳的搭配模組。