

因應日本福島電廠事故
台電龍門核能發電廠
壓力測試報告
(Rev.1b)

台灣電力公司
中華民國 102 年 5 月

目錄

1. 廠址/電廠說明	1-1
1.1 廠址特性	1-1
1.2 機組主要特性	1-1
1.3 機組間安全設計之差異	1-4
1.4 安全度評估(PSA)的範圍與結論	1-4
2. 地震	2-1
2.1 設計基準	2-1
2.1.1 電廠設計之耐震強度(DBE)	2-1
2.1.1.1 設計基準地震(DBE)的特性	2-1
2.1.1.2 評估 DBE 的方法	2-1
2.1.1.3 DBE 適切性的結論	2-3
2.1.2 電廠防禦 DBE 的方法	2-4
2.1.2.1 確認地震後安全停機所需關鍵結構物、系統及組件(SSC)可用	2-4
2.1.2.2 避免地震後反應爐或用過燃料池受損的主要操作規定	2-8
2.1.2.3 其他地震間接影響之考量	2-17
2.1.3 電廠承諾的持照基準	2-22
2.1.3.1 一般程序	2-22
2.1.3.2 廠外移動設備/資源	2-22
2.1.3.3 已知之承諾偏差事項、其可能影響及矯正規劃	2-24

2.1.3.4 福島核一廠事故後業主自主確認的持照承諾	2-25
2.2 現行設計基準之餘裕評估	2-38
2.2.1 地震導致燃料的嚴重受損的範圍	2-38
2.2.1.1 弱點及地震嚴重強度之瀕危效應	2-38
2.2.1.2 強化防護能力的措施	2-40
2.2.2 可承受不喪失包封圍阻體完整性的地震強度	2-41
2.2.3 超過 DBE 的地震及伴隨超過 DBF 的水災	2-42
2.2.3.1 考量電廠地理位置與設計，本情境發生的可能性	2-42
2.2.3.2 弱點、故障模式及瀕危效應	2-43
2.2.3.3 強化防護能力的措施	2-43
3. 水災	3-1
3.1 設計基準	3-1
3.1.1 能抵抗的水災	3-1
3.1.1.1 設計基準水災(DBF)的特性	3-1
3.1.1.2 評估 DBF 的方法	3-2
3.1.1.3 DBF 適切性的結論	3-4
3.1.2 保護電廠防禦 DBF 的方法	3-5
3.1.2.1 確認水災後安全停機所需 SSC 可用	3-5
3.1.2.2 主要用來防範廠址水災的方法	3-9
3.1.2.3 警示並減緩水災後果的主要操作規定	3-9
3.1.2.4 其他水災間接影響的考量	3-11

3.1.3 電廠承諾的持照基準	3-12
3.1.3.1 一般程序.....	3-13
3.1.3.2 電廠用以確認承諾的廠外移動設備/補給	3-14
3.1.3.3 已知之承諾偏差事項及其可能影響及矯正規劃	3-15
3.1.3.4 業主已開始檢視的特定承諾	3-16
3.2 現行設計基準之餘裕評估	3-18
3.2.1 視預警時間所設想或實施的額外防護措施	3-18
3.2.2 弱點與瀕危效應.....	3-20
3.2.3 強化防護能力的措施	3-21
4.極端天然災害之威脅	4-1
4.1 極端惡劣天候情況(暴風雨、豪大雨)	4-1
4.1.1 事件組合及選擇為設計基準的原因	4-1
4.1.2 極端自然威脅的弱點與瀕危效應	4-15
4.1.3 強化防護能力的措施	4-23
5.喪失電源與最終熱沉	5-1
5.1 反應爐	5-1
5.1.1 喪失廠外電源.....	5-1
5.1.1.1 後備電源供/配電設計基準	5-1
5.1.1.2 廠內電源供應的運轉時間	5-2
5.1.1.3 延長廠內自主供電時間的方法	5-3
5.1.1.4 強化防護能力的措施	5-3

5.1.2 喪失廠外電源及廠內後備電源(SBO).....	5-3
5.1.2.1 設計要求.....	5-3
5.1.2.2 電池容量及運轉期長	5-4
5.1.2.3 燃料劣化前廠內自主運轉能力	5-5
5.1.2.4 可防止燃料劣化的措施	5-5
5.1.2.5 強化防護能力的措施	5-9
5.1.3 喪失廠外電源、備用電源(EDG)及其他另樣式備用電源	5-11
5.1.3.1 設計要求.....	5-11
5.1.3.2 電池容量及運轉期長	5-14
5.1.3.3 燃料劣化前廠內的自主運轉能力	5-14
5.1.3.4 可防止燃料劣化的措施	5-15
5.1.3.5 強化防護能力的措施	5-19
5.1.4 喪失最終熱沉.....	5-20
5.1.4.1 燃料劣化前廠內自主能力設計要求	5-20
5.1.4.2 可阻止燃料劣化的措施	5-24
5.1.4.3 強化防護能力的措施	5-27
5.1.5 廠區全黑下喪失最終熱沉 (SBO+LUHS).....	5-31
5.1.5.1 燃料劣化前廠內自主能力設計要求	5-31
5.1.5.2 可防止燃料劣化的外部支援措施	5-31
5.1.5.3 強化防護能力的措施	5-33
5.2 燃料池內的用過燃料	5-35

5.2.1 喪失廠外電源.....	5-35
5.2.1.1 後備電源供/配電設計基準	5-35
5.2.1.2 廠內電源供應的運轉時間	5-38
5.2.1.3 延長廠內自主供電時間的方法	5-39
5.2.1.4 強化防護能力的措施	5-39
5.2.2 喪失廠外電源及廠內後備電源	5-42
5.2.2.1 設計要求.....	5-42
5.2.2.2 電池容量及運轉期長	5-43
5.2.2.3 燃料劣化前廠內自主運轉能力	5-43
5.2.2.4 可防止燃料劣化的外部支援措施	5-43
5.2.2.5 強化防護能力的措施	5-47
5.2.3 喪失廠外電源、備用電源(EDG)及其他另樣式備用電源	5-49
5.2.3.1 設計要求.....	5-49
5.2.3.2 電池容量及運轉期長	5-49
5.2.3.3 燃料劣化前廠內自主運轉能力	5-49
5.2.3.4 可防止燃料劣化的外部支援措施	5-49
5.2.3.5 強化防護能力的措施	5-51
5.2.4 喪失最終熱沉.....	5-52
5.2.4.1 燃料劣化前廠內自主能力設計要求	5-52
5.2.4.2 可防止燃料劣化的外部支援措施	5-53
5.2.4.3 強化防護能力的措施	5-55

5.2.5 廠區全黑下喪失最終熱沉	5-56
5.2.5.1 燃料劣化前廠區自主能力設計要求	5-56
5.2.5.2 可防止燃料劣化的外部支援措施	5-56
5.2.5.3 強化防護能力的措施	5-58
6. 嚴重核子事故管理	6-1
6.1 嚴重核子事故管理的組織	6-1
6.1.1 組織規劃	6-1
6.1.1.1 組織架構	6-1
6.1.1.2 使用現有設備的可能性	6-3
6.1.1.3 使用移動式設施	6-3
6.1.1.4 後勤供應管理	6-5
6.1.1.5 輻射外釋的管理及侷限輻射的準備	6-6
6.1.1.6 通信設備及資訊系統	6-8
6.1.2 必須評估的事故管理措施	6-10
6.1.2.1 廠週邊基礎設施受到廣泛破壞	6-10
6.1.2.2 廠區局部高劑量率、輻射污染及許多設施受損之救援影響評估	6-12
6.1.2.3 事故管理措施在外部危害下的可行性及有效性	6-15
6.1.2.4 電力供應的不可用性	6-15
6.1.2.5 廠址內其他臨近機組的可能效應	6-16
6.2 反應爐	6-19

6.2.1 喪失爐心冷卻功能：在爐心燃料受損發生之前	6-19
6.2.1.1 防止燃料損壞和排除燃料在爐心高壓下受損的可能性	6-19
6.2.1.2 瀕危效應及發生期限的風險	6-20
6.2.1.3 現行管理措施的適切性	6-20
6.2.2 喪失冷卻功能：在爐心燃料受損之後	6-21
6.2.2.1 減緩措施.....	6-22
6.2.2.2 瀕危效應及發生期限的風險	6-22
6.2.2.3 現行管理措施的適切性	6-22
6.2.3 爐心燃料受損後，保護圍阻體完整性之事故管理措施及電廠設計特點.....	6-23
6.2.3.1 氫風險管理.....	6-23
6.2.3.2 防止圍阻體過壓	6-24
6.2.3.3 防止再臨界.....	6-24
6.2.3.4 防止圍阻體基座熔穿	6-25
6.2.3.5 保護圍阻體完整性設備所需之 AC、DC 電力供應要求	6-26
6.2.3.6 瀕危效應及發生期限的風險	6-26
6.2.4 減輕喪失圍阻體完整性後果之事故管理措施	6-27
6.2.4.1 設計、運轉與組織程序	6-27
6.2.4.2 瀕危效應及發生期限的風險	6-29
6.2.4.3 現行管理措施的適切性	6-29
6.3 用過燃料池	6-30

6.3.1 喪失用過燃料池冷卻功能之事故管理措施	6-30
6.3.1.1 喪失適當輻射屏蔽之前/之後	6-31
6.3.1.2 用過燃料池水位降至燃料元件頂部之前/之後	6-31
6.3.1.3 用過燃料池燃料嚴重損毀之前/之後	6-32
6.3.1.4 瀕危效應及發生期限的風險	6-32
6.3.1.5 現行管理措施的適切性	6-33
6.4 具體要點	6-33
6.4.1 儀控的適宜性及可用性	6-33
6.4.2 控制室的可用性 & 適居性	6-34
6.4.3 氫氣可能積聚在圍阻體之外的廠房	6-34

1. 廠址/電廠說明

1.1 廠址特性

龍門廠位於台灣東北角一內凹海灣之濱海，東臨太平洋，北緯 $25^{\circ} 02' 17.593''$ 東經 $121^{\circ} 55' 26.043''$ ，廠房區大部分位於海平面以上 12 至 30 公尺，其餘位於 50 至 205 公尺之丘陵地帶。廠址約在基隆市東南方 20 公里，台北市東方 40 公里處，宜蘭市東北方 33 公里處，廠址面積約 480 公頃。本廠廠區屬石碇溪及雙溪流域範圍；石碇溪位於廠區北側，廠內段為經整治之複合式明渠，雙溪位於廠址南方約 2.5 公里與龍門廠址間有高逾 50 公尺之山丘阻隔；並分別流向大海。龍門核能發電廠廠區之佈置，如圖 1-1 所示。

圖 1-1、龍門核能發電廠廠區鳥瞰



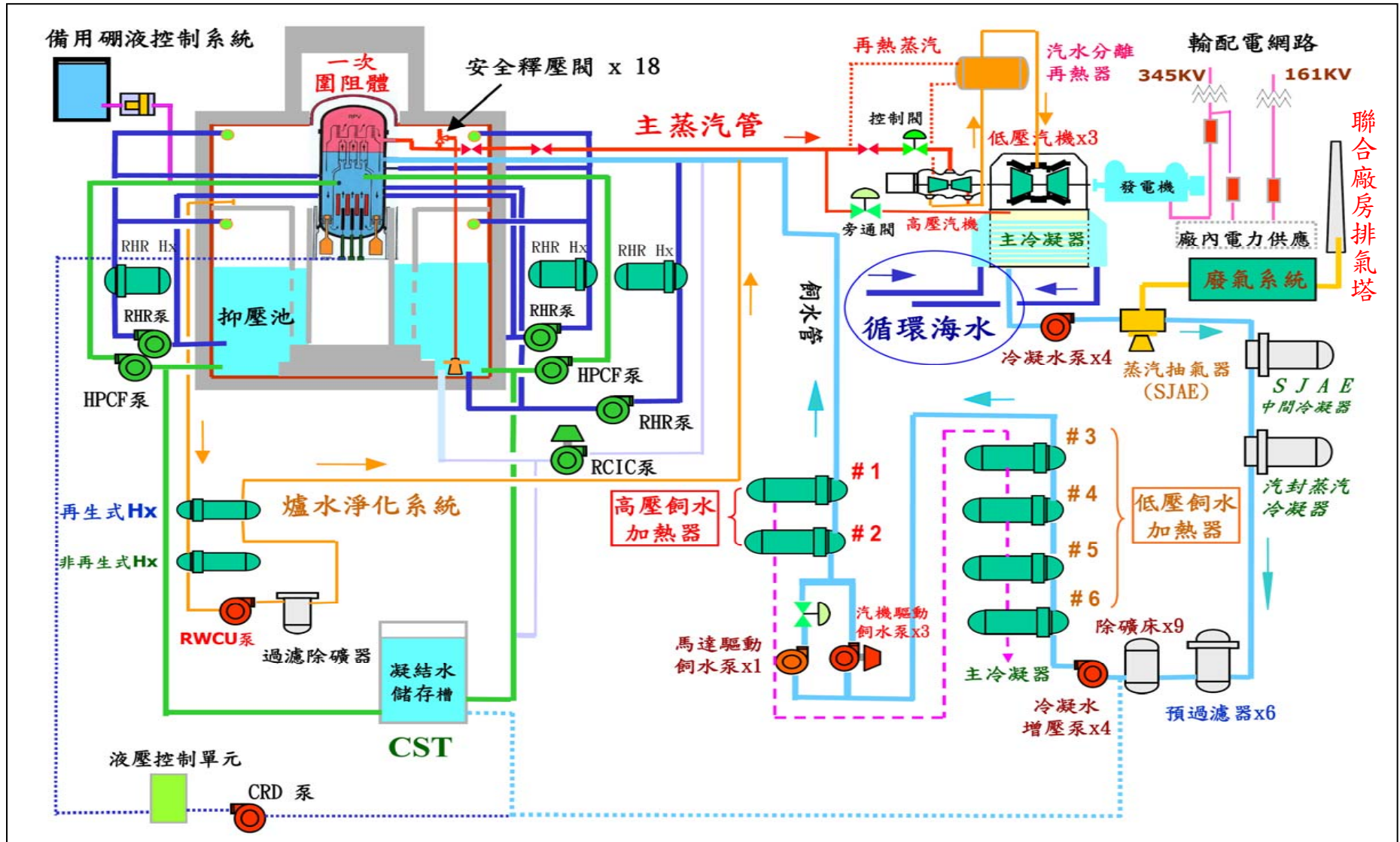
1.2 機組主要特性

龍門核能發電廠配置有兩部 GE 奇異公司設計製造的進步型沸水式反應爐，核島區供應商為 GE、汽機/發電機廠家為 MHI、廢料系統供應商為 Hitachi。相關機組設計之基本資料如下：

表 1-1、龍門電廠基本資料

反應爐型式		ABWR
圍阻體型式		鋼筋強化混凝土包封容器 (RCCV)
額定功率		3926 MWt
燃料束		872 束
控制棒數目		205 支
反應爐壓力容器		內部高度：1770.3 公分，內徑：711.2 公分
一次圍阻體		高約為 36 公尺（自圍阻體基礎層面上至乾井蓋頂部高程），內徑約為 30 公尺
用過燃料儲存容量		反應器廠房燃料填換樓：3081 個儲存格架 輔助燃料廠房輔助燃料池：預計可規劃約一萬個儲存格架
安全設備	反應度控制相關系統	控制棒及微調控制棒驅動機構（控制棒 205 支） 備用硼液系統（2 台泵）
	緊急爐心冷卻相關系統	高壓爐心灌水系統（2 串） 爐心隔離冷卻系統（1 串） 自動釋壓系統（安全釋壓閥 8 只） 餘熱移除系統低壓爐心注水模式（3 串）
	防止放射性物質外釋相關系統	一次圍阻體 圍阻體熱移除系統，包括 RHR 的抑壓池冷卻模式與乾濕井噴灑模式
	支援系統	緊急柴油發電機（3 台） 反應器廠房冷卻水系統（三串，每串 3 台泵） 反應器廠房海水系統（三串，每串 3 台泵）

圖 1-2 龍門核能發電廠機組設備概要圖



1.3 機組間安全設計之差異

每部機安全相關系統均為三區獨立的設計，分為 A、B、C 串。佈置方面互相隔離，在電氣與機械方面相互隔離。如此，任何單一元件故障或失靈，將不致影響到整個系統的功能。設計上只要任一串功能正常，就能達到安全停機的目的。二號機主要設備均複製一號機。因此兩部機的安全相關設備，設計是完全相同，但實體相互隔離。以下設備為兩部機共用之安全相關設備：

一台氣冷式 4.16 kV/ 7500 kW 緊急柴油發電機（7th EDG），可完全取代機組的水冷式緊急柴油發電機。但 7th EDG 僅能取代任一台緊急柴油發電機。2011 年 3 月 11 日福島一廠事故後，新增程序書 1451，經過適當的列置後可將 7th EDG 同時供應兩部機緊要匯流排之必要電力（在作好負載管理的前提下，足供應兩部機組各運轉一個 DIV 的基本需求）。

1.4 安全度評估(PSA)的範圍與結論

本廠於 2007 年完成龍門廠的 PRA 模式建立與結果報告⁽¹⁾，目前針對前述已完成之龍門電廠 PRA 模式執行後續同行審查及 PRA 模式精進計畫。

本廠建立有功率運轉安全度評估模式及大修停機安全度評估模式，其中功率運轉安全度評估模式細分為廠內事件、地震、水災及火災四類分析，大修停機安全度評估模式則針對低功率運轉及大修停機下的廠內事件進行評估，最近一版的安全度評估結論為：

功率運轉 CDF 總和為 $7.93 \times 10^{-6}/RY$

大修停機 CDF 總和為 $1.61 \times 10^{-7}/RY$

功率運轉 LERF 總和為 $5.69 \times 10^{-7}/RY$

功率運轉 CDF 中

廠內事件佔	19.16%	$(1.55 \times 10^{-6}/RY)$
地震佔	70.46%	$(5.70 \times 10^{-6}/RY)$
水災佔	7.59%	$(6.14 \times 10^{-7}/RY)$
火災佔	0.80%	$(6.46 \times 10^{-8}/RY)$

功率運轉 LERF 中

廠內事件佔	1.58%	$(9.00 \times 10^{-9}/RY)$
地震佔	97.54%	$(5.55 \times 10^{-7}/RY)$
水災佔	0.08%	$(4.76 \times 10^{-9}/RY)$
火災佔	0.03%	$(1.80 \times 10^{-10}/RY)$

參考文獻：

a. 官方文件

N/A

b. 業界組織文件

N/A

c. 台電內部文件

1. 「進步型沸水式核能發電廠安全度評估平行驗證、整體性可靠度分析暨整合技術本土化之應用」(台灣電力公司)

2. 地震

2.1 設計基準

2.1.1 電廠設計之耐震強度(DBE)

2.1.1.1 設計基準地震(DBE)的特性

龍門電廠之耐震設計係於民國 81 年，依據美國核能法規規定，採用美國核能電廠耐震設計基準，針對本廠廠址特性，蒐集本廠廠址半徑 320 公里範圍內，過去 400 年間所發生之地震紀錄，並按地質構造、地震分布情形，分別嚴密保守計算。最後係以 1908 年發生在台灣東部規模 7.3 之地震，假定其發生在距龍門廠址最近距離（約 5 公里）之地體結構區分界處，而計算推定出設計基準（安全停機）地震為 0.4 g。運轉基準地震(OBE)則取 DBE 之一半為 0.2 g。

2.1.1.2 評估 DBE 的方法

1、Tectonic Province Method

地體分區法，係將廠址所在之地體分區內，歷史上有記載之最大地震，保守的假定發生在並無活動斷層的廠址上；非廠址所在之地體分區，則將該區歷史上有記載之最大地震，保守的放在距廠址最近的分界上；再衰減至廠址。根據 FSAR 評估，由 1604 年至 1991 年之地震紀錄資料，按地質構造特性與地震分佈，將本廠廠址 320 公里範圍內之區域，共劃分為七處地體分區。各分區之歷史最大潛能地震規模、震源距廠址距離及透過四組地震衰減公式(Campbell 公式、Joyner and Boore 公式、Kanai 公式及 Japan Rock Site 公式)，計算之廠址最大岩盤表面加速度值，如下所述：

A. 菲律賓海板塊分區：

本區發生之歷史地震有二次，分別在 1986 年 11 月 14 日與 1815 年 10 月 13 日，最大潛能地震規模 7.7。假設震源距廠址之最近距離為 114.3 公里，經地震衰減公式計算至廠址岩盤之表面加

速度值介於 0.05~0.06 g。

B. 東部逆衝帶分區：

本區發生之歷史地震在 1908 年 1 月 11 日，最大潛能地震規模 7.3。假設震源距廠址之最近距離為 5.1 公里，經地震衰減公式計算至廠址岩盤之表面加速度值介於 0.23~0.41 g。

C. 西部逆衝帶分區：

本區發生之歷史地震有二次，分別在 1935 年 4 月 20 日與 1941 年 12 月 16 日，最大潛能地震規模 7.2。假設震源距廠址之最近距離為 5.0 公里，經地震衰減公式計算至廠址岩盤之表面加速度值介於 0.22~0.39 g。

D. 火山帶分區：

本區發生之歷史地震在 1867 年 12 月 18 日，最大潛能地震規模 7.0。假設震源距廠址之最近距離為 27.4 公里，經地震衰減公式計算至廠址岩盤之表面加速度值介於 0.13~0.14 g。

E. 西部地震帶分區：

本區發生之歷史地震在 1604 年 12 月 29 日，最大潛能地震規模 8.0。假設震源距廠址之最近距離為 30.0 公里，經地震衰減公式計算至廠址岩盤之表面加速度值介於 0.20~0.25 g。

F. 東中國海分區：

本區發生之歷史地震在 1966 年 11 月 9 日，最大潛能地震規模 5.4。假設震源距廠址之最近距離為 35.4 公里，經地震衰減公式計算至廠址岩盤之表面加速度值介於 0.03~0.05 g。

G. 東北部地震帶分區：

本區發生之歷史地震有二次，分別在 1938 年 6 月 10 日與 1917 年 7 月 4 日，最大潛能地震規模 7.7。假設震源距廠址之最近距離為 17.7 公里，經地震衰減公式計算至廠址岩盤之表面加速度

值介於 0.22~0.28 g。

2、Geologic Structure Method

龍門電廠附近之主要斷層為屈尺斷層、澳底及雙溪斷層、貢寮斷層、枋腳斷層，唯該等斷層均非活動斷層，故在耐震設計上不考慮此等斷層之影響。經評估本廠廠址 320 公里範圍內之地質構造，較可能影響本廠之地質構造為板塊隱沒帶構造，即台灣東部外海位於菲律賓海板塊及歐亞大陸板塊間之板塊隱沒帶。該處最大潛能地震規模為 8.1，距廠址之震源距離約 80 公里。經地震衰減公式計算廠址最大岩盤表面加速度值介於 0.08~0.12 g。

綜合以上評估及計算結果，以 1908 年東部逆衝帶分區，距廠址之震源約 5 公里，最大潛能地震規模 7.3 為最具關鍵性，經前述四組地震衰減率公式計算之結果，最大地表加速度分別為 0.32 g、0.41 g、0.34 g、0.23 g、其算術平均值為 0.33 g，為保守考量本廠之安全停機地震值(SSE)採 0.4 g。

2.1.1.3DBE 適切性的結論

依美國核能法規，廠房防震設計基準必須依據廠址 320 公里範圍內之地質及地震條件，計算可能活動斷層（指三萬五千年內曾活動過 1 次，或是五十萬年內曾經活動過 2 次以上之斷層）對核能電廠之潛在威脅，再經由國內、外專家參考歷史上最大地震記錄來推算核能電廠的設計基準地震。

2001 年經濟部能源委員會委請國立中央大學地球科學院蔡義本院長於完成「核四廠廠址附近地質與地震資料之彙整及評估研究」，證實以 921 地震強震資料與龍門廠及其附近強震站資料分析，結果顯示無論是衰減曲線或是耐震設計反應譜都是合理的，因此確認龍門廠當初所採用之耐震設計值仍是足夠的。

2004 年台電公司也另委請國家地震工程研究中心於完成「龍門計畫廠

址地震危害度重新分析工作」。研究結果顯示，龍門工址的地震危害度、設計反應譜及地震能譜，在原規劃時所採用之數據，仍可以適用，因此，再度確認龍門廠之耐震設計值 0.4 g 之合理性。

2005 年 7 月依內政部施行之建築物耐震設計規範，規定龍門廠址當地之設計地表水平加速度值為 0.28 g，亦明顯低於龍門廠安全停機地震值 0.4 g。

2.1.2 電廠防禦 DBE 的方法

2.1.2.1 確認地震後安全停機所需關鍵結構物、系統及組件(SSC)可用

本廠核島區內主要廠房結構耐震等級依設備分類如下表：

設備 \ 相關參數		高程(海平面以上)公尺	耐震等級
電源	外來電源	345KV 主變壓器：12.3 161KV 後備輔助變壓器：12.3	IIC IIC
	緊急柴油發電機	12.3	I
	第七台緊急柴油發電機	12.3	I
水源	反應爐(器)廠房冷卻海水泵	5.3	I
排洪渠道	二號排洪渠道	6.97~6.60(渠底高程)/ 12(渠頂高程)	IIC
	三號排洪渠道	7.52 ~3.75(渠底高程)/ 12(渠頂高程)	IIC
RPV 冷卻 (Flooding)	緊急爐心冷卻系統 (ESSC)	圍阻體內	I
	消防水 (生水槽/池)	12.3/116.6	IIC/ IIA
	海水 (注入反應爐)	無	無
反應度	控制棒	圍阻體內	I

控制	備用礮液控制系統	圍阻體內	I
	備用注礮	圍阻體內	I
圍阻體/ 反應爐 完整性	可燃氣體控制系統 (FCS)	圍阻體內	I
	圍阻體大氣控制系統 (ACS)	圍阻體內	I
	備用氣體處理系統 (SGTS)	圍阻體內	I

本廠重要儲水槽列表如下：

儲水槽	容積噸 (M ³)	耐震 等級	距海平面高程	結構體材質
CST (一號機)	4372	I	12 公尺地面上 水槽	鋼結構
CST (二號機)	4372	I	12 公尺地面上 水槽	鋼結構
DST (一號機)	1846	II C	12 公尺地面上	鋼結構
DST (二號機)	1846	II C	12 公尺地面上	鋼結構
生水池(共用)	48000	II A	116.6 公尺坡地 上	有蓋鋼筋混凝土 水池
自來水受水池 (共用)	2500	II A	22.6 公尺坡地 上	有蓋鋼筋混凝土 水池
生水儲存槽 (一號機)	1230	II C	12 公尺地面上 水槽	鋼結構
生水儲存槽 (二號機)	1230	II C	12 公尺地面上 水槽	鋼結構
消防貯水槽 A (共用)	2300	I	12 公尺地面上	鋼結構
消防貯水槽 B	2300	I	12 公尺地面上	鋼結構

(共用)				
------	--	--	--	--

本廠供給緊急柴油發電機等重要油槽列表如下：

油槽	耐震 等級	距海平面高程	承接漏油之 防溢堤
A 台緊急柴油發電機柴油儲存槽 (一/二號機) 450 公秉	I	12 公尺地面下 (EL 5.85 公尺)	地下室油槽
B 台緊急柴油發電機柴油儲存槽 (一/二號機) 450 公秉	I	12 公尺地面下 (EL 5.85 公尺)	地下室油槽
C 台緊急柴油發電機柴油儲存槽 (一/二號機) 450 公秉	I	12 公尺地面下 (EL 5.85 公尺)	地下室油槽
S 台緊急柴油發電機柴油儲存槽 450 公秉	I	12 公尺地面下 (EL 5.85 公尺)	地下室油槽
A 台緊急柴油發電機日用油槽 (一/二號機) 12 公秉	I	(EL 23.5 公尺)	室內油槽
B 台緊急柴油發電機日用油槽 (一/二號機) 12 公秉	I	(EL 23.5 公尺)	室內油槽
C 台緊急柴油發電機日用油槽 (一/二號機) 12 公秉	I	(EL 23.5 公尺)	室內油槽
S 台緊急柴油發電機日用油槽 12 公秉	I	(EL 20 公尺)	室內油槽

機組為達到安全停機所需關鍵的結構物、系統及組件(SSC)如下：

一、結構物(STRUCTURE)：

1. 控制廠房 ----- 耐震一級
2. 反應器廠房 ----- 耐震一級
3. 反應爐(器)廠房冷卻海水泵室----- 耐震一級
4. 輔助燃料池廠房 ----- 耐震一級

二、系統(SYSTEM)及其支援系統：

1. 緊急柴油發電機(DIV I / II / III 及 7th) ----- 耐震一級
 - 緊急柴油發電機燃油儲存與傳送系統 ----- 耐震一級
 - 緊急柴油發電機潤滑油系統 ----- 耐震一級
 - 緊急柴油發電機冷卻水子系統 ----- 耐震一級
 - 緊急柴油發電機起動空氣系統（閥類與管路）-- 耐震一級
 - 緊急柴油發電機起動空氣系統（空氣儲存槽）-- 耐震一級
 - 緊急柴油發電機進氣與排氣系統 ----- 耐震一級
2. 緊急爐心冷卻系統 ECCS(HPCF B&C、RHR A、B&C) -- 耐震一級
 - 電源(EDG) ----- 耐震一級
 - 冷卻水水源(RBCW) ----- 耐震一級
3. 爐心隔離冷卻系統(RCIC) ----- 耐震一級
 - 水源(冷凝水儲存槽) ----- 耐震一級
 - 125 伏特直流電源 ----- 耐震一級
4. 自動洩壓系統(ADS) ----- 耐震一級

高壓氮氣儲存槽 ----- 耐震一級.

125 伏特直流電源----- 耐震一級

5. 反應器廠房冷卻水系統 ----- 耐震一級

冷卻水水源(RBSW) ----- 耐震一級

電源(EDG) ----- 耐震一級

6. 反應器廠房冷卻海水系統(RBSW) ----- 耐震一級

電源(EDG) ----- 耐震一級

水源(海水) -- 反應器廠房冷卻海水系統進水口結構為耐震一級

上述安全停機所需結構物及設備皆為耐震一級，於遇設計基準地震(DBE)狀況下皆能保持可用，確保機組可安全停機無虞。

2.1.2.2 避免地震後反應爐或用過燃料池受損的主要操作規定

本廠所有安全停機所需關鍵的結構物、系統及組件(SSC，包括反應爐、或用過燃料池)均依 DBE 值設計，足以抵禦 DBE 而不會造成 SSC(反應爐、或用過燃料池)之失效。對於地震後之機組處置亦透過程序書 528.01.01『地震緊急作業』、528.01.02『地震大於運轉基準地震再起動評估作業』規範相關之應變及檢查作業，且內容已參照 1989 年 12 月之 EPRI 報告 NP-6695：「Guideline For Nuclear Plant Response To An Earthquake」修訂。相關主要操作規定分別說明如下：

一、反應器廠房：

本廠反應器保護系統(RPS)共有 20 個地震偵檢器，分為四區，每一區各分別安裝於反應器廠房 EL.-8.2 m (底層)水平方向二個、垂直方向一個及反應器廠房 EL.31.7m (頂層)水平方向二個，當任兩區之地震儀偵檢器動作，RPS 將引動反應器急停，如達到 RPS 地震跳脫之設定點而未動作時需立即手動急停。當自由場 1(2)C72-FBA-2003

感測器之信號超過觸發設定值(0.02 g)時，地震偵測系統會觸發控制室之警報，以提醒運轉員注意。龍門電廠與地震相關之緊急作業處理程序書，其目的與摘要簡要說明如下：

528.01.01 程序書『地震緊急作業』

目的：提供在地震發生後，後續之操作程序指引。

摘要：(參閱 圖 2-1 核能電廠強震後緊急處理步驟流程圖)

- A. 地震監測盤(1(2)H12-PL-1038)偵測到超出觸發點設定(0.02 g)時, 進入警報確認及後續應變措施；若觸發警報未出現，機組繼續運轉，必要時通知儀控組執行地震監測儀功能測試。
- B. 若地震觸發警報出現，但 OBE 警報未出現時，值班需密切監視反應爐功率及發電機出力變化之情形，依本廠之標準操作程序書、異常操作程序書、緊急操作程序書及運轉技術規範，採取穩定機組之因應措施。另外，值班依 528.01.01 程序書中所列之「主控制室檢查及核對表」與「廠房巡視表」，執行檢查及核對。若上述檢查結果發現，機組運轉功能可能受到影響時，送運轉審查委員會評估機組是否需停機。機組已評估停機後執行下列行動：
 - 1)24 小時內復歸地震儀，5 天內進行控道核對。
 - 2)進行必要之設備功能測試。
 - 3)若地震發生時有地震儀器不可用，則須撰寫特別報告，14 天內送原子能委員會。
- C. 當 OBE 或 SSE 警報出現時，若機組於運轉中則須確認 RPS 強震自動急停裝置動作且反應爐已自動急停，若機組應急停而未急停時，則應手動急停反應器，並於急停後執行相關營運程序書。若機組處於停機狀態，則執行下列行動：

- 1)執行「強震停機檢查、測試及執行機組再起動評估流程圖」。
- 2)依 1401 規定決定緊急動員。
- 3)24 小時內復歸地震儀系統，30 天內進行控道校正。
- 4)收集所有地震記錄送總公司進行安全評估。
- 5)若地震發生時有地震儀器不可用，則須撰寫報特別報告，14 天內送原子能委員會。
- 6)進行必要的設備功能測試。

528.01.02 程序書『地震大於運轉基準地震再起動評估作業』

目的：本程序書主要目的在於提供地震大於 OBE (Operating Basis Earthquake) 運轉基準地震時反應爐停機後再啟動評估之作業程序。

摘要：

- A. 依程序書 528.01.01 地震緊急程序書要求，執行本程序書。由值班經理通知或運轉審查委員會(SORC)要求，以維護組人員依程序書進行全廠詳細之檢查。其檢查人員需由有經驗/資格專長之維護工作人員執行。如機組仍運轉中(由 SORC 評估要求執行本程序書時)，則 ADS/SRV 蓄壓器、RIP、主蒸氣管路通道、RWCU 熱交換器室及飼水加熱器有關設備…等乾井及高輻射區可免執行。
- B. 電廠維護組依「強震後重要設備/結構物查核表」及「設備/結構重點檢查標準」進行重點項目檢查。根據「核能電廠設備地震損壞等級」標準，針對重點項目檢查初步評估損害等級，然後再送 SORC 審查。SORC 評估機組是否可繼續運轉或停機，若需停機時則於停機後，依「強震停機檢查、測試及機組再起動評

估流程圖(圖 2-2)」，執行相關步驟。

C. 檢查後安全相關設備未因地震造成重大損害時，

(1) 值班部門執行下列必要的偵測試驗：

- a. 控制棒抽插測試；必要時通知核技組及儀控組派人配合測試，移動每一控制棒以確定其情況正常。
- b. 反應爐冷卻水系統(Reactor Coolant System, RCS)洩漏率，計算乾井集水池流量率，是否有異常。
- c. 依據 SORC 決定，增加測試項目。

