

前瞻基礎建設計畫
113 年度執行進度及績效報告
淨零排放-電網韌性分析計畫(2/2)

核能安全委員會

113 年 12 月

目次

壹、特別預算及進度執行情形	1
一、計畫期程	1
三、進度執行情形	1
貳、重要執行成果及里程碑達成情形	2
參、總體績效目標達成情形、年度績效目標達成情形	27
一、工作指標	27
二、效益指標	32
肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策	34
伍、經濟效益	35
一、可量化之經濟效益	35
二、不可量化之經濟效益	36
陸、檢討與建議	37

壹、特別預算及進度執行情形

一、計畫期程：112/01/01~113/12/31（如106/09/01~114/08/31）

二、特別預算執行情形（截至113年12月底）

經費單位：千元

期別	年度	法定特別預算	分配數 (B)	實現數 (C)	支用比 (%) (C/B)	已執行應付未付數 (D)	節餘數 (E)	預付款 (F)	執行數 (G)=(C+D+E+F)	執行率 (%) (G/B)	達成率 (%) (G/A)	是否尚有保留款待執行
		(A)								(G/B)	(G/A)	
1	106	000,000	同(A)	000,000	00.00	000,000	000,000	000,000	000,000	00.00	同執行率	是/否
	107		同(A)								同執行率	
	總計		同(A)								同執行率	
2	108		同(A)								同執行率	是/否
	109		同(A)								同執行率	
	總計		同(A)								同執行率	
3	110		同(A)								同執行率	是/否
	111		同(A)								同執行率	
	總計		同(A)								同執行率	
4	112	74,531	同(A)	74,525	99.99	0	6	0	74,531	100	同執行率	否
	113	74,532	同(A)	74,528	99.99	0	4	0	74,532	100	同執行率	
	總計	149,063	同(A)	149,053	99.99	0	10	0	149,063	100	同執行率	

三、進度執行情形（截至112年12月底）

單位：%

	預定進度 (A)	實際進度 (B)	進度比較 (B)-(A)
年累計(113年)	100	100	00.00
總累計(計畫首年至113年)	100	100	00.00

註：總累計計畫期程為112年1月至113年12月止
年累計計畫期程為113年1月至113年12月

貳、重要執行成果及里程碑達成情形

【查核點執行進度對照表】

項次	查核點項目	查核點辦理情形	預計完成時間	實際完成時間	落後原因
1	建置台灣電力系統變電所(含35座超高壓變電所)與電廠之地理圖資。	關於建立電網視覺化脆弱度分析工具，已完成電力系統(電廠與變電所)節點與線路連線合理性之確認性，初步建立地理圖資及座標資料。	2024/3/31	2024/3/15	無。
2	建立天然災害對電網節點之危害及脆弱度評估方法程序。	因應電力潮流分析之需求，已完成危害及脆弱度評估方法程序、以及「電力系統電力潮流分析模擬軟體(PSS/E)」採購案招標作業。	2024/3/31	2024/3/22	無。
3	完成能源供應設施量化風險評估先導案例之系統組件運轉與失效數據彙整。	針對燃氣電廠風險模式故障樹模擬，完成主動組件失效模式模擬與運轉/失效數據之彙整。	2024/3/31	2024/3/15	無。
4	確認能源供應設施量化風險評估先導案例之人為操作誤失模式與評估範圍。	針對燃氣電廠風險模式之人因分析，包括人為操作程序，完成操作誤失模式與評估範圍之確認。	2024/3/31	2024/3/22	無。
5	進行供電場域汽機排汽冷凝設備之AI動態運轉偏離鑑別程式開發。	利用質能平衡模型計算汽機排放蒸汽量和冷凝系統歷史運轉數據，透過機器學習的近鄰演算法開發汽機排汽壓力與冷端溫差的預測模型，進行模型訓練，並持續調整數據模型參數以提升預測準確度，完成汽機排汽冷凝設備 AI動態運轉偏離鑑別程式開發，以提供故障	2024/3/31	2024/3/31	無。

項次	查核點項目	查核點辦理情形	預計完成時間	實際完成時間	落後原因
		預警功能，協助現場人員監控制程。			
6	進行 69kV 測距電驛標置設定程式可選故障發生位置功能開發。	完成 69kV 測距電驛標置設定程式解析並進行可選故障發生位置功能開發，可以指定故障發生於線路上任意一處並模擬實際故障的視在阻抗，改善現有測距電驛程式僅能於匯流排近端模擬故障之不足。	2024/3/31	2024/3/31	無。
7	進行「電驛狀態資訊採集程式」開發，並與「事件波形圖檔自動推播程式」整合，實現電驛狀態資訊及波形資料匯流。	完成電驛狀態資訊採集程式之電驛資料擷取功能開發，並完成 SEL311LN、Ingeteam 及 GEL90 等三種電驛品牌型號的資料擷取功能測試，進行事件波形圖檔自動推播程式的整合。	2024/3/31	2024/3/31	無。
8	整合危害、脆弱度與暴險資料庫格式與設定。	針對電網韌性災害潛勢資料，探討台灣本島地震危害造成全台網格化地震衝擊評估結果，進行土壤滑坡、土壤液化與地震動分析等。	2024/6/30	2024/6/7	無。
9	解析台灣電力網路日尖峰與夜尖峰之暴險。	應用電力系統電力潮流分析模擬軟體 (PSS/E)，已完成確認 2022 年及 2030 年節點失效之孤島範圍並建立清單。	2024/6/30	2024/6/14	無。
10	整合能源基礎設施一般運轉數據與能源供應設施量化風險評估先導案例系統組件運轉與失效	針對能源供應設施量化風險評估先導案例，分析系統組件運轉與失效數據，完成數據更新。	2024/6/30	2024/6/17	無。

項次	查核點項目	查核點辦理情形	預計完成時間	實際完成時間	落後原因
	數據，完成數據更新。				
11	完成能源供應設施量化風險評估先導案例之人為誤失機率評估方法論。	確認人為操作誤失模式與評估範圍，完成能源供應設施量化風險評估先導案例之人為誤失機率評估方法論。	2024/6/30	2024/6/24	無。
12	「027 等館舍外牆暨週邊環境整修工程」一案施作完成。	已於 6 月完成驗收及結報，本案已結案。	2024/6/30	2024/5/31	無。
13	進行供電場域鍋爐飼水與蒸汽加熱設備吹灰器之 AI 動態運轉偏離鑑別程式開發。	利用鍋爐加熱器模型進行即時質能平衡與熱傳量計算，以熱傳係數做為各加熱器的運轉狀態偏離的積灰程度指標，並進行吹灰器的開度、壓力與電流動作波形的訊號特徵分析及鍋爐加熱器相關吹灰器離線診斷程式功能測試，完成供電場域鍋爐飼水與蒸汽加熱設備吹灰器之 AI 動態運轉偏離鑑別程式開發。	2024/6/30	2024/6/30	無。
14	進行 69kV 測距電驛標置設定程式之越級跳脫檢測功能開發。	完成 69kV 測距電驛標置設定程式加入可於饋線上指定任意位置發生故障之模擬功能開發，並研析含越級跳脫檢測功能之最佳化電驛標置建議演算機制。	2024/6/30	2024/6/30	無。
15	進行波形資料整理與前處理程式開發，整理分析電驛歷史事件資料，並設計 AI 模型用以辨識	整理分析電驛歷史事件資料，並完成波形資料整理與前處理程式開發，包含鳥獸害、雷害及風害等事件歸類選擇功能程式，據此設計 AI 模型。	2024/6/30	2024/6/30	無。

項次	查核點項目	查核點辦理情形	預計完成時間	實際完成時間	落後原因
	事件波形之事件類別。				
16	脆弱度分析計算邏輯建立與測試。	模擬九芎坑等斷層，並推算地震危害發生後電網節點之脆弱度，完成初步風險分析結果，將其應用至電網視覺化脆弱度分析工具中，並以嘉民變電所為案例，於研究報告中說明。	2024/9/30	2024/9/30	無。
17	以地震為例評估電網節點之風險。	與災害防救科技中心合作，建立全島斷層之資料，整合地震模擬、土壤液化、坡地崩塌之災害潛勢與供電易損性衝擊，提供電網韌性災害圖資，以作為模式開發與補強。	2024/9/30	2024/9/30	無。
18	完成以能源基礎設施量化風險評估為主題之SCI論文。	彙整燃氣電廠風險模式量化分析與方法論成果，完成SCI論文並投稿國際期刊。	2024/9/30	2024/9/20	無。
19	完成能源供應設施量化風險評估先導案例之量化分析，確認與辨識後果嚴重之危害項目。	完成燃氣電廠風險模式之故障樹連結、量化程序及設定程序與量化分析，評估失效情境及供電失效機率，確認與辨識後果嚴重之危害項目。	2024/9/30	2024/9/20	無。
20	完成供電場域汽機排汽冷凝設備之冷凝泵浦最佳化運轉決策程式開發，達成5%之節電效益，並試行於1處場域。	完成供電場域汽機排汽冷凝設備之冷凝泵浦最佳化運轉決策程式開發，根據供電場域實際運轉數據進行優化方案分析、性能評估及模擬測試，在汽機背壓最大增加5mmHg的條件下，預估可達成9.86%之節電效益，並已於1處實際場域試行。	2024/9/30	2024/9/30	無。

項次	查核點項目	查核點辦理情形	預計完成時間	實際完成時間	落後原因
21	完成 69kV 測距電驛標置設定程式之饋入饋出效應檢測功能。	已完成 69kV 測距電驛標置設定驗證程式、饋入饋出效應及越級跳脫檢測功能開發，目前已將相關功能整合成測距電驛圖控平台，提供至○○○○室使用。	2024/9/30	2024/9/30	無。
22	完成「智慧化事件波形辨識 AI 程式」，並訓練調校 AI 模型，使辨識率達 85% 以上。	完成智慧化電驛波形事件辨識 AI 程式開發，以○○提供之實際場域原始量測數據訓練 AI 模型，對於鳥獸害、雷害及風害之 3 種事件類型，辨識率達 91%。	2024/9/30	2024/9/30	無。
23	完成視覺化脆弱度分析工具。	完成「電網節點重要度分析與風險評估系統」，用以檢視電網中電廠與變電所因地震損壞的可能性，並展示電廠與變電所損壞造成之失載量及風險等資訊。	2024/12/31	2024/10/25	無。
24	完成「台灣電力網絡之暴險分析-含超高壓變電所」報告 1 份。	完成台灣電力系統之暴險分析，以四組電力組態(2022 年日尖峰/夜尖峰、2030 年尖峰/離峰)為例，納入節點(含 43 座電廠、35 座超高壓變電所及 45 座一次變電所)，進行電網脆弱度及重要度分析模式分析。	2024/12/31	2024/10/28	無。
25	完成「電網節點重要度評估之標準程序」報告 1 份。	以地震災害事件為例，完成電網節點重要度評估程序，利用危害、脆弱度、暴險與風險的關係，討論天然災害對電網節點之影響。	2024/12/31	2024/10/30	無。
26	完成「量化風險評估技術之數據與	此查核點已完成。本計畫利用量化風險評估技術針對元件失	2024/12/31	2024/10/31	無。

