

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：實習)

## 研習超臨界機組水化學技術

服務機關：台灣電力公司  
出國人職稱：化學師  
姓名：曹志明  
出國地區：義大利  
出國日期：92年9月29日至10月10日  
報告日期：92年11月11日

G8/c09204582

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習超臨界機組水化學技術

Cop2004582-

頁數 22 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/人事處/陳德隆

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：曹志明/台灣電力公司/綜合研究所/化學師/26815424-2238

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：92年9月29日至10月10日 出國地區：義大利

報告日期：92年11月11日

分類號/目

關鍵詞：超臨界，加氧處理，遠端監控

內容摘要：(二百至三百字)

本次研習超臨界機組水化學技術內容含超臨界機組水質分析與監控技術、系統水加氧處理及測試系統之規劃等，結論如下

1. 如果高壓加熱器中沒有銅材，可以考慮使用加氧法來進行系統水處理，經過多年來國外實用的結果顯示，系統水用加氧處理之後，其中溶出的金屬成分皆顯著的降低，表示加氧處理法對於管材的保護性更好。加氧處理法可以減少諸如化學洗淨、化學添加物及相關化學品的費用。另外亦可減少對環境的衝擊，其中包含廢水量的減少及化學藥品的減量，所以是相當值得推廣的先進水處理技術。
2. 因為個人電腦的普遍化和應用如TCP/IP的共通性通訊標準及分散式I/O組件後，監控市場的區域獨佔性已經被打破，而監控技術之網路化、知識化及機動化已成為必然趨勢，對現有諸如水質處理及腐蝕監控等技術具加值作用，有助於提升效率及競爭力。
3. 因應民營化後之研發方向，應可借鏡義大利國家電力綜合研究院，致力核心技術之深耕，以開發產品、提供解決方案及持續性的服務為目標，始能體現研發之真正價值且在電業自由化後繼續生存發展。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

## 目錄

壹·前言 .....	1
貳·研習行程 .....	2
參·系統水加氧處理技術 .....	3
肆·水質遠端監控技術 .....	10
伍·其它化學相關技術 .....	16
一.選擇性觸媒還原(SCR)煙氣處理法 .....	16
二.電化學監測技術 .....	18
陸·CESI 民營化後的經營方式 .....	21
柒·結論與建議 .....	22

# 壹·前言

超臨界複循環機組發電技術，能提升發電效率至 45% 以上，對於此技術歐美各國已累積相當多的運轉及維護經驗。因為超臨界鍋爐運轉壓力在 3000psig 以上且溫度均超過 600°C，因此水牆管部位之流體不再完全是汽液兩相共存，有些為單相流體，由於溫度與壓力的差異，超臨界鍋爐所用的材料等級比目前公司所用的次臨界鍋爐高，水質要求及控制也較嚴，甚至改用加氧水化學技術，以減少管材腐蝕與結垢。目前公司有些電廠也開始進行更新再生成這類電廠計劃(例如大林深澳等)，因本公司尚未擁有類似運轉及維護經驗，故為了建立自我技術，以因應未來需求，有必要派員至先進國家研習相關技術，以期將先進技術引進移為現場之用，而本次研習水化學技術內容含超臨界機組水質分析與監控技術、系統水加氧處理及測試系統之規劃等。

## 貳·研習行程

本次赴義大利研習超臨界機組水化學技術之行程及工作概要如下表所示。

表 1.赴義大利實習行程概要表

92/9/29	(去程) 台北→羅馬→米蘭
92/9/30- 92/10/8	在米蘭 CESI 研習 系統水加氧處理技術，水質遠端監控技術及其它化學相關技術
92/10/9,10	(回程) 米蘭→阿姆斯特丹→台北

## 參·系統水加氧處理技術

多年來在發電廠的系統水處理中，除氧劑的使用儼然已經成為飼水系統處理的標準作法，而聯胺則是最為普遍的除氧劑。使用聯胺除了對人體安全的威脅外，其實系統水中如果將溶氧去除得一乾二淨，也不見得就安全無虞，首先是在這種情況下可能會發生所謂的流體輔助腐蝕作用(flow-assisted-corrosion, FAC)。在完全除氧的環境中，水流相當有機會侵蝕碳鋼材質的管壁，特別是在彎管或是有局部擾流的部分，這種情況在熱回收蒸汽機組中尤其嚴重，因為其水流速度一般較快。如果在系統水有些許溶氧存在的話，則上述這種效應即可減少，因為如果溶氧量控制得宜則會在管壁處產生一層具保護性氧化層，避免管材進一步的腐蝕。

