

815 停電事故行政調查專案報告

行政院

106 年 9 月 7 日

目錄

壹、前言	1
一、全台電力供需狀況	1
二、大潭電廠供電情形	6
三、中油大潭供氣狀況	7
貳、事故發生及處置經過	8
一、大潭計量站部分	8
二、大潭電廠部分	12
三、台電公司部分	12
參、事故調查及原因研判	16
一、現場設備及資料蒐集說明	16
二、現場實勘	18
三、會議討論	20
四、原因研判	21
肆、事故責任檢討	24
一、中油公司部分	24
二、台電公司部分	25
伍、改善對策與建議	27
一、可立即執行事項	27
二、中長期改善建議	29
陸、結語	35

表目錄

表 1	8月15日13時58分及16時50分各電廠發電量	2
表 2	大潭電廠發電機組裝置容量一覽表	6
表 3	8月15日本事件相關之天然氣供應處理時序	11
表 4	8月15日停電事故各階段影響範圍表	13
表 5	電力停復電處理時序-電力停復電處理時序	15

圖目錄

圖 1	8月15日供電情形	2
圖 2	主、副電源供應器配置圖	9
圖 3	8月15日大潭計量站更換電源供應器施工照片	10
圖 4	大潭電廠計量站監控系統圖	11
圖 5	8月15日事故電力供需時序說明	14
圖 6	中油公司供氣壓力時間趨勢圖	17
圖 7	大潭計量站製程流程圖	18
圖 8	8月24日大潭計量站現場實勘	18
圖 9	8月24日大潭計量站現場實勘	19
圖 10	相關人員關係示意圖-拆臨時搭接線時人員位置	19
圖 11	相關人員關係示意圖-關閉警報時人員位置	20
圖 12	大潭計量站事故相關人員關係示意圖	20

壹、前言

106 年(以下同) 8 月 15 日 16 時 51 分起，大潭電廠因天然氣供氣突然中斷，導致大潭電廠 6 部機組停機，整體電力供應瞬間減少約 11.94%，全台各地因此多處停電，之後台灣電力股份有限公司(以下簡稱台電公司)執行緊急分區輪流停電措施，至 21 時 40 分正式解除，惟已造成民眾不便及不安，對產業亦有衝擊。

當日全台停電區域包括 17 直轄市、縣(市)之 99 個鄉鎮(市)區，共計約 592 萬戶用電受影響，造成部分交通號誌停擺、受損失的廠家數：工業區部分 378 家、加工出口區部分 32 家；科學園區除竹南園區、南科園區有部分廠商受緊急分區輪流供電影響，其餘科學園區大致供電正常。民眾因電梯受困及救助案件各縣市消防局受理共計約 900 件。

電力供應穩定，不僅是民生必需，更攸關國家安全。為釐清本次事故相關管理、督導與行政責任，以及系統設計、操作流程、營運管理等問題，行政院林院長指請吳政務委員宏謀於 8 月 21 日成立行政院層級之「815 停電事故行政調查專案小組」(委員名單如附件 1)，由具公信力之電機技師公會及學者專家與行政部門代表組成，於最短時間內完成本調查。

以下謹就事故發生前電力及大潭電廠天然氣供應狀況說明如下：

一、全台電力供需狀況

8 月 15 日 13 時 58 分系統瞬時最高尖峰負載，達 3,645 萬瓩(詳圖 1)，系統淨尖峰供電能力為 3,760 萬瓩，備轉容量(率)115 萬瓩(3.17%)。

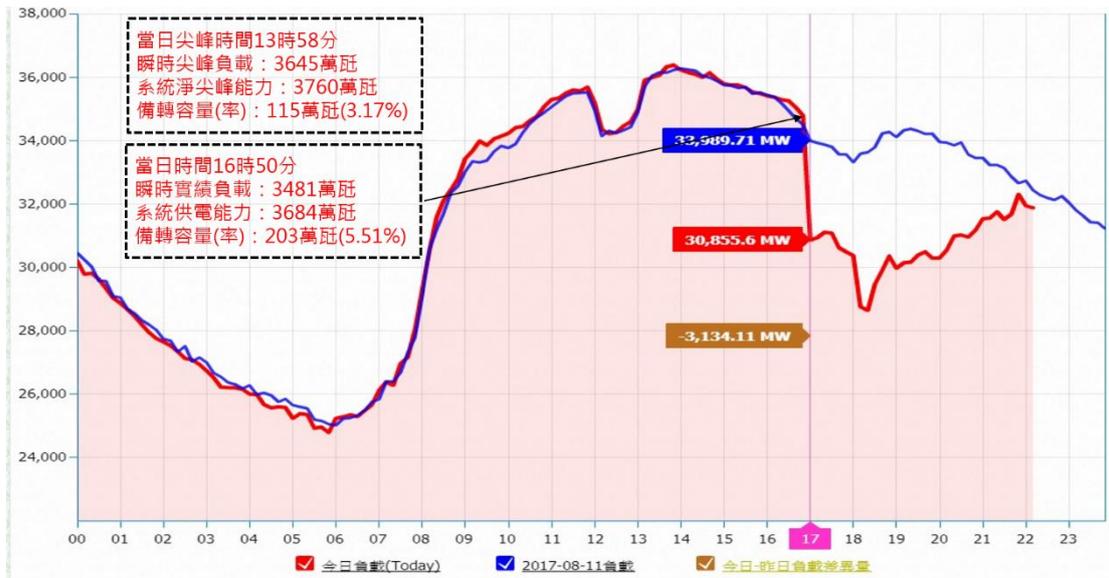


圖 1 8 月 15 日供電情形

(資料來源:台電公司)

事故前(16 時 50 分)因大林新#1 機(18 萬瓩)於當日 15 時 32 分解聯停止試俾，加以太陽能光電因傍晚發電量自然減少約 55 萬瓩，及其他因素減少 3 萬瓩，供電能力降為 3,684 萬瓩，實績負載(16 時 50 分)為 3,481 萬瓩，備轉容量(率)203 萬瓩 (5.51%)，各電廠發電量詳表 1。

表 1 8 月 15 日 13 時 58 分及 16 時 50 分各電廠發電量

單位：MW					
燃料別	發電廠名	裝置容量	13 時 58 分 (淨發電量)	16 時 50 分 (淨發電量)	說明
核能	核一	1272.0	0	0	#1 大修逾排程、#2 大修
	核二	1970.0	967.1	969.6	#2 大修逾排程、備註 3
	核三	1902.0	1866.9	1871.1	滿載運轉中、備註 3
	林口	1600.0	1521.9	1520.3	滿載運轉中、備註 3

單位：MW					
燃料別	發電廠名	裝置容量	13 時 58 分 (淨發電量)	16 時 50 分 (淨發電量)	說明
燃煤火力	台中	5500.0	5258.3	5289.3	#3 0:00-6:22 粉煤機不良減載、14:02-14:32 粉煤機換台操作減載 #5 17:05 跳脫 21:17 併聯 #9 引風機設備減載 備註 3
	興達(燃煤)	2100.0	1955.9	1965.7	#1 振動減載;備註 3
	大林(燃煤) (尚未商轉)	800.0	175.5	0.0	#1 0:00-15:32 竣工試運轉
重油	協和	2000.0	1769.9	1775.1	#1 #2 #4 鍋爐振動減載 #3 9:30-19:00 環保試驗 備註 3
	大林(重油)	750.0	517.3	515.5	送風機設備減載、備註 3
天然氣	大潭 (複循環)	4384.2	4122.1	4156.7	外溫高減載、16:51 天然氣壓力突降跳機、備註 3
	通霄 (複循環)	1857.0	1486.2	1495.0	G1-2 故障、G3-3 故障、G3-1 16:51 跳脫 CC#1 #2 #3 機組老舊減載 CC#4 #5 #6 外溫高減載 備註 3
	興達 (複循環)	2226.0	1971.3	1978.0	外溫高減載、備註 3
	南部 (複循環)	1117.8	1007.0	1010.5	#1 #3 #4 外溫高減載、 #4 8:25-16:20 環保試驗 備註 3
	大林 (汽力)	1050.0	1007.9	1007.2	#5 線圈問題減載、備註 3
輕油火力	核能 Gas	233.0 (核電廠全黑起 動氣渦輪機、 不計入裝置容 量)	214.8	222.2	核二 GT1 電機問題減載、 核二 GT1 10:04-11:26 故障
	台中 Gas	280.0	214.3	217.0	機組老舊減載

