

# 電力研究簡訊

## Power Research Newsletter

101年第1季 (101.01 No.83)

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、用過核子燃料在緩衝/回填材料與裂隙圍岩間熱傳輸現象之數值分析

(能源室：陳景林、張庚甲) (化環室：郭麗雯、曹志明)

本研究主要係利用 TOUGH2 軟體，探討廢料罐在深層處置場的飽和狀態下，對近場環境多重障壁之三維熱-水力耦合作用之影響。本研究之多重障壁系統係由下列單元所組成：(1)廢料罐包封容器(2)緩衝材料(3)回填材料(4)開挖擾動帶(5)母岩。

研究內容方面共分為二部份：(1)數值模擬、(2)實驗參數量測及驗證。數值模擬方面首先就  $t/t=40m$ 、 $c/c=10m$  近場環境區，分析其飽和後之熱-水力耦合作用的溫度場，結果顯示飽和後其膨潤土溫度場分佈均符合 SKB 之標準。另外就緩衝材料、回填材料、母岩及 EDZ 等進行靈敏度分析，結果顯示緩衝材料及母岩對膨潤土溫度場之影響較大，尤其是緩衝材料的影響最大；然回填材料及 EDZ 對膨潤土溫度場之影響甚微可予忽略。在實驗方面首先進行膨潤土試體的壓製；密度、孔隙率、水力傳導係數及膨潤土溫度場之量測。最後將飽和後膨潤土溫度場之量測值與數值模擬值進行驗證。

主要之結論及建議事項如下：

1. 日興土在常溫狀態下，水力傳導係數為  $7.83 \times 10^{-11}$  m/sec；實驗溫度  $80^\circ\text{C}$  時，水力傳導係數增加為  $3.18 \times 10^{-10}$  m/sec。研究顯示水力傳導係數會隨著溫度而增加，但增加的幅度並不大。

2. BH 膨潤土為鈉型膨潤土，其塑性較高且回脹能力也遠大於日興土，因此進行管柱滲透試驗，觀察流量達到穩定所需時間更長。
3. 乾燥加熱狀態下 BH 膨潤土試體內溫度分佈情形，以最靠近熱源（廢料罐）處之溫度梯度最大，並隨距離增加而溫度梯度漸減。
4. 熱/水力耦合狀態下已觀察試體 32 天，於浸入水中 6 天內溫度分佈於靠近熱探針處有微量變化，6~9 天時試體溫度降低情形較為明顯，但仍以接近熱探針處較易觀察得到，至浸水 10 天以後，膨潤土試體內部溫度分佈情形恢復穩定，不再出現顯著變化。
5. 針對緩衝材料、回填材料、母岩及 EDZ 進行靈敏度分析，結果顯示其影響程度依序為緩衝材料 >> 母岩 >> 回填材料及 EDZ；回填材料及 EDZ 因對於膨潤土之溫度場影響甚微，可不予考慮。
6. 利用熱-水力耦合實驗，俟達到穩態狀態後，與數值分析相較其最大誤差為 8.2%，主要原因係實驗用膨潤土試體係圓柱型，然因 TOUGH2 的功能限制，故模擬時計算區域係選取六面體型元素。

