

前瞻基礎建設計畫
112 年度執行進度及績效報告
淨零排放-電網韌性分析計畫(1/3)

國家原子能科技研究院

113 年 1 月

目次

壹、特別預算及進度執行情形	1
一、計畫期程	1
二、特別預算執行情形	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	16
一、工作指標	16
二、效益指標	19
肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策	21
伍、經濟效益	21
一、可量化之經濟效益	22
二、不可量化之經濟效益	23
陸、檢討與建議	25

壹、特別預算及進度執行情形

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

二、特別預算執行情形（截至 112 年 12 月底）

經費單位：千元

期 別	年 度	法定特 別預算 (A)	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)	預付數 (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
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)	61,774	82.88	0	0	0	61,774	82.88	同執行率	是
	113											
	總計	74,531	同(A)	61,774	82.88	0	0	0	61,774	82.88	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（112年）	100	100	00.00
總累計（計畫首年至112年）	37	37	00.00

註：總累計計畫期程為 112 年 1 月至 114 年 08 月止

年累計計畫期程為 112 年 1 月至 112 年 12 月

貳、重要執行成果及里程碑達成情形

一、電網脆弱度分析技術開發

【年度目標 Objective】

建立電力關鍵基礎設施風險分析方法論，研析能源供應設施/變電站/電網等三元素之關聯性，完成電網脆弱度及重要度分析模式。

【關鍵成果(Key Results, KR)、重點工作項目與成果/貢獻】

- (一) 彙整風險概念與韌性方法論，將風險公式之重要參數，如危害(Hazard)、發生機率(Probability)、後果(Consequence)、暴險(Exposure)及脆弱度(Vulnerability)等因子，整合電網韌性分析相關資料(圖 1)，以危害、脆弱度、暴險三因子進行評估，建立合理之評估流程與作業方法(圖 2)。並根據電網韌性分析方法論納入電網重要度分析模式進行電網節點失效分析，完成節點失效之風險後果量化，並根據量結果與數據進行脆弱度及重要度評估。
- (二) 蒐集與整合電網脆弱度研究所需之數據與分析參數，針對 2022 年包含綠能之電力潮流分析資料，討論節點故障情境；以 PSS/E 模式模擬節點失效所喪失之負載量與卸載情形(圖 3)。依據節點失效影響與表現，給定發電廠、變電所之失效設定，利用失載量決定節點暴險嚴重程度與後果(圖 4)。而後利用建置之電網重要度分析模式(圖 5)，以電網韌性分析方法論為基礎，將節點失效納入進行電網風險分析評估示範案例。依據分析結果，回饋至電網韌性分析方法論，可延伸應用於改善策略方向之擬定。

