



研發試驗年報 (113 年度)

2024 Research & Testing Annual Report

台電公司綜合研究所
Taiwan Power Research Institute
Taiwan Power Company
2025 年 6 月

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。

目錄 (Contents)

一、研發試驗架構	5
二、研究發展主要成果	6
(一) 數位轉型與經營管理	
1. 電力系統滲透測試案例及防禦應用研究	6
2. 以 PLEXOS 模型為基礎之年度電源運用計畫探討	8
3. 因應能源轉型之電價成本分攤方法研究	12
4. 金門低碳島供需資源整合之研究：以推動低碳社區為例	16
5. 低壓用戶參與電力資源聚合之可行性研究	18
6. 售電服務大數據應用與創新服務研究	22
(二) 環境保護與循環經濟	
1. 智慧型水下監測系統建置可行性研究	26
2. 總餘氯處理技術研究	28
3. 以人工智慧判讀電廠水面泡沫生成結合自動化消泡可行性評估	30
4. 飛灰固態吸附劑用於碳捕集技術效能評估	32
5. 減碳技術園區微型測試區：固態吸附製程餘熱分析整合與製程放大評估 ..	34
6. 減碳技術園區微型測試區：溶劑吸收法氣提程序改良研究	36
7. 以錳基材料製備低溫 SCR 脫硝觸媒之研究	38
8. 細粒化底灰作為飛灰替代材料之可行性研究	40
9. 燃煤電廠混燒木質顆粒飛灰作為混凝土摻料性質分析	44
10. 鹽田水鳥保育 ESG 推動方案可行性分析	46
11. 水下無人載具於底棲生態調查之應用	48
(三) 低碳發電與能源預測	
1. 因應未來大量再生能源發展之大型（輸電級）儲能應用	50
2. 應用於企業專網下之智慧型天線研析	52
3. 風機塔柱及葉片損壞監測與噪音監控	54
4. 電廠餘氫再利用技術可行性評估研究	56
5. 訓練所高雄訓練中心綠能智慧教育訓練園區規劃與建置	58
6. 高溫型燃料電池併網整合技術與料源純化研究	60
7. 新能源產業情資調查	62
8. 彰濱太陽光電發電預測系統之建立	64
9. 可快速部署之風力發電預測技術開發	66
(四) 用戶服務體驗與電能管理	
1. 配電規劃資訊系統結合配電級再生能源可併容量查詢系統暨網頁化	68
2. 家庭智慧電表、水表、瓦斯表三表合一資通訊系統建置分析研究	70
3. OpenADR 2.0b VTN 與 VEN 資通訊系統整合介接實作	72
4. 家庭微電網 HEMS 整合 OpenADR 與 TaiSEIA 通訊協定建置開發研究	76

5. 自動需量反應 OpenADR 2.0b VEN 與能源管理系統程式 API 介面開發研究	78
6. 符合 OpenADR 2.0b 標準用戶端軟體嵌入式系統移植開發研究	80
7. 封印鎖管理機制探討與管理系統建置之研究	82
8. 次世代配電圖資功能發展研究	84
9. 用戶用電設備設計資料應用 BIM 技術增進圖資交付與電腦輔助法規檢核之研究	88
10. 高壓用戶需量反應特性查詢系統研究	90
11. 輸電級圖資資料自動化處理機制精進	92
12. 整合電動車之虛擬電廠商業模式試驗研究	94
13. 儲能需量反應試驗與效益分析	96
14. 智慧電網結合 AMI 數據分析違規用電行為可行性研究	100
15. 整合新興分散式資源應用於電力調度之技術規範研析	102
16. 暫態特徵之非侵入式家電負載解析平台開發與商業化試驗	106
17. 再生能源導入下系統失載機率與負載調整之研究	110
18. 太陽光電結合儲能計量及再生能源電表數據應用擴充之研究	112
19. 再生能源電源高占比時段之負載提升需量反應機制研究	114

(五) 智慧電網與監測診斷

1. 探討 ROCOF 電驛功能於金門 SPS 與低頻卸載機制之研究	118
2. 高再生能源占比系統之電力潮流分析及故障電流計算方式研究	120
3. 發電機組針對電壓驟降忍受度之研究	124
4. 儲能系統對配電饋線最大可併網容量之衝擊分析	126
5. 運用廣域量測精進低頻卸載機制	128
6. 應用網路分析技術於台電電力系統脆弱性之可行性研究	130
7. 固態技術於電力系統之發展與應用	132
8. 電力系統慣量研析與技術發展	136
9. 提升電業管理之前瞻通訊技術導入可行性研究	138
10. SDON 架構應用於電網可行性研究	140
11. IEC 61850 設備測試精進研究	144
12. 正、複導體電纜遮蔽層之接地系統採對稱或不對稱交錯接地之影響	146
13. 整合再生能源與負載量測資訊之配電系統監測與運行應用研究	148
14. 台電輸電系統使用行波保護電驛技術應用之研究	150
15. 塔基監測應用衛星傳輸之可行性研究	152
16. 智慧電表用戶端通訊系統 (Route B) 檢測之研究	154
17. 前瞻通訊模擬系統研究	158
18. TIP / O-RAN 設備測試架構及測試方法之研析	160
19. 5G 系統耗能研究	162
20. 4G/5G 對電廠營運安全評估之研究	164
21. DCDAS 及下游設備精度優化機制之研究	166

22. 台澎海纜事故處置操作模擬驗證暨解聯暫態研究	168
23. 微電網的接地有效性需求分析	170
24. 電動載具充電相關通訊標準研析與實作	172
25. PV 資通訊測試與整合應用研究	174
26. DER 資通訊檢測開放式資源平台研析	176
27. 大型光電案場環境監測與整合平台之建置與應用	178
28. 5G 專網資安防護評估研究	180
29. 分散式再生能源併網對配電系統線路損失之影響	182
30. 利用電力品質儀診斷大型光電案場變流器之應用研究	184
31. 高空電磁脈衝對台灣電網設備影響之評估	186
32. 廣域量測系統於適應性保護機制之應用研究	188
33. 再生能源併網熱區諧波潮流追蹤及應用研究	190
34. 基於實際案例之再生能源逆送電對電力變壓器影響之風險評估	192
35. 供應科學園區四足型機器人變電設備智慧巡檢及異常診斷預測研究	196

(六) 發電營運與調查規劃

1. 台中電廠七號機 BFPT 第一級動葉片斷裂之力學分析	200
2. 大林電廠 CWP 動葉輪之力學分析	202
3. 大林六號機發電機冷卻水管路振動分析與改善評估	204
4. 大潭 501F GT 第 4 級動葉片之力學分析	208
5. 外部負載變化對大潭電廠 GT 轉軸轉速影響之研究	210
6. 南部電廠二號機 CWP 泵軸裂損肇因分析	212
7. 台中發電廠七號機汽機材料壽齡評估	214
8. 台中發電廠八號機汽機材料壽齡評估	216
9. 台中發電廠五號機汽機材料壽齡評估	218
10. 南部發電廠西門子機組非金屬膨脹接頭選用標準制定	220
11. 新通霄電廠一號機高溫材料微觀組織資料庫建立	222
12. 林口電廠二號機鍋爐管路組織及劣化分析評估	224
13. 發電鍋爐評估診斷監測系統開發研究	226
14. 南部火力發電廠 #1 號機熱回收鍋爐劣化追蹤研究	228
15. 鍋爐材料金相深度學習影像辨識模型之建立	230
16. 林口電廠爐管狀態監測系統建置研究	232
17. 實驗室煤質燃燒技術之建立	236
18. 煤質燃燒動力學暨氣相產物之實驗研究	238
19. 發電鍋爐運轉效能即時優化模式之建置與分析	240
20. 超超臨界燃煤鍋爐燃燒流場模擬分析技術建立	242
21. 天然氣混氫燃燒模擬技術之建立	244
22. 塔山電廠智慧監診計畫	248
23. 林口電廠進水渠道流場對蝶閥閥盤之受力驗證研究	250
24. 冷卻水與潤滑油溫度控制器開發研究	252

三、試驗業務摘要報導

(一) 化學綜合試驗與環境檢驗 254

(二) 燃料、油料與氣體試驗 256

(三) 高電壓試驗 258

(四) 電度表、變比器及相關計量與保護設備試驗 260

(五) 儀器校驗、檢修、電驛維修與電量標準維持 262

(六) 電力設備試驗 264

四、研發活動

(一) 專利申請 266

(二) 發表之論文 272

(三) 技術服務 278

(四) 與國外技術交流 282

(五) 綜合研究所統籌全公司研究計畫項目 292

一、研發試驗方向與展望

全球暖化與氣候變遷的影響日益加劇，極端氣候事件頻繁發生。2024 年已成為有紀錄以來最熱的一年，全球平均氣溫首次超過工業化前水準 1.5°C 。近期，美國加州遭遇歷史性野火肆虐，而台灣 2024 年年均溫亦創下自 1897 年有紀錄以來新高，六個百年測站的平均氣溫達 24.97°C ，較歷史均值高出 1.66°C 。此外，台灣在 2024 年遭受三個中度以上颱風侵襲，包括強烈颱風凱米、登陸高雄的山陀兒颱風，以及自 1958 年以來最晚登陸的康芮颱風，這些颱風皆帶來強降雨與嚴重災害。這些現象凸顯了氣候變遷帶來的風險與挑戰已迫在眉睫，不容忽視。

面對氣候變遷衝擊，國際間已加速推動減碳行動，各國須於 2025 年前提交 2035 年「國家自定貢獻 (NDC3.0)」目標，以加快減碳進程並接軌全球 2050 淨零排放目標。我國政府為回應全球減碳趨勢，於 2024 年 6 月於總統府成立「國家氣候變遷對策委員會」，統籌氣候政策，推動我國第二次能源轉型，並於 2025 年 1 月提出 2032 年減碳「 $32\pm 2\%$ 」及 2035 年減碳「 $38\pm 2\%$ 」新目標，以更積極減碳行動接軌國際。

為配合減碳新目標，政府提出「六大部門 20 項減碳旗艦計畫」，進一步強化減碳力度。其中，能源部門作為減碳關鍵領域，規劃「多元綠能發展」、「去碳燃氫」、「碳捕捉利用與封存 (CCUS)」、「科技儲能」等旗艦計畫，透過大規模發展太陽光電、離岸風電、地熱及小水力等再生能源，並推動氫能發電技術，加速減煤進程。此外，為確保高占比再生能源穩定供應，政府亦強化電網韌性與智慧調度，以提升再生能源併網穩定性，確保電力供應安全，實現減碳與能源穩定並行的目標。

在內外部趨勢影響下，台電作為台灣能源電力的主要供應者，面對極端氣候加劇、再生能源裝置容量快速成長、電動車普及，以及半導體與 AI 產業用電需求提升等多重挑戰，須以研發先行推動能源轉型，並聚焦於「淨零轉型」、「數位轉型」及「韌性調適」三大研發主軸，優先投入以下關鍵議題：

1. 低碳及零碳能源創新：開發多元綠能技術，加速地熱、氫能、碳捕捉利用與封存 (CCUS) 研發與落地應用，以實現能源結構低碳化。
2. 以數位化方式提升能源效率、設備可靠度與系統靈活性：導入 AI 強化火力電廠運維技術以提升發電效率，實施數位化資產管理確保設備可靠度，利用智慧化系統增強電力供需的調度彈性，打造靈活的現代再生能源電網。
3. 增強電力系統的氣候適應力與韌性：強化電網與電源之損害預防，減少停電事故，並提升系統復原能力，以確保極端氣候下的電力供應穩定性與持續運作能力。

此外，台電採用「5-5 研發投資組合策略」(50% 滿足公司營運需求、50% 發展前瞻技術)，以實現零碳永續目標。透過前瞻性技術研發與創新應用，台電不僅能提前布局淨零減碳所需技術，亦能在穩定供電、能源使用效率提升、與環境保護措施推行等業務發揮關鍵作用。

透過這些研發策略與落實行動，台電不僅為台灣永續發展貢獻力量，更將在全球淨零碳排轉型中展現負責任且具前瞻性的企業領導力，推動電力產業邁向更環保、更智慧的永續未來。

電力系統滲透測試案例及防禦應用研究

Power System Penetration Testing Cases and Defense Application Research

Abstract

This research project is based on the research on the construction of IEC 62351 power system robustness and compliance testing platform, further conducts vulnerability scanning and penetration testing, and extends the test objects from the original testing platform to energy storage information communication model control system and solar photovoltaic power generation system.

This test plan covers three areas: IEC 62351 power system robustness and compliance testing platform, IEC 61850 energy storage information communication model control system, and solar photovoltaic power generation system and smart monitoring platform. The IEC 62351 power system robustness and compliance testing platform is a specially set up information security testing environment. It is mainly used for functional verification and safety training of information security tools and is farthest from the real environment. The IEC 61850 energy storage information

and communication model control system is located in the laboratory and includes some simulation settings and some physical equipment, providing a test scenario between the real field and a pure experimental environment. The solar photovoltaic power generation system and smart monitoring platform is located on the roof of the second test building in Shulin District. Although it is small in scale, it is the test object closest to the real field in this case.

The test project includes two parts: vulnerability detection and vulnerability verification. Vulnerability detection uses SecDevice for comprehensive vulnerability scanning and detection, while vulnerability verification uses Metasploit to verify the attack feasibility of known vulnerabilities. Both systems (SecDevice and Metasploit) are installed on the same laptop and need to be connected to the local area network of each site for testing.

1 研究背景、目的、方法：

本研究案基於 IEC 62351 電力系統強健性及符合性檢測平台建置之研究，進一步進行漏洞掃描與滲透測試，並將測試對象從原檢測平台擴展至儲能資通訊模控系統及太陽光電發電系統。

本測試計畫涵蓋三個場域：IEC 62351 電力系統強健性及符合性檢測平台、IEC 61850 儲能資通訊模控系統、以及太陽光電發電系統暨智慧監控平台。IEC 62351 電力系統強健性及符合性檢測平台是一個專門設置的資訊安全測試環境，主要用於資安工具的功能驗證與安全訓練，與真實環境隔離最遠。IEC 61850 儲能資通訊模控系統位

於實驗室，包含部分模擬設置與部分實體設備，提供介於真實場域與純實驗環境之間的測試場景。太陽光電發電系統暨智慧監控平台位於樹林所區第二試驗大樓的屋頂，雖然規模較小，但為本案中最接近真實場域的測試對象。

測試項目包括漏洞檢測與漏洞驗證兩大部分。漏洞檢測使用 SecDevice 工具進行全面的漏洞掃描與檢測，而漏洞驗證則使用 Metasploit 工具驗證已知漏洞的攻擊可行性。這兩套系統 (SecDevice 與 Metasploit) 皆安裝於同一台筆記型電腦上，並需連接至各場域的區域網路進行測試。

2 成果及其應用：

本研究報告針對工業控制設備進行滲透測試及網路攻擊模擬，模擬駭客行為以評估資安防護強度。現有的自動化工具雖然可以偵測部分漏洞或弱點，但在執行進一步的攻擊、滲透及漏洞利用等複雜駭客行為上，仍然需依賴手動操作，且需要相應的環境支援。

本研究案基於 IEC 62351 電力系統強健性及符合性檢測平台建置之研究，引進滲透測試技術，進一步進行漏洞掃描與滲透測試，並將測試對象從原檢測平台擴展至儲能資通訊模控系統及太陽光電發電系統進行功能實測驗證，符合本案計畫目標。

本測試報告總結出在不同環境中，自動化與手動測試手段的有效性範疇。結果顯示，自動化工具雖然能夠在高度模擬的環境中發揮完整效果，但在真實或接近真實的場域中，仍需配合手動操作才能進行更進一步的攻擊或漏洞利用。因此，針對工控設備的滲透測試，必須因場域條件不同而靈活調整測試方式，以達成最佳測試效果。

在工控資安測試中，即使手動操作也可能難以成功滲透，也不意味著真實駭客也無法入侵，這反而更突顯出進行資安防護的重要性，如下所述：

1. 攻擊方法與技術持續進化：真實駭客往往具備更多資源、技術及創新手法，他們的攻擊可能並非本案的測試方法能

完全覆蓋。因此，儘管內部滲透測試有困難，仍無法排除存在更高風險的可能性，強化防禦能夠預防未來新型態的攻擊。

2. 提升系統防禦的韌性：縱使測試結果顯示滲透困難，但防禦措施的改進與強化能使系統具備更高的韌性，避免駭客利用未知漏洞或複合式攻擊手段進行攻擊。資安防護並非針對單一威脅，而是防範一系列潛在的風險。

3. 應對意外狀況的穩定性：工控系統通常擔負著關鍵性任務，若不強化防護，一旦發生資安事故將對業務或運營造成巨大衝擊。持續優化防護措施，即便無法完全杜絕駭客行為，也能在事件發生時降低損害，增強系統的持續運作能力。

4. 合規性與資安標準要求：資安測試與防護強化是工控系統合規性的重要部分，許多工控設備運行的產業都受到法規的監管，必須符合特定資安標準。透過持續進行防護措施，不僅確保系統符合標準，還能降低法律風險及合規成本。

綜上所述，資安防護的目的是建立一個多層次的安全體系，使工控設備在面對多種威脅時具備應變能力。即便現有的測試技術難以完全模擬真實駭客攻擊的複雜性，強化防禦仍是維護系統安全的重要環節，有助於減少風險並確保系統的長期穩定。

以 PLEXOS 模型為基礎之年度電源運用計畫探討

Establishment of Annual Power Resource Utilization Plan Platform with PLEXOS Model

Abstract

The annual power resource utilization plan is the basis for Taipower's power production and sales plan and fuel procurement plan. The net-zero emission policy, the development of renewable energy, and environmental protection restrictions all bring challenges to power resource planning and dispatch scheduling. In order to improve the annual power utilization planning process, this research establishes an integrated procedure and interface with PLEXOS software as the core, constructs the parameters and

constraints required for the power planning simulation, while considering the available fuels and resources of the year, along with environmental protection policies, the IPP unit contract, historical performance, load forecast, and various external constraints. Lastly, visualization tools of this project provide a comparison of the simulation results under different scenarios, and could assist in responding to future load changes or various policies affecting power utilization.

1 研究背景、目的、方法：

年度電源運用計畫為台電公司每年進行產銷計畫與燃料採購規劃的依據。近年來，在淨零轉型及環境保護的趨勢影響下，排碳限制、空品降載和擴大減煤等政策，以及大量再生能源的併網，限縮傳統發電資源實務調度的空間，使得年度電源運用計畫的產出難度隨之增高。

因應電源運用計畫所面臨的挑戰，目的在於優化既有規劃流程，建立以 PLEXOS 軟體為核心的完善規劃程序，針對台電公司現有電力資源之特性、限制，設計合用於 PLEXOS 軟體規劃模擬的模型參數及限制條件，精進現有年度電源運用計畫之排定方式，並將結果以資料可視化方式呈現，以利公司檢討

年度機組發電及燃料運用情境，確保年度電源運用計畫之合理產出。

整體而言，研究方法包括：國外電業整合資源規劃 (Integrated Resource Planning, IRP) 資料研析、電力供需資源之模型參數研析與建構、考量電力供需變化之年度電源運用計畫情境與系統模型建置、年度電源運用計畫排程結果及程式之分析及精進、排程結果可視化呈現、年度電源運用計畫排程程式介面與系統精進等。透過此方法與規劃，建立一套年度電源運用計畫整合規劃系統，優化台電公司事業計畫與燃料採購規劃程序與使用者介面，協助確保在能源與淨零轉型趨勢的同時，我國電力系統可維持供電充裕與可靠度。

2 成果及其應用：

1. 完成研析國外電業 IRP 程序規範、以及研析 6 個代表性電業 IRP 程序特點，由研析結果可知，加州之 IRP 制度相對嚴謹且完整，包括其由監管單位先進行參考系統規劃，再據以分配目標提供電業進行 IRP 規劃之作法，以及 IRP 結果提交規範與執行計畫追蹤機制，對於我國後續制訂相關規範具參考價值。在電業規劃程序方面，PacifiCorp 公司的 IRP 報告內容詳實嚴謹；TVA 公司在考量風險成本的不後悔決策與計分卡機制；HECO 公司強調孤島電網的輸配電整合規劃；南非由監管單位搭配國營綜合電業進行的 IRP 程序等，可供台電公司或其他電業未來研擬 IRP 規劃程序的參考。
2. PLEXOS 建模所需之變動性參數包括水力機組排程、再生能源發電曲線預測、負載曲線預測、機組發電限制等，須經由合理地推估或轉換，方能於模型中呈現。本研究已完成國外文獻研析，瞭解機組發電限制、水力機組年度排程模擬等之參數建構作法。參考國際作法與國內本土條件，針對負載、再生能源、不可調度水力、離島火力、以及不

同類型之汽電共生，建立對應之負載曲線與固定排程參數建構方法。此外，依據各項參數建構作法、以及台電對於使用者彈性調整參數、自定義限制式的需求，完成以 Python 為運算基礎之自動化程式，讓使用者得以透過程式將各單位原始資料、使用者輸入資料，轉換為 PLEXOS 模型所須之輸入檔，整合至年度電源運用計畫平台自動化程序中，優化資料處理與使用者設定流程。

3. 因應公司產銷規計畫與燃料採購規劃需求，本研究完成至 2025 年之年度電源運用計畫模型建置工作，如圖 1 所示，包括模型模擬期間所有發電資源項目與操作參數建置。其中模型特殊設定包含：(1) 大甲溪可調度水力，並考量包含枯豐水期；(2) 可以在年度中間重新排程，做滾動修正；(3) 複循環機組採切割模式建置；(4) 有強制待命機組容量設定與限制；(5) 使用者自定義限制條件，包括機組運轉限制、發電量限制、系統待命容量限制、燃料使用限制以及抽蓄機組啟動上限等，使模型模擬程序可確實反映未來發電資源實務調度情形與限制。



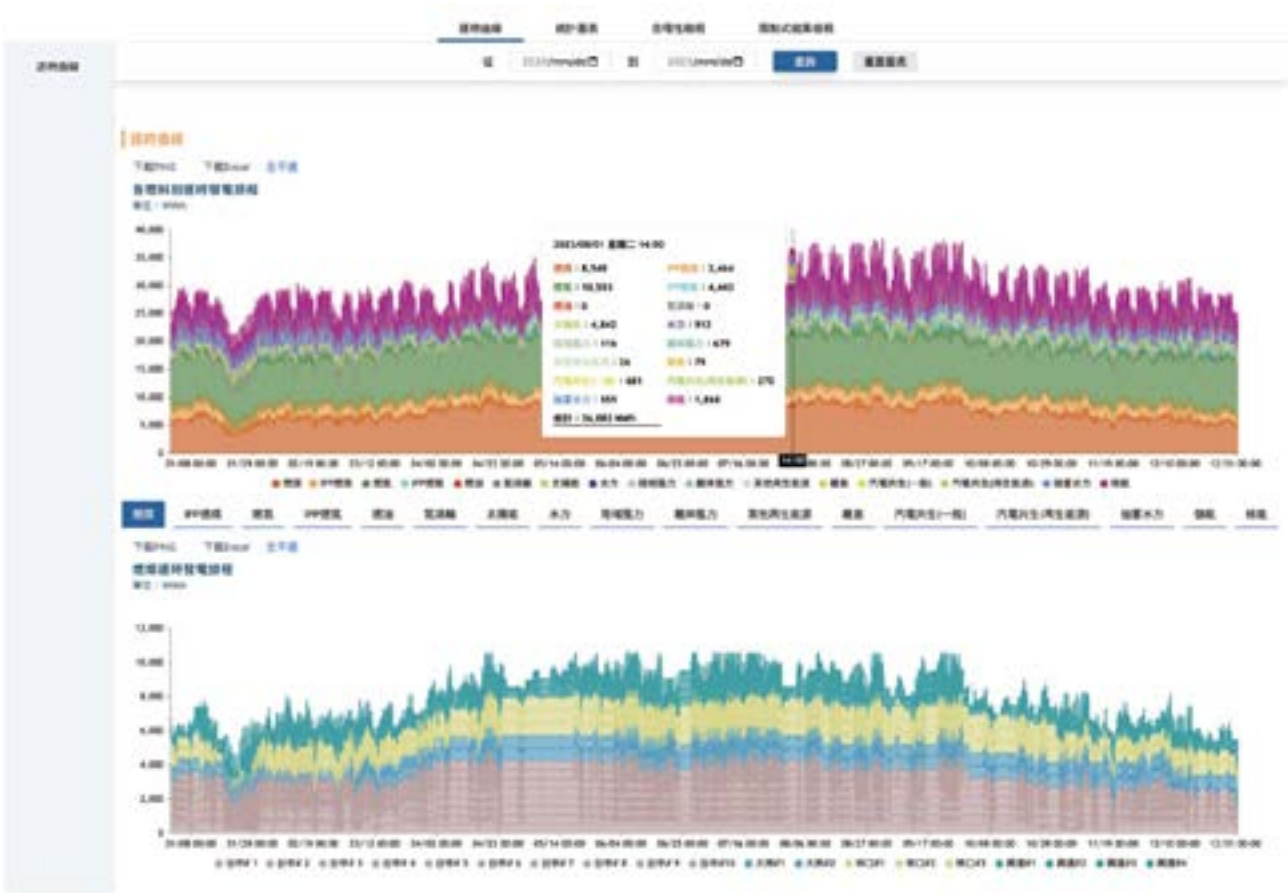
資料來源：本研究整理

圖 1 年度電源運用計畫模型

4. 基於第 3 點完成的模型，本研究探討高再生能源占比情境模擬、2023 年模擬值與實績值比較、2024 與 2025 年規劃模擬，搭配使用者平台，藉由發電逐時曲線、抽蓄與儲能逐時調度、發電量、容量因數、燃料使用量與碳排放量統計值、各項限制式違反情形檢視等項目，確保模擬結果的合理性。此外，本研究建立「經濟調度」與「環保調度」兩種情境分析邏輯。經濟調度以既有燃煤採購上限設定，環保調度則考量減煤趨勢，增加台中與興達燃煤機組的燃料成本。在經濟調度下，模型傾向讓燃煤多發電以降低系統成本，環保調度則因燃煤發電成本提高，產生減煤增氣的效

果，兩情境之分析結果可作為未來進行電源運用計畫評估時，機組發電量與燃料使用量規劃合理範圍的參考基礎。

5. 為便於使用者檢視並比較模擬結果，本研究將 PLEXOS 之排程結果透過統計圖表可視化的方式呈現，採用 Level of Detail (LoD) 的概念供使用者進行資料分層篩選，分為燃料別、電廠別、機組別等不同的細緻度，並搭配不同的時間維度（年、季、月、日、時）呈現（如圖 2）。可視化資料項目包含：圖表視覺化，以及產製事業計畫報表功能。而圖表視覺化又可分為四大類：逐時曲線、統計圖表、合理性檢視、限制式結果檢視。

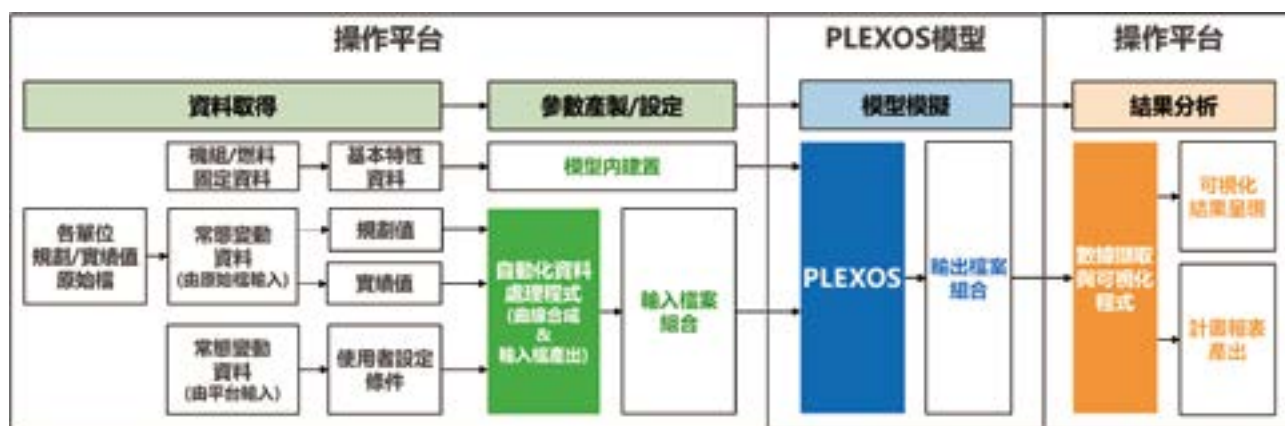


資料來源：本研究整理

圖 2 全年逐時發電曲線可視化互動介面

6. 本研究進一步建立使用者介面系統，整合年度電源運用計畫需求功能，藉以提升計畫規劃流程效率與正確性。除了模型模擬時使用 PLEXOS 模型介面外，在模型模擬前的資料取得、處理與參數產製，以及模型模擬後的結果分析與報表產出，皆整合於單一使用者平台，並在平台中藉由專案管理的方式，協助使用者歸檔每次的模擬工作（如圖 3）。該

介面系統提供三項主要特色功能：(1) 串聯資料源、資料處理與產製、最佳化模擬、結果分析與報表輸出；(2) 因應情境評估需求，提供使用者定義條件調整功能；(3) 每次排程模擬皆以個別專案進行，以利排程工作流程管理與工作紀錄檢視。



資料來源：本研究整理

圖 3 年度電源運用計畫平台架構

因應能源轉型之電價成本分攤方法研究

Research on Electricity Tariff Cost Allocation Method in Response to Energy Transition

Abstract

This study aims to analyze the impact of changes in Taiwan's electricity industry on cost allocation for different customer types and propose a revised method. Given that Taipower's current allocation system no longer reflects changes due to renewable energy development and carbon neutrality policies, the study draws from international practices in the U.S., Japan, South Korea, Canada, and Denmark. It suggests a time-

based cost allocation approach, such as allocating generation demand costs based on net load peak hours and transmission/distribution demand costs based on gross load peak hours. Special recommendations for large customers like data centers are also made, and the feasibility of itemized billing is explored. Additionally, the study includes revising the electricity cost analysis tables for different customer categories.

1 研究背景、目的、方法：

成本分攤是設定公用事業費率的主要步驟之一，在成本分攤的過程中，監管機構或公用事業須確定如何在幾個廣泛定義的用戶類別間，公平分配一定數量的成本，面對能源轉型議題，例如再生能源增加、燃煤減載、淨零碳排規劃等均會影響發電配比及調度，並導致電價時間帶調整和季節電價定義改變，原先的成本分攤方式已無法完全地允當反應實際情況。

本研究協助台電公司研析合適的成本分攤作法並修訂各類售電成本分析表。研究的主要目標包括：(1) 蒐整先進國家電業之成本分攤理論及實務作法、(2) 規劃能源轉型與AMI建置下電價成本分攤之精進作

法、(3) 修訂各類售電成本分析表，調整十大類用戶成本分攤方式、(4) 研提各類電價費率採發、輸、配、售分項表達方式。

本研究之研究方法包括：蒐集美國、日本、韓國電業於電價訂定之成本分攤實務作法應用案例、分析再生能源占比提升導致的電力回送電網，對成本分攤方式可能之影響、研析現行台電公司各類用戶成本分攤方式，研提新版成本分攤作法、修訂台電各類售電成本分析表，並比較分析新版與現行版本電價成本分攤方式。透過此方法與規劃，期能進一步掌握，並作為台電公司新版成本分攤規劃之參考。

2 成果及其應用：

1. 根據研究所蒐集的數個國外電業作法，(1) 新世代成本分攤及電價設計方面，有鑑於資通訊及表計技術發展，重點為時間分群及指派，能夠將成本指派至更為精確的服務提供時段，對於用戶應負擔的成本分配也會更為合理。動態時間電價設計以長期邊際成本角度，反映新建發、輸、配電

資源之價值，依此當作提供前瞻性價格訊號的基礎，相較於一般時間電價更能反映實際供電成本及提供即時性價格訊號、(2) 電價結構之變革上，美國加州SCE因應鴨子曲線而有電價時間帶變革，以及需量費用之收費方式精進，日本東京電力、韓國電力公司近期調整電價結構，皆將燃料

成本變動及再生能源成本於費率結構中獨立收取，可更明確反映並有效回收成本、(3) 針對電力回送成本分攤方式，蒐整歐盟國家配電費率設計原則，考量向分散式能源資源 (DER) 用戶收取反映區域特性的連接費及服務費、美國加州及紐約州向一定規模以上的 DER 用戶收取配電傳輸費或一次性配電設備升級費用、日本電價新制中納入發電側傳輸費，將過去由售電業承擔的一部分成本轉由發電端負擔 (包括發電業及 DER)，並以需量費、能量費方式回收。

2. 成本分攤實務作法方面，新型態成本分攤作法如美國加州 SCE 之成本分攤架

構為邊際成本法，透過 AMI 資料進行分析並採用新型態且資料顆粒度較小之成本分攤方法 (缺電機率法、尖峰負載風險因子)，將電業需量相關成本依據爬升需求、尖峰負載等動因指派到特定提供服務的時段；傳統成本分攤作法係遵循美國國家管制委員會於 1992 年制定《成本分攤及聯屬機構交易指導方針》，成為許多公用事業成本分攤之準則，其分攤架構及原則至今仍被許多電業所使用，例如台灣、日本、韓國、加拿大、其他北美電業仍維持傳統會計成本架構的分攤方式。



資料來源：Lazar et al. (2020)，Electric Cost Allocation for a New Era.

圖 1 現代化電力成本分攤流程

3. 透過了解台電現行成本分攤實務作法、NARUC 傳統成本分攤原則、新世代電力成本分攤手冊，研提我國分攤作法之精進方向，包括簡化固定成本及變動成本習性分類、發購電成本分攤建議、配

電成本分攤簡化等，並規劃透過 AMI 資料進行用戶分群方法，探討不同用戶特性對負載的影響，以利將成本更精確地指派到特定時段與用戶類別。



資料來源：本研究整理

圖 2 台電新版成本分攤流程規劃每秒操作分析

4. 藉由國外文獻及電業實務分攤方式蒐整，並掌握我國既有成本分攤作法，考量我國能源轉型進程及環保法規等外部條件、成本動因與分攤原則、短期實施可行性、資料取得及可用性等條件下，提出我國成本分攤方式之精進作法規劃，主要基於會計成本架構下，納入部分邊際成本及避免成本作為分配因子，並朝兼具合理性及簡單化之方向進行設計。實務作法方面，考量失載率資料的年度差異性、輸配電設備使用量資料取得不易、AMI 資料顆粒度等問題，目前規劃發電需量成本以尖峰機率法選取淨負載尖峰 500 小時，時數選擇基於三段式時間電價之尖峰時段；輸配電需量成

本同樣以尖峰機率法，不論電源是否屬再生能源，皆透過輸配電網進行電力服務，並以相對廣泛的方式分配，主要基於系統毛負載尖峰 75% 時段，而能量與用戶成本則與既有方法大致相同。除此之外，透過國外專諮會、國外電業參訪交流成本分攤作法，以期完善成本分攤流程與優化實務作法。

5. 提出新版成本分攤作法之各類售電成本分析表並編製執行手冊，說明各項成本資料來源、成本分類、計算方法與流程，並比較與既有作法的數值結果，新版作法考量再生能源外購電力係供應予企業用戶、輸配電網設施升級以因應新形態負載出現，以及科學園區等供電高

可靠度之成本動因，因此將外購綠電成本及強韌電網折舊直接歸屬於特高壓、高壓用戶，使得新版分攤產生特高壓、高壓每度成本相較低壓更高的結果。

6. 綜觀國外電業之分項帳單實施案例，菲律賓係由政府法規直接要求，先進國家如美國也有許多電業採用，其中，紐約州 **ConEdison** 有多項法規的支援，目的是確保計費的透明度、公正性與合規；而加州 **SCE**、密西

根州 **Consumers Energy**、伊利諾州 **Egyptian Electric Cooperative** 等採用分項帳單原因各不相同，主要共通點是當電業自由化、零售電業競爭程度加劇，或是營運首要目標為用戶服務時，較有可能採用分項帳單。並針對分項帳單進行優劣分析，若未來要過渡成拆分帳單，考量行政成本（用戶數量）及對電價的理解程度，建議以高壓用戶優先實施。

表 1 不同帳單類型之比較分析

帳單類型	整合式帳單	分項帳單
適合用戶類別	低壓小商店、住宅用戶	大型工商業用戶
帳單費率結構	簡單	複雜，具有選擇性
計費透明度	低	高
監管型態	管制程度高，法規保障	較為自由，相對缺少法規支援
價格波動性	低，通常每年 / 半年檢討一次	高，定期反映成本變動
退出費用	低	高
採用電業	台灣、日本、韓國、新加坡	部分美國電業、菲律賓

資料來源：本研究整理

金門低碳島供需資源整合之研究：以推動低碳社區為例

Research on the Integration of Supply and Demand Resources in Kinmen Low-Carbon Island: Taking the Promotion of Low-Carbon Community as an Example

Abstract

In line with Taiwan's 2025 green energy penetration rate of 20 percent and the implementation strategy of Kinmen Low Carbon Island 2.0, under the carbon reduction concept of replacing centralized power plants with decentralized power, this study uses two smart photovoltaic energy storage projects with 3kWp solar installation capacity and 5kWh energy storage system built by National Quemoy University(NQU) to research on optimized operations. A smart photovoltaic energy storage system is a decentralized small power plant controlled through the Energy Management System

of the Internet of Things. Two storage systems are built at NQU's parking shed and NQU's Zhongshanlin Campus. Among them, the NQU's parking shed site has been undergoing trial operation and adjusting relevant parameters since early September 2023, and it was officially opened to the public for use after the opening ceremony on February 22, 2024. The main loads of the two demonstration sites are mainly electric motorcycle charging and night lighting for the NQU's parking shed, while the main loads for the NQU's Zhongshanlin Campus are classroom lighting.

1 研究背景、目的、方法：

因應台灣能源轉型及「2050 淨零排放」相關政策，政府積極推動智慧電網相關設施與技術發展。金門地屬離島，電網未與台灣本島相連，其孤島電網類型可作為台灣發展智慧電網與能源物聯網之先期示範場域。金門供電成本遠高於台灣本島，又因金門屬於獨立電網，主要以燃油發電為主，導致金門電力碳排係數比高於台灣本島許多。在能源結構不易改變的情況下，溫室氣體的實質減排相對有其困難度，然而近年所推動之金門低碳島計畫以及各項節能減碳措施，實際上應也大幅減少金門溫室氣體排放量。因此相較於台灣更俱顯著的誘因發展節能與再生能源技術。

本研究構想是希望以分散式電力輔助集中式電廠的減碳概念，將結合物聯網之智慧光電儲能導入，除了為金門島開發新的潔淨能源佈局外，也希望藉由最佳化智慧光電儲能之運作模式，將用戶資源效用最大化，並以此為誘因，激勵民眾

參與，進一步擴增綠能與智慧節能設施，有利於提升綠能使用占比、降低碳排放量、強化地方與再生能源之鏈結、創造在地就業機會與促進地方良好關係。

為達以上目的，本研究規劃、建置兩座智慧光電儲能案場，其架構如圖 1 所示，分別位於金大校本部機車棚如圖 2 所示以及金大中山林校區如圖 3 所示，其中中山林校區為全再生能源案場。且本研究另設計一套能源管理系統，可對兩案場進行即時資料呈現、歷史資料查詢、案場監控等功能。在最佳化智慧光電儲能案場運作模式部分，本研究利用 EMS 對案場監測的資料，針對機車棚案場於非時間電價、兩段式時間電價、三段式時間電價、以及時間電價結合太陽能發電量預測等不同情境，進行分析比較，得到使用儲能系統之後，電費低於未使用本系統，且在結合太陽能預測後，電費更低的結果；且使用本系統後，碳排也較使用前低。



資料來源：本研究整理

圖 1 智慧光電儲能系統架構圖

2 成果及其應用：

本研究之案場於 2023 年 9 月初起進行試運轉，並逐漸完善對設備各項參數之調整，在完善過程中，取得許多寶貴的經驗。其中金大機車棚案場，更於 2024 年 2 月 22 日舉辦啟用典禮，正式對外開放使用，鼓勵居民電動機車充綠電，除持續記錄各項案場數據，本研究亦基於前述最佳化研究的結果，於 EMS 新增四種案場運作模式可供切換，包括用於測試維護用的手動模式、無時間電價模式、時間電價模式、以及結合預測的時間電價 AI 模式等。而這兩座案場皆以綠電自發自用為主，市電為輔，並以儲能電池作為供需調節之系統，達成最適化能資源使用。

以金門地區來說，因資源較匱乏又具交通不便利性，使得在地的再生能源系統廠商較少，其施工材料須由台灣本島運送，故建置成本較無競爭力。然而，因金門以燃油為主的供電成本遠高於台灣本島，再加上能源局所訂之躉購價格於離島加成 15% 的政策鼓勵下，極具誘因發展節能與再生能源技術。本研究藉由智慧光電儲能系統，於併網、離網兩種不同情況下的應用，實現了分散式儲能系統的管理，並藉由應用中的案例，確定未來系統改良方向，即藉由與太陽能預測之結合，提前規劃儲能電池的充放電，提高分散式再生能源的利用率，減少對傳統電網的依賴，同時提升用戶優化電費的目的。



資料來源：本研究整理
圖 2 機車停車棚案場



資料來源：本研究整理
圖 3 中山林校區案場

研究人員：電力經濟與社會研究室：鄧勝元

低壓用戶參與電力資源聚合之可行性研究

Feasibility Study on Low-Voltage Consumers' Participation in Power Resource Aggregation

Abstract

In the context of energy transition, countries are enhancing power supply and implementing policies to meet electricity demand. International cases of demand response for low-voltage customers have shown significant improvements in energy efficiency and overall consumption, underscoring the potential for such initiatives. Currently, Taiwan's demand response programs primarily target high-voltage customers, creating an opportunity to refine strategies for low-voltage customers based on international examples. This study aims to explore a future aggregation model for demand response among low-voltage customers

in Taiwan. To develop a feasible model for demand response among low-voltage customers in Taiwan, this research aggregates commercial and residential customers and conducts a feasibility study focusing on three dimensions: "equipment control roles," "types of demand response services," and "feedback mechanisms." The study analyzes customer participation behaviors and assesses current engagement in the electricity market. Additionally, it evaluates the benefits of energy storage systems for low-voltage residential and commercial customers in demand response, as well as the future potential of these applications.

1 研究背景、目的、方法：

隨著能源管理趨勢從集中式走向分散式，微電網搭配儲能設備的使用，為用戶參與電力調度、需量反應提供了良好的條件。現今台灣高壓用戶之應用發展相對成熟，而低壓用戶囿於用電基數小、據點分散等原因，參與需量反應可能成效不佳且成本高昂。因此，擴大低壓用戶參與需量反應之普及程度、研擬開發適合國內各界需求且具相當規模之標準化發展模式，為現階段台電公司、民間業者與學界積極推進之重點項目。綜觀國際案例，儲能設備於需量反應的應用已日益普及化，故本研究以探討用戶搭載儲能設備與否，研析其用電行為及參與需量反應之行為模式。

本研究研析美國、澳洲、法國、日本、新加坡等國家低壓用戶參與電力市場之現況，並以台灣低壓商業用戶為目標，由於業者可能受限於營業需求而無法靈活配合需量反應，本研究結合儲能設備的搭載，探討低壓商業用戶對小型儲能系統的使用習慣和需求，了解其用電和儲電的習性。此外，本研究也透過聚合數個低壓商業用戶，了解該類用戶參與需量反應的行為與情境，進行需量反應聚合之可行性研究，據以掌握低壓用戶參與需量反應之關鍵因素及潛在機會，進而找出推動低壓用戶參與需量反應聚合之發展建議。

2 成果及其應用：

國外需量反應及電力交易實行已久，目前也漸朝低壓用戶推廣，儘管輔助服務市場規則已考量分散式能源的公平參與而有所調整，低壓資源參與現況仍是集中於零售市場階段，僅有少數參與批發市場之成功案例，本研究已完成美國、澳洲、法國、日本與新加坡之案例調研(圖1)。我國現況方面，臺灣低壓用戶參與需量反應已成未來趨勢，電力交易平台具較高參與門檻、資格限制及經濟性考量，短期不具參與可行性(圖2)。為了解不同情境下用戶行為之影響，規劃不同命題之執行情境，包括實驗不同回饋金方案，以及時間因素之成效影響(圖3)，同時採用聯齊科技家庭能源管理系統 APP 產品，讓用戶能夠接收調度通知、查詢自身用電情形、

了解實驗方式、執行成效與回饋金統計等。

實驗結果顯示(圖4)，所有用戶平均達成率為 49.86%，其中，家庭用戶達成率最高但平均抑低成效僅 0.26kWh，對於小型商業用戶方面，具有儲能的用戶整體達成率較其他商業用戶更好，也有較佳的抑低成效(5.05kWh)。此外，用戶行為分析與用戶群代表成本效益分析結果顯示，單一用戶節電量不高，其效益不足以促進用戶投資。本研究建議初期可透過既有設備參與，中長期則期望未來電業環境、應用場景、技術、資源、用戶意識等條件逐漸發展，為低壓資源聚合的發展提供有利的商業環境，促進電力資源的多樣性、靈活性與永續性。

區域	案例	執行方式	獎勵機制
美國	Southern California Edison	自動調控智慧恆溫器	電價優惠
		自動控制空調	電價優惠
		用戶改變行為	依節省度數計量
	OhmConnect	自動啟動節電模式	獎勵積分
		用戶改變行為	獎勵積分
	Sunrun	儲能固定排程放電	一次性設備回饋金
歐盟	法國 Nice Grid	用戶改變行為	電價優惠
	法國 Voltalis	自動調控智慧恆溫器	電費折抵
澳洲	AGL Energy	用戶改變行為	有上限的回饋金
	Energy Australia	自動調控儲能	固定回饋金
	Evergen	自動調控儲能	依照合作電力公司獎勵
日本	MC零售能源	自動調控儲能、負載	電費折抵
	九州電力公司	用戶改變行為	獎勵積分
新加坡	SP Group	用戶改變行為	電費折抵

資料來源：本研究整理

圖 1 國外低壓需量反應方案彙整

	我國發展現況	國外發展情形
需量反應	✓ 現行方案除了智慧型校園空調外，皆限定高壓以上契約別用戶參與，低壓無法透過聚合參加 ✓ 住商自動需量反應試辦方案，供智慧家電參與試驗 ✓ 隨低壓AMI持續布建，未來所有用戶都將換裝AMI，促進時間電價及需量反應參與潛力 ✓ 淨零關鍵戰略已將低壓需量反應納入推動，為低壓需量反應提供應用場景及確立方向	✓ 戶數多、容量小、位置分散、組成複雜之特性，且用電調整彈性較低，引入自動控制技術為發展關鍵 ✓ 低壓需量反應仍多屬於零售市場階段，參與批發市場仍有法規及經濟挑戰需克服 ✓ 第三方服務模式逐漸興起，減輕公用售電業於設備維護、用戶管理相關成本 ✓ 漸朝住宅向上需量反應推動，因應再生能源過剩
輔助服務市場	✓ 目前民間合格交易者於資源招募方面以大用戶為主，低壓資源於經濟考量、通訊及表計要求下難以符合成本效益，非短期階段之目標對象 ✓ Enel X與GOGORO合作，聚合全台超過2500電動機車充電站點參與即時備轉 ✓ 隨我國綠電發展與電力交易平台開設，開啟DER參與電力市場之契機，《電力交易平台管理規範及作業程序》允許聚合商類型資源參與，且無契約別之限制，有利於發展VPP	✓ FERC第2222號命令旨在消除分散式能源面臨的競爭障礙，要求RTO/ISO修改市場規則，包括最小容量要求100kW、跨節點、異質資源聚合等 ✓ 澳洲AEMO開設分散式能源聚合提供輔助服務之示範計畫，並於試驗後修訂市場規則 ✓ 低壓資源參與批發市場方面，2022年Sunrun於ISO-NE批發市場中聚合數千戶家庭太陽能搭配儲能，提供電網靈活性及降低尖峰供電成本，成為美國第一個住宅虛擬電廠成功案例

資料來源：本研究整理

圖 2 我國與國外低壓資源之發展情形比較

第 1 週 ~ 第 4 週	第 5 週 ~ 第 8 週	第 9 週 ~ 第 12 週
命題一 不同的回饋金算法		
	命題二 排名制度	
		命題三 隨機改變「執行時間」和「提醒時間」

資料來源：本研究整理

圖 3 實驗機制與期程規劃

用戶	平均達成率	累積回饋金	平均節電率	實際用電度數變化	實際用電度數變化加總	用電度數變化 (估計設備量反饋成功)
商業用戶 -- 婚宴會館01	50 %	\$ 7,620	0.29%	-126.36	-275.21	-661.32 平均: -5.05度/次
商業用戶 -- 婚宴會館02	60 %	\$ 9,200	-19.43%	-125.45		
商業用戶 -- 車體維護中心	48 %	\$ 8,660	-16.05%	-16.76		
商業用戶 -- 超商01	35 %	\$ 3,440	2.31%	-3.16		
商業用戶 -- 超商02	38 %	\$ 3,870	2.34%	-3.48	+94.92	-408.77 平均: -4.05度/次
商業用戶 -- 超商03	50 %	\$ 3,640	-1.77%	-1.73		
商業用戶 -- 超商04	40 %	\$ 4,660	-0.38%	-3.29		
商業用戶 -- 超商05	30 %	\$ 1,410	-8.51%	97.98		
商業用戶 -- 餐飲業者01	38 %	\$ 5,390	-12.41%	+42.42		
商業用戶 -- 餐飲業者02	46 %	\$ 6,580	2.66%	-40.46	-18.11	-37.83 平均: -0.26度/次
家庭用戶01	56 %	\$ 4,840	-36.56%	-3.31		
家庭用戶02	54 %	\$ 4,590	12.49%	-3.15		
家庭用戶03	60 %	\$ 7,550	-3.34%	-7.47		
家庭用戶04	50 %	\$ 3,460	-6.19%	-2.96		
家庭用戶05	42 %	\$ 2,700	-26.85%	-1.22		
所有用戶	49.86 %	\$ 5,174 (平均)	-7.42%	-198.4度	-198.4度	-1107.92度 平均: -2.92度/次

儲能系統
放電1KW/次

資料來源：本研究整理

圖 4 實驗執行結果

售電服務大數據應用與創新服務研究

Research of Big Data Application and Innovative Service on Electricity Retailing

Abstract

This study aims to create the value of data from smart meter infrastructure by transforming daily electricity consumption data into energy management strategies. It explores and develops innovative value-added and extended applications of different energy management modes to promote broader energy-saving behaviors and thereby enhance social welfare. The primary tasks include analyzing the business service models of value-added applications for

smart meter data both domestically and internationally, collecting and analyzing household electricity consumption patterns, developing behavior prediction techniques and application tools, conducting conceptual proofs, exploring the feasibility of extending service models, and reviewing the outcomes of Taipower's current cross-industry collaboration trials with home appliance dealers to refine and extend methodologies.

1 研究背景、目的、方法：

因應台灣電力環境逐步鬆綁與自由化，台電公司將面臨售電業市場自由化之巨大挑戰，在自由化市場下，公用售電業售電費率仍受政府管制，面對此挑戰，須持續探討售電大數據應用及創新服務，提供用戶加值應用，以提升智慧電表基礎建設 (Advanced Metering Infrastructure, AMI) 資料運用效益、提高低壓用戶黏著度、發展創新服務及厚植競爭利基。

本研究藉由蒐集用電行為研究與應用案例，研析低壓用戶不同用電型態，並挖掘參與需量反應 (Demand Response, DR)、及自動需量反應 (Automated Demand Response, ADR) 的潛在用戶群，同時，藉由開發住宅用電型態與行

為預測模型，進行應用或示範服務之概念性驗證，探討服務模式延伸應用之可行性，目標重點為：(1) 蒐集用電行為研究與應用案例，研析低壓用戶不同用電型態，挖掘參與需量反應方案潛在用戶群。(2) 開發住宅用電型態與行為預測模型，至少進行 1 項應用或示範服務之概念性驗證。(3) 探討既有與家電業者異業合作試驗模式，並評估其他可發展之商業模式。

本研究之研究方法包括：蒐集用電行為研究與國內外應用案例、蒐集住宅用電資料及相關用電分析模型開發、規劃住宅能源管理加值應用及實地試驗。透過此方法與規劃，期能進一步精進台電公司用戶服務。

2 成果及其應用：

1. 根據研究所蒐集的數個國內外應用案例，(1) 美國 Sense 高耗能家電汰換與診斷服務，以智慧家庭能源管理裝置為基礎，透過機器學習技術來監測整個家庭內高耗能電器的用電量，提供能源管理加值服務與系統整合、住宅高

耗能家電偵測及用電異常診斷等服務 (2) 台日 NextDrive 智慧居家數位化服務，透過監控、閘道器、智慧量表等 IoT 設備與雲端運算、能源技術整合，推出用戶端 Ecogenie+APP，提供用電分析、電價調配、保險輔助判斷、

高齡照護預警及提升防災韌性等服務

(3) 紐西蘭 **Genesis Energy** 淨零耗能住宅節能服務，針對住宅家戶推出能源監控工具 **-Energy IQ** 以管理住宅能源使用成本、調整電器設備使用等節能行為，期能降低住宅碳排。

(4) 東京瓦斯在電業自由化後設立售電子公司進入售電市場，與智慧家居業者 **LiveSmart** 合作，試行虛擬能源管理系統及住宅 **DR** 服務，針對夏冬兩季電力供給削峰填谷，東京ガス分析家戶電力使用行為大數據，據此提供不影響用戶生活舒適度的能源管理建議，結合 **LiveSmart AIoT** 家電調控技術進行能源管理降低住宅用電。

(5) 東京電力透過轉投資之子公司推出高齡照護服務，透過表後電

力計蒐集獨居長者用電數據，以 **AI** 技術解析拆解年長者較常使用的八項家電設備進行能耗分析與使用時段分析，建構獨居長者日常設備使用序列。當偵測獨居長者出異常設備使用時，透過移動端 **APP** 於第一時間向遠地子女發出警示推播，降低意外發生之可能性。

2. 依據所蒐集案例及分析台灣用戶需求，本研究開發了用電分離辨識技術與住宅用電型態分析與行為預測技術，結合用電型態分群技術，可實現並應用於 4 種不同能源管理模式，分別為第二尖峰用電移轉輕推服務、空調 **ADR** 調控服務、負載管理服務、以及住宅分析服務精進等創新加值及延伸服務 (圖 1)。

應用工具 / 用電型態分群	高用電用戶群	低用電用戶群
1 推薦可推廣候選代表群	找出第二尖峰用電移轉潛力用戶	依用電型態給予負載管理建議
2 負載管理服務配合方案	解析第二尖峰用電群內用戶空調用電，篩選可推薦參與空調 ADR 調控之用戶	分析高用電占比電器，對應給予負載管理建議
3 節能行為評量工具	評估用戶節電意識/能力，篩選具參與空調 ADR 潛力用戶	評估用戶節電意識/能力，給予負載管理建議
4 住宅分析服務	了解自身主要用電時段、辨識該時段主要使用電器	了解自身主要用電時段、辨識該時段主要使用電器

資料來源：本研究繪製

圖 1 能源管理服務模式

3. 本研究徵求自願受試用戶，於該用戶住宅中以高頻用電監測設備監測各指定電器之用電狀況，所得家戶用電特徵、電器用電標籤資料將作為後續開發分析之用。於全台共計徵求 350 家戶高頻用電資料，建立 350 戶高頻資料家庭用電型態資料庫，收集 6 種高耗能設備資

料，建立居家用電型態資料庫，並使用運轉狀態電氣特徵作為開發模型及精進使用，完成開發居家用電型態分析與行為預測演算法及主要電器用電時段辨識技術，提升至能辨識 6 種電器運轉狀態與解析用電啟閉模型（圖 2）。



資料來源：本研究整理

圖 2 住宅用電型態分析

4. 第二尖峰移轉輕推服務，運用節能輕推問卷擴大蒐集並評估 AMI 用電戶節電能力，搭配二階段式分群演算法，找出用電負載型態適合參與 ADR 方案之用戶，結合節電能力與用電型態分析用戶特性，產出 ADR 潛力用戶清單，同時並提供節電建議給參與用戶。

5. 紅外線遠端控制空調調控 APP 方案，與能管業者合作，開發遠端空調調控技術，整合 TaiSEIA 協定空調與紅外線遙控器，目標為協助 ADR 方案執行，增加用戶參與 ADR 時的設備選擇（圖 3）。

6. 關懷系統技術可行性評估：應用電器分離辨識啟閉模型，每 8 小時一次推估用

戶主要電器的用電量及啟閉時間，推估使用者生活狀況。



資料來源：本研究整理

圖 3 冷氣 ADR 調控驗證

研究人員：電力經濟與社會研究室：張立欣

智慧型水下監測系統建置可行性研究

Development of Smart Underwater Monitoring System

Abstract

Object detection technology was applied to develop an intelligent underwater monitoring system. The object of observation was the number of fish species in a specific area. It could be regarded as an innovative application of artificial intelligence. The main results are as follows:

1. This research work was largely divided into two parts: hardware setup and software development and system integration. The hardware setup was performed by Sheiho Power Plant. It had been completed and subsequent monitor maintenance work continues. The research and development of intelligent software was

carried out by the TPRI, and subsequent system software and hardware integration was also completed.

2. Object detection technology could be regarded as an advanced application of image classification. This study developed an underwater smart ecological monitoring system as an application example of object detection technology. Its core function was to capture underwater images at regular intervals. After object detection, the detected species and quantities were stored in the database, and then the changing trends in the quantities of various species could be released through the Internet.

1 研究背景、目的、方法：

近年來由於資通訊之軟硬體技術大幅進步，以及資料取得的質與量也都有明顯的提升，促使許多演算法從概念得以實用化，為此大數據與人工智慧的應用已開始普及，逐漸進入各種產業與生活中。而本公司秉持前瞻綠色思維，以「一合（溝通議合）、二減（減碳、減排）、三化（循環化、智慧化、生態化）」作為環境永續的概念和口號，基於其中智慧化和生態化為發展目標，

研發水下智慧型監測系統，提供即時且數位化的監測資訊，提升本公司對環境的監測能力。

有關研究目標，如以下所示：

1. 蒐集機器學習相關資料，評估可行技術。
2. 調查現地可供監測位置，規劃智慧型監測系統。
3. 調查可用之水質監測儀器，整合於監測系統使用。

2 成果及其應用：

1. 本研究工作大分為硬體建置和軟體研發及系統整合兩部分進行，硬體建置由協和發電廠執行，現已建置完成，並持續進行後續監測儀維護工作。智慧化軟體研發由綜研所負責進行，並完成後續系統軟硬體整合。
2. 物件偵測技術可視為圖像分類的進階應用，本研究即以水下智慧型生態監測系統作為物件偵測技術的應用實例，其核心功能為定

時擷取水下影像，經過物件偵測後，將所偵測到的物種和數量儲存到資料庫，之後即可透過網路發佈各種物種數量的變化趨勢。

3. 研究過程發現，物件偵測模型的品質主要受訓練圖像數目和訓練損失值兩項因素的影響，首先是訓練圖像的數目，經驗上每一物種最好有 100 個以上的標註，至於訓練損失值則最好降到 1 左右。

4. 研究過程進行網站建置以呈現研究成果，目前的設定僅作為內參之用，所以登入時需要帳號密碼，目前進入網路位址為 <http://marine.tpri.site/>，主要功

能包含偵測到的魚種數目前 5 名和其照片、水質展示、偵測照片、偵測影片、魚種一覽、魚種趨勢和水質趨勢。



圖 1 水下監測系統架構圖

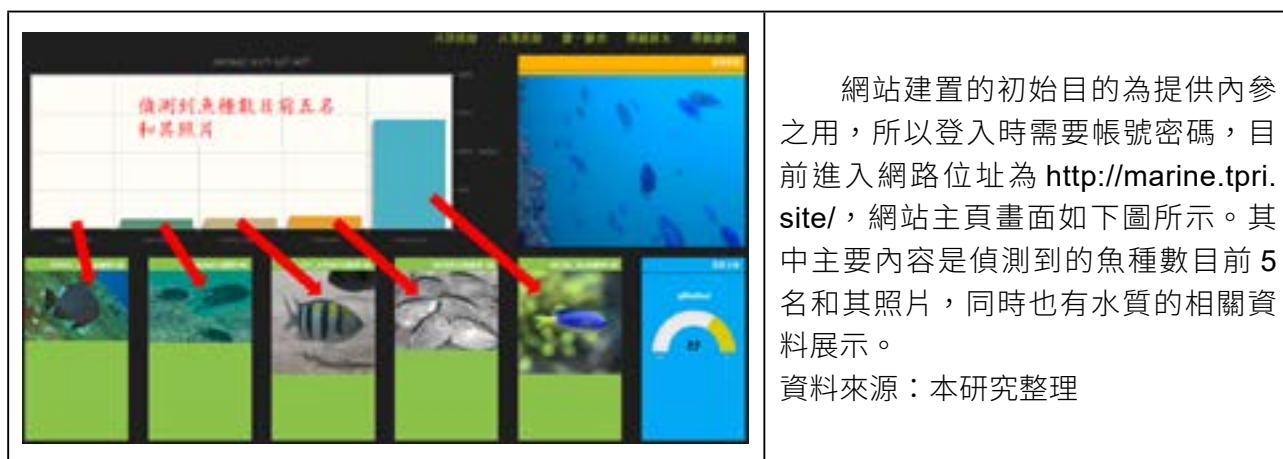


圖 2 網站主頁畫面

總餘氯處理技術研究

Research on Treatment Technology of Total Residual Chlorine in Release Water

Abstract

In the past, the residual chlorine in the Taichung Power Plant's effluent was high or even exceeded the standard. However, no residual chlorine or similar oxidants were added during the treatment process, and the influent water quality also met the residual chlorine standard. Therefore, it is necessary to find the source of the pollutants. And processing methods.

The measured value is highly affected by pH, the measured value above pH 2.0 increases with the decrease of pH, and the reagent is invalid below pH 2.0. Using the average measured value of each sampling point, it is found that the contribution source of the measured value may be between the boron removal fast mixing tank and the sand filter tank, and it is speculated that it may be caused by the chemical added in the

chemical dosing procedure.

The effect of activated carbon on residual chlorine is not obvious and unstable, and activated carbon equipment already exists on site, so the availability is low. Hypo only needs a low dosage to reduce the total residual chlorine value, but the reaction time is about 3 hours. Commercially available chlorine removers require a higher dosage, but the reaction time is shorter than that of hypo, and the total residual chlorine value can be effectively reduced in about 1 hour. Considering the feasibility and economy of the Taichung Power Plant site conditions, it is recommended to use hypo as a daily treatment procedures, and commercially available dechlorinators can be used as an emergency response plan.

1 研究背景、目的、方法：

本計畫針對自由餘氯與總餘氯的檢測採樣進行測試，並重複多次試驗確認其分布情形，基本上自由餘氯都維持在非常低的濃度範圍，大部分的測值來自於處理水中的基

質與試劑成分反應所產生的沉澱，並且總餘氯的測試結果中也包含了自由餘氯的濃度在內，因此可直接針對總餘氯含量進行檢測分析，並建議現場監測以總餘氯檢測為主。

2 成果及其應用：

依據現場檢測資料，剔除因 pH 因素而無法測量其餘氯含量的樹酯再生液之後，再將各採樣點的測值加以平均降低隨機性及現場因素所造成的波動之後，可以發現餘氯的主要來源是由第 7 及第 8 採樣點，也就是化混階段的處理程序所貢獻的成分的可能性最高。推測可能是來自於加藥程序添加的藥劑導致。

本計畫針對四種不同方法進行總餘氯的去除試驗，並找出各種方

法的試驗參數，評估哪種方法最適合未來作為實場放大的操作。海波的除氯作用已被廣泛認識並被接受，其環境安全性及操作較不易被質疑。另外，海波價格便宜且用量亦少，對於現有處理方案而言相對容易採用。雖然海波需要約 3 小時的反應時間，但藥劑本身可以隨著處理水的流動持續反應，因此僅需在距離放流口約 3 小時水力停留時間的位置設置加藥即可，設備與空

間需求不高。海波的加藥與處理流程後段的其他處理不易產生衝突，可以與其他加藥調整在同一槽體共同進行，因此僅需儲

存、調配與加藥設備即可，建議將加藥點設置在第一道化學混凝槽，以確保有足夠的反應時間。



資料來源：本研究拍攝

圖 1 試驗情形
(圖說) 進行分光法檢測



資料來源：本研究拍攝

圖 2 管柱試驗
(圖說) 進行活性碳管柱試驗

研究人員：化學與環境研究室：傅弼豐、曹志明、吳俊賢、張茱琪

以人工智慧判讀電廠水面泡沫生成結合自動化消泡可行性評估

Feasibility Assessment of Automated Foam Control Combined with AI-Based Detection of Surface Foam in Power Plants

Abstract

Thermal power plants use cooling systems to reduce temperature indirectly after power generation. However, seawater disturbances and protein production during seasonal changes or typhoons often lead to irregular foam formation. Additionally, the use of seawater flue gas desulfurization equipment can exacerbate this issue. The resulting foam not only affects the appearance but also pollutes the environment, causing public concern.

To address this problem, we have developed an automated foam suppression

system that utilizes artificial intelligence deep learning. Our system can accurately detect foam formation and automatically activate a foam breaker, ensuring timely foam removal. By employing a Raspberry Pi 4B and a convolutional neural network, the system achieves a high accuracy rate of over 99% in foam detection. This solution provides a convenient and effective way to prevent foam accumulation and reduce environmental impact, eliminating the need for manual intervention.

1 研究背景、目的、方法：

各火力電廠在發電後會藉由冷卻系統進行間接降溫，而在季節交替或是颱風來臨時，其海水擾動及大量蛋白質產生亦會造成不定時之泡沫浮渣生成。且電廠若有使用海水排煙脫硫防治設備利用大量海水進入脫硫塔內，與煙氣接觸後再排放出塔外，利用曝氣提升整體海水酸鹼值，經強烈曝氣擾動後亦會產生大量泡沫，泡沫生成除影響觀瞻外，泡沫亦會吸附水中雜質，在水面形成浮渣，不定時滿溢路面，受到環保團體關切。故本研究發展自動化消泡系統，在泡沫浮渣形成時能立即進行消泡動作，避免因過多泡沫漂浮於海面上而造成民眾對電廠之猜忌及疑慮。

本研究藉由人工智慧深度學習技術建立一泡沫生成判斷機制並搭配機械式消泡機，在泡沫生成時，

由人工智慧自行判斷是否啟動消泡機。整體系統係使用樹莓派第 4 代 (Raspberry Pi 4B) 擔任微型電腦的角色，統合初階的基本運算及傳輸，影像透過深度學習中的卷積神經網路 (CNN) 運算影像分類方式，自動分辨是否有浮泡產生，測試結果中 3 層隱藏層模型訓練之混淆矩陣 (Confusion Matrix)，其準確率、精確率及召回率都可達到 99% 以上，係一非常合適並將應用於往後測試之模型。於實廠測試時，若模型判定有浮泡生成，則再由繼電器 (Relay)/ 接觸器 (Contactor) 啟動消泡機進行消泡動作。此技術不但能替電廠除去大量泡沫浮渣，亦能立即性執行消泡，無須電廠人員額外費時至現場操作，以減少泡沫造成後續危害，是一精確、便利即時系統來抑制泡沫生成及堆積。

2 成果及其應用：

訓練結果中 3 層隱藏層模型訓練之混淆矩陣 (Confusion Matrix)，Accuracy 為 99.4%，

Precision 為 99.7%，Recall 值為 99.2% 及 VGG19 模型訓練之混淆矩陣 (Confusion Matrix)，

Accuracy、Precision、Recall 值皆為 1.0，可看出無論是哪一種模型皆非常合適應用於往後測試之模型。

而對 3 層隱藏層其驗證結果，Accuracy 為 99.6%，Precision 為 100.0%，Recall 值皆為 99.3%。以測試影像結果來說，3 層隱藏層模型 Accuracy 高於 VGG19 模組。對浮泡案例 Recall 值亦需較高，以確保泡沫及浮渣被立即消除，因此相比之下 3 層隱藏層模型為較佳模型。

在硬體方面，當 AI 辨識結束後，使用 Raspberry Pi 控制連接插座與插頭的繼電器 / 接觸器開與關，達到控制消泡機的目的。實地至 L 電廠測試並連接除泡機，將控制系統安裝並固定至浮筒上，待系統辨識浮泡後，自動啟動除泡機。測試結果此智慧化消泡系統不僅能辨識水面上浮泡，更能成功自動化啟動消泡機，完全無需人力監控，是一利用 AI 辨識完全自動化系統案例。目前專利進度已通過公司內部審核並於 2024 年取得智財局新型專利。

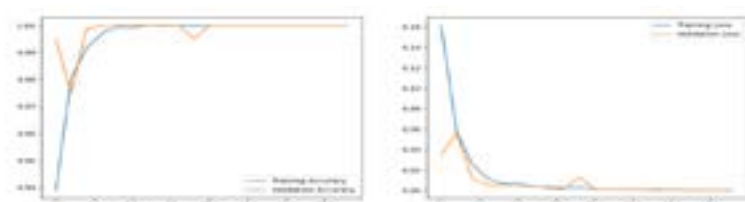


圖 1 (a)

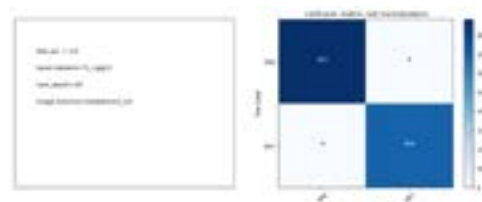


圖 1 (b)

資料來源：本研究整理

圖 1 (a) VGG19 圖片訓練資料結果 (b) VGG19 的模型訓練 Confusion Matrix

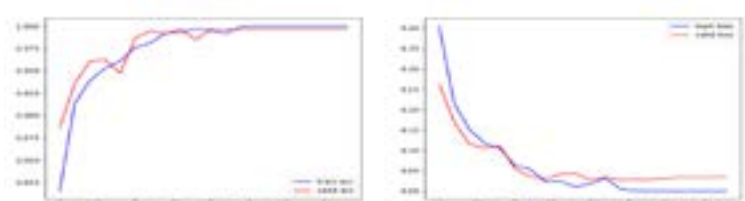


圖 2 (a)

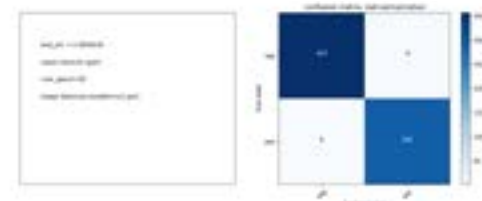


圖 2 (b)

資料來源：本研究整理

圖 2 (a) 3 層隱藏層模型訓練資料結果 (b) 3 層隱藏層模型訓練 Confusion Matrix

研究人員：化學與環境研究室：張茱琪、曹志明、傅弼豐、吳俊賢、李凌華、范清輝

飛灰固態吸附劑用於碳捕集技術效能評估

Efficiency Evaluation of Synthesized Adsorbent Using Coal Ash

Abstract

As recently observation from National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States, average carbon dioxide concentration in atmosphere has reached to 419.13 ppm in May 2020. Developing technology to remove CO₂ from flue gas and air is one of the solutions for the global warming issue. Among the techniques, utilizing chemical solvent in absorber has become one of popular methods in the field of carbon capture. However, the above solvent absorption process is an energy extensive process. Carbon capture process with less energy consumption is needed to realize commercial operation of CO₂ capture in large scale. According to theoretical calculations, solid adsorbents consume less energy during capture process and may have potential to commercialize.

This study synthesized solid adsorbents using fly ash from Taichung Power Plant and Linkou Power Plant. The fly ash underwent silicon source extraction at 80°C for 3 hours, followed by high-temperature melting at 650°C for 2 hours. Using hydrothermal and microwave synthesis methods, the solid adsorbents were completed. The LK-MCM-41 obtained via hydrothermal synthesis had a specific surface area of 312.51 m²/g, outperforming TC-MCM-41 at 49.35 m²/g. The LK-MCM-41 also exhibited strong CO₂ adsorption capabilities, with a maximum adsorption capacity (q_{max}) of 3.0281 mol CO₂ / kg adsorbent at 30°C, compared to TC-MCM-41's 2.6195 mol CO₂ / kg adsorbent.

1 研究背景、目的、方法：

地球原本就存在著回收再利用 CO₂ 的自然機制，但由於人類工業活動的旺盛，對於石化燃料過度的需求，使得此機制無法使地表 CO₂ 維持在固定濃度，故許多研究已開始朝向捕集 CO₂ 的方向進行，包含溶劑法及吸附法，且近半數的專利為美國或日本所擁有，但現行並無程序能同時滿足燃煤電廠燃燒後碳捕集之效能與經濟的需求。

二氧化碳捕獲主流研究以以醇胺溶劑吸收法為主，且近年來國內各界對於捕獲 CO₂ 及脫除亦積極投入，包括化學吸收法、吸附法、化

學迴圈程序、鈣迴路程序，以及再利用部分（包含轉化後利用，即直接利用）。而本研究著重固態吸附劑合成與改質，將會搭配真空變壓吸附程序分離二氧化碳。此程序與傳統醇胺溶劑吸收法相比，不會有醇胺溶劑對設備的腐蝕疑，也不會有氧氣使醇胺溶劑降解之問題，更因為沒有溶劑的關係，其能耗在理論上也可較傳統溶劑法更為優秀，故近年許多學者致力於新型態固態吸附劑的合成於吸附程序開發，使之操作能耗降低。

2 成果及其應用：

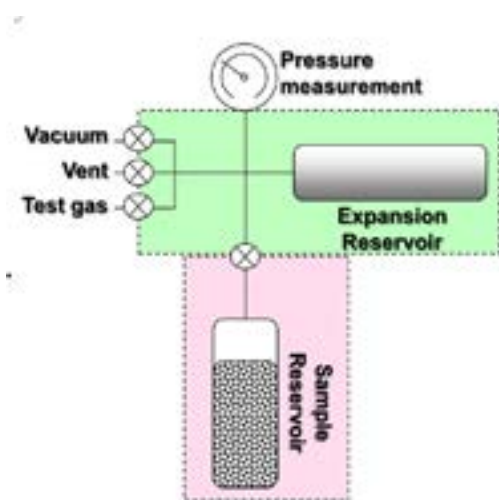
此實驗使用壓力式氣體吸附分析儀來進行 Isotherm curve(恆溫平衡吸附曲線實驗)，可通入不同壓

力二氧化碳，再藉由壓力之變化來計算各分壓時二氧化碳之吸附量，並由 Hy Data 來進行吸附數據之計

算，最後再搭配 Langmuir model 來進行氣體吸附之計算，並求得相關平衡參數，再以此參數來進行各吸附劑之效能比較。

本研究使用台中電廠之飛灰與林口電廠之飛灰來合成固態吸附劑，電廠飛灰經過電廠飛灰經 80°C 迴流 3 小時之矽源萃取後，並以 650°C 持溫 2 小時進行高溫熔融，再經由水熱合成法以及微波合成法後，完成固態吸附劑之合成。TC- MCM-

41 之 $q_{\max}$ 在 30°C 最高可達 2.6195 mol CO_2 / kg adsorbent，而 LC- MCM-41 之 $q_{\max}$ 在 30°C 最高可達 3.0281 mol CO_2 / kg adsorbent。而吸附劑之吸附能力需落在 3~4 mol CO_2 /kg Sorbent 以上，才會有較好之成本表現。故後續可進行不同酸洗條件、熔融溫度、不同金屬種類與濃度等因子，持續改良二氧化碳固態之效能 (圖 1、2)。



資料來源：本研究整理

圖 1 壓力式氣體吸附分析原理圖解

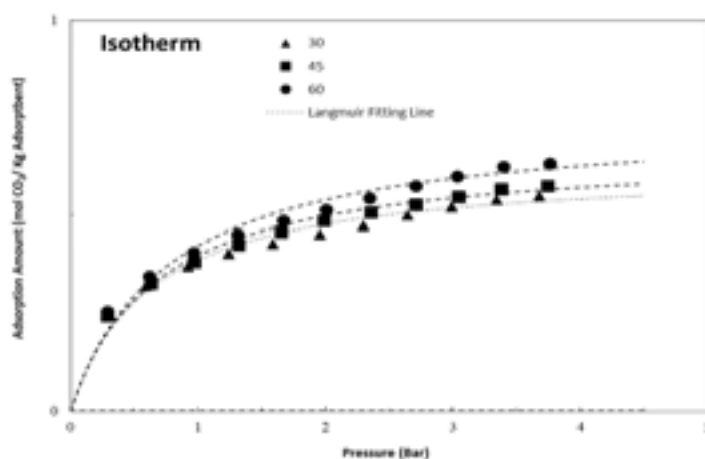


圖 2 LC- MCM-41 吸附劑對二氧化碳恆溫吸附曲線

減碳技術園區微型測試區：固態吸附製程餘熱分析整合與製程放大評估

Micro-Test Zone of the Carbon Capture Pilot Plant: Waste Heat of Solid Adsorption Process Integration Analysis and Evaluation of Process Scale-Up

Abstract

In recent years, atmospheric carbon dioxide (CO₂) concentrations have continued to rise. According to the NOAA report from October 2024, the global average CO₂ concentration in the atmosphere has reached 421 ppm. On April 21, 2022, Taiwan passed a regulatory amendment, renaming the "Greenhouse Gas Reduction and Management Act" to the "Climate Change Response Act". This amendment was officially enacted following a third reading on January 10, 2023, formally revising the national long-term carbon reduction target to "2050 net zero emissions" and further strengthening the regulatory framework for greenhouse gas emissions control.

This study applies solid adsorption-desorption technology to capture CO₂ from power plant flue gas. The experimental process first removes acidic gases from the flue gas using a water-washing method, followed by moisture removal via a membrane-based dehumidifier. Subsequently, a one-stage or two-stage CO₂ separation procedure is implemented to effectively capture CO₂ from the flue gas. Throughout the study, experimental design is utilized to evaluate the operational efficiency of the system, while continuous process improvements and optimizations are conducted to enhance the stability and efficiency of the capture technology.

1 研究背景、目的、方法：

近年來，大氣中的二氧化碳濃度持續上升。根據 NOAA 2024 年 10 月的報告，全球大氣二氧化碳的平均濃度已達 421 ppm。我國已於 111 年 4 月 21 日通過法規修正，將《溫室氣體減量及管理法》更名為《氣候變遷因應法》，並於 112 年 1 月 10 日完成三讀，正式將國家長期減碳目標調整為「2050 年淨零排放」，進一步強化整體國家對溫室氣體排放的管控措施。

本研究應用固態吸脫附技術，針對電廠煙道氣進行二氧化碳捕捉測試。實驗首先透過水洗法去除煙道氣中的酸性氣體，接著使用膜式除水器移除水分，最後進行一階段或二階段的二氧化碳分離程序，以有效回收煙氣中的二氧化碳。研究過程中，透過實驗設計評估設施的運作效能，並持續進程序改良與製程優化，以提升捕捉技術的穩定性與效率。

2 成果及其應用：

二氧化碳的吸脫附過程受溫度影響，並存在著競合關係，升溫有利於脫附但不利於吸附，降溫則相反，而在二氧化碳進行吸附或是吸收時，都會放熱使整體溫度上升，故吸附現象發生時所放出來的熱會導致不利於吸附，本研究對整體吸附塔溫進行分析，其在一階段試驗進行約 10 小時後，塔底之溫度上升可達最大值約為 45~55°C，而隨後塔內溫度約為 24~36°C 間波動；對二階段進行分析時，塔底之溫度上升最大值約可達 50~60°C，後續塔

內溫度則約在 25~39°C 間波動，在吸脫附現象較劇烈時會有 6~10°C 的溫差，而在程序緩和時則有穩定有 4~6°C 的程序溫差，可考量如何穩定利用此溫差，尤其對後大規模二氧化碳捕捉時，其能耗表現必有非常良好之改善機會。

目前試驗規模以 20kg / day 之二氧化碳捕捉量作為基準，煙氣會先經煙氣前處理設備區，其設有旋風式汽水分離器、冷凝除水氣、魯式鼓風機等，進行煙氣之初步前處理，以增加魯式鼓風機之使用壽命

並提升其使用效率，後續再藉由魯式鼓風機以微正壓之形式將煙氣推送至測試貨櫃，若未來評估擴增至每日六噸的二氧化碳捕捉規模，其主要設備可設置於微型測試區與小規模碳捕集廠之間（圖 5 之綠色框區域），前處理設備區之鼓風機則預估採用無油式之多段離心式鼓風機，其最小與最大工作壓力最低應為 0.1, 0.7 barg 以

上，並採用 6~10 級之分離核心；主程序之吸附塔建議採用 SUS 304 以上材質、塔內徑與塔高分別為 1, 5 m 以上，主程序可採用 4 塔 12 步驟變壓分離程序，並透過兩階段壓力平衡來提升二氧化碳產品回收率，初步預估其二氧化碳濃度與回收率預計分別可達 95, 85% 以上，可穩定高效率長期捕捉煙氣內二氧化碳。



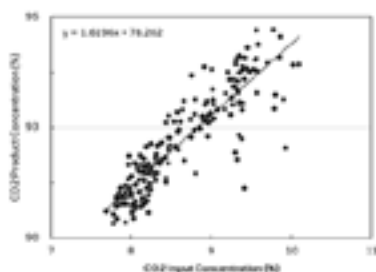
資料來源：本研究拍攝

圖 1 固態吸附法貨櫃設備（兩個 20 呎黃藍貨櫃）



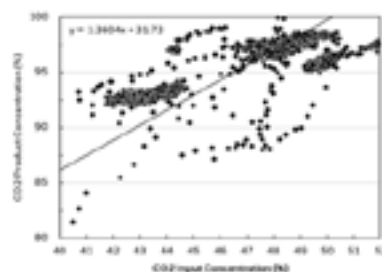
資料來源：本研究拍攝

圖 2 二階段變壓吸附分離主設備



資料來源：本研究整理

圖 3 一階段進口與出口二氧化碳濃度關係圖



資料來源：本研究整理

圖 4 二階段進口與出口二氧化碳濃度關係圖



資料來源：Google map 圖資經本研究整理

圖 5 製程放大後續可能位置規劃

研究人員：化學與環境研究室：高靖棣、莊宗諭、沈威辰、黃雅苓、黃曉瑜、郭仲杰

減碳技術園區微型測試區：溶劑吸收法氣提程序改良研究

Micro-test Zone of the Carbon Capture Pilot Plant: Modification of Stripping Process for Solvent-based CO₂ Capture

Abstract

Due to significant carbon dioxide emissions from human activities, atmospheric CO₂ concentrations have been rising annually, exacerbating the greenhouse effect, and driving extreme weather events. To address this, countries discussed carbon market cooperation and climate financing during the 29th Conference of the Parties (COP29) to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Taiwan has also pledged to achieve net-zero emissions by 2050, aiming to limit global temperature increases to within 1.5°C.

Among carbon reduction measures, one approach is integrating carbon capture equipment into existing facilities to capture

CO₂ from flue gas. This study tests chemical absorption-based carbon capture technology by installing CABS equipment at the Taichung Power Plant. Common techniques, such as rich liquid splitting and multi-stage heat exchange, are employed to reduce the energy consumption of solvent regeneration and alleviate the condensation load of the product gas. Tests demonstrated that an AMP/PZ solvent blend (2:1 ratio) achieved the best regeneration energy efficiency with minimal NH₃ emissions. Future research will explore combining physical and chemical solvents and assessing their impact on tail gas pollutants..

1 研究背景、目的、方法：

目前為了緩解全球暖化問題，各國已積極推動減排政策與計畫，但依據 IPCC 在 AR6 的報告顯示，目前可能在 2030 年的全球溫室氣體排放量可能使得本世紀的溫升幅度超過 1.5°C，因而更加難以將全球溫升限縮在 2°C 以下。在巴黎協定的促成下，有 18 個國家已持續 10 年降低溫室氣體的排放，但是這些減量僅僅部分抵銷全球溫室氣體排放的增長。在實現溫室氣體淨零排放的途徑中，包含不使用化石燃料或是利用 Capture and Storage (CCS) 碳捕捉封存技術，將化石燃

料轉變成低碳能源或是零碳能源。透過這項技術，能源部門有機會比建築、工業、運輸等部門更早達成二氧化碳淨零排放的目標。CCS 技術可以大規模減少化石能源或工業來源的碳排放，將捕捉的二氧化碳注入地下增加石油或天然氣的產量已經是成熟的技術。而估計地質封存可以儲存 1000Gt 的二氧化碳，這個量體超過將溫升控制在 1.5°C 所需的二氧化碳封存需求，透過適當的管理可以將二氧化碳永久與大氣隔離。

2 成果及其應用：

捕捉的溶劑選擇有物理溶劑、醇胺、離子溶液與奈米流體等多種選項，其中被廣泛使用的還是醇胺溶劑，其他如離子溶液與奈米流體等溶劑皆為尚在發展階段。也可以透過程序調整來達成。包含增加溶劑吸收反應進行，提高 CO₂ 負載的

吸收增強；整合系統熱能、減少損失與提高溶劑再生效率的熱整合；透過熱泵原理，投入額外的電力供應，促使更多的熱能回收與傳輸效率等三種途徑。本次研究 CABS 設備採用的程序調整為熱整合的富液分流與多段熱交換技術。原先透過

將飽含 CO_2 的冷富溶劑拆分為兩股，少部分的一股作為冷流直接進入氣提塔頂，冷卻從塔頂離開的產品氣體，減少後端氣體冷凝器的負擔與冷凝液回流的熱損失。另一方面為了進一步提升程序的熱回收效率，本次更換熱交換器，採用三段式熱交換器，將原先的溫度差約為 16°C ，改良後預計提升到溫度差 $\leq 10^\circ\text{C}$ 。藉此達成回流至吸收塔的貧溶劑溫度更低，以利於吸收反應進行；而輸送至氣提塔的富溶劑可以進一步提升溫度，減少再沸器加熱所需提供的熱負荷。初步測試結果顯示，在單

一型溶劑 MEA 的表現效果最佳富溶劑流量比為 3:1；而複合型溶劑 AMP/PZ 則是在富溶劑流量比 2:1 時能耗表現最佳。後續對於程序穩定度與操作參數之細部調教仍需要經過長期試驗驗證，並測試物理溶劑結合醇胺的效益，最終進程序優化試驗，測試最佳操作參數，確認完整氣提程序改良成效。同時可以評估不同配方的溶劑對於尾氣汙染物之排放影響與控制技術，做為未來大規模碳捕捉廠運轉維護參考。



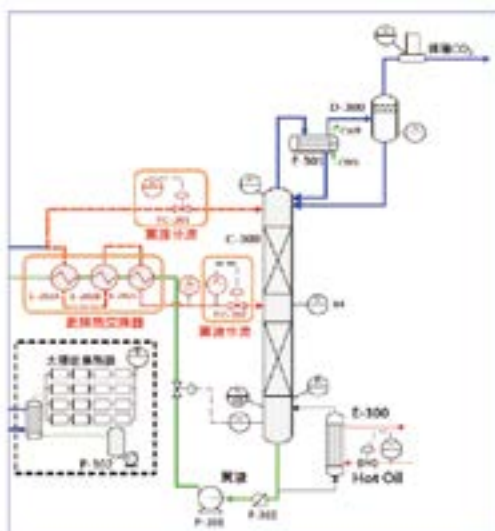
資料來源：本研究設備

圖 1 富液分流管線與 CABS 設備

表 1 觸媒效益對比

	MEA 流量比 3:1	AMP/PZ 流量比 2:1
進氣 CO_2 濃度(%)	13.93	13.87
溶劑再生能耗 (MJ/kg CO_2)	3.51	2.94
NH_3 (ppm)	17.13	15.78

資料來源：本研究整理



資料來源：本研究整理

圖 2 富液分流程序與多段式熱交換流程圖

研究人員：化學與環境研究室：沈威辰、莊宗諭、高靖棟、黃曉瑜、黃雅苓

以錳基材製備低溫 SCR 脫硝觸媒之研究

Study on Manganese-based Supports for Preparing Low Temperature SCR deNO_x Catalysts

Abstract

The most widely used SCR deNO_x catalyst is V₂O₅-WO₃/TiO₂. It is a metal oxide catalyst with a reaction temperature range of 300°C~400°C. Compare with high-temperature type catalysts, the reaction temperature of low-temperature type catalysts can be decreased to 80°C ~200°C. It can be installed at the end of flue gas and has the advantages of easy maintenance and long lifetime. This study mainly used MnO_x as a major metal and combined with active metals such as Ce and Fe to obtain SCR deNO_x catalysts. According to results, if Na₂CO₃ neutralizing agent is changed to (NH₄)₂CO₃, the water resistance and deNO_x efficiency can be effectively improved. The

optimal catalyst ratio is Mn:Ce:Fe=8:1:1. The TiO₂ supports can be added or not added, which has little impact on catalyst activity. Furthermore, under the condition of SO₂=100ppm, the deNO_x efficiency only dropped slightly which means that catalysts have not only high water resistance but also good sulfur resistance. This study successfully synthesized the catalysts by low-temperature calcination. The heat treatment is at lower temperature and for a longer time. Compare with the catalysts obtained by high-temperature calcination, they have similar deNO_x efficiency and N₂ selectivity.

1 研究背景、目的、方法：

氮氧化物(NO_x) 氮氧化物(NO_x)是空氣污染主要物質之一，而在煙氣淨化技術中，選擇性觸媒還原法(Selective Catalyst Reduction, SCR)是目前工程實際應用最廣泛，也是技術最成熟的方法。近年來越來越多學者致力於低溫(80~200°C)選擇性觸媒還原技術之研究，主要使用活性成分為 Mn 氧化物，再搭配如 Ce、Cu、Fe 和 Zr 等金屬氧化物，另可選擇性搭配擔體如 TiO₂、γ-Al₂O₃ 與 SiO₂ 等。MnO_x 含有多種活性氧，這有利於觸媒的催化循環，得到高價態的 MnO_x 是提高觸媒低溫活性的關鍵。

低溫 SCR 觸媒系統之開發，可擴展傳統 SCR 觸媒之操作溫度範圍，應用於較低溫之煙道廢氣處理，

以降低能源之耗損。此外，低溫型 SCR 系統可裝設於袋式集塵或靜電集塵器後端，可避免飛灰的造成的堵塞、沖蝕及化學毒化，若裝設於排煙脫硫後端，可避免 SO₂ 毒化及 NH₄HSO₄ 形成，此可有效延長觸媒的壽命及降低運轉維護成本。

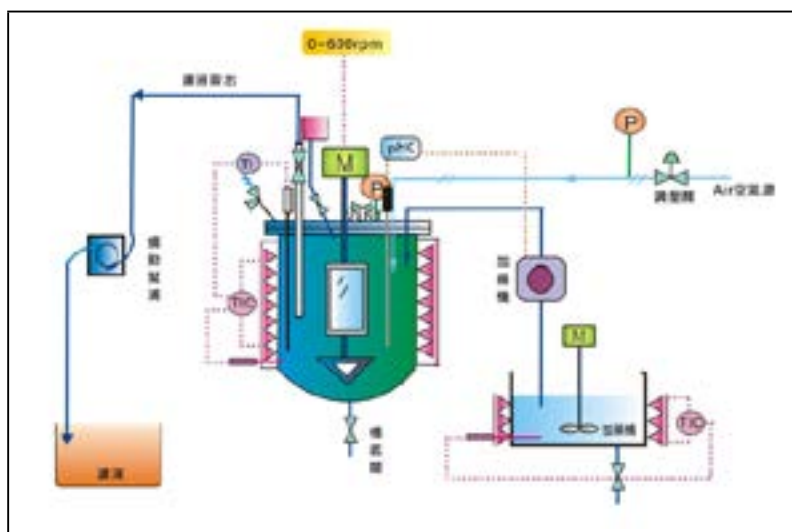
本研究目標是開發低溫抗水、抗硫之 SCR 觸媒，期望可應用於低溫(80~200°C)下，處理煙道尾氣中 NO_x 之排放。本實驗將選定以 Mn、Ce 為主要活性金屬，確保觸媒之低溫活性，再搭配 Fe 副金屬來嘗試抑制水氣及抗硫之影響。此外，在擔體方面將以 TiO₂、飛灰及酸化飛灰作為基礎之擔體，並調整活性金屬比例進行脫硝活性及抗水、抗硫測試。

2 成果及其應用：

1. 本研究主要以 MnO_x 為主體，再搭配 Ce、Fe 等活性金屬進行 SCR 脫硝觸媒製備，並以共沉澱法成功合成有擔體(TiO₂)或無擔體之低溫脫硝觸媒。此外，我們透過調整金屬觸媒比例、添加擔

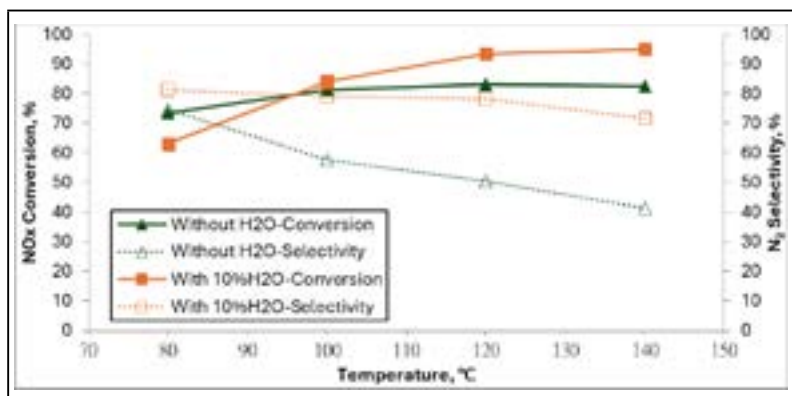
體、使用不同中和劑、變更煅燒溫度和時間、使用觸媒量產設備等手段，嘗試尋找低溫(120°C)區最佳脫硝效率及選擇率之觸媒。

2. 本研究以配方 $\text{Mn}_8\text{Ce}_1\text{Fe}_1$ 觸媒進行擔體 TiO_2 添加，在固定 $\text{Mn}:\text{Ce}:\text{Fe}=8:1:1$ 比例情況下，探討 TiO_2 擔體對於脫硝效率之影響。結果發現，當在 $\text{H}_2\text{O}=10\%$ 、反應溫度 120°C 的條件下，無論是否有 SO_2 濃度 100ppm ， $\text{Mn}_{20}\text{Ce}_{2.5}\text{Fe}_{2.5}/\text{TiO}_2$ 觸媒的脫硝效率皆差不多，表示觸媒在此 SO_2 濃度具有良好的抗毒化能力，最佳脫硝效率為 93.76% ，選擇性為 89.66% 。
3. 本研究變更加熱方式為低溫煅燒，探討以較低溫、長時間加熱方式，其脫硝效率之影響程度。在 $\text{H}_2\text{O}=10\%$ 、反應溫度 120°C 的條件下， $\text{Mn}_8\text{Ce}_1\text{Fe}_1$ (低溫 100°C 30 天) 觸媒與 $\text{Mn}_8\text{Ce}_1\text{Fe}_1$ 觸媒 (400 $^\circ\text{C}$ 6hr) 觸媒有相近的脫硝效率，可達 93.52% ，選擇率為 78.18% ，表示觸媒具有良好的抗水能力。
4. 本研究使用觸媒量產機進行觸媒製備，可提升每一批次觸媒的產量，從公克級提升至公斤級，並探討使用觸媒量產機是否會影響其脫硝效率。結果發現，當煅燒溫度為 350°C 時，在 $\text{H}_2\text{O}=10\%$ 、反應溫度 120°C 的條件下，其觸媒脫硝效率可達 93.60% ，選擇率為 85.02% ，故以燒杯進行觸媒合成與觸媒量產機製備觸媒之脫硝效率結果相近，表示觸媒合成放大試驗並不影響其觸媒活性。



資料來源：本研究繪製
本研究成功設計開發可製造公斤級的觸媒量產機

圖 1



資料來源：本研究繪製
 $\text{Mn}_8\text{Ce}_1\text{Fe}_1$ 觸媒在有 (無) 水氣下之脫硝效率及選擇率

圖 2

研究人員：化學與環境研究室：曾志富、郭麗雯、王佩霜

細粒化底灰作為飛灰替代材料之可行性研究

Feasibility Study of Fine-grained Bottom Ash as an Alternative Material for Fly Ash

Abstract

This study explores the applicability of ground bottom ash for cement-based materials. It is expected to be used as a substitute material for fly ash to enhance the application value of dry bottom ash in Taichung and solve the problem of insufficient fly ash supply in the future. During the research process, we first set the target for bottom ash grinding with reference to the particle size distribution of fly ash in Taichung. The final particle sizes D50 of the ground bottom ash were 16.31 μm and 11.56 μm respectively. Then we tested the grinding bottom with reference to CNS 3036 requirements for fly ash. Gray nature. The results show that the surface of the ground bottom ash is irregular and porous, the water demand is about 1% higher than that of fly ash, and the activity index exceeds 80%. The ground bottom ash of both finenesses meets the physical and chemical properties of CNS 3036 Class F fly ash. Require.