(2) 由總處組成之評估小組提出強震後機組再起動評估報告，經原子能委員會核可，機組才能重新起動。

(3) 由總管理處成立專案小組，推動長程評估相關事宜。

D. 檢查後安全相關設備已因地震造成重大損害時，

(1) 各維護組進行目視擴大檢查項目，檢查項目包含：

- a. 所有未包含在重點檢查項目之安全設備(含支架)。
- b. 所有安全相關之支系統(含支架)。
- c. 圍阻體，包含其穿越器。
- d. 主冷凝器結構、海水渠道。
- e. 埋管與廠房及桶槽之交接處。
- f. 管路系統的洩漏情形。
- g. 低壓桶槽的損害情形。
- h. 開關場設備的損害情形。
- i. 桶槽液位指示有變化的實際液位。

- j. 高振動、高軸承溫度及有異聲的旋轉設備。
- k. 與鄰近物件碰撞或遭掉落物撞擊的設備損害情形。
- l. 代表性設備的地錨的螺栓(anchor bolts)變形或鬆脫，造成設備翻滾、滑動或移位情形。
- m. 附加配管，包含軟管、短路，電線導管的受損情形。
- n. 管線損害及管路支撐位移情形。
- o. 電氣櫃或儀器櫃有無變形及櫃內組件(如電驛及電路開關)的狀況。
- p. 混凝土結構龜裂或剝落情形。
- q. 重要電驛、斷路器及其它對震動敏感的電氣組件的可用狀態。
- r. 可能掉落在安全停機設備上的非固定設備。
- s. 安全相關配電系統及其支撐。
- t. 水閘門及貯水池。
- u. 耐震一級廠房(含穿越管)及結構。

(2) 依損害等級分別執行下列步驟：

a. 損害等級 1 之措施：

1. 修復受損項目。

2. 進行下列各項偵測試驗：

● 控制棒抽插測試；必要時通知核技組及儀控組派人配合測試，移動每一控制棒以確定其情況正常。

● 反應爐冷卻水系統(Reactor Coolant System，RCS)

洩漏率，計算乾井集水池流量率，是否有異常。

- 對修復項目進行偵測試驗。
- 依據 SORC 決定，增加測試項目。

3. 由總處組成之評估小組提出強震後機組再起動評估報告，經原子能委員會核可，機組才能重新起動，再執行長程評估。機組再起動評估報告內容：

- 強震後重要設備/結構物查核表。
- 擴大檢查內容報告。
- 設備/結構損壞修復與偵測試驗。
- 設備/結構震後耐震能力評鑑報告。

b. 損害等級 2 之措施：

1. 修復受損項目。

2. 進行圍阻體洩漏率測試。

3. 進行下列各項偵測試驗：

- 控制棒抽插測試；必要時通知核技組及儀控組派人配合測試，移動每一控制棒以確定其情況正常。
- 反應爐冷卻水系統(Reactor Coolant System, RCS)洩漏率，計算乾井集水池流量率，是否有異常。
- 對修復項目進行偵測試驗。
- 依據 SORC 決定，增加測試項目。

4. 由總處組成之評估小組提出強震後機組再起動評估報告，經原能會核可，機組才能重新起動，後續再執行長期評估。機組再起動評估報告內容：

- 強震後重要設備/結構物查核表。
- 擴大檢查內容報告。
- 設備/結構損壞修復與偵測試驗。
- 設備/結構震後耐震能力評鑑報告。
- 圍阻體洩漏率測試(ILRT)報告。

c. 損害等級 3 之措施：

1. 進行反應爐槽內部及燃料檢查。
2. 修復受損項目。
3. 進行圍阻體洩漏率測試。
4. 進行長程評估。
5. 執行所有定期偵測試驗項目。
6. 由總處組成之評估小組提出強震後機組再起動評估報告，經原能會核可，機組才能重新起動。機組再起動評估報告內容：

- 強震後重要設備/結構物查核表。
- 擴大檢查內容報告。
- 設備/結構損壞修復與偵測試驗。
- 設備/結構震後耐震能力評鑑報告。
- 圍阻體洩漏率測試(ILRT)報告。
- 所有定期偵測試驗報告。
- 長程評估報告。

(3) 長程評估

「由總處召集成立專案小組，進行長程評估相關事宜」。損害等級 1 或 2 可於機組再起動後再執行長程評估；損害等級 3 必須於機組再起動前執行長程評估。

二、用過燃料池：

本廠用過燃料池包括位於反應器廠房燃料填換樓（高程 31.7 m）之用過燃料池，及位於輔助燃料廠房平面樓層（高程 12.3 m）兩部機組共用之輔助燃料池。

1、反應器廠房用過燃料池

(1) 池體襯板(Liner)為耐震一級(Seismic Category I)結構，發生安全停機地震(SSE)及運轉基準地震(OBE)時結構均能維持完整，可發揮正常之儲水功能。另用過燃料池於正常水位以下無其他管路連接，補水管路具有防虹吸(Anti-siphon)設計，可避免相關管路斷管造成虹吸現象而將池內水洩除。

(2) 用過燃料池襯板底部混凝土牆間設有洩漏偵測管路，可將洩漏之池水以重力收集至集管，集管上設有水位計，池水若有洩漏，水位計將產生高水位警報送至主控制室，亦可從現場洩漏偵測管路下游玻璃視窗(sight-glasses)以目視判斷是否有積水。當發生燃料池洩漏警報時，運轉員將依據程序書 508.02「反應器廠房內破管（主蒸汽/飼水/爐心隔離冷卻系統管路除外）」採取進一步行動。

(3) 用過燃料池上方及周邊鄰近之設備或重物包括反應器廠房主吊車、燃料填換台車、懸臂吊車，說明如下：

(a) 反應器廠房主吊車

- 廠房主吊車分主、副吊鉤，其額定荷重分別為 150 噸與 15 噸，且具有防止單一故障造成失靈而致使吊運物墜落的設

計。

- 為耐震 IIA 級設備，當發生 SSE 時仍能支撐吊掛之重物並維持其位置。
- 停車時剎車會自動鎖住，可防止地震時滑動。另外，滑車 (Trolley) 與桁架間有插銷可固定滑車之設計，桁架與軌道間亦有固定插銷防止滑動之設計，在吊車不用時皆可安裝鎖固。
- 具有連鎖限制不得有重量超過一束燃料之重物吊運越過用過燃料儲存區域上方，以避免重物掉落造成燃料受損。

(b) 燃料填換台車：

- 為耐震 IIA 級設備，設計上當發生 SSE 時仍不會受損墜落。
- 滑車與桁架及桁架與軌道間皆有夾軌器之設計，可避免台車於地震來襲時脫軌翻倒。

(c) 懸臂吊車：

- 為耐震 IIA 級設備，安裝於用過燃料池西側牆面，設計上當發生 SSE 時仍不會受損墜落。
- 懸臂吊車有插銷設計，平時不用時，擺臂緊貼於軌道，並以插銷固定，使整組懸臂吊車均不在燃料池上方。

(4) 營運期間將定期進行檢查吊車鉸道，以確保完整性。【程序書 704.F31.401「起重作業」】

2、輔助燃料廠房輔助燃料池

與反應器廠房相較，除無懸臂吊車外，設計上均類似。

2.1.2.3 其他地震間接影響之考量

一、安全系統之附屬設備耐震性：

如 2.1.2.1 節所述，為達到安全停機所需關鍵之系統、結構及組件 (SSC) 及其附屬系統均為耐震一級，可承受 DBE 以保持其完整性並發揮系統功能。

二、廠房內部淹水影響：

1. 廠房內部的防淹水並不需動力設備，廠房內淹水時可由樓層、區域地板洩水孔沿暢通的洩水管路，仍可集水進入集水坑。若進水量超過洩水孔排放量，廠房各樓層將會淹水，但依原有設計，淹水可匯集至廢料廠房底樓各收集槽，可緩衝蓄積大部份淹水，延長其他廠房重要設備搶救時間，降低災害嚴重性。
2. 反應器廠房底層 6 間緊急爐心冷卻系統(ECCS)的泵室，其地面排水洩入之集水池，屬該區單獨專用，未與其他區域連通，且設計有防水門，可避免房間內淹水漫延，亦可避免外來淹水入侵，確保 ECCS 之重要設備完整可靠性。
3. 反應器廠房若因循環水管路洩漏(例如：抑壓池取水管路之斷管)，經由集水坑警報及洩漏偵測系統之提示，即可將洩漏之系統隔離，進而限制水的洩漏量。安全設備基座高度至少 20 公分即可防止設備浸水。手動的消防設備引動及管路/水槽內存水總量的限制也限制了廠內淹水。
4. 本廠針對已施作完成的部分，於 2011 年 6 月 24 日完成 RB、CB、RWB、RBSWPH、TB 防水門、水密門、地板排水孔及外牆穿越器填封完整性之現場查證或檢查。未施作完成的部分，透過完整的品質程序於完工後進行功能驗證。另外，營運期間亦將依程序書（769.P16.117）定期查證外牆穿越器填封完整性。

三、喪失廠外電源：

1. 龍門電廠每一部機有配置 3 台安全等級之緊急柴油發電機，供廠外電源喪失後提供緊急冷卻系統所需電源。
2. 龍門電廠另有配置一台兩部機共用之氣冷式第 7 台安全等級之緊急柴油發電機(7th EDG)，可隨時接替任一台機組緊急柴油發電機(EDG)。
3. 以上安全等級之緊急柴油發電機均依據 DBE 值設計，足以抵禦 DBE 而造成之失效；為防範伴隨之水災影響緊急柴油發電機，已依福島案經驗，本廠將規劃設置海嘯牆(牆頂高度 = EL.14.5 公尺)，以避免電廠遭受海嘯侵襲。

四、因地震導致廠外之情況阻礙或延遲人員及設備到達廠區：

1. 事件發生於正常上班時段：
 - (1) 若運轉值班人員無法抵達電廠接班，此時模中有訓練班人力，另機動支援班約十人(大部份為持照人員)，可接替及協助機組運轉處置。
 - (2) 各部門維護人力均在廠內，另有長期合約駐留廠區承包商，維護人力可達百人，應可滿足緊急情況設備維護需求。
 - (3) 廠內消防班人力於二值時段配置 8 人，而正常上班時段依緊急計畫組織，編組緊急後備消防隊人力有 45 人，可協助消防工作。
2. 事件發生於非正常上班時段：
 - (1) 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍值班(含運轉組)人員，將可優先通知協助機組運轉工作，以因應運轉值班因接替人力無法抵達而有不足；另本廠已有規劃於貢寮、雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚值班人員先行進廠協助。

- (2) 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍維護（機、電、儀、修）人員，將可緊急動員進行設備搶修工作，另本廠已有規劃於貢寮、雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚維護人員先行進廠協助。
- (3) 消防班人力於非正常上班時段維持 6 名消防員在廠，消防班外包人員均優先進用貢寮、雙溪、瑞芳、基隆等地區居民，遇有狀況時將可緊急通知入廠。另有駐廠保警人力，亦可協助救災事宜。
- (4) 若因廠外道路不通，將向中央政府主導之「中央災害應變中心」申請工兵支援搶通道路或利用直升機載送人員與物資設備搶修，以及人員緊急送醫。
- (5) 消防班人員支援運轉操作：
視兩部機組實際狀況，可請消防班人員機動支援協助下列相關工作：
 - (a) 駕駛二部消防車輪流開至#1/#2 機 RB 12,300 西側，接通戶外消防車至 RHR C 連接管路，開啟手動隔離閥 1/2E11-BV-0047C，執行反應爐及用過燃料池之緊急補水操作。
 - (b) 協助於 RB 7F 用過燃料池旁接通消防箱水帶，進行用過燃料池緊急補水操作。

五、火災防護/消防設施能力：

1. 為本廠廠區消防設施如下：

- (1) 自動消防水噴灑系統:置於廠房及廠區，共 100 組。水源由消防系統接收源自自來水或廠區地表水(雙溪河之溪水)，經生水前處理設施處置後暫儲存於生水蓄水池內(4.8

萬噸生水池，耐震 IIA 級設計，具傾斜儀、水位觀測井、鋼筋計等環境監測預警設施)，採 100 公尺高低落差作為壓力來源提供二座 2300 m³ 消防水儲存槽 (耐震 I 級設計)。為滿足支援 ABWR 嚴重事故所需，其中 A 槽可保留 456 m³ 水量供核島區使用。

- (2) 消防泵：消防泵 x3【柴油引擎驅動泵、電氣驅動泵 (4.16KV AC)、Jockey 泵 (480V AC)】、兩部消防泵皆具 100% 的系統能力，每一水泵在出口總水頭 (差壓) 862 kPa (125 psi) 時有 11340 L/min 之能力，控制室 R499 1H11-PL-1703 (WDP) 盤設有馬達驅動泵及引擎驅動泵遙控起動按鈕，惟停止時須至消防泵室手動停止。手動或自動引動消防抑制系統時，消防泵將因系統低壓力而自動起動；消防系統管線設計壓力為 1207 kPa (175 psi)。
- (3) IG-541 自動滅火系統：用於汽機廠房電子室 (EL：30500 ROOM3302) 共 2 組，每六個月執行一次功能測試。
- (4) 消防泡沫噴撒系統：預動式泡沫消防系統置於反應器廠房緊急柴油發電機廠房 (R412、423、432) 及輔助燃料廠房緊急柴油發電機廠房 (R304) 及柴油儲存槽廠房 (OTV101、102、103、104)，共 4 組。開放式泡沫消防系統置於反應器廠房緊急柴油發電機日用油槽 (R610、620、630) 及輔助燃料廠房 (R404)，總共 38 組。當探測器故障或電路不完整或探測器動作，均會於 LFAP 及 MFAP 盤發出故障或火災警報信息，並有相關指示燈出現可供判斷。
- (5) FM200 自動滅火系統：置於開關場控制大樓 (1F/3F) 及核廢料廠房 (RWB) 2F 電驛室 (R203/R204)、1F 固廢料室 (B118)、B1F 實驗室 (B107 A/B 區) 共 9 區。每六個月執行一次功能測試。

- (6) 室內外消防栓： a.室內消防栓共 681 具，含口徑 1.5 英吋及口徑 2.5 英吋。 b.室外消防栓共 75 具，口徑 2.5 英吋。
- (7) 所有安全相關機械設備及電氣設備之防火系統皆為耐震 I 級。
2. 本廠廠區消防設備均將依程序書 769.P16.110~769.P16.142 及 709.P16.101、709.P16.606 及 705 系列執行檢查、測試與維護。
3. 本廠消防班設備：
- (1) 水庫消防車乙輛:水庫容量 12 公噸，設有 1 支朝天瞄子，噴水壓力 10 kg/cm^2 ，每分鐘 800~2400 公升無段式調整水量。
- (2) 化學消防車乙輛:水箱容量 6 公噸，消防泵在壓力 10 kg/cm^2 時出水量 3000 L/min，泡沫最大輸出量 16 公升，最高輸出壓力 27.6 kg/cm^2 ，朝天瞄子可左右 360 度旋轉及上下 70 度以上移動，水柱時射程可達 50 公尺以上、水霧時為 20 公尺以上。
- (3) 消防器材車乙輛: 各類消防搶救器材乙批(包含車輛緊急啟動機、強力照明燈 (6 具車載式 1500 W 石英鹵素燈、4 組移動式 1000 W 石英鹵素燈)、50 KVA 220 V/110 V 發電機、空氣充灌壓縮機工作壓力可設定 $200/300 \text{ kg/cm}^2$ ，1 小時可充填 6.8 L 儲氣鋼瓶 20 支、三用破壞器、多功能高壓油壓破壞工具圓鋸機、排煙機、抽水機、急救破壞工具延伸裝置。

六、開挖與回填：

本廠無任何結構物興建於開挖並回填之土方上，且廠址內安全有關之結構物因基座全座落在岩層上，土壤液化潛在的可能性不存在，故地震時不會因為土壤液化而影響廠區之安全。

廠區西側與南側山坡進行開挖整地的工區，皆依「水土保持技術規範」及「水土保持手冊」規劃設計各項水土保持設施，且經行政院農委會水土保持局審查核定。開挖之土方貯存於廠區內之土石堆積場，其碴料填築採階梯式，每 5 公尺高即設置寬度 2 公尺以上平台藉以穩定邊坡，碴料填築前沿山谷底部埋設 RCP 管涵以導排上游集水區逕流水及碴料地表入滲水，場區周界及坡面佈設截排水系統，並於裸露面進行植生綠化以強化邊坡穩定。

此外，亦已制定程序書 1208「開挖與回填工程」規範廠區相關開挖與回填工程之施工及品質管制，以確保任何開挖回填作業不會影響到廠房結構及管線的耐震能力。

2.1.3 電廠承諾的持照基準

2.1.3.1 一般程序

- 一、系統、設備，其定期測試週期均依照運轉規範要求，條列測試步驟及接受標準詳述於 600 系列「偵測試驗程序書」，並將依照運轉規範所要求之測試頻率訂定測試週期。
- 二、系統、組件維護檢查方法及週期則詳述於 700 系列「維護保養程序書」，說明檢查內容，如分解、檢查、潤滑、更換消耗性組件（如油封、墊片）、安裝、鎖磅等程序，並將依照十年長期維修計劃於每次大修進行檢查作業。
- 三、結構檢查/維護方法，於「維護法規結構檢查及監測」程序書中規範，依結構、被動組件與土木工程設施定期檢查的實施與文件要求，將檢查結果分級且訂定後續處理措施；對於高安全重要結構將每 5 年檢查一次，低安全重要結構則將每 10 年檢查一次。

2.1.3.2 廠外移動設備/資源

本廠現行持照基準於設計基準地震（DBE）安全停機所需關鍵的系統、結構及組件（SSC）已足以將機組安全停機，原先 2011 年 6 月 30 日

前既有之一般性救援設備，依程序書 186.01「災害防救重點」所述表列如下：

「龍門電廠既有災害防救設備」列表

項次	項目名稱	數量	放置地點	整備部門	項次	項目名稱	數量	放置地點	整備部門
1	緊急發電機	<u>1</u> 具	工具室	機 械 組	14	無線通信系統（PWT）	<u>1</u> 式	行政大樓及各廠房	電 氣 組
		<u>2</u> 具	中四倉庫	電 氣 組					
2	抽水機	<u>3</u> 具	行政大樓	機 械 組					
3	移動式起重機	<u>1</u> 輛	#2 RPV 倉庫	機 械 組					
	堆高機	<u>2</u> 輛	貨櫃屋						
4	堆高機	<u>1</u> 輛	修配工廠	修配組	16	手電筒	<u>10</u> 具	倉庫	工 安 組
5	標識帶	<u>1</u> 組	工安組倉庫	工 安 組	17	擋水砂包	<u>100</u> 袋	行政、模中、文件管制中心	
6	化學消防車	<u>1</u> 輛	#2 RPV 倉庫		18	望遠鏡	<u>—</u> 具	工安組辦公室	
7	水箱消防車	<u>1</u> 輛			19	氧氣偵測儀	<u>2</u> 具		
8	乾粉滅火器	<u>10</u> 具	#2 RPV 倉庫		20	可燃性氣體偵測儀	<u>2</u> 具		
9	空氣呼吸器	<u>6</u> 具			21	防靜電鞋	<u>—</u> 雙		
10	緊急照明燈	<u>—</u> 具			22	三角危險旗	<u>2</u> 條		
11	排煙機	<u>—</u> 具	#2 RPV 倉庫		23	消防水池（兼救災用準備水池）	<u>1</u> 座	情人湖	
12	救助器材車	<u>1</u> 輛			24	飲用水、糧食及其他民生必需品	<u>1</u> 式	餐廳	供 應 組
13	急救用醫療器材藥品	<u>1</u> 式		醫務室	25	其他必要之物資器材設施			視主管指示或檢討會議決議事項辦理

2.1.3.3 已知之承諾偏差事項、其可能影響及矯正規劃

依目前之設計，龍門電廠並無偏離 FSAR 之承諾。若發生任何偏離，龍門電廠將依據下列相關程序書進行安全評估及矯正措施：

- 一、 值班人員依照程序書 1102.01「設備檢修工作管制」開立請修單，並判定是否進入運轉規範/技術手冊之運轉限制條件(LCO)，若影響安全系統則依狀況宣告不可用，並進行通報(程序書 174.1「異常事件立即通報作業」、程序書 175「異常事件書面/特別報告作業」)。
- 二、 各組和核安處駐廠安全小組人員依程序書 1115.01「不符合品質案件處理管制」程序準則填發 NCD 品質不符通知，若涉及 10CFR21 事項則依規定進行通報。
- 三、 請修單、NCD 等矯正措施的規劃視需要依下列程序書辦理：
 1. 若對於機組有造成潛在性跳機、關鍵性組件/環境的檢修工作，則依程序書 190「潛在性造成機組急停/跳機或其他危險之檢修工作評估審查作業」辦理。
 2. 可能引發運轉或維護的問題或導致工安、輻安、水災、火災等事故者，則依程序書 191「潛在性危險工作評估審查作業」辦理。
 3. 依程序書 1114.03「禁止操作卡管制作業」完成掛卡。
 4. 依程序書 1110.01「品質人員現場工作停留查證作業」辦理查證工作。
 5. 依程序書 1109.09「按法規要求執行機械組件之修理與更換管制」執行檢修。
 6. 依程序書 1109.08「非法規修理管制」執行檢修。

7. 依程序書 1103.01 「電廠設計修改管制」提出設計修改(DCR)。
8. 依程序書 1103.04 「核能電廠組件、配件更新管制作業」提出組/配件更新、修改(EMR)。
9. 依程序書 1102.02 「儀器、電氣設備設定點變更管制」提出設定點變更。
10. 依程序書 1102.03 「設備設定值暫時變更及暫時性線路管路拆除/跨接工作管制」提出臨時性變更。
11. 依程序書 1103.05 「核能同級品零組件檢證」辦理。

2.1.3.4 福島核一廠事故後業主自主確認的持照承諾

一、 配合 311 福島事件之檢視，龍門電廠以增強行動方案處理相關設備耐震能力及可用度之改善如下：

- RAP-LM-04-03-002：為確保在 SSE 下，消防水水源及消防水系統能維持可用，將針對 MBV-5003/ 5004/ 5005/ 5006 及 BV-5007/ 5023 更改為具備自動隔離功能，並修改電源以因應於 SSE 下外電可能喪失之情形，自動隔離信號可使用。或將消防系統之非耐震一級管線提升為耐震等級設計。
- RAP-LM-04-03-001：將生水池補水至消防系統之管路規劃設計為明管，斷管時易於發現及修復，部份管路改為撓性管路，提升管路耐震能力。
- RAP-LM-03-04-001：於反應器廠房增設耐震 1 級之用過燃料池專用補水管路及灑水管路，直接由反應器廠房地面樓層外連接適當水源，補水及灑水至用過燃料池。
- RAP-LM-03-05-001：修改用過燃料池超音波水位計 G41-LT-0012A/B 型式，使監測範圍至少可達有效燃料高度，並由緊要交流電力(R13)供電；另外，修改溫度計 G41-TE-0013 計量測

點深度，使監測範圍至少可達有效燃料高度。

- 二、 除了一般性救援設備整備外，為了完善救援設備之完整性，另整合本次福島事故將增購救援設備及其他龍門廠既有之資源，整理成「龍門電廠設施備品、器材、工具建置規劃表」，如下表所示：

龍門電廠設施備品、器材、工具建置規劃表

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
1	移動式柴油發電機	3相電壓 4.16 kV 功率 1500 kW	柴油	2 台	供電至 4.16 kv 安全級 bus 或 RHR、RBSW RBCW 泵臨時電源	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
2	移動式柴油發電機	3相電壓 480 V 功率 200 kW	柴油	2 台	SLC、FCS、SGT、CSTF、安全串 CVCF、 最終熱沉 Seal Pit	開關場 (EL:29.8 米)	已配置	每三個月	電氣組
3	移動式柴油發電機	3相電壓 480 V 功率 100 kW	柴油	3 台	供電至 480 V PC/MCC 再轉供 CVCF 與 DC 電池充電臨時電源	1 部-SGB 鐵卷門外 (EL:12.3 米)， 2 部-RPV2-臨時消防隊部 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
4	移動式柴油發電機	3相電壓 380 V 功率 100 kW	柴油	1 台	OSC 臨時電源	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
5	汽油引擎發電機	120/220V 最大輸出：7.2 kVA	汽油	2 台	電動工具及臨時照明使用	(1)#1ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米) (2)行政大樓地下室	已配置	每三個月	機械組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
6	汽油引擎發電機	120/208 V, 3Φ 4W 10 kW	汽油	6 台	沉水泵(抽水)	低放倉庫 (EL:43.3 米) 緊急泵室 (EL:8.57 米)	已配置	每三個月	電氣組
7	汽油引擎發電機	120/220 V 1Φ 10 kW	汽油	4 台	沉水泵(抽水) ARM、通訊	低放倉庫 (EL:43.3 米) 緊急泵室 (EL:8.57 米)	已配置	每三個月	電氣組
8	整流器	AC 整流為 DC(125 VDC)	NA	6 台	配合汽油引擎發電機 120VAC 整流為 120VDC 供 SRV 操作使用	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
9	變壓器	480 V/240 V	NA	6 台	480 V 變壓為 240 V	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每月	電氣組
10	引擎式抽水 泵	進/出水口徑:4 英吋 最大揚程:25 公尺抽 水深度:5 公尺最大 抽水量:1500 公升/ 分鐘	汽油	2 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米) 行政大樓地下室工具室	已備置	每三個月	機械組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
11	引擎式抽水 泵	進/出水口徑: 4 英吋 最大揚程: 25 公尺抽 水深度: 5 公尺最大 抽水量: 1500 公升/ 分鐘	汽油	6 台	抽排水使用	修理工廠工具庫 (EL: 24.9 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
12	電動式抽水 泵	單相 110 V*1 台 220 V*1 台進/出水 口徑: 2 英吋(50 mm) 最大揚程: 15 公尺最 大抽水量: 260 L/min	電力	2 台	抽排水使用	行政大樓地下室工具室/ ACB 2 樓物料儲存間 (EL: 17.15 米)	已備置	每三個月	機械組/ 廢料組
13	不銹鋼沉水 泵	馬力: 5HP 出口口 徑: 4" 最大水量: 0.95 m ³ /min	電力	1 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL: -1.85 米)	已備置	每三個月	機械組
14	高揚程不銹 鋼沉水泵	馬力: 30HP 出口口 徑: 3" 最大水量: 1.06 m ³ /min	電力	4 台	抽排水使用 SEAL PIT 最終熱沉 使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL: -1.85 米)	已備置	每三個月	機械組
15	高揚程不銹 鋼沉水泵	馬力: 2HP 出口口 徑: 2" 最大水量: 0.164 m ³ /min	電力	2 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL: -1.85 米)	已備置	每三個月	機械組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
16	沉水泵	220V3Φ馬力：5HP	電力	3 台	抽排水使用	修理工廠工具庫 (EL:24.9 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
17	沉水泵	220V3Φ馬力：2HP	電力	2 台	抽排水使用	低放倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	廢料組
18	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	1 台	抽排水使用	低放倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	廢料組
19	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	2 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米)	已備置	每三個月	機械組
20	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	1 台	抽排水使用	宿舍 A 棟地下室 (EL:8.5 米)	已備置	每三個月	電氣組
21	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	1 台	抽排水使用	ACB 2 樓物料儲存間 (EL:17.15 米)	已備置	每三個月	廢料組
22	2"可撓式軟管	配合沉水泵 20 m/條	NA	20 條	配合沉水泵使用	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
23	3”水帶	配合沉水泵 100 m/ 捲	NA	12 捲	配合沉水泵使用	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
24	擋水砂包袋	20 kg/包	NA	1000 只	各門戶擋水	工安組 (EL:12.3 米)	已購置	每三個月	工安組
25	水庫消防車	12 噸級	柴油	1 台	消防(替代注礮)	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組
26	泡沫消防車	6 噸級	柴油	1 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組
27	救助器材車	12 噸級	柴油	1 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組
28	空氣呼吸器	符合 NIOSH	NA	70 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
29	乾粉滅火器	乾粉-ABC 20 型	NA	48 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
30	引擎帶動式 消防水泵	15HP	電力	4 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
31	充氣水槽	10T/15T	NA	4 座	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
32	防爆手電筒		電池	50 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
33	消防衣		NA	10 套	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
34	救護車		汽油	1 台	救護	龍門施工處醫務室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
35	防靜電鞋		NA	10 雙	消防	工安組倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
36	緊急照明燈		電池	50 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組
37	排煙機		電力	4 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
38	乾粉滅火器	乾粉-ABC 10 型	NA	20 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
39	四用氣體偵測器	B.W 測 O ₂ ,CO,H ₂ S,可燃 性氣體	電池	5 只	氣體偵測	工安組辦公室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
40	氫氣偵測器	測 H ₂	電池	10 只	H ₂ 氣體偵測	工安組辦公室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
41	救生衣		NA	8 件	水中作業	泵室 X 6 (EL:8.57 米) 生水池 X 2 (EL:116.6 米)	已購置	每三個月	工安組
42	救生圈		NA	8 只	溺水救護	泵室 X 6 (EL:8.57 米) 生水池 X 2 (EL:116.6 米)	已購置	每三個月	工安組
43	救生浮水拋繩		NA	5 組	溺水救護	泵室 (EL:8.57 米)	已購置	每三個月	工安組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
44	三角危險旗		NA	10 網	危險區隔	工安組倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
45	急救用醫療 器材藥品	急救用醫療器材藥 品	NA	1 式	緊急救護醫療	龍門施工處醫務室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
46	攔油繩		NA	1 條	油品洩漏攔油處理	泵室 (EL:8.57 米)	已配置	每三個月	環化組
47	油品洩漏防 治箱		NA	15 箱	油品洩漏處理	汙水處理廠 (EL:12.3 米)海水電解 廠(EL:8.57 米)/水廠 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	環化組
48	化學品洩漏 防治箱		NA	10 箱	化學品洩漏處理	汙水處理廠 (EL:12.3 米)海水電解 廠(EL:8.57 米)/水廠 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	環化組
49	油脂分解劑		NA	100 加侖	油脂分解處理	生活污水廠 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	環化組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
50	補漏劑		NA	30 條	筒槽洩漏修補	汙水處理廠 (EL:12.3 米)海水電解 廠(EL:8.57 米)/水廠 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	環化組
51	昇空工程車	額定載重：150 公 斤，最高作業高度： 12 公尺，最大作業 半徑：7 公尺	電池	1 台	高空作業	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	機械組
52	昇空工程車	最大載重：200 公 斤，最高作業高度： 20 公尺，最大作業 半徑：12 公尺	柴油 (電池)	1 台	高空作業	開關場 (EL:29.8 米)	已配置	每三個月	電氣組
53	堆高機	5 噸 x2 台 3 噸 x1 台	柴油	3 台	重件搬運	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	機械組
54	移動式吊車	80 噸	柴油	1 台	重件吊運	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已購置	每三個月	機械組
55	移動式吊車	30 噸	柴油	1 台	重件吊運	#1RPV 倉庫 重機倉庫	已配置	每三個月	機械組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
						(EL:12.3 米)			
56	多用途工作車	發電機額定輸出功率：24 KVA 提供照明、空壓機、電焊機電源插座 提供 110 V、220 V 之電源	汽油	1 台	室外緊急搶修用	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
57	大貨車 (或卡吊)	25 噸	柴油	1 台	重件搬運	施工處材料組倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	機械組
58	拖板車	40 呎	柴油	1 台	重件搬運	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
59	小山貓		柴油	1 台	廠區道路清理用	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已購置	每三個月	機械組
60	手拉鍊條吊車	0.5~3 噸	NA	20 組	檢修吊掛用	修理工廠工具庫 (EL:24.9 米)	已配置	每三個月	機械組
61	可攜式氮氣瓶	鋁合金 5.2 公升	NA	6 只	氣動閥操作	儀控組校驗室 (EL:20.85 米)	已購置	每年	儀控組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
62	引擎帶動移動式空壓機	10kg/ cm ² 以上	電力	2 台	SRV 緊急操作氣源	RB 31700 外圍 (EL:31.7 米)	已配置	每三個月	機械組
63	防爆工具	防爆扳手組、銅錘、	NA	2 組	防氫爆工具	修理工廠工具庫 (EL:24.9 米)	已配置	每三個月	機械組
64	RBSW 馬達	4.16 kV /745 kW (997 HP)	NA	1 只	緊急 RBSW 馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組
65	RHR 馬達	4.16 kV /475 kW (636HP)	NA	1 只	緊急 RHR 馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組
66	RBCW 馬達	4.16 kV /190 kW (255HP)	NA	1 只	緊急 RBCW 馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組
67	P16 消防泵馬達	4.16 kV/261 kW (350HP)	NA	1 只	緊急消防泵馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組
68	備用電纜	高、中、低壓電纜	NA	1 批	緊急電源拉線	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	161KV 電纜 已購置 餘購置中	每三個月	電氣組
69	通訊器材備品		NA	1 批	通訊損壞搶修	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	購置中	每三個月	電氣組

2.2 現行設計基準之餘裕評估

2.2.1 地震導致燃料的嚴重受損的範圍

2.2.1.1 弱點及地震嚴重強度之瀕危效應

本項評估目的為透過安全度評估 (PRA) 之事件樹的方法，藉由評估各項設施/設備耐震程度，找出地震發生時，能夠成功維持機組安全停機所需各項設備/設施之最小承受值。即一旦震度達到此種級數，上述無法承受此種震度之設備/設施假設其喪失功能，並進而影響機組安全停機目的之達成。此種應用事件樹的方法，於救援成功的路徑上，找出需使用之救援設備，耐震度最低者，為本節定義之瀕危效應(Cliff Edge)。

依據本廠 FSAR 附錄 AC.3 的設備耐震能力評估資料，本廠在地震發生後對於爐心燃料完整性可能有影響的結構、系統及設備共計有 97 項(詳如附件 2-2)，並依據設計、安裝以及空間相互影響的特性，執行個別的耐震能力評估，各項設備的耐震能力(相對於岩盤地表加速度(PGA)的震度)中值由廠外電源的 0.3 g 到空調系統風管的 13.13 g 不等，由於地震設備清單中的設備數量多且耐震能力高低不一，因此在進行地震瀕危效應分析前先執行設備耐震能力篩濾分析，以期將分析集中於對維護燃料完整性有顯著影響的設備上。

EPRI-1002988 要求以 $HCLPF=0.5$ (具彈性設備)或 0.57 (無彈性設備)作為設備耐震能力之篩濾值，但也要求座落於高地震風險地帶的核能電廠，應引用更保守的篩濾值。由於龍門核能發電廠位於高地震風險地帶，其設計安全停機地震為岩盤地表加速度 0.4 g，依據我國中央氣象局地震震度分級表，震度 7 級地震的地表加速度約為 0.41 g，分析時保守以超過 7 級地震兩倍的地表加速度($HCLPF=0.9$ g)作為篩濾值，配合地震瀕危效應事件樹的發展。

依據前述的篩濾分析要求，僅有 13 項設備必須納入後續的瀕危效應分析中，詳細的設備清單以及在 FSAR 所評估的耐震能力相關參數，如

下表所示。

納入地震瀕危效應細部分析之設備

建物、系統、設備	FSAR 表格	Am	β_R	β_U	β_C
Offsite Power Transformer	AC.3-66	0.3	-	-	0.55
Condensate Storage Tank	AC.3-66	1.1	-	-	0.46
Fire Water Tank	AC.3-66	1.1	-	-	0.46
Fire Water Pump	AC.3-66	1.9	-	-	0.46
Reactor Building Service Water Pump	AC.3-66	2	-	-	0.46
EDG Fuel Oil Day Tank	AC.3-37	2.33	0.36	0.38	0.52
SDG Fuel Oil Day Tank	AC.3-37	2.33	0.36	0.38	0.52
Buried Piping	AC.3-66	2	-	-	0.40
Fire Water Buried Piping	AC.3-66	2	-	-	0.40
Fire Protection House	AC.3-66	2.3	-	-	0.45
Safety Related Transformer	AC.3-67	2.4	-	-	0.46
Air Handling Unit	AC.3-34	2.95	0.35	0.4	0.53
HVAC Damper	AC.3-55	2.8	0.33	0.38	0.50