項次	查核點項目	查核點辦理情形	預計完成時間	實際完成時間	落後原因
	人因分析於燃氣型式發電廠之應用」研究報告。	效、共因失效與人為誤失分析等範圍，建立研究方法論並進行分析，提供故障樹分析者所需之基本事件數據，以利風險量化之分析。			
27	完成「量化風險評估技術之量化分析於燃氣型式發電廠之應用」研究報告。	此查核點已完成。本計畫利用量化風險評估技術針對複循環機組建立廠內風險模式，並完成量化分析、重要度分析、靈敏度分析及不確定度分析，並提出風險洞見。	2024/12/31	2024/10/31	無。
28	完成供電場域鍋爐飼水與蒸汽加熱設備吹灰器之最佳化運轉決策程式開發，達成5%之節能效益，並試行於1處場域。	此查核點已完成。本計畫運用類神經網路模型，預測鍋爐飼水與蒸汽加熱設備之熱傳係數衰減趨勢，再搭配最佳化演算法計算發電設備需要清潔的最佳吹灰時間點，實測此決策程式可減少6.67%吹灰蒸汽使用量，並試行於1處場域。	2024/12/31	2024/12/16	無。
29	完成5000點以上具3端子以上分歧線路之161kV輸供電網測距電驛標置設定程式，並能進行3區間之保護協調標置設定與驗證；完成69kV測距電驛標置設定程式之3項功能整合，且試行於1	此查核點已完成。完成161kV測距電驛標置設定程式開發，經測試可達到5830點匯流排，並具有3端子之分歧線路及3區保護協調標置設定與驗證。完成69kV測距電驛標置設定程式之可選故障位置、饋入饋出、越級跳脫等3項功能開發，提供○○○○室試用中。	2024/12/31	2024/12/16	無。

項次	查核點項目	查核點辦理情形	預計完成時間	實際完成時間	落後原因
	處 實 際 場 域。				
30	完成電驛狀態資訊及波形資料匯流與分析之「雲端智慧型決策支援系統」，整合智慧化「智慧化事件波形辨識AI程式」與「事件波形圖檔自動推播程式」，以及符合資訊安全架構之資料傳輸與配發程式，於5秒內完成推播至社群通訊軟體。	完成「智慧化事件波形辨識AI程式」與「電驛基本資料平台」，使用者能夠於平台查閱並分析各電驛具時間脈絡之狀態歷史資訊，且電驛波形事件類型辨識結果以符合資訊安全架構之資料傳輸與配發程式2秒內推播至社群通訊軟體，已部署應用於○○公司○○室，提升調度與維運人員的事故處理效率。	2024/12/31	2024/12/10	無。

一、電網脆弱度分析技術開發

(一)年度目標 Objective：建立包含我國本島35座超高壓變電所之視覺化脆弱度分析工具。

(二)關鍵成果 (Key Results, KR)、重點工作項目與成果/貢獻

1. 完成電網節點重要度分析與風險評估系統建立

此視覺化分析工具綜合了危害 (Hazard)、脆弱度 (Vulnerability) 和暴險 (Exposure) 等多方面的風險資訊，並將這些資訊與地理資訊系統 (GIS) 進行整合，轉換為可視化的空間資料。透過直觀的圖形介面，使用者能夠清晰掌握各項風險數據，進行深入分析。適用於針對天然災害進行風險評估，協助使用者辨識出在電網節點中相對脆弱、需要優先關注的設施。透過視覺化呈現的風險結果，使用者可以快速鎖定高風險的關鍵點，有助於制定有效的風險管理和防災應變策略。

為使視覺化界面之操作更便利，規劃的功能模組包含：登入、地圖

工具、分析情境、系統管理等，而主要分析功能依據四個參數分類，內容包含如圖 1 所示：

- (1) 節點風險查詢：供使用者選擇危害、脆弱度與暴險項目與時間點，查詢目標節點之風險或該情境下總風險排序，並提供分析資料表單下載。

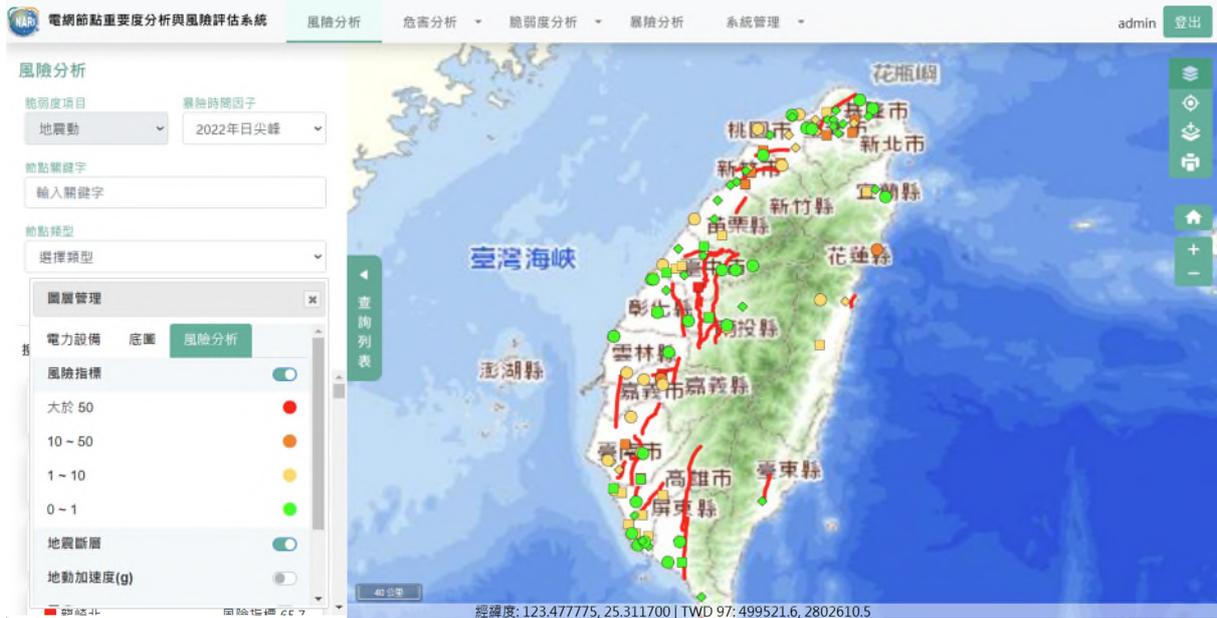


圖 1、風險分析介面

- (2) 危害查詢：供使用者查詢天然災害的相關圖資，例如地震斷層清單及其所在位置，並可指定斷層顯示該斷層發生造成之地震動、土壤液化、土壤滑坡等部分佈地圖展示（如圖 2）。



圖 2、危害分析介面

(3)脆弱度查詢：供使用者查詢指定危害下的脆弱度項目，主要說明地震動對節點造成損壞，顯示整體脆弱度分佈展示（如圖 3）。

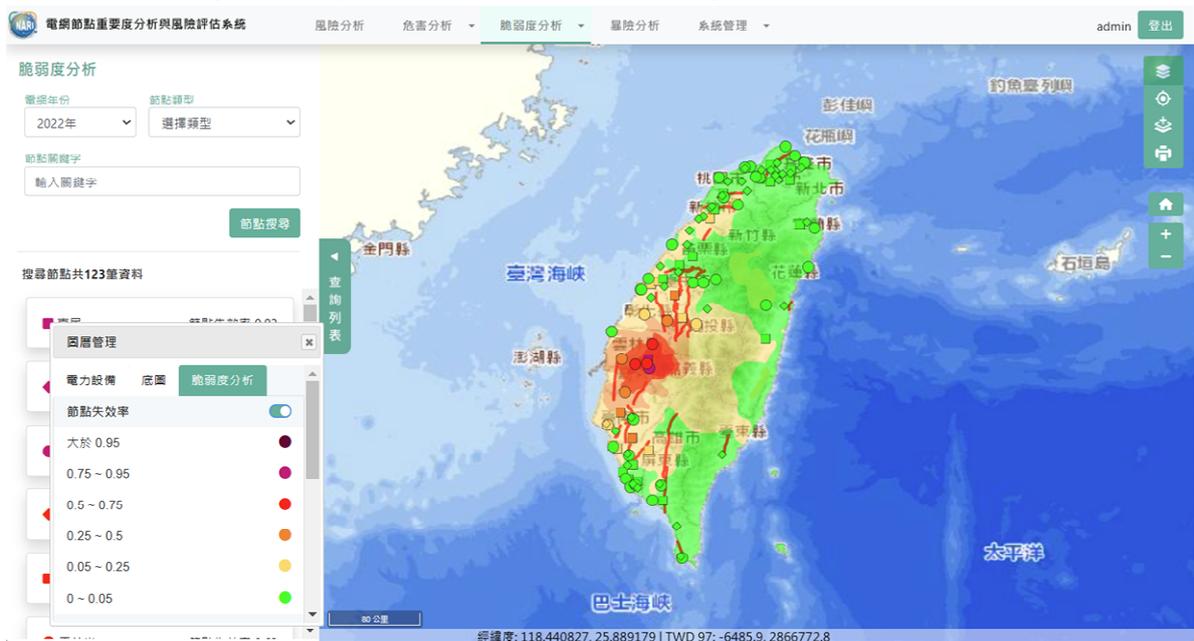


圖 3、脆弱度分析介面

(4)節點暴險查詢：供使用者查詢選定節點的暴險結果，說明整體失載量占比，了解電網節點與連線資訊及其孤島範圍，顯示選定時間點的暴險排序，並提供暴險資料下載功能（如圖 4）。



圖 4、暴險分析介面

2. 完成電網節點重要度評估程序建立

(1) 在分析節點重要度時係以風險作為重要度的評估指標。一般而言，暴險嚴重的節點會被特別重視，儘管此節點失效之可能性極低（即低危害高暴險），然而部分節點的暴險不是非常嚴重但危害或脆弱度較大的，反而可能被忽略，為此，本計畫同時涵蓋危害、脆弱度與暴險（如圖 5）作為重要度指標。本研究所建立之電網節點重要度評估標準程序，便是要建立一套節點風險指標計算之流程，做為節點重要度評估排序之依據。

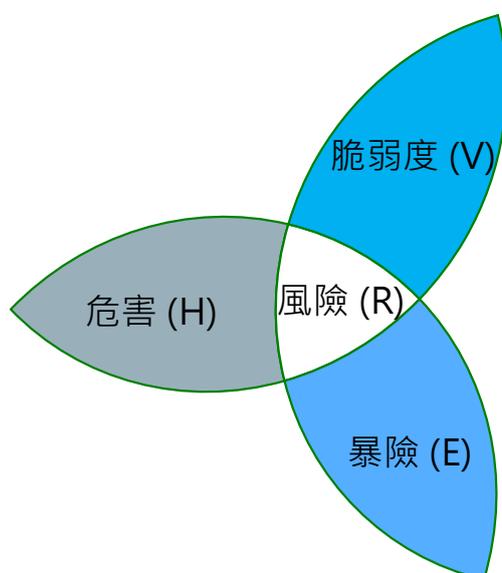


圖 5、災害風險之定義（IPCC SREX,2012）

(2) 危害包括天然或是人為引致的事件，天然災害則可參考表 1 所列之基礎設施可能遭受的自然威脅與危害，逐一檢討節點是否會面臨相關之衝擊。

表 1、基礎設施可能遭受的自然威脅與危害

危害類型	
Avalanche 雪崩	Landslide 土石流
Drought 乾旱	Pandemics 流行疾病
Earthquake 地震	Tornado 龍捲風
Extreme cold 極寒	Tsunami 海嘯
Extreme heat 極熱	Volcanic eruption 火山爆發
Flood 洪水	Wildfire 野火
Hurricane 颶風	Winter storm 冬季風暴
Insect infestation 蟲害	

