

# 電力研究簡訊

## Power Research Newsletter

105年第3季 (105.07 No.101)

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

### 目錄

#### 研究計畫成果

- 一、區域電網計畫財務效益及經濟效益評估研究.....1
- 二、新社先導型IEC 61850智慧變電所規劃與建置.....2
- 三、需量反應措施統計系統建置研究.....4
- 四、中九機LP L-0葉片COVER SEGMENT龜裂肇因分析.5
- 五、閃化蒸氣水份回收整合應用及煙氣水份回收之可行性研究.....7

**台灣電力公司**  
 使命：以合理成本及友善環境的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力。  
 願景：成為卓越且值得信賴的世界級電力事業集團。  
 經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

## 研究計畫成果

### 一、區域電網計畫財務效益及經濟效益評估研究 (電力經濟與社會研究室：余長河)

#### (一) 研究背景、目的、方法：

本公司過往為滿足高度經濟成長所需的用電，除電源開發外，興建電網之輸變電計畫亦為國家重大建設之重點項目，且涉及與電網相關之建設計畫都併入輸變電計畫中興辦，其區域範圍含蓋全國各地之系統網路新(擴)建工程、特高壓大用戶工程、電廠電源線工程及其他有關輸變電設備工程，因此造成輸變電計畫越來越龐大(如圖1所示)，形成一個全包裹式計畫的編列方式。

鑒於過往輸變電計畫係以全包裹式方式辦理，工程數量動輒2~300項以上，區域遍布全台各地，是故其投資計畫效益評估內容與計算方式自是以整體電網角度為主要考量，反觀解裂後之區域電網計畫係著重在滿足區域性之供電需求及改善供電瓶頸、強化運轉可靠度方向規劃，單一計畫之工程數量大幅降低，其視野與角度自是與全系統不同，因此極需發展一套適合區域電網計畫特性之效益評估方式，並就經濟、財務等構面具體量化評估計畫之成本及效益。

本研究就可行性研究計畫一般須具備之內容及項目，訂定較具深入、專業、量化之衡量數據指標，俾供未來研訂「區域電網計畫可行性研究報告」時之重要參考依據。

#### (二) 成果及其應用：

1. 完成歐盟、美國等3家以上電力公司有關電業輸變電投資計畫考量因素、工程需求模式、成本效益分析、風險評估方法及相關配套作法等資料蒐集。
2. 研提台電公司輸變電收入占比(整體輸變電系統/區域電網)之合理估算方式，以合理評估區域電網計畫之增加售電收入效益。
3. 完成「台電公司區域電網計畫之財務及經濟效益評估模式」之建置，俾利執行「區域電網計畫可行性研究報告」所需相關評估內容。
4. 完成「台電公司區域電網計畫成效分析」案例報告乙份。
5. 完成變電所多目標使用效益評估分析。
6. 完成「台電公司區域電網計畫成效分析施行辦法」草案乙份。
7. 完成「台電公司區域電網計畫之財務及經濟效益評估」通案適用之電腦程式及人性化友善操作介面，且區域電網模擬計算模式適用台電公司PSS/E軟體(如圖2所示)。
8. 提供政府審查「區域電網計畫可行性研究報告」之Q&A題庫，俾利審查說明之用途。

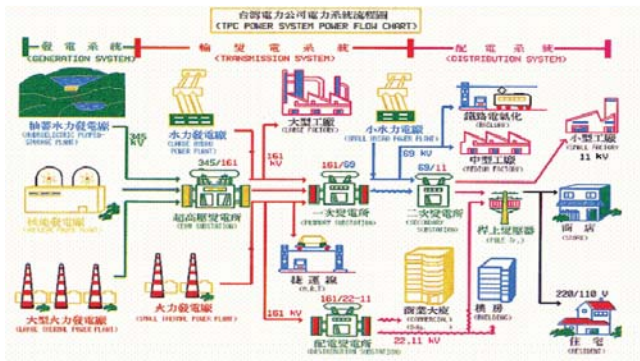


圖 1 台電公司電力系統流程圖



圖 2 區域電網效益評估軟體介面主畫面

## 二、新社先導型 IEC 61850 智慧變電所規劃與建置

(電力研究室：廖政立、蒲冠志、林哲毅、陳思瑤)