When ground bottom ash is used to partially replace cement by weight compared

to fly ash to make concrete, it can be found that the compressive strength development trend of the specimen containing ground bottom ash is consistent with that of fly ash, and the test group has a higher strength increase compared to the control group. In this study, a thermogravimetric analyzer was used to evaluate the decomposition temperature of calcium hydroxide, and the loss on ignition method was used to estimate the calcium hydroxide content of each sample. The results showed that when the age increased from 28 days to 91 days, the calcium hydroxide content in the control group tended to increase, while the test group containing fly ash and bottom ash decreased instead. It is speculated that this is due to the consumption of calcium hydroxide by the pozzolanic reaction. Therefore, after moderate grinding, the bottom ash can react in cement-based materials and can be used as a substitute material for fly ash. Materials with smaller grinding particle size have higher strength.

1 研究背景、目的、方法：

台電煤灰年產量超過 200 萬噸，是國內最大宗的發電副產物，其中燃煤飛灰經產官學研界多年研究與積極推廣下，現階段已廣泛應用於混凝土，幾乎可全數再利用。相較之下，燃煤底灰受限材料特性，主要以控制性低強度材料 (CLSM) 的形式應用於管溝回填，仍缺乏具更高應用價值的利用途徑。

近年來，政府為了改善日益嚴重的空污問題及降低碳排放，除了要求國內燃煤電廠改善空污防制設備外，也採取生煤管制措施並積極

推動能源轉型。國內燃煤發電的佔比預計由 2019 年的 37.3% 逐步調降至 2025 年的 30%，屆時煤灰產量大減，飛灰恐面臨供不應求。

底灰往年係以 CLSM 形式應用於管溝回填，為最大量的用途，但在國內其他再生粒料及廢棄物的使用下，減少了底灰的再利用，因此開發底灰其他再利用途徑已成為迫切的課題。

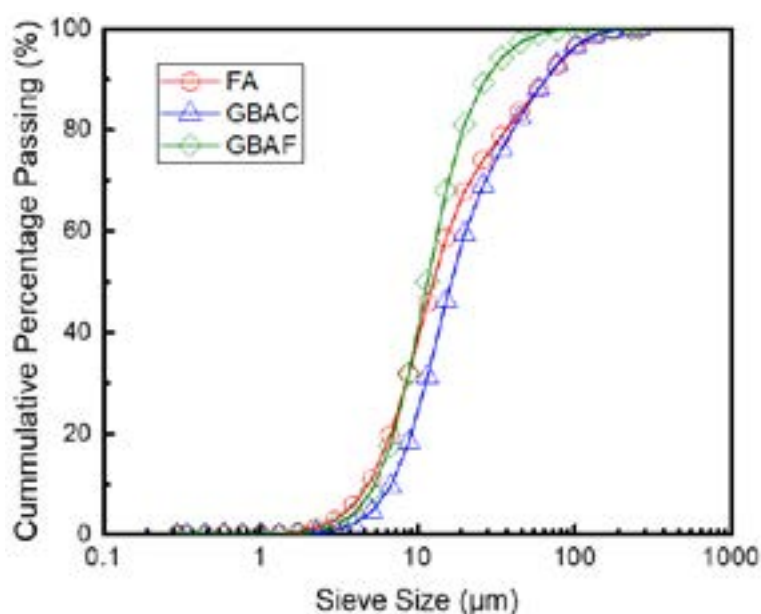
在相同的煤源與鍋爐燃燒條件下，底灰和飛灰應有相似的化學成份，兩者最大的差異在於粒徑和形

狀。因此本研究係將底灰適度研磨，首先探討其是否能比照飛灰的規範要求，再比照飛灰部分取代水泥，探討其是否具卜作

嵐反應，能改善強度，期能未來做為飛灰替代材料，開發底灰高值利用途徑，以解決未來飛灰可能供應量不足的問題。

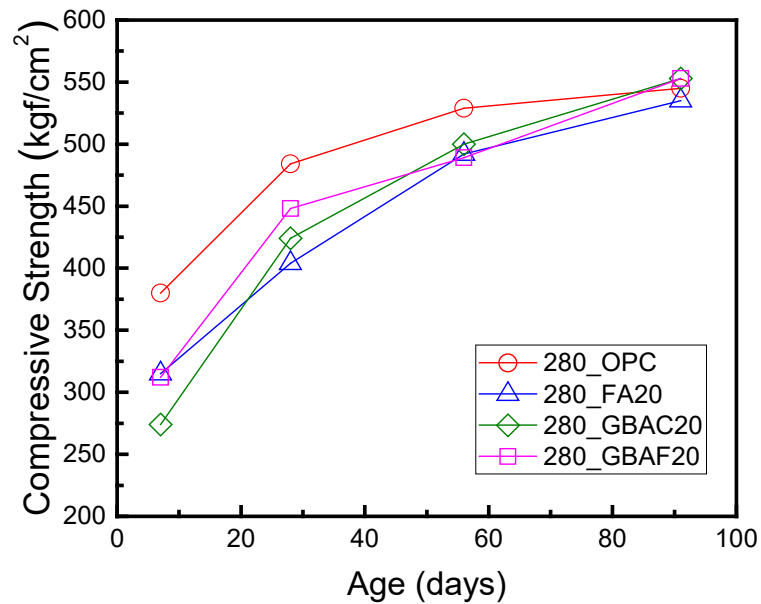
2 成果及其應用：

1. 當研磨底灰取代水泥比率越高時，早期強度下降越明顯，主要原因係早期強度由水泥水化所主導，但和控制組之抗壓強度差距則隨著齡期發展而逐漸縮小，甚至部分試驗組之晚期強度可超越控制組。
2. 在相同取代率下，含研磨底灰試體之抗壓強度隨齡期發展而增加，此趨勢和添加飛灰時一致，且各試驗組之抗壓強度差距都在 10% 以內。整體來說，以添加 FA 與 GBAF 之試體抗壓強度較高，推測原因為 FA 與 GBAF 整體粒徑較小，具有較高的比表面積，除了填塞作用外，水化或卜作嵐反應較為完全。
3. 在設計抗壓強度 210 kgf/cm^2 與 280 kgf/cm^2 下，以 GBAC、GBAF、FA 取代水泥 20% 或 50% 之混凝土試體抗壓強度無明顯差異，以研磨底灰取代飛灰具技術可行性。
4. 將底灰研磨作為飛灰替代材料，不僅提升底灰應用價值，達到燃煤電廠煤灰全利用，並有助於本公司推動工程減碳，因此可進一步評估對公司最有利的底灰處理及商業模式。



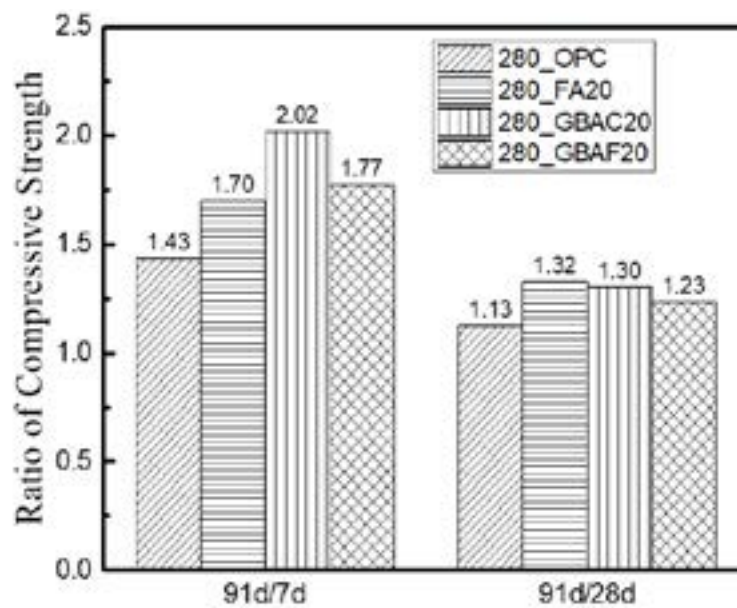
資料來源：本研究整理繪製

圖 1 飛灰與研磨底灰之粒徑分布曲線



資料來源：本研究整理繪製

圖 2 不同材料之抗壓強度發展圖 (設計強度 280 kgf/cm²，取代率 20%)



資料來源：本研究整理繪製

圖 3 不同齡期之抗壓強度比率 (設計強度 280 kgf/cm²，取代率 20%)



資料來源：本研究整理繪製

圖 4 混凝土耐久性試驗 (RCPT，強度 280 kgf/cm²，齡期 56 天)

研究人員：化學與環境研究室：邱智勇、郭麗雯、吳宸胤、林泓道、吳文堅
台中發電廠：楊錫昌、施慶昌

燃煤電廠混燒木質顆粒飛灰作為混凝土摻料性質分析

Study on the Properties of Co-fired Wood Pellet Fly Ash as Concrete Admixture

Abstract

According to the national standard CNS 3036 and the Regulations Governing Administration of Reuse of Enterprise Waste(Promulgated by the Ministry of Economic Affairs), coal-fired power plants' boilers are permitted to co-combust wood pellets up to 10% (by weight). The resulting fly ash from this co-combustion, known as co-fired fly ash, can be used as a pozzolanic material in concrete. However, in order to comply with government carbon reduction policies, Taiwan Power Company(Taipower) conducted a test burning operation in Unit 5 of the Taichung Power Plant, using wood pellets as a partial substitute for fuel. A third party was commissioned to test the properties of the co-fired fly ash material, concrete properties, and on-site production trials in order to confirm the performance of

concrete using co-fired ash.

The test burning operation in Unit 5 of Taichung Power Plant collected coal fly ash and co-fired fly ash(at 3.4% w.t.). According to the test results, both types of fly ash meet the requirements of CNS 3036 Class F and exhibit similar properties in both fresh and hardened concrete. Additionally, there is no significant difference in the production process and equipment energy consumption of ready-mix concrete plants.

Based on the comprehensive test results, this can enhance the confidence of precast concrete manufacturers in the future when using co-fired fly ash from Taiwan Power Company. This provides Taiwan Power with an additional option in its efforts to reduce carbon emissions.

1 研究背景、目的、方法：

為配合政府能源轉型及淨零碳排放等政策，台電公司開始規劃提升燃煤機組的效能與使用部分替代能源，其中燃煤電廠發電鍋爐混燒木質顆粒，可降低燃煤電廠二氧化碳排放量，但其產生之混燒飛灰能否順利去化及再利用，將影響燃煤電廠營運及穩定供電。

台電公司於 110 年 5 月 7 日完成國家標準 CNS 3036 改版工作，將燃煤混燒木質顆粒飛灰定義為一般飛灰，混燒木質顆粒含量則依經濟部事業廢棄物再利用管理辦法規定(當時規定可混燒重量 5% 以下之木質顆粒)。鑑此台電公司於 111 年 2 月開始推動「中五機混燒木質顆粒試燒計畫」，經由一系列之縝密規劃，於 111 年 12 月 13 日至 15

日進行國內首次大型燃煤發電機組之燃煤與木質顆粒共磨混燒，過程中順利取得設備運轉參數、混燒煙氣、飛灰樣本及其分析數據等相關資料，可供後續設備適用性、混燒飛灰去化可行性評估之依據。

依新版國家標準 CNS 3036 及經濟部事業廢棄物再利用管理辦法規定，燃煤電廠發電鍋爐可添加百分之十(重量比)以下木質顆粒與煤共同燃燒，所產生之混燒飛灰可應用於混凝土做為卜作嵐材料使用。台電公司為確保國內混凝土工程品質，秉持謹慎態度，於木質顆粒投入電廠發電製程之前，將試驗取得的飛灰樣品，委託第三方進行燃煤飛灰及混燒飛灰各項性質差異驗證工作。

2 成果及其應用：

1. 混燒灰材料性質試驗：燃煤飛灰及混燒飛灰(3.4%w.t.)均符合 CNS 3036 F 類各項規定，且兩

者間 CNS 3036 F 類、細度(氣透儀法)、比重(密度)等各項試驗結果均無明顯差異。

2. 混燒飛灰混凝土性質試驗：

(1) 新拌混凝土試驗：燃煤飛灰混凝土及混燒飛灰混凝土之坍度、坍損、0至90分鐘溫度變化、空氣含量、單位重、初終凝時間均無明顯差異。

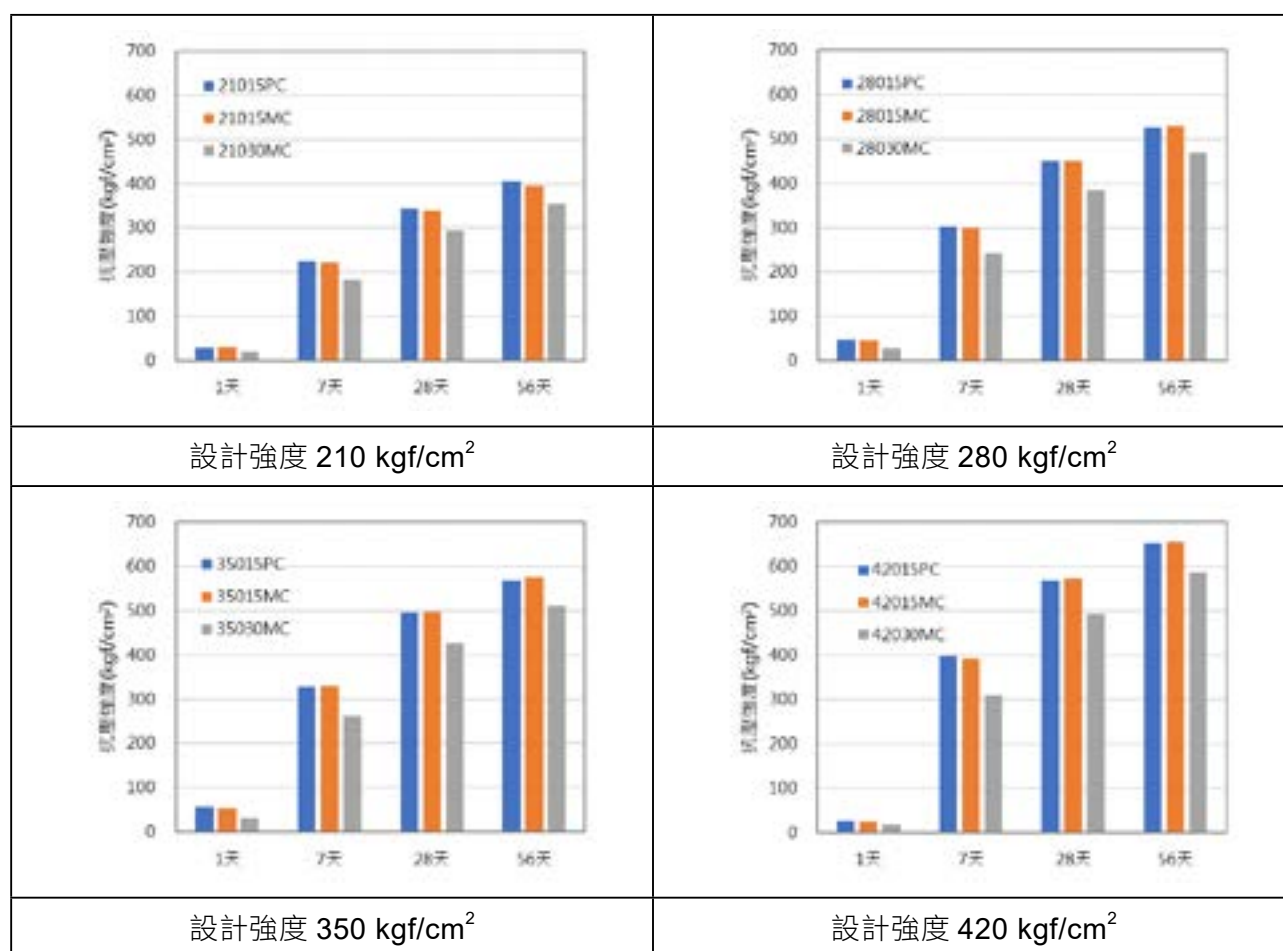
(2) 硬固混凝土試驗：燃煤飛灰混凝土及混燒飛灰混凝土各齡期強度、RCPT、90天齡期長度變化均無明顯差異。

3. 混燒飛灰混凝土實廠產製試驗：

(1) 燃煤飛灰及混燒飛灰對於混凝土生產流程及生產設備能耗(拌和機馬達電流值變化)無明顯差異。

(2) 燃煤飛灰混凝土及混燒飛灰混凝土之新拌性質(如：坍度、坍損、溫度變化量、空氣含量、單位重及水溶性氯離子含量)及各齡期強度均無明顯差異。

4. 目前依事業廢棄物管再利用管理辦法之煤灰再利用管理方式及 **CNS 3036** 混凝土用燃煤飛灰及未煅燒或煅燒天然卜作嵐材料國家標準，已允許添加 10% 的木質顆粒來取代煤。本公司可以「漸進」的方式，由 3.4% 逐步提升木質顆粒混燒之比例，以符合政府減碳需求，同時避免混凝土業者的反彈。



資料來源：本研究整理

圖 1 混燒飛灰混凝土性質試驗—抗壓強度試驗結果

研究人員：化學與環境研究室：郭麗雯、林泓道、邱智勇、吳宸胤、曾志富
台中發電廠：邱士展、李信龍

鹽田水鳥保育 ESG 推動方案可行性分析

Feasibility Analysis of ESG Promotion Plan for Waterbirds Conservation on Salt Pan Wetland

Abstract

In recent years, international organizations have shifted focus from net-zero carbon emissions to biodiversity conservation, launching several key initiatives, such as the Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (approved in 2022), the Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) Framework (published in 2023), and the upcoming Conference of the Parties (COP 16) to the Convention on Biological Diversity (scheduled for late 2024).

Since 2016, Taipower Company has focused on ecological research at the Yongan Wetland, accumulating extensive bird distribution and terrain data, and has successfully filed two patents: "Water Level Regulation Method for Wetland Bird Habitats" and "Large-Scale Wetland Bird Habitat Depth Measurement Method". These patented technologies can be widely applied in wetland habitat restoration,

industrial facility impact assessments, and improving conservation performance. They hold particular value for large enterprises that need to disclose their biodiversity performance under the TNFD framework. Taipower Company has also gained valuable experience in wetland restoration, demonstrating its capability to support companies in fulfilling their biodiversity commitments with technical expertise.

Taipower Company has introduced a sustainable index-linked loan scheme, which allows companies to reduce their financing costs by using biodiversity indicators to secure interest rate reductions from financial institutions. This innovative financing model benefits enterprises, financial institutions, and society by promoting investment in biodiversity protection. It also accelerates the integration and application of biodiversity indicators, making a significant contribution to green finance development.

1 研究背景、目的、方法：

台電公司自 2014 年起，致力於永安濕地的生態研究，累積了大量的鳥類分布數據與地形測量數據以及水生陸生動植物調查資料，並成功申請了兩項發明專利。台電公司亦成功累積永安濕地的復育經驗，具備以技術支撐企業落實生物多樣性承諾的實力。台電公司計畫拓展業務，向企業提供生物多樣性績效分析及生態保育專案執行等服務（成立新事業），並能協助金融機構推動綠色金融產品，達成政府及監管機構對綠色融資的績效要求。

金融業提出的永續指數連結貸款方案（由新事業為企業所做之生態保育績效為永續指數連結指標），將幫助企業通過利用生物多樣性指標來獲取金融機構的融資利率減免，從而降低企業的財務成本，推

動企業在生物多樣性領域的投資。

台電公司在生物多樣性保護領域的專業技術與豐富經驗，使其擁有強大的市場競爭力。本研究的新事業未來將透過這一創新商業模式，進一步增強其在市場中的地位，並為企業與金融機構提供有效的生物多樣性管理解決方案，實現環境、經濟與社會的三重效益。

本研究旨在評估並分析永續指數連結貸款（SLL）模式下，企業、金融機構與新事業之間的三方合作關係及其商業模式的可行性。本研究的目的為：

1. 探索永續指數連結貸款對企業永續發展的影響。
2. 分析金融機構在永續貸款模式中的角色與風險管理。

3. 評估新事業提供的水位調控技術在市場中的應用潛力。
4. 確定三方合作關係的互利共生效益。
5. 評估該商業模式的可行性及長期發展潛力。

基於市場需求、技術可行性及財務模型，評估該模式在不同市場條件下的可行性，並預測其未來發展潛力，確保該模式能在長期內為三方創造穩定的收益來源。

2 成果及其應用：

1. 技術可行性 (圖 1)

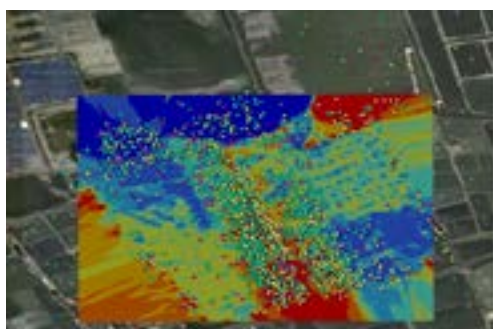
以科學方法研究生態乘載量。這些過去無法達成的經由台電綜研所的研究後，都成為可達成的成果 (洪健恆, 2022)，這也是新事業與其他生態服務公司市場競業最大的差異點。過去 10 年台電公司綜

合研究所在永安濕地的觀測，並已建置 56 種水鳥水深資料庫，業已涵蓋了台灣 90% 的濕地水鳥物種。

2. 財務可行性分析 (圖 2)

3. 內外部利害關係人分析 (圖 3)

4. SWOT 分析 (圖 4)



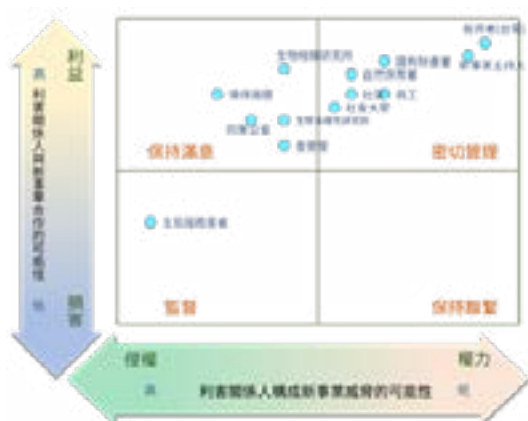
圖片來源：洪健恆, 2022, 中華民國專利 I706123。

圖 1 地形連續高程數值圖及鳥類點位



資料來源：本研究繪製

圖 2 財務可行性分析獲利來源



資料來源：本研究繪製

圖 3 新事業利害關係人管理矩陣圖



資料來源：本研究繪製

圖 4 SWOT 分析

研究人員：化學與環境研究室：洪健恆

水下無人載具於底棲生態調查之應用

The Application of Underwater Remotely Operated Vehicle in Benthic Ecological Studies

Abstract

Because of its user-friendly, low-cost, live image system, and multiple scientific device capability, remotely operated vehicle (ROV) has been widely used in all kinds of marine research and engineering. In this study, we have used a portable ROV to investigate the benthic ecology around the water inlet of the Shen'ao Power Plant. As farther away from the inlet of open sea, as smaller of the sediment grain size. Whether in the Coral Area with strong ocean waves or in the calm Deep-water Area, we could find specific local benthic organisms. In the Buffer Area, new benthic immigrants might migrate from the ambient species pools to the newly hatched microhabitats. For the research and

development requirements, the electrical facilities or marine ranching equipment might be constructed in the water inlet of the Shen'ao Power Plant. The Buffer Area or the middle of Deep-water Area, which keeps away from the disturbance-sensitive coral reefs, would be suitable locations for the associated construction. The highly diverse local benthic communities could quickly recover from the ambient reserved habitats and mitigate the environmental impacts of related engineering projects. The keep developing of ROV technology will improve the sustainable energy spreading of the Taiwan Power Company.

1 研究背景、目的、方法：

水下無人載具是現今海洋研究不可或缺的工具，能以低成本、低工安風險的方式取得水下即時影像及各類環境樣本，並廣泛應用於各類海事工程。藉由操作基礎型水下無人載具亦可訓練研究人員熟悉操作，未來以較進階機型實際應用於離岸風場等大洋性場域。本研究以

水下無人載具輔助調查深澳電廠進水口之底棲生態，主要研究內容包含：熟悉水下無人載具的各項配件並用以取得研究樣本、分析比較潛水採樣及水下無人載具取得之底泥樣本差異、測試水下無人載具於各類海洋環境之採樣能力。

2 成果及其應用：

1. 本研究以水下無人載具輔助完成完整的底棲生態調查，確認深澳電廠進水口海域各分區均有其獨特的底棲動物組成，甚至在各區的微棲地內都能找到較稀有、尚未在其他區域找到的種類。
2. 底質分析得知底泥粒徑大小由入水口往港灣內遞減，此觀察與波浪物理擾動的強度相對應，越接近入海口小顆粒的砂石更難以沉積，而在深水區可找到較細的極細砂，但各區域淤泥均難以累積，

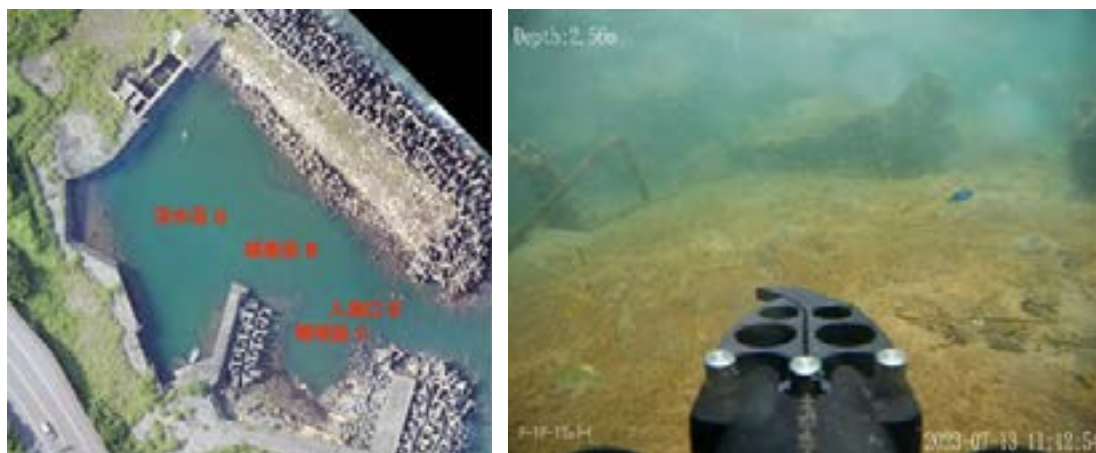
進水口海域整體仍是水流較強的環境。由底棲線蟲的物種分析可以發現，進水口海域生物多樣性甚高，有許多佔據相同棲位的物種，這些同功群能在區域性滅絕發生時互相彌補彼此的棲位。就像在緩衝區所觀察到的情形一樣，推測當新的棲地在經過物理擾動或底砂累積產生時，周圍的原生物種會立刻遷入佔據新的生態棲位。整個深澳進水口可以視為一個大型的種源庫與避難所，

藉由防波堤阻隔冬季的東北季風及強烈波浪侵擾，並維持與外海臺灣東北角海域的典型生物族群互通。

3. 本研究針對深澳進水口海域進行底棲生態調查，因應接下來該處將建立電業海洋生態研究及環教場域，後續將以珊瑚

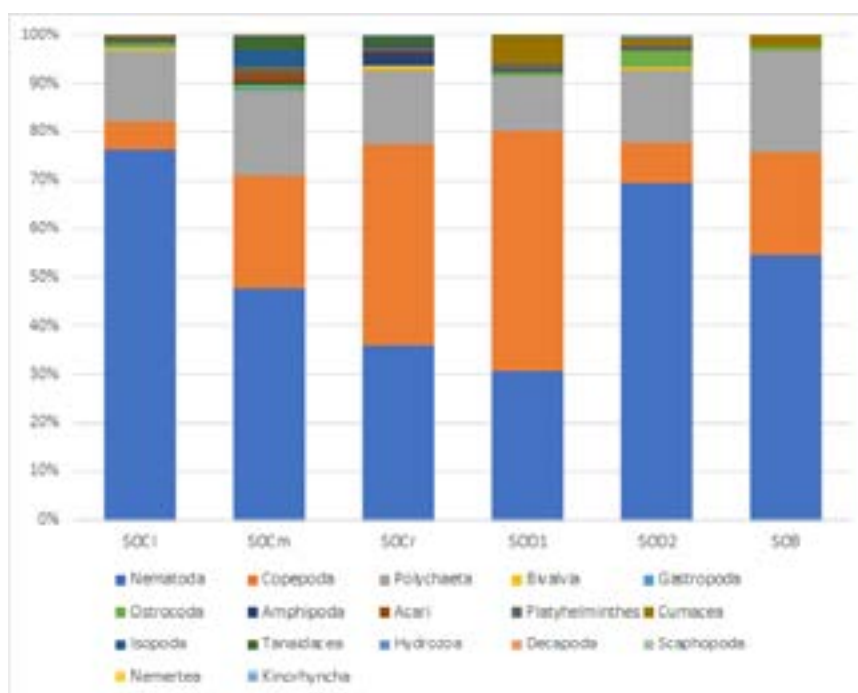
做為主要研究目標，確認其能成為珊瑚移植或培育之潛力場址。

4. 本研究成果未來亦可應用於離岸風場或液化天然氣接收站等相關海洋基礎設施上，有助於建立本公司對外之生態環保形象。



資料來源：本研究整理

圖 1 深澳進水口海域底棲環境分區圖(左圖)及水下無人載具於海底操作情形(右圖)



資料來源：本研究繪製

圖 2 深澳進水口海域樣本之底棲動物大類分布比例圖

研究人員：化學與環境研究室：廖健翔、陳璽年、江秉鴻

因應未來大量再生能源發展之大型（輸電級）儲能應用 In Response to the Future Development of Large-Scale Renewable Energy, Applications for Large-scale (Transmission-level) Energy Storage

Abstract

As part of the energy transition, our country has set a goal to achieve a 20% share of renewable energy by 2025. However, the increasing penetration of renewable energy is posing challenges to the stability of the power system. In recent years, many countries have implemented battery storage as a complementary measure to the development of renewable energies, integrating appropriate levels of battery storage systems to support grid power supply and provide reliable,

safe, and economical benefits. This study specifically examines the demand and application technologies of battery storage systems in Taiwan's power system by 2025, exploring scenarios involving extensive use of renewable energy combined with storage systems. Using the PSS/E software, the study simulates the application of battery storage systems, focusing on aspects such as virtual inertia, ancillary services, and support for system voltage.

1 研究背景、目的、方法：

隨著能源轉型，我國以短期 2025 年再生能源占比達 20% 為發展目標。然而，再生能源滲透率的提升，電力系統的穩定度將備受考驗。近年許多國家已將電池式儲能做為再生能源發展的配套措施，透過加入適量的電池式儲能系統以輔助電網供電，帶來可靠、安全與經

濟的效益。本研究主要針對台灣電力系統於 2025 年，電池式儲能系統的需求量與應用技術進行研究。探討未來大量再生能源搭配儲能系統之情境。透過 PSS/E 軟體，模擬電池式儲能系統的應用，如：虛擬慣量、輔助服務及系統電壓的支撐能力。

2 成果及其應用：

透過 PSS/E 模擬軟體 WECC 二代電池式儲能系統模型，模擬分析了 114 年輕載及尖載情境，運用電池式儲能系統提供慣量技術方案與電壓支撐研究。

在慣量技術模擬研究方面，在台北 161kV 匯流排設置了 1000MVA 之電池式儲能系統，模擬了當系統發生 1271.4MW 機組跳脫的 N-1 事故，此時電池式儲能系統執行動態調頻、靜態調頻及虛擬慣量策略。

1. 在輕載情境下，操作於 dReg0.25 策略的最低頻率為 59.730 Hz，操作於 dReg0.5 策略的最低頻率為 59.625 Hz，操作於 sReg 策

略的最低頻率為 59.766 Hz，操作於虛擬慣量控制 (H=12) 的最低頻率為 59.312 Hz。

2. 在尖載情境下，操作於 dReg0.25 策略的最低頻率為 59.789 Hz，操作於 dReg0.5 策略的最低頻率為 59.726 Hz，操作於 sReg 策略的最低頻率為 59.868 Hz，操作於虛擬慣量控制 (H=40) 的最低頻率為 59.633 Hz。

3. 根據模擬結果進行評估。在動態調節控制項目中，在拯救系統的頻率最低點與系統震盪調節能力的方面較優異，但執行 dReg0.5 時，在 RoCoF 的限制能力較差。在靜態調節控制項目中，在拯救

系統的頻率最低點能力較優異，但在 RoCoF 的限制能力與系統震盪調節能力較差。在虛擬慣量控制項目中，在 RoCoF 限制能力與系統震盪調節能力較優異，但在拯救系統的頻率最低點的能力較差。

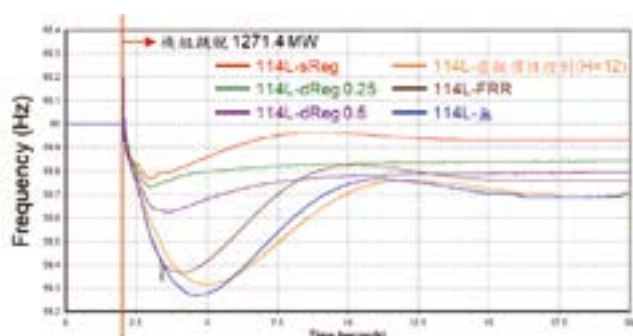
在電壓支撐模擬中，位於南科 161kV 匯流排設置了 200MVA 之電池式儲能系統，模擬系統 345kV 匯流排發生三相短路故障接地的事故，故障發生時間為 1 秒，短路接地阻抗大小為 4 Ω，故障持續時間為 0.1 s，故障清除時間為 1.1 s，此時電壓支撐策略為操作於 IEEE 1547A、IEEE 1547B、IEEE 2800 與基於台電要點設計的控制策略。

1. 在輕載情境下，南科南 H 匯流排的電壓未加入策略，以及加入 IEEE 1547A、IEEE 1547B、IEEE 2800 與設計的控制策略時，在 1.02 秒時匯流排電壓分別是 0.390 pu、0.406 pu、0.411 pu、0.417 pu 與 0.435 pu，在 1.1 秒時匯流排電壓分別是 0.464 pu、0.477

pu、0.481 pu、0.487 pu 與 0.513 pu。

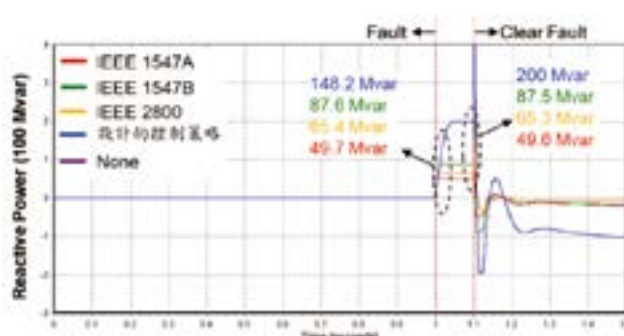
2. 在尖載情境下，南科南 H 匯流排的電壓未加入策略，以及加入 IEEE 1547A、IEEE 1547B、IEEE 2800 與設計的控制策略時，在 1.02 秒時匯流排電壓分別是 0.436 pu、0.450 pu、0.455 pu、0.461 pu 與 0.481 pu，在 1.1 秒時匯流排電壓分別是 0.497 pu、0.509 pu、0.513 pu、0.518 pu 與 0.542 pu。
3. 根據模擬結果進行評估，不論在輕載或尖載情境下，運用儲能系統進行電壓支撐效益趨勢相同。同樣地，根據模擬結果，在時間為 1.02 秒與 1.1 秒時，國外規範中 IEEE 1547B 標準電壓控制策略與基於台電電力調度要點設計的電壓控制策略的電壓支撐效益最佳。

最終，透過慣量技術及電壓支撐模擬證實了運用電池式儲能系統在這兩個技術上的可行性，對於未來大量再生能源滲透率的電網中能達到穩定電網運行的效果。



資料來源：本研究彙整

圖 1 輕載情境之策略模擬系統頻率比較圖



資料來源：本研究彙整

圖 2 輕載情境暫態模擬輸出功率各策略比較圖

研究人員：電力研究室：謝曉惠、廖清榮

國立臺灣科技大學：張家銘、鄭信宣、戴孜青、郭政謙

應用於企業專網下之智慧型天線研析

Research on the Intelligent Antenna Applied to Enterprise Private Network

Abstract

Smart antennas, frequency selective surfaces (FSS), intelligent reflective surfaces (IRS), and metamaterials have been incorporated into the 3GPP Release 18th standard, playing a crucial role in enhancing beamforming and MIMO techniques for 5G new radio communications. These innovations aim to improve signal strength and achieve full coverage. According to recent academic papers, these technologies can assist in indoor communication and support space-air-ground integrated networks (SAGIN). Depending on the context, reconfigurable intelligent surfaces (RIS) can be installed on fixed platforms or mobile platforms, improving IoT signal coverage and reducing interference.

To meet the needs of Taiwan's 5G enterprise private network spectrum

(4.8GHz-4.9GHz) released by the National Communications Commission (NCC) and the MODA Private 5G Promotion Office, Taipower company has developed a fixed frequency selective surface by using a aperture-coupled resonators (ACR) structure to let only 4.8-4.9 GHz radio frequency pass this spatial filter structure. Besides, a tunable frequency selective surface technology by anisotropic properties of liquid crystals has also been designed. We can apply these technologies in power generation, transmission and distribution, to provide comprehensive network coverage across power-related IoT systems, reduce low-frequency noise interference on power control equipment, and reduce base station deployment costs while improving spatial and energy efficiency.

1 研究背景、目的、方法：

隨者 5G、Beyond-5G 及 6G 技術的演進，頻率選擇表面、智能反射面、超穎材料等技術皆寫入第三代合作夥伴計劃 (3GPP) Release 18 標準，其功能主要可優化無線通道的狀態。超穎材料為週期性元件組成的人造結構，可以藉由部署並透過軟體控制達成無線訊號可控效果。依據近幾年發表的文獻中，智能反射面可應用於智慧家庭、智慧建築、智慧工廠、智慧醫院等應用情境，並結合無人航空載

具 (UAV) 強化基站與終端間傳輸效果。

本公司為強化專頻專網 n79 頻段設備收發介面之效能，並為未來專網基站能夠以最低成本方案達成全場域覆蓋特性，本研究研析智慧型天線概念及運作原理，並瞭解各被動頻率選擇表面、主動式頻率選擇表面之性質差異，針對各頻率選擇技術優劣分析評估，並選擇最佳方案進行專頻專網智慧天線進行實作。

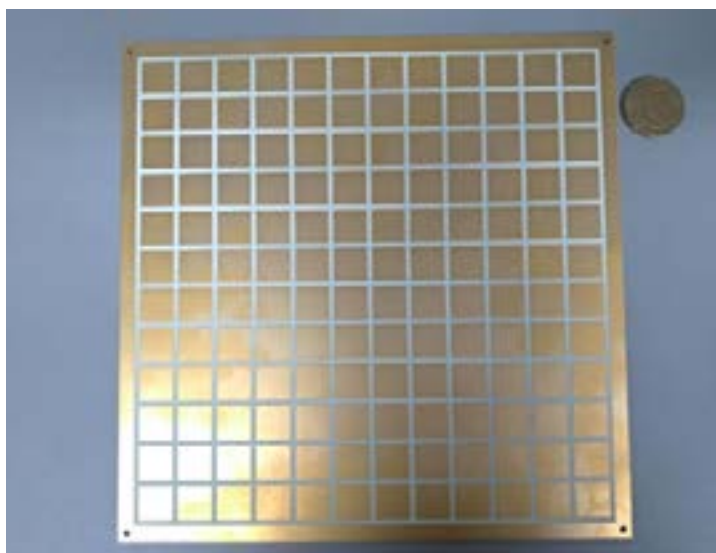
2 成果及其應用：

本研究利用狹縫耦合震盪器之被動式頻率選擇面技術，設計出一個可針對空間濾波器進行濾波之帶通頻率選擇面技術，僅專頻專網頻段 (n79, 4.8-4.9 GHz) 可通過，並具備平頂效應，達成良好過濾空間

雜訊之效果，且實作值與模擬值貼合，並取得「用於無線電力裝置之頻率選擇表面結構」發明專利 (發明第 I801302 號)；本研究亦開發結合液晶材料透過多層結構之設計來進行複合式頻率選擇平面的研究

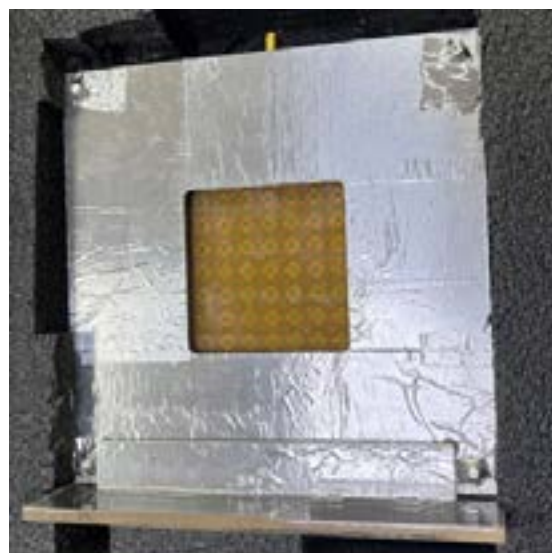
之主動式頻率選擇表面元件之設計，在接收端元件需要接收專網訊號時，不施加任何偏壓可接收空氣介面專網訊號，在需要隔離專網訊號時，施加訊號源達到隔絕專網訊號之功效。上述設計可應用在電力對通訊敏感場域(如：電廠控制室等)或強化 n79 專網通訊效能場域進行廣泛佈建之應用(如：專網終端、智慧電表收發介面等)。

本研究除可應用專頻專網頻率選擇面於電力物連網場域之發射端(Tx)(如：基站)、接收端(Rx)(如：專網物聯感測裝置、智慧電表等)，以優化射頻發射訊號，並隔絕外界之不必要干擾雜訊外；未來亦可研發智能反射面技術，將需求頻段訊號完整覆蓋於場域中，並可降低基站之建置數量，透過降低基站佈建密度可達成在降低通訊佈建成本下，維持相同優良之訊號覆蓋。



資料來源：本研究

圖 1 專頻專網狹縫耦合震盪器實作樣品



資料來源：本研究

圖 2 專頻專網液晶頻率選擇面實作成品



資料來源：本研究

圖 3 專頻專網液晶頻率選擇面實作過程

研究人員：資訊與通信研究室：劉宇恒、洪瑞呈、徐珮真、廖文聘、羅尹孜

風機塔柱及葉片損壞監測與噪音監控

Wind Turbine Tower and Blade Damage Surveillance and Noise Control

Abstract

This research project focuses on enhancing wind turbine efficiency and reliability while minimizing environmental and community noise impact. By developing intelligent detection for blade and tower damage and investigating noise reduction strategies, the project aims to precisely monitor turbine conditions. The plan includes

creating an intelligent blade inspection module, studying tower base damage indicators, and exploring noise reduction feasibility. Anticipated outcomes seek to advance wind turbine technology, expanding its applications in renewable energy and promoting positive acceptance of green energy in society.

1 研究背景、目的、方法：

目標開發智慧葉片損傷巡檢模組，解決風力發電機維護中現行手法的不足。傳統損傷檢測耗時且主觀，透過機器學習演算法分析風機葉片聲音，提高損傷檢測效率。此技術自動處理現場聲音資料，實現對潛在葉片損傷的即時客觀評估，

同時不影響風機運轉。蒐整國外大型旋轉機械噪音減量策略之研究，探討風機噪音主 / 被動控制之可行性，結合聲學照相機進行現地量測，提出風機噪音減量策略建議，為風力發電領域帶來效能提升與維護優化。

2 成果及其應用：

本計畫以聲學感測器蒐集風機葉片聲音，透過機器學習演算法提高損傷檢測效率。選定 Vestas-V80、GE-1.5se、ENERCON-E70 風機，包括彰工、觀園、王功風場進行現場量測。巡檢設備與檢測模組完成後，預期能有效解決風機損傷檢測的耗時與主觀性問題，提高風力發電機的可靠性。以下簡述對於原始音訊檔（風機葉片運轉聲音）作的訊號處理流程，首先，透過帶通濾波和移動平均找出波形趨勢，以波形趨勢的判斷機制，分割出三支葉片掃過的時間間隔。每個間隔皆可產生自己的指標性聲音特徵。每組資料皆可產生 12 個特徵值。接著採取「決策樹」這項分類工具，使資料自己擬合成合適的判斷標準。在機器學習模型訓練階段，所有資料皆保留特

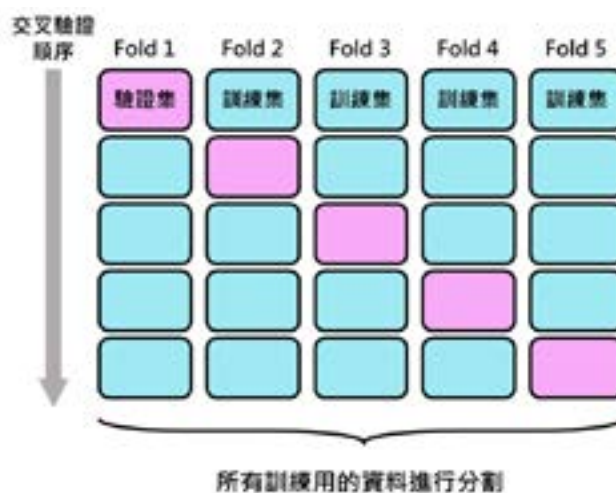
徵擷取後的原始資訊，不進行其他處理方式；除此之外，所有資料拆分成五個堆疊輪流進行交叉驗證（圖 1），每一堆疊皆 20 % 的資料量，分批作為訓練階段的驗證集，其餘資料皆為訓練資料，藉此可以避免模型過度擬合或是受到異常極值影響模型效能。

計畫執行至 112 年，目前已完成葉片運轉噪音現場量測流程制定，依據指引進行 5 次的現場數據蒐集工作，共累積 78 架次 (4680 筆數據資料)。持續擴增不同風場與廠牌風機的數據，強健機器學習資料庫。目前建立的預測模型於驗證集上的損壞判定準確率 96.20 % (圖 2)。

針對不同類型的風力發電機噪音，根據蒐整之文獻，對於風機噪音減量策略主要可分為以下幾類：

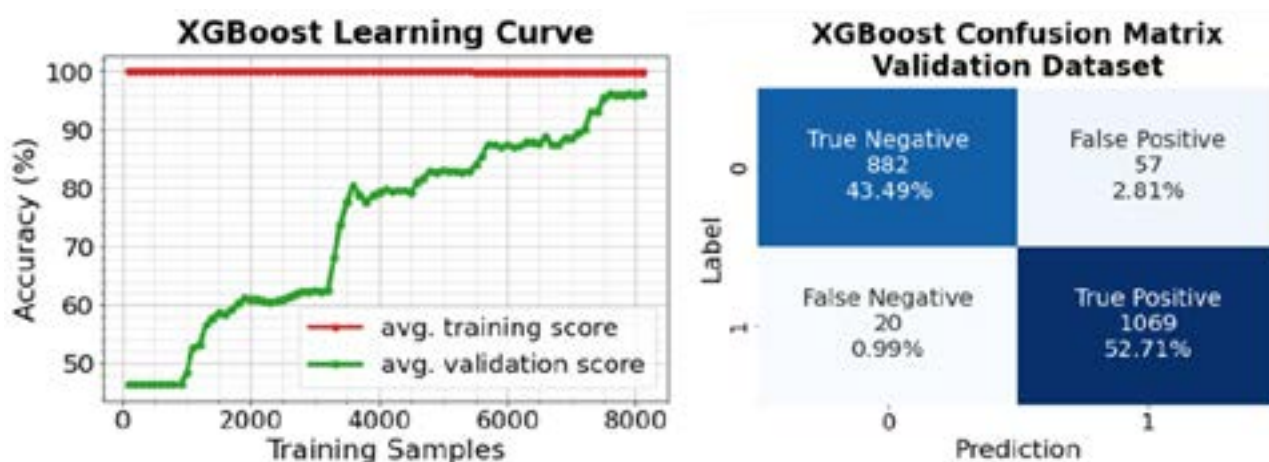
(1) 優化設計，即通過改善風葉的形狀、數量、角度、分佈等參數，以降低氣動噪音的產生 (2) 隔音處理，即通過在風力發電機周圍或內部安裝吸聲材料、隔聲罩、

消聲器等裝置，以減少噪音的傳播；(3) 減振控制，即通過在風葉或其他部件上增加質量塊、彈性元件、阻尼材料等裝置，以減少振動的產生和傳遞。



資料來源：本研究提供

圖 1 資料拆分成五個堆疊進行交叉訓練與驗證



資料來源：本研究提供

圖 2 機器學習 (XGBoost) 之學習曲線 (左) 與驗證集混淆矩陣 (右)

研究人員：能源研究室：陳瑞麒、石振宇

電廠餘氫再利用技術可行性評估研究

Feasibility Assessment Study of Power Plant Residual Hydrogen Reuse Technology

Abstract

In response to the international trend of climate change promoting the net-zero transition, hydrogen energy has been seen as one of the country's 12 key strategies for net-zero carbon emissions in the future. Hydrogen energy and fuel cell technology have the characteristics of both power generation and energy storage. At the same time, it is a power generation technology that can achieve zero pollution. Datan Power Plant uses seawater electrolysis to produce sodium hypochlorite to prevent marine organisms from being attached to circulating cooling water tubes and equipments. So far, the hydrogen derived from seawater electrolysis is directly released into the atmosphere. If the released hydrogen can be effectively used as fuel source for fuel cell power generation system, it may be a

potential energy utilization and clean power generation technology.

This research takes the seawater electrolysis equipment of the Datan Power Plant as the main research subject, and aims to perfect and improve the hydrogen fuel pre-treatment equipment, integrate the pre-treatment equipment and the fuel cell power generation system, and formulate a suitable operation and maintenance strategy. The research works were completed through past research results, laboratory simulation tests, plant field tests, and gas treatment technology concept verification, and new field equipment is installed to verify the feasibility of the technology. Finally, based on the previous research results, we propose the benefit assessment and implementation strategies.

1 研究背景、目的、方法：

因應氣候變遷推動淨零轉型的國際趨勢，氫能被列為國家未來淨零碳排的 12 項關鍵戰略之一。氫能源與燃料電池技術同時兼具創能與儲能之特點，是一種可以實現零污染的發電技術。大潭電廠複循環發電機組採用海水電解製氯方式以避免海生物於循環水渠道及設備上附生，由於目前海水電解衍生的氫氣直接釋放到大氣，如能有效利用排放的氫氣作為燃料，結合燃料電池發電技術，為一具潛力之能源利用與潔淨發電技術。

本研究以大潭發電廠南側海水電解設備為標的，完善與改良氫氣燃料前處理設備，整合前處理設備與燃料電池發電系統，並訂出合宜之運轉與維護策略為目標。透過過往研究成果、實驗室模擬試驗、電廠實場測試、氣體處理技術概念驗證，根據前述成果據以提出設計評估，並新設實場設備以驗證技術之可行性，最終根據設備運轉數據、研究成果與文獻探討內容，研擬改善策略與效益評估。

2 成果及其應用：

根據研究結果可知，運用電廠海水電解餘氫進行發電性能測試，最高功率已達 5 kW，超越過往研究 60W 的紀錄。實驗數據顯示若完全

不純化電廠餘氫，對於燃料電池的長期發電效能具備風險，經純化處理後，可將原先 90% 氫氣純度提升至 99% 以上。新設實場驗證運轉迄

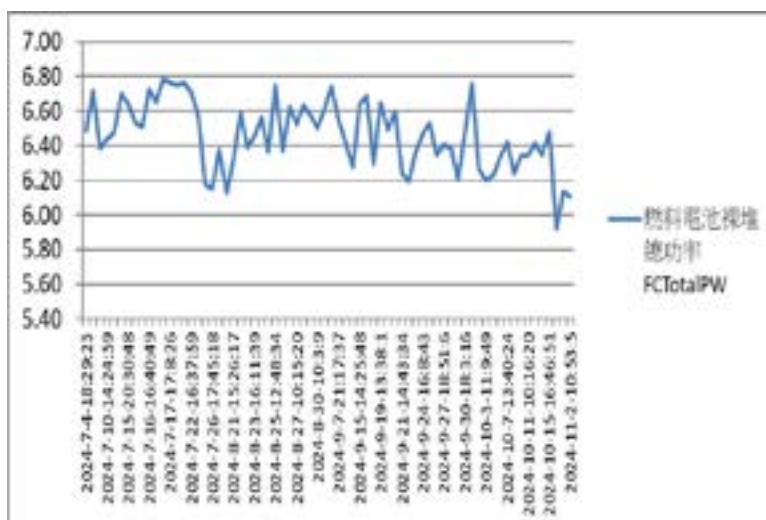
今，電池累積發電達 2,509kWh，系統總運作時間 469 小時。尚待解決的問題包括氣體腐蝕、發電功率不足、自動化程序與

尚缺乏長期運轉實績等，可做為後續研究持續精進的方向。



資料來源：本研究拍攝

圖 1 實場級發電驗證設備外觀



資料來源：本研究整理繪製

圖 2 燃料電池裸堆總功率變化

研究人員：化學與環境研究室：張書維、黃彥璟、高靖棣、李睿綱、廖慧君
大潭發電廠：梁輝煌、張世國、李家齊

訓練所高雄訓練中心綠能智慧教育訓練園區規劃與建置 Planning and Construction of Green Energy Smart Education Training Park of Training Institute Kaohsiung Training Center

Abstract

The meeting on September 11, 2021, entitled "Inventory of Hardware and Software Facilities Requirements for Smart Grid Training," resolved to develop the Kaohsiung Training Center into a smart grid training center. Based on the principles of integration of building load requirements and system planning, relevant hardware and software training facilities will be gradually established. In addition to a solar photovoltaic field, existing building rooftops will be planned for the installation of solar photovoltaic modules with assistance from Department of Renewable Energy. Simultaneously, facilities such as the Advanced Distribution Management System (ADMS) exhibition hall planned by Department of Power Distribution and the IEC61850 substation automation training classroom completed by Distribution of Power Supply will be integrated. This integration will combine distributed energy, energy storage, and loads to assist the Kaohsiung Training Center in planning and building a microgrid capable of energy creation, storage, and conservation. The introduction of the IEC61850 communication standard into high-voltage distribution stations and other electrical infrastructure will achieve interoperability in the power system,

enabling future integration with Distribution Renewable Energy Management Systems (DREAMS) and acceptance of Advanced Distribution Management Systems (ADMS) dispatch.

Based on the electricity usage, load profile, distributed energy resources, and islanded operation requirements of the Kaohsiung Training Center, plans for a 500kW/1MWh lithiumion battery and a 96kW/380kWh flywheel energy storage system will be developed. Additionally, from the perspective of improving building energy efficiency, it is recommended to introduce a Building Energy Management System (BEMS) into the internship building, where the proportion of electricity used for cooling exceeds 80%. This would involve installing suitable variable frequency drives on the chilled water system, deploying necessary processors, actuators, sensors, and communication networks.

Furthermore, by integrating existing teaching resources at the Kaohsiung Training Center. Assisting in the planning of the IEC61850 microgrid education and training platform. This initiative aims to establish the Kaohsiung Training Center as a distinctive green energy smart education and training park in southern Taiwan.

1 研究背景、目的、方法：

110 年 9 月 11 日由徐副總主持的「智慧電網訓練軟硬體設施需求盤點」會議，決議訓練所高訓中心朝智慧電網訓練中心發展，本整合需求和系統規劃原則，逐步建置相關軟硬體訓練設施，其中包括再生處已規劃要在現有建築物屋頂增建相關太陽能模組、配電處規劃建置「先進配電管理系統 ADMS」展示場、供電處已建置完

成的 IEC61850 變電自動化訓練教室等設施，若能進一步結合創能、儲能和節能，在高壓配電站導入 IEC61850 通訊標準，將保護、控制、測量和監視功能整合在一起，加上微電網能源管理等智慧化基礎建設，並結合高訓中心既有的教學資源，將訓練所高訓中心建置成南台灣具有特色綠能智慧（電網）教育訓練園區。

2 成果及其應用：

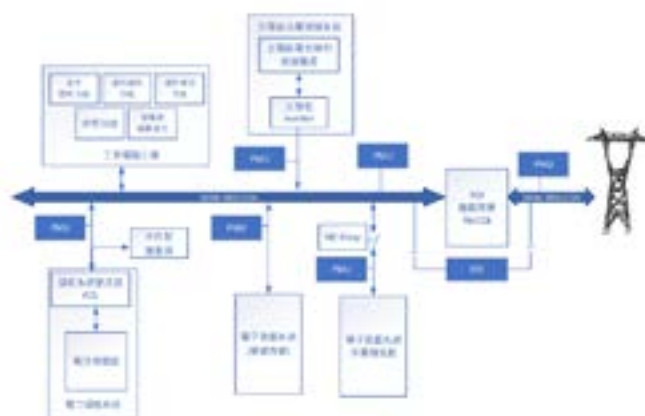
微電網是智慧電網的縮影，因為配電系統操作者 (DSO) 可直接調度分散各角落的眾多「微型綠電」，整合分散式能源資源 (DER)，形塑「區域型智慧綠能微電網」，為電力基礎設施提供更大彈性 (flexibility) 和韌性 (resilience)，故先進國家莫不重視多區域微電網群集 (Micro-grid Clusters) 之運作與調適，但問題就在要以什麼商業模式引領單純的能源消費者搖身變成能源的「產消者」，提高自身能源使用效率，多餘的資源還可參與電力市場和輔助服務市場進行電力交易，讓未來能源系統當中最小單位「區域型智慧綠能微電網」亦可加入提升電網可靠度的工作，為電力系統穩定做出貢獻，身為台灣

電力公司教育訓練機構的「訓練所高雄訓練中心」非常適合扮演推廣微電網教育的角色，利用微電網教育訓練平台結合實習大樓和教學大樓這兩個現地微電網，形塑出一智慧綠能微電網教育示範場域，讓一般大眾都可以深刻體認到微電網在供電穩定、能源效率、電力交易以及淨零碳排上的角色，以及激發民眾的創意找到可行的商業模式，達到推廣微電網的目的，另外，還可以讓學生透過定義邏輯節點 (LN) 賦予 IED 所需功能和設定 IED 之間的 GOOSE 通訊方式等來進行情境模擬，可提供具有實務經驗的微電網綜合教育，這對於執業工程師、本科生和技術人員來說都非常有用。



資料來源：本研究整理

圖 1 訓練所區微電網資訊通訊架構



資料來源：本研究整理

圖 2 微電網能源管理訓練系統架構

研究人員：化學與環境研究室：張益彰、吳成有、張書維、李盈家、陳俐安
訓練所高雄訓練中心：尤乾祥

高溫型燃料電池併網整合技術與料源純化研究

Study of the On-Grid Operation and Fuel Source Purification Technology for Hight Temperature Solid Oxide Fuel Cell

Abstract

"2050 Net Zero" is a global consensus action on energy transition in response to the extreme climate changes induced by greenhouse gas effects. According to our country's energy structure demand by 2050, 9-12% will be supplied by hydrogen energy. Renewable energy will trend towards maximal expansion. If hydrogen technology applications can be integrated, they will contribute to achieving the 2050 Net Zero emissions goal.

This study focuses on two main topics: hydrogen power generation and production. In particular, it examines the selection and performance testing of desulfurization catalyst materials related to hydrogen power generation. Through SEM/EDS analysis of the catalyst samples, it was found that the probable causes are speculated to be associated with the duration of the experiment, fuel flow rate, and the proportion

of odorant added to the fuel. Additionally, in the analysis of SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) system grid-connection technology, two structural configurations are currently available to meet the grid's islanding operation requirements. One is the SOFC system with a supercapacitor module, and the other one is the SOFC system with a battery energy storage module.

Furthermore, the hydrogen production topic focuses on Anion Exchange Membrane Electrolysis technology (AEMEL). The main achievement of this research is the development of a 5 kW electrolysis stack with a tested hydrogen production power of up to 5.5 kW (electrolysis current density of 1.82 A/cm^2). The energy consumption for hydrogen production is approximately 50 kWh/kg H_2 , and the electrolysis hydrogen production efficiency can reach 80% (HHV).

1 研究背景、目的、方法：

本研究將以高溫型固態氧化物燃料電池技術與鹼性膜電解產氫技術為探討主軸，內容從過去所內相關研究之延續性探討，以及未來氫能應用需求之新穎技術之前瞻性探討為方向展開，故本研究內容納含以下三個主軸方向：

1. 將以本所過去 kW 級 SOFC 發電系統建置與運轉試驗所遭遇問題進行延續性探討，即對於管路天然氣之臭味劑所引起之電堆電極硫毒化現象，針對電極硫毒化成

因、除硫觸媒材料選用及效果進行探討。

2. 針對未來固態氧化物燃料電池系統整合納入區域電網調度供電之應用需求，就現有商用 SOFC 系統併網技術架構與可行方法進行分析。
3. 以鹼性膜電解技術為研究目標，進行電解產氫電極至電堆之基礎性能試驗與分析，以及檢測技術能力建立與未來系統模組化之架構設計作業。

2 成果及其應用：

1. 本研究中採用 DP-45(銅基合金)與 DP-100(沸石)雙效除硫觸媒設計，進行除硫觸媒性能影響試驗。透過長時間累積運轉試驗，透過除硫管不同處之觸媒取樣分析，發現氧化銅 (CuO) 與氧化

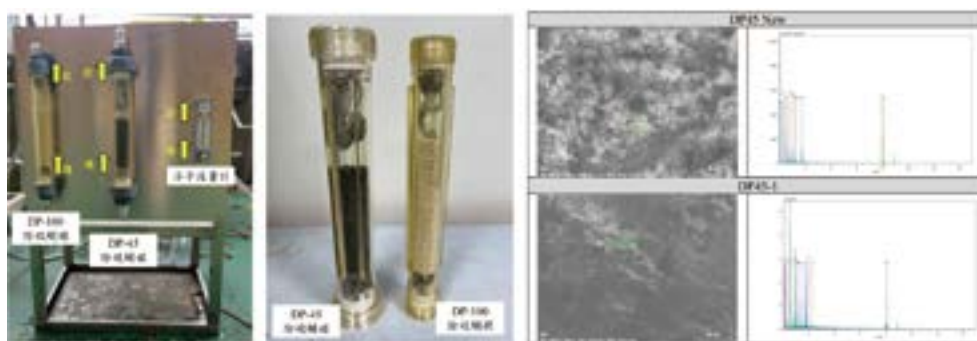
鎂 (MgO) 為吸附硫之主要觸媒元素。且分析觸媒吸附硫分布位置，應與試驗時間、燃料流量與臭味劑在燃料中添加比例有關。

2. 本研究中分析現有商用 SOFC 系統併網技術架構，其一為 SOFC

系統整合超級電容模組方式，其應用限制為系統輸出功率必須操作低於原額定輸出功率條件，超級電容器僅提供基載電力外之快速變動負載變化；另一為 SOFC 系統整合電池儲能模組方式，系統能維持原額定輸出功率條件，在儲能量足夠狀態亦有機會支援臨時額外之電力需求。且若 SOFC 系統需全黑啟動，亦有機會能透過儲能模組輔助達到獨立

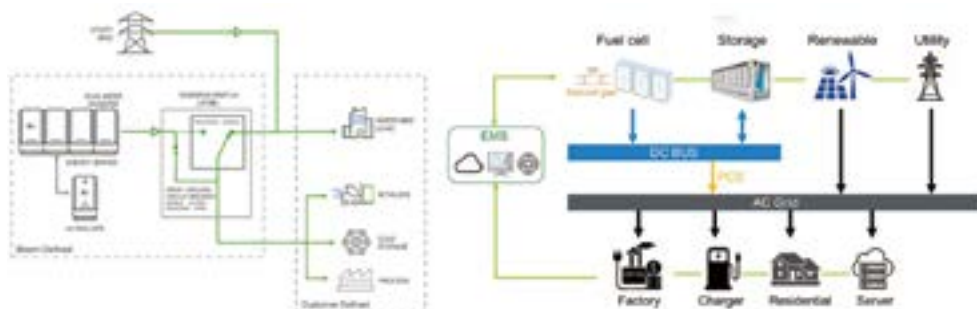
運轉需求。

3. 本研究建立鹼性膜電解技術之檢測與分析能力，目前已完成 5 kW 電解產氫電堆建立。經實測產氫功率可達 5.5 kW(電解電流密度為 1.82 A/cm^2)，產氫能耗約 50 kWh/kg H_2)，電解產氫效率可達 80 % (HHV)，此符合國際電解產氫能耗目標。



資料來源：本研究彙整提供

圖 1 除硫器配置、除硫管實體及 SEM/EDS 分析



資料來源：(a) 美商 Bloom Energy 公司；(b) 本研究提供

圖 2 商用 SOFC 系統併網之電力架構



資料來源：本研究提供

圖 3 5kW 鹼性膜電解性能測試平台與性能曲線

研究人員：能源研究室：丁富彬、周儷芬、張玉清

新能源產業情資調查

The Investigation of New Energy Industry's Development

Abstract

As countries around the world increasingly focus on carbon reduction issues, it directly affects their energy policies. Promoting renewable energy has become a consensus. However, the development of solar and wind power has promoted for many years in various countries, and although there have been no breakthroughs in power generation technology, the significant increase in installed capacity has given rise to many issues such as grid integration, plants operation and maintenance, and power generation forecasting. When the proportion of solar and wind power generation reaches a certain level, the intermittent nature of power generation cannot be easily ignored, and the importance of grid-related technologies such as power generation forecasting increases. In addition, the high generation proportion of solar and wind power has prompted manufacturers to compete to invest in the development of management systems and operation and maintenance technologies to maximize power generation efficiency.

In contrast to the well-developed solar and wind power, the related technologies of ocean energy and hydrogen energy are also increasingly valued by countries around the world. The ocean covers 70% of the earth's surface, and if we can utilize the energy stored in the ocean, it will become a constant and abundant source of power supply. Especially for Taiwan, which is surrounded by ocean and lacks independent energy sources, it should actively develop ocean energy-related technologies. In the modern era of vigorous development of various renewable energies, how to store the electricity generated by renewable energy for appropriate use is also an important issue. Hydrogen power has recently become a research topic that has attracted attention from various countries, and there are still many challenges to be solved from hydrogen production, transportation, storage and utilization. This research will analyze the development of related technologies such as solar energy, wind power, ocean energy and hydrogen energy, in order to facilitate the planning of future research directions.

1 研究背景、目的、方法：

近年來由於減碳及能源轉型等議題在世界各國受到廣泛的關注與討論，為了達到減碳的目標，除了太陽光電及風力發電之外，儲能系統、氫能、微型電網及燃料電池等各項新能源技術均快速發展。未來電力市場，各項新能源技術將扮演著極重要的角色，必須隨時掌握其發展趨勢，適時引進國內應用。

為掌握世界各國新能源技術研發情形及產業發展趨勢，本計畫擬藉由國際上各大電力公司及研究單位資料庫進行新能源產業情資調查，並彙整各項新能源技術開發現況及發展趨勢，以利後續各項研究計畫之規劃。

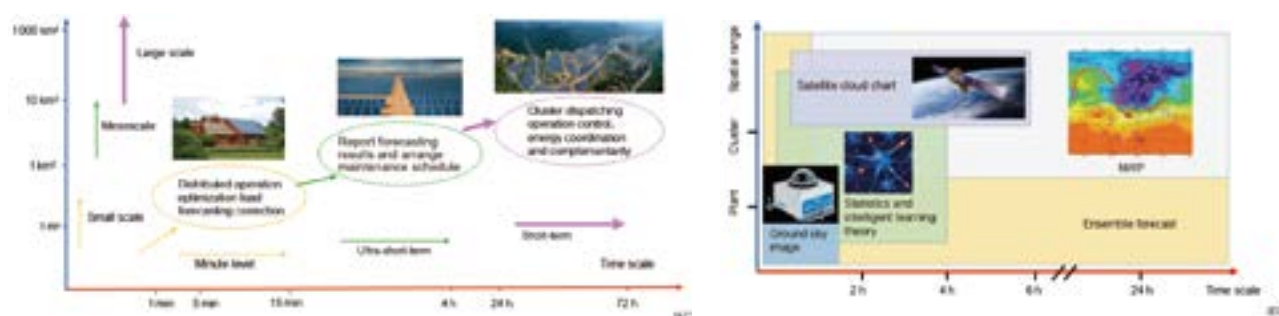
2 成果及其應用：

本計畫就太陽光電、風力發電、海洋能及氫能等四種能源技術進行發展調查，由於太陽光電及風力發

電已發展多年，也是各國目前主要推行的綠能發電，隨著裝置容量的快速且大量的增加，間歇性的發電

對於電網的衝擊越來越不可忽視，且此兩種發電形式之案場大多分布廣泛，運轉維護策略有別於傳統集中式大型發電機組，一般而言雖然不須進行大修，但往往更需要依照天氣狀況進行調整，因此有關太陽光電及風力發電，本文除了收集彙整各國發展現況及建置成本之外，也進行了後續營運所需技術調查。然而隨著機器學習及人工智慧技術的發展，目前已廣泛應用於各個產業當中，其中也包含了再生能源發電預測，其中又以太陽光電及風力發電預測為最大宗，本文彙整了近幾年各國依據在地地形及天氣特性應用各種人工智慧技術開發的發電預測模型，後續可供本所優化再生能源發電預測系統時使用。

因應各國陸續將淨零碳排列為政策目標，除了已成熟發展的太陽光電及風力發電之外，海洋能及氫能等潔淨能源也將成為發展的重點技術，目前各國海洋能及氫能發電的發展進度大多為實驗性質的小型案場，對於將此兩種技術擴大應用尚處於規劃階段，但隨著減碳的議題越來越受重視，技術發展及案場投資的進度相信也會越來越快，台灣也應持續跟上各國的發展進度。本計畫情資調查結果除可提供相關研究人員規劃未來技術發展方向及趨勢，未來將可定期更新情資調查內容以快速吸收各項技術新知。



資料來源：IEC TR 63043, Edition 1.0, 2020.

圖 1 不同時間及空間尺度太陽光電預測所需資料及技術



資料來源：Innovation Outlook Ocean Energy Technologies, IRENA, 2020.

圖 2 海洋能發電機組之總裝置容量技術種類分布

研究人員：能源研究室：張志榮、周儷芬、丁富彬、鄭為陽、林哲宇

彰濱太陽光電發電預測系統之建立

The Development of Generation Forecasting System for Changhua Costal Park Solar Power Plant

Abstract

In recent years, the Taiwan government has been actively working towards energy transition and net-zero carbon emission goals, with the development of renewable energy being one of its key policy objectives. The government has set a target for Taiwan's energy transition by 2025, aiming for 20% of the electricity generated to come from renewable energy sources, with a specific goal of achieving a PV installed capacity of 20,000 MW. Taiwan Power Company(TPC) has set a target of 500 MW of solar PV installed capacity by 2025, and has been gradually establishing landmark PV projects. In 2019, TPC established the Changbin PV Station, located in the Changbin Industrial Zone in Changhua, with an installed capacity of 100 MW, which at the time set a record as Taiwan's largest single PV station.

PV is greatly affected by weather and sunlight conditions, leading to unstable power output. By integrating energy storage systems, the efficiency and reliability of solar PV generation can be improved. Energy

storage systems can store electricity when PV output exceeds demand and release it during periods of insufficient sunlight or peak electricity demand, balancing the power supply and reducing power fluctuations. Additionally, energy storage systems can store or release energy according to power demand, reducing the strain on the grid caused by the intermittent nature of solar PV, helping the grid to achieve peak shaving and valley filling, and optimizing load management. The Changbin PV Station also installed a 1.5 MW/1.5 MWh energy storage system at the end of 2020 to reduce fluctuations caused by the intermittency of renewable energy, ensuring stable power integration into the grid.

Owing to let the O&M technicians of large PV station grasp the future PV output conditions, and to facilitate smoother integration of PV stations with energy storage systems, this research plans to establish a PV power forecasting system for Changbin PV station, providing predictions for the next 96 hours.

1 研究背景、目的、方法：

彰濱光電站為公司裝置容量第二大的地面型太陽光電站，已併聯運轉數年，可挹注於尖峰負載需求，對於台灣供電穩定有相當的貢獻度。然而太陽光電屬間歇性能源，太陽光電發電量易受天氣狀況影響有很大的變動性，其注入電網電力之變動亦容易造成電力系統不穩定，增加電力調度困難度。有鑑於此，開發彰濱光電站發電量預測系統，以精確掌握未來太陽光電出力現況，為發展再生能源應用及穩定電網的重要工作項目。

本計畫以彰濱光電站作為發展大型太陽光電站發電預測機制及系

統，後續可將此預測機制在無需建置額外環境監控設備的情況下快速推廣至全台各大型光電站使用。以全台各地建置之日照監控站所收集之全天空日射量及環境溫度進行各大型太陽光電站發電預測機制開發，建立各基準站與大型光電案場所在區域平均 **PCSI(Photovoltaic Clear Sky Index)** 相關係數，利用該相關係數與太陽光電基準站即時日射值即可推算各大型光電案場之即時日射量，接著再以機器學習及人工智慧等模型整合日射量、溫度觀測值及數值氣象預報資料開發大型光電站發電預測機制。

2 成果及其應用：

本計畫以模組化的方式開發大型光電站發電預測系統，預測系統可根據本所於全台各地區建置之太陽光電基準站資料進行快速擴增預測標的。此外，預測系統的模組化設計可以使系統未來更易於維護與更新操作，只要透過太陽光電基準站資料庫表單及大型光電站資料庫表單擴充相關資料時，模組化的太陽光電預測系統將自動產生相對應的預測所需資料庫表單，並且自動更新預測機制。太陽光電預測系統(中期及短期)分為太陽光電發電預測模型訓練模組、太陽光電發電即時預測模

組、太陽光電發電預測查詢模組及太陽光電發電預測顯示模組等程式區塊，並且各自建立有人機介面，使用者可快速使用介面進行程式相關的操作。

本次開發之大型光電站發電預測機制可分為中期及短期預測模型，中期太陽光電發電預測系統時間尺度為領前 1 小時至領前 96 小時，每小時 1 筆預測值，短期太陽光電發電預測系統時間尺度為領前 5 分鐘至領前 180 分鐘，每 5 分鐘 1 筆預測值。



資料來源：本研究繪製

圖 1 彰濱光電站短期發電預測系統架構



資料來源：本研究繪製

圖 2 彰濱光電站短期發電量預測顯示模組網頁顯示估算及預測結果

研究人員：能源研究室：張志榮、周儷芬、林哲宇

可快速部署之風力發電預測技術開發

Development of Rapidly Deployable Wind Power Forecast Technology

Abstract

With the push for energy transition policies, offshore wind farms in Taiwan are being built one after another. These wind farms are much larger in scale than any existing onshore wind farms, leading to a rapid growth in Taiwan's total wind power capacity. Current wind power forecasting models use observational data for some of their inputs. But to make accurate predictions for new wind farms, the models need enough historical observational data for training. This causes the forecasting system to lag behind real-world conditions, making the predictions less reliable for dispatch teams.

To solve this problem, a new forecasting system is being proposed. This system won't rely on observational data to predict power generation. The study will first compare observational data with two sources, RWRF(Radar Weather Research & Forecast) and MDAS(Mesoscale Dynamic Analysis System), to pick the better performing one for the model output. WRF(Weather Research & Forecast) data will then be used as input, and machine learning will transform low-resolution data into high-resolution formats. This process is called AI downscaling. The study will explain how to build this forecasting system step by step.

1 研究背景、目的、方法：

目前台灣離岸風場位置的規劃，絕大部份都集中在彰化雲林地區的外海，且離岸風場的裝置容量常常可以到 100MW 以上，大規模的風場以及集中於單一區域，如果再加上風速的變動性，這會使得電網的輸出不穩定，為了讓調度單位能夠提前掌握風速變化，已開發風力發電預測系統供調度人員參考。但是隨著離岸風機快速建設，調度單位又需要即時掌握預測數值，原系統的設計方式較難應對大量風機增加的情況，另外民間風機觀測值一直以來都是以鄰近台電風機數值作為替代，在大量離岸風機都是屬於民間企業的情況下，誤差將會變

大，所以本研究需要改善資料的使用方式。

為了改善以上的問題，預計提出一套新的預測機制，這個機制將不依靠觀測資料產出發電量預測，本研究首先會將 RWRF(Radar Weather Research & Forecast) 和 MDAS(Mesoscale Dynamic Analysis System) 兩種資料分別和觀測資料進行比較，表現較佳的資料作為模型的輸出，WRF(Weather Research & Forecast) 作為輸入，把低解析度的資料利用機器學習的方式擬合到高解析度的資料型態，這樣的作法為 AI 降尺度，本研究會說明如何完成這一套預測機制。

2 成果及其應用：

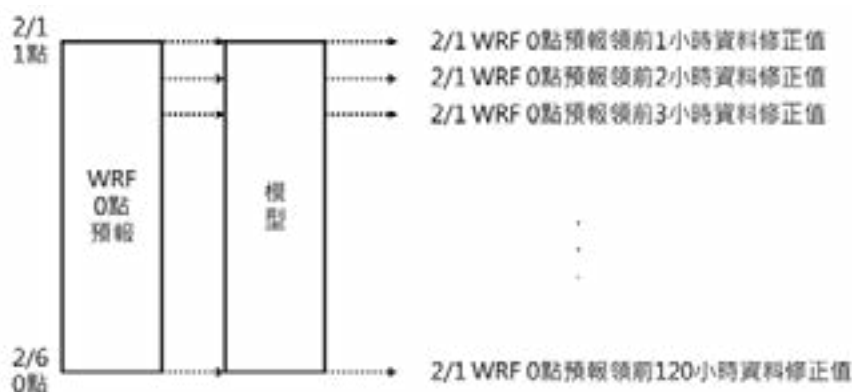
原有的風力發電預測系統因為必須累計觀測資料才能建立好的模型，使系統無法在風機併網後快速產出預測資料，為避免以上問題本研究僅依靠氣象資料進行建模，因

為氣象資料已有逐年累積的歷史資料，當確定風機或風場位置時就有大量的歷史資料可用於建模，以此達到快速部署的目的。本研究基於僅使用氣象資料的條件下，設計新

的模型架構，此模型架構具有降尺度的功能，並且利用 **RWRF** 每小時更新的優點去修正 **WRF** 每 6 小時更新的不足。

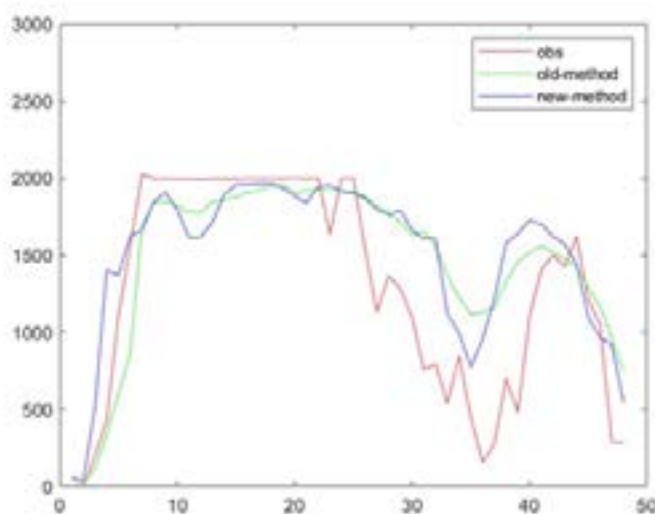
本研究的方法確實能改善 **WRF** 的缺點，結果顯示以台電風機的預測結果來說原預測系統優於本研究方法的預測結果，主要原因在於有無使用觀測資料，本研究只能使用氣象資料的情況下，變化的時間和趨勢完全遵循氣象資料，而原預測系統由於有使用觀測資料，使得在每小時的領

前幾個時間預測會因為參考觀測資料而有修正的作用，不過這樣的優點會隨著領前時間增加而消失，同時在原預測系統中領前幾個時間有可能會因為觀測資料過度修正。實際使用上如果台電風機建置完成後可先用本研究的方法產出預測值，待觀測資料累積足夠時間後再以原有方法進行預測，民間風機則可以直接套用本研究的方法。



資料來源：本研究繪製

圖 1 模型即時預測資料示意圖



資料來源：本研究繪製

圖 2 新舊模型結果比較

研究人員：能源研究室：林哲宇、周儷芬、張志榮

配電規劃資訊系統結合配電級再生能源可併容量查詢系統暨網頁化

To Make the Web Page of Distribution Planning Information System Combined with Feeder GIS

Abstract

To accommodate the increasing adoption of renewable energy sources, this research analyzes all renewable energy from approved applications to distributed ones for each feeder. The system utilizes distributed computing technology to quickly calculate the grid connection capacity information of feeders all over Taiwan. It can provide users the ability to evaluate

new application cases through grid impact analysis by calculating the impact of grid connection on transformers, conductors, and other equipment. This allows them to review whether they meet Taipower's regulations and calculate recommended feasible solutions. This can significantly reduce the time required for review and improve efficiency.

1 研究背景、目的、方法：

為因應再生能源審查併網申請案件增加，定時擷取配電圖資管理系統的配電饋線拓樸資料，及再生能源管理資訊系統的申請案件資料，將各饋線從已申請核准到已躉售再生能源全部納入分析，利用分散式運算技術，快速大量計算出全台饋線可併網量資訊。可提供區處審查人員針對申請併網案件，透過改善變壓器容量、更換導線線徑規格、降低申請併網容量等方式，藉由多點計算併網衝擊分析評估新申請案件，以檢視是否符合併聯技術要點條件，試算出建議可行方案，大幅降低審查整理資料與重複試算

所需時間，加速處理作業提升人員效率。

1. 納入儲能研究可併網容量之影響與呈現方式，提供更完整的配電規劃資訊系統。
2. 整合開發區域性負載預測及變電所，饋線最佳規劃等軟體工具，推導區域負載分割策略。
3. 建立後台案件統計機制，各區處規劃人員可於系統上查詢各饋線併網情形，並匯出統計報表；結合 RNIS 系統，建立完整案件申請流程管控，俾提供區處同仁管控案件進度。

2 成果及其應用：

1. 除了既有單機版系統功能完整移轉至網頁化系統外，已開發併網案件審查、負載預測、饋線簡圖等功能，簡化再生能源併網審核作業，加速推動再生能源併網應用，達到資訊化整合管理成效。
2. 透過改善變壓器容量、更換導線線徑規格及降低申請併網容量等方式，藉由多點計算併網衝擊分析評估新申請案件，以檢視是否

符合併聯技術要點條件，試算出建議可行方案，大幅降低審查整理資料與重複試算所需時間，加速處理作業提升人員效率。

3. 以顏色標示各區段可併網容量，並利用地圖網頁查詢方式，快速瞭解申設地點鄰近饋線是否仍有餘裕容量可供併網，或引導申請者尋找併網容量較充裕地點，增加再生能源併網機會。

使用者: tpcdemo115	報告產出時間: 2023/06/19 13:36:17
分區: 115	變電所: 永和
饋線名稱: WA28	案件編號: case2
座標: B6434EB931	故障電流(kA): 926.24
電壓閃爍-連續(%): 0	電壓閃爍-投入(%): 0

調整高壓線徑 (1條專線) : B6434EB93 至 B6434EB931 : 由 #2AWG 調整為 477MCM
 調整再生能源供網容量 : 併接座標 B6434EB931 , 由 800(kW) 調整為 148(kW)

匯流排	匯流排名稱	裝置容量(kW)	A相(%)	B相(%)	C相(%)	符合/不符合	備註
13	B6434GD67	10	0	0	0	符合	
25	B6434EB931	800	15.03	15.03	15.03	不符合	

資料來源：本研究整理

圖 1 改善方案結果報告

家庭智慧電表、水表、瓦斯表三表合一資通訊系統建置分析研究

Analysis and Research on the Construction of the Information and Communication System of Integrated Household Smart Meter, Water Meter and Gas Meter

Abstract

Previously, we've completed the construction of the Community Energy Management System (CEMS) and the Home Energy Management System (HEMS) in the dormitories of Fengshan Xingda and Nuclear Power Plant in 2011, strengthening the solar power generation equipment and storage. It can improve the usage efficiency of the system, and provide effective island power dispatching strategies during power outages and more complete community smart microgrid applications. In order to continue the aforementioned smart green community-related project results and comply with the future development trend of the digital information era for residents, it is planned to use the company's AMI

client (Route B) module configuration advantages to integrate household smart electricity meters, water meters, and gas meters into one resource. Construction and analysis of the communication system, and the development of a three-meter-in-one (electricity meter, water meter, gas meter) communication gateway. The three-meter data was uploaded to the CEMS website for presentation to evaluate its communication transmission performance, and Kaohsiung Fengshan was selected to test the whole system. Smart electricity meters, water meters, and gas meters are installed in the dormitory area for system testing and verification.

1 研究背景、目的、方法：

本所於 111 年完成建置鳳山興達與核三電廠宿舍區社區能源管理系統 (Community Energy Management System, CEMS) 及家庭能源管理系統 (Home Energy Management System, HEMS)，強化太陽能發電裝置與儲能系統的使用效率，並提供市電停電時有效的孤島電力調度策略與更完善社區智慧微電網應用。

為延續前述智慧綠社區相關計畫成果及符合未來住戶數位資訊時代發展趨勢，擬利用本公司 AMI 用戶端 (Route B) 模組建置優勢，進行家庭智慧電表、水表、瓦斯表三

表合一資通訊系統建置與分析，並研製三表合一（電表、水表、瓦斯表）通訊閘道器，將三表資料上傳至 CEMS 網站中呈現，以評估其通訊傳輸性能，並選定高雄鳳山宿舍區五戶住宅安裝智慧電表、水表、瓦斯表進行系統測試與驗證。

本研究已完成建置家庭智慧電表、水表、瓦斯表三表合一資通訊系統，並完成三表合一通訊閘道器硬體建置，可透過既有通訊協定與應用程式介面 (API)，將電表、水表以及微電腦瓦斯表數據，彙整至社區能源管理系統。本研究可作為未來三表整合全面佈建參考之依據。

2 成果及其應用：

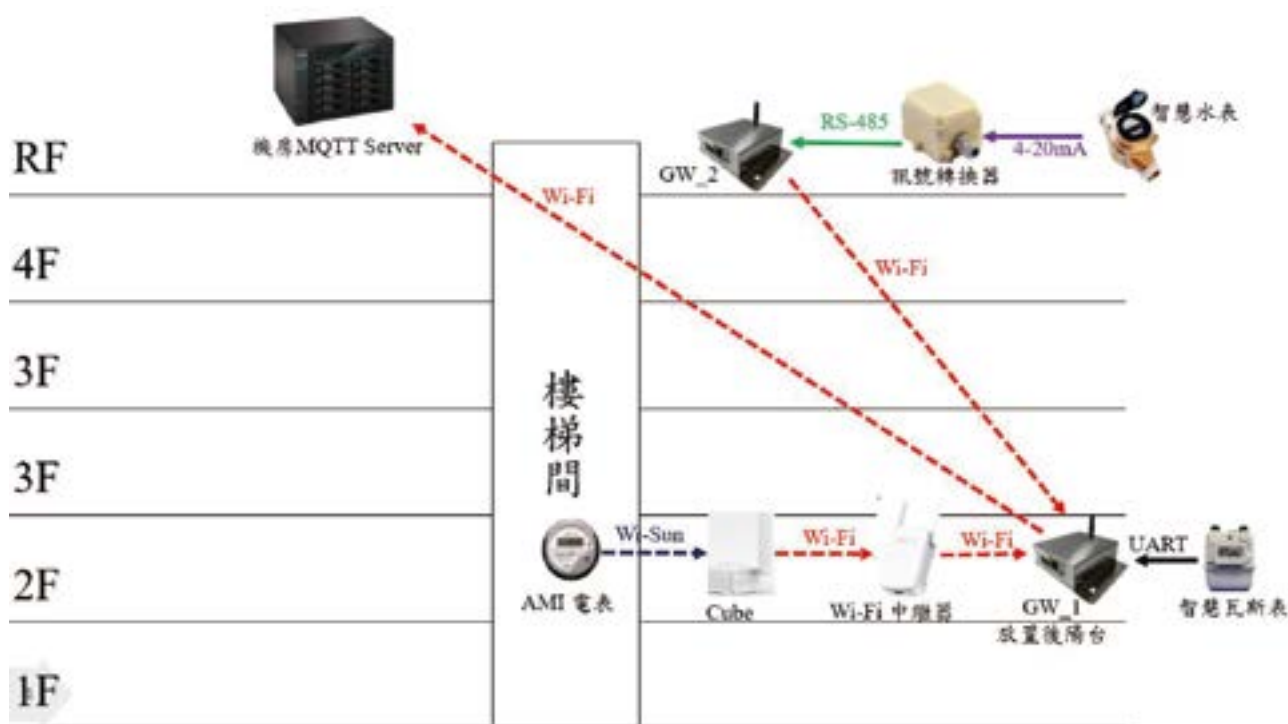
本計畫已完成建置家庭智慧電表、水表、瓦斯表三表合一資通訊系統，並完成三表合一通訊閘道器硬體建置，如圖 1 所示，可透過既有通訊協定與應用程式介面（將電

表、水表以及微電腦瓦斯表數據，彙整至社區能源管理系統。本研究可作為未來三表整合全面佈建參考之依據。此外，本計畫選定高雄鳳山智慧綠社區 5 戶住家安裝智慧

三表及通訊傳輸設備建置，且蒐集至少通訊四週之累積資料量，並上傳到 CEMS 平台上呈現，觀察設備連線狀態。

本計畫已完成之工作項目，如下所述：

1. 完成 5 戶智慧三表安裝及通訊傳輸建置，並觀察 5 戶通訊連線狀態及穩定度，分析通訊設備受場域及環境影響而導致斷線原因。
2. 經解析並釐清通訊失連問題可能所在之處，針對問題進行改善方案提出，並規劃改善作業順序。
3. 於改善通訊問題後，解析 5 戶通訊改善前後分析，對於回傳資料有少於標準筆數 (1440 筆) 之問題作進一步檢討。
4. 完成資料處理與可視化分析，瞭解 5 戶三表用電行為。



資料來源：本研究提供

圖 1 三表資料整合架構

OpenADR 2.0b VTN 與 VEN 資通訊系統整合 介接實作

Practical Implementation of ICT Interface between OpenADR 2.0b VTN and VEN

Abstract

With the recent launch of the power trading platform, demand response not only brings benefits such as grid stability and supply and demand balance, but as a power trading commodity, demand response also provides users with innovative and diverse business model applications. Among them, the automated demand response communication protocol OpenADR plays an important development foundation. Since its establishment, it has been included in the IEC62746-10-1 standard and is widely used in the global energy service trading and ancillary service markets. In particular, our company is the only electrical industry in Taiwan that actively promotes the power trading market. In order to be in line with international trends, this research has conducted research on VTN and VEN communication interfaces of OpenADR, software development, and docking tests with actual online systems to strengthen userside power management. Connected to the power grid, it lays the foundation for the future application of automatic demand response technology. This research has developed the OpenADR 2.0b client VEN message transmission interface, introduced HTTPS information communication security encryption technology, and completed the docking of VEN with the existing VTN platform of the Institute of Comprehensive Research and the low-voltage ADR test platform system to complete various message exchange tests. Provides clients

with VTN system platforms that comply with the international standard OpenADR 2.0b, and can perform all automatic demand response OpenADR 2.0b protocol interface functions such as IV registration connection, power consumption reporting, schedule setting and demand response events. In addition, this study also completed the collection and analysis of the OpenADR 2.0b specification of the automatic demand response international communication standard and the application of related demand response solutions, providing important reference guidelines for promoting domestic demand response related applications for low-voltage users in the future. The subsequent chapters are organized as follows. The first chapter introduces the research background, research objectives, research content and expected results of this project; the second chapter introduces the automatic demand response application and the OpenADR communication protocol specification; the third chapter builds the OpenADR 2.0b VTN power supply. Industry-side platform; Chapter 4 implements OpenADR 2.0b VEN client system development; Chapter 5 introduces the OpenADR communication protocol certification process and inspection results; Chapter 6 introduces the message exchange test between the VEN system and the actual VTN platform; Chapter 7 provides conclusions with suggestions.