本廠依據現有安全功能之設計及運轉方式，利用上表所列之耐震強度中值進行地震瀕危效應評估，所發展之龍門電廠地震瀕危效應事件樹，如附件 2-1 中圖 7 所示。當發生大於 0.3 g 地震，造成電廠喪失廠外電源後，爐心能達到長期熱移除目的之成功路徑有四條：

成功路徑(1)：機組正常冷停機途徑中所必要的安全功能均成功之事故序列。相關安全功能包括：緊要直流電用以起動緊急柴油發電機、廠用冷卻水系統用於冷卻運轉中的緊急柴油發電機與安全注水

系統並提供餘熱移除系統熱交換器冷卻水、緊急柴油發電機用於提供各重要設備運轉所需的交流電、餘熱移除系統用於執行安全注水以及各種熱移除功能等。

成功路徑(2)：當餘熱移除系統受地震影響而不可用時，機組靠消防水系統長期提供爐心冷卻，並藉由圍阻體過壓保護系統所提供的圍阻體旁通途徑，釋放累積於圍阻體內的能量，以達到爐心長期熱移除之目的。

成功路徑(3)：當緊急柴油發電機受地震影響而不可用時，爐心透過 RCIC 建立短期補水功能後，機組依靠消防水系統長期提供爐心冷卻，並藉由圍阻體過壓保護系統所提供的圍阻體旁通途徑，釋放累積於圍阻體內的能量，以達到爐心長期熱移除之目的。

成功路徑(4)：當廠用冷卻水系統受地震影響而不可用時，透過與成功路徑(3)相同之救援路徑達到爐心長期熱移除之目的。

其中各成功路徑之安全餘裕及其 Cliff Edge 說明如下：

成功路徑(1)：以廠用冷卻水系統的耐震能力最低，其中以 RBSW 泵及埋設於地下的管路為關鍵設備，其耐震能力中值為 2.0 g，其安全餘裕為 1.7 g(2.0 g-0.3 g)。

成功路徑(2)、成功路徑(3)、成功路徑(4)：以消防水系統耐震能力最低，其中的關鍵設備為消防水儲水槽，其耐震能力中值為 1.1 g，其安全餘裕為 0.8 g(1.1 g-0.3 g)。

由於此案例之 Cliff Edge，依定義為各冷卻成功路徑中安全餘裕最高者之最低標題之耐震度為代表，彙整分析結果後，龍門核能發電廠因地震發生爐心燃料受損的 Cliff Edge 為成功路徑(1)之 2.0g。

2.2.1.2 強化防護能力的措施

- 縮短建立消防水流徑的時間

依據現行系統設計，運轉員建立消防水系統至少必須手動開啟

E11-BV-045C 以及 E11-BV-046C 兩個隔離閥(位於反應器廠房 C 串設備通道，廠房編號 335)，當喪失交流電源時，運轉員還必須手動開啟電動閥 E11-MBV-0005C(位於反應器廠房 ECCS C 串閥室，廠房編號 431，正常運轉時上鎖)，這三個閥的位置都不是位於開闊空間，且現場手動開啟時都會有相當的阻礙，導致運轉人員必須耗費較多的時間，若能進行適度的改善，相信能縮短建立流徑的時間。此外控制室值班人員下決策開始建立流徑的時機，在事故過程中也是重要的關鍵，若有明確的程序書指引再加上平時的訓練，對於縮短建立流徑的時間亦有幫助。

- 提升生水系統耐震能力

生水池的設計功能非常多樣，耐震能力提升主要應著重於提供消防水系統水源相關的管閥以及生水池與廠區邊界相鄰的山坡，以使生水系統在地震發生後，能提供消防水系統穩定的水源。

- 消防水泵直接自生水系統供水管路取水

有鑒於消防水儲存槽的耐震能力較低，且實質改善的可行性亦低，為了使消防水系統在儲存槽失效後仍可發揮其功能，將考慮修改消防水系統與生水系統的介面，以固定或非固定式管路在必要時將生水直接引入消防水泵取水管路。

2.2.2 可承受不喪失包封圍阻體完整性的地震強度

本廠提供包封圍阻之主要結構物為一次圍阻體(Containment Building)，反應爐基座 (Reactor Pedestal)、反應爐支撐裙部(RPV Support Skirt)。依據本廠 FSAR 附錄 AC.3「Seismic Capacity Analysis」，上述結構之耐震岩盤地表加速度中值非常高，如下表所示。推估地震導致圍阻體喪失包封能力機率甚低。

結構物	岩盤地表 加速度中值
-----	---------------

一次圍阻體	4.83 g
反應爐基座	12.63 g
反應爐支撐裙部	5.54 g

此外，根據本廠包覆上述結構體的反應器廠房之耐震岩盤地表加速度中值為 5.45 g，因此地震導致圍阻體喪失包封能力之機率甚低。

2.2.3 超過 DBE 的地震及伴隨超過 DBF 的水災

2.2.3.1 考量電廠地理位置與設計，本情境發生的可能性

龍門電廠位於台灣東北角的新北市貢寮區仁里里鹽寮地區一內凹海灣之濱海，三面環山；約在基隆市東南方 20 公里，台北市東方 40 公里處，宜蘭市東北方 33 公里處。廠址約位於東經 121° 55'、北緯 25° 03' 位置。

本廠廠區屬貢寮區石碇溪及雙溪流域範圍，石碇溪穿過廠區北側之倉庫區與宿舍區，廠內段為經整治之複合式明渠；雙溪位於廠區南側與本廠廠址間有高逾 50 公尺之山丘阻隔，雙溪水位之上漲不致影響龍門電廠之運作。2 條溪流均未列入行政院農委會水土保持局所訂定之土石流潛勢溪流。廠區歷經多年的颱風、暴雨及地震，並無發生嚴重的土砂災害；另開挖整地的區域業經水土保持工程之處理與維護，故依現地之自然條件，石碇溪及雙溪發生土石流災害或改道的機率甚低。故二者均非為可能因地震而導致廠區廠房淹水之來源。

本廠生水池位於廠區西側標高 116.6 公尺之平緩山丘上，長 112 公尺，寬 63 公尺，底版高程為 EL.116.6 公尺，滿水位為 EL.124.6 公尺，蓄水體積為 48,000 立方公尺，以鋼筋混凝土結構建造池底及牆面，其槽體結構耐震等級為 IIA，可耐震至 0.4 g 而不崩損，且槽體內部設有隔間板，可分散並減低強震時內部存水晃動造成之衝擊力道。生水池基礎係建置於岩盤上，其承载力遠高於水池本體自重加上蓄水之總荷重，故無土壤承载力不足或液化之疑慮。另外，生水池上池所在山坡之岩層位態屬南北向、向南傾斜約 14° 順向坡，為消滅順向坡的安全

疑慮，使坡面呈自然穩定，將生水池區上池上邊坡及上、下池間邊坡坡面以層面傾角(1V：4H)修坡，清除可能沿層面滑移之所有岩塊，並使層面不致出露，岩層延伸至下邊坡時，無邊坡砍腳順向滑動之疑慮，全坡段邊坡屬安全穩定。因此，當發生超過生水池結構可承受範圍的地震時，生水池可能因結構裂損造成潰堤事件而影響本廠。

2.2.3.2 弱點、故障模式及瀕危效應

本廠生水池東側為土石堆積場及發電廠房區，廠區西南側以排洪渠道 III-1 支渠收集地表逕流，並匯流至 III 號主渠後出流入海。生水池南側有無名野溪匯流地表逕流至水返港村落排入雙溪，如圖 2-3 所示。

若發生超過設計基準之地震造成生水池出現裂損時，透過目前中興工程顧問公司所作的「生水池裂損池水洩漏分析」報告知，假設生水池南側壁全面破壞，此時池壁裂損位置依生水池體結構型式，假設位於高程 116.6 公尺處(上池底版高程，EL.116.6 公尺)，並保守假設池壁裂損口類似一底寬 112 公尺（池壁裂損口寬度為上池南側壁設計寬度，112 公尺）之矩形堰斷面。生水池池壁裂損之洩漏水量，於壁裂損後水流傳遞方向為往龍門廠區，其最大尖峰出流量為 46.6 cms。池壁裂損行程之漫地流傳遞至龍門廠區 III-1 號排洪支渠時流量衰減至 31.58 cms，而 III-1 號排洪支渠上游端設計流量為 57.03 cms 足以容納壁裂損之洪水輸送至下游出海口。根據分析的結果，流往本廠發電廠房區之生水池水量，可藉由原本廠區排水設計之排洪渠道引導離開廠區，而不致造成廠區淹水的狀況，故本廠目前無因地震引發水災之弱點或瀕危效應。

2.2.3.3 強化防護能力的措施

本廠雖然無須因為地震引發水災而採行強化防護能力，但若發生超出設計基準之洪水高度(大於 12.0 公尺)，則各廠房地面樓對外門因無水密功能設計，將使廠房淹水。此時除利用各廠房原有之 Sump Pump 抽水外，尚可利用預先備妥之臨時抽水泵排水，以儘速恢復各廠房底樓

設備之功能。另外，本廠將規劃設置海嘯牆(牆頂高度 = EL.14.5 公尺)，以避免電廠遭受海嘯侵襲。海嘯牆的興建將提升個重要廠房地面樓對洪水的防範能力。

參考文獻：

a.官方文件

- 1.經濟部中央地質調查所特刊第十九號(經濟部中央地質調查所)

b.業界組織文件

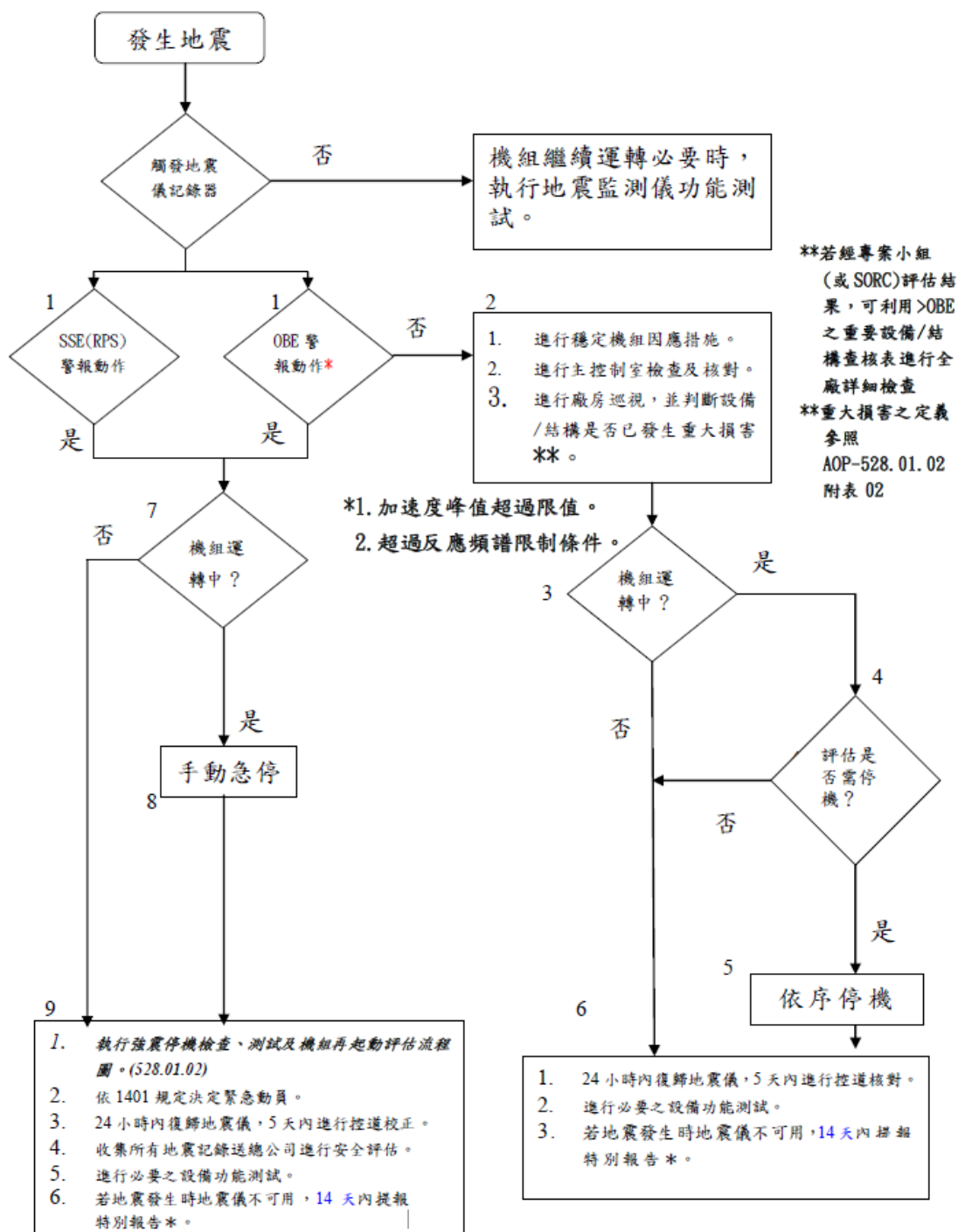
N/A

c.台電內部文件

- 1.「龍門核能發電廠終期安全分析報告」(台灣電力公司)
- 2.「核四廠廠址附近地質與地震資料之彙整及評估研究」(中央大學)
- 3.「龍門計畫廠址地震危害度重新分析工作」(國家地震工程研究中心)
4. 程序書 528.01.01 「地震緊急作業」
5. 程序書 528.01.02 「地震大於運轉基準地震再起動評估作業」
6. 程序書 186.01 「災害防救重點」
7. 程序書 1102.01 「設備檢修工作管制」
8. 程序書 174.1 「異常事件立即通報作業」
9. 程序書 175 「異常事件書面/特別報告作業」
10. 程序書 1115.01 「不符合品質案件處理管制」
11. 程序書 190 「潛在性造成機組急停/跳機或其他危險之檢修工作評估審查作業」
12. 程序書 191 「潛在性危險作業評估審查作業」
13. 程序書 1114.03 「禁止操作卡管制作業」
14. 程序書 1110.01 「品質人員現場工作停留查證作業」
15. 程序書 1109.09 「按法規要求執行機械組件之修理與更換管制」
16. 程序書 1109.08 「非法規修理管制」

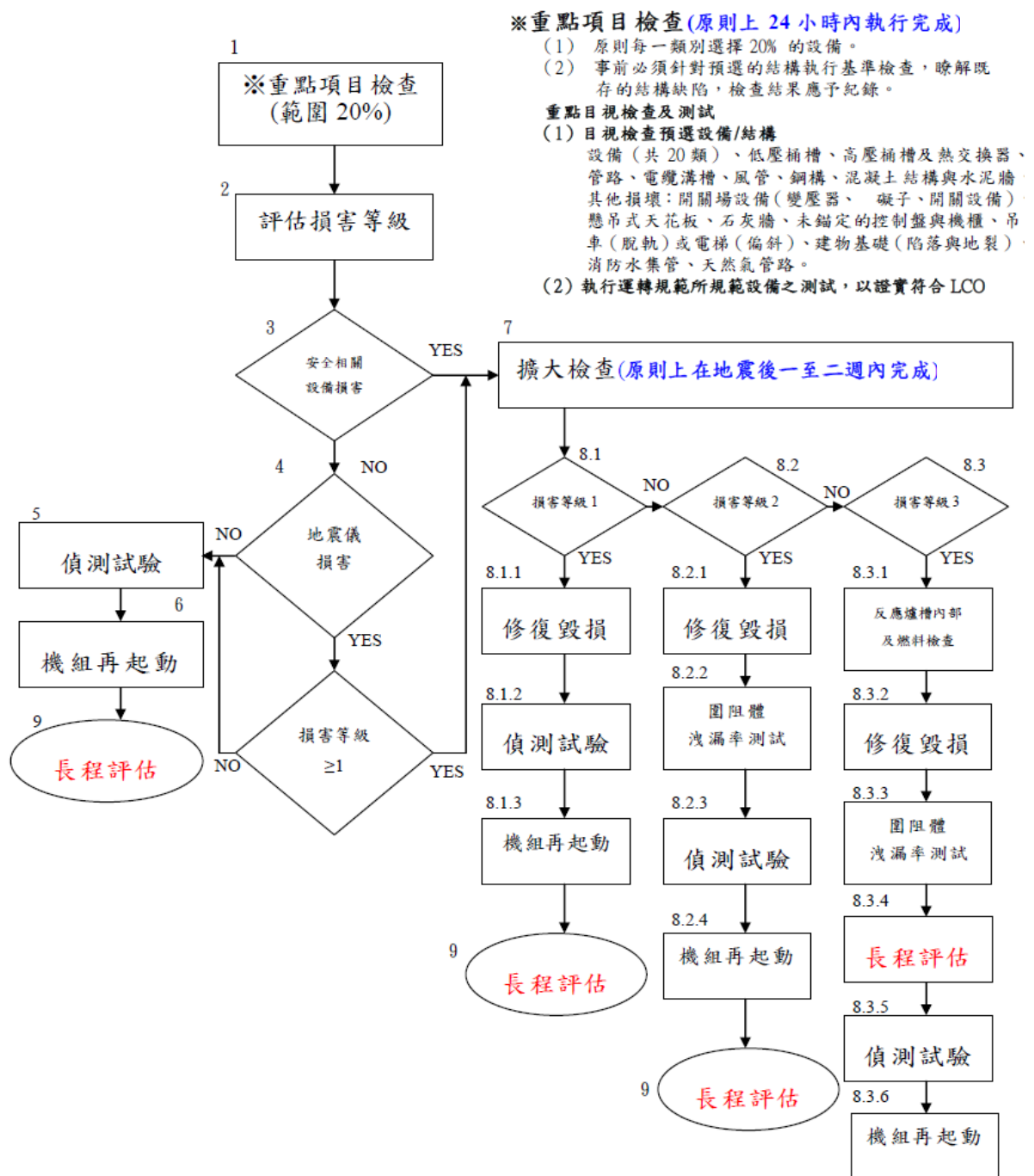
17. 程序書 1103.01 「電廠設計修改管制」
18. 程序書 1103.04 「核能電廠組件、配件更新管制作業」
19. 程序書 1102.02 「儀器、電氣設備設定點變更管制」
20. 程序書 1102.03 「設備設定值暫時變更及暫時性線路管路拆除/跨接工作管制」
21. 程序書 1103.05 「核能同級品零組件檢證」
22. 龍門核能發電廠地震瀕危效應評估(台灣電力公司)
23. 生水池裂損池水洩漏分析(中興工程顧問公司)
24. 龍門電廠安全防護總體檢報告(台灣電力公司)
25. 龍門發電廠總體檢耐震能力評估報告(台灣電力公司)

圖 2-1 核能電廠強震後緊急處理步驟流程圖



*特別報告應包括:地震簡介、地震規模、廠區巡視及其結果對電廠安全功能造成的影響。

圖 2-2 強震停機檢查、測試、機組再起動評估流程圖



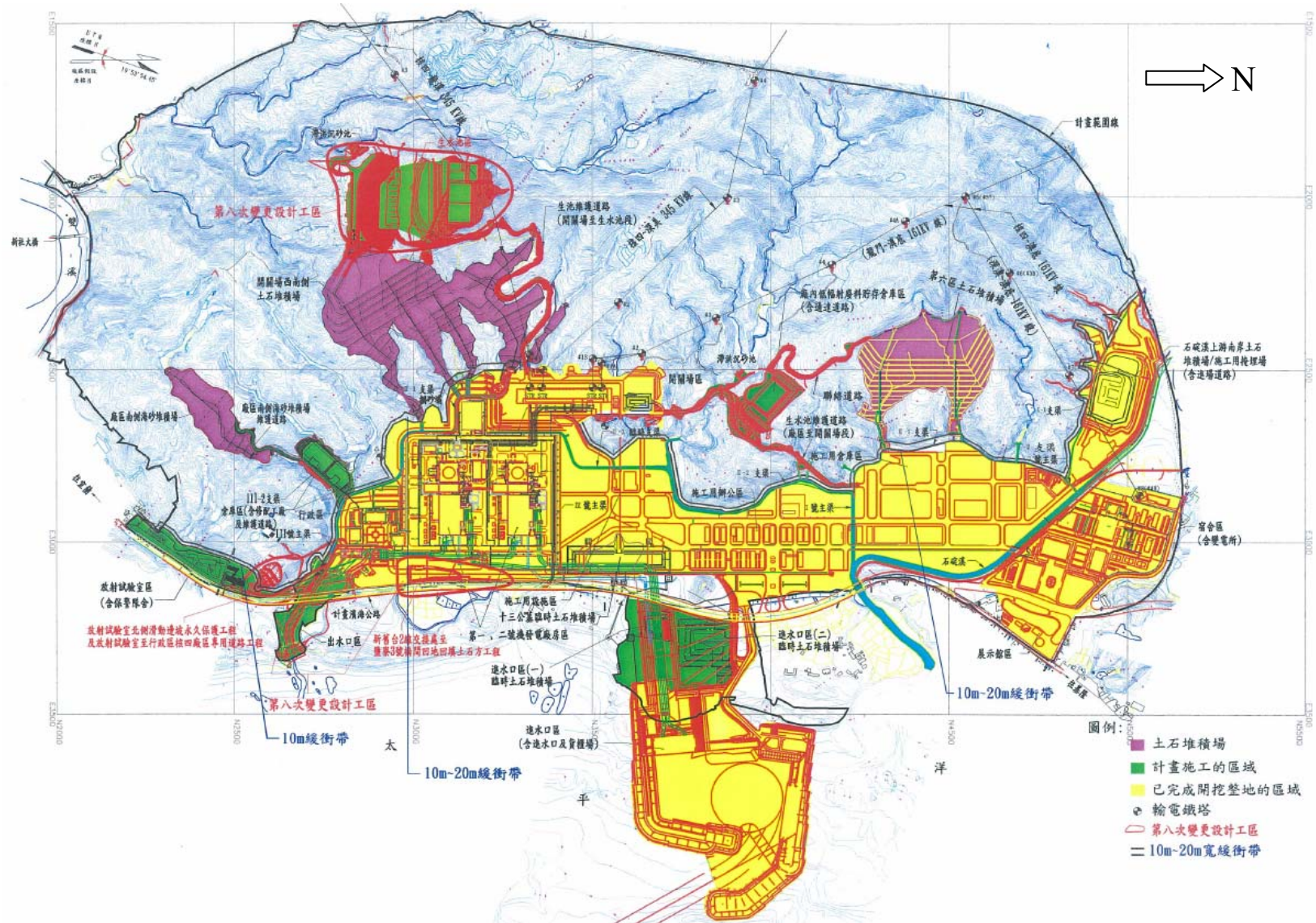


圖 2-3 生水池及核四廠區附近地理位置圖

附件 2-1、龍門廠地震案例

龍門廠地震案例之標題，包括最前之肇始事件及最後之停機冷卻狀態，共有 15 個標題及其相關之事故序列發展，分別說明於下：

(1)廠外電源：

依據龍門核能發電廠的設計，廠外電源供應是所有建物、系統及組件中耐震能力最弱的設備，由於在地震後是否可以繼續由廠外電源供電，對於事故分析的影響極大，因此在地震瀕危效應事件樹中先行考慮廠外電源。當地震發生後仍維持由廠外電源供應交流電源時，表示地震規模並未超越設計基準震度的可能性相當大，耐震能力遠低於其他安全系統組件的廠外電源系統並未受到影響，因此這樣規模的地震會對其他安全系統造成影響的機率相對的非常低，另一方面因為電廠在廠外電源可以供應交流電源的狀況下，有許多安全系統可以支援機組達成安全停機。綜合以上考量，當地震發生後且仍由廠外電源提供交流電力的狀況，可以視為對機組運轉沒有影響的暫態。在地震發生後喪失廠外電源的供應，會造成電廠其他一般系統(balance of plant)失效，且會影響正常交流電源供應，必須由緊急柴油發電機供應交流電力。廠外電源功能故障樹如圖 1 所示，整個廠外電源系統耐震能力最低的設備為陶瓷絕緣，所評估的耐震能力中值為 0.3 g。

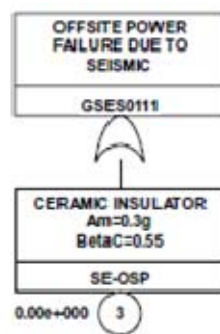


圖 1 廠外電源供應功能故障樹

(2)建物結構完整性：

本安全功能考慮龍門核能發電廠重要的建物之結構，這些結構物內皆

有重要的安全系統，用以支援電廠達到安全停機的狀態，當這些建物在地震發生後無法維持其完整性時，將造成建物內的系統受到嚴重的損壞，因而造成爐心燃料受損的狀況發生，在本安全功能考慮的建物包括反應器廠房、圍阻體及控制廠房，其餘廠房失效並未直接造成爐心受損，因而未內入分析中，依據設備耐震能力篩濾分析的結果，本安全功能所涵蓋建物結構之耐震能力均大於 $HCLPF=0.9\text{ g}$ 的篩濾值，因此分析中不再針對喪失建物結構完整性的狀況進行分析。

(3)緊要電源：

本安全功能主要考慮在廠外電源失效後，是否有可用的緊要直流電源用於起動緊急柴油發電機。由於沒有廠外電源提供交流電力，因此緊要電源須由電池所供應的直流電經由整流器及變壓器傳送至緊要電源的匯流排，然後做為緊急柴油發電機的起動電源。本安全功能失效時即表示廠內的直流電源失效且無緊要電源提供，由於所有緊急柴油發電機無法起動，且反應器的儀控設施亦因為沒有緊要交流電力而失效，因此該狀況假設為導致爐心受損。緊要直流電源功能故障樹如圖 2 所示，整個緊要直流電源系統耐震能力最低的設備為安全相關電源的變壓器，所評估的耐震能力中值為 2.4 g 。

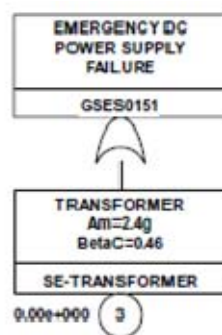


圖 2 緊要直流電源功能故障樹

(4)緊要交流電匯流排：

本安全功能成功時表示緊要交流電匯流排可以接受來自緊急柴油發電機所傳送的電力，並將電力傳送到需求的負載端。當緊要交流電匯流

排失效時，配合原已喪失的廠外電源，機組的狀況與廠內事件所考慮的電廠全黑相同。依據設備耐震能力篩濾分析的結果，所有緊要交流電匯流排相關設備之耐震能力均大於 $HCLPF=0.9\text{ g}$ 的篩濾值，因此分析中不再針對緊要交流電匯流排失效的狀況進行細部分析。

(5) 廠用冷卻水系統：

廠用冷卻水失效將會導致緊急柴油發電機喪失冷卻，同時 ECCS 也會因為喪失注水泵冷卻或泵室冷卻而無法使用，由於廠用冷卻水系統的可用與否，關係著緊急柴油發電機及 ECCS 的可用性，因此先行在前線系統之前進行區分。本安全功能主要考慮反應器廠房冷卻水(Reactor Building Cooling Water, RBCW)系統及反應器廠房廠用海水(Reactor Building Service Water, RBSW)系統，其中 RBCW 系統的泵室位於反應器廠房，而 RBSW 系統泵室可依靠外界空氣對流冷卻因此不考慮泵室冷卻。廠用冷卻水系統功能故障樹如圖 3 所示，整個廠用冷卻水系統耐震能力最低的設備為 RBSW 系統注水泵，所評估的耐震能力中值皆為 2.0 g 。

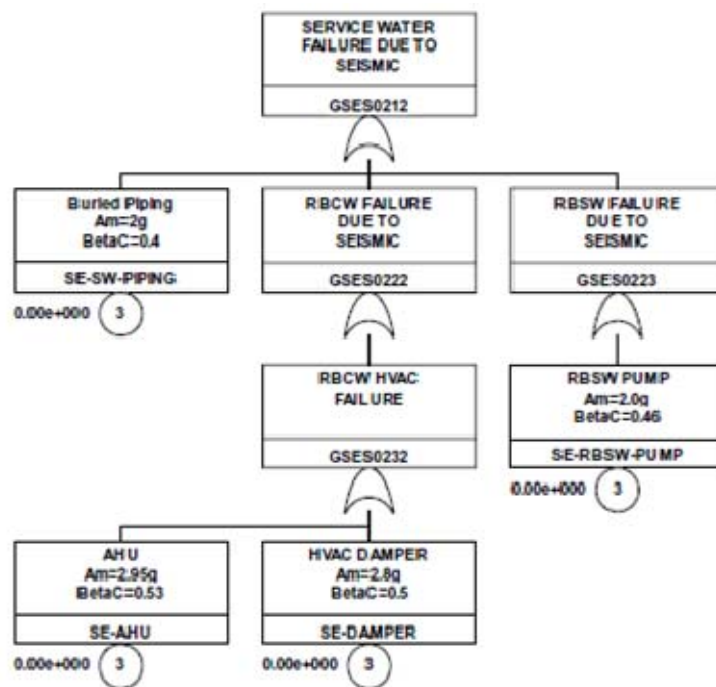


圖 3 廠用冷卻水系統功能故障樹

(6)緊急柴油發電機：

緊急柴油發電機於喪失廠外電源時，擔負提供交流電力的重要責任，每一機組都配備有三部 EDG，當 EDG 不可用時，表示機組已完全沒有自有交流電可用，若配合原已喪失的廠外電源，以及多機組廠址在強震後不考慮 SDG 的保守假設，該狀況可視為電廠全黑，此時機組必須先完成控制棒插入，再由採用直流電的爐心隔離冷卻系統執行爐心冷卻，值班人員在同時必須進行消防水注水流徑建立的工作，以長期維持爐心燃料的完整性。緊急柴油發電機功能故障樹如圖 4 所示，整個緊急柴油發電機系統耐震能力最低的設備為燃油日用槽，所評估的耐震能力中值為 2.33 g。

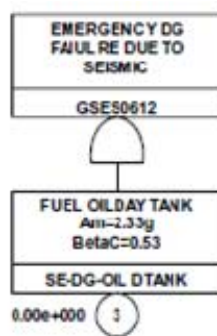


圖 4 緊急柴油發電機功能故障樹

(7)控制棒插入：

本安全功能主要是用於區分機組是否完成必要的急停措施，以使爐心反應度獲得有效的控制，否則機組將處於預期暫態未停機(ATWS)的狀態。控制棒插入功能是否可以在地震發生後運作，除了控制棒本身及相關輔助系統是否可用之外，爐心內部組件的完整性亦會影響控制棒插入功能，例如爐心側板或燃料組件在地震發生後變形，皆會導致控制棒插入的通道受損，影響控制棒順利插入爐心。本安全功能失效表示爐心無法插入足夠數量的控制棒並有效控制爐心反應度。依據設備耐震能力篩濾分析的結果，所有控制棒插入相關設備之耐震能力均大於 HCLPF=0.9 g 的篩濾值，因此分析中不再針對控制棒無法插入的狀

況進行細部分析，分析時同時也將備用硼液控制系統排除於分析範圍之外。

(8)爐心隔離冷卻系統：

爐心隔離冷卻(Reactor Core Isolation Cooling, RCIC)系統為 ECCS 的高壓注水系統，系統中各電動閥藉由直流電操作，注水泵的動力則由來自於主蒸氣管蒸氣所推動的汽機，在喪失廠外電源或電廠全黑的事故過程中，RCIC 系統是一套非常可靠的爐心冷卻功能。本安全功能失效表示 RCIC 系統無法依其設計的功能，提供爐心足夠的冷卻水，整個 RCIC 系統耐震能力較低的設備包括冷凝水儲存槽與泵室空調系統，但在地震瀕危效應的分析中，RCIC 系統所扮演的角色為短期注水，冷凝水儲存槽以及泵室冷卻並非 RCIC 系統執行短期冷卻的必要設備。

RCIC 系統的耐震能力高於篩濾分析所引用 HCLPF=0.9 g 的篩濾值，但因機組並沒有相同功能的替代系統，一旦 RCIC 系統因維修不可用時，將造成機組沒有依靠直流電運轉的注水系統，再加上運轉規範給予 RCIC 系統允許停用時間為 7 天，代表機組有可能在 RCIC 系統不可用的狀況下持續運轉，因此評估時有必要將 RCIC 系統納入地震瀕危效應分析中。檢視 RCIC 系統中包括管路、電纜托架、汽機、注水泵、電動閥及止回閥執行短期冷卻的必要設備，其中以 RCIC 系統注水泵的耐震能力最低，所評估的耐震能力中值為 3.54 g，對應的 HPCLF 值則為 1.03 g。

(9)高壓灌水系統：

高壓灌水系統雖為 ECCS 中的高壓注水系統，但在地震瀕危效應的分析中，因肇始事件為喪失廠外電源，相對於不需交流電運作的 RCIC 系統以及具有長期熱移除與多樣化冷卻功能的餘熱移除系統，高壓灌水系統並非長期維持爐心燃料完整性的關鍵系統。

(10)安全釋壓閥：

位於主蒸氣管路上的 18 個安全釋壓閥，在地震瀕危效應分析中，所執

行的安全功能為反應爐壓力槽緊急洩壓，以使餘熱移除系統或消防水系統等低壓注水系統，可以及時將冷卻水注入爐心。依據設備耐震能力篩濾分析的結果，所有安全釋壓閥相關設備之耐震能力均大於 $HCLPF=0.9\text{ g}$ 的篩濾值，因此分析中不再針對安全釋壓閥喪失緊急洩壓功能的狀況進行細部分析。

(11)餘熱移除系統：

餘熱移除系統為 ECCS 中的低壓注水系統，共有 A、B、C 等三個完全相同且獨立的分串，每串餘熱移除系統除了具有爐心低壓安全注水的功能之外，因為配置有足夠容量的熱交換器可以透過 RBCW 系統將爐心或抑壓池的熱能移除至圍阻體外，因此餘熱移除系統亦為事故後爐心或圍阻體長期熱移除的重要系統，依據餘熱移除系統的設計，機組在事故後的長期熱移除可以透過停機冷卻、抑壓池冷卻以及圍阻體噴灑等功能執行，但前提是餘熱移除系統熱交換器及其相關支援系統功能必須維持正常運作。本安全功能所考量的範圍為餘熱移除系統中除了熱交換器以外的重要設備，包括隔離閥、注水泵、通風系統、管路、儀控設備及電纜托架等，熱交換器則因對地震瀕危效應分析過程有重大影響，因此另以單獨的安全功能納入評估。

每串餘熱移除系統在事故發生時都設計 100% 的注水及熱移除容量，因此當餘熱移除系統在地震發生後仍可執行安全功能時，運轉人員可以靠餘熱移除系統的各項功能，分串同時執行有效的爐心冷卻以及長期熱移除功能。

消防水系統在執行爐心注水功能時，必須藉由餘熱移除系統的管路將冷卻水注入爐心，其注水途徑涵蓋餘熱移除系統 C 串的低壓安全注水隔離閥，依據設備耐震能力分析結果，系統管路以及餘熱移除系統電動閥的 $HCLPF$ 值分別為 1.06 g 及 1.35 g ，高於 $HCLPF=0.9\text{ g}$ 的篩濾值，因此分析中不考慮餘熱移除系統失效會影響消防水注水途徑的狀況，並在餘熱移除系統失效無法執行機組長期熱移除功能的狀況下，考慮利用消防水系統作為機組長期熱移除的可行性。