### (一) 緣起：

IEC 61850 為電力自動化通訊網路及系統的國際標準，此標準之技術內涵含資料模型、資訊交換服務、通訊協定及規劃配置等議題；應用範圍含電業之變電所、分散式能源、水力及風力發電等，甚至未來的自來水業和瓦斯業自動化領域。本文介紹以應用 IEC 61850 標準功能來建置一個配電變電所自動化監控系統的案例。本計畫在供電處(含台中供電區營運處)及綜研所合作下，先從完成基礎實驗室之建置了解 IEC 61850 標準開始，再完成現場新社先導型 IEC 61850 變電所之建置案。

本案為全功能 IEC 61850 智慧變電所的實現。目前世界各國已有許多變電所自動化系統採用 IEC 61850 標準部分功能的建置案例，而採用 IEC 61850 標準全部功能的建置案例則尚不普遍。本案以原始 IEC 61850 標準各部 (Part) 規範為依據，調查及實驗已認證具互通性之不同廠家的硬體設備及軟體系統。經採購規範訂定、討論修正、採購評審、測試驗收等程序，以有限經費所建立的新社 D/S 全功能先導型 IEC 61850 標準智慧變電所，支援新版 IEC 61850 標準資料模型及服務與相關通訊協定(含 IEC 61850-9-2)，並實作伺服器 (IED) 端變電所量測、保護、控制等功能，及建立監控人機介面系統於控制室，也可在台中供與綜研所端監控系統。

IEC 61850 標準是智慧電網重要核心標準之一，本計畫可當推行本公司智慧電網基礎建設之先導及部分參考。

### (二) 系統規劃：

新社先導型 IEC 61850 變電所為全功能 IEC 61850 系統標準實現。根據 IEC 61850 知名專家 Christoph Brunner 的說法，基於 IEC 61850 標準的變電所自動化系統，若以對一次變電所設備 (Primary Substation Equipment) 介面來定義的話，可分為兩種型態：

IEC 61850 標準變電所有兩種典型的類型：

1. 部分功能實作 IEC 61850 系統 — 只有 Station Bus。
2. 全功能實作 IEC 61850 系統 — 包含 Station Bus 及 Process Bus。

大部分國內外應用初期導入以部分功能實作 IEC 61850 系統為主，通訊主要以 IEC 61850-8-1 具高速點對點對等 GOOSE 訊息通信交換及客戶端-伺服器 (Client-Server) MMS 通信。以實體銅線連接 CT/PT 到 IED 類比輸入端、CB 輔助接點到 IED 光隔離輸入端、IED 二進制輸出到控制點 (如斷路器跳脫線圈或變壓器電壓切換器接點開關)。變電所內設備間之通信以 Ethernet 網絡架構進行訊息交換。

至於全功能實作 IEC 61850 系統，以國內外應用現況來講目前還不算很普遍，此系統含完整全面的 IEC 61850 變電所保護及自動化通訊系統。使用 Station Bus (IEC 61850-8-1) 及 Process Bus (IEC 61850-8-1 和-9-2)。實體銅線只用於直流或交流電源、CT/PT 二次側到合併單元 (MU)、以及斷路器的輔助觸點和跳脫線圈到斷路器 IED。