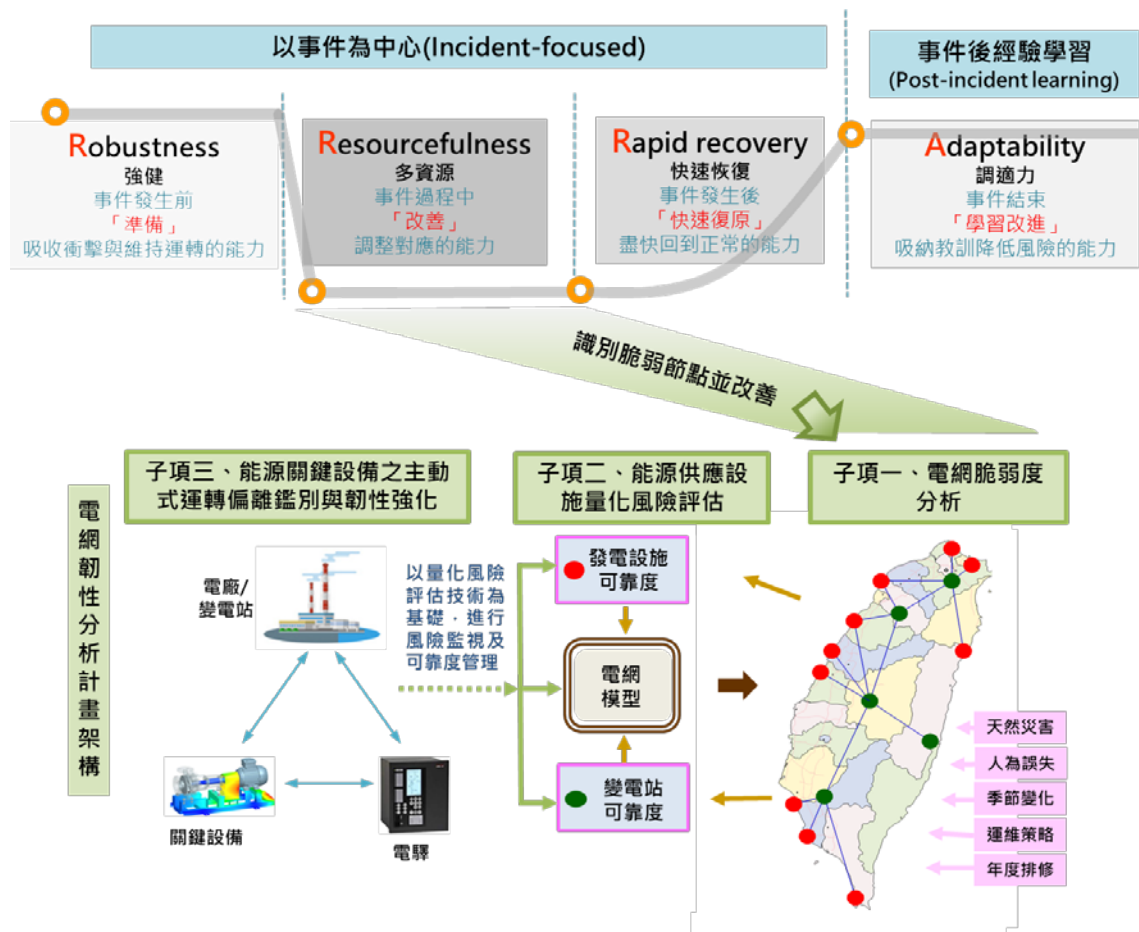


圖 1、韌性評估流程與步驟示意圖

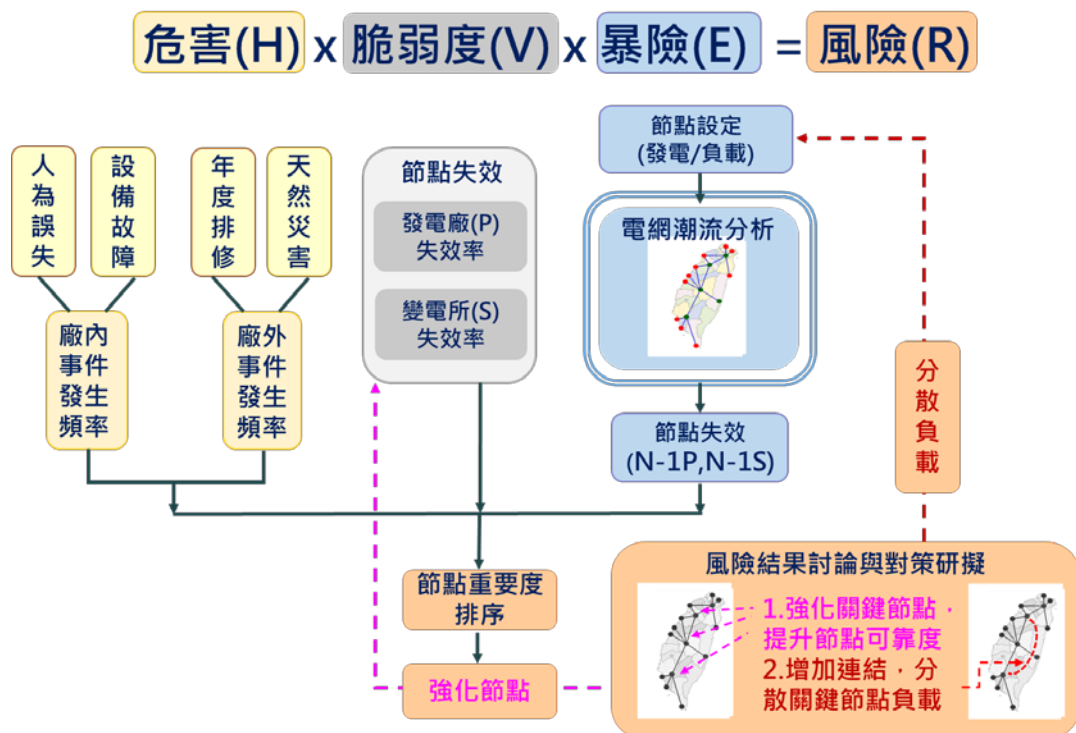
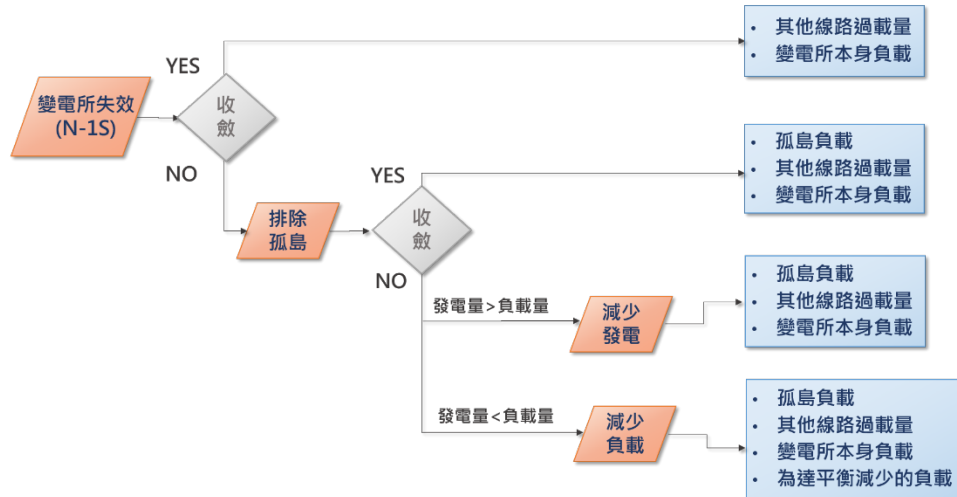


圖 2、風險評估公式之評估流程與作業方法示意圖

變電所節點失效情節



電廠節點失效情節

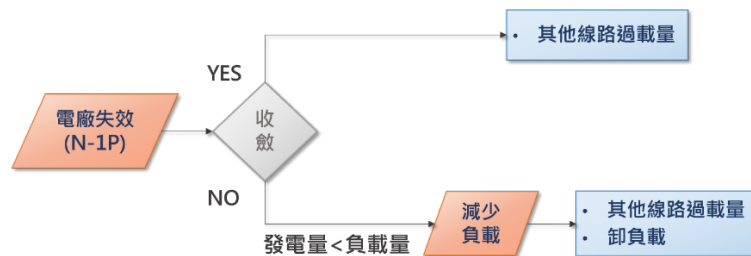
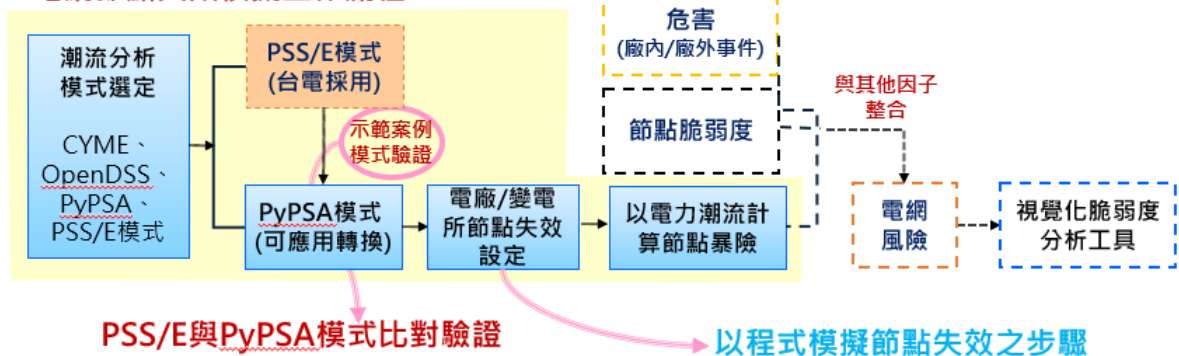


圖 3、變電所節點與電廠節點失效情節之評估流程示意圖

電網節點失效模擬工作流程



PSS/E與PyPSA模式比對驗證

Line#	PyPSA data		PSSE data	
	Active Power(MW)	Reactive Power(MVar)	Active Power(MW)	Reactive Power(MVar)
L ₀ (1-2)	156.88	-20.40	156.88	-20.40
L ₁ (1-5)	75.51	3.85	75.51	3.85
L ₂ (2-3)	73.23	3.56	73.23	3.56
L ₃ (2-4)	56.13	-1.55	56.13	-1.55
L ₄ (2-5)	41.51	1.17	41.51	1.17
L ₅ (3-4)	-23.28	4.47	-23.28	4.47
L ₆ (4-5)	-61.15	15.82	-61.58	15.82

以程式模擬節點失效之步驟

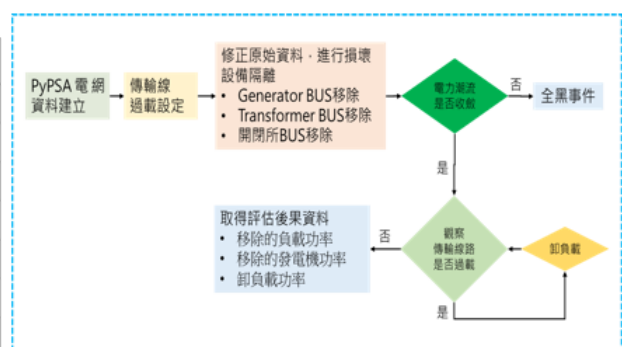
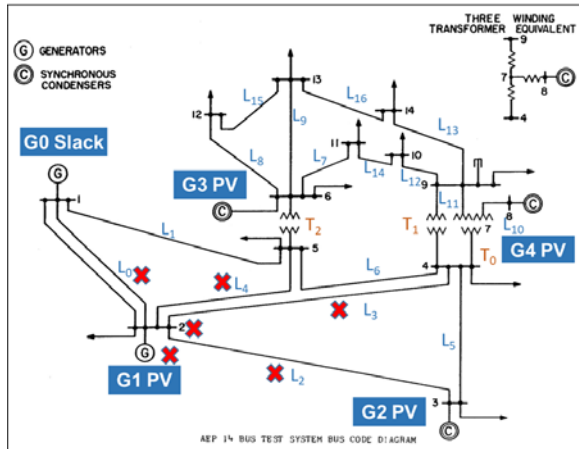


圖 4、電網節點失效模擬工作流程示意圖

IEEE 14 BUS – G1 Drop(Bus2)

1.節點與損壞設備失效設定



2.設備失效後，線路過載

line	raw_power	new_power	overload	is_overloaded
0	156.88	nan	nan	nan
1	75.51	305.89	117.63	True
2	73.24	nan	nan	nan
3	56.13	nan	nan	nan
4	41.52	nan	nan	nan
8	7.79	8.93	No	False
9	17.75	21.77	No	False
10	0.0	0.0	No	False
11	28.07	20.43	No	False
12	5.23	-2.03	No	False
13	9.43	4.49	No	False
14	-3.79	-11.03	No	False

3.卸載85MW後，線路過載解除

line	raw_power	new_power	overload	is_overloaded
0	156.88	nan	nan	nan
1	75.51	187.92	No	False
2	73.24	nan	nan	nan
3	56.13	nan	nan	nan
4	41.52	nan	nan	nan
5	0.0	0.0	No	False
6	0.0	0.0	No	False
7	0.0	0.0	No	False
8	0.0	0.0	No	False
9	0.0	0.0	No	False
10	0.0	0.0	No	False
11	28.07	7.24	No	False
12	5.23	-8.57	No	False
13	9.43	-1.07	No	False
14	-3.79	-9.09	No	False
15	1.61	2.67	No	False
16	5.64	7.58	No	False