餘熱移除系統功能故障樹如圖 5 所示，整個餘熱移除系統耐震能力最低的設備為泵室通風系統的風門(Damper)，所評估的耐震能力中值為 2.8 g，若僅考慮餘熱移除系統的短期注水功能，並排除泵室冷卻所需的設備後，餘熱移除系統所有設備之耐震能力均大於 HCLPF=0.9 g 的篩濾值。

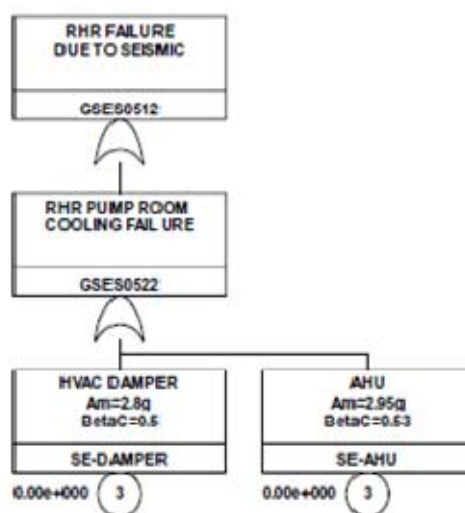


圖 5 餘熱移除系統功能故障樹

(12) 餘熱移除系統熱交換器：

餘熱移除系統熱交換器是龍門核能發電廠在事故後，唯一具有足夠容量能將圍阻體內因爐心衰變熱所累積的熱能有效排除至圍阻體外，且同時仍可維持圍阻體完整性的熱交換器。依據設備耐震能力篩濾分析的結果，餘熱移除系統熱交換器之耐震能力大於 HCLPF=0.9 g 的篩濾值，因此分析中不再針對熱交換器失效的狀況進行細部分析。

(13) 消防水系統：

龍門核能發電廠的消防水系統並非安全相關的系統，消防水系統共有二串，其中一串設計為支援爐心冷卻的系統之一，相關組件的設計耐震能力和其他安全相關系統相當，注水泵的驅動電源亦來自於獨立的柴油發電機而非廠用交流電源，且該柴油發電機另配置有獨立的蓄電池提供起動柴油發電機所需的起動電源，因此該串消防水系統在事故中可用於爐心補水、圍阻體淹灌以及其他水源的需求。

在電廠全黑、喪失廠用冷卻水系統或餘熱移除系統失效的事件中，圍阻體內所累積能量無法透過餘熱移除系統排出圍阻體外，消防水系統可以透過餘熱移除系統 C 串管路，提供爐心來自於生水池或是其他外界水源的冷卻水，確保爐心得以獲得長期且穩定的冷卻。

消防水注水系統功能故障樹如圖 6 所示，整個消防水注水系統耐震能力最低的設備為消防水儲水槽，所評估的耐震能力中值為 1.1 g，生水池雖然也可以提供消防水系統足夠的水源，但來自於生水池的冷卻水必須先導入消防水儲存槽，才能透過消防水系統將水注入爐心，因此生水池提供消防系統冷卻水的功能，仍受限於消防水儲存槽的完整性。若考慮消防車或水車等無須經由消防水儲存槽的外界水源，消防水系統耐震能力最低的設備為消防水泵，所評估的耐震能力中值為 1.9 g，但實際執行時必須同時考量廠區內道路以及廠區聯外道路是否能及時支援大量外界水源運送至消防水廠房，以及在大地震發生後，廠區外有限救災資源的分配，相關狀況仍需進一步進行評估。

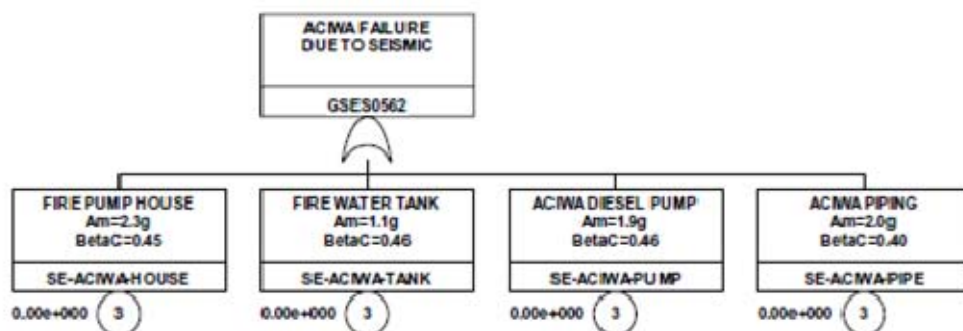


圖 6 消防水系統功能故障樹

(14) 圍阻體過壓保護系統：

圍阻體過壓保護系統透過 2 個爆炸閥的運作，在圍阻體壓力達到過壓設定點時，提供圍阻體通氣到外界的通道，以避免圍阻體內氫氣濃度過高，或是圍阻體過壓後造成圍阻體失效而無法有效控制釋放至圍阻體外的放射性物質。依據設備耐震能力篩濾分析的結果，圍阻體過壓保護系統之耐震能力大於 HCLPF=0.9 g 的篩濾值，因此分析中不再針

對圍阻體過壓系統失效的狀況進行細部分析。

(15)電廠損壞狀態：

在地震瀕危效應事件樹中的電廠最後組態分為正常冷停機、圍阻體旁通冷停機以及爐心燃料受損等三種，其中正常冷停機及圍阻體旁通冷停機均代表爐心燃料能長期維持其完整性，正常冷停機指的是機組在喪失廠外電源後，還能在維持圍阻體完整性的狀況下，達到冷停機的狀態，圍阻體旁通冷停機則代表機組在可控制的狀況下，經由圍阻體旁通途徑釋放來自於爐心且累積於圍阻體內的能量，以避免非預期的圍阻體失效方式，影響執行中的爐心冷卻功能。

依據現有設計以及運轉方式所發展的龍門核能發電廠地震瀕危效應事件樹如圖 7 所示

依龍門電廠地震瀕危事件樹之分析，其中各成功路徑之安全餘裕及其 Cliff Edge 說明如下：

成功路徑(1)：機組正常冷停機途徑中所必要的安全功能均成功之事故序列。相關安全功能包括：緊要直流電用以起動緊急柴油發電機、廠用冷卻水系統用於冷卻運轉中的緊急柴油發電機與安全注水系統並提供餘熱移除系統熱交換器冷卻水、緊急柴油發電機用於提供各重要設備運轉所需的交流電、餘熱移除系統用於執行安全注水以及各種熱移除功能等。

成功路徑(2)：當餘熱移除系統受地震影響而不可用時，機組靠消防水系統長期提供爐心冷卻，並藉由圍阻體過壓保護系統所提供的圍阻體旁通途徑，釋放累積於圍阻體內的能量，以達到爐心長期熱移除之目的。

成功路徑(3)：當緊急柴油發電機受地震影響而不可用時，爐心透過 RCIC 建立短期補水功能後，機組依靠消防水系統長期提供爐心冷卻，並藉由圍阻體過壓保護系統所提供的圍阻

體旁通途徑，釋放累積於圍阻體內的能量，以達到爐心長期熱移除之目的。

成功路徑(4)：當廠用冷卻水系統受地震影響而不可用時，透過與成功路徑(3)相同之救援路徑達到爐心長期熱移除之目的。

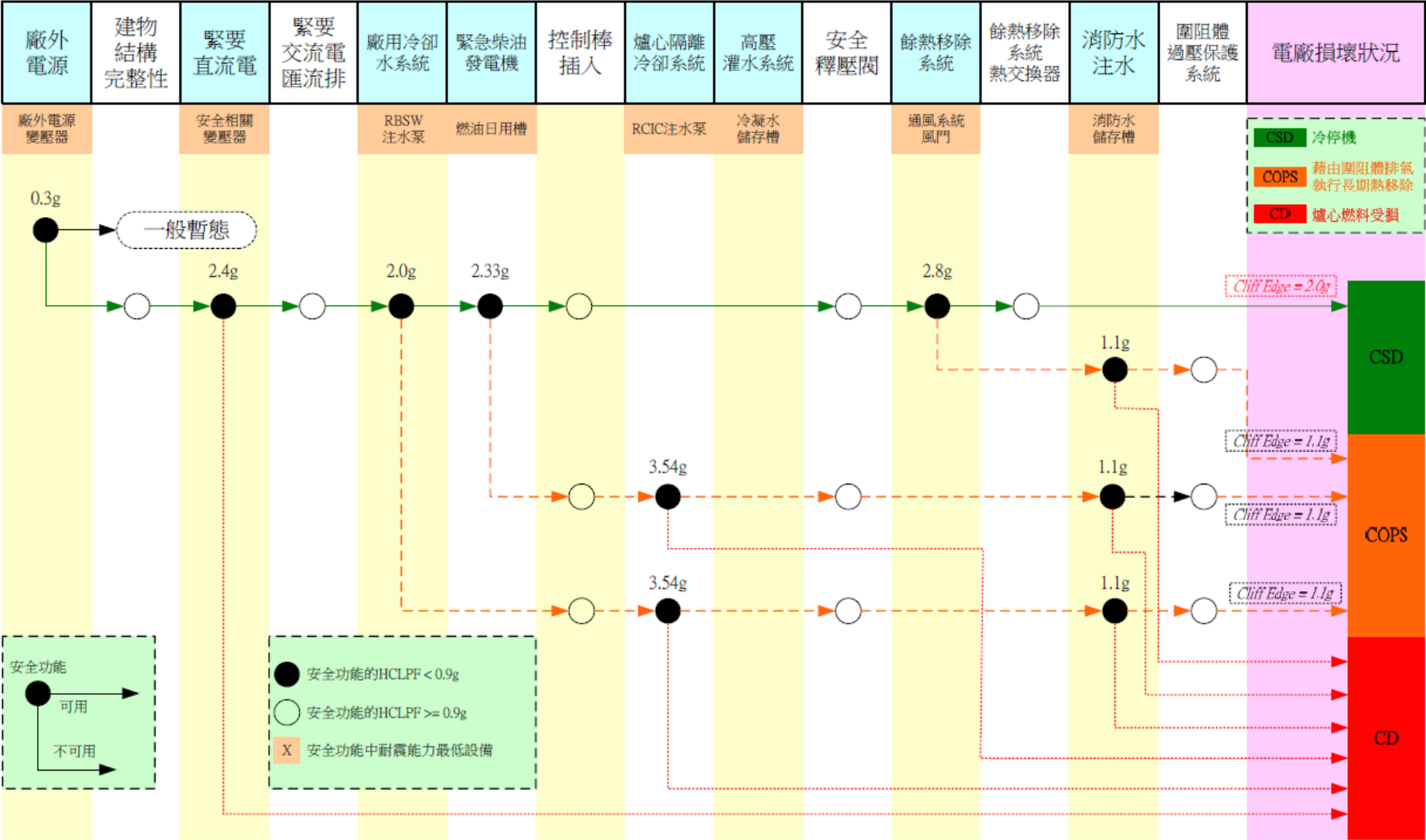
其中各成功路徑之安全餘裕及其 Cliff Edge 說明如下：

成功路徑(1)：以廠用冷卻水系統的耐震能力最低，其中以 RBSW 泵及埋設於地下的管路為關鍵設備，其耐震能力中值為 2.0 g，其安全餘裕為 1.7 g(2.0 g-0.3 g)。

成功路徑(2)、成功路徑(3)、成功路徑(4)：以消防水系統耐震能力最低，其中的關鍵設備為消防水儲水槽，其耐震能力中值為 1.1 g，其安全餘裕為 0.8 g(1.1 g-0.3 g)。

由於此案例之 Cliff Edge，依定義為各冷卻成功路徑中安全餘裕最高者之最低標題之耐震度為代表，彙整分析結果後，龍門核能發電廠因地震發生爐心燃料受損的 Cliff Edge 為成功路徑(1)之 2.0 g。

圖 7、龍門核能發電廠地震瀕危效應分析事件樹



附件 2-2、龍門核能發電廠設備及結構之耐震能力列表

Structure/Component	Failure Mode	FROM	Am	β_R	β_U	β_C
Offsite Power Transformers	Ceramic Insulator	AC.3-66	0.3			0.55
Condensate Storage Tank	Support Anchorage	AC.3-66	1.1			0.46
FP Tanks	Support Anchorage	AC.3-66	1.1			0.46
FP Pumps	Structural Integrity	AC.3-66	1.9			0.46
Reactor Building Service Water Pump	Loss of Function	AC.3-66	2			0.46
Emergency Diesel Generator Fuel Oil Day Tank	Tensile Failure of Anchor Bolt	AC.3-37	2.33	0.36	0.38	0.52
Emergency Diesel Generator Fuel Oil Day Tank	Tensile Failure of Anchor Bolt	AC.3-37	2.33	0.36	0.38	0.52
Buried Piping	Differential Settlement	AC.3-66	2			0.40
FP Buried Piping	Buckling	AC.3-66	2			0.40
Fire Protection House	Structural Integrity	AC.3-66	2.3			0.45
SR Transformer	Electrical Equipment	AC.3-67	2.4			0.46
Air Handling Units	Failure of the AHU anchor bolts	AC.3-34	2.95	0.35	0.4	0.53
HVAC Dampers	Anchorage Failure	AC.3-55	2.8	0.33	0.38	0.50
Hydraulic Control Unit	Yielding of the steel angles supporting the accumulator	AC.3-38	3.15	0.35	0.38	0.52
AC Switchgear or Motor Control Center	Functional Failure of Active Components	AC.3-40	3.38	0.31	0.44	0.54
Motor Control Centers and Transformers	Anchorage Failure	AC.3-62	3.02	0.33	0.38	0.50
Fuel Assembly	Exceeding the Allowable Seismic Moment of the Fuel Channel	AC.3-28	3.04	0.27	0.35	0.44
Containment	Rebar Flexure and Membrane Stress	AC.3-16	4.83	0.36	0.38	0.52
Main Control Room Panels (NONE)	Loss of Functionality	AC.3-61	2.32	0.31	0.41	0.51

Structure/Component	Failure Mode	FROM	Am	βR	βU	βC
Emergency Chilled Water Pumps(ECW)		AC.3-48	2.5	0.3	0.44	0.53
RPV Support Skirt	Yielding of Anchor Bolt	AC.3-24	5.54	0.25	0.25	0.35
Control Rod Drive Housing	Yielding of Housing	AC.3-27	6.64	0.33	0.36	0.49
Auxiliary Fuel Building	Rebar Flexure and Membrane Stress	AC.3-23	5.45	0.36	0.4	0.54
Reactor Building	Rebar Flexure and Membrane Stress	AC.3-15	5.45	0.36	0.38	0.52
Control Building	Rebar Flexure and Membrane Stress	AC.3-18	6.29	0.36	0.4	0.54
System Piping	Failure of Pipe Support	AC.3-44	4.02	0.38	0.43	0.57
C41-UV-CC-CHECK	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
C41-MOV-CC-INJEC	Monitor Operated Valves	AC.3-54	4.02	0.38	0.43	0.57
G31-MOV-OO-SUCTI (RWCU)	Monitor Operated Valves	AC.3-54	4.42	0.33	0.45	0.56
C41-MOV-CC-SUCTI	Monitor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
Control Rod Guide Tubes	Yielding of Tubes	AC.3-26	4.34	0.35	0.39	0.52
Shroud Support	Buckling of Shroud Support Legs	AC.3-25	3.97	0.3	0.35	0.46
SLC Tank		AC.3-32	5.7	0.32	0.41	0.52
Standby Liquid Control Pumps	Failure of bolts that hold pump to base plate	AC.3-58	7.2	0.39	0.39	0.55
Cable Trays in Reactor Building	Flexural Bending of Side Rails	AC.3-19	8.34	0.33	0.39	0.51
RPV Pedestal	Tension in Vertical Stiffeners	AC.3-17	12.63	0.36	0.42	0.55
FP Support Structure	Loss of Support	AC.3-66	3.8			0.61
FP and RBSW Valves	Loss of Function	AC.3-66	3.8			0.61
Safety-Related Fans	Failure due to fan blades rubbing housing	AC.3-52	3.18	0.32	0.43	0.54
AC Inverters and DC Switchgear	Anchorage Failure	AC.3-63	3.04	0.33	0.38	0.50
Main Steam Safety Relief Valves (SRV)	Loss of Actuator Operability	AC.3-60	3.9	0.31	0.54	0.62

Structure/Component	Failure Mode	FROM	Am	β_R	β_U	β_C
RBCW Pumps		AC.3-30	3.6	0.35	0.42	0.55
Instrument Racks	Anchorage Failure	AC.3-57	3.45	0.36	0.38	0.52
RCIC Pumps	Loss of Operability of the Pump	AC.3-43	3.54	0.31	0.44	0.54
SR Inverters	Electrical Equipment	AC.3-67	3			0.46
Chilled Water Cooling Coils	Tube Support Failure	AC.3-53	3.32	0.33	0.38	0.50
Emergency Diesel Generator		AC.3-39	3.4	0.33	0.39	0.51
HPCF Piping	Support Failure	AC.3-33	4.02	0.38	0.43	0.57
E22-UV-CC-003BC	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
E22-UV-CC-CHECK	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
E22-UV-CC-SUCTI	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
E51-UV-CC-INJEC	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
E51-UV-CC-SUCTI	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
E11-UV-CC-CHECK	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
E11-UV-CC-SPC	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
E51-UV-CC-STEAM	Check Valves	AC.3-51	4.02	0.38	0.43	0.57
RHR Pumps	Failure of the ring foundation anchor bolts	AC.3-41	3.48	0.31	0.41	0.51
FP Diesel Engine	Loss of Function	AC.3-66	3.1			0.46
Swing Diesel Generator	Loss of Function	AC.3-66	3.1			0.46
SR Medium Voltage Racks	Electrical Equipment	AC.3-67	3.1			0.46
SR Motor Control Center	Electrical Equipment	AC.3-67	3.1			0.46
Service Water Pump House	Structural Integrity	AC.3-66	3.1			0.45
RBCW Piping	Failure of Pipe Support	AC.3-56	5.45	0.38	0.57	0.69
RBSW Piping	Failure of Pipe Support	AC.3-45	4.34	0.38	0.43	0.57

Structure/Component	Failure Mode	FROM	Am	βR	βU	βC
RBCW Air Operated Valve	Loss of Valve Operability	AC.3-49	5.69	0.38	0.58	0.69
P21-UV-CC-CHECK	Check Valves	AC.3-51	5.69	0.38	0.58	0.69
P21-UV-CC-ISOLA	Check Valves	AC.3-51	5.69	0.38	0.58	0.69
E22-MOV-CC-INJEC	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.42	0.33	0.45	0.56
E51-MOV-CC-0004	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.42	0.33	0.45	0.56
RBSW MBV	Loss of Functionality of the Valve Actuator	AC.3-46	4.04	0.31	0.41	0.51
E11-MOV-CC---SPC	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
E11-MOV-OO-0004C	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
E11-MOV-OO-MINIF	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
E22-MOV-FT-TRANS	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
E51-MOV-FT-TRANS	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
P21-MOV-CC-DGMOV	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
P21-MOV-CC-RBCWH	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
P21-MOV-CC-RHRHX	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
P21-MOV-OO-MOTOP	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
P21-MOV-OO-MOTOA	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.04	0.31	0.41	0.51
Swing DG Battery	Functional Failure of Batteries	AC.3-65	4.6	0.31	0.46	0.55
Safety-Related Batteries and Battery Racks for Swing Diesel in Auxiliary Fuel Building	Electrical Equipment	AC.3-67	3.8			0.46
RHR Motor Operated Valves	Loss of Actuator Operated Valves	AC.3-31	4.9	0.33	0.45	0.56
E22-MOV-CC-MINIF	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.9	0.33	0.45	0.56
E51-MOV-CC-0103	Montor Operated Valves	AC.3-54	4.9	0.33	0.45	0.56
RBCW Heat Exchangers		AC.3-35	4.88	0.35	0.42	0.55

Structure/Component	Failure Mode	FROM	Am	β_R	β_U	β_C
Batteries	Functional Failure of Batteries	AC.3-50	5.23	0.31	0.5	0.59
ECW Chiller	Functional Failure of Active Components	AC.3-36	4.62	0.31	0.41	0.51
HPCF Pumps		AC.3-42	4.75	0.31	0.41	0.51
DG Fuel Oil Storage Tank	Shear Strength of Anchor Bolts	AC.3-64	2.39	0.18	0.13	0.22
RHR Heat Exchangers		AC.3-29	8.8	0.38	0.46	0.60
Cable Trays in Control Building	Flexural Bending of Side Rails	AC.3-20	8.34	0.33	0.39	0.51
EDG Fuel Transfer Pump		AC.3-59	6.9	0.29	0.31	0.42
EDG Starting Air Receivers	Yielding of support feet of the skirt	AC.3-47	8.58	0.3	0.42	0.52
HVAC Ducts in Reactor Building		AC.3-21	13.13	0.33	0.38	0.50
HVAC Ducts in Control Building		AC.3-22	13.13	0.33	0.38	0.50

3. 水災

3.1 設計基準

3.1.1 能抵抗的水災

3.1.1.1 設計基準水災(DBF)的特性

依據廠址的特性龍門電廠對於水災的防範設計，主要需考慮海嘯與暴雨對於電廠的影響。

一、海嘯：

龍門電廠對於海嘯的設計基準 (DBF)，係以歷史文獻之紀錄，來推估合理之海嘯浪高。分析時同時考慮天候及地形的因素，來評估對電廠可能造成之影響，並據以作為電廠設計之基準。依據本廠終期安全分析報告(FSAR)的評估結果，本廠的最大海嘯高度為 7.5 公尺，再加上基水位 (以超越機率百分之十所對應之高潮位，EL.0.57 公尺)，亦即至少需在 EL. 8.07 公尺以上。保守起見，另加上 0.5 公尺之出水高(freeboard)，將海嘯的設計基準高程訂為 EL. 8.57 公尺，低於本廠主要廠房區地面高程之 12 公尺。

二、水災：

龍門電廠對於設計基準水災，主要依據西元 1901 年至 1982 年基隆水文站的降雨紀錄，來推導本廠廠址的最大降雨量(Probable Maximum Precipitation, PMP)公式： $R(PMP)=1.74D^{0.475}$ ，其中 R：吋，D：分鐘。根據推導之最大降雨量公式，計算所得之廠址最大時降雨量為 310 mm。主要廠房區的排水系統，採重現期距 100 年的設計水準，來排除廠區降雨所產生之地表逕流。另外，廠區周邊兩條主要的排洪渠道乃根據 PMP 計算其流量排洪能力，排洪渠道 II 及排洪渠道 III 兩者的設計排洪能力分別為 81.57 cms 及 137.2 cms (cms = m³/sec)。依工程評估，

龍門電廠 PMP 的重現期至少一萬年。

本廠廠區屬貢寮區石碇溪及雙溪流域範圍，2 條溪流均未列入行政院農委會水土保持局所訂定之土石流潛勢溪流，故依現地之自然條件，石碇溪及雙溪發生土石流災害機率較低。

3.1.1.2 評估 DBF 的方法

一、海嘯：

台灣最有可能發生大海嘯的形成因素為海底地震所產生，以本廠之海域而言，經分析僅有台灣北部或東北部的海嘯會對本廠造成影響。因此，本廠 FSAR 在評估海嘯的設計基準上，主要考量台灣北部或東北部海底地震所造成之海嘯，對於本廠可能造成的威脅。依據中央氣象局及日本文獻記載，台灣分別於 1867 年及 1918 年發生了二次較嚴重的海嘯，其中又以 1867 年 6 月 11 日於基隆北方 134 公里處之海底火山，所引發造成之海嘯較為嚴重，並造成了基隆地區嚴重的破壞。依文獻紀錄估計，當時的海嘯浪高約有 7.5 公尺。

依據台灣東北部附近海底地殼的變動資料，以地震規模 7.2、斷層距岸邊 20 公里、斷層範圍 50 公里 × 20 公里、斷層上升高度 4 公尺之地殼變動等參數，經數值模擬推算得廠區海嘯的溯升高度為 7.5 公尺，再加上基水位 0.57 公尺之影響，故龍門電廠海嘯溯上水位訂為 8.07 公尺。為保守起見，另加上 0.5 公尺之出水高，將本廠設計海嘯之溯上高程訂為 EL. 8.57 公尺。而主要廠房區的基地高程為 12 公尺，足以避免海嘯侵襲。

二、水災：

依據 FSAR 2.4.3.1 節的說明，本廠設計基準水災的評估方法，主要考量本廠廠區可能之最大降雨量，透過水文演算來規劃本廠之暴雨排洪能

力。

本廠位於台灣東北角，一年四季雨水相當充足，其雨量來源主要有東北季風、梅雨及颱風所帶來之豪雨。由於廠址附近設立水文氣象觀測站的時間甚短，故本廠選用基隆站 1901 年到 1982 年的降雨紀錄，來推導龍門核能發電廠廠址的最大可能降雨，所得之關係式為 $R = 1.74 D^{0.475}$ ，R 為 PMP(吋)，D 為降雨延時(分鐘)。根據關係式計算所得之廠址每小時最大降雨量為 310 mm，並據以規劃、設計電廠之暴雨排洪能力。本廠依廠址地形，規劃四條主要的排洪渠道 I、II、III、IV，如圖 3-1 所示。其中位於宿舍區的排洪渠道 I，主要匯集廠址西北側山丘之地區降雨後經石碇溪排出，對於本廠主要廠房區不會造成任何淹水威脅。故本廠廠區之排水系統分為三個主要部分。

第一部分:主要廠房區(Power Block)的排水，降雨在主要廠房區造成的地表逕流，是由主要廠房區內的排水系統(Yard drainage system)排出；此系統包含廠房邊溝、收集池、人孔、管路及箱涵暗渠(如、排洪渠道 IV)等，用來排除主要廠房區降雨的排水(100 年再現週期之最大暴雨)。

第二部分:靠近 1 號機南側圍籬外、1 號機及 2 號機部份廠界區域，開關場區域的排水及主要廠房區南側、西南側，西側山丘等地區的降雨所造成的地表逕流是經由排洪渠道 III 排出的。(至少 10,000 年再現週期之最大暴雨)

第三部分:開關場東側的排水及主要廠房區西側山丘區的降雨所造成的地表逕流則由排洪渠道 II 排出的。(至少 10,000 年再現週期之最大暴雨)

依 FSAR2.4.3.4 所述，本廠排洪渠道 II 及排洪渠道 III 為開放式的人工渠道，兩者的設計排洪能力；乃根據廠址每小時的最大降雨量 310 mm

所造成之降雨逕流來進行規劃；分別為 81.57 cms 及 137.2 cms。由於主要廠房區的排水系統，以 100 年再現期之最大暴雨所設計，在最大降雨強度(PMP)的狀況下，非安全相關設施的區域可能會發生暫時性的積水，依 FSAR 分析廠區暫時性積水的深度將不超過 0.1 公尺。因所有廠房對外的進出口及現場設施均高於平均海平面高度（Mean Sea Level，MSL）12.3 公尺，以廠區最大深度的暫時積水情況估計為 12.10 公尺，亦即廠房平面樓尚有 20 公分的餘裕，不致發生積水溢流進入廠房的問題。

3.1.1.3 DBF 適切性的結論

一、海嘯設計基準之適切性

如前述說明，本廠對於海嘯的設計基準，係以歷史文獻紀錄之最嚴重情況（1867 年海底火山引發造成之海嘯），推估合理之海嘯浪高，並同時考慮天候及地形因素對於電廠造成的影響，據以作為電廠設計之基準。而於福島事件後，2011 年 8 月 19 日「國科會海嘯模擬研究小組」，針對可能影響台灣的 22 種最大海嘯震源進行評估所公布之「潛在大規模地震所引發的海嘯對核電廠之影響」報告，顯示各核能發電廠潛在海嘯溯上高度均低於設計基準海嘯溯上高程。台電公司現有核能發電廠之廠址高程，係依現有歷史氣象資料推斷各核電廠所在地及鄰近地區，曾發生且可能侵襲台電核電廠海嘯之高程來設計，並依據全島週邊海溝分佈情形，加入合理餘裕，以作為最終廠址設計高程。相關設計基準海嘯高程及廠址設計高程，詳列於下表。

單位：公尺

廠 別	核一廠	核二廠	核三廠	龍門廠
國科會模擬結果 ^{註1}	2.8	2.5	10.0	3.4
FSAR分析海嘯溯上高度 ^{註2}	10.73	10.28	12.03	8.07
廠房高程	11.2	12.0	15.0	12.0

3-4

註1：模擬程式採用CFLUX1D；海嘯地形採用現有國家資料庫

註2：建廠前國內外專家分析結果

註 1：模擬程式採用 COMCOT；海域地形採用現有國家資料庫

註 2：依據 FSAR 之記述分析結果

二、水災設計基準之適切性

依本廠 FSAR Table 2.4-4 中所列，整理基隆氣象觀測站 1961~2006 年之每年每小時最大降雨量統計表，如表 3.1。檢視表中所列基隆氣象觀測站每小時之最大降雨量，近年雖有稍微升高的趨勢，但最近 40 年中每小時之最大降雨量為 1980 年 9 月 23 日的 107 mm，仍遠低於龍門電廠廠址評估之每小時最大降雨量 310 mm；依工程評估，龍門電廠 PMP 的重現期至少一萬年，故本廠設計基準之排洪能力仍屬適切。

3.1.2 保護電廠防禦 DBF 的方法

3.1.2.1 確認水災後安全停機所需 SSC 可用

- 一、由於本廠主要廠房區的地面高程為 12 公尺，高於前述評估之各項海嘯可能高度，包括本廠 FSAR 以海底火山引發的海嘯為依據之設計基準高度及國科會評估斷層錯動等因素引發之海嘯高度。因此，依現有廠房的高程設計，本廠廠區內各項設施將不會受到海嘯威脅。
- 二、根據 FSAR 2.4.2.2 所述，本廠主要廠房以外之區域係藉由排洪渠道 II、III 的排洪設計，來防範因豪大雨所造成之淹水情況。此外，電廠重新檢視近年來之雨量統計結果，並沒有超過原始設計之最大可能降雨量（PMP）之紀錄，因此本廠的排洪設計能力仍有足夠的餘裕，以因應豪大雨所衍生之洪氾情況，故本廠各項設施將不會因暴雨而受到水災影響。
- 三、本廠於福島事件後，立即依據 WANO SOER 2011-2 之建議事項 3，（Recommendation 3：Verify the capability to mitigate internal and

external flooding events required by station design)，以現場履勘及檢查的方式，完成驗證減緩外部及內部水災事故所需物料及設備的適足性。依據 FSAR 3.4 所述，安全相關結構系統及組件之淹水防治設計可分為兩部份，一為外部水源造成廠房淹水、另一為廠房內設備損壞洩水造成廠房淹水。

1. 外部水源造成廠房淹水的主要防治作法，如下所示：

- (1) 低於廠區設計防洪水位(除 RBSW 海水泵室為 12.0 公尺外，其餘廠房皆為 12.3 公尺)的外牆厚度大於 0.6 公尺。
- (2) 低於廠區設計防洪水位之各廠房結構連接處皆有止水塊 (water stops)。
- (3) 低於廠區設計防洪水位的穿越孔(門)裝設具水密之設備。
- (4) 低於廠區設計防洪水位以下的外牆均具防水塗層，且沿穿越孔表面至少延伸 150 mm。
- (5) 廠房屋頂設計排水系統與堰牆，以避免廠區地面大量積水。
- (6) 低於地表之隧道不穿越外牆。

屬耐震一級設計且低於地表的基礎與外牆其防水功能，基本上利用止水設計來達成。大體而言，提供安全相關系統、組件的結構，皆高於地面層樓板 30 公分以上。本廠防洪設計亦考量了廠區內儲水槽破裂可能引發之水災，廠區內建築出入口皆高於地面 30 公分以上，廠區內儲水槽破裂引發之充放水皆會被引導洩放出廠區不會對廠內設備直接造成傷害。

2. 內部水源造成廠房淹水的防治，針對反應器廠房、控制廠房、廢料廠房、進出管制廠房、反應器廠房海水系統泵室、汽機廠房及輔助燃料廠房等廠房分別討論，如下：

反應器廠房：

- (1) 若發生大規模淹水(例如：抑壓池取水管路之斷管)，水密門之隔離即可防止淹水漫延至其他分區。
- (2) 若因循環水管路洩漏(例如：抑壓池取水管路之斷管)，經由集水坑警報及洩漏偵測系統之提示，即可將洩漏之系統隔離，進而限制水的洩漏量。此外，安全設備的基座高度至少有 20 公分的餘裕可防止設備浸水。
- (3) 消防設備的手動引動及管路/水槽內存水總量的限制，也限制了廠內淹水之水源。

控制廠房：

- (1) 廠房內單一安全分區淹水，不會造成安全停機功能受影響。
- (2) 通過控制廠房的高能管路，只有位於連接反應器廠房與汽機廠房之主蒸汽管路通道內的主蒸汽管與飼水管。主蒸汽管路通道於控制廠房區域無任何開口，混凝土厚度達 1.6 公尺，反應器廠房端已填封，開口位於汽機廠房端。此區域之主蒸汽管或飼水管斷管皆不會造成反應器廠房進水或進汽。

廢料廠房：

- (1) 若發生水災事件，廢料廠房可收集與存放大量洩水，所有洩水槽皆位於地面下之水密區域。Power Block 內之各廠房皆經由位於地面下之廢料通道運送至廢料廠房。所有流程穿越孔皆有防水填封，避免廠房內部淹水洩漏至廠房外。

進出管制廠房：

- (1) 進出管制廠房內部之系統不會造成大量淹水之可能。最大的

管路為 200mm 之冷凍水管，若發生洩漏會洩放至底樓之集水坑，再由兩個集水泵排出。

反應器廠房海水系統泵室：

- (1) 反應器廠房海水系統之故障不會造成反應器廠房海水系統泵室之全面淹水事故。
- (2) 設計有淹水警報以提示運轉員採行必要措施，因此淹水事故可被侷限在個別反應器廠房海水系統之分區內。

汽機廠房：

- (1) 循環海水系統及汽機廠房海水系統可能造成汽機廠房大量淹水。因此，於冷凝水坑(condenser pit)設有水位開關，提供警報及循環海水泵跳脫信號。
- (2) 如因信號故障導致破管洩漏無法被偵測或隔離，將使汽機廠房淹水，但淹水高度不會超過 EL (+)840mm，因此不會溢流至廠區。
- (3) 汽機廠房安全相關組件皆位於 EL (+)12300mm 以上，因此汽機廠房淹水不會影響安全相關組件，亦不會衝擊安全停機功能。