1 研究背景、目的、方法：

隨著近期電力交易平台啟用，需量反應除帶來電網穩定、供需平衡等好處外，作為電力交易商品，需量反應同時提供用戶創新多元商業模式應用。其中自動化需量反應通訊協定 OpenADR 扮演

重要發展基礎，成立至今已被納入 IEC62746-10-1 標準，並在全球能源服務交易與輔助服務市場廣泛使用。尤其本公司是台灣唯一電業端，積極推動電力交易市場，為與國際趨勢接軌，本研究已進行

OpenADR 之 VTN 與 VEN 通訊介面研究、軟體開發以及與實際上線系統對接測試，強化用戶側電能管理與電網連結，奠定未來自動需量反應技術落地應用基礎。本研究已開發研究 OpenADR 2.0b 用戶端 VEN 訊息傳輸介面，導入 HTTPS 資通訊安全加密技術，並完成 VEN 與現有綜研所 VTN 平台、以及低壓 ADR 試驗平台系統對接，完成各項訊息交換測試，

供用戶端與符合國際標準 OpenADR 2.0b 之 VTN 系統平台，能夠進行註冊連通、用電回報、排程設定及需量反應事件之所有符合自動需量反應 OpenADR 2.0b 通訊協定介面功能。另外，本研究也完成收集分析自動需量反應國際通訊標準 OpenADR 2.0b 規範及相關需量反應方案應用，提供國內未來推動低壓用戶需量反應相關應用重要參考指引。

2 成果及其應用：

本研究提出符合自動需量反應通訊協定 OpenADR (Open Automated Demand Response) 之 VTN 與 VEN 資通訊系統整合介接實作。自動需量反應，相較於傳統透過人為通知方式，利用資通訊技術傳送即時抑低事件，達到事件發送自動化以增添執行效率，在各國皆有顯著成效，是未來電力需求面管理重要措施之一。

現有 VEN 用戶端系統提供高執行效率、易維護、及易整合等好處，然而因系統欠缺資安考量，導致降低第三方系統整合商使用意願。因此，為強化資安防護，本研究強化現有 VEN 系統，導入 HTTPS 網路傳輸協定，實作非對稱加密與對稱加密演算法，進行身份認證與資料加密傳輸。另外，為避免對外提供的 API 介面遭駭客攻擊影響，本研究導入 HTTP 基本認證 (Basic Authentication) 機制以提昇資安防護。本研究開發之 VEN 系統成功通過 OpenADR Alliance 認證工具全部測試項目，包含註冊 (Registration)、需量事件 (Event)、報告 (Report)、排程 (Opt) 服務、一般 (General) 以及 Profile A 之相關測試項目，以確保訊息傳遞符合 OpenADR 2.0b 通訊協定。另外，為提昇 VEN 用戶端系統的實用價值，本研究選定二個現行運作之自動需量反應 VTN 平

台進行通訊對接，驗證 VEN 用戶端系統可實際參與需量反應方案。

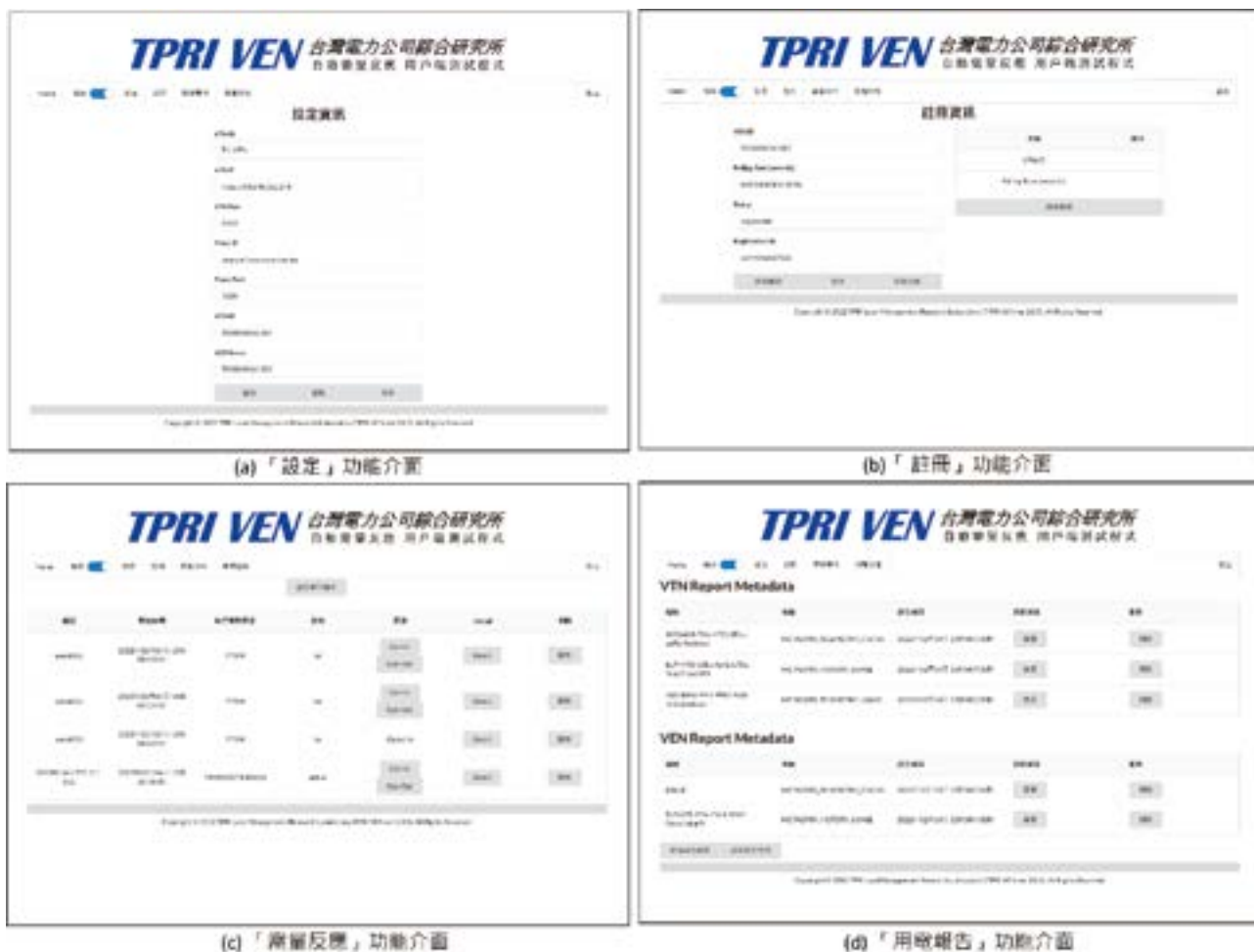
本研究已完成之主要工作項目，如下所述：

1. 完成收集分析自動需量反應國際通訊標準 OpenADR 2.0b Profile Specification 規範及相關最新需量反應方案 (DR Program) 應用資訊，提供國內未來推動低壓用戶需量反應相關應用重要參考指引。
2. 完成優化現有 VEN 軟體，並新增二項系統功能：(1) 實作基於 HTTPS 技術之資訊安全的通訊架構，強化資料傳輸過程的可靠性以及資料內容的安全性與正確性；(2) 提供可延展性的訊息架構，訊息格式除可清楚描述需量事件資訊外，也可用來傳遞時間電價、需量競價、以及其他客製化訊息，供未來電能管理系統 (EMS)、虛擬電廠 (VPP)、聚合商 (Aggregator) 延伸整合應用。
3. 完成 VTN 平台與 VEN 軟體介接測試，本研究成功介接二個現行運作之自動需量反應平台 (台電綜合研究所 ADR 平台、及台電低壓 ADR 試驗平台)，執行註冊連通、用電回報、以及可執行需量反應事件相關應用功能。



資料來源：本研究提供

圖 1 自動需量反應 VTN 平台「VEN 管理介面」



資料來源：本研究提供

圖 2 OpenADR 2.0b VEN 系統使用者介面

家庭微電網 HEMS 整合 OpenADR 與 TaiSEIA 通訊協定建置開發研究

The Communication Protocol Construction and Development Research of Home Micro-grid HEMS Integrates OpenADR and TaiSEIA

Abstract

Following the widespread adoption of low-voltage demand response programs, this research establishes a smart home demonstration site in Taiwan Power Company's Shulin District, featuring a living room, meeting room, and workspace. The site implements smart switchboards and home energy storage systems integrated with OpenADR 2.0b and Home Energy Management System (HEMS), combined with AMI smart meters and TaiSEIA 101-compliant smart appliances. Through HEMS integration with smart appliance

controllers and smart speakers, the system enables remote and voice control capabilities via dedicated Wi-Fi networks. The OpenADR 2.0b protocol gateway (VEN) interfaces with Taiwan Power Research Institute's VTN platform, allowing smart appliance load control and energy storage system discharge management, while an islanding mechanism automatically activates during power outages to maintain household power supply and reduce disaster-related losses.

1 研究背景、目的、方法：

隨著低壓需量反應計畫的普及，家庭住戶可透過降載來參與需量反應，但達成目標的同時通常會犧牲用戶舒適度。本研究於台灣電力公司樹林所區建立智慧家庭示範場域，場域包含客廳、會議室與工作室，建置智慧配電盤及家庭儲能系統，並實做自動需量反應 OpenADR 2.0b 及前瞻性家庭能源管理系統 (HEMS)，結合智慧家電與智慧音箱，配合低壓用戶需求面管理措施，營造未來家庭的使用情境。

智慧家庭運用智慧配電盤來監管及保護家庭用電，同時搭配家庭儲能系統，來達成節能與舒適兼具的智慧家庭應用，結合 AMI 智慧電表，與具備互聯網協定 (TaiSEIA

101) 之智慧家電，藉由 HEMS 整合智慧家電控制器及智慧音箱，達到遠端及語音控制智慧家電之目標，同時建置專屬 Wi-Fi 訊號，提供智慧家庭電器設施上網服務，以模擬未來智慧生活之情境。

本研究透過 OpenADR 2.0b 協定之自動需量反應閘道器 (VEN)，介接台電綜研所 VTN 平台，並與 HEMS 整合，透過專屬 Wi-Fi 網路對轄下智慧家電進行卸載或控制儲能系統放電，打造可與電業連結的智慧家庭，讓用戶不再只是消費者，而是可以參與自動需量反應的智慧家庭，同時系統具備之孤島運轉機制，可於停電時自動啟動孤島運轉機制，供給全部的家電負載，減少災害時財產的損失。

2 成果及其應用：

本研究完成各項家庭微電網與能源管理系統平台功能 (如圖 1 所示)，包含：

1. 完成 HEMS 智慧家庭場域設備及通訊傳輸建置，並持續通訊連

線狀態及穩定度，監控及記錄示範場域用電量使用及需量反應試驗。

2. 安裝智慧音箱及輔助通訊閘道器，藉由語音聲控方式達到遙控

智慧家電功能，以達成智慧家庭功能建置。

3. 整合智慧配電盤與 HEMS 平台，實現儲能系統及 TaiSEIA101 家電的智慧化應用，亦可配合自動需量反應試驗及孤島運轉策略。
4. 將場域之智慧配電盤用電資訊、智慧家電運行狀態與控制、空氣品質監測資訊、儲能系統運行資訊、需量反應資訊、孤島運轉機制……等建置於 HEMS 平台，以便於管理各系統。
5. 自動需量反應功能採用排程設定及 OpenADR 2.0b 命令事件之方式，可選擇空調控制、儲能供電、空調及儲能

共同執行等任一種方案，再透過動態視覺化來即時呈現 ADR 執行的過程，可同步即時計算與更新顯示儲能系統與本次卸載電量等資訊。

6. 實做孤島運轉功能，以維持場域供電穩定性，平日主要是由市電供應，儲能電池為輔助。當發生市電離網時，孤島運轉機制是調度電池供電給住家全部負載使用。
7. HEMS 平台整合 AIM 智慧電表，使用者可以透過 HEMS 平台同時監視 Route B 電表回傳 HEMS 的電力資訊，獲取更密集的 AMI 資料，可用於智慧家庭的能源管理。



資料來源：本研究提供

圖 1 能源管理系統平台

研究人員：負載管理研究室：王星文、鄭凱文

自動需量反應 OpenADR 2.0b VEN 與能源管理系統程式 API 介面開發研究

Research on OpenADR 2.0b VEN and EMS API Interface Development

Abstract

In view of Taiwan's energy policy vision, the government is actively expanding and promoting green energy-related policies, which will subsequently drive the rise of the solar energy, energy storage and electric vehicle markets. Facing the integration of heterogeneous resources, the user-side energy management system (EMS) is crucial. However, if EMS can comprehensively consider demand-side management measures and participate in time-based electricity prices, demand response programs and power market transactions, it can bring multiple benefits to the electricity industry, such as supply and demand balance and grid stability. In

order to achieve the above purpose, this project has established and developed the OpenADR 2.0b client VEN communication system and EMS interface research. OpenADR, as the automated demand response communication protocol standard, has been incorporated into the IEC62746-10-1 standard since its establishment and is widely adopted. The OpenADR 2.0b VEN and EMS program API interface developed in this project establishes a communication channel between the electrical industry side and the user side EMS to prepare for the future promotion of demand side management mechanisms such as demand response and trading markets.

1 研究背景、目的、方法：

鑒於台灣能源政策願景，政府正積極擴大推廣綠能相關政策，隨之帶動太陽能、儲能以及電動車市場崛起。面對異質資源整合，用戶端能源管理系統 (Energy Management System, EMS) 至關重要。然而，EMS 若能綜合考量需求面管理措施，參與時間電價、需量反應方案與電力市場交易，則可為電業端帶來供需平衡與電網穩定等多重好處。為達以上目的，本計

畫已建置開發 Open ADR 2.0b 用戶端 VEN 通訊系統與 EMS 介面研究。OpenADR 作為自動化需量反應通訊協定標準，成立至今已被納入 IEC62746-10-1 標準，廣為採用。本計畫開發之 OpenADR 2.0b VEN 與 EMS 程式 API 介面，建立電業端與用戶端 EMS 間之通訊管道，為未來推動需量反應與交易市場等需求面管理機制預作準備。

2 成果及其應用：

本計畫已建置開發 Open ADR 2.0b 用戶端 VEN 通訊系統與 EMS 介面研究，規劃 API 程式介面 (Application Programming Interface, API) 並進行場域實證。OpenADR 作為自動化需量反應通訊協定標準，成立至今已被納入 IEC62746-10-1 標準，廣為採用。本計畫開發之 OpenADR 2.0b VEN 與 EMS 程式 API 介面，建立電業

端與用戶端 EMS 間之通訊管道，為未來推動需量反應與交易市場等需求面管理機制預作準備。

本研究已完成之主要工作項目，如下所述：

1. 完成收集分析自動化需量反應 OpenADR 2.0b 國際通訊標準及相關應用資訊，其中包含能源管理系統、虛擬電廠、區塊鏈、三大整合應用案例。

2. 完成彙整分析 OpenADR2.0 Profile B Specification 規範內容，包含註冊、用電回報、需量事件、以及排程服務。
3. 完成開發 OpenADR 2.0b VEN 與 EMS 間之通訊介面，導入 HTTP、HTTPS 或 RestFul API 技術，實作註冊連通、需量事件收發、排程以及用電回報等相關服務轉傳功能。介面採用 Spring Boot 框架進行實作。
4. 完成整合用戶端 VEN 與實際場域鳳山宿舍區展示屋 HEMS 系統，執行計畫型孤島運轉與自動需量反應功能測試。

資料來源：本研究提供

圖 1 VTN 需量反應派送平台



資料來源：本研究提供

圖 2 需量反應執行前的 EMS 介面顯示

研究人員：負載管理研究室：鄭凱文、張作帆、王星文

符合 OpenADR 2.0b 標準用戶端軟體嵌入式系統移植開發研究

Research on Embedded System Porting of OpenADR 2.0b VEN Software

Abstract

In response to the recent implementation of air-conditioning policies in primary and secondary schools across the country, the user-side energy management system (EMS), in addition to integrating loads, pv and energy storage system to achieve optimal power usage efficiency, EMS has also taken demand-side anagement into consideration by resource scheduling, and participation in time-based electricity prices, demand response programs, and power market transactions, which can achieve multiple benefits such as electricity savings, supply and demand balance, and grid stability. In order to strengthen the connection between EMS and the power grid, this project has researched and developed a client-side VEN embedded

system that complies with the OpenADR communication protocol. OpenADR, as the automated demand response communication protocol standard, has been incorporated into the IEC62746-10-1 standard since its establishment and is widely adopted. The OpenADR 2.0b VEN embedded system developed in this project can be installed on Raspberry Pi or other hardware devices. In the future, it may be provided as a product device, allowing consumers to join virtual power plants or power aggregation services, creating new innovations for the company. business model and increase revenue, enhance the company's image and competitiveness, and lay the foundation for the future development of user-side power management.

1 研究背景、目的、方法：

因應近期全國中小學班班有冷氣政策推行，用戶端電能管理系統 (Energy Management System, EMS)，除整合自有負載與創儲能設備，實現最佳電力使用效能外，EMS 也開始將需求面管理措施納入資源排程考量，參與時間電價、需量反應方案與電力市場交易，達到節省用電、供需平衡與電網穩定等多重好處。為強化 EMS 與電網連結，本計畫已研究開發符合 OpenADR 通訊協定之用戶端 VEN

嵌入式系統移植研究。OpenADR 作為自動化需量反應通訊協定標準，成立至今已被納入 IEC62746-10-1 標準，廣為採用。本計畫開發之 OpenADR 2.0b VEN 嵌入式系統可移植至樹莓派或其他硬體設備，未來將可能以提供產品設備的型式，讓消費者能夠加入虛擬電廠或電力聚合服務，為公司創造新的商業模式及增加收入，提升公司形象與競爭力，奠定未來用戶側電能管理發展。

2 成果及其應用：

本計畫已建置開發符合 OpenADR 通訊協定之用戶端 VEN 嵌入式系統移植研究。OpenADR 作為自動化需量反應通訊協定標準，成立至今已被納入 IEC62746-10-1 標準，廣為採用。本計畫開發之 OpenADR 2.0b VEN 嵌入式

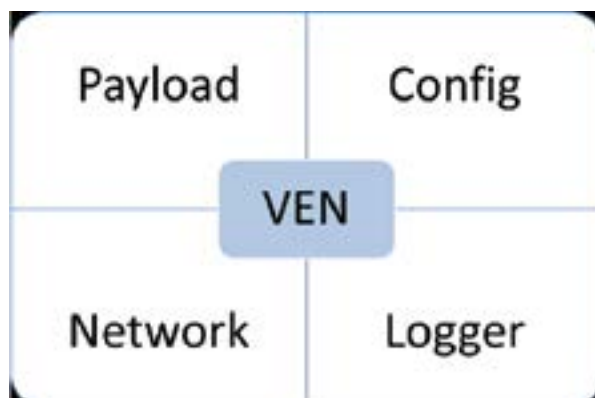
系統可移植至樹莓派或其他硬體設備，未來將可能以提供產品設備的型式，讓消費者能夠加入虛擬電廠或電力聚合服務，為公司創造新的商業模式及增加收入，提升公司形象與競爭力，奠定未來用戶側電能管理發展。

本研究已完成之主要工作項目，如下所述：

1. 完成收集分析自動化需量反應 **OpenADR 2.0b** 國際通訊標準及相關應用資訊，其中包含能源管理系統、虛擬電廠、區塊鏈、電動車四大整合應用案例。
2. 完成彙整分析 **OpenADR2.0 Profile B Specification** 規範內容，包含註冊、用電回報、需量事件、以及排程服務。
3. 完成研究規畫符合嵌入式硬體規格之用戶端 **OpenADR 2.0b VEN** 系統架構，其中包含 **ven**、**config**、**logger**、**payload**、及 **network** 共 5 大模組，互

相協調達成 **OpenADR** 各項功能服務。以模組化方式設計程式架構可增加程式可讀性，同時減少後續維護成本及時間。

4. 完成研究開發 **OpenADR 2.0b VEN** 系統之嵌入式晶片編譯與移植技術。**TPRI VEN** 從最初的個人電腦，樹莓派，到更低階 **Mediatek Linkit 7688** 開發晶片逐步發展。朝著成本低廉與功能齊全的方向演進。
5. 完成對接嵌入式 **VEN** 與現有 **VTN** 平台，進行符合 **OpenADR 2.0b** 通訊協定之訊息傳輸測試，包含：**Event**、**Opt**、**Report**、**Register** 封包資料。



資料來源：本研究提供

圖 1 TPRI VEN 模組化設計圖

研究人員：負載管理研究室：鄭凱文、張作帆、王星文

封印鎖管理機制探討與管理系統建置之研究

Study of Discussing Seal Management Policy and Disposing Management System

Abstract

This study will first analyze the existing seal lock monitoring system to determine how to incorporate information technology, New Counter Processing System (NCPS), New Billing System (NBS), Handheld Computer-reading System (HCS), etc. Subsequently, apps for seal lock monitoring system and seal lock operation records would be developed to record seal lock storage, receipt, new product returns, depreciation, utilization, disassembly and data reporting. Furthermore, inventory review, personnel management, work log creation, serial number, meter inventory management, data group management, meter record management, workload management, Current Transformer

(CT) installation management, Potential Transformer (PT) installation management, anomaly management and management information system could also benefit from computerization would represent an important milestone for the system.

A seal lock management system and a seal lock operation data reporting apps will be set up to collect and disassemble information through a simple mobile interface, and to provide a maintenance record for the seal lock management team. Overall, we aim to take advantage of the advances in information technology to reduce the manpower required for data management.

1 研究背景、目的、方法：

本公司長久以來皆以 PCR 封印鎖保護計量設備正常運轉，為落實此項工作，所有封印鎖皆必須接受管制，封印鎖的拆裝也需填報報表，以掌握封印鎖流向，上述作業皆以人工方式完成。惟區處同仁平常需進行維護作業，一年的封印鎖拆裝約 400 萬顆，必須耗費眾多人力進行封印鎖管理，若能 e 化管理公司封印鎖，將可大幅縮減人力處理工時，並將人力轉投入其他工作。

1. 探討本公司現有封印鎖管理要點，及訪談各須營業處現有封印鎖管理紙本作業流程。
2. 本公司封印鎖管理制度導入 e 化探討，進而協調及統一各區營業處作業流程。
3. 研製本公司業務單位專用之封印鎖管理系統。
4. 研製本公司業務單位專用之封印鎖管理 APP。

2 成果及其應用：

本案完成適用於公司業務單位專用之封印鎖管理系統、封印鎖管

理 APP，且配合配電處之規劃於區營業處試辦。

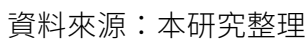


圖 1 系統架構圖

次世代配電圖資功能發展研究

Research on the Function Development of Next-generation Power Distribution Map

Abstract

With the improvement of power distribution information technology in recent years, the demand for geographic information from various systems has also increased. In order to meet the needs within Taipower for power distribution geographic information and to avoid duplication of development of interface formats and functions, it is necessary to explore the data model for system integration, and to improve the functions and architecture of the existing geographic information system. In addition, in order to meet the application of distribution networks after a large amount of renewable energy is connected to the

grid, the distribution topology model must be simplified and provide distribution equipment attributes to support distribution system grid connection analysis and management. Through introducing relevant standards to achieve the development of a next-generation geographic information platform. The goals of this project include analysing and integrating the standard data export format requirements of Taipower's business units, developing a power distribution geographic information data sharing system, and verifying the standard data export format and the compatibility and usability in other platforms.

1 研究背景、目的、方法：

隨著近年來配電資訊技術提升，各系統對於圖資需求亦日趨增加，為因應台電內部各單位對於配電圖資需求，以避免重複開發介接格式與功能，須探討資料介接所需模型，提升既有圖資系統功能及架構，另外，為滿足再生能源大量併網後配電網之應用，簡化配電拓樸模型，提供配電設備屬性以支援配電系統併網分析與管理所需，並透

過相關標準介接方式，達到發展次世代圖資平台。

1. 分析整合台電業務單位標準資料轉出格式需求。
2. 研製適用於台電業務單位專用之配電圖資分享系統。
3. 驗證標準資料轉出格式之相容性與可用性。
4. 配電圖資導入商用圖台相容性與可用性驗證。

2 成果及其應用：

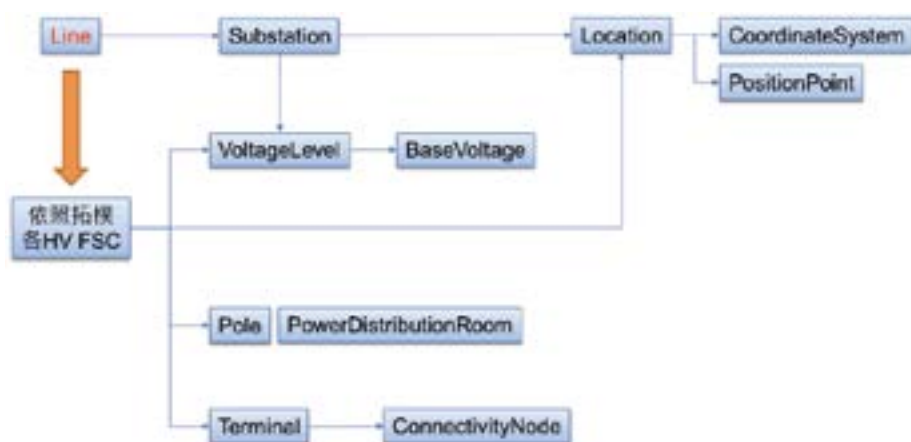
1. 完成配電圖資 Oracle 資料庫之拓樸連結性及設備屬性與 PostGIS 資料庫之空間資料解析與同步工作，並將其對應於 CIM Profile 及整合於配電圖資分享資料庫，以及建立配電圖資分享系統，依權限提供服務訂閱、紀錄查詢等相關功能（圖 1~4）。

2. 配合 ADMS 系統需求制定完成 CIM Profile，建立配電圖資高壓與低壓設備之 FSC 與 CIM 類別間的對應，完成配電圖資高壓系統圖、高壓線路圖、低壓線路圖之 CIM 轉檔，並透過 ESB 及 SFTP 分別傳送至 ADMS 正式及備援伺服器。



資料來源：本研究整理

圖 1 配電圖資分享資料庫架構



資料來源：本研究整理

圖 2 CIM 類別關係圖



資料來源：本研究整理

圖 3 配電圖資分享系統架構

配電圖資分享系統 (系統管理)						
區區	區區所	區區	更新時間	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0001	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0002	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0003	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0004	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0005	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0006	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0007	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0008	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0009	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0010	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0011	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0012	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0013	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理
區區	八里區	0014	2024-10-04T15:25:51.737	系統管理	系統管理	系統管理

資料來源：本研究整理

圖 4 配電圖資分享系統 (服務內容介面)

3. 釐清配電系統圖資連接性紀錄方式，完成對配電圖資進行編修以正確呈現連接關係，並依據配電技術手冊完成配電圖資圖徵重新繪製。
4. 完成雲林區處四個變電所(橋村、水林、東北、崙背)所轄 64 條饋線追蹤，並可在 ArcGIS Pro 將追蹤成果轉換為單線圖，驗證配電圖資導入商用圖台之相容性與可用性。
5. 於本案測試伺服器完成發布配電網路模型之雲端服務，可透過雲端取用整個網路模型，或是透過 API 呼叫整條饋線的設備空間資訊、連接性、屬性資料及產製單線圖。
6. 完成建置配電系統線上圖臺之圖層管理、屬性查詢、饋線查詢等基本功能，以及提供 FTU 資料展示並於模擬影響範圍後產製單線圖，另可將三維管道 GML 檔案匯入解析後於 3D 圖臺檢視。

研究人員：負載管理研究室：蔡森洲、林必達、沈宜絹、游晴幃
配電處：陳忠源

用戶用電設備設計資料應用 BIM 技術增進圖資交付與電腦輔助法規檢核之研究

Research on the Application of BIM Technology to the Design Data of Consumer Electrical Equipment to Enhance the Delivery of Graphics and Data and Computer-aided Regulatory Review

Abstract

The “Lighting / power application approval service” and “Lighting / power application data management system” have gone live in 2022. The former service system provides the online application to people who have pre-review drawings needs. The latter system helps TPC to manage application documents and archives, and to enhance work efficiency of drawing review. The entire system was officially launched at the end of 2022, and feedback from actual use has been collected as a basis for further improvements.

To further improve the efficiency of drawing reviews, the development of pre-review and co-review management functions has been completed. Additionally, training sessions have been conducted for 24 branches and the Electrical Engineering Technician Association's members. Moving forward, necessary support will be provided in line with the plan for the official system launch.

In recent years, our country has gradually invested in and applied all aspects of BIM(Building Information Modeling). BIM can completely visualize the relationship

between the various spaces inside the building and the power system. In the design step, the possible potential problems of all parties can be effectively checked, and put forward the correction plan in advance to greatly reduce the construction cost.

This research project incorporates Building Information Modeling (BIM) for the review and the verification of the user electrical equipment design data of Taiwan Power Company's users. Importing BIM for the design of the power system, this project seeks to provide a reference for TPC to promote automated review and inspection mechanisms in the future. The power system design data of the building is imported into the model, and produce related data, such as load schedule, short-circuit current, voltage drop calculation. Introduce relevant software such as BIM models into current regulations and principles, and provide analysis and verification of the BIM to review regulations and related regulations, to achieve the goal of electrical equipment design data review and verification automation.

1 研究背景、目的、方法：

近年來用電戶數量逐年增加，用電申請相關規範越嚴謹成熟，相關之申請文件亦隨之逐年增加。依據電業法第 32 條子法「用戶用電設備檢驗辦法」第 21 條之規定，用戶新增設檢驗送電資料應建立檔案存查，該檔案得以掃描電子檔存檔，並保存至用戶廢止用電為止。傳統式的紙本存放方式未有明確的檔案管理機制，相關資料調閱不易，且不易控管。109 年研究案完成「用戶用電設備設計資料審查及審驗圖文管理系統」建立，提供台電同仁進行用戶用電設備圖面線上審查及審迄檔數位存儲，系統已於 24 區營

業處建置。依據同仁進行系統操作後相關需求回饋，需精進部分系統功能，台電公司部分區營業處與電機技師公會合作辦理之協審作業亦須將流程電子化。

近年來 BIM(建築資訊模型，Building Information Modeling) 建模技術應用於建築領域日益興盛，能在電腦虛擬空間中模擬真實工程。若運用該技術將電力系統中賦有物理參數(例如額定電壓、額定容量) 之電氣設備及各迴路於 3D 空間中建構並提供 BIM 軟體進行解析，將有助於圖審速度提升。

1. 分析整合本公司既有系統導入協

料審查協審服務及系統功能精進。

- ### 3. 用戶用電設備設計資料審查導入 BIM 模型可行性分析及驗證。

2 成果及其應用：

- 之可行性。

3. 若導入建築信息模型 (BIM) 技術可減少審查時間，由 4~16 小時縮短至 2 小時內，並提升審查準確度，解決過去審查僅能抽驗饋線確認計算合理性，較無法全面性檢討計算準確性之問題。

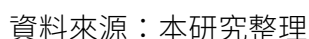


圖 1 系統架構規劃

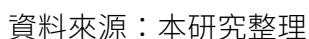


圖 2 配電盤 BIM 模型

研究人員：負載管理研究室：蔡森洲、沈官絹、林必達、游晴幃、王晴

高壓用戶需量反應特性查詢系統研究

Research on the Query System for High-Voltage User Demand Response Characteristics

Abstract

Demand response is one of the important resources of the power system. It is necessary to prepare a tools for the colleagues of responsibility of each business branch who are responsible for demand response, to help them understand the characteristics of the users, as well as feasible demand response methods, suitable demand response plans, etc. This project plans to provide an information system for colleagues in the district business office who are responsible for recruiting demand response users, based on the compilation of the methods and characteristics of various industries implementing demand response, supplemented by past analysis and statistical results. This will allow colleagues

in the response business branch to obtain information related to the user in advance before visiting high-voltage users, and initially understand the methods that the user can implement demand response. At the same time, by combining the compiled industry characteristics, colleagues in the district business office can be more specific and practical when explaining to recruit users, which is closer to the user's process and electricity behavior, and increases the chance of user participation. In addition, through the compilation of experiences with users of the same type of industry and process, users generate peer effects, increasing the willingness of users to participate.

1 研究背景、目的、方法：

2022 年因應第二尖峰之抑低需求，業務處除進行電價時間帶之調整試行外，亦同時調整需量反應負載管理措施之抑低時間、增加適用於夜尖峰之措施方案等。為此，各區營業處同仁不但須熟悉新方案，亦需面對適用新方案用戶之招募工作，在對各產業特性不全然清楚之情形下，用戶招募之困難度與效率對區營業處同仁而言，均是挑戰。本計畫擬以各產業執行需量反應之作法、特徵彙整為基礎，輔以過往之分析、統計成果，提供區營業處執行需量反應用戶招募之同仁查詢

高壓用戶需量反應特性之資訊系統，以利區營業處同仁前往拜訪高壓用戶前，預先取得與該用戶相關之資訊，並初步瞭解到該用戶可以執行需量反應之作法。

1. 建立一套高壓用戶需量反應特性查詢系統，彙整各產業特性、主要用電設備資訊、AMI 用電資訊、需量反應潛力資訊等。
2. 協助區營業處同仁於用戶招募說明時，更具體且實際的貼近用戶製程與用電行為，提高用戶參與之機會。

2 成果及其應用：

依據本研究案的需求，截至 113 年底，本案已達成下列幾項工作目標：

1. 研析國內外產業用戶執行需量反應之作法。
 - (1) 完成國外 CAISO 與 ERCOT 之用戶群代表 GridBeyond 與

Enel North America 之招募作法研析，可歸納為五個步驟：識別卸載執行對象設備、訂定需量反應執行策略、設置計量表計並與即時資訊平台連結、參加入方案執行，以及回饋誘因支付。

- (2) 彙整文獻中，包含鋼鐵金屬在內共 12 個產業之製程特徵，以及包含金屬工業在內共 10 個可執行需量反應之製程設備。
 - (3) 完成國內合格交易者執行需量反應之作法蒐集，包含：醫院、資料中心 / 電信機房、化學 / 化纖、光電、水泥等五個產業。
2. 研析及彙整招募用戶參與需量反應之準備事項。
- (1) 完成用戶招募前置準備資料彙整，並完成確認各項資料取得來源與取得方式。
 - (2) 累積完成 40 產業類別之特性資料蒐集。依業務處建議之潛力行業別，排除已建立產業特性之對象後，新增汽車零件製造業、化學原材料製造業、塑膠製造業、廢 / 污水處理業等產業別。
3. 建置高壓用戶需量反應特性查詢系統
- (1) 完成檢視並擷取各產業特性中之共同點，將產業特性予以數位化。
 - (2) 彙整蒐集之 40 個產業之製程特性及需量反應執行特徵，完成需量反應特徵研析，各產業特徵採製程分段、可否卸載、可卸載抑低標的、抑低特徵、抑低評估等參數，予以數位化。
- (3) 採用戶特性查詢支狀圖進行判斷演算程序，作為執行查詢演算規則之機制，並完成支狀圖判斷演算程序所需之需量反應方案特徵。
4. 高壓用戶需量反應特性查詢系統使用檢驗與精進評析
- (1) 依照產業特性以及所需各項資料欄位，完成資料庫結構規劃及建置。
 - (2) 產業特徵查詢資料表包含：產業製程、製程類別、抑低標的、抑低程序、抑低標的對象、抑低評估以及抑低項目。
 - (3) 完成系統建置所需環境之規劃，並完成確認採用之各項開源軟體為：作業系統 (Ubuntu)、Web 伺服器 (NGINX)、資料庫 (PostgreSQL)、開發框架前端 Vue.js、後端 FastAPI。並依照系統環境架構開始建置資料查詢系統。
- 本案系統架構圖如圖 1 所示。



資料來源：本研究整理

圖 1 「高壓用戶需量反應特性查詢系統」架構圖

研究人員：負載管理研究室：張文奇、陳玉芬、賈方霈、黃秉偉、施政樟、賴宜均

輸電級圖資資料自動化處理機制精進

Improvement of Automation of Geospatial Data Processing for Power Transmission System

Abstract

The government of the Republic of China is planning to achieve zero-emissions before 2050, thus renewable energy connection to the power system is very important right now and in the future. To mitigate the insufficient hosting capacity on feeders, more and more renewable energy has been connected to the transmission system, and this is why Geospatial Information System to view hosting capacity on Transmission lines is important for speeding up the connection of renewable energy. However, the current data of transmission lines are not in a standard format for that errors may occur during the transcription of the data by human beings manually. To bring up a service to show hosting capacity on transmission lines,

it is important to build an automation of transmission line data processing.

In the previous research, a principle called misstep principle was proposed as the foundation needed to build an automation of data containing errors on transcript without unique solution, which is the case to which the transmission line data belongs. Misstep principle was utilized in this paper to build an automated processing program for data of the underground cables and overhead transmission lines. By the proposed repair method Breadth-First Repair to replace the previously adopted Depth-First Repair, the consumed time of repairment can be reduced.

1 研究背景、目的、方法：

在全球邁向淨零碳排的趨勢下，再生能源的發展是其中一個受人矚目的項目，而地理圖資則是再生能源併網過程中重要的一個環節。在進行再生能源併網對電力系統的衝擊分析時，輸配電線路會整合並呈現在圖資上作為重要的參考依據，而圖資整理與資料整合的過程中，資料格式的整理、轉換等，都是十分重要的工作。本所已於111年開始進行輸電級圖資資料自動化處理機制的探討，其中提出的自動化處理機制雖能將非標準圖資格式之地下電纜資料一定程度地轉換為標準之圖資格式，但根據資料樣態之不同，處理速度可能有巨大

的差異。以該自動化處理機制為核心，透過對演算法的優化，預期可達到最佳的自動化處理效能。

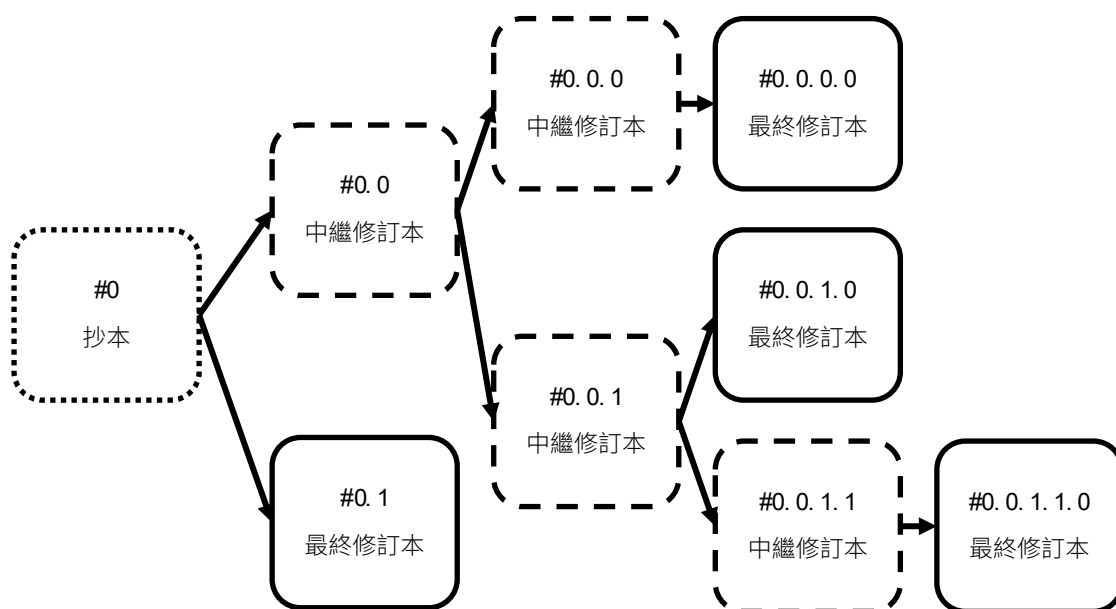
1. 針對先前提出的自動化處理機制，研究可能的優化方式。
2. 測試並探討資料轉換效能之提升程度。
3. 蒐集與分析架空線路資料的各種資料樣態。
4. 研究資料樣態之偵測與辨識方法。
5. 研究將新的自動化處理機制應用到架空線路資料上。
6. 測試並探討架空線路資料轉換之效果。

2 成果及其應用：

1. 本研究對架空線路資料進行解析，並運用短步原理建立自動化處理機制，使得包含地下電纜與

架空線路的輸電級圖資資料皆能透過自動化處理機制進行資料的處理。

2. 本研究提出修復樹的概念，並比較深度修復、邊界式深度修復以及廣度修復之原理及差異。
3. 以短步原理為基礎，本研究透過廣度修復提升了輸電級圖資資料自動化處理的效能。
4. 以上效益皆可為公司帶來重要之效益，同時也具有相關議題可以在未來的研究中繼續精進。



資料來源：本研究繪製

圖 1 本研究以短步原理為基礎提出之廣度修復可提升資料修復效率

整合電動車之虛擬電廠商業模式試驗研究

A Trial of Virtual Power Plant Integrating Electric Vehicle Business Model

Abstract

With the accelerated development of vehicle electrification, in recent years, many countries have been studying how to ease the impact of charging behavior on virtual power plants through V2G charging behavior management and intelligent methods. According to the analysis of McKinsey, an international consulting firm, from the perspective of the power system, optimizing the charging time and speed of electric vehicles through centralized coordination and intelligent guidance will likely change the type of charging load curve, make charging behavior smarter, and reduce the costs of investment or optimization on power grids. Therefore, the concept of power supply and dispatch also need to be integrated into the charging

and discharging behavior characteristics of electric vehicles. This project has collected electricity management and business models of foreign electric vehicles and charging piles participating in the electricity market through the pilot research on the business model of virtual power plants for electric vehicles. Users of different resource types including aggregated renewable energy, energy storage, electric vehicles, and electricity loads have been recruited to participate in this test. For the virtual power plant test implemented in this project, a cost-benefit analysis has been conducted based on results, and a short, medium and long-term development strategy and promotion blueprint for Taipower's virtual power plant have been formulated.

1 研究背景、目的、方法：

虛擬電廠之相關運作模式已於 109 年起進行研究，但近年政府大力推動電動車，尤其交通部規劃 2030 公路客運全面電動化，故進一步針對相關技術、運作模式及效益評估等方向進行示範驗證。

研析現行各種電動車 V2G/G2V 之電管理模式及對電網之衝擊，

並進行虛擬電廠結合電動車之技術驗證及商業模式之評估。

蒐集國外電動車 / 電動樁參與電力市場之電管理及商業模式，供國內未來實際執行之參考。並招募電動車相關資源，建置整合分散式資源所需之平台及相關軟硬體設施，進行虛擬電廠之相關驗證。

2 成果及其應用：

本研究蒐集國際與電動車有關之需求面管理（時間電價、需量反應）方案、參與電力市場法規與機制、及 V2G 技術應用商業化之試驗案例，探索電動車資源參與電力市場潛力。國內主要充電站營運商充電收費方式與費率資訊整理如圖 1 所示。

辦理專家諮詢會，確認在現有的法規架構下，公用售電業無法參與電力交易市場。因此本研究建置分散式能源整合平台，招募電動車相關資源，委由合格交易者將其資源實際參與電力交易市場，並預計

將其投標、得標、結算等資訊回傳至分散式能源整合平台。分散式能源整合平台之規劃如圖 2。若經評估後，不適合參與電力交易市場之資源，亦會將其資源介接至分散式能源整合平台，在計畫之後半年，每月模擬調度 2-4 次，進行資源可用性相關研究。資源招募情形如圖 3 所示，透過資源招募之經驗，探討客運業者參與電力交易市場之意願、原因與挑戰。

本研究針對電動車之資源特性進行研究，包含電動車作為虛擬電廠資源之特性、結合電動車車主之

車輛使用行為需求、電動車資源與其他異質資源作為需量反應之最佳化排程調度。最後以總資源成本分析配合情境與參數設定方式，根據虛擬電廠試驗之驗證結果提出成本效益分析，以評估未來商業運用潛力及研擬優化方式。提出有效整合小型資源，驗證整合資源參與市場之可行性。

研擬台電公司(含公用售電業)虛擬電廠之短、中、長期發展策略與推動藍圖。若我國積極發展分散式電源技術，並透過商業模式將其整合為虛擬電廠，將可提高電網供需效率，有效降低電力區域供需偏離度，並提高電力系統供電可靠程度，以改善能源安全。

CPO 服務商	YES ENERGY	Taida	EVGASS	Noodon EV	EVALLS	CHARGE SPARK
收費 方式	7kW每分鐘1元	浮動費率每度 2.2~21.25元 固定費率每度 9.2~9.8元 預約每度18.5元	AC版每度7~9元 DC版每度8~18元	每小時\$60元	400kW每度12元 200kW每度9.5元 75kW每度6.5元	75kW每度9元
CPO 服務商	iCharging	Sail	臺灣快充	Charge+	U-POWER	NNGA.TCC
收費 方式	高雄以遊藝特區每 度9.8元 市區每度8元 離島水牛站每度18 元	浮動費率每度6~10 元	75kW每度7.5元 175kW每度8.5元 300kW每度9元 1200kW每度9~10元	每度8元	非會員每度 20 元 會員每度 9 元	會員每度9元 非會員每度 12元 休閒充電每度7元

資料來源：本研究整理

圖 1 國內主要充電站營運商充電收費方式與費率資訊



資料來源：本研究整理

圖 2 分散式能源整合平台設置規劃

資源名稱	資源類型	資源位置	資源容量	資源狀態	資源用途	資源用途	資源用途	資源用途	資源用途
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統
智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統	智慧能源管理系統

資料來源：本研究整理

圖 3 本研究資源招募情形

研究人員：負載管理研究室：陳玉芬、張文奇

儲能需量反應試驗與效益分析

Trails and Benefit Analysis of Energy Storage System for Demand Response

Abstract

This project aims to conduct the trials of energy storage demand response program, analysis of benefits and development of mechanisms to address the challenges of increasing penetration of renewable energy sources, net-zero, and energy transition policies. This project includes the following works in order to increase the willingness of users to participate and to maximize the benefits of energy storage: 1.To collect information on international practices, trials and results of energy storage demand response programs, and to benchmark cases from countries such as the US and

Japan. 2.Recruit energy storage users (including obligatory behind-the-meter storage users) with a capacity of up to 1MW to trail the "Renewable Energy Obligation Storage Pilot Scheme" and carrying out benefit analysis, mechanism validation and rebate payment. 3.Organize an experts and stakeholders seminar and provide think tank service to Taipower on related issues. Finally, Based on demand response trials and international benchmark studies, propose an enhanced demand response mechanism and plan short, medium, and long-term promotion strategies.

1 研究背景、目的、方法：

研究背景：

1. 因應再生能源大量併網及能源轉型政策，儲能設備於電網中扮演的角色將越來越重要，除可協助電網進行頻率控制、系統平衡外，亦可協助用戶進行削峰填谷、提升負載率並節省電費。另依據 111 年 8 月 9 日行政院「用戶端擴大儲能會議」指示，為提升大用戶設置義務儲能之效益與誘因，台電公司應研議新方案並鼓勵用戶參與，將儲能效益極大化。
2. 為研議適合儲能設備之需量反應措施，擬針對國外電業儲能需量反應之推動方式及成果進行研

析，並研擬我國儲能需量反應措施可行之推動作法，作為未來推動之依據。

研究目的與方法：

1. 蒐集國外電業針對儲能需量反應之推動作法、試驗與成果，並招募用戶試行儲能需量反應，研議適用之商業模式，評析試驗成效，檢討相關機制之完善性及適法性，例如回饋誘因、配套措施與精進方式。
2. 針對試驗結果提出成本效益分析，並依研究結論發展可行方案，同時規劃推動用戶端儲能設備需量反應方案之短、中、長期策略。

2 成果及其應用：

依據本研究案的需求，本案已達成下列工作目標：

1. 完成美、日、澳 11 案儲能相關需量反應案例蒐集並參考國際推

動提出國內推動表後儲能短中長期策略與機制參考。

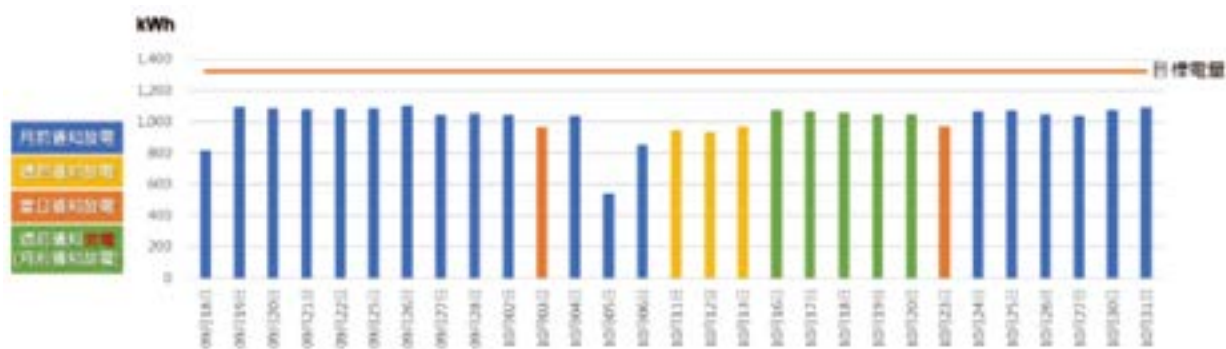
2. 完成實驗並完成參與費用計算與回饋金發放。義務用戶試驗自 9

月 1 日起至 10 月 31 日止，共計執行兩個月，已完成試驗。

- 試驗期間共計發出 6 次指令，包含月前放電通知、週前放電通知、當日放電通知、週前充電通知，並發放完回饋與補貼。
- 提出表後儲能需量反應機制建議，如申請流程、用戶多重資源參考量與方案修正建議等。

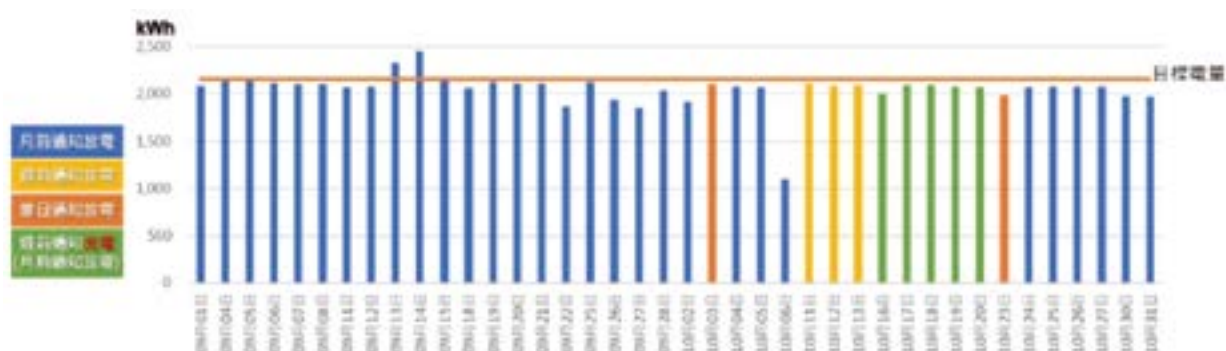
- 辦理對再生能源義務用戶（用電大戶）實體說明會一場，說明義務儲能需量反應方案內容和參與方式，以及正式參與方案經驗分享，義務用戶、再生能源義務辦公室與台電公司等共 70 人參加。

本案表後儲能試驗情形如圖 1、圖 2，文獻蒐集案例彙整資料如圖 3~ 圖 5 所示，說明會如圖 6。



資料來源：本研究整理

圖 1 勤○(股)公司執行試驗情形



資料來源：本研究整理

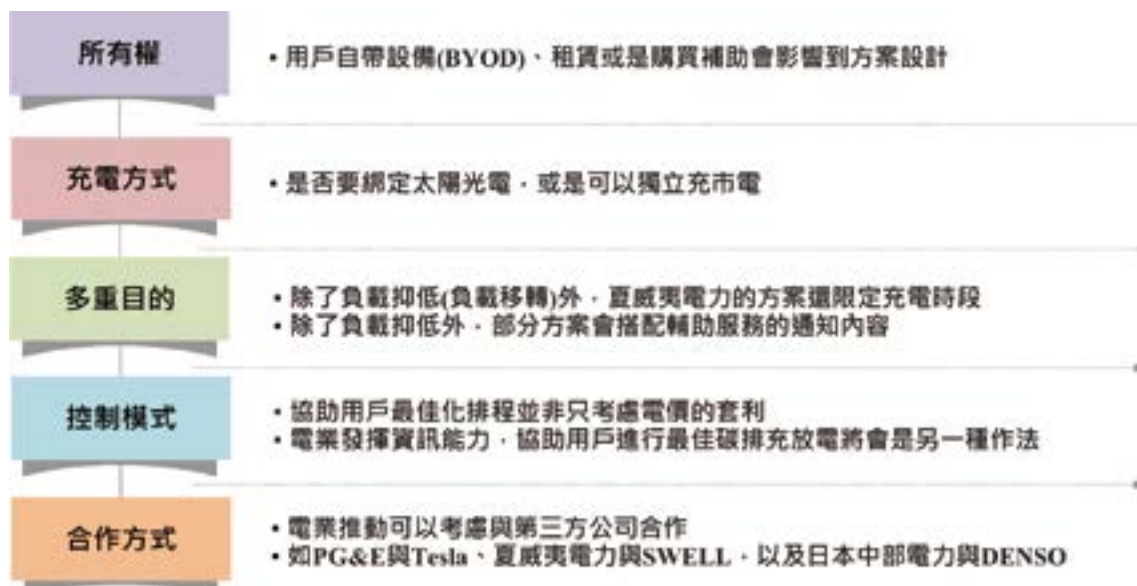
圖 2 台○化(股)公司林園廠執行試驗情形



資料來源：本研究整理
圖 3 本研究資源招募情形



資料來源：本研究整理
圖 4 夏威夷電力公司的表後儲能需量反應方案簡介



資料來源：本研究整理

圖 5 各電業表後儲能需量反應方案特性彙整



資料來源：本研究整理

圖 6 說明會辦理情況

研究人員：負載管理研究室：賈方霈、張文奇

智慧電網結合 AMI 數據分析違規用電行為可行性研究

Feasibility Study of Integrating Smart Grid with AMI Data for Analyzing and Detecting Unauthorized Electricity Usage

Abstract

With the rapid development of smart grid technology, power companies are facing increasing challenges, especially in detecting unauthorized electricity usage. Traditional methods of detecting unauthorized electricity usage mainly rely on whistleblowing, line inspections, and investigations by police and prosecutors, which consume a lot of human resources. To reduce resource waste and improve detection efficiency, power companies both domestically and internationally have begun exploring the use of artificial intelligence (AI) technology for analyzing unauthorized electricity usage.

The purpose of this research is to investigate the feasibility of developing an AI-powered unauthorized electricity usage detection and decision support system. The proposed system will analyze data from low-voltage Advanced Metering Infrastructure (AMI) to identify potential cases of unauthorized electricity usage in

Changhua, Chiayi, and Kinmen areas. It will provide a confidence score to prioritize field inspections for unauthorized electricity usage by Taipower's business units.

Considering the differences in electricity usage habits between individual users, and the scenarios that rule-based methods may not cover or find difficult to cover, we apply anomaly detection AI technology to monitor the electricity consumption and power quality data. This technology learns the normal electricity usage data model of users. When the electricity usage data deviates from the normal range, the system analyzes and provides a list of abnormal users and their suspicion levels. It also provides key factors for determining unauthorized electricity usage, serving as a reference for Taipower's business units to prioritize their inspection schedules, effectively concentrating inspection resources on users with high suspicion of unauthorized electricity usage.

1 研究背景、目的、方法：

隨著智慧電網技術的快速發展，電力公司面臨著越來越多的挑戰，特別是在查緝違規用電方面。傳統的違規用電查緝方式主要依賴於密告、線路巡視及檢警偵辦等被動手段，這些方法耗費大量人力資源。為了減少資源浪費與提升查緝效率，國內外的電力公司皆開始探索使用人工智慧技術來進行違規用電分析。

本研究目的為研究具有人工智慧的違規用電輔助判斷系統發展可行性，發展一套具有人工智慧的違規用電輔助判斷試行系統，評估彰化、嘉義、金門三個區處之低壓智慧電表 AMI 數據以判斷是否有違規

用電嫌疑，並提供系統判斷信心度指標作為台電公司業務單位違規用電稽查作業排程之優先順序參考準則。

基於用電戶個體與個體間的用電習慣差異，考量規則判斷法尚未或難以涵蓋之違規情境，應用異常檢測人工智慧技術監測用電量及電力品質數據學習用戶正常用電之數據模型，當用電數據偏離正常範圍時，分析提供異常用戶清單及其嫌疑度，並提供判斷該戶違規用電之關鍵參數，作為台電公司業務單位違規用電稽查作業排程的優先順序參考準則，有效集中稽查人力資源於高違規用電嫌疑的用戶群。

2 成果及其應用：

1. 研究分析 2018 年起運用人工智慧技術分析違規用電之文獻，本

研究考量方式分別有：有無違規標記（無 > 有）、資料量要求（小

> 大)、模型複雜度(算力需求)，依正常用電數據仍佔多數，參考文獻的建議採非監督式學習用戶正常用電樣態，用以區別異常情況，且基於算力考量與未來系統擴充性，應要求模型精簡且高效，如圖 1 所示。

2. 低壓違規用電 AI 偵測方法的流程圖依功能組別分為四大部分，分別為：藍色為「違規用電偵測建模」、黃色為「輔助建模外掛模組」、綠色為「分析結果

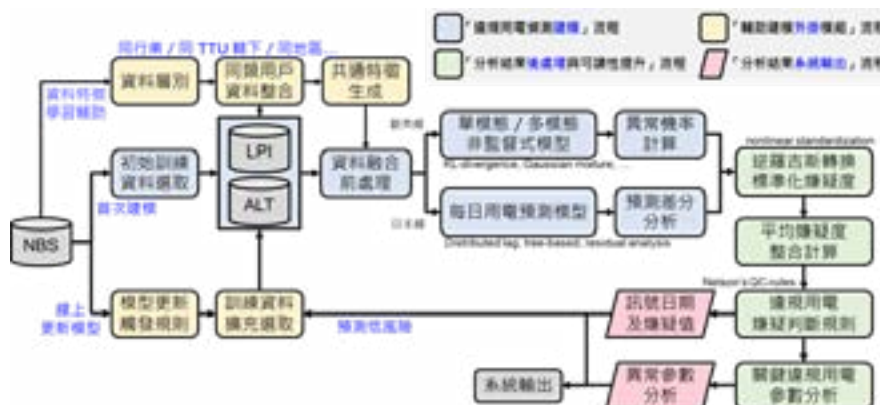
後處理與可讀性提升」、紅色為「分析結果系統輸出」，詳如圖 2 所示。

3. 整合本案不同模型之異常分數趨勢，以簡單直接且合理的方式，並建立單一違規用電判斷標準，以此降低系統使用者的認知負擔，並搭配品質管制規則標記違規用電訊號，提升違規用電判斷之效率，紅色星星標記為違規用電訊號發生日，如圖 3 所示。

文獻編號	資料場域	資料內容	偵測演算法
Singh et al. (2019)	臺灣	每 30 分；用電量	PCA, KL-divergence, Entropy Thresholding
Jindal et al. (2020)	荷蘭	200 戶；每時；用電量	K-means, Gaussian Mixture, Profile Deviation Thresholding
Xie et al. (2021)	法國	5 年；電流；用電量、TTU 與 AMI 裝置量	ODUM Chart, Shewhart Chart, 警報規則
Gao et al. (2019)	美國	990 戶；兩年；每時；用電量、電壓	Regression, Residual Thresholding
佐野 & 重光 (2021)	日本	30 所配電所；19 天；每小時；用電量、開閉器量	Hierarchical Clustering, Regression, Residual Thresholding
佐野 et al. (2004)	日本	每小時；用電量	Regression, Time Series, ANN, Residual Thresholding, Correlation Coefficient
Abraham et al. (2020)	日本	兩年；每分鐘；用電量、數據庫量	Gradient Boosting
Takadda et al. (2022)	臺灣	每 30 分；用電量、數據庫量	SVN, LSTM, AutoEncoder
Khan et al. (2020)	中國	42330 戶 (3800 棟樓)；三年；每日；用電量	SMOTE, VGG-16, XGBoost (監督式)
Hag et al. (2023)	中國	45970 戶 (7915 棟樓)；三年；每 10 分；用電量	CHN (監督式)

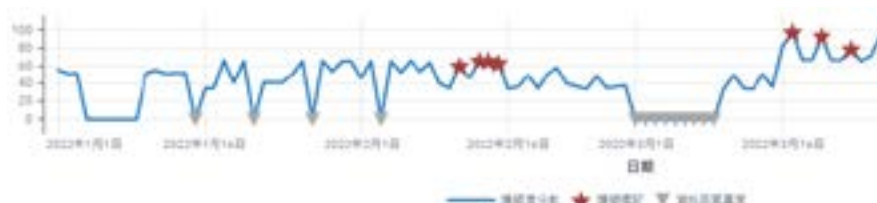
資料來源：本研究繪製

圖 1 各國運用人工智慧技術分析違規用電之文獻評估



資料來源：本研究繪製

圖 2 低壓違規用電 AI 偵測流程圖



資料來源：本研究繪製

圖 3 低壓違規用電 AI 偵測分析之嫌疑度趨勢圖

研究人員：負載管理研究室：黃秉偉、張文奇、施政樟

整合新興分散式資源應用於電力調度之技術規範 研析

A Study on Distributed Energy Resources Applications for Grid Operation Services Enhancement

Abstract

As per Taiwan's energy policy, the penetration of renewable energy is expected to exceed 20% beyond 2025. This shift will reduce system inertia and increase power generation fluctuations, posing challenges to grid frequency and supply-demand balance. To address these issues, Taipower has developed Electricity Trading Platform to efficiently utilize energy storage systems and demand response resources, aiming to stabilize the grid. However, the diverse nature, technical capabilities, and dispatch applications of other distributed energy resources (DERs) require further research and integration to maximize their potential. This is essential for advancing energy transition and

electricity sector reform while maintaining grid stability. At this research stage, we have completed an analysis of international practices, an inventory of domestic distributed resources, and an initial plan for future technical capabilities, enhancing the framework for distributed resource utilization. By studying international examples and comparing them with domestic scenarios, we aim to clarify the control parameters, capability ranges, metering standards, and market planning for various distributed resource dispatch strategies. The project's outcomes are intended to assist Taipower analyze and optimize the use of distributed resources, and provide specific recommendations.

1 研究背景、目的、方法：

在我國能源轉型之進程下，未來 5 至 8 年電網之發電端與用電端皆將發生顯著變化，並對電力調度帶來新的挑戰。2030 年再生能源裝置量預計達 43GW，意味著高綠電占比的時代來臨，其發電間歇性與變動量對電網平衡之影響將更加顯著。在電力需求方面，交通運具電氣化、空調設施與工業廠房裝置量持續增加，使尖峰負載逐年攀升。由於供需樣態皆與傳統電網大幅迥異，電力系統需具備更多元的資源，以及更高的調度彈性來因應相關情境。

分散式資源之調度應用層面廣泛，由於系統中新設之電動車、空

調系統及表後電力資源多有通訊或調控能力，故亦使得電網中之負載亦逐漸智慧化，並具備接受電力調度之潛力。若可充分整合運用，不但可控制部分用電需求，亦可因應許多綠電高佔比的情境，例如尖峰用電、即時不平衡、以及輔助服務等。因此，分散式資源之相關技術規格、電網需求及調度應用方式十分具備研究價值，不僅可進一步提升電網調度彈性，亦可增加調度資源之充裕性與多樣性，並分散電力調度資源集中之風險，著實強化電力系統韌性，為能源轉型添增助力。

1. 研析國際文獻與先進電力系統針對各類分散式電源之調度管理方式與相關作法蒐集。
2. 分析目前國內調度規則與 DER 發展現況，針對 DER 提供電力調度進行技術合適性之分析。
3. 分析 2030 年電網需求、及國內主要 DER 之種類與運轉特性，充分了解其可調度能力及適合提供之電網應用服務。
4. 就國內未來主要分散式資源之運轉特性，分析其提供電力調度之可行性，以及其對電力系統之貢獻。
5. 探討國內電力交易架構及電力調度規則中，納入分散式資源提供電網應用服務之可行作法。
6. 研擬本公司取得分散式資源提供電力調度之技術規範與具體建議。

2 成果及其應用：

依據本研究案的需求，截至 113 年底，本案已達成下列幾項工作目標：

1. 蒐集國際先進電力系統對分散式資源調度應用之電網規則或技術規範
 - (1) 完成 ISO 技術規範、調度應用情境、參與資源、表計或能力要求研析：完成之 NYISO、PJM、CAISO 之容量應用，並蒐集加州、英國之分散式資源規劃，包括 CAISO 對於表後資源之運用、補助及市場整合；NGESO 之輔助服

務現況、調整方向、資源參與方式，以及市場價格及參與量分析。

- (2) 完成分散式資源分類、調度功能、運轉特性之研析：完成 CAISO、NGESO、ERCOT 等分散式資源調度方案文獻歸納，聚焦於負載資源之調度能力。精進英國 NGESO、荷蘭 TenneT 之電動車試驗方案研析，分析其調度特性與表計之技術規格、參與門檻調整方式。

2. 國內現今主要分散式資源之種類與運轉特性盤點

- (1) 完成資源種類盤點、可調度容量、反應持續時間、調度限制：盤點不同樣態之分散式資源運轉特性與表計設置，包括大用戶表後儲能、汽電共生、各類充電樁，並完成與五家充電樁業者之訪談，一家表後儲能之實地場勘。
- (2) 完成調度規範盤點、DER 參與調度方式之合適性與調整方式評析：分析表後儲能、需量反應資源、充電樁於現有制度下之合適性，包括電價方案、契約容量、負載管理措施與電力交易平台，評析調度潛力或限制，並蒐集儲能接收頻率控制訊號之主動作法。

3. 現行調度之技術規範精進研析

- (1) 完成電網頻率分析、DER 參與模式分析：協助調度處完成輔助服務精進方向盤點，包括調頻、即時、補充備轉之現有資源表現、技術要求、資源參與模式，以及分析未來

電力系統情境，作為初步調整規劃。

- (2) 完成系統負載初步分析、DER 參與資格：協助調度處初步構想未來適用之電網調度應用，包括反應時間、通訊方式、表計要求、資源配置等。

4. 研析分散式資源整合之預期成效與技術可行性。

- (1) 完成 DER 可調度範圍與限制、運轉影響質性分析：蒐集影響充電樁調度能力之控制參數，擬定儲能提供主動頻率控制之運轉邏輯；評估綠電餘電力市場之技術可行性。
- (2) 分別針對研究所提出之三種應用模式，分析不同情境下對電力系統之貢獻：完成電網分工具初步開發：與調度處共同構想未來電力系統之資源應用情境，盤點各主題所需之分析工具，並以 Python 初步建立儲能作為主動頻率控制之模擬模型，其將可分析儲能之運轉限制。

本案電網與電動車之調度架構與路徑圖如圖 1 所示。



資料來源：本研究整理

圖 1 電網與電動車之調度架構與路徑

暫態特徵之非侵入式家電負載解析平台開發與商業化試驗

Development of a Non-Intrusive Appliance Load Monitoring Platform based on Transient Features for Commercial Application

Abstract

In response to the trend of global electricity liberalization market, new technologies, the use of big data from Smart Meter, and the Internet of Things(IoT) are leading to a greater variety of services and interactions between customers, utilities and third parties.

NIALM is a powerful technique with the potential to improve energy efficiency, to reduce energy consumption and to facilitate data economy and business services. The fundamental stages of NIALM framework are data acquisition, feature extraction, signal decomposition, and appliance identification. NIALM technology can be used in a wide range of applications, including energy-efficiency improvements, reducing electricity use and costs, demand response and detecting anomalies in activities of daily living of elderly people.

This project uses NIALM technology with high-frequency transient features to identify ten kinds of electrical appliances in the residence such as a refrigerator, air

conditioner, dehumidifier, washing machine, rice cooker, water heaters, TFT-TV, induction cooker, hair dryer, and dryer. The result shows that the overall load identification accuracy is more than 90.7%. Furthermore, the result of the load identification accuracy for the six appliances is 95.6%. The result of the high-frequency steady-state features, ex., real power, reactive power, and total current harmonic distortion is less than that of the proposed method.

In order to further commercialize previous research results and accelerate the construction of future business service models, "Development of a Non-Intrusive Load Monitoring Platform based on Transient Features for commercial application" is proposed. This project is to assist the Taipower Company in constructing a complete technology development, commercial product and service platform, as well as planning a business model for subsequent promotion.

1 研究背景、目的、方法：

非侵入式家電負載解析(Non-Intrusive Appliance Load Monitoring, NIALM)最初由麻省理工學院 George W. Hart 教授所提出的開創性研究，協助電力公司，尋找目標用戶，分析家中主要電器運轉狀況，做為需量反應之先期潛力分析。

本計畫研析歐盟聰明看護者 CleverGuard 計畫、日本東電 - Energy Gateway、美國 - Sense Labs 的代表性 NIALM 技術發展，與商業模式的代表案例整理，與最新的 NIALM 期刊論文、學術發表及

回顧文獻，整理國際最新 NIALM 技術發展及應用之框架。

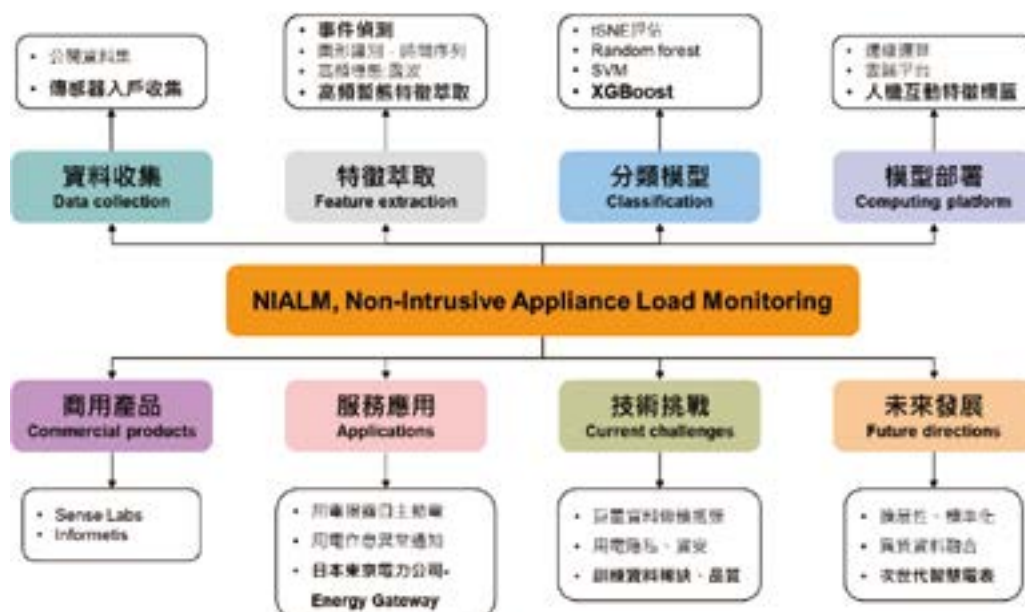
本計畫執行過程，最大技術挑戰是家電特徵稀缺性，在真實家庭場域中，在不打擾到示範住戶生活作息，且各家庭的背景家電不相同等挑戰下，收集到可靠品質佳的家電運轉的暫態特徵資料集，目標為 NIALM 辨識演算法，可以解析 6 種主要目標家電的 On/Off 開關狀態，各項目標家電之辨識精確度達成 80% 以上，以滿足台電公司未來發展商業服務需求。

2 成果及其應用：

1. 研析最新的 NIALM 期刊論文、學術發表及回顧文獻等，掌握 NIALM 的資料收集、特徵萃取、分類模型、模型部署等技術發展，並可了解 NIALM 技術的商用產品、服務應用、技術挑戰，及未來發展，參考圖 1。
2. 開發 NIALM 傳感器，以高效能 CPU 搭配高精度 ADC 及雙迴路電流感測比流

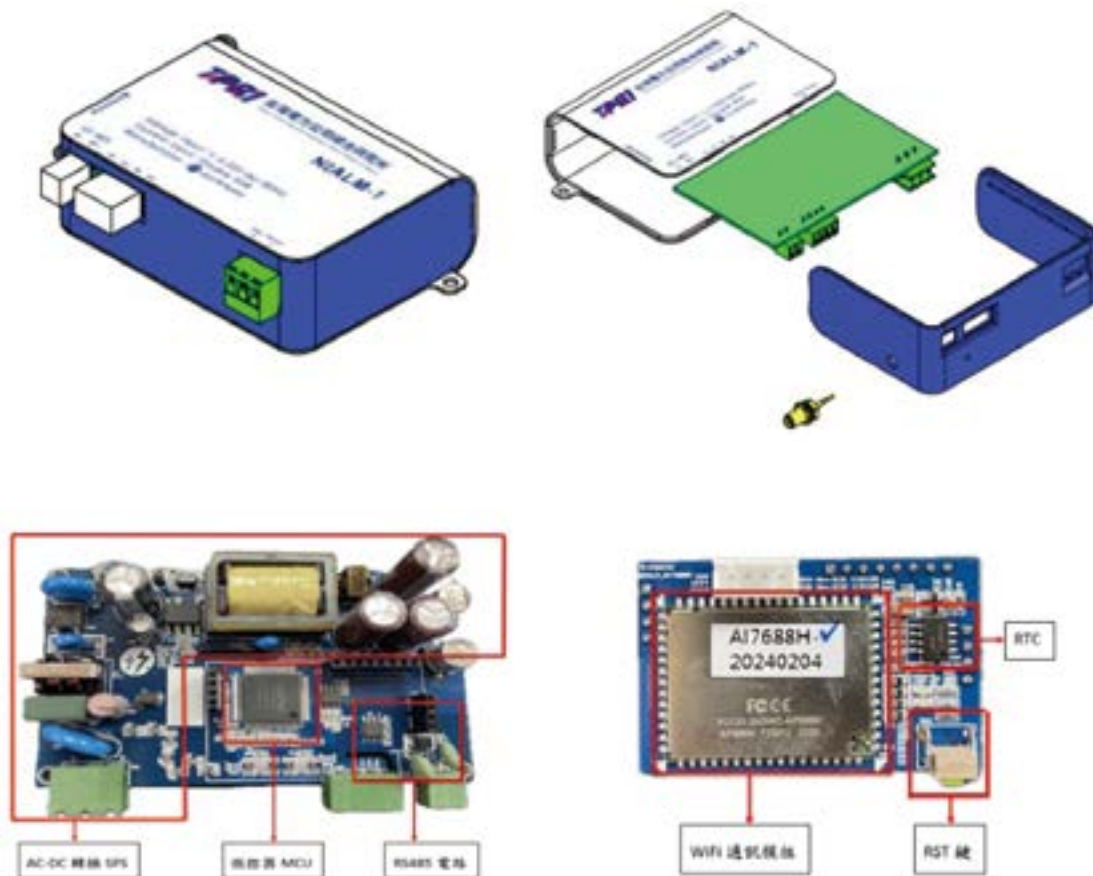
器，實現即時觸發錄波並轉換為特徵值之功能，同時進行電力值量測，參考圖 2。

3. 具 Android App 之介面呈現功能，App 介面可呈現家電之 NIALM 多標籤分類器模型之即時定性辨識結果，亦可呈現即時之總用電量及所辨識家電之累計用電量，參考圖 3。



資料來源：本研究繪製

圖 1 國際最新 NIALM 技術發展及應用之框架



資料來源：本研究整理

圖 2 傳感器原型產品機構設計與硬體電路



資料來源：本研究整理

圖 3 家電使用狀態之人機互動介面軟體開發

再生能源導入下系統失載機率與負載調整之研究

Loss of Load Probability and Load Modification under Increased Penetration of Renewable Energy Resources in Power Systems

Abstract

The increase in the penetration rate of renewable energy will completely change the load curve of the system according to foreign experience. That is, the duck curve will gradually form. To respond to the impact of the duck curve on the company in advance, we should explore the supply and demand data of the company's electricity consumption as soon as possible. Through data analysis, we can further understand the possible adjustment of future electricity prices and analyze users' likely electricity transfer behavior through simulation so that Taipower company can develop managing strategies.

Because of the fairness and efficiency principle of the electricity rate design, follow-up research will focus on reasonably

evaluating the loss of load probability or the generation capacity value allocation at different hours. Most value evaluation processes of generation capacity allocation in foreign countries use statistical trend analysis and Monte Carlo simulation. With the deployment of renewable energy in Taiwan, a certain degree of accumulated data can be used for subsequent statistical analysis.

This research is to build a simulation model for the impact of electricity price adjustments through the integrated supply and demand data of the big data platform, through the latest big data analysis methods, and a simulator with adjustable parameters in order to reduce the subsequent work in electricity rate design.

1 研究背景、目的、方法：

研究背景：再生能源瞬時供電量不斷創下新高，結合我國未來的能源政策目標，再生能源對於我國電力供應愈形重要，也導致我國電力系統淨負載（扣除太陽光電與風力發電之負載）型態已經與傳統負載有明顯之差異。但在目前電價設計過程中，尚欠缺對於再生能源導入後的淨負載模擬情形與每小時備轉容量的可能結果。

研究目的：透過目前已累積的相關數據進行分析，建立淨負載評估模型，進而結合最新電價設計理論中重要的成本分攤模式，評估未來電價設計調整方向。

研究方法：研析國內外因應再生能源導入後，對電價設計與需量反應設計產生影響之文獻。並結合近年發展之預測方法與電價設計理論，建構發電端容量價值分配模型。

2 成果及其應用：

了解國內外因應再生能源導入之電價設計作法轉變及電價成本分攤方法，如圖 1 所示，並整理電價設計中關鍵變數與其意涵。從發電端角度研析電價設計受到再生能源導入後對系統負載之影響（淨負載變化）的關鍵數據與評估方法。

在帶入未來發電結構與不同再生能源的建置容量下，模擬未來小時別之容量價值。投入的相關控制變量如本公司既有電力相關數據、

氣候相關資料、政府能源政策等，結合近年發展的統計預測方法（如機器學習），建構發電端容量價值分配模型，資料流程如圖 2 所示。內部基礎數據包括系統各機組發電資料（每小時發電資料）、AMI 資料、NBS 資料、電價日歷表、太陽光電裝置容量、風力發電裝置容量等。外部基礎數據包括社會經濟資料（GDP、產業經濟指數及人口年齡等）、氣候資料（氣溫、降雨量

與風速風向)。以視覺化之方式呈現小時別的容量價值結果，如圖 3 所示之失載機率期望值 (Loss Of Load Expectation, LOLE)，以及此容量價值下之電價模擬結果。

由以上結果模擬本公司可能產生之電價調整，並研析不同電價導入後，不同用

戶類型可能產生的用電行為改變，以及用戶用電調整後對於整體系統負載可能之影響與變化。透過用戶的用電行為推估，產出最後可能的全年系統用電典型日的小時負載變化，期減輕相關單位後續在電價設計時之負擔，亦可同時觀察用戶改變用電行為可能帶來的影響。



資料來源：本研究整理

圖 1 電價成本分攤示意圖



資料來源：本研究整理

圖 2 本研究之資料流程



資料來源：本研究繪製

圖 3 本研究失載機率期望值 (LOLE) 之視覺化圖表

研究人員：負載管理研究室：陳玉芬、賴宜均

太陽光電結合儲能計量及再生能源電表數據應用擴充之研究

Research on Expansion Study of Solar Power Combined with PV Energy Storage and Application Regrading Renewable Energy Meter Data

Abstract

The Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs (MOEA), in order to encourage solar photovoltaic (PV) operators to install storage systems in combination to provide part of the renewable energy for nighttime electricity demand and to strengthen the overall grid stability, have officially announced on June 28, 2022, the "Operation Guidelines for Bidding and Capacity Allocation of Storage Systems in Combination with Solar Photovoltaic Power Generation Equipment in the Republic of China for the Year 2022".

The solar PV energy storage billing requires flexible dispatching with the dispatching office, and the 15-minute load

profile is used to calculate the storage system charging and discharging power and solar power generation, and different rates are applied to the flexible charging and discharging time. In the future, in response to the growth of renewable energy, to promote the policy of photovoltaic storage to increase the flexibility and scalability of the system operation, it is necessary to have the relevant photovoltaic storage performance analysis, and to conduct in-depth studies and research, so that Taipower can cooperate with the policy implementation and review the appropriateness of the adjustment contract and various regulations.

1 研究背景、目的、方法：

研究背景：

經濟部能源局為鼓勵太陽光電業者結合設置儲能系統（下稱光儲），以將部分再生能源電能提供夜間用電需求，強化整體電網穩定性，爰於 111 年 6 月 28 日正式公告「儲能系統結合太陽光電發電設備中華民國一百一十一年度競標及容量分配作業要點」，目前已分別於 111 年 11 月及 112 年 1 月公告前兩批競標得標業者，後續亦將持續辦理競標及容量分配。

光儲計費因須配合調度處彈性調度，須以每 15 分鐘電量資料 (LoadProfile) 計算儲能系統充放電量及太陽光電發電量，彈性充放電時間適用不同費率，且配合光儲業者同時辦理轉供，需於同一案場裝設多組電表計量，計費樣態複雜。故在既有再生能源購電中介系統 (TaiPower Renewable Intermediary System, TPRE) 功

能基礎上，為因應時間電價時間帶調整、光儲計量計費、共同升壓站多階層電表併聯樣態、離岸風力雙迴路電表等業務，進行 TPRE 系統功能的擴充修訂，並利用光儲案場 AMI 電表資訊大數據，分析再生能源發電機組與儲能電池充放電樣態，因應我國再生能源快速發展提出可行之大數據應用方式，作為未來能源開發及需量反應業務方向參考。

研究目的與方法：

在既有再生能源購電中介系統 (TaiPower Renewable Intermediary System, TPRE) 多機組電表計費功能基礎上新增光儲計費度數計量功能，以利本公司依據光儲相關法規及政策履行與光儲業者簽訂之購電合約，並擴充中介系統電表電量數據統計應用分析功能，以提供主管機關及本公司評估儲能系統對電網溢注及反應速度等相關資訊，俾未

來制定光儲發展策略參考。

1. 依據本公司「太陽光電發電設備結合儲能系統電能購售契約」所訂計費規則，新增光儲計費度數計量及光電表儲能電表之關聯功能。
2. 研究近年國外再生能源發電設備結合儲能系統之相關政策及發展趨勢，包括各國再生能源結合儲能之充放電費率設計

與商業模式、參與輔助服務市場與需量反應之實務作法及成效。

3. 利用光儲案場 AMI 電表資訊大數據，分析再生能源發電機組與儲能電池充放電樣態，並因應我國再生能源快速發展造成夜尖峰用電問題，提出系統功能面可行之大數據應用方式。

2 成果及其應用：

本研究案透過現行作業、業務規定及相關系統解析、相關文獻資料蒐集及討論，再經過業務單位的需求訪談和需求彙整分析，確認再生能源購電中介系統 (TPRE) 相關光儲子系統應提供之服務架構。依據公司相關系統介接需求訂定完善的介接規格與作業流程，針對光儲業者

進行相關電表維護、電表與機組關聯之管理，於抄表週期針對光儲案場進行計費度數計量。服務功能分為購電管理 (一般) 服務、購電管理 (儲能) 服務、介接管理及服務、AMI 應用分析、系統管理服務等五大功能模組 (如圖 1)。



資料來源：本研究整理

圖 1 TPRE 系統功能架構

研究人員：負載管理研究室：賈方霈、張文奇

再生能源電源高占比時段之負載提升需量反應機制研究

Research on the Excess Supply Demand Response Mechanism for High Renewable Penetration Abstract

Abstract

Taiwan's renewable energy installation capacity in Taiwan has increased rapidly in recent years, with a high penetration of renewable energy. The net load curve derived from the situation changes significantly, and the so-called "duck curve" pattern has emerged. Taiwan's renewable energy penetration rate has exceeded 20% many times during the occasions of winter when the power system is lightly loaded, as well as summer while peak loaded. It was updated to exceed 50% on February 11, 2024. This shows that the operation of the power system is necessary to take into account the power generation condition of renewable energy. Generally, traditional power system dispatching strategy mainly is to operating generators to meet the demand.

However, in a power system dispatching strategy driven by renewable energy, power consumption should follow power generation. Hence, Taiwan has officially rearrange the electricity price time zone in 2023 to respond to the high penetration of renewable energy through a demand-side management mechanism.

Demand response is one of the demand side management tools, and its methods include: "peak load curtailment", "increasing off-peak load", and "load shifting". The mechanism of utilizing "increasing off-peak load" type demand response to increase system net load becomes a critical issue for dispatching strategy that should be actively studied while renewable penetration rate is high.

1 研究背景、目的、方法：

研究背景：我國再生能源裝置容量近年來快速增加，再生能源高占比之情形衍生之淨負載曲線變化明顯，所謂之「鴨子曲線」型態已然出現。我國再生能源滲透率於電力系統輕載之冬季，以及系統尖峰之夏季期間，均已多次超越 2024 年 2 月 11 日更達已經超過 50%，由此可見，電力系統之運轉操作已經必須顧及再生能源之發電情形。於以傳統發電機為主之電力系統調度策略中，發電量均以滿足用電量需求為目標；然而，當在以再生能源為主之電力系統調度策略中，反而應以用電量來追隨發電量。

研究目的：國內過往均以「抑低尖峰負載」方式，推動各項需量反應方案，甚且目前調度單位於因應尖

峰負載型態改變之資源運用規劃中，對於需量反應仍以抑低淨負載尖峰為策略。在以再生能源為主之電力系統調度策略中，為減緩電力系統淨負載陡升幅度，藉由「提高離峰負載」模式拉抬再生能源高占比時段之電力系統淨負載量之機制，應為我國需量反應方案應積極研究評估之議題。

研究方法：本研究藉由蒐集國外執行負載提升需量反應之方案、機制案例，彙整研析其規則參數及回饋誘因設計之機制，完成一適用於我國負載提升類型需量反應方案之研擬，並透過用戶拜訪分析評估具有負載提升類型需量反應執行潛力之產業用戶特性，招募用戶執行負載提升類型需量反應方案試驗，並根

據試驗結果進行效益分析，以提出適用我國之負載提升類型需量反應方案之運作模式及方案內容建議。並研析與規劃符合我

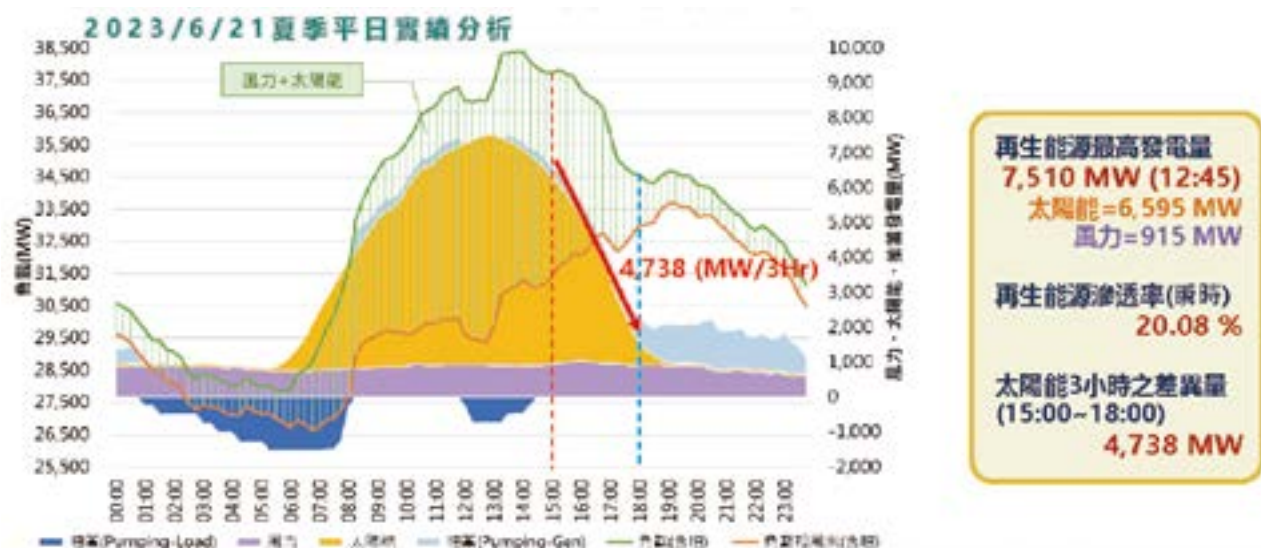
國電力系統運作所需「以電力交易平台為基礎之需量反應提供電力不平衡服務」方案。

2 成果及其應用：

1. 本研究完成蒐集美國 PG&E、美國夏威夷電力公司、日本東京電力、日本東北電力、日本九州電力、日本中部電力、日本 Loop 電力、日本東京瓦斯以及英國，共 9 個電業之向上 DR 方案，並完成一負載提升類型需量反應試驗方案之研擬。
2. 本研究訪談了 44 家用戶，了解其製程設備於再生能源高占比時段執行向上 DR 的可行性。試驗方案部分，現階段已招募 6 位用戶，包含 5 種產業（動物飼品製造業、化學製品製造業、用水製造業、塑膠製品製造業和充電樁業者），

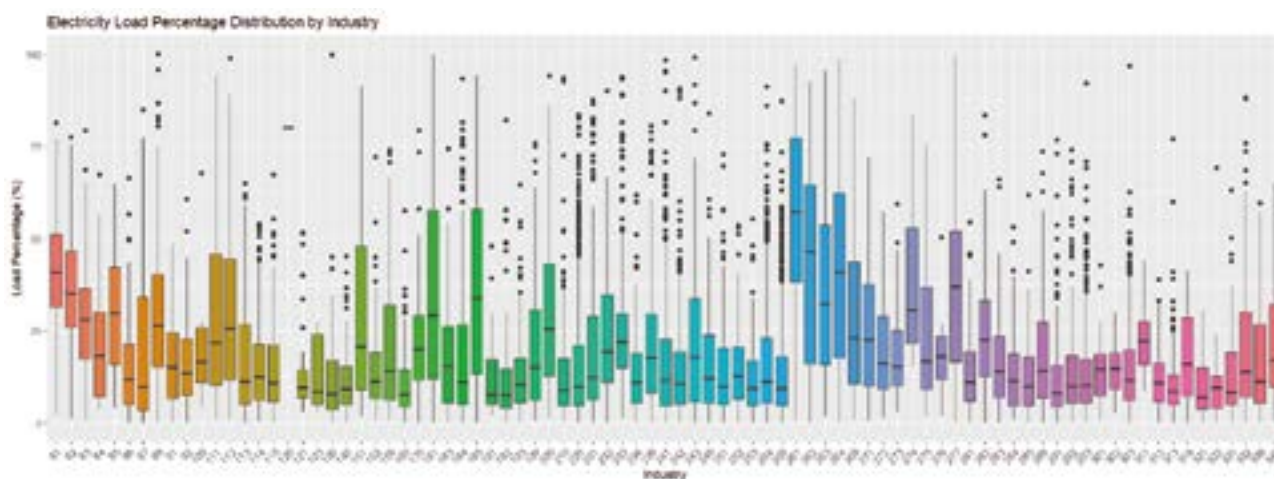
共計 40 電號參加試驗，總參與量為 2,610 kW。

3. 本研究已於 12 月 22 日、12 月 29 日進行調度試驗。在一般製造業，用水製造業成效較佳，執行率可達九成，與過往同時段負載相比約增加 20% 用電量，而充電樁若只評估執行實績大於零之場域，與過往同時段負載相比約增加 60% 用電量。本調度試驗將持續進行至春節過後，並依據試驗結果進行分析，完成一負載提升類型需量反應正式方案之研擬。



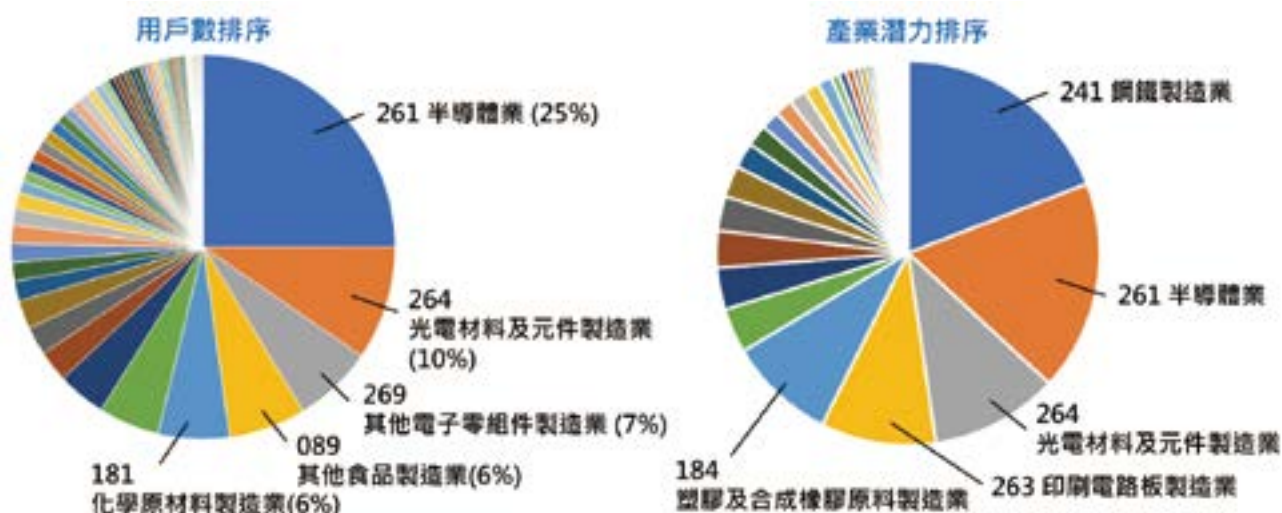
資料來源：本研究整理

圖 1 再生能源高滲透



資料來源：本研究整理

圖 2 製造業 AMI 負載評估



資料來源：本研究整理

圖 3 春節期間用電產業評估

探討 ROCOF 電驛功能於金門 SPS 與低頻卸載機制之研究

A Study on the Function of ROCOF Relay in Kinmen's SPS and Underfrequency Load Shedding Mechanis

Abstract

The value of rate of change of frequency in the power system can assess the severity of disturbances, inertia estimation, load shedding, islanding operation, etc. For load shedding, taking action before nadir of frequency can strengthen the overall shedding mechanism. Kinmen power system couldn't meet the N-1 criterion for no load shedding for generating units before, prompting the installation of a special protection system for fast action before frequency nadir, still in use. However, the current bus structure and generation scheduling operation differ from the original conditions; thus, the special protection

system is a transitional measure. After improvements in operation constraints, it should return to normal mechanisms. Analyzing generator cascading tripping events in this study, comparing different load shedding mechanisms like special protection systems, rocof relays, and ufls relays, rocof relays can enhance existing mechanisms. Base on current Kinmen's power system structure, less rapid discharge, and generation operation scheduling, the most critical scenario involves N-2 events. Properly reducing under frequency trip settings for solar power inverters can address inverters tripping.