單位：MW					
燃料別	發電廠名	裝置容量	13 時 58 分 (淨發電量)	16 時 50 分 (淨發電量)	說明
	離島 (燃料油) (含金馬)	293.2	150.0	150.0	
	風力(含外島)	294.0	56.5	29.9	風況影響
	太陽能光電	18.2	11.1	3.7	因傍晚太陽光影響
水庫 水力	大甲溪				
	德基	234.0	159.7	230.5	備註 4
	青山	368.0	379.5	382.5	滿載發電
	谷關	217.8	189.1	189.1	滿載發電
	天輪	195.0	194.7	188.3	滿載發電
	馬鞍	133.5	131.7	128.9	滿載發電
	濁水溪				
	萬大	40.4	39.9	39.8	滿載
	觀一	110.0	48.2	11.7	配合調度發電、備註 4
	鉅工	43.5	7.6	4.9	調整池水位限制
調整池	碧海	61.2	59.7	20.3	天然流量因素
	立霧	32.0	16.8	16.8	天然流量因素
	龍澗	97.2	75.5	16.2	天然流量因素
	卓蘭	80.0	80.6	51.1	備註 4
	水里	12.8	8.3	10.8	下池水位限制
	川流式水力 (含烏桂)	174.9	110.8	101.6	天然流量因素
抽蓄發電	觀二	1000.0	607.6	145.6	下池水位限制供電能力受限
	明潭	1602.0	1003.9	629.6	18:24-22:45 調節性放水·下池水位限制供電能力受限

單位：MW					
燃料別	發電廠名	裝置容量	13 時 58 分 (淨發電量)	16 時 50 分 (淨發電量)	說明
外購電力	民營電廠				
	和平	1297.1	596.6	602.1	#1 煤質不良減載、5:38 爐管 破解聯、#2 煤質不良減載、備 註 3
	麥寮	1800.0	1706.1	1709.9	備註 3
	海湖	900.0	893.9	897.2	
	國光	480.0	441.5	444.2	外溫高減載
	新桃	600.0	599.4	602.3	
	星彰	490.0	492.6	493.7	備註 5
	星元	490.0	513.8	515.1	備註 5
	嘉惠	670.0	684.0	683.5	備註 5
	豐德	980.0	968.5	984.4	備註 5
	購電水力				
	翡翠	70.0	71.0	0	10:00-15:30 下游需求放水發電
	石門	90.0	55.8	55.5	7:20-12:48 外單位工程停機
	曾文	50.0	50.2	50.1	
	義興	40.0	26.2	26.3	天然流量因素
	民營再生 (風、光、小 水力)	1648.0	829.9	280.6	太陽能發電減少
	汽電共生	622.1	1128.3	1120.4	備註 6
	合計		36445.05	34809.4	

備註:

- 1.資料來源為台電公司電能管理系統(Energy Management System, EMS)之歷史資料系統(Historical Information System,HIS)。
- 2.由於發電機組資料收集頻率為 2 秒 1 次，資料量相當龐大，所以歷史資料系統在儲存時會使用資料壓縮技術處理，日後讀取資料時則必須先解壓縮後再呈現，故與實際數值間可能會有些微差距。
- 3.裝置容量與淨發電量差異之說明：裝置容量通常以構成該機組之原動機或發電機之設計容量(名牌所列發定額容量)稱之(取用二者中較小者)，如以系統而論則為該系統所有發電廠裝置容量之和；淨發電量為發電廠發電機所產生之電能，電力系統上屬於公司發電廠之輸出電能。(廠毛發電量 - 廠內用電)
- 4.13:58 與 16:50 分之發電量差異係為自動發電量控制 (Automatic Generation Control,

AGC) 頻率所致

- 5.淨發電量高於裝置容量之說明：部分火力機組因機組配件升級、環境溫度較低、機組效能測試等因素之影響，致使淨發電量可能高於裝置容量，惟大多屬短暫性現象，亦不影響台電與民營電廠之全年合約購電量。
- 6.台電公司所購入汽電共生係為餘電收購，有淨發電量貢獻，其中垃圾及沼氣計入裝置容量，其餘不計入台電公司系統裝置容量。

二、大潭電廠供電情形

大潭電廠位於桃園市觀音區大潭濱海工業區，該廠裝設天然氣燃料之 6 部複循環機組，裝置容量合計 438.42 萬瓩(詳表 2)，事故發生當日 16 時 50 分發電量為 415.67 萬瓩，約佔當時全台供電能力 11.94%。

表 2 大潭電廠發電機組裝置容量一覽表

機 組	商轉日期	裝置容量(瓩)	燃料種類
大潭複一機	95.08.17	742,700	天然氣
大潭複二機	95.12.26	742,700	天然氣
大潭複三機	96.11.12	724,700	天然氣
大潭複四機	96.11.12	724,700	天然氣
大潭複五機	97.07.03	724,700	天然氣
大潭複六機	98.1.14	724,700	天然氣
合計		4,384,200	

(資料來源:台電公司)

三、中油公司大潭計量站供氣狀況

大潭電廠使用之天然氣係由台灣中油股份有限公司(以下簡稱中油公司)台中接收站以海管加壓供應，中油公司桃園供氣中心大潭隔離站下轄之計量站(以下簡稱大潭計量站)於 8 月 15 日事故發生前 15 時至 16 時氣源供應狀態(超音波流量計編號:2262 及 2264)如下：

- 1、供氣量:768,525 m³/hr
- 2、平均供氣壓力:56.23kg/cm²(絕對壓力)
- 3、平均溫度:24.25°C
- 4、供氣熱值:9,443kcal/m³

貳、事故發生及處置經過

一、大潭計量站部分

(一)中油公司桃園供氣中心大潭隔離站分散式控制系統 (Distributed Control System，以下簡稱 DCS)之電源供應器，因散熱風扇將灰塵吸入電源供應器，致使該站於 105 年 4 月 1 日及 4 日發生電源供應器短路現象，為避免再發生類似故障，遂規劃更換大潭隔離站電源供應器 6 台(其中 4 台已於 8 月 5 日換裝完成)及計量站 4 台。

(二)依中油公司說明，大潭計量站 DCS 有 2 個控制器，每個控制器配置有 2 個電源供應器。其中，第 2 控制器 (以下簡稱 DCS#2) 控制 8 個電動閥(Motor-Operated Valve，以下簡稱 MOV)，其配置主、副 2 個電源供應器於 8 月 10 日已順利更換完成；第 1 控制器 (以下簡稱 DCS#1) 控制 20 個 MOV，其配置 2 個主、副電源供應器則於 8 月 15 日進行更換。(詳圖 2)

