

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

101年第4季 (101.10 No.86)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(10091)台北市羅斯福路4段198號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2364-9611

台灣電力公司

使命：滿足用戶多元化的電力需求、促進國家競爭力的提升、維護股東及員工的合理權益。
願景：成為具有卓越聲望的世界級電力事業集團。
經營理念：誠信、關懷、創新、服務。

研究計畫成果

一、台電大樓薄膜型 10kWp 太陽光電示範系統規劃及設置計畫

(能源研究室：游政信、鄭雅堂、曾明宗、王派毅、張庚甲、周儷芬)

(一) 前言：

薄膜太陽能電池節省材料，顧名思義，就像薄膜一般，厚度僅約數微米而已，並在玻璃、塑膠或不鏽鋼基板上製造，甚至可以 Roll to Roll (捲式製程) 方式大量生產太陽能電池的特性，加上亦有可撓性之產品，可直接貼覆於建築物外牆屋瓦屋頂，容易施工。甚至透過建築設計，亦可作為部分建築材料，已廣被看好將是未來的明星產品。考量其輕薄性、可彎曲、

施工方便、應用廣泛、及容易搭配 BIPV 之優點，是值得思考的另一種選擇，以減輕傳統大型矽晶太陽光電系統用地取得不易之困境。

(二) 研究成果：

本計畫之安裝位置為總管理處台電大樓屋頂，A、B 兩區為圓弧屋頂，C、D 兩區為平面屋頂，合計系統總建置容量為 10.248kWp。



A 區完工圖



B 區完工圖



C 區完工圖



D 區完工圖

圖 1 太陽能模組完工圖

電力併接點為 27 樓電力室之照明迴路，系統設計獨立之開關迴路，再併接到照明迴路。

展示看板的安裝位置為一樓戶外花園，發電相

關數據內容計有目前日照量、目前發電功率、累計發電量、累計減碳量及日期與時間。



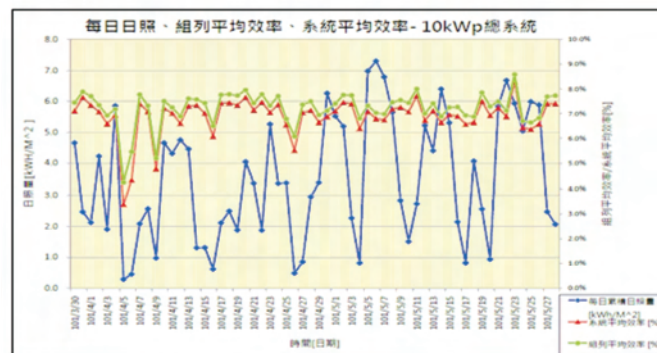
圖 2 展示看板完工照片

(三) 太陽光電發電系統之運作實測與性能檢討：

截至 101 年 5 月 28 日為止，本太陽光電系統總共發電 1,647.1 kWh，包括 A 區 451.4 kWh、B 區 429.2 kWh、C 區 541.5 kWh、D 區 225.0 kWh。單日最高發電量 55.4 kWh（101 年 5 月 6 日、當日日照 7.307 kWh/m²），平均每日發電量 27.5 kWh（101/3/30~101/5/28）。

由發電資料可知（系統調校日除外），在累積日照量大於 500W/m²，太陽電池組列平均效率皆 \geq 5%，太陽光電系統平均效率皆 \geq 4.5%。

總系統的組列平均效率 7.2%，直交流轉換器效率 95.2%，系統平均效率為 6.8%。



※系統調校日：4/5,4/9,5/18

圖 3 每日日照、組列平均效率與系統平均效率

(四) 結論：

本計畫已完成薄膜型太陽光電系統、監測系統與展示系統等三大部分之設計、安裝與測試運轉等工作。並自 101 年 3 月 30 日起，開始進行測試運轉，目前運轉狀況持續良好。

本案建置於台電總管理處屋頂，採用兩種不同

種類的薄膜型太陽能光電模組，安裝角度也有別於一般 23.5° 的設計，可提供另一太陽光電發電效能的研究平台。由系統開始啓用至 101 年 8 月 31 日為止，發電數據顯示，每日單位發電量約 3.1kWh/kWp，惟薄膜型太陽能模組在秋、冬期間的特性表現，仍有待後續統計分析。

二、IED 應用於斷路器預知性維護

（電力研究室：廖清榮）

(一) 簡介：

本公司現行斷路器設備維護作業係依據台電所訂「二次變電所設備維護週期表」，以運行時間與操作次數為基礎實施週期性維護（Time Based Maintenance, TBM），無法達到預知性維護功能需求及正確預估斷路器維護時機。隨著保護電驛數位化與智慧化演進，智慧型電子裝置（Intelligent Electronic Device, IED）除具備保護、量測、控制及通訊功能外，尚具備發展條件式維護（Condition Based Maintenance, CBM）技術，應用於斷路器預知