新社先導型 IEC 61850 變電所規劃初期，經過相關單位開會討論後，系統架構及實作功能規劃示意圖如圖 1 及圖 2：

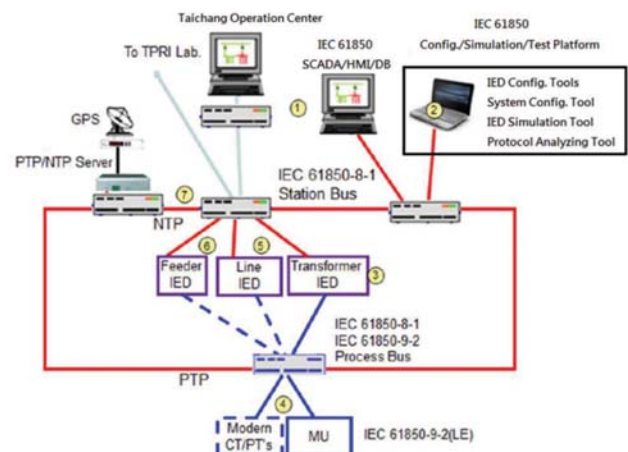


圖 1 新社先導型 IEC 61850 變電所系統架構示意圖

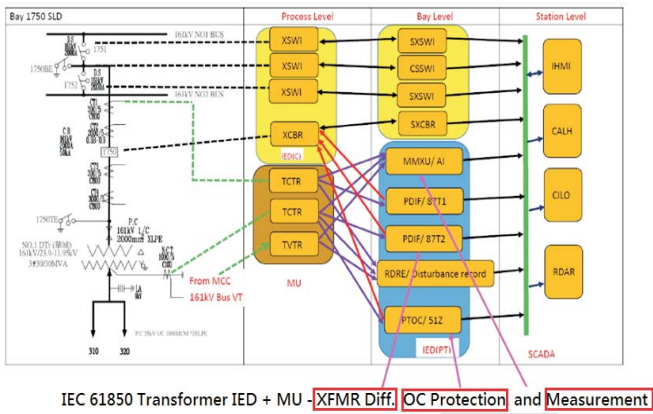


圖 2 變壓器保護實作功能規劃示意圖

(三) 系統實作建置與測試：

本系統依序完成實驗室設備與系統規劃測試、

現場管線佈設、新社 D/S 外部 Ethernet 線路申請及測試、實驗室 Bay Level 設備機櫃組裝初步組裝測試及運送、停電申請現場設備接線測試、驗收及複驗等程序。因研究需求，目前系統於新社 D/S、德義 D/S 資控組及綜研所三地皆可操作監視此系統。整個系統實體設備配置架構圖如下圖 3 所示。新社先導型 IEC 61850 計畫中有多顆 IED 用來作保護、GOOSE 信號的傳遞測試。為避免影響原系統之引起誤跳脫，電流訊號皆從 CT2 引接，主要驗證 IEC 61850 特性、保護邏輯，不執行實際跳脫功能。本計畫選擇新社變電所 CB 1510 作輸電線保護（過流、差動）、CB 1750 作變壓器保護、CB 310 作饋線保護。Process Bus 有引接 6 組 Merging Unit (4 組 SAM600 CT、2 組 SAM600 VT)，彼此以串聯方式連接，MU 可透過光纖傳遞 IEC 61850-9-2 LE 格式的電壓、電流訊號至保護電驛。