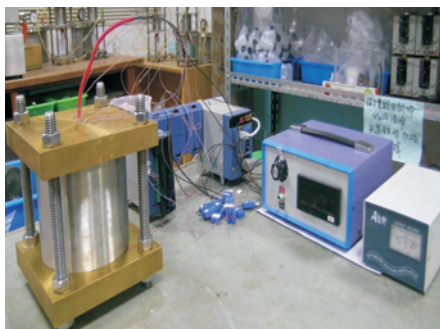


圖 1(a) 膨潤土暫態溫度分佈量測圖

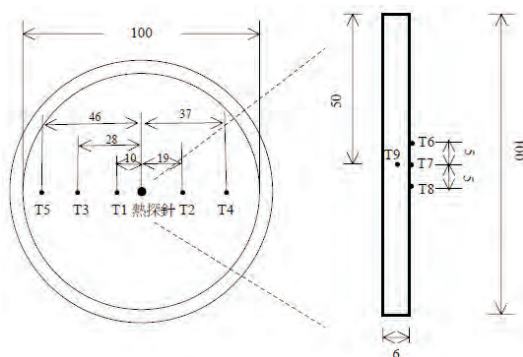


圖 1(b) 試體內部及熱探針不同位置埋設熱偶計細部圖

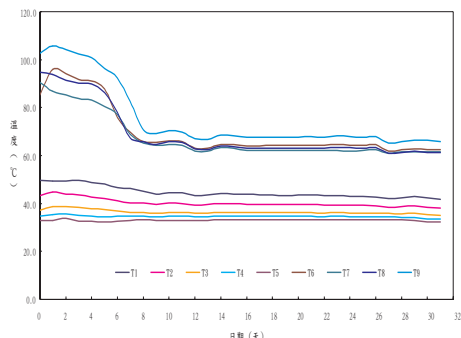


圖 2(a) 熱/水力耦合作用下 32 天各熱偶計之溫度歷時曲線

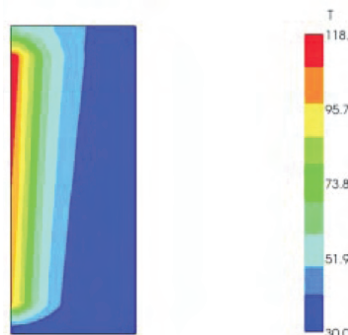


圖 2(b) 膨潤土飽和後溫度分佈圖

## 二、台電公司經營電動車充電站策略研究

(電力經濟與社會研究室：陳隆武、黃義協)

### (一) 研究背景與目標：

由於全球暖化與氣候變遷的影響，溫室氣體減量已成為各國的政策重點，而交通部門的二氧化碳排放量在各國都占有很大比例，因此一直是各國想要積極減量的部門，電動車具有零排放特性的，有助於降低交通部門二氧化碳排放，同時減少空氣污染，因此受到全世界高度的關注。

除了電動車本身的技術研發、成本、性能等條件是發展的關鍵因素，相關充電設施基礎建設也是推廣電動車的必備條件之一，而建置充電設施所涉及的範圍相當廣泛，包含政策推動、市場需求、法規建立、規格標準、營運模式、充電技術發展、通

訊軟體系統、回收機制、財務分析、經濟效益評估、衍生服務商機等等。

行政院於 2010 年通過「智慧電動車發展策略與行動方案」，規劃未來 6 年將投入 97 億元推動智慧電動車產業發展，其中前 3 年將推動 3,000 輛先導運行，並結合台電與中油等國營事業共同投入示範運行，由政府投入 25 億元資金。先導運行計畫共分成先期研究 (Phase 0) 與先導運行專案 (Phase 1)，先期研究 (Phase 0) 重點在市場趨勢、技術可行性、營運模式可行性與先導運行提案研究。先導運行專案 (Phase 1) 則實際於運行區域依所規劃的營運模式導入電動車運行。

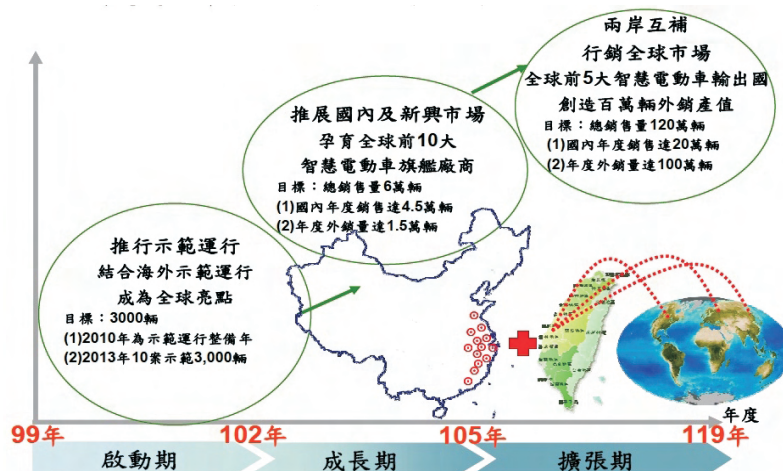


圖 1 我國智慧電動車發展 Roadmap (智慧電動車發展策略與行動方案)