(3)圖 6為電網節點重要度評估標準程序，分別進行以下說明：

- 危害分析：需要進行危害辨識，確認節點需考量之天然災害；危害機制，確認天然災害可能導致節點失效的原因；危害曲線，節點發生致災指標災害的頻率曲線。
- 脆弱度分析：結合天然災害的危害曲線與節點設備的耐受度曲線，可以得到節點失效機率，再放入電網模型中進行潮流分析。
- 節點風險指標分析：風險=危害 x 脆弱度 x 暴險，依據計算結果進行排序，找出風險最高的節點。

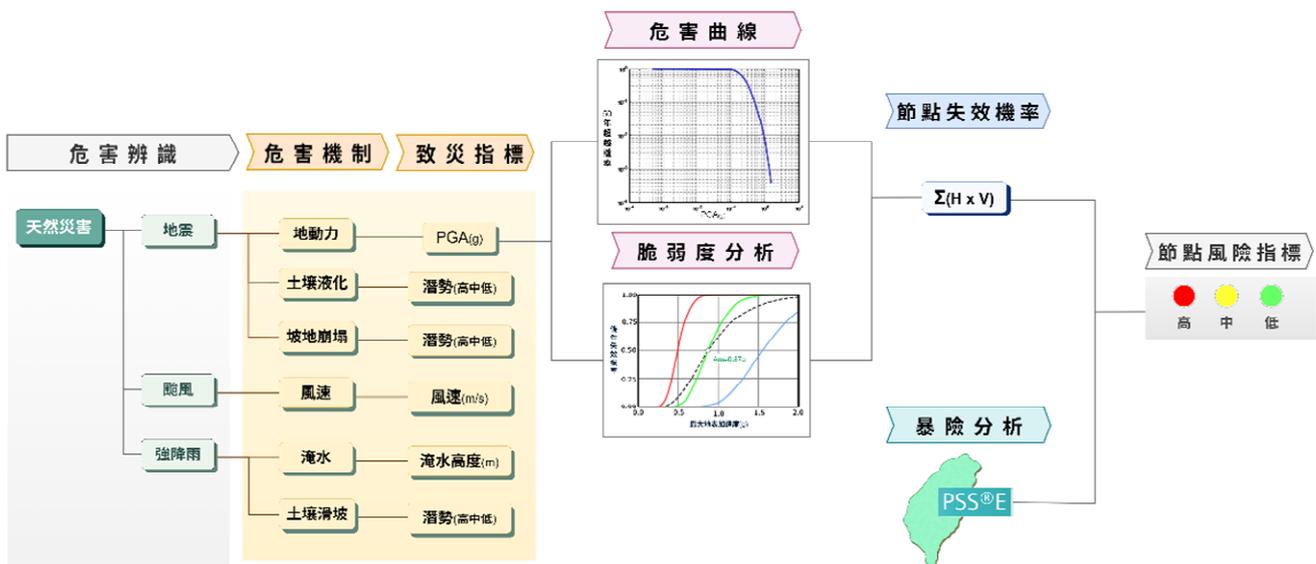


圖 6、評估程序圖

二、能源供應設施量化風險評估技術開發

(一)年度目標Objective：完成先導電廠量化風險評估案例，探討後果嚴重之危害項目，建立能源關鍵設備之關鍵設備性能提升運轉策略。

(二)關鍵成果 (Key Results, KR)、重點工作項目與成果/貢獻

1. 完成先導電廠供電失效事件可能性與失效情境之評估：子項計畫二依據我國2025年能源政策發電占比之規劃（50%燃氣、30%燃煤、20% 再生能源），基於燃氣發電型式之優先與重要性，將先導電廠/參考廠設定為燃氣型式之複循環機組（natural gas-fired gas turbine combined cycle）（如圖 7），並具有氣渦輪機2台與蒸汽渦輪機1台。以風險評估（PRA）技術要項之概念及基礎，包括失效模式評估、跳機、肇始事件歷史事件確

- 認、系統分析、故障樹分析、數據分析、數據更新、人為操作誤失分析、量化分析、靈敏度分析，建立複循環機組之風險模式，評估先導電廠供電失效事件之可能性與失效情境，計畫架構示意圖（如圖 8）。
2. 以風險管理角度完成3個關鍵問題之分析：首先為「事件情節」，子項計畫二應用失效模式與影響分析，探討燃氣機組發電系統之肇因情節，找出那裡會出錯。其次為「可能性」，引入故障樹分析與技術評估發電系統出錯的可能性。其中涵括人為操作誤失機率與系統及組件隨機失效。最後則透過風險模式量化分析可評估出錯會造成什麼樣的「後果」，即「無法供電之機率或頻率」之量化結果（如圖9）。
 3. 完成風險模式之系統分析：針對4類主系統（氣渦輪機、蒸汽輪機、熱回收鍋爐及其他系統）之跳機成因及支援系統進行探討，完成量化風險模式之系統篩濾與系統分析，完成研究報告「量化風險評估技術之系統分析於燃氣型式發電廠之應用」。
 4. 完成風險模式之故障樹分析：考量成功準則與系統相依性等重點，包括支援系統對於供電系統之關聯性，完成全機組各系統之故障樹分析、與研究報告「量化風險評估技術之故障樹分析於燃氣型式發電廠之應用」。
 5. 完成風險模式之數據分析、人為可靠度與操作誤失評估：採用業者電廠一般數據，並整合參考廠之個廠數據，進行失效數據更新程序，並納入「人為誤動作導致個別系統失效之歷史紀錄」與「設備層級之人為誤操作」等數據。
 6. 完成風險模式之量化分析：完成18個相關系統量化分析與失效情境評估，成果已整合為研究報告「量化風險評估技術之故障樹分析於燃氣型式發電廠之應用」（如圖 10），量化結果顯示：
 - (1) 如圖 11所示，跳機風險占比前3名之系統依序為電力系統（27%）、儀用空氣系統（14%）、冷凝系統（12%）。以電力系統為例加以說明，導致電力系統跳機之失效情境包括相關系統與故障樹簡圖（如圖 12）。
 - (2) 針對「系統設備組件失效」類型，導致機組跳機的主要風險貢獻為「2台儀用空氣系統空氣壓縮機同時失效之情境」。
 7. 完成風險模式之靈敏度分析：首先因各重要系統之氣動閥氣源皆由儀用

空氣系統供應，所以2台儀用空氣系統空氣壓縮機同時失效為系統設備組件失效風險之首。假設2台儀用空氣系統空氣壓縮機同時皆失效，將導致多個系統設備同時不可用，並與多個引致機組跳機之情節相關聯。其次，透過儀用空氣系統空氣壓縮機，探討其失效對於風險之影響，完成2種情境之靈敏度分析。情境#1（假設儀用空氣系統僅有1台空氣壓縮機），結果顯示機組跳機頻率將升高 23%；情境#2（假設於儀用空氣系統當中增設第3台空氣壓縮機），儀用空氣系統平時由空氣壓縮機 C01QEA11CQ101 常規運轉，CMAC01QEA12CQ101 及新增設之第3台空氣壓縮機為備用，若 C01QEA11CQ101 失效，另2台空氣壓縮機將自動啟動，結果顯示機組跳機頻率將降低 13%。最後，依量化結果而提出改善方案：建議設施業者可藉行政管理面的加強，如透過巡查程序、維護程序書之強化，維持儀用空氣系統空氣壓縮機穩定運轉，而強化機組供電韌性。

8. 完成首例燃氣機組量化風險評估模式

- (1) 以量化風險評估（Probabilistic Risk Assessment, PRA）技術並依據技術要項與分析程序，納入設備失效與人為誤失之影響，探討機組（含氣源供應）潛在風險與跳機頻率，加強傳統火力機組挖掘潛在風險之能力。
- (2) PRA以系統化科學方法與客觀角度，評估設施整體風險來源，可供驗證未來供電機組建設及改善方案成效，強化決策管理與優化資源分配。透過風險量化數字的呈現，向社會大眾說明與風險溝通：「除硬體改善經濟成本之外，也同時從最基本的可靠度提升及行政管理，減少停電風險，發揮超過預期的韌性效益。」