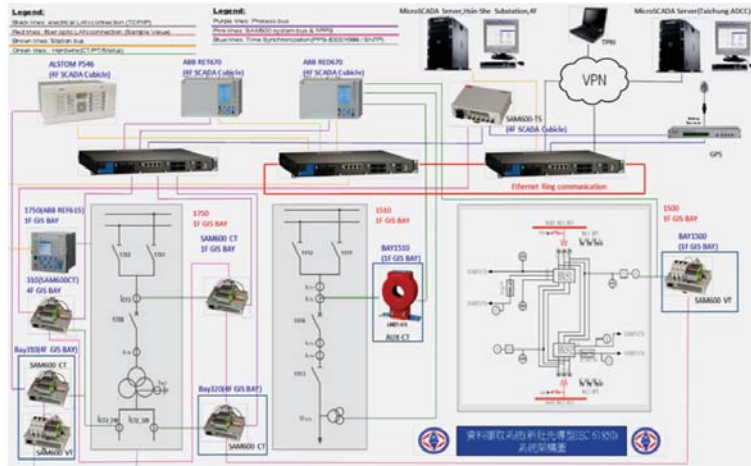


圖 3 新社先導型 IEC 61850 變電所系統架構示意圖

在監控主機上之 SCADA 監控畫面所有選項實作，是依照系統規畫之功能來設計，包含有主監控

畫面（如圖 4 所示）系統架構圖、報表、趨勢圖、事件表列、模擬、警報等等。

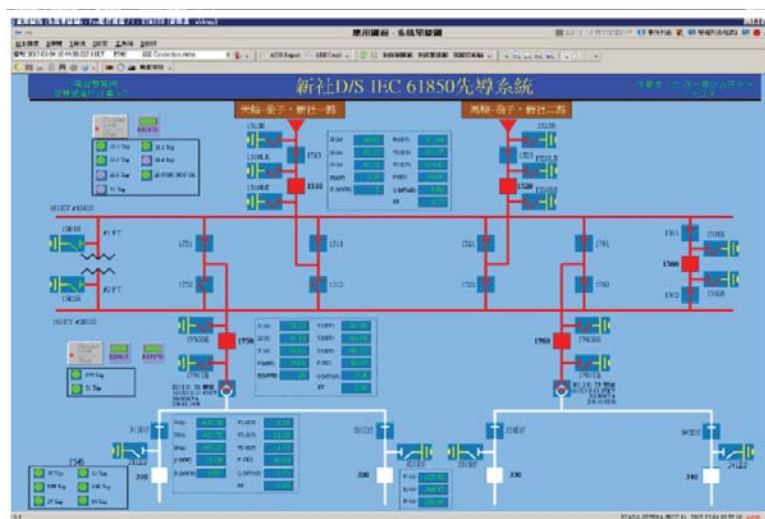


圖 4 新社先導型 IEC 61850 變電所 SCADA/HMI 畫面

#### (四) 總結：

在相關單位共同合作及協助下終於完成建置包括含有合併單元設備在內的 IEC 61850 變電所自動化系統，實現不同廠家的設備資訊之互通性及實作 IEC 61850 技術下之控制、監視和保護功能。本計畫

是智慧電網智慧發電與調度構面項目之一，公司推動 IEC 61850 角色並不是趕時髦順應電力系統自動化通訊標準之趨勢而已，而是要提早克服智慧電網資訊互通性的挑戰，以因應後續能順利推動智慧電網任務，達成國家能源政策綱領目標。

### 三、需量反應措施統計系統建置研究

(負載研究室：楊新全、王金墩)

#### (一) 研究背景與目標

台電公司於 104 年 6 月前提供各區處使用之減少用電措施系統係以現行公司所推出之減少用電措施方案開發而成，然系統有以下幾項主要缺點：

1. 未與新電費核算開票系統 (NBS) 資料介接，致用戶基本資料未能及時更新。
2. 未與 AMI 資料庫連結，致各項統計資料之匯入需經由人工操作耗時費力，且亦無法統計新措施績效所採用之基準線 (Baseline) 計算資料。
3. 未有圖形化介面功能。
4. 未具總體成效評估功能。

基於上述背景及隨著 ICT (Information Communication Technology) 技術的進步，加上借鏡國際需量反應措施之進展，需要建置一套支援台電公司近期將大幅修訂之新減少用電措施方案之資訊系統，藉由新系統來改變績效統計方式、減少人工作業、加強圖形化功能及進行更為有效的績效評估。

本研究需要達成之研究目標：1. 建立「需量反應措施統計系統」並能與 NBS 及 AMI 資料介接，自動匯入如基準需量及扣減電費等相關資料；2. 建立每月需量反應措施用戶之選用明細與執行情形資料庫；3. 建立每月需量反應措施用戶之區處別及行業別等資料庫；4. 整合資料庫產出關聯式圖表，並能進行總體績效評估；5. 完成系統測試與實際上線運作，並使該系統具操作彈性以因應各項修訂需求；6. 配合業務處「需量反應措施」方案修訂(含新增需量競價措施)需求建立相關功能。