輔助燃料廠房：

- (1) 內部系統引發之淹水事件，不會波及至其他安全相關廠房且不會衝擊安全停機功能。

由於本廠尚未燃料裝填，目前正進行 PCT(施工後測試)或 POTP(試運轉測試)以確認上述設備之可用性及功能性符合設計要求，將來商轉後亦會依品

保制度納入定期測試、保養，並由 MMCS 進行管控。

3.1.2.2 主要用來防範廠址水災的方法

- 一、 本廠主要廠房的設計高度（12.3 公尺），即以最大可能海嘯溯上高度並增加適當餘裕來建造規劃，此除可避免海嘯對於電廠的衝擊外，並可排除對於安全系統的直接影響。
- 二、 而對於最大潛在可能暴雨之因應，本廠設計上則透過野溪改道、水理分析的方式來建造排洪渠道，以處理廠區最大可能降雨所造成之地表逕流，進而保護廠房不受洪水侵襲。
- 三、 本廠廠區屬貢寮區石碇溪及雙溪流域範圍，2 條溪流均未列入行政院農委會水土保持局所訂定之土石流潛勢溪流，故依現地之自然條件，石碇溪及雙溪發生土石流災害機率較低。本廠廠區各開挖整地的工區皆依「水土保持技術規範」及「水土保持手冊」，規劃設計各項的水土保持設施，且經行政院農委會水土保持局審查核定。因龍門廠區地勢平緩，附近山谷野溪的坡降亦緩，溪床無崩積料堆積，兩側坡面植被覆蓋良好無裸露現象，上游的集水區小且無土石崩塌的情形。加上開挖整地的區域業經水土保持工程之處理與維護，故本廠廠區應無發生土石流災害之虞。但為避免廠區附近有新增之開發行為，而增加土石流發生機率，本廠已增編程序書 187.02「廠區周圍順向坡、土石流、雨量之監視、預警、防災、減災」來因應。

3.1.2.3 警示並減緩水災後果的主要操作規定

本廠主要廠房區設有排水系統，包含廠房邊溝、收集池、人孔、管路等，用來排除主要廠房區因颱風豪大雨可能造成之廠外積水。遇有廠區或廠房可能發生淹水之狀況，可依程序書 187.01「防汛作業」的規劃事先進行防範及應變。另外，本廠各廠房及緊要設備區域皆有地板集水坑及排水泵，遇有異常進水狀況時，可由主控制室或廢料控制室隨時監視集水坑水位，

並依據程序書 233「廠房集水坑異常進水查漏」追蹤進水來源，適當加以隔離，以立即處理任何可能形成淹水之異常狀況。

本廠於日本福島電廠 311 事件後，進行主要廠區、各廠房內相關排水作業程序之檢討，透過相關程序書的修訂與新增，來降低淹水事件的發生機率與增加淹水事件的應變能力。如果主要廠房區地面，將因天然災害而嚴重淹水時，則依程序書 528.03.01「洪水之處理」，視現場實際狀況必要時依序將機組降載至安全停機狀態。若廠房內發生淹水事件，可依程序書 528.03.02「淹水之處理」所提供之應變指引處理。另外，本廠因應日本福島核電廠 311 地震海嘯經驗回饋，新增程序書 528.03.03「停電暨廠房進水時緊急排水作業」。模擬電廠在嚴重天然災害下，各廠房發生淹水、喪失外電事件時之因應措施，並規劃若遇廠區淹水且全面停電時，可採用移動式發電機提供沉水泵臨時電源或移動式汽油引擎抽水泵，將水排至特定收集處。

為強化災害防救機制，減少災害損失，本廠已訂定廠房內水災處理、廠區水災處理、颱風警報期間運轉等相關災害防救要點予以因應，相關程序書如下：

程序書 187.01「防汛作業」：主要目的為妥善準備預防颱風或豪大雨特報期間豪大雨造成廠區或廠房積水，以及一旦發生廠房淹水時如何抽排積水。以廠區的雨量、排洪渠道水位及道路積水高度作依據，訂定不同淹水狀況之因應措施，作業流程如圖 3-2 所示。

程序書 528.03.01「洪水之處理」：當可能發生颱風夾帶豪雨（山洪爆發）、海水倒灌、海嘯、地震或複合式災變而造成洪水侵襲廠區之事件時，藉本程序書提供之因應措施，可避免廠房重要設備發生淹水或淹水區域擴大並保護緊急爐心冷卻系統，使機組處於安全狀態並於洪水退去後恢復正常可用。

程序書 528.03.02「淹水之處理」：當洪水淹入廠房或機組設備管路破管時，廠房地面集水池泵來不及將水排出，將使廠房將發生淹水事故。運轉員藉由本程序書列出之廠房淹水徵兆及因應措施，透過確認集水池排水泵功能或增加臨時排水泵，來提高排水效能，並進一步確認水流來源加以隔離以控制淹水情況。若淹水事件無法有效控制時，停用可能受損之馬達及組件，並切斷電源。如影響電廠運轉安全時，將反應器停機，並置於冷停機，直到淹水事件消除或已在控制下。

程序書 528.03.03「停電暨廠房進水時緊急排水作業」：本程序書係提供操作指引供重大天然災害(例如地震、颱風、海嘯等)期間，發生機組停電及廠房進水時，進行緊急排水作業，以避免進水區域擴大並將積水排除，進而保護設備安全、維持緊急爐心冷卻相關系統之運轉，使機組處於安全狀態。

3.1.2.4 其他水災間接影響的考量

一、 喪失廠外電源檢討：

本廠廠外電源包含 345 kV 及 161 kV 兩個系統，皆位於海拔 29.8 公尺高程，上述電源系統均遠高於潛在海嘯溯上高度，不會受到海嘯淹溢。若萬一因水災間接造成喪失廠外電源事件時，本廠每部機組於反應器廠房高程海拔 12.3 公尺處均配置 3 台安全等級之緊急柴油發電機，以提供緊急冷卻系統所需電源。另外，於輔助燃料廠房高程海拔 12.3 公尺處亦配置有 1 台可供兩部機組共用之氣冷式第 7 台具安全等級之緊急柴油發電機(7th EDG)，可隨時接替任一機組之緊急柴油發電機(EDG)。以上安全等級之緊急柴油發電機均依據 DBE(Design Base Earthquake) 值設計，足以抵禦 DBE 而造成之失效，且其所在位置之廠房地面高程均大於海嘯溯上之水位高度，應不受海嘯之侵襲。

另外，根據「行政院農委會水土保持局」所公佈之土石流資料，本廠廠址附近之兩條溪流(石碇溪、雙溪)均未列入行政院農委會水土保持局

所訂定之土石流潛勢溪流，故依現地之自然條件，石碇溪及雙溪發生土石流災害機率低，故評估本廠遭受土石流及暴雨侵襲而導致外電系統失效的機率甚低。

若海嘯間接影響廠外電源供應情況，本廠相關檢討及因應方案，詳本報告第 5 章節「喪失電源與最終熱沉」。

二、 因水災情況導致可能阻礙或延遲廠外人員及救援設備到達廠區時：

對於災害發生時間可區分為正常上班時段及非正常上班時段，分別說明如下：

事件發生於正常上班時段：

1. 若運轉值班人員無法抵達電廠接班，此時模中有訓練班人力，另機動支援班約十人(大部份為持照人員)，可接替及協助機組運轉處置。
2. 各部門維護人力均在廠內，另有長期合約駐留廠區承包商，維護人力可達百人，應可滿足緊急情況設備維護需求。
3. 廠內消防班人力於二值時段配置 8 人，而正常上班時段依緊急計畫組織，編組緊急後備消防隊人力有 45 人，可協助消防工作。

事件發生於非正常上班時段：

1. 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍值班（含運轉組）人員，將可優先通知協助機組運轉工作，以因應運轉值班因接替人力無法抵達而有不足；另本廠已有規劃於貢寮、雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚值班人員先行進廠協助。
2. 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍維護（機、電、儀、修）人員，將可緊急動員進行設備搶修工作，另

本廠已有規劃於貢寮、雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚維護人員先行進廠協助。

3. 消防班人力於非正常上班時段維持 6 名消防員在廠，消防班外包人員均優先進用貢寮、雙溪、瑞芳、基隆等地區居民，遇有狀況時將可緊急通知入廠。另有駐廠保警人力，亦可協助救災事宜。
4. 若因廠外道路不通，將向中央政府主導之「中央災害應變中心」申請工兵支援搶通道路或利用直升機載送人員與物資設備搶修，以及人員緊急送醫。

3.1.3 電廠承諾的持照基準

3.1.3.1 一般程序

為因應海嘯、暴雨、土石流等天然災害，本廠除依 3.1.2.3 節--「警示並減緩水災後果的主要操作規定」所列之各項緊急操作程序書（187.01「**防汛作業**」、528.03.01「洪水之處理」、528.03.02「淹水之處理」、528.03.03「停電暨廠房進水時緊急排水作業」）外，並於正常運轉期間及預期可能遭受天然災害侵襲時，規範有相關程序書執行防災/減災以降低/減緩天然災害可能造成之危害：

程序書 187「颱風期間作業」：於每年颱風季節前或五月底以前，由工安組將「防颱檢查表」送至各部門實施檢查與缺失改善；另當颱風可能侵襲本廠警戒區域時，已訂定成立防颱小組及本廠各部門須執行之相關檢查作業程序，如圖 3-3「防颱作業流程圖」，以減輕颱風來襲時造成之危害。

程序書 528.02.01「颱風警報期間機組之運轉」：因應颱風來襲時所挾帶的強大風速，電廠喪失廠外電源之威脅較正常天候為大，一旦主變壓器或機組輔助變壓器因颱風之危害導致無法使用時，安全停機所需的電力將必須由廠外電源或廠內緊急柴油發電機所提供；為避免因颱風來襲，而威脅廠

內用電狀況，本程序書依運轉規範要求，詳細規定因應不同颱風強度所需之對應操作內容，如附件 3-1、「颱風期間運轉方案」，以供電廠運轉人員執行必要之操作。

程序書 528.04「海嘯警報期間之運轉」：本程序書提供機組於海嘯警報發佈後及海嘯侵襲本廠時之處理指引。當出現海水進水口水位異常降低(大退潮)或升高(大漲潮)或中央氣象局海嘯通報或地震、地震警報動作或循環水泵運轉異常，電流、出口壓力晃動或振動升高等狀況時，運轉員需確認海水水位不低於循環海水泵和反應器廠房海水泵之最低水位(-1.33 公尺 /-5.34 公尺)。若出現海水水位低於循環海水泵或反應器廠房海水泵最低水位之狀況時，運轉員依現場狀況，根據緊急操作程序書 501.04「緊急停機」、501.1「反應爐急停復原」、520.01「循環海水泵跳脫」、515.04「喪失汽機廠房海水系統處理」、515.02「喪失反應器廠房海水系統處理」等執行相關操作，以維持機組在冷卻狀態直至中央氣象局海嘯警報解除為止。

3.1.3.2 電廠用以確認承諾的廠外移動設備/補給

依據 3.1.1.3「DBF 適切性的結論」之檢討結果，本廠潛在海嘯溯上高度低於設計基準海嘯溯上高程，確認本廠重要廠房及設備可不受海嘯淹溢。且以近 30 年來之資料重新檢視本廠最大可能降雨量並未高於本廠設計基準量，故本廠的排洪設計能力仍屬適切。因此評估本廠現行持照基準並不會因水災造成廠房淹水。

本廠 2011 年 6 月 30 日前既有之因應任何意外狀況的移動式救災設備，規範於程序書 186.01「災害防救要點」中，如表 3.2「龍門電廠既有災害防救設備」。而於福島事件後，本廠已在原能會指示及公司指導下進行核能全面體檢之檢討，並進一步擴充規劃移動式設備，以便因應任何意外狀況，如表 3.3「龍門電廠因應福島事件增購災害防救設備」。

在相容性的先決條件下，本廠將另以核一廠及核二廠為廠外移動設備/補給

供給及相互支應之來源。

3.1.3.3 已知之承諾偏差事項及其可能影響及矯正規劃

依台電公司核能技術處之「龍門發電廠防海嘯能力檢視報告」顯示，目前龍門電廠在防海嘯能力方面，初步認定足以承受設計基準海嘯之考驗，惟本廠尚在新建中，部分施工缺失之改善，可提升龍門電廠之防水災能力。相關缺失摘要如下：

- 內牆之穿越孔基本上與海嘯侵襲可能路徑無直接關聯，不過如果海嘯通過外牆缺口進入室內，則各房間之門是否具備水密性及內牆與樓板上之穿越孔是否密封(即是否可將淹水局限在單一串系統內，不致漫延至其他系統)以維安全停機之功能，即有相當之影響。現勘控制廠房結構物地面以下外牆電纜管線穿越處，發現有滲漏水之現象，大部分均係由電纜管內流出並非海嘯所致，其水量不能與洶湧而至之海嘯不能相提並論，其管徑與水量相對較小，惟仍須加以改善處理，特別是附近有電氣盤體等忌水氣之處。
- 進水口區之結構物與電廠安全有關，且海嘯來臨時淹水可能會影響電廠安全之結構物為反應器廠房冷卻水抽水機房(RBSW Pump House)，該區結構物水密門之設計強度可抗 12100 kg/m^2 之水壓，如海嘯之衝擊力超過此值，可考慮加強抽水機房一樓通道門(D4)之強度。另外，水密門雖可阻絕水流於室外，然泵室尚有配合管線進出之開孔，這些開孔於管線安裝完成後均需以規定之材料封堵，以免海嘯來臨時一樓之淹水滲入泵室或封堵材料無法承受水壓力而破裂，衍生泵室浸水而影響與安全有關設備之正常運轉功能。經現場勘查，在泵室內，除供水位計安裝用之開孔及室內排水之落水頭未加以封堵外，其餘之開孔均於安裝管線後進行封堵；經查落水頭已裝設兩道逆止閥，可防止地下層(蓄水池)之水因海嘯之水壓而倒流入泵室；至於水位計之開孔仍需以適當之

材料封堵，以免水流倒流入泵室。惟為確保泵室不發生淹水之情形，需進一步確認開孔封堵材料確可承受海嘯時之水壓力或須直接於開孔內側(或兩側)加裝不鏽鋼片補強。

- 龍門電廠進水口位處鹽寮灣，稍外側則有群礁環繞，最內側則是以南北兩道高程約 EL. 8.2 公尺之防波堤遮蔽，對於進水口區之抽水機房，可發揮保護作用，進水口區地面高程 (EL.5.0 公尺) 較發電廠房區低，而採水密性設計之方式，確保海嘯侵襲時安全有關設備之正常運作。不過如海嘯溯上高度達 EL. 8.57 公尺，RBSW 抽水機房外牆，仍將額外承受約 3.3 公尺水頭高之水壓力，而海嘯之作用除靜水壓外亦附帶有衝擊力，後者須在中興工程顧問公司或中大吳祚任教授完成海嘯模擬獲致海嘯近岸時之速度後，據以檢核 RBSW 抽水機房之結構完整性，並視結果確認是否須研擬補強改善措施。

3.1.3.4 業主已開始檢視的特定承諾

- 一、 已於增強行動方案 RAP-LM-01-12-001 中規畫，在開關場(EL.29.8 公尺)增設總容量 120 MW 之氣渦輪發電機，在廠區全黑時可併聯至 161 kV GIS，再經 161 kV RAT1、RAT2 變壓器，供應兩部機電源之應變能力。另外，為提升全黑事件時氣渦輪發電機電力送至機組安全系統之可靠度，規劃自本廠開關場每部氣渦輪發電機電力輸出端，增設獨立之 4.16kV 輸電線路，將氣渦輪發電機之電力直接送達至本廠安全相關之中壓開關箱，例如 4.16kV 之 S4 BUS。
- 二、 依據「核能發電廠海嘯總體檢專案小組」的評估結果，經最大可能海嘯模擬分析後，主要廠房高程不受海嘯影響。然而，為加強深度防禦，避免異常氣候造成豪雨導致廠區淹水灌進廠房，本廠透過增強行動方案進行之相關改善如下：

1. RAP-LM-02-09-001：將反應器廠房、控制廠房、柴油機燃油槽、

輔助燃料廠房、消防泵室及 RBSW 泵室等，各廠房於地面樓對外門加裝 1 公尺高之防水擋板。因本廠已規劃新建混凝土海嘯牆，故原規劃加裝 1 公尺高防水擋板工程暫停施作。

2. RAP-LM-02-06-002：為避免洪水經由廢料通道淹溢至輔助燃料廠房，於廢料通道進入輔助燃料廠房通道處增設 1 公尺高之防水擋板。因本廠已規劃新建混凝土海嘯牆，故原規劃加裝 1 公尺高防水擋板工程暫停施作。
3. RAP-LM-02-06-001：為避免洪水經由廢料通道 EL. 12300 淹溢至反應器廠房/控制廠房，於廢料通道 EL. 12300 進反應器廠房/控制廠房通道處增設 1 公尺高之防水擋板。因本廠已規劃新建混凝土海嘯牆，故原規劃加裝 1 公尺高防水擋板工程暫停施作。
4. RAP-LM-02-05-001：為避免洪水經由進出管制廠房 EL. 12300 處淹溢至反應器廠房/控制廠房，於進出管制廠房 EL. 12300 進入反應器廠房通道處增設 1 公尺高之防水擋板。因本廠已規劃新建混凝土海嘯牆，故原規劃加裝 1 公尺高防水擋板工程暫停施作。

三、 福島核子事故後，本廠立即檢視防洪設計基準與排洪能力，依中央氣象局公告之歷史資料顯示，龍門電廠排洪渠道之流量排洪能力，足以因應地表之暴雨。另外，重新檢視本廠廠房內之排水能力，如下：

1. 反應器廠房：

- (1) 一次圍阻體：共計 4 台集水池泵(Sump Pump)，提供每小時 132 m^3 之排水能力 ($33 \text{ m}^3/\text{hr} \times 4 \text{ 台}$)；
- (2) 二次圍阻體：共計 16 台集水池泵，提供每小時 528 m^3 之排水能力($33\text{m}^3/\text{hr} \times 16 \text{ 台}$)；
- (3) 柴油機房：共計 2 台集水池泵，提供每小時 66 m^3 之排水能

力($33\text{m}^3/\text{hr} \times 2$ 台)。

2. 控制廠房：共計 14 台集水池泵，提供每小時 324 m^3 之排水能力($33\text{m}^3/\text{hr} \times 8$ 台+ $10\text{m}^3/\text{hr} \times 6$ 台)。

3. 輔助燃料廠房：共計 6 台集水池泵，提供每小時 198 m^3 之排水能力($33\text{ m}^3/\text{hr} \times 6$ 台)。

各廠房除利用原有之集水池泵抽水外，尚可利用預先備妥之臨時抽水泵排水，以儘速恢復各廠房底樓設備之功能。

四、 福島事故發生後，本公司已完成核電廠附近海陸域地形地貌調查，並重新檢視本廠 FSAR 的海嘯設計基準及電廠設施的安全性。依據 2011 年 8 月 19 日「國科會海嘯模擬研究小組」公布「潛在大規模地震所引發的海嘯對核電廠之影響」報告，本廠潛在海嘯溯上高度低於設計基準海嘯溯上高程。本廠現有廠址高程設計，係依歷史氣象資料推斷，考量所在地及鄰近地區曾發生而可能侵襲本廠海嘯之高程，並依據全島週邊海溝分佈情形，加入合理餘裕，作為廠址設計高程的依據。相設計基準海嘯高程及廠址設計高程，如 3.1.1.3 節「DBF 適切性的結論」說明。

3.2 現行設計基準之餘裕評估

3.2.1 視預警時間所設想或實施的額外防護措施

一、 海嘯預警時間及額外防護措施

為爭取海嘯預警時間，規劃與中央氣象局地震與海嘯預警系統連線，並建置警示與維護機制。目前正持續蒐集傳送訊息，作為未來配合中央氣象局地震測報中心相關精進參考。此外為求能提早因應各項天然災害之衝擊，本廠已將所有預防、應變及強化等防護措施納入程序書，如下：

程序書 528.04「海嘯警報期間之運轉」以下列情況監視並作為起始因應的徵兆，研判海嘯是否侵襲本廠。

1. 海水進水口水位異常降低(大退潮)或升高(大漲潮)。
2. 中央氣象局海嘯通報。(附件 3-2)
3. 地震、地震警報動作。
4. 循環水泵運轉異常，電流、出口壓力晃動或振動升高。

若經判定海嘯侵襲本廠且預期造成損壞，則依序進入冷停機，但如時間急迫則將反應爐手動急停，執行 EOP 快速降壓後儘速進入冷停機。研判若有海嘯侵襲之虞時，立即命令海水泵室所有工作人員撤離現場並往廠內集結。

海嘯影響到廠區時，將針對其影響的程度，依據本公司緊急應變計畫（1400 系列程序書），電廠及總公司將進行必要之動員。如災害有擴大可能時，依據緊急應變計畫，將成立中央災害應變中心並視狀況動員政府相關單位及組織，予以因應處理。

二、 另對於豪大雨或洪水之預警方式包括監視及防護因應。如下列程序書說明：

程序書 528.02.01「颱風警報期間機組之運轉」：依據氣象局發佈之颱風強度警報，並考量廠區實測風速及電力可靠性情況（包括外電及緊急柴油發電機），必要時將機組降載至解聯或停機狀態。

程序書 187「颱風期間作業」：每年颱風季節前或五月底以前，電廠將依據「防颱檢查表」，進行檢查與缺失之改善，以減輕颱風來襲時造成之損失。並於颱風來臨前 18 小時，預先成立防颱緊急應變小組予以因應。由總指揮或總負責人依既定分工指派工作，處理颱風來襲各項搶修，以減少災害損失確保機組安全運轉。

程序書 187.01 「防汛作業」：主要目的為妥善準備預防颱風或豪大雨特報期間豪大雨造成廠區或廠房積水。利用廠區的雨量、排洪渠道水位及道路積水高度作為依據，預先擬定因應措施加以防範。

程序書 528.03.01 「洪水之處理」：當中央氣象局公布早期洪水預報、海嘯警報、超大豪雨特報或本公司調度處通知颱風或豪雨警報且排洪渠道及廠區地面積水逐漸上升時，即監視各洩水坑水位、檢查各設備運轉情況及各低窪處積水現象。在廠房重要設備有淹水之虞處準備沙袋以避免淹水，並於洪水警示發出時，各廠房所有水密門及水密通道(hatch)皆須被關閉，以避免廠房重要設備發生淹水或淹水區域擴大。

程序書 528.03.02 「淹水之處理」：當出現汽機廠房冷凝器坑高水位警報或控制廠房之任一區之 RBCW 熱交換器室高水位警報或各廠房之其他集水池高水位警報時，確認集水池排水泵功能或增加臨時排水泵，來提高排水效能，進一步確認淹水來源加以隔離以控制淹水情況。

程序書 528.03.03 「停電暨廠房進水時緊急排水作業」：遇到颱風或超大豪雨狀況造成廠房進水狀況時，各廠房緊急應變負責組依指示將相關廠房進出口區派人堆積沙包及清理門口積水，以防積水進入各廠房。若積水進入反應器廠房，則保持反應器廠房底樓走廊之地面洩水集水坑(4D 及 4E)抽水泵之可用性，將反應器廠房底樓走廊積水抽送往廢料處理廠房貯存或處理。若機組停電時洩水集水坑(4D 及 4E)抽水泵馬達可以由緊急安全匯流排或 480 VAC 臨時緊急柴油發電機供電，以保持該集水坑抽水泵之可用性。假若無法提供反應器廠房底樓走廊之地面洩水集水坑(4D 及 4E)抽水馬達之電力時，各廠房負責部門可利用緊急備用可移動式柴油發電機、沉水泵及相關電纜、排水管、通風器材、足夠之柴油存量及臨時照明設備等進行緊急排水。

3.2.2 弱點與瀕危效應

龍門核能發電廠廠房地面樓高度是依據 FSAR 所評估的海嘯最高高度、最大風浪和最大洪水高度加總後並留些許餘裕而定的設計高度，因此廠房地面樓高度足以應付抵抗設計基準海嘯。

本公司參考日本核能電廠之分析方式以事件樹尋找 Cliff Edge 及安全餘裕，依據「龍門電廠海嘯案例」分析，有關本廠海嘯案例之結論(詳附件 3-3)簡述如下：假設本廠因外海地震造成喪失廠外電源後，機組完成急停且緊急柴油發電機開始運轉，由地震所引發的海嘯在機組急停後侵襲廠址所在海岸，而造成電廠喪失最終熱沉。在此情況下，如欲成功達成爐心停機冷卻之最後目的，必須依序完成下述各階段目標(即標題)包括，RCIC 成功注水進入爐心、利用消防水注水系統透過餘熱移除系統 C 串管路執行替代補水及圍阻體過壓保護系統成功運作等。

分析結果顯示，爐心停機冷卻成功的路徑為：當海嘯造成機組喪失最終熱沉，但 RCIC 系統起動執行短期補水功能，此舉提供運轉人員手動開啟 SRV 及建立 ACIWA 系統所需的時間，此後機組由 ACIWA 系統提供長期注水，並藉由 COPS 提供圍阻體長期熱移除功能，使得機組得以達到冷停機狀態。因爐心停機冷卻成功者僅有一種情況，故其 Cliff Edge 即為本海嘯案例之 Cliff Edge。其安全餘裕須以各標題安全餘裕之最低者為代表，故為 0.3 公尺 (12.3 公尺-12 公尺)；其 Cliff Edge 依定義為各標題高度之最低者為代表，即為 12.3 公尺。

3.2.3 強化防護能力的措施

福島事故發生後，台電公司立即成立核能電廠防海嘯評估專案小組，進行核電廠附近海陸域地形地貌調查，並重新檢視核電廠終期安全分析報告的海嘯設計基準及電廠設施的安全性，並陸續完成下列評估與改善措施：

- 一、已重新評估完成本廠海嘯可能溯上高度調查分析，確認建廠時最終安全分析報告(FSAR)所設定之海嘯溯上高度仍為保守。依據現有已知之

相關分析、調查，包括國科會之海嘯分析，顯示電廠現行之海嘯設計基準仍符合。

- 二、 評估過程中確認本廠安全相關 RBSW 泵室的高程雖為 5.3 公尺，但高程 12 公尺以下設備區域擁有防水設計，高於設計基準海嘯之溯上高程 8.07 公尺，已具備足夠海嘯防護能力。
- 三、 已完成檢討廠區淹水及排水功能，重新檢視廠址歷史最大降雨量之紀錄，本廠之設計洪水量採重現期距 100 年之降雨強度計算，確認本廠排洪渠道仍可承受氣候變異所造成之豪大雨量，並無淹水之虞。
- 四、 已對廠區環境地質及過去最大單日降雨量之歷史紀錄，進行廠區防範土石流發生之檢討。並完成新增程序書，規定於中度以上颱風或豪大雨特報期間採取相關因應措施，並派員定時監視廠區排洪渠道水位高度，以及每小時降雨量數值，預防廠區積水。
- 五、 繪製廠區廠房易遭淹沒區域的圖面，事先規劃排洪做法；增列廠區廠房的防洪圖面，供本廠更進一步強化廠區廠房排洪能力，並另建立廠區廠房各排放流徑及排放能力之列表。
- 六、 確認本廠作業程序書，已詳細要求穿越孔施工後相關之回封作業管控機制之有效性。並完成廠房內防水門、屏蔽(包括井欄等)及穿越器填封設計及完整性之現場檢查，確認穿越器填封施作完成後一切防水機制可發揮正常功能。
- 七、 本廠將規劃設置海嘯牆(牆頂高度 = EL. 14.5 公尺)，以避免電廠遭受海嘯侵襲。
- 八、 在無電力供應下，將利用引擎帶動抽水機對廠房淹水區域進行排水，相關作業已完成標準作業程序。已購置 6 具引擎帶動機動性排水抽水機及 12 台電動式抽水機(可配合汽柴油發電機使用)，將再採購 2 台引

擎帶動機動性排水沉水泵及 20 台電動式抽水泵，以強化機動排水能力。

參考文獻：

a. 官方文件

1. 「潛在大規模地震所引發海嘯對核電廠之影響」(國科會)

b. 業界組織文件

1. WANO SOER 2011-2:「Fukushima Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Caused by Earthquake and Tsunami Response Template」(WANO)

c. 台電內部文件

1. 「龍門核能發電廠終期安全分析報告」(台灣電力公司)
2. 「龍門電廠安全防護總體檢報告」(台灣電力公司)
3. 程序書 187.01 「**防汛作業**」
4. 程序書 233 「廠房集水坑異常進水查漏」
5. 程序書 528.03.01 「洪水之處理」
6. 程序書 528.03.02 「淹水之處理」
7. 程序書 528.03.03 「停電暨廠房進水時緊急排水作業」
8. 程序書 187 「颱風期間作業」
9. 程序書 528.02.01 「颱風警報期間機組之運轉」
10. 程序書 528.04 「海嘯警報期間之運轉」
11. 程序書 186.01 「災害防救重點」
12. 「龍門發電廠防海嘯能力檢視報告」(台灣電力公司)

圖 3-1 龍門電廠廠區主要排洪渠道分布圖

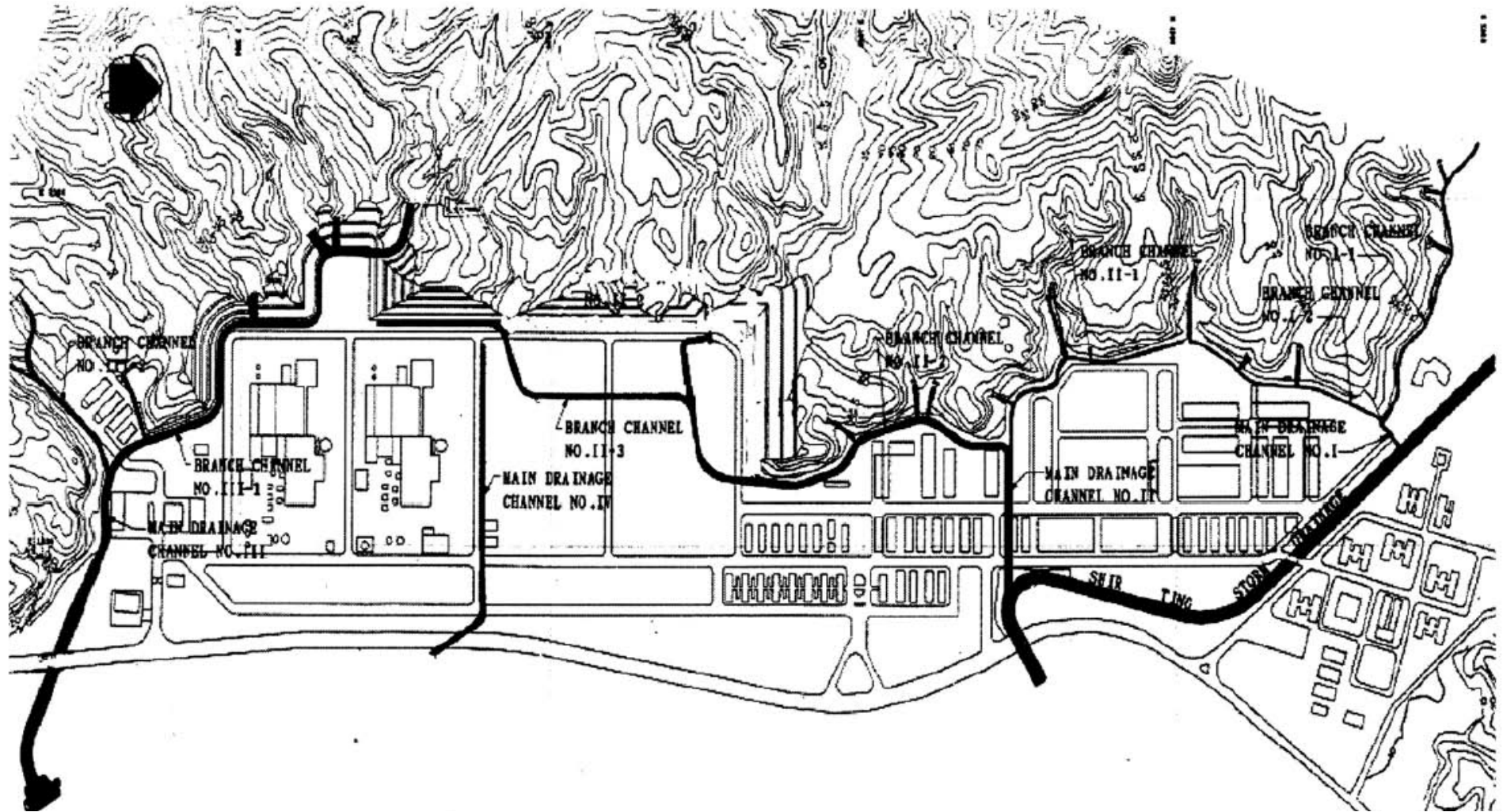


圖 3-2 、颱風期間豪大雨積水防範與處理流程圖

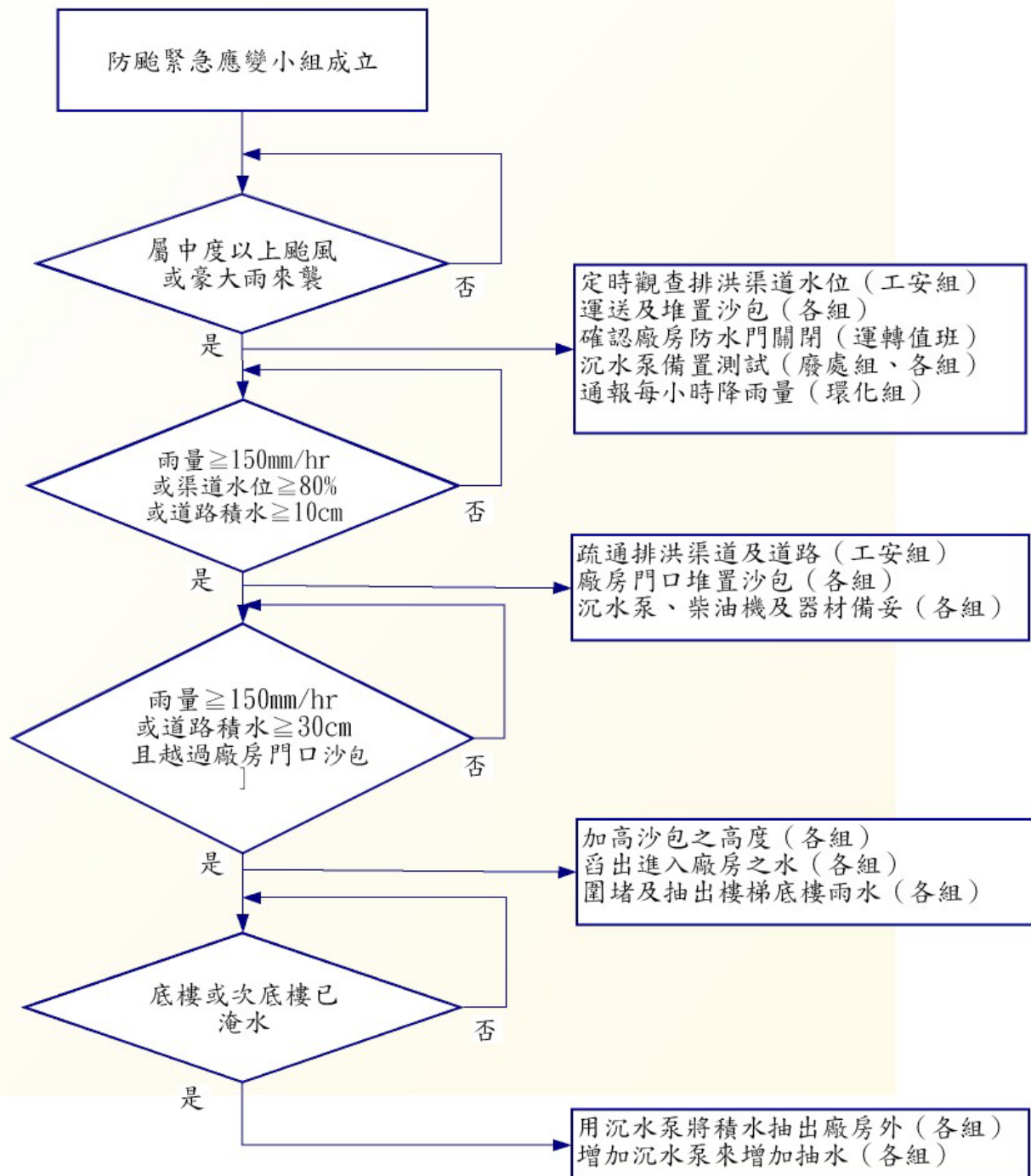


圖 3-3 防颱作業流程圖

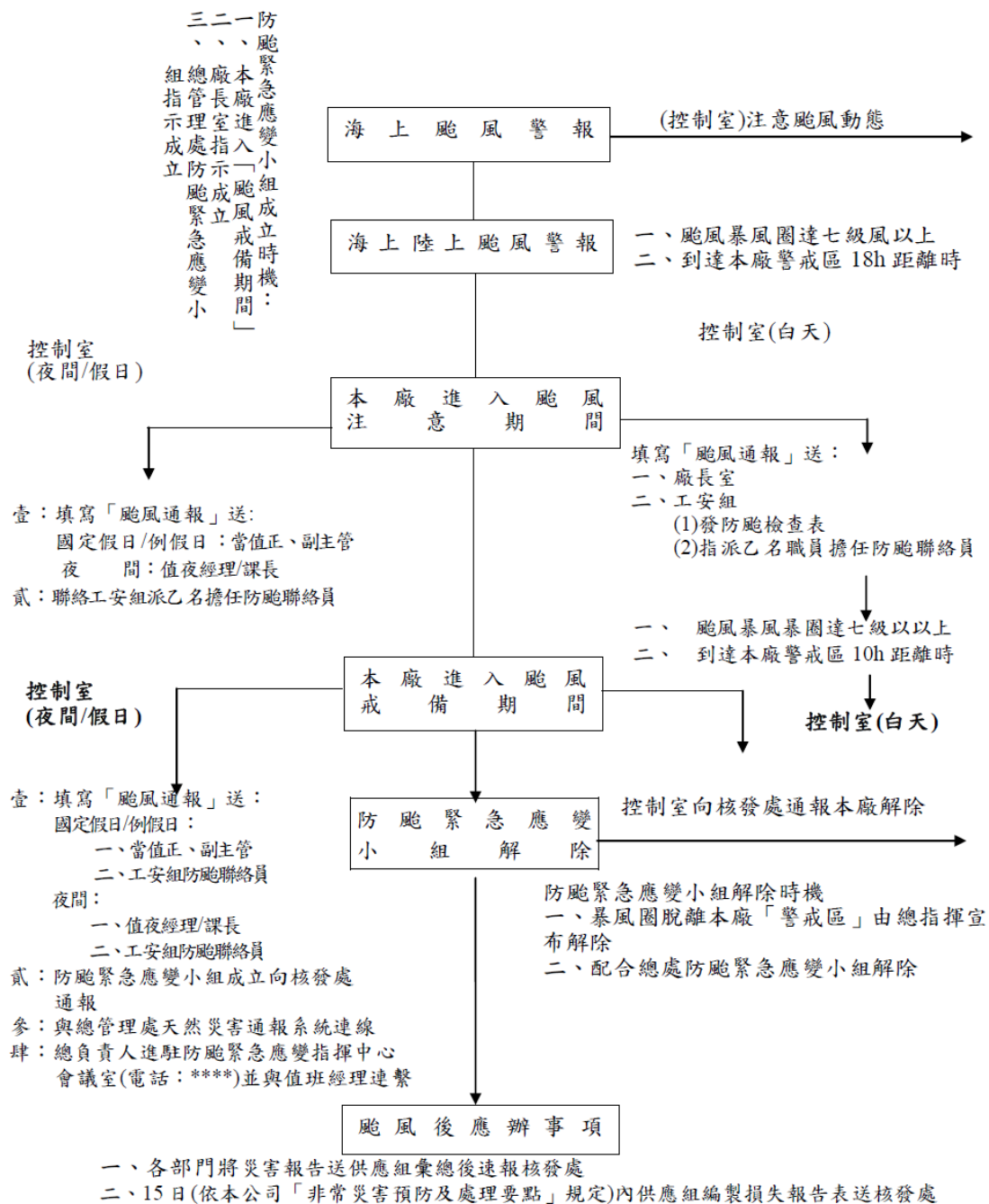


表 3.1、基隆氣象觀測站每年每小時最大降雨量統計表

年份	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
雨量 (mm/hr)	62.1	47.5	40.5	32.8	71.4	43.4	59.0	53.0	43.0	47.0
年份	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
雨量 (mm/hr)	34.5	33.4	55.0	58.5	45.2	33.0	57.2	80.0	54.6	107.0
年份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
雨量 (mm/hr)	66.5	30.0	54.8	76.0	70.8	55.8	95.3	81.1	33.5	56.7
年份	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
雨量 (mm/hr)	98.0	32.0	66.5	78.5	28.0	69.5	40.5	83.0	67.5	70.5
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006				
雨量 (mm/hr)	52.5	53.0	34.0	85.5	61.0	38.5				