1980年代當美國的電廠正致力於使用除氧劑來進行溶氧的移除時，在西歐卻有著另一股不同的思維，也就是所謂加氧的系統水控制方法。這種處理法其實在1970年代中期就在德國開始倡行，其概念可追溯至如圖1所示的概念[Aschoff, 1988]，其中顯示當溶氧濃度介於150至200 ppb時，碳鋼的腐蝕率最低。於1991年美國本土首度引進系統水加氧處理技術，截至目前已經有數十部貫流式機組改用這種處理方法，而在1994年也開始有汽鼓式機組改用加氧處理

[Dooley B., 1994]。

此種水處理方法的原理為在有稍許溶氧存在的狀況下，管壁的氧化層可形成更緻密的質地，因較為穩定而釋放較少的溶解性鐵成分至系統水中。過程的氧化物結構示意圖如圖 2 所示，顆粒較小的  $\text{FeOOH}$  會將  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  週邊的小孔洞給塞住，如此即可減少氧氣進到管材表面的機會，而由  $\text{FeOOH}$  所構成的表面對於流動的水流也有著較低的溶解度，故形成更為穩定的材質，而減低金屬釋出的可能性

[Dooley B., 1994]。

時至今日這種用法已算是相當普遍的技術，而在大部分實用上的結果也都是正面的，只要加氧處理後的鈍化表面狀態可以穩定的建立之後，系統水中鐵離子的濃度甚至可以減少至 1 至 2 ppm 的程度。至於作法則如一般所知的綜合性水處理法(Combined Water Treatment, CWT)，在系統水中氧的注入量約以保持 50 至 150 ppb 的氧殘存量。另外加入氨以提高系統水的 pH 至 8.0-8.5，經驗上約需加 20 至 70 ppb 的氨量以達到這個要求的 pH 值。雖然加氧技術當初是為了貫流式機組所發展的，但目前在世界各地也有汽鼓式的鍋爐在試用中，和以往比較不同的是，使用加氧處理時，對水質的要求較高，而在運轉過程得強制要求使用淨水器，對於諸如此類較高標準的作法，也算是其一項缺點。