性維護（即以條件式維護取代週期性維護）是必然的趨勢。當設備符合預設條件時，始安排設備維修，可避免不必要維修及人力物力的浪費，而使設備維修週期更合理化。

配合公司建構智慧型電網（Smart Grid）系統目標，二次變電所傳統機電式（E/M）保護電驛預定於 104 年前汰換為智慧型電子裝置（IED）。為因應智慧型電子裝置（IED）發展條件式維護（CBM）技術，研討如何監測斷路器設備運轉狀態，根據其結果實施必要的維護及時程，以達成設備預防性維

護、延長設備壽命及防範突發事故發生之目的。本計畫收集國內外文獻探討狀態監測機制，建構各廠製 IED 發展條件式維護狀態功能技術架構、開發 IED 預知維護資訊系統平台雛型，進行現場實際驗證測試。

(二) IED 之斷路器狀態監測功能：

本研究以「斷路器主接點損耗累計及設定監視」、「斷路器跳脫回路斷線監視」、「斷路器彈簧儲能狀態監視」及「斷路器啓閉時間逾時監視」等狀態功能發展條件式維護技術，並針對不同廠家斷路器提出 IED 各項功能邏輯規劃、參數設定及實際測試驗證方法。

「斷路器主接點損耗累計及設定監視」各廠 IED 及斷路器之設定均不同，主要以累積電弧量為預估斷路器損耗的主要指標，累計啓斷次數為次要指標。使用者需要設定啓斷次數極限值與累積電弧量極限值，當斷路器累計啓斷次數或累積電弧量超過極限值時，IED 可經由數位輸出接點或通訊埠產生警報，或是面板顯示，告知維護人員進行斷路器內檢。當斷路器維護完成，可將累計數據歸零，重新累計啓斷次數與電弧量。

(三) IED 預知維護資訊系統平台：

IED 一直以來受限於各廠家自行開發的軟體，使得使用者選擇性較低，只能藉由自家軟體的人機介面取得設備的資訊，加重使用者對該廠家的依賴性，也限制使用者系統修改與擴充之需求，對未來系統作資料整合工程帶來嚴峻的挑戰。

本計畫以配電系統運轉中各廠製 IED

(GE-SR760 、 Siemens-7SJ62 、 SEL-351A 、 ABB-REF541)，利用 Elipse Power Studio 軟體整合各廠家之通訊協定，並設計監控人機介面與相關應用功能，如圖 1 所示暫態波形之呈現畫面。藉此建構斷路器預知維護管理平台，如圖 2 所示，以做為斷路器狀態維護之依據。

實測的過程中遇到各廠家 IED 因使用的通訊協定不盡相同，使得有些協定提供點表的資料不足，導致能讀取到的資料有限，增加分析的困難度。其中以 SEL-351A 用的 SELASC 協定提供的點表資料最少，僅能抓取到斷路器預知性維護的數位狀態值和電力參數類比值，無法取得斷路器的磨損量與操作時間。Siemens-7SJ62 內部沒有作數位輸入點的點表規劃，使得無法讀取規劃在數位點的功能狀態值，僅可抓取類比資料。唯有 ABB-REF541 可讀取到較完整的類比與數位資料，包括主接點磨損量、斷路器操作時間與彈簧儲能時間等。

(四) 結論與建議：

利用斷路器主接點損耗監視來預估斷路器維護，應以累計啓斷次數、累積啓斷電流與累積損耗量等三個功能為基礎。其中以累積損耗量為主要指標，而累計啓斷次數與累積啓斷電流為次要指標，可作為還原歷史啓斷狀況之推估，或其他零組件檢測之參考。預估斷路器維護除了應用斷路器主接點損耗監視之外，同時也納入斷路器跳脫迴路斷線監視、斷路器彈簧儲能狀態監視與斷路器啓閉時間逾時監視等狀態功能，使針對斷路器做狀態維護更完善。