#### (二) 系統功能架構及範例畫面



圖 1 系統功能架構圖



圖 2 範例畫面—用戶選用設定與維護

#### (三) 結論與建議

##### 1. 結論

###### (1) 及時支援新方案的業務運作

本研究案於 104 年 6 月啟動後，即迅速開發了相關之用戶選用與執行情形維護功能以支援各區處使用者進行新減少用電管理方案之推廣與實施的管理；台電公司因得到及時的資訊系統支援，使得業務之管理與運行得以順利進行。

###### (2) 具體提供方案修訂之成果分析

本研究在 104 年 11 月期中報告時，即將 104 年度各方案的執行成果加以統計，並提出幾點重要觀察予業務單位，供其進行方案修訂的佐證參考。業務單位於 105 年初提出了新方案的修訂，並於 105 年 3 月公告實施。

###### (3) 建置自動化之成本效益分析功能

往年每個年度的減少用電方案執行完畢後之成本效益分析，皆由業務處提出委託研究服務，由綜研所電經室協助進行成本效益分析研究。此效益分析需要會計處及供電處提供所需之燃料成本及供電量等相關資料，才得以完整地彙整及統計；本研究案將此效益分析的統計作業建置成自動化的系統功能，透過前置作業的準備（機組淨尖峰能力、燃料成本、供電量、維修紀錄等等），即可由本系統從日常維護的資料中，自動產生成本效益分析表。

##### 2. 建議

###### (1) 與 AMI 系統自動介接：建議由 AMI 系統統一

提供函數呼叫，提供外部各相關系統所需之用戶需量相關資訊。如此各系統除了可達到資料的一致性外，更可大大提升各項作業效率，甚而有機會改變為更合理、更理想與更有效率的作業流程。

- (2) 與 NBS 系統介接之改善建議：目前與 NBS 是單向的資料介接 (NBS→需量反應措施統計系統)，介接的是用戶基本資料以及每個月 NBS 開票後的實際扣減金額；104 年新的方案導入 CBL 後，現況應有許多的改變。建議可與 NBS 系統一同檢討，是否由其將所需資料全數納入，再交換予「需量反應措施統計系統」，如此將可大大減少區處同仁兩方作業，重覆輸入的問題。
- (3) 成本效益分析前置需求資訊的改善建議
  - A. 燃料成本：系統進行成本效益分析所需之燃料成本資料，目前由會計處提供 Excel

檔案，由人工檢視後，再手動鍵入「需量反應措施統計系統」。建議未來可提供結構性的檔案由系統進行匯入，以避免人為操作。

- B. 機組維修紀錄：系統進行成本效益分析所需之供電量資料，已由供電處提供結構性的 Excel 檔，透過「需量反應措施統計系統」提供的匯入功能進行匯入。但是機組維修紀錄則為不具結構性的工作紀錄說明，機組是否處於維修狀態、維修的時段(開始日期時間，以及結束的日期時間等)等的認定，十分困難；建議未來亦可委請調度處將處於維修狀態的機組資料(該小時無法補足至發電淨尖峰能力者)提供結構性的電子檔，供「需量反應措施統計系統」載入，如此不僅可避免認定的錯誤，亦提高了工作的效率。

## 四、中九機 LP L-0 葉片 COVER SEGMENT 龜裂肇因分析

(能源室：陳瑞麒、鍾秋峰、唐文元)

### (一) 研究背景：

台中電廠 9 號機低壓汽機運轉僅 7 年即發生 3 次末級動葉片 Cover Segment 龜裂事件，為確保機組穩定運轉及減少運轉壓力，必需尋求其龜裂肇因及改善對策。本研究針對低壓汽機之末級動葉片及軸碟等部位進行幾何尺寸量測及實體模型建立，然後進行 FEM 應力分析，由分析結果找出 Cover Segment 發生龜裂的肇因，並進行 Cover Segment 尺寸微調分析以降低其應力值，避免龜裂問題再度發生，影響機組運轉安全。