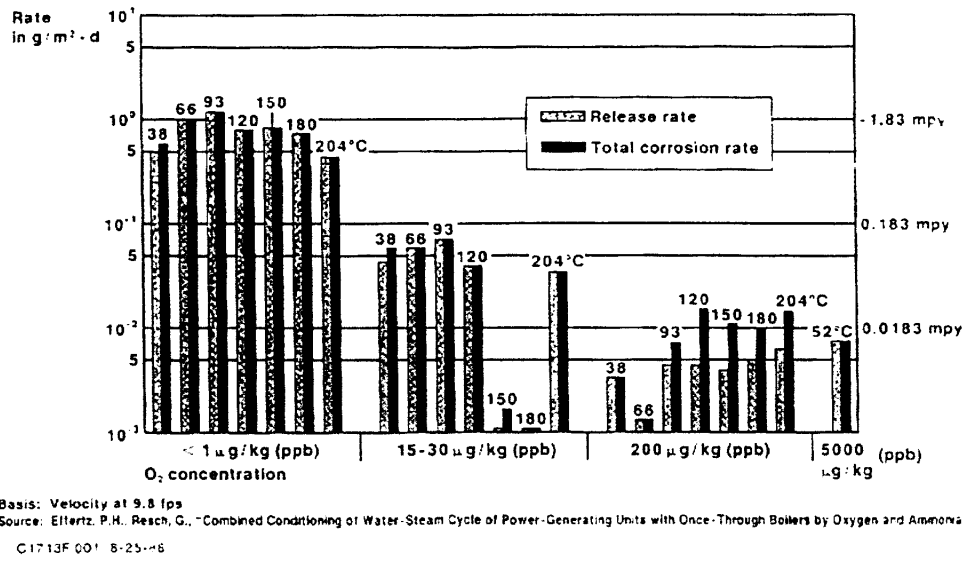


圖 1. 鐵系材質在不同溶氧量下的腐蝕率

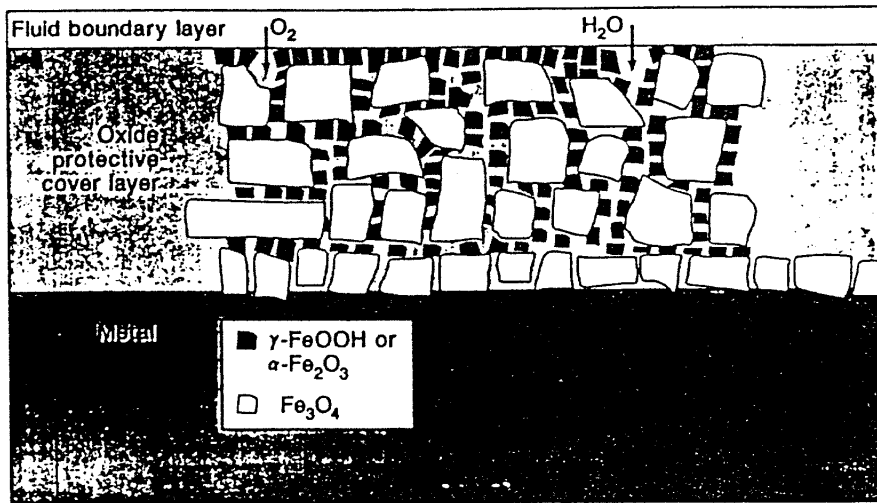


圖 2. 使用加氧處理時在飼水表面的氧化物結構圖



用不同處理方法，系統水中總鐵離子濃度的比較結果如圖 3 所示，由其中可知，同樣的機組在使用加氧處理法後，在不同的流程中，其鐵離子濃度皆有明顯減少的趨勢。

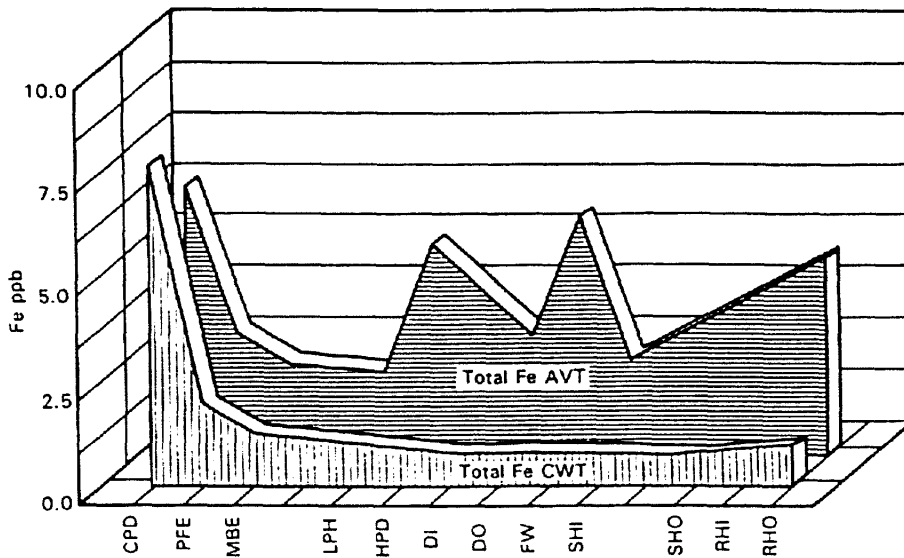


圖 3.系統水中總鐵離子濃度的比較

使用加氧處理法和傳統 AVT 法的氧化沈積物成長速率比較如圖 4 所示，AVT 處理法在經過一萬小時後，其沈積結果已經相當明顯，相對上加氧處理法的沈積速率就增加的相當慢，即使在經過伍萬小時後，仍然遠低於 AVT 法所造成的沈積量。

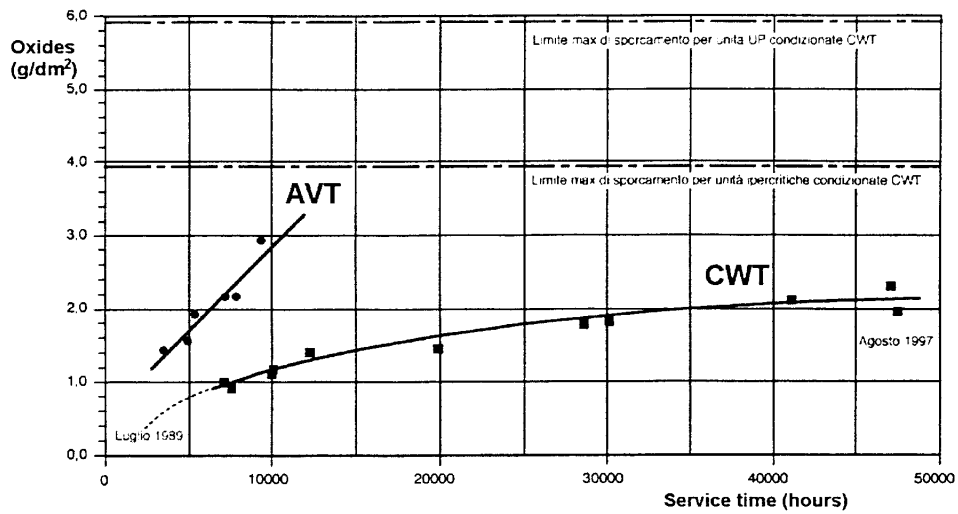


圖 4.氧化沈積物成長速率比較

以一具 320 MW 的貫流式鍋爐而言，其經過 100,000 小時運轉，使用 AVT/CWT 法之費用比較如表 2 所示，從表中可知，其差異性最主要是來自於酸洗次數的不同，因為使用加氧處理法後的酸洗次數大幅減少，所須用的藥品當然也就相對的減少了。