經濟部規劃之「智慧電動車發展策略與行動方案」，智慧電動車示範運行總投入經費為 70.35 億元，提案單位負擔 45.18 億元 (64.2%)，中央政府補助款約為 22.77 億元(32.4%)，國營事業 2.4 億元 (3.4%)，由國營事業 (中油、台電) 負責充電站設置或編列預算建置充電站。此外，行動方案亦推估智慧電動車 114 年銷售量 25 萬輛，保有量累計達 150 萬輛，隨著電動車的推廣，充電設施與車輛使用可能影響國內電力系統與負載型態，電力公司需預先規劃因應。

(二) 研究步驟：

本研究首先蒐集與分析歐洲、美國、日本及中國等國家或地區之發展處理經驗及最新應用發展，探討各國電動車推廣政策與產業發展策略、充電設施形式、獎勵優惠措施及經營模式之規劃與經驗與遭遇的困難，並蒐集國內外電動車示範運行方案相關之規劃與設置資料。

參考各國電動車發展處理經驗及最新應用與充電服務衍生商機，配合國內環境與政府政策探討國內電動車發展與推廣規劃與相關期程，評估充電技術與充電站市場需求，分析財務、人力資源、政策因素、風險管理與充電站計費及營運機制，並比較不同的營運模式，提出台電公司短、中、長期策略，評估電動車充電站因應方案。

(三) 研究結果：

充電站事業的組成，包含了充電設備的研發、設置、維護、經營；以及電力供應與電網的支援；且需有合適的設置場所；甚至其他次要因素，如電池的回收處理與充電站資訊管理平台的架設與其他資訊服務提供。除供電義務之外，本研究評估參與充電站經營的兩種方式，一為合資成立一合資事業，協助充電站的所有者進行充電站的建置與後續的維護；以及以合資方式成立合資事業進入充電站的經營。

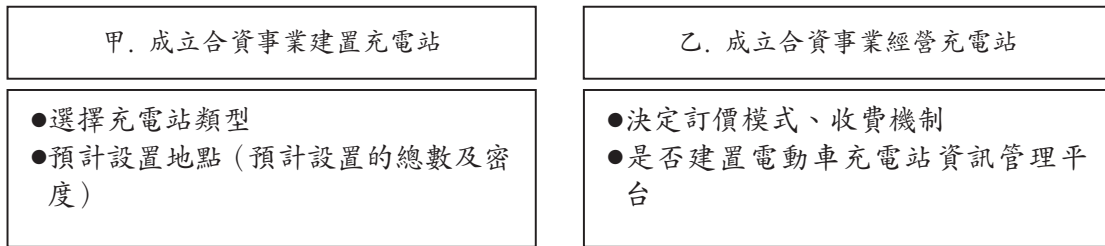


圖 2 台電公司回應電動車充電站產業發展的策略選擇

由於電動車產業的未來發展仍有相當高的不確定性，且目前台灣尚未有任何營運實績資料，本研究就假設情境下建立模型，並依充電設備、充電站

類型與計價方式等進行財務模擬分析，將來可以配合政府電動車先導運行計畫蒐集營運資料，再修訂充電設施經營模式可行性評估。

表 1 各式充電設備優劣比較表

		慢充式充電	快充式充電	電池交換式
優點	充電業者	1.設備價格低 2.規格較易統一 3.供電穩定且充足 4.操作簡單	1.較省時，可服務較多用戶 2.相關商機豐富 3.設備較易統一 4.操作簡單	1.較迅速，服務數量多 2.可利用夜間充電，增加夜間發電效益 3.回收後電池其他應用
	用戶	電力供應穩定而充足	較省時、可應付突發狀況	最省時
缺點	充電業者	1.充電耗時過久，服務數量有限 2.充電安全問題	1.設備價格較高 2.對電網要求較高，需有較大投資，對台電而言可能不利，此部份成本也可能轉嫁到充電站廠商 3.充電安全問題	1.需準備與各車廠、車型對應的電池與設備 2.每座造價最高達 100 萬美元 3.電池新舊、安全性問題
	用戶	1.充電耗時較久 2.充電安全問題	1.電池損耗問題—電池壽命將自 10 年縮短為 3 年	1. 電池新舊、安全問題 2. 有換不到電池的風險