圖 5、電網脆弱度及重要度分析模式與建置電網模擬案例(節點失效後之過載與卸載結果)

二、能源供應設施量化風險評估技術開發

【年度目標 Objective】

確認電廠之評估範圍與執行數據分析，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。

【關鍵成果(Key Results, KR)、重點工作項目與成果/貢獻】

- (一) 確認先導電廠量化風險評估模式之對象，以執行先導電廠量化風險評估模式廠內事件之系統分析及故障樹分析，並與設施業者討論相關關鍵系統與設備跳脫之邏輯與維持各系統運作之成功準則等議題。於量化風險評估(PRA)技術要項之概念及基礎上，針對參考廠及變電所，建立風險模式；所得之量化風險評估結果，將回饋到電網模型之分析，相對關係如計畫架構示意圖(圖 6)。
- (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)，設定先導電廠/參考廠為燃氣型式之複循環機組，自 2018 年起商轉，裝置裝量為 892MW (GT:290MW*2、ST:312 MW*1)(圖 7)。
- (三) 透過風險管理三個關鍵問題之評估(圖 8)，結合量化風險評估技術要

項評估方法論與評估流程(圖 9)，以故障樹分析 (Fault Tree Analysis) 進行設施、設備或系統失效機率之量化程序。其中依據人為可靠度分析及數據分析之結果，將基本事件之失效機率（例如組件失效或人因誤失機率）代入故障樹，並進行量化分析，可了解其失效組合。另外，也透過估算系統失效機率，確認系統可能失效的途徑，辨識系統脆弱環節，提供評估系統改善策略的工具。藉由量化風險評估技術於能源類關鍵基礎設施之擴大應用，透過先導案例建立風險模式與量化，供基礎設施業者了解機組失效可能之情節組合(圖 10)。

- (四) 成果與達成里程碑：1. 建立燃氣機組量化風險評估模式，納入設備失效與人為誤失的影響，探討電廠(含氣源供應)潛在事故情節與風險因子，加強傳統火力機組挖掘潛在風險之能力，強化供電韌性。2. 結合量化風險評估(PRA)技術優勢，延伸透過「穩定運轉及提升營運績效的風險管理技術」為基礎，推廣至能源基礎設施業者，完善 PRA 未來具潛力之應用範圍。3. 針對能源基礎設施業者之燃氣機組，做為先導電廠，透過 PRA 技術要項，納入設備失效的影響，建立量化風險評估模式。4. 關於系統分析：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，針對跳機成因及支援系統進行分析與探討，完成量化風險評估案例之系統分析，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」。5. 關於故障樹分析，考量成功準則與系統相依性等重點，完成量化風險評估案例之故障樹分析、故障樹分析訓練教材、以及「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」研究報告。

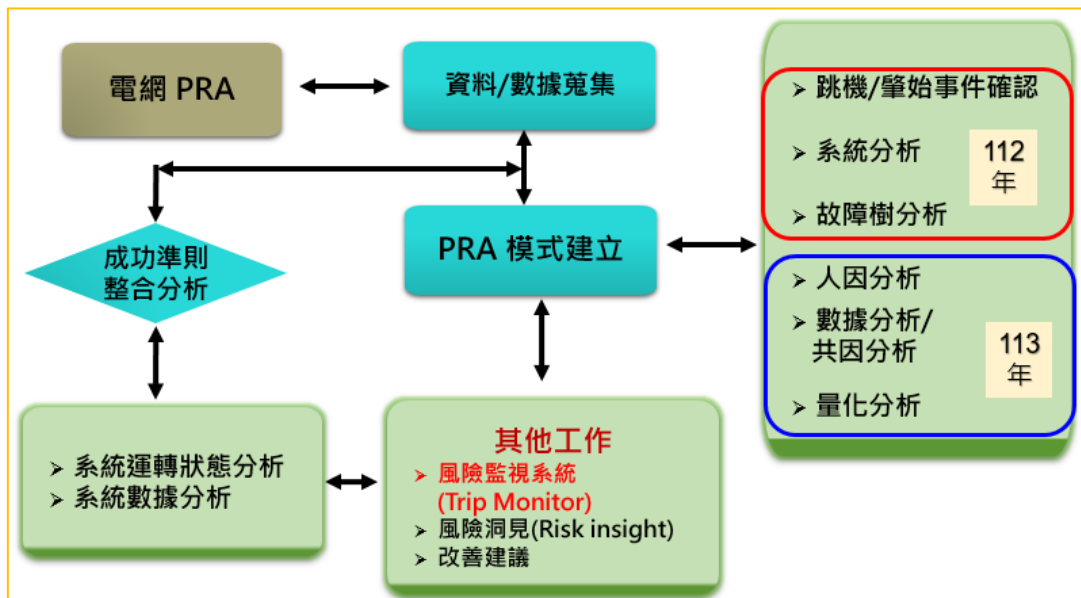


圖 6、子項計畫二評估架構示意圖(量化風險評估技術要項評估方法論與評估流程)