1 研究背景、目的、方法：

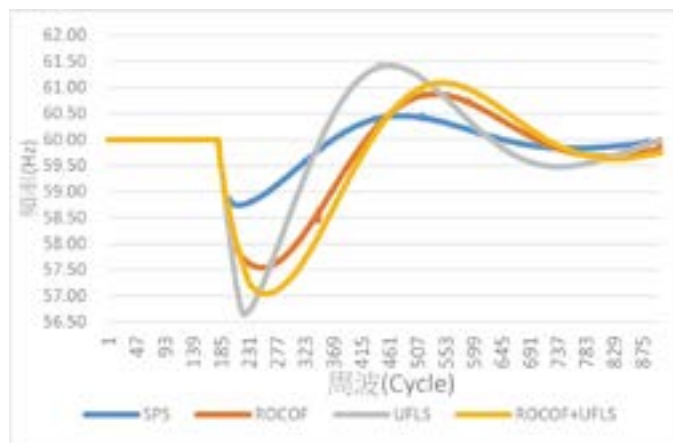
金門特殊保護系統建置至今已超過 10 年，目前塔山電廠調度人員仍會使用該套系統，進行機組即時啟停機之操作考量，但相關附屬設備眾多，需定期更換，且邏輯判斷是另以程式編譯完成，可靠度不若保護電驛高。特殊保護系統確實是可在低頻電驛前動作，防止事件擴大，但該系統實屬過渡時期設備，目前金門電力系統架構，運轉情境

已與當時建立特殊保護系統之情境不同，因此，以快速卸載目的而言，具備頻率變化率功能之電驛，同樣可以在低頻電驛前動作。關於特殊保護系統、低頻卸載電驛以及頻率變化率電驛，在不同負載情況下，發生連續跳機事件時，了解不同機制卸載及頻率回復情況，並探討是否必須持續使用特殊保護系統。

2 成果及其應用：

金門電力系統發電架構，屬運轉 6 部機以下時發生 N-2 事件最為嚴重，若在低頻電驛動作前，利用特殊保護系統或頻率變化率電驛加強卸載機制，是可以避免頻率低於 57Hz 引發太陽光電跳脫。然而特殊保護系統建置的目的是針對無法符合運轉準則時之過渡期設備；頻

率變化率電驛則主要是針對供需失衡事件，低頻電驛來不及動作的保護機制。金門電力系統來說發生機組 N-2 事件，以低頻卸載電驛尚足以因應，雖頻率會低於 57.0Hz，但可以調降太陽光電低頻跳脫設定，以避免太陽光電跳脫。



資料來源：本研究彙整

圖 1 運轉 4 部機 N-2 事件



資料來源：本研究彙整

圖 2 運轉 5 部機 N-2 事件



資料來源：本研究彙整

圖 3 運轉 6 部機 N-2 事件

研究人員：電力研究室：王永富、吳承翰、廖清榮

高再生能源占比系統之電力潮流分析及故障電流計算方式研究

Research on Power Flow and Fault Current Calculation Method for Power System with High Penetration of Renewable Energy

Abstract

Unlike traditional synchronous generators, IBRs exhibit unique power characteristics within the grid. Additionally, the deployment of renewable energy system and energy storage system follows a distributed generation architecture, contrasting with the traditional centralized generation model. These significant differences in generation unit characteristics and architecture pose considerable challenge the planning scheme for future power grids. As the number of renewable energy generation units increases annually, it is essential to pursue clean energy while maintaining the stability and quality of the overall power system. This necessitates further in-depth discussion and simulation of reasonable output scenarios for renewable energy and the short-circuit current characteristics of IBRs to ensure the power system can withstand these changes.

This report aims to analyze the power flow and fault current issues that need to be considered in future power system

planning as Taiwan's power grid transitions in line with the energy trend. Power flow simulation results indicate that, under scenarios with an increased proportion of regional renewable energy in Taiwan's power grid, there are no issues of overload, overvoltage, or undervoltage during normal operation. During short-circuit current simulations, the research team observed that some unit parameters in the grid model required correction. Analysis confirmed that, after parameter correction, the simulated short-circuit current results showed a significant decrease.

Based on these findings, the research team recommends that future grid planning and analysis consider more practical grid expansion scenarios and better incorporate various influencing factors. For grid model unit parameter modeling, it is also suggested to use actual data, and renewable energy sites can be included in the model through equivalent aggregation models to achieve simulation analysis results that are closer to actual scenarios.

1 研究背景、目的、方法：

與傳統同步發電機組相比，IBR 在電網中的電力特性獨特，而再生能源系統與儲能系統部署位置採用分散式發電架構，也與傳統集中式的發電架構不同。不論是發電機組特性亦或是發電架構，這些極大的差異將會對於未來電網的規劃與運行帶來相當嚴峻的考驗，因應再生能源發電機組建設數量逐年攀

升，為追求潔淨能源的同時仍能穩定整體電力系統供電的情形與電力品質，再生能源的合理出力情境分析與 IBR 的短路電流特性研究需再進行更深入的探討與模擬，以確保電力系統能承受這些改變。

本報告旨在分析臺灣電網隨著能源轉型趨勢下，未來電力系統規劃時所需考慮的電力潮流與故障電

流問題。針對電力潮流模擬結果，可以觀察到台灣電網在區域再生能源占比提升的情境下，正常運行狀態不會出現過載、電壓過高或過低的問題；進行短路電流模擬時，研究團隊觀察到電網模型中部分機組參數需要修正，並透過分析證實經過參數修正後，電網模擬短路電流結果有顯著的下降。

基於研究結果，研究團隊建議未來於電網的規劃與分析下，能考量更實際的電網擴充規劃情境，將各影響因素更好的納入考量。而電網模型機組參數建模方面，也建議採用實際數據建入，再生能源案場也可以透過等效聚合模型加入模型中，以獲得更貼近實際情境的模擬分析結果。

2 成果及其應用：

1. 故障電流納入機組調度情境

目前系規調度單位分析故障電流以全發電機組全開 (In service) 滿載運行，電網發電不與負載匹配，若使用此種計算方式，因為無視電網上的負載情況，所有發電機組接設定為運行狀態，模擬獲得之短路電流為最保守狀態，若單純根據此結果會導致設備過度投資。部分電網公司仍會考慮這種方法，例如中東地區的電網公司。各再生能源發展較完善國家包含美國、英國、澳洲、德國等國家皆根據實際峰值負載條件與發電調度原則分析故障電流，在這種情境假設下，短路電流數值會較低。分析情境主要由電網擴充規畫 (Grid expansion planning, GEP) 分析而得。在沒有 GEP 分析的情況下，研究團隊建議短期可以使用以下步驟作為替代規劃方

案：

- (1) 選擇目標季節於特定時間下的電網負載
- (2) 考量極端發電情形
- (3) 設定各特定時段下調度規劃
- (4) 僅考慮機組運行與否，不考慮出力情形與負載平衡
- (5) 執行發電機組匯流排的短路電流模擬

2. 調整再生能源機組建模

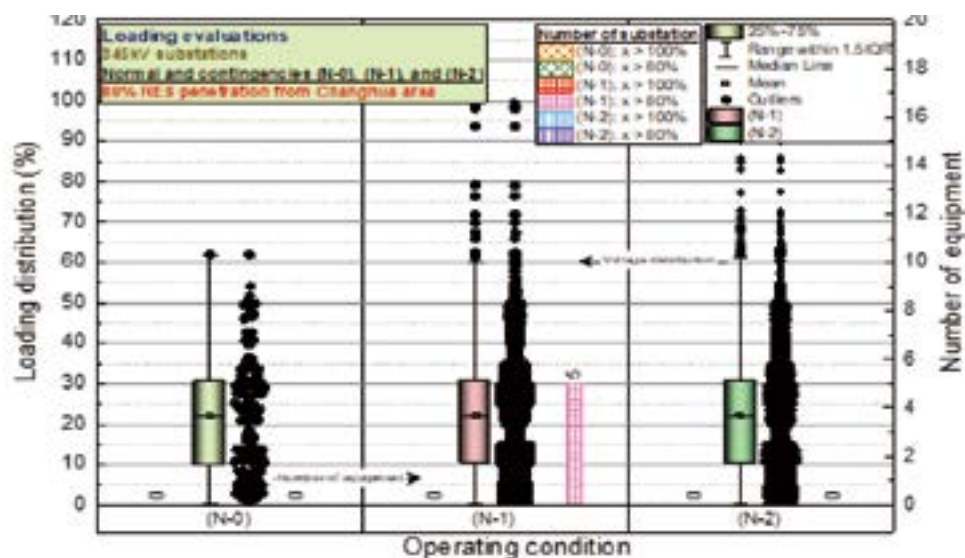
過去系規處審查再生能源併聯時，再生能源短路電流貢獻計算方式是以額定電流的 $\sqrt{2}$ 倍，亦將 PSS/E 再生能源發電機阻抗建模設為 0.707，日立永續能源研究團隊建議重新探討台灣電網中再生能源案場使用的模型等效聚合方法，並獲得實際參數設定。短期之下，再生能源機組阻抗建議先設為 1 p.u.。

針對發電機組參數，建議重新探討台灣使用的模型等效聚合方法，變壓器及電纜參數則需參照不同案場及製造商之資料修正。若近期內需修改模型參數，可以將變壓器阻抗設定於 12~16%，電阻值則是由 X/R 推算，比值為 20~40 倍。電纜應用於不同電壓等級、截面積、種類都會有不同參數，仍應參照製造商提供資料。發電機組電抗與電阻值參照次暫態值之比例變化設定，切勿設為零，避免計算短路電流值過小。

3. 導入限流設備

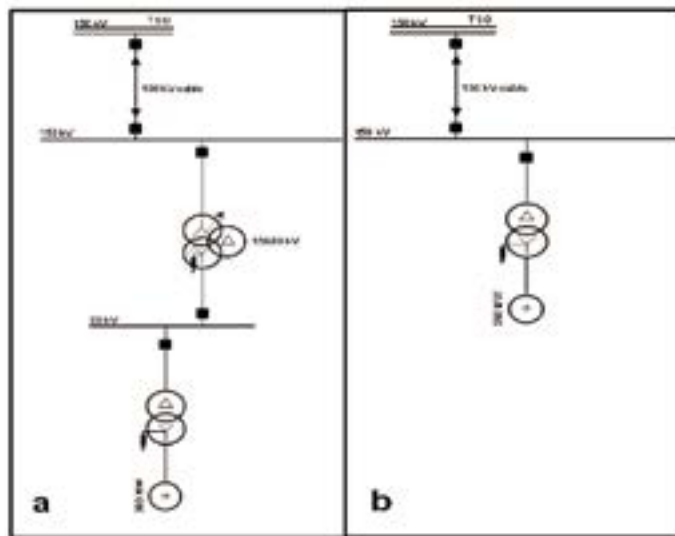
若真的面臨短路電流貢獻值過多，欲減少電網中短路電流時，可以考量的解決方案包括：電網重新配置、分散連接案場之變電站、將電網依據發電及負載重新劃分，也可以調整機組調度情形、排程狀況紓解極端情境下之短路電流。也可以於變

電站中安裝限流電抗器以抑制短路電流或控制線路間的負載平衡，由於限流電抗器機組會直接與輸電線連接，又叫做串聯電抗器。限流電抗器 (Limiting Current Reactor, LCR) 可安裝在匯流排之間、饋線端或發電機引線中，以限制故障情況下的短路電流。基於電抗的特性，在交流電路中對高電流產生高阻抗，特別是在故障發生時短路電流會瞬間升高，限流電抗器即可改變系統阻抗上升，限制電流的上升幅度。限流電抗器可以連接在變壓器和發電機的中性點之間以限制接地電流，有時也用於平衡並聯電路之間的負載分配。然而，電抗器本身會產生壓降，因此在正常運行時可能會導致系統的電壓損耗增加，安裝完成後也需要額外的設備和維護成本，尤其是大型電力系統需更加注意。



資料來源：本研究整理

圖 1 嘉民與彰化地區線路 N-0、N-1 與 N-2 載流量分析



資料來源：本研究整理

圖 2 風場等效建模差異對比

發電機組針對電壓驟降忍受度之研究

Research on the Tolerance of Generator Sets against Voltage Sag

Abstract

In recent years, Taiwan has experienced serious power outage incidents. Three-phase short-circuit grounding accidents are prone to causing a sudden drop in voltage in neighboring systems that leading to the tripping of nearby large generators and disconnection from the grid. The system lost its power supply capability that causing frequency decline and triggering the automatic protection mechanism of the grid (underfrequency load shedding), resulting in power outages for some users. This article will investigate the tolerance of generators to voltage drops, and propose relevant improvement suggestions to enhance the resilience of generators to grid accidents, ensuring system power supply stability.

This article collects relevant regulations on system voltage, discussing topics including the continuous operation capability

of units under low(high) voltage and the range of system voltage. Next, reviewing relevant accident cases of generator tripping caused by voltage drops to understand the reasons for accidents encountered by the grid system. Following this, based on the current regulations of Taipower, Voltage Ride-Through curves are established to test whether all generator units can maintain stable operation. In order to understand the impact of accidents on power plant units, this article simulates three-phase grounding accidents occurring at all 345 kV bus in the Taipower system with a fault clearance after 6 cycles (without considering line tripping) and observes the response of the power plant units. Finally, the simulation analysis is summarized, and improvement suggestions are provided.

1 研究背景、目的、方法：

本文首先蒐集國內外對於電網系統電壓之相關法規，並與我國法規做差異上的探討，主要討論的項目包括機組高低電壓持續運轉能力與系統電壓持續運轉範圍。接著彙整電壓驟降造成發電機組跳脫之相關事故案例，瞭解其電網系統所遭遇事故原因。再來以台電電網系統為對象進行模擬分析，首先本文彙整台電系統中現有（未來）發電機組 PSS®E 模擬參數，並依台電現行規範建立電壓穿越曲線，為執行

最嚴苛情境，本研究於所有發電機組出口端使用前述建立之曲線控制電壓，測試發電機組是否能穩定維持運轉；為瞭解事故對各大電廠機組造成低電壓之影響，本研究模擬台電系統各 345 kV 匯流排發生三相接地事故，並依台電《輸電系統規劃準則》規定：345 kV 匯流排發生三相短路故障後之 6 週波清除（不考慮線路跳脫），觀察各大電廠機組的響應狀況。最後總結模擬分析，並提供改善建議。

2 成果及其應用：

1. 發電機高低電壓穿越模擬分析

為了瞭解台電系統發電機高低電壓穿越特性，以既有發電機組（含再生能源）參數，分別就台電火力、水力機組與再生能源在 PSS®E 採

用的發電機模型、激磁機模型、調速機模型與穩定器模型進行模擬分析。以最嚴峻的情境模擬方式，直接假設在發電機出口端發生電壓驟升（降）事故，分析台電各機組在

高低電壓下的響應情況，模擬單線圖如圖 12，在模擬分析中會在發電機出口端使用電壓控制模型，使匯流排電壓能夠依照設定曲線變化，首先以台電《輸電系統規劃準則》第五條來看：系統正常運轉時電壓應保持在 0.95 p.u. 至 1.03 p.u. 之間；發生事故後，系統穩態電壓變動範圍應維持在 0.9 p.u. 至 1.05 p.u. 之間。依台電《輸電系統規劃準則》第十七條第四項規定：161 kV 系統暫態穩定度考慮一回線發生三相短路故障，非故障端以 7 週波清除，故障端之臨界清除時間為 12 週波以上，並結合《再生能源併聯技術要點》第七點第四項中規定高低電壓持續運轉能力，系統在緊急（事故）情況下，電壓持續運轉範圍為 0.9~1.1 p.u.，結合上述規範，本研究設計出一高低電壓穿越情境，電壓曲線如圖 13。在發電機端則使用台電既有發電機模型參數（不含再生能源），以 PSS®E 執行動態分析，因電壓等級不影響機組表現，故本節模擬發電機出口端高壓側電壓皆為 345 kV。從分析結果可以看到，台電系統發電機在此高低電壓情境下皆不跳脫，即大部分機組均能在系統電壓在 0.95 p.u. 至 1.03 p.u. 之間運轉時，電壓驟降至 0 p.u. 並持續 0.2 秒（12 週波）或電壓驟升至 1.2 p.u. 並持續 0.25 秒（15 週波），並在發生事故後，系統穩態電壓

維持在 0.9 p.u. 至 1.05 p.u. 之間；但少部分機組會在高低壓穿越後有震盪出力的擾動。

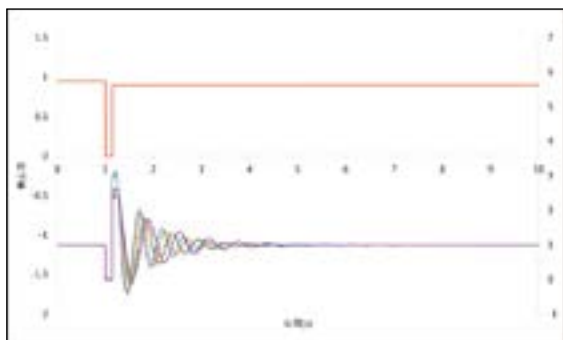
2. 台電電網事故情境模擬

(1) 345 kV 匯流排接地事故情境分析

使用台電系統規劃處提供之 112~114 年 PSS®E 尖離峰模擬檔案，並假設在各 345 kV 匯流排發生三相接地故障，並在 6 週內清除故障，觀察各大電廠機組的電壓變化與機組出力，各發電機出口端最低電壓如表 3、4（表格範例以 112 年呈現），機組出口端電壓變化與出力變化如圖 16 與 17（圖範例以其中一情境呈現）。由分析結果得出離峰時龍潭北 E 發生三相接地故障並持續 6 週波時，部分模擬情境因 PSS®E 暫態模擬無法收斂故無結果。

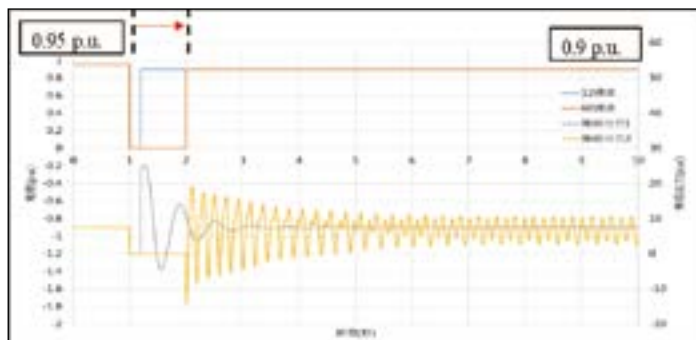
(2) 機組 N-1 跳脫對鄰近電廠電壓之影響

使用 112~114 年台電 PSS®E 尖離峰模擬檔案分析興達一部機組跳脫後，台電系統其他電廠機組之響應情況，機組跳脫量為 525 MW，觀察各大電廠機組的最低電壓，各發電機出口端最低電壓如表 5，從分析結果可以看出，不論尖離峰，在興達一部機組跳脫後，鄰近電廠最低電壓皆不低於 0.9 p.u.，符合台電《輸電系統規劃準則》第五條：發生事故後，系統穩態電壓變動範圍應維持在 0.9 p.u. 至 1.05 p.u. 之間。



資料來源：本研究整理

圖 1 各機組低電壓穿越實功出力情況



資料來源：本研究整理

圖 2 台電機組低電壓忍受能力測試

研究人員：電力研究室：曾彬鴻、王永富、廖清榮

儲能系統對配電饋線最大可併網容量之衝擊分析

Analysis of the Impact of Energy Storage Systems on the Maximum Hosting Capacity of Distribution Feeder

Abstract

The Taiwan Power Company's Dispatch Center plans to achieve an accumulated energy storage system capacity of 1GW by 2025. By integrating a large number of energy storage systems into the power grid, the goal is to provide rapid charge and discharge capabilities for frequency regulation auxiliary services and peak shaving, thereby maintaining system safety and stability. Given that a high proportion of current energy storage systems are connected to the distribution network, it is necessary to address the impact of large-scale energy storage integration on distribution feeders to ensure stable operation. This article analyzes appropriate strategies for integrating energy storage into

the grid, referencing the Dispatch Center's automatic frequency control auxiliary service charge and discharge curves and operational conditions. A power estimation model for energy storage system charge and discharge is established. The analysis evaluates the maximum grid-connected capacity of each feeder without violating voltage magnitude limits, current limits, reverse power flow limits, total line loss limits, and total voltage deviation limits, thereby assessing the impact of energy storage systems on distribution feeders. This outcome can serve as a reference example for district business offices in evaluating the grid-connected capacity of energy storage charge and discharge systems.

1 研究背景、目的、方法：

台電公司調度處計劃在 114 年達到 1GW 的儲能系統容量目標。透過大量儲能併聯電力系統，提供快速充放電能力以進行調頻輔助服務及削峰填谷，維持系統安全穩定。由於目前設置之儲能系統多併聯於配電系統上，需考量其對配電饋線的影響，方可確保配電系統穩定運轉。本文研析適當的儲能併網策略，並參照調度處自動頻率控制輔助服

務的充放電曲線及運轉現況，建立儲能系統充放電功率推估模型。分析在不違反電壓幅度、電流、反向功率流、總線損及總電壓偏差等限制下，計算饋線的最大可併網容量，可用此結果評估儲能系統對配電饋線的影響。此成果可作為區營業處評估儲能充放電併網容量的參考範例。

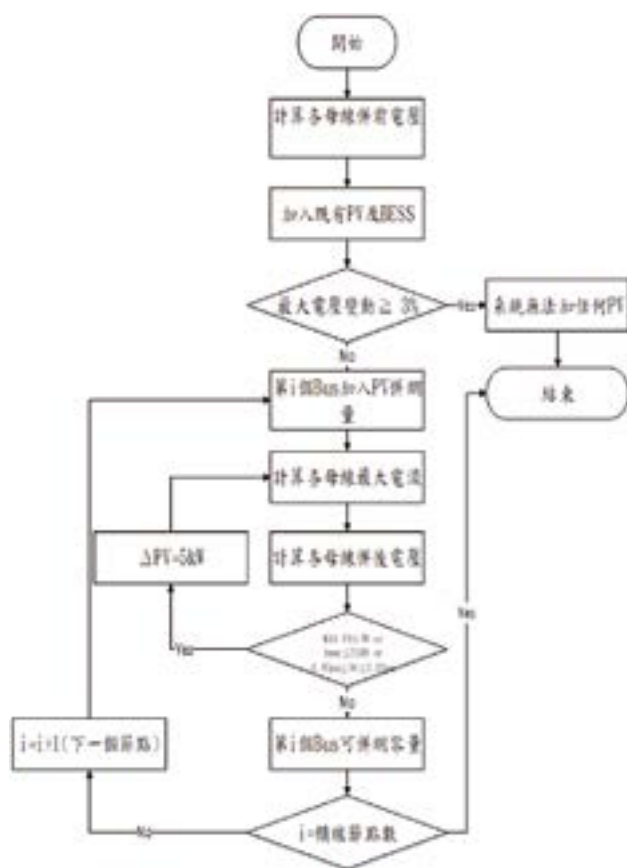
2 成果及其應用：

本案考慮 PV 併接於饋線沿線各匯流排在不影響系統運轉之高壓匯流排 HC，因此模擬分析時考慮再生能源發電系統併聯技術要點之電壓變動率與台電饋線正常運轉電流限制條件，計算每一匯流排最大併網容量。所提方法為利用 OpenDSS 建模執行潮流解析計算併網前各高低壓匯流排電壓，接著加入饋線既有 PV 後再執行潮流解

析計算併網後電壓，若電壓變動率已經超過 $\pm 3\%$ 則結束計算流程，顯示該饋線已無 PV 承载力；反之，從該饋線第一個匯流排開始計算匯流排最大併網量，加入 PV 併網量後求解匯流排電壓與線路電流，計算電壓變動率，並判斷各匯流排電壓是否介於 0.95~1.03 之間、超過 $\pm 3\%$ 電壓變動限制與饋線段最大運轉電流 250A 限制條件，若滿足

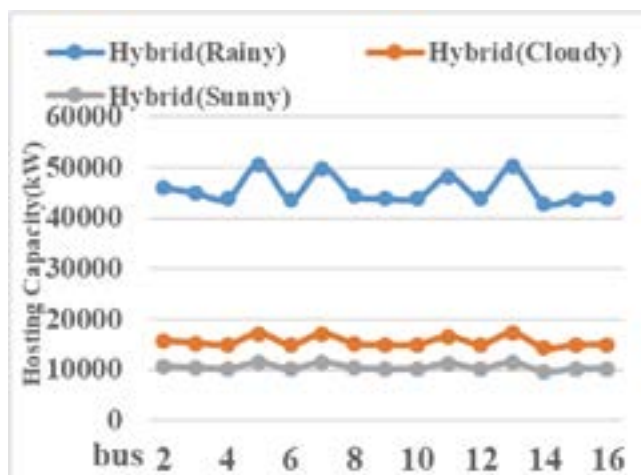
上述條件則遞增併網量 5 kW(可視需求調整)，重複上述動作直到超過任一限制條件，輸出該匯流排最大併網量；接著，繼

續執行上述流程計算下一個匯流排最大併網量，直到最後一個匯流排，其計算流程如圖 1 所示。結果如圖 2。



資料來源：本研究彙整

圖 1 各高壓匯流排最大併網量流程圖



資料來源：本研究彙整

圖 2 匯流排最大可併網量模擬結果

本案依據台電現有配電級饋線負載及再生能源容量，整合 **OpenDSS**、**Matlab**、**Python** 等計算軟體，探討台電案場饋，於系統在不違反電壓幅度限制，饋線的電流限制、反向功率流限制、總線損限制、總電壓偏差等因素下，各饋線之

最大可併網容量之分析與計算。並延伸至配電系統於不同情境時(如大量再生能源併網、尖離峰負載等)，評估儲能系統對配電饋線之影響，給予儲能併網於配電系統中最大可併網容量之分析建議。

研究人員：電力研究室：謝曉惠、黃千華、廖清榮

國立臺灣科技大學：莊智霖、連國隆

國立彰化師範大學：黃維澤

國立清華大學：朱家齊

運用廣域量測精進低頻卸載機制

Enhancing Low-Frequency Load Shedding Mechanism with Wide-Area Measurements

Abstract

Under-frequency load shedding relays are the last resort to prevent a system blackout. While they are easy to set up and maintain, but cannot accurately determine the amount of power lost or how much load to shed. We hope to use high-resolution synchronized measurements from wide-area systems to shed load quickly and accurately, addressing these limitations.

In theory, combining synchronize phasor data with communication can improve

the reliability of load shedding protection by issuing control commands based on calculations. However, practical tests are needed to confirm this in real-world conditions.

To learn how other utilities are using wide-area measurement for protection and control, we surveyed 10 utilities about their experiences with wide-area measurement systems and conducted in-depth interviews with two utilities that have more experience.

1 研究背景、目的、方法：

所謂的廣域量測，是將分布於各地同步相量資料，皆由通訊方式回傳至中央監控站，對數據進行記錄以便進行後續應用，因此廣域量測技術的開發與應用，是各國電業公司共同的趨勢與目標，無非是希望精確並快速地的監視系統狀態，可做為即時調度、事故分析、保護策略的規劃，並降低大規模停電的機率。

然而研究文獻收集過程當中，有相當多的廣域量測保護與應用的資料，但都僅限於實驗探討，至於是否已實際落地應用，則無法得知。因此本案先與台灣經濟研究院以及美國喬治梅森大學合作，針對國外電力公司進行訪談及問卷調查，蒐集目前各國電業在廣域量測技術使用情形及相關資訊，並針對有別於廣泛運用情形之特殊案例提出探討。

2 成果及其應用：

廣域量測應用至控制，主要是基於既有當地的電氣資訊無法達到整體控制的目標，因此需要遠端的即時量測資料進行相對應的控制，以提升系統整體的穩定。如本文所收集廣域量測應用於頻率控制案例（冰島及英國），皆因系統慣量低，當供需失衡時，藉由 WAMS 監測頻率及電壓相角，下達控制指令調整其他區域負載或可控資源，盡速地減緩區域間的頻率以及電壓相角偏離的情況；而應用於電壓控制案例（加拿大），則利用 WAMS 量測負載區域的電壓變化，並相應地調整

各地並聯補償器的操作設定點，有效地調節無效功率，進而避免極端意外情況導致的電壓崩潰。關於上述應用至控制案例，皆有利用即時電力系統模擬軟體，建置硬體閉迴路測試平台，觀察設備間的通訊情況、控制指令傳輸以及情境分析等。

廣域量測應用至保護部分，涉及保護信賴度 (Reliability)，即可靠度 (Dependability) 以及安全度 (Security)。該動作而不動作，不該動作而動作，都是屬於保護失靈。以低頻卸載電驛來說，皆裝設於各變電站或饋線，當該階段卸載設定

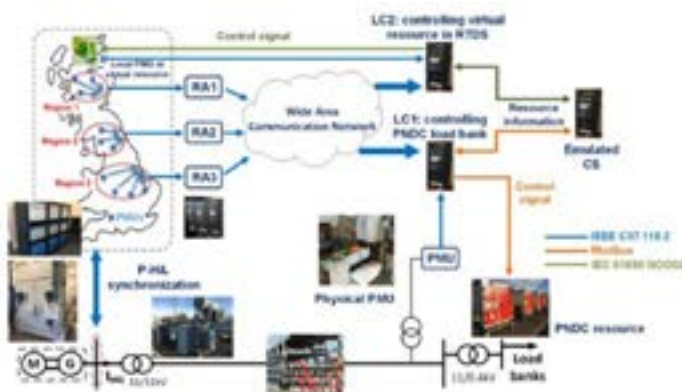
中若有變電站或饋線無法正確卸載，因仍有其他變電站或饋線可卸載，卸載總量並不會有太大影響；但以廣域量測應用於卸載而言，其主要關鍵為通訊網路，當通訊

異常或資料中斷時，即無法正常動作。低頻卸載是防止系統全黑的最後一道防線，因此低頻卸載機制應簡單以及可靠為主。



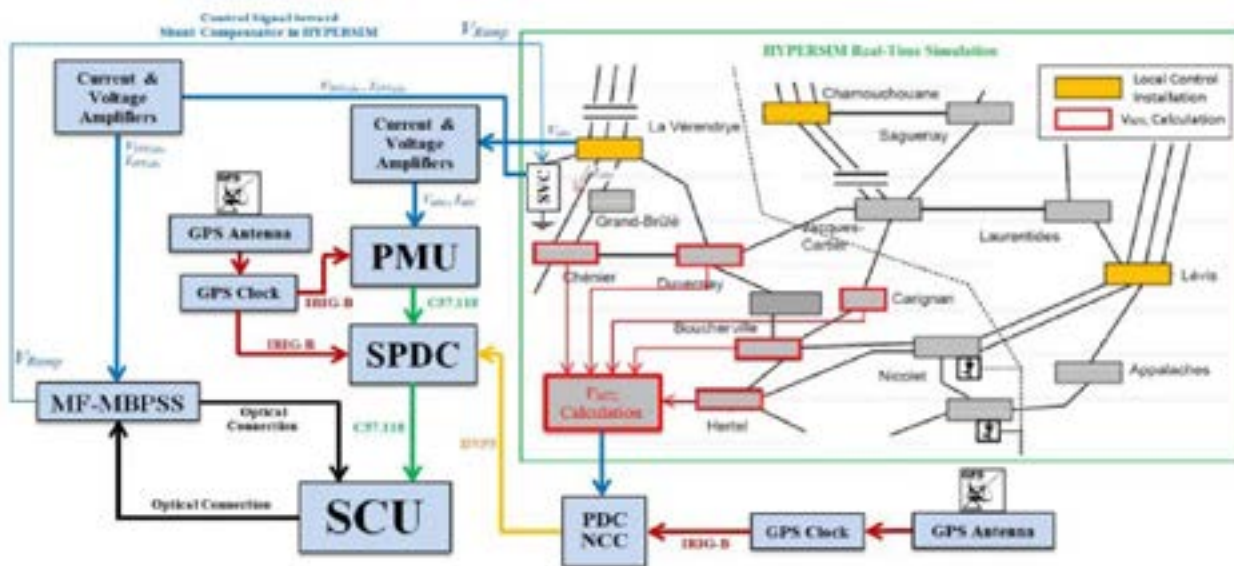
圖來源出處：D. WILSON., et al.(2018)

圖 1 冰島廣域量測控制系統架構圖



圖來源出處：Qiteng Hong., et al.(2020)

圖 2 加拿大廣域量測控制 EFCC 測試平台



圖來源出處：Esmail Ghahremani., et al.(2019)

圖 3 加拿大廣域量測控制 GLCC 測試平台

研究人員：電力研究室：王永富、吳承翰、廖清榮

應用網路分析技術於台電電力系統脆弱性之可行性研究

Feasibility Study of Applying Network Analysis Technology to TPC Power System Vulnerability Analysis

Abstract

The main objective of this research project is to integrate complex topology theory and AC power flow models to conduct an in-depth study on the vulnerability of Taiwan's power system, providing suggestions for improving the resilience for Taiwan Power Company (TPC). The tasks include collecting and analyzing foreign strategies and case studies, evaluating the applicability of existing quantitative indicators for power systems, proposing vulnerability indicators based on complex network analysis, applying these indicators to assess system vulnerability, and identifying potential critical components. A 3D single-line diagram of the power grid will be established to visually inspect the system. Subsequently, vulnerability indicators will be

used to evaluate Taipower's grid vulnerability and identify potential critical components. These critical components and vulnerability indicators will be displayed on a 3D single-line diagram. All research content refers to Taipower's transmission system planning standards.

In response to cascading failure scenarios, this study also proposes a cascading failure model that uses AC power flow calculations directly confirm the vulnerability and potential collapse conditions. Additionally, all software tools developed during this research will be provided along with computational processes for future reference in planning Taiwan's power grid.

1 研究背景、目的、方法：

近年來的 513、517 及 303 等大停電事件，讓人們對台灣電力系統的穩定性引起關注。天然災害（如風災、水災、雷擊）、人為攻擊或電能供需不平衡等大型事件，常常會引發短時間內不可控制的系統連鎖失效，這樣的情況會增加大範圍甚至全系統停電的風險。為降低未來系統遇到外在大型事件引發系統連鎖事故之停電風險，提供台電公司未來對電網及電源之規劃、施工、調度及運維作業參考，本研究計畫首先蒐集研析國外運用網路分析技術於電力系統脆弱性之案例與策略，評估於電力系統分析中可靠度、強健性、脆弱性或其他量化指標之適用性，並提出基於複雜網路分析

之脆弱性指標，以可評估現行電力系統架構下的脆弱性。針對提出的脆弱性指標，採用 IEEE 測試模型進行模擬驗證，並另建構 3D 電網單線圖，以更直觀的方式檢視系統脆弱性。針對連鎖崩潰情境另提出連鎖故障模型，使用 PowSyBl(開源軟體)進行編程，模擬現實世界中可能發生的連鎖故障事故，藉由重複調整發電機發電量，模擬出當事故發生時剩餘發電機組提高發電量來滿足供電需求的行為，最後利用脆弱度指標以及連鎖故障模型評估台電現有 345 kV 超高壓輸電系統及 161 kV 高壓輸電系統之潛在弱點，提出電源及電網之規劃及運轉改善方向。

2 成果及其應用：

本研究根據複雜網路分析提出脆弱度指標，並採用 IEEE 測試系統進行模擬驗證，模擬結果如圖 1 與圖 2，將所計算出的脆弱度及效能值正規化。其中，脆弱度值在 0.2

以上者，標示為紅色，在 0.2 與 0.1 之間者，標示為黃色，在 0.1 以下者，標示為綠色，值愈大者以較粗的線來表示。效能指標則相反，在 0.9 以上者標為綠色，0.8 至 0.9 之

間者，標示為黃色，0.8 以下者標示為紅色，效能值愈高者以較粗的線來表示。從圖 1 與圖 2 可以很直觀地找到系統較為脆弱的線路，若該線路發生事故容易造成對系統造成影響。

本研究連鎖故障主要使用 112 年尖載及 113 年輕載系統檔案進行模擬分析，根據本研究的分類方式，紅色與藍色的圓點分別代表經過升壓後電壓為 345 kV 與 161 kV 的發電廠；紅色線代表該輸電線拔除後會使系統產生連鎖故障進而導致總負載量下降的情況發生，有可能是因卸載而導致也有可能是因為線路或是匯流排故障而造成總負載量下降，在現實中可將其視為是發生分區限電或是停電事件；黃色線代表該輸電線拔除後會使系統產生連鎖

故障進而導致部分發電機失效，但沒有出現負載損失，這是因為若將剩餘發電機提高發電量後依然可以滿足所有負載的需求，且發電機增加發電量後未達滿載狀態，因此沒有觸發卸載策略；綠色線代表該輸電線拔除後對系統的發電機及負載影響相對較小，依然可以正常運作。在本研究之連鎖故障模型測試下，112 年尖載情境下出現多條紅線，代表較易有匯流排故障而導致卸載，發生連鎖故障，這代表尖峰用電對於特定輸電線或變壓器故障有相對較低的耐受性；113 年輕載情境下則較多綠線，若剩餘的發電機增加供電量的話，可應付大部分的負載量，因此較不易有供電不足造成大規模卸載的情況。

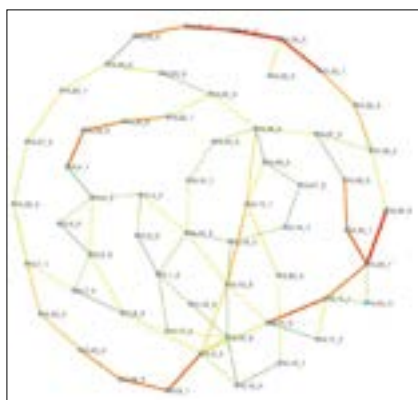


圖 1 IEEE 57 bus system 脆弱度

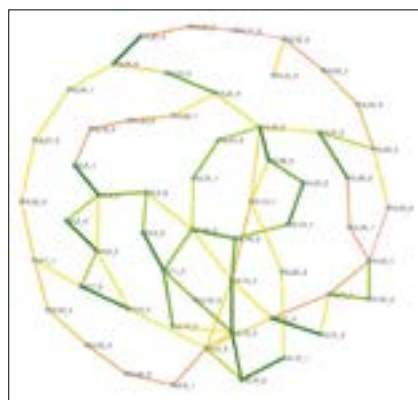


圖 2 IEEE 57 bus system 效率

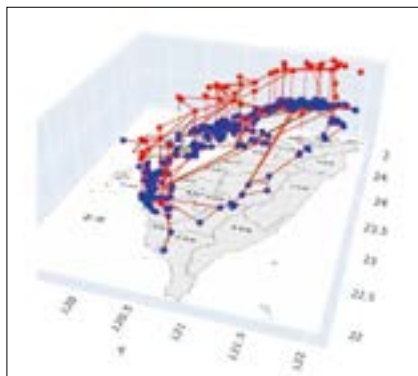


圖 3 112 年尖載 _ 連鎖故障模擬結果

圖表來源出處：本研究彙整

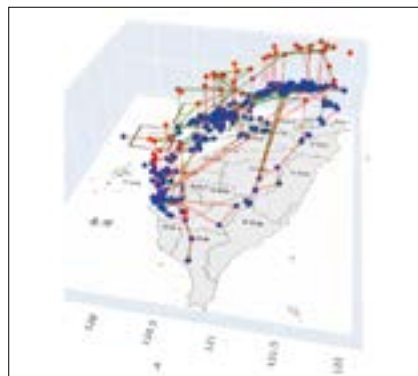


圖 4 113 年輕載 _ 連鎖故障模擬結果

研究人員：電力研究室：賴凱右、廖清榮
國立成功大學

固態技術於電力系統之發展與應用

Development and Application of Solid-state Technology in Power Systems

Abstract

As the proportion of renewable energy gradually increases, the application of microgrid is becoming more and more common. Most of the renewable energy output is DC output, and the loads can be divided into AC loads and DC loads. Among them, the transformers serve as the pivot point between power generation, transmission, distribution, and consumers, and play an important role in power distribution. Therefore, this project discusses the solid-state characteristics and applications of transformers. Its technology can be divided into solid-state transformer (SST) and hybrid transformer (HT). Among them, the solid-state transformers using power electronics technology has isolation function and power factor correction,

integrating AC and DC voltages, stabilizing voltage and frequency, providing virtual inertia, etc. In various applications, such as data centers, charging stations, and rail traction systems, there is the possibility of using solid-state transformers. However, there are still many challenges, such as cost, life, etc. in applying them to power distribution systems or microgrids. Therefore, this project aims to collect and organize the international applications cases, key technology, and overview and prospects of its applications in power systems. This project can be a reference for future application of solid-state transformer (SST) and hybrid transformer (HT).

1 研究背景、目的、方法：

隨著再生能源占比逐漸提升，微電網之應用也越來越普遍。再生能源輸出大部分為直流輸出，而負載可分為交流負載與直流負載。其中，變壓器為作為發電、輸電、配電與用戶之間的樞紐點，肩負著電力分配的重要角色。因此，本計畫針對變壓器的固態化特性與應用來做說明。其技術可分為固態變壓器 (Solid-state Transformer, SST) 與混合式變壓器 (Hybrid Transformer, HT)。其中固態變壓器為全部由電力電子元件所構成，除有傳統變壓器隔離的效果，同時

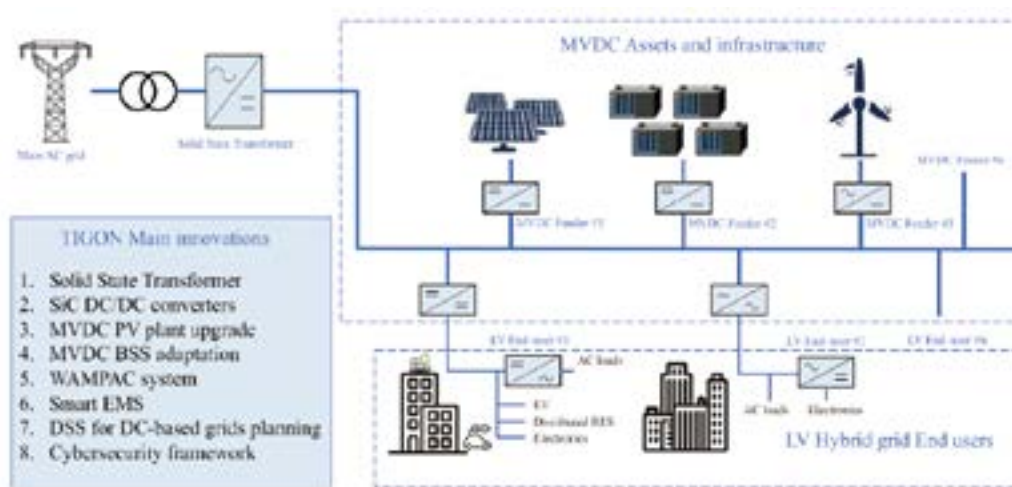
還具備整合交直流電壓、功率因數校正、穩定電壓 / 頻率、提供虛擬慣量等功能。在資料中心、充電站以及軌道牽引系統等領域，皆有使用固態變壓器的可能性。然而，應用於配電系統或微電網目前還有成本、壽命與系統相容性等諸多重要議題之挑戰需要克服。因此，本計畫蒐集與整理國際上針對固態變壓器與混合式變壓器之應用案例、關鍵技術以及應用於電力系統之概況與展望，作為電力公司未來應用固態變壓器以及混合式變壓器之參考依據。

2 成果及其應用：

固態變壓器的應用範疇橫跨分散式能源、微電網、儲能系統、電動車充電站、資料中心和牽引系統等多個領域。固態變壓器為新興的技術，在現代能源基礎架構中扮演著革命性的角色，為能源系統的效率、靈活性和可靠性提供了全新的解決方案。

1. 固態變壓器於交流 / 直流微電網之應用

如圖 1 所示，使用固態轉換器在交流耦合點和直流中壓電力線之間，如同一座橋樑，同時固態變壓器具備可控性和提供輔助服務。



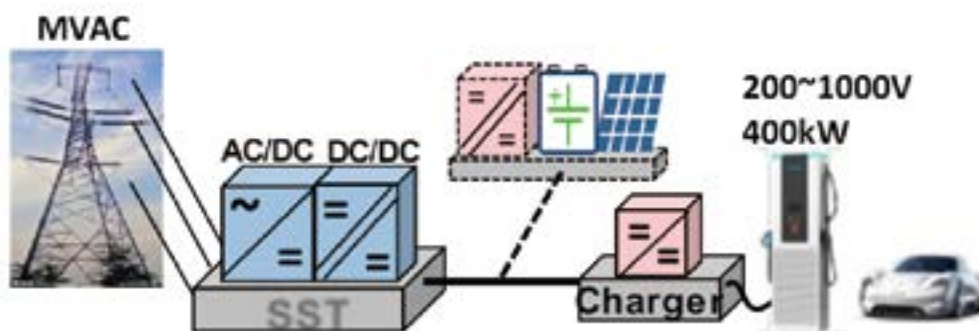
圖表來源出處：García, David Cervero, et al, "Solid-State Transformers for High Voltage Applications: FST Project Use Case," 7th International Advanced Research Workshop on Transformers, Baiona-Spain, vol. 23, 2022.

圖 1 固態變壓器應用於直流 / 交流混合電網中

2. 固態變壓器於電動車充電系統之應用

台達電於 2018 年 7 月至 2022 年 11 月期間進行一將固態變壓器應用於電動車充電系統之計畫。此計畫旨在設計一基於固態變壓器之 400kW 之高效率、中壓輸入的電動車充電系統，命名為 400kW

DC Extreme Fast Charger (XFC)。如圖 2 所示，比較使用傳統變壓器的電動車充電系統與使用固態變壓器的電動車充電系統，使用固態變壓器後，其效率從原本的 93.4% 提升到 96.5%，不僅如此，體積還能夠減少一半以上。



圖表來源出處："High-Efficiency, Medium-Voltage-Input, Solid-State-Transformer- Based 400kW/1000V/400A Extreme Fast Charger for Electric Vehicles,"

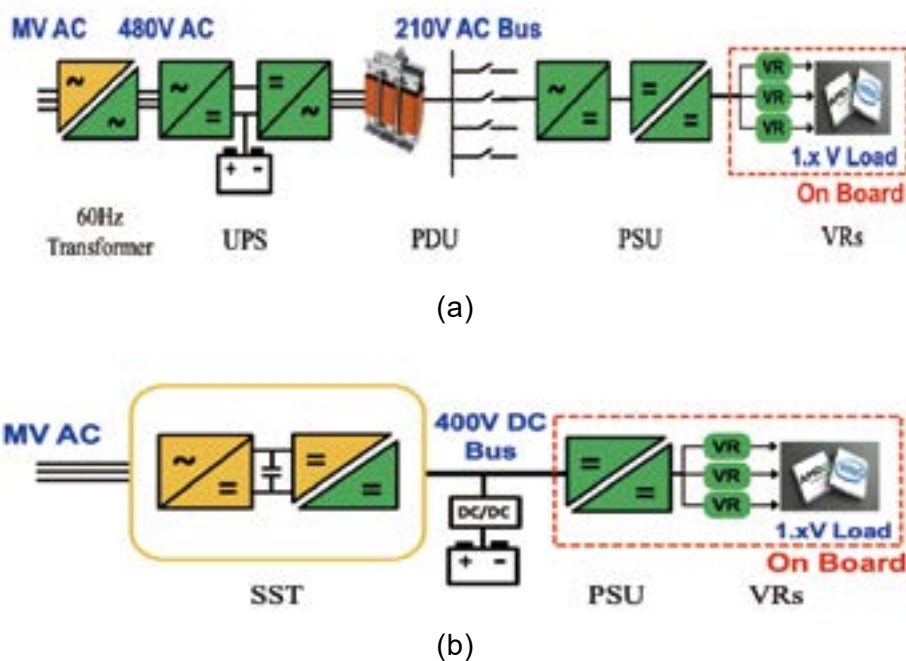
<https://www.osti.gov/biblio/1987553>.

圖 2 基於固態變壓器之電動車充電系統

3. 固態變壓器於資料中心電源系統之應用

圖 3 所示為使用傳統變壓器的資料中心架構從中壓交流電 (MVAC) 到負載需要經過比較多級的電能處理，然而，使

用固態變壓器的話可以減少電能處理的級數。因此，相比於使用傳統變壓器的資料中心，使用固態變壓器的效率可以提升約 10%。



圖表來源出處：Z. Li, E. Hsieh, Q. Li and F. C. Lee, "High-Frequency Transformer Design With Medium-Voltage Insulation for Resonant Converter in Solid-State Transformer," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 38, no. 8, Aug. 2023, pp. 9917-9932.

圖 3 資料中心電源系統：(a) 使用傳統變壓器，(b) 使用固態變壓器

電力系統慣量研析與技術發展

Research on Power System Inertia and Technological Roadmap

Abstract

Power system inertia and stability are effected after renewable energy sharing increases in power system. For this reason, many researches focus on this topic. For example, inertia estimation and virtual inertia application.

This letter introduces power system inertia, its importance and estimation methods. Then describes few ways to increase system inertia. In the other hand, fast frequency response resources can also decrease rate of change of frequency which functionality similar to system inertia. So,

the benefits from fast frequency response resources are discussed by both operation cases in Kinmen and simulation results.

Furthermore, this letter choses Kinmen power system to trial system inertia estimation technique. The results are convergent and quite similar to past research conclusion. Last, this letter summaries future work on system inertia including synchronize condenser, virtual synchronize machine and inertia estimation with extended applications.

1 研究背景、目的、方法：

隨再生能源大量加入系統，其發電量逐漸取代了傳統發電機組。當系統線上運轉的同步旋轉機組數降低，將導致電力系統慣量（以下簡稱慣量）減少。慣量與頻率穩定度有關，於慣量較少時，當系統上發生擾動事件後，會有較大的頻率變化率（Rate of Change of Frequency, RoCoF）以及波動幅度，增加了系統不穩定的風險。

2 成果及其應用：

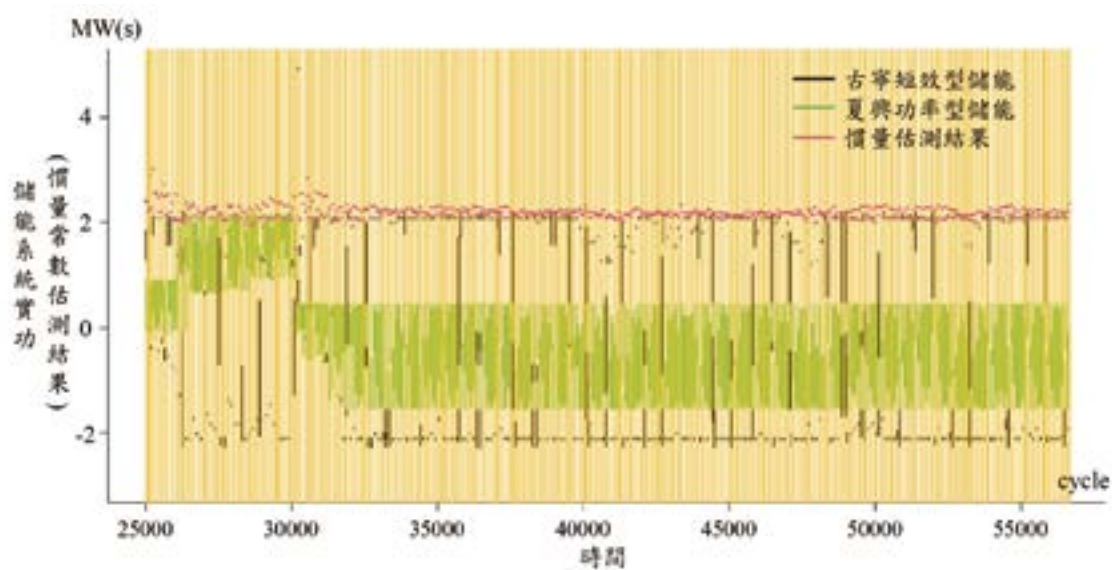
經檢索並研析大量文獻，整理出目前慣量技術發展，較集中於探討不同的慣量估測作法，以及利用 IBR 實現虛擬慣量之先進控制技術。推測研究較集中於此兩領域的原因，在於需要先達成慣量精確量化，才可與系統規範之臨界慣量相比，以得知慣量是否足夠，並評估是否需導入增加慣量手段。接著，若需增加慣量，傳統上除了增加系統上運轉中的旋轉設備，另一作法就是

為此，許多研究針對慣量進行探討，議題包含臨界慣量或 RoCoF 安全值、慣量估測，以及利用電力電子電源（Inverter Based Resource, IBR）實現虛擬慣量等。由於研究議題廣泛，應深入探討並盡早確立相關技術發展路徑，以利後續逐步執行並導入應用。

以 IBR 實現虛擬慣量。利用先進的控制技術，使 IBR 運轉行為與發電機組相似，提供系統相同的輔助功能，為未來不斷大型化並導入系統應用的趨勢。FFR 資源導入，也可降低擾動事件後的 RoCoF。本文除了利用金門夏興功率型儲能系統於跳機事件後放電，說明 FFR 資源之效果，也利用 DigSILENT 模擬加以驗證。

此外，本文也利用金門古寧兩套儲能系統實功變動事件，以及 PMU 所記錄之實功與頻率資料，試行金門電力系統慣量估測，如下圖 1。經過比較不同 RoCoF

計算方式，以及不同儲能系統實功變動計算區間，建立一適用於金門之旋轉動能與全系統等效慣量估測方式。



圖表來源出處：本研究彙整

圖 1 儲能出力與慣量估測結果

提升電業管理之前瞻通訊技術導入可行性研究

Study on the Introduction of Advanced Communication Technology to Enhance Power Industry Management

Abstract

This research introduces 5G communication technology foresight, and establishes a 5G enterprise private network and mobile edge computing (MEC) system in the TPC (Taiwan Power Company) Shulin field. This POC (Proof of concept) case is used to demonstrate the combination of 5G and smart grid. The high throughput, low latency, and massive connection features in 5G can improve renewable energy management efficiency. This research completed the server system test, carried out the wireless network system configuration, integration and setting test. And produced research and analysis on

related communication technologies of smart grid at home and abroad, including international smart grid application technical standards and specifications, the application of 5G and mobile edge computing, domestic and foreign 5G enterprise private network cases and 5G communication modules in power systems, and summarizing the 5G feasibility in the overall power field. In order to demonstrate the advantages of 5G in this research, the smart inspection system and video streaming services are also planned to present the convenience of mobile management and mobile edge computing performance of 5G networks.

1 研究背景、目的、方法：

整合 5G 企業專網與台電綜研所樹林場域實驗電網為執行本研究之目標，包含電動載具充電設施以及綠能發電案場兩項電力設施，將異質網路融合為一體，透過多線路封包傳輸機制，讓智慧型電子裝置 (Intelligent Electronic Device, IED) 除了透過現有線網路傳送封包外，也能透過 5G 無線網路將封包順利傳送至目的地，在維持原有之網路傳輸服務的前提下，提高封包傳輸的可用性 (availability)。參考 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 論文 A Deployable Containerized 5G Core Solution for Time Critical Communication in Smart

Grid，其模擬了 IEC 61850 的 GOOSE (Generic Object-Oriented Substation Event, GOOSE) 訊息在大規模智慧電網環境下，透過 5G/LTE 網路架構傳輸；並採用 Container-based 的虛擬化技術，模擬分析網路延遲的時間，在沒有實際射頻設備的情況下，該核心網路的延遲可小於 1ms。

本研究進行概念性驗證，包含如何運用 5G 行動通信科技與 IEC61850 規範的輸配電站自動化技術，建構 5G 智慧電網供電體系；並利用 5G 高速低延遲的特性，來達成提升再生能源供電穩定度、快速排除電力故障等目的，以確保電力供應的穩定性與提升供電品質。

2 成果及其應用：

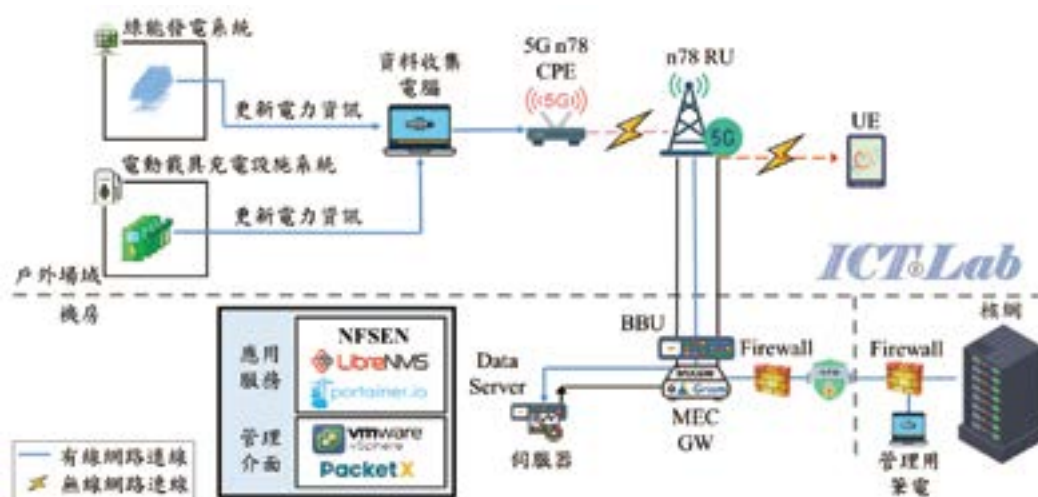
本研究採用符合 3GPP R15 規範之網路設備建置 5G 獨立組網 (Stand Alone, SA) 架構下之電力專用網路，網路架構如圖 1 所示，於台電場域布建 5G 電力專網，其包含 n78 無線電單元 (Radio Unit, RU) 與基頻單元 (Base Band Unit, BBU)、MEC Gateway、5G

CPE、應用伺服器，並連接至運行中之 5G 核網。BBU 與核網彼此間之連線，係採用防火牆建立網際網路安全協定 (Internet Protocol Security, IPsec) 之虛擬私有網路 (Virtual Private Network, VPN) 進行連線，以確保網路傳輸之安全性。

透過 5G 專網於本所樹林所區

導入分散式能源即時監測平臺，如下圖 2 所示，當中收攏兩項台電應用服務，分別是綠能發電系統與電動載具充電設施系統，透過 5G 專網進行資料傳輸，將台電場域之再生能源發電情形，包含：發電量、電壓、電流等，以及電動載具充電設施之即時功率、累積用電量、累積售電量、能量效率等資訊呈現於分散式能源行動監測平臺，可於行動裝置上隨時監看，協助巡檢人員作業。再者，分散式能源行動監測平臺建有場域 3D 模型，當中標示各分散式能源所在位置，有助於巡檢人員迅速掌握地理資訊。

除此之外，分散式能源行動監測平臺具有網路元件管理、設備監控、網路拓樸服務監視以及流量管理等四大功能，可以即時監測整體通訊網路運轉型情。而藉由異質網路整合之 PoC，整合 5G 專網與台電既有網路，增加電網移動性，並驗證 5G 之傳輸特性可否滿足現有的電力應用需求，實現當電力系統、電力設備或電動車充電裝置發生異常狀態時，台電透過行動智慧巡檢平臺，即時掌握事故，並安排後續處置，例如：緊急通報、雙向通訊、自我修復、即時監控管理等。



資料來源：本研究

圖 1 台電 5G 專網網路架構圖



資料來源：本研究

圖 2 分散式能源即時監測平臺

研究人員：資訊與通信研究室：洪瑞呈、羅尹孜

SDON 架構應用於電網可行性研究

Study on Applying SDON to Power Grid

Abstract

Optical communication networks offer advantages such as high bandwidth, high reliability, and low latency. By integrating Software-Defined Networking technologies into optical networks, the control layer is decoupled from the physical transmission layer. Through the SDON controller, which manages optical transmission components and packet handling, along with hardware such as transponders and ROADMs that are capable of being controlled by software, it becomes possible to control wavelength routing and dynamically allocate resources.

This not only leverages the inherent technical strengths of optical networks but also enhances resource scheduling, increasing network flexibility and scalability.

This study analyzes the feasibility of applying SDON technology in the power sector and examines the SDON architecture and its benefits in three distinct power application scenarios. Finally, the study provides future research directions and recommendations for integrating SDON into smart grids.

1 研究背景、目的、方法：

智慧電網的發展依賴高可靠度、靈活且可擴展的通訊基礎設施，以滿足電力系統中日益增長的數據傳輸需求。然而，傳統的靜態光網路技術已經無法滿足智慧電網對於動態調控、即時響應與多元應用場景的需求，因此，尋找智慧電網光通訊技術之新興解決方案，逐漸成為研究的重點。

智慧電網當中包含大量分散式能源、電力設備和用戶，這些設備與系統之資料傳輸需求往往為動態且不可預測，因此智慧電網亟需引入可協助動態管理網路資源且靈活可擴充之通訊技術，同時必須滿足電力應用對於低延遲高可靠度之需求。

如此看來，具備自動化調整網路技術之光網路即為最佳選擇。SDON 將軟體定義技術引入光通訊網路中，透過集中式控制平面對光網路進行動態資源管理，可根據即時負載情形自動最佳化配置，實現網路資源的靈活調度與重組，同時

滿足電網即時、低延遲之傳輸需求。此外，SDON 之技術特性使其能有效降低運營與維護成本，並提升網路安全，切合電網需解決之問題。

上列所述在在顯示 SDON 能為智慧電網提供動態、智慧化的通信基礎設施，並解決傳統光網路技術在應對電力系統日益增長的需求時所面臨的靈活性、即時性和成本管理等挑戰，為下世代電網光通訊技術研究之重要議題。研究 SDON 在智慧電網中的應用不僅是為了解決現有技術的瓶頸，更是為了推動電網通訊基礎設施向智慧化方向發展，滿足未來電力系統的全方位需求。故本案旨在研究 SDON 架構應用於電網之可行性，以因應未來電網之通訊需求。

研究項目包含：

1. 探討公司智慧電網對於光網路之傳輸需求。
2. 研讀 SDN 相關文獻，研析 SDN 之架構及其在傳送網中的應用 (SDON)。

3. 蒐集並沿析 SDN 和 SDON 相關的國際標準。
4. 蒐集 SDON 於智慧電網之應用案例：探討三個不同電力應用情境下，SDON 架構與效益。
5. 盤查 SDON 測試項目：確認相關技術

實驗項目，並符合電網需求，為後續技術落地奠定基礎。

6. 研析 SDON 應用於電網之可行性：分析 SDON 在智慧電網通訊系統中的應用潛力，評估其在動態資源分配與即時調度中的效益。

2 成果及其應用：

將軟體控制的技術導入光網路，其重點在於如何將軟體控制的部分與原先實體層網路連結，因此需要彈性高的實體層設備，以因應各種不同網路情境下的需求及資源分配。SDON 的架構可以分成三層：資料傳輸層、控制層以及應用層，如圖 1 所示。SDON 引入 SDN 的概念將網路控制器與實體傳輸 / 交換系統分離，並利用開放式的介面 (OpenFlow) 連接，此為南向介面 (Southbound Interface, SBI)。SDON 絕大部分的控制及管理功能集中在 SDON 控制器，透過 OpenFlow 控制資料傳輸層的光 / 電元件以及 IP 封包，進行資源布署與分配。SDON 控制器北向則以應用程式介面 (API) 連接到應用層，將資訊傳輸給不同的網路應用。

本研究探討三個不同電力應用情境下，SDON 架構與效益，包含：變電站自動化和監控、電網系統 M2M 應用以及電動車能源管理系統。其中，針對變電所自動化與監控，設計合適之 SDON 網路架

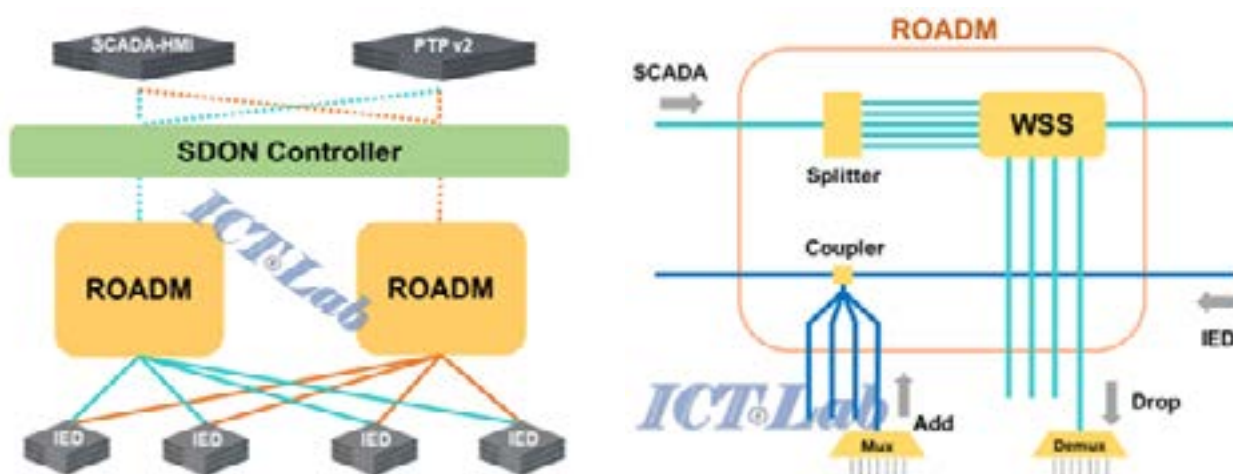
構及關鍵元件架構，使用包含可重構式光塞取多工器、SDON 控制器等設備，進行動態波長路由分配，並將其應用於變電所 IED 與 SCADA 間之通訊，如圖 2 所示。

台電目前建有環島 IP-MPLS 光纖網路，提供單點對單點通信電路，滿足電力公司對於穩定、高速傳輸資料之需求。SDON 與 MPLS 整合架構的設計基於 SDON 分層架構，控制層由 SDON 控制器負責集中管理，SDON 控制器透過控制層與 MPLS 協定進行交互，從而將封包路由策略動態應用於光網路資源的管理。控制器可以統一配置和管理路由，以達到高效的流量調度和資源利用。而資料傳輸層主要由光纖網路和 MPLS 交換設備構成。SDON 控制器可直接控制光傳輸元件和 MPLS 交換機，以實現光路徑和標籤交換的整合。當資料封包進入網路後，可利用 MPLS 標籤進行快速封包轉發，同時結合最佳光傳輸路徑的配置，實現高速低延遲的資料傳輸。如圖 3 所示。



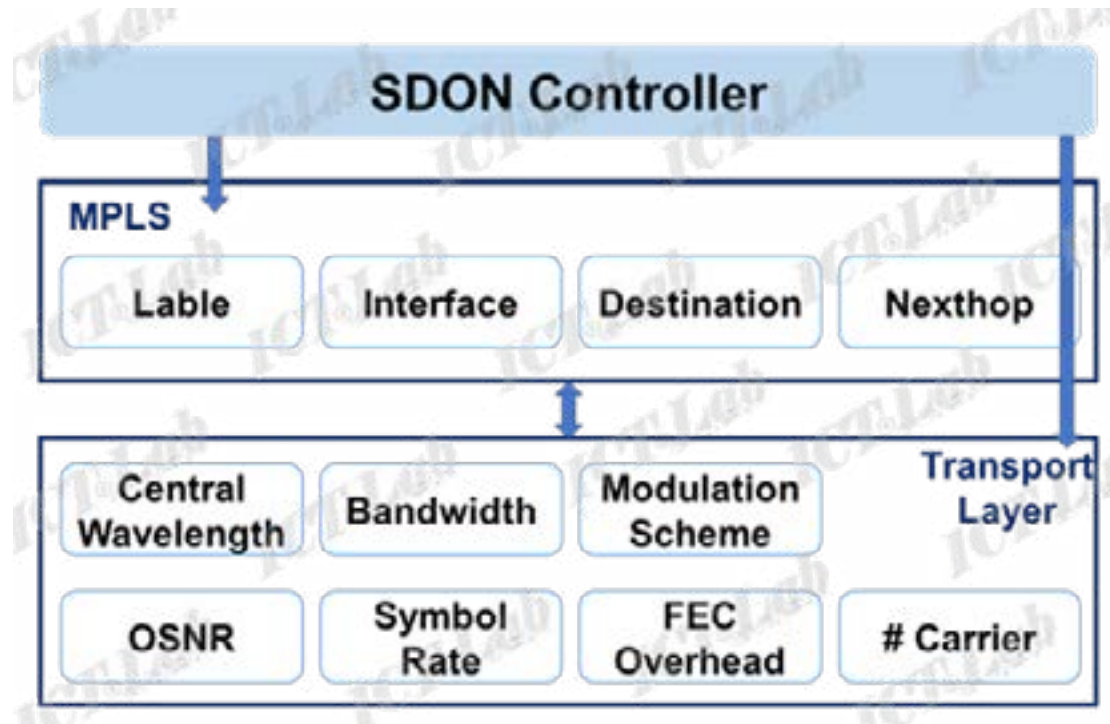
資料來源：本研究

圖 1 SDN 架構



資料來源：本研究

圖 2 SDN 應用於變電所架構



資料來源：本研究

圖 3 SDON 與台電 MPLS 整合架構示意

IEC 61850 設備測試精進研究

Advanced Study of IEC 61850 Equipment Testing

Abstract

Taiwan Power Company (Taipower) continues to promote the IEC 61850 standard and is actively building IEC 61850 substations. In the past, various brands of Intelligent Electronic Devices (IEDs) used proprietary communication protocols, making communication between electrical substations and data reading by maintenance personnel more difficult. By utilizing the data format of the IEC 61850 standard, and integrating on-site data through fiber optics and network switches, data can be exchanged between IEDs of different brands using the same communication protocol with the substation's Data Acquisition and Monitoring System (SCADA). This enables improved monitoring, control, measurement, and protection of data, advancing communication between IEDs. The construction of standardized systems also ensures better compatibility for future expansion and integration.

International standards can generally be divided into four types of testing: conformance testing, interoperability testing, performance testing, and functional testing. In Taiwan, the Taiwan Commodity Testing &

Certification Center (ETC) serves as a third-party testing laboratory for the conformance testing of IEC 61850 Ed. 2 Server and Client. Taiwan Power Company regularly conducts interoperability tests, and GOOSE performance testing has been verified by third-party laboratories overseas, although it has not been widely adopted. As of the end of 2023, only 11 devices have obtained the UCAIug IEC 61850 Certificate Class A certification. Functional testing, due to different on-site application scenarios, maintenance personnel needs, and electrical equipment factors, is generally conducted by power companies before acceptance to ensure that the equipment functions meet user requirements.

This study analyzes the equipment testing sections of the IEC 61850 standard, collects the current methods used by the company for IEC 61850 equipment testing, and finally constructs the GOOSE performance testing platform using laboratory equipment as a reference for the feasibility of performance testing in the company's future implementations.

1 研究背景、目的、方法：

在 IEC 61850-5 以及 IEC 61850-10 標準中，對於變電所各不同應用所需的傳輸時間與時間精度有相關的要求，並且對於測試 IED 的 GOOSE 通訊效能與時間精度的測試方式進行說明，然而，目前經 UCA 國際聯盟認證的第三方實驗室較少進行 IED 的 GOOSE 效能測試，截至 2023 年底僅 11 台設備通過 Class A 的認證，因此本研究希望藉由標準中效能測試相關

章節進行研析，瞭解標準如何測試 IEC 61850 相關設備，嘗試建置 GOOSE 效能測試平台，並評估導入 GOOSE 效能測試與時間精度之可行性。

本研究於實驗室測試過程所發現之相關實務問題及解決辦法將與業管單位分享，期望能為後續本公司變電所建置時提供實質上的參考建議。

2 成果及其應用：

本研究研析 IEC 標準中所提及之相關測試，以及國內外現階段針對 IEC 61850 設備之測試方式，目前國內已經導入的 IEC 61850 相關測試有：符合性測試、特性測試、驗收前測試以及互操作性測試等，與國際上相比較少效能測試與功能測試之內容，因此本研究係針對 IEC 標準中提及之效能測試進行先期研究，期望研究成果能為後續本公司建置變電所時提供實質上的參考。

本研究參考 UCAIug 測試 GOOSE 效能之手法，研析相關效能測試內容。目前國際上已有 4 間認證實驗室進行 GOOSE 效能測試，並經 UCAIug 核可具備發行 Class A 證書之能力。本研究也介紹 IEC 標準對於設備間 GOOSE 端對端的效能

要求，可提供現場單位設備效能之參考建議。

研究團隊於實驗室嘗試建置 GOOSE 效能測試平台，並針對 GOOSE 效能測試平台之時間同步精準度進行驗證，本次驗證採用 ISPCS 國際研討會同規格之檢測儀器驗證 GOOSE 效能測試平台，以確保在進行 GOOSE 效能測試前，測試平台具有高精度之 PTP 同步。

最後，建置之 GOOSE 效能測試平台與實驗室既有之 IED 進行測試驗證，測試內容與手法皆與 UCAIug 之效能測試相同，測試結果與 UCAIug 核可之實驗室測試結果相近，後續將持續精進 GOOSE 效能測試平台之測試腳本與效能，並視情況評估是否須導入 GOOSE 效能相關要求。



資料來源：本研究

圖 1 GOOSE 效能測試平台示意圖

研究人員：資訊與通信研究室：林敬倫、陳韋光、許祐寧

正、複導體電纜遮蔽層之接地系統採對稱或不對稱交錯 接地之影響

Positive and Negative Conductors Cable Cover Layers of the Grounding System
Adopt the Effect of Symmetry or Asymmetric Grounding

Abstract

Due to the rapid development of our country's industrial and high-tech sectors, the transmission capacity has increased, and existing lines can no longer fully bear the load. Therefore, since 1965, the implementation of underground cables has begun to improve power supply quality, reduce the impact of natural disasters, address the large area occupied by overhead lines, and enhance the urban landscape. However, installing cables underground also faces limitations from the environment, roads, line structures, and grounding systems. Therefore, before planning line routes or changing wiring

methods, it is necessary to consider the potential impact on the power grid after construction and evaluate subsequent maintenance costs. This project focuses on studying the combined lines of underground cables and overhead lines between Hsinchu Park and Zhanglin Dacheng. It investigates the characteristics of shielding layer loop losses, induced voltages, and evaluates the impact of grounding modes on line maintenance, transient surges, grounding faults, and short circuits in the short, medium, and long term. Finally, it compares the differences between calculated values and simulation results.

1 研究背景、目的、方法：

由於我國的工商業與高科技產業蓬勃發展，台灣電力公司需要興建電力設施以因應電力需求的增長。隨著送電容量增加，既設線路無法完全負擔，因此需要新設電路。傳統輸電線路為架空線，然此方法易受天然災害、動植物攀爬接觸等因素導致故障，加之地狹人稠，導致新設架空線路越發困難。

面對這些挑戰，電纜地下化為解決方法之一。地下電纜可以更好地降低自然災害對電力設施的影響、減少設備損壞地風險且適用於高人口密度地區。雖維護成本較高，但其壽命較長、不受氣候條件影響

及有效減少因動植物活動或人為因素而導致的供電中斷等，為具有經濟效益之選擇。

計畫將地下電纜與架空線兩者的混合搭配進行研究，透過蒐集之國內外相關國際標準、文獻以及資料，並對系統採用之設計，進行遮蔽層回路損失、感應電壓等特性進行探討。同時，利用 ATP-Draw 模擬軟體進行模型建置的動作，後續對模型進行多種狀態評估，如接地模式對線路維運、暫態突波、接地故障、短路故障等短中長期之影響，最後比較計算值與模擬結果之間的差異。

2 成果及其應用：

本文針對 161kV 新竹公園系統及 161kV 彰林大城系統進行故障模擬與分析、探討遮蔽層電壓及遮蔽層回路損失，新竹公園系統除原先兩回路非對稱系統外，還探討對稱系統及四回路系統下的各樣故障情

形。經模擬後可得知兩系統在穩態情況下，遮蔽層穩態電壓皆小於台電規範 65V(相有效值)，詳圖 1，各樣常見故障下，只要保護裝置有正常做動(例：避雷器)，則電纜電壓均不會超過 BIL，遮蔽層電壓也

不會超過 PVC 絕緣耐壓等級；而彰林大城系統有額外模擬接地喪失之雷擊情形，倘若雷擊之連接站發生接地喪失，電纜電壓在避雷器的保護下不會超過 BIL，而遮蔽層暫態峰值電壓會超過 PVC 絕緣耐壓等級。

遮蔽層感應電壓在接地電阻為 20Ω 時，會與計算值有些許差異，這是因選用了較高阻值，當接地電阻改為 1Ω 時，則

與計算值結果近似。

遮蔽層回路損失模擬與計算值有所差異，可能是因電纜被分割為獨立組別計算，使得接地部分損失增加；量測到的電流不全為循環電流；計算方式為獨立組別，並未考慮纜線接合及不同敷設方式之影響，以及地下電纜與架空線混用之情形。



圖表出處來源：郭政謙，「正、複導體電纜遮蔽層之接地系統採對稱或不對稱交錯接地之影響完成報告」，台灣電力股份有限公司 113 年度研究報告，ed2024.

圖 1 兩回路三系統之一路遮蔽層峰值電壓比較

整合再生能源與負載量測資訊之配電系統監測與運行應用研究

Research on the Monitoring and Operation of Distribution Systems Integrating Renewable Energy and Load Measurement Information

Abstract

To cooperate with our nation's renewable energy deployment and smart grid technology development, this project is aimed at establishing a resilient distribution network. It's aimed at the Yunlin Branch, so as to develop the application software of power distribution monitoring and operating. By integrating renewable energy power generation and load consumption data along with the employment of state estimation techniques, the operation status of distribution network is monitored precisely in this project, so as to enhance the performance of the distribution system and

manage renewable energy effectively. The project involves acquiring network topology and equipment parameters of distribution network, which is followed by data organization and correction procedures. Also, a distribution-type state estimation program is used to derive operation electric data that reflects current conditions, and the distribution system network topology model is updated. This provides power flow, line losses and measurement equipment status information for the reference of power dispatch.

1 研究背景、目的、方法：

配合我國再生能源布建與智慧電網技術發展，建構強韌配電網路，本計畫將於雲林區處開發配電監測及運行應用功能程式，透過整合再生能源發電與負載用電資訊，應用狀態估測技術，精準掌握配電網運轉狀況，以提升配電系統效能，並

有效管理再生能源。本計畫取得配電網路拓樸與設備參數，經過資料整理及補正程序，採用配電型狀態估測程式得出符合現狀的運轉電力資訊，再更新配電系統網路拓樸模型，以得出供調度參考用之電力潮流、線路損失及量測設備狀況資訊。

2 成果及其應用：

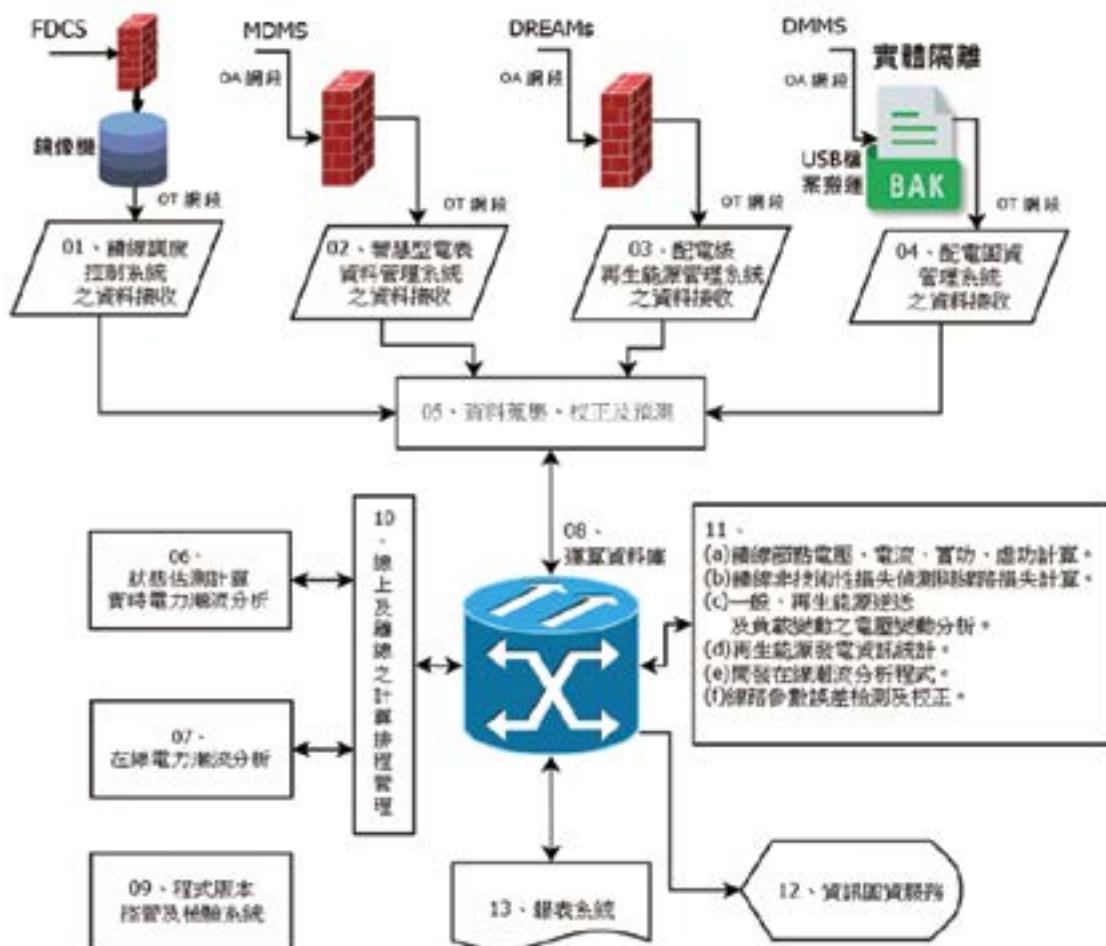
基於本公司之需求及前述所設立之研究目標，本研究目前所獲成果摘要如下：

本計畫是一個集成多種功能的電力運算系統，如圖 1 所示，透過外部通信和資料接收模組，蒐集各種資料，並將其傳送到資料庫系統，資料庫系統使用時間碼作為索引，同步各個計算分析單元的輸入輸出結果，使用者介面和報表系統則負責呈現運算結果，並根據使用者命令，執行相關的電力運算任務，整合於前述之配電管理圖資系統，使其得出的電力潮流資訊能更加符合現實運轉狀況，協助現場調度人員作為配電系統調度工作之參考。狀態估測技術：

電力系統狀態估測技術最早於

1970 年由美國 F. C. Schweppe 教授等人所提出，1970 年之前對於準確的狀態估測需求不大，但隨著電力系統的發展以及電力電子裝置的出現並加入電力系統中，使舊有的系統狀態估測方法難以負荷。最初狀態估測多採用最小平方方法 (Least Squares, LS)，但缺點是對系統模型準確度依賴性較高，不適用於即時運算，這也使得研究人員將注意力轉向更新的演算法。

狀態估測目前為止已發展出多種演算方法，表 1 是對常用的加權最小平方方法 (Weighted Least Squares, WLS)、卡爾曼濾波器、擴展卡爾曼濾波器和粒子加速器方法的簡要比較。



圖表來源出處：本研究彙整

圖 1 本案各單元功能關係圖

表 1 常用電力系統狀態估測方法比較

方法	加權最小平方法	卡爾曼濾波器	擴展卡爾曼濾波器	粒子加速器
特點	基於最小平方法，通常應用於靜態系統	適用於線性系統，廣泛應用於雷達和火箭跟蹤等領域	用於處理非線性系統，通過線性化模型進行估測	適用於高度非線性和非高斯雜訊系統
優勢	簡單易實現，對於小幅度雜訊的系統估測效果良好	在小幅度雜訊和線性系統方面效果良好	對於一定程度的非線性問題有較好的適應性	能夠處理非線性系統和非高斯雜訊，具有較好的適應性
限制	但對於非線性系統和大幅度雜訊的適應性較差	對於非線性系統和大幅度雜訊的適應性有限	在高度非線性的情況下，線性化可能引入較大誤差	需要較大計算資源，尤其在高度空間下的應用

圖表來源出處：本研究彙整

研究人員：電力研究室：簡振宇、林士傑

台電輸電系統使用行波保護電驛技術應用之研究

Research on Application of Traveling Wave Protection Relay Technology in Taipower Transmission System

Abstract

In response to the energy policy target of the Ministry of Economic Affairs that renewable energy installations will account for 20% of the installed capacity in 2025, renewable energy field sites will be built in succession in the future, and a large number of renewable energy will be connected to the grid, requiring more power equipment to maintain the stability of the power supply system, the increased feeders and equipment will increase the chance of accidents, and the scope of accidents will expand accordingly. It is more important to isolate the normal system and eliminate the fault points as soon as

possible, so it is inspired by this project. This project intends to test and verify the performance of line tripping time and reduce the error in calculating the location of the fault point by installing the relay equipment of new traveling wave technology on the line section prone to accidents. In addition, this case needs to conduct relevant demonstrations and parameter optimization adjustments, compare the differences between this protection relay system and the existing system, and evaluate whether the calculation of the accuracy of the accident point can be improved.

1 研究背景、目的、方法：

因應經濟部於 2025 年再生能源裝置容量將佔 20% 的能源政策目標，未來將陸續建置再生能源案場，大量的再生能源併網，需仰賴更多的電力設備來維持供電系統的穩定度，所增加的饋線及設備將增加事故發生的機會，且事故影響的範圍隨之擴大，儘速正確的隔離正常系統並排除故障點便顯得更為重

要，故有本計畫之啟發。本計畫本擬藉由安裝新型行波技術的電驛設備於易發生事故的線段，測試並驗證線路跳脫時間之效能，並減少計算故障點位置之誤差。另本案需進行相關論證及參數最適化調整，比較此種保護電驛系統和現有系統差異點，並評估能否提升事故點準確度的計算。

2 成果及其應用：

基於本公司之需求及前述所設立之研究目標，本研究所獲成果摘要如下：

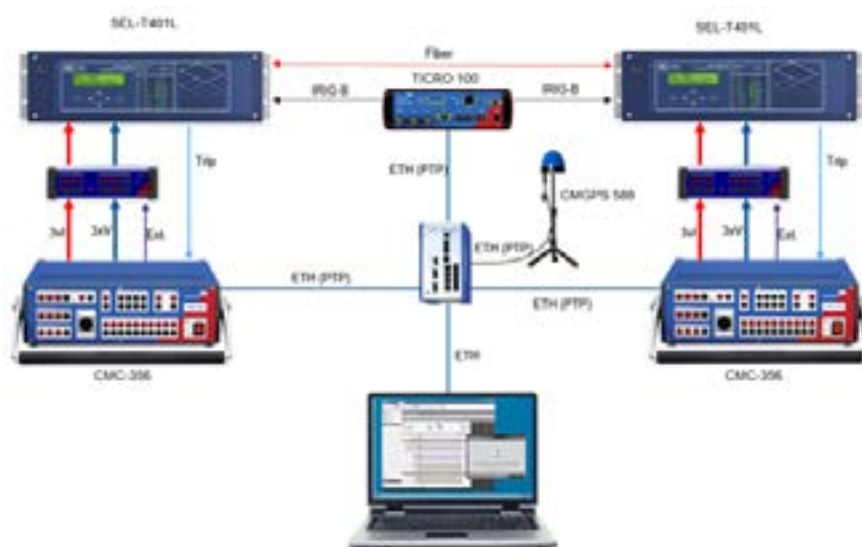
本計畫本所採購具新型行波技術的電驛設備，並安裝於易發生事故的嘉義～新營～山上線路，本研究首先於實驗室架設設備，並利用模擬軟體模擬嘉義～新營～山上線路之距離及線纜種類（架空、地下線纜），並模擬各式故障位置與種類，經測試，單端及雙端定位行波

測距功能精度誤差皆在 300 公尺以內，相當於兩座鐵塔內之範圍。

本案相關設備安裝於現場後，在加入系統前於實際現場進行斷路器的數次投切，透過保護電驛所監測到投入及折射返回的行波電流、參考調度處提供的線路常數資料，並利用公式進行計算，最後取得各線纜的實際長度及行波傳輸之時間，將行波故障定位所需之參數進行最適化調整，以提升未來故障發生時事故點準確度的計算。

綜上所述，本所採購之具新型行波技術的電驛設備經測試及現場校驗後，應能發揮其精準定位故障點之作用，本研究之成果可做為本公司相關單位進一步引進行

波保護電驛設備之參考，以協助巡修人員進行維修，並在輸電線路發生故障時，節省維修所需之人力與時間等成本。



圖表來源出處：本研究彙整

圖 1 雙端故障定位測試架構



塔基監測應用衛星傳輸之可行性研究

Feasibility Study of Satellite Transmission for Tower Monitoring Applicationn

Abstract

Steel towers are important supports for ultra-high voltage transmission lines, and most of them are located on hillsides. The hydrology, topography, geology, etc. of the hillsides will affect the stability of the slopes where the towers are located, and thus affect the safety of power supply. Although Taipower has clear management points to inspect and maintain existing tower lines, due to the drastic climate change and the increasing frequency of extreme weather in recent years, the geological environment where many tower facilities are located has gradually changed, and the foundations of the past have changed. The structural design conditions may vary, and changes in slope stability may even cause safety issues for towers or lines. Tower maintenance personnel are often unable to perform tower inspections within the limited time after a disaster due to external factors such as blocked inspection roads or large-scale landslides. In addition, considering the

labor costs and the large number of lines and tower bases, how can they Using new technologies to assist in achieving the goal of immediate disaster prevention and early warning is an urgent task.