表 2.使用 AVT/CWT 法之費用比較表

AVT 法	CWT 法
化學藥品：450,000\$	化學藥品：150,000\$
酸洗 5 次：250,000\$	酸洗 1 次：50,000\$

義大利電力公司(ENEL)目前已經有相當多的機組使用加氧處理法，截至目前共有 34 具 320 MW 貫流式鍋爐、18 具 660 MW 貫流

式鍋爐、4 具 320 MW 汽鼓式鍋爐、2 具 160 MW 汽鼓式鍋爐。

至於使用加氧處理後的酸洗頻率調查結果，據 CESI 目前統計數據為 660MW 機組經過運轉 60,000 小時後進行酸洗，而 320-160MW 機組，在運轉 80,000 小時後仍不須酸洗，其目標為運轉 100,000 小時後再進行酸洗。另據其應用之經驗，使用加氧處理的條件如以下各點所示

1. 飼水陽離子導電率  $<0.2 \mu\text{S}/\text{cm}$
2. 溶氧濃度 (飼水) 50-150 ppb
3. Ammonia 濃度 50-500 ppb
4. 熱交換器部分可有效的去除不可凝結的氣體
5. 高壓飼水加熱器不能有銅材質

現有機組如要改為加氧處理，其相對應的工作如下

1. 進行系統管材相容性檢驗
2. 加熱器/除氣槽排放管檢視
3. 分析儀器的改進：主要為精準的溶氧分析儀
4. 增設氧氣注入系統 ( $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ )
5. 系統水取樣管線改善

綜上各點討論可歸納出使用加氧處理的優點如下所示

- 1.減少腐蝕產物傳輸的可能性
- 2.減少蒸汽發電系統的壓降
- 3.減少淨水器(polisher)的再生頻率
- 4.減少或免除鍋爐化學清洗次數
- 5.增加機組的可用率
- 6.避免使用具危險性的除氧劑

因此如果高壓加熱器中沒有銅材，加氧處理法是相當值得考慮使用的系統水處理方法。

## 肆·水質遠端監控技術

近年來因為個人電腦的成熟以及價格的下降，使得監控市場上已經起了相當的變化，因為早期的監控應用上，幾乎都是使用可程式控制器(PLC, Programmable Logic Controller)，因為控制器都有專屬性，所以使用者一旦在某個系統上使用某一種產品後，以後不論是要修改或是擴充，一定還要使用原來的廠家產品；而在以個人電腦為基礎的監控技術成熟後，且應用如 TCP/IP 的共通性通訊標準及分散式 I/O 組件後，監控市場的區域獨佔性已經漸漸的被打破，而形成如下的一些應用趨勢及市場要求

1.E 化(網路化,Ethernet)：網路目前已經是所有人類彼此通訊的一個共用平台，所有的溝通信息皆可在上面通行，所以監控相關資料的網路化即可因其存取的共通性而增加其價值，同時也降低其流通的成本和技術複雜性。