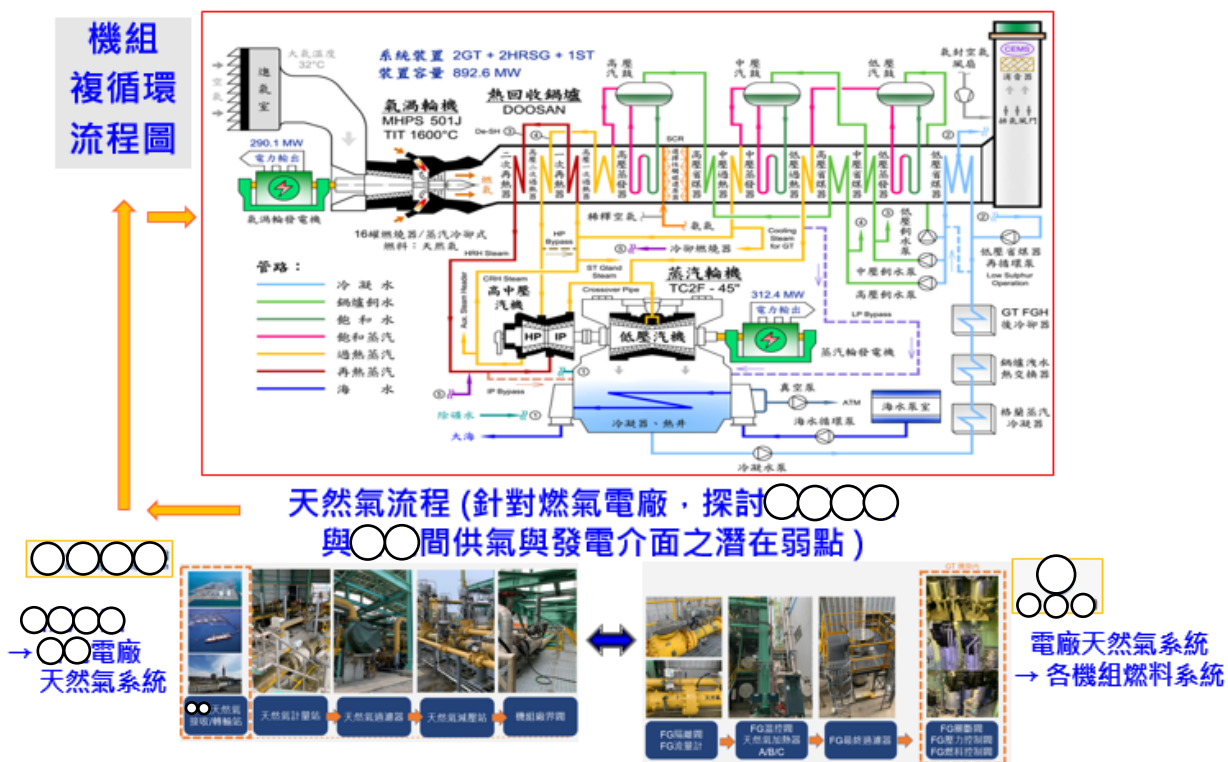


圖 7、複循環機組流程圖與天然氣流程

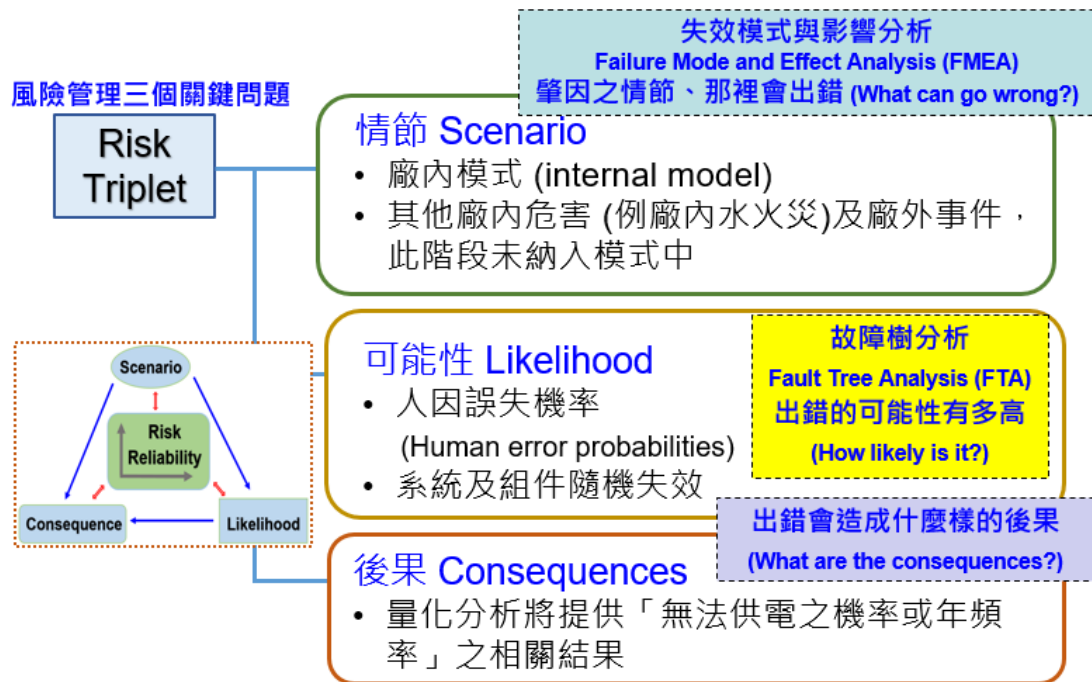


圖 8、風險管理三個關鍵問題



圖 9、系統故障樹分析流程

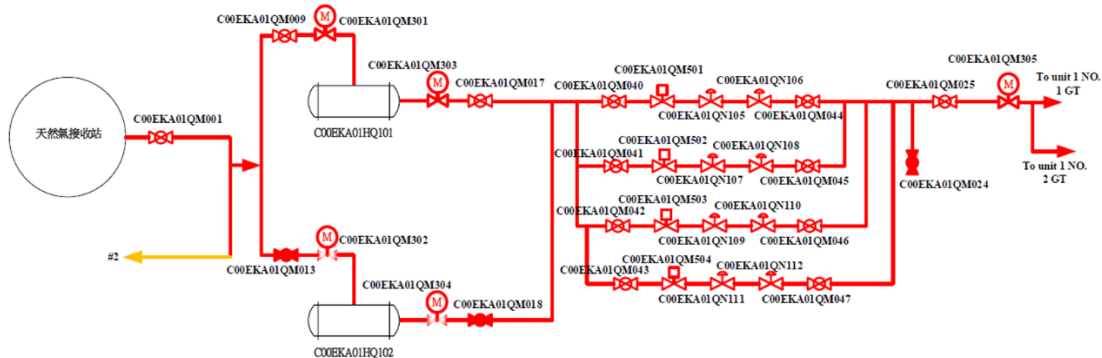


圖 10、燃氣電廠風險模式建立(系統分析與故障樹分析)

三、能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發

【年度目標 Objective】

「開發供電場域關鍵設備之動態監測與分析系統，並建立輸供電網測距電驛標置設定與訊號傳遞技術。」

【關鍵成果(Key Results, KR)、重點工作項目與成果/貢獻】

完成電廠鍋爐加熱器與汽機排汽冷凝系統 2 項設備的動態監測與分析系統，並試行於實際場域供操作員進行運轉狀態偏離鑑別。完成 MATLAB 69kV 測距電驛標置程式與網頁版人機介面開發，可以彙入 5000 筆以上饋線與匯流排資料，進行三區間保護協調標置計算，並可應用於 3 端子

線路，已提供○○持續試用中。完成電驛事件波形即時自動推播系統開發，兼容台灣電力網路系統現行廠牌型號之電驛，能於1秒內自動產製波形圖檔，1秒內完成推播至社群通訊軟體，已部署於實際場域試行使用中。

(一) 完成供電場域2種關鍵設備之動態監測與分析系統開發與建立。

1. 利用質能平衡模擬軟體，建置電廠鍋爐過熱器、省煤器與空氣預熱器等模型(圖 11)，匯入電廠即時運轉數據，計算各加熱器的質量流與能量狀態，以及煙氣與蒸汽/飼水之間的熱對流效應交換係數，作為各加熱器的運轉狀態偏離的積灰程度指標(圖 12)，讓現場操作人員知道何時應執行吹灰。
2. 利用質能平衡模擬軟體，建置電廠汽機與冷凝系統模型(圖 13)，並藉由實際運轉數據進行模型調校，作為汽機排汽壓力與冷凝器出口水溫即時值預測與效能分析。扣除少數時間因資料無法即時擷取，而造成少數預測結果驟變外，汽機排汽壓力誤差均在 $\pm 2.5\text{mbar}$ 內，冷凝器出口水溫誤差均在 $\pm 1.2^\circ\text{C}$ 內(圖 14)，讓現場操作人員知道冷凝系統實際運轉與模型預估之偏差程度。