表 3.2、「龍門電廠既有災害防救設備」列表

項次	項目名稱	數量	放置地點	整備部門	項次	項目名稱	數量	放置地點	整備部門	
1	緊急發電機	<u>1</u> 具	工具室	機 械 組	14	無線通信系統（PWT）	<u>1</u> 式	行政大樓及各廠房	電 氣 組	
		<u>2</u> 具	中四倉庫	電 氣 組						
2	抽水機	<u>3</u> 具	行政大樓	機 械 組	15	電腦網路資訊	<u>1</u> 式	行政大樓	電 算 組	
3	移動式起重機	<u>1</u> 輛	#2 RPV 倉庫	機 械 組						
	堆高機	<u>2</u> 輛	貨櫃屋							
4	堆高機	<u>1</u> 輛	修配工廠	修配組	16	手電筒	<u>10</u> 具	倉庫	工 安 組	
5	標識帶	<u>1</u> 組	工安組倉庫	工 安 組	17	擋水砂包	<u>100</u> 袋	行政、模中、文件管制中心		
6	化學消防車	<u>1</u> 輛	#2 RPV 倉庫		18	望遠鏡	<u>—</u> 具	工安組辦公室		
7	水箱消防車	<u>1</u> 輛			19	氧氣偵測儀	<u>2</u> 具			
8	乾粉滅火器	<u>10</u> 具	#2 RPV 倉庫		20	可燃性氣體偵測儀	<u>2</u> 具	工安組倉庫		
9	空氣呼吸器	<u>6</u> 具			21	防靜電鞋	<u>—</u> 雙			
10	緊急照明燈	<u>—</u> 具			22	三角危險旗	<u>2</u> 條			
11	排煙機	<u>—</u> 具			23	消防水池（兼救災用準備水池）	<u>1</u> 座	情人湖		
12	救助器材車	<u>1</u> 輛	#2 RPV 倉庫		24	飲用水、糧食及其他民生必需品	<u>1</u> 式	餐廳		供 應 組
13	急救用醫療器材藥品	<u>1</u> 式	醫務室		25	其他必要之物資器材設施				視主管指示或檢討會議決議事項辦理

表 3.3 龍門電廠因應福島事件增購災害防救設備

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
1	移動式柴油發電機	3 相電壓 4.16 kV 功率 1500 kW	柴油	2 台	供電至 4.16 kv 安全級 bus 或 RHR、RBSW RBCW 泵臨時電源	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
2	移動式柴油發電機	3 相電壓 480 V 功率 200 kW	柴油	2 台	SLC、FCS、SGT、CSTF、安全串 CVCF、 最終熱沉 Seal Pit	開關場 (EL:29.8 米)	已配置	每三個月	電氣組
3	移動式柴油發電機	3 相電壓 480 V 功率 100 kW	柴油	3 台	供電至 480 V PC/MCC 再轉供 CVCF 與 DC 電池充電臨時電源	1 部-SGB 鐵卷門外 (EL:12.3 米)， 2 部-RPV2-臨時消防隊部 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
4	移動式柴油發電機	3 相電壓 380 V 功率 100 kW	柴油	1 台	OSC 臨時電源	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
5	汽油引擎發	120/220V 最大輸	汽油	2 台	電動工具及臨時照明	(1)#1ACB B3 儲存室	已配置	每三個月	機械組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
	電機	出：7.2 kVA			使用	(EL:-1.85 米) (2)行政大樓地下室			
6	汽油引擎發電機	120/208 V, 3Φ 4W 10 kW	汽油	6 台	沉水泵(抽水)	低放倉庫 (EL:43.3 米) 緊急泵室 (EL:8.57 米)	已配置	每三個月	電氣組
7	汽油引擎發電機	120/220 V 1Φ 10 kW	汽油	4 台	沉水泵(抽水) ARM、通訊	低放倉庫 (EL:43.3 米) 緊急泵室 (EL:8.57 米)	已配置	每三個月	電氣組
8	整流器	AC 整流為 DC(125 VDC)	NA	6 台	配合汽油引擎發電機 120VAC 整流為 120VDC 供 SRV 操作使用	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每三個月	電氣組
9	變壓器	480 V/240 V	NA	6 台	480 V 變壓為 240 V	低放倉庫 (EL:43.3 米)	已配置	每月	電氣組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
10	引擎式抽水 泵	進/出水口徑:4 英吋 最大揚程:25 公尺抽 水深度:5 公尺最大 抽水量:1500 公升/ 分鐘	汽油	2 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米) 行政大樓地下室工具室	已備置	每三個月	機械組
11	引擎式抽水 泵	進/出水口徑:4 英吋 最大揚程:25 公尺抽 水深度:5 公尺最大 抽水量:1500 公升/ 分鐘	汽油	6 台	抽排水使用	修理工廠工具庫 (EL:24.9 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
12	電動式抽水 泵	單相 110 V*1 台 220 V*1 台進/出水 口徑:2 英吋(50 mm) 最大揚程:15 公尺最 大抽水量:260 L/min	電力	2 台	抽排水使用	行政大樓地下室工具室/ ACB 2 樓物料儲存間 (EL:17.15 米)	已備置	每三個月	機械組/ 廢料組
13	不銹鋼沉水 泵	馬力:5HP 出口口 徑:4" 最大水量: 0.95 m ³ /min	電力	1 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米)	已備置	每三個月	機械組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
14	高揚程不銹 鋼沉水泵	馬力：30HP 出口口 徑：3" 最大水量： 1.06 m ³ /min	電力	4 台	抽排水使用 SEAL PIT 最終熱沉 使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米)	已備置	每三個月	機械組
15	高揚程不銹 鋼沉水泵	馬力：2HP 出口口 徑：2" 最大水量： 0.164 m ³ /min	電力	2 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米)	已備置	每三個月	機械組
16	沉水泵	220V3Φ馬力：5HP	電力	3 台	抽排水使用	修理工廠工具庫 (EL:24.9 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
17	沉水泵	220V3Φ馬力：2HP	電力	2 台	抽排水使用	低放倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	廢料組
18	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	1 台	抽排水使用	低放倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	廢料組
19	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	2 台	抽排水使用	#1 ACB B3 儲存室 (EL:-1.85 米)	已備置	每三個月	機械組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
20	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	1 台	抽排水使用	宿舍 A 棟地下室 (EL:8.5 米)	已備置	每三個月	電氣組
21	沉水泵	馬力：1HP 110V 口徑：2" (50 mm)	電力	1 台	抽排水使用	ACB 2 樓物料儲存間 (EL:17.15 米)	已備置	每三個月	廢料組
22	2"可撓式軟 管	配合沉水泵 20 m/條	NA	20 條	配合沉水泵使用	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
23	3"水帶	配合沉水泵 100 m/ 捲	NA	12 捲	配合沉水泵使用	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
24	擋水砂包袋	20 kg/包	NA	1000 只	各門戶擋水	工安組 (EL:12.3 米)	已購置	每三個月	工安組
25	水庫消防車	12 噸級	柴油	1 台	消防(替代注礮)	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組
26	泡沫消防車	6 噸級	柴油	1 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
27	救助器材車	12 噸級	柴油	1 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組
28	空氣呼吸器	符合 NIOSH	NA	70 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
29	乾粉滅火器	乾粉-ABC 20 型	NA	48 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
30	引擎帶動式 消防水泵	15HP	電力	4 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
31	充氣水槽	10T/15T	NA	4 座	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
32	防爆手電筒		電池	50 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
33	消防衣		NA	10 套	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
34	救護車		汽油	1 台	救護	龍門施工處醫務室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
35	防靜電鞋		NA	10 雙	消防	工安組倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
36	緊急照明燈		電池	50 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每週	工安組
37	排煙機		電力	4 台	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
38	乾粉滅火器	乾粉-ABC 10 型	NA	20 只	消防	廠區消防隊 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
39	四用氣體偵 測器	B.W 測 O ₂ ,CO,H ₂ S,可燃 性氣體	電池	5 只	氣體偵測	工安組辦公室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
40	氫氣偵測器	測 H ₂	電池	10 只	H ₂ 氣體偵測	工安組辦公室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
41	救生衣		NA	8 件	水中作業	泵室 X 6 (EL:8.57 米) 生水池 X 2 (EL:116.6 米)	已購置	每三個月	工安組
42	救生圈		NA	8 只	溺水救護	泵室 X 6 (EL:8.57 米) 生水池 X 2 (EL:116.6 米)	已購置	每三個月	工安組
43	救生浮水拋 繩		NA	5 組	溺水救護	泵室 (EL:8.57 米)	已購置	每三個月	工安組
44	三角危險旗		NA	10 網	危險區隔	工安組倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
45	急救用醫療 器材藥品	急救用醫療器材藥 品	NA	1 式	緊急救護醫療	龍門施工處醫務室 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	工安組
46	攔油繩		NA	1 條	油品洩漏攔油處理	泵室 (EL:8.57 米)	已配置	每三個月	環化組
47	油品洩漏防 治箱		NA	15 箱	油品洩漏處理	汙水處理廠 (EL:12.3 米)海水電解 廠(EL:8.57 米)/水廠 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	環化組
48	化學品洩漏 防治箱		NA	10 箱	化學品洩漏處理	汙水處理廠 (EL:12.3 米)海水電解 廠(EL:8.57 米)/水廠 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	環化組
49	油脂分解劑		NA	100 加侖	油脂分解處理	生活污水廠 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	環化組
50	補漏劑		NA	30 條	筒槽洩漏修補	汙水處理廠 (EL:12.3 米)海水電解 廠(EL:8.57 米)/水廠	已配置	每三個月	環化組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
						(EL:12.3 米)			
51	昇空工程車	額定載重：150 公 斤，最高作業高度： 12 公尺，最大作業 半徑：7 公尺	電池	1 台	高空作業	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	機械組
52	昇空工程車	最大載重：200 公 斤，最高作業高度： 20 公尺，最大作業 半徑：12 公尺	柴油 (電池)	1 台	高空作業	開關場 (EL:29.8 米)	已配置	每三個月	電氣組
53	堆高機	5 噸 x2 台 3 噸 x1 台	柴油	3 台	重件搬運	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	機械組
54	移動式吊車	80 噸	柴油	1 台	重件吊運	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已購置	每三個月	機械組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
55	移動式吊車	30 噸	柴油	1 台	重件吊運	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	機械組
56	多用途工作車	發電機額定輸出功率：24 KVA 提供照明、空壓機、電焊機 電源插座 提供 110 V、220 V 之電源	汽油	1 台	室外緊急搶修用	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
57	大貨車 (或卡吊)	25 噸	柴油	1 台	重件搬運	施工處材料組倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已配置	每三個月	機械組
58	拖板車	40 呎	柴油	1 台	重件搬運	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	待購置 2013 年 12 月	每三個月	機械組
59	小山貓		柴油	1 台	廠區道路清理用	#1RPV 倉庫 重機倉庫 (EL:12.3 米)	已購置	每三個月	機械組

序 號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
60	手拉鍊條吊 車	0.5~3 噸	NA	20 組	檢修吊掛用	修理工廠工具庫 (EL:24.9 米)	已配置	每三個月	機械組
61	可攜式氮氣 瓶	鋁合金 5.2 公升	NA	6 只	氣動閥操作	儀控組校驗室 (EL:20.85 米)	已購置	每年	儀控組
62	引擎帶動移 動式空壓機	10kg/ cm ² 以上	電力	2 台	SRV 緊急操作氣源	RB 31700 外圍 (EL:31.7 米)	已配置	每三個月	機械組
63	防爆工具	防爆扳手組、銅錘、	NA	2 組	防氫爆工具	修理工廠工具庫 (EL:24.9 米)	已配置	每三個月	機械組
64	RBSW 馬達	4.16 kV /745 kW (997 HP)	NA	1 只	緊急 RBSW 馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組
65	RHR 馬達	4.16 kV /475 kW (636HP)	NA	1 只	緊急 RHR 馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組
66	RBCW 馬達	4.16 kV /190 kW (255HP)	NA	1 只	緊急 RBCW 馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組

序號	器材名稱	規範	動力源	數量	用途	備置場所 (高程)	預定備置時 程	營測/檢 查週期	負責 部門
67	P16 消防泵馬達	4.16 kV/261 kW (350HP)	NA	1 只	緊急消防泵馬達更換	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	待購置 商轉前	每三個月	電氣組
68	備用電纜	高、中、低壓電纜	NA	1 批	緊急電源拉線	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	161KV 電纜 已購置 餘購置中	每三個月	電氣組
69	通訊器材備品		NA	1 批	通訊損壞搶修	低放廢料倉庫 (EL:43.3 米)	購置中	每三個月	電氣組

附件 3-1、颱風期間運轉方案

適用時機：當氣象局颱風預測資料顯示，10 級風暴風半徑範圍已接觸核四廠警戒區域^(註)

行動：

	輕/中度颱風	強烈颱風
A	警戒運轉	3 小時內降載至 RPS 之汽機跳脫旁通設定點 (CTP<40%) 以下
B	3 小時內降載至 RPS 之汽機跳脫旁通設定點 (CTP<40%) 以下	3 小時內降載至反應爐熱功率 30% 左右運轉
C	3 小時內降載至反應爐熱功率 30% 左右運轉	4 小時內解聯熱待機
A+D 或 A+E	4 小時內解聯熱待機	4 小時內解聯熱待機，並在隨後之 24 小時內達冷爐停機
B+D	4 小時內解聯熱待機，並在隨後之 24 小時內達冷爐停機	立即執行冷爐停機行動，儘速達冷爐停機
B+E	4 小時內解聯熱待機，並在隨後之 8 小時內達熱爐停機且 24 小時內達冷爐停機	立即執行冷爐停機行動，儘速達冷爐停機
F	立即執行冷爐停機行動，儘速達冷爐停機	立即執行冷爐停機行動，儘速達冷爐停機

A. 廠區實際測量之 10 或 15 分鐘平均風速已達 10 級風 (24.5 米/秒) 以上

B. 廠區實際測量之 10 或 15 分鐘平均風速已達 12 級風 (32.7 米/秒) 以上

C. 廠區實際測量之 10 或 15 分鐘平均風速已達 15 級風 (46.2 米/秒) 以上

D. 任一機組若有下列任一狀況發生時：

(1) 喪失一台或二台緊急柴油發電機(即一台或二台不可用)

或 (2) 345KV 廠外電源迴線，剩兩條或兩條以下可用

或 (3) 喪失 161 KV 廠外電源

E. 喪失一台緊急柴油發電機和一個廠外電源

F. 任一機組若有下列任一狀況發生時：

(1) 喪失二個廠外電源

或 (2) 喪失二台緊急柴油發電機和一個廠外電源

或 (3) 喪失三台緊急柴油電機

註：核四廠颱風期間警戒區域之定義：

以台北市為中心，東邊、南邊各一百公里，西邊、北邊各五十公里之範圍，即北緯 24.5 ~ 25.5 度，東經 121 ~ 122.5 度。

附件 3-2、交通部中央氣象局海嘯警報發布作業規定

1 遠地地震所引起之海嘯：

- 1.1 中央氣象局在取得太平洋海嘯警報中心的海嘯警報後，迅速派員進駐守視，已研判可能遭襲地點、時間及應變警戒事項。
- 1.2 在海嘯到達台灣地區 3 小時前，並研判可能對台灣地區造成威脅時，透過簡訊或傳真等方式將海嘯警訊寄送到各相關岸巡、災害防救主管機構。
- 1.3 在海嘯到達台灣地區 2 小時前，並研判可能對台灣地區造成威脅時，將發布海嘯警報，透過簡訊或傳真等方式迅速傳達給相關單位以及大眾傳播媒體，籲請沿岸居民準備因應海嘯侵襲。

2 近海地震所引起之海嘯：

- 2.1 當中央氣象局地震速報系統偵測到台灣近海發生地震規模 6.0 以上，震源深度淺於 35 公里之淺層地震時，在地震報告中加註沿岸地區應防海水位突變。
- 2.2 當中央氣象局地震速報系統偵測到台灣近海發生地震規模 7.0 以上，震源深度淺於 35 公里之淺層地震時，將發布海嘯警報，透過簡訊或傳真等方式迅速傳達給相關單位以及大眾傳播媒體，籲請沿岸居民準備因應海嘯侵襲。

3 海嘯警報發布後，根據太平洋海嘯警報中心或潮位站資料，適時發布海嘯警報解除。

附件 3-3、龍門電廠海嘯案例：

龍門電廠海嘯案例之標題，包括最前之肇始事件及最後之停機冷卻狀態，共有 5 個標題及其相關之事故序列發展，分別說明於下：

- (1) 肇始事件：為本事件樹之起頭：龍門電廠因外海地震造成喪失廠外電源後，機組完成急停且緊急柴油發電機開始運轉，由地震所引發的海嘯在機組急停後侵襲廠址所在海岸，造成 RBSW 系統不可用。因所有反應器廠房冷卻水抽水室均位於單獨的泵室，每一個泵室均設有水密門，可抵擋 $12,100 \text{ kg/m}^2$ 的水壓(約為 12 公尺高的水壓)，抽水室底部為水密結構，四週結構物由底層向上延伸至 2 樓高度 12 公尺處亦為水密結構。其關鍵設備(弱點)為維持 RBSW 抽水室水密門可抵擋之靜水壓高度(約 12m)。
- (2) RCIC 系統：海嘯造成 RCIC 注水泵、電源系統或控制系統失效。RCIC 注水泵位於反應器廠房 EL -8200 公尺，泵室出入口配置水密門以防止水淹進 RCIC 泵室。緊急直流電源(EL 2900 公尺)及主控制室(EL 7600 公尺)均位於控制廠房地下樓層；因反應器廠房與控制廠房的平面樓對外出入口高程均為 12.3 公尺，且無防海嘯設計之隔離門，故海嘯侵襲時淹水必須先高過廠房平面樓出入口後，才會流入廠房內部造成淹水，故以廠房一樓對外出入口高程 EL 12.3 公尺，為其關鍵設備(弱點)為高度。
- (3) ACIWA 系統：海嘯造成 ACIWA 系統失效。消防水泵室位於一號機反應器廠房西側，為兩部機共用的系統。消防水泵室與外界地面層高度相同(EL 12.3 公尺)，泵室四周共有 5 道房門，各房門並無海嘯防護設計，此外泵室四周亦有 6 個百葉窗，高度最低的百葉窗窗緣下方高度為海平面上 13.3 公尺，而消防水泵的高度為海

平面上 12.3 公尺，故其關鍵設備(弱點)為消防水泵高度 12.3 公尺。

(4) COPS：海嘯造成 COPS 之影響甚微。

(5) 電廠損害狀態：為本事件樹之終點：A. 爐心停機冷卻成功，爐心不致熔損；B. 爐心停機冷卻失敗，爐心熔損。

龍門電廠海嘯評估事件樹，如圖 1 所示。爐心停機冷卻成功者為海嘯造成機組喪失最終熱沉，但 RCIC 系統起動執行短期補水功能，此舉提供運轉人員手動開啟 SRV 及建立 ACIWA 系統所需的時間，此後機組由 ACIWA 系統提供長期注水，並藉由 COPS 提供圍阻體長期熱移除功能，使得機組得以達到冷停機狀態。

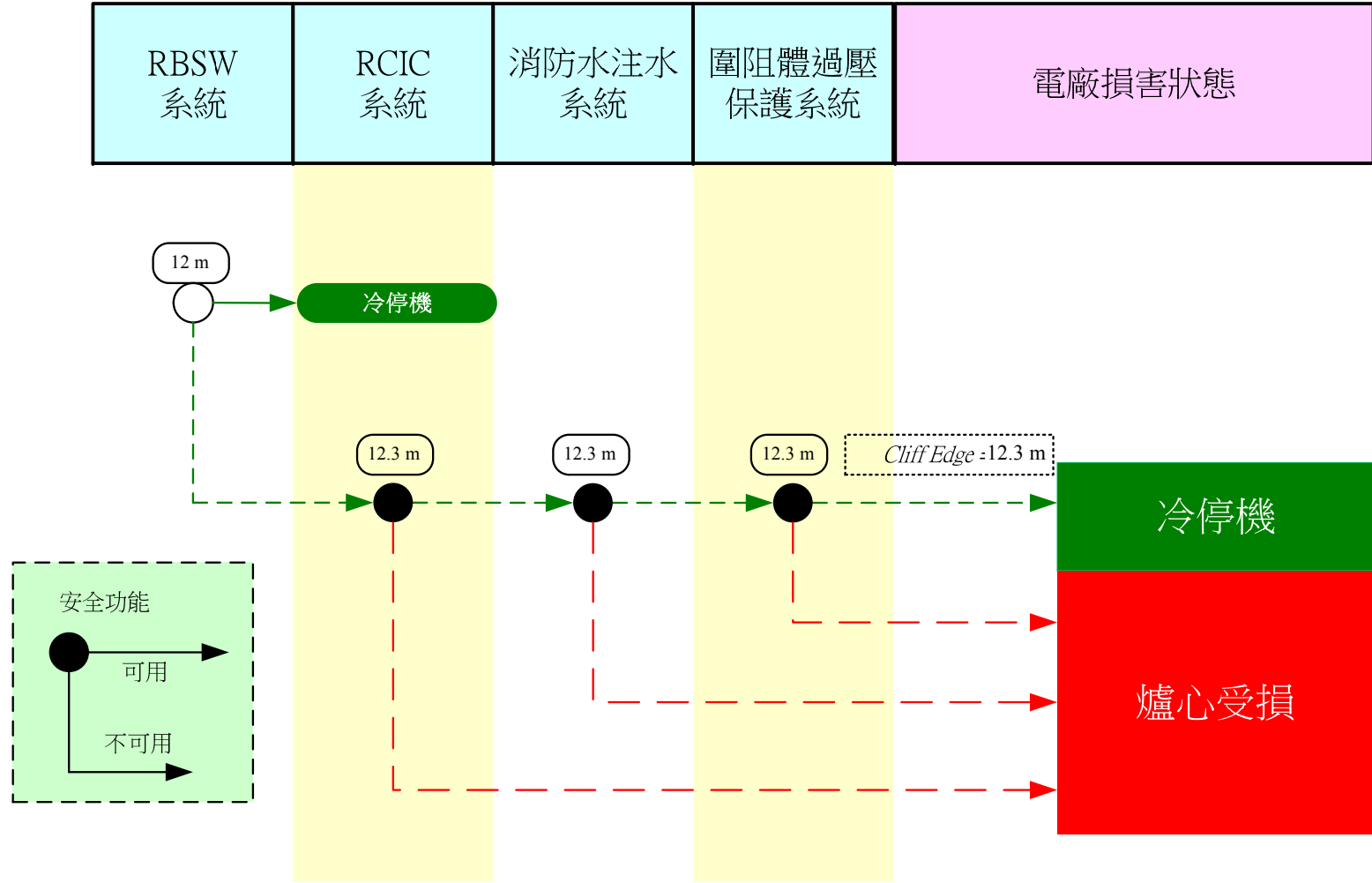
其中安全餘裕及其 Cliff Edge 說明如下：

因爐心停機冷卻成功者僅有一種情況，故其 Cliff Edge 即為本海嘯案例之 Cliff Edge。其安全餘裕須以各標題安全餘裕之最低者為代表，故為 0.3 公尺（12.3 公尺-12 公尺）；其 Cliff Edge 依定義為各標題高度之最低者為代表，即為 12.3 公尺。

總結龍門電廠海嘯案例成功路徑之安全餘裕及 Cliff Edge，建議之改善重點包括：

- (1) 加強 RBSW 系統泵之海嘯防護(如加裝 Physical Barrier)，降低肇始事件頻率。
- (2) 加強反應器廠房底層之防水設施，降低海嘯損害 ECCS 之機率。
- (3) 加強 ACIWA 系統之海嘯防護能力，使得海嘯來襲造成喪失機組最終熱沉後，機組仍可藉由手動操作建立爐心補水功能。

圖 1 、龍門電廠海嘯評估事件樹



4.極端天然災害之威脅

4.1 極端惡劣天候情況(暴風雨、豪大雨)

過去的自然災害隨著氣候循環，常有一定的規律，但近年來卻明顯出現異常，且影響層面加大；雖然人類對大氣變化的掌握已有相當認知，但仍應秉持防範未然的理念，於平時做好萬全準備。

台灣環境資訊中心曾報導 2010 年間颱風季遲至 8 月底才開始，直到 9 月中旬「凡那比」颱風來襲，水淹南台灣，成為該年威脅台灣陸地最嚴重的颱風。該一颱風過後，尾隨在後的首波東北季風讓台灣北部也淪為水鄉。繼 2009 年重創南台灣的莫拉克颱風後，學界開始討論，到底極端的氣候事件是個案還是通案？在此重要的是學者已提出警告，「強降雨」型氣候未來將威脅台灣。

面對極端氣候的衝擊，開始「調適」可能是必要的一條路。龍門電廠終期安全分析報告(FSAR)在極端惡劣天候下，所考量作為設計基準之事件，已將暴風雨納入，且龍門電廠也在「日本福島電廠 311 事件」後，驗證這些防護設備符合設計基準。同時台電總處為因應極端氣候的衝擊，已在 2011 年 9 月以「颱風與豪大雨/土石流」等複合式天災、超出設計基準的壓力測試，進行檢驗各核能電廠的防護能力，嘗試找出弱點與瀕危效應，以強化各核能電廠防護能力。

4.1.1 事件組合及選擇為設計基準的原因

可能侵襲龍門電廠的極端惡劣天候情況，包括颱風、豪大雨及土石流等天然災害，而考量最嚴重之複合式災害事件組合，則為颱風、豪大雨及土石流同時發生之事件。因此龍門電廠，針對颱風、豪大雨、土石流的防範能力，特別予以檢視，故針對此方面，說明龍門電廠之相關設計如下：

1、廠區高程

龍門核能發電廠位於台灣新北市貢寮區，東臨太平洋，福隆海水浴場附近，約在東經 121°55'、北緯 25°03'位置，佔地約 480 公頃。

龍門廠裝置兩部機，容量各為 135 萬瓩，重要廠房包括反應爐廠房（含 6 台緊急柴油發電機）、汽機廠房、控制廠房、輔助燃料廠房（含 1 台氣冷式柴油發電機）、廢料處理廠房、輔助鍋爐廠房、行政大樓、補充水處理廠房、進出管制廠房、開關箱廠房，其設計高程為 12.3 公尺以上，Power Block 之廠房區距海岸約 500 公尺；循環海水泵室、反應器廠房廠用海水泵室、電解加氯廠房，其設計高程為 5.3 公尺以上；開關場，其設計高程為 30 公尺。

1. 廠區排洪能力：

防洪水設計高程：

龍門電廠設計地面高程為 EL.12.0 公尺，遠高於海嘯可能溯上高程 (EL.8.07 公尺) 之上，依現有地質資訊不受海嘯威脅，故無遭海嘯淹蓋之虞。

(1) 排水系統

本廠排水系統分為三個主要部分。

第一部分: 主要廠房區(power block)的排水，降雨在主要廠房區造成的地表逕流，是由主要廠房區內的排水系統(yard drainage system)排出；此系統包含廠房邊溝、收集池、人孔、管路及導線管，用來排除主要廠房區降雨的排水(100 年再現週期最大暴雨)。

第二部分: 靠近 1 號機南側圍籬外、1 號機及 2 號機部份廠界區域，開關場區域的排水及主要廠房區南側、西南側，西側山丘等地區的降雨所造成的地表逕流是經由(模擬訓練中心南側)排水渠道 III 排出。

第三部分: 開關場東側的排水及主要廠區西側山丘區的降雨所造成的地表逕流則由(廠內石碇溪出口)排水渠道 II 排出。

以上三個排水系統最後各自以獨立水道排放到大海。

(2)排洪能力

a: 本廠排水渠道 II 及排水渠道 III 是開放式的人工渠道，兩者的設計排洪能力皆為 81.57 cms 及 137.2 cms ($\text{cms} = \text{m}^3/\text{sec}$)。主要廠房區的排水系統，依 FSAR2.4.2.3.4 節所述，其排洪能力在最大降雨強度的狀況下(依 FSAR2.4.3.1 所述：考慮最大可能降雨量，廠區最大降雨量為每小時 310 mm/hr 計算)，對安全有關的結構不會造成任何損害，因開放式廠房和場地設施高於平均海平面高度 (Mean Sea Level, MSL) 12.3 公尺，廠區最大深度的臨時積水 Probable Maximum Precipitation (PMP) 情況的估計為 12.1 公尺;亦即廠房平面樓高度距排水渠道堤頂尚有 0.2 公尺空間，不致發生溢流現象，故排水渠道 II 及排水渠道 III 在最大可能降雨強度下，仍保有排洪能力餘裕。

b: 檢視本廠 FSAR 所列降雨資料(1961~2006 年)，整理如表 3.1「基隆氣象觀測站每年每小時最大降雨量統計表」，FSAR 所列基隆氣象觀測站每小時最大降雨量，近年雖有稍微升高趨勢，但最近 40 年最大每小時降雨量為 1980 年 9 月 23 日之 107 mm/hr，仍遠低於廠區排洪設計能力 310 mm/hr。

c: 故廠房周圍設有依最大可能降雨(PMP)設計之主排洪渠道，遇有豪大雨可有效宣洩地表逕流，據統計，龍門電廠廠址歷史最大降雨實測值為一天 491 mm (90 年 9 月 16 日納莉颱風)，而設計所採之降雨則均在每小時 700 mm 以上(廠區最大降雨量為每小時 310 mm/hr*2.26)，可提供足夠之排洪能力。

2、廠房內防洪設計：

依據龍門電廠終期安全分析報告 FSAR 3.4，安全相關結構系統及組件之淹水防治設計可分為兩部份，一為外部水源造成廠房淹水、另一為廠房內設備損壞洩水造成廠房淹水。

1.外部水源造成廠房淹水的防治主要由下列特性來防治：

- (1)低於廠區設計防洪水位(除 RBSW 海水泵室為 12.0 公尺外，其餘廠房皆為 12.3 公尺)的外牆厚度大於 0.6 公尺。
- (2)低於廠區設計防洪水位之各廠房結構連接處皆有止水塊(water stops)。
- (3)低於廠區設計防洪水位的穿越孔(門)裝設水密設備。
- (4)位於低於廠區設計防洪水位以下外牆均具防水塗層，且沿穿越孔表面至少延伸 150 mm。
- (5)廠房屋頂利用排水系統與堰牆高度設計避免大量積水。
- (6)低於地表之隧道不穿越外牆。

屬耐震一級設計於低於地表之基礎與外牆的防水功能，基本上利用止水設計來達成。大體而言，提供安全相關系統或組件之結構與穿越孔防水功能之止水塊皆高於地面層樓板 30 公分以上。