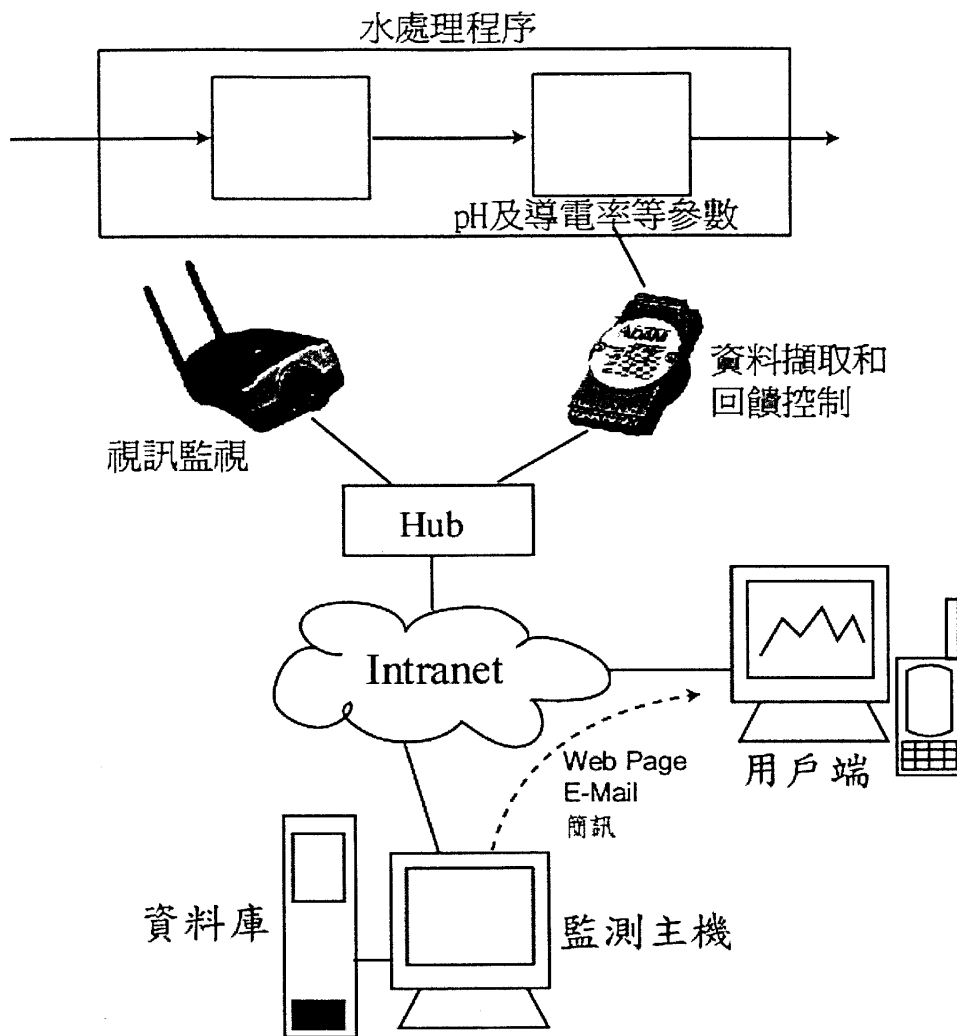
2.K 化(知識化,Knowledge)：知識經濟已是公認的 21 世紀主流經濟價值，而知識管理更是當下各企業重要的實作課題，所以各式監控資料和相關知識管理系統的整合也是刻不容緩的議題，也唯有在用資料庫技術整合及與知識管理系統的整合應用，監控技術也才能發揮其極大化的價值。

3.M 化(機動化,Mobile)：因為快速變動已經是現代人生活上的一個常態，而為了有效因應此種變動，進而作出有利於企業的決策，所以訊息的機動化也是一個必然的趨勢，其中如將各監控系統的即時資訊傳到手機中就成了目前必備的一項應用。

而結合以上各項特點，使用分散式 I/O 的 Web-based 遠端監控系統其用途如下各點所示

- 1.工廠自動化和控制
- 2.實驗自動化和分析
- 3.交通之監測和控制
- 4.一般的動作控制

而遠端監控系統的應用例則可如圖 5 所示，圖中所示的水處理程序是位於電廠的一個化工程序，監測主機則是位於樹林綜研所區內，於現場的程序狀態參數可透過台電的企業內網路傳回樹林，而監測主機可定時將資料儲存至資料庫中，同時接受客戶端的請求將程序狀態適時的傳送給客戶，而在系統有異常或其它須通知事件時，則可發送簡訊至管理者的手機中。



遠端監控示意圖

圖 5.遠端監控示意圖

而此次與 CESI 相關人員研討後，可以明確的看出，該機構對於遠

端監控的目標設定和價值判斷約如下所示

1.線上監測和狀況診斷

- 2.長期的服務提供和關係建立
- 3.發展可資判斷狀況的模式
- 4.儘量整合出諸如 PRECON 和 SMAV 等具市場價值的產品

據 CESI 長久以來的經驗，其建議電廠諸元件中，較值得連續監測的機組元件包含鍋爐、汽渦輪機及冷凝器等，因為這些元件對於發電機組的影響至為重大，才值得投資遠端監控系統來進行相關的監測行為，而在實際應用上可能獲致的效果如下各點所示。

- 1.操作參數最適化
- 2.預先偵測性能劣化
- 3.辨識性能劣化可能原因
- 4.減少燃料用量
- 5.降低維護成本

以下即以 CESI 所開發的冷凝器性能監測系統(PRECON)為例，說明其對遠端監控系統的開發及實作經驗，此類系統在學理上的考慮要點包含循環水系統的流力行為及冷凝器的熱力學行為兩大項，而在模式的導演過程，PRECON 係依質能平衡及熱傳導方程式進行運算，相關的參考曲線則係考慮電廠運轉限制而建立。其應用例如圖 6 所示，模式中已經詳細考量了各點的流量、壓力及溫度的可能