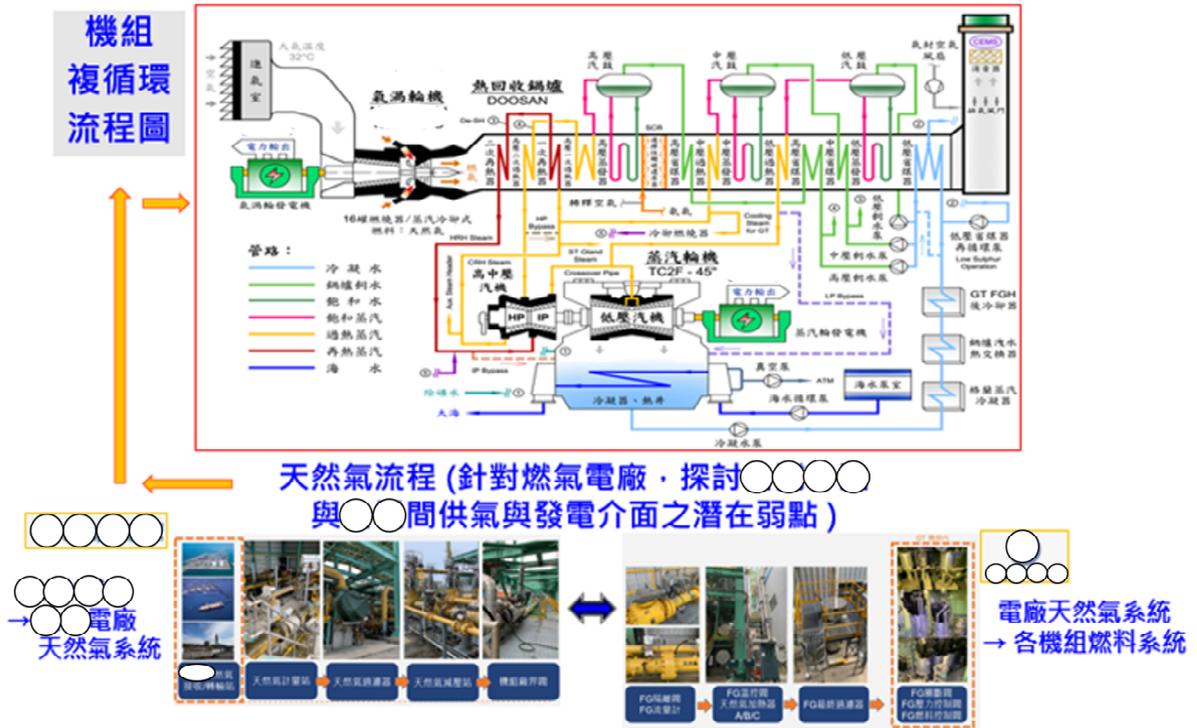


圖 7、複循環機組發電流程與天然氣流程圖

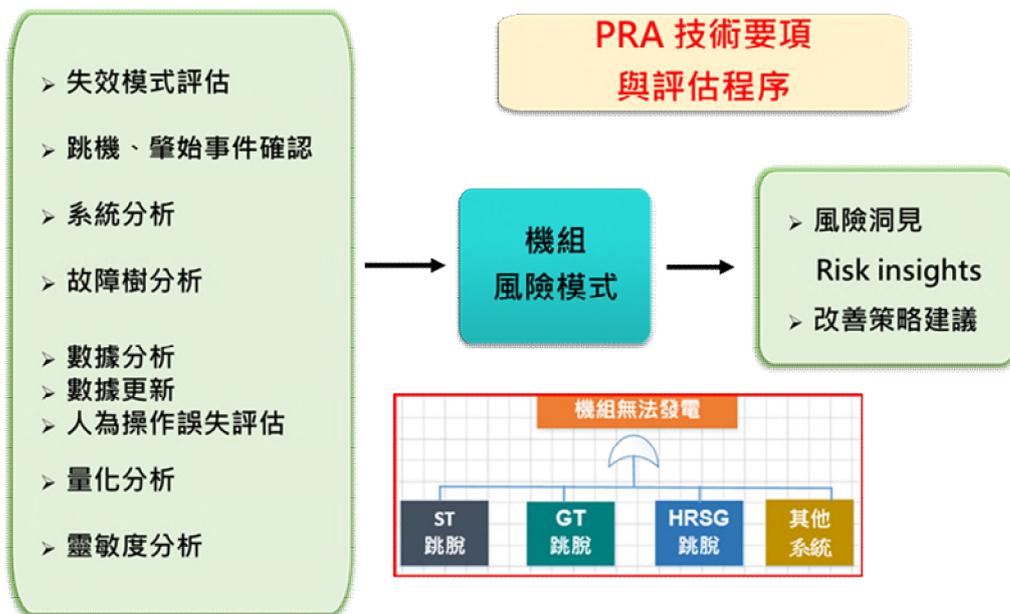


圖 8、量化風險評估技術要項評估方法論與評估流程

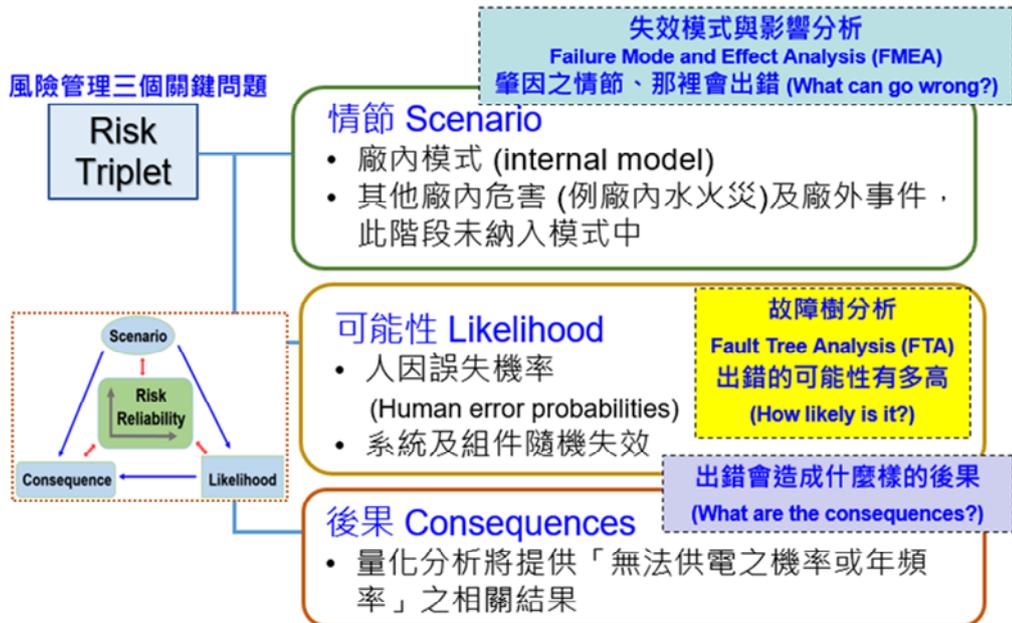


圖 9、風險管理三個關鍵問題

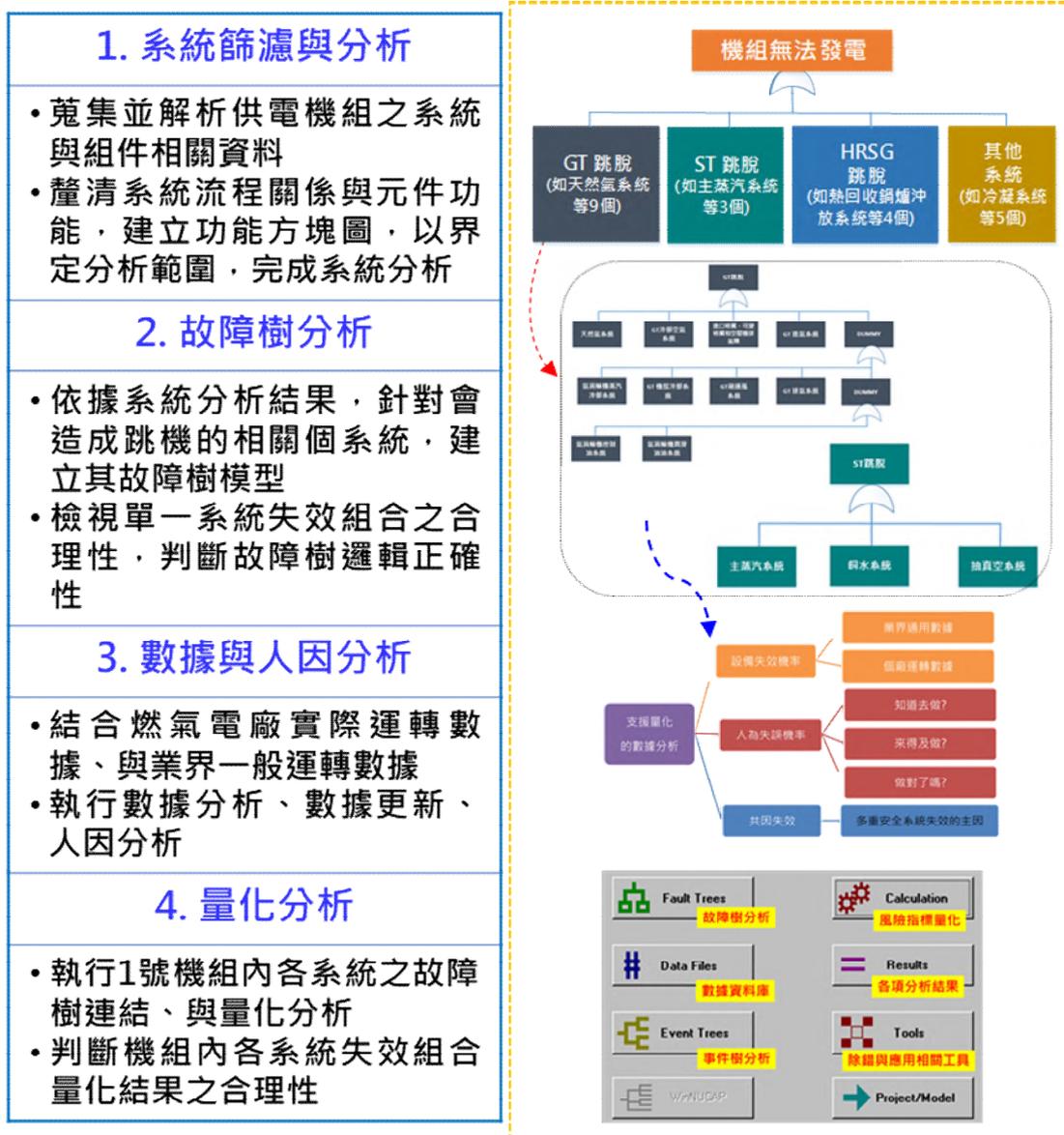


圖 10、燃氣電廠風險模式建立

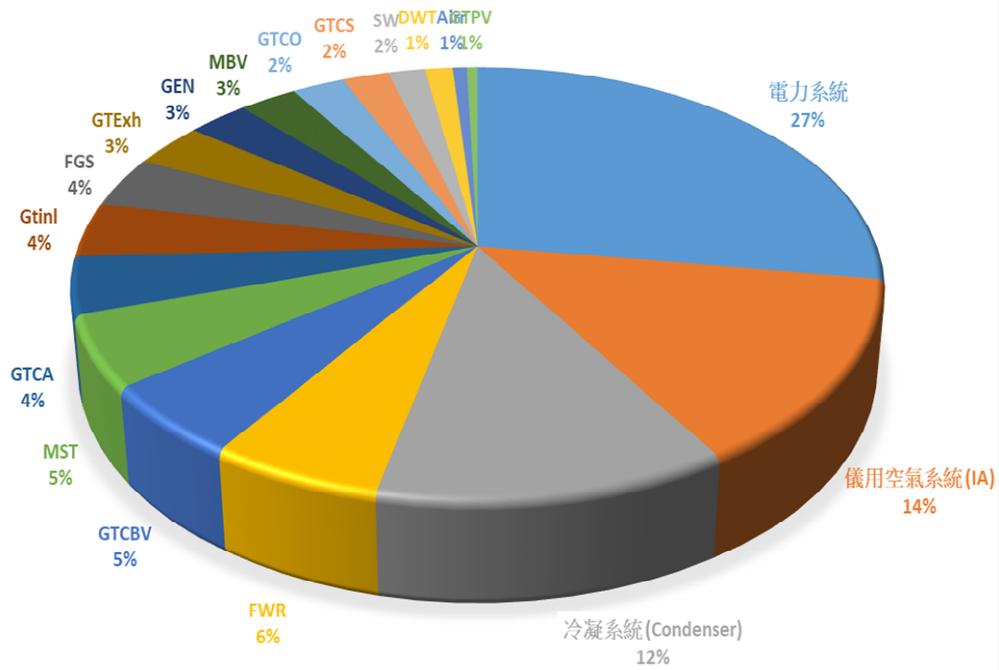


圖 11、燃氣機組量化風險評估模式量化結果

項次	失效敘述	所支援之系統
1	匯流排 PC-ST11B 短路	飼水系統、抽真空系統
2	匯流排 EMMC-GT122 短路	GT箱通風系統
3	匯流排 NMCC-EDG 短路	天然氣系統
4	匯流排 NMCC-GT111A 短路	氣渦輪機潤滑油系統
5	匯流排 PC-GT111 短路	氣渦輪機潤滑油系統、氣渦輪機控制油系統

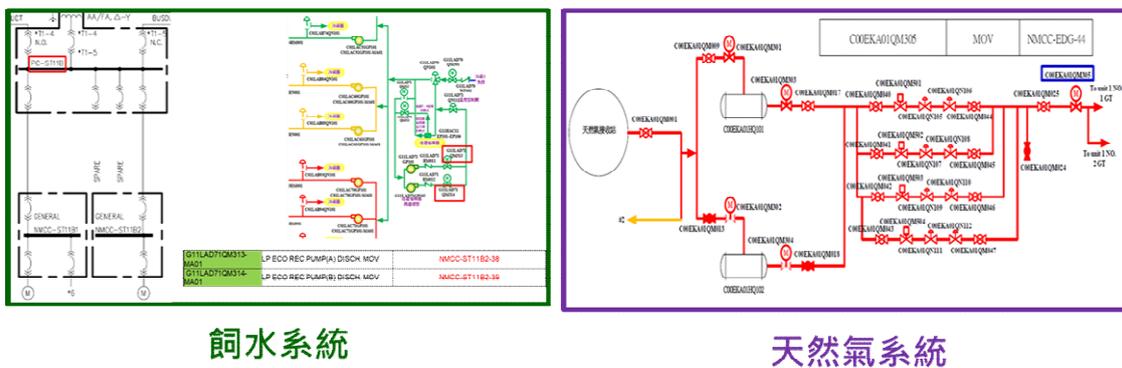


圖 12、複循環機組風險模式量化結果(以導致電力系統跳機之失效情境為例)