本廠防洪設計亦考量可避免廠區內儲水槽破裂引發之水災。廠區內建築出入口皆高於地面 30 公分以上，廠區內儲水槽破裂引發之沖放水皆會被引導洩放出廠區不會對廠內設備造成傷害。

另外行政管理程序書亦提供防洪保護，當洪水警示發出時，所有水密門及水密通道(hatch)皆須關閉(程序書 528.03.01 洪水之處理)。

2.內部水源造成廠房淹水的防治，針對反應器廠房、控制廠房、廢料廠房、進出管制廠房、反應器廠房海水系統泵室、汽機廠房及輔助燃料廠房等廠房分別討論，如下：

反應器廠房：

- (1) 若發生大規模淹水(例如：抑壓池取水管路之斷管)，水密門之隔離即可防止淹水漫延至其他分區。

- (2) 若因 ECCS 管路洩漏(例如：抑壓池取水管路之斷管)，經由集水池警報及洩漏偵測系統之顯示，即可將洩漏之系統隔離，限制水的洩漏量。安全設備基座高度至少 20 公分即可防止設備浸水。
- (3) 手動的消防設備引動及管路/水槽內存水總量的限制也限制了廠內淹水。安全設備基座高度至少 20 公分即可防止設備浸水。

控制廠房：

- (1) 廠房內淹水僅影響一個安全分區，不會影響安全停機功能。
- (2) 通過控制廠房的高能管路只有位於連接反應器廠房與汽機廠房之主蒸汽隧道的主蒸汽管與飼水管。主蒸汽隧道於控制廠房區域無任何開口，混凝土厚度達 1.6 公尺，反應器廠房端已填封，開口位於汽機廠房端。此區域之主蒸汽管或飼水管斷管皆不會造成反應器廠房進水或進汽。

廢料廠房：

- (1) 若發生水災事件，廢料廠房可收集與存放大量洩水，所有洩水槽皆位於地面下之水密區域。Power Block 內之各廠房皆經由位於地面下之廢料通道送至廢料廠房。所有流程穿越孔皆有防水填封，避免廠房內部淹水洩漏至廠房外。

進出管制廠房：

- (1) 進出管制廠房內部之系統不會造成大量淹水之可能。最大的管路為 200 mm 之冷凍水管，若發生洩漏會洩放至底樓之集水池，再由兩個集水泵排出。

汽機廠房：

- (1) 循環海水系統及汽機廠房海水系統可能造成汽機廠房大量淹水。因此，於冷凝水坑(condenser pit)設有水位開關，提供警報及循環海水泵跳脫信號。

- (2) 如因信號故障導致破管洩漏無法被偵測或隔離，將使汽機廠房淹水，但淹水高度不會超過 EL (+)840 mm，因此不會溢流至廠區。
- (3) 汽機廠房安全相關組件皆位於 EL (+)12300 mm 以上，因此汽機廠房淹水不會影響安全相關組件，亦不會衝擊安全停機功能。

反應器廠房海水泵室：

- (1) 反應器廠房海水系統之故障不會造成反應器廠房海水泵室之全面淹水。
- (2) 設計有淹水警報以提示運轉員採行必要措施，因此淹水事故可被侷限在個別反應器廠房海水系統之分區。

輔助燃料廠房：

- (1) 內部系統引發之淹水事件不會波及至其他安全相關廠房且不會衝擊安全停機功能。

反應器廠房海水管路隧道：

- (1) 反應器廠房海水系統可能造成反應器廠房海水管路隧道淹水，但不會造成反應器廠房海水管路隧道之全面淹水事故。
- (2) 設計有淹水警報以提示運轉員採行必要措施，因此淹水事故可被侷限在個別反應器廠房海水管路隧道之分區。

3. 本廠於反應器廠房、控制廠房、反應器廠房海水泵室安裝有水密門 (Watertight Door, WTD) 或半水密門 (Semi-Watertight Door, SWTD)。運抵電廠安裝前皆於工廠完成水壓測試，確保其水密功能完整。本廠水密門及半水密門安裝數量如下：

(1) 水密門

a. #1 / #2 反應器廠房 EL-8200 mm：各 3 扇；

b. #1 / #2 反應器廠房 EL 4800 mm：各 1 扇；

- c. #1 / #2 控制廠房 EL-8200 mm：各 2 扇；
- d. #1 / #2 控制廠房 EL-1850 mm：各 3 扇；
- e. #1 / #2 控制廠房 EL 2900 mm：各 1 扇；
- f. #1 / #2 控制廠房 EL 7600 mm：各 2 扇；
- g. 反應器廠房海水系統泵室 EL 530 mm：共 12 扇。

(2) 半水密門

- a. #1 / #2 反應器廠房 EL-8200 mm：各 15 扇。

4. 本廠各廠房於 EL 12300 mm 以下之穿越孔，因廠房尚未移交，部份為臨時填封。永久填封之確認將陸續完成。

(1) 本廠將於施工處完成各廠房 EL 12300 mm 以下穿越孔填封之施作後執行完整性查證。

(2) 本廠穿越孔防水性之定期檢查,將依程序書 769 確認。

3、廠房外超出防洪設計之因應措施：

龍門電廠之終期安全分析報告 2.4.2.節綜合下列各水文現象考量：雙溪、石碇溪爆發山洪、生水池潰堤(共 4.8 萬噸)、來自於廠區內分水嶺造成最大的可能洪位、考慮廠區最大降雨量為每小時 310 公釐、颱風或海嘯造成的波浪遡上高(海嘯為 8.07 公尺、颱風 8.69 公尺)等，決定廠區高於平均海平面高度 (Mean Sea Level, MSL) 12.0 公尺。此高度即可防止颱風、海嘯或防洪等災難廠區淹水。但若發生超出設計基準之洪水高度(大於 12.0 公尺)，則各廠房地面樓對外門因無水密功能設計，將使廠房淹水。此時除利用各廠房原有之集水池泵抽水外，尚可利用臨時抽水泵排水，以儘速恢復各廠房底樓設備之功能。

依據「核能發電廠海嘯總體檢專案小組」初步評估結果，經最大可能海嘯模擬分析後，主要廠房高程不受海嘯影響，並將提升下列各重要廠

房地面樓對外門之防洪功能：

1. 反應器廠房、控制廠房、柴油發電機燃油儲存槽、輔助燃料廠房、消防泵室及反應器廠房海水泵室之各廠房地面樓對外門處堆防水砂包。
2. 進出管制廠房 EL 12300 mm 進入反應器廠房處堆防水砂包。
3. 廢料通道 EL 12300 mm 進入反應器廠房/控制廠房及輔助燃料廠房處堆防水砂包。

4、廠房內超出防洪設計之因應措施：

1. 正常/停電時廠房/廠區淹水及排水功能/機制/流程/SOP/檢討：

- (1) 廠房內部的防淹水並不需動力設備，廠房內淹水時可由樓層、區域地板洩水孔沿暢通的洩水管路，仍可集水進入集水池。若進水量超過洩水孔排放量，廠房各樓層將會淹水，但依原有設計淹水可匯集至廢料廠房底樓各收集槽，可降低災害嚴重性。
- (2) 反應器廠房 ECCS 泵房間地面洩水流入之集水池，屬該區單獨專用，未與其他區域連通，且設計有防水門，可避免房間內淹水漫延，亦可避免外來淹水入侵，確保 ECCS 之重要設備完整可靠性。
- (3) 備有緊急救援設備：3 台臨時抽水機，3 台移動式柴油發電機，可提供相關受災廠房樓層、區域淹水時後備緊急機動救援。
- (4) 另備有擋水砂包(100 包)以供機動調配各場所防堵進水應變使用。
- (5) 對於廠房外部的防淹水，係在外牆穿越孔施以填封，另廠房的必要開口如各門需維持其功能正常。
- (6) 對於廠房內防淹水，則以廠房各樓層洩水孔及防水門(值班每日巡視)與穿牆穿越孔填封來達成。
- (7) 對於廠房內的排水，則以廠房集水池配合集水池泵與相關管閥發揮功能來達成。

- (8) 廠房內水災處理程序書 528.03.01/528.03.02，詳細規定廠房內淹水處理之因應措施。
- (9) 災害防救要點程序書 186.01 整備項目，備有防災用沉水泵/移動式柴油發電機/擋水砂包等，並於每年 1 次定期檢查。
- (10) 各廠房集水池泵維護程序書 704 之維護週期依本廠 MMCS 預防保養子系統 (PM) 排定之週期執行檢修維護。

2. 廠房內抽水能力：

- (1) 淹水事件發生時將發出淹水警報，正常供電時緊要設備區皆有地板集水池泵，控制室隨時監視集水池水位，若水位發生異常會自動起動集水池泵，且皆設有防水門，將不會影響隔間外之其他地區及設備。
- (2) 對於廠房內防淹水，則以廠房樓層洩水孔配合 ECCS 泵室水密門 (值班定期巡視) 與穿牆穿越孔填封來達成。
- (3) 對於廠房內的排水，則以廠房集水池配合集水池泵與相關管閥來達成。各廠房集水池泵之排水流量如下述：

a. 反應器廠房：

- i. 一次圍阻體：共計 4 台集水池泵，排水流量為每小時 132 m^3 ；
- ii. 二次圍阻體：共計 16 台集水池泵，排水流量為每小時 528 m^3 ；
- iii. 柴油機房：共計 2 台集水池泵，排水流量為每小時 66 m^3 。

b. 控制廠房：共計 14 台集水池泵，排水流量為每小時 324 m^3 。

c. 輔助燃料廠房：共計 6 台集水池泵，排水流量為每小時 198 m^3 。

d. 汽機廠房：共計 26 台集水池泵，排水流量為每小時 780 m^3 。

e. 進出管制廠房：共計 2 台集水池泵，排水流量為每小時 60 m^3 。

f. 廢料廠房：共計 8 台集水池泵，排水流量為每小時 120 m^3 。

故全廠廠房集水池泵之總排水流量為每小時 15832 m^3 (每秒 4.4 m^3)。

各廠房除利用原有之集水池泵抽水外，尚可利用臨時抽水泵排水，以儘速恢復各廠房底樓設備之功能。

5、土石流防抗能力：

本廠廠區位於新北市貢寮區，屬石碇溪及雙溪流域範圍，東鄰太平洋，北側石碇溪以及廠址南方約 2.5 公里之雙溪均向東流入太平洋，上述 2 條溪流未列入行政院農委會水土保持局所訂定之土石流潛勢溪流，故依現地之自然條件，石碇溪及雙溪發生土石流災害機率較低。

本廠廠區東側臨台 2 線道路約 110 公頃土地，屬 EL.9~12 公尺已完成開挖整地之平坦地，西側山坡已進行開挖整地的工區包括：生水池區、開關場西南側土石堆積場、開關廠區、廠內低輻射廢料貯存倉庫區、低輻射廢料貯存倉庫區北側土石堆積場、生水池維護道路、石碇溪上游南岸土石堆積場等，而南側山坡預定進行開挖整地的工區則包括：倉庫區及場區南側海砂堆積，山坡各開挖整地的工區皆依「水土保持技術規範」及「水土保持手冊」規劃設計各項水土保持設施，且經行政院農委會水土保持局審查核定。廠區內貯存較多土石碴料之土石堆積場，其碴料填築採階梯式，每 5 公尺高即設置寬度 2 公尺以上平台藉以穩定邊坡，碴料填築前沿山谷底部埋設 RC 管涵以導排上游集水區逕流水及碴料地表入滲水，場區周界及坡面佈設截排水系統，並於裸露面進行植生綠化，以避免雨水直接沖蝕，降低發生土石流失之機會。

廠區內已沿平坦地臨西側山坡坡腳共設置 4 條主排洪渠道(I~IV 號主渠)及 7 條支渠，設計洪水量採重現期距 100 年之降雨強度計算，II 號主渠(含 II-1~II-3 支渠)及 III 號主渠(含 III-1 支渠)之設計洪水量則採 PMP(最大可能洪水量)，排洪渠道主要為順利導排廠區內及西側山坡遇暴

雨產生之洪水及挾帶之泥砂，以確保核能機組及設備的安全。龍門廠區 480 公頃範圍土地，東側地勢平坦緊臨太平洋，西側及南側山坡坡度平緩，坡高最高約 170 公尺，山坡未開挖整地區域植被茂密，無崩塌的情形，已開挖整地的區域則設置截排水設施、邊坡擋土設施及植生綠化工程；廠區歷經多年的颱風、暴雨及地震，除有局部的坍落現象，並無發生嚴重的土砂災害；因龍門廠區地勢平緩，各山谷野溪上游集水區小且無土石崩塌的情形，山谷野溪坡降緩，溪床無崩積料堆積，兩側坡面植被覆蓋良好無裸露現象，另開挖整地的區域業經水土保持工程之處理與維護，故本廠廠區應無發生土石流災害之虞。

6、順向坡滑動防抗能力：

本廠廠區無發生土石流災害之虞，若發生超出設計基準之災害造成土石流發生，其順向坡坡向為由北向南，亦不會對本廠#1 及#2 機組區域造成影響。另為建立土石流預防監視機制，已增編廠區附近土石流監視、預警、防災、減災程序書。

7、外露設備對強風的承受能力：

1.廠房結構：

依據 FSAR 第 3.3.2 節耐震 1 級廠房(反應器廠房.控制廠房.開關箱廠房.輔助燃料廠房.廠房共同通風塔)可抗拒設計風速距地表面 9 公尺高度處為 121 mph (54 m/sec)，瞬時最大風速為 157 mph (70 m/sec);其他非耐震 1 級廠房(汽機廠房.廢料廠房.水廠.消防泵室.開關場) 可抗拒設計風速距地表面 9 公尺高度處為 121 mph (54 m/sec)。GE31113-OA23 -1000 第 3.13.2 節設計,規範龍門電廠之結構.系統.組件應如表 4-4 電廠廠址設計參數,能抵抗自然現象之衝擊,以執行應有的安全功能;各廠房結構物之設計風速(design wind speed)距地表面 9 公尺高度處為 121 mph (54 m/sec)，瞬時最大風速為 157 mph (70 m/sec)。(附註：依我國中央氣象局颱風強度分類，強烈颱風為蒲福風級 16 級以上，風速大於 51 m/sec 者。)

由於結構物與地表有高度差，因此結構物高點與地表構成氣壓差，而風壓力與風速的平方成正比，風速則隨氣壓梯度的增加而增大，故當氣壓急遽變化時，結構物高點風速急升，風壓力將大幅增大。龍門電廠設計風速及設計風壓力如表 4-5 所示：

龍門電廠廠址設計參數，如下述：

- (1)最大地上積水:1 號機在地面樓 2 公尺以下; 2 號機在地面樓。
- (2)正常/設計風速:在地面樓以上 9 公尺為 54 公尺/秒(16 級)，
瞬時最大風速:在地面樓以上 9 公尺為 70 公尺/秒(17 級)。
- (3)最大洪水水位:在地面樓以上 30 公分。
- (4)最大海嘯浪高:7.5 公尺，最大颱風浪高:8.69 公尺。
- (5)屋頂設計:最大降雨率 11.4 公分/時，可能最大降雨量 31 公分。
- (6)地震:OBE = 0.2 g，SSE = 0.4 g。
- (7)電廠標高:12.3 公尺。

表 4-5 龍門電廠建物風速風壓設計基準

	正常		瞬時最大	
高度(公尺)	9	60	9	60
風速;V(公尺/秒)	54(16級)		70(17級)	
I=	1.0			
Kd=	0.85			
Kz=	1.16	1.61	1.16	1.61
Kzt=	1.13			
風壓qz(kg/m ²) =	203.23	282.06	341.50	473.97

Note:

1. 依 ASCE7-02, Section 6.0 WIND LOADS

2. $q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I$ (N/ m²)

Where I= Importance Factor, K_d = Wind Direction Factor

K_z = Velocity Pressure Exposure Coefficient

K_{zt} = Topographic Factor

2. 開關場結構：

台電公司輸電線路鐵構早期設計之基準風速，為台灣東部 50 m/sec 即 15 級風；台灣西部 40 m/sec 即 12 級風，且仍具 0.3 倍餘裕可抗 52 m/sec 陣風即 16 級風。

惟 1977 年 7 月 25 日台灣遭受賽洛瑪颱風侵襲，登陸南台灣造成嚴重破壞及災害，位於高雄的大林火力發電廠附近的高雄港變電所為當時台灣南部唯一的超高壓變電所，因為超高壓鐵塔及特高壓線鐵塔被吹斷數十座，供電系統嚴重毀損，南電無法北送，造成台灣許多地區停電，當年報告曾形容此颱風造成二戰以來臺灣最大的破壞事件，賽洛瑪颱風後，台電公司即檢討並進行提升線路鐵構耐風能力改善。

依供電處提供架空輸電線路設計準則所敘及本廠輸配電係屬西部重要線路，能承受風力如表 4-6 所敘，基準風速 44.9 m/sec 即 14 級風，陣風可達 61.9 m/sec 即 17 級風以上，但縱使喪失外電，本廠仍有柴油發電機、氣渦輪機、7TH 柴油發電機能提供機組安全停機所需電力。

表 4-6、支持物及電線基準速度壓標準表

荷重條件		基準速度壓 q_0 (kg/m^2)	對應風速(m/sec)		
			基準風速 (10 分鐘 平均)	陣風率	陣風
平常時(全島一致)		20			17.5
颱風時	西部一般路線	200	39.8	1.45	57.7
	西部重要路線	230	44.9	1.38	61.9
	東部一般路線	260	50.6	1.3	65.8
	東部重要路線	300	54.4	1.3	70.7
作業時(全島一致)		20			17.5

另依據核能電廠開關場設計準則(民國 76 年初版)，CLASS A 之設備、結構等，其必須承受風力的部份設計風速為 70 m/sec，而耐風強度風速應達 100 m/sec，本廠後期裝設設備如 GCB、GCS，即係遵循此一設計準則。

3. 廠房共同通風塔設計風速(design wind speed)：其位於 EL.60 公尺高度處，設計風壓力如下表所示：

高度 (公尺)	設計/最大風速 (公尺/秒)	設計/最大風壓 (公斤/平方公尺)
60	54/70	282.06/473.97

(附註：依我國中央氣象局颱風強度分類，強烈颱風為蒲福風級 16 級以上，風速大於 51 公尺/秒。)

綜觀上述確認本廠實具備足夠防禦能力因應惡劣天候來襲，但恐極端氣候變化更趨劇烈且複合式來襲，所以假設「暴風、豪大雨、土石流」等組成複合式天災、且超出前述設計基準的壓力測試，也假設部份情境係在背離本廠認知下，以檢驗本廠防護能力，詳如附件 4-1「颱風+豪大

雨/土石流廠內壓力測試」評估。

4.1.2 極端自然威脅的弱點與瀕危效應

經由附件 4-1「颱風+豪大雨/土石流廠內壓力測試」評估，推演本廠極端情況之弱點與瀕危效應，及相對補強措施如下：

A. 本廠高程 12.3 公尺距海岸距約 500 公尺，基地西南兩側屬坡度平坦之山坡地，坡高最高約 170 公尺。山坡未開挖區域植被茂密，無崩塌的情形，已開挖區域則設置排水設施、邊坡擋土設施及植生綠化工程；廠區之順向坡坡向為由北向南，即使發生土石流，也不會對廠區造成災害。在假設豪大雨的情境下，應可沿排洪 II 及 III 渠道即時排放至海邊，廠區不致淹水，且應不會出現土石流；惟如果超出預期而發生土石流，致洪水改道淹進廠區 Power Block 區域，機組將會落入危險情境。

B. 本廠排洪能力係假設最大可能降雨量 310 mm/hr 的暴雨降於廠區；現為因應極端自然威脅，若再假設於無土石流，但發生超出設計基準暴雨侵襲下，導致排洪渠道無法排洩因超過設計基準之暴雨所產生漫地流，而淹進廠區 Power Block 區域，可能導致機組受到危害。

註：A.及 B.的假設情境均已超出本廠設計基準，係為配合壓力測試進行，以尋找本廠的弱點與瀕危效應。

1、極端自然威脅的弱點

針對上述 A.及 B.假設情境之補強措施，本廠因應天然災害中颱風、豪大雨及土石流所需執行之相關程序書，已檢討建立強化措施如下：

(1)程序書 187 颱風期間作業：

a.當颱風暴風圈(七級風以上)到達本廠「警戒區」18 小時距離時，本廠進入「颱風注意期間」主控制室填報「颱風通報」送廠長室與工安組。

b.各部門辦理防颱檢查工作包含關閉廠房門窗。

- c.當颱風暴風圈(七級風以上)到達本廠警戒區 10 小時距離時，本廠進入「颱風戒備期間」,成立防颱緊急應變小組, 廠長請總管理處成立防颱緊急應變小組。

(2)程序書 187.01 防汛作業：

- a.中度以上颱風及豪大雨來襲，當廠內防颱緊急應變小組成立之後，各組執行下列工作：
- i.工安組至廠區排洪渠道記錄排放水之高度，及發電廠房區內水溝及道路是否水流阻塞。工安組請各廠房負責組派人將沙包運至各廠房指定之地點。
 - ii.運轉值班部門將各廠房內水密門關閉。
 - iii.廢料處理組將移動式柴油發電機、沉水泵交由各廠房負責人員測試使用。
- b.豪大雨，排洪渠道水位急速升高，保護區水溝宣洩不及造成積水之應變：
- i.開始行動依據標準：
 - (i)中度以上颱風或豪大雨期間，雨量超出每小時 150 毫米（龍門廠設計之 100 年最大雨量為每小時 203 毫米），或
 - (ii)排洪渠道水位已超出 80%，或
 - (iii)保護區道路積水約 10 公分。
 - ii.防颱小組總指揮指示工安組通知各廠房負責組將各廠房進出口堆積沙包。工安組清理保護區內道路及水溝積水及雜物。
- c.「廠房開始進水，雨水由樓梯間及地面洩水孔往下宣洩到底樓及底樓之集水坑去」及底樓或次底樓已淹水之應變：
- i.開始行動依據標準：

(i)雨量超出 100 年最大雨量為每小時 203 毫米或

(ii)保護區內道路積水超出 30 公分且越過各廠房門口沙包高度。

ii.各廠房負責組派人堆沙包。

iii.各廠房負責組清理進入廠房之雨水。

iv.未停電時，機組值班主任應保持各廠房集水坑抽水之可用性。

停電時，電氣組利用 480V 臨時柴油發電機供電到反應器廠房集水坑 4D&4E 馬達之前，繼續按下一步驟處理。淹水又停電時參考 AOP 528.03.03。

v.各廠房負責組在樓梯底樓圍堵雨水及利用沉水泵抽到廠房外去。

(3)程序書 528.02.01 颱風警報期間機組之運轉：(如附件 4-2)

a.陸上颱風警報發佈後(即預測 18 小時內颱風的暴風範圍可能侵台襲台灣及金門、馬祖陸上時),電氣值班主任立即以颱風通報陳送值班經理、正副主管及工安組,依 528.02.02 程序書執行颱風各項檢查，若成立防颱中心，則以電話通報總公司。

i.值班經理派人，將所有廠房之進出隔離門關閉，通知循環水海水泵室值班員，起動迴轉攔污柵，以防雜物造成泵跳脫。通知修配組清理進水口雜物。

ii.當氣象局發佈「陸上颱風警報」後，若警戒區域涵蓋本廠時，電廠應在 8 小時內確認緊急柴油發電機之可用運轉。

iii.當預估電廠進入 7 級風(13.9 米/秒)暴風半徑之前 1 小時起，停止 RPS、LDI 與 SSLC 等功能測試，以防急停或系統隔離。

b.當電廠實測之 10 分鐘或 15 分鐘平均風速已達 10 級風，或平均風速達 24.5 米/秒 (即廠區已進入 10 級風暴風半徑)。

i.當為輕/中度颱風時，依下列步驟：

(i)廠內核能機組應於警戒運轉。

(ii)任一機組若有下列任一狀況發生時，則在 4 小時內該機組解聯熱待機：

(a)喪失任一台或二台緊急柴油發電機(即一台或二台不可用)，
或

(b)345 kV 廠外電源迴路，剩兩條或兩條以下可用，或

(c)喪失 161 kV 廠外電源。

ii.當為強烈颱風時，依下列步驟：

(i)3 小時內降至 RPS 之汽機跳脫旁通設定點($CTP < 40\%$)以下。

(ii)機組若有下列狀況發生時，則在 4 小時內解聯熱待機，並依運轉規範時限在隨後之 24 小時內達冷爐停機：

(a)喪失任一台或二台緊急柴油發電機，或

(b)345 kV 廠外電源迴路，剩兩條或兩條以下可用，或

(c)喪失 161 kV 廠外電源。

c.當電廠實測之 10 分鐘或 15 分鐘平均風速已達 12 級風，或平均風速達 32.7 米/秒(即廠區已進入 12 級風暴風半徑)。

i.當為輕/中度颱風，依下列步驟：

(i)3 小時內降至 RPS 之汽機跳脫旁通設定點($CTP < 40\%$)以下。

(ii)機組若有下列任一狀況時，則在 4 小時內該機組解聯熱待機，並依運轉規範時限在隨後之 24 小時內達冷爐停機：

(a)喪失任一台或二台緊急柴油發電機，或

(b)345 kV 廠外電源迴路，剩兩條或兩條以下可用，或

(c)喪失 161 kV 廠外電源。

ii.當為強烈颱風，依下列步驟：

(i)在 3 小時內降載至反應爐熱功率 30% 左右運轉。

(ii)任一機組若有下列任一狀況發生時，立即冷爐停機。

(a)喪失任一台或二台緊急柴油發電機，或

(b)345 kV 廠外電源迴路，剩兩條或兩條以下可用，或

(c)喪失 161 kV 廠外電源。

d.當電廠實測之 10 分鐘或 15 分鐘平均風速已達 15 級風，或平均風速達 46.2 米/秒(即廠區已進入 15 級風暴風半徑)。

i.當為輕/中度颱風，3 小時內降載至反應爐熱功率 30 %。

ii.當為強烈颱風，在 4 小時內解聯熱待機。

e.「任一機組若有下列任一狀況發生」及「輕/中度/強烈颱風」時，則立即執行冷爐停機行動，儘速達冷爐停機：

i.喪失二個廠外電源，或

ii.喪失二台緊急柴油發電機和一個廠外電源，或

iii.喪失三台緊急柴油發電機

iv.當電廠實測之 10 分鐘或 15 分鐘平均風速已達 16 級風，或 51.0 米/秒時 (即廠區已進入 16 級風暴風半徑)。

核能機組即應於 4 小時內依程序書 203.01 或 203.02 將反應爐降至熱待機。

(4)程序書 528.03.01 洪水之處理:

a.檢查各廠房淹水跡象，監視集水池水位及集水池泵運轉情況。

b.當洪水警示發出時，各廠房所有水密門及水密通道(hatch)皆須被關

閉，防護門前堆砂包。

c.如果預測幾小時內洪水將沖入廠區建築內，依下列作緊急應變：

i.依程序書 203.01「機組手動停機」：將反應器停機，並進行冷爐。

ii.依程序書 187「颱風期間作業程序」，研判實際情況成立緊急應變小組。並執行值班人員預召及留置備勤作業。停掉不需要的電氣設備。反應器廠房安全匯流排或控制廠房安全電源可能淹水且損壞時，執行反應器急停(依程序書 501.04「緊急停機」)，並依 SOP-411 蒸氣旁通和壓力控制系統程序書：利用 TBV 進行 RPV 洩壓至 3.15 MPaG，維持機組在冷爐狀態直到洪水離去為止。設備恢復運轉前檢查其淹水情形，如有淹水依程序書 528.03.02「淹水之處理」執行。

(5)程序書 528.03.02 淹水之處理：

a.六台循環海水泵跳脫時，依程序書 501.04「緊急停機」操作。

b.任一區反應器廠房海水泵跳脫時，依程序書 501.04「緊急停機」。

c.通知值班人員到現場隔離洩漏，確定水位及集水池泵運轉正常。

d.增加臨時排水泵，提高排水功能。

e.如影響電廠運轉安全時，將反應器停機，並置於冷停機，直到淹水事件消除或已在控制下。

f.通知保養人員清理淹水現場。

(6)程序書 528.03.03 停電暨廠房進水時緊急排水作業：

a.重大天然災害發生(例如地震、颱風、海嘯、超大豪雨等)期間發生機組停電時，值班經理立即電話通報各級主管。

b.遇到地震造成機組跳機或停電狀況，控制室人員在控制機組狀況時要注意有無管路漏水，派員查看各廠房集水池泵是否正常運轉。

c.遇到颱風或超大豪雨造成廠房進水時，

i.由值班經理通知防颱小組，並由總指揮指示工安組通知相關組，在各廠房進出門口堆沙包及清理積水。

ii.機組值班主任派員查核確保各廠房所有水密門已確實關閉。

(i)若先淹水後停電，則保持反應器廠房底樓走廊之地面洩水集水池泵之可用性，將走廊積水抽往廢料廠房。其他 ECCS 房間內之地面洩水集水池泵及設備洩水集水池泵及大量洩水集水池泵也保持其電源可用性。

(ii)若先停電後淹水，則反應器廠房底樓走廊之地面洩水集水池泵馬達可由安全匯流排或 480V AC 臨時柴油發電機供電，將走廊積水抽往廢料廠房理。

(iii)若無法提供反應器廠房底樓走廊之地面洩水集水池馬達之電力，利用移動式柴油發電機/沉水泵及相關電纜、排水管將積水送至廠房外。

其他相關配合程序書如下：

(7)程序書 192 危機管理及應變作業危機管理及應變作業：

本廠發生各類危機案件時，除由權責部門依程序書處理、通報外，得由「危機管理小組」從旁協助、提醒、分析、研擬對策與善後措施，俾能完全掌控事件發展，避免導致不必要之困擾及危機；其包含程序書：異常事件立即通報作業(程序書 174)、各類災害及緊急事件通報作業(程序書 176)、緊急事故應變計畫(程序書 1400)。

(8)程序書 508.01 一次圍阻體內破管

(9)程序書 317.01 核島區放射性廢液集水坑

(10)程序書 317.02 汽機廠房放射性廢液集水坑

- (11)程序書 317.03 廢料廠房放射性廢液集水坑
- (12)程序書 356.01 雜項非放射性洩水系統(核島區)
- (13)程序書 356.02 雜項非放射性洩水系統(非核島區)
- (14)程序書 356.03 雜項非放射性洩水系統(廢料廠房)
- (15)程序書 913 放射性廢氣廢水外釋管制作業

2、瀕危效應：

- (1)依龍門核能電廠 FSAR 2.4.2 節所述，綜合下列各水文現象考量：雙溪、石碇溪爆發山洪、生水池潰堤(共 4.8 萬噸)、來自於廠區內分水嶺造成最大的可能洪位、考慮廠區最大降雨量為每小時 310 公釐、颱風或海嘯造成的波浪遡上高(海嘯為 8.07 公尺、颱風 8.69 公尺)等，決定廠區高程 12.0 公尺,高於平均海平面高度 12.0 公尺。此高度即可防止颱風、海嘯或防洪等災難廠區淹水。但若發生超出設計基準之洪水高度(大於 12.3 公尺)，則各廠房地面樓對外門因無水密功能設計，將使廠房淹水。此時除利用各廠房原有之集水池泵抽水外，尚可利用臨時抽水泵排水，以儘速恢復各廠房底樓設備之功能。反應器廠房-8200 mm ECCS 房間之集水池，均屬該區單獨專用，未與其他區域連通，避免外來淹水入侵，可確保 ECCS 重要設備之可靠性。故，設計之初已經考量暴雨排水系統及海嘯影響，無水災易淹沒之廠房。惟若因外部天然災害，水量超過設計基準，造成廠房淹水，反應器廠房高程 4800 mm 以下樓層為水災弱點。
- (2)主要的水災弱點、瀕危效應是反應器廠房最底樓-8200 mm 的淹水，因該樓層有安全相關高壓爐心灌水系統(HPCF)、低壓爐心注水系統(LPFL)、爐心隔離冷卻系統(RCIC)等之緊急爐心冷卻系統，如全部淹水將造成所有高、低壓緊急注水系統(含電動水泵及蒸汽驅動水泵)不可用，會完全喪失緊急安全系統對反應爐補水之功能，將僅剩下獨立消防水補水（ACIWA）或生水池重力補水入反應爐。
- (3)ACIWA 為非安全有關係統，連接消防水系統及圍阻體噴灑管路，可後

備提供反應爐及圍阻體之冷卻水源，此柴油消防泵或消防車在背壓小於 1.1MPaG 下，可注水至反應爐，惟利用本系統注水前，需開啟安全釋壓閥進行反應爐降壓，在反應爐降壓過程中，可能造成反應爐水位低於有效燃料頂部(TAF)之暫態，然依本公司核安處之模擬分析，不致有銹水反應狀況發生。

(4)其次是反應器廠房 4800 mm 淹水，因有安全相關電氣開關箱，包括 4.16 kV 緊要匯流排 A4、B4 及 C4，如全部淹水將造成 3 區域安全相關交流電氣設備不可用，造成廠區全黑及喪失最終熱沉，將僅剩 DC 蓄電池系統，而 DC 蓄電池系統容量設計上僅足以支撐 8 小時。

(5)此外，若反應器廠房海水泵室進水口被大量雜物堵塞，造成細網受雜物阻塞而影響泵浦取水，將使機組喪失最終熱沉。

4.1.3 強化防護能力的措施

1、因應極端惡劣天候之應變與處置：

(1)中央氣象局發佈海上陸上颱風警報，可能危害本廠時，進入 187 程序書「颱風期間作業」。

(2)當中央氣象局預測颱風的暴風範圍可能侵襲台灣及金門、馬祖陸上，發佈「海上陸上颱風警報」，且「颱風警報之警戒區域涵蓋本廠」，進入 528.02.01 程序書「颱風警報期間機組之運轉」。

(3)中度以上颱風及豪大雨來襲，當廠內防颱小組成立後，依程序書 187.01 **防汛作業**，各組執行下列工作：

i.工安組派人至廠區排洪渠道記錄排放水之高度，以及發電廠房區內水溝及道路是否發生水流阻塞狀況，隨時向防颱應變小組總指揮報告。工安組請各廠房負責組派人將沙包運至各廠房指定之地點。

ii.運轉值班部門將各廠房內水密門關閉。

iii.廢料處理組將可移動式柴油發電機、沉水泵交由各廠房負責部門人

員負責進行測試使用。

- (4)廠房或廠區淹水時，進入 528.03.01 程序書「洪水處理」,或 528.03.02 程序書「淹水之處理」,或 528.03.03 程序書「停電及廠房進水時之緊急排水作業」。
- (5)超出電廠設計基準的情況發生時，機組喪失廠內外交流電源或反應爐補水需求，必須採取決斷行動做好廢棄反應爐之準備，則進入 1451 程序書「機組斷然處置程序指引」。