影響，應用上雖然幾何形狀略有不同，但據其經驗只須小作修改，大致皆能符合實際需求。

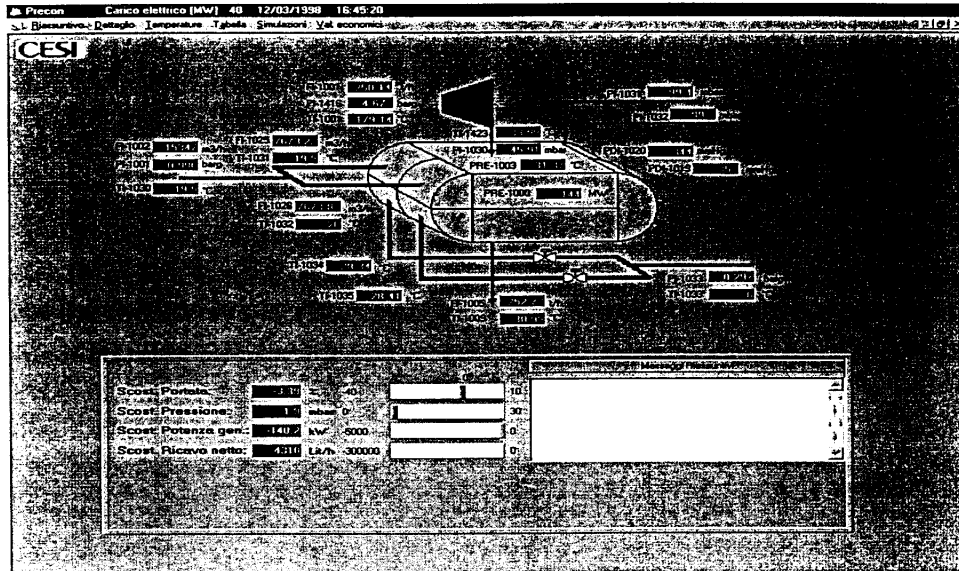


圖 6.PRECON 的應用例

而據其功能規劃，PRECON 可偵測下列狀況

1. 冷凝管排之生物污損(fouling)
2. 異常物質之出現
3. 冷卻水量是否不足，另能提示較為合理的冷卻水量

由以上之討論可知道 PRECON 應用之效益如下各點所示

1. 提高熱效率
2. 減少維護人力

### 3.減少化學藥品用量

至於 PRECON 裝設前的配合相關資料如下各點所示

- 1.冷凝器的相關幾何資料
- 2.冷卻水背景資料
- 3.可能問題的歷史資料
- 4.任何添加物的資料
- 5.現有的操作程序
- 6.現有的儀器設備及其狀況

## 伍·其它化學相關技術

### 1.選擇性觸媒還原(SCR)煙氣處理法

有關選擇性觸媒還原法相關技術，義大利國家電力綜合研究院所用的觸媒大致都來自日系廠商，提及目前對於觸媒的處理方式為每年利用時間進行清洗以恢復活性，此種作法已累積約十年經驗。