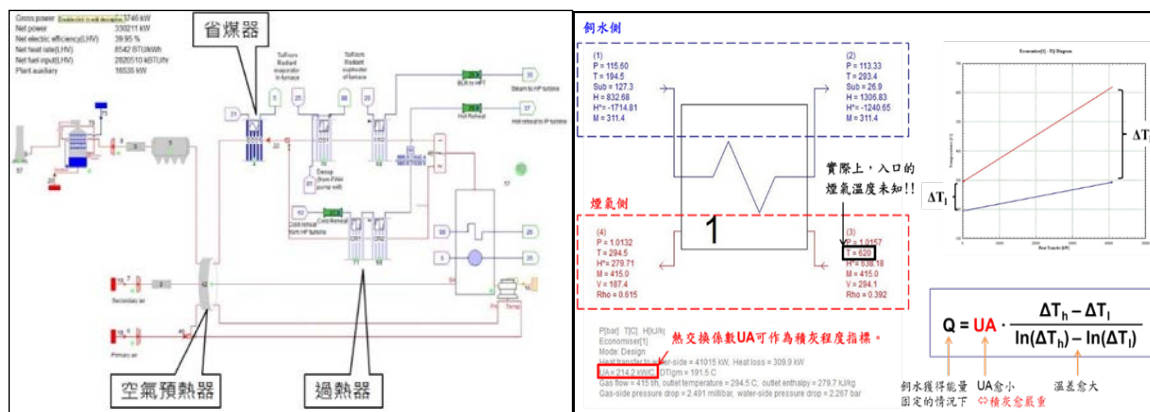


圖 11、電廠鍋爐質能平衡模型以及熱交換係數計算

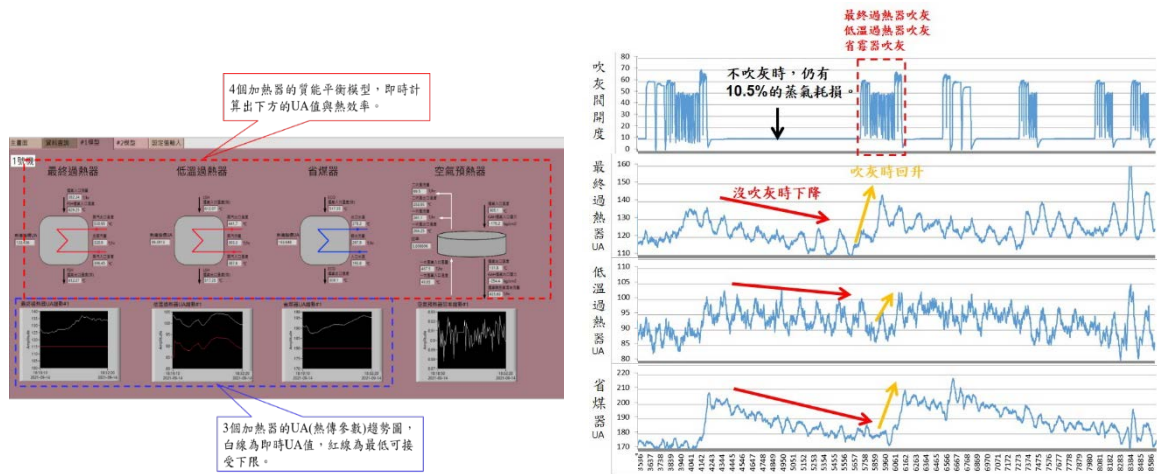


圖 12、即時熱交換係數計算及與積灰程度之關聯性

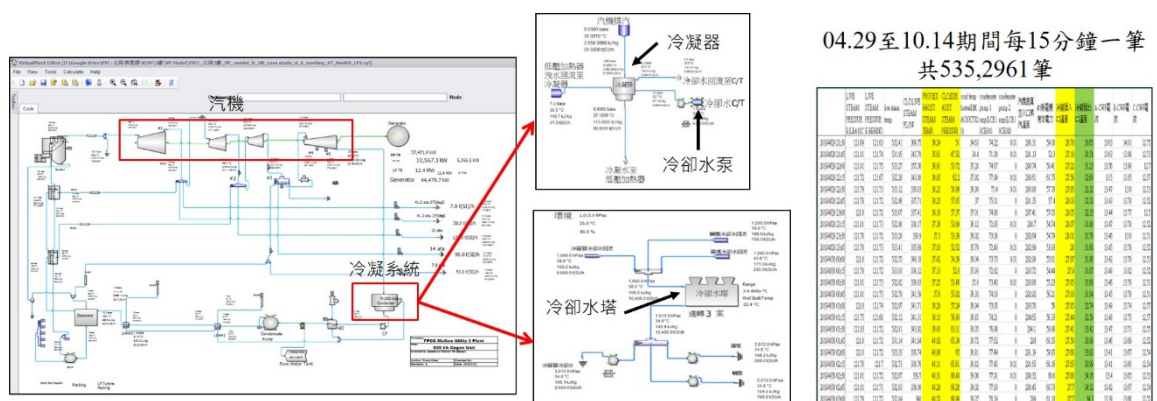


圖 13、電廠冷凝系統質能平衡模型及模型調校

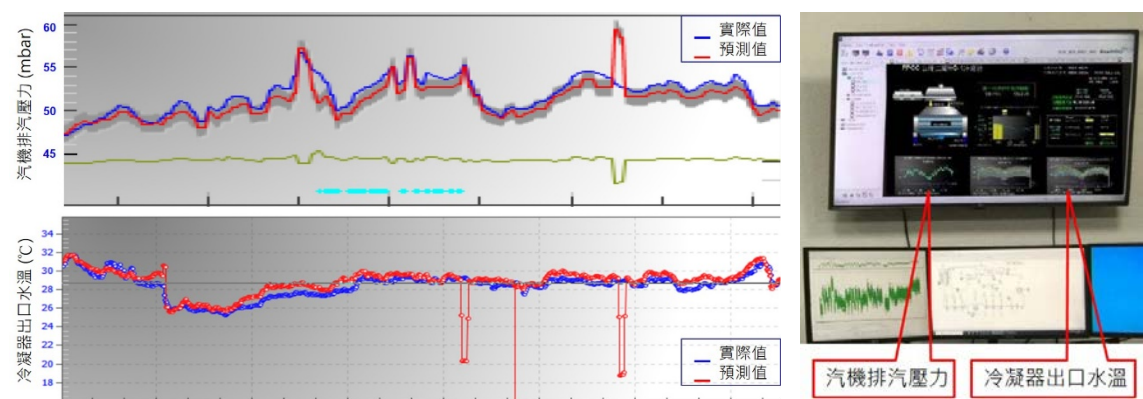


圖 14、質能平衡模型調校結果及實地試行情況

(二) 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 69kV 輸供電網測距電驛標置設定之演算核心程式，可以彙入 5000 筆以上饋線與匯流排資料，進行編碼、排序、阻抗矩陣計算及阻抗轉換比計算(圖 15)，再依線路長度進行具有 3 端分歧線路之 3 區間保護協調標置設定計算，並提供台電測試成功(圖 16)。

2. 使用 C#程式開發網頁版使用者介面、饋線與匯流排資料庫與電網拓撲繪製等功能，自動匯入匯流排及線路資料，經整理後自動呼叫 MATLAB 演算核心程式進行計算，再將結果儲存至資料庫，並以網頁版介面輸出(圖 17)，更能自動分析匯流排間的連結狀況，繪製電力線路拓撲結構(圖 18)，整合式服務大幅提升保護設定與查找錯誤的時效性。