This project comprehensively considers the existing communication technology and the distribution of Taipower towers in mountainous areas where communication is difficult. With the goal of introducing automatic monitoring of tower environment and ground, several towers are selected to install the transmission tower safety monitoring system, combined with satellite transmission technology as monitoring data. transmission method and conduct feasibility assessment. It is hoped that by combining satellite networks with telecommunication networks, the monitoring system can communicate over the Internet in every corner, thus achieving the early warning goal of 24-hour uninterrupted monitoring.

1 研究背景、目的、方法：

鐵塔為超高壓輸電線路中之重要支持物，且大部分輸電鐵塔座落於山坡地，山坡地之水文、地形、地質…等將影響塔址坡地之穩定，進而影響供電安全。雖然台電公司已有明確之管理要點來巡視維護既有的鐵塔線路，但近年來因氣候變遷劇烈且極端氣候發生頻率漸多，許多鐵塔設施所在之地質環境已逐漸產生變化，而與以往之基礎結構設計條件有所差異，甚至可能因邊坡穩定狀況改變而造成鐵塔或線路之設施安全問題。鐵塔之維護管理人員常因巡視道路阻斷或大區域地滑等外在因素，以致無法在災後有限之時間內執行鐵塔巡視作業，且

考量人力成本，線路及塔基數量眾多之情形下，如何利用新科技來輔助，以達到即時防災預警目的，為刻不容緩之工作。

本計畫綜合考量現有通訊技術與台電鐵塔分布多於通訊不易之山區，以導入鐵塔環境與大地自動化監測的目標，選取數座鐵塔安裝輸電鐵塔安全監測系統，結合衛星傳輸技術做為監測資料傳輸方式，並進行可行性評估。以期可透過衛星網路與電信網路相互搭配，使得監測系統可在各個角落進行網路通訊，達到 24 小時全時不斷電監測之預警目標。

2 成果及其應用：

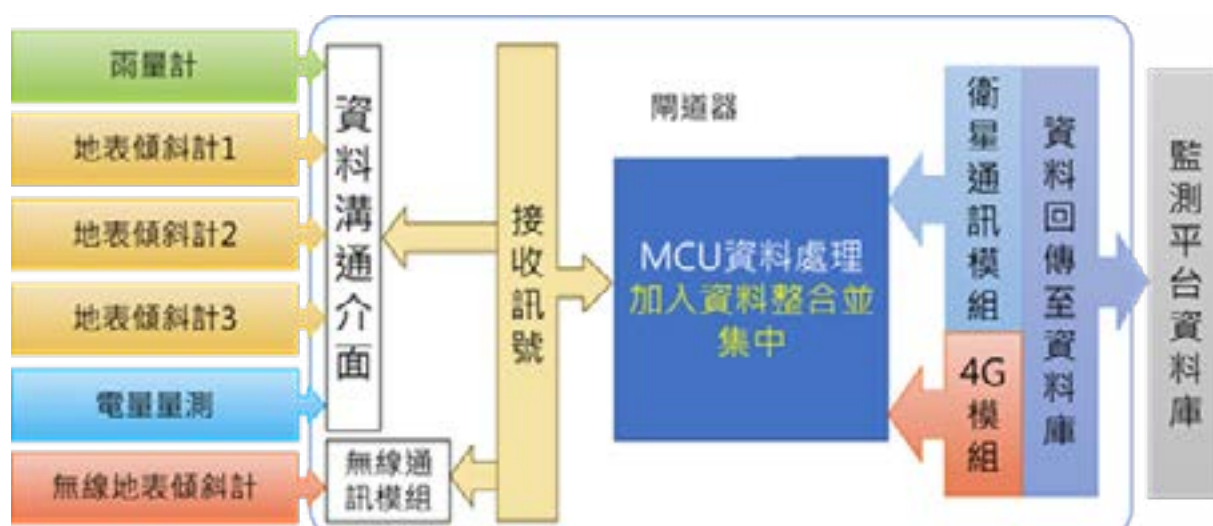
本計畫以鐵塔防災結合自動化監測與衛星通訊新科技來輔助，以達到即時防災預警目的，故本計畫將於人員不易到達之地點，選取數座鐵塔安裝輸電鐵塔安全監測系統，並導入衛星傳輸技術做為監測資料傳輸方式之可行性評估。為核心目標，研究項目包括蒐集研析國內外不同地理環境邊坡破壞之類型、以衛星通訊建置輸電鐵塔安全監測系統、導入國內廠商自動化定置型傾斜模組等多面向之研究，各項研究成果概要總結如下：

1. 已蒐集與研析國內、美國與日本等國家之邊坡破壞類型，並綜整國內外破壞類型，並蒐集合適之監測邊坡系統，並與

青山公司共同進行比較分析，研提我國邊坡監測項目之建議。

2. 已蒐集美國、英國等國家之衛星相關通訊技術，並綜整國際案例，並評估台灣目前可適用之衛星通訊系統與模組，同時因台灣目前陸續建置 OneWeb 低軌衛星，相關資料已蒐集完畢。

3. 導入衛星通訊系統，結合通訊模組之硬體電路設計，與感測器設備訊號接收系統整合之訊號介接設計，天線整合電路設計，並完成系統整合 4G 通訊與衛星通訊模組，經網路數據傳輸測試後建置監測系統與平台介接顯示。



圖表來源出處：本研究彙整

圖 1 儀器設備與閘道器資料傳輸架構圖

研究人員：電力研究室：吳旻哲、唐城

智慧電表用戶端通訊系統 (Route B) 檢測之研究

Research on the Detection of Smart Meter Client Communication System (Route B)

Abstract

In order to expand the benefits of the AMI system, the meter-to-client Route B system (AMI client communication system) can be expected to flourish, Taipower needs to improve the interface channel (P2 channel) from the meter to the client for manufacturers to follow in the development stage, and formulate a complete testing process to ensure that the client communication module (Home Area) provided by Route B vendors in the

future Network module, HAN module) and the compatibility and stability of the existing smart meter and FAN (Field Area Network) module, for this reason, this paper designs a set of Route B compliance test platform, conducts "compliance test" and "Route B interactive usability test", and confirms that the problems that may arise in the field can be found in the design stage through practical tests.

1 研究背景、目的、方法：

低壓 AMI 智慧電表之計量單元與通訊採模組化之設計，係分離式架構，為擴大 AMI 系統之效益，電表至用戶端之 Route B 系統 (AMI 用戶端通訊系統) 可預期的蓬勃發展，台電公司需完善電表至用戶端的介面通道 (P2 通道) 供廠商於開發階段所依循，並制定完整檢測流程，以確保未來 Route B 廠商所提供之用戶端通訊模組 (Home Area

Network 模組，HAN 模組) 與現有的智慧電表和 FAN(Field Area Network) 模組間的相容性及穩定性，為此，本文設計一套 Route B 符合性測試平台，進行「符合性測試」與「Route B 交互可用性測試」，並經由實際試驗，來確認能於設計階段發現於現場可能產生之問題。

2 成果及其應用：

基於本公司之需求及前述所設立之研究目標，本研究目前所獲成果摘要如下：

本研究針對 Route B 符合性測試平台包含「符合性測試」與「Route B 交互可用性測試」，

申請受測廠商需先通過「符合性測試」，才能跟台電公司申請「Route B 交互可用性測試」。符合性測試之測試項目如表 1 所示，符合性測試之測試架構如圖 1 所示。

表 1 符合性測試之測試項目

測試項目編號	測試項目名稱
LAB-HAN-1-1	HAN 通訊系統讀取用電資訊效能驗證
LAB-HAN-1-2	HAN 通訊系統讀取 Terminal Message 效能驗證
LAB-HAN-1-3	HAN 通訊模組耗能驗證
LAB-HAN-2-1	HAN 通訊系統讀取用電資訊效能暨環境可靠度驗證
LAB-HAN-2-2	HAN 通訊系統讀取 Terminal Message 效能暨環境可靠度驗證

圖表來源出處：本研究彙整



圖表來源出處：本研究彙整

圖 1 符合性測試之測試架構

為進行 Route B 交互可用性測試，於本所樹林所區電表組建置電表牆，圖 2 是安裝於台電公司綜合研究所的三相表盤之實體圖，圖 3 係單相表盤，把各家廠商電表與待測物 Route B 擺上表盤，藉由變更不同廠商之 FAN 通訊模組來進行試驗。

受測廠商申請「Route B 交互可用性測試」前，所送之 HAN 通訊模組之待測物須已通過「符合性測試」，在測試開始前會先確認各家單相、三相電表及 FAN

通訊模組已安裝於表盤，待測物 HAN 模組也已正確安裝，藉由調整更換各家廠商 FAN 通訊模組來進行交互可用性測試；本測試要求受測廠商提供 60 具 HAN 通訊模組作為待測物，待測物會跟台電公司準備之各廠牌之電表、FAN 通訊模組來做交互性測試，FAN 通訊模組需涵蓋各通訊廠商之各種通訊（包含 NB-IOT、RF-MESH、LTE...）。



圖表來源出處：本研究彙整

圖 2 三相實體表盤



圖表來源出處：本研究彙整

圖 3 單相實體表盤

表 2 是「Route B 交互可用性測試」之測試項目，測試項目 INT-HAN-1: Route B 模組讀表測試，是將各型號電表 (單、三相)、受測 HAN 模組與各型號 FAN 模組之交互可用性讀表測試；測試項

目 INT-HAN-2: Route B 模組斷復電測試，是將各型號電表 (單、三相)、受測 HAN 模組與各型號 FAN 模組之交互可用性復電測試。

表 2 Route B 交互可用性測試之測試項目

測試項目編號	測試項目名稱
INT-HAN-1	Route B 模組讀表測試
INT-HAN-2	Route B 模組斷復電測試

圖表來源出處：本研究彙整

研究人員：電力研究室：謝國聖
電表組：林哲毅

前瞻通訊模擬系統研究

Research on Forward Communication Simulation System

Abstract

In its digital transformation, Taiwan Power Company digitalized traditional grid functions, like Intelligent Electronic Devices (IED) and Merging Units (MU), while adding new features. Digitalization brought communication challenges: increasing data volume per millisecond, higher low-latency demands, and stricter communication security. 4G became insufficient, necessitating alternative

wireless communication technology.

5G offers precise, controllable features and private networks for data security without third-party involvement. This study set up two commercial wireless networks to understand mobile communication systems' network access and conducted functionality and performance tests, marking the company's first foray into advanced communication systems.

1 研究背景、目的、方法：

依我國「2050 淨零排放路徑及策略總說明」於 2022 年 3 月 30 日公布，在「能源、產業、生活、社會」等四大轉型及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎上，之「十二項關鍵戰略」及「淨零轉型之階段目標及關鍵戰略」報告，並參考公司內部歷次智慧電網總體會議內容及資通訊基本構面需求（有線段、無線段技術需求盤點）。

另，NCC 於 108 年發佈之電信管理法大幅放寬電信市場進入門檻及跨業合作彈性並於 112 年 6 月 1 日公佈專頻專網管理辦法，明訂申請資格、使用場域、審查審驗方式及每年頻率使用計算方式，使得電力公司導入行動通信技術免去鉅額頻譜標售業務，以 2019 年 12 月 5G 頻譜競標中華電信最後結果為

例，黃金中心頻段 3.5GHz，中華取得 90MHz，得標價 456 億元，使用權限 20 年，正規化換算回來 2.53 年 /MHz 千萬，倘若台電參與競價，4.8-4.9GHz，需付出 506 億元才可以使用這個價值不斐的頻段。專頻專網使用有國家法源依據外，有別於其他通訊技術，智慧電網非單指電網“各”單元數位化、智慧化構成，於通訊基礎構面亦須強健有效的“控制”方法，智慧電網各項應用方有可靠的通訊環境得以實現。

目標如下：

1. 行動通訊實驗室等級系統建立。
2. 系統層面控制單元能力確認。
3. 終端入網流程結構 (log file)。
4. 端到端連線系統架構建立。
5. 後續延伸量測研究暨網路功能優化調控等。

2 成果及其應用：

本研究建置二套商用的電信等級網路系統，分別為非獨立組網 (Non Stand-Alone, NSA) 系統和獨立組網 (Stand Alone, SA) 系統，並對 2 套建置之系統進行功能與性能測試，二套系統之網路架構圖如圖 1 及圖 2。

因 NSA 系統是以 4G 基地台作為錨點，以讓 5G 基地台可做資料流量傳輸，故上 / 下行吞吐量

(throughput) 測試為 B7 基地台分別搭配 n78 及 n257 基地台：

- B7 搭配 n78 基地台 - 下行 (DL) 吞吐量：約 1.4Gbps；
- B7 搭配 n78 基地台 - 上行 (UL) 吞吐量：約 200Mbps；
- B7 搭配 n257 基地台 - 下行 (DL) 吞吐量：超過 2Gbps；
- B7 搭配 n257 基地台 - 上行 (UL) 吞吐量：約 130Mbps。

本研究建置之 SA 系統使用兩種 5G 基地台，其上下行吞吐量測速結果分別如下：

- n78 基地台 - 下行 (DL) 吞吐量：約 962Mbps；
- n78 基地台 - 上行 (UL) 吞吐量：約 120Mbps；
- n79 基地台 - 下行 (DL) 吞吐量：約 980Mbps；
- n79 基地台 - 上行 (UL) 吞吐量：約 118Mbps。

智慧電網加入再生能源後，對輸配電的控制需求也大幅度提高，另外，智慧電網中存在各種通信系統，由不同供應商製造，也擁有不同技術和規格。所以，智慧電網在未來規劃中，需要一種更具成本效益、環保、可持續性和高可靠度的通訊技術，也需要有更好的互操作性和靈活性，以及良好的 QoS 操作和互操作性的通訊

技術，並且資料傳輸須能以延遲低於 10 ms 的方式傳送。

通訊技術在智慧電網發展中扮演關鍵的角色，對於未來大量電力終端接入電網，以及需要即時傳輸的電網應用，原本的 4G 行動通訊網路無法應付多樣化的通訊需求，加上無線與有線通訊技術最大的不同在於應用的彈性及短時間佈建，得以串起全公司發、輸、配、售及再生能源案場的關鍵候選技術。

目前公司由強化電網韌性所衍伸的後續應用，在無線技術的自主化並未有絕對的把握，因此能夠儘量與外界合作或者使用外部資源就完全委託。然而對於無線技術導入後的「效能、可靠度及整合效果」深感不安。對於未來，電力的整體需求及新式應用需可靠的通訊技術，應於當前先行考慮無線技術各項指標，俾利後續的引入。

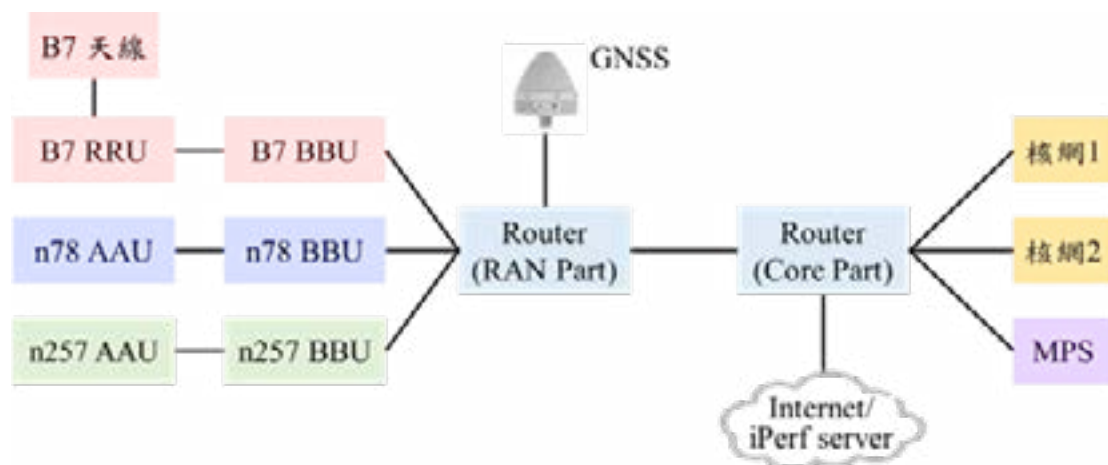


圖 1 本研究建置之非獨立組網 (NSA) 網路架構

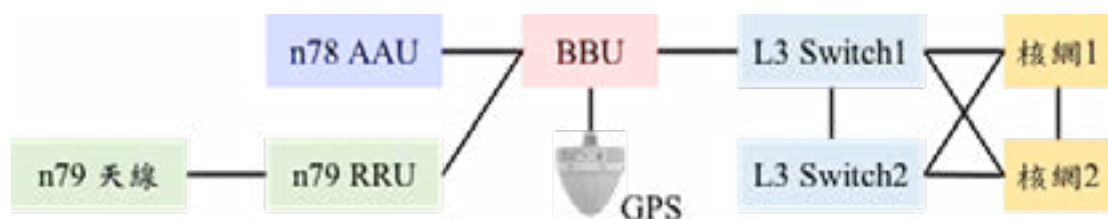


圖 2 本研究建置之獨立組網 (SA) 網路架構

研究人員：資訊與通信研究室：洪瑞呈、徐珮真

TIP/O-RAN 設備測試架構及測試方法之研析

Research on TIP/O-RAN Testing Architecture and Methods

Abstract

As the Telecom Infra Project (TIP) and O-RAN Alliance actively promote network interoperability, 5G networks are gradually moving towards an open architecture. The Open RAN architecture used in 5G enterprise private networks enables businesses to build dedicated networks for smart applications. Open RAN facilitates the development of mobile networks towards intelligence, openness, virtualization, and interoperability, enhancing the deployment

and operational efficiency of RAN and reducing the cost of infrastructure.

Our company should have the capability to validate and test Open RAN equipment to ensure the devices we procure in the future meet our requirements. This project aims to analyze the testing framework of international standards organizations and conduct end-to-end testing using terminal emulators, serving as the foundation for further research.

1 研究背景、目的、方法：

隨著電信基礎建設計畫 (Telecom Infra Project, TIP) 和 O-RAN 聯盟積極推動網路的互通性，5G 網路也逐漸朝向開放式的架構，其中 5G 企業專網所採用的 Open RAN 架構讓企業自建智慧應用的專網成為可能。在行動通訊網路中，無線接取網路 (Radio Access Network, RAN) 是當中較為重要且價格昂貴的部分。透過 Open RAN 架構，能使行動網路朝向智慧、開放、虛擬化及互通的方向發展，以提高 RAN 的部署及營運通信效率，也能降低布建的成本。

本公司應具備驗證及測試 Open RAN 設備的能力，俾利於未來所

採購之設備能符合公司需求，本計畫欲先瞭解國際標準組織之測試案例，以作為後續研究之基石，並利用終端 (UE) 模擬器、流量伺服器，以及本所向國家通訊傳播委員會 (NCC) 申請之實驗研發專用電信網路進行測試，初步瞭解 O-RAN 系統之性能。

測試項目包含三階段：

1. UE 模擬器是否可搜尋到本所 O-RAN 系統實驗網的 Cell
2. UE 能否註冊至 O-RAN 的基地台及核網
3. 成功註冊後，UE 能否取得 PDU Session，並收送流量

2 成果及其應用：

經實際量測，UE 模擬器進行初始 Cell 搜尋時，可搜尋到 O-RAN 系統之 n79 基地台。接著嘗試使用 UE 模擬器模擬 1 支 UE 註冊至核網，在單 UE 的情況下可成功註冊；當 UE 模擬器模擬 5 支 UE，分別編號為 UE0~UE4，並使此 5 支 UE 同時註冊至核網 (多 UE 場景)，僅成功註冊上 2 支 UE (UE0 及 UE1)。造成多 UE 情境無法全部註冊成功原因，目前認為是因為 O-RAN 與核網的管理 GUI 無法釋

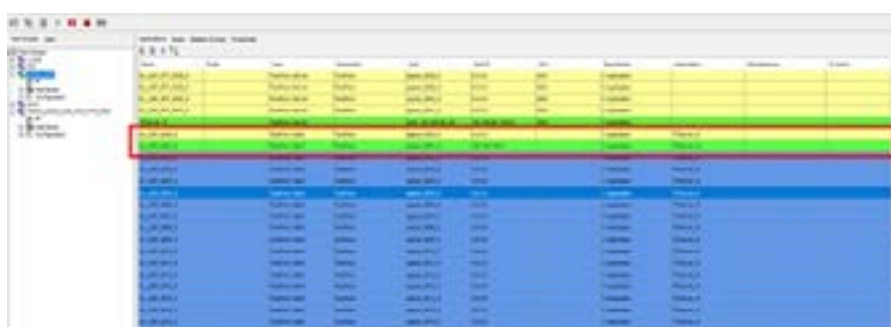
放掉已成功註冊過的 UE，導致已成功註冊之 UE 持續占用該通道資源，加上 O-RAN 的 Release Timer 時間較短，致使 UE 在未傳送流量之情況，核網會釋放 (release) UE。

因前階段測試僅 2 支 UE 註冊成功，故此階段使用 2 支 UE，測試結果如圖 1 所示。從圖 1 可發現，僅 UE1 有取得 IP，故只有 UE1 有成功收送流量。圖 2 及圖 3 分別為 UDP 和 TCP 之上 / 下行吞吐量 (throughput) 測試結果：

- UDP 下行 (DL) 吞吐量：約 451 Mbps；
- UDP 上行 (UL) 吞吐量：約 23.5 Mbps；
- TCP 下行 (DL) 吞吐量：約 306 Mbps；
- TCP 上行 (UL) 吞吐量：約 46.5 Mbps。

考慮未來大量電力終端連網需求，基地台須具備能同時接入大量終端的能力，電力終端傳送之封包較小，以目前測試情形，O-RAN 基地台尚不足以應付電力終

端之需求。加上電力終端之連網行為與一般行動裝置不同，目前的測試結果僅能作為大量終端連網之參考，故如何模擬大量 "電力" 終端為後續重要課題。而對於 O-RAN 設備驗證測試之研究，尚須對核心網路及基地台進行測試，亦與實際或模擬之電力終端進行入網測試。



資料來源：本研究

圖 1 成功註冊至 O-RAN 系統之 UE



(a) DL throughput

(b) UL throughput

資料來源：本研究整理

圖 2 UDP 流量測試結果



(a) DL throughput

(b) UL throughput

資料來源：本研究整理

圖 3 TCP 流量測試結果

研究人員：資訊與通信研究室：洪瑞呈、徐珮真

5G 系統耗能研究

Research on Energy Consumption of 5G System

Abstract

With the continuous development of 5G mobile communication technology, the number of users is gradually increasing, and the speed of obtaining information is getting faster and faster. With gradual popularization of 5G networks, a large number of base stations have been deployed. Compared with 4G networks, 5G networks use higher frequency bands with greater signal attenuation and require a higher number of base stations and deployment density.

Therefore, the energy consumption caused by overall communication should be fully considered during the operation of mobile base stations. The current corresponding energy-saving technology development and the power consumption of base stations under different usage conditions require power company authorities to conduct research and understand as the basis for future countermeasures.

1 研究背景、目的、方法：

本計畫旨在研究現有文獻綜整 5G 系統耗能關鍵要素，針對現行節能技術收集分析，對以利導入後續研究提出有效方案，作為決策之參考。現今 5G 網路逐步普及的背景，大量基地台已佈建完成。與 4G 網路相比，5G 網路使用較高頻段信號衰減越大也需要較高基地台數量和佈建密度，因此在行動基地台運作過程中應充分考慮整體通訊所造成的能源消耗。其現行所對應之節能技術發展，在不同使用環境條件下對於基地台的功率消耗，電力公司需進行研究及了解以作為日後因應對策之基礎。

5G 網路能耗主要因素之一為需要更多的小基地台來覆蓋區域。然而，小型基地台的能耗遠低於傳統基地台，使其淨能源消耗有多大很難預測。對於大規模 MIMO，該技術涉及在每個基地台使用具有更多天線的陣列。因此，每個基地台有更多的硬體組件應會增加 5G 基地台的總能耗。但又隨著大規模 MIMO 技術的發展，其能效也可提高而改善整體 5G 網路能耗。5G 網

路每單位傳輸流量的功耗能效可比傳統 4G 網路高，但整體功耗則未必更低。

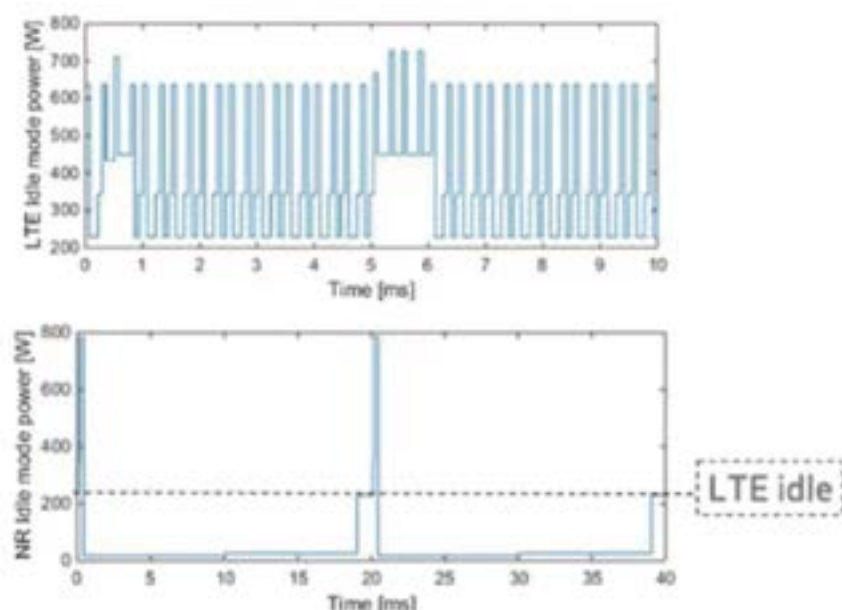
5G 網路設計上有許多的節能功能可降低能源需求，其中最明顯的功能即是睡眠模式。只要 5G 基地台站點沒有活躍用戶需使用流量，此基地台就可以進入睡眠模式，當頻繁的進入睡眠模式即可明顯降低功耗。而 4G 網路即使沒有活躍用戶不需傳輸用戶數據時，例如在深夜卻仍需傳輸大量控制信令，因此 4G 基地台大部分時間仍一直在消耗能量，其大部分硬體組件需保持活動狀態，以便保持傳輸。目前 5G 基地台以使用非獨立 (NSA) 網路架構為大宗，同時連接至 4G 網路的限制使得無法實現所有 5G 的優點及目標，且因手機同時連接到多個網路間切換，因此電池消耗的速度會比預期的更快，手機會比僅使用 3G 或 LTE 網路時更發熱。但在獨立 (SA) 網路架構中，5G 提供許多提升能源效率的功能且在通訊效能上延遲時間和傳輸吞吐量之性能提升可以實現 5G 優點。

2 成果及其應用：

本計畫提供與台電公司現行施行之 5G 專案相關研究之比對參考及建議。尤以台電公司身為台灣電力主要提供者，為確保電力之供應足夠及穩定，應對 5G 使用增加造成之能耗提前因應，5G 相關技術之能耗及可行之對應節能技術須能夠了解掌握，以期能與國家相關部門調研部署，並未雨綢繆提前做好能源穩供規劃。本計畫為台電公司與 5G 能源技術第一個相關研究，可對後續延伸研究提供有效參考。除針對現有文獻綜整 5G 系統耗能關鍵要素，將現行節能技術收集分析，並以電力提供者之角度對可行之進階節能技術

後續研究提供建議，而對常見之節能技術之研究盲點提出指正，可對導入後續研究提出可行方案及方法，作為後續節能決策之參考。

日後可以電力提供者之角度挑選合適可行之進階節能技術進行後續研究，可提供政府能源相關單位擬訂相應的法規和政策來推動新措施，並與不同行業間的合作，如與產業界保持緊密的溝通和合作並進一步完成電力業與電信業共同推進 5G 技術的節能應用，促進創新和最佳實踐的分享。



資料來源：<https://www.ericsson.com/en/blog/2019/9/energy-consumption-5g-nr>

圖 1 4G LTE(上)和 5G NR(下)於空閒模式下，基地台信令傳送週期的能耗比較 [Ericsson]

研究人員：資訊與通信研究室：廖文聘、羅尹孜、洪瑞呈、陳鳳惠

4G/5G 對電廠營運安全評估之研究

Research on 4G/5G Safety Assessment of Power Plant Operations

Abstract

In order to build a new generation wireless communication system, it is necessary to evaluate the performance of the existing wireless communication system as a reference for building dedicated frequency dedicated network applications in the future. In this paper, a power plant is considered to conduct measurement and evaluation of the existing 4G/5G wireless communication efficiency, specially evaluated for the control room of the generator set. At the same time, whether

there are interference signals in the currently used spectrum is analyzed., which will affect the construction and use of dedicated frequency and dedicated networks in the future. Finally, a conclusion is drawn on the measurement results of the existing wireless communication technology applied to the power plant, which will provide an effective reference for Taipower Company to improve and plan the construction of a new generation of wireless communication system in the future.

1 研究背景、目的、方法：

新一代無線通訊技術提供了通訊系統可擴展性、彈性和較低安裝成本，因此於智慧電網應用之可行性評估一直被電力公司所探討。有鑑於電廠係智慧電網重要的一環，應用新一代無線通訊技術在電力系統最上游之發電廠，建立穩定可靠的通訊系統具有巨大的潛力。透過新一代無線通訊快速高效的數據傳輸與處理，確保關鍵資訊如發電機組運行狀態能夠即時傳遞，可保障電廠的運營安全性與效率，並提升整體電網的順暢運行。惟無線通訊所產生的電磁波存在對周遭場域電磁干擾的風險，因此針對無線通訊應用時之電磁相容性 (EMC) 評估須加以考慮。

因此本計畫受大潭電廠委託針對現行火力發電運轉單位，評估電廠營運安全受 4G/5G 基地台訊號影響進行研究。為確保 4G、5G 技術的順利導入與最佳應用效能，前期對應用場域環境的深入評估十分關鍵重要，須對現有之無線通訊系統

效能評估以作為日後建置專頻專網應用之參考，不僅能幫助電廠在通訊技術升級過程中充分發揮無線技術的優勢，還能確保系統在升級後效能的穩定性。因此將盤點關鍵場域內 4G 及 5G 商用行動通訊業者其無線通訊之可使用效能。

並對目標場域內之各電信業者電磁訊號覆蓋強度驗證研析，目標場域特別針對廠區發電機組之各關鍵控制室進行評估，藉由與各國最新電磁相容法規及參考文獻之佐證比較，可確認本計畫場域應用之合適參考標準及其是否有電磁相容之風險。現場內各關鍵場域之通訊效能優劣將列表比較。同時可研析現有使用之頻譜中是否有干擾信號出現及其將對日後專頻專網建置使用是否造成影響。最後，對現有無線通訊技術運用於電廠之營運安全評估提出結論供台電公司未來在改善與規劃建構新一代無線通訊系統之有效參考依據。

2 成果及其應用：

本計畫為智慧電網建置所需，針對現行電廠環境採用 4G/5G 無線

通訊技術之前期評估，及佈建挑戰進行確認。為避免影響電廠儀電系

統資料傳輸之有效及可靠性。主要工作為電廠內電磁干擾影響及訊號傳輸之穩定性測試。

首先檢視國內外最新之電廠電磁相容相關文獻及法規標準後，依法規標準提供電廠建置無線通訊系統，避免對敏感設備造成電磁干擾提出防護建議。建立電廠關鍵儀控設備應用 4G/5G 無線通訊技術之可行性評估方法，後續可與國家能源部門持續進行調研和部署，為日後智慧電網建置所需之電力企業專網技術奠定基礎。

計畫中所採用研究方法亦可推廣應用於其他電廠場域驗證，以加速新一代無線通訊技術在電力場域中的可行性評估與落地應用，不僅有助於提升無線通訊技術在電力系統中的有效性，還能顯著提升系統運行效率與安全穩定性。所提出之方向與成果，可促進無線通訊技術成為電力行業數位化與智慧化轉型的重要支撐，替未來電力系統創新應用如物聯網、邊緣運算及分散式處理技術等跨領域整合提供關鍵參考依據。



圖 1 機組 LCP 現場控制室內量測實景



資料來源：本研究

圖 2 頻率範圍 2~4 GHz 於機組 LCP 內之量測結果

研究人員：資訊與通信研究室：廖文聘、洪瑞呈、劉宇恒、徐珮真

DCDAS 及下游設備精度優化機制之研究

Research on DCDAS and Downstream Equipment Precision Optimization Mechanism

Abstract

This research project uses Taipower Dalin Power Plant as an example to establish a time synchronization accuracy verification test method for the main synchronization clock source equipment of the DCDAS of Unit 1, and can be extended to the time synchronization performance verification of the downstream equipment in the system. Finally, the verification results are compared. And make suggestions for optimizing the time synchronization system architecture. After the project is completed, the experience of verifying the accuracy of the time synchronization signal of the master synchronization clock source equipment can

be applied to the verification of the master clock source equipment of the field control system of other power plants of the power company in the future. It not only ensures the accuracy and consistency of power grid system data, but also helps to improve the stability, reliability and safety of DCDAS, realize the optimization and intelligent management of power generation operation. Ensuring the normal operation of thermal power plants can improve maintenance efficiency and ensure the resilience of the power grid by synchronizing the time of downstream equipment.

1 研究背景、目的、方法：

台電公司於 111 年發生之 303 停電事故，造成南部地區停電，中、北部地區也有用戶受影響停電。台電公司風險管控專責單位為徹底發掘系統性風險，推行各項風險控管措施，落實風險管理，完善電網韌性以達穩定供電，邀國內外專家協助進行全面體檢及詳細診斷，提供改善建議以強化電網韌性。並成立事故專家調查小組進行會議討論，其中參與委員建議確認各設備所記錄時間是否具統一之校時機制，避免時間誤差造成時序與肇因判讀錯誤。檢視目前本公司火力發電廠中多利用 DCDAS 數位控制和數據擷取系統實時監測和控制火力電廠運行的各個關鍵參數，整合即時資料擷取、製程控制，當運作中一旦電網發生大範圍故障時，收集事件資

訊需要足夠的時間精確度來分析連鎖故障序列，建立 SOE 事件順序 (Sequence of Events) 以利進行根本原因分析。尤其當一個事件跨越多個場域時，更需共同時間同步參考的 SOE 資料。

因此本計畫針對現行火力發電運轉單位之 DCDAS 設備時間同步機制精確效能進行研究，受大林電廠委託研析其主同步時鐘源設備盤點其系統架構及設備規格效能並進一步建立量測驗證其時間同步精準度之方法，最後針對現行主時鐘源設備提出架構優化建議及規劃有效便利之時間同步精確度驗證方法，將可協助維運人員有效提升 DCDAS 及下游設備時間同步精確度之維運效率。

2 成果及其應用：

本計畫針對台電火力電廠之 DCDAS 之主時鐘源設備，盤點其

時間同步架構，建立時間同步之精確度驗證試驗方法，並對其現行時

間同步系統架構提出優化建議並針對關鍵之前端主時鐘源設備提供驗證結果。針對所研析電力領域之時間同步相關試驗規範提供參考，包含 GPS 主時鐘設備精確度之驗證試驗規範及規劃整體時間同步系統架構所需的主時鐘源和下游的每一設備組件之時間同步誤差性能要求，以達最終整體性能滿足設計需求之最大時間誤差累積，避免末端設備時間同步訊號未能接收解析而有效時間同步，系統架構需重新調整設計之困擾。本計畫所建立之驗證試驗方法可實際應用於本公司之各大火力電廠，主時鐘源設備時間同步信號精確度驗證經驗，可運用於本公司其他發電廠場域控制系統之主時鐘源設備驗證時間同步精確度之主要參考依據，可提升維運效率確保末端設備與系統時間同步之電網強韌性。

後續研究若能利用 5G 通信系統架構之時間同步信號傳輸再結合 PTP 封包定時網路，可將 5G 系統傳輸之時間同步資料封包作為 DCDAS 系統之時間同步源之一，利用 PTP 所提供之最佳主時脈演算功能選擇所有備援時間同步源包含現場單位之 GPS、PTP 封包定時網路去選擇最佳精確之可追溯時間同步源信號作為現場 DCDAS 之主時鐘時間同步源，再對其下游設備進行時間同步。此時間同步架構的有效性若能成功驗證，將能兼顧公司穩定供電及電網強韌之目標並具有重大創新意義，未來可望推展至公司需定時之各大關鍵場域，顯著提升電網定時系統的時間同步精確度，達成智慧電網建置的初期目標。



圖 1 現場量測儀器時間同步測試儀配置

研究人員：資訊與通信研究室：廖文聘、羅尹孜、洪瑞呈、劉宇恒

台澎海纜事故處置操作模擬驗證暨解聯暫態研究

Accident Response Operation Simulation Verification and Transient Study for Taiwan-Penghu Submarine Cable

Abstract

With the incorporation of the Taiwan-Penghu submarine cable into the system in 2021, in addition to providing another option for stable power supply to Penghu, it has also increased the grid connection capacity for renewable energy in Penghu. This allows the abundant renewable energy resources to not only be used locally in Penghu but also to transmit electricity back to Taiwan through the Taiwan-Penghu submarine

cable. To ensure smooth operation in the future, the accident response procedures prepared by the Department of Chianan Power Supply Branch are verified through a real-time digital simulation system (RTDS). Moreover, the impact of a submarine cable disconnection accident on the Penghu system is analyzed under the scenario where power flows from Penghu to Taiwan, reducing hidden risks.

1 研究背景、目的、方法：

因應台澎海纜於 110 年 10 月底加入系統，為預防事故處置操作程序對系統產生不可預期影響，因此透過即時數位模擬系統 RTDS 建置台澎海纜加入的台澎系統模型，針對嘉南供電區營運處編擬的事故處

置程序對台澎系統影響模擬分析。並針對大量再生能源由澎湖送往台灣之情境，以及尖山發電廠機組供電大於澎湖負載之情境，模擬分析海纜解聯事故發生時對澎湖系統可能造成的衝擊。

2 成果及其應用：

以下兩項模擬分析皆透過透過 RTDS 模擬系統建置模型，模型架構如圖 1 所示，包含台灣系統、澎湖系統以及相連之海纜模型，其中台灣系統由北港 P/S、四湖 P/S 以及等效至嘉民 E/S 之電源組成，而澎湖系統由澎湖 P/S、尖山發電廠、馬公 S/S 及湖西 S/S 所組成。相關設備之參數由嘉南供電區營運處及綜研所電力組協助提供，並與實際的暫態紀錄器量測資料比對以驗證模型合理性。除了相關設備建置，亦將澎湖饋線低頻卸載及再生能源相關之保護設定，一併加入模擬條件中。

1. 事故情境操處置操作程序模擬驗證
為使台澎海纜運轉情境更臻完善，因應北港～澎湖、四湖一、二路周邊相關設備故障或線路事故造成台澎海纜 N-1、N-2 事故，新營區域調度中心編擬事故處置操作程序。周邊相關設備事故主要針對北港～澎湖、四湖一、二路線路電抗器、

北港 P/S 及澎湖 P/S 匯流排電抗器、澎湖 P/S 345kV 及 161kV 匯流排等設備。分別依據北港～澎湖、四湖一、二路皆正常運轉，以及任一回路停電檢修中兩種情境下，編擬 20 個項次事故處置操作程序。

依據 109 年歷史資料挑選模擬案例，針對澎湖系統動態響應進行分析包含開關操作時電壓與頻率暫態現象、澎湖 161kV、69kV、北港及四湖匯流排穩態電壓變化、開關及電抗器投切時電流通過零點與否等等現象。事故點隔離後的處置操作，會因應系統電壓變化，如穩態電壓過高時投入電抗器以降低電壓。因此在部分事故情境下，須留意電抗器投入之順序，以避免投入時造成周邊斷路器電流出現不過零點之現象，確保斷路器遇故障時能正常動作，不會因此毀損，模擬結果如圖 2 所示。

2. 海纜潮流由澎湖送往台灣之海纜解聯事故分析

因應台澎海纜加入系統，未來可能發生尖山機組供電大於澎湖地區負載，以及澎湖地區大量再生能源送往台灣之情境，然而當海纜潮流由澎湖送往台灣之情境下，發生海纜解聯事故，則澎湖系統供給大於負載，使得澎湖系統的頻率升高，進而觸動相關保護設備保護。因此分別針對兩情境，模擬海纜解聯事故，分別分析是否會造成機組超速保護跳脫，以及大量再生能源瞬間跳脫時對澎湖系統之衝擊。前者以尖山發電廠 12 部機組皆在線上且每部機組以 10MW 發電作為主要電源，並參考 111 年台澎海纜並聯系統後的澎湖系統歷史紀錄，編擬可能的模擬案例。後者參考 112 年澎湖地區系統歷史資料，夏季中午海纜潮流由澎湖送往台灣且再生能源佔比高之紀錄，並考量澎湖再生能源已核待併容量設計模擬案例。

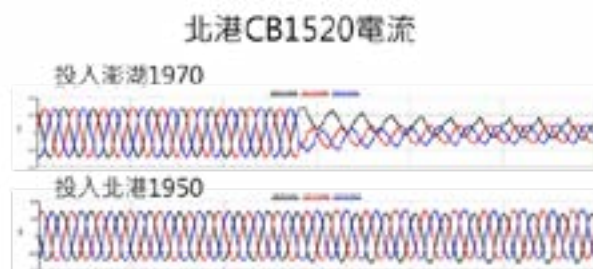
若發生 N-1 事故，系統仍可以穩定，不會觸動任何保護動作。若發生 N-2 事故，

因供需不平衡，將造成澎湖系統頻率及電壓過高，可能造成機組超速跳脫，如果在大量再生能源因高頻保護跳脫的情境下，會造成澎湖系統電壓出現過低的暫態現象。若系統在 N-1 狀況下有先行將機組上線數量及發電量降低，使海纜潮流為 $0 \pm 3\text{MW}$ ，在發生 N-1-1 事故時，系統仍可以穩定，不會觸動任何保護動作。但若沒有先行降載，將因供需不平衡造成頻率上升，進而觸動再生能源高頻跳脫，也可能觸動機組超速跳脫。若觸動再生能源與機組跳脫，將造成供給不足，使系統頻率及電壓降低，進而觸動低頻卸載等保護。雖然於 N-2 事故可後透過跳脫再生能源使澎湖地區供需平衡，然而在負載與再生能源發電量差距過大的情況下，因事故跳脫大量再生能源，對於系統的穩定度、電力品質以及對負載影響程度，隨著跳脫量增加而加劇，因此盡量避免過大的不平衡情境。



資料來源：本所研究繪製

圖 1 台澎系統模型架構



資料來源：本所研究繪製

圖 2 不同電抗器投入對電流變化影響

研究人員：高壓研究室：林湘芸、梁威志、洪碩甫

微電網的接地有效性需求分析

The Analysis of Effective Grounding at Microgrid

Abstract

Microgrids are named for their smaller scale compared to traditional power grids. Since the release of the IEEE 2030.7 standard in 2017, microgrids have been defined by three main characteristics: 1. Clearly defined electrical boundaries: The electrical boundaries of a microgrid must be distinct, enabling it to be differentiated from the traditional power grid. 2. Controllable and dispatchable resources: Microgrids need a control system to manage and

dispatch various resources, allowing the distribution network to treat it as a single entity. 3. Independent operation capability: Microgrids are permitted to operate independently from the distribution network.

Microgrids can switch between various modes. During the transition from grid-connected to islanded mode, and in stable islanded operation, insufficient grounding effectiveness can lead to temporary overvoltage (TOV).

1 研究背景、目的、方法：

微電網因相較於傳統電網而言較為微型故而得名，自從 2017 年 IEEE 頒布 2030.7 標準後，定義了微電網需要有三個主要樣態：1. 具有明確定義的電氣邊界、2. 具備可管理與調度資源的控制系統，可被配電網視為單一實體、3. 允許微電網獨立於配電網自行運轉。微電網具有在各種模式切換的功能，其中特別在併網轉換孤島的轉態以及孤島穩態情境下，可能因為接地有效性不足導致暫時過電壓 (Temporary Overvoltage, TOV) 的發生。TOV 又可依照其成因概括分成兩種，第一種的成因為分界點 (Point of Interaction, POI) 於切離當下的潮流狀態所致，切離前的發電量 > 負載量即會造成過電壓，反之為欠壓，

因該過電壓與負載有關，因此稱為負載反饋過電壓 (Load Rejection OverVoltage, LROV)。另一種係因缺乏參考電位所致，因配電網的中性線僅佈設至責任分界點，加上用戶變壓器多於一次側採用 Δ 接線。兩者情況導致微電網運轉於孤島時無法具備有效接地，當發生不平衡故障時，健全相電壓將因此抬升。此項過電壓因與接地有關，所以可以稱為接地故障過電壓 (Ground Fault OverVoltage, GFOV)。LROV 與潮流控制相關，可藉由微電網控制器限制潮流狀況得以緩解，GFOV 則與接地有效性相關，本研究提供改善對策以及改善結果，兩項不同的過電壓表現狀況如同圖 1 所示。

2 成果及其應用：

微電網內部設備多屬於變流器型資源 (Inverter-Based Resources, IBR)，其所遵循的標準以北美為例為 IEEE 1547，該標準參考 IEEE C62.92.1 制定了 IBR 所需符合的過電壓標準。依據接地係數 (Coefficient of Grounding, COG) 作為指標，計算的方法為 $COG = (\text{單相短路接地故障，健全相最高電壓方均根值}) / (\text{未故障的線電壓})$ 。

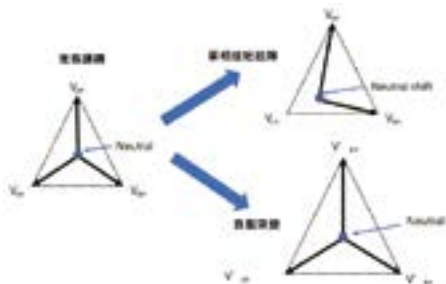
COG 極值為 1，標準中載明良好的接地系統 COG 需小於 0.8，對應至單相故障發生後，健全相電壓應小於 1.38pu。

國外電網公司對於超過一定容量以上的案場在併入電網時，須提供足夠的有效接地方可併網，在改善接地有效性不足的方法中，於微電網案場加入接地變壓器被視為是一項有效的做法，該種變壓器可使

用 Zig-Zag 或是 Y- Δ 接線形式進行實現。本研究中模擬分析南部地區某個饋線型微電網，模擬範圍如同圖 2 所示。模擬中採用等效電源模擬上游配電網，微電網與其相連即為併網模式，斷開後為孤島模式且由儲能進行供電。

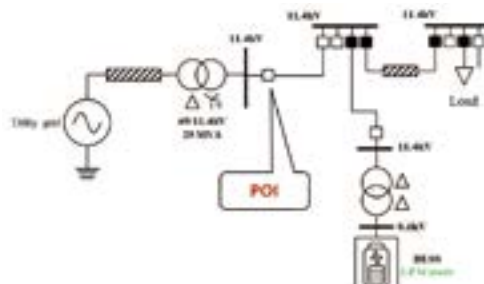
模擬分析的情境為單相短路接地故障與不平衡負載，其設定分別為 A 相接地故障，持續時間 0.2 秒以及僅有 A 相負載的不平衡狀況。圖 3 顯示加入接地變壓器前後於遭遇單相短路接地故障的結果，分

析結果顯示，原始狀況的健全相電壓可達 1.7pu 左右，加入變壓器後則為 1.35pu。圖四顯示加入接地變壓器前後於不平衡負載的結果，分析結果顯示，原始狀況因僅有 A 相負載，故 BC 兩相電壓達 1.6pu 左右，加入變壓器後則未有明顯過電壓狀況發生。本案所分析的兩種情境皆顯示加入接地變壓器後可有效改善系統過電壓，惟研究僅探討電壓部分，提供輔助接地會造成故障電流的改變，對於後續保護協調的設置亦須一併進行檢討。



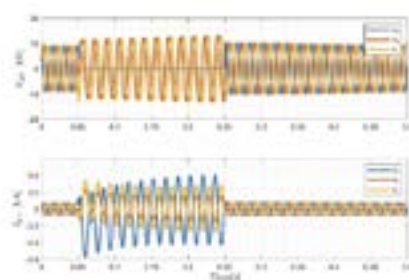
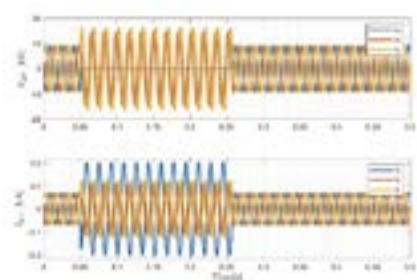
資料來源：本研究統整

圖 1 GFOV 及 LROV 的變化差異說明圖



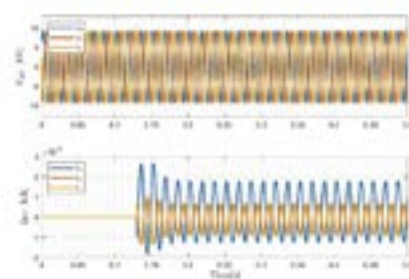
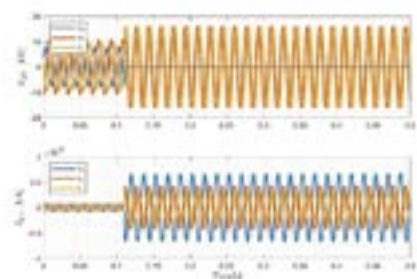
資料來源：本研究統整

圖 2 微電網範圍示意圖



資料來源：本研究整理

圖 3 單相接地故障 (左) 未加入 (右) 接地變壓器之比較結果



資料來源：本研究整理

圖 4 不平衡負載 (左) 未加入 (右) 接地變壓器之比較結果

研究人員：高壓研究室：洪碩甫、陳翊瑋、梁威志

電動載具充電相關通訊標準研析與實作

Analysis and Implementation of Electric Vehicle Charging Standard

Abstract

In response to the demand for zero carbon emissions, Taiwan government is actively promoting the electrification of transportation vehicles. However, their massive power consumption also poses a great challenge to the power grid. TPC, the utility in Taiwan estimates that if all transportation vehicles are electrified in the future, the annual power consumption will reach 205.3 billion kWh. To solve this problem, there are two main approaches: one is to expand the capacity of the power grid. However, since areas with high concentrations of electric vehicles are often located in high density populated areas, expansion projects are difficult to proceed. Therefore, another approach is to use existing power grid capacity more effectively, which is the direction of efforts

in various countries. The key to this is how to build a bridge of communication between electric vehicle charging facilities and power companies.

Considering the active expansion of IEC 61850 in substations of TPC, and that IEC 61850 can also be used as a communication protocol for distributed energy resource data exchange there is potential for electric vehicles to data model in IEC 61850 and to communicate with utility. This study first analyzes the method of distributed energy resource modeling using IEC 61850, and then combines the OCPP used in existing sites and the international standard IEC 63110-1 to find a suitable data model for electric vehicle and finally modeling it with the ICD tool of IEC 61850.

1 研究背景、目的、方法：

應政府減碳政策，未來我國燃油載具將逐步汰換為電動載具，相應基礎建設如電動載具充電樁亦陸續擴建。於可期未來，電動載具之充電將成為電網重要負載，或利用V2G方式成為分散式能源，為此電網端若能監控電動載具充電行為將有助於電網之穩定性。目前國際上充電樁營運商對充電樁監控多採用

OCPP之通訊協定，而本公司電網端監控多以DNP3或IEC 61850。IEC針對電動載具充電已提出IEC 61850-90-8定義相關資訊模型，並將提出IEC 63110用以管理電動載具之充放電。本研究將針對上述之標準進行研析，並實作部分標準間通訊資料之轉換，以利未來本公司相關資料之蒐集。

2 成果及其應用：

本研究研析電動載具電能補充系統與電網端互動之相關標準，將其應用案例之資料格式與現台電使用之智慧電網IEC 61850標準進行點位對照，並將其對應後之IEC 61850資料點位以IEC 61850規劃工具撰寫為ICD(IEC Capability Description)，其成果如圖1所示。

此模型可供未來電動載具電能補充案場與電網進行資料交換時參考，包含必要之交換資料設計與資料交換流程之規劃，並滿足國際標

準對電動載具電能補充案場之要求。

本案也進行電動載具電能補充模擬案場之建置，其整體架構如圖2所示。模擬案場可進行電能補充設備之測試，目前電能補充設備多採用OCPP作為通訊協定，但不一定具備完整OCPP功能，實驗室內可使用OCTT(Open Charge Test Tool, OCPP官方檢測工具)替代OCPP測試平台進行各功能檢測。OCPP測試平台可模擬電能補充案

備，此類複合式分散式能源之建模已規劃於 IEC 61850 標準內，未來將持續收集國際相關應用案例。另一未來研究方向為電能補充案場與電網之通訊，如前段所述未來將設置電能補充案場資料收集模擬平台，除實驗室內之模擬場域外也規劃與實體電能補充場域進行資料交換，以驗證相關標準應用案例。

本研究完成 AC 與 DC 充電之電能補充案場建模，考量 V2G 為電動載具熱門之發展方向，未來將持續關注相關發展與應用。此外考慮時間電價之調整，電能補充案場未來可能結合太陽光電或儲能設

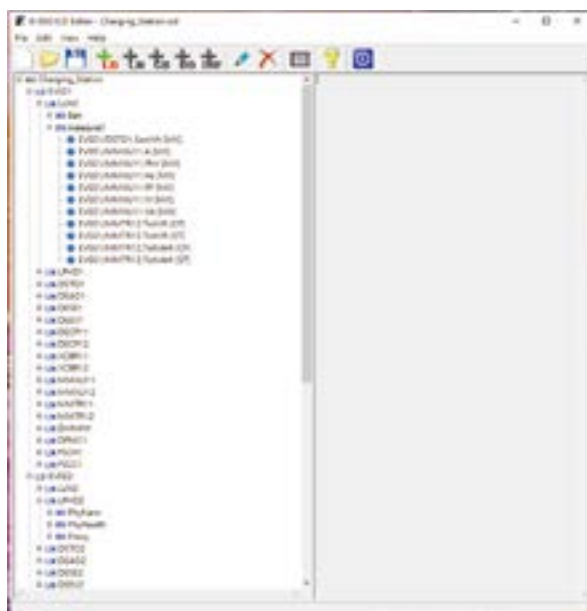


圖 1 IEC 61850 下之電動載具電能補充案場建模

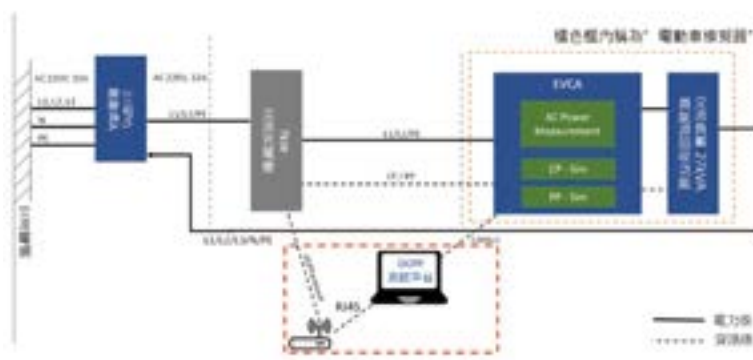


圖 2 電動載具電能補充模擬案場架構

研究人員：資訊與通信研究室：許乃倫、張廖俊魁、卓啟翔

PV 資通訊測試與整合應用研究

Study on PV Information and Communication Test Procedure with Integration Applications

Abstract

This study analyzes different grid codes and important international standards in response to high PV penetration scenarios. Various grid support functions that PV inverters or control systems should equip are also discussed. This study focuses on the information and communication interface of PV inverters with GSFs, or so-called Smart Inverters. It is considered that there should be more advanced control capabilities beyond domestic PV regulations and CNS 15382 standard to enhance the

stability and flexibility of the power system. Therefore, in addition to understanding the ICT interface for monitoring and controlling inverters of different brands, different system integration methods and relevant test procedures for such Smart Inverters are also studied. Besides directly and indirectly control through PV gateway, multi-inverter integration control scenario is tested. It is expected that BESS will be added and integrated through IEC 61850 XMPP platform in the next step.

1 研究背景、目的、方法：

本研究探討 PV 高滲透率情境下，不同電網法規以及重要國際標準，並研析 PV 變流器或控制系統所應具備各種電網支持功能。其中著重於前述設備功能所採用之資通訊介面，除瞭解不同變流器之資通訊介面及調控方法，同時研析變流

器設備資通訊檢測方法與程序，包含不同廠牌變流器之整合方法等，並針對直接控制、或透過 PV Gateway 控制等方式進行多變流器整合控制測試，預期未來將進一步與儲能系統整合，並介接至 IEC 61850 XMPP 雲端平台。

2 成果及其應用：

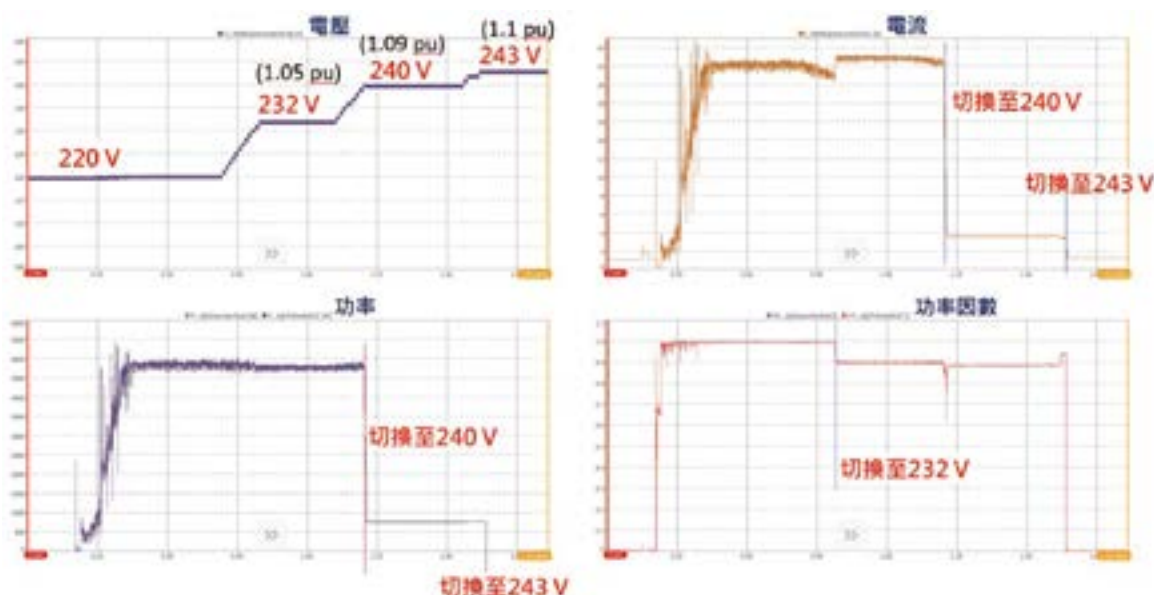
本研究除研析國內外有關變流器之規範與標準，並實際測試現行各廠牌變流器通訊控制介面，目前傳統變流器以 Modbus RS-485 通訊介面為主流，另有實體 Ethernet 網路介面搭配 Web 瀏覽器，或是藍芽、Wi-Fi 等搭配手機之 APP 軟體等。初期測試主要透過 Modbus 通訊，分別測試國內不同廠牌變流器之數值讀取及設定控制功能，並透過電力分析儀量測其輸出結果，如圖 1 所示為變流器自主調控功能之測試結果，顯示其符合 CNS 15382 要求之調節能力。除了自主調控功能設定外，一般變流器均可設定固定虛功率輸出、固定功率因數、實功率輸出限制等功能。

後期主要針對多台變流器進行整合測試，包含直接通訊控制，以及透過 Gateway 進行整合控制 2 種方法。圖 2 所示為 PV Gateway 之測試架構，此處的 PV Gateway 是使用通過 DREAMS 測試合格的商用產品，可用於接收變流器以及電表之讀值，並模擬傳送至 DREAMS 系統；此外，在既有的 DREAMS 相關規範下，PV Gateway 應是具備控制案場設備的能力，只是依據現行的應用需求以及安全考量，目前市面上新一代的 PV Gateway 產品多不支援控制功能。依據 DREAMS 通訊規格要求，將 Gateway 中的 Modbus 點位以及 DNP 3 點位規劃好，並完成對映 (mapping) 後，

便可利用 DNP 3 模擬器對 Gateway 下 Command；與直接控制不同的是，此處發出的是 DNP 3 指令而非 Modbus 指令，而控制及設定功能與 Modbus 直接控制的效果是相同的。

後續本測試系統擬介接至 XMPP 測

試平台，除強化廣域網路通訊上的資安強度，並且因應本公司未來可能之調控需求，提供一測試平台基礎，未來如再加入儲能系統，將能進行更全面性的分散式能源資通訊整合調控測試。



資料來源：本研究

圖 1 CNS 15382 自主調控功能測試結果



資料來源：本研究

圖 2 PV Gateway 測試架構

研究人員：資訊與通信研究室：張廖俊魁、卓啟翔、許乃倫、蘇亮宇

DER 資通訊檢測開放式資源平台研析

Research and Analysis of DER Information Communication Detection Platform

Abstract

The overall planning of the national smart grid was revised in February 2020. It refers to the direction of promotion of advanced national smart grid and taking "problem solving" as the guide. Among them, the establishment of Distributed Energy Resources (DER) application and testing platform is a key task for promoting smart grids.

In line with the overall planning of the national smart grid, the mission of Taipower is the construction and implementation

of smart grids. The overall planning of the smart grid program integrates seven key areas, including grid management and ICT infrastructure. Among these, the implementation of IEC 61850 and the integration of DER applications are key focus areas. This study is based on Taipower's promotion of DER and IEC 61850, focusing on analyzing DER communication standards and testing tools, as well as planning a DER communication testing platform.

1 研究背景、目的、方法：

配合政府分散式再生能源推動政策，本研究進行 DER 資通訊檢測開放式資源平台研析，包括 DER 資通訊標準研析、DER 資通訊檢測研析與 IEC 61850 資通訊檢測研析與應用等，此外，亦進行 DER 資通訊檢測開放式資源平台規劃，後續將

於實驗室建置相關檢測設備；未來可積極與公司相關業管單位協作，進行 DER 資通訊檢測，亦可協助 DER 相關資通訊法規修訂與進行相關應用研究，以期深化自主研發能量，為未來分散式能源大量布建與整合預作準備。

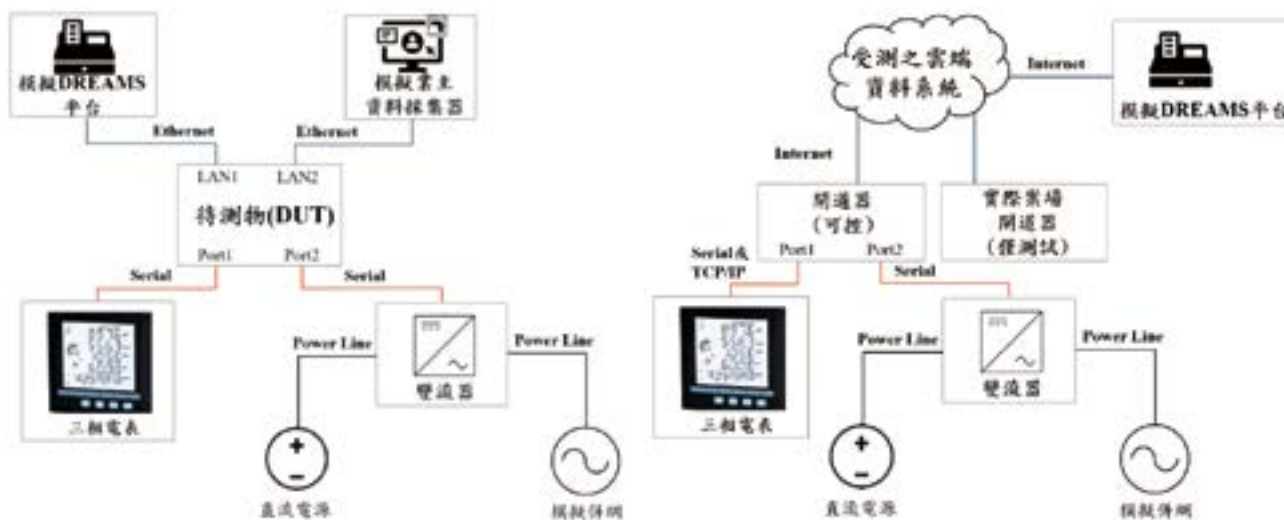
2 成果及其應用：

本案研究成果及其應用，摘述如下：

1. DER 資通訊標準研析，包括 DER 標準發展研析、DER 資通訊檢測規範研析等。
2. DER 資通訊檢測研析，包括 DER 閘道器與雲端平台資通訊檢測研析等，DER 閘道器檢測項目可以分成資料採集、控制設備與 DUT 設備管理等項目，檢測架構如圖 1 所示；DER 雲端資料系統檢測項目可以分成模擬併網下之三相電表及變流器資訊

傳輸資料、依據點表進行資料對映、於測試本機建立 VM 並架設 DREAMS 模擬平台等項目，檢測架構如圖 2 所示。

3. IEC 61850 資通訊檢測工具研析與應用，包括 IEC 61850 於 DER 資通訊檢測應用、IEC 61850 檢測工具研析與應用等。
4. DER 資通訊檢測開放式資源平台規劃，包括 DER 資通訊檢測硬體架構規劃、XMPP 資通訊檢測架構規劃等，如圖 3 與圖 4 所示。

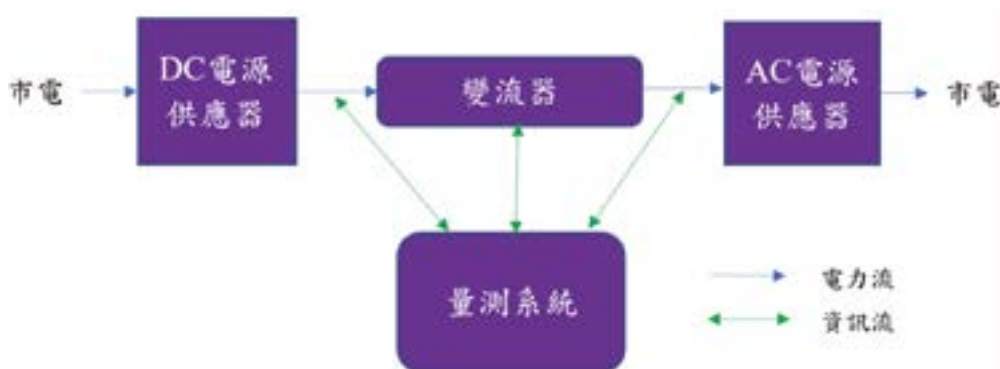


資料來源：再生能源監控設備試驗規範

圖 1 DER Gateway 資通訊檢測架構

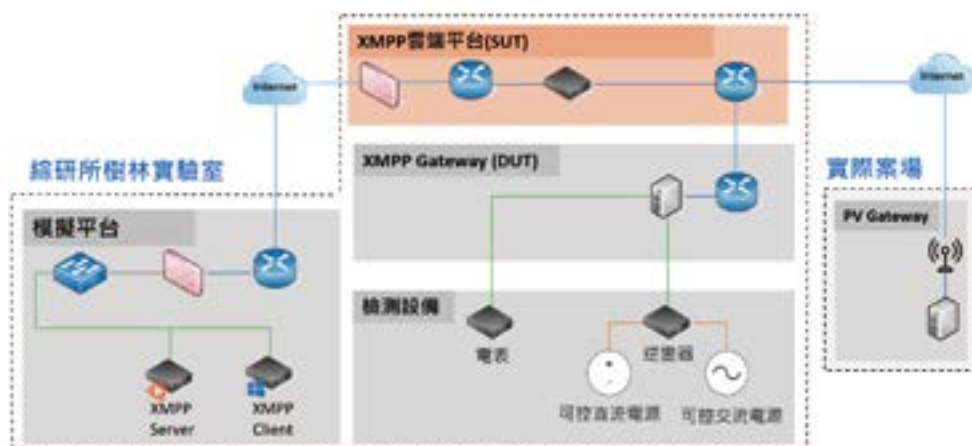
資料來源：再生能源監控設備試驗規範

圖 2 DER 雲端資料系統資通訊檢測架構



資料來源：本研究

圖 3 DER 資通訊檢測硬體架構規劃



資料來源：本研究

圖 4 XMPP 資通訊檢測架構規劃

研究人員：資訊與通信研究室：卓啟翔、張廖俊魁、許乃倫

大型光電案場環境監測與整合平台之建置與應用

Construction and Application of Large-scale PV Plant Environment Monitoring and Integration Platform

Abstract

This research plan takes Taipower's Zhangbin Solar Power Plant as a demonstration site to build a solar photovoltaic (PV) modules location identification and image health diagnosis information platform for large-scale PV farms. At the same time, a variety of expert diagnosis and analysis modules for thermal anomaly, sand dust, and module pollution are established. These diagnosis and analysis modules can automatically analyze the status of PV modules, optimize the

scheduling of manual inspection, cleaning, etc., reduce the cost of PV power plant operation and maintenance, and accomplish smart operation and maintenance of green energy.

After the project is completed, the experience in building the infrared thermal imaging information platform of this project can be used in the inspection of solar PV modules in Taipower's solar PV power stations to improve maintenance efficiency.

1 研究背景、目的、方法：

近年來，國內外運用無人機搭載紅外線相機於太陽光電案場之太陽光電模組缺陷檢測技術已發展成熟，無人機以預先設定的航線自動飛行，可精準重複每次檢測之位置，大幅縮減人工檢查工時，成為快速檢測太陽光電模組缺陷之有效方法。

本計畫以彰濱太陽光電案場為範例，針對大型太陽光電案場，建置太陽光電模組位置識別與影像健診資訊平台，可精確定位模組所在位置座標，以利人工檢測或無人機檢測之即時定位，並可將個別太陽光電模組之紅外線熱影像建檔於資訊平台中，做為模組健診之重要參考依據。

2 成果及其應用：

本計畫針對太陽光電廠，整合無人機高解析航照、地理資訊系統與雲端資料庫，將目前廣泛使用的無人機轉化為系統化的巡檢工具及影像分析模組平台，並實際應用於本公司指標性之大型太陽光電案場，研究成果預期可達成以下效益：

主要工作項目分為四大項：

1. 影像獲取與位置識別分項：包含地面控制點量測、案場 A~J 共十區太陽光電模組可見光及紅外線熱影像空拍及模組定位識別。
2. 地理資訊分項：包含建置太陽光電模組迴路圖層、太陽光電模組圖層、環境地形資料圖層。
3. 人員巡檢分項：包含建立人員巡檢 APP、查核管理模組、自動報表模組。
4. 環境監測與整合分項：包含建置太陽光電模組紀錄資料、太陽光電模組影像資料庫、太陽光電模組向量圖資、線上查詢 / 回報子系統。

1. 建立熱影像資料平台，作為快速篩選熱異常太陽能面板的方法，並產出巡檢清單，讓現場人員做進一步的現場診斷或是障礙排除，提高人工維修與巡檢效率。
2. 面板藤蔓遮蔽及廠區空地綠覆蓋分析資料未來可搭配發電量與熱

影像等相關模型，做為現場人員進場除草的決策依據。

3. 砂壩與沙塵分析模組未來累積足夠的資料數據，可提高砂壩監測能力，推估灰塵積累與發電量等關係模型，作為決定

的清潔週期重要參考。

4. 建立太陽光電模組熱影像健診履歷，可長期追蹤個別模組健康情形。
5. 提高整體太陽光電系統發電效率。

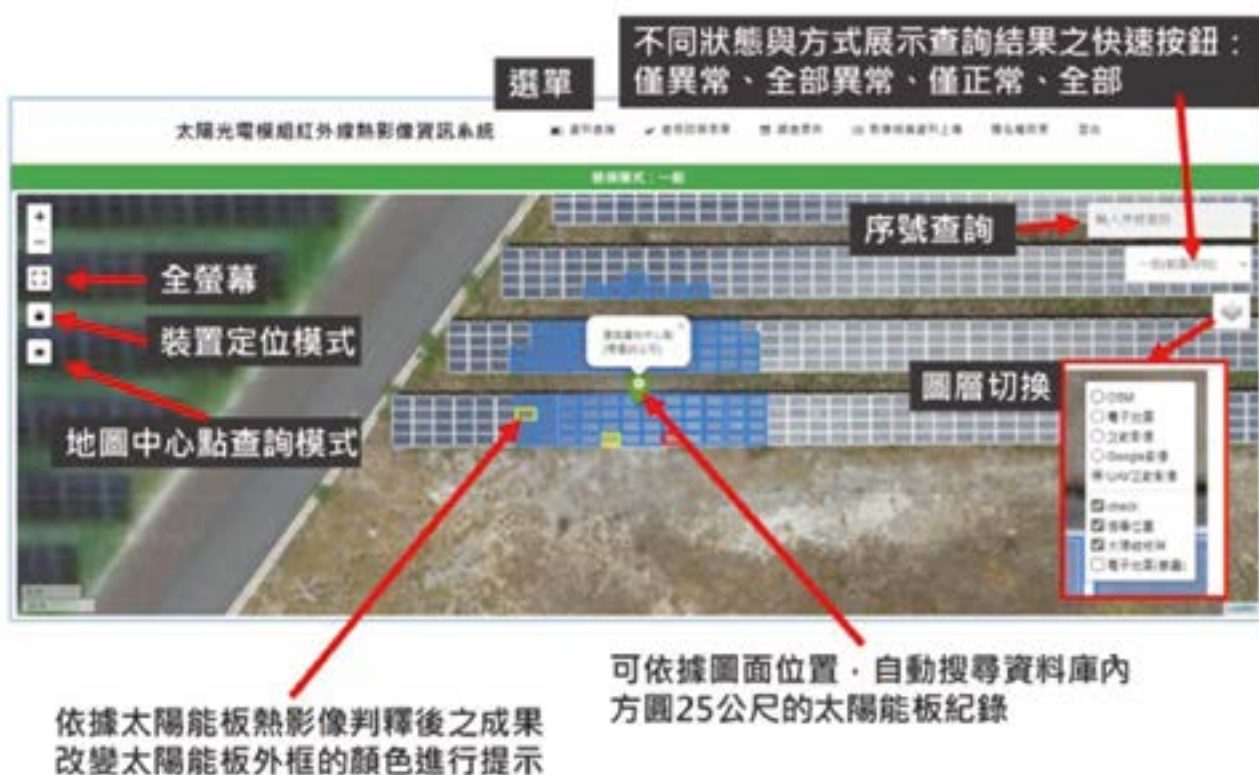


圖 1 本研究建置之太陽光電模組紅外線熱影像資訊系統

5G 專網資安防護評估研究

Research on 5G Private Network Security Protection Evaluation

Abstract

The 111th Annual "Feasibility Study on the Introduction of Advanced Communication Technologies for Power Industry Management" explored the application of 5G technology in smart grids, with a focus on renewable energy management and enhancing the stability and quality of power supply. Through the high throughput, low latency, and large-scale device connectivity features of 5G, this study conducted a Proof of Concept (PoC) and performed server system testing, wireless network configuration integration and testing. It also analyzed domestic and international smart grid communication technologies, examined international standards, and explored case studies of 5G and edge computing applications in power system communication modules. The findings demonstrated the practical value of 5G technology in smart grids, emphasizing the relevance of the Internet of Things (IoT) technology, especially in terms of real-

time data transmission, monitoring, and management effectiveness.

Although 5G technology offers significant advantages in improving efficiency and stability, it also introduces cybersecurity risks, including the potential for attacks on IoT devices, man-in-the-middle attacks, and security concerns at edge computing nodes. To address these risks, this study conducted a cybersecurity assessment of the 5G private network PoC in the Shulin District, following the IoT cybersecurity protection evaluation guidelines and the cybersecurity testing guidelines issued by the National Communications Commission. Methods such as vulnerability scanning, penetration testing, and impact analysis were applied. The research outcomes not only contribute to enhancing the security and reliability of 5G private networks, but also provide cybersecurity protection references for future IoT and 5G application scenarios.

1 研究背景、目的、方法：

本研究將以物聯網應用情境為出發點，並參照 TAICS TR-0022 v1.0《物聯網場域資安防護評估指引》，對樹林所區 5G 專網 PoC(Proof of Concept) 場域進行資安評估，依據國家通訊傳播委員會 (NCC) 公布之「第五代行動通信基地臺資安檢測指引」針對前瞻通訊技術概念驗證場域進行檢測。本評估將涵蓋場域威脅建模、漏洞檢測、滲透測試與衝擊分析等流程，形成詳細的評估報告，以有效揭示

該應用場域是否達到基本的資訊安全防護要求。本研究亦呼應國家持續推動物聯網技術與 5G 垂直應用發展策略，並將資安議題納入考量，研析國際物聯網資安評估指引或規範，旨在建立適用於物聯網場域的資安評估機制。這些成果可作為未來 5G 專網應用場域資安防護評估的驗收參考依據，進一步提升 5G 專網的安全性與可靠性，並降低使用新興服務所涉及的隱私與安全風險。

2 成果及其應用：

樹林 5G PoC 場域的 5G 基地台功能通過了國家通訊傳播委員會

(NCC) 公布之「第五代行動通信基地臺資安檢測指引」中「運作安全

性驗證」的相關檢測項目和標準。基地台廠商在出廠前也通過了 3GPP 安全協定合規性檢測，確保 5G 通訊符合 3GPP 安全要求。

測試結果顯示，場域在資料傳輸加密保護、禁止未經身份認證與授權使用系統功能、密碼複雜度規則、密碼變更、防止暴力破解和字典攻擊、安全事件日誌之外部儲存管理與傳輸方法、安全事件日誌檔之保護、軟體完整性驗證、連結識別碼 (Session ID) 安全性、事件紀錄、通訊埠掃描等方面均符合安全標準。弱點掃描發現兩個中等弱點，是由於場域使用自簽憑證。由於場域是概念驗證、測試或開發環境，僅供內部使用，且弱點不屬於高風險

弱點，因此測試結果仍然符合標準。

本研究將以物聯網應用情境為出發點，並參照 TAICS TR-0022 v1.0《物聯網場域資安防護評估指引》，對樹林所區 5G 專網 PoC(Proof of Concept) 場域進行資安評估，依據國家通訊傳播委員會 (NCC) 公布之「第五代行動通信基地臺資安檢測指引」針對前瞻通訊技術概念驗證場域進行檢測，符合本案計畫目標。

本研究在實際測試方面，主要依據 NCC 的「第五代行動通信基地臺資安檢測指引」進行，未來可以進一步實踐其他相關標準，例如 TAICS TR-0022 v1.0《物聯網場域資安防護評估指引》，更全面地檢驗測試 5G 專網的安全性。

分散式再生能源併網對配電系統線路損失之影響

The Impact of Distributed Renewable Energy Interconnection on the Line Loss of Distribution System

Abstract

With the development of renewable energy, there is an increasing reverse power flow condition occurred at many substations. This will impact the accuracy of the distribution system line loss calculation and decrease the overall visibility over the effect of reverse power flow on the distribution feeder line loss. Therefore, this project aims at establishing a system to integrate big data from various measurements such as the power meters. On the other hand, according to the Amendments to the Electricity Act in

2017, the renewable energy can transmit power directly through transmission and distribution system, which will bring a calculation gap to the current method used for line loss statistical analysis. Therefore, this project also aims at analyzing the line loss through measurements and simulations for different scenarios, including direct supply and wheeling cases. The outcome of this project is expected to be a benchmark for updating the statistical method of line loss calculation.

1 研究背景、目的、方法：

近年由於再生能源蓬勃發展，有多所變電所發生再生能源逆送之情形，影響現有配電系統線路損失統計之正確性，造成無法正確掌握再生能源逆潮流對配電饋線線路損失之影響程度。因此，本計畫藉由系統建置，整合電力電表等相關巨量資料，正確分析統計配電饋線之

實際線路損失。另一方面，新版電業法 106 年修正實施後，再生能源可透過輸配電業線路傳送電能，將對線路損失之統計與計算造成影響。因此，本計畫目標藉由量測及模擬分析線路損失，提供後續統計方式之依據。

2 成果及其應用：

基於本公司之需求及前述所設立之研究目標，本研究目前所獲成果摘要如下：
饋線模擬情境

本研究評估最有可能造成線路損失之四種變數，分別為負載量變化、負載位置、再生能源併入量以及再生能源併入點等變數，如表 1 所示。說明如下：

1. 負載量變化：其屬性包含最高負載量、季節或月份之負載正規化曲線模式之分佈模型。負載用電量數據正規化的預設最高負載量可依據季節或月份之用戶 AMI 歷史數據之每日 24hr 用電量最大值取平均值，或採用區處年度負載預測。各變壓器節點總負載量之計算將依據變壓器用戶關聯資料

對其涵蓋之一般用戶用電量進行加總。

2. 負載位置：負載位置選項以該饋線既有變壓器節點作為重要選項。其屬性包含：饋線範圍的區段位置、變壓器節點。
3. 再生能源併入量：併入量將同時考慮裝置容量與發電量。其屬性包含各 DG 裝置容量為現有裝置容量之百分比、24 小時發電量曲線。各變壓器節點連接之 DG 發電量將依據饋線之用戶與變壓器關聯對其涵蓋之 PV 用戶發電量進行加總。
4. 再生能源併入點：併入點選項以該饋線既有變壓器節點作為重要選項。其屬性包含：饋線範圍的區段位置、變壓器節點。

表 1 線損模擬情境輸入變數

變數	屬性選項說明
負載量變化	- 負載基準量 (預設模式或依據負載水平等比例調整) - 季節或月份負載正規化曲線模式 - 負載曲線模式之分佈模型 (例如：平均分配、隨機模型)
負載位置	- 在饋線範圍上，距離主變電站位置 (例如：饋線首段 (0%~33%)、饋線中段 (34%~66%)、饋線末段 (67%~99%)) - 既有變壓器節點
再生能源併入量	- 原裝置容量之 $x\%$ ($0 < x < \text{最大可併容量}$) 24 小時發電量曲線 (訓練模型或 PV 標準模型)
再生能源併入點	- 在饋線範圍上，距離主變電站位置 (例如：饋線首段 (0%~33%)、饋線中段 (34%~66%)、饋線末段 (67%~99%)) - 既有變壓器節點

圖表來源出處：本研究彙整

依據本研究考量的線損模擬情境之輸入變數 (負載量變化、負載位置、再生能源併入量、再生能源併入點位置) 與饋線再生能源發電情境，彙整線損關聯性如表 2。其中有無逆送之判斷應考量不同時間

點的日照情況，以及 PV 發電量是否大於負載需求。在無逆送情形下併入再生能源可降低線路損失，在有逆送情形下須同時考量多種再生能源影響線路損失之關聯因素。

表 2 線損關聯性說明

輸入變數 再生能源 發電情境	負載量變化	負載位置	再生能源 併入量	再生能源併入點 位置
無分散式再生能源	與負載量變化呈現正相關	與負載位置至出口主變之間距離呈現正相關	無關聯	無關聯
有分散式再生能源但無逆情形	與負載量變化呈現正相關	與負載位置至出口主變以及負載位置至再生能源併入點位置之間距離呈現正相關	與再生能源併入量呈現負相關	與再生能源併入點位置至負載位置之間距離呈現正相關
有分散式再生能源且有逆送情形	與負載量變化呈現負相關	與負載位置至出口主變以及負載位置至再生能源併入點位置之間距離呈現正相關	與再生能源併入量呈現正相關	與再生能源併入點位置至負載位置以及再生能源併入點位置至出口主變之間距離呈現正相關

圖表來源出處：本研究彙整

研究人員：電力研究室：陳健舜、簡振宇、柯喬元

利用電力品質儀診斷大型光電案場變流器之應用研究

Study on the Application of Power Quality Instrument in the Diagnosis of Large Photoelectric Field Converters

Abstract

In response to the large amount of renewable energy on the island connected to the grid, power electronic devices such as converters have been widely used in recent years, and power converters are widely used in various power devices. Although power devices can be effectively controlled, these power devices have nonlinear characteristics of the load will cause the power system to suffer from serious voltage flicker and harmonic pollution. This research will go to various large-scale projects on the island to measure the power quality data, analyze the data, and establish a DigSILENT

model for interactive comparison. This plan first went to the island's large-scale photovoltaic field to measure the power quality data of the converter, and searched for the impact of voltage harmonics, current harmonics or voltage flicker on the equipment caused by foreign large-scale photovoltaic field converters (such as temperature rise, resonance damage, etc.), and finally establish the DigSILENT model of large-scale photoelectric and wind power field, and conduct interactive comparison with the actual field.

1 研究背景、目的、方法：

為因應本島再生能源大量併網，電力電子設備如變流器近年來大量使用，電力轉換器廣泛的被使用在多種電力設備中，雖然電力設備可以被有效的控制，然而這些電力設備有非線性負載的特性會導致電力系統受到嚴重的電壓閃爍及諧波污染，本研究將赴本島各大型案場量測電力品質數據、針對數據進

行分析，並建立 DigSILENT 模型交互比對。本計畫首先赴本島大型光電案場量測變流器之電力品質數據，並搜尋國外針對大型光電案場變流器造成電壓諧波、電流諧波或電壓閃爍對設備造成之影響（如溫升、共振破壞等），最後建立大型光電及風力案場之 DigSILENT 模型，與實際案場進行交互比對。

2 成果及其應用：

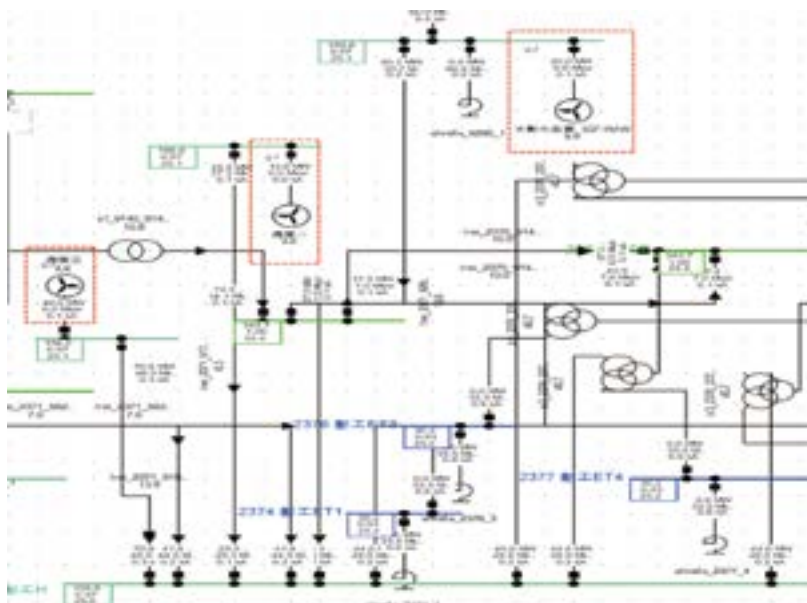
基於本公司之需求及前述所設立之研究目標，本研究獲成果摘要如下：

本計畫先針對諧波可能對電力系統造成之影響進行說明，統整諧波對電力系統所能造成之衝擊，整理目前普遍使用於抑制諧波的技術及措施，並蒐集國際及台灣併網諧波規範。針對台灣本島再生能源最密集之彰濱地區，本計畫依系規處提供之 PSSE RAW 檔建立 DigSilent 系統模型，盤點 115 年所併網之再生能源（風力、太陽能），

以崙尾光 161kV 匯流排、彰一甲 161kV 匯流排及彰工 161kV 匯流排轄下之再生能源進行諧波電壓及諧波電流模擬分析，與實際量測之電力品質資料進行分析及比對。由於彰一甲 161kV 匯流排上有許多再生能源，本計畫也以 N-0 及 5 個 N-1 故障情形進行阻抗掃頻分析，除電流諧波外，電壓諧波也是公司及電力韌性辦公室所重視的項目，本計畫也一併進行模擬分析，並與 IEEE Std 519-2022 規範比對是否有超標之情形發生。

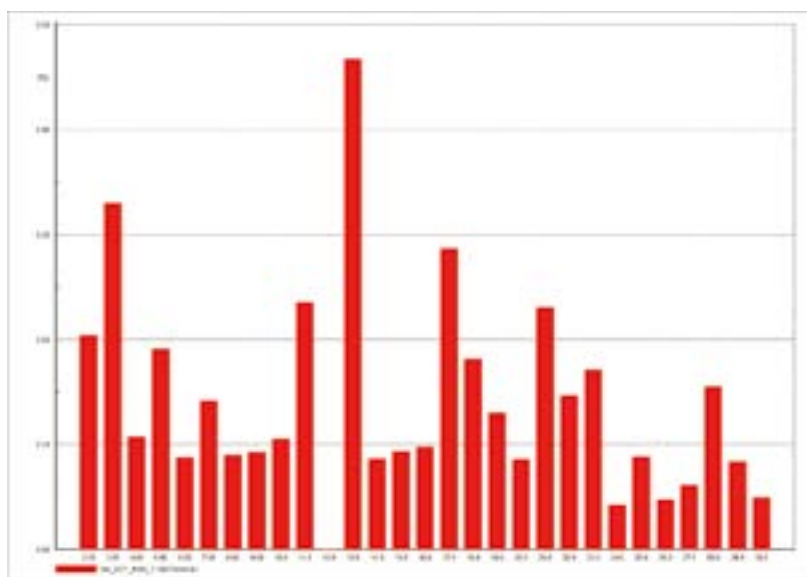
本公司目前對於目前業者再生能源電力品質審查部分，因業者多數沒有使用相關模擬軟體之經驗，並多以紙本報告或承諾符合書之方式進行審查，本計畫以彰濱再生能源熱區進行模擬軟體示範，針對再

生能源模型、變壓器及線路等參數調整皆有初步成果，除可防範諧波對電力系統上之潛在威脅，阻抗掃頻數據及實際量測之電流諧波資料也可做為業者設計再生能源案場或 STATCOM 設備之依據。



圖表來源出處：本研究彙整

圖 1 彰工 H 161kV 匯流排轄下風力發電



圖表來源出處：本研究彙整

圖 2 彰工 H 至海龍三線路 -Ine_2371_9180_1 諧波電流分析

研究人員：電力研究室：唐城、吳旻哲

高空電磁脈衝對台灣電網設備影響之評估

Evaluation of the Impact of High-altitude Electromagnetic Pulse on Taiwan Power Grid Equipment

Abstract

High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) is a type of electromagnetic pulse generated by high-altitude nuclear explosions (above 40 km). It is produced by the interaction of gamma rays with air molecules and the Earth's magnetic field. The IEC categorizes HEMP waveforms as E1, E2, and E3 based on their duration, with E1 being the shortest and having the highest electric field strength, potentially damaging electronic systems.

This study analyzes the current status and weaknesses of electromagnetic pulse protection in domestic power grids and identifies protective relays as the most critical and vulnerable low-voltage electronic devices in substations. Therefore,

this research report mainly refers to international standards related to HEMP protection and EPRI technical reports to conduct electromagnetic pulse tests on protective relays and measure the shielding effectiveness of buildings to confirm the impact of HEMP on equipment.

This research investigates the impact of HEMP on Taiwan's power grid equipment and collects relevant technologies that can mitigate the impact of HEMP (E1, E2, E3) on power equipment. This information can serve as a reference for various departments within our company to strengthen the protection measures of power grid equipment and reduce the impact of HEMP.