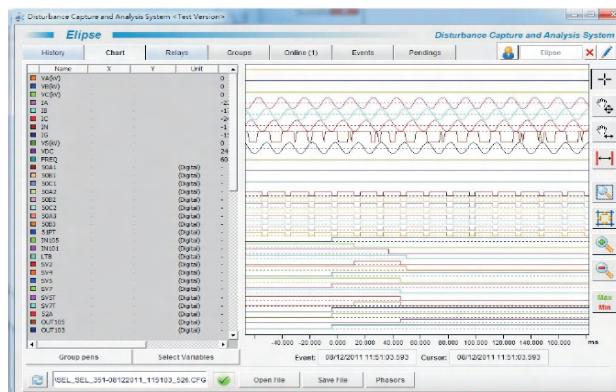


圖 1 暫態波形之呈現畫面

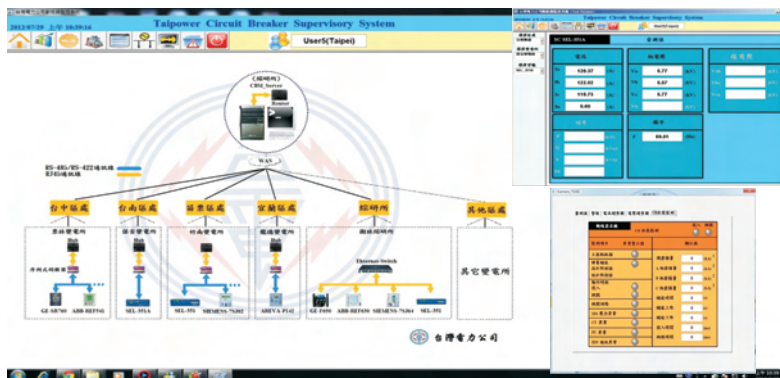


圖 2 IED 預知維護資訊系統平台

三、23 kV SC 啟斷重燃弧暫態分析

(高壓研究室：鄭強)

(一) 前言：

“暫態”一詞指電力系統中持續時間短暫之擾動現象，可將其視為系統從一個穩態，過渡到另一個穩態時，電壓與電流之振幅、頻率及波形所發生的改變，擾動持續時間小於 1/2 週波者，稱為暫態。100 年 9 月 19 日配合 A D/S # 1 DTr 及 23 kV SC 加入系統作業，量測變壓器、SC 等電力設備加壓與停電之波形，並分析其暫態響應。於 23 kV 系統操作項目中，220 斷路器於啟斷 174.309 ms 後，在 161 kV 電源側觀察到突入電流波形，研判 220 斷路器可能發生再襲(restrike)，現場人員巡檢發現 220 SC b 相一具電容器故障；為深入探討 23 kV CGIS 之斷路器啟閉電容性電流暫態現象，擬依據電容電路之標準、參考文獻解析電容性電路暫態電壓、突入電流、恢復電壓、再襲、重燃弧(reignition)、非持續性擊穿放電(Non-Sustained Disruptive Discharge; NSDD)等啟閉特性，並提出運轉維護建議事項，供運轉單位參卓。

(二) 啟斷電容電流之恢復電壓暫態特性：

高壓電容器組常以並聯及串聯方式組合而成，其結構中的並聯元件，係為提供虛功率電流；而串聯元件係為提供額定電容值。若電容器組各別熔絲鏈因故障斷時，即可因阻抗增加而導致串聯組件過電壓；在此情況下，其運轉電流僅些為降低，而非顯著降低，因而僅應用電流不平衡保護規劃有所不足，應用電容器中性點電壓幅值變動情況，有助於檢出電容器組阻抗不平衡及各別元件過電壓之異常情況。

電容性負載包含無載輸電線路、電力電纜、並聯電容器組等；斷路器使用於電容性電路之性能包含：操作單一線路、地下電纜或電容器組之啟閉責務，電

纜、電容器組之背對背啟閉操作模式之耐受性等，以及於系統最高運轉電壓情況下，清除故障完成啟斷責務；並要求於 100 kV 以下之系統，三相斷路器啟閉操作電容性電流之暫態過電壓，不得大於 2.5 pu；100 kV 以上的系統切換電容性電路之暫態電壓，不得大於 2.0 pu。

電容性電路之電壓與電流相差 90°，因此電流於正半週或負半週通過零點時，電容器之電位亦隨系統電壓到達峰值，斷路器截斷電流時，系統與負載分離，與電流同極性之系統電壓峰值，瞬間維持在電容電路上，電路啟斷後，電容電壓屬直流性質，稱為殘餘電壓，其幅值略小於 1 pu 之相電壓峰值位準；而系統之正弦時變電壓連續作用於斷路器電源側，因而於接觸子兩端產生 1-cosine 性質之恢復電壓 (recovery voltage)；此係電容性電路於停電操作時，斷路器對恢復電壓上升率及電壓峰值所建立之絕緣性能，係其完成啟斷責務的要件。

斷路器啟斷電容性電路之恢復電壓，可依首先啟斷相及延遲啟斷相性質討論其特性，首先啟斷相 1 pu 之殘餘電壓，受到延遲啟斷相偏移電容中性點電壓影響，而遞昇至 2.5 pu，因而在首先啟斷相極間之恢復電壓，較延遲啟斷相嚴苛，斷路器易於首先啟斷相極間發生重燃弧或再襲響應。斷路器啟閉操作三相接觸子機械動作之同步性，攸關首先啟斷相之恢復電壓上升幅值。重燃弧或再襲與“非持續性擊穿放電 (NSDD)”之持續時間、能量與過電壓性質不同，因而 220 SC 部分元件故障之肇因屬再襲性質。