圖 7 為觸媒經清洗前後之比較圖，所使用方法係以加壓水柱進行清洗。

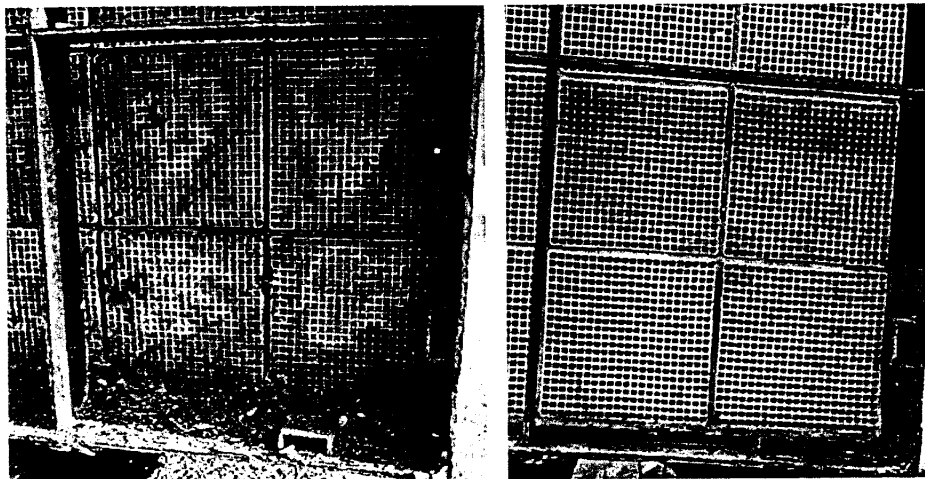


圖 7.觸媒清洗前(左)後(右)比較圖

圖 8,9 所示為 CESI 對觸媒所作的性能測試，目前也對歐洲相關的電廠提供測試服務，其中即包括觸媒活性及表面積的量測，這些

項目和目前綜研所所進行的測試項目皆有相仿之處。

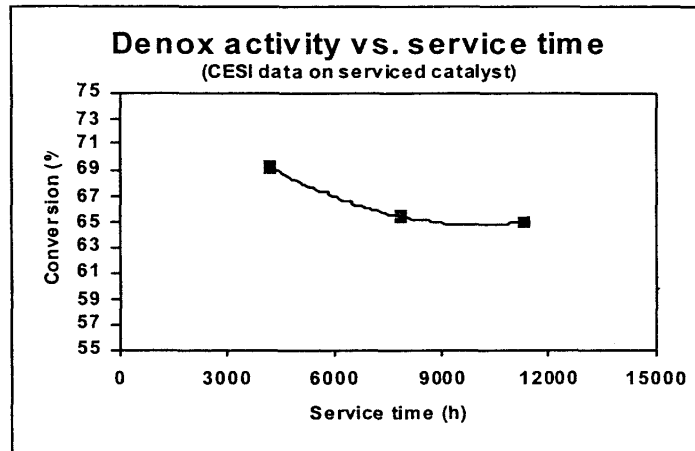


圖 8.觸媒之活性測試圖

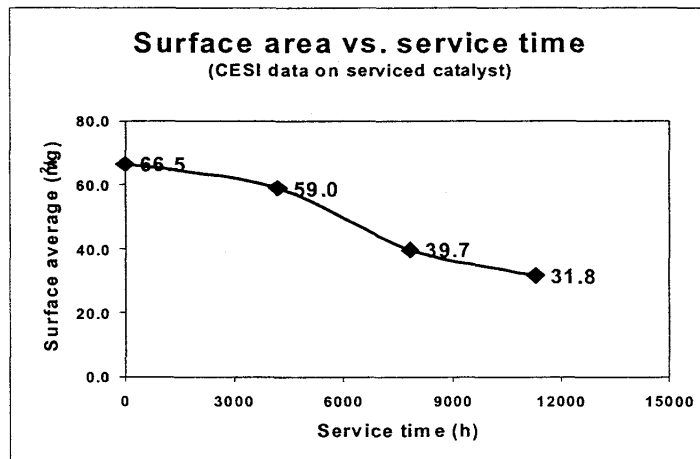


圖 9.觸媒之表面積測試圖

綜合 CESI 對 SCR 觸媒的應用經驗，認為 SCR 的運轉確實需

要一套適時適地的管理方法，才能發揮最大效能，其建議的方法如下各點所示

1. 交換:不論是何種型式的觸媒，在經過一段時間後，皆有必要將其位置進行調換，可維持較佳的脫硝性能。
2. 定期的活性量測：唯有經由定期的量測，始能瞭解觸媒的變化情形，進而從事相關的對應行為。
3. 清洗：清洗行為最有效的時機，應該是確認觸媒的性能劣化是因為堵塞而非中毒所造成時。
4. 再生：再生是一種重新賦予觸媒活性的方法，雖然比較有效，但所付出的代價當然比清洗要高。

以上各項皆有助觸媒使用壽命的延長，可在成本效益的評估下考慮使用。

## 2.電化學監測技術

CESI 該機構對於監測技術的應用與加值相當用心，也一直將相關技術視為其經營上的核心技術之一，電化學相關監測技術的產品化就是一個相當顯著的例子，因為只要處理的對象有價值，就值得加以進行相關的監測，如對電化學監測而言，發電機組如果有以下的狀況發生，則值得加以注意:

- 1.因污損所致的冷凝器性能下降
- 2.生物污損及微生物腐蝕的防治費用

一旦可使用電化學監測來進行預知警示功能，即可使操作者對於相關設備的狀況更能掌握，進而採取必要的對策。而一般微生物腐蝕常發生的地方如下所示

1. 冷凝器管
2. 冷卻水引入管路
3. 密閉管線
4. 冷卻塔
5. 緊急用水系統

針對微生物腐蝕的偵測方法，以 CESI 目前的技術水準而言，尚無針對微生物所引發效應的獨立偵測方法，因為偵測技術尚無法將之和其它腐蝕現象分開解析，所以目前建議的方案為：同時監測腐蝕率和生物長成膜的成長率，而由整體的腐蝕率來進行判斷。以此為基礎，該機構持續開發一些微生物腐蝕偵測的相關產品，目前已經上市產品有以下各項：

- 1.BIOX<sup>P</sup> (High resistance current sensor)
- 2.BIOGUARD<sup>TR</sup> (Current sensor)
- 3.BI<sup>o</sup> GIEORGE<sup>TR</sup> (Differential generated current sensor)