1 研究背景、目的、方法：

高空電磁脈衝 (HEMP) 是高空核爆炸產生的輻射 (伽瑪射線) 與空氣分子和地球磁場相互作用所產生電磁脈衝。IEC 將短持續時間、中持續時間和長持續時間 HEMP 波形分別標記為 E1、E2 和 E3，持續時間最短的波形 E1 具有高電場強度，有可能會損壞電子系統，經盤點國內電網電磁脈衝防護現況與弱點分析，確認保護電驛為變電所最為關鍵且最可能受影響的低壓

電子設備，因此本研究報告主要參考 HEMP 防護相關之國際規範與 EPRI 技術報告對保護電驛進行電磁脈衝試驗分析，並量測建物屏蔽效值，以確認 HEMP 對設備之影響。

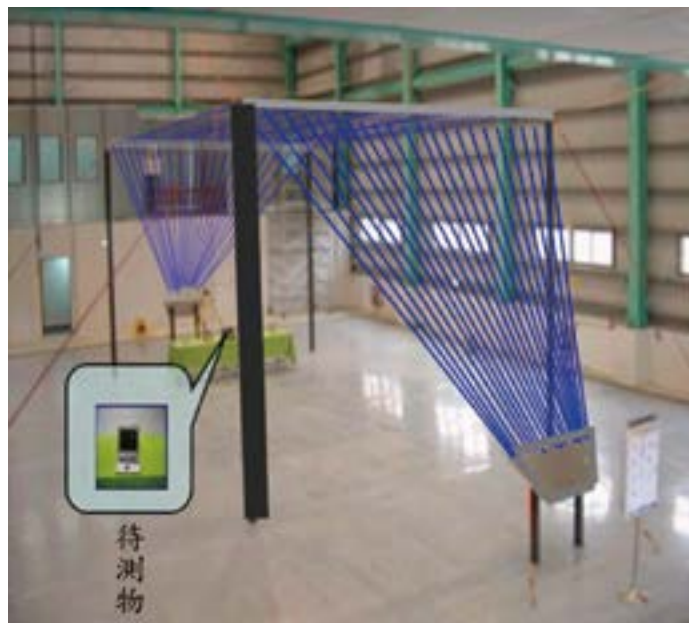
本研究評估高空電磁脈衝對台灣電網設備之影響，並蒐集緩解高空電磁脈衝 (E1,E2,E3) 對電網設備影響之相關技術，可提供本公司各單位參考，強化電網設備防護措施，以降低高空電磁脈衝之影響。

2 成果及其應用：

1. 盤點國內電網電磁脈衝防護現況，評估高空電磁脈衝對台灣電網設備之影響，並確認關鍵設備建物之屏蔽效值與關鍵設備之耐受度。
2. 整合量測報告與蒐集緩解高空電磁脈衝 (E1,E2,E3) 對電網設備影響之相關技術後，提出強化電

網設備防護措施以降低高空電磁脈衝影響之建議。

中科院平行電場模擬器如圖 1 所示，可模擬高空電磁脈衝 (HEMP) 之電場強度，最大輸出電壓 300kV，最大電場強度達 50kV/m，脈波上升時間 $\leq 10\text{ns}$ ，對待測物進行耐受度測試。



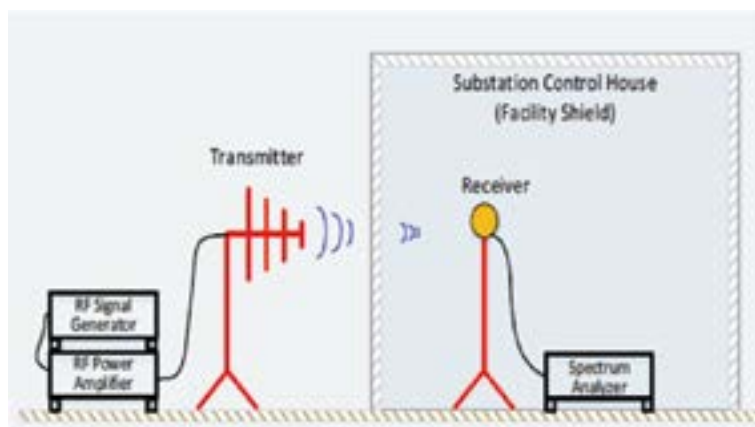
圖表來源出處：行政院國土安全辦公室「國家關鍵基礎設施應對電磁脈衝攻擊之安全防護分析與研擬對策」專題報告

圖 1 中科院平行電場模擬器

建物屏蔽效值量測示意圖如圖 2 所示，將發射訊號除以接收訊號後再取分貝值即可得屏蔽效值 (dB)，由此可知，數字

越大代表屏蔽效果越好。公式如下：

$$\text{屏蔽效值 (dB)} = 20 \log \left(\frac{\text{發射訊號}}{\text{接收訊號}} \right)$$



圖表來源出處：EPRI, "High-Altitude Electromagnetic Pulse and the Bulk Power System Potential Impacts and Mitigation Strategies", 2019 Technical Report.

圖 2 屏蔽效值量測示意圖

研究人員：電力研究室：林士傑、柯喬元、王永富

廣域量測系統於適應性保護機制之應用研究

Application Research of Wide Area Measurement System in Adaptive Protection Mechanism

Abstract

This project explores the application situation and operation and maintenance experience of Wide Area Measurement Systems (WAMS) in advanced countries around the world through questionnaire surveys, and collects adaptive protection mechanism verification methods to initially

evaluate the feasibility of introducing the Taipower system. sex. In addition, we conducted interviews with two power companies in the United States to discuss the application and future development of PMU and WAMS.

1 研究背景、目的、方法：

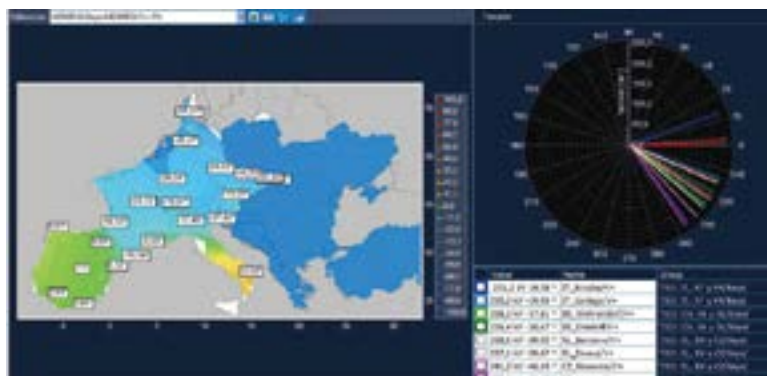
由於大量再生能源併網及電網結構越趨複雜，單由電驛單體獲取事故資訊之先天性不足，且保護協調困難，未來或許可透過廣域量測的資訊，協助判斷特殊故障事件，防止事故電範圍擴大。再者，數位電驛可以實現適應電驛 (Adaptive Relaying) 觀念；電驛設定邏輯可以依據系統狀態與電網結構變化而調整，達到兼顧

可靠性 (Dependability) 與安全性 (Security) 的目標。本計畫透過問卷調查探索世界各先進國家廣域量測系統 (Wide Area Measurement System, WAMS) 的應用情形及運轉維護經驗，並蒐集適應性保護機制驗證方式，以初步評估導入台電系統的可行性。另外至美國 2 家電力公司進行訪談，交流 PMU 及 WAMS 應用及未來發展。

2 成果及其應用：

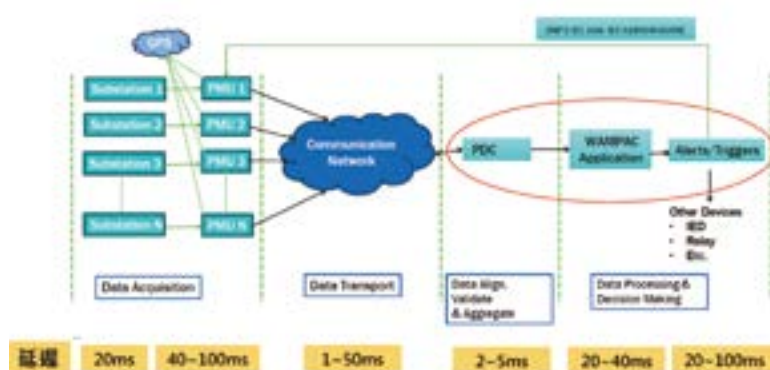
1. 蒐集多個歐美國家 PMU 及 WAMS 應用案例 (圖 1)，比較本公司現有 PMU 系統，提出建議。
2. 至美國參訪置 PMU 數據監測中心，包含道明尼能源公司 (MARC) 和紐約電力局 (ISOC)。建立與美國電力公司之交流管道。
3. 電力調度採購新一代 EMS 系統，規範中已納入廣域監測系統之應用介面需求。本所提供相關建議。
4. 依據本案研究成果，參考國外經驗，逐步擴充 PMU 數據監測中心，整合數據監控、分析與應用功能，發揮 PMU 設備最大效能。數據資料庫亦可作為未來 AI 學習之基礎，提升系統穩定度和預測能力。

廣域監測系統 (WAMS) 已成為全球電力系統運轉和診斷系統問題及弱點的必要工具。目前 WAMS 可藉由低頻振盪偵測、相角差監測、諧波異常偵測及慣量估計等功能，可在系統異常時提出警告，讓調度人員進行發電機調整或相關操作，也是確保電網安全的方法。先進國家電業並無利用 WAMPAC 執行設備端主保護功能 (主要為延遲問題，如圖 2)，考慮系統穩定性及安全性，啟斷 CB 的相關保護工作仍由電驛執行較妥當。有部分電力公司則將其用於系統調控，如調壓設備控制及 RAS。RAS 操作內容可能包括改變負載需求、發電量 (MW 和 MVAR) 或改變系統配置以保持系統的穩定性 (如圖 3)。



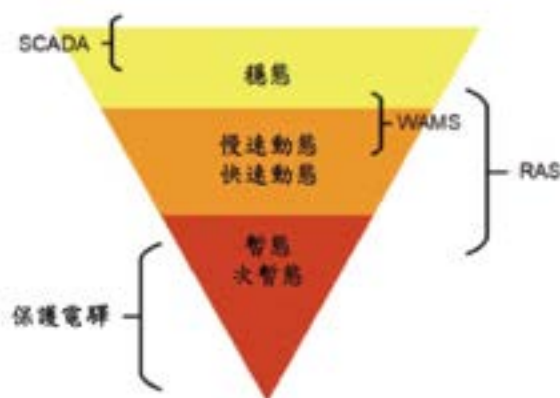
圖表來源出處：：ENTSO-E Final Technical Report: "Power System Separation of Iberia from Continental Europe on 24 July 2020", March 2022.

圖 1 歐洲輸電系統 (ENTSO-E) 之 WAMS 應用



圖表來源出處：EPG 2024 Synchrophasor Applications for Grid Stability and Resilience

圖 2 WAMPAC 資料流及延遲



圖表來源出處：本研究彙整

圖 3 RAS 應用層面

研究人員：電力研究室：柯喬元、王永富

再生能源併網熱區諧波潮流追蹤及應用研究

Harmonic Power Flow Tracking and Application Research of Renewable Energy Grid-connected Hot Zone

Abstract

A Harmonics from renewable energy can cause many negative impacts on the power grid. Harmonics can distort voltage and current waveforms, resulting in reduced power system efficiency and unstable power supply. In terms of equipment, harmonics can cause overheating, vibration, and even damage to electrical equipment, shortening the service life of the equipment. In more extreme cases, harmonics may cause

protection equipment to malfunction and affect the safety of the power system.

These impacts range from reducing the efficiency of the power system to damaging equipment and affecting power supply stability and safety. Therefore, it is crucial to monitor and mitigate the harmonics generated by the integration of renewable energy into the grid to ensure stable and reliable operation of the power system.

1 研究背景、目的、方法：

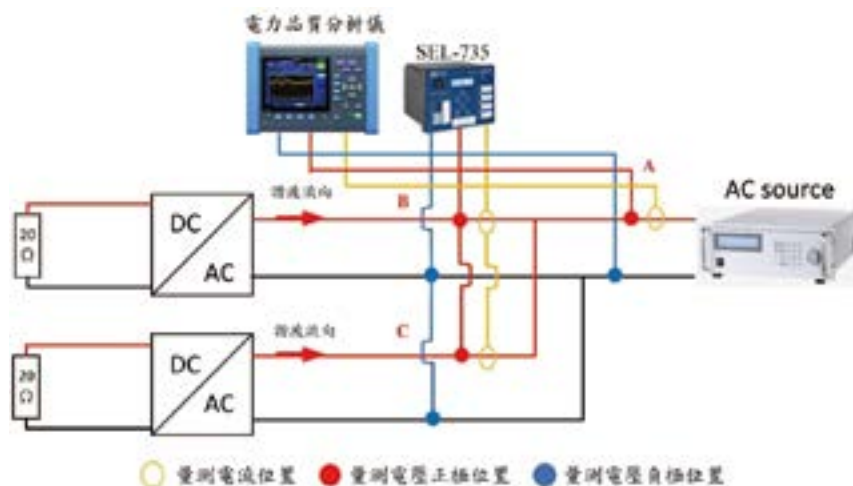
再生能源的諧波會對電網造成許多負面影響，諧波會扭曲電壓和電流波形，造成電力系統效率降低，供電不穩定。在設備方面，諧波則會導致電力設備過熱、震動，甚至損壞，縮短設備使用壽命。更極端的情況下，諧波可能導致保護設備誤動作，影響電力系統安全。這些影響輕則降低電力系統效率，重則損壞設備、影響供電穩定和安全。因此，監控和減輕再生能源併網產生的諧波至關重要，以確保電

力系統穩定可靠地運行。本計畫進行了三種不同諧波潮流之縮尺模擬實驗，並使用兩台符合國際量測標準並可識別諧波潮流之電力錶計進行量測及比對。本案另至彰一開閉所進行電力品質之監測，監測點選擇兩家不同開發商之離岸風場，以及一條台電輸電線路，分析諧波潮流。最後分析彰光案場變流器諧波成分，嘗試找出影響案場電容器壽命之原因。

2 成果及其應用：

本案蒐集 113/1/10~113/2/15 監測紀錄資料，並進行 HIOKI PQ3198 及 SEL-735 電錶量測數據比對。SEL-735 電錶所量測之電流數據，在某幾階與 HIOKI PQ3198 有落差，可能為 SEL-735 電錶之比流器（非原廠認證）精度問題，而導致差異。另外此 2 台儀器在 3 階及 9 階都有電流角度分布過廣問題，相位如變動過快將導致短時間諧波方向性判斷的困難。監測沃一線和芳一線兩條線路之電力諧波數據，證實仍可依長時間之諧波潮流判別流向。分析 2 台儀器所監測之

數據之一致性，可得知電網端通常貢獻第 5 階諧波至離岸風場，與本所 PMU 監測系統所監測結果一致。未來有特殊情況需再判斷風場之諧波流向，建議使用符合 IEC 61000-4-30 ClassA 以上標準之電力分析儀作監測，電流勾表亦須符合國際相關規範。因本案僅作測試建置，主要目的為釐清諧波流向判定之可行性。（測試架構如圖 1）如未來欲作長期作諧波識別系統建置，本報告亦提供了不同儀器之相關數據可作參考。

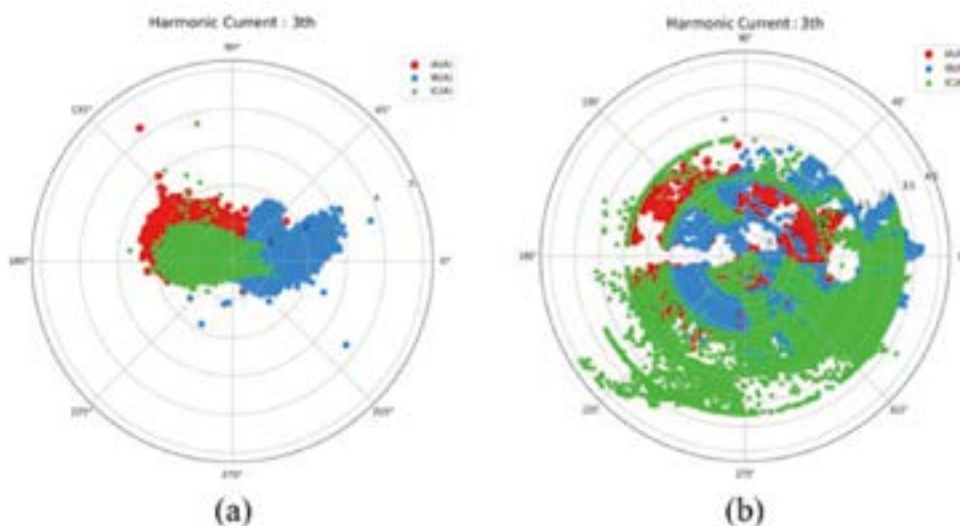


圖表來源出處：本研究彙整

圖 1 諧波由再生能源業者流向電網測試

PQ3198 與 SEL-735 在量測芳一線的 3 次諧波電流角度分布如圖 2，PQ3198 的收斂情形較佳。針對改善再生能源諧波問題提出建議如下：

1. 抑制諧波源：選擇低諧波排放的設備、
2. 提升電網承受能力：強化電網結構、長期電網監測與分析。
3. 制定相關規範：完善併網標準、加強審查與監管。



圖表來源出處：本研究彙整

圖 2 (a) HIOKI PQ3198 (b) SEL-735 芳一線 3 次諧波電流角度分布

研究人員：電力研究室：柯喬元、江文莊、唐城、吳旻哲

基於實際案例之再生能源逆送電對電力變壓器影響之風險評估

Risk Assessment of the Impact of Renewable Energy Backfeeding on Power Transformers Based on Real-World Cases

Abstract

Taiwan Power Company has established relevant specifications for renewable energy grid integration. There is currently a lack of research on the impact of reverse power sources on power transformers in actual systems. Therefore, this study analyzes the impact of reverse power sources from renewable energy on the service life of transformers. First, this study establishes the DIgSILENT model (steady-state model) and the ATPDraw model (transient model) of power transformers, including E/S 345 kV 500 MVA autotransformer and D/S 161

kV 60 MVA distribution transformer. Then steady state and transient analysis are carried out. Next, this study establishes the three-dimensional electromagnetic field model of these two power transformers. The steady-state analysis results and the over-voltage and over-current results of the transient analysis are used as the input source of this electromagnetic field model to evaluate the mechanical stress impact of the power transformers. Finally, this study makes evaluations and conclusions based on the simulation results.

1 研究背景、目的、方法：

發展再生能源為各國所關切的議題，因應全球暖化及 2050 年淨零碳排政策之影響，傳統的石化能源逐漸被綠色能源所替代，能源轉型對於電力系統是一大挑戰。傳統發電都由電力公司集中式發電並負責供應給用戶端使用，但加入再生能源之後，用戶端不只限於用電，同時兼具發電的責任。本研究目的為針對逆送電的潮流對變壓器的衝擊進行研究探討。因此，針對電力變壓器的穩態雙向潮流、暫態電源

開關投切及穩態與暫態之最大機械應力進行模擬分析。整體研究規劃上，將依據國內外相關的研究進行分析與比對，然後使用電力系統穩態與暫態分析軟體進行再生能源併網至電力變壓器的建模，以得到近似真實情況的穩態（雙向電力潮流）與暫態（瞬間過電壓與過電流）波形，然後使用有限元素分析軟體，進行兩種電力變壓器建模，並分析再生能源併網對於電力變壓器的機械應力衝擊影響。

2 成果及其應用：

本研究將針對台灣電力公司（以下簡稱台電）超高壓變電所（Extra-High Voltage Substation, E/S）與配電變電所（Distribution Substation, D/S）之系統進行建模，並深入探討電力變壓器在雙向電力潮流下的穩態運轉特性。利用商用電力系統分析軟體 DIgSILENT 進行穩態運轉分析，並研究電力變壓

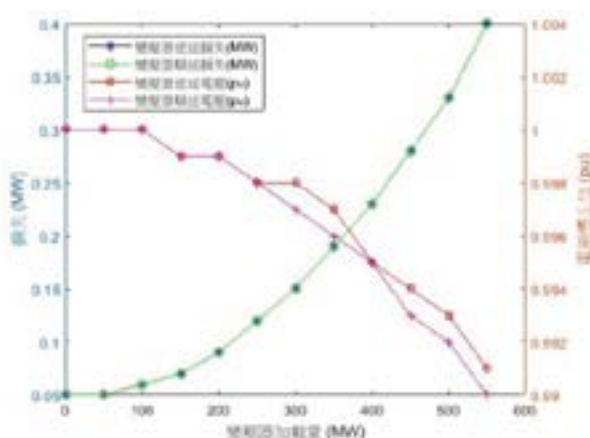
器在雙向電力潮流下之加載量、併網前後系統穩定性、系統損失。本研究以台電彰化超高壓變電所 A 之 345 kV/500 MVA 油浸式變壓器（代號：A.T2 電力變壓器）與台電彰化配電變電所 A 之 161 kV/60 MVA 油浸式變壓器（代號：NO.3 電力變壓器）作為研究標的。將電力變壓器順送電力 0-110 % 及逆送電力

0-110 % 之範圍定義為模擬情境，以及模擬輕載與重載等情境組合。透過商用電力系統分析軟體 **DlgSILENT** 進行穩態運轉分析，以探討雙向電力潮流對於電力變壓器之影響。

1. 雙向電力潮流對於電力變壓器影響之比較

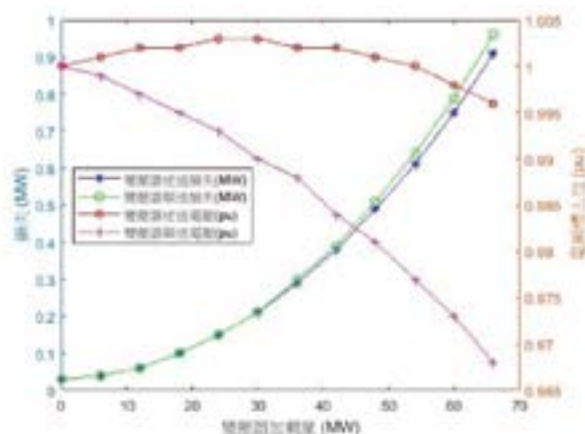
圖 1 與圖 2 分別為彰化超高壓變電所 A 之 A.T2 與彰化配電變電所 A 之 NO.3 電力變壓器操作於順送與逆送電力時，變

壓器損失與電壓在不同加載量下的變化。圖中橫軸代表變壓器加載量，其定義為變壓器扣除銅鐵損後傳遞至二次側的能量，左側縱軸代表變壓器損失，右側縱軸代表變壓器電壓標么值。根據比較結果可發現，變壓器損失無論是操作在順送或逆送電力時，其差異皆不大。而變壓器電壓，則會隨著再生能源順送或逆送電力之輕載與重載改變而有些微變化。



資料來源：本研究整理

圖 1 順、逆送電力時，彰化超高壓變電所 A 之 A.T2 電力變壓器之損失與電壓比較。



資料來源：本研究整理

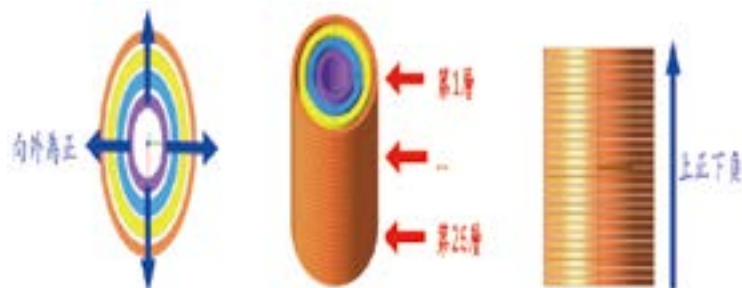
圖 2 順、逆送電力時，彰化配電變電所 A 之 NO.3 電力變壓器之損失與電壓比較。

2. 電力變壓器之有限元素模擬與分析

變壓器健康程度的評估通常使用光譜分析方式、油中氣體含量檢測及溫度監控等等。以上的評估方式都無法預先對再生能源併網對於變壓器的壽命衝擊進行分析，若想要事先得知再生能源併網的特性就需要透過有限元素進行變壓器建模，以模擬變壓器在逆送電受到的物理性質的影響。本研究將透過穩態數據及暫態數據，進行電力變壓器機械應力之影響分析。模擬重點只在於觀察高壓與中壓繞組由再生能源逆送電產生的機械應力是否符合安全門檻。本研究設計兩種情境（以下稱情境 1 與情境 2）來分析兩具電力變壓器在穩

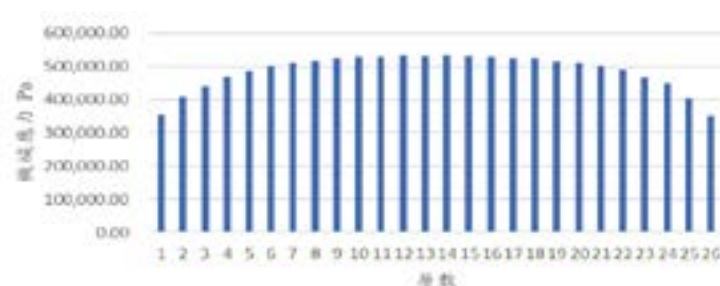
態時的機械應力。情境 1 為變壓器順送電 100 % 正常操作情況，而情境 2 為變壓器逆送 110 %，兩者皆為 DigSILENT 穩態模擬數據，以作為有限元素軟體的激發源。

圖 3 為本研究所建立的彰化超高壓變電所 A A.T2 電力變壓器之 Ansys Maxwell 模型，繞組分別為最外圈紅色是 OLTC 的繞組結構，黃色中間第二層為高壓繞組，藍色中間第三層為中壓繞組，及紫色最內層為低壓繞組。觀測方向繞組向外與繞組向上皆為正，變壓器頂部是第 1 層，A.T2 電力變壓器於情境 1 條件下，高壓側機械應力分布如圖 4 所示。



資料來源：本研究整理

圖 3 彰化超高壓變電所 A A.T2 電力變壓器



資料來源：本研究整理

圖 4 情境 1(變壓器順送 100 %) 時，彰化超高壓變電所 A.A.T2 電力變壓器之高壓繞組徑向力。

3. 結論

本研究完成從三個面向來探討再生能源逆送電對電力變壓器使用壽命之影響。第一為穩態雙向潮流分析。模擬結果顯示無論是順送或逆送電力潮流對變壓器運轉影響差異不大。第二為暫態啟動或投入之暫態分析。模擬結果顯示，在 A 相電壓波形 90 度時投入，暫態最為輕微。但實際

上變壓器鐵芯可能存在剩磁，剩磁的大小與極性將影響上述的投入角度 (90 度)。最後，第三為機械應力分析。模擬結果顯示在情境 1 到四的機械應力安全餘裕度皆高於 33 % (IEEE 建議安全條件)。因此，逆送電對於變壓器的繞組機械應力影響由模擬結果得知影響不大。

研究人員：高壓研究室：林閔洲、陳翊瑋

供電處：巫昇峯

國立台灣科技大學：劉家亨、蘇宸弘、呂重毅、陳坤隆、楊念哲、張建國

供應科學園區四足型機器人變電設備智慧巡檢 及異常診斷預測研究

A Study of Power Utilities Inspections and Anomaly Detection for Science Park by Quadruped Robots

Abstract

Comparing with wheel-structure vehicles, one significant advantage of quadruped robots is its discrete contact points through ground to overcome rough terrain. Also, along with edge-computing functions, quadruped robots are excellent platforms for the deployment of machine learning models to conduct autonomous inspection. With such solution, it is possible

to improve occupational safety and extend the lifetime of equipment. In this project, robot will be deployed in Hou-Li P/S substation, Hualien hydroelectric power plant, and Wu-Jia 345kV underground transmission line. In the future, drone will be adopted into this mission to further promote overall inspection ability.

1 研究背景、目的、方法：

四足型機器人因為具備與地面離散接觸點、可克服崎嶇地形。與二足機器人相較，承重力較強，與六或八足機器人相較，控制較簡單可支援動態模式（行走時僅以三足觸地），故四足型機器人之研發已經成為世界各國重要工業指標之一。本公司因為業務需要，具有部分工安危險場域；又因為人力短缺，引入四足型機器以降低工安風險、紓

緩人力需求，為必要之趨勢。本計畫與台中供電區營運處、東部發電廠及本所資通室合作，擬於后里超高壓變電所、東部水力發電廠及高屏供洞道，實際測試四足型機器人之自主巡檢。除以上之優勢外，可結合人工智慧之影響辨識及端點運算能力，彌補現有趺力輪型機器人之不足，未來更可望與無人機結合，以擴大自主巡檢能力。

2 成果及其應用：

1. 四足型機器人綜合比較及引入

考量知名度及可得性，本計畫針對 Boston Dynamics Spot，

ANYbotics ANYmal 以及 Ghost Robotics Vision 60 進行各項分析，其外觀如圖 1，其基本資料如表 1：



圖表來源出處：各官方網站

圖 1 Boston Dynamics Spot、ANYbotics ANYmal 及 Ghost Robotics V60

表 1 Spot、ANYmal 及 V60 之基本資料

項目	Spot	ANYmal	V60
型態	mammal	insectoid	mammal
重量	~35 公斤	~50 公斤	~35 公斤
尺寸	1100 x 500 x 610 mm	930 x 530 x 890 mm	950 x 570 x 685 mm
速度	1.6 公尺 / 秒	1.3 公尺 / 秒	1.2 公尺 / 秒
續航力	7.5 公里	4 公里	10 公里
防水防塵係數	IP54	IP67	IP67
氣體偵測	未知	可 (附加功能)	可 (附加功能)
機器手臂	已上市	研發中	研發中
應用場域	商業	工業	軍事
代理商	無	雲創隆科技	永亮股份有限公司
可否租賃	不可	可	
教育訓練	委請該領域專家	原廠技師技轉	
原廠保固	無	一年以上	

圖表來源出處：本研究彙整

由表 1 之比較，得知三具四足型機器人各有優缺點、並具有不同屬性；惟 Spot 在台灣無官方代理商、無法以租賃方式取得，且其教育訓練與售後服務均無原廠支援；V60 其價錢偏高。經過整體考量之後，決定承租 ANYmal 九個月，並於相關場域進行自我巡檢測及異常偵測任務。

2. 板橋一次變電所自主巡檢佈建

瑞士 ANYbotics 原廠已經於 2025 年 1 月 13 日至 17 日指派兩位工程師至本所進行教育訓練，為測試訓練成果，於 1 月 17 日至板橋一次變電所進行自主巡檢，如圖 2：



圖表來源出處：本研究彙整

圖 2 板橋一次變電所 161kV 及 GIS 室自主巡檢路線圖

圖 2 為利用 ANYmal 針對場域進行 3D 建模、並執行自主巡檢之軟體介面圖。自主巡檢之項目包含：

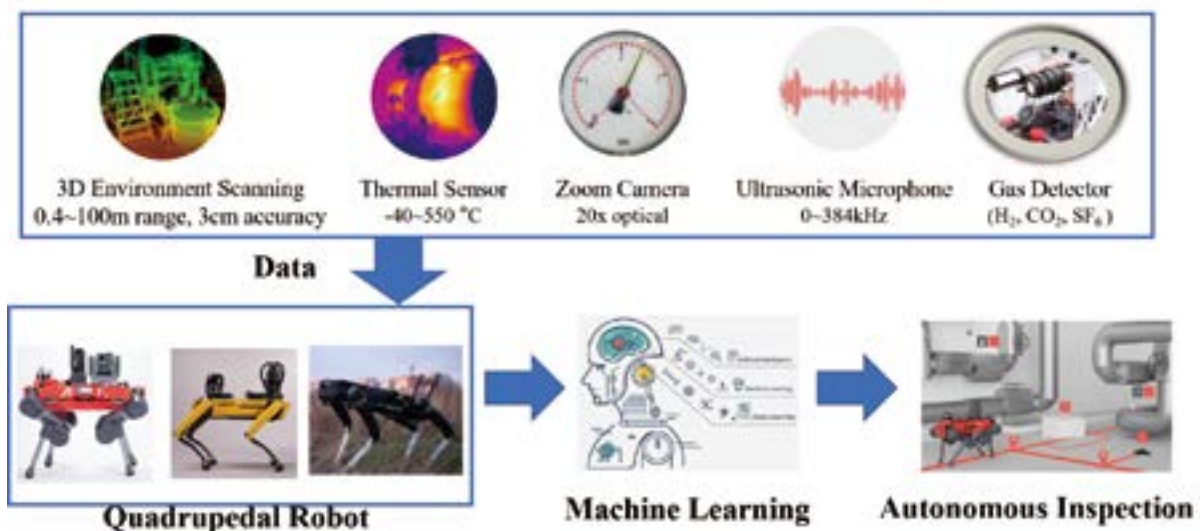
- (1) 設備影像拍攝 (以空間攝影機讀取低於 50 公分及高於 4 公尺之設備)
- (2) 熱影像拍攝
- (3) 聲音錄製
- (4) 影像錄製
- (5) 儀表智慧讀取 (可讀取儀表之值並確定至否在預測範圍內)
- (6) 滅火器智慧偵測 (可判斷是否偵測到滅火器)

ANYmal 可依照圖 2 之藍色路徑行走並進行自主巡檢，結束之後回到充電站充電，本次巡檢任務約為 10 分鐘。

3. 執行內容與未來規劃

本計劃之執行內容可分為數個層面：

- (1) 場域：台中后里超高壓變電所、東部發電廠、高屏供洞道，及其他需求單位。
- (2) 內容：自主巡檢 (主要仰賴機器本身性能)、異常檢測 (資料收集及機器學習技術研發)，如圖 3：

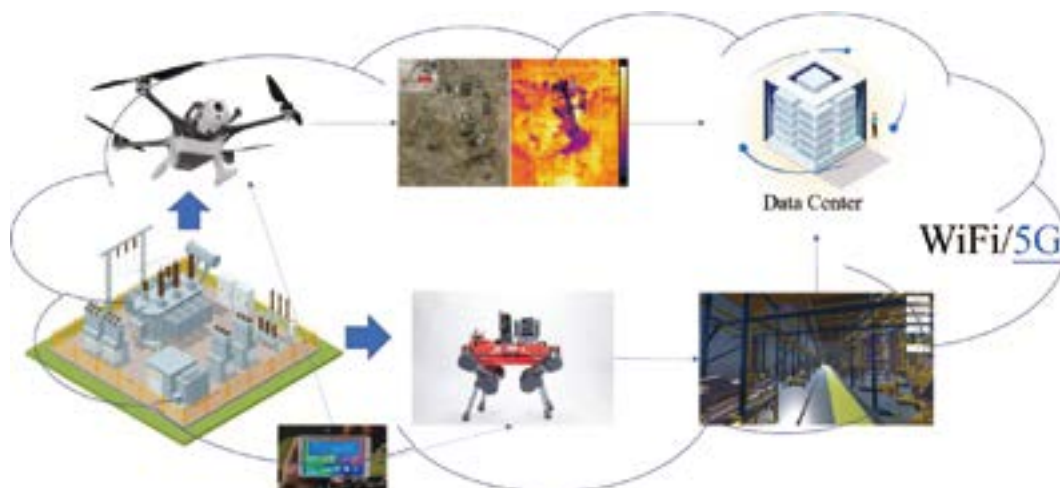


資料來源：本研究彙整

圖 3 利用機器人收集各項資料結合機器學習辨識狀態以進行自主巡檢

其中機器學習的重點在於利用機器人收集之資料，如聲音、影像，建立模型後進行異常偵測。初期以瓦力輪型機器人未解之問題，如 **ABS** 空斷開關、**SC** 熔絲電容器，之狀態識別為優先。

- (3) 未來規劃：擬與無人機合作，由無人機進行室外 / 大範圍檢查、由機器人進行室內 / 小範圍探測，兩者之資料可透過資料中心進行整合，擴大機器學習之效益。如圖 4：



資料來源：本研究彙整

圖 4 以無人機結合機器人進行自主巡檢及資料整合

希望藉由本計畫，可以紓緩人力需求、降低工安風險，同時並及早發現設備

異常、提高供電穩定度與強化電網韌性。

台中電廠七號機 BFPT 第一級動葉片斷裂之力學分析

Fracture Analysis of #7-1 BFPT Regulating Stage Blade of Taichung Power Plant

Abstract

Taichung Power Plant #7-1 BFPT regulating stage blade broke. This was the first case of the same model. It affected the power generation efficiency of the unit, so the cause of the damage was analyzed. For the Taichung Power Plant #7-1 BFPT regulating blade, relevant design and operation data were collected, dimensional

measurements and physical models were established, material properties inspection, metallographic analysis, modal testing and mechanical analysis were conducted, and finally the cause of damage and operation were proposed. Finally, it was determined that corrosion fatigue damage was the cause of the entire incident.

1 研究背景、目的、方法：

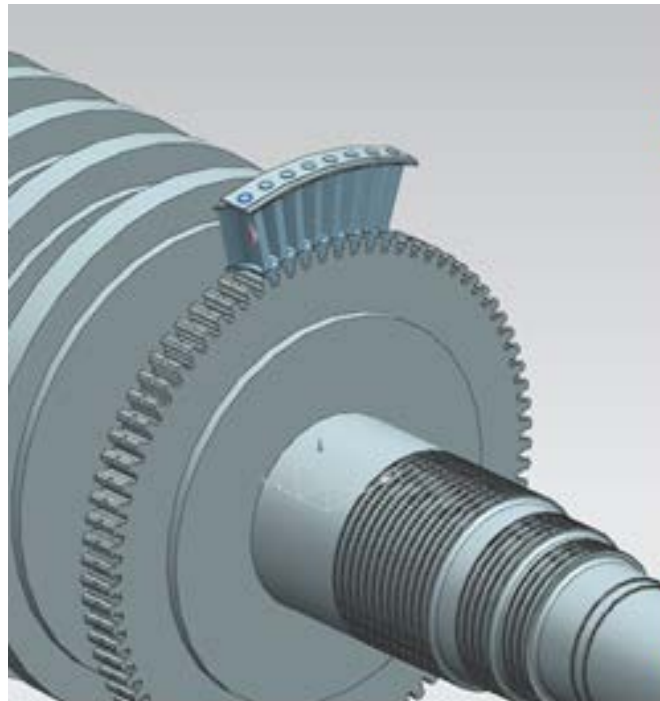
台中電廠 #7-1 BFPT 調節級葉片發生斷裂事故，此為相同機型之首例，影響機組發電效率，故進行破損肇因分析。針對台中電廠 #7-1 BFPT 調節葉片，收集相關設計、

運轉資料，經尺寸量測及實體三維模型建立後，進行材料機械性質檢驗、金相分析、模態測試、力學分析及材料破損分析，最後研判腐蝕疲勞破壞為造成整起事件的根因。

2 成果及其應用：

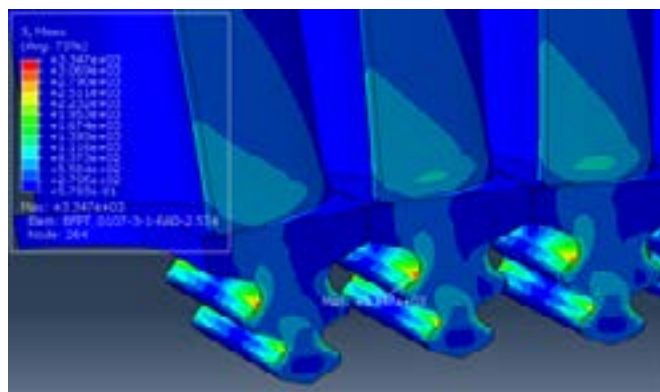
從應力的角度來看，由於材料受到的最大應力只有其降伏應力的一半左右，靜態應力不足以造成破壞，推測為振動等動態應力造成的疲勞破壞，材料破斷面的海灘紋亦為佐證。由於其軸向擺動模態接近運轉頻率的八倍頻，為造成疲勞破壞的受力來源，其模態應力最大的發生位置也與本次破損面的位置相符。然而一般的設計並不會考慮到

如此高倍頻的共振，因為激發的力道跟機率都太低，然而在本案例疲勞破壞卻仍確實發生，綜合材料的分析，認為腐蝕是一項重要的成因，腐蝕會加速初始裂紋的生成，大幅降低材料的疲勞壽命，研判此案例是腐蝕疲勞造成的破壞。改善建議為減少環境腐蝕元素例如硫的含量、更換抗腐蝕材料、加強葉片根部的裂紋檢測。



資料來源：本研究繪製

圖 1 調節級葉片及轉軸之三維幾何模型



資料來源：本研究繪製

圖 2 調節級葉片的軸向擺動模態應力分布



資料來源：本研究拍攝

圖 3 裂紋成長示意圖

研究人員：能源研究室：石振宇、陳瑞麒

大林電廠 CWP 動葉輪之力學分析

Mechanical Analysis of CWP Impeller in Talin Power Plant

Abstract

After investigating the related literature and research on Circulating Water Pump (CWP), most of them are about material analysis and fluid mechanics, and few of them focus on structural mechanics. Therefore, this study is mainly based on the Finite Element Method (FEM) and combines with the flow field analysis in CFD. The structural characteristics and damage mechanism of the impeller in Talin Power Plant are investigated from the point of view of mechanics analysis, and the location of

its weak points is identified.

According to the analysis, the maximum principal stress and the maximum von Mises stress of the impeller are located at the root area of the Leading Edge, and most of the maximum modal stresses occur there. There is also a potential for cavitation, so this area is the structural weak point of the CWP impeller. In the modal analysis, the rated speed of the CWP is much lower than the first mode frequency, so resonance is unlikely to occur.

1 研究背景、目的、方法：

大林電廠一、二號機分別自 107、108 年進入商轉以來，其海水循環泵 (Circulating Water Pump, CWP) 之葉輪已陸續出現不同程度的氣蝕、裂痕及破損，圖 1、2 為電廠大修時海水循環泵之檢查情況。海水循環泵功用在於抽取海水做為冷凝器 (Condenser) 之冷卻使用，以利熱力循環順利進行，如圖 3 所示，為火力發電廠重要的輔機之一，若發生損傷或失效將嚴重威脅電廠的供電穩定性，且 CWP 相對於其他輔機而言有著較高的損壞率，更

突顯 CWP 相關研究對電廠的重要性。然而經查 CWP 國內外相關文獻與研究，大多為材料分析及流體力學之領域，鮮少針對結構力學進行分析，因此本計畫主要將以有限元素法作為工具，並結合 CFD 流場分析的結果，從力學分析的觀點出發，探討 CWP 葉輪的結構特性與損壞機制，並了解其弱點位置，可供電廠做為運轉與維護之參考，以提升電廠機組之可靠度及維持供電穩定性。

2 成果及其應用：

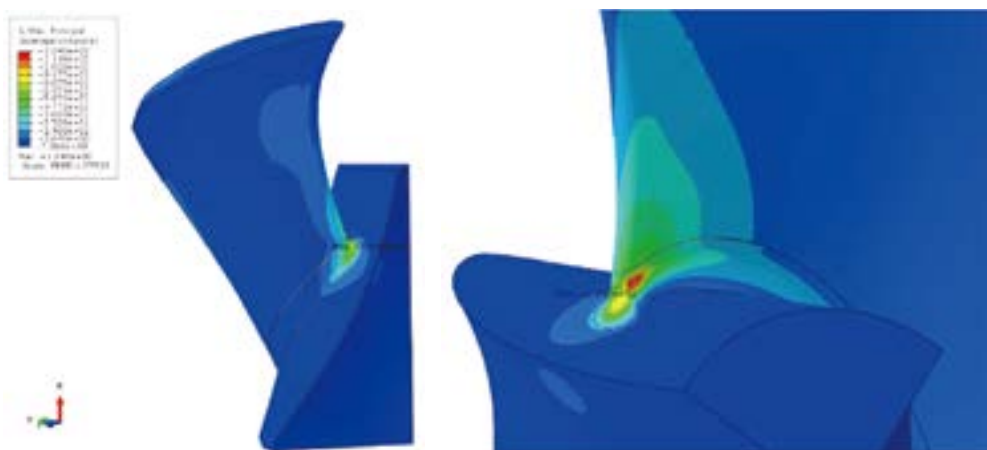
根據流場分析結果，CWP 葉輪所受流場壓力最大值位於 Leading Edge 上，且葉片外側壓力整體大於內側，使得葉片有由外向內側彎折的趨勢。然而由力學分析結果得知，CWP 葉輪分別有最大拉應力 124.8 MPa 及最大 Von Mises 應力 117.2 MPa，位置均位於 Leading Edge 根部區域，旋轉離心力會給予葉片由內向外開展的力量，因此當流場壓力與離心力共同作用時，兩種作用力變形趨勢互相抵消，反而使得葉片變形量相對於單一作用力時來的低，造成較低的 Bending

Stress。雖然其應力數值小於材料的降伏強度 175 MPa，但考量 CWP 在海水腐蝕環境中的長時間運轉，可能產生沖蝕、腐蝕或氣蝕等現象造成表面的損傷，使得材料疲勞壽命與強度的大幅降低，故此處仍需注意裂痕或是損傷的發生。

在一般情況下，CWP 轉速會維持在額定轉速 348rpm，即離心力亦維持不變，而流場壓力則會因為入水口水位高低或是流場的不穩定而不斷產生變化，依據力學分析結果，葉片外側流場壓力越小，葉片變形量則越大，最大應力就越

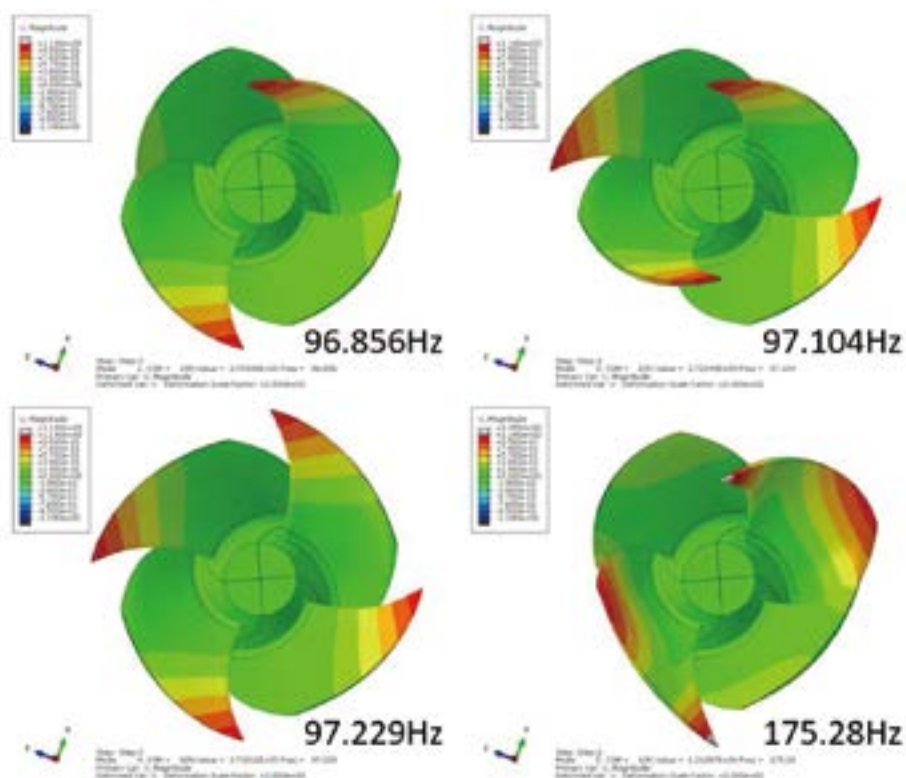
大，反之亦然，因此實際最大應力可能會 **117.2 MPa** 上下波動，在長時間運作之下須注意疲勞破壞的可能。在模態分析的部分，大林電廠 **CWP** 之額定轉速遠低於第

一模態頻率，基本上葉輪很難與自身產生共振，但無法排除由支撐結構不穩、流場變動等因素而產生振動的可能性，建議可留意 **CWP** 各運轉條件下的振動情況。



資料來源：本研究提供

圖 1 離心力與流場壓力共同作用負載情況之最大主應力分布



資料來源：本研究提供

圖 2 mode1-4 之模態振型

研究人員：能源研究室：翁願貴、陳瑞麒、石振宇

大林六號機發電機冷卻水管路振動分析與改善評估

Vibration Analysis and Improvement Assessment of Cooling Water Pipeline in Talin No. 6 Generator

Abstract

The cooling water pipeline of Unit 6 of Dalin Power Plant has suffered high vibration during long-term operation, and the occurrence of main and branch pipes damaged are concerned. In order to clarify the cause of pipeline vibration, and evaluate the damage caused by vibration to the pipeline and improvement strategies, the analysis of the cooling water pipeline vibration is proposed in this study. Based on the results of the analysis, suggestions of the improvement and following maintenance strategies for the operational reliability of the unit are provided in this study.

In this study, complicated pipelines in buildings are concerned by using the high-speed camera to measure the

magnitude and frequency of the vibration, and vibration modes of the cooling water pipelines. Additionally, reverse engineering is implemented by using laser scanning to establish the geometric model of pipelines concluding entrances and exits. Next, the model for the stress analysis based on the finite element method is constructed to simulate the resonance mode and excited vibration state of the structure, and the validity of the analysis model is demonstrated by the measured results. Furthermore, the simulation model is employed to analyze the actual vibration phenomenon of the equipment to evaluate the method to reduce the vibration.

1 研究背景、目的、方法：

大林電廠六號機發電機冷卻水管路經歷長期運轉之高振動現象，有主幹管及支管發生破損之疑慮，為釐清管路振動肇因，並評估振動對管路之損害及改善策略，本研究進行冷卻水管路振動分析，據此提供改善建議方案及後續維護策略，以提高機組運轉之可靠度。

本研究針對廠房複雜管路，使

用高速攝影機進行發電機冷卻水管路之振動量、頻率響應及振動模態量測，並結合逆向工程，以雷射掃描建立管路與管路出入口之幾何模型，建構有限元素應力分析模型，模擬結構共振模態及被激發之振動型態，驗證現場量測現象以確認模擬正確性，進一步分析設備振動現象，據此評估減緩振動之方法。

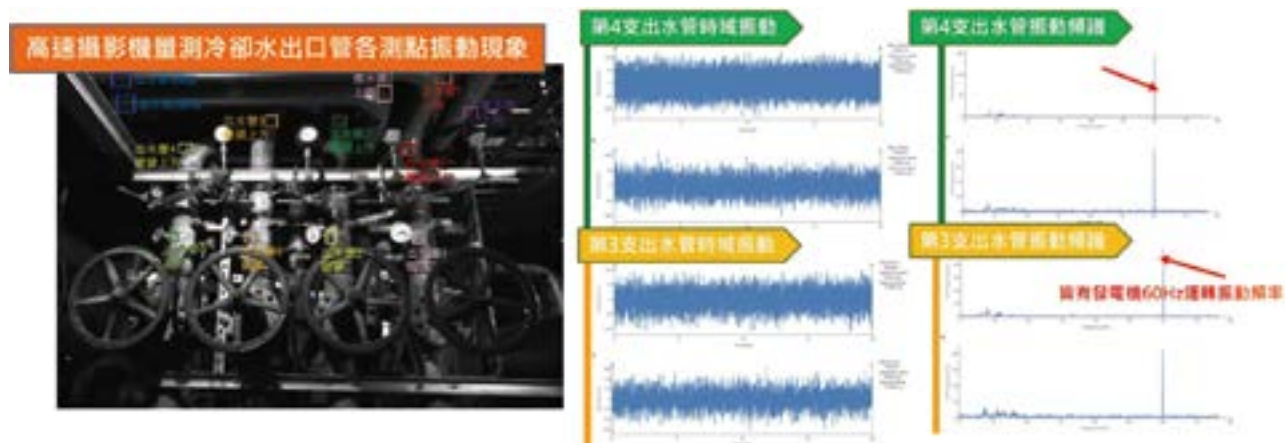
2 成果及其應用：

本研究針對廠房複雜管路，以雷測掃描建立管路與管路出入口之幾何模型，並蒐集彙整發電機冷卻水管路設備之結構圖資、運轉條件等資料，結合逆向工程，建構有限元素應力分析模型，模擬結構共振模態及被激發之振動型態。研究再使用高速攝影機進行發電機冷卻水管路之振動量、頻率響應及振動模態量測，令模擬結果與量測值驗證比對，調整模擬參數與實際狀況符合，使模擬模型可驗證現場量測現象以確認模擬正確性，再根據此模型分析結構弱點，變動各項結構參數以研擬改善方案，評估後續維護建議。

研究分析結果有以下重點：量測結果以第 4 支出水管振動最大，管路皆有 60 Hz 之最大振動頻率，為發電機運轉頻率，與現場運轉經驗相符。研究建立有限元素模擬分析模型，模擬發電機振動激發引致管路振動情形，與量測結果符合，驗證模擬之正確性。結構應力分析結果，管路無顯著之結構應力過大情形，運轉使用疑慮在於高振動之影響。模擬與量測皆顯示出

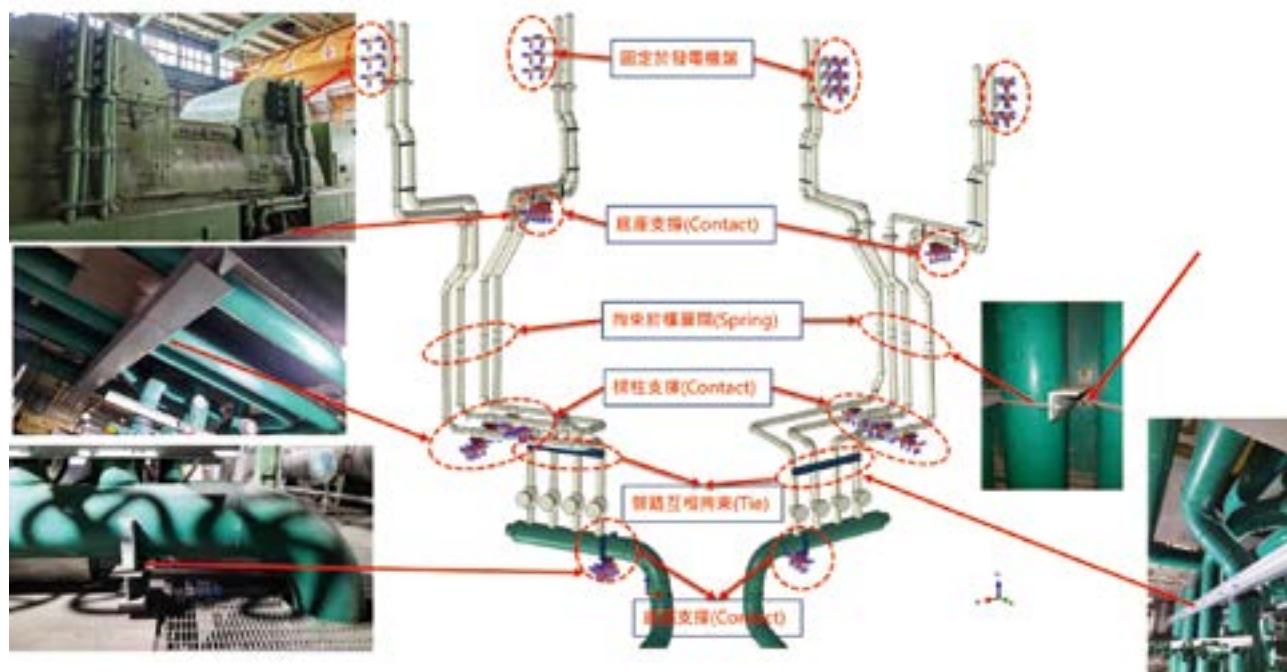
口管第 4 支及第 3 支管路於集管區域之錶頭附近有明顯振動及較大振動模態應力。因集管處有許多測量錶及洩水管等微小支管及設備，此質量更小之結構將會放大振動，造成運轉疑慮，為本案改善重點。

研究根據以上分析結果重點，研擬振動改善之建議如下：二、三樓層間管路目前使用鐵絲圈綁再將鐵絲固鎖於角鋼，角鋼則鎖至牆上以加強固定。模擬驗證此方式拘束效果有限，故建議盡可能固定此處之拘束。本案提出之強加拘束方式為加裝減震墊、墊片及角鋼對管路進行固鎖。並於二樓出口集管第 4 支出口管下方新增支撐底座，並將管路鋪墊減震墊及拘束固鎖於新舊兩支撐座上，兩者改善皆實施後，可使第 4 支出水管之振動量顯著下降，此時結構應力與 60 Hz 振動應力，兩者應力集中區域更少重疊，更減緩振動產生之疲勞效應。然因施作難以保證管路拘束效果，最佳改善方式仍為隔離振動來源，即為盡可能挑選管路最接近發電機處更換防震軟管（圖 1~3）。



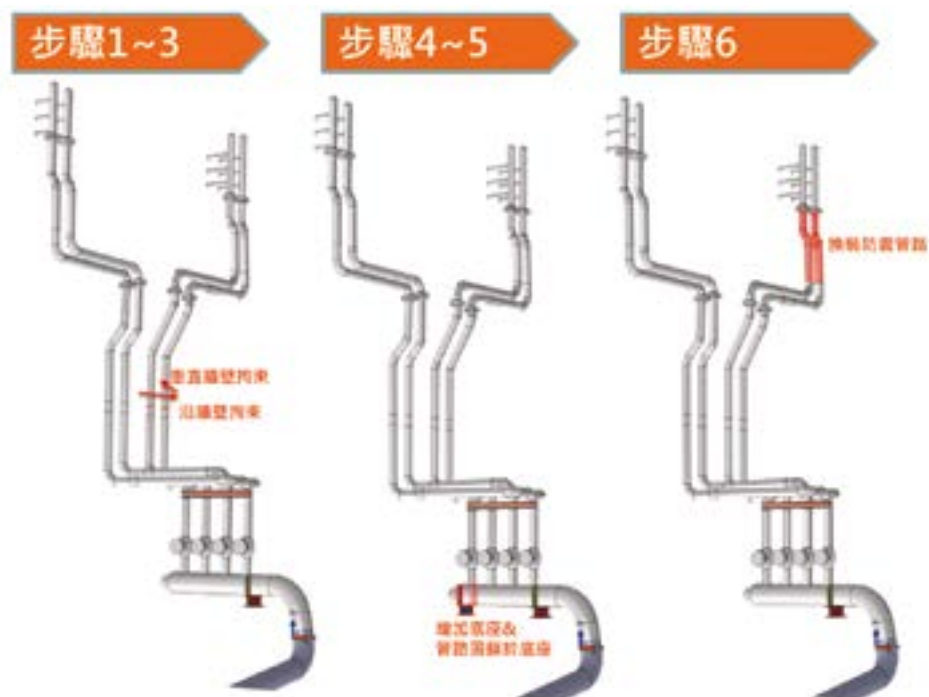
資料來源：本研究繪製

圖 1 管路振動量測結果



資料來源：本研究繪製

圖 2 管路結構應力分析模型



資料來源：本研究製作

圖 3 管路振動改善步驟示意圖

大潭 501F GT 第 4 級動葉片之力學分析

The Mechanical Analysis of Da-Tan Power Plant 4th Gas Turbine Blade

Abstract

The fourth-stage moving blade of the 501F GT in Da-Tan Power Plant is the last stage blade. In order to understand the mechanical characteristics and weaknesses of the blade, it is necessary to carry out relevant work for the normal operation of the unit in the future, to predict failure conditions in advance and to provide power plant maintenance suggestions. The results

of mechanical analysis can be used as a reference for on-site maintenance. This project establishes the geometric model of the fourth-stage moving and stationary blades, conducts CFD analysis of the moving and stationary blades, stress analysis and modal analysis of the moving blades, and finally puts forward conclusions and suggestions.

1 研究背景、目的、方法：

大潭電廠 501F GT 第 4 級動葉片為最末級葉片，為了解該葉片之力學特性、弱點處 ... 等，對於未來機組正常運轉、提前預知失效狀況與提供電廠維護建議，必須進行相關之力學分析，結果可供現場維修

之參考。本計畫首先赴現場蒐集相關資料，建立第 4 級動、靜葉片的幾何模型，進行動、靜葉片之熱流分析，動葉片之應力分析及模態分析，最後提出結論與建議。

2 成果及其應用：

本研究有以下成果建議：

1. 本計畫建立 501F GT 第 4 級動葉片的分析模型，完成熱流分析、應力分析及模態分析，可藉此了解該葉片之特性及弱點處，提供現場人員維修之參考。
2. 從電廠取得的運轉數據中可以得知出口邊界條件，惟入口條件為未知，因此必須測試邊界條件並針對其合理性進行驗證與探討。
3. 第四級動、靜葉流場之相對馬赫數與相對速度之分布情況相近，動葉只有一部分（後段）出現超音速（其馬赫數小於 1.2）為穿音速流動，應屬於合理範圍。
4. 由第四級流場之溫度分布可以發現，動葉之高溫區位於 $r=0.45\sim0.7$ ，溫度約為 1150 K，低溫區位於葉根和 Lower Shroud 處，溫度約為 650 K，高、低溫區之溫差相較於靜葉縮減。

5. 由第四級動葉流場之壓力分布可以發現，吸力側呈現出不連續的帶狀分布，在葉根周圍出現明顯的低壓區，為局部的分離現象，而燃氣流過動葉之前緣後在壓力側周圍會出現紊亂的低流速區。
6. 單一葉片之模態分析與模態測試的結果相近，證明了葉片分析模型的正確性。
7. 穩態運轉時最大應力發生在葉根最上凹槽處，壓力側比吸力側大，此處較容易發生龜裂問題。
8. 溫度及壓力所產生的應力約只佔全部應力的 10%，最主要的應力還是由離心力造成。
9. 整級葉片之前 3 群模態，第 1 群為第一切線向彎曲振型，第 2 群為第一軸向彎曲振型，第 3 群為第二切線向彎曲振型。這 3 群模態 0 節線的模態應力，應力最大的位置是較可能發生疲勞龜裂的問題，而頻率越低則越容易激發。

10. 離心應力及模態應力較大的位置是較容易發生龜裂的位置，建議維修時應加強檢測該位置是否有龜裂問題發生。

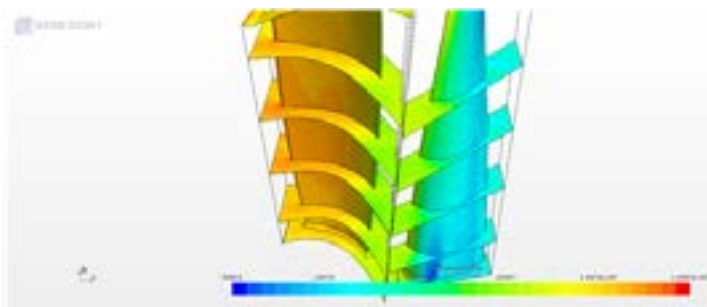
本案已完成分析模擬模型之建構，進行熱流分析，應力分析及模態分析等評估，當可用於後續運轉、維護與改善設備擬訂規格之參考。後續可持續建立既有火力機組氣渦輪機各主件等熱流分析、結

構、應力分析之技術能量，與設備資料庫之擴充；整合相關檢測設備，嘗試建構監測與診斷系統，以評估氣渦輪機結構弱點，作為維修時之重點項目，有效規劃元件維護時程與檢修策略。配合能源政策，建立既有機組之運維及改良技術能量，需整合相關理論與實務經驗，逐漸結合運轉經驗，降低營運維護成本，提高機組運轉之安全性與可靠度 (圖 1~3)。



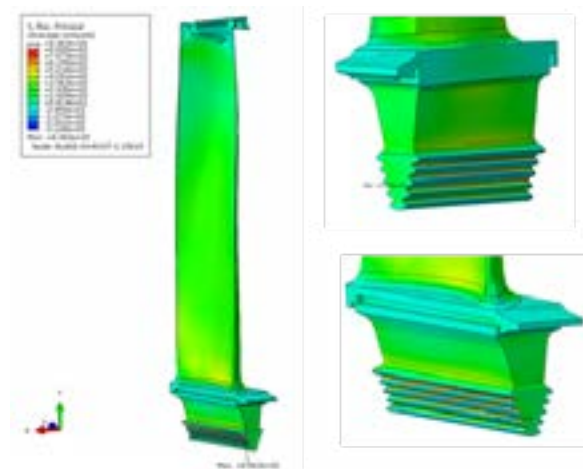
資料來源：本研究繪製

圖 1 第四級動、靜葉之相對定位位置。



資料來源：本研究繪製

圖 2 第四級動、靜葉流場之壓力分布。



資料來源：本研究製作

圖 3 葉片最大主應力分布

研究人員：能源研究室：陳瑞麒、黃偉哲、廖佳麒

外部負載變化對大潭電廠 GT 機組轉軸轉速影響之研究

The Influence of External Loading Variation on Rotating Speed of Rotor of GT Unit in Datan Power Plant

Abstract

The Datan power plant is located in an industrial area, where there are many steel mills with large power consumption. When the loading at the customer end changes drastically, the loading, torque, and speed of the GT units in Datan may oscillate, and the fatigue life of the units may be reduced due to the repetitive stress over a long period. To verify the effects of external loading changes on the rotor of the GT units, a wireless torsional vibration measurement system, rotational speed, and current sensors were installed in the GT units to collect data over a long period to analyze the effects of external loading changes. Then finite element mechanical analysis and high cycle fatigue analysis were conducted to

investigate the stress changes and fatigue damage under various loading scenarios.

The results of the measurement and analysis of the unit show that when the external circuit load changes drastically, the load, torque, and current of the unit will cause localized oscillations for a short period. After a long period, it will cause fluctuations within a limited range. The finite element mechanical analysis and high fatigue analysis showed that the life of the rotor of the GT units is not affected by the daily fluctuation of the external loading, the planned increase and decrease of loading of the units, and the infrequent transmission line failure.

1 研究背景、目的、方法：

大潭電廠位置緊鄰工業區，其中不乏用電量大的鋼鐵廠，當這些用戶端負載劇烈變化時，則有可能使大潭 GT 機大潭電廠位置緊鄰工業區，其中不乏用電量大的鋼鐵廠，當這些用戶端負載劇烈變化時，則有可能使大潭 GT 機組負載、扭力及轉速等運轉參數發生振盪，長期下來可能因反覆應力導致機組的疲勞壽命降低。為驗證外部線路負載

變化對大潭電廠 GT 機組轉子之影響，本案於大潭電廠 GT 機組裝設無線扭振量測系統、轉速與電流等相關感測器，以進行長時間的資料收集，以分析外部線路負載變化所帶來的影響，後續並透過有限元素力學分析與高週疲勞分析探討各負載情況下的應力變化與疲勞損壞發生可能性。

2 成果及其應用：

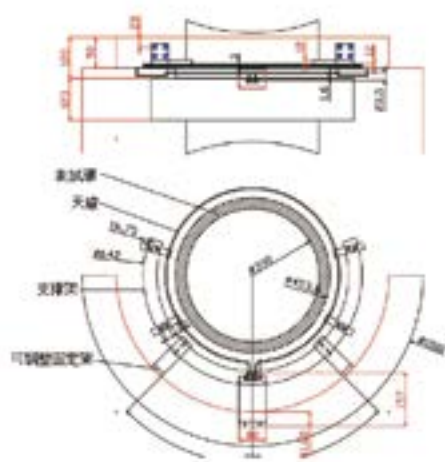
由 GT 機組各感測器量測分析結果，可發現機組的負載、扭力及電流值三者變化趨勢相當接近，基本上呈現正比關係，未來若再有扭力的量測需求，在轉速與電壓變化相當小的情況下，能以機組的負載或電流值乘以某一倍率換算做近似，以降低扭力感測器安裝的成本與複雜度。經外部線路負載與 GT 機組各感測器量測分析結果對比，

可發現外部線路負載變化劇烈時會對 GT 機組的負載、扭力及電流值造成短時間內局部的振盪，最大振盪幅度約在 6 % 左右，而在長時間的狀態之下，除了局部的振盪外，還有可能造成有限範圍內的波動，波動幅度約在 15 % 上下。

由有限元素力學分析結果可以發現，四種常見機組負載變化情況最大 von Mises 應力皆發生在發電

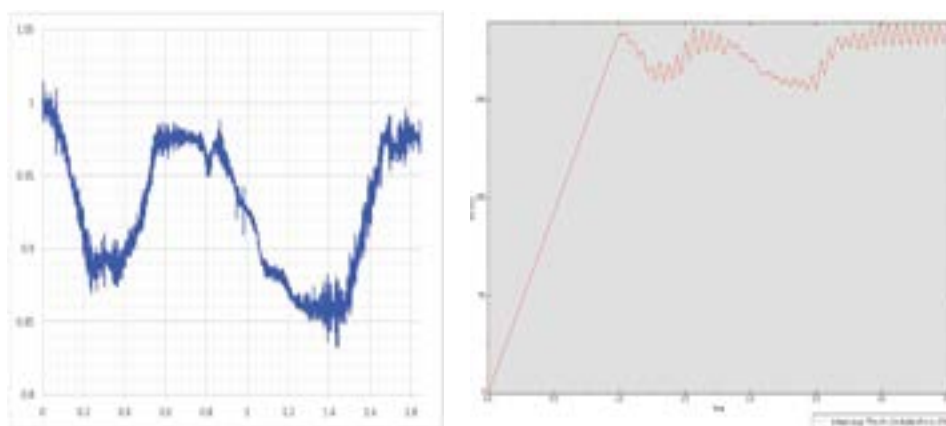
機與氣機聯軸器靠氣機側之邊角處，也就是軸徑最小之處，數值約為 **190 MPa** 左右，遠小於轉子材料 **SS422** 之降伏強度與疲勞限，並由高週疲勞分析結果得知疲勞損壞風險相當低，但實際上可能根據材料的缺陷、表面處理、腐蝕成分等因素而對疲勞壽命產生影響。由輸電線路單相接故障之有限元素力學分析與高週疲勞分析結果可以得知，即使為扭力高於正常情況 **3.5 倍**、最大 **von Mises** 應力高 **2.6 倍**

的極端情況，仍可承受約 **5 百萬次** 的循環，單次事故轉子壽命消耗不到 **0.00002 %**，而扭力與應力遠小於事故情況的四種常見機組負載狀態更是影響甚微。綜合以上分析，單純在硬體層面上，且於正常運轉、控制系統調整適當的情況下，不管是承受日常外部線路負載波動、機組內部計劃性升降載，或是面對極為少見的輸電線路故障情況，基本上皆對大潭電廠 **GT 機組** 轉子的壽命消耗影響不大。



資料來源：本研究提供

圖 1 無線扭振量測系統結構與安裝



資料來源：本研究提供

圖 2 扭力量測結果 (左) 與 **von Mises** 應力變化 (右)

研究人員：能源研究室：翁願貴、陳瑞麒、石振宇

南部電廠二號機 CWP 泵軸裂損肇因分析

Root Cause Analysis of NanPu Power Plant Circulating Water Pump Shaft Cracks

Abstract

This project builds a CWP rotating shaft model of the No. 2 unit of the NanPu Power Plant and conducts stress and modal analysis of the torsion and centrifugal force of the CWP rotating shaft. It mainly discusses the stress distribution of various parts in the muff coupling area of the drive and pump shafts, including shaft keyways, parallel keys and muff coupling. The result shows the location of maximum stress in the shaft keyway coincides with the location

of the pump shaft crack. It is recommended that these locations should pay more attention to inspection during outage. The result of modified parallel keys analysis shows the maximum stress of the pump shaft keyways reduced by 20%. Modal analysis results show that the location of maximum modal stress in the shaft keyway is likely to be excited by torsion mode and bending mode.

1 研究背景、目的、方法：

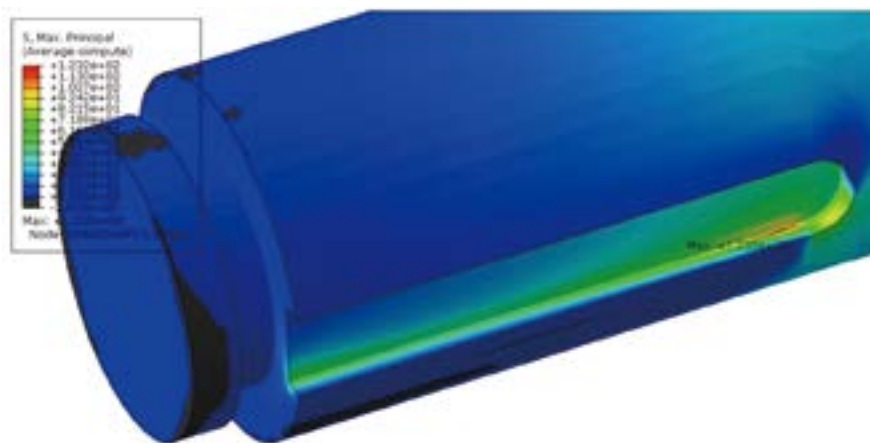
本計畫建立南部電廠二號機 CWP 轉軸模型，進行 CWP 轉軸之扭力、離心力之應力與模態分析；主要探討長短軸連接處之套筒聯軸器區域各個零件之應力分佈，包括長短軸鍵槽、平行鍵與套筒聯軸器之應力集中效應。經保守假設與簡

化之扭矩分析，轉軸鍵槽應力最大處與長軸裂損位置吻合。建議電廠大修應特別注意檢查。修改平行鍵外形，長軸鍵槽最大應力可降 20 %。模態分析結果，長短軸鍵槽應力最大處受扭轉與彎曲振型皆有被激發的可能性。

2 成果及其應用：

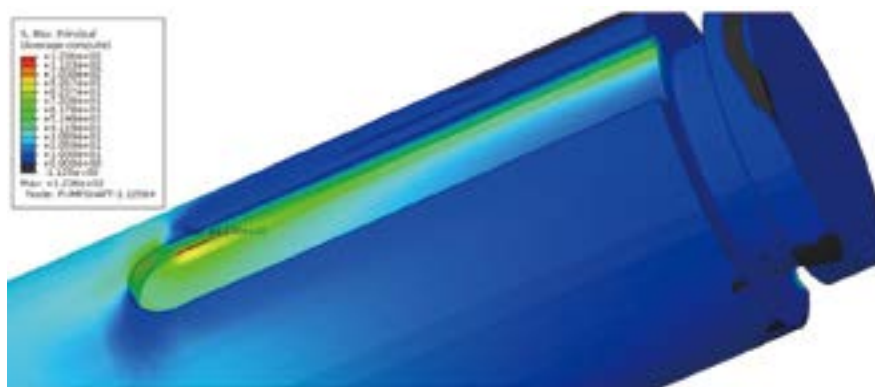
CWP 轉軸各零件運轉時受離心作用產生之應力不大，最大處位於葉輪葉根尾端 **trailing edge** 附近。CWP 轉軸聯軸器區域零件受扭矩作用，長短軸最大應力處位於鍵槽內靠近圓弧形凹槽的內側轉角處，與長軸裂損位置吻合。建議電廠大修應特別注意檢查。為避免平行鍵重壓於轉軸鍵槽而使其表面破損導致裂紋萌生：(1) 建議修改平行鍵外形為一端半圓形平行鍵並倒圓角，長軸鍵槽最大應力可降 20 %。(2) 建議轉軸鍵槽螺栓孔與鎖固平行鍵之

螺栓皆使用左螺旋紋。(3) 建議提高平行鍵之表面粗糙度等級，使用精密研磨拋光。(4) 轉軸鍵槽、套筒聯軸器鍵槽及平行鍵做防腐蝕處理。模態分析結果，長短軸鍵槽應力最大處受扭轉與彎曲振型皆有被激發的可能。裂損原因主要為葉輪打水時造成轉軸負載擾動、扭轉振動、平行鍵重壓於轉軸鍵槽以及海水腐蝕，長期下來轉軸鍵槽產生裂紋、應力疲勞而產生之應力腐蝕龜裂 (SCC)。



資料來源：本研究提供

圖 1 短軸應力分佈圖



資料來源：本研究提供

圖 2 長軸應力分佈圖

研究人員：能源研究室：劉家銓、廖佳麒、陳瑞麒

台中發電廠七號機汽機材料壽齡評估

Materials Degradation Study of the Taichung No.7 Steam Turbine Rotor and Pipe

Abstract

The 7th steam turbine in Taichung Power Plant has been operated more than 20 years. The materials of the HP/IP rotor are composed of chromium, molybdenum, vanadium, and steel. Under operating at 538 °C for a long time, it causes that the materials occur creep and then generates creep voids. Creep voids makes the materials life decrease. Also, due to the steam turbine operating multiple starts and stops, the materials of steam turbine rotors occur low cycle fatigue stresses and cracks, and then it causes that the steam turbine occurs a catastrophic failure. Therefore, evaluating the material life of steam turbine rotors can decrease the failures and the risks of operating.

This research mainly evaluated the material life of steam turbine rotors with the 7th steam turbine in Taichung Power

Plant. With the metallographic methods and hardness tests, it can observe the materials creep, low cycle fatigue, and temper embrittlement of the HP/IP rotor, and then it can evaluate the life consumption of the materials creep and low cycle fatigue and fracture appearance transition temperature (FATT). Furthermore, the materials creep of the welding around the main steam line, the main steam valves, and the steam inlet valve were observed by the metallographic methods and hardness tests, and then the life consumption of the materials creep and failure can be evaluated. The materials creep of the cotter bolts on the L-0 and L-1 side with the LP rotors were observed by the metallographic methods, and then the life consumption of the materials creep and stress corrosion failure can be observed.

1 研究背景、目的、方法：

台中電廠七號機汽機為 GE 公司設計之機組，運轉 20 餘年未曾進行壽命評估，為了評估電廠轉子材料劣化情形及建立壽命評估資料庫以供壽命延長至 40 年，發電處乃委託綜合研究所於台中電廠進行七號機取樣工作，並於實驗室進行壽命評估工作，以期作為未來延長機組壽命，確保機組安全及供電穩定，將來亦可據以發展可靠度更高之評估技術。

台中電廠七號機汽機高 / 中壓

轉子材料為鉻 - 鉬 - 釩 - 鋼，長時間經過 538°C 的高溫運轉下，會導致轉子材料發生潛變，改變金相顯微組織，產生晶界潛變孔洞，降低材料壽命，而機組多次起停運轉可能會導致轉子材料因低週疲勞應力而產生裂紋，演變成材料破壞。評估汽機轉子材料、劣化情形及殘餘壽命，供定期維修，追蹤檢查及將壽命延長至 40 年之參考，並建立相關評估技術，以確保機組安全及供電穩定。

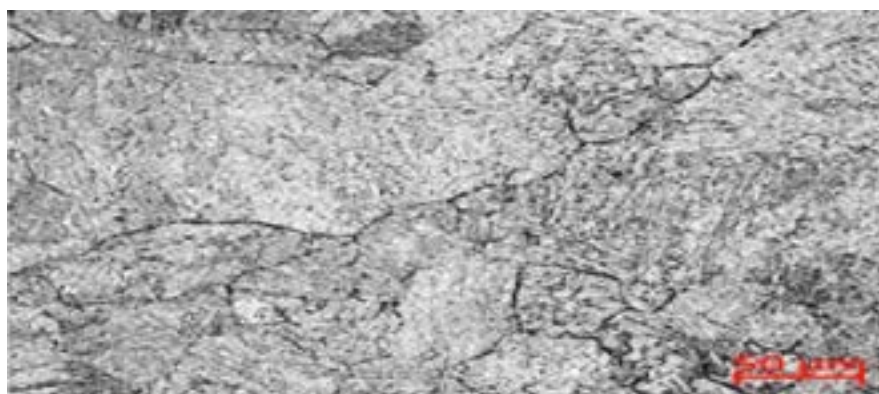
2 成果及其應用：

此研究評估台中電廠七號機汽機之材料壽命，針對汽輪機高 / 中壓轉子進行材料潛變、疲勞及回火

脆化之顯微組織與硬度取樣，評估材料之潛變壽命、低週疲勞壽命，以及延脆轉換溫度。針對主蒸汽管、

主蒸汽閥、進汽閥之銲道周圍進行材料潛變顯微組織與硬度取樣，評估材料之潛變壽命與潛變劣化。針對汽輪機低壓轉子

L-0 與 L-1 側插銷螺栓進行潛變顯微組織取樣，觀察材料之潛變劣化與應力腐蝕趨勢。



資料來源：本研究提供

圖 1 HP 1st 底座出氣側側面回火脆化取樣金相



資料來源：本研究提供

圖 2 HP 1st 底座出氣側側面潛變取樣金相

研究人員：能源研究室：羅濟灝、鐘震洲、劉大銘、吳憲政、李日輝、段翔仁

台中發電廠八號機汽機材料壽齡評估

Materials Degradation Study of the Taichung No.8 Steam Turbine Rotor and Pipe

Abstract

The 8th steam turbine in Taichung Power Plant has been operated more than 20 years. By observing the metallographic microstructure and hardness, the material life of steam turbine rotors can be evaluated. The experimental results were as the life extension and maintenance practice of the steam turbine rotor. Observing the welding around the main steam line, the main steam valves, and the steam inlet valve can evaluate the life consumption of the materials creep and failure. The cotter bolts on the L-0 and L-1 side with the LP rotors can observe the materials creep and stress corrosion failure.

This research mainly evaluated the material life of steam turbine rotors with the

8th steam turbine in Taichung Power Plant. The results show that the life consumption of the low cycle fatigue with the HP/IP rotor are lower than 10%, and the life consumption of the materials creep with the HP/IP rotor are lower than 10%. Etching tests show that the value of fracture appearance transition temperature (FATT) is 260 °C, and it has to keep the heat soaking time 5 hours during the cold start process. The life consumption of the materials creep and failure with the welding around the main steam line, the main steam valves, and the steam inlet valve are 30%. The materials creep and stress corrosion failure of the cotter bolts on the L-0 and L-1 side with the LP rotors cannot be found.

1 研究背景、目的、方法：

台中電廠八號機汽機為 GE 公司設計之機組，運轉 20 餘年未曾進行壽命評估，為了評估電廠轉子材料劣化情形及建立壽命評估資料庫以供壽命延長至 40 年，發電處乃委託綜合研究所於台中電廠進行八號機取樣工作，並於實驗室進行壽命評估工作，以期作為未來延長機組壽命，確保機組安全及供電穩定，將來亦可據以發展可靠度更高之評估技術。

2 成果及其應用：

此研究評估台中電廠八號機汽機之材料壽命，評估高中壓轉子之低週疲勞壽命消耗約低於 10%，且高中壓轉子之潛變壽命消耗約低於 10%。經腐蝕法評估新高中壓轉子之延脆轉換溫度 (FATT) 為 260°C，須延長機組冷啟動過程之

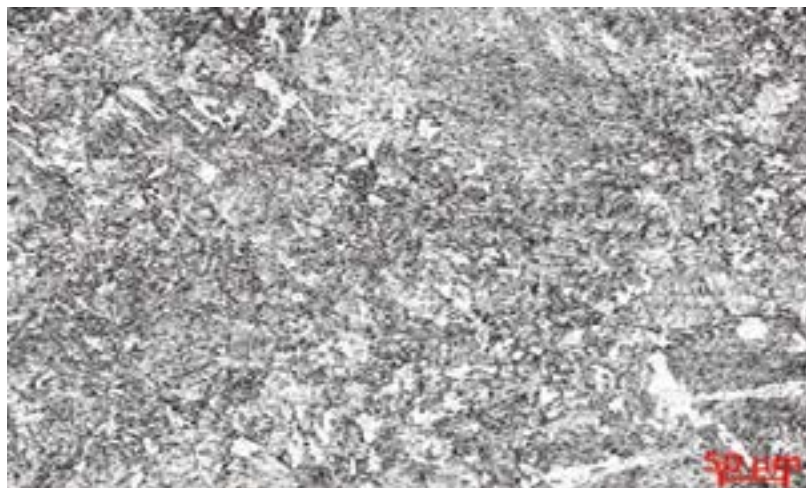
藉由觀察新轉子材料之顯微組織與硬度取樣，以評估轉子材料壽命，評估結果亦可作為機組壽命延長及維護之參考。觀察主蒸汽管、主蒸汽閥、進汽閥之銲道，評估材料之潛變壽命與潛變劣化。針對汽輪機低壓轉子 L-0 與 L-1 側插銷螺栓，觀察材料之潛變劣化與應力腐蝕趨勢。

加熱保持時間為 5 小時。主蒸汽管路閥件及進氣管路銲道之材料壽命消耗為 30%。針對汽輪機低壓轉子 L-0 與 L-1 側觀察葉根插銷螺栓表面之顯微組織未發現晶粒尺寸裂縫與晶界潛變孔洞。



資料來源：本研究提供

圖 1 IP 3rd 底座出氣側側面回火脆化取樣金相



資料來源：本研究提供

圖 2 IP 3rd 底座出氣側側面潛變取樣金相

研究人員：能源研究室：羅濟灝、鐘震洲、劉大銘、吳憲政、李日輝、段翔仁

台中發電廠五號機汽機材料壽齡評估

Materials Degradation Study of the Taichung No.5 Steam Turbine Rotor and Pipe

Abstract

The 5th steam turbine in Taichung Power Plant has been operated more than 20 years. The materials of the HP/IP rotor are composed of chromium, molybdenum, vanadium, and steel. Under operating at 538 °C for a long time, it causes that the materials occur creep and then generates creep voids. Creep voids make the materials' life decrease. Also, due to the steam turbine operating multiple starts and stops, the materials of steam turbine rotors occur low cycle fatigue stresses and cracks, and then it causes that the steam turbine occurs a catastrophic failure. Therefore, evaluating the material life of steam turbine rotors can decrease the failures and the risks of operating. However, based on increasing the operating efficiency and resolving the erosion of the turbine blades and components, the HP/IP rotor has been replaced during the last overhaul with the 5th steam turbine in Taichung Power Plant.

This research mainly evaluated the material life of steam turbine rotors with

the 5th steam turbine in Taichung Power Plant. With the metallographic methods and hardness tests, it can observe the materials creep, low cycle fatigue, and temper embrittlement of the new HP/IP rotor, and then it can evaluate the life consumption of the materials creep and low cycle fatigue and fracture appearance transition temperature (FATT) and establish the database of material properties with the new HP/IP rotor. Furthermore, the materials creep of the welding around the main steam line, the main steam valves, and the steam inlet valve were observed by the metallographic methods and hardness tests, and then the life consumption of the materials creep and failure can be evaluated. The materials creep of the cotter bolts on the L-0 and L-1 side with the LP rotors were observed by the metallographic methods, and then the life consumption of the materials creep and stress corrosion failure can be observed.

1 研究背景、目的、方法：

台中電廠五號機汽機為 GE 公司設計之機組，運轉 20 餘年未曾進行壽命評估，為了評估電廠轉子材料劣化情形及建立壽命評估資料庫以供壽命延長至 40 年，發電處乃委託綜合研究所於台中電廠進行五號機取樣工作，並於實驗室進行壽命評估工作，以期作為未來延長機組壽命，確保機組安全及供電穩定，將來亦可據以發展可靠度更高之評估技術。

台中電廠五號機汽機高 / 中壓

轉子材料為鉻 - 鉬 - 釩 - 鋼，長時間經過 538°C 的高溫運轉下，會導致轉子材料發生潛變，改變金相顯微組織，產生晶界潛變孔洞，降低材料壽命，而機組多次起停運轉可能會導致轉子材料因低週疲勞應力而產生裂紋，演變成材料破壞。因此，評估轉子材料壽命情況可大幅降低事故的發生，降低運維的風險。然而，基於提升運轉效率及解決葉片與組件沖蝕的問題，於本次大修工作期間更換新的高中壓轉子。

2 成果及其應用：

此研究評估台中電廠五號機汽機之材料壽命，針對汽輪機新高 / 中壓轉子進行材料潛變、疲勞及回

火脆化之顯微組織與硬度取樣，評估新轉子材料之潛變壽命、低週疲勞壽命，以及延脆轉換溫度，建立

新轉子材料之基本性值資料。針對主蒸汽管、主蒸汽閥、進汽閥之銲道周圍進行材料潛變顯微組織與硬度取樣，評估材料之潛變壽命與潛變劣化。針對汽輪機低壓轉

子 L-0 與 L-1 側插銷螺栓進行潛變顯微組織取樣，觀察材料之潛變劣化與應力腐蝕趨勢。



資料來源：本研究提供

圖 1 IP 1st 底座出氣側回火脆化取樣金相



資料來源：本研究提供

圖 2 IP 1st 底座出氣側潛變取樣金相

研究人員：能源研究室：羅濟灝、鐘震洲、劉大銘、吳憲政、李日輝、段翔仁

南部發電廠西門子機組非金屬膨脹接頭選用標準制定

Establishment of Selection Standards for Non-metallic Expansion Joints of Siemens Units in Nan-Pu Power Plant

Abstract

No 1 to 3 units of Nan-Pu power plant use Siemens gas turbines in a 2-on-1 configuration. Non-metallic expansion joints are installed at the exhaust duct and the diverter damper to accommodate the axial and radial displacement caused by the load changes in the unit. For a long time, these non-metallic expansion joints have had poor performance and frequent overheating

failures, and need to be replaced at the maintenance intervals. Therefore, this study collected the design data of the non-metallic expansion joints and used computer-aided analysis to analyze the causes of the overheating in these joints. Recommendations for improvement are also provided to enhance the operational reliability of these units.

1 研究背景、目的、方法：

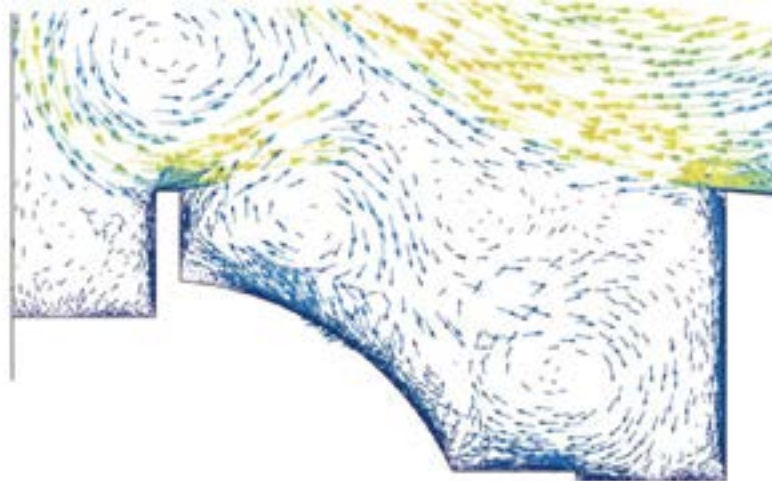
南部發電廠一至三號機為西門子氣渦輪機二對一機組，位於排氣煙道及轉向風門處設有非金屬膨脹接頭，用於承受機組變動負荷時產生之軸向及徑向位移，長期以來該非金屬膨脹接頭安裝效果不佳，常

發生本體超溫現象，必須於規定檢修週期更換，故本研究蒐集非金屬膨脹接頭之相關資料，並藉由電腦輔助數值計算工具進行非金屬膨脹接頭超溫原因分析，提供改善建議方案，以提高機組運轉之可靠度。

2 成果及其應用：

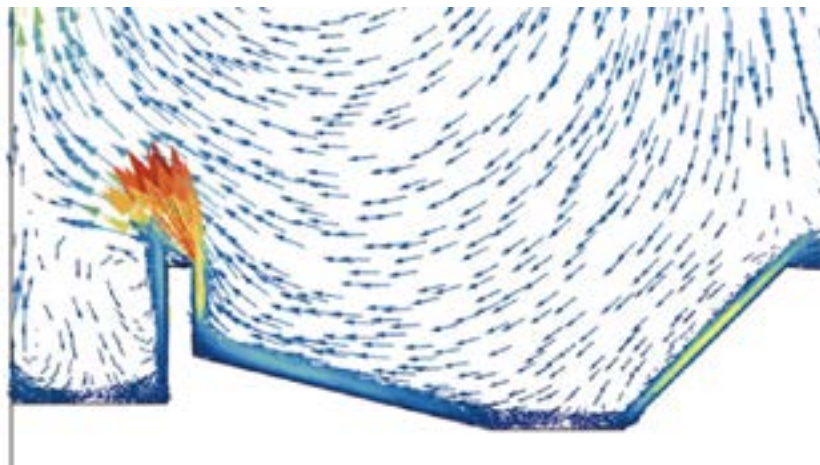
本研究建立非金屬膨脹接頭選用標準，並針對南部發電廠西門子機組非金屬膨脹接頭給予選用建議，找出其高溫失效之肇因，根據文獻蒐集結果，發現南部發電廠西門子機組超溫之非金屬膨脹接頭不符非金屬膨脹接頭標準文獻建議並與原廠設計有一定差異，造成南部發電廠非金屬膨脹接頭表面溫度高於原廠設計之非金屬膨脹接頭表面溫度，以數值分析的方式評估非金屬膨脹接頭之溫度與實際情形之溫度顯示趨勢相近，以流場分析方式

分析南部發電廠非金屬膨脹接頭空氣自然對流情形，顯示冷空氣無法與溫度最高區域進行熱交換，需透過渦漩熱交換才能帶走熱量；符合技術手冊建議方案之非金屬膨脹接頭由流場分析之方式得到之結果顯示冷空氣會沿著 45 度延伸之外保溫隔熱材料經過溫度最高區域帶走熱量，冷卻之自然對流能力較佳，因此建議於轉向風門之非金屬膨脹接頭法蘭處依原廠設計以 30 度漸擴延伸至排氣煙道外保溫厚度。



資料來源：本研究提供

圖 1 南部發電廠非金屬膨脹接頭空氣自然對流速度場計算結果



資料來源：本研究提供

圖 2 外保溫以 45 度延伸之空氣自然對流速度場計算結果

研究人員：能源研究室：黃泰源、吳憲政、鐘震洲、李日輝、林均翰、劉大銘、
羅濟灝、謝偉麟

新通霄電廠一號機高溫材料微觀組織資料庫建立

The Microstructure Database of New TUNG HSIAO #1 Power Plant Boiler

Abstract

The purpose of this study is to establish the data for microstructure and hardness of SH-HP3O, SH-HP4I, SH-HP4O, MS, RH-IP1O, RH-IP2I, RH-IP2O, HTR pipes or tubes in Tung-Hsiao #1 power plant during construction stage. The evaluation method is to obtain the metallographic data of each component by the non-destructive replica method, and measure their hardness by applying the re-bound and UCI hardness method. The main conclusions of this study are as follows: 1. The Tung-Hsiao #1 HRSG of TPC database has been completed.

Sample plan included P91, 347H, SB407 material. 2. In the physical damage analysis of the metallographic structure, it is found that some abnormal microstructure are existed in weldmetal or HAZ. 3. The P91 hardness of some weldmetal or HAZ are higher than 300HV hardness. 4. We conduct our purchased ASME SB407 tubes to material test, some γ' -M23C6 existed in austenite matrix. The microstructure are the same with our sampled Tung-Hsiao #1 microstructure.