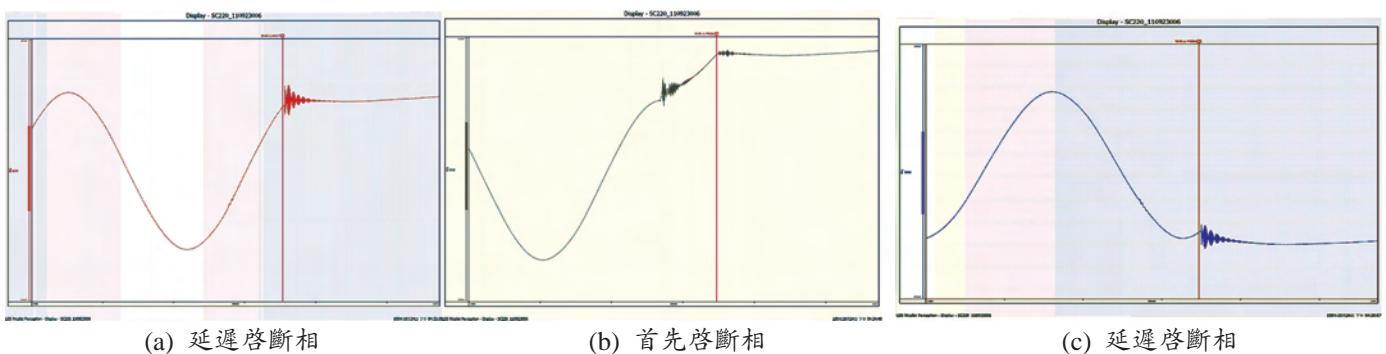


圖 1 220 SC 側電容器 a-b-c 三相恢復電壓波形

重燃弧因其發生時間小於啟斷後 1/4 週波，因其恢復電壓近似殘餘電壓，產生暫態過電壓的情況並非嚴重；其次，啟斷截流 1/4 週波後，發生之再襲，其過電壓幅值可達 2.8 pu；依電容器組出廠時

以 4.0 pu 過電壓執行耐壓試驗之規格而言，若斷路器啟斷後，發生一次再襲，電容器組亦須具有充分的耐壓能力；斷路器啟斷後發生重燃弧之電壓波形，如圖 2 所示。

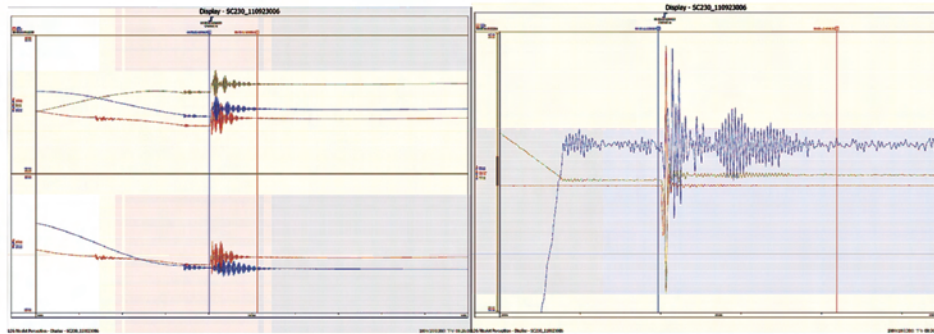


圖 2 230 斷路器啓斷 SC 重燃弧之三相電壓、電流波形

(三) 結論與建議事項：

應用於電容性電路之斷路器相關標準，如 IEEE C37.012-2005 標準中，對啓閉電容性電流斷路器發生再襲的可能性程度，是以 C1、C2 及 C0 類型定義斷路器測試模型與性能。而斷路器啓閉同步性，攸關首先啓斷相極間恢復電壓上升倍率；而本公司斷路器材規雖未具體載明斷路器啓閉之同步性時間規範，建議可依 IEEE Std. C37.04-1999 標準文獻，要

求竣工、維護試驗之斷路器同步性規範：(1)閉合操作之三相接觸子間的同步性時間，不得大於 1/4 週波；(2)啓斷時，三相接觸子分離之同步性時間，不得大於 1/6 週波；如此可令斷路器啓斷電流時，接觸子極間暫態恢復電壓特性維持在 2.5 pu 範圍內，並降低斷路器啓斷後，發生重燃弧及再襲之可能性；並減緩開關突波暫態過電壓，對開關及設備產生負面衝擊之影響。

四、變電所主變壓器節能策略開發與應用

(負載管理研究室：張文曜)