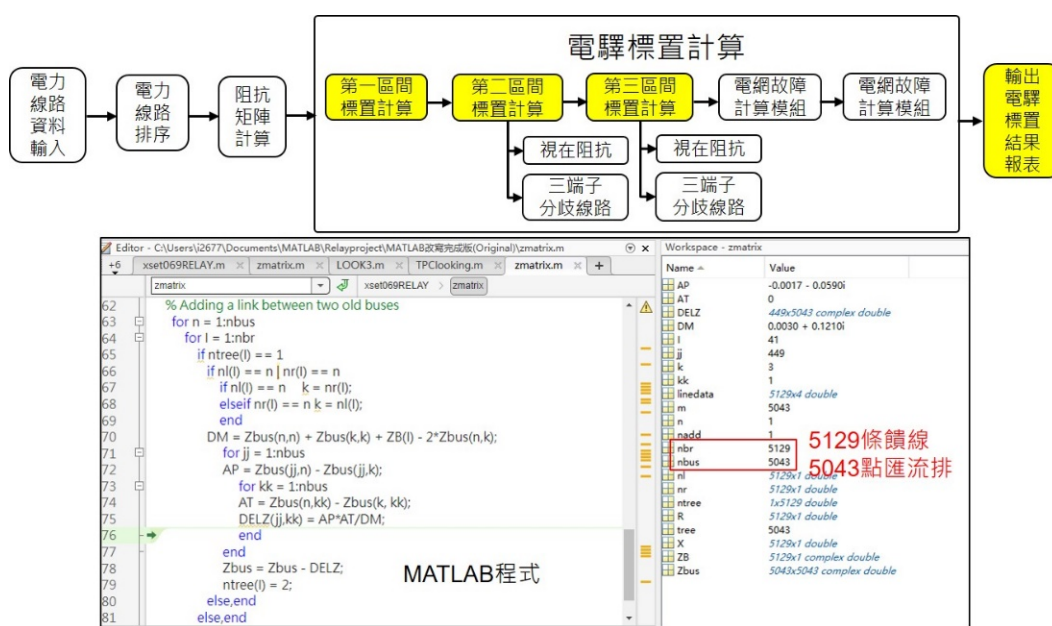


圖 15、69kV 測距電驛標置設定演算流程與 MATLAB 程式

電驛標置系統

localhost:4906/relayOut.aspx

受電驛保護之3區間的阻抗值

FROM	PATU1	TO	MULUN	(BREAKER	910	910	LINE	0	69kV	101	---	2	04/1/22	PAGE	111
I(RATING)=	870	AMP	CT	RATIO	2000/5	STAR									
LOOKING IMPEDANCE FROM PATU1															
TR. LOOKING IMPEDANCE															
8.813	KΩ	2.058	81.29	7.939	74.27	(	0.468	3.052	3.236	0.000					
Zone1															
Zone2															
Zone3															
SEL311L X 2															
87LPP	=	6.0A													
87L2P	=	1.0A													
87LGP	=	1.0A													
21S	PHASE	ELEMENT	OF	SEL311L	X	2									
Z1P	1.31														
Z2P	3.82														
Z4P	6.36														
SEL311L型電驛															
之標置設定值															
R01	5.33														
XG1	1.10														
Z1PG	1.12														
R02	6.67														
XG2	3.37														
Z2PG	3.43														
R04	10.00														
XG4	6.24														
Z4PG	6.36														
Z1PAG	1.87														
Z1ANG	79.6														
Z0PAG	6.37														
Z0ANG	77.2														
K0M1	0.805														
K0A1	-3.44														

SEL311L型電驛之標置設定值

圖 16、保護協調標置設定計算輸出報表



圖 17、69kV 測距電驛標置設定網頁版使用者介面

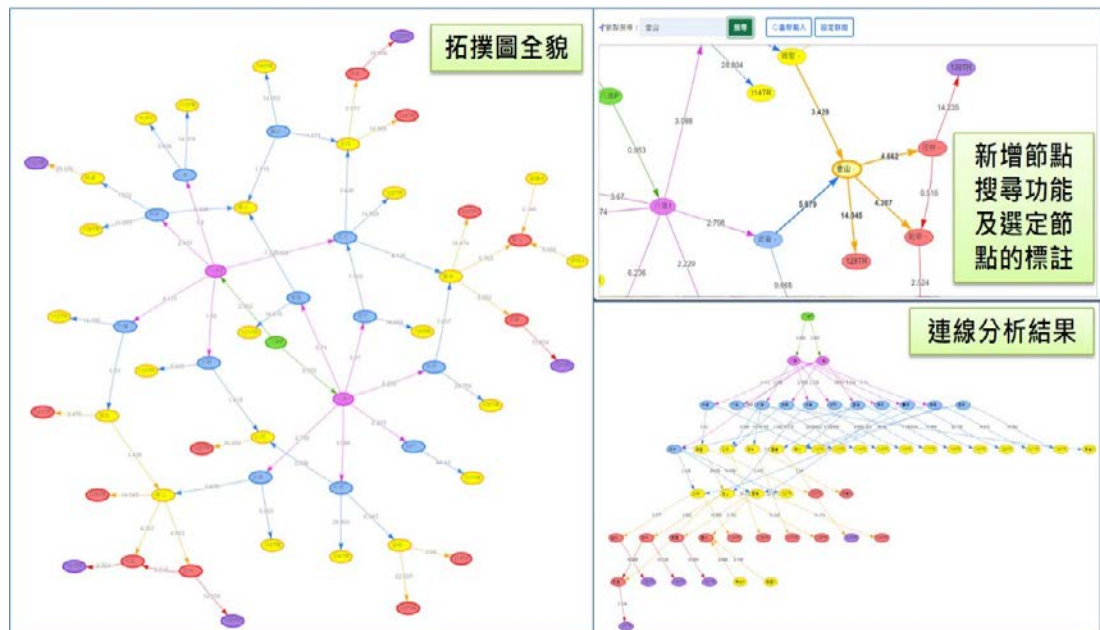


圖 18、電力線路拓撲結構分析與繪製結果

(三) 完成 3 廠牌之電驛訊號傳遞技術，並試行應用於一處場域。

1. 完成「電驛事件波形即時自動推播系統」(圖 19)，包含電驛事件波形資料收集程式、資料處理程式、波形圖檔產製程式與社群軟體自動推播程式，介接收集並自動解讀來自電驛設備之即時原始量測資料檔案，兼容台灣電力網路系統現行廠牌型號之電驛設備(表 1)，於 1 秒內自動產製波形圖檔及推播至社群通訊軟體(圖 20)；經自行開發並整合，符合電力網路資訊安全傳輸規定，現況已部署應用於實際場域並獲認可(圖 21)，提升調度與維運人員的事故處理效率。

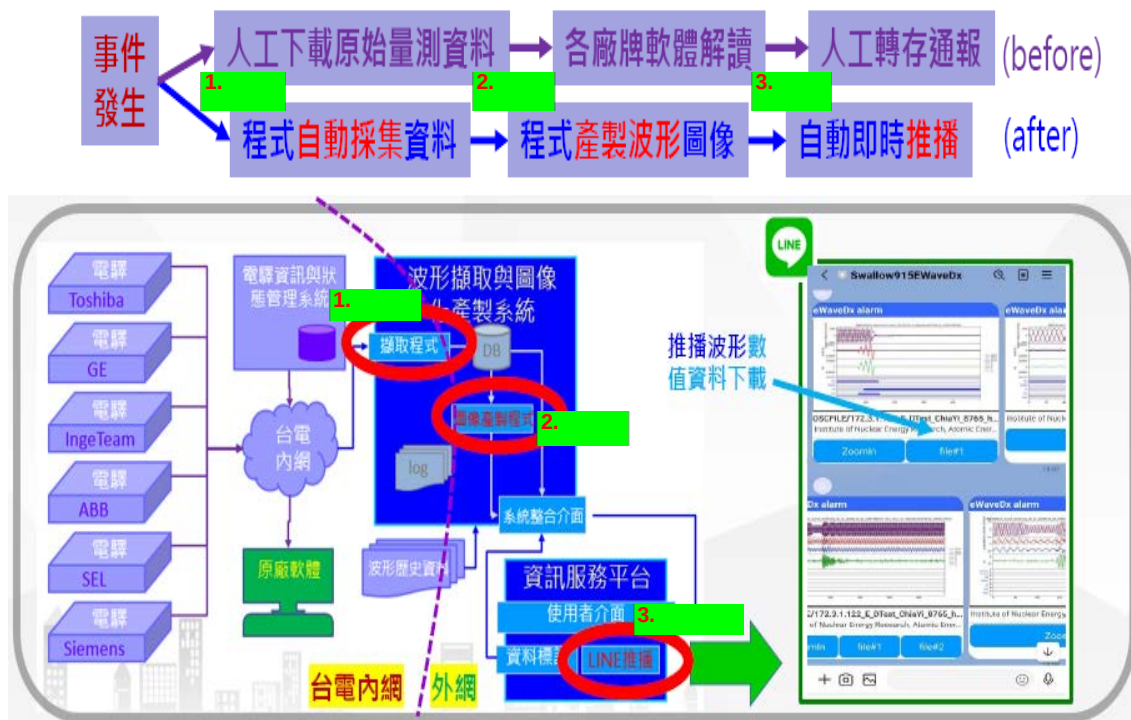


圖 19、電驛事件波形即時自動推播系統之需求動機與系統概要

表 1、已納入電驛廠牌型號

廠牌	型號	電壓等級
SEL	2030	345kV
	487E	161kV
	487B	161kV, 69kV
	351	345kV
	311L	161kV, 69kV
	311C	161kV
Ingeteam	LD1	161kV
	LD2	161kV
	EF-LD1	69kV
GE	B90	345kV
	L90	345kV
	C60	345kV
	D60	345kV
	T35	345kV
	F35	345kV
	GRL90	161kV
	GRL713P	161kV
TOSHIBA	GRL100	345kV, 161kV