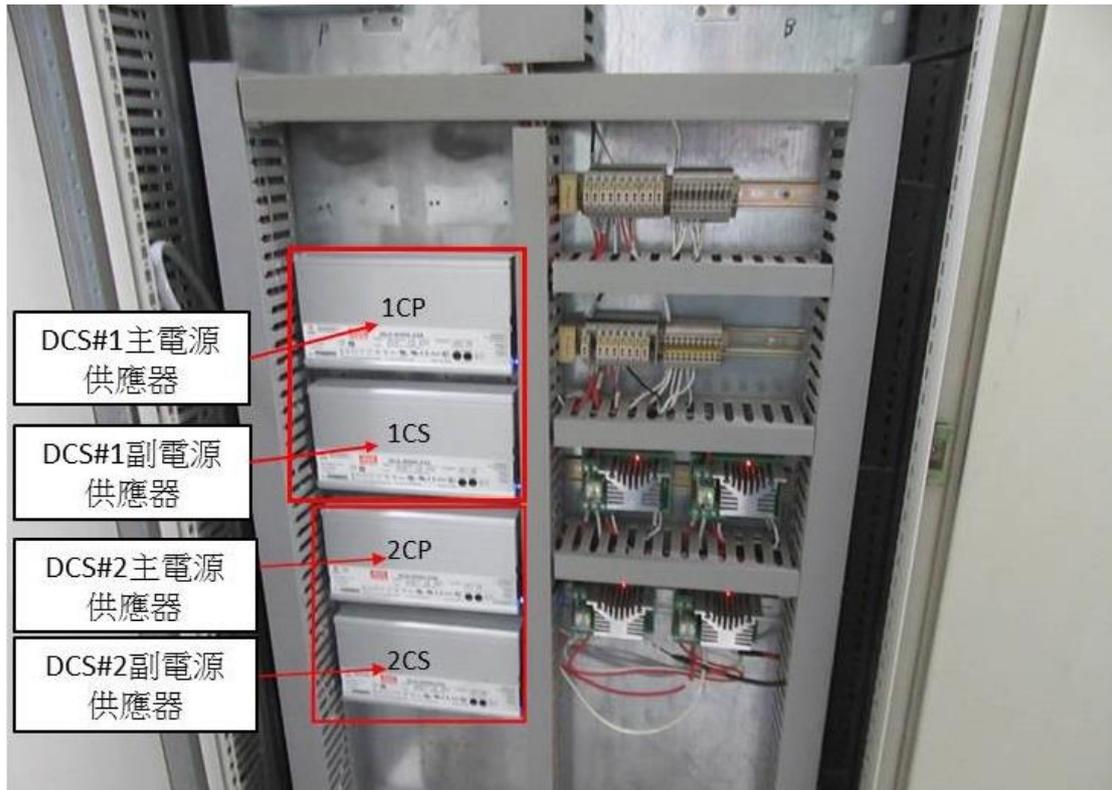


圖 2 主、副電源供應器配置圖

(資料來源:中油公司)

(三)8月15日，中油公司值班人員(蕭員)偕同委外廠商維修人員(游員)於13時30分進入大潭計量站，經中油公司與委外廠商雙方人員簽認非動火工作許可證後，進行電源供應器更換並由委外廠商維修人員施工。(詳圖3)



圖 3 8 月 15 日大潭計量站更換電源供應器施工照片

(資料來源:中油公司)

(四)據中油公司說明，當時控制輸往大潭電廠天然氣 2 個關鍵 MOV，其中 MOV-2229 之燈號係呈綠燈狀態(表示開啟)，MOV-2230 為關閉狀態。委外廠商維修人員(游員)為使 DCS#1 能夠維持通電狀態，讓系統能夠持續運作，該廠商維修人員先由 DCS#2 之主電源供應器(2CP)搭接 1 組(2 條)臨時搭接線至 DCS#1 之副供應電源(1CS)端，暫供 DCS#1 使用，俟切除 DCS#1 之主、副 2 個電源供應器之電源，並完成換裝該 2 個電源供應器後(如圖 4)，於 16 時 48 分 DCS#1 電源瞬間中斷，系統自動重新啟動(Cold Restart)，導致 DCS#1 所控制之 MOV-2229 關閉(MOV-2230 原已關閉)，造成台電公司大潭電廠供氣壓力下降。中油公司值班人員隨即於 16 時 52 分及 17 時 11 分下指令，分別開啟上開 2 個 MOV，相關經過詳表 3。

大潭計量站監控系統

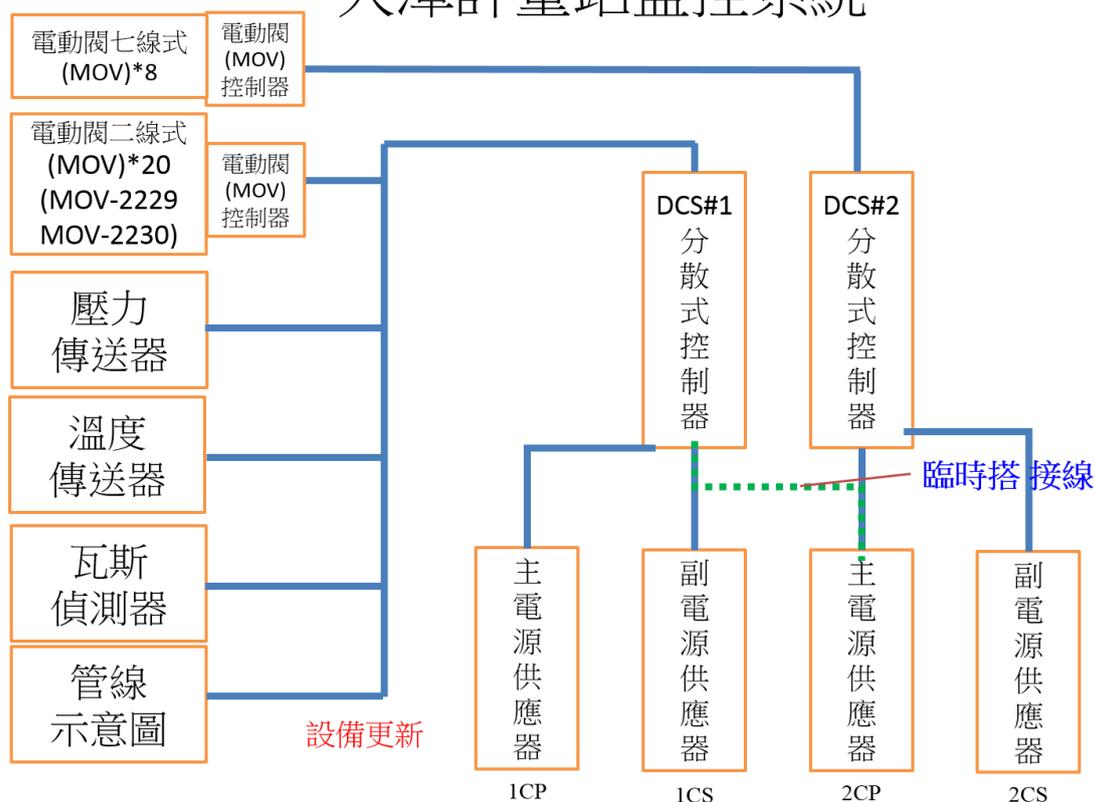


圖 4 大潭電廠計量站監控系統圖

(資料來源:中油公司)

表 3 8 月 15 日本事件相關之天然氣供應處理時序

時間	中油說明
13:30	委外廠商維修人員 (游員) 進場
13:40	簽認非動火工作許可證
13:40	更換 DCS#1 之 2 個電源供應器
13:49:54	DCS#1 副供應電源(1CS)警報(抽換電源器開始)
14:02:20	DCS#1 主供應電源(1CP)警報(抽換電源器)
14:05-16:00	拆裝 2 個電源供應器委外廠商維修人員(游員)請中油公司值班人員(方員)至 DCS 操作台螢幕前準備確認脫離警報 (臨時搭接線脫離副電供應器)
16:44:00	DCS#1 主供應電源(1CP)警報(復電)
16:45:04	DCS#1 副供應電源 (1CS) 警報(拆臨時搭接線)
16:47:50	DCS#1 電源發生瞬間中斷

16:47:52	DCS#1 故障警報·通訊中斷·DCS#1 無法讀取 MOV 開關狀態
16:48:13	DCS#1 重新啟動·發生警報·當時方員在 DCS 操作台工作·接著發生 MOV 閃爍無法控制之情況
16:48:14	MOV- 2229 自動關閉(關閉時間從全開至全關約 140 秒)
16:50:40	供氣壓力下降
16:52:17	值班人員(方員)下 DCS 指令打開 MOV- 2229
16:54:24	MOV -2229 全開
17:11:09	值班人員(方員)下達 DCS 指令打開 MOV -2230
17:13:00	委外廠商維修人員(游員)簽退(根據工作許可證回簽時間)
17:13:13	MOV- 2230 全開

註：DCS 顯示時間較慢·需加 8 分鐘始為實際時間

(資料來源:中油公司)