(一) 研究背景：

超高壓變電所、一次變電所與配電變電所之油浸式變壓器絕緣油散熱方式，以啓動油泵將較高溫之絕緣油帶出來，流過佈滿散熱鰭片之小油管，藉由導熱性佳的散熱鰭片將油中的熱能傳導移轉至散熱鰭片上，風扇組再利用氣冷方式將散熱鰭片上的高溫熱能，散耗至空氣中，以降低絕緣油溫度以及油中氣體的濃度，確保變壓器絕緣油性能與絕緣特性。再者，變壓器冷卻風扇組的控制方式係依照絕緣油的運轉溫度升降情形，以開迴路分組溫控方式決定啓閉的風扇組數。在重載時，油溫快速升高則風扇全數啓動以加速散熱效果；另在輕載或冬季，絕緣油溫度因溫升較少，且室外溫度較低具備了較有利的熱移轉條件，在現行控制模式下，仍需啓動整組較耗能的 3 台風扇，無法減少風扇運轉數量。且在降低絕緣油油溫的首要目標下，必須啓動風扇全速運轉，因此將造成風扇組的過度耗能，亦有可能無法確切掌握散耗油溫熱能所需的風扇耗能，致使風扇組無法有效降低油溫。有鑑於此，有必要就提高對流熱傳遞係數與熱接觸面積兩個面向，研究不同規格變壓器在不同負載、不同季節時，風扇耗能與油溫熱能移除關聯性，以及應用變頻器配合精準的溫控模式，產生控制冷卻風扇系統。配合導入熱導管散熱元件，建立較快速熱傳係數以及較高的熱導接觸面積以加速絕緣油廢熱散耗速度，期能以省能方式達成降溫的同樣效果。

(二) 研究方法：

本研究應用變頻電控技術與熱導管建立一套變電所變壓器節能控制系統以達成節能並符合變壓器運轉限制條件。首先建立變壓器風扇組控制模式，其包含分組分段控制模式與變頻控制模式，達成節

能與降溫雙重效果。此兩控制模式應用可程式控制器配合熱電溫度元件硬體以及撰寫控制策略軟體予以實現。再者設計與完成變壓器節能控制系統，其包含 Windows based 通訊程式設計與 Web based 之資料庫資料結構與撰寫資料存取及轉換介面程式。同時建立伺服器人機介面週期報表，完成遠端控制系統伺服器之建構。同時，本研究應用熱導管元件加快絕緣油熱散耗速度，減少風扇組電能輸出達成節能效果。此部份首先建立變壓器冷卻系統以及熱導管個別與整合熱傳模式，進行熱傳模擬以決定出適合之連結模式，再者進行散熱結構設計與製作。此變壓器節能控制系統具有解聯機制，能恢復風扇組原來控制方式。

(三) 研究成果：

本研究於仁武超高壓變電所裝設之節能系統實體設計架構如圖 1 所示。本系統規劃分別於控制室和變壓器側各裝設一個通訊控制站，同時在兩站間的通訊採用光纖網路。Remote 端控制站建置包含 1 台監控伺服主機和 1 台可程式控制器。監控伺服主機可透過乙太網路與兩通訊站的可程式控制器通訊，並提供 Web-Based 人機介面，如圖 2 所示。站內的可程式控制器，主要負責兩大部份：其一為收集對照組#5ATR 和控制組#6 ATR 油溫與二次側線溫的類比信號，即時監測受控變壓器的溫度變化，其二為引入#6ATR 油溫和二次側線溫過高警報和故障緊急手動解聯的開關信號，以作為自動解聯的觸發條件。再者，當兩站間的通訊發生交握失敗或中斷時，亦會觸發解聯程序作動避免系統失控。Local 端控制站也設置 1 台可程式控制器，如圖 3 所示，負責收集變壓器散熱系統總耗電、室外溫度資訊和節能模式（分組多段控制模式與變頻控制模

式) 控制命令下達的工作。熱導管之安裝如圖 4 所示，絕緣油在槽體中受線圈繞組加熱後，經由上方油管流至冷卻模組，經由散熱鰭片與風扇散熱後，在由下方油管輸送回槽體。安裝於下方出口油管時，散熱元件可得到陰影遮蔽，產生較大的溫度差，