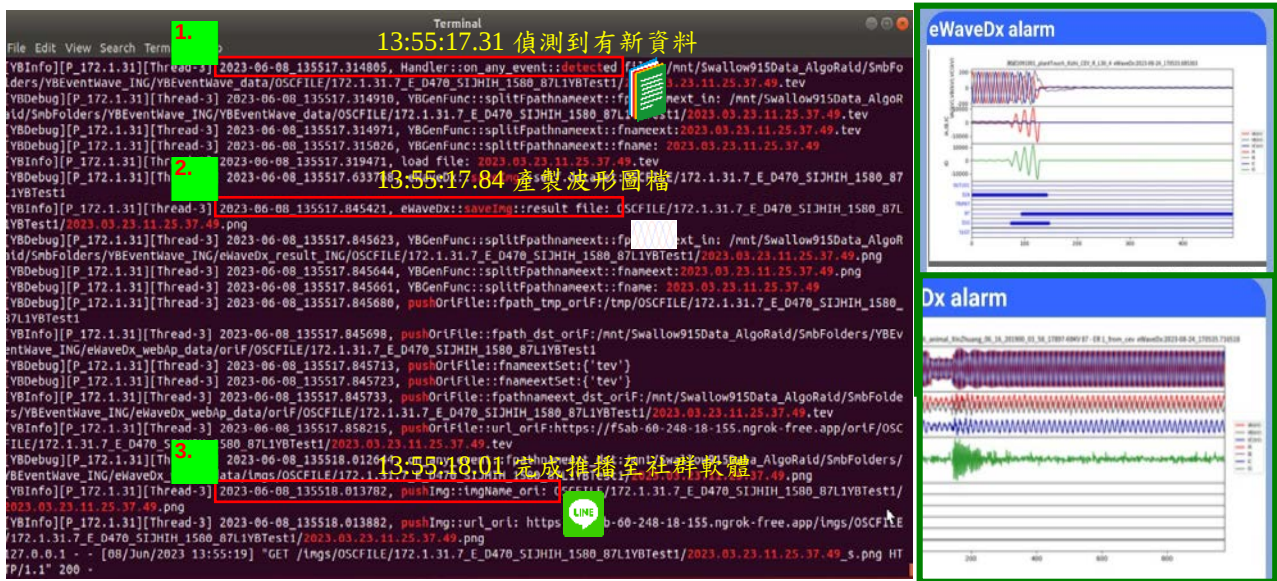


圖 20、電驛事件波形即時自動推播系統之系統效能與即時性



圖 21、已部署應用於實際場域

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112年】		【112年當年】	
				目標值	實際值	目標值	實際值
1	論文	篇	4	2	2	2	2
2	研究報告	篇	10	6	10	6	10
3	專利	篇	2	1	1	1	1
4	技轉或技服	件	3	1	1	1	1
5	製作教材/手冊/軟體	篇	2	1	1	1	1
6	鍋爐加熱器吹灰運轉狀態鑑別系統、汽機排汽冷凝運轉狀態鑑別系統、69kV 測距電驛標置設定整合平台、電驛事件波形即時自動推播系統	件/ 設備整合	4	2	2	2	2

1. 112 年度工作指標辦理情形

(1) 電網脆弱度分析技術開發

依原設定及規劃，已完成研究報告「電力關鍵基礎設施風險分析方法論」，以危害、脆弱度、暴險三因子進行評估，建立合理之評估流程與作業方法；以上述之評估方法為基礎，納入中正大學完成之潮流分析結果，用以進行節點之脆弱度及重要度分析，完成整座電廠或整個變電所失效情節之低機率高後果事件分析工作，將其彙整成完成研究報告「電網脆弱度及重要度評估分析方法之暴險分析模式設定」。

(2) 能源供應設施量化風險評估技術開發

針對先導電廠量化風險評估模式及發電系統之系統分析與故障樹分析，完成「量化風險評估技術之系統分析於燃氣型式發電廠之應用」及「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」兩份

報告，並針對故障樹分析與事故序列量化之訓練教材，已完成「教材/手冊/軟體 1 件」，其中涵蓋事件樹分析與故障樹求解等重要內容。

(3) 能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發

完成汽機排汽冷凝運轉狀態鑑別系統，並架設於實際場域進行測試，讓現場操作人員知道冷凝系統實際運轉與模型預估之偏差程度。完成電驛事件波形圖檔即時自動推播系統，並架設於實際場域進行測試，提升調度與維運人員的事故處理效率。

【論文】

題 名	第一作者	期刊名稱	文獻類別
Methodology of Risk Analysis for Power Grid	江○○	Reliability Engineering and System Safety	國外重要期刊
Development of Smart Sootblowing System	孫○○	Energies	國外重要期刊
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

【研究報告】

報告名稱	作者姓名	成果歸屬
電力關鍵基礎設施風險分析方法論	黃○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
我國電力系統脆弱度及重要度分析模式	蕭○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
量化風險評估技術之系統分析於燃氣型式發電廠之應用	陳○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
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	李○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
磨煤機輓輪狀態監測預警系統開發	簡○○	淨零排放-電網韌性分析計畫

報告名稱	作者姓名	成果歸屬
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	范○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
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	宋○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
燃煤電廠智能吹灰之鍋爐加熱器熱力學模型建立與分析	廖○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
69kV 測距電驛程式之演算法及物理意義	林○○	淨零排放-電網韌性分析計畫
測距電驛標置設定及越級跳脫檢查:系統整合與規劃	沈○○	淨零排放-電網韌性分析計畫

【形成課程教材手冊軟體】

名稱	性質	成果歸屬
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

【智慧財產資料】

智財名稱	智財類別	授予國家	有效日期
金屬撞擊振動訊號之特徵萃取與機械學習辨識方法 (申請案號：112119302)	發明專利	中華民國	申請中

【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
ROMeo 製程模型建置	A	○○股份有限公司	1,000	淨零排放-電網韌性分析計畫

二、效益指標

項次	指標項目	單位	【計畫全期】 總目標值	【累計至112年】		【112年當年】	
				目標值	實際值	目標值	實際值
1	電網暴險模擬案例	組	4	1	1	1	1
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	燃氣電廠發電系統故障樹	個	31	31	31	31	31
4	實際應用場域	處	4	2	2	2	2
5	匯流排	點	5,000	5,000	5,043	5,000	5,043
6	電驛廠牌	種	3	3	4	3	4

1. 112 年度效益指標辦理情形

(1) 電網脆弱度分析技術開發

計畫首先將完成電力關鍵基礎設施風險分析方法論(以電網脆弱度分析為例)，並以其為基礎及研析能源供應設施/變電站/電網等三元素之關聯性，完成電網脆弱度及重要度分析模式。

【技術效益與貢獻】

1. 從風險告知角度：藉由檢視電網配置情形，可協助台電公司及時掌握脆弱環節。
2. 從改善策略角度：
 - (1) 檢視設備可能失效原因，利用維修或更換設備等方式提升設備可靠度。
 - (2) 利用事件樹與故障樹推演事故情節，討論可能之失效組合，尋求調整、降低嚴重事故發生的可能性。
 - (3) 檢討線路配置，嘗試分散節點負載，降低系統對重要節點的依賴程度，以期在發生事故後，降低系統故障範圍與規模。

(2) 能源供應設施量化風險評估技術開發

以風險管理方法出發，計畫將首先完成確認先導電廠風險模式之評估與分析範圍，並以燃氣型式發電廠為對象進行探討。藉由能源供應設施量化風險評估案例之系統分析與相關結果，並以其為基礎解析燃氣電廠設

備之失效模式，完成能源供應設施量化風險評估案例之故障樹分析。

【技術效益與貢獻】

1. 從技術擴大應用之角度：結合量化風險評估(PRA)技術優勢，延伸透過「穩定運轉及提升營運績效的風險管理技術」為基礎，推廣至能源基礎設施業者，完善量化風險評估未來具潛力之應用範圍。
2. 從風險管理角度：針對能源基礎設施業者之燃氣型式機組，做為先導電廠；透過 PRA 技術要項，將分別於第一、二年執行期間納入設備失效與人為誤失的影響，建立量化風險評估模式。
3. 從風險洞見角度：依據風險洞見，確認與辨識後果嚴重之危害項目及重要元件，掌握供電系統潛在弱點，提供具效益的運維改善策略，降低年供電失效頻率；建立先導電廠量化風險評估之作業程序書；
4. 從風險管理貢獻於設施韌性提升之角度：協助其提升風險管控能力與基礎設施(CI)韌性，達成基礎設施韌性之強化之目標。