2、補強措施：

- (1)因應海嘯改善案,於 RB、CB、DG 燃油槽、AFB、消防泵室、RBSW 泵室、ACB EL 12300 mm 進入 RB 處、廢料通道 EL 12300 mm 進入 RB/CB 及 AFB 處堆防水砂包。
- (2)廠區內所有排水渠道,在每年颱風季節前或 5 月底前,相關組依程序書 187「颱風期間作業」巡視廠區及石碇溪排水渠道是否暢通;每 18 個月,工安組依程序書 769:目視檢查廠區電纜穿越區及通風管道之防火填塞密封性。
- (3)依據 1451 程序書:斷然處置指引，i.利用原增設兩台氣渦輪發電機及兩台全黑起動柴油發電機,ii.原購置 2 台 4.16 kV 1500 kW 柴油發電機,iii.兩部機 EDG 互相支援,iv.原購置 3 台 480 V 100 kW 及 2 台 480 V 200 kW 移動式柴油發電機,提供 125 V 充電機、CVCF 電源、SLC、FCS、SGT 之電源,v.原購置 2 組 125 V 電池組及 5 台整流器,提供 SRV 臨時 125 V 操作電源,vi.原購置 8 台柴油沉水泵及 32 台電動抽水泵。上述購置之柴油發電機、電池組及充電器，平時皆儲備在廠區位於 43.3 公尺高地的低放射廢料倉庫場。豪大雨時，積水往下流至廠區 12.1 公尺排洪渠道，故不會淹水及損壞設備。

參考文獻

a. 官方文件

N/A

b. 業界組織文件

N/A

c. 台電內部文件

1. 「龍門電廠終期安全分析報告」(台灣電力公司)
2. 奇異公司 GE31113-OA23-1000 設計規範:龍門電廠之結構
3. 架空輸電線路設計準則(台灣電力公司)
4. 核能電廠開關場設計準則(台灣電力公司)
5. 程序書 174:異常事件立即通報作業
6. 程序書 176:各類災害及緊急事件通報作業
7. 程序書 187:颱風期間作業
8. 程序書 187.01:防汛作業
9. 程序書 192:危機管理及應變作業危機管理及應變作業
10. 程序書 317.01:核島區放射性廢液集水坑
11. 程序書 317.02:汽機廠房放射性廢液集水坑
12. 程序書 317.03:廢料廠房放射性廢液集水坑
13. 程序書 356.01:雜項非放射性洩水系統(核島區)
14. 程序書 356.02:雜項非放射性洩水系統(非核島區)
15. 程序書 356.03:雜項非放射性洩水系統(廢料廠房)

- 16.程序書 508.01:一次圍阻體內破管
- 17.程序書 528.02.01:颱風警報期間機組之運轉
- 18.程序書 528.03.01:洪水之處理
- 19.程序書 528.03.02:淹水之處理
- 20.程序書 528.03.03:停電暨廠房進水時緊急排水作業
- 21.程序書 709:水密門及半水密門維護
- 22.程序書 769:電纜穿越器防火屏蔽檢查
- 23.程序書 913:放射性廢氣廢水外釋管制作業
- 24.程序書 1400:緊急事故應變計畫

附件 4-1 「颱風+豪大雨/土石流」廠內壓力測試

一、「颱風+豪大雨/土石流」廠內壓力測試說明

(1) 目的：測試本廠因應未來氣候變遷的極端氣候複合式災害應變能力，同時找出深度防禦的安全餘裕，及測試電廠重要安全防線在假設情境下的耐壓崩潰點(Cliff-edge effect)

(2) 演練假設起始情境：

- 1.強烈颱風侵襲核能電廠，預測帶入豪大雨。
- 2.防颱緊急應變小組成立，消防班6員與防颱人員待命中。
- 3.值班預召/留置一班人力，於廠內待命。
- 4.二部機滿載運轉

接續：

- 5.颱風帶入強風及超豪大雨，造成廠外電源與緊急後備電源先後喪失，廠區因排洪道的土石流阻塞致洪水流竄，致主要廠區地表及主要廠房底層淹水安全系統喪失注水功能，及反應器廠房海水泵室淹水喪失熱沈。

註:上述情境係為執行壓力測試所作假設，實背離本廠認知如下

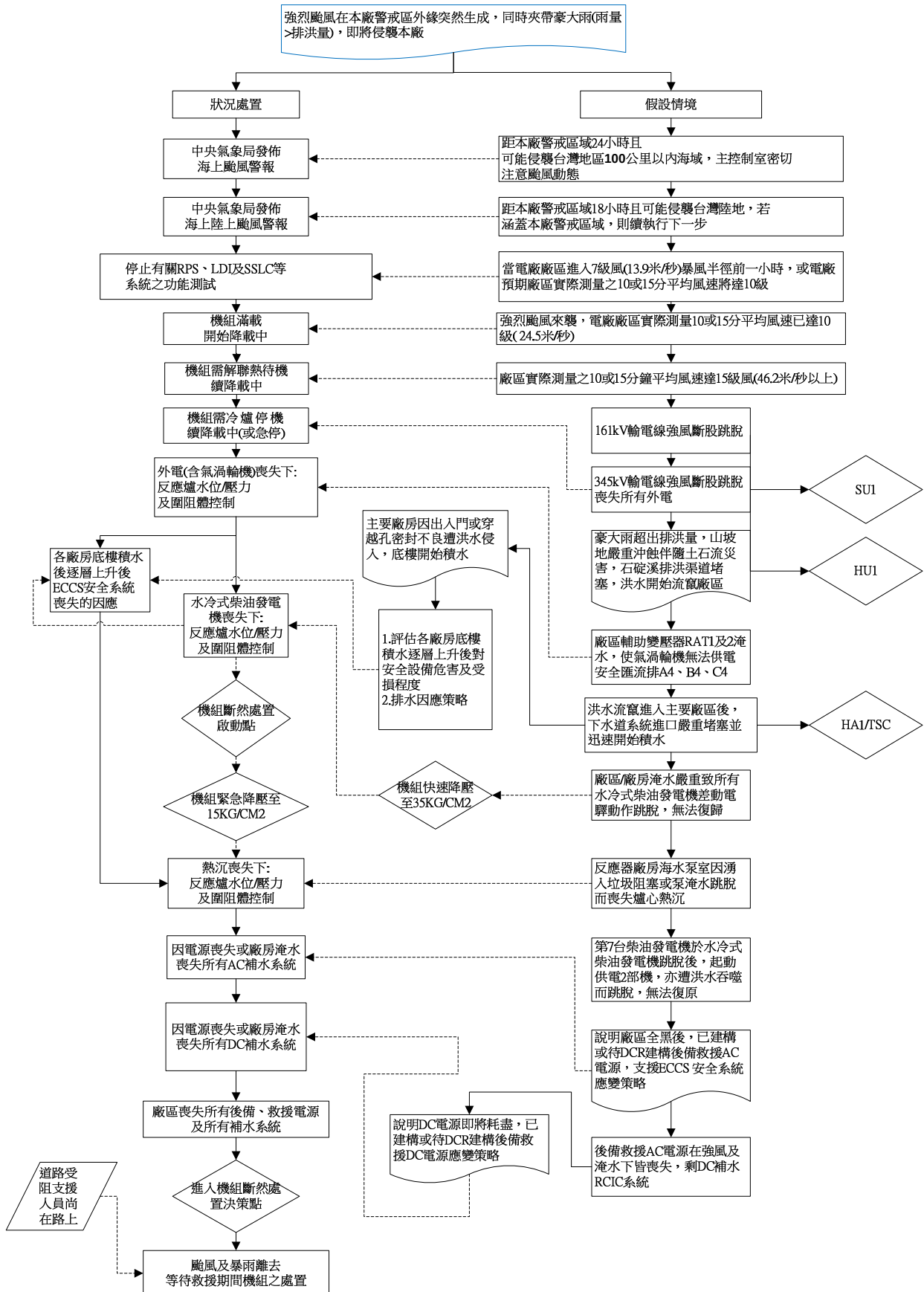
1. 在此假設中央氣象局預報資料與實際風力/雨量不符，致電廠錯失研判使機組落入危險情境，但以目前中央氣象局所預報的準確性足夠讓電廠有充分時間，先將機組帶至安全狀態。
2. 迄至目前，強烈颱風與超大豪雨尚未有同時來襲紀錄，而假設雨量卻以大於 10000 年重現期距之暴雨推算，致造成主要廠區淹水
3. 依農委會水土保持局所發佈資訊及本廠勘查，在本廠廠區不致發生土石流使廠區淹水，但在此假設排洪渠道因發生土石流堵塞而

使洪水在漫淹廠區後，沖向主廠房廠區且下水道系統分佈廠區各處進口處皆遭土石流堵塞造成淹水。

4. 本廠每次大修後執执行程序書 769(電纜穿越器防火屏蔽檢查)確保穿越孔.風管之填封(Seal)完整，在此也假設此道防禦被突破造成廠房內底樓淹水。
5. 反應器廠房海水泵室高程 5.3 公尺且與大海相鄰，而反應器廠房海水泵高程 12 公尺且有水密門保護，海嘯浪高 8.7 公尺不致造成淹水,使反應器廠房海水泵內設備受損。

- 壓力測試時序(如圖一)
- 壓力測試流程(如圖二)

二、圖一「颱風+豪大雨/土石流」廠內壓力測試時序



三、圖二「颱風+豪大雨/土石流」廠內壓力測試流程 第 1 頁

情境：

- 1.強烈颱風侵襲核能電廠，預測帶入豪大雨。
- 2.防颱緊急應變小組成立，消防班6員與防颱人員待命中。
- 3.值班預召/留置一班人力，於廠內待命。
- 4.二部機滿載運轉

接續：

5.颱風帶入強風及超豪大雨，造成廠外與廠內電源喪失，廠區因排洪渠道的土石流阻塞致洪水流竄，造成主要廠區地表及主要廠房底層淹水，安全系統喪失注水功能及反應器廠房海水泵淹水喪失熱沈。

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
中央氣象局 發佈「海上 陸上颱風警 報」，警報 之警戒區域 若涵蓋電廠 警戒區域， 且7級風暴 風圈邊緣距 離電廠警戒 區域18小時 之距離，進 入「颱風注 意期間」	開關場/輸 配電陣風 設計57.7m/ sec 即17級風 主要廠房 設計60 m/ sec即 17級風	電源 1.345kV四迴路,2.161kV二 迴路,3.水冷式柴油發電機 (A/B/C),4.氣冷式柴油發電 機(7th),5.兩部氣渦輪機 (RAP中,預計一號機商轉或 103.3.15前完成),6.兩部氣渦 輪機全黑起動柴油發電機 (RAP中,預計一號機商轉或 103.3.15前完成),7.兩部機之 水冷式柴油發電機(A/B/C) 互相支援,8.增1台保安柴油 發電機(預計101.7.31完成) 9.480V移動式柴油發電機 (供電安全與非安全CVCF 及充電機),10.DC替代 注水系統 1.CP/FW, 2.CRD, 3.RCIC, 4.HPCF, 5.LPFL,6.SLC自礮 液槽/測試槽取水,7.CSTF經 RHR/HPCF/RCIC 充水管路, 8.消防水經柴油消防泵/消 防車(取用消防水、溪水、 海水)或生水池重力經RHR C注入反應爐,9.移動式柴油 發電機供電SLC泵及CSTF 泵注水至反應爐	進入「颱風注意期間」： 1.依程序書528.02.01監視颱風動向。 研判颱風有可能吹襲電廠時，依程 序書187颱風期間作業：關閉各廠 房門窗，並檢查廠區排水渠道暢通。 2.試驗全部通信系統及測試「天然 災害通報系統」正常。 3.8小時內確認DIV I.DIV II 及DIVIII 緊急柴油發電機運轉之可用性。 4.各部門依程序書187「防颱檢查 表」實施檢查與缺失之改善 熱沈 1.利用氣冷式柴油發電機，或兩部機水冷式柴油 發電機互相支援，或移動式柴油發電機柴油發電 機，供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/ SRV/CVCF，以注水入爐心，並建立長期冷卻。 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心， 並可降低反應爐壓力。 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池 電源與操作開關，執行SRV操作，以建立反應爐洩 壓及圍阻體逸氣之能力。	當值/8小 時(第1~3 項) 各部門/ 七級風到 達本廠 「警戒區 域」10 小時前 (第4項)
「海上陸上颱風警報」，警報之警戒區域若涵蓋電廠警戒區域，且7級風暴風圈邊緣距離電廠警戒區域10小時之距離，電廠進入「颱風戒備期間」	開關場/輸 配電陣風 設計 57.7m/sec 即17級風 主要廠房 設計60 m/ sec即 17級風	同前	進入「颱風戒備期間」： 防颱緊急應變小組成立時： • 若本廠所在遭逢強風、豪雨發生，則由廠長（或其代理人）依實際狀況主動向核發處報備自行戒備或指示召開防颱會議成立防颱中心應變。 • 颱風值勤經理，向值班經理連繫防颱緊急應變小組已正式成立，值班經理應適時與颱風輪值經理保持連絡。 • 值班經理應指派專人將IBM天然災害通報系統（NDS）開啟並申告確認上線。 • 如本廠遭受颱風侵襲，電力發電狀況有異常或發生災害時，應使用天然災害或生產事故緊急事件速報程序通報。	當值/4小 時

龍門電廠颱風與豪大雨/土石流壓力測試流程 第 2 頁

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
當電廠廠區進入7級風(13.9米/秒)暴風半徑前一小時，或電廠廠區預期將會進入颱風7級風暴風半徑內且電廠廠區實際測量之10或15分平均風速已達10級風。	開關場/輸配電陣風設計 57.7m/sec 即17級風 主要廠房設計60 m/sec即 17級風	電源 1.345kV四迴路,2.161kV二迴路,3.水冷式柴油發電機(A/B/C),4.氣冷式柴油發電機(7th),5.兩部氣渦輪機(RAP中,預計一號機商轉或103.3.15前完成),6.兩部氣渦輪機全黑起動柴油發電機(RAP中,預計一號機商轉或103.3.15前完成),7.兩部機之水冷式柴油發電機(A/B/C)互相支援,8.增1台保安柴油發電機(預計101.7.31完成)9.480V移動式柴油發電機(供電安全與非安全CVCF及充電機),10.DC替代 注水系統 1.CP/FW, 2.CRD, 3.RCIC, 4.HPCF, 5.LPFL,6.SLC自硼液槽/測試槽取水,7.CSTF經RHR/HPCF/RCIC 充水管路,8.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入反應爐,9.移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至反應爐	● 停止有關RPS、LDI及SSLC系統之功能測試。 熱沉 1.利用氣冷式柴油發電機,或兩部機水冷式柴油發電機互相支援,或移動式柴油發電機柴油發電機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/SRV/CVCF,以注水入爐心,並建立長期冷卻。 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力。 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力。	當值/0.5小時
1.電廠廠區實測10或15分平均風速達10級風(24.5米/秒) 2.廠區實測10或15分鐘平均風速達15級(46.2米/以上)	開關場/輸配電陣風設計 57.7m/sec 即17級風 主要廠房設計60 m/sec即 17級風	同前	1.10級風,於3小時內,降載至反應器功率40% (RPS之汽機跳脫 旁通設定點)以下。 2.15級風,於4小時內解聯熱待機	1.當值/3小時 2.當值/4小,解聯熱待機

龍門電廠颱風與豪大雨/土石流壓力測試流程 第 3 頁

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 時限
左敘情境下並敘述機組處置				
161kV輸電 線強風斷股 跳脫 >57.7m/sec	開關場/ 輸配電 陣風設 計 57.7m/ sec 即17級 風	電源 1.345kV四迴路,2.161kV二 迴路//喪失,3.水冷式柴油 發電機(A/B/C),4.氣冷式柴 油發電機(7th),5.兩部氣渦 輪機(RAP中),6.兩部氣渦 輪機全黑起動柴油發電機 (RAP中),7.兩部機之水冷 式柴油發電機(A/B/C)互相 支援,8.增1台保安柴油發 電機(預計101.7.31完成), 9.480V移動式柴油發電機 (供安全與非安全CVCF及 充電機),10.DC替代 注水系統 1.CP/FW, 2.CRD, 3.RCIC, 4.HPCF, 5.LPFL,6.SLC自礮 液槽/測試槽取水,7.CSTF 經RHR/HPCF/RCIC 充水 管路,8.消防水經柴油消防 泵/消防車(取用消防水、 溪水、海水)或生水池重 力經RHR C注入爐心,9.移 動式柴油發電機供電SLC 泵及CSTF泵注水至爐心	❖ 由氣象塔測得陣風60米/秒(即 廠區 已進入17級強烈颱風),且161kV二迴 路//喪失,對電廠保護區運轉安全 構成 實質威脅或嚴重阻礙電廠人員執行安 全運轉時,依1401宣佈機組進入異常 示警,依528.02.01立即冷爐停機。 ❖ 颱風持續風速達60米/秒 時,且對電廠管制區運轉安全構 成實質威脅或嚴重阻礙電廠人員 執行安全運轉時,機組即宣佈進 入緊急戒備事故。(依據1401緊急 戒備事故HA1)。	當值/持 續進行
345kV輸電 線強風斷 股跳脫 >57.7m/sec	開關場/ 輸配電 陣風設 計 57.7m/ sec 即17級 風	電源 1.345kV四迴路//喪失,3.水冷式 柴油發電機(A/B/C),4.氣冷式 柴油發電機(7th),5.兩部氣渦輪 機(RAP中),6.兩部氣渦輪機全 黑起動柴油發電機(RAP中),7. 兩部機之水冷式柴油發電機 (A/B/C)互相支援,8.增1台保安 柴油發電機(預計101.7.31完 成),9.480V移動式柴油發電機 (供安全與非安全CVCF及充電 機),10.DC替代 注水系統 1.CP/FW//喪失, 2.CRD, 3.RCIC, 4.HPCF, 5.LPFL,6.SLC自礮液 槽/測試槽取水//喪失,7.CSTF經 RHR/HPCF/RCIC 充水管路//喪 失,8.消防水經柴油消防泵/消 防車(取用消防水、溪水、海 水)或生水池重力經RHR C注 入爐心,9.移動式柴油發電機供 電SLC泵及CSTF泵注水至爐心	1.立即執行冷爐停機行動,儘速達冷爐 停機 2.如機組已急停則執行急停復歸 3.確認345kV供電之緊急匯流排A4、B4、 C4改由水冷式柴油發電機起動供電 (528.02.01/524.04/501.01/203.01) 熱沈 1.利用氣冷式柴油發電機,或兩部機水冷式柴 油發電機互相支援,或移動式柴油發電機柴油 發電機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS /CSTF/SRV/CVCF,以注水入爐心,並建立長期 冷卻。 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐 心,並可降低反應爐壓力。 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電 池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應 爐洩壓及圍阻體逸氣之能力。	當值 /12小 時 達冷爐 停機

龍門電廠颱風與豪大雨/土石流壓力測試流程 第 4 頁

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
豪雨沖蝕山坡地伴隨土石流災害，廠區石碇溪堵塞，使洪水流竄廠區(雨量>491mm/day)。廠區兩部機輔助變壓器RAT1及RAT2淹水故障，使氣渦輪機無法經輔助變壓器，供電至緊要4.16KV匯流排	廠區設計排洪量310mm/hr 廠區排水排洪設施主要係利用廠區人工排水渠道II與III，除可排放上游之山洪暴雨外，亦可容納廠區廠房周邊之匯流雨水 農委會水土保持局資料顯示無土石流 氣渦輪機高程22M	電源 1.水冷式柴油發電機(A/B/C), 2.氣冷式柴油發電機(7th), 3.兩部氣渦輪機(DCR中)/喪失, 4.兩部氣渦輪機全黑起動柴油發電機(DCR中), 5.兩部機之水冷式柴油發電機(A/B/C)互相支援, 6.增1台保安柴油發電機(預計101.7.31完成), 7.480V移動式柴油發電機(供安全與非安全CVCF及充電機), 8.DC替代 注水系統 1.CP/FW/喪失, 2.CRD, 3.RCIC, 4.HPCF, 5.LPFL, 6.SLC自礮液槽/測試槽取水/喪失, 7.CSTF經RHR/HPCF/RCIC 充水管路/喪失, 8.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心, 9.移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心	1.依程序書187颱風期間作業:關閉各廠房門窗,確認石碇溪道及廠區排水渠道暢通。 2.依程序書187.01颱風期間強降雨積水防範與處理:關閉RB/CB/RBSW泵室之水密門/半水密門,確認廠區、廠房排水正常。 3.檢視所有緊急匯流排均改由水冷式柴油發電機提供電源。 4.依AOP528.02.01颱風警報期間機組之運轉:確認廠區、廠房排水正常。 5.依AOP528.03.01洪水處理:若RB/CB安全電源可能淹水,依AOP501.04緊急停機及SOP411,以蒸汽旁通閥降RPV至3.15MpaG,關閉RB/CB/RBSW泵室之水密門/半水密門,並堆沙包。 6.依AOP528.03.02淹水處理:確認廠房集水池排水泵功能正常。 7.依AOP528.03.03停電及廠房進水時之緊急排水作業:以移動式柴油機、沉水泵排水。 8.依程序書769.P16:每18個月檢查各廠房電纜穿越器、通風管道之填塞密封性。	當值/1小時
廠區洪水流竄進入主要廠區後，下水道系統進口全部被堵塞並迅速開始積水>40年最大降雨量107mm/hr(廠區排洪設計能力310mm/hr)	廠區石碇溪排洪量310mm/hr 主要廠區高程12.3M，廠房地面排水系統排水量4.43cms 廠區排水排洪設施主要用人工排放渠道II及III(兩者設計排洪能力共218.7cms)，除可排放上游之山洪暴雨外，亦可容納廠區廠房周邊之匯流雨水 機組廠房平面層、氣冷式柴油發電機(7th)室、及緊要海水泵室等對外門戶裝設防水擋板	電源 1.水冷式柴油發電機, 2.氣冷式柴油發電機(7th), 3.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機, 4.兩部機之水冷式柴油機互相支援, 5.增1台保安柴油機, 6.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVCF及充電機), 7.DC替代 注水系統 1.CRD, 2.RCIC, 3.HPCF, 4.LPFL, 5.SLC自礮液槽/測試槽取水/喪失, 6.CSTF經RHR/ HPCF/RCIC 充水管路/喪失, 7.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心, 8.移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心	1.主要廠區開始積水依程序書再確認機組停機並宣佈進入1401緊急戒備事故HA1，成立TSC 2.依1408『OSC動員與應變程序』進行緊急動員 3.監視主要廠區(廠房外)集水坑警報/集水坑泵正常運轉中 4.在主要廠區緊要設備以沙袋或主要廠房進出門架設擋水板,圍堵以防止進水(187/187.01/528.02.01/528.03.01/528.03.02/528.03.03/769/1408)	持續進行
廠房平面樓進出口有砂袋阻擋			熱沈 1.利用氣冷式柴油發電機,或兩部機水冷式柴油發電機互相支援,或移動式柴油發電機柴油發電機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/ SRV/CVCF,以注水入爐心,並建立長期冷卻。 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力。 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力。	

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
主要廠房因出入門或穿越孔密封不良遭洪水入侵，底樓迅速開始積水 各廠房底樓因積水上升對安全設備受損評估 評估積水逐層上升後對安全設備受損危害程度 排水因應策略 依序敘述各廠房底樓及漸上升至平面樓	1.廠房平面樓進出口堆沙包 2.RB/CB/AFB/ACB/RWT/FPH/RBSW泵室/DG燃油槽之機組廠房平面層裝防水擋板 3.廠房外牆穿管件及預留孔密封完整性檢查(程序書769) 4.ECCS房間3區獨立且有水密門，為防抑壓池洩漏,房內各2台抽水及FLOOD警報 5.乾井有4台集水池泵,共排水240cmh,RB有16台集水池泵,共排水3840cmh,柴油機房有2台集水池泵,共排水60cmh,汽機廠房有26台集水池泵,共排水780cmh,控制廠房有14台集水池泵,共排水2100cmh,輔助燃料廠房有6台集水池泵,共排水540cmh,人員進出管制廠房有2台集水池泵,共排水600cmh,廢料廠房有8台集水池泵,共排水120cmh. 6.由機械組提供淹水時之排水設備(2台移動式發電機提供電源、5台電力沉水泵(程序書113.5))	電源 1.水冷式柴油發電機//喪失, 2.氣冷式柴油發電機(7th), 3.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機, 4.兩部機之水冷式柴油機互相支援, 5.增1台保安柴油機, 6.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVCF及充電機), 7.DC替代 注水系統 1.CRD//喪失, 2.RCIC//喪失, 3.HPCF//喪失, 4.LPFL//喪失, 5.SLC自研液槽/測試槽取水//喪失, 6.CSTF經RHR/HPCF/RCIC 充水管路//喪失, 7.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心, 8.移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心 熱沉 1.利用氣冷式柴油發電機,或兩部機水冷式柴油發電機互相支援//喪失,或移動式柴油發電機柴油發電機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS /CSTF/SRV/CVCF,以注水入爐心,並建立長期冷卻. 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力. 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力.	1.監視廠房集水池水位,如水位異常則依程序書187.01颱風期間強降雨積水防範與處理及依AOP528.03.02淹水處理:追蹤水流來源,加以隔離,並確認集水池泵正常排水。 2.依AOP528.03.03停電及廠房進水時之緊急排水作業:安裝移動式柴油機及沉水泵將淹水打至廠房外。 3.備有緊急救援設備各式大小沉水泵、抽水機共13台，緊急發電機共13台，可提供相關受災廠房樓層、區域淹水時後備緊急機動救援。 4.依AOP528.03.01洪水處理:若RB/CB安全電源可能淹水,依AOP501.04緊急停機及SOP411,以蒸汽旁通閥降RPV至3.15MpaG。	3人/1.5小時設立1台抽水(防颱小組) 持續進行

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
主要廠房因出入門或穿越孔密封不良遭洪水入侵，底樓迅速開始積水各廠房底樓因積水上升對安全設備受損評估 評估積水逐層上升後對安全設備受損危害程度 排水因應策略 依序敘述各廠房底樓及漸上升至平面樓 (續)	同前	同前	5.反應器廠房地樓積水漸升，ECCS防水門因反向水壓可能開始滲入，故擬如下： 反應器廠房EL-8.2M水位開始積升。 (1)通知防颱小組利用移動式柴油機及臨時沉水泵,加強排水至廠房外。 (2)利用消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心,或移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心。 依EOP583二次圍阻體控制: (1)任一RB地面洩水槽水位> 最高正常運轉水位或RB區域水位>0M,除消防及EOP所需系統外,隔離正排入該區之洩水。 (2)任一RB區域水位> 最高安全運轉水位,進入EOP581反應器控制及AOP501.1反應器急停。 (3)RB一個以上區域水位> 最高安全運轉水位,進入EOP585反應器緊急洩壓。 若注水系統皆不可用，則進入機組斷然處置。 6.水冷式柴油機廠房地面>30CM後，將喪失AVR盤面而喪失水冷式柴油發電機。 7.汽機廠房地樓淹水，將喪失飼水系統。 8.廢料廠房地樓淹水，不影響反應爐安全。	NA

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 時限
左敘情境下並敘述機組處置				
各廠房從底樓積水逐層上升後，ECCS安全系統喪失的因應	1.廠房平面樓進出口堆沙包 2.RB/CB/AFB/ACB/RWT/FPH/RBSW泵室/ DG燃油槽之機組廠房平面層裝防水擋板 3.廠房外牆穿管件及預留孔密封完整性檢查(程序書769) 4.ECCS房間3區獨立且有水密門，為防抑壓池洩漏,房內各2台抽水泵及FLOOD警報 5.乾井有4台集水池泵,共排水240cmh,RB有16台集水池泵,共排水3840 cmh. 柴油機房有2台集水池泵,共排水60cmh,汽機廠房有26台集水池泵,共排水780cmh,控制廠房有14台集水池泵,共排水2100cmh,輔助燃料廠房有6台集水池泵,共排水540cmh,人員進出管制廠房有2台集水池泵,共排水600cmh,廢料廠房有8台集水池泵,共排水120cmh. 6.由機械組提供淹水時之排水設備(2台移動式發電機提供電源、5台電力沉水泵(程序書113.5))	電源 1.氣冷式柴油發電機(7th),2.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,3.增1台保安柴油機,4.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVC及充電機),5.DC替代 注水系統 1.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心,2.移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心 熱沈 1.利用氣冷式柴油發電機,或移動式柴油發電機柴油發電機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/SRV/CVC,以注水入爐心,並建立長期冷卻. 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力. 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力.	5.反應器廠房底樓積水漸升，ECCS防水門因反向水壓可能開始滲入，故擬如下： 反應器廠房EL-8.2M水位開始積升。 (1)通知防颱小組利用移動式柴油機及臨時沉水泵,加強排水至廠房外。 (2)利用消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心,或移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心。 依EOP583二次圍阻體控制: (1)任一RB地面洩水槽水位> 最高正常運轉水位或RB區域水位>0M,除消防及EOP所需系統外,隔離正排入該區之洩水。 (2)任一RB區域水位> 最高安全運轉水位,進入EOP581反應器控制及AOP501.1反應器急停。 (3)RB一個以上區域水位> 最高安全運轉水位,進入EOP585反應器緊急洩壓。 若注水系統皆不可用，則進入機組斷然處置。 6.水冷式柴油機廠房地面>30CM後，將喪失AVR盤面而喪失水冷式柴油發電機。 7.汽機廠房底樓淹水，將喪失飼水系統。 8.廢料廠房底樓淹水，不影響反應爐安全。 9.ECCS 緊要匯流排A4,B4,C4電源區域積水: (1)指令停機，並停用該區相關設備:RBSW泵/RBCW泵/HPCF泵/RHR泵/緊要寒水機。 (2)進行反應爐替代注水 (3)機組斷然處置啟動，將反應爐緊急洩壓至15kg/cm²以下(1451)。	持續進行

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
廠區/廠房淹水嚴重致所有緊急柴油發電機差動電驛動作跳脫，無法復歸(DG喪失下:反應爐水位/壓力及圍阻體控制)	柴油發電機具多重性與獨立性，廠房共有3區 高程12.3M，只需1區可用就足以供給安全停機所需電力 機組廠房平面層、氣冷式柴油發電機(7th)室、及反應器廠房海水泵室等裝防水擋板或砂袋阻擋	電源 1.氣冷式柴油發電機(7th),2.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,3.增1台保安柴油機,4.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVCF及充電機),5.DC替代 注水系統 1.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心,2.移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心 熱沈 1.利用氣冷式柴油發電機,或移動式柴油發電機柴油發電機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/SRV/CVCF,以注水入爐心,並建立長期冷卻. 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力. 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力.	1.依SOP368緊急柴油發電機:執行第7台緊急柴油發電機替代一或二號緊急柴油發電機柴油發電機之操作步驟。 2.執行相關EOP。 3.依1451斷然處置程序指引，進行後備注水準備。 4.依1451斷然處置程序指引，緊急降低爐壓使低於15KG/CM²，緊急降壓的同時，進行圍阻體排氣。	當值/0.6小時 修配組人員/0.5小時
反應器廠房海水泵室因淹水跳脫或渠道湧入垃圾阻塞無法使用(熱沉喪失下:反應爐水位/壓力及圍阻體控制)	反應器廠房海水泵室高程5.3M，而且反應器廠房海水泵馬達位在高度12M，不易淹水 反應器廠房海水泵室進水口增設防水擋板，能擋住洪水壓力，杜絕滲入	電源 1.氣冷式柴油發電機(7th),2.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,3.增1台保安柴油機,4.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVCF及充電機),5.DC替代 注水系統 1.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心,2.移動式柴油發電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心 熱沈 1.利用氣冷式柴油發電機,或移動式柴油發電機柴油發電機,供電RHR/RBCW/SLC/SGT/FCS/CSTF/SRV/CVCF,以注水入爐心,並建立長期冷卻. 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力. 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力.	1.續以EOP 維持水位及圍阻體壓力(1451/EOP)	當值/1小時

龍門電廠颱風與豪大雨/土石流壓力測試流程 第 9 頁

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
第7部柴油發電機供電2部機後，亦遭洪水吞噬跳脫，無法復原 說明廠區全黑後，已建構後備救援AC電源，支援ECCS安全系統應變策略	7TH 氣冷式柴油發電機高程12.3M 480V 移動式柴油發電機儲備在適當高程位置，避免淹水	電源 1.氣冷式柴油發電機(7th)/喪失,2.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,3.增1台保安柴油機,4.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVCF及充電機),5.DC替代 注水系統 1.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心,2.移動式柴油機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心 熱沉 1.利用氣冷式柴油機/喪失,或移動式柴油機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/SRV/CVCF,以注入爐心,並建立長期冷卻. 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力. 控制氣源 1.增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力.	1.將兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,或保安柴油機或移動式柴油發電機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/SRV/CVCF,以注水入爐心,並建立長期冷卻. 2.廠區積水退去後,將480V 移動式柴油發電機供安全與非安全CVCF及充電機(1451)	電氣/1小時/一部機組 當值/1小時
因電源喪失或廠房淹水喪失所有AC補水系統	1..ECCS房間3區獨立且有水密門，為防抑壓池洩漏,房內各2台抽水及FLOOD警報 2.RB有16台集水池泵,共排水3840 cmh, 柴油機房有2台集水池泵,共排水60cmh,3.低壓餘熱移除系統為分離之3串，只需1串就足夠安全停機支用	電源 1.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,2.增1台保安柴油機,3.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVCF及充電機),4.DC替代 注水系統 1.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海水)或生水池重力經RHR C注入爐心,2.移動式柴油機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心 熱沉 1.利用移動式柴油機,供電RHR/RBCW/RBSW/SLC/SGT/FCS/CSTF/SRV/CVCF,以注入爐心,並建立長期冷卻. 2.驗證RCIC於喪失直流電源時仍可補水入爐心,並可降低反應爐壓力.	依1451斷然處置程序指引 1.確認水源可用性並擬定優先順序，同時其注水路徑已列置完成 2.一次圍阻體排氣操作路徑已列置完成(一次圍阻體排氣操作時必需考慮是否逆流到另一部機並採取防範措施) 註：移動式柴油發電機可接用作SGT及DC充電機電源	持續進行
480V 移動式柴油發電機購齊配妥，加上注水系統及熱沉，本廠將不致喪失最終熱沉，注水系統能力			控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣之能力.	

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 /時限
左敘情境下並敘述機組處置				
後備救援 AC電源在 強風及淹 水下皆喪 失，剩DC 補水RCIC 系統 說明DC電 源即將耗 盡或淹 沒，已建 構或待 DCR建構 後備救援 DC電源應 變策略	RCIC房間水 密門設計為 圍阻抑壓池 洩漏至該房 間內，房內有 台50 GPM抽 水泵 DC電池可撐8 小時且在非 必要負載OFF 且DC匯流排 連結可撐24 小時 480V 移動式 柴油發電機	電源 1.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,2.增 1台保安柴油機,3.480V移動式柴油 機(供安全與非安全CVCF及充電 機),4.DC替代 注水系統 1.消防水經柴油消防泵/消防車(取用 消防水、溪水、海水)或生水池重力 經RHR C注入爐心,2.移動式柴油發 電機供電SLC泵及CSTF泵注水至爐 心 熱沈 1.利用移動式柴油發電機柴油發電 機,供電RHR/RBCW/RBSW/ SLC/ SGT/FCS /CSTF/ SRV/CVCF,以注水 入爐心,並建立長期冷卻. 2.驗證RCIC於直流電源撐24小時 時仍可補水入爐心,並可降低反應爐 壓力. 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶 、獨立電池電源與操作開關,執行 SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻 體逸氣之能力.	1.續以RCIC維持爐心淹蓋(需 注意一次圍阻體壓力，執行一 次圍阻體排氣或噴灑). 2.執行DC延長:非必要負載OFF 及電池跨接. 3.消防水經柴油消防泵/消防車 (取用消防水、溪水、海水)或 生水池重力經RHR C注入爐 心,或濕井/乾井噴灑. 4.將兩部氣渦輪機全黑起動柴 油機,或保安柴油機或移動式 柴油發電機,供電RHR/RBCW/ RBSW/ SLC/ SGT/FCS /CSTF/ SRV/CVCF,