1 研究背景、目的、方法：

本文係針對進行建造階段的通霄發電廠一號機熱回收鍋爐之過熱高壓第三段出口、過熱高壓第四段入口、過熱高壓第四段出口、主蒸汽管、再熱器中壓第一段出口、再

熱器中壓第二段入口、再熱器中壓第二段出口、高溫再熱器等 207 個位置進行微觀組織與硬度取樣，建立鍋爐材料基本資料，為未來建立壽命評估之基礎。

2 成果及其應用：

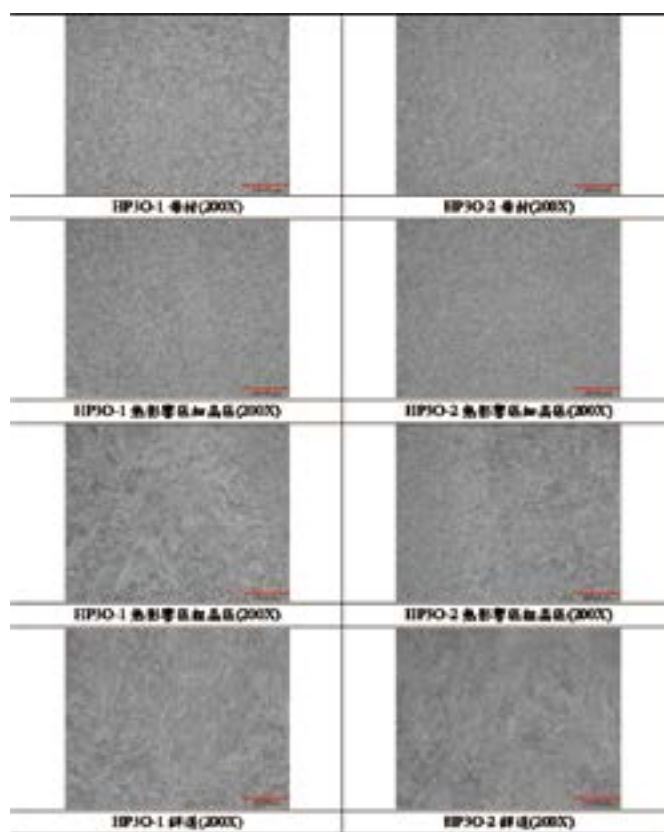
通霄 #1~3 機組共三部複循環機組，為 MHPS 公司設計製造，每部機組出力 892,600KW。每部複循環採用 2GT+1ST 模式，每部複循環機組有 2 部熱回收鍋爐 (Heat Recovery Steam Generator-HRSG)，HRSG 主要利用 GT 燃燒後之排氣熱量產生過熱飽和水蒸氣供 STEAM TURBINE 運轉及中壓飽和水蒸汽供 GT 冷卻之用，其 HRSG 主蒸汽壓力與溫度分別為 15.6 Mpa / 601.7°C，通霄新一號機在民國 106 年 9 月並聯。本所在機組建造過程時前往取樣一號機，著手建立熱回收鍋爐管材之初始階段之顯微組織與硬度資料，未來可藉評估結果，建立設備重要組件之

微觀組織資料庫，掌握材料初期微觀組織特徵與硬度值，以利後續進行運轉階段之壽命管理，提高未來機組運轉之安全性與可靠度，降低營運維護成本。本研究主要結論如下：1. 本所完成通霄一號機熱回收鍋爐材料資料庫建置，材質涵蓋 P91、347H、SB407。2. 金相組織之物理損傷分析中，發現數處銲道或熱影響區存在異常組織。3. 在 P91 材質，數處銲道與熱影響區位置硬度偏高，高於 300HV 硬度。4. 本所採購 ASME SB407 材質爐管，金相為沃斯田鐵基上，存在少量 γ' -M23C6 等二次相，與本次複製膜取樣結果一致。



資料來源：本研究提供

圖 1 鍋爐側視圖



資料來源：本研究提供

圖 2 高壓三次過熱器出口集管顯微組織分析結果

林口電廠二號機鍋爐管路組織及劣化分析評估

Abnormal Microstructure Assessment of No.2 Coal-Fired of Linkou Thermal Power Plant Steam Pipe

Abstract

The purpose of this study is to establish the data for microstructure and hardness of MS, 2SHO, 1RHO, 1RH pipes or tubes in Linkou #2 USC power plant during first overhaul. The evaluation method is to obtain the metallographic data of each component by the non-destructive replica method and measure their hardness by applying the re-bounce and UCI hardness method. The main conclusions of this study are as follows: 1. The Linko #2 boiler of TPC has been enter into TPC material database.

2. In the physical damage analysis of the metallographic structure, it is found that five micro cracks at WM, T22 BM carbides are slightly spheroidized at some 1RH and 2SHI sites and some super304H BM microstructure is abnormal at 2RHO and 3SHO. The DMW microstructure of WM and HAZ are normal. 3. The T/P 91 and T/P 92 BM hardness of 12 sites are lower than normal hardness. 4. Sampling the WM composition of DMW is show that the WM composition is correct.

1 研究背景、目的、方法：

本文係針對進行第一次大修的林口發電廠二號機超臨界機組之主蒸汽管、二次過熱器出口集管、一次再熱器出口集管、一次再熱器管排等 121 個位置進行微觀組織與硬度取樣，建立鍋爐材料基本資料，

為未來建立壽命評估之基礎。評估方法是以非破壞之複製膜法到現場取得各組件金相資料，與應用彈跳式硬度與超音波硬度試驗法量測組件硬度。

2 成果及其應用：

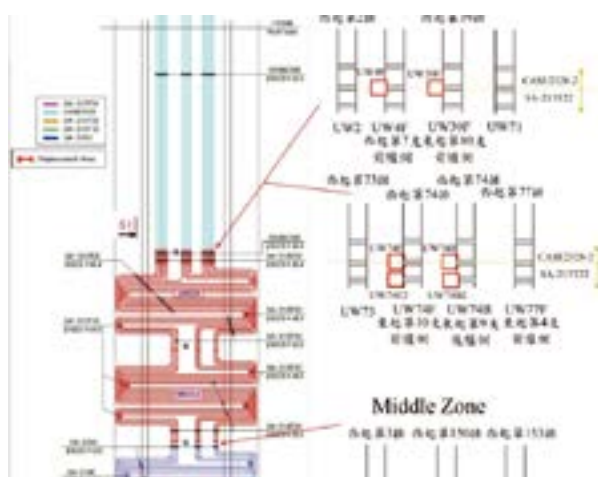
林口發電廠超臨界機組燃煤 #2 號機裝置容量為 800MW，鍋爐為燃煤超臨界汽力機組，於 105 年 6 月 22 日點火、105 年 9 月 2 日併聯發電，並於 106 年 3 月 24 日正式接受調度，107 年 4 月進行第一次大修工作。本研究主要結論如下：1. 本所鍋爐材料資料庫已建置入林二機資訊。2. 金相組織之物理損傷分析中，發現 5 處鐸道存在熱裂裂紋，

1RH、2SHI 之部分 T22 母材之波來鐵層狀組織普遍球化分解，一些 2RHO 與 3SHO 之 super304H 材質之金相異常或晶粒粗大。異質鐸接處之鐸道與熱影響區金相正常，無瑕疵。3.12 處 T/P91 與 5 處 T/P92 母材硬度低於合理硬度值 (<180 HV)。4. 抽樣異質鐸接處鐸道成分，其鐸道成分正確。



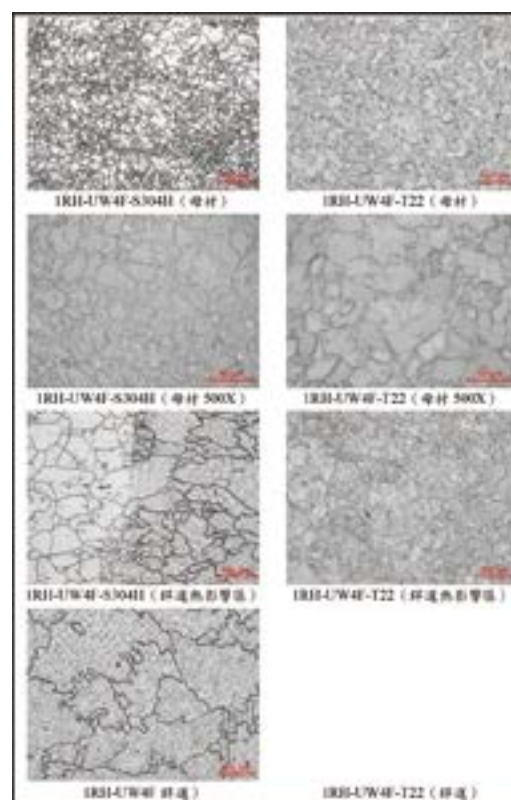
資料來源：本研究提供

圖 1 林口電廠鍋爐剖面圖



資料來源：本研究提供

圖 2 一次再熱器取樣位置規劃



資料來源：本研究提供

圖 3 一次再熱器顯微組織分析

研究人員：能源研究室：高全盛、曾千洵、詹勝凱、蘇奎元、楊學文

發電鍋爐評估診斷監測系統開發研究

The Research on Development of Diagnostic Monitoring Boilers System

Abstract

This study focuses on the establishment of a creep life assessment and abnormal operation monitoring system for the superheater and reheater tube banks of no. 5 -10 Boilers at the Taichung Thermal Power Plant. The system utilizes operational data extracted from the Distributed Control and Data Acquisition System and measures the oxide layer thickness of the tubes during overhauls. Based on oxidation kinetics and the Larson-Miller creep theory, the residual creep life of the tubes is evaluated. The abnormal operation monitoring system employs Principal Component Analysis to identify key operational data components and uses Q-statistics to assess whether there are anomalies in boiler equipment operations. The achievements of the project are: 1. Displaying real-time metal temperature distributions of each tube bank. 2. Analyzing the creep life consumption of

each tube bank during the current overhaul to examine their relative levels of wear. 3. Providing real-time predictions of oxide layer thickness. 4. Real-time assessment of creep life consumption for tube banks in different areas. 5. Diagnosing abnormalities in operational data and monitoring for any irregularities. 6. Generating daily evaluation reports on unit performance to assess the operational status of the unit for the next day. 7. Completing the development and implementation of the diagnostic and monitoring system for Boilers 5 to 10. Over the next two major overhauls, the system parameters will be gradually adjusted to provide precise maintenance recommendations for tube banks, plan optimal tube replacement strategies, and reduce the frequency of unexpected unit shutdowns.

1 研究背景、目的、方法：

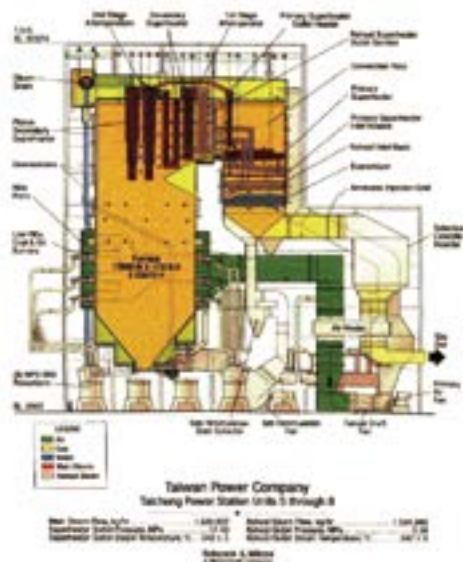
本研究係針對台中火力電廠五 - 十號機鍋爐建置過熱器與再熱器管排潛變壽命評估與運轉異常監視系統，透過擷取分散式控制暨資料收集系統之運轉數據，配合大修時量測管材內壁氧化層厚度，依據氧化

動力學與 Larson-Miller 潛變預測理論，評估管材潛變殘餘壽命；運轉異常監視系統採用主成分分析方法，取其運轉數據之主成分，以 Q 統計量評估鍋爐設備運轉是否出現異常。

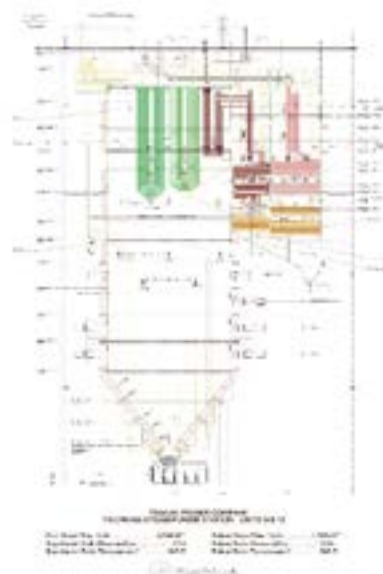
2 成果及其應用：

由於火力發電廠鍋爐爐管長時間暴露於高溫高壓甚至帶有腐蝕性的惡劣環境中服役，其破壞機制依照區域不同，分別有不同的破壞機制。為了提供穩定的發電輸出、經濟因素、安全性…等多種考量因素，掌握各個機組部件的健康程度至關重要。完成成果如下：1. 顯示即時各管排金屬溫度分布。2. 分析此次大修各管排消耗潛變壽命，檢視各

管排相對耗損程度。3. 即時氧化層厚度預測。4. 各區管排即時潛變壽命消耗。5. 機轉運轉數據異常診斷，監控數據有無異常。6. 每日產出機組評估結果，評估隔日機組運作情形。7. 完成建置中五 - 十號機發電鍋爐評估診斷監測系統，在未來兩次大修後，逐步調整系統參數，提供精準管排維護建議，規劃最佳換管計畫，降低機組異常停機次數。



(a) 中五～八號機



(b) 中九、十號機

資料來源：本研究提供

圖 1 鍋爐剖面圖



(a) 機組基本資訊



(b) 熱電偶分布位置

資料來源：本研究提供

圖 2 軟體介面

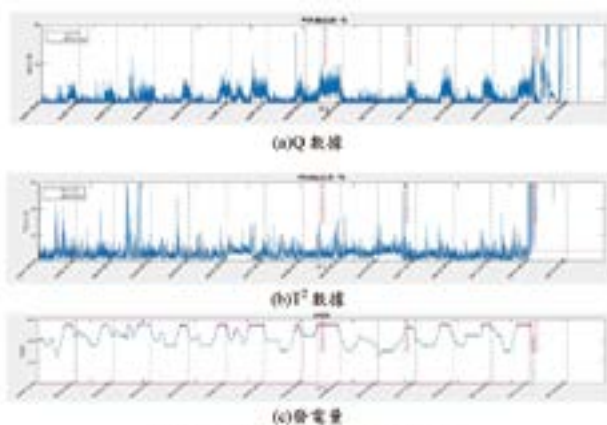


圖 3-3-2 中七機鍋爐發電量、Q、T²數據

資料來源：本研究提供

圖 3 中七機鍋爐 Q、T 數據

研究人員：能源研究室：高全盛、曾千洧、蘇奎元、詹勝凱、楊學文、曾振邦、蔡志祥

南部火力發電廠 #1 號機熱回收鍋爐劣化追蹤研究

Microstructure Evolution of No.1 HRSG in Nan-Pu Power Plant

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the residual life of #1 HRSG components of Nan-Pu thermal power plant which has been operated for 27 years. The integrity of critical components was assessed in this study including the main steam pipe and header(MS), 1st superheater outlet header(SH) and 3rd superheater outlet header(SH) of HRSG1-1 and HRSG1-2, pipe elbow position, HP & LP Drum...etc. The inspection of these steam delivery pipes was conducted based on the microstructure of regular replicas and extraction replicas, and the consumed creep life was evaluated based on the life assessment system called MLAS (Metallurgical Life Assessment System) originally developed by MHI. The report provided reference to SIEMENS.

Results of the examination indicated, the consumed creep life in the heat affected zone for MS are 30-60%, for SH1 and SH3 are 30-40%, for PE are 30-60%(11HRSG) / 30-40%(12HRSG), for HP & LP Drum are 30-90% respectively. In terms of the 40-year life of #1 boiler components of HRSG, the residual life is approximately 4 to 28 years under normal operation and maintenance. Isolated cavities and direct cavities were found in 13 sample points shown as following (MS-43、MS-46、11HP-SH1-16-up、11HP-SH1-19-up、12HP-SH1-16-up、12HP-SH1-19-up、PE1-5、PE1-7、PE1-8、PE22-5、PE12-6、PE12-7 and PE12-8). Both of these cavity locations need to be kept track of.

1 研究背景、目的、方法：

南部火力發電廠 #1 號機於民國 82 年，為燃燒天然氣之複循環機組，由 2 部氣渦輪機配屬 2 部熱回收鍋爐，再把 2 部鍋爐產生之蒸汽匯集供一部汽輪機做功發電，即 2 對 1 複循環機組。每部氣渦輪機發電出力為 89.4MW，汽輪機發電量為 110MW，機組滿載發電量為 288.8MW；運轉迄今 (110 年) 已逾 28 年，鍋爐系統之集管箱與主蒸汽管等高溫高壓大型組件，除了

高溫與高壓因素，而形成潛變破壞外，同時也會因前述組件金屬厚度較厚，內、外壁溫度梯度較大，在運轉中容易受熱應力之影響，尤其對負載變動大或起停次數多之複循環機組，特別容易發生損壞。一旦損壞其修護工作將極為困難且曠日廢時，勢必影響機組之發電，而造成嚴重營運損失，故藉壽命評估技術來掌握組件老化衰變趨勢，提高運轉之可靠度。

2 成果及其應用：

本文係針對運轉已 27 年之南部火力發電廠一號機熱回收鍋爐之汽機房 MS 主蒸汽匯流箱、HRSG1-1 與 HRSG1-2 之 PE 室外蒸汽輸送管以及噴水減溫段、高壓第一過熱器出口集管、低壓第三過熱器出口集管、高壓及低壓汽水鼓位置等進行壽命評估，並提供分析結果給予 SIEMENS 公司參考。本所評估方法是以非破壞之複製膜法到現場取

得各組件金相資料，再分別就潛變孔洞變化、顯微結構改變及碳化物型態加以分析，最後以 MLAS 評估準則，評估各取樣點之壽命消耗百分比，各管件銲道熱影響區之潛變壽命消耗 (以保守計) 如下：高壓主蒸汽管與集管為 30~60%；HRSG1-1 與 HRSG1-2 之高壓第一過熱器為 30~40%；HRSG1-1 與 HRSG1-2 之低壓第三過熱器為

30~40%；1-1 PE 室外管線彎頭位置為 30~60%；1-2 PE 室外管線彎頭位置為 30~40%；1-1、1-2 高壓及低壓汽水鼓等位置為 30~90%(11HP-DRUM-D 短管、12HP-DRUM-D 短管)。若以機組 40 年之使用壽命計算，機組在正常運轉維護下之剩餘壽齡約為 4~28 年。少數取樣點已

有獨立孔洞或方向性孔洞 (取樣 MS-43、MS-46、11HP-SH1-16-up、11HP-SH1-19-up、12HP-SH1-16-up、12HP-SH1-19-up、PE1-5、PE1-7、PE1-8、PE22-5、PE12-6、PE12-7 及 PE12-8 等 13 位置)，建議後續持續追蹤。



資料來源：本研究提供

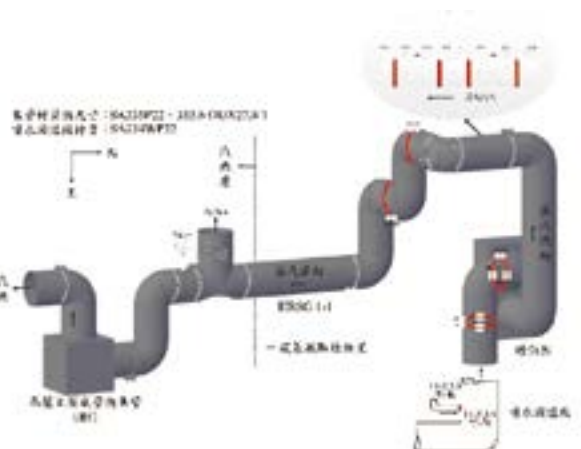
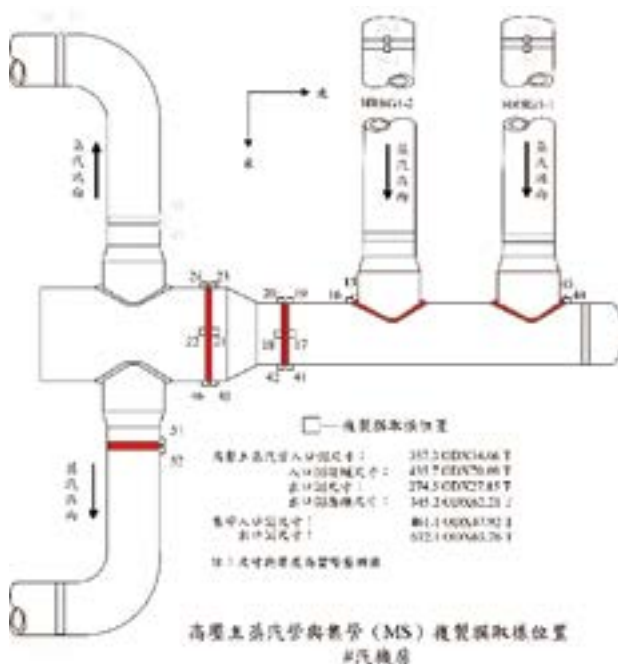


圖 1 南部電廠室外蒸汽輸送管線示意圖



資料來源：本研究提供

圖 2 主蒸汽輸送管取樣位置規劃

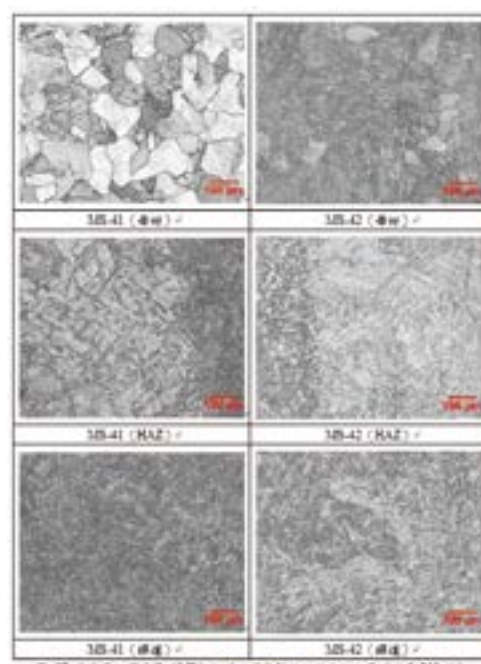


圖 37 汽機室蒸汽管 (305) 鋼管顯微組織分析結果 (倍率 200 倍)

資料來源：本研究提供

圖 3 主蒸汽管路顯微組織分析

研究人員：能源研究室：蘇奎元、高全盛、曾千洵、詹勝凱、楊學文、曾振邦

鍋爐材料金相深度學習影像辨識模型之建立

An Establishment of a Deep Learning Image Recognition Model for Boiler Material Metallographical

Abstract

Boilers in coal-fired power plants often operate in high-temperature and high-pressure environments, and are therefore prone to damage to metal structures. In severe cases, boiler tubes may leak, resulting in negative impacts such as loss of power generation and increased cost of alternative power sources. In the past, in order to detect the degree of deterioration of boiler tubes, metallographic inspection and hardness tests were

usually conducted. In recent years, deep learning image recognition technology has been able to detect defects quickly and accurately. Applying it to the metallographic identification of boiler tube materials can speed up the inspection process and increase the chance of correctly determining the degree of metal deterioration. This study mixes the VGG-19 network with SENets to establish a boiler material metallographic/hardness identification model.

1 研究背景、目的、方法：

燃煤電廠之鍋爐常處在高溫高壓環境下運轉，也因此易出現破壞金屬結構現象，嚴重時會導致爐管洩漏，而造成了發電損失和增加替代電源成本等負面影響。過去為探知爐管之劣化程度，通常以金相檢測和硬度實驗進行觀察。近年來，深度學習之圖像辨識技術已能快速且準確的進行瑕疵檢測，將之用於

爐管材料金相辨識可加快檢測流程並增加正確判斷金屬劣化程度之機率。本研究結合 **VGG-19** 網路及 **SENets** 兩者建立之鍋爐鋼材金相 / 硬度鑑別模型，就 104 ~112 年台中及大林電廠部分機組之過熱器與再熱器管材，分別進行倍率 200X 與 500X 金相之實證分析。

2 成果及其應用：

1. 由學習曲線檢驗模型效能顯示圖像較清晰之 500X 倍率金相顯比 200X 倍率金相具泛化能力。
2. 500X 倍率金相之準確率為 95.4%，而各類別之精確度、召回率及 F 值等值幾多在 90% 以上，此表示應用 500X 倍率金相圖像能有效且準確的鑑定出鋼材

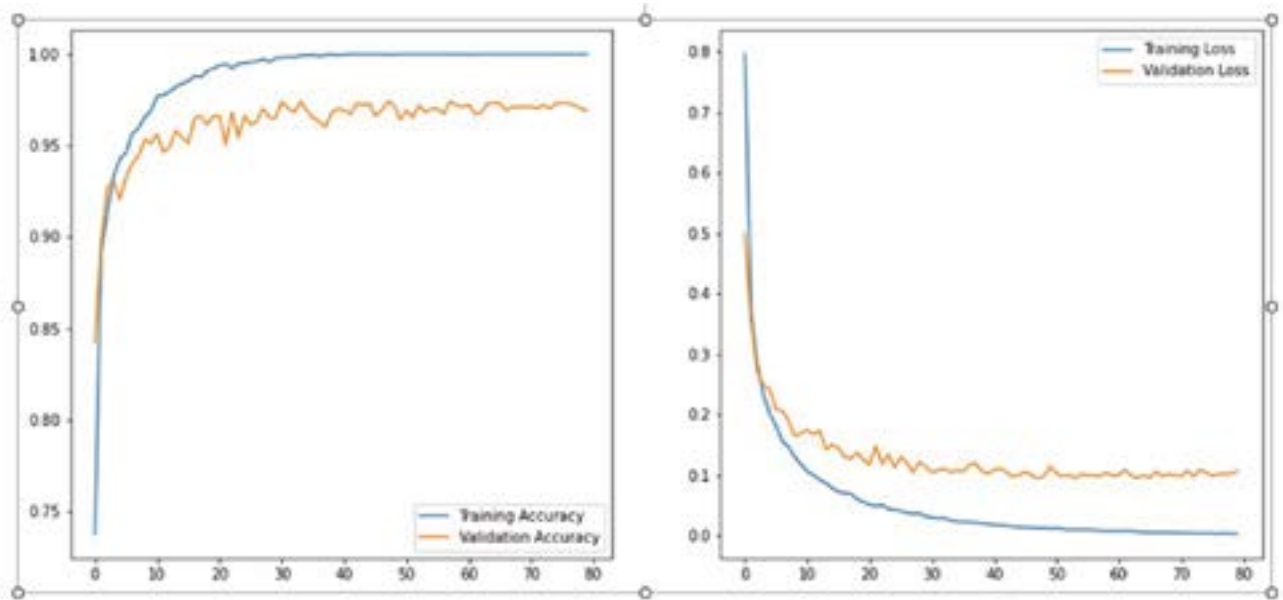
金相之劣化程度，進而取代傳統金相 / 硬度實驗模式。

3. 6 折交叉驗證結果顯示：200X 及 500X 倍率金相之平均準確率分別為 $85.2\% \pm 1.29\%$ 及 $95.88\% \pm 0.64\%$ ，此結果與觀察學習曲線所得相同。



資料來源：本研究

圖 1 VGG-19-SENet 鍋爐鋼材金相鑑別模型架構



資料來源：本研究

圖 2 500X 倍率金相學習曲線

研究人員：能源研究室：葉佐端、曹志明、高全盛、劉家鈺

林口電廠爐管狀態監測系統建置研究

Research on Construction of Monitoring System of Status of Boiler Tube of Linkou Power Plant

Abstract

There are 3 supercritical steam generators in Linkou Power Plant currently, and the 3 generators have operated for 5 years. Since 2022, Linkou Unit 1 and Linkou Unit 2 have suffered from broken boiler tubes, and broken boiler tubes cause boiler out of service. In these broken boiler tube accidents, boiler tubes had circumferential cracks. Circumferential cracks might be a thermal fatigue phenomenon of boiler tubes. In order to understand what cause circumferential cracks of boiler tubes and avoid boiler out of service, this research constructs a monitoring system of status of boiler tubes in Linkou Unit 2. The monitoring system measures and records strain and temperature of boiler tubes in Linkou Unit 2. In addition, this research analyzes data of

strain and temperature of boiler tubes and speculate cause of circumferential cracks. According to the analysis of data of strain and temperature, an apparent periodic pulse of strain appears on diagram of strain. The apparent periodic pulse of strain is caused by wall blowers. Energy of strain caused by wall blowers occupies a few proportion of energy of total strain. Therefore, wall blowers are regarded as one cause of circumferential cracks of boiler tubes. In addition, this research measured data of strain and temperature of boiler tubes from ignition, operation of full load and shutdown due to broken pipe. Operators of power station can refer to these data and make better operation.

1 研究背景、目的、方法：

林口電廠目前共有 3 部超超臨界鍋爐發電機組，3 部機組都已運轉超過 5 年。自民國 111 年開始，林一機和林二機陸續發生破管停機事故。林一機和林二機的破管停機事故中，發現爐管都有出現周向裂紋的狀況。爐管周向裂紋疑似是爐管熱疲勞的現象。為了更進一步了解爐管周向裂紋的形成原因，藉以改善林口電廠鍋爐破管的狀況，本研究於林二機鍋爐現場建置一組爐管狀態監測系統，測量和記錄爐管

的溫度和應變，並且分析爐管的溫度和應變數據。分析數據後，發現有明顯的周期性應變突波現象。此周期性應變突波現象是由於吹灰所導致。吹灰所造成的應變能量，佔總體應變能量的一定比例。因此，推測出吹灰可能是導致爐管周向裂紋的原因之一。除此之外，本研究還測量到鍋爐從點火、滿載運轉、破管降載停機的爐管溫度和應變的數據，這些數據可供電廠人員參考。

2 成果及其應用：

本次感測器安裝的大部分工作是由本所自行完成。爐管狀態監測系統在林二機空氣補充風門附近，所檢測的爐管位置在靠近鍋爐東牆中央。爐管狀態監測系統有測量鍋

爐內側的爐管 1 個點的溫度和應變，和測量鍋爐外側的爐管 1 個點的溫度和 1 個點的應變。

爐管狀態監測系統的主要軟體是 Ubuntu Linux 作業系統和

MariaDB。爐管狀態監測系統由本研究所開發、設計並組裝硬體、安裝相關軟體和設計資料庫表格。爐管狀態監測系統的硬體成本(不含應變規、熱電偶等感測器、鍍合金保護外殼等)約新臺幣 90000 ~ 100000 元，因為使用自由軟體的緣故，故無須支付軟體的授權費用。圖 1 是爐管狀態監測系統和感測器照片。

林二機於 2024 年 1 月 16 日左右結束大修，並且於 2024 年 1 月 18 日晚間開始點火。從 1 月 19 日開始，林二機負載從 0 開始逐漸升高。但是，在 1 月 22 日凌晨時，林二機因主蒸汽壓力設定邏輯瑕疵，導致西牆爐管破管而停機。爐管狀態監測系統剛好記錄林二機鍋爐從點火到

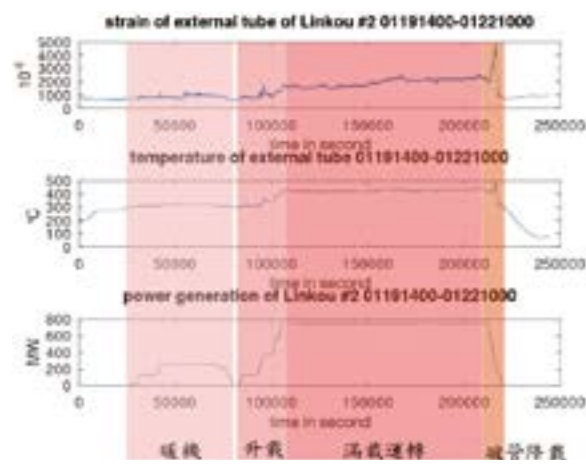
停機的爐管狀態變化過程，圖 2 是這段時間的外壁爐管狀態圖。

林二機自 2024 年 1 月 22 日停機後，於 1 月 26 日維修完畢並且再次併聯，到 6 月 30 日這段期間都正常運轉。經分析數據後發現，內壁和外壁爐管的應變值有周期性突波現象，周期大約是 6 ~ 7 小時。應變突波的超始時間，和圖 22 中的吹灰器啟動時間是一致的，由此可說明林二機鍋爐外側爐管應變突波是由吹灰引起的現象。分析外側爐管應變的振幅頻譜圖後，發現吹灰造成的突波能量佔爐管應變能量的一定比例。圖 3 是林二機外壁爐管相關的圖表。



資料來源：本研究提供

圖 1 感測器位置和監測系統

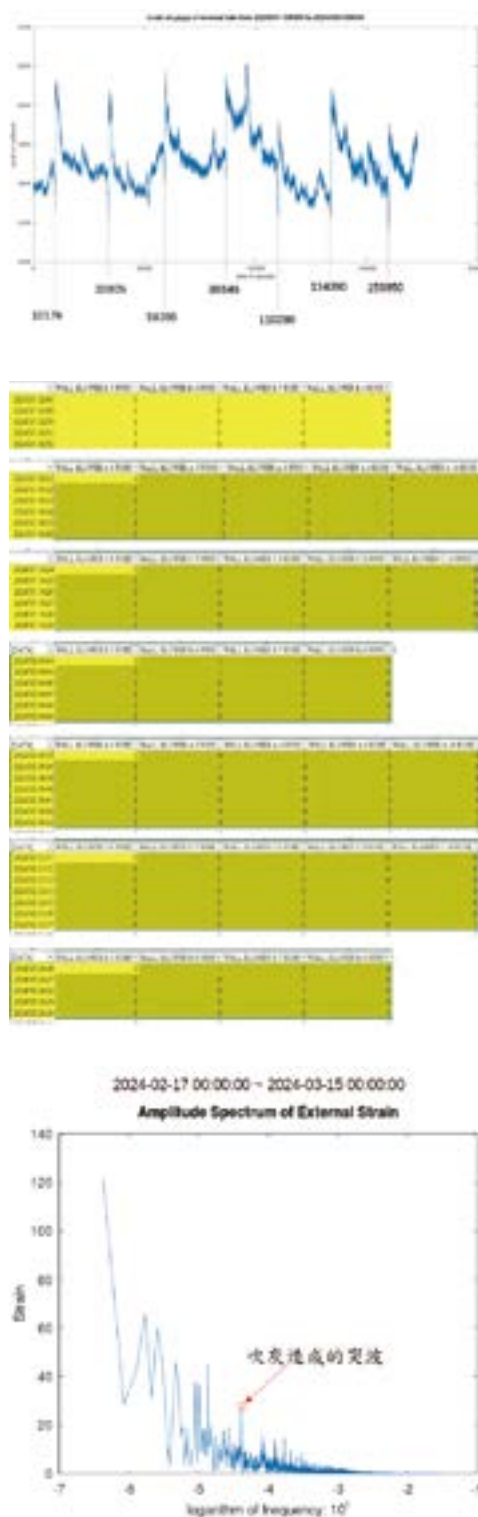


時間區間	平均值 (10 ⁴)	最大值 (10 ⁴)	最小值 (10 ⁴)
2024-01-19 21:20:00 ~ 2024-01-20 12:10:00 (秒數：26400 ~ 79800 秒，暖機)	864.4	1322.0	626.8
2024-01-20 13:20:00 ~ 2024-01-20 20:12:00 (秒數：84000 ~ 108720 秒，升載)	1084.9	1840.8	696.4
2024-01-20 20:12:00 ~ 2024-01-22 01:06:10 (秒數：108720 ~ 208110 秒，滿載運轉)	1954.8	2579.3	1417.8
2024-01-22 01:06:10 ~ 2024-01-22 02:07:10 (秒數：208110 ~ 212990 秒，減管降載)	3101.2	4812.6	1918.9
2024-01-22 02:07:10 ~ 2024-01-22 03:29:20 (秒數：212990 ~ 216480 秒，減管降載)	1388.8	4718.0	733.6

時間區間	平均值 (°C)	最大值 (°C)	最小值 (°C)
2024-01-19 21:20:00 ~ 2024-01-20 12:10:00 (秒數：26400 ~ 79800 秒，暖機)	314.7	324.2	301.8
2024-01-20 13:20:00 ~ 2024-01-20 20:12:00 (秒數：84000 ~ 108720 秒，升載)	349.4	436.1	305.9
2024-01-20 20:12:00 ~ 2024-01-21 23:48:30 (秒數：108720 ~ 208110 秒，滿載運轉)	426.8	442.9	416.3
2024-01-21 23:48:30 ~ 2024-01-22 01:09:50 (秒數：208110 ~ 212990 秒，減管降載)	431.0	440.8	419.3
2024-01-22 01:09:50 ~ 2024-01-22 02:08:00 (秒數：212990 ~ 216480 秒，減管降載)	430.8	487.4	412.4
2024-01-22 02:08:00 ~ 2024-01-22 03:10:00 (秒數：216480 ~ 220200 秒，減管降載)	341.8	480.2	306.7

資料來源：本研究提供

圖 2 林二機剛開始運轉時的鍋爐外側爐管應變、溫度和發電量圖



資料來源：本研究提供

圖 3 林二機正常運轉時的周期性應變突波、吹灰器啟動時間記錄和周期性應變突波頻譜。

研究人員：能源研究室：蔡志祥、高全盛、曾千滄、蘇奎元、曾振邦

實驗室煤質燃燒技術之建立

A Study on Establishment of Laboratorial Coal Combustion Technology

Abstract

In Taiwan's carbon reduction path plan, the proportion of power generation from thermal power units will be decreased year by year. However, they will still play a crucial role in stabilizing the power supply of Taiwan Power Company during the transition to net-zero emissions by 2050. Since coal-fired power units have higher carbon emissions per unit of power output than gas-fired units, the company will prioritize replacing coal with natural gas to reduce emissions. Existing coal-fired units, such as the advanced ultra-supercritical units in Linkou and Talin power plants, will be retained to enhance energy supply security and leverage their relatively higher coal reserves for emergency situations.

To support this transition and ensure a secure energy supply, the company will adopt a diversified coal sourcing strategy. Coal quality significantly impacts boiler operations. Therefore, developing

laboratory-based coal combustion technologies for different coal qualities is crucial. These technologies will help identify potential combustion issues and find appropriate solutions. Laboratory-based methods, such as thermal gravimetric analysis and drop tube furnace testing, are essential for understanding the combustion characteristics of different coal types. Thermal gravimetric analysis measures weight loss as the sample is heated, providing an indication of the coal's combustion rate. The drop tube furnace creates an environment similar to the high temperature of a boiler, providing rapid heating of pulverized coal and a shorter residence time. The development of these two combustion testing methods in this project will significantly enhance our understanding of various coal combustion characteristics, offering valuable insights for coal blending strategies at power plants.

1 研究背景、目的、方法：

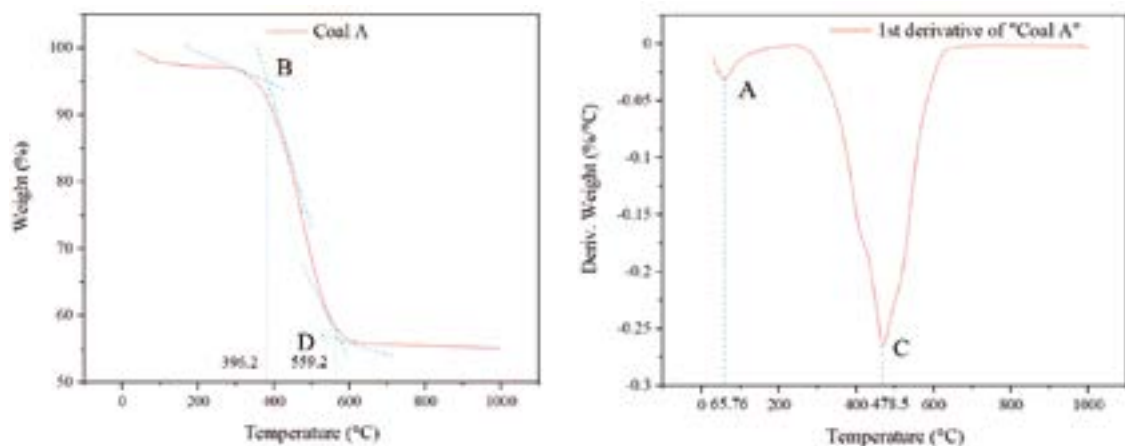
火力機組在我國減碳路徑規劃中，發電佔比將會逐年降低，惟仍肩負 2050 年淨零排放過渡期間本公司穩定供電的重要角色，火力機組中燃煤發電單位發電量的碳排放比燃氣發電高，所以本公司會先採取以氣代煤來減排，但既有的燃煤機組還沒有到除役年限會保留下來，例如林口和大林電廠的先進超超臨界燃煤機組，如此將有助於提昇整體的能源安全，同時也利用燃煤的備用存量比較高的特性，以備不時之需。

本公司燃煤之採購為確保供應安全會採取煤源分散的措施，由於不同煤質將影響鍋爐之運轉及操作，透過發展實驗室煤質燃燒技術

將有助於了解不同煤質之燃燒特性，掌握可能衍生的相關問題，並嘗試尋求解決的對策。藉由熱重分析儀 (TGA) 和沉降管反應爐 (DTF) 進行燃燒特性試驗為國際常見實驗室規模之研究方法，其中 TGA 為量測樣品重量隨溫度之改變，由於煤的燃燒是一個重量損失的過程，在一定的實驗條件下，煤的重量損失速率反應出煤的燃燒速率；而 DTF 則創造一個接近於鍋爐高溫的環境，提供快速的粉煤升溫環境以及較短的滯留時間。本計畫建立上述兩種燃燒試驗方法，將有助於了解不同煤質之燃燒特性，提供電廠配煤之參考依據。

2 成果及其應用：

1. 本計畫建立 **TGA** 特徵溫度評估方式，所建立的分析方法除可應用於燃煤外，亦可使用於木質顆粒、固態碳黑等固態燃料之燃燒特性評估。
2. 本計畫建置 **DTF**，相較於 **TGA**，**DTF** 可提供快速的粉煤升溫環境及較短的滯留時間，與電廠鍋爐環境較為相近，可以透過該反應爐研究不同煤質的燃燒特性、**NO_x** 的生成及其燃燒後衍生之灰分等。
3. 本計畫透過計算流體力學軟體模擬不同煤質於 **DTF** 之反應熱流場，其中氮氧化物排放的模擬結果與只考慮燃料型氮氧化物得出之理論值接近，有助於 **NO_x** 的生成相關研究。



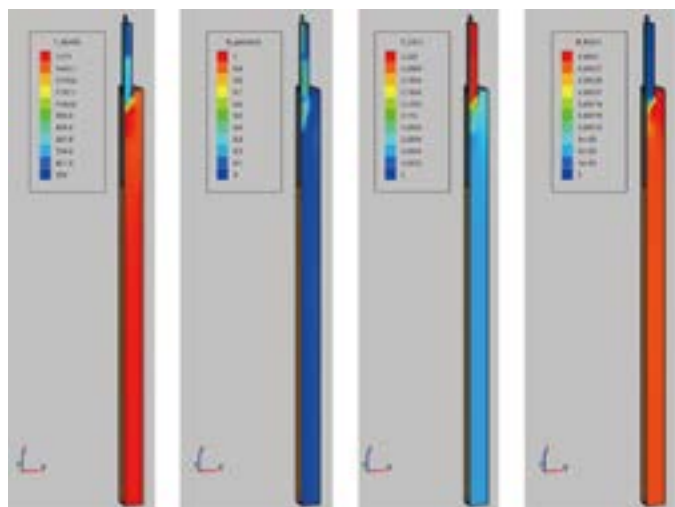
資料來源：本研究提供

圖 1 本計畫建立之 TGA 特徵溫度評估方式



資料來源：本研究提供

圖 2 本計畫建置的 DTF 實體照片



資料來源：本研究提供

圖 3 本計畫模擬 DTF 燃煤試驗反應熱流場結果：溫度分佈、速度分佈、O₂ 分率分佈與 NO 分率分佈。

研究人員：能源研究室：李泰成、詹明賢、黃偉哲、江衍成、李尚謙、崔宇雄

煤質燃燒動力學暨氣相產物之實驗研究

Experimental Study on Kinetics of Coal Combustion and Gas Phase Products

Abstract

This study utilizes thermogravimetric analysis (TGA) combined with infrared spectroscopy to investigate the reaction mechanisms and the release characteristics of volatile products during coal pyrolysis and coke combustion processes. Thermogravimetric curves and derivative thermogravimetric curves were obtained to analyze the decomposition behavior and characteristic reaction temperatures, while kinetic parameters were calculated. Simultaneously, infrared spectroscopy was employed to collect the chemical composition and release patterns of the volatile products.

The study found that the volatile matter content of coal significantly influences

the weight loss behavior during pyrolysis, with higher volatile content leading to more pronounced weight loss. Although an increase in heating rate accelerates the weight loss rate, it delays the onset of pyrolysis decomposition. Additionally, the heating rate significantly affects the kinetic parameters of coal pyrolysis and the release characteristics of volatile products. Higher activation energy indicates more difficulty in bond cleavage. The increase in heating rate delays the generation temperature of volatile products and alters their release patterns. While coke combustion requires higher energy, the reactivity generally increases with elevated heating conditions.

1 研究背景、目的、方法：

政府目前正全力推動能源轉型，雖然 2025 年燃煤發電占比將降低至 30%，但仍扮演台電重要的基載電力，煤的燃燒會經由乾燥 (drying)、去揮發份 (devolatilization)、焦炭燃燒 (char burning) 等一系列反應，反應過程中之動力學機制及產生之氣體產物尤為重要，可提供不同煤質反應性強弱之參考資訊。因此，值此燃煤發電反對聲浪高漲之際，更應對燃燒反應之機制進行更透徹之研究，俾利提供更完整之資訊，作為技術支援之後盾，因此擬透過熱分析設備進行煤質動力學暨氣相產物之實

驗研究，以建立不同煤質反應性參考指標之資料庫，並作為燃煤鍋爐燃燒熱流場模擬不同煤質燃燒相關反應係數設定之參考依據，俾提升模擬之準確性。

本研究利用熱重分析結合紅外光譜技術，探討煤質熱解與焦炭燃燒過程中的反應機制及揮發性產物的釋放特性。通過熱重分析儀獲取熱重曲線與微分熱重曲線，分析其分解行為及反應特徵溫度，並進一步計算其動力學參數，同時，使用紅外線紅外光譜分析儀蒐集揮發性產物的化學組成及釋放規律。

2 成果及其應用：

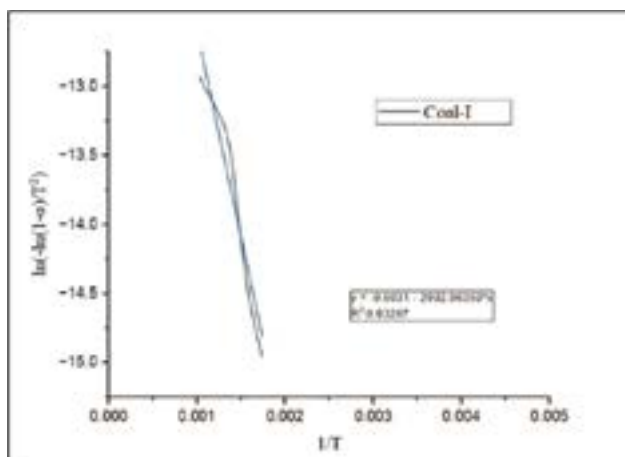
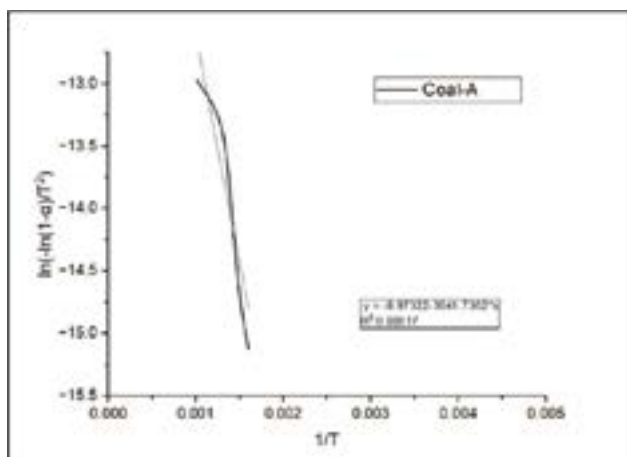
本計畫建立建立亞煙煤和煙煤其燃燒動力學和煤質燃燒氣相產物生成的實驗方法和數據分析，並構建亞煙煤和煙煤反應性參考指標之

資料庫，可作為未來燃煤鍋爐燃燒熱流場模擬不同煤質燃燒相關反應係數設定之參考依據。



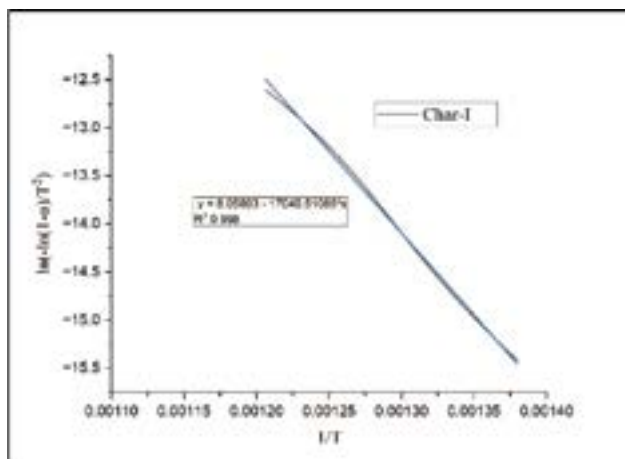
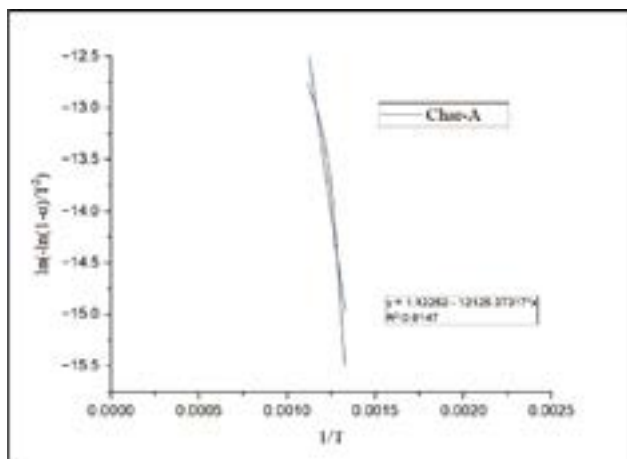
資料來源：本研究提供

圖 1 本計畫實驗設備



資料來源：本研究提供

圖 2 不同煤質動力學分析



資料來源：本研究提供

圖 3 不同焦炭動力學分析

研究人員：能源研究室：詹明賢、李泰成、崔宇雄

發電鍋爐運轉效能即時優化模式之建置與分析

Configuration and Analysis of Real-time Optimization mode for Power Plant Boiler

Abstract

The De-NOx systems at Hsieh-Ho Station were installed and completed in 1999. Since July 2001 severe furnace rumbling has occurred at high loads, especially on Unit 1. At that time, with the help of professional optimization and analysis software (Ultramax™, USA), the "real-time operation optimization mode" was established in the load range of 380MW~400MW, and the boiler optimization combustion adjustment and vibration reduction task was successfully achieved.

This project will continue to improve the construction and evaluation application of the boiler optimization model. Based on the analysis conclusion of the influence of the main parameters, master the influence of the five main operation parameters on the boiler performance results such as furnace combustion vibration, Opacity, NOx emission values, etc.

Subsequently, the optimization model was immediately promoted and applied to the De-NOx optimization combustion requirements of the Unit 3 boiler at Hsieh-

Ho Station, and the following improvement results were finally achieved:

- (1) After 46 sets of optimization and commissioning analysis at high load (455MW), the reduction performance reached 12%, and the NOx emission value could be stably reduced from the daily baseline of 153.1 ppm to 133.2ppm.
- (2) After 54 sets of optimization and commissioning analysis at low load (150MW), the reduction performance reached 22%, and the NOx emission value could be stably reduced from the daily baseline of 99.8ppm to 77.3ppm.
- (3) The De-NOx optimized combustion adjustment task of the unit 3 at Hsieh-Ho Station was completed immediately, saving the company approximately NT\$360 million in FGR equipment capital expenditure, and achieving stable power supply for the system and increasing available power supply.

1 研究背景、目的、方法：

協和電廠各機組的鍋爐燃燒系統自 1999 年 De-NOx 工程完工後，於 2001 年 7 月起在高載運轉時即陸續出現燃燒振動現象，其中以協一機爐膛燃振現象狀況最為嚴峻，當時曾經輔助以優化分析專業軟體 (Ultramax™, USA)，在廠定負載 380MW~400MW 區間建置「運轉即時優化模式」，成功達成協一機鍋爐優化燃調減振任務。

本計畫承續該基礎，精進鍋爐優化模式的建置與評估應用，依主參數影響性相關分析，掌握 5 項鍋爐運轉主要輸入參數對於鍋爐的運轉效能結果 (如爐膛燃振、Opacity、NOx 排放值等) 的影響性，隨後應用該即時運轉優化模式於協三機鍋爐 De-NOx 的優化燃調需求。

2 成果及其應用：

本研究最終達成下列改善成果：

1. 協三機鍋爐在高負載 (455MW) 歷經 46 組優化調測分析，結果調降績效達到 12%，使 NOx 排

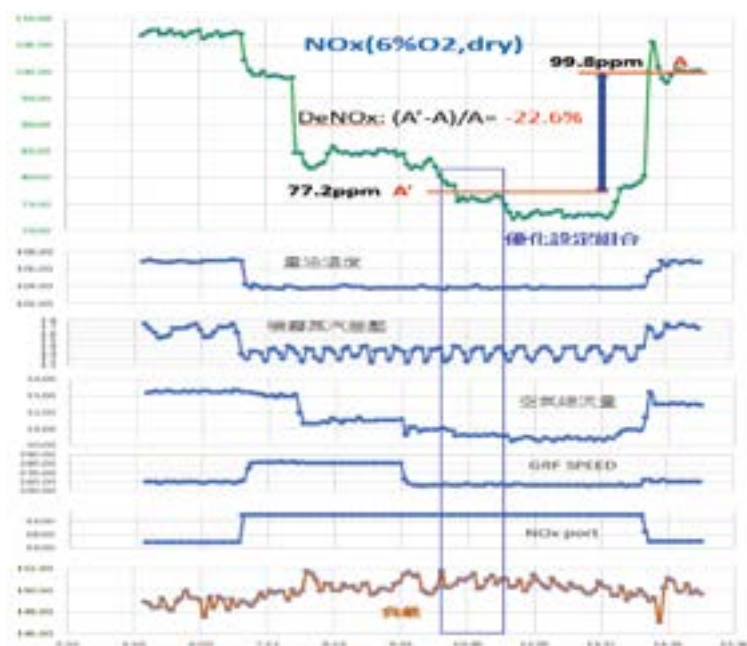
放值可由日常基準的 153.1 ppm 穩定調降至 133.2ppm。

2. 協三機鍋爐在低負載 (150MW) 歷經 54 組優化調測分析，結果

調降績效達到 22%，使 NO_x 排放值可由日常基準的 99.8ppm 穩定調降至 77.3ppm。

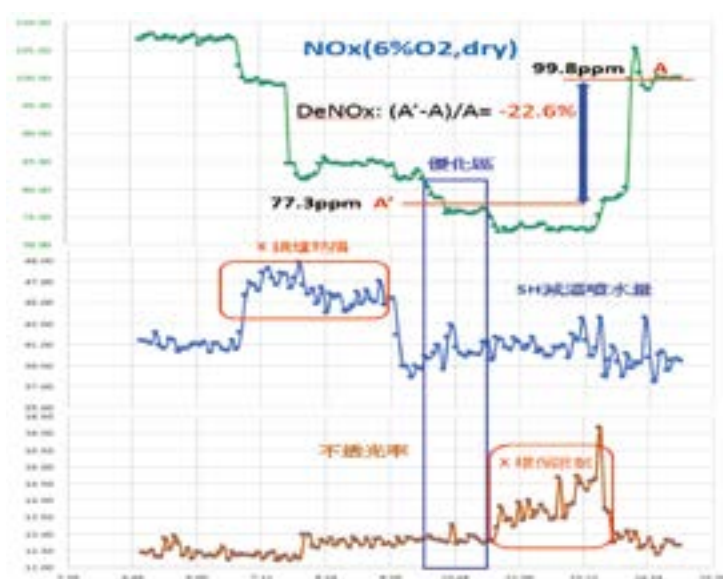
調任務，為公司節省約台幣 3.6 億元的 FGR 設備資本支出，並達成系統穩定供電和增加可用供電量。

3. 即時完成協三機鍋爐的 DeNO_x 優化燃



資料來源：本研究製作

圖 1 協三機鍋爐低負載 DeNO_x 優化燃調結果



資料來源：本研究繪製

圖 2 協三機鍋爐低負載 DeNO_x 優化區調測

研究人員：能源研究室：楊泰然、李泰成、林銘泓、王派毅

超超臨界燃煤鍋爐燃燒流場模擬分析技術建立

A Study on Simulation of Combustion Field for Ultra-supercritical Coal-fired Boiler

Abstract

This study focuses on simulating and analyzing the combustion flow field in ultra-supercritical coal-fired boilers. Although similar studies have been conducted in the past, it is necessary for new boilers to perform analyses due to improvements in computational software, the commissioning of new power plant boilers, and changes in operational parameters and coal quality. In this study, a simulation analysis was conducted using a model of an ultra-

supercritical coal-fired boiler with two different coal qualities and their blends, comparing the combustion characteristics of different coal qualities based on simulation results. The results of this study can understand potential issues during combustion in ultra-supercritical coal-fired boilers, supporting combustion tuning or reduction of slagging and pipe breakage, and serve as the basis for large scale coal-ammonia cofiring simulation in the future.

1 研究背景、目的、方法：

本研究針對超超臨界燃煤鍋爐的燃燒流場進行模擬分析。雖然過去已有類似研究，但由於計算軟體之精進、電廠之新型鍋爐投入運轉，以及運轉參數和煤質的改變，故有必要針對新型鍋爐進行燃燒模擬分析。本研究使用超超臨界燃煤鍋爐模型，利用兩種不同煤質及其混煤

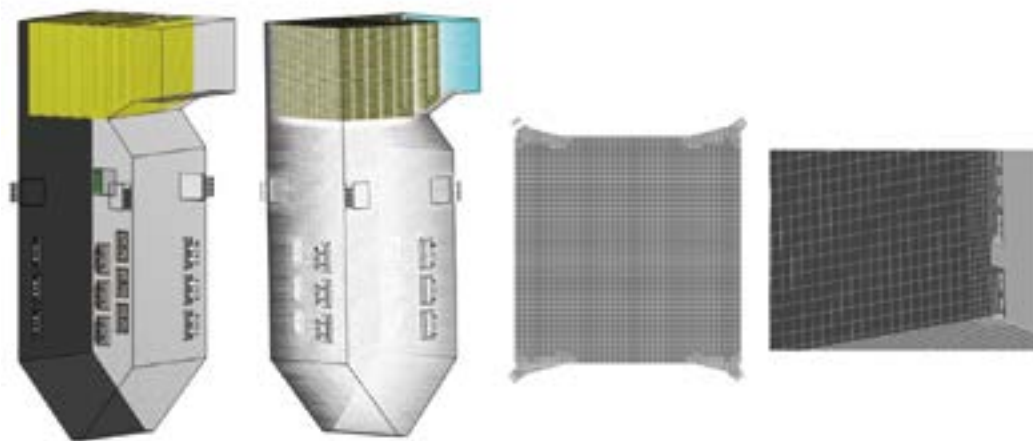
進行燃燒模擬分析，並由模擬結果比較不同煤質的燃燒特性。研究結果有助於了解超超臨界燃煤鍋爐於燃燒時可能衍生之問題，輔助未來燃燒調校或降低結渣及破管之相關研究進行，並作為未來大型鍋爐燃煤混氨燃燒模擬之基礎。

2 成果及其應用：

本研究旨在建立超超臨界燃煤鍋爐燃燒模擬的分析技術，首先針對一 800MW 超超臨界燃煤鍋爐進行三維幾何建模與網格建構（如圖 1），並利用 FlowVision 軟體進行流場模型以及燃煤之燃燒模型建置，再相同熱釋放率下使用亞煙煤、煙煤與其混煤進行三組燃燒模擬分析，以各種燃燒模擬結果分析不同煤質的燃燒特性，包括燃燒器剖面之溫度與速度場比較（如圖 2）、爐膛溫度分布、燃燒器出口火焰分布、火上風門流線圖、O₂ 濃度分佈、H₂O 濃度分佈、NO 濃度分佈（如

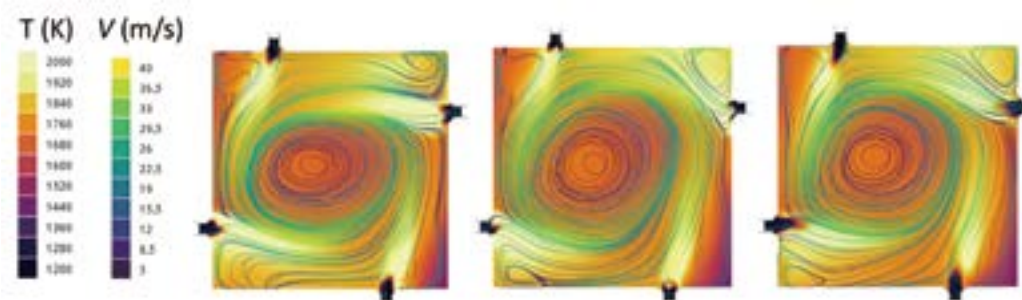
圖 3）與 CO₂ 濃度分佈等。由計算結果比較得知，混燒兩種煤質計算結果之物理現象大致上與單一煤質相同，而 CO₂、H₂O 與 NO 濃度值則介於亞煙煤之煙煤之間。

未來燃煤機組將只保留高效率的超超臨界燃煤機組，考量未來能源的多樣化，如何維持僅存的超超臨界機組良好的運轉狀態相當重要。現階段本公司規劃之燃煤混氨試驗，其使用標的亦為超超臨界燃煤機組，本研究也將作為未來燃煤混氨燃燒應用於大型鍋爐模擬研究之基礎。



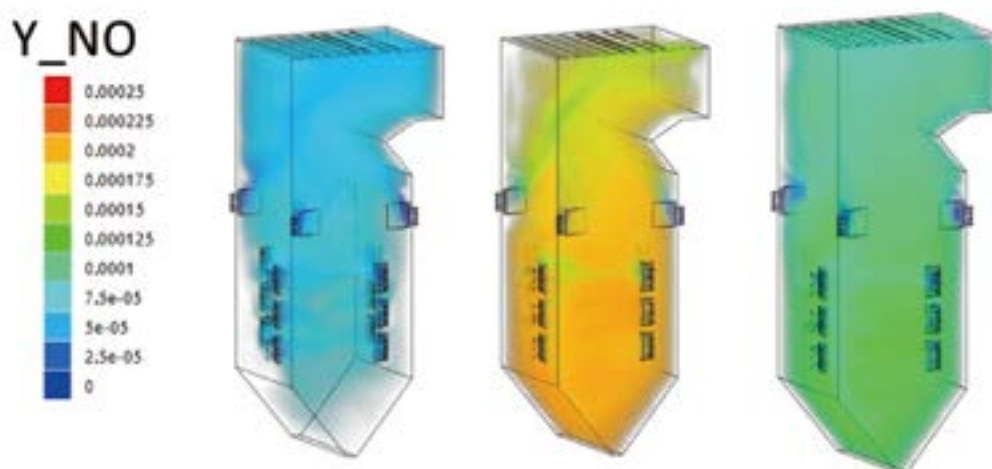
資料來源：本研究製作

圖 1 超超臨界燃煤鍋爐之三維幾何建模與網格建構



資料來源：本研究繪製

圖 2 不同煤質之燃燒器剖面溫度與速度場比較



資料來源：本研究繪製

圖 3 不同煤質之爐膛 NO 濃度分布比較

研究人員：能源研究室：江衍成、黃偉哲、楊泰然、林均翰、李泰成、李尚謙

天然氣混氫燃燒模擬技術之建立

The Combustion Simulation Development of Natural Gas Blended with Hydrogen

Abstract

According to the global climate crisis, the lead power nations has reached consensus of net zero carbon emission. Many commercial, envior-mental-frendly legislations and policies are continuously stipulated till nowa-days, so does R&D assessments. In order to deal with the unstable transition term of powering transformation, several strategies are continuously executed. Such as hydrogen power development, increasing reusable energy propotion, power plant with integrated powering, are executed in a way of transnational cooperation and cross enterprise. As though, the ability of carbon emission decreasing becomes a dictator of national strength. This research project mainly focuses on combustion simulation among the hydrogen power related issues. Across the research field of hydrogen energy, from basic complex el-

ementary reactions combustion studying to industrial engineering application design of global reactions combustion, this research positioning is practical industrial combustion.

This research constructs from paper surveying of combustion with blended fuel. The sensitivy analysis of natural gas with hydrogen at certain conditions, such as the variation of hydrogen addition ratio, operating pressure, operating temperature, and equivalence ratio, is the most focusing reference of this research. Then, the reactions amongst several such references were chosen and applied on the low swirling burner simulation in this research. Finally, the results were validated with experimental data. Furthermore, the constructed analysis method and process can be extensively applied to different types of combustors or combustion engineering simulations.

1 研究背景、目的、方法：

從台灣能源轉型的路徑規劃來看，2050 年再生能源的量占 60%～70%，其餘的 30%～40% 發電，還是得靠屬於基載電力的天然氣，穩定供電仍是台電必需把守的一關。由此可見，燃氣機組的減碳於淨零排放仍扮演重要角色，而氫氣混燒於燃氣機組即為本公司未來燃氣機組規劃會採行的減碳技術之一，由於燃氣機組混氫技術尚屬發展階段，本所刻正透過小型試驗了解天然氣混氫燃燒特性，本計畫擬藉由該試驗測試資料驗證與發展天然氣混氫混燒模擬技術，未來應可應用於大型燃氣機組之混氫燃燒模擬。本計畫主要目標旨在藉由文獻蒐集、實驗與模擬研究來建立天然氣混氫燃燒模擬技術所需必要知

識，以研究結果作為未來混氫機組運轉方面的運維建議。

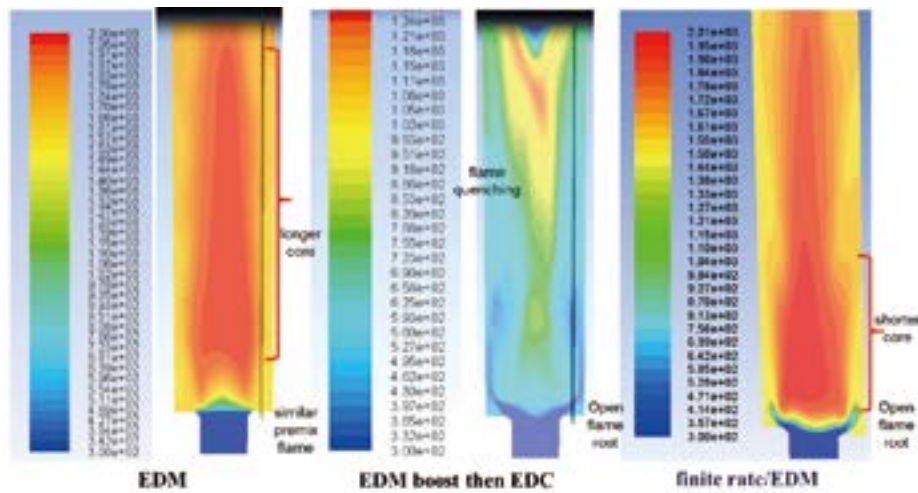
研究方法與工作事項，112 年度已完成工作項目如蒐集純燒天然氣與混燒氫氣相關之學術型與工程應用型模擬技術文獻、規劃 CAD 模型與前處理建立策略，以及建立燃燒試驗裝置 CAD 模型、流域取用優化與網格生成；113 年度完成以小型燃燒試驗裝置之純天然氣燃燒試驗資料與純燒天然氣模擬數據進行比對並模擬模型和相關動力化學係數取用和校正，最後以此作為混燒模擬之基準，以及以小型燃燒試驗裝置之天然氣混氫燃燒試驗資料進行混燒燃燒模擬與實驗數據比對，以及模擬模型和相關動力化學係數取用和校正。

2 成果及其應用：

本研究旨在開發天然氣混氫燃燒模擬模型，未來將應用至實際燃氣機組之燃燒模擬，由於本公司未來新購燃氣機組大多是 GE 機組，且具混氫功能，未來會優先投入模擬研究資源在 GE 機組之燃燒模擬上，先建立 GE 機組純燒天然氣之燃燒基準模擬，再導入本研究所建立的混氫燃燒

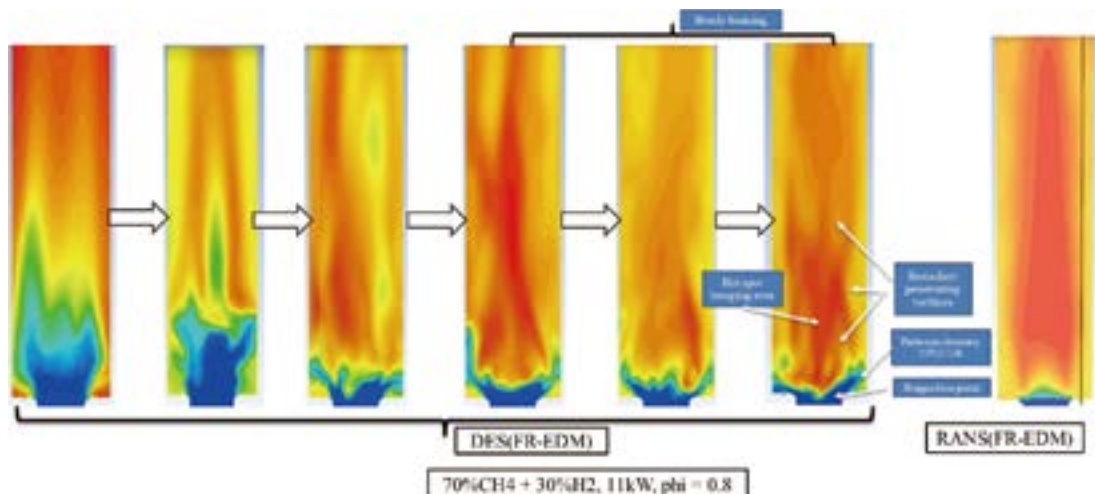
模型。

燃氣機組混氫技術為公司目前規劃之火力機組減碳策略之一，先透過小型試驗爐之發展並建立與驗證燃燒模擬技術，未來可應用至大型燃氣機組之燃燒模擬研究，有助於提供公司未來進行燃燒測試之參考依據。



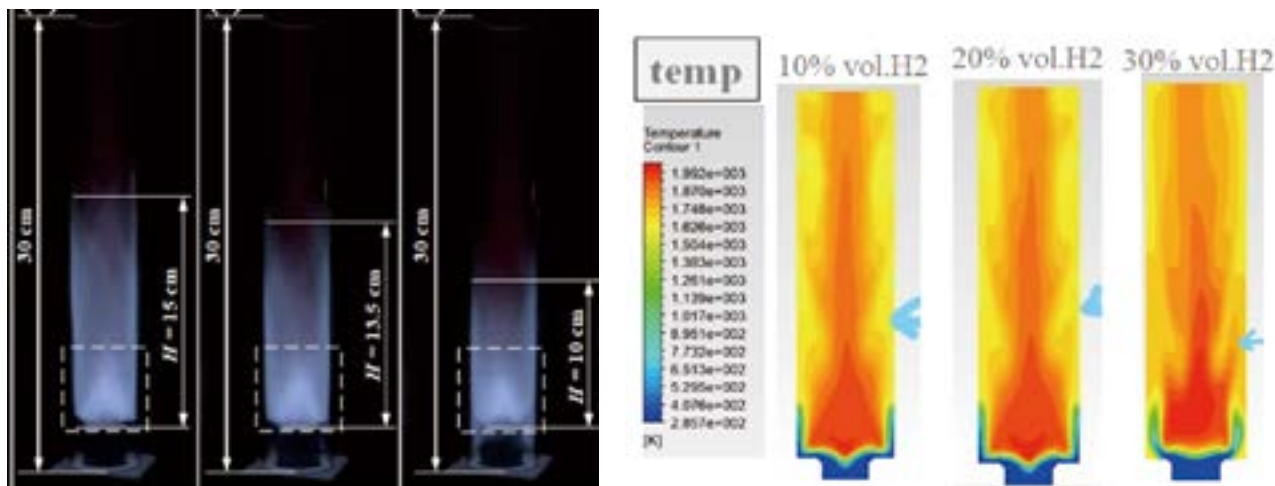
資料來源：本研究提供

圖 1 RANS 模組使用不同燃燒模組之溫度場結果比較



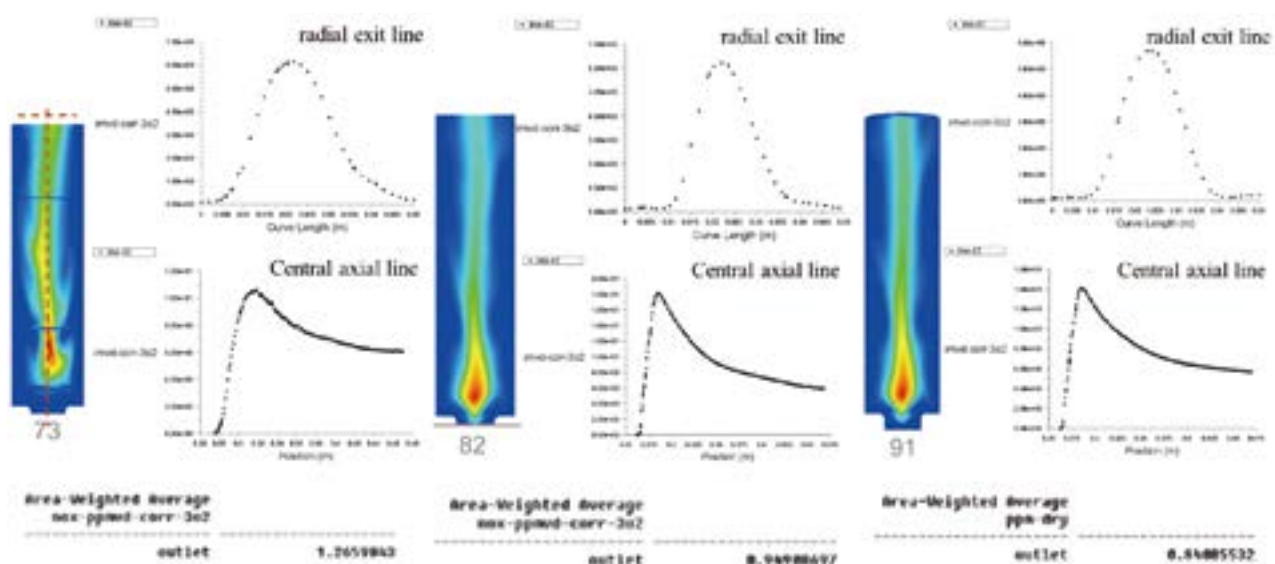
資料來源：本研究提供

圖 2 FR/EDM 燃燒模組於紊流模組 RANS 與 DES 解析熱流場行為差異



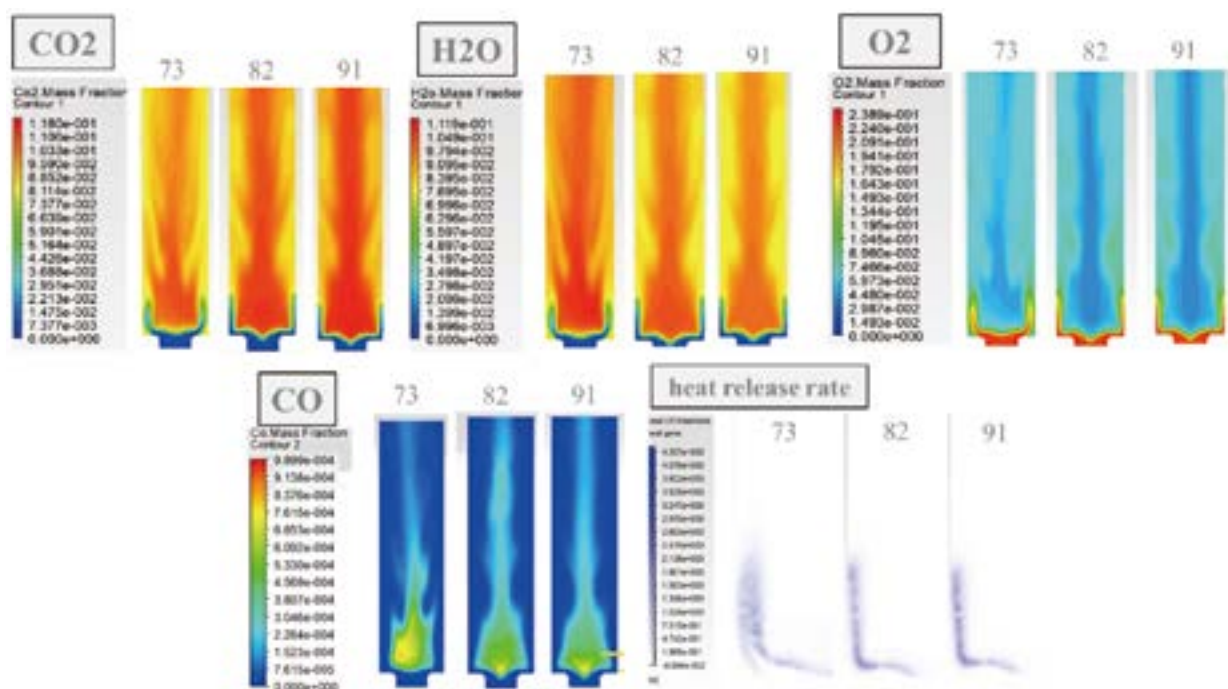
資料來源：本研究提供

圖 3 混氫 10%vol.、20%vol.、30%vol. 之實驗觀測 (左) 與模擬分析溫度分布 (右) 比較。



資料來源：本研究提供

圖 4 混氫 10%vol.、20%vol.、30%vol.(左至右) 之模擬 NO_x 分布結果。



資料來源：本研究提供

圖 5 混氫 10%vol.、20%vol.、30%vol. 之排放物質 (CO₂、H₂O、O₂、CO) 和熱釋放率分布模擬結果。

塔山電廠智慧監診計畫

Research of Monitoring and Evaluation of Operation of Diesel Engines at Tashan Power Plant

Abstract

Recently, benefit from progress of hardware and software, performance of computers upgrades significantly and artificial intelligence develops and performs excellently in many area. In area of power plant, collecting and analyzing operating data, and adjust machine to best operating mode, can achieve nice result of decreasing failure rate and increasing efficiency. Before using artificial intelligence, it is necessary to collect enough data. With enough data, then artificial intelligence can construct accurate operating model. However, performance of diesel engines of power generation in Tashan power plant is analyzed off-line and data of diesel engines is not enough for artificial intelligence. Therefore, it

is necessary to collect enough data of machine. Among data of power generation of diesel engine in Tashan power plant, the most important data is flow rate of heavy oil, which is used as fuel. With flow rate of fuel, then operators could calculate heat rate and understand change of efficiency of diesel engines, and then decide schedule of overhaul. In order to collect flow rate of fuel, this project construct image system of flow meter of fuel and design a flow meter of return oil.

Image system of flow meter of fuel can collect image of flow meter of fuel through local area network, and the flow meter of return oil can measure flow rate of return oil of diesel engine.

1 研究背景、目的、方法：

目前塔山電廠柴油發電機組，性能分析採用離線計算，而非在線計算。此種方式不利於機組性能調校和智慧電廠的發展。因為缺乏柴油發電機組的燃料消耗量數據，不容易評估柴油發電機組的效率。本研究為改善離線計算機組性能，於塔山電廠建置流量計影像資料庫，

用來輔助運轉人員了解燃料消耗量狀況。除此之外，塔山電廠一期機組的回油流量不穩定，回油管管內流量非經常性滿管及固定流量。若使用一般的流量計測量一期機組的回油，則可能會有不準確的問題。針對回油管非滿管的情況，本研究設計一種回油流量計測量。

2 成果及其應用：

流量計影像資料庫系統的功能是定時拍攝並且儲存流量計數值的影像，以紀錄柴油機燃料的流量。本研究有在一期機組的每個重油流量計附近裝設網路攝影機，並且在二期機組的每個重油流量計和每個柴油流量計附近裝設網路攝影機。流量計影像資料庫系統共有 12 台網路攝影機。每隔 1 小時，網路攝影機會拍攝 1 張流量計的照片並且儲存在網路硬碟中。另外，透過設定網路，網路硬碟可以讓值班室和運轉辦公室讀取流量計的影像。圖 1 是在發電機組現場的網路攝影機和影像監測系統的照片。

本研究案有嘗試開發光學字元辨識系統，以光學辨識的方法辨識流量計影像的數值，讓流量計影像的數值可以匯入一般的資料庫系統做數據分析。本研究案有嘗試直接使用 Tesseract 軟體辨識流量計數值的影像。結果發現到，Tesseract 軟體在遇到數字 1 和數字 7，與數字 4 和數字 9 這兩組數字時，會出現辨識結果錯誤的情況。本研究開發了一套辨識演算法。辨識演算法用未知字的特性和筆劃的位置等參數作為辨識方法。第 1 個參數是未知字的長寬比，第 2 個參數是未知字的封閉區域的數目，第 3 個參數

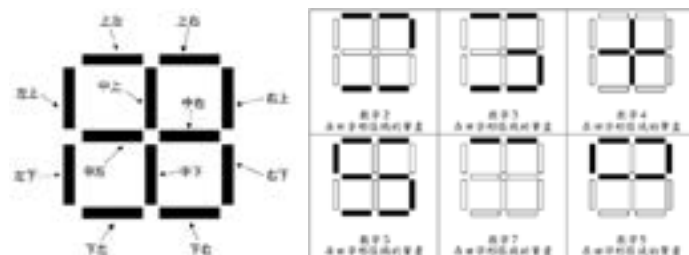
是未知字的筆劃的位置。塔山電廠一期機組流量計的數字是比較方正的，也就是筆畫都會沿著數字矩形區域的 4 個邊、水平中央線和垂直中央線。利用這個特性，將一個字的矩形區域的 4 個邊、水平中央線和垂直中央線畫線，畫出一個田字形的區域。經過實際測試，此辨識演算法可有效辨識塔山電廠一期機組流量計的數字。圖 2 是田字形區域和其筆畫名稱的示意圖，與數字 2、數字 3、數字 4、數字 5、數字 7 和數字 9 在田字形區域的筆畫。

回油流量計的原理是將回油儲存在桶槽中，當桶槽接近滿位時，計算回油累積的時間，將桶槽的體積除以回油累積的時間，就可以得到回油流量。實務上，用控制器控制桶槽的入口閥門和出口開關，並且用控制器的數位輸入接收非接觸式液位感測器的 on-off 信號。除此之外，使用資料庫記錄控制器的數位輸入和數位輸出狀態變更的時間。圖 3 是在實驗中的回油流量計 (正面) 和回油流量計的控制器數位輸入輸出的狀態記錄。



資料來源：本研究提供

圖 1 在發電機組現場的網路攝影機和影像監測系統的照片



資料來源：本研究提供

圖 2 田字形區域和其筆畫名稱的示意圖，與數字 2、數字 3、數字 4、數字 5、數字 7 和數字 9 在田字形區域的筆畫。



資料來源：本研究提供

圖 3 在實驗中的回油流量計 (正面) 和回油流量計的控制器數位輸入輸出的狀態記錄

研究人員：能源研究室：蔡志祥、吳浩平

林口電廠進水渠道流場對蝶閥閥盤之受力驗證研究

The Verification Research of Force Impact from Inlet Water Channel Flow Field to Butterfly Valve Disc in Linkou Power Plant

Abstract

This study focuses on the flow field characteristics of the intake channel at the Linkou Power Plant, conducting an in-depth analysis and verification of the forces acting on the butterfly valve disc under various flow conditions and valve openings. The aim is to optimize equipment design and enhance system operational stability. Through numerical simulation, detailed modeling of the flow distribution within the intake channel was carried out to predict the forces on the butterfly valve disc under different operating conditions and to explore the hydraulic behavior of the butterfly valve during actual operation.

The results indicate that the flow distribution within the intake channel and

the valve opening significantly influence the forces acting on the valve disc. High-pressure zones and turbulence phenomena exert unfavorable impact forces on the butterfly valve, potentially leading to equipment wear or operational issues. To address these challenges, this report proposes different structural designs to evaluate the performance of the butterfly valve under various channel configurations. These include adjustments to the shape of the intake channel and flow improvement measures. Based on these findings, operational recommendations are provided to reduce the forces acting on the valve disc, minimize hydraulic impacts, and enhance the overall reliability of the system.

1 研究背景、目的、方法：

林口電廠進水口因蝶閥有受力不均而有蝶閥插銷發生破壞的狀況，因此藉由流場分析找出破壞的原因並提供可能的解決方案。

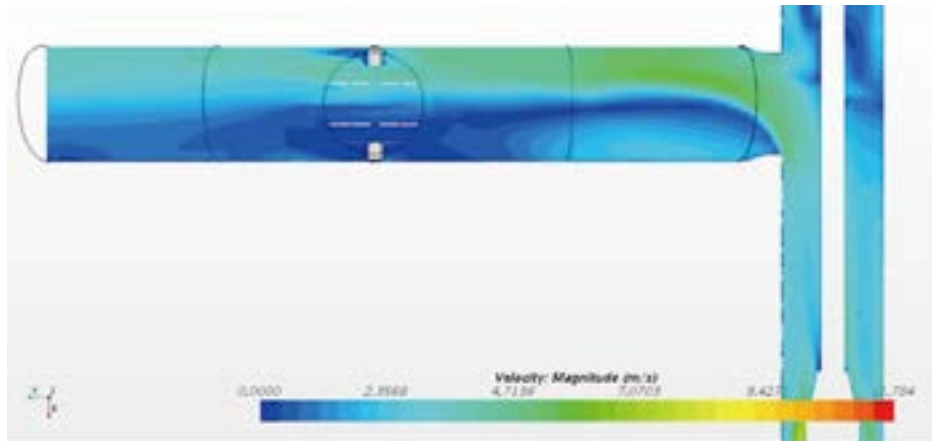
本案以流場的觀點出發，依照電廠提供之蝶閥設計圖面進行計算

分析，針對過去的流道與目前運轉中之設備狀況分別進行分析比較其差異性，並提出可能造成插銷斷裂的原因，其後提出可能之解決方案提供現場參考。

2 成果及其應用：

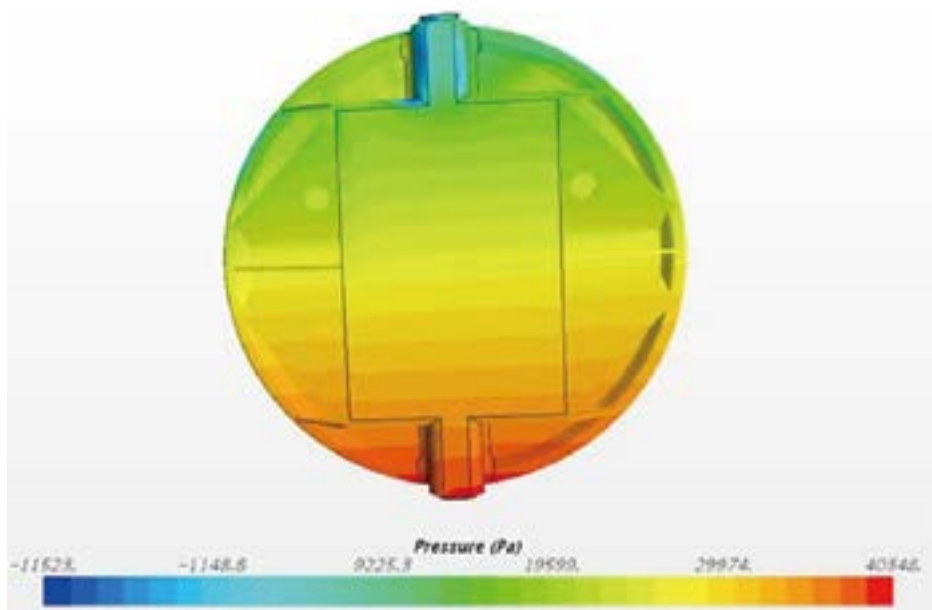
相關技術可作為閥件設備分析之參考，並對電廠相類似之問題進

行分析與改善，提升設備穩定性並預防非預期之停機。



資料來源：本研究提供

圖 1 蝶閥全開之原始速度分佈



資料來源：本研究提供

圖 2 蝶閥元件壓力分佈

研究人員：能源研究室：吳浩平、陳瑞麒

冷卻水與潤滑油溫度控制器開發研究

Research on Controller of Temperature of Cooling Water and Lubricating Oil

Abstract

Power generators in Chien-Shan Power Station are Diesel engine power generators. Cylinders and crankshafts are important components in a diesel engine. It is necessary to keep temperature of cylinders in a proper range and lubricate bearings of crankshafts sufficiently such that diesel engines operate nicely. In order to achieve the above 2 purposes, it is necessary to cool down cylinders with water and lubricate bearings of crankshafts with oil, and use

controllers to keep temperate of cooling water and temperature of lubricating Oil in proper ranges. However, controllers of temperature of cooling water of cylinder and lubricant of crankshaft are discontinued. This research uses new hardware and open source software to construct a new controller to solve problems of stop production of controllers, and keep diesel engines of Chien-Shan Power Station operate nicely.

1 研究背景、目的、方法：

尖山電廠的發電機組為柴油機發電機組。氣缸和曲軸是柴油機的重要組件。氣缸須保持在合適的溫度，並且曲軸軸承須有足夠的潤滑，才能讓柴油機正常運轉。欲達到上述 2 個目的，須用水冷卻氣缸，並且須用油潤滑曲軸軸承，並且還要

用控制器將冷卻水和潤滑油的溫度控制在一定範圍內。但是，尖山電廠的冷卻水和潤滑油溫控制器正面臨停產的問題。本計畫以新的硬體和開源軟體開發 1 組溫度控制器，解決控制器停產的問題，讓尖山電廠柴油機組能夠保持正常運轉。

2 成果及其應用：

新型控制器所要控制的受控體是 Amot Control 的溫控閥。新型控制器的組成硬體包含 CPU 模組、熱電阻模組、數位輸出和類比輸入模組、電源供應器、電源開關。圖 1 是新型控制器的照片和硬體規格。

本研究使用開源控制器的軟體 – Classicladder，用來編輯和執行控制程式。Classicladder 是一個階梯圖編輯器和直譯器(interpreter)，具有編輯和執行階梯圖程式的功能。Classicladder 軟體的階梯圖元件包含常開接點、常閉接點、線圈、計時器、計數器、比較器、四則運算等元件。其功能可滿足本研究計畫的需求。Classicladder 可根據硬體的情況，調整 PLC 記憶體的大小，可滿足接點、線圈、計時器和計數器的數量需求。Classicladder

軟體還有模擬除錯階梯圖程式的功能，所謂模擬除錯階梯圖程式，是指具有畫面顯示階梯圖程式的執行狀態，並且具有可修改階梯圖接點狀態和記憶體數值的介面，可以供使用者模擬階梯圖運作時可能發生的各種狀況。Classicladder 軟體支援 Modbus TCP Slave、Modbus TCP master、Modbus RTU 等通訊協定，能夠連線到多種廠牌的模組或 PLC。新控制器的人機介面是由網頁編寫而成。圖 2 是 Classicladder 軟體編輯和執行階梯圖程式的畫面截圖和新型控制器的人機介面。

新型控制器，相較於舊控制器和一般的 PLC 控制器，有以下優點：

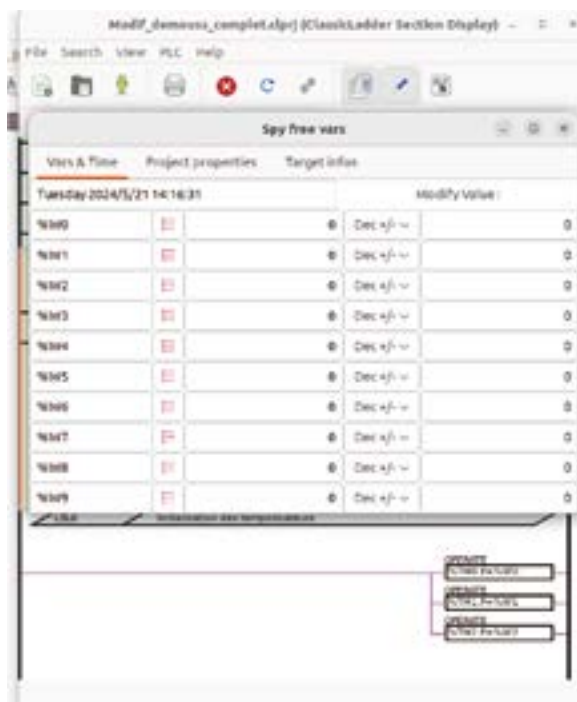
1. 控制程式具備可移植性，可最大程度地避免硬體停產的影響。
2. 硬體性能較同價位的 PLC 優越許多。
3. 人機介面的成本較低。



硬體參數	硬體參數數值和單位
處理器時脈頻率	1.1 GHz
處理器核心數	2
記憶體	4 GB DDR3L 1866 Mhz
硬碟	64 GB SSD
乙太網路通訊	2
USB	4
RS232/422/485	2
顯示卡	處理器內建
HDMI 介面	2
運轉溫度	-30 ~ 70 °C

資料來源：本研究提供

圖 1 新型控制器的照片和硬體規格



資料來源：本研究提供

圖 2 Classicladder 軟體編輯和執行階梯圖程式的畫面截圖和新型控制器的人機介面

研究人員：能源研究室：蔡志祥

(一) 化學綜合試驗與環境檢驗

Abstract

To enhance the credibility of tests, the Chemical Testing Section introduced the Environmental Analysis Laboratories (EAL) management system and the ISO/IEC 17025 laboratory management system. In 1992, the Environmental Laboratory was certified by EAL certification. The accredited scope includes 7 items in water and 3 items in toxicity characteristic leaching procedure

(TCLP). The Materials Laboratory was accredited by Taiwan Accreditation Foundation (TAF) certification. Accredited scope includes 10 elements in Carbon and Low-Alloy Steel, 7 items in Copper Wires, 9 elements in 300 series of Aluminum Alloy, Coating Mass in Hot Galvanized articles, and Mercury content in Coal.