三、能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發

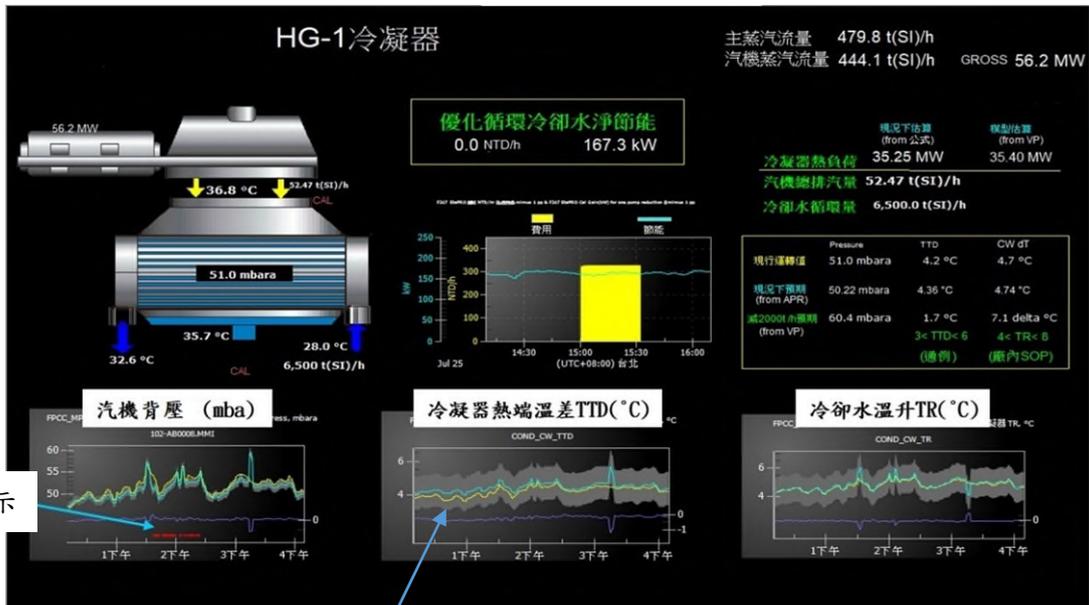
(一)年度目標 Objective：發展供電場域關鍵設備之運轉效能提升策略，並建立輸供電網測距電驛之保護協調自動驗證與電驛故障訊號分析技術。

(二)關鍵成果 (Key Results, KR)、重點工作項目與成果/貢獻：完成電廠汽機排汽冷凝系統與鍋爐加熱器吹灰器之動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式，並試行於實際場域供操作員進行運轉偏離鑑別及節能決策。完成161 kV測距電驛標置設定程式開發，並於69kV測距電驛標置設定程式中，開發可選故障位置、饋入饋出、越級跳脫之3項功能，提供○○○○試用中。完成3種(含)以上之電驛狀態資訊分析與故障波形辨識AI自動化技術，已實際部署於○○公司○○○○中心試行使用中。

1. 完成供電場域2種關鍵設備之動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式開發與建立。

(1)依據實際場域的冷卻系統運轉數據，完成汽機排汽冷凝設備動態運轉偏離鑑別與冷凝泵浦最佳化運轉決策程式開發(如圖 13)，可依據歷史運轉數據，鑑別汽機背壓、冷凝器熱端溫差與冷卻水溫升之偏離狀態，進行偏移警示外，並能以熱力學模型來確認是否能夠減少一台冷卻水泵來節能，仍具有足夠之冷卻水流量(如圖 14)。根據供電場域6月12日至23日之實際運轉數據進行決策程式模擬測試，在汽機背壓最大增加5mmHg的條件下，可以節省冷凝泵浦9.86%之用電，目前已於實際場域試行測試中(如圖 15)。

(2)在不增加或修改任何設施情況下，即時匯入鍋爐運轉數據至自行開發的LabVIEW吹灰最佳化運轉決策程式(如圖 16)，計算鍋爐飼水及蒸汽加熱設備的熱傳係數(UA)(如圖 17)，並以神經網路來預測UA的衰減，作為積灰成長的判斷依據。再利用最佳化演算法，以平均熱傳率最大為目標函數，計算加熱設備最佳的吹灰時間點。根據實際場域試行的結果統計，可節省吹灰蒸汽的使用量約6.67%，並減少0.38%之煤炭使用量，總計提升鍋爐單位煤產製蒸汽量為0.87%(如圖 18)，目前已於實際場域試行測試中(如圖 19)。



黃色為實際值，藍色為模型預估值，灰色帶狀為可接受範圍

圖 13、冷凝設備動態運轉偏離鑑別與冷凝泵浦最佳化運轉決策程式介面

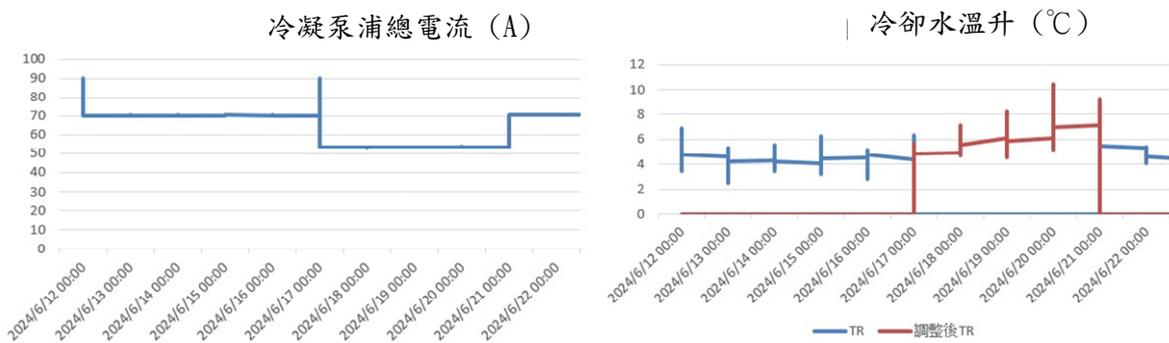


圖14、減少一台冷凝泵浦的電流與冷卻水溫升，溫升略升高仍低於8°C

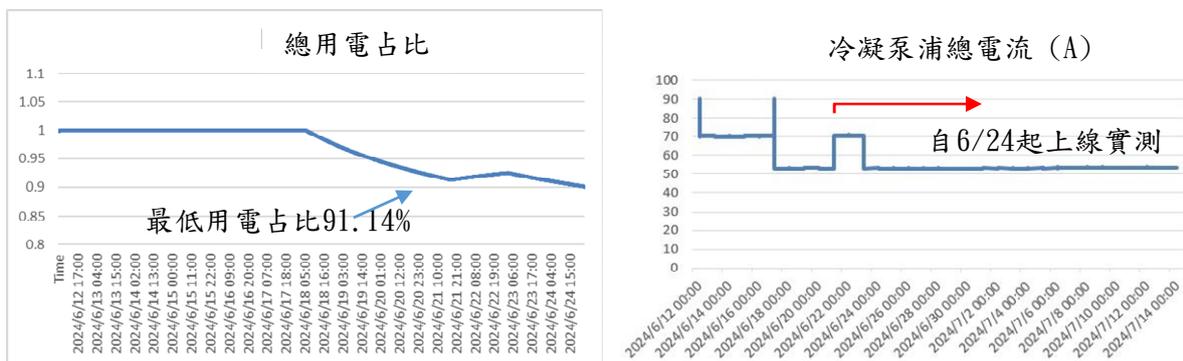


圖 15、冷凝泵浦之節電效益

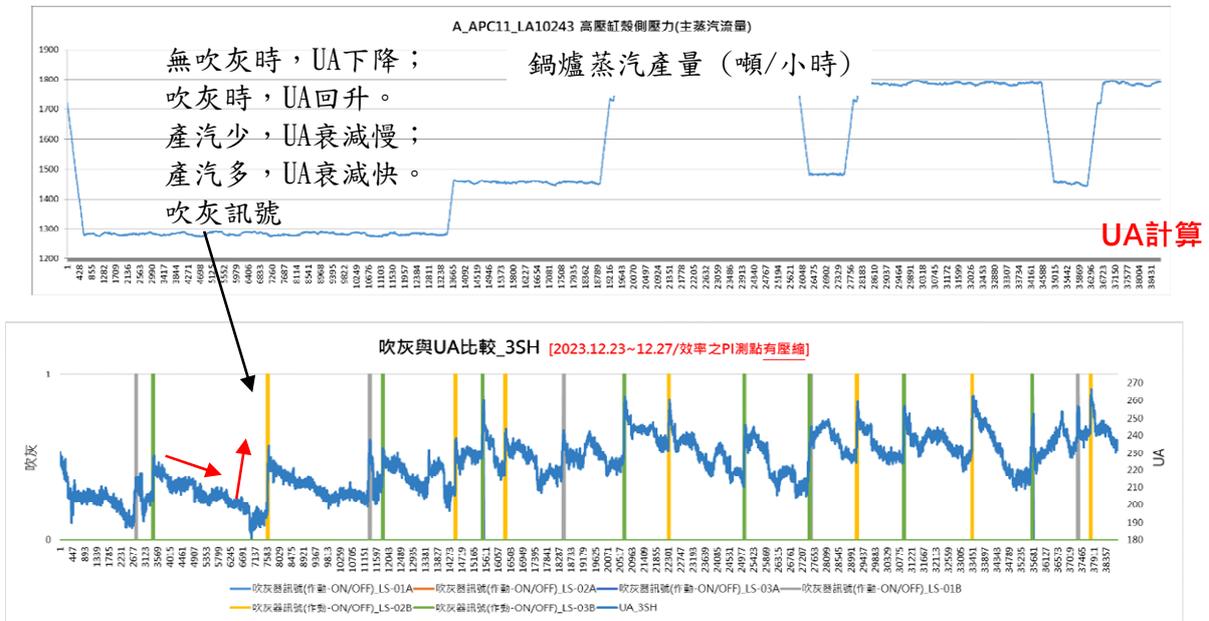


圖 17、鍋爐蒸汽產量、吹灰訊號與蒸汽過熱器UA變化趨勢

日期 (實施前)	吹灰耗損總蒸汽 量(Unit:公噸)	平均主蒸汽量 (公噸/小時)	煤量 (公噸/小時)	單位煤蒸汽產量 (公噸汽/公噸煤)
114.11.24	42.93	431.16	47.48	9.08
114.11.30	46.64	449.08	48.84	9.19
114.12.02	45.72	415.06	45.49	9.12
平均	45.09	431.76	47.27	9.13
日期 (實施後)	吹灰耗損總蒸汽 量(Unit:公噸)	平均主蒸汽量 (公噸/小時)	煤量 (公噸/小時)	單位煤蒸汽產量 (公噸汽/公噸煤)
114.11.23	40.08	435.63	47.47	9.17
114.11.29	43.34	447.04	48.33	9.24
114.12.01	42.83	419.68	45.49	9.22
平均	42.08	434.11	47.09	9.21
實施前後比較	減少6.67%	增加0.54%	減少0.38%	增加0.87%