### (二) 研究內容：

針對低壓汽機末級動葉片進行應力分析，圖 1 是低壓汽機末級動葉片細部構造，圖 2 是低壓汽機末級動葉片之 Cover Segment。首先依照原廠的幾何模型(定義為模型 1)進行離心應力分析，再依現場實際的幾何模型(定義為模型 2)進行應力分析，依據分析結果比較其差異性，同時判斷 Cover Segment 龜裂的肇因。接著再針對 Cover Segment 的尺寸進行各種微調，企圖降低其應力值，以解決 Cover Segment 龜裂的問題。

欲進行有限元素模擬分析必須先取得其實體幾何模型，而這些資料無法由原模型中提供，因此必須利用逆向工程的方式來獲得。由於整圈的末級動葉片共有 94 片，葉片與葉片間利用 Cover Segment 連接在一起，因此只須建立整圈末級葉片 1/94 的模型即可，圖 3 是末級動葉片的實體模型。有了動葉片之三維實體模型後，接著再將其網格化，圖 4 是整體組合在一起的網格模型。葉片根部、插銷和軸

碟間、葉片頂部和 Cover Segment 間、葉片中段凸出的 rod 和 sleeve 間均採用 Contact Pair 邊界條件。轉軸兩側端面採固定邊界條件，整個 1/94 圈的模型利用 Cyclic Symmetry 的技巧進行分析，轉速為 3600 RPM。

Cover Segment 所受應力的來源可分為 3：第 1 為 Cover Segment 本身受到旋轉離心力而產生；第 2 為葉片受旋轉離心力後會產生徑向的伸長，如圖 5 所示，整圈葉片頂端的圓周長度也跟著伸長，因此 Cover Segment 就會被沿著切線方向拉長而產生應力；第 3 為葉片受旋轉離心力後還會產生 untwist 的現象，如圖 6 所示葉片會產生順時鐘旋轉，因此 Cover Segment 就會被沿 tenon 凸出的方向拉長而產生應力。

由分析可知，受力來源 1 可藉由降低 Cover Segment 的重量來減少其所受應力，但必須考慮葉片自然頻率的變化，不可使自然頻率落入共振區。受力來源 2 和 3 可藉由調整 Cover Segment 與葉片間的間隙來減少其所受應力，而這個方式則有多種做法。第 1 種改善方案是將 2 個空心 tenon 加長 0.5 mm，如圖 7 所示，定義此模型為模型 3，分析結果如表 1 所示。此法預留了一點空隙，讓 Cover Segment 被拉長時有緩衝的作用，確實可有效降低空心 tenon 的應力。第 2 種改善方案是切除部分 Cover Segment 的體積，如圖 8 所示，定義此模型為模型 4，分析結果如表 1 所示。此法降低空心 tenon 應力的效果有限。第 3 種改善方案是將 Cover Segment 的寬度加寬 1 mm，如圖 9 所示，定義此模型為模型 5，分析結

果如表 1 所示。此法亦可降低空心 tenon 的應力。第 4 種改善方案是將 2 個空心 tenon 與葉片孔洞的間隙（靠出汽側）加寬 0.5 mm，如圖 10 所示，定義此模型為模型 6。分析結果如表 1 所示。此法同樣預留了一點空隙，讓 Cover Segment 被拉長時有緩衝的作用，因此可有效降低空心 tenon 的應力。

表 1 各種分析模型 Cover Segment 的 4 個 tenon 根部最大主應力比較表

	tenon 根部最大主應力 (MPa)			
	空心 tenon 靠入汽側	空心 tenon 靠出汽側	實心 tenon 靠出汽側	實心 tenon 靠入汽側
模型 1	520	892	205	1057
模型 2	673	693	174	874
模型 3	352	495	134	963
模型 4	570	683	420	916
模型 5	470	566	141	901