進而減少環境熱空氣之影響，增加熱管之效率。圖 5 為節能監控系統之報表資訊，首先選擇要搜尋時間單位與相別，系統會直接顯示使用者所查詢的資料以及圖表供使用者查看。

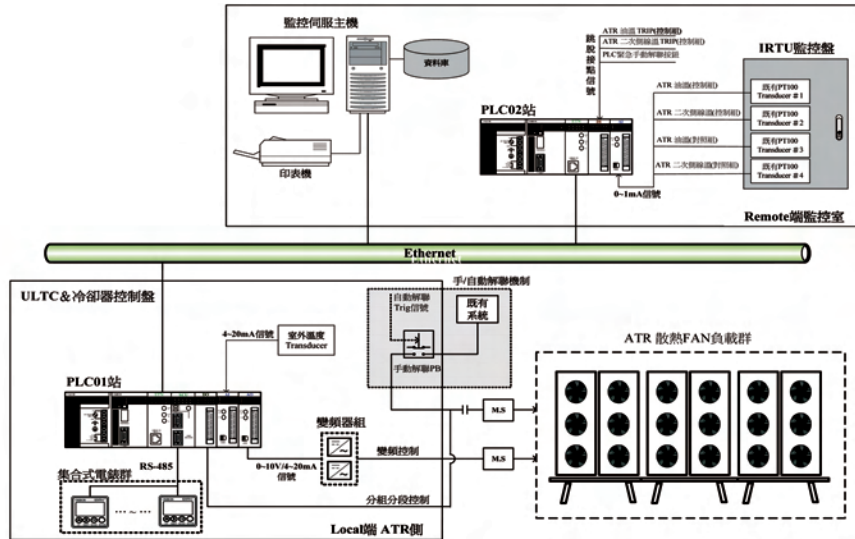


圖 1 變壓器節能監控系統架構



圖 2 變壓器節能監控系統網頁



圖 4 變壓器絕緣油油管加裝熱導管



圖 3 控制箱實體內部配置

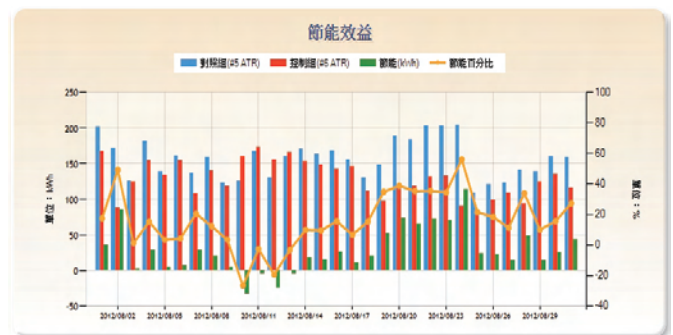


圖 5 節能效益圖

技術服務

火力電廠機組選擇性脫硝觸媒支撐材破損分析

(化學與環境研究室：張書維、吳成有、邱善得)

(一) 前言：

台灣某火力電廠機組的 SCR (Selective Catalyst Reaction) 選擇性脫硝觸媒設備於民國 85 年 9 月正式運轉，使用 10 多年後發現觸媒失活，經過重新塗補觸媒的再生程序後，民國 98 年 3 月重新裝回機組中繼續使用。然而，在民國 99 年 12 月大修時發現部分觸媒支撐材有嚴重破裂之情形，如圖 1 所示，根據現場工作人員反應，破裂觸媒的放置位置集中於煙氣出口轉角處，此位置恰為飛灰易堆積處，如圖 2 所示。本文為該電廠所委託的再生脫硝觸媒支撐材破裂分析案例。

(二) 背景調查：

選擇性觸媒還原法簡稱 SCR 為一處理氮氧化物 (NO_x) 的有效方法，SCR 選擇性觸媒還原法廣泛運用於處理燃煤發電廠、高溫焚化爐、化學工廠等所產生的氮氧化物，一般而言，SCR 選擇性觸媒還原法大多是利用液態氨或是尿素水溶液作為 SCR 處理氮氧化物的還原劑，並且運用脫硝觸媒，將有毒的氮氧化物 (NO_x) 還原成無害的氮氣 (N_2) 與水 (H_2O)。而以本案火力電廠機組觸媒反應器構造為例，組成架構如圖 3，現場擺設則如圖 3 (d) 所示。根據電廠人員提供之規範資料，對於觸媒支撐材的材質並無明確規範，而由於 SCR 觸媒已有運作 10 多年的實績，應可初步排除支撐材本身的材質選用錯誤的問題，但材質本身是否能耐再生條件酸性環境則需進一步釐清。

(三) 研究方法與結果：

本案機組觸媒破損支撐材取樣如圖 4 (a) 所示，為了解與正常使用觸媒之差異，和正常使用下無破損的再生後觸媒樣品 (圖 4 (c)) 及全新的觸媒樣品 (如圖 4 (d)) 比較，將三者作比較可發現外觀顏色相異，可依此推測所處之環境不相同造成表面的顏色差異，可能為破損的原因，此外，在機械性質上本案機組觸媒破損支撐材較另兩種樣品脆，表面也較潮濕，觸媒與支撐材之間的黏附力也較強，綜以上觀察顯示本案破損可能與腐蝕問題相關。而據現場人員說法支撐材材質為不鏽鋼，但由於規範並未詳列，製造廠商未提供的情況下，為釐清破損原因在試驗前先進行材質確認，以感應耦合電漿發射光譜儀檢測，結果其成分較符合 ASTM 所列之 430 系不鏽鋼成分規範。