業務摘要：

化檢組配合環境部環境檢驗測定機構認證及 ISO/IEC 17025 實驗室認證的推廣，藉以提升實驗之公信力，環境檢驗室於 81 年獲得環保署環境檢驗測定機構許可證，目前認證範圍包含水質水量檢測類 7 項、事業廢棄物檢測類 3 項。另於 96 年「材料實驗室」通過全國認證基金會 (TAF) 的認證，目前認證範圍包含碳鋼及低合金鋼 10 元素、銅電線 7 項、鋁矽合金 300 系列 9 元素、熱浸鍍鋅器材鍍鋅量、煤炭中汞成分。

主要試驗內容：

1. 電力系統各類物料 - 金屬、木材、塑膠、橡膠製品及防腐劑等之化學成分與物理特性試驗。
2. 各類水質及水處理材料特性分析。
3. 固體廢棄物及毒性化學物質相關之環境污染物分析檢驗。
4. 金屬及工程材料機械特性檢驗。
5. 電力器材金相及破損分析。
6. 特定器材相關標準之制定、審查及定型試驗。
7. 火力電廠燃煤中重金屬成分檢驗。
8. 火力電廠燃煤中硼金屬成分檢驗。
9. 火力電廠燃煤中鹵素 (氟、氯、溴) 元素檢驗。

主要研究案：

1. 113~116 年進行「集塵濾袋循環使用及高值化再生之研究」，期許能開發一種乾淨、有效率的清潔方式，使得濾袋經清潔後再使用。
2. 113~115 年進行「電廠鍋爐運轉檢測數據資料庫建置研究」，藉由試驗數據數位化與資料庫系統建置，逐步建立關鍵組件及器材試驗履歷，強化關鍵組件診斷分析技術與預警機制。
3. 113~114 年進行「電廠純水樹脂系統運轉異常現象診斷分析及現行維護基準調查」之研究，整合樹脂及水質檢測技術及電廠運轉資料，建立電廠純水樹脂異常現象之系統性分析診斷技術，以協助維持運轉穩定性。

破損分析與診斷服務：

1. 辦理光電場直流連接器損壞肇因分析，有效改善直流連接器持續大量損壞問題，對強化電網韌性及增加發電收入貢獻卓著。
2. 辦理 161 kV ABS 導電管前緣夾板破損分析，協助供電處釐清既有製造廠家產製品潛在故障疑慮，有效改善設備運轉可靠度。

年度業務概述：

化檢組持續以專業技術與新穎試驗設備，辦理本公司各單位所委辦之各種電力器材及環保相關之化學及物理特性試驗，113 年在同仁努力下，完成各單位委託申請件數共 32,463 件。並辦理下列重要業務。

1. 參加國環院績效評鑑樣品檢測、ERA 國際實驗室間水質等環境檢測項目能力比對計畫；ASTM-PTP 鋁矽合金、碳鋼 / 低合金鋼能力比對計畫，成績良好。
2. 辦理 113 年度化學分析類技能競賽共 32 人參賽。
3. 辦理大潭及林口電廠每月放流水水質檢測。
4. 辦理燃煤電廠煤灰中主次要成分、毒性特性及再生粒料環境用途溶出程序試驗、台中電廠電絮凝 FGD 除礬水

樣、興達永安濕地水及微量重金屬成分檢測。

5. 辦理電廠鍋爐複製模現場取樣作業共 7 廠 67 人天。
6. 辦理電力設備器材製造廠廠商資格定型見證試驗及現場複評共 8 廠 36 人天。
7. 電力設備器材中間檢查共 43 廠 61 人天、在廠驗收共 466 人天。
8. 電力設備器材製造廠廠商資格審查、定型試驗及承製能力書面審查共 68 案 120 人天。
9. 辦理本公司火力燃煤電廠燃煤中汞、重金屬及鹵素元素 (氟、氯、溴) 含量調查檢測。
10. 113 年度本組之公司外營業收入共 795.72 萬元。



電廠燃煤中汞含量分析



大潭發電廠放流水水質分析採樣



電廠鍋爐複製模現場取樣

113 年度化檢組工作數量 / 營收統計表

檢驗項目	工作數量	工作營收 (萬元)	檢驗項目	工作數量	工作營收 (萬元)
絕緣油多氯聯苯檢測	498	358.13	鐵基材料分析試驗	747	149.22
固體廢棄物成分分析	261	514.02	鋁基材料分析試驗	152	61.20
水樣檢測	2622	1416.46	銅基材料分析試驗	680	271.50
煤灰成分分析	323	795.98	電解液成分分析試驗	1645	98.70
土壤成分分析	121	136.49	煤炭成分分析試驗	2598	550.87
石膏成分分析	111	92.62	金屬材料特性試驗	1128	96.92
其他重金屬成分分析	626	1.26	塑膠橡膠特性試驗	8316	508.69
鍍鋅材料分析試驗	2627	135.74	鍍鋅器材特性試驗	2471	133.52
材料金相顯微分析	2358	527.78	在廠試驗	630	1481.00
複製模現場取樣作業	71	248.50	其他	4357	798.21
電力器材品保作業	121	523.20	合計	32463	8900.01

(二) 燃料、油料與氣體試驗

Abstract

The major test content of Oil and Coal Testing Section is the inspection of fuels such as coal, fuel oil, natural gas, etc., the test of oil products such as insulating oil, lubricants, hydraulic fluid, grease, etc., and analysis of SF₆ gas and dissolved gas-in-oil and calibration of gas detectors for electrical power equipment. In addition to ensuring

quality compliance with specifications, these relevant data are further applied in fault diagnosis of electrical power equipment, lubricating oil monitoring and tribological failure detection. And through the utilization of these diagnostic results to improve the efficiency of asset management of Taipower's equipment.

業務摘要：

油煤試驗組主要的測試內容為煤、重油、柴油、天然氣等燃料之檢驗，絕緣油、潤滑油、液壓油、油膏等油品之測試以及電力設備用 SF₆ 氣體測試、絕緣油中氣體分析與氣體偵測設備校驗。相關數據除

用以確保品質符合規範外還進一步應用於電力設備故障診斷分析、機械設備潤滑油監測分析與磨潤故障偵測，並運用相關診斷結果增進台電設備的資產管理效能。

年度業務概述：

油煤試驗組 113 年度經常性試驗工作完成量為 52,731 件，純化處理公司各單位回收或事故 SF₆ 氣體 414 kg，公司外試驗收入 2,209 萬元。另積極建立各種具優勢性之電力設備試驗、監診、處理技術，以擴大對公司內外服務，提高營運績效。本年度除經常性試驗業務外，完成下列重要工作：

1. 開發新技術、修訂各項診斷指標、發表研究成果與技術經驗傳承
 - (1) 完成「燃料試驗資訊系統研究」、「SF₆ 減量及無 SF₆ 23kV 開關設備技術研究」，並持續推動「變壓器故障診斷案例分析」、「變電設備油氣試驗診斷系統之研究」、「溶解性氣體分析技術精進研究」等研究計畫。
 - (2) 整合變壓器歷史數據，系統化開發台電專用 DGA 診斷流程，實際運用於 113 年異常案例，內檢結果驗證本流程之效果良好。
 - (3) 113/6 彙整多年變壓器診斷之研試成果並邀請各單位分享

實務經驗，匯集成變壓器診斷技術專刊，並請總經理於專刊作序，於 113/6 第 910 期台電工程月刊發行，為擴散專刊的影響效果，本專刊並分贈各單位參考，以提升各單位對變壓器診斷的了解。

- (4) 113/10 自行開發氣體絕緣設備之氟 (F-) 離子測試法，可協助本公司氣體絕緣設備 (如 GIT、GIS、GIL、CHD 等) 進行早期預警，以有序安排檢修，提升設備妥善率。
- (5) 將本組相關核心能力及經驗分享公司相關單位，進行技術經驗傳承如下：
 - A. 林訓中心「113 年度 (第 66 期) 變電設備維護 / 工程養成班 (一) (二) (三) (四)」授課。
 - B. 林訓中心「113 年度 (第 66 期) 電機運轉維護養成班 (一) (二)」授課。
 - C. 林訓中心「113 年度第 1 期大型變壓器維修班」授課。

2. 天然氣查核試驗服務：

(1) 大潭電廠天然氣線上熱量計每週準確性查核，113 年全年 53 次，本所與第三方實驗室熱值年平均差異為 1 kcal/m^3 ，本所與線上熱量計平均熱值差異為 2 kcal/m^3 ，皆符合品質要求。

(2) 「興達、南部、大林、通霄等電廠發電用天然氣買賣契約」之每月準確性查核，本所與中油各實驗室之年平均熱值差異為 $1 \sim 4 \text{ kcal/m}^3$ ，與中油線上熱量計年平均差異為 $-1 \sim 5 \text{ kcal/m}^3$ ，皆符合品質要求。

3. 電力變壓器與充油電纜故障診斷業務：

(1) 電力變壓器與充油電纜油中氣體分析，發現異常立刻通知運轉單位，預防事故發生。

(2) 協助現場設備進行事故鑑定與異常

肇因分析，便於運轉單位擬訂維修與防治對策。

4. 潤滑油監測與機械潤滑故障診斷業務：

提供液壓油、冷凍油、齒輪油、潤滑脂等機械潤滑診斷，為公司內外服務，發現機械潤滑或油質異常，提醒運轉單位及早處理，避免機器設備故障，成效良好。

5. 實驗室品質查證：

(1) 參加澳洲 BHP 燃煤、德國 DCC 煤炭、ASTM 絕緣油、ASTM 潤滑油、ASTM 燃料油、ASTM 油中氣體與糠醛等各項國際能力試驗，結果均能符合試驗品質要求。

(2) 油煤實驗室於 113/12 辦理 TAF 延展認證，本次延展除原有項目外，另增列柴油及燃料油領域之熱值及硫份分析，預期於 114/3 可順利取得認證，提供顧客更優質的服務。



變壓器油中氣體分析



煤炭工業分析



絕緣油界面張力分析

113 年度油煤試驗組分項工作數量統計 (單位：件)

燃煤試驗	6,315	油中氣體分析及診斷	9,508
潤滑油試驗	3,236	糠醛、甲醇及聚合度分析	2,483
絕緣油試驗	10,639	SF6 成分與分解氣體分析	111
燃料油試驗	321	電氣設備氣體分析	7,536
油膏試驗	40	維護試驗氣體分析	11,616
油料水分計及比重計校驗	42	水分、純度等檢測設備校正	545
天然氣試驗	338	合 計	52,731

113 年度變壓器油中氣體分析與故障診斷統計 (單位：台)

	發電單位		供電單位 (E/S & D/S)	配電單位 (S/S)	其他	合計
	核能	水、火力				
1. 件數	96	618	3063	1017	876	5670
2. 變壓器台數	39	433	1741	792	494	3499
3. 須注意台數	2	10	61	18	36	127
4. 異常台數	0	5	5	4	6	20
5. 須注意所佔比例 %	5.13	2.31	3.50	2.27	7.29	3.63
6. 異常所佔比例 %	0.00	1.15	0.29	0.51	1.21	0.57

(三) 高電壓試驗

Abstract

The core business of high-voltage testing section includes: (1) Testing of power equipment, including transformer, arrester, fuse, and switchgear, (2) Inspection of testing power equipment for civil use, including transformer and switchgear, (3) AC dielectric withstand test for power cable,

(4) Measurement of partial discharge and diagnosis, (5) Calibration service for high voltage measuring system in Taiwan, (6) Review of Type Test Report for Taipower Company, (7) Survey for electrical equipment accident of Taipower Company, (8) Short circuit test.

業務摘要：

高壓試驗組核心業務包括：(1) 電力器材試驗，包含變壓器、避雷器、熔絲與配電盤、(2) 辦理經濟部能源署授權之民間電力器材檢驗，包含變壓器與配電盤、(3) 電力電纜

施作交流耐壓竣工試驗、(4) 部分放電檢測服務、(5) 國內重電廠家之高電壓試驗系統校驗、(6) 台電公司定型試驗報告之審查、(7) 台電公司電力器材事故會勘。(8) 短路試驗。

年度業務概述：

1. 電力器材試驗：本組「高電壓試驗室」已獲財團法人全國認證基金會 (TAF) 的 ISO 17025 認證，認證範圍有：衝擊電流試驗、衝擊電壓試驗、交流耐壓試驗、配電變壓器特性試驗、保護熔絲熔斷時間 - 電流試驗、配電盤特性試驗…。等。本組會同材料處及業務處辦理本公司採購之配電變壓器、避雷器、懸垂礙子、熔絲鏈、電力熔絲…。等各項配電器材之製造商承製能力審查、定型試驗見證、驗收與故障會勘，也為民間廠商提供試驗服務。

2. 經濟部能源局認可之「高壓用電設備檢驗機構」：本組為經濟部能源局署認可之「高壓用電設備檢驗機構」，屋內線路裝置規則第 401 條規範之 600V 以上「避雷器」、「電力及配電變壓器」、「熔絲」、「氣體絕緣開關設備」、「斷路器」及「高壓配電

盤」等六項電力設備，可在本組高電壓試驗室進行「特性試驗」或「出廠試驗」，若製造商因故無法至本組試驗，本組可至製造商試驗場所監督「特性試驗」或「出廠試驗」之施行。

3. 為本公司各單位新建及既設電力電纜施作變頻與 60Hz 交流耐壓試驗。

4. 為台電各單位之電力電纜與其接頭提供部分放電檢測服務。

5. 執行台電各單位與國內重電製造廠家之高電壓試驗系統校驗。

6. 量測再生能源電廠之電力品質。

7. 配電電力器材瞬時短路試驗。

8. 新業務之推動：

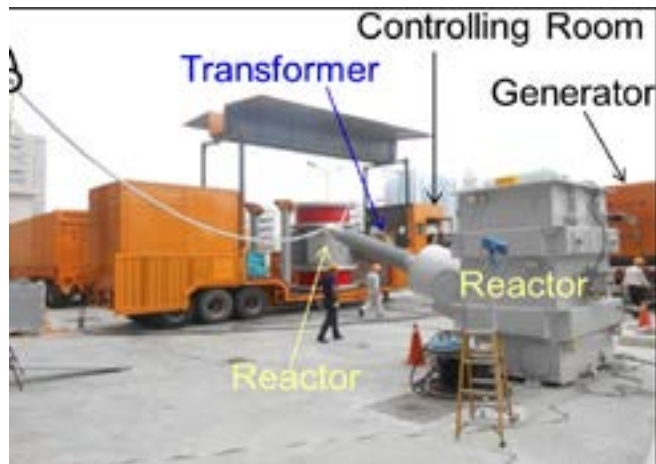
(1) 低壓斷路器與 PC 之大電流試驗。

(2) 中壓電力設備之啟斷試驗。

(3) 建立依 IEC 60060-2(2010) 校正的 ISO 17025 高電壓校正實驗室。



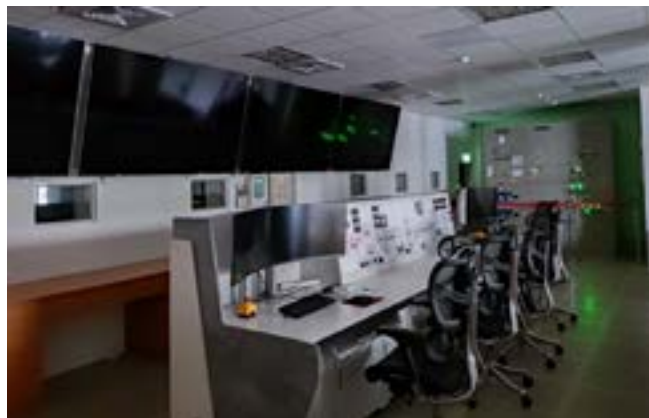
配電變壓器溫升試驗



電力電纜交流耐壓竣工試驗



短路試驗室試驗區



短路試驗室控制室

113 年度高壓試驗組工作數量 / 營收統計表

部 門	工作數量 (件)	營收 (仟元)
電力器材課	18,788	43,785
高壓技術課	1,315	33,699
運轉維護課	2,734	114,960
合 計	22,837	192,444

(四) 電度表、變比器及相關計量與保護設備試驗

Abstract

Taipower Company relies on electricity meters and instrument transformers for accurate electricity billing, and the Electricity Metering Section is responsible for their calibration and testing. The Electricity Metering Section's core functions encompass standard calibration, periodic testing, acceptance testing, and type testing of these critical components. As the quality of these components directly impacts Taipower Company's profitability, continuous improvement in testing capabilities, techniques, and methods is paramount to ensure testing reliability and quality. All testing activities in 2024 were completed

successfully, achieving all anticipated goals. In addition, the Electricity Metering Section provided support for Taipower Company's AMI (Advanced Metering Infrastructure) deployment through active participation in technical discussions and planning. The low-voltage communication interoperability test platform was established on schedule, and a Route B interoperability test platform was also created. Testing of three HAN module vendors has been completed, and all acceptance and performance testing were completed in accordance with project timelines.

業務摘要：

電度表、變比器為本公司營運電費計量元件，相關修校試驗為本組的主要業務，包括電度表與變比器之標準校正、定期試驗、驗收試驗及定型試驗，其品質攸關公司的收益甚巨，因而工作中持續的改善測試能力及測試技術與方法之開發，以提昇測試可靠度及品質，113

年各項試驗業務均順利達成預期目標。此外，配合及積極參與本公司 AMI(智慧電表基礎建設)建置各項技術研討及規畫，依期程完成低壓通信互通性測試平台建置及建立 Route B 交互可用性測試平台並已完成 3 家 HAN 模組廠商之試驗，如期完成各項驗收及性能試驗工作。

年度業務概述：

1. 完成高低壓電子式電表定型特性 11 批 44 具、智慧電表驗收 63 批共 1,747 具、FAN 模組驗收試驗共 6 批 182 具。
2. 完成北市等營業區處試驗台共計 107 台試設備校正，標準表校正試驗 198 具。
3. 完成發變電所電度表校驗計有 172(廠/所)。
4. 會同辦理各廠家電子式電表及變比器定型試驗、401 條款監督試驗、中間檢查及老化試驗。
5. 配合公司夏季電價調整與需量時

- 段調整方案政策，完成電表遠端更新時間電價之遙控功能，更新時間電價命令 ID 作業。
6. 配合辦理公司輸配電系統電網強韌計畫，提供更好的供電穩定性。
7. 依期程完成低壓通信互通性測試平台建置，如期完成各項驗收及性能試驗工作。
8. 針對 303 事故後，有關辦理電力防衛，本組持續提供每年現場測試 345kV 保護用比流器激磁電流飽和曲線，並以 PDF 電子檔予供電處建模使用。

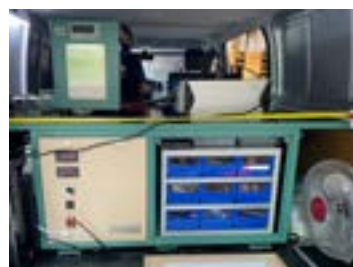
9. 建立 Route B 交互可用性測試平台並已完成 3 家 HAN 模組廠商之試驗。
10. 協助材料處辦理新版「高壓計費用變比器材料標準 C043(111-04)」定型評鑑作業。
11. 配合通霄發電廠 GT5-1 緊急搶修比流器試驗、台中發電廠 T5A1 跳脫比流器試驗、大潭發電廠 GT7-2 GCMCB 比壓器試驗及桂山發電廠粗坑開關場 VCB 事故後比流器試驗。
12. 本組變比器課吳書齊課長、黃韋旻君及陳弘斌君，以「高壓計費用變比器冷熱試驗」為題，投稿第 135 期電力研究簡訊中、英文版。
13. 完成本組「TAF 0850 實驗室」及「TAF 1945 電度表與變比器試驗室」現場評鑑延展。
14. 配合國家綠能發展政策，完成「全台小水力發電計畫」10 處案場變比器試驗。
15. 配合台中發電廠進行比流器退磁教學簡介。
16. 會同綜合施工處進行塔山發電廠 MOF 比壓器鑑定。
17. 協助辦理次世代智慧電表開發及「智慧電表可靠度及使用壽命之研究」。
18. 開發新式插座驗收平台，增進試驗效率及準確性。
19. 整合儀器組與本組 Power Meter 分工測試方式及因應現場試驗需求。
20. 修訂「電表校驗安全(所外)作業標準」、「電度表現場試驗安全作業標準」及「變比器現場試驗安全作業標準」等安全作業標準。



電表通訊交互可用性實驗室



比流器開路電壓量測



車用電度表試驗設備(體積小型化)

113 年度工作實績統計表

部門	工作項目	本年度實績				
		工作數量			工作人天	營收 (仟元)
		目標值	實際值	差異 (%)		
電表校驗課	電力用戶校修、發電廠計量設備校修及變電所計量設備校修	6,000	8,219	37.0%	962	34,356
特種校驗課	標準校正、特性驗收、定型試驗、設備校正及其他	3,170	3,831	20.9%	1,063	29,562
變比器課	發變電所完工試驗、特性驗收、定型試驗及其他各類委託試驗	15,100	22,528	49.2%	2,116	91,668
合計		24,270	34,578	42.5%	4,141	155,586

(五) 儀器校驗、檢修、電驛維修與電量標準維持

Abstract

1. Establishment and maintenance of TAF electricity standard.
2. Tests of Intelligent Electronic Devices and Relays in various power substations.
3. The characteristic test of newly purchased instruments of each business department and the regular calibration of quality control instruments.
4. Overhaul and maintenance of various precision electronic instruments.
5. Instrument control and power monitoring system test.
6. Periodic on-site calibration of instruments used for operation indication.
7. High Voltage Insulating Tester calibration and maintain.

業務摘要：

1. TAF 電量標準之建立與維持。
2. 各發變電所智慧型保護裝置及電驛試驗。
3. 各事業部新購儀器之特性試驗及品管用儀器之定期校驗。
4. 各種精密級電子儀器之檢修與維護。
5. 儀控及電力監控系統試驗。
6. 運轉指示用儀表定期現場校驗。
7. 高壓試驗儀器及測定器之校驗及檢修。

年度業務概述：

1. 本年度儀器組完成各類儀器、電驛、磁場計、噪音計等校修，共計 25820 件。
2. 配合本公司既有申請 ISO 系列驗證通過之各單位，完成相關電量測量測儀表之檢驗與試驗用儀器設備的定期校正。
3. 執行各單位工程竣工各式儀表、轉換器、多功能電表等試驗。
4. 發電廠及變電所運轉電力監控系統儀表轉換器等定期或大修之現場校驗。
5. 磁力磁場計校正服務，提供符合 IEEE Std 644-1994 之規定。
6. 發電廠及變電所之智慧型保護電驛特性驗收試驗及定期試驗。
7. 建立並維持本公司電量校正標準並追溯國家及國際標準，目前已建置電量校正實驗室，並自行建立完整之自校系統項目包括：
 - (1) 直流電壓、(2) 直流電流、(3) 交流電壓、(4) 交流電流、(5) 電阻等五大類標準校正系統。
8. 完成工安環保領域之特殊儀器，如磁場、噪音計、照度計等定期品管校驗。
9. 物理量儀器如紅外線輻射測溫槍、熱電偶功能校正器、密度計(恆溫壓力計)之校驗及自動電壓調整器(AVR)試驗。
10. 試驗器類及各類型攜帶型儀表校驗。
11. 高壓儀器類之校驗：高壓絕緣測定器、絕緣測定器、油耐壓試驗器、高壓相序計(檢電棒)、交直流高壓表、直流高壓試驗器、交流高壓試驗器、高壓(避雷器)洩漏電流測試器、高壓真空測試器、油耐壓試驗器校正器。



發電廠變電所監控儀表定期校驗



IEC-61850 IED 測試教育訓練



電量校正實驗室精密儀器校正



校驗室儀器校驗

113 年度工作實績統計表

	營收金額	占比	工作類別	試驗項目	營收金額	占比
	千元	%			千元	%
發電單位	43,930	29.8	發輸配電設備大修 或定期維護	竣工試驗儀表類	7,034	4.8
供電單位	21,032	14.3		定期維護儀表類	34,014	23.1
配電單位	57,729	39.2		電驛試驗類	56,107	38.1
工程單位	11,381	7.7	所內試驗室業務	ISO 品管儀表	38,301	26
外部顧客	6,523	4.4		標準儀器	6,973	4.7
其他單位	1,452	1		磁力磁場計	2,616	1.8
綜合研究所	5,277	3.6		電驛修校	2,279	1.5
合計	147,323	100		合計	147,323	100

(六) 電力設備試驗

Abstract

The task of Power Apparatus Testing Section is to assist Taipower and other companies with executing the new build electric Commissioning test, put-in service electric test, and maintenance electric test to assure the quality in compliance with specification. The under test apparatus

includes Generators, Transformers, Circuit Breakers and Transmission line, etc. Test items include insulation, voltage withstand, partial discharge, winding sweep frequency response and dielectric frequency response test, etc.

業務摘要：

電力設備試驗組配合本公司及公、民營各工程、發電、供電、業務系統等單位，執行各項電力設備裝置竣工、加入系統前之各項絕緣、特性試驗及運轉後之定期維護試驗，促使各電力設備達到符合品質

規範要求，確保系統供電安全。電力設備有發電機、變壓器、斷路器、輸電線等，測試項目則有絕緣、耐壓、部份放電、繞組頻率響應，介質頻率響應等。

年度業務概述：

1. 執行公司內外發變電所電力設備 (發電機、變壓器、開關設備等) 電氣維護試驗。
2. 執行公司內外發變電所電力設備 (發電機、變壓器、開關設備等) 電氣完工試驗。
3. 執行水力電廠發電機組調速機、水輪機效率等機械特性試驗。
4. 執行發變電所電力設備 (變壓器、開關設備等) 加入系統前試驗，包含短路電流、交流遞升加壓及對相等試驗項目。
5. 執行發變電所電力設備 (發電機、變壓器、開關設備等) 部份放電試驗。
6. 執行發變電所電力設備 (發電機、變壓器、開關設備、線路等) 紅外線、紫外線量測。
7. 執行輸電線路 (架空線、電力電纜等) 加入系統前試驗，含線路常數及對相等試驗項目。
8. 執行發變電所接地網大地電阻係數、接地電阻等試驗。
9. 協助執行電力變壓器、開關等電力設備出廠查驗及會同驗收。
10. 協助執行電力設備故障及事故調查試驗。
11. 協助加入系統試驗操作程序書審查及支援參與電廠電力設備採購規範草擬。
12. 年度特殊或重要事件參與：
 - (1) 鼓山 S/S 69kV GIS 加入系統對相試驗，由本所電力組配合區處 DD 主任指令操作，順利完成任務。(113/2)
 - (2) 參與協助後勁 D/S、高港 (北) E/S 變壓器遞昇加壓偵測到部分放電情形，後續加入系統之相關議題及經驗交流。(113/2)
 - (3) 投稿台電工程月刊電力變壓器故障診斷專刊共 2 篇：改善電力變壓器局部放電圖譜辨識之研究、變壓器故障模式對掃描頻率響應試驗之影響。(113/3)
 - (4) 興達電廠 345kV GT05 主變壓器汰換後，短路、遞昇及加入系統對相試驗。(113/4)
 - (5) 鳳林 ES354kV #2ATR 地震

搶修後遞昇加壓試驗。(113/4)

(6) 協助大潭電廠 GT8-2 主變壓器避雷器及計數器誤動作且有異音及火花現象。(113/4)

(7) 興達電廠 GT1-1、變壓器 GT.T1-1、UAT11、勵磁變壓器及 SFC 變壓器加入系統 (113/5)

(8) 協助明潭電廠 #4 主變壓器 DGA 驟升案，執行絕緣、PD 檢測及長期監測期間，提供專業分析報告等。(113/6)

13. 持續新試驗技術開發：

(1) 建立「發電機絕緣劣化線上監測暨檢測數據管理系統」及引進電磁干擾劣化偵測技術 (EMI Survey)，藉由活線監測及 EMI 能量頻譜掃描，於活電下施做非侵入性設備缺陷量測，藉建立個別頻譜模型及例行性追蹤，提供設備維護評估及異常預警防範。

(2) 持續推廣掃頻響應分析 (Sweep Frequency Response Analysis, SFRA) 及絕緣頻率響應 (Dielectric Frequency Response, DFR) 等技術應用，除提供變壓器繞組構造變形量或移位等資訊，另藉由絕緣頻率響應量測介電常數對頻率的變化，提供絕緣紙中含水量化性量測方法以外之一種電氣量測參考。

(3) 電力變壓器去磁技術，用於變壓器解聯及線圈直流電組測試後產生的鐵心剩磁，以可攜式設備磁交流法進行去磁。

(4) 持續加強超音波、高低壓電纜頭感測器、設備外殼接地線、內建 UHF 感測器等多種部分放電量測技術，強化電力設備的絕緣劣化狀況研判。



核二廠 #1、#2 啟動變 大潭電廠 GT12 Gen. 圓山電廠天埤機組 DTr 綜 仁武 E/S 345 kV 主變
壓器維護試驗。(113/01) 更換定子線圈後完工 合絕緣試驗。(113/05) 壓器移裝後絕緣試驗。
試驗。(113/09) (113/06)

113 年度電力設備試驗組工作數量 / 營收統計表

部 門	工作數量 (件)	標準人天	工作人天	對外收入 (仟元)	營收 (仟元)
絕緣試驗課	9,204	2,686	962	4,628	47,822
特種試驗課	5,439	2,361	1,950	4,200	30,928
機械試驗課	3,659	1,231	495	114	26,848
系統試驗課	2,057	3,137	931	22,650	70,736
合 計	15,422	8,962	3,013	17,723	176,034

(一) 專利申請

類別	專利證號	專利名稱	單位	專利權始日	專利權止日	年費有效日期
發明	I607341	用於網路實體隔離之單向傳輸系統與方法	資訊系統處	2015/11/12	2035/11/11	2025/11/30
新型	M621819	三端電力線路故障定位修正系統與電腦可讀取儲存媒體	電驛室	2021/8/26	2031/8/25	2027/12/31
發明	I831043	三端電力線路故障定位修正系統與方法、以及電腦可讀取儲存媒體	電驛室	2021/8/26	2041/8/25	2027/1/31
發明	I779800	具有連絡斷路器之雙匯流排電力系統的保護電驛邏輯、與雙匯流排電力系統	電驛室	2021/8/26	2041/8/25	2027/9/30
發明	I838902	導入 GOOSE 應用策略的保護邏輯規劃及供電系統	電驛室	2022/10/6	2042/10/5	2027/4/10
發明	I853314	以二進制總和參數控制輸出之數位邏輯電路及配電系統	電驛室	2022/10/6	2042/10/5	2027/8/20
新型	M560020	螺栓缺陷檢測裝置	核能發電處	2018/1/9	2028/1/8	2026/5/10
新型	M607619	快插拔高壓肘型電壓感測器	配電處	2020/10/15	2030/10/14	2027/2/10
新型	M607618	配電級落雷計數器	配電處	2020/10/15	2030/10/14	2027/2/10
新型	M611633	套管免壓縮式預鑄型高壓電纜直線接頭	配電處	2020/11/23	2030/11/22	2025/5/10
新型	M620672	洩漏電流預警系統	配電處	2021/8/13	2031/8/12	2026/11/30
新型	M621241	含電壓偵測功能之故障指示裝置	配電處	2021/9/15	2031/9/14	2027/12/10
新型	M636051	架空纜線束帶結構	配電處	2022/8/11	2032/8/10	2027/12/31
新型	M636052	熱塑材之電力用高分子橫擔結構	配電處	2022/8/11	2032/8/10	2027/12/31
新型	M637111	防滑人孔蓋	配電處	2022/8/11	2032/8/10	2028/1/31
新型	M634642	高分子聚合遮蔽型熔絲鏈開關	配電處	2022/8/11	2032/8/10	2027/11/20
新型	M643112	緊湊型電表箱	配電處	2023/4/11	2033/4/10	2025/6/20
新型	M657265	絕緣接線夾	配電處	2024/3/28	2034/3/27	2029/6/20
新型	M658252	高壓架空電纜線	配電處	2024/3/28	2034/3/27	2029/7/20
新型	M657642	熔絲鏈開關之組接件	配電處	2024/3/28	2034/3/27	2029/6/30
新型	M665174	家用移動式電源裝置及局部化供電系統	配電處	2024/9/27	2034/9/26	2027/12/31
新型	M664033	無源式責任分界點開關	配電處	2024/9/27	2034/9/26	2027/11/30

類別	專利證號	專利名稱	單位	專利權始日	專利權止日	年費有效日期
發明	I797506	套管免壓縮式預鑄型高壓電纜直線接頭及其施工方法	配電處	2020/11/23	2040/11/22	2025/3/31
新型	M625443	能防止植物攀越的拉線裝置	台南區營業處	2021/10/21	2031/10/20	2025/4/10
發明	I792624	能防止植物攀越的拉線裝置	台南區營業處	2021/10/21	2041/10/20	2026/2/10
新型	M623951	直立式識別機台	大潭發電廠	2021/9/7	2031/9/6	2031/2/28
新型	M623950	門禁管理暨工安查核系統	大潭發電廠	2021/9/7	2031/9/6	2031/2/28
發明	I558050	鐵磁共振抑制裝置	台北供電區營運處	2015/8/19	2035/8/18	2025/11/10
發明	I627420	電力測試系統	台北供電區營運處	2016/9/7	2036/9/6	2028/6/20
發明	I758972	電力安全防護系統	台北供電區營運處	2020/11/25	2040/11/24	2032/3/20
美國發明	US11710958B2	POWER SYSTEM WITH ENHANCED POWER SAFETY	台北供電區營運處	2021/10/28	2041/11/19	2027/1/25
新型	M601345	電力訓練裝置	新桃供電區營運處	2020/7/3	2030/7/2	2025/9/10
新型	M614576	無人機巡視空拍輸電線路監測系統	台中供電區營運處	2020/12/18	2030/12/17	2025/7/20
發明	I776157	電驛資訊即時管理系統及其即時管理方法	台中供電區營運處	2020/5/22	2040/5/21	2032/8/31
發明	I737531	用於變電所斷路器零件裝卸的起重裝置	台中供電區營運處	2020/11/2	2040/11/1	2031/8/20
發明	I818747	具有驅鳥裝置之空斷開關設備	台中供電區營運處	2022/9/28	2042/9/27	2042/9/27
日本新型	JP3230297U	変電所の断路器部品を積み卸しするための持ち上げ装置	台中供電區營運處	2020/11/2	2030/11/2	2030/12/22
新型	M622213	用於故障指示器的監視裝置	嘉南供電區營運處	2021/9/10	2031/9/9	2026/1/10
新型	M638931	電動門監控系統	嘉南供電區營運處	2022/10/31	2032/10/30	2026/3/20
發明	I838934	電動門監控系統	嘉南供電區營運處	2022/10/31	2042/10/30	2027/4/10
新型	M524969	地下電纜線路侵入防範預警系統	高屏供電區營運處	2015/8/19	2025/8/18	2025/6/30
發明	I731723	鐵塔之接地電阻裝置及具有低接地電阻裝置之鐵塔	高屏供電區營運處	2020/6/19	2040/6/18	2026/6/20

類別	專利證號	專利名稱	單位	專利權始日	專利權止日	年費有效日期
發明	I765754	具有消除感應電壓的 電路裝置	高屏供電區 營運處	2021/6/24	2041/6/23	2025/5/20
發明	I839879	決定導線支撐結構之 架線橫擔長度的電子 裝置與方法	花東供電區 營運處	2022/10/4	2042/10/3	2027/4/20
新型	M505022	電業水處理雲端管理 系統	綜合研究所	2015/4/17	2025/4/16	2025/4/16
新型	M509469	智慧電網混合式通訊 系統	綜合研究所	2015/5/28	2025/5/27	2025/5/27
新型	M527582	電力設備圖資系統	綜合研究所	2016/4/22	2026/4/21	2026/4/21
新型	M528488	電業水資源管理支援 系統	綜合研究所	2016/5/23	2026/5/22	2025/9/10
新型	M545310	深地層處置之需求管 理系統	綜合研究所	2017/4/27	2027/4/26	2025/7/10
新型	M555581	高阻抗故障自動偵測 裝置及偵測模組	綜合研究所	2017/8/2	2027/8/1	2026/2/10
新型	M562311	採用煤灰水泥固化物 基底層之道路結構	綜合研究所	2018/2/26	2028/2/25	2028/2/25
新型	M561679	水中有機汙染物處理 裝置	綜合研究所	2018/2/26	2028/2/25	2028/6/10
新型	M568871	含煤灰水泥固化物之 地層結構	綜合研究所	2018/8/1	2028/7/31	2028/7/31
新型	M583465	煤灰磚	綜合研究所	2019/3/28	2029/3/27	2025/9/10
新型	M586270	電廠排煙脫硫廢水回 收系統	綜合研究所	2019/6/4	2029/6/3	2027/11/10
新型	M597391	量測裝置	綜合研究所	2019/12/16	2029/12/15	2025/6/20
新型	M597389	量測裝置	綜合研究所	2019/12/16	2029/12/15	2025/6/20
新型	M597413	預測目標物壽命之電 子設備	綜合研究所	2019/12/12	2029/12/11	2025/6/20
新型	M599394	用於智慧電表系統的 單相三線式智慧電表	綜合研究所	2020/4/1	2030/3/31	2025/7/31
新型	M599393	用於智慧電表系統的 三相四線式智慧電表	綜合研究所	2020/3/31	2030/03/30	2025/7/31
新型	M604885	耐磨耗檢測裝置	綜合研究所	2020/8/12	2030/8/11	2026/11/30
新型	M614960	非侵入式負載監測系統	綜合研究所	2020/12/4	2030/12/3	2030/12/3
新型	M608349	單相二線式智慧電表	綜合研究所	2020/9/3	2030/9/2	2030/9/2
新型	M624279	智慧型微藻養殖系統	綜合研究所	2021/7/7	2031/7/6	2028/3/10
新型	M616359	高濃度含硼廢水處理 系統	綜合研究所	2021/3/31	2031/3/30	2025/8/31
新型	M619160	電力系統的即時最低 頻率值估算系統	綜合研究所	2021/7/9	2031/7/8	2031/7/8
新型	M616151	具有中空結構的建築 板材	綜合研究所	2021/6/9	2031/6/8	2027/8/20

類別	專利證號	專利名稱	單位	專利權始日	專利權止日	年費有效日期
新型	M622482	電力饋線圖資彙整顯示設備	綜合研究所	2021/8/24	2031/8/23	2028/1/20
新型	M624395	脫硝觸媒生產設備	綜合研究所	2021/10/22	2031/10/21	2028/3/10
新型	M633553	基於非侵入式設備負載監控的用電解析系統	綜合研究所	2022/1/24	2032/1/23	2029/10/31
新型	M630926	微水力發電系統	綜合研究所	2021/12/30	2031/12/29	2025/8/20
新型	M633755	巡檢機器人	綜合研究所	2022/7/4	2032/7/3	2027/10/31
新型	M640630	渦輪機葉片龜裂結構	綜合研究所	2022/12/23	2032/12/22	2025/4/30
新型	M656456	動輪葉片自動排序系統	綜合研究所	2023/9/23	2033/9/22	2025/6/10
新型	M644565	洞道通訊設備固定結構	綜合研究所	2023/4/24	2033/4/23	2029/7/31
新型	M644588	長期電力負載預測系統	綜合研究所	2023/4/27	2033/4/26	2029/7/31
新型	M654952	輸電線路故障定位系統	綜合研究所	2023/12/7	2033/12/6	2025/4/30
新型	M662577	智慧化自動消泡系統	綜合研究所	2024/3/22	2034/3/21	2025/11/10
新型	M658127	圖資服務系統	綜合研究所	2024/2/19	2034/2/18	2027/7/20
發明	I323152	複合式極低頻磁場屏蔽材料之比例搭配方法	綜合研究所	2005/4/8	2025/4/7	2025/3/31
發明	I404943	電力相位檢測設備、方法及電腦程式產品	綜合研究所	2009/6/18	2029/6/17	2026/8/10
發明	I424878	以胺基吸收劑製造具多孔穿透性固態基材之方法	綜合研究所	2010/7/9	2030/7/8	2028/1/31
發明	I409220	苯胺基官能基固著矽膠固體吸收劑之製備方法	綜合研究所	2010/12/8	2030/12/7	2027/9/20
發明	I411192	電力保護系統及方法	綜合研究所	2011/5/4	2031/5/3	2027/9/30
發明	I431287	礙子狀態監測方法	綜合研究所	2011/10/28	2031/10/27	2031/10/27
發明	I464418	高壓饋線電力相別檢測方法、系統及裝置	綜合研究所	2012/10/30	2032/10/29	2028/12/10
發明	I550521	電子標籤裝置	綜合研究所	2015/1/28	2035/1/27	2026/9/20
發明	I598217	飛灰塑木複合材之製造方法	綜合研究所	2015/10/13	2035/10/12	2026/9/10
發明	I587222	基於類神經網路之水庫水位預測系統及方法	綜合研究所	2016/6/29	2036/6/28	2026/6/10
發明	I618016	水庫水位之預測顯示系統及方法	綜合研究所	2016/7/5	2036/7/4	2027/3/10
發明	I624444	利用飛灰產製天目釉陶瓷品之方法	綜合研究所	2016/9/6	2036/9/5	2027/5/20
發明	I662423	風力發電之預測顯示系統及方法	綜合研究所	2017/2/6	2037/2/5	2025/6/10
發明	I639940	利用圖磚技術的設備圖資顯示方法及系統	綜合研究所	2017/6/6	2037/6/5	2029/10/31

四、研發活動

類別	專利證號	專利名稱	單位	專利權始日	專利權止日	年費有效日期
發明	I623890	由多個類神經網路組成的發電量預測系統與其方法	綜合研究所	2017/7/4	2037/7/3	2025/5/10
發明	I729295	太陽能電站監控方法	綜合研究所	2018/6/11	2038/6/10	2027/5/31
發明	I672662	區域太陽能發電狀況預測方法與裝置	綜合研究所	2018/6/21	2038/6/20	2025/9/20
發明	I700479	用於檢測觸媒活性的裝置	綜合研究所	2019/3/11	2039/3/10	2026/7/31
發明	I690365	選擇性催化還原觸媒用硬化液、選擇性催化還原觸媒的硬化處理方法	綜合研究所	2019/5/21	2039/5/20	2026/4/10
發明	I724731	自動卸載電力保護系統與自動卸載電力保護方法	綜合研究所	2020/1/2	2040/1/1	2030/4/10
發明	I794567	量測裝置及其製法	綜合研究所	2019/12/16	2039/12/15	2025/2/28
發明	I712794	預測目標物壽命之電子設備	綜合研究所	2019/12/12	2039/12/11	2025/12/10
發明	I706123	一種水鳥之大規模棲息點位之水深測量方法	綜合研究所	2019/12/19	2039/12/18	2026/9/30
發明	I717277	電解海水氫氣應用發電系統	綜合研究所	2020/5/15	2040/5/14	2026/1/20
發明	I776204	耐磨耗檢測裝置	綜合研究所	2020/8/12	2040/8/11	2025/8/31
發明	I755062	失活脫硝觸媒的再活化方法及再活化設備	綜合研究所	2020/9/16	2040/9/15	2028/2/10
發明	I737432	電力系統發生跳機事件後的最低頻率值預測方法	綜合研究所	2020/8/4	2040/8/3	2031/8/20
發明	I739581	單相二線式智慧電表	綜合研究所	2020/9/3	2040/9/2	2031/9/10
發明	I786711	智慧型微藻養殖系統及其方法	綜合研究所	2021/7/7	2041/7/6	2025/12/10
發明	I782469	高濃度含硼廢水處理方法	綜合研究所	2021/3/31	2041/3/30	2025/10/31
發明	I790743	饋線可併網容量計算方法	綜合研究所	2021/9/14	2041/9/13	2029/1/20
發明	I823162	多孔脫硝觸媒的製備方法	綜合研究所	2021/10/22	2041/10/21	2026/11/20
發明	I804091	礙子洩漏電流預測系統	綜合研究所	2021/12/8	2041/12/7	2026/5/31
發明	I784736	電力系統的廣域同步儀系統	綜合研究所	2021/10/1	2041/9/30	2029/11/20
發明	I790863	低耗能之二氧化碳捕集裝置	綜合研究所	2021/12/17	2041/12/16	2029/1/20

類別	專利證號	專利名稱	單位	專利權始日	專利權止日	年費有效日期
發明	I791352	用於分離二氧化碳之真空變壓吸附方法及其系統	綜合研究所	2021/12/17	2041/12/16	2029/1/31
發明	I802245	基於非侵入式設備負載監控的用電解析系統及用電解析方法	綜合研究所	2022/1/24	2042/1/23	2029/5/10
發明	I783803	蒸汽壓力量測方法	綜合研究所	2021/12/1	2041/11/30	2025/11/10
發明	I820563	材料壽命預測方法	綜合研究所	2022/1/5	2042/1/4	2025/10/31
發明	I827418	渦輪機葉片龜裂之修護方法	綜合研究所	2022/12/23	2042/12/22	2025/12/20
發明	I815774	水鳥棲地之水位調控方法	綜合研究所	2023/4/27	2043/2/12	2029/9/10
發明	I801302	用於無線電力裝置之頻率選擇表面結構	綜合研究所	2022/8/11	2042/8/10	2029/4/30
發明	I831681	落雷預測方法及其運算裝置	綜合研究所	2023/4/27	2043/4/26	2027/1/31
發明	I857730	電桿傾斜無線感測系統	綜合研究所	2023/8/4	2043/8/3	2030/9/30
發明	I861904	非侵入式電器負載辨識系統及方法	綜合研究所	2023/5/26	2043/5/25	2030/11/10
發明	I852524	低成本綠色低碳混凝土製品及其製法	綜合研究所	2023/5/2	2043/5/1	2026/8/10
發明	I839196	長期電力負載預測系統	綜合研究所	2023/4/27	2043/4/26	2027/4/10
設計	D185791	水庫水位預測顯示之圖形化使用者介面	綜合研究所	2016/6/21	2031/6/20	2026/9/30
設計	D187419	太陽光電預測系統介面	綜合研究所	2017/5/19	2032/5/18	2027/12/20
美國發明	US10643128B2	POWER GENERATION PREDICTION SYSTEM AND A METHOD THEREOF	綜合研究所	2018/7/5	2038/7/5	2027/11/6
美國發明	US11196380B2	POWER GENERATION PREDICTION SYSTEM AND METHOD THEREOF	綜合研究所	2019/12/19	2040/3/9	2025/6/7
美國發明	US11883812B2	Method And Apparatus For Regenerating Deactivated Denitration Catalyst	綜合研究所	2020/12/1	2041/11/26	2027/7/30
日本發明	JP7394941	蒸氣圧計測方法	綜合研究所	2022/9/13	2042/9/12	2026/12/7

(二) 發表之論文

題 目	作者	部門	刊物或研討會名稱	發表日期
基於液晶之主動空間濾波選頻技術於電力5G專網之應用	劉宇恒、洪瑞呈、廖文聘	資訊與通信研究室	2024 台灣電信年會	113.1
林口海洋牧場之循環永續與營運模式研析	陳璽年 ¹ 、卓金和 ² 、曾泓祥 ²	¹ 化學與環境研究室、 ² 電力經濟研究室	中國電機工程學會 2024 年第一季 電工通訊季刊	113.3
廢水中餘氯檢測技術應用探討	傅弼豐、曹志明、吳俊賢、張茱琪	化學與環境研究室	2024 年 (第 38 屆) 環境分析化學研討會 暨學會年會	113.5
無機廢水總餘氯去除技術研究	傅弼豐、曹志明、吳俊賢、張茱琪	化學與環境研究室	2024 年 (第 38 屆) 環境分析化學研討會 暨學會年會	113.5
薄膜濃縮前處理技術試驗	傅弼豐、曹志明、吳俊賢、張茱琪	化學與環境研究室	2024 年 (第 38 屆) 環境分析化學研討會 暨學會年會	113.5
藍藻快速生長對水體還原效應及微量元素吸收率探討	吳俊賢、傅弼豐、張茱琪、曹志明	化學與環境研究室	2024 年 (第 38 屆) 環境分析化學研討會 暨學會年會	113.5
水中紅球藻兩階段生長對水體化學需氧量變化研究	吳俊賢、傅弼豐、張茱琪、曹志明	化學與環境研究室	2024 年 (第 38 屆) 環境分析化學研討會 暨學會年會	113.5
A Lifestyle Monitoring System for Older Adults Living Independently Using Low-Resolution Smart Meter Data	Bhekumuzi Mathunjwa ¹ 、Yu-Fen Chen ² 、Tzung-Cheng Tsai ³ 、Yeh-Liang Hsu ¹	¹ 元智大學老人福祉科技研究中心、 ² 台電綜合研究所負載管理研究室、 ³ 工業技術研究院	Sensors	113.06
底棲食物網之碳循環於河川注入高能海底峽谷與大陸斜坡上緣的對比研究	Chueh-Chen Tung、Yu-Shih Lin、Jian-Xiang Liao (廖健翔)、Tzu-Hsuan Tu、James T. Liu、Li-Hung Lin、Pei-Ling Wang、Chih-Lin Wei	化學與環境研究室	Biogeosciences (SCI)	113.04

題 目	作者	部門	刊物或研討會名稱	發表日期
火力電廠導入碳捕捉技術的風險與挑戰	高靖棣、莊宗諭、沈威辰	化學與環境研究室	汽電共生報導	113.06
燃煤發電鍋爐直接共磨混燒木質顆粒生質燃料之製程適用性評估及混燒飛灰應用於混凝土摻料之性質分析	郭麗雯 ¹ 、林泓道 ¹ 、邱士展 ² 、李信龍 ²	¹ 台電綜合研究所化學與環境研究室、 ² 台電台中發電廠	汽電共生協會「汽電共生報導」	113.06
氧化鋁 /Crofer 合金異質接合之材料製程與氣密特性	張書維 ^{1,2} 、薛人愷 ² 、黃亮維 ³ 、李睿綱 ¹	台電綜合研究所化學與環境研究室 ¹ 、國立台灣大學材料科學與工程學系 ² 、國家原子能科技研究院 ³	中國材料科學學會 113 年年會	113.11
電廠海水電解餘氫對燃料電池發電效能之影響初探	張書維 ¹ 、吳成有 ¹ 、高靖棣 ¹ 、黃彥璟 ¹ 、李睿綱 ¹ 、梁輝煌 ² 、黃子玲 ² 、陳彥百 ² 、張世國 ² 、李家齊 ²	¹ 台電綜合研究所化學與環境研究室、 ² 台電大潭發電廠	第十九屆全國氫能與燃料電池學術研討會	113.09
構網型變流器控制法及國際規範研析	江文莊、謝國聖、林士傑、廖清榮	電力研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
依現場資料預測太陽能案場狀態之運行架構	李政崇、林哲宇	高壓研究室、能源研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
電廠鍋爐煤倉堆體損壞分析	蘇奎元、高全盛、曾千洵、楊學文、曾振邦	能源研究室	113 年度防蝕工程年會暨論文發表會	113.09
智慧家庭能源管理系統 (HEMS) 整合 OpenADR、TaiSEIA 101、與 OCPP 通訊協定之應用研究	鄭凱文、張作帆、王星文、卓明遠、林光荃、陳孟杰	負載管理研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
交直流複合微電網研究試驗平台之規劃設計	謝國聖、李兆惠、江文莊、許炎豐、張志聲	電力室研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11

題 目	作者	部門	刊物或研討會名稱	發表日期
Route B 符合性測試平台開發與試驗之研究	謝國聖、林哲毅、許炎豐	電力室研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
基於國際標準之微電網測試研析	江文莊、簡振宇、林士傑、柯喬元、陳翊瑋、張書維	電力研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
潔淨氫燃氣渦輪機微混合燃燒技術：參數優化方法	Atul Kumar、黃偉哲、李泰成、林均翰、楊授印	能源研究室	The 34 th International Symposium on Transport Phenomena	113.11
透過銀膠和銅鈦塗層進行反應性空氣硬焊接合氧化鋁和 Crofer 不鏽鋼	張書維 ^{1,2} 、薛人愷 ² 、黃亮維 ³	¹ 台電綜合研究所化學與環境研究室、 ² 國立台灣大學材料科學與工程學系、 ³ 國家原子能科技研究院	SCI 國際期刊 - materials	113.08
通用影像分類平台操作經驗分享	張榮琪、李凌華、曹志明	化學與環境研究室	台電工程月刊	113.10
以相量量測單元實現廣域同步儀	柯喬元、廖清榮	電力研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
開發快速判斷絕緣油無腐蝕性硫化物方法之研究	詹宏盛	化學與環境研究室	113 年度防蝕工程年會暨論文發表會	113.09
固態變壓器於電力系統電力品質改善之應用與展望	葉丞竣、江文莊、謝振中、廖清榮、陳世安、黃彥瑋	電力研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
以頻率響應等效模型驗證儲能系統執行輔助服務之效益	賴凱右、吳承翰	電力研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
微電網控制器標準研析與整合驗證場域建立	唐城、吳承翰、吳旻哲	電力研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11

題 目	作者	部門	刊物或研討會名稱	發表日期
頻率變動計算方法與卸載應用探討	王永富、吳承翰、 廖清榮	電力研究室	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
異質資源整合之虛擬 電廠研析	陳玉芬、王金墩	負載管理研究室	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
我國住宅用戶自動需 量反應措施推動	施政樟 ¹ 、張文奇 ¹ 、 鄒玉萍 ² 、陳暉祁 ² 、 施恩 ³	¹ 台電綜合研究所負 載管理研究室、 ² 工 業技術研究院、 ³ 晨 晞能源	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
基於 CNN 之集成方 法於區域電力需求預 測分析	賈方需 ¹ 、許湘伶 ² 、 張文奇 ¹ 、王金墩 ¹	¹ 台電綜合研究所、 ² 高雄大學	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
發電機組於電壓驟降 耐受度之研究	曾彬鴻、許炎豐	電力研究室	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
以 Python 實現 PSS®E 自動化模擬 分析	謝曉惠 ¹ 、郭家宏 ² 、 黃千華 ³	¹ 電力研究室、 ² 資訊系統與資訊資 源組、 ³ 高壓試驗組	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
運用生成式 AI 結合 AMI 資料分析之客製 化智慧助理	¹ 賴宜均、 ² 郭家宏、 ¹ 王星文、 ¹ 陳玉芬、 ³ 林昱呈	¹ 負載管理研究室、 ² 資訊系統與資訊資 源組、 ³ 資訊與通信 研究室	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
變電設備周溫規範採 用酷熱氣候標準調查	¹ 蔡森洲、 ¹ 沈宜絹、 ¹ 游晴幃、 ¹ 林必達、 ¹ 陳俊瑋、 ² 吳佳和、 ³ 蘇偉府	¹ 台電綜合研究所負 載管理研究室、 ² 台 電供電處、 ³ 崑山科 技大學	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11
藻類生長對 RTV 塗 層礙子之電氣性能影 響評估	林彥廷、陳柏江、 沈文豪	高壓研究室	第二十一屆台灣電力 電子研討會暨第四十 五屆中華民國電力工 程研討會	113.11

題 目	作者	部門	刊物或研討會名稱	發表日期
微電網的接地有效性需求分析	洪碩甫、陳翊瑋、梁威志	高壓研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
配電規劃資訊系統結合配電級再生能源可併容量查詢系統暨網頁化	張文奇、蔡森洲、陳俊瑋、林必達、游晴幃、沈宜絹	負載管理研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
基於實際案例之再生能源逆送電對電力變壓器影響之風險評估	劉家亨、蘇宸弘、呂重毅、林閔洲、陳翊瑋、巫昇峯、陳坤隆、楊念哲、張建國	高壓研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
氣象資訊對風力發電預測之應用	林哲宇	能源研究室	交通部中央氣象署 113 年運用氣象服務促進綠能穩定供電研討會	113.09
二次變電所 XR 教育訓練終端無線化暨通訊測試研析	劉宇恒、徐珮真、洪瑞呈、陳以彥	資訊與通信研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
儲能系統資通訊整合應用研析	卓啟翔、張廖俊魁、許乃倫、蘇亮宇、陳以彥	資訊與通信研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
配電網與電動載具電能補充案場資訊交換研討	許乃倫、張廖俊魁、蘇亮宇、卓啟翔	資訊與通信研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
IEC 61850 二次變電所資安風險評估與防護對策研究	林呈鴻、黃瑋玢	資訊與通信研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
智慧電網儀用設備之時間同步精確度評估與研究	廖文聘、洪瑞呈、陳以彥、莊元億、高東義、范正	資訊與通信研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11

題 目	作者	部門	刊物或研討會名稱	發表日期
爐管外壁溫度及應變量計算內壁蒸汽壓力之研究	曾千洧、高全盛、蘇奎元、楊學文、林嘉銘	能源研究室	中國機械工程學會 113 年度年會暨第 41 屆全國學術研討會	113.11
透過熱處理技術使積層製造的 A1Si10Mg 合金維持蜂巢結構	¹ Wongdayehu Yesheawas Al-emu, ¹ 黃奕誠, ² 鐘震洲, ³ 邱國基, ¹ 陳貞光	國立台北科技大學材料工程學系 ¹ 、台電綜合研究所化學與環境研究室 ² 、數可科技 ³	Journal of Materials Engineering and Performance	113.09
利用粒子群最佳化於家庭能源管理系統的自動需量反映	林光荃、卓明遠、鄭凱文、王星文	負載管理研究室	第二十一屆台灣電力電子研討會暨第四十五屆中華民國電力工程研討會	113.11
微藻固碳與循環經濟 (TASS 2024 亞太永續供應 + 循環經濟會展)	吳俊賢、傅弼豐、張茱琪	化學與環境研究室	TASS 2024 亞太永續供應 + 循環經濟會展	113.11
電動車的新使命	李盈家、黃彥璟、張書維	化學與環境研究室	2024 年知識分享研討會 (2024 Knowledge Sharing Seminar)	113.11

(三) 技術服務

序號	服務項目	服務對象
1	電力調度處所需氣象資料擷取服務	電力調度處
2	大甲溪發電廠所需氣象資料擷取服務	大甲溪發電廠
3	馬祖電力地圖穩態運轉新增警界功能	協和電廠珠山分廠
4	新桃供青溪 D/S 電力電纜事故材料特性分析	新桃供電區營運處
5	珠山分廠充電機特性量測	協和發電廠
6	林口電廠新水牆管顯微組織與機械性質分析	林口發電廠
7	林一機 SCR 觸媒活性分析 (112 年大修取樣)	林口發電廠
8	大二機 2RH 等吹蝕管性質分析	林口發電廠
9	笨港變電所 69kV BUS 電壓諧波量測分析	桃園區營業處
10	112 年度營建處模擬資料審查	營建處
11	林口電廠三號機水牆管異常檢測	林口發電廠
12	112 年度高屏供路北、嘉峰、岡山、南工及大鵬變電所電力品質量測分析	高屏供電區營業處
13	煉焦煤飛灰物理性質及砂漿性質試驗	興達發電廠
14	煤灰粒料應用於港區填築實驗室試驗	核能火力發電工程處
15	興四機水牆管分析	興達發電廠
16	嘉民 E/S 之 345kV GCS 部分放電測試	嘉南供電區營業處嘉民 E/S
17	112 年利澤 D/S 電力品質量測分析	台北供電區營業處
18	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (台北供電區營運處 台北 ADCC)	台北供電區營運處
19	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (電力調度處)	電力調度處
20	112 年度配電圖資臺灣通用版電子地圖更新	配電處
21	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (新桃供電區營運處 新竹 ADCC)	新桃供電區營運處
22	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (花東供電區營運處 鳳林 E/S)	花東供電區營運處
23	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (嘉南供電區營運處 南科 E/S)	嘉南供電區營運處
24	#1、#2 機 GIL 部份放電測試 (113 年第 1 次試驗)	核三廠
25	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (台中供電區營運處 台中 ADCC)	台中供電區營運處
26	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (高屏供電區營運處 高雄 ADCC)	高屏供電區營運處
27	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (嘉南供電區營運處 新營 ADCC)	嘉南供電區營運處
28	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (電力調度處 高雄中央調度中心)	電力調度處

序號	服務項目	服務對象
29	112 年即時閃電偵測資料之傳送及應用 (台北供電區營運處 基隆 ADCC)	台北供電區營運處
30	馬祖儲能直供負載之方案與措施	協和電廠珠山分廠
31	中清 P/S 諧波阻抗及諧波背景電壓分析	東元電機股份有限公司
32	林三機 SCR 新觸媒特性分析	林口發電廠
33	青山起重機行走輪破損原因分析	大甲溪發電廠
34	研析 CDCC 轄下電能管理系統 (EMS) 與現場 RTU 設備同步精確度	調度處
35	研析 CDCC 轄下現場 (如電廠或超高壓變電所) 之 RTU 設備 SOE 同步精確度	調度處
36	112 年度台中供豐鋼 C/S 及彰一開閉所進行電力品質量測分析	台中供電區營業處
37	本公司 113 年夏月、非夏月最高負載前 3 日、夏月及非夏月週六半尖峰最高負載日之各類售電別負載分析資料	會計處
38	協四機鍋爐高負載燃振診斷測試分析	協和發電廠
39	大林五號機 RH 破損分析	林口發電廠
40	小金門麒麟分廠相量監測系統建置	塔山發電廠
41	通霄電廠電力品質量測分析	通霄發電廠
42	112 年度新營區處聯宏工業股份有限公司電力品質量測分析	新營區營業處
43	112 年度 ADMS 臺灣通用版電子地圖服務提供	配電處
44	113 年度花東供美崙 S/S 集合仁 D/S 電力品質量測分析	花東供電區營運處
45	再生能源風力發電預測系統資訊服務	再生能源處
46	113 年香山 S/S 電力品質量測分析	新竹區營業處
47	協和海洋牧場夜間補充生態調查	環境保護處
48	林二機新水牆管來福線尺寸與材料特性分析	林口電廠
49	林口超臨界鍋爐新水牆管膛線與材質量測	林口發電廠
50	112 年朝山 D/S 及營盤 D/S 電力品質量測分析	新桃供電區營業處
51	彰一開閉所諧波電流識別系統建置	台中供電區營運處
52	112 年度新桃供保生 D/S 及塘尾 D/S 電力品質量測分析	新桃供電區營業處
53	提供 OpenADR 2.0b VEN 用戶端通訊軟體建置之技術服務	裕能科技股份有限公司
54	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 2 批 -19 串)	國立清華大學
55	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 3 批 -25 串)	國立清華大學
56	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 1 批 -31 串)	國立清華大學
57	#1、#2 機 GIL 部份放電測試 (113 年第 2 次試驗)	核三廠

序號	服務項目	服務對象
58	113 年度台中供彰一甲、彰一乙、中清及中港變電所電力品質量測分析	台中供電區營運處
59	112 年度新桃松樹 P/S 進行電力品質量測分析	新桃供電區營業處
60	彰工升壓站及永興開閉所諧波阻抗及諧波背景電壓分析	東元電機股份有限公司
61	IEC 61850 互操作性試驗經驗分享	輸變電工程處
62	變壓器遞升加壓試驗過程之諧波分析	嘉南供電區營運處
63	台中電廠中五機輔變 87T 動作原因分析	台中發電廠
64	知本及太麻變電所電力諧波量測分析	花蓮供電區營運處
65	鳳林 E/S 及台東 P/S 諧波阻抗及諧波背景電壓分析	士林電機
66	林二機鍋爐大修金相取樣分析	林口發電廠
67	113 年度嘉南供台西 D/S 及四湖 D/S 電力品質量測分析	嘉南供電區營運處
68	大潭發電廠 #3 機 SCR 觸媒性能檢驗	穩和實業有限公司
69	協四機水牆管材質衰退分析	協和發電廠
70	113 年度台中供外埔 D/S 及豐鋼 C/D 電力品質量測分析	台中供電區營運處
71	113 年度糖科 D/S、蟠桃 D/S、房裡 D/S、南湖 P/S 及苗栗 P/S 諧波電壓量測分析	新桃供電區營運處
72	113 年大潭電廠電力品質量測分析	大潭發電廠
73	XMPP 雲端監控系統之資料蒐集器完成資安自願性產品認證	配電處
74	113 年嘉南供永康 S/S 及易宏興 C/S 電力品質量測分析	嘉南供電區營運處
75	新桃 161kV 通霄房裡 OPGW 線汰換樣品分析	新桃供電區營運處
76	1130417-FTU 增設再生能源併聯配電饋線網路功能試驗	祥正電機
77	仁澤地熱發電廠結垢問題分析與調查	再生能源處
78	台中供電區處電纜材料分析	台中供電區營運處
79	FTU 增設再生能源併聯配電饋線網路功能試驗	健格科技
80	大一機 SCR 新觸媒特性分析	大林發電廠
81	113 年度嘉南供 _ 下營 D/S 及威致 C/S 電力品質量測分析	嘉南供電區營運處
82	113 年嘉峰 D/S 及燐聯 C/S 電力品質量測分析	高屏供電區營運處
83	113 年大潭電廠離岸風力發電併接點諧波電壓量測分析	大潭發電廠
84	林二機 SCR 觸媒活性分析 (112 年大修取樣)	林口發電廠
85	陶瓷礙子特性試驗分析	高屏供電區營運處
86	提供 105~112 年度高低壓表燈非營業用電資料	台灣大學經濟學系
87	IEC 61850 標準通訊方式與資料模型解析	台北北區營業處
88	豐德高壓段噴水減溫管段、低壓蒸發器與高壓一次省煤器特性分析	森霸電力公司
89	林口水牆管來福線螺紋規格分析	林口發電廠
90	提供配電處地理圖資介接資料及地址校正服務	配電處

序號	服務項目	服務對象
91	林二機水牆管與省煤器管水垢分析	林口發電廠
92	配電級再生能源可併網容量查詢系統資料維護	配電處
93	中七機二次過熱器洩漏分析	台中發電廠
94	#1、#2 機 GIL 部分放電測試 (113 年第 3 次試驗)	核三廠
95	提供 111、112 年度高低壓 AMI 用戶依選定類別下歷史用電分析資料	台灣綜合研究院
96	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 7 批 -25 串)	國立清華大學
97	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 8 批 -21 串)	國立清華大學
98	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 9 批 -33 串)	國立清華大學
99	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 10 批 -40 串)	國立清華大學
100	111~112 年度高壓以上 AMI 用戶用電彙整資訊	台灣經濟研究院
101	林一機 SA213T12 水牆管金相演變特徵探討	林口發電廠
102	113 年度新桃供 _ 忠福 D/S 電力品質量測分析	新桃供電區營運處
103	113 年度苗栗區處亞東氣體股份有限公司電力品質量測分析	苗栗區營業處
104	國發會實地審查期間煤灰應用互動模型借出暨解說服務	訓練所
105	提供電動巴士用電量資料	國立中興大學
106	興三機二次過熱器出口段 TP347 爐管破損分析	興達發電廠
107	塔山電廠向量監測系統移設	塔山發電廠
108	113 年度嘉南供 _ 新營 P/S 及榮剛 C/S 電力品質量測	嘉南供電區營運處
109	113 年度嘉南供 _ 東盟 C/S 及榮重 C/S 電力品質量測	嘉南供電區營運處
110	1131008-FTU 增設再生能源併網配電饋線網路功能試驗 (例行性)	祥正電機
111	大潭電廠 8-2 避雷器量測	中興電工
112	1131104-FTU 增設再生能源併網配電饋線網路功能試驗 (例行性)	健格科技
113	興 #3 機鍋爐二次過熱器出口段管材氧化層剝落對材質影響評估	興達發電廠
114	林一機東牆水牆管破損分析與空拍機高空檢查	大林發電廠
115	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 12 批 -37 串)	國立清華大學
116	台灣高鐵之聚合礙子絕緣耐力 (洩漏電流)、絕緣特性 (紫外光線)、硬度、鹽害分佈圖、表面觀察、潑水性等檢測分析 (第 11 批 -33 串)	國立清華大學
117	彰一開閉所之離岸風場電力諧波分析	台中供電區營運處
118	113 年系統尖峰負載分析	企劃處

(四) 與國外技術交流

* 本交流機構係依英文字母順序排列。

1. 東亞暨西太平洋地區電力事業協會 (AESIEAP)

東亞暨西太平洋地區電力事業協會 (The Association of the Electricity Supply Industry of the East Asia and the Western Pacific, AESIEAP) 成立於西元 1975 年，由該地區之各國主要電業、相關電力設備廠商、顧問研究機構或學者專家所組成，屬區域性之非官方電力事業國際組織。

AESIEAP CEO Conference 與第 49 屆理事會暨執行委員會議於 113 年 10 月 21~24 日在新加坡舉行，由本所鍾所長年勉率研發室陳主任曉薇及張企控師翔琳代表與會，會議主題為「推動能源轉型」，旨在協助能源產業相關利害關係人共同打造永續韌性能源願景。本次會議聚集了來自全球 100 多個機構的超過 200 位能源產業領袖，共同探討如何透過區域電網互聯策略，協助區域能源整合、提升能源安全、降低能源成本及促進經濟成長，以實現全球能源轉型目標。透過參與本次會議，有助於本公司瞭解區域電網互聯的最新趨勢和挑戰，學習各國的成功經驗，並可作為台電未來推動區域電網互聯之重要參考 (如圖 1、2)。



圖 1 本所鍾所長年勉 (圖中) 率隊參加 AESIEAP CEO Conference



圖 2 AESIEAP 第 49 屆理事會暨執行委員會議

2. 亞洲電力獎 (Asian Power Awards)

本公司各單位於 113 年參加「2024 年亞洲電力獎」(Asian Power Awards 2024) 甄選，共獲 5 項獎項。其中，系統規劃處以「因應再生能源迅速發展之區域性電網瓶頸改善策略」榮獲「年度輸配電工程計畫」金牌獎，同時以「再生能源時代臺灣電網規劃新策略」獲頒「年度創新電力技術計畫」台灣獎；核能發電處第三核能發電廠以「核三廠蒸汽產生器 (S/G) 二次側管底板物理清洗工作」獲頒「年度核能發電計畫」金牌獎；輸變電工程處以「龍潭儲能系統設置工程」榮獲「年度電池儲存計畫」金牌獎；電力調度處以「台灣分散式儲能先進應用技術的整合與實踐」獲頒「年度智慧電網計畫」台灣獎。自 2008 年參與亞洲電力獎以來，本公司至今累計獲得 63 個獎項，充分展現台電在國際能源領域的卓越表現與追求進步的努力。

3. 彭博新能源財經 BloombergNEF(BNEF)

彭博新能源財經 (BNEF) 是全球能源轉型研究的領導機構，致力於提供獨到且深入的能源相關分析與見解。BNEF 的研究範疇涵蓋潔淨能源、先進交通、創新材料及大宗物資等多個領域。其核心優勢在於獨家專有的全球資料數據庫，能提供精闢的市場洞察，清晰呈現新興能源科技領域的投資、經濟性和政策趨勢。BNEF 以獨立觀點和高品質分析著稱，其定期發布之《新能源市場長期展望》報告被視為業界權威，為全球能源轉型策略提供重要的參考依據。BNEF 的客戶遍布全球 50 個國家，涵蓋超過 2,500 個機構，包括公用事業、能源公司、金融機構及政府單位，而本公司現為其會員之一。藉由與 BNEF 進行交流與合作，可快速掌握全球能源產業多元發展趨勢，作為本公司經營發展及策略布局之參考。本所 113 年與 BNEF 交流內容如下：

- (1) 2 月 29 日舉辦「Energy Hub」交流會，邀請到 BNEF 亞太區研究主管 Dr. Ali Izadi 深入分享國際性和地區性的氫能 Energy Hub 相關資訊，討論議題包含各國氫能發展政策、成本分析及相關技術發展趨勢，交流成果豐碩 (如圖 3)。



圖 3 本所鍾所長年勉主持 BNEF「Energy Hub」交流會

- (2) 8月13日舉辦 BNEF 高峰會談，由本所蒲副所長冠志主持，吳副總經理進忠列席指導，企劃處、核發處、新開室、會計處及本所共約 20 位主管同仁與會，由 BNEF 亞太區研究負責人 Dr. Ali Izadi 等代表提供客製化電業趨勢專業分析意見，並針對 BNEF 最新發布之「新能源市場長期展望」報告、日韓 2050 轉型路徑、氫能區域發展趨勢和合作機會等議題，與本公司進行深入交流討論（如圖 4）。



圖 4 本所蒲副所長冠志（左一）主持 BNEF 高峰會談，吳副總經理進忠（右一）列席指導，與 BNEF 亞太研究負責人 Dr. Ali Izadi 等人進行深入交流。

- (3) 12月13日舉辦 BNEF「氫能」線上分享會，邀請 BNEF 氫能分析師與日本和韓國研究主管就「全球氫氣市場展望」及「日本和韓國的氫共燃」等主題進行案例分享及交流，本公司與會人員包含本所相關部門、系規處、開發處、燃料處、發電處等單位代表共約 50 位，此會議有助於未來規劃 2050 年淨零碳排目標與推動策略之參考（如圖 5）。

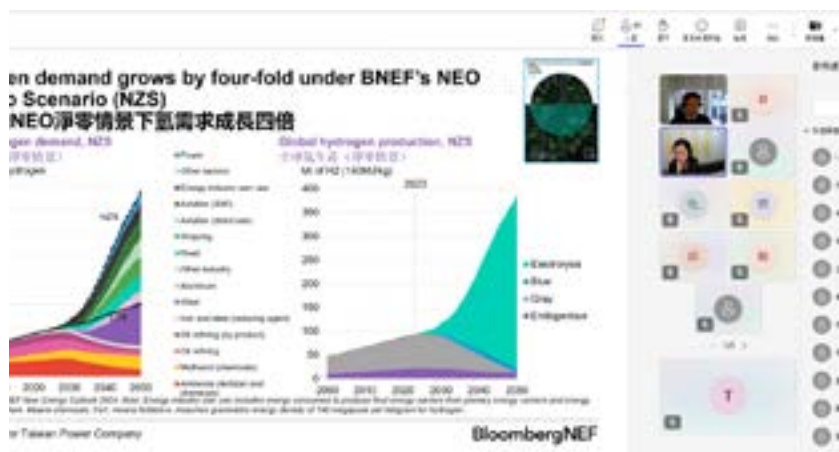


圖 5 BNEF「氫能」線上分享會

4. 日本電力中央研究所 (CRIEPI)

本公司與日本電力中央研究所 (CRIEPI) 長期以來依據雙方簽訂之技術合作合約，每年輪流主辦技術交流年會，並視需要進行資料分享、人員互訪和邀請專家指導等相關研發活動，俾有助本公司持續獲取電業研發新知、提升研發水平，促進技術交流與合作關係。

第 34 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會於 113 年 9 月 10 至 13 日在台灣舉辦，日方共派遣 8 位代表參加，雙方就近期研發活動 (R&D Strategy)、地震造成電力系統之損害與修復 (Damage and Restoration by Recent Earthquakes in Taiwan and Japan)、電力需求成長 (Power Demand in Fast-growing Industries)、CCS、需量反應 (Demand Response)、IEC 61850 等主題進行探討與交流。9 月 12 日安排至本所樹林所區進行技術參訪，活動順利圓滿 (如圖 6)。



圖 6 本所舉辦第 34 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會，日方代表 Dr. Ichiro TSUKADA (前右三) 與本所鍾所長年勉 (前左四) 率領雙方同仁進行技術探討與交流。

5. 美國電力研究院 (EPRI)

美國電力研究院 (EPRI) 係美國著名的非營利能源研究機構，致力於為全球電力產業的發電、輸電、用電及能源與環境挑戰提供解決方案。EPRI 擁有遍布全球 45 個國家的約 850 個會員，並投入大量經費進行研發，以推動能源技術發展。本公司相關單位多年來均依需要參與其研究計畫，並將研究成果實際應用，以解決公司營運之問題。本公司 113 年度與 EPRI 交流內容如下：

- (1) 參與核能類 4 項研究計畫，包括核一廠室外乾貯冷熱測試作業程序評估 (1-119775)、Cask Loader 軟體使用群組 1-073349、核能全會員計畫 (P41) 及核能補充計畫，除能取得核能最新數據資料外，並吸收國外最新的檢測 / 維修 / 改善 (SGMP、BWRVIP、MRP、FRP、Decommissioning) 資訊，藉以改善電廠運作流程，增進營運績效並與世界核能資訊接軌。另參與非核能類 7 項研究計畫，包括台灣電力系統設置超高壓直流輸電系統之系統分析研討 (PS40E)、分散式能源整合計畫 (P174)、能源與環境分析模組 (PS201A)、電力系統轉型之新興技術分析 (PS201C)、整合策略系統規劃 (ISSP) 架構於台電系統之應用 (1-118950)、鍋爐和汽輪機蒸汽以及系統水化學 (P226)、氣渦輪機先進元件與技術 (P217) 及低碳倡議 (LCRI)，與其他國際會員共同分攤計畫費用，取得國際最新相關資料及研究報告，達到效益分享的目的。相關交流成果可作為本公司推動微電網相關計畫之參考借鏡。

- (2) 本公司於 113 年 5 月正式加入 EPRI LCRI 計畫，5 月 29 日於本所辦理「EPRI LCRI 專案啟動會議」，邀請本公司參與低碳淨零會報相關單位與會，由 EPRI 專家說明計畫執行情形及其研究成果亮點，俾後續展開與我方研究合作 (如圖 7)。



圖 7 本所鍾所長年勉主持「EPRI LCRI 專案啟動會議」

- (3) 5 月 30 日與 EPRI 舉行「清潔能源轉型合作備忘錄」簽署儀式，由曾董事長文生與 EPRI 總裁兼執行長 Arshad Mansoor 代表簽署，並由電網韌性辦公室連教授國龍、國營司林專委華宇、能源署吳副署長志偉、EPRI 總裁兼執行長 Arshad Mansoor、曾董事長文生、EPRI 資深專案經理 Jeffery Preece、王總經理耀庭、EPRI 專案經理 Neil kern、本所鍾所長年勉共同見證；並舉行「低碳電力・淨零轉型」交流研討會，邀請產官學研界貴賓共同探討全球合作推動潔淨能源轉型的契機，以及台電為實現淨零排放所做的努力與未來規劃 (如圖 8、9)。



圖 8 本公司與 EPRI 簽署「清潔能源轉型合作備忘錄」，由曾董事長文生 (右) 與 EPRI 總裁兼執行長 Arshad Mansoor(左) 代表簽署。



圖 9 台美代表共同見證清潔能源轉型合作，圖左起為電網韌性辦公室連教授、國營事業管理司林委員華宇、能源署吳副署長志偉、EPRI 總裁兼執行長 Arshad Mansoor、本公司曾董事長文生、EPRI 資深專案經理 Jeffery Preece、本公司王總經理耀庭、EPRI 專案經理 Neil Kern、本所鍾所長年勉。

- (4) 6 月 27 日於總處召開「AI Data Center」交流會議，由王總經理耀庭致歡迎詞，EPRI 總裁兼執行長 Arshad Mansoor 等代表以視訊方式，就 EPRI 5 月份最新發布的報告、AI 資料中心發展、用電趨勢及電力公司的因應策略等主題，與本公司進行深入交流討論，曾董事長文生、王總經理耀庭、吳副總經理進忠，資訊處、業務處、電源開發處、企劃處及本所等 15 個單位約 50 位主管同仁共同與會 (如圖 10、11)。



圖 10 王總經理耀庭 (左一) 於 EPRI「AI Data Center」交流會議致歡迎詞

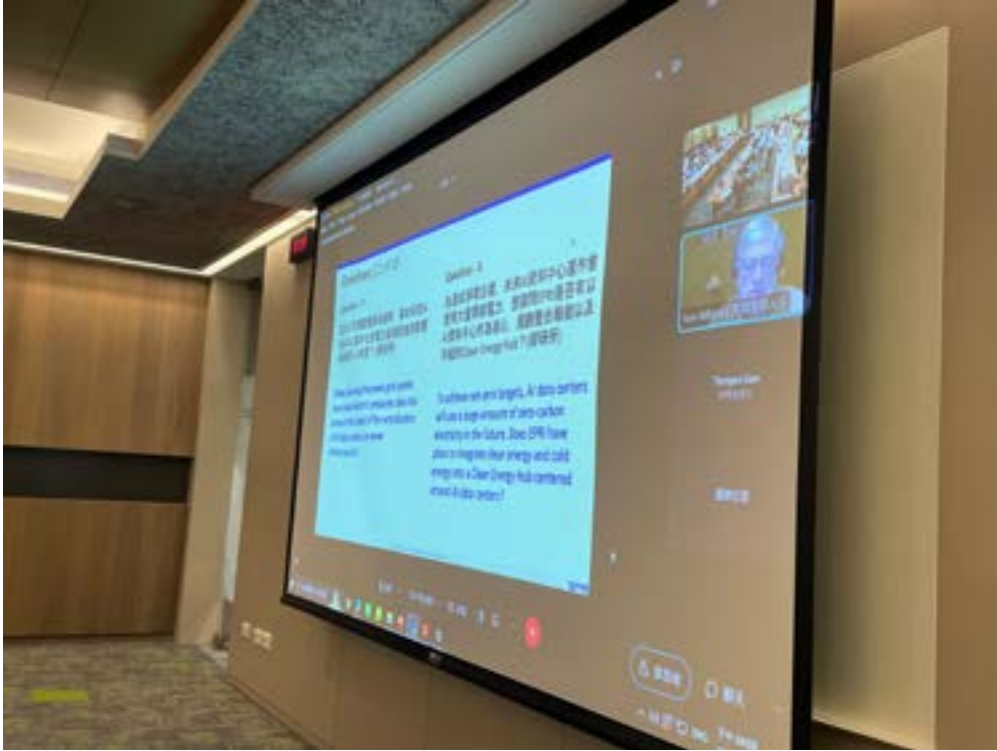


圖 11 EPRI「AI Data Center」交流會議

- (5) 為深入了解國際電力產業發展趨勢，並與各國電力機構高階主管交流營運經驗，本所鍾所長年勉率團，於 113 年 8 月 10 日至 17 日赴美國參與 EPRI 2024 年夏季研討會，並順道參訪 EPRI 夏洛特辦公室。本次研討會主題為「縮減技術差距」，與會期間，代表團除參與各項議程，與國際電力產業專家交流外，並與 EPRI 主管電網與能源系統整合事業副總 Daniel Brooks 先生會面，就本公司電網穩定研發方向與未來合作規劃進行意見交流。此外，因本公司自 113 年起參加 LCRI 計畫，並將就能源樞紐、淨零策略、以及碳捕集與封存等技術進行落實於本公司之規劃進行研究。故本次行程亦安排參訪 EPRI 夏洛特辦公室（如圖 12），與 LCRI 團隊討論能源樞紐計畫之推動進度，並研討本公司之執行現況與未來規劃。同時，亦與輸電、配電和資訊科技 (TDI) 部門團隊交流輸電及變電系統資產管理及運維等議題，並參訪該院輸配電實驗室，以及與 EPRI 的發電研發部門交流數位孿生 (Digital twin) 研發方向。透過本次參與 EPRI 夏季研討會及參訪夏洛特辦公室，深入了解國際電力產業發展趨勢及技術，並與各國電業高階主管交流經驗，獲益良多。



圖 12 本所鍾所長年勉 (右四) 率隊赴 EPRI 夏洛特辦公室與 LCRI 團隊交流

6. 國際電力研究交流協會 (IERE)

本公司為國際電力研究交流協會 (IERE) 之會員，藉由與各會員國討論高層關切議題及獲得國際電力技術成果與經驗分享，可提升本公司國際知名度，深化國際合作交流管道。

為瞭解電力技術之研發趨勢，本所高壓室梁威志於 113 年 11 月 19 至 22 日赴印尼代表參加「第 24 屆 IERE 常會及印尼峇里島論壇」，並發表「Application of Real-Time EMT Simulation Technology in Taiwan 's Microgrid Simulation Analysis and Testing」論文。討論議題包含微電網之應用及效益、本公司的微電網發展及推動情形等，相關成果不僅可拓展本公司於微電網領域之國際視野，亦可應用於研發策略規劃及技術發展 (如圖 13)。



圖 13 本所高壓室梁威志代表參加第 24 屆 IERE 常會及印尼峇里島論壇

7. 麻省理工學院能源倡議未來能源研究中心 (MIT Energy Initiative, MITEI)

麻省理工學院能源倡議 (MITEI) 為西元 1995 年發起之計畫，旨在整合科學、創新和政策，以改變世界的能源系統，為了加速達成目標，該倡議另成立未來能源研究中心，以推動產業與 MIT 之間的互動，共同面對全球能源和氣候挑戰，研究範圍包含電力、運輸、工業、儲能、低碳能源、建築、碳管理等領域之研究。為洞察國際電業發展趨勢、掌握頂尖能源研究機構最新研究方向及成果等，本公司於 112 年正式加入旗下能源倡議未來能源研究中心會員，會員權益包括：參加重點領域研討會、系列研討會、中央研發諮詢委員會、年度研究會議、春季研討會及獲得相關研究報告等。113 年與 MITEI 相關交流內容如下：

- (1) 3 月 29 日舉辦 MITEI 視訊交流會，雙方就智慧電網與電動載具，以及氫氦能之研究成果等議題及討論後續會員方案進行交流，本所由鍾所長年勉等長官及各部門主管同仁約 20 人參與，交流成果有助於本公司規劃未來與 MIT 合作交流方向 (如圖 14)。



圖 14 MITEI 視訊交流會

- (2) 5 月 14 日 MITEI Robert Armstrong 教授共 4 人來訪本所，由本公司曾董事長文生親自接見，針對 MIT 氫能、零碳燃料及電網工程研究成果、能源系統監管模型及能源安全、分散式能源、MITEI 與各會員之合作成功經驗等議題進行交流，交流成果豐碩 (如圖 15)。



圖 15 MITEI Robert Armstrong 教授 (左) 來訪本所，由曾董事長文生 (右) 接見。

- (3) 為掌握國際電業研究發展趨勢，並強化與頂尖學術機構及研究單位的合作，本所張副所長志聲與高壓室曹主任昭陽於 10 月 29 日至 11 月 8 日赴美國 MIT 及 EPRI 進行技術交流。在 MIT 期間，與 MITEI 安排的專家進行 11 場技術交流，討論主題包括淨零碳排策略、容量擴充建模、碳捕捉、儲能、微電網與電網韌性、配電系統狀態估測及電力系統振盪監測。在 EPRI 的參訪中，則針對電網強化技術、機器人於變電所巡視應用、地面型配電系統、變壓器專家系統、無 SF₆ 斷路器技術及光纖於架空輸電線路監測感測等技術進行交流。此次交流蒐集豐富的研究資料及成果，可供相關單位運用及本公司後續研究參考 (如圖 16)。

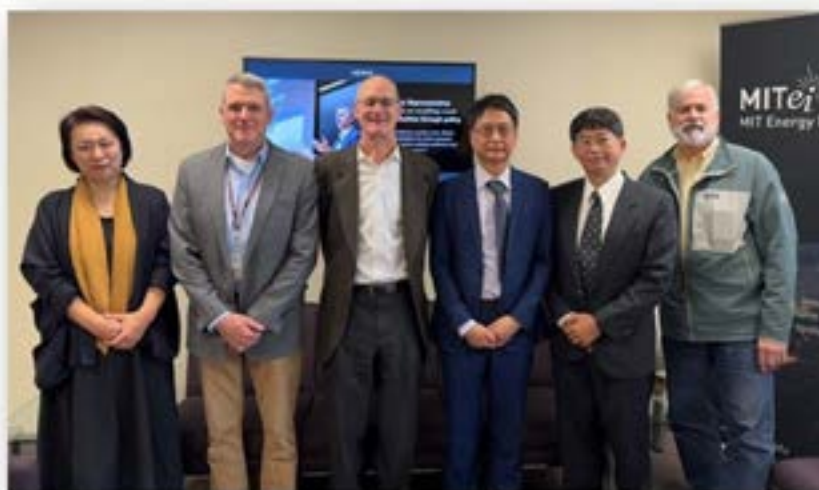


圖 16 本所張副所長志聲 (右三) 與 MITEI 研究總監 Randall Field (左三) 等代表交流

(五) 綜合研究所統籌全公司研究計畫項目

編號	計畫名稱	主辦單位	研究期間	經費(千元)
1	本公司集團發展策略及永續經營管理	企劃處	111-115	7,172
2	超超臨界機組增加燃料供應韌性研究	發電處	111-113	680
3	台電公司材料永續供應鏈之規劃與推動策略	材料處	112-113	5,201
4	地質資料庫建置及整合應用研究	營建處	111-117	1,382
5	電力設施附近生態調查監測與保育復育規劃	環境保護處	112-116	6,996
6	污染防治之管理與技術研究 (II)	環境保護處	113-115	26,270
7	溫室氣體減緩與調適研究	環境保護處	111-116	12,206
8	環教及景觀之規劃	環境保護處	111-116	11,119
9	環保政策溝通與落實	環境保護處	113-115	4,165
10	電力設施計畫環境影響評估	環境保護處	112-116	70,169
11	數位發展策略與應用推動研究	資訊系統處	112-116	1,741
12	水力發電計畫調查規劃研究	電源開發處	111-115	42,919
13	火力發電計畫規劃	電源開發處	112-116	33,565
14	核能電廠國際熱水流程式維護合作及救援策略模擬精進計畫	核能安全處	110-114	1,457
15	核三廠填換爐心暫態安全分析獨立驗證與技術精進	核能安全處	110-113	1,982
16	核電廠嚴重事故模擬技術提升與爐心有燃料過渡階段案例應用	核能安全處	110-113	859
17	電廠事業廢棄物環境賀爾蒙檢測技術及監控系統開發	核能安全處	112-114	1,498
18	核電廠除役過渡階段及用過燃料池嚴重事故模擬技術提升及應用	核能安全處	113-116	1,056
19	核電廠爐心填換分析驗證與用過核子燃料營運相關技術發展	核能發電處	110-113	7,813
20	核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正	放射試驗室	113-115	1,004
21	配合離岸風力發電之漁業轉型研究	水力施工處	107-113	3,735
22	綠能開發計畫調查規劃	再生能源處	111-115	10,383
23	強化電網系統穩定度與可靠度	綜合研究所	112-116	123,030
24	智慧電網資通訊標準檢測及應用技術之建立	綜合研究所	112-114	42,365
25	分散式電源應用與饋線韌性技術開發	綜合研究所	112-116	119,251
26	前瞻通訊技術研究	綜合研究所	110-114	6,058
27	即時動態模擬應用於電力設備性能驗證之研究	綜合研究所	111-115	50,991

編號	計畫名稱	主辦單位	研究期間	經費(千元)
28	IEC 61850 下分散式能源整合技術研究	綜合研究所	112-114	9,141
29	先進資通訊暨資安技術導入與應用研究	綜合研究所	112-114	11,855
30	風機與電廠發電設備健康診斷及安全性評估	綜合研究所	112-116	9,797
31	電力組件先進再生及延壽更新技術研發	綜合研究所	113-116	124,435
32	鍋爐材料保固技術建立與應用	綜合研究所	112-114	23,594
33	電業水資源與環境管理技術研究	綜合研究所	111-115	6,662
34	儲能與電業材料應用研究 (I)	綜合研究所	109-113	117,450
35	二氧化碳捕集、封存與再利用技術研究 (III)	綜合研究所	110-114	220,745
36	電廠資源永續與煙氣淨化技術研究	綜合研究所	112-116	7,590
37	電業生態保育與海洋牧場技術研究	綜合研究所	112-116	2,210
38	國際交流暨科技研發創新策略規劃和評估	綜合研究所	112-114	20,594
39	IEC61850 IED 應用於智慧變電所三層兩網暨資產管理等測試之可行性研究	綜合研究所	112-114	9,851
40	電業材料再生利用與檢測診斷技術	綜合研究所	113-116	1,326
41	小區域電能供需平衡與智慧用戶電能技術開發與推廣研究	綜合研究所	113-117	4,761
42	善用智慧電網技術提升電力品質之研究	綜合研究所	112-116	11,737
43	電力設備智慧診斷與災害防制技術	綜合研究所	113-117	22,854
44	火力機組效能提升與氫能發電應用研究	綜合研究所	113-117	6,220
45	分散型能源發電技術應用與整合評估	綜合研究所	113-117	11,095
46	電力設備熱流工程性能分析及控制技術研究	綜合研究所	110-114	732
47	變電設備油氣試驗應用於故障診斷研究	綜合研究所	113-117	1,791
48	配電維護與配電圖資應用研究	綜合研究所	113-115	20,195
49	能源與電力經濟整合模型之應用	綜合研究所	111-113	30,371
50	需求端智慧電能管理與服務技術研究	綜合研究所	110-114	40,256
51	企業經營管理策略與前瞻科技應用規劃	綜合研究所	111-113	30,240

註：上表第 2 欄所列各項計畫包含本所統籌之各項母計畫及突發計畫；第 5 欄所列經費為計畫當年度實際執行金額。



台電公司綜合研究所
Taiwan Power Research Institute
Taiwan Power Company

所本部：台北市羅斯福路四段 198 號
TEL: (02) 8369-5758
FAX: (02) 2364-9611
樹林所區：新北市樹林區大安路 84 號
TEL: (02) 2681-5424
FAX: (02) 2682-2793