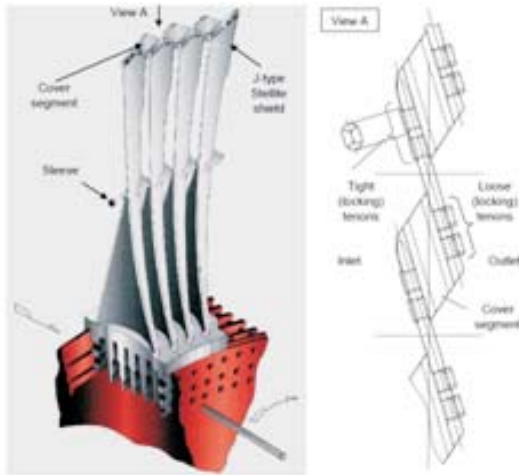


圖 1 低壓汽機末級動葉片細部構造圖



圖 2 低壓汽機末級動葉片之 Cover Segment



圖 3 低壓汽機末級動葉片 1/94 實體模型



圖 4 低壓汽機末級動葉片、軸碟及轉軸網格模型



圖 5 模型 2 Cover Segment 受旋轉離心力

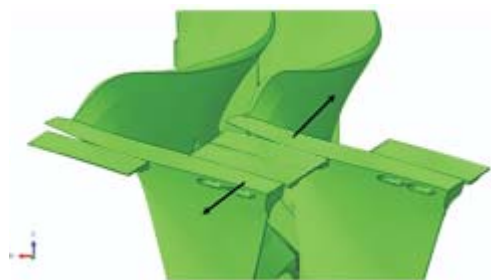


圖 6 葉片受旋轉離心力後產生而變形 untwist 現象 (順時鐘旋轉)



圖 7 模型 3：空心 tenon 加長 0.5mm

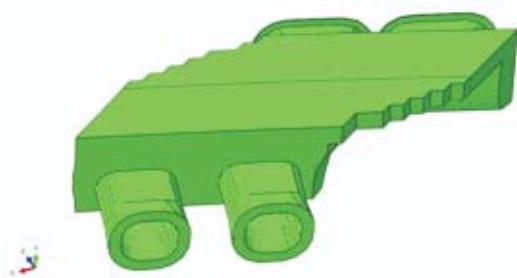


圖 8 模型 4：切除部分 Cover Segment



圖 9 模型 5：將 Cover Segment 寬度

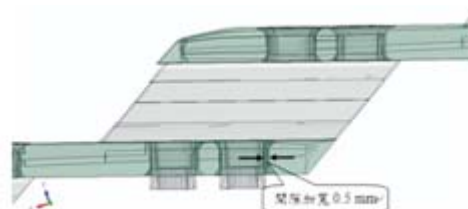


圖 10 模型 6：2 個空心 tenon 與葉片孔洞間加寬 1mm 隙加寬 0.5mm (靠出汽側)

### (三) 主要結論：

4 種改善方案的分析可知，第 1 種改善方案效果最好，第 4 種改善方案次之。本研究 Cover Segment 龜裂的肇因是由於靜態應力過高，再加上振動應力的作用，產生高週次疲勞 (High Cycle Fatigue)，最終導致壽命耗盡而產生龜裂。本研究的解決之道便是同時採用上述的第 1 種和第 4 種改善方案，可有效降低空心 tenon 的靜態應力，而達到延長壽命的效果。同時這種方法既不用改變 Cover Segment 的幾何形狀，也不用改變其材質，只要在安裝 Cover Segment 時預留一點間隙即可，是最簡單而實用得方法。

## 五、閃化蒸氣水份回收整合應用及煙氣水份回收之可行性研究

(化學與環境研究室:傅弼豐、曹志明)