針對破損觸媒表面不同位置利用 SEM 電子顯微鏡和 EDS 進行表面形貌觀察與定性分析，如圖 5 所示，結果顯示其絨毛狀組織的成分應與 S、Al、Fe、P 等沉積物有關，再針對黃綠色沉積物以 X 光繞射分析儀分析其結晶結構，如圖 6 所示，圖為繞射分析原始圖譜去背景值後與資料庫比對進行晶相

鑑定分析結果，分析結果晶體結構以 CaSO_4 、 TiO_2 、C、硫酸鐵水化合物為主，由於一般觸媒成分的含鐵量並不高，飛灰中 Fe_2O_3 也非主要成分，綜上述分析結果可推測其表面的硫酸鐵水化合物應為觸媒支撐材的鐵與表面的 SO_3 等硫化物形成之腐蝕生成物。

為確認機組觸媒破損件支撐材的腐蝕情況，將全新觸媒、再生前的觸媒與破損觸媒支撐材分別截取試樣剖面作為金相試片，分別得到圖 7 和圖 8 不同之金相組織，圖 8 為三圖中晶界最明顯，外緣腐蝕情形相當嚴重，綜合圖 7 和圖 8 晶界與外緣的現象即為前述的表面有破孔 (缺陷)，腐蝕物質得以進入材料內部，優先沿著銻缺乏區 (晶界) 腐蝕的沿晶腐蝕。觸媒支撐材剖面的金相組織觀察有沿晶腐蝕之現象與前述表面分析有腐蝕生成物之結果一致。圖 9 為破損觸媒支撐材剖面利用 EDS 進行成分分析結果，圖 9 (a) 為未蝕刻破損觸媒支撐材剖面 SEM 觀察結果，顯示未經蝕刻其剖面邊界已有沿晶腐蝕破壞之情形，圖 9 (b) 為觸媒部分之 EDS 分析結果，將圖 9 (c) 和圖 9 (d) 兩相比較可發現在晶界處有 S、Al 等支撐材沒有的元素，綜前述之表面成分與剖面成分分析顯示，沿晶腐蝕的主要腐蝕生成物以硫化物為主，即 S 為沿晶腐蝕的主要成因。

前述金相組織結果顯示 SCR 觸媒在正常運作下經過一段時間後，未再生前已有表面腐蝕之情形，也有部分沿晶腐蝕之現象，再生後使用一段時間部分區域的沿晶腐蝕與表面腐蝕之情形會加劇，又綜合表面與剖面成分分析可知腐蝕生成物來原應為隨飛灰堆積於觸媒表面的硫化物而造成沿晶腐蝕，此沿晶腐蝕之現象應為整體觸媒支撐材的共同現象，然由於煙氣出口轉角處為飛灰易堆積處，亦為硫化物含量較高之區域，可能因含硫濃度較高的關係造成較快的反應速率。

應力腐蝕發生的必要因素有三：一是足夠的張應力、腐蝕的環境與易敏化性材料，其中材料與環境具有對應之關係，430 不鏽鋼為鐵鉻系不鏽鋼，根據文獻此類鋼在 H_2S 、 H_2SO_4 等含硫酸性環境易發生應力腐蝕，加上飛灰堆積對於觸媒支撐材的重力因素造成應力，以及 SCR 段煙氣溫度約為 $350\sim 375^\circ\text{C}$ ，已接近 430 不鏽鋼材料敏化之溫度，同時符合應力腐蝕三大要件-材料、應力和環境條件，長期運作下，煙氣出口轉角處成為最先產生應力腐蝕破裂之區域。

(四) 建議事項：

1. 觸媒再生的水洗後烘乾若有殘餘水分，易與表面的硫化物反應形成硫酸，會加速應力腐蝕情形的發生，建議水洗烘乾的溫度提高或

時間拉長，並在運送過程以防水套等保護方式減少水分殘餘與附著的機會。

2. 建議架設吹灰器等裝置避免煙氣出口轉角處堆積大量飛灰，減少應力對腐蝕之影響。
3. 不改變整體設計前提下，可考慮在飛灰易堆積處觸媒不以再生方式延壽，改以新觸媒作替換較符合經濟效益。