圖 18、實測之效能提升與節煤統計結果(字體顏色相同者表示煤質相同)



圖 19、實際場域試行情形

2. 完成 5000 點以上具 3 端子輸供電網測距電驛標置設定程式。

(1) 利用 MATLAB 開發 161kV 輸供電網測距電驛標置設定之演算程式，可以匯入 5830 筆匯流排資料，進行編碼、排序、阻抗矩陣計算及阻抗轉換比計算（如圖 20），再依線路長度進行具有 3 端分岐線路之 3 區間保護協調標置設定計算。於 112 年度開發之 69kV 程式中，加入越級跳脫檢測、饋入饋出效應檢測及可選故障位置三項功能，計算最佳化測距電驛 Zone2 標置設定值（如圖 21），並以 ○○ 現行測距電驛報表之格式輸出，提供 ○○ 電驛室人員檢驗測距電驛標置設定值妥適性。（如圖 22）。

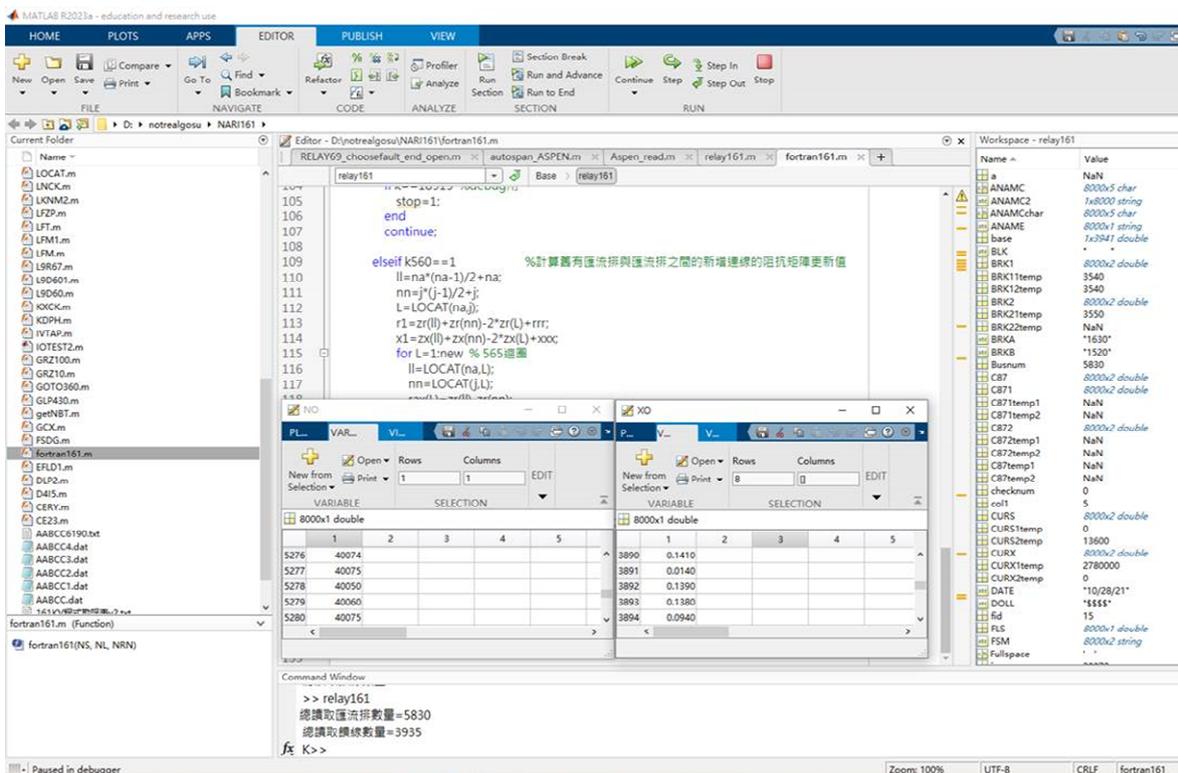
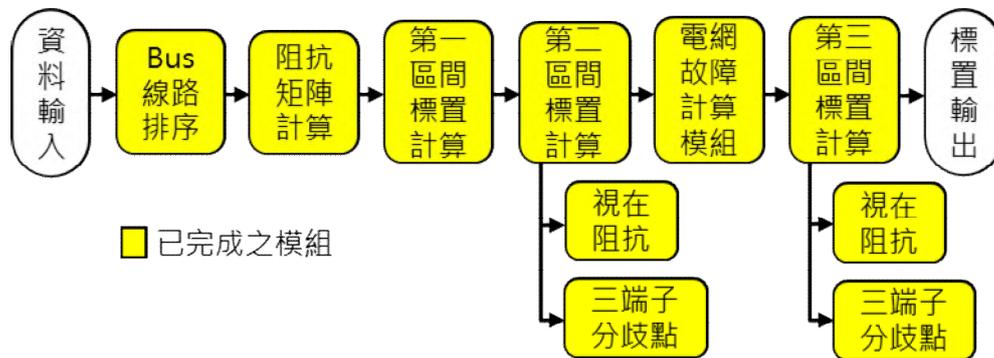
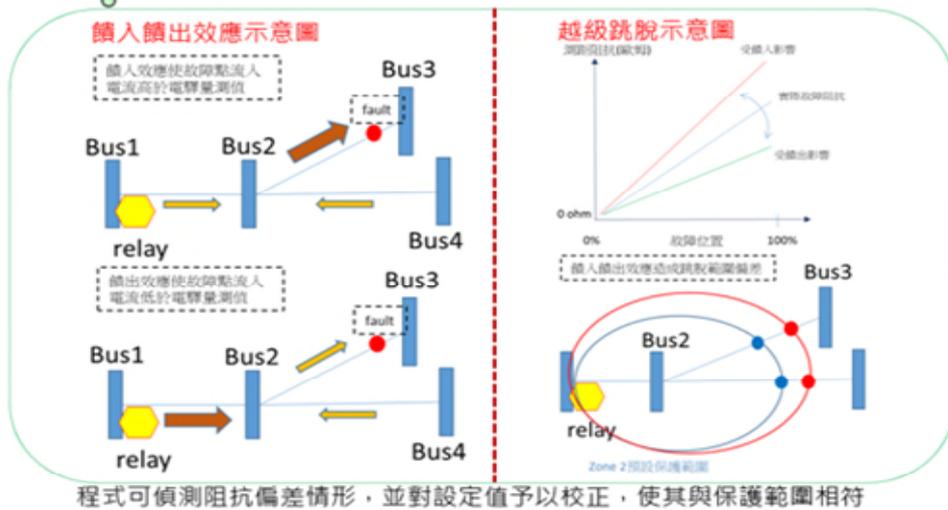
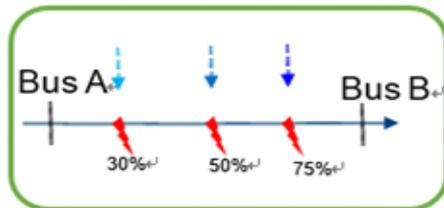


圖 20、161kV 測距電驛標置設定演算流程與 MATLAB 程式

MATLAB饋入饋出及越級跳脫檢測功能



可選故障發生位置



以模擬結果調整電驛設定改善越級情形。

圖 21、饋入饋出、越級跳脫以及可選故障位置功能示意圖

1. 饋入饋出檢測

設定值取 2.55，在此設定值下

- 饋入效應比= 2.01
- 饋出效應比= 2.30
- 饋入效應比= 2.72

5/9/30/22 L1(油門、邊輪、)

2. 越級跳脫檢測

3. 最佳化標置值建議

- 外邊 - 內端 | 最佳Z2值=0.264Ω，所得覆蓋率=10.53%
- 若使用該Z2值則=0.189Ω之覆蓋率為4.84%
- 外邊 - 外端 | 最佳Z2值=0.264Ω，所得覆蓋率=48.8%
- 若使用該Z2值則=0.189Ω之覆蓋率為21.2%

圖 22、具最佳化Zone2標置值建議功能之輸出報表及電驛室人員試用情形

(2)開發測距電驛網頁圖控平台，將使用者介面、饋線與匯流排資料庫與電網拓撲繪製等功能整合（如圖 23），自動進行匯流排及線路資料匯入與整理後，呼叫MATLAB 演算核心程式計算標置值，再將結果儲存至資料庫，並以網頁版介面輸出，自動分析匯流排間的連結狀況與繪製線路拓撲圖（如圖 24）。同時，亦可自動查找新舊電驛標置設定報表差異大於5%之數據（如圖 25），大幅提升標置設定可查找

性與驗證時效性。



圖 23、69kV 測距電驛標置設定網頁圖控平台使用者介面及功能



圖 24、圖控平台呼叫MATLAB計算電驛報表輸出結果及之線路拓撲繪製



圖 25、自動查找新舊電驛標置設定報表之差異結果

3. 完成3種（含）以上之電驛狀態資訊分析與故障波形辨識AI自動化技術，並試行於1處實際場域。

完成「電驛基本資料與介接整合平台」及「電驛波形事件類型自動辨識」功能，包含電驛基本資料平台程式、資料介接程式、智慧化電驛波形事件辨識程式，使用者可於平台上檢索事件波形圖（如圖 26），判斷並標註相對應之事件類別製成訓練資料集，並於「電驛事件波形即時自動推播系統」推播電驛波形事件類型自動辨識結果（如圖 27），以○○公司提供之實際場域原始量測數據訓練AI模型，辨識率達91%（如圖 28），可自動辨識3種事件類型包含鳥獸害、雷害及風害，現況已部署應用於○○○○○○辦公大樓○○○○中心（如圖 29），提升調度與維運人員的事故處理效率。

可分析電驛狀態資料：連線狀態、事故時間及相別



可分析電驛事件波形圖



圖 26、「電驛基本資料與介接整合平台」檢索電驛狀態及事件波形圖

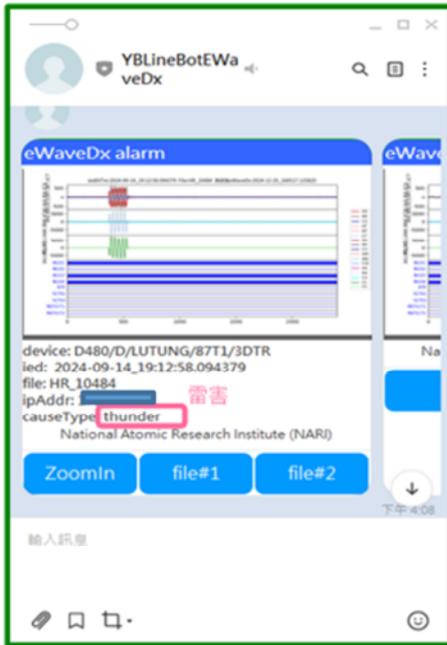


圖 27、於社群軟體自動推播「電驛波形事件類型自動辨識」結果

實際事件類型	鳥獸害	47	4	
	雷害	5	39	
	風害			5
		鳥獸害	雷害	風害

辨識結果

圖 28、電驛波形事件辨識率達91%說明資料

○○○○○○中心機房



圖 29、已實際部署於○○○○○○中心試行使用中

參、總體績效目標達成情形、年度績效目標達成情形

一、工作指標

項次	指標項目	單位	【計畫全期】 總目標值	【累計至113年】		【113年當年】	
				目標值	實際	目標值	實際
1	論文	篇	4	4	6	2	4
2	研究報告	篇	11	11	18	5	8
3	專利	篇	2	2	2	1	1
4	技轉或技服	件	3	3	3	2	2
5	製作教材/手冊/ 軟體	篇	2	2	2	1	1
6	技術報告	本	1	1	1	1	1
7	汽機排汽冷凝系統動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式、鍋爐加熱器吹灰最佳化運轉決策程式、161kV測距電驛標置設定程式、測距電驛網頁圖控平台、電驛狀態資訊分析與故障波形辨識系統	件/設備整合	4	4	5	4	5