### (一) 研究背景、目的、方法：

大潭發電廠發電機組係複循環機組，鍋爐沖放水經閃化槽 (Flash Tank) 釋壓後液相部分經一次冷卻、過濾及二次冷卻後回收作為除礦水廠造水之水源，惟因鍋爐沖放水處於高壓高溫狀態，閃化後近半數轉變成蒸汽排入大氣。本研究的目的即在於進行回收方法及效益的可行性評估。研究過程於大潭電廠建置閃化蒸汽之水份回收試驗設備，評估各式水份回收試驗設備之回收效能及成本，以及將產水進一步純化作為系統補給水之可行性。有關閃化蒸汽排放口之狀況及回收試驗設備配置分別如以下圖 1 與圖 2 所示。

### (二) 成果及其應用：

本研究評估各式試驗設備之回收效能及成本，以及將產水純化作為系統補給水之可行性。為進一

步提升整廠用水回收率，也將進行煙氣水份回收的效能及成本評估，重要結論如下：

1. 為了降低熱交換程序的成本，研究過程也試圖不用冰水機，而僅應用環境的冷空氣來進行閃化蒸汽水份回收試驗，試驗結果顯示，其中以殼管式和板式成本較低，每噸水之回收用電約需 230 度，回收水之水質可達 20 uS/cm 左右，且回收成本也比用冷水機回收較低。
2. 為進一步整合再生能源以節省回收成本以提升回收效益和應用的可行性，故構思由再生能源供電之閃化蒸汽水份回收系統，因深具新穎性與產業進步性，故委託專利事務所辦理專利申請，該新型專利已於 103 年 7 月獲准取得。
3. 於大潭發電廠 1 號機進行煙氣中水份回收試驗，使用板式熱交換器直接進行氣冷式熱交換，結果

顯示回收水水質偏酸性，主要是少量硫酸根及硝酸根離子存在的關係，回收水的電導度約 60 uS/cm 左右。

4. 綜合試驗結果所示，不論是用冰水機或只是用環境空氣來進行閃化蒸氣水份回收，其回收成本皆相當高。因為閃化蒸氣排出皆屬間歇性操作，且



圖 1 大潭電廠之閃化蒸氣排放口

大潭發電廠發電機組係複循環機組，鍋爐沖放水經閃化槽 (Flash Tank) 釋壓後液相部分經一次冷卻、過濾及二次冷卻後回收作為除礦水廠造水之水源，惟因鍋爐沖放水處於高壓高溫狀態，閃化後近半數轉變成蒸氣排入大氣。如圖 1 所示。

其位置在電廠廠區多屬偏遠地區，導致配電及維護成本偏高，使水份回收效益不易彰顯，如能利用獨立型再生能源供電，配合程序控制器，因應有蒸氣排出時再行運轉，有效率的利用再生能源以達到水回收及節能減碳的目標。



圖 2 閃化蒸氣水份回收試驗設備

閃化蒸氣水份回收試驗設備試驗設備，建置的目的在以評估鍋爐沖放水閃化蒸氣之回收可行性及建立自有回收技術，有關閃化蒸氣排放口之狀況及回收試驗設備配置分別如以圖 2 所示，回收系統組成包含蒸氣取樣管路配管、殼管式蒸氣回收試驗單元、板式蒸氣回收試驗單元、噴灑式蒸氣回收試驗單元、薄膜蒸餾蒸氣回收試驗單元、恆溫冰水循環機、回收水計量單元、資料擷取系統、線上水質監測系統、電源主控箱及用電記錄單元。

有關專利申請說明如下：

一種由再生能源供電之閃化蒸氣水份回收系統，其具有：一第一再生能源供電模組、一充電電路、一第一電池組、一第二電池組、一交流電產生單元、一程序控制器、以及一閃化蒸氣水份回收模組，其中該閃化蒸氣水份回收模組係依該第一再生能源供電模組之供電操作，且該程序控制器係依一溫度感測信號控制該閃化蒸氣水份回收模組以回收閃化蒸氣水份。



圖 3 專利證書 (新型 M481981)