以上這些皆已經有實體產品上市，且在購用之後該機構會針對不同的應用進行軟硬體的調校，如圖 10 即為 BIOX 這項產品應用時所繪製的資料圖，其中前段訊號的突出處為添加劑加入後所造成的，而後端訊號又再度升起即表示腐蝕因子又再度增強，類似 BIOX 此類產品對電廠的用途有二

1. 可用於淡水和海水以監測生物膜的早期生成
2. 供氧化劑加入之最佳化之用, 可用以瞭解加入量是否足夠及效果維持時間。

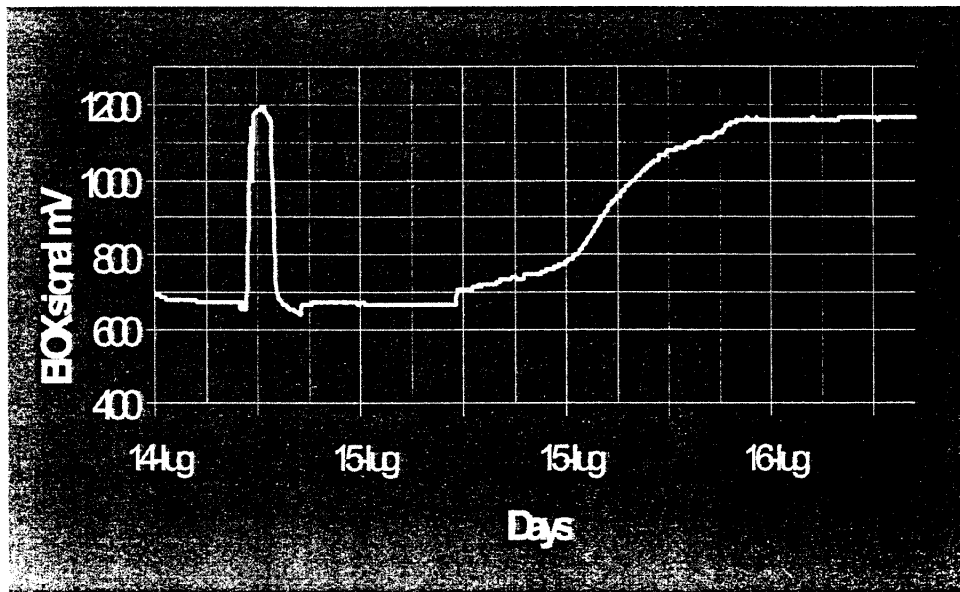


圖 10. BIOX 所繪製的趨勢圖

## 陸·CESI 民營化後的經營方式

CESI(義大利國家電力綜合研究院)原為義大利電力公司之研究部門，當時之角色等同於現在之台電綜合研究所(TPRI)，以義大利約 5,800 萬的人口數，面積約台灣 8 倍大，尖峰負載約 52,000 MW 的規模看來，其服務的規模自屬不小。而在義大利電業自由化以後，該機構即成為財團法人身份，目前 ABB 和 GE 等公司皆擁有該機構股份，全部編制約 1100 人，專門服務電廠的部門編制為 140 人。雖然一般的公司策略定位有如下各類

- 1.產品型
- 2.服務型
- 3.解決方案型

但 CESI 所採行的策略顯然是一種混合型式，亦即以核心技術作為基礎，經由各種整合增值開發出產品，而於實際應用後，再經由後續的維修服務，建立長期的客戶關係以收取費用，目前其營收的比率約如下所示：

- 1.產品提供及後續服務:50%(如同 TPRI 的技術服務)
- 2.解決方案:50%(如同 TPRI 的研究發展)



## 柒·結論與建議

1. 如果高壓加熱器中沒有銅材，可以考慮使用加氧法來進行系統水處理，經過多年來國外實用的結果顯示，系統水用加氧處理之後，其中溶出的金屬成分皆顯著的降低，表示加氧處理法對於管材的保護性更好。加氧處理法可以減少諸如化學洗淨、化學添加物及相關化學品的費用。另外亦可減少對環境的衝擊，其中包含廢水量的減少及化學藥品的減量，所以是相當值得推廣的先進水處理技術。
2. 因為個人電腦的普遍化，和應用如TCP/IP的共通性通訊標準及分散式I/O組件後，監控市場的區域獨佔性已經被打破，而監控技術之網路化、知識化及機動化已成為必然趨勢，對現有諸如水質處理及腐蝕監控等技術具加值作用，有助於提升效率及競爭力。
3. 因應民營化後之研發方向，應可借鏡義大利國家電力綜合研究院，致力核心技術之深耕，以開發產品、提供解決方案及持續性的服務為目標，始能體現研發之真正價值且在電業自由化後競爭的環境中繼續生存發展。