113年度工作指標辦理情形

(一) 電網脆弱度分析技術開發

依原設定及規劃，建立電網脆弱度及重要度之分析方法論，納入台灣電力系統變電所（含43座電廠、35座超高壓變電所及45座一次變電所），進行電網脆弱度及重要度分析模式分析。已完成「台灣電力網絡之暴險分析-含超高壓變電所」研究報告、「電網節點重要度評估之標準程序」研究報告，以地震災害事件為例，利用危害、脆弱度、暴險與風險的關係，討論天然災害對電網節點之影響。

以上述方法為基礎，完成視覺化脆弱度分析工具「電網節點重要度分析與風險評估系統」，用以檢視電網中電廠與變電所因地震損壞的可能性，並展示電廠與變電所損壞造成之失載量及風險等資訊。針對地震危害造成變壓器損壞的情境，討論損壞機制與邊界設定等問題，為○○公司提供技術服務「核能電廠地震風險再評估報告技術諮詢」。

(二)能源供應設施量化風險評估技術開發

以先導電廠量化風險評估為案例，執行系統組件運轉與失效數據分析，進行整合與數據更新；確認人為操作誤失模式與評估範圍，完成人為誤失機率評估方法論；完成「我國首例燃氣機組量化風險評估模式」，探討後果嚴重之危害項目，建立能源關鍵設備之關鍵設備性能提升運轉策略。

量化之工作指標皆已完成，包括：SCI論文1篇（Risk Methodologies for the Management of Natural Gas-Fired Power Plants已投稿至 International Journal of Electrical Power and Energy Systems 期刊（審查中）、研究報告2篇（量化風險評估技術之數據與人因分析於燃氣型式發電廠之應用、量化風險評估技術之量化分析於燃氣型式發電廠之應用）、技術報告1篇（風險評估技術於維護排程技術之應用）。

(三)能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發：完成電廠汽機排汽冷凝系統與鍋爐加熱器吹灰器之動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式，並試行於實際場域供操作員進行運轉偏離鑑別及節能決策。完成161kV測距電驛標置設定程式開發，並於69kV測距電驛標置設定程式中，開發可選故障位置、饋入饋出、越級跳脫之3項功能，以及測距電驛網頁圖控平台，提供○○電驛室試用中。完成3種（含）以上之電驛狀態資訊分析與故障波形辨識AI自動化技術之開發，已實際部署於○○○○○○中心試行使用中。

【論文】

題名	第一作者	期刊名稱	文獻類別	完成年份
Methodology of Risk Analysis for Power Grid	江○○	Reliability Engineering and System Safety	國外重要期刊	112

題名	第一作者	期刊名稱	文獻類別	完成年份
Transmission Line Fault Classification Using Conformer Convolution-Augmented Transformer Model	李○○	IMETI 2023 conference. Taoyuan, Taiwan, October 27-October 31, 2023	國際會議論文	112
Fault Cause Classification Based on the Waveform Measured with IEDs on Power Transmission Lines Using Artificial Intelligence Technology	林○○	IEEE Transactions on Power Delivery	國外重要期刊	113
An impedance diagram-based method to determine the optimized distance relay Zone 2 setting and distinguish non-protectable situations	林○○	PEPSC 2024 IEEE Power & Energy Society Singapore Nanyang Technological University, Singapore Nov.6-9, 2024	國際會議論文	113
Risk Methodologies for the Management of Natural Gas-Fired Power Plants	吳○○	International Journal of Electrical Power and Energy Systems	國外重要期刊	113
Adaptive Power System Protective Relays Based on Multi-Agent System Combined with Conservative Power Theory for Highly penetrated Renewable Energy Resources	陳○○	2024 21 st International Conference on Harmonic and Quality of Power(ICHQP)	國際會議論文	113

【研究報告】

報告名稱	作者姓名	成果歸屬	完成年份
電力關鍵基礎設施風險分析方法論(NARI-17295)	黃○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
電網脆弱度及重要度評估分析方法之風險分析模式設定(NARI-17410H)	蕭○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
量化風險評估技術之系統分析於燃氣型式發電廠之應用(NARI-17365R)	陳○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
量化風險評估技術之故障樹分析於燃氣型式發電廠之應用(NARI-17367R)	李○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
磨煤機輓輪狀態監測預警系統開發(INER-16960)	簡○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112

報告名稱	作者姓名	成果歸屬	完成年份
一種金屬撞擊振動訊號之特徵萃取與機械學習辨識方法之專利分析報告(INER-17045R)	范○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
使用 ASP.NET Core、MVC 設計模式與 ASP.NET Core 於電驛標置 web-based 平台轉換與規劃(INER-17132R)	宋○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
燃煤電廠智能吹灰之鍋爐加熱器熱力學模型建立與分析(NARI-17369)	廖○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
69kV 測距電驛程式之演算法及物理意義(NARI-1733R)	林○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
測距電驛標置設定系統:整合與規劃(NARI-17324R)	沈○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
台灣電力系統節點暴險分析-含超高壓變電所(NARI-17967H)	黃○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
美國電網韌性分析心得報告(NARI-17832)	莊○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
電網節點重要度評估之標準程序(NARI-17989H)	羅○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
量化風險評估技術之數據與人因分析於燃氣型式發電廠之應用(NARI-17945)	陳○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
量化風險評估技術之量化分析於燃氣型式發電廠之應用(NARI-17910R)	李○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
以MATLAB實現測距電驛程式及越級檢測功能(NARI-17512R)	林○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
一個用於改善測距電驛備援覆蓋率的自動化計算方法(NARI-17829R)	林○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
測距電驛標置輸出測試資訊平台開發(NARI-17585R)	彭○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113

【形成課程教材手冊軟體】

名稱	性質	成果歸屬	完成年份
故障樹分析與事故序列量化	課程	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
電網節點重要度分析與風險評估系統	軟體	淨零排放-電網韌性分析計畫	113

【技術報告】

報告名稱	作者姓名	成果歸屬	完成年份
風險評估技術於維護排程技術之應用	劉○○	淨零排放-電網韌性分析計畫	113

【智慧財產資料】

智財名稱	智財類別	授予國家	有效日期	完成年份
金屬撞擊振動訊號之特徵萃取與機械學習辨識方法(發明第：I844374號)	發明專利	中華民國	2024/6/1-2043/5/23	112
一種使燃煤電廠煙囪不白煙之煙氣餘熱回收最佳化方法(申請案號：113137852)	發明專利	中華民國	申請中	113

【技術服務表】

技術服務名稱	服務對象類別	服務對象名稱	服務收入(千元)	成果歸屬	完成年份
ROMeO 製程模型建置	A	○○電腦股份有限公司	300	淨零排放-電網韌性分析計畫	112
公用四廠吹灰器線上診斷及智能吹灰精進	A	○○石化股份有限公司	300	淨零排放-電網韌性分析計畫	113
核能電廠地震風險再評估報告技術諮詢	A	○○公司	5,690	淨零排放-電網韌性分析計畫	113

二、效益指標

項次	指標項目	單位	【計畫全期】 總目標值	【累計至113年】		【113年當年】	
				目標	實際	目標值	實際
1	電網暴險模擬案例	組	4	4	4	3	3
2	電力關鍵基礎設施之電網脆弱度及重要度分析模式	個	1	1	1	1	1
3	燃氣電廠供電系統之故障樹模擬與量化分析	個	18	18	18	18	18
4	實際應用場域	處	4	4	4	2	2
5	匯流排	點	5,000	5,000	5,830	5,000	5,830
6	電驛廠牌	種	3	3	4	3	4

113 年度效益指標辦理情形

(一)電網脆弱度分析技術開發

1. 依據電網脆弱度及重要度之分析方法論，納入台灣電力系統變電所，進行電網脆弱度及重要度分析模式分析，建立包含電廠、超高壓變電所及一次變電所之電網脆弱度及重要度分析模式，完成視覺化脆弱度分析工具。
2. 技術效益與貢獻：
 - (1) 建立「電網節點重要度評估之標準程序」，以危害、脆弱度、暴險三因子進行風險評估，本案以地震災害事件為例，利用危害、脆弱度、暴險與風險的風險關係，討論天然災害對電網節點之影響，未來可持續應用於其他天然災害。
 - (2) 完成「電網節點重要度分析與風險評估系統」，可用於檢視電網中電廠與變電所因地震損壞的可能性，並展示電廠與變電所損壞造成之失載量及風險等資訊，俾利於掌握電廠與變電所於電力系統中之重要程度，據此進行電力調度策略調整，加強對重要節點的關注，或分攤瓶頸節點的負擔，降低電網節點失效的嚴重性。

(二)能源供應設施量化風險評估技術開發

1. 以風險管理與量化風險評估技術為核心，完成複循環機組供電系統/組件之運轉與失效數據分析與數據更新、人為操作誤失模式評估，並結合故障樹分析與建模，建立燃氣機組風險模式，從量化結果失效組合排序，確認與辨識後果嚴重之危害項目，提出改善方案與運維策略以降低供電失效頻率。
2. 技術效益與貢獻：
 - (1)將量化風險評估（PRA）技術優勢推廣至能源基礎設施業者，完成我國首例燃氣機組量化風險評估模式，探討機組潛在之供電失效風險，並評估跳機頻率，強化供電韌性。
 - (2)量化風險評估（PRA）技術以系統化科學方法與客觀角度，評估設施整體風險來源，可供電力設施業者驗證供電機組建設及改善方案成效，將有限的資源用在刀口上，強化決策管理與優化資源分配。透過風險量化數字的呈現，可做為風險溝通的證據：「除硬體改善經濟成本之外，也同時從最基本的可靠度提升及行政管理，減少停電風險，發揮超過預期的韌性效益。」

(三)能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發

1. 計畫分別將「汽機排汽冷凝系統動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式」與「鍋爐加熱器吹灰最佳化運轉決策程式」架設於實際案場試運轉，「161kV 測距電驛標置設定程式」能夠進行輸供電網拓撲 5,830 點的標置設定，「電驛狀態資訊分析與故障波形辨識系統」已實際部署於○○公司○○○○中心試行使用中，能夠兼容○○現行3種廠牌型號之電驛設備，並進行電驛波形事件類型自動辨識結果之推播。
2. 技術效益與貢獻：
 - (1)開發汽機排汽冷凝系統與鍋爐加熱器吹灰器之動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式，進行燃煤電廠節電、節能與節煤，落實淨零12項關鍵戰略之節能關鍵戰略行動計畫的工業節能政策。
 - (2)開發新版69kV與161kV 測距電驛標置設定程式，並整併至測距電驛網頁圖控平台，以因應未來大量再生能源與儲能系統併網後衍生之多