表 2 各類型充電站比較表

		充電柱	充電站	電池交換式充電站
優點	充電業者	1.投資少 ●設備價格低 ●佔地面積小 ●人力資本少 2.後續規格較容易統一 3.可廣設於停車場、住宅區 4.人工操作簡單	1.相關商機豐富 2.設備較易統一	1.電池更換迅速，服務數量較多 2.可利用夜間充飽電池，增加夜間發電效益
	用戶	1.不必考慮充電柱與車輛的匹配問題 2.容易自行操作	1.可順道享受充電站週邊設施	1.三者之中最省時的方式
缺點	充電業者	1.需考慮漏電、設施損壞等問題處理	1.投資成本較高 2.充電安全問題 3.徵地成本高 4.設置地點有限	1.需準備各式各樣電池與設備 2.電池新舊、安全性問題 3.每座造價可達 100 萬美元 4.人工更換的技術要求高
	用戶		1.服務地點可能受限	1.電池新舊、安全性問題 2.有換不到電池的風險

表 3 從量計價與會員制收費之優劣比較

	從量計價制度 (以電力當作交易之物本)	會員制 (以充電設備使用作為交易之物品)
販售物主體	只販售電力	出售充電設備使用權
收費單位	以充電量計價	對應使用距離量每月定額收費
收費體系	以量計價	每月定額
商業模式	駕駛當場計算確定所需支付金額，充電站按使用率收費。	駕駛每月支出固定費用，充電站由每月會員所收月費基金定額分配。
優劣分析 1	符合使用者付費原則。	使用者可較安心，不用擔心充不到電。
優劣分析 2	車流量較少之處的充電站無法具經濟性，造成充電站之設置點無法擴大，限制電動車可利用之區域。	適用於充電站的維持費用佔成本的比率高的情況（利用電力額度契約金），此共有制度才有可能使業者願意在可能利用率較低的場所設置充電站。真正擴大充電站之設置，擴大電動車可利用之區域。

### 三、電廠應用石灰石加速風化技術進行二氧化碳封存先期研究

(化學與環境研究室：楊明偉)

石灰石加速風化 (Accelerated Weathering of Limestone, AWL) 法是一種二氧化碳捕獲與封存技術 (圖 1)。該技術是利用石灰石與水做為原料，使石灰石 (碳酸鈣) 與水以及二氧化碳反應，轉換成鈣離子與碳酸氫根離子，將二氧化碳封存在海洋水體中。本研究以石灰石風化反應的熱力學和動力學為基礎，深入探討了 AWL 法捕獲與封存二氧化碳的可行性、效率、能耗與成本、原物料來源、以及

對環境的可能衝擊等。研究結果表明，風化反應的熱力學 (溶液中的鈣離子濃度與 pH 值) 和動力學 (碳酸鈣溶解速率) 是影響 AWL 法捕獲與封存二氧化碳可行性與效率之關鍵因素 (圖 2)。通過綜合分析這些影響因素，在不增加電廠原有冷卻用海水取用量之假設下，本研究提出的 AWL 法二氧化碳捕獲與封存技術總成本約 1,417~3,953 元新臺幣/噸·CO<sub>2</sub>；石灰石原料的消耗約 0.2~1.54 噸石灰石