二、大潭電廠部分

8 月 15 日 16 時 51 分 02 秒因中油公司天然氣供應中斷·造成大潭電廠 6 部機組陸續跳機·瞬間減少 415.67 萬瓩供電量。

三、台電公司部分

由於電力供需嚴重失衡·系統頻率瞬間快速下降·為確保全國電力系統穩定·低頻電驛(電力系統保護設備)於 16 時 51 分自動啟動切離部分用戶·卸載約 336 萬瓩·初期影響約 154 萬戶·經低頻卸載及緊急調度抽蓄機組因應後·系統頻率於 16 時 58 分恢復至穩態(60Hz)。並自當日 18 時 0 分起執行 4 輪全台緊急分區輪流停電(影響範圍如表 4)。嗣後依大潭機組恢復供電情況·逐步減少輪流停電戶數·所有跳脫機組因需安全檢查方可熱機啟動·於當日 18 時 49 分陸續恢復併聯發電·至 21 時 40 分各地恢復正常供電·全面解除限電·相關經過詳圖

5 及表 5。

表 4 8 月 15 日停電事故各階段影響範圍表

影響範圍		
階段	卸載(限電)量	受影響戶數
低頻電驛自動卸載		約 154 萬戶
緊急分區 輪流停電	第一輪 (18:00-18:50)	約 329.3 萬戶
	第二輪 (18:50-20:00)	約 298.2 萬戶
	第三輪 (20:00-20:50)	約 173.2 萬戶
	第四輪 (20:50-21:40)	約 69.2 萬戶
備註:扣除重複停電戶後, 共計約 592 萬戶受影響		

(資料來源:台電公司)

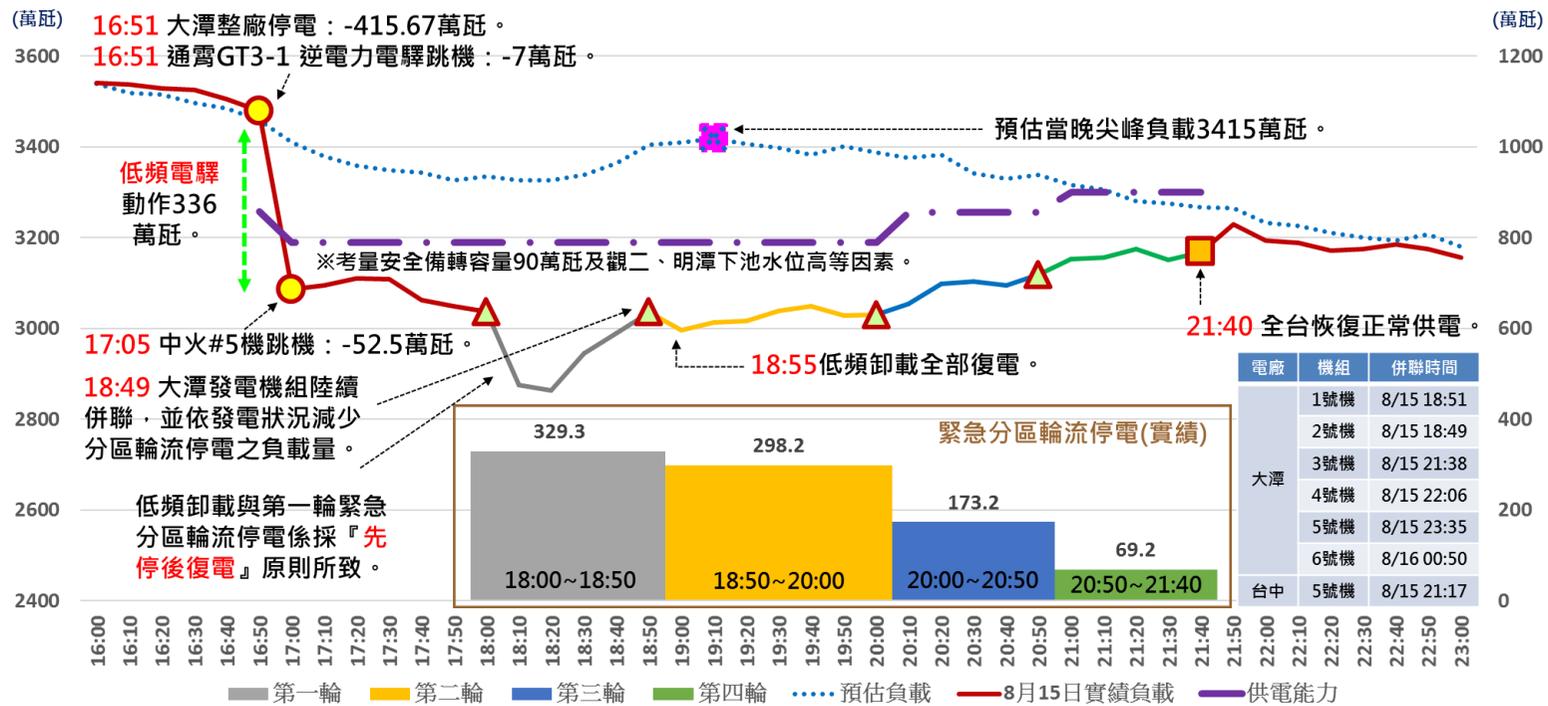


圖 5 8 月 15 日事故電力供需時序說明

(資料來源:台電公司)

- 16:51 事故發生後，預估 19:00 尖峰負載 3415 萬瓩，估算各電廠機組狀態與供電能力約 3190 萬瓩(其中包括大潭電廠、台中#5、通霄#3-1、大林新#1、太陽光電遞減等發電能力減少)，供電能力不足約 315 萬瓩(缺電量 225 萬瓩+安全備轉容量 90 萬瓩)。
- 考量觀二、明潭下池水位高，規劃第 1 輪(18:00~18:50)及第 2 輪(18:50~20:00)全系統分區輪流停電 300 萬瓩；第 3 輪(20:00~20:50)及第 4 輪(20:50~21:40)，另大潭機組及台中 G5 已陸續併聯升載且負載趨勢持續下降，分別限電 150 萬瓩及 70 萬瓩。

表 5 電力停復電處理時序-電力停復電處理時序

時間	台電報告
8月15日 16:51	大潭電廠 6 部機組跳機
17:05	台中電廠 5 號機跳機
18:00	第 1 輪(18:00-18:50)限電量 329.3 萬瓩
18:50-20:00	第 2 輪(18:50-20:00)限電量 298.2 萬瓩
18:49	大潭電廠 2 號機併聯發電
18:51	大潭電廠 1 號機併聯發電。
20:00	第 3 輪(20:00-20:50)限電量 173.2 萬瓩
20:50	第 4 輪(20:50-21:40)限電量 69.2 萬瓩
21:17	台中電廠 5 號機併聯發電
21:38	大潭電廠 3 號機併聯發電
21:40	8 月 15 日 21 時 40 分解除緊急分區輪流停電，全台恢復正常供電
22:06	大潭電廠 4 號機併聯發電。
23:35	大潭電廠 5 號機併聯發電
8 月 16 日 0:50	大潭電廠 6 號機併聯發電

(資料來源:台電公司)

註:大潭電廠 1-2 號機為空氣冷卻式燃燒器，3-6 號機為蒸汽冷卻式燃燒器，須藉由 1 或 2 號機先啟動後，提供蒸汽源才能啟動機組。

參、事故調查及原因研判

一、現場設備及資料蒐集說明

(一)資料蒐集：為了解相關管理及作業規定與是否落實辦理，經蒐集：1.「台電、台灣中油天然氣供需聯繫機制及預警制度」2.「大潭發電廠天然氣緊急應變操作程序」3.「大潭電廠發電用天然氣買賣合約」4.「天然氣作業手冊」5.「中油公司天然氣事業部-工作許可管制細則」6.「中油公司天然氣事業部-風險管理及危機處理作業細則」7.「中油公司-變更管理準則」8.「台灣電力股份有限公司營業規則」9.「電源不足時期限限制用電辦法」及 10.「台電公司-低頻卸載作業要點」等，於本次事故相關規定重點內容彙整如附件 2。