端分岐線路保護協調需求，並增強電驛標置參數之準確性及減少報表檢核所費之人工耗時，強化電網事故調適之韌性。

- (3)可自動辨識3種事件類型包含鳥獸害、雷害及風害，並推播電驛波形事件類型辨識之結果，提升調度與維運人員的事故處理效率，強化電網事故復原韌性，落實淨零12項關鍵戰略之電力系統與儲能關鍵戰略行動計畫的精進區域調度之加速復電時效及提升系統穩定。
- (4)與○○石化股份有限公司簽訂技服案300仟元，導入鍋爐加熱器與積灰預測模型、智能吹灰演算程式，以及測試與調校等工作，目標為推展電廠智能吹灰系統，確認模型可於鍋爐高載運轉期間執行最佳化吹灰，達到節能減碳之功效，並應用於114年運轉偏離鑑別與最佳化操作決策系統之導入。

肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策

皆依原規劃進度進行，符合原預期目標。

伍、經濟效益

一、可量化之經濟效益

(一)創造就業機會與促進產學合作

1. 增加就業：增加員工人數計 9 人。
2. 促進產學合作：與國內學界合作共同培育人才，進入產學研界服務。

(二)帶動公民營企業投資：本計畫促成○○投入「測距電驛圖控平台功能與資料庫擴充案」之開發，估計研發投資金額為 3,000 千元，將測距電驛標置設定值與電力線路拓樸圖相互結合，並增加新舊電驛標置設定報表自動比對功能，提升電驛資料可查找性與驗證時效性。

【增加就業】

廠商名稱	廠商統一編號	增加員工人數	增加之年度
○○○○○○股份有限公司	○○○○○○	9	2023

【促成產學合作】

合作廠商名稱	合作計畫或合約名稱	委託經費/廠商配合款(千元)	合作參與人數	成果歸屬
國立台灣大學	具綠能發電設備併網之電網韌性強化	1,000	5	淨零排放-電網韌性分析計畫
東南科技大學	輸電線路保護與電驛設定	995	3	淨零排放-電網韌性分析計畫
國立中正大學	全島 2022 年發電及輸電系統電力潮流模式與模擬	692	3	淨零排放-電網韌性分析計畫
國立中正大學	納入再生能源效應之全島發輸電系統潮流分析與模擬	692	3	淨零排放-電網韌性分析計畫
NCDR	電網韌性災害潛勢資料	1,180	2	淨零排放-電網韌性分析計畫
國立台灣科技大學	測距電驛標置設定技術開發	600	3	淨零排放-電網韌性分析計畫

合作廠商名稱	合作計畫或合約名稱	委託經費/廠商配合款(千元)	合作參與人數	成果歸屬
國立清華大學	保護電驛故障訊號分析技術開發	990	5	淨零排放-電網韌性分析計畫

二、不可量化之經濟效益

- (一)以地震災害事件為例，討論天然災害對電網節點之影響，並完成電網脆弱度及重要度之標準評估程序；建立電網脆弱度及重要度之分析方法論，納入台灣電力系統變電所（含43座電廠、35座超高壓變電所及45座一次變電所），進行電網脆弱度及重要度分析模式，完成視覺化脆弱度分析工具，用以檢視電網節點之危害、脆弱度、暴險與風險等資訊。此外，於經濟效益面上，此技術可減低電力系統節點失效後所造成之經濟損失。
- (二)以風險評估（PRA）技術要項為基礎，透過失效模式評估、跳機、肇始事件與歷史事件分析、系統分析、故障樹分析、數據分析（含數據更新）、人為操作誤失分析、量化分析與靈敏度分析，完成我國首例燃氣機組量化風險評估模式。提出改善方案與運維策略，藉由行政管理面的加強，例如巡查程序、維護程序書強化、維持儀用空氣系統空氣壓縮機穩定運轉等作為，達到提高發電系統可靠度與強化發電設施調度韌性之目標。
- (三)能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發之三大效益：本項技術之開發有以下三個層面的效益：首先是提升電網韌性，使其在面對突發事件時能快速回應；其次是提高可靠性，減少因電廠或輸電設備故障導致的電力中斷；最後則能減少維護和管理的人力，增強系統操作的透明度，讓維護人員和管理單位對電網運作有更全面的掌握，為實現高效能的現代化電網奠定堅實基礎。
- (四)本計畫於執行過程中與能源設施業者多次交流，透過技術交流溝通而達成共識，建立穩定合作模式，以期可提供能源設施業者顯著之技術貢獻。
- (五)本計畫於執行期間所成就之前述3項不可量化之經濟效益，可為我國電力系統帶來效益包括：降低供電規劃潛在弱點、增強電網防災韌性與應變能力、提升風險管控能力、強化電網供電穩定、建立與完備具減碳效益之相關電網技術。

陸、檢討與建議

一、本計畫截至113年所達成之里程碑

(一)子項計畫一：電網脆弱度分析技術開發

1. 112年：完成電網脆弱度及重要度之分析方法論，電網脆弱度及重要度分析模式。
2. 113年：根據已建立的電力基礎設施之風險分析方法論，檢視電網節點（包括電廠及變電所）的脆弱度及重要度，並且針對整體電網中較脆弱的節點進行改善。

(二)子項計畫二：能源供應設施量化風險評估技術開發

1. 112年：完成能源供應設施量化風險評估案例之故障樹分析與系統分析。
2. 113年：應用量化風險評估（PRA）技術，完成我國首例燃氣機組量化風險評估模式、18個供電系統量化分析、靈敏度分析，並從風險管理角度，依據風險模式評估結果提出改善方案與運維策略。

(三)子項計畫三：能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發

1. 112年：完成供電場域鍋爐吹灰與冷凝系統之動態監測與分析系統，完成69kV 輸供電網測距電驛標置設定程式，完成保護電驛狀態資訊與波形自動採集與推播系統，並試行應用於一處場域。
2. 113年：完成汽機排汽冷凝系統動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式、鍋爐加熱器吹灰最佳化運轉決策程式、161kV 測距電驛標置設定程式、測距電驛網頁圖控平台、電驛狀態資訊分析與故障波形辨識系統等，並分別實際部署於試行場域使用中。

二、本計畫研究成果對於社會經濟、產業技術、環境永續含減碳效益、量化風險評估技術於關鍵基礎設施、學術研究、人才培育等面向之顯著影響。

(一)社會經濟：整合國內現有電網節點與能源供應設施量化風險評估相關技術，協助能源產業、電廠及變電所（含超高壓變電所及一次變電所）提升電網整體營運穩定度。

(二)產業技術（風險管理面）：以局部節點的分析角度作為出發點，建立供

電機組/設施之風險模式，回饋至電網配置與節點重要度評估模式，整體考量發電設施、變電所與電網三者間關係，並納入天然災害（以地震為例），評估對於電網的影響程度。

(三)產業技術（電網韌性面）：未來面對電網調度的韌性與檢修維護作業時，分散電網供輸電之拓撲架構須能動態調整，以維持整體電網穩定性與所需之安全餘裕，故測距電驛的保護協調機制更顯重要。

(四)環境永續：電網與能源供應設施之相關技術成果可作為電力/能源產業於供電、輸電與調度時之重要參考資訊，並有助於供電穩定，進而提升電力用戶的生活品質。整體而言，從風險告知概念做為核心，本計畫成果可提升電網與供電設施之風險管控能力，指出電力設施業者供電規劃之潛在弱點，並提出具效益的運維與改善策略。未來再生能源擴增時，傳統電廠運轉模式將隨之頻繁升降載，電網之拓撲結構也將隨之頻繁改變，藉由本計畫研發成果之應用，除了可以提升電網防災韌性與應變能力外，亦能協助強化再生能源設施併網供電的滲透率與妥善率。

(五)減碳效益與技術貢獻：2017年8月15日天然氣供氣事件到2022年3月3日電網事件等數件大規模事件，造成全台供電大受影響，凸顯應從整體電網系統的觀點，進行分析與提供完整解決方案。國發會能源轉型策略之一「提升能源系統韌性」即為系統性減碳觀點之一環。本計畫將量化風險評估技術擴展至電網韌性分析，包括能源供應設施關鍵發電設備線上狀態監測系統，健全電力系統及電網韌性，並開發電廠汽機排汽冷凝系統動態運轉偏離鑑別與最佳化運轉決策程式，以及鍋爐加熱器吹灰最佳化運轉決策程式，進行燃煤電廠節電、節能與節煤，輔助我國 2050 年淨零排放政策下能源轉型與落實。

(六)量化風險評估技術於關鍵基礎設施（Critical infrastructure, CI）之應用：我國量化風險評估技術於核能電廠之應用已逾40年，相關成果大幅提昇電廠效能與風險應變能力。本計畫技術成果可供管制機關與設施業者擬定風險管理策略之參考，可避免並且可有效因應大範圍基礎設施崩潰或造成之社會功能癱瘓。於量化風險技術之技術基礎與成果上，延伸應用於能源基礎設施等領域，且聚焦於我國電網韌性分析，以期逐步達成

關鍵基礎設施韌性提升之目標。

- (七)學術研究：本計畫之電網韌性分析、能源供應設施風險管理、所開發的關鍵技術/研究分析方法論，可提升技術深度與廣度，並擴展研究領域及應用於相關計畫，做為我國電網/能源供應設施風險技術發展之基礎。此外，技術研發成果已發表於電力領域國際學術期刊、會議論文或關鍵研究報告，彰顯我國技術能量及提升國際能見度。
- (八)女性技術與工程分析人員及人才培育：透過本計畫與學界進行之合作研究計畫，可培育國內博碩士，成為發電、輸電與配電等電力系統領域當中風險管理、電網脆弱度分析、能源供應設施風險評估、測距電驛標置設定與訊號分析等專業人才。另一方面，針對原本非屬前述專長之計畫團隊成員，亦可藉在職訓練，進而取得個人之第二技術專長。本計畫之整體貢獻可厚實國內於電力系統及電網韌性研究領域之研究人力素質。本工作團隊目前有多位優秀的女性技術與工程分析人員，並於參與計畫執行的過程中，持續接受栽培與訓練，鼓勵投入工作領域，提升女性專業技術研發工作能力。

三、未來建議

(一)子項計畫一：電網脆弱度分析技術開發

112~113年所建立之相關技術，未來可延伸應用於「量化其他天然災害造成節點失效之風險、評估設施大修排程之適切性，建立電力調度之風險管理預警基準，提升整體電網穩定性及安全餘裕。」

(二)子項計畫二：能源供應設施量化風險評估技術開發

112~113年所建立之相關技術，未來可延伸應用於「整合先導電廠之量化風險評估流程與風險洞見，建立複循環機組廠內事件量化評估程序標準作業程序書，以及能源供應設施可靠度管理與維護策略技術，以強化供電韌性。」

(三)子項計畫三：能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發

112~113年所建立之電廠設備運轉偏離鑑別與優化相關技術方面，未來可延伸應用於燃煤電廠節電、節能與節煤，達成實質減碳效益；在測距電驛標置設定相關技術方面，未來可延伸至345kV的標置設定程式

開發，將161kV與345kV程式納入測距電驛網頁圖控平台，並持續擴充平台具備雲端查詢功能，提升輸供電網標置設定的妥適性與便捷性；在電驛狀態資訊分析與故障波形辨識相關技術方面，未來可延伸應用至一站式的電驛資訊整合系統開發，將電網發/用電資訊、電力系統模擬與電驛設定整合至本計畫開發的系統，使用IEC61850通訊格式與電驛連線，實現即時的可調適電驛設定，提升超高壓輸電網的抗災害能力與復原韌性。