／噸·CO<sub>2</sub>；海水用量約 1,843~3,885 噸海水／噸·CO<sub>2</sub>。

如以 AWL 技術來捕獲一部 550 MW 之亞臨界燃煤機組所排釋之二氧化碳，其石灰石原料的消耗約 2,228~17,156 噸／天；海水用量約 21~43 百萬噸／天。值得關注的是，相同容量之機組所取汲之冷卻用海水量僅約為 3 百萬噸／天。AWL 所需之程序水須另外建設龐大的取水泵與管道，相關建設的成本與取水之能耗將使前述之成本大幅上升。在不計海水取汲管道落差之前提下，為了取汲大量海水進入 AWL 反應器所需的電能即達 250~350MW，已佔去該機組淨輸出的 45~63%。由於此法的主要能耗與成本來自於提取海水的能耗，大量引用海水的能量消耗、酸化之海水大量排釋至大海與相關的環境衝擊更是值得深思。

長期而言，海水系統中碳物種分佈將回歸於熱力學之平衡狀態。因此，當海水離開 AWL 反應器後，海面上二氧化碳的氣相分壓將小於水體內二氧化碳之分壓，海水中溶解的鈣離子可能會再結合成碳酸鈣而沉澱，而二氧化碳也會再逸散到空氣中。因此，此方法並未真正將氣相中的二氧化碳永久轉化成其他含碳的化合物，只是於反應器內暫時的轉移氣液相的平衡點。

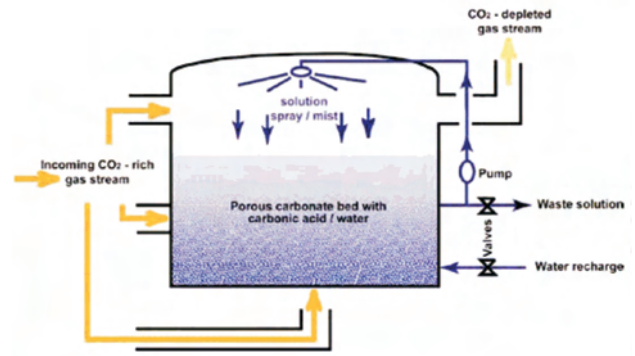


圖 1 石灰石加速風化反應器簡圖

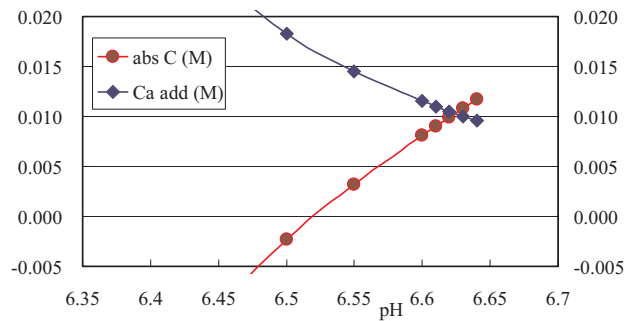


圖 2 AWL 反應酸鹼度、石灰石添加量與二氧化碳吸收量之關係圖

#### 四、電力設備停電審修排程系統開發之研究

(負載研究室：楊新全、王念中)

##### (一) 研究背景與目標：

台灣電力供應隨著國民所得的提升，產業結構的調整與生活型態的改變，供電品質已經逐漸成為評估民眾滿意度與台電公司經營績效的重要指標，協助台電審修人員迅速判斷停電原因並且提出問題解決方案，為停電審修系統建構主要工作。

現行停電審修作業方式係由各維修單位利用電腦登錄停電需求，電力調度人員再進行後續審核作業，在資料處理與審修時效上均有提昇的空間。停電時間往往是依據維修單位的經驗判斷，調度人員無法精準判斷停電需求時間的合理性，若能將以往停電事故檢修或停電維修的發生原因與時間進行記錄，並系統性地加以統計分析，設計作業處理的標準程序，建立各項維修作業的合理檢修維護時間，可以有效改善維修部門人力調派合理性，達到提升供電品質之目標。目前電力系統模擬軟體 (power system simulator / engineering, PSS/E) 與審修電腦作業為獨立運作系統，兩者資料無法相互整合與運用，如何使審修作業人員在停電需求的審查過程，可直接藉由介面轉至 PSS/E，由 PSS/E 啟動電力平衡計算機制，將各周邊單位的電力負載與預測模型數據透過程式介面傳回審修電腦系統中，以提高審修作業人員停審作業之效率，也是一項重要