(二)有關 8 月 15 日 16 時 47 分前操作條件詳如一事故前狀態，於事故發生之 16 時 47 分至 16 時 48 分間，電源供應器斷電 21 秒，所有操作數據無顯示，DSC#1 重新啟動後，MOV-2229(MOV-2230 事故前已關閉)開始關閉，壓力逐漸下降，氣源供應狀態如下：

1、16 時 50 分壓力下降至約 42.4 kg/cm²。

2、16 時 53 分壓力恢復至約 55 kg/cm²，壓力趨勢圖(詳圖 6)及 DCS 系統事件紀錄(event log，DCS 顯示時間較慢，需加 8 分鐘始為實際時間)(如附件 3)。

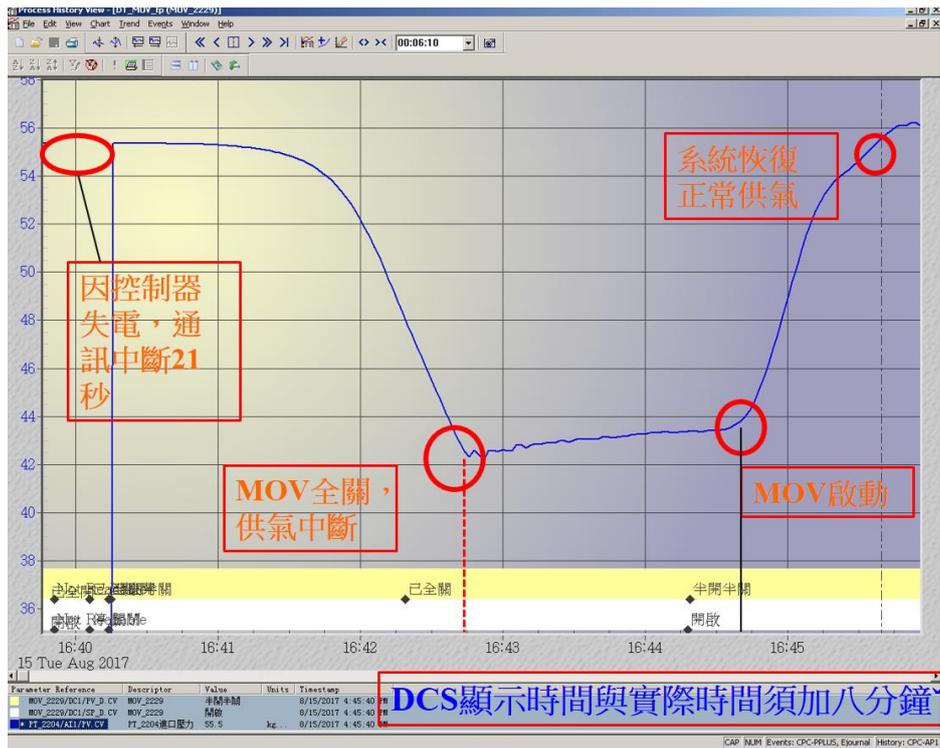


圖 6 中油公司供氣壓力時間趨勢圖

(資料來源:中油公司)

中油公司大潭計量站製程流程及監控系統如下:

大潭計量站供氣管線經主關斷 MOV-2229 及 MOV-2230 後均匯入壓力傳送器 PT2204(以下簡稱 PT2204)，無雙迴路設計，且均由 DCS#1 控制，詳圖 7。

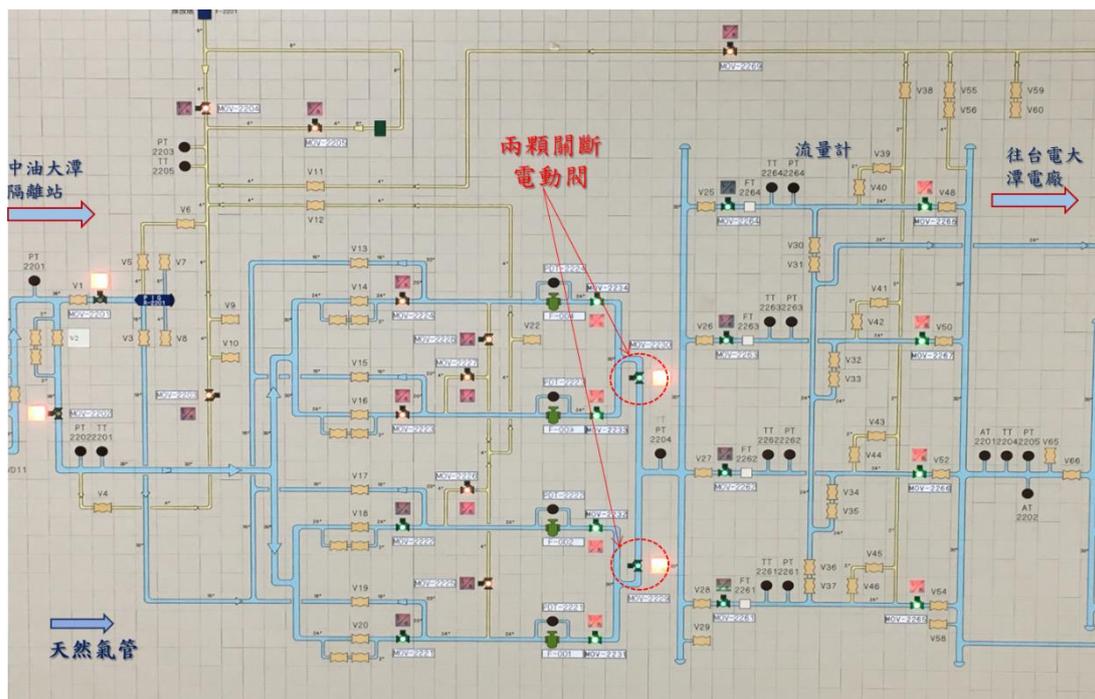


圖 7 大潭計量站製程流程圖

(資料來源:中油公司)

二、現場實勘

(一)本專案小組於 8 月 24 日至大潭計量站進行現勘，事發時之中油現場值班人員到場協助向委員說明。(如圖 8、圖 9)



圖 8 8 月 24 日大潭計量站現場實勘



圖 9 8月24日大潭計量站現場實勘

(二)依中油公司提供之資料，8月15日16時中油公司大潭計量站值班人員由蕭員交接予方員。事故現場發生時人員設備現場重建相關位置詳圖10~圖12。

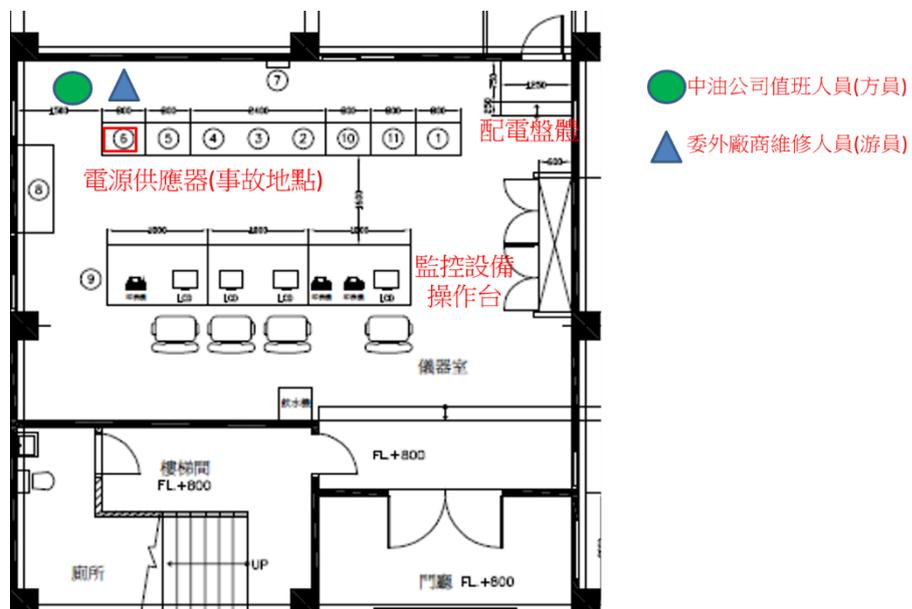


圖 10 相關人員關係示意圖-拆臨時搭接線時人員位置

(資料來源:中油公司)

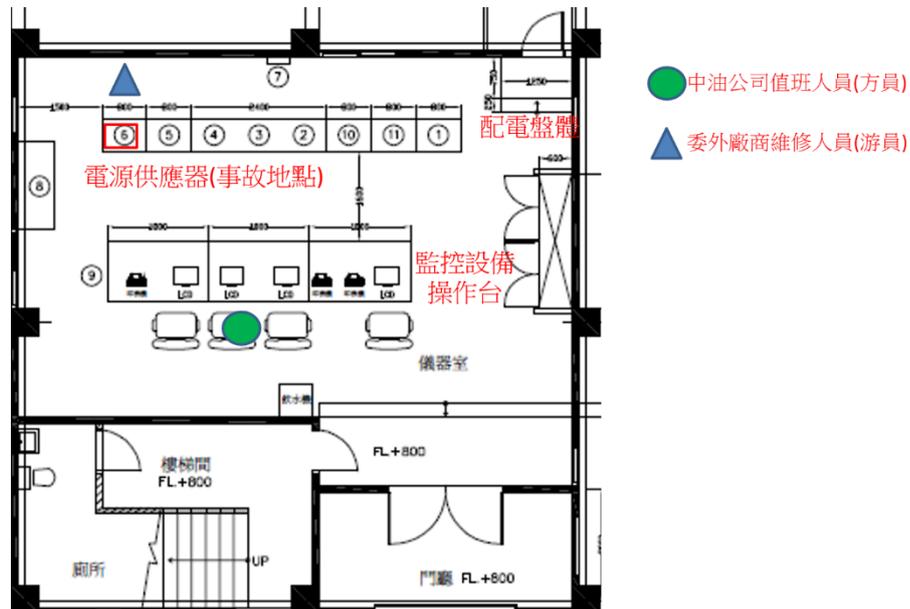


圖 11 相關人員關係示意圖-關閉警報時人員位置

(資料來源:中油公司)



圖 12 大潭計量站事故相關人員關係示意圖

(資料來源:中油公司)

三、會議討論

經召開 5 次調查專案小組會議及現場實勘，並於 8 月 31 日第 4 次專案小組會議中，邀請中油公司委外廠商出席說明。

四、原因研判

依現有相關資料及數據研判，針對事故起因、未發揮多層防護機制及維護作業執行風險分析如下：

(一)事故起因：

- 1、委外廠商維修人員(游員)於 16 時 45 分起開始進行臨時搭接線拆除作業，拆除時副電源供應器 AC 側之端子保險絲 (TERMINAL FUSE)尚未投入，主電源供應器 AC 側之端子保險絲則已投入。
- 2、委外廠商維修人員於進行拆除臨時搭接線作業期間，DCS#1 電源中斷 21 秒同時通訊也中斷。
- 3、電源中斷造成 DCS#1 重新啟動，並執行 MOV 關閉動作：
 - (1)按 DCS 電腦操作歷史記錄顯示 16 時 47 分 52 秒至 16 時 48 分 13 秒期間，DCS 系統電源中斷，斷訊 21 秒。
 - (2)DCS#1 重新啟動執行 download 程式，DCS#1 管轄下之所有 MOV 執行關閉動作(依據預設值(default)進行 MOV 關斷動作)，並發出警報，致造成台電公司大潭電廠供氣中斷。
- 4、中油公司值班人員(方員)於 16 時 52 分下達 DCS 指令打開 MOV-2229，迄 16 時 54 分 MOV-2229 始全開。供氣壓力持續下降。
- 5、因前述原因，中油公司天然氣供氣壓力不足，台電大潭電廠 6 部機組全部跳機(415.67 萬瓩)，導致自動保護設備啟動，即低頻電驛自動卸載，卸除 154 萬用戶，約 336 萬瓩。
- 6、中油公司值班人員下達 DCS 指令打開 MOV-2230，迄 17 時

13 分 MOV -2230 始全開。

7、台電公司緊急應變自 18 時 0 分起執行全台各地 4 階段緊急分區輪流停電，迄 21 時 40 分全台恢復正常供電。大潭電廠 1 至 6 號機組分別於 18 時 51 分、18 時 49 分、21 時 38 分、22 時 06 分、23 時 35 分、8 月 16 日 0 時 50 分陸續恢復併聯發電。

(二) 操作流程未落實風險控管:

委外廠商在更新計量站電源供應器採用臨時搭接線施作，可能肇致以下疏失風險：

- 1、未外接不斷電系統(Uninterruptible Power Supply, UPS)提供施工所需的 24V DC，卻由 DSC#2 主電源供應器引接電源，致所引接的電源 24V DC 的火線一旦接地即會產生短路故障。
- 2、此臨時搭接線因長度不足而另作接續，接續處蕊線有誤觸機殼造成短路的風險。
- 3、此臨時搭接線未設接線端子而係以蕊線固鎖，提高固鎖及拆線過程中易誤觸機殼造成短路之風險。

(三)未妥善落實多層防護機制：

1、操作流程

(1)使用臨時搭接線，DCS#1 之 2 個電源供應器被陸續關斷。

(2)維護 DCS 工作期間，未將 MOV 改為現場手動操作模式。

2、系統設計

(1)主副電源供應器相鄰設置且現有重要 MOV 均規劃在同一分散式控制系統(DCS#1)控制器上，當控制器異常時會同時關閉

MOV。

- (2)台電公司大潭電廠供氣來源未分散設置，僅由單一管線供氣。中油公司原供氣控制系統設計不佳，且大潭計量站控制系統未隨台電公司大潭電廠機組天然氣用量增加，適時檢討相關供氣控制系統設定。

3、營運管理

- (1)中油公司更換重要設備(不同型式之電源供應器)未實施變更管理程序。

- (2)中油公司未依風險管理與安全連鎖邏輯修訂 MOV 操作及電源供應器維修之標準作業程序(Standard Operation Procedure, SOP)，且維護 DCS 工作期間，有關 MOV 改為現場手動操作模式之標準作業程序規定未明確。

- (3)台電及中油公司天然氣供應系統風險分散及斷氣風險之管控機制不足，且未落實風險評估。氣源風險包括：台中港天然氣接收站、儲氣槽、海管、由海管至大潭電廠的天然氣隔離站、計量站等之可能風險。管控能力不足包括：僅單一氣源、至計量站的氣管設計仍具有斷氣風險、未作失效模式影響分析(Failure Mode and Effect Analysis)等，遂未能辨認出潛在的失效模式(Failure Mode)，而致未對其進行管制作業。

- (4)中油公司與委外廠商認知及員工教育訓練不足。

肆、事故責任檢討

一、中油公司部分

(一)未訂定明確更換電源供應器相關標準作業程序及要求維修計畫送審核定

中油公司訂定「天然氣作業手冊」，有關配氣站、隔離站及開關站之作業規範僅有原則性規定。經了解本次事故現場更換電源供應器時，係由委外廠商依過去經驗執行，該公司於事故後(106年8月22日)方擬訂相關規定，顯然當時尚無明確之標準作業程序或要求委外廠商提供維修計畫送審核定。亦未建立維護DCS工作期間，有關MOV改為手動操作模式之標準作業程序，未依風險管理與安全連鎖邏輯修訂電動閥操作及維修之標準作業程序。顯見中油公司在制度面未與時俱進，管理面及執行面有行政疏失之責。

(二)未落實風險管理及進行必要之安全防護

本次事故更換不同類型電源供應器及設置臨時搭接線，涉及可能引起斷電之風險，中油公司應進行風險評估，訂定管理計畫，進行人員訓練，並於施工過程中進行必要之安全防護，顯見該公司有督導不周未落實管理之責。

(三)未依供氣合約及聯繫通報機制通知台電公司

台電公司及中油公司考量供氣風險，建立「大潭發電廠天然氣緊急應變操作程序」，並於聯繫通報機制規定，大潭隔離站或大潭計量站計畫性設備檢修，可能影響供氣時，需事先知

會大潭發電廠，並於操作前再告知。另依大潭電廠供氣合約第 7 條(責任分界點)規定：「雙方同意以附件 6-2 所示天然氣計量站之主計量錶組件之輸氣管線出口端連接核對計量錶組件輸氣管線進口接頭處之位置為責任分界點。天然氣之供輸風險及所有權自責任分界點起移轉。責任分界點賣方(即中油公司)側所有供應天然氣所需之設備及輸氣管線由賣方負責施工建造及維護，於大潭電廠內施工或進行維護時，應事前知會買方(即台電公司)並配合買方指示為之」。本次中油公司更換電源供應器時未依上開規訂通知台電公司，本案委外廠商亦由中油公司以訪客名義登記帶入大潭電廠，爰中油公司在執行供氣合約及聯繫通報顯有未善盡通知之責。

(四)施工過程未落實核准施工權責及未善盡監督之責

本次電源供應器維修影響重大僅由現場值班人員(蕭員)簽可非動火工作許可證，並於維修完成後由接班之值班人員(方員)簽認交還，且亦未見相關主管現場監督紀錄，相關主管有督導不周之責。

二、台電公司部分

(一)低頻卸載及緊急分區輪流停限電缺乏預警：

因供氣中斷致台電公司大潭電廠 6 部機組跳機(415.67 萬瓩)，復因自動保護設備啟動切離部分用戶，造成用戶停電，復因發電機無法於短時間內重新啟動，台電公司為免原停電用戶無電過久，進行緊急分區輪流限電，處置上雖尚符系統安全需求，惟緊急分區輪流限電部分仍屬計畫性限停電，缺乏預

警機制造成民眾不安及不便。

(二)低頻卸載後恢復供電作業未盡周延：

台電公司低頻卸載後恢復供電過程，應在維持系統穩定前提下，加速恢復受低頻卸載停電用戶之供電，減少受影響之停電用戶數，包括考量復電瞬間的冷載重拾(Cold Load Pickup)造成饋線誤跳脫風險等，恢復供電作業應予精進。

(三)因應低頻卸載後，其他電廠機組控制模式應變不足：

為協助電力系統頻率穩定，事故發生後，在未確認系統完全恢復正常情況下，將台中火力發電廠 5 號機調速機控制器由手動改自動，造成該機組跳機，減少系統出力，機組控制模式設定未考慮系統頻率在事故後可能發生的變化量，相關作業應予檢討。

伍、改善對策與建議

一、可立即執行事項

(一)通案性部分

1、立即啟動全面體檢及風險管理：

(1)台電公司及中油公司應立即啟動全面體檢，特別針對全台天然氣電廠關鍵性弱點儘早予以排除，避免事故再度發生，特別是應共同檢討大潭電廠供氣模式及將重要 MOV 改成分別操作模式。

(2)找出關鍵性操作及維修作業，針對類此關鍵性操作及維修作業建立更明確之標準作業程序，委外廠商施作時，應在全程現場監督及共同作業。

2、立即落實共同管理機制：為避免近期類似情況再度發生，請台電及中油公司即刻協調，有效落實事前通知作為；請台電公司落實主動參與供氣端維運之必要作業程序，以確保供氣及發電系統正常運作。

3、關鍵性操作、維修應全程錄影記錄：前置安全檢查規定尚不明確，致現場維修時無法具體落實，操作、維修記錄缺乏，應全程錄影記錄。

4、強化教育訓練及應變演練：關鍵性操作及維修作業雖然委外作業，公司員工仍應熟悉相關作業，員工之專業及現場操作能力不足，以及公司內部之人力編配等問題，致緊急應變能力不佳，應強化員工專業訓練及妥善編配人力；平時即應落實防災演練。

強化緊急應變能力，發生警報即可採取斷然處置避免斷氣，及縮短復電所須時間。

- 5、**建築物昇降設備應設置緊急發電機**:建議內政部檢討修正「建築技術規則」，以避免停電造成人員受困電梯，並建議經濟部配合檢討修正「屋內線路裝置規則」。

(二)中油公司部分

- 1、**供氣系統風險分散**:將重要 MOV 改分別規劃建置在 DCS#1、及 DCS#2 上，防止任一控制器異常時，使重要 MOV 同時關閉，建立失效安全機制。
- 2、**強化標準作業程序規定**:中油公司(桃園供氣中心)已於 106 年 8 月 22 日訂定更換電源供應器工作指導書(標準作業程序)，亦應針對主要供氣管線更換 DCS 電源供應器，建立相關標準作業程序(維護 DCS 工作期程將 MOV 改為手動操作模式)。
- 3、**落實變更管理作業**:更換重要設備皆應執行危害評估；在更換不同類型之電源供應器或其他設備時，應實施變更管理程序。
- 4、**落實聯繫通報機制**:凡涉及電廠供氣系統之維修調整等作業事項，請中油公司均應依契約規定及通報聯繫機制取得台電公司同意。
- 5、**落實人員教育訓練及證照制度**:檢討相關執行人員及委外廠商的在職訓練(是否已充分了解標準作業程序)，另儀電維修人員建議應有工業配線或工業儀器等技术士證照。

(三)台電公司部分

- 1、**研議提高備轉容量可行性**:請台電公司檢討民營電廠 (Independent Power Producer, IPP)及汽電共生廠於緊急狀況

時提高供電可行性，以降低分區輪流限電戶數。台電公司調查早期設置之燃油汽電共生廠之間置容量，研議於備轉容量偏低時以較優惠之價格購電(包括購買需量反應卸載容量)，以提高備轉容量。

2、持續精進分區停限電操作模式及預警機制

(1)持續精進分區停限電操作:台電公司低頻卸載及分區停限電處置，雖依現有機制辦理，惟大量發電機組跳機之預防措施、低頻卸載及分區輪流停電操作模式等，仍有檢討精進空間，以儘量減少受影響用戶數，縮短停限電時間。另交通、主要號誌等公共運輸或維生系統，應逐步建置獨立供電回路，降低交通事故或使用系統之衝擊，確保停電時重要系統仍能持續運作。

(2)預警通知:分區輪流停限電雖屬緊急，但其各階段分區輪流停電的戶數與負載量均屬計畫性、可預期的停電作為，台電公司遇有重大電力事件，應立即將事件重點文字作為首頁，以利民眾瞭解狀況，為避免網路壅塞，應研議以簡訊、媒體或其他方式通知受分區輪流停電饋線的用戶【建議可在其停電管理系統(Outage Management System,OMS)或其他管理系統增加此一功能】，並提供各縣市政府或其緊急應變中心掌握其所轄受分區輪流停電的饋線與用戶數等資訊，俾可預為因應，減少損害程度，並降低突然停電造成民眾的不便。

二、中長期改善建議

(一)通案性部分

1、建立多層防護機制：

- (1)為保障類似事故不再發生，中油公司及台電公司應朝多層防護概念，建立更完整預防機制，中油及台電公司應全面清查單一路線系統，尤其是影響供氣、供電甚鉅之脆弱系統。
- (2)台電公司及中油公司對於此失效模式影響分析(Failure Mode and Effect Analysis)當中屬關鍵模式(Critical Mode)之工程，應設置標準作業程序、施工作業等審查機制並由審查單位(類似核能電廠的品質課)會同現場監工。
- (3)為推動能源轉型，需改善電力系統體質，提高發輸配電容量，以強化系統韌性與彈性，降低系統擾動之影響，並因應未來大量再生能源併網衝擊，應就我國電力供應系統進行總體檢。

2、提升燃料供應之餘裕及穩定度：

- (1)**強化聯合管理機制：**中油公司及台電公司應通力合作，全面通盤檢討強化系統設計及聯合管理機制。研議有效對策，增加供氣餘裕，以強化大潭等燃氣電廠之供氣系統穩定度。
- (2)**解決天然氣接收站之營運超載量：**未來燃氣供電佔比將達50%，勢必增加天然氣需求，應及早因應，避免天然氣接收站及相關設施之營運量超載。
- (3)**全面檢視及監控天然氣接收站及管線弱點：**對於天然氣接收站及電廠汲取海水使用，應保持海水取水口暢通維護，亦應全面檢視及監控天然氣管線相關弱點，以為因應。