圖 1 觸媒支撐材局部破裂情形



圖 2 觸媒表面局部飛灰沉積，呈緩降坡堆積

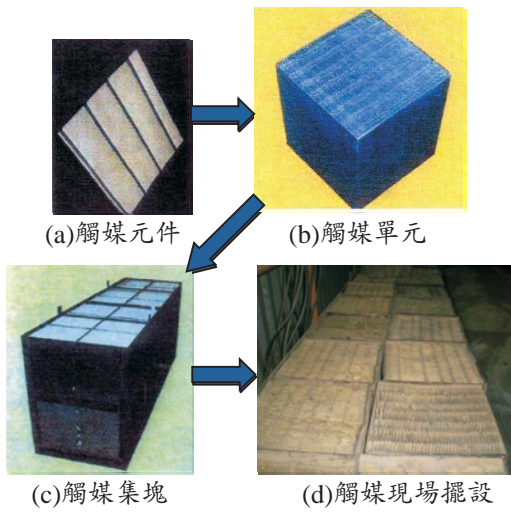


圖 3 選擇性觸媒反應器示意圖

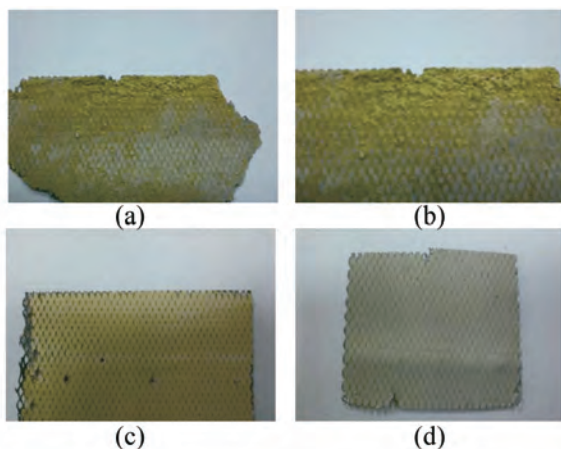


圖 4 不同觸媒狀態表面觀察

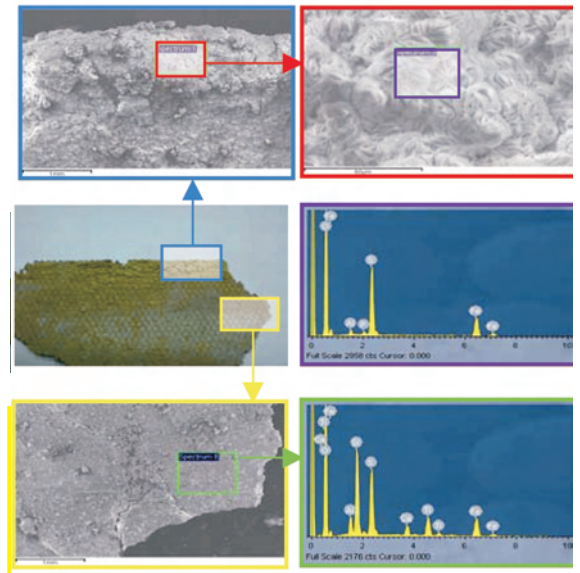


圖 5 觸媒表面不同位置表面觀察

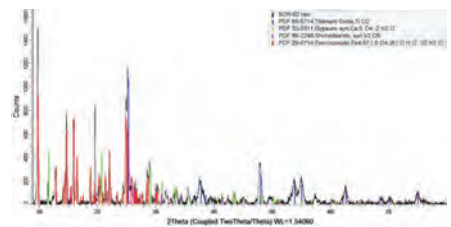


圖 6 表面沉積物 X 光繞射分析結果

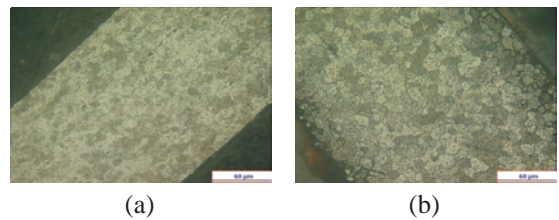


圖 7 全新與再生前觸媒支撐材剖面金相組織

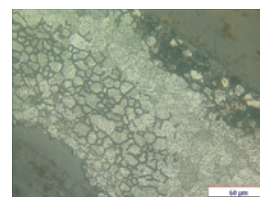


圖 8 破損觸媒支撐材剖面金相組織

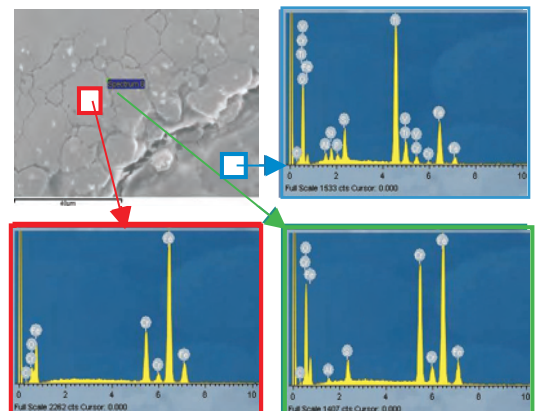


圖 9 破損觸媒支撐材剖面分析