的工作。

因此，本研究從以往歷史資料研判停電審修作業需求或事故的可能成因，分析停電審修及停電事故因素，並利用停電作業關聯性與結合資料探勘技術，運用排程相關演算法則，從停電審修資料庫尋找並分析關聯影響狀態與因素，建構一個整合性停電審修作業系統，快速精準判斷停電原因，掌握審修作業排程，提升審修作業之效率。

本研究的目的是如下：

1. 建立發電廠及變電所等電力設備分層、分類與分級之管理機制。
2. 建立可迅速判斷停電時程互斥性與共同性之機制。
3. 建立審修排程管理資訊系統，以強化決策分析管理功能。
4. 整合台電公司相關資訊系統，提高各系統間資料關聯性與附加價值。

##### (二) 研究步驟：

本研究計畫進行如圖 1 所示，首先蒐集停電審修相關資料，訪談相關管理及作業人員，將收集到的資料進行分析，並建立電力調度單位網狀邏輯距離數學模型及電力設備分層分類與分級管理數學模型。依照訪談人員提出的使用需求，進行系統功能分析與資料

流及資料庫設計，進而撰寫系統程式。在系統完成之後，針對系統功能進行測試與修正，亦對於相關作業人員提供教育訓練，使得電力設備停電審修排

程系統可以更加完善，讓相關作業人員可在短時間內熟悉本系統。

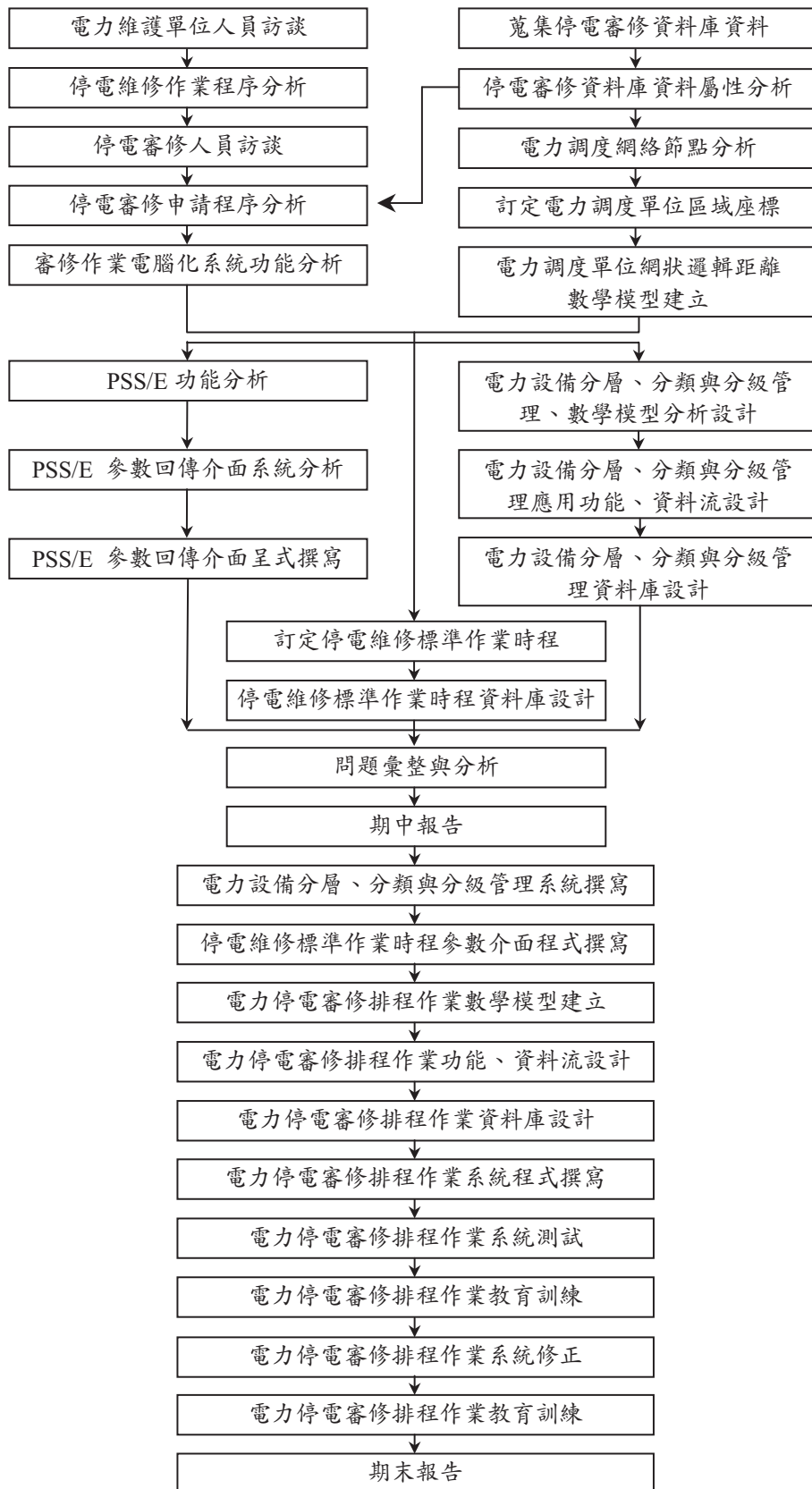


圖 1 研究流程圖

本研究利用 C#程式語言並結合電力系統設備  
 審修管理系統 (Power system facility maintenance  
 management system, 簡稱 PMS) 內的 Oracle 資料

庫, 設計一個 Web-base 電力停電審修排程系統, 該  
 系統包括三個主要功能: 參考工時統計系統、PSS/E  
 系統分析及電力審修排程系統 (參見圖 2 與圖 3)。



圖 2 電力停電審修排程系統案件查詢



圖 3 電力停電審修排程系統工時查詢

(三) 結論與建議:

本研究從參考工時統計與查詢系統、PSS/E 軟體參數回傳介面系統、電力審修排程系統歸納出下列結論:

1. 參考工時統計與查詢系統方面
  - (1) 建立設備分類項目, 比較各項設備維修之筆數, 瞭解設備維修之頻率及逐年變化之趨勢, 提供未來建立維修機制之參考。
  - (2) 統計歷年來各項設備維修工作之參考工時, 提供審修人員對於維修單位所提案之預定工時是否合理, 以提升人工審修之效率。
  - (3) 參考工時之統計可隨著資料筆數逐漸增加, 予以適時修正參考工時, 提高參考工時的準確度, 該項功能有利於未來進行維修指派人力調度之參考。
  - (4) 參考工時系統提供最近一次維修資訊之查詢, 透過該項查詢功能亦可避免在短時間內進行重覆性的維修工作, 以降低用戶之抱怨。
2. PSS/E 軟體參數回傳介面系統方面
  - (1) 建立 PSS/E 與 PMS 兩系統線路之配對表, 透過此配對表讓兩系統線路之間轉換, 促使審修作業處理效率提高。
  - (2) 提供線上審修系統之 PSS/E 相關功能, 透

過此功能使審修人員於作業時, 無需再另外開啓 PSS/E 軟體進行操作。

- (3) 提供線上審修系統之修改後 Sav 檔與分析資料下載功能, 透過此功能使審修人員能將操作過程中所變更資料與分析結果下載保存使用, 以利未來如有問題方便尋找出資料問題所在。
3. 電力審修排程系統方面
  - (1) 電力審修排程系統藉由樹狀圖延伸特性, 提供停電需求端點活線數量查詢, 管理單位可以依據停電需求線路端點的活線數目作為整體風險評估。
  - (2) 電力審修排程系統依據 PMS 停電需求資料自動繪製出幹線圖各個發電廠或變電所周邊的連線情形, 藉由整體性線路狀況提供即時的幹線網路資訊。
  - (3) 本系統直接由 PMS 所提出的停電需求線路自動解析至線路維護資料庫檔案, 可與現場人員所填寫的線路同步, 不會造成線路資料庫維護的困擾。

本研究的建議如下:

1. 參考工時統計與查詢系統方面
  - (1) 本研究計畫中, 參考工時系統統計使用之資料來源為 PMS 系統 2000 年至 2010 年之資料, 有些案件已是 10 年前維修之案

件。因此，除了天候、地形等因素影響維修工時之外，維修「施工方法」的改進及「使用工具」的更新，都會影響維修工時。建議繼續追蹤、比較雨後維修案件之規劃時間、實際完成時間及統計之參考工時等資料間之差異及變化情形。

- (2) 參考工時系統中，為了配合將來設備擴充情形，建置一項「設備分類項目維護」功能。唯參考工時系統使用之統計資料是目前 PMS 系統中 Oracle 資料庫之「停止要求書」及「停止設備」二個資料表，統計使用之設備分類項目均來自上述二個資料表。建議從源頭的 PMS 系統進行「設備分類項目」之維護，然後再進行參考工時系統「設備分類項目」之維護，以維持「設備分類項目」之一致性。
- (3) 目前 PMS 系統「停止要求書」資料表之「工作內容」欄位內容，使用之用語較無

一致性，在分類統計時「工作內容」之「其他」項筆數較多，未來如果能對各別的「工作設備」定義出更明確的維修「工作內容」，並建立一致性用語，在分類統計上會有更精確之結果。

## 2. PSS/E 軟體參數回傳介面系統方面

- (1) 目前 PMS 系統與 PSS/E 兩系統之線路資料尚無合適線路配對表資料，造成兩系統交叉使用時必須倚賴經驗做判斷。未來期望可建立出統一線路配對資料，藉此降低線上分析系統所分析之結果誤差率。
- (2) 由於 PMS 系統之線路資料為即時更新狀態，但 PSS/E 系統之線路資料則為定期更新狀態，因此兩系統間線路資料會些許差異，期望未來可於 PMS 系統更改線路資料時，可以馬上提供於 PSS/E 系統進行線路修正，藉此降低兩系統之間線路資料不吻合。

# 研發與試驗活動

## 參加台英智慧電網產業技術交流會議

(電力研究室：楊金石)



為促進台灣與英國之間智慧電網技術、產業與應用等三方面交流，舉辦「2011 台英智慧電網產業技術交流會議」，於 2011 年 11 月 14 日（星期一）上午 9 點半假臺大醫院國際會議中心 202 會議室舉行。此次會議匯集台英雙方電力技術方面的產、學、研單位，英國部份邀請了 British Trade & Cultural Office (BTCO)、SmartGrid GB、Cable & Wireless、UK Energy Research Centre (UKERC)、University of Manchester、Queen's University of Belfast、University of Strathclyde 等，台灣部分邀請了中原大學、台經院、台電、工研院、資策會、核研所、大同公司、中興電工、亞力電機、華電聯網、華新儀表等與會。

本次會議首先由英國貿易文化辦事處冷東需 (Sam Leng) 組長介紹英國參訪團的團員，而後由 Dr. Aidan Rhodes (UKERC)、楊金石主任 (台電綜研所)、Prof. Vladimir Terzija (University of Manchester)、梁佩芳組長 (工研院)、Dr. Luis Ochoa

(University of Manchester)、金愷群組長 (資策會)、Prof. Haifeng Wang (Queen's University of Belfast)、陳彥豪副秘書長 (智慧型電網產業協會) 以及 Prof. David Infield (University of Strathclyde) 等 9 位專家分別針對英國與台灣智慧電網產業概況現況、前景與技術應用進行演講交流。

其後雙方並就智慧電網調度計畫、電動車發展情形、離岸風力發電規模與期程、再生能源推廣現狀、資通訊安全、碳捕獲與封存計畫以及核能發展情況等議題進行熱烈討論。希望能確定各種不利因素，積極尋求解決途徑以期盡早推動，為台英雙方產業創造商機。下午並簽署合作備忘錄 (MOU)，建立台灣智慧型電網產業協會及英國智慧電網協會間之合作關係，以創建一個於產業、政府、大學及研究機構間，用來交流及共同研究的具體平台，共同促進台灣及英國雙方在智慧電網跟專利技術領域的合作及發展。