3、強化供電供氣系統耐災韌性或應變能力：

請中油公司及台電公司檢討大潭電廠因應火災事故的斷氣模式，並共同檢討其他燃氣電廠供氣及斷氣模式，以避免類似事件再度發生。

(二)中油公司部分

- 1、**檢討改善早期未有多層防護之系統及設定**：MOV-2229 及 MOV-2230 均由 DCS# 1 控制，同時供氣管線均匯入 PT2204 管線，係為早期設計，並未隨台電大潭電廠擴建而改善相關系統，建議應即檢討改善。並請中油公司督促 DCS 供應商檢討控制器重新再啟動時，所有 MOV 被關閉的妥適性。
- 2、**全面區隔關鍵性與一般性 MOV**：建議中油公司全面將關鍵 MOV 與一般 MOV 予以區隔，並規劃改由不同控制器進行控制，除可分散風險外，亦可針對關鍵 MOV 之控制器訂定更為嚴謹之檢修標準作業程序，降低作業錯誤之可能。
- 3、**指派專責監督人力，訂定縝密的施工計畫與防護措施**：本次事件中，MOV 若由遠端控制模式(Remote)改為現場手動模式(Local)，或可避免關鍵 MOV 啟動自動關閉機制，不至造成天然氣中斷；惟切換為手動模式，將對現場人員解決現場突發狀況形成沉重壓力，更可能因人員失誤造成事故，因此，採取現場手動控制模式時，不宜僅有 2 位工作人員，建議應考慮配置更多的現場人力，指派專責監督人力，訂定縝密之施工計畫及防護措施，防止可能之突發事件。
- 4、**簡化儀錶設計並加強教育訓練**：天然氣計量控制室為無人操作室，儀錶板設計恐過於複雜，對人員交接班、新進同仁操作時，容易造成疏忽，應再加強教育訓練或改善。
- 5、**契約責任循爭議處理程序辦理**：未來中油公司與委外廠商間恐因求償而衍生責任釐清相關問題，考量雙方皆主張有契約存在，建議中油公司應與委外廠商循民事爭議處理程序處理，

必要時應共同委請第三公正機構進行釐清，以平息爭議。

(三)台電公司部分

1、積極趕趕興建中之電廠更新擴建(改建)計畫工進

台電公司目前興建中之電廠包括大潭#7 第 1 階段單循環機組、林口新#3、通霄新#1~#3、大林新#1~#2，裝置容量合計 568 萬瓩，目前各計畫工程進度均有落後，應積極趕趕進度，俾提升備轉容量率，充沛供電能力。

2、加速進行電網韌性提升

台電公司已提出整體電網強韌度分析及改進計畫，作法包括：大型電廠須 2 路引出線；新建松湖等變電所及輸電線路以改善電網供電瓶頸；強化鐵塔基礎、提高耐風強度及線路容量；執行強化配電線路防災韌性計畫等。請台電公司積極辦理，加速進行，以提升電網彈性。

3、提升大潭電廠供氣安全性

大潭電廠現有 6 部機組，裝置容量 438 萬瓩，已是北部地區最大電廠，未來增加 4 部機組後，裝置容量將再增加 316 萬瓩，總裝置容量高達 754 萬瓩，將是全國最大電廠，供氣安全性應以最高規格設置，目前僅 PT2204 旁之 1 條管線即可影響整體供氣，未有分散風險的規劃，請台電公司及中油公司記取本次事件之教訓，考慮將大潭電廠分割成為個別獨立發電系統，各系統應由不同之獨立氣源供應(如:中油公司與中油不同氣管或中油公司氣管與台電公司之自設氣源)、開關場亦分別由 345 kV 及 161 kV 供電，以審慎規劃大潭電廠現有及未來機組之供氣方式，務必確保機組不再發生同時斷氣。

4、台電公司供電系統及電力調度再檢討加強韌性及彈性：

(1)各項可能風險納入電力調度考量：

因應能源轉型，114 年燃氣、燃煤及再生能源佔發電比率分別達 50%、30%及 20%，建議在未來電力調度原則除考量環保及經濟性外，應考量中長期電力供應配比多元化，避免風險過度集中於單一能源之供應，另應將風險納入電力調度考量，亦即應儘可能降低同一發電廠的發電量，尤其是共用供氣站、共用電源線者。

(2)大型電廠應有分群或分組設計：

台灣地區大型集中式發電廠在未來二、三十年的系統運轉上似已無法避免，為提升整體電力系統之彈性(Resilience)，大型電廠應有分群或分組設計，可獨立運轉不相互影響，並保有相互支援的功能，以提升整體電力系統的彈性，另配合智慧電網的發展尚應加強電網的結構與調度彈性。

(3)檢討電力備轉及備用容量率：

備轉機組可分 3 為：第 1 級機組(Primary)係指 30 秒完成升載、第 2 級機組(Secondary)係指 10 分鐘完成升載者、第 3 級機組(Tertiary)係指 30 分鐘以上完成升載者。為確保我國整體供電穩定，請經濟部研議配合長期電源需求，規劃電源開發方案(含民營電廠)及需求管理等可行措施，讓備用容量率可達法定 15%。並研究建置一定比例可快速升載之電力設施(如，水庫式發電、抽蓄發電等)，以因應電廠機組瞬間跳機之電力負載緊急需求，並配合綠能之儲能需求。長期，經濟部應就未來綠電佔比提升，檢討妥適的備用容量率。

(4)區隔維生及維安系統電力供應：輪流停電時，醫院、自來水供應、交通號誌、無線通訊熱點等維生系統不宜納入輪流停電範圍，台電公司應針對前開維生及維安系統用電，逐步推動建設，以排除在輪流停電饋線範圍外。

(5)規劃電廠與附近居民之不列入輪流停電互惠制度：請台電公司研究規劃電廠與附近居民之互惠制度，如，除享有電價優惠外，應不列入輪流停電、不同燃料電廠的電價回饋等，促使電廠等鄰避設施轉化為民眾歡迎的建設。

陸、結語

本報告說明現階段調查結果，分析事故發生主要原因，據以提出行政責任檢討及相關建議。有關電力系統穩定度之總體檢，行政院已另請吳政務委員政忠組成專案小組，據以提出電網未來通盤性之改善方案，爰本報告所發現之問題將一併提供該專案小組，作為未來體檢之參考。

本次事故顯示，中油公司及台電公司興建及營運天然氣供應、發電設備，未能未雨綢繆，將各種可能之風險通盤周妥考量，訂定完整配套作業規範及檢查項目，肇致關鍵基礎發電設施之重大管理疏漏，衍生全國性問題，實有欠當。未來亟應通盤檢討研議改進，以完備天然氣穩定供應，並消弭斷氣停電之風險。

如何減少無預警停電之次數，回應民眾期待，請台電公司加強精進相關措施，並且希望藉由本次個案事故檢討結果，作為通案精進之參考。

另中油公司應痛定思痛，完整進行各項作業之風險分析，詳實建立有關標準作業程序，對員工進行完整的教育訓練，並確實督促委外廠商落實危害告知及協議會議等管理作為，由各級主管參與確實督促員工及委外廠商落實執行。

未來穩定可靠的供氣發電，仍有賴中油公司及台電公司通力合作，希望中油公司及台電公司記取本次事故之教訓，經濟部亦應督導中油公司及台電公司參照本調查報告所提建議，強化橫向連繫，落實風險管理，以優化供電及供氣系統設計、操作流程、營運管理等，順利推動國家能源轉型，確保國人生活與產業發展的優質環境。

附件:

1. 815 停電事故行政調查專案小組委員名單
2. 台電及中油公司 815 停電事故管理及作業規章管理彙整表
3. 分散式控制系統(DCS)系統事件紀錄(event log)
4. 電源不足時期限限制用電辦法
5. 台電公司的「營業規則」及「低頻卸載作業要點」
6. 大潭發電廠天然氣緊急應變操作程序
7. 台電、台灣中油天然氣供需聯繫機制及預警制度