(3) 能源關鍵設備之主動式運轉偏離鑑別技術開發

計畫分別將「汽機排汽冷凝運轉狀態鑑別系統」與「電驛事件波形即時自動推播系統」，架設於實際案場試運轉，69kV 測距電驛標置設定程式能夠進行 5,043 點的標置設定，電驛事件波形即時自動推播系統亦能夠兼容台電現行 4 種廠牌型號之電驛設備。

【技術效益與貢獻】

1. 開發火力電廠鍋爐組件及冷凝器最佳運轉決策平台，並藉由機組運轉趨勢分析，強化重要組件運轉可靠度，提升機組供電可靠度。
2. 建置 69kV 測距電驛標置設定與驗證平台，因應未來大量再生能源與儲能系統併網後之多端分歧線路保護協調需求，強化電網事故調適之韌性。
3. 建立電驛事故訊號自動回傳與推播整合系統，快速回傳與發布故障訊號，提升事故處理時效，強化電網事故復原韌性。
4. 與○○簽訂技服案 1000 仟元，進行製程訪談與確認、電廠模型建置、熱與電最經濟分配演算開發、測試與驗證等工作，目標為對電廠熱能與電能進行即時最經濟分配，達到節能減碳與產能優化的效果，並應用於 113 年運轉偏離鑑別與最佳化操作決策系統之開發。

肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策

1. 年累計支用比未達 90%：

落後原因	因應對策
1. 「027等館舍外牆暨週邊環境整修工程」因廠商有數次為符合職業安全規範而停工，以及施作期間因天候不佳以致施工進度不如預期，故結報日程延誤。	每周召開工務會議，掌握施工進度並督促廠商符合職業安全規範，以期加快進程。目前已完成第一期款結報。 113年1月及2月依工程進度仍有估驗，本工程案原訂履約期限為2月底，因遇雨期及變更設計，將延長履約時間，預計4月中履約完成，實際情況仍視天候而定。

2. 其餘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 8 位，進入產學研界服務。

(二)帶動公民營企業投資

1. 本計畫促成○○投入「測距電驛圖控平台軟體」之開發，估計研發投資金額為 102 千元，進行 69kV 測距電驛資料規格化，網頁視覺化呈現動態電力線路拓樸，提升電驛資料流通。
2. 本計畫促成○○投入「電驛運轉與事故模擬平台」、「電驛事故波形擷取圖控平台」等相關電力系統產品進行測試和生產，並開發相關平台模組，估計投資金額為 30,000 千元。

【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
優利資源整合股份有限公司	54359503	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	1,000	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

二、不可量化之經濟效益

- (一) 建立電網脆弱度及重要度之分析方法論，進行電網脆弱度及重要度分析模式，以 IEEE 14 BUS 為案例，利用 PyPSA 模式模擬節點失效效應與重要度計算，並套用至台灣電力系統，計算節點失效後果。此外反應於經濟效益面，則此技術可減低電力系統節點失效後所造成之經濟損失。
- (二) 以先導案例燃氣電廠建立量化風險模式，進行故障樹分析與系統分析，針對其發電相關系統分析，依性質劃分四大類別，計評估 31 個系統，針對個別系統進行探討，已完成 21 個系統之故障樹分析。此外反應於經濟效益面，則此技術可提高發電廠發電系統之可靠度，並強化電網系統各發電設施之調度彈性。
- (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：
- 首先，藉由先進的監控技術和自動化系統進行電網脆弱度分析，能夠預先檢知電網設備之早期異常狀態，並採取迅速而有效的應對措施，降低故障擴散的風險，確保穩定的電力供應，達到防範於未然的最高原則。
- 其次，保護電驛標置協調改善可確保電驛正確且精準地判斷故障發生位置並即時跳脫，可將故障停電範圍縮小及降低停電損害，強化電網隔離事故擴散的能力。
- 最後，電驛波型自動推播功能可令維護人員在故障發生的第一時間得知故障發生時間、位置，並透過進一步波型分析判斷故障型態，以便迅速做出應對措施，可以節省寶貴的時間，使修復過程更加迅速和有效。
- 綜上，子項計畫三之三大效益對於加強電網韌性及可靠性之提升具不可忽視的重要貢獻，並無形上提升人民對於○○公司之信賴度和滿意度。
- (四) 本計畫於執行過程中與能源設施業者(○○與○○，包括燃氣電廠、相關處與地方區處多次交流)，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 項經濟效益(不可量化)，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 112 年所達成之里程碑

- (一) 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。
- (二) 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。
- (三) 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。

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：透過電網韌性分析，整合國內現有之電網韌性分析與能源供應設施量化風險評估與可靠度管理，協助能源產業及電廠於發電端與輸電端(含超高壓變電所及一次變電所)，提升電網整體營運穩定度與安全，以及於電廠運轉與維護策略提出風險告知洞見的改善方案，維持電網整體穩定性。
- (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，建立對應之發電設施可靠度模型，提出量化風險評估結果，後續將其回饋至電網韌性模型中，整體考量發電設施、變電所與電網三者間關係，並將其中重要因素，例如天然災害等因子納入考量，以了解其影響程度。
- (三) 產業技術(電網韌性面)：此外，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：建立電網與能源供應設施相關技術於風險管理之分析基礎，技術成果可作為能源產業於供電、輸電與調度時之重要參考資訊，藉由執行計畫的技術貢獻與帶來的效益，將有助於用電穩定進而提升電力用戶的生活品質。

整體而言，針對能源產業及電廠，可藉由執行電廠可靠度與發電效益評估，依據評估結果判定運維策略，指出供電規劃之潛在弱點，以風險告知技術，於調整或改善運維策略時，提出具效益的技術參考

與依據，將可提升風險管控能力，提高發電設施之運轉穩定度及安全餘裕。

此一技術貢獻將可提升營運績效與效率，檢討不必要之基礎設施興建，達到環境永續的目標。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，電網之拓樸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：配合淨零排放政策推行，需從電力源頭進行減碳。目前我國化石能源之減碳路徑與策略是朝先減碳後零碳之路徑發展，亦即以天然氣代替煤炭，但以氣代煤，必須從天然氣接收站到供應電廠均能穩定供氣，電網從發電到輸電均能穩定供電，減碳方能促成，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，凸顯減碳非僅碳本身相關技術，而宜就系統觀點，從投入到產出，進行分析與提供解決方案，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。「從能源減碳」應用量化風險評估技術於電網與能源供應設施領域，擴展至電網韌性分析。開發能源供應設施關鍵發電設備之線上狀態監測系統，進行狀態監測與效能評估。以提升能源供應設施穩定，健全電力系統及電網之韌性與安全餘裕，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40年，其相關成果已大幅提昇核能電廠效能與風險應變能力。本計畫動機之一為起因於新興科技對基礎設施(電網及電力系統)各系統及整體造成風險的成因及後果之評估需求。技術研究成果可供主管機關擬定相應風險管理策略之參考，可避免與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：針對本計畫研發的電網分析與能源供應設施可靠度評估等研究成果，以及所開發的關鍵技術與研究分析方法論，將可提升技

術深度與廣度、擴展研究領域及應用於相關研究計畫；做為重要之參考基準或依據，增強國內電網/能源供應設施技術發展之基礎。

此外，整體技術研發成果將發表於國際期刊、會議論文或關鍵研究報告，彰顯我國技術能量及提昇國際能見度。

- (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，將能培育國內博碩士成為發電、輸電與配電等電力系統領域中，風險評估、電網脆弱度分析、能源供應設施可靠度評估及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國原院計畫團隊成員，亦可藉在職訓練的機會，轉而發展個人之第二技術專長。期待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。

此外，本計畫工作團隊之相關研究工作推動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，鼓勵其持續於本計畫之工作領域投入研究與精進，以提升女性專業技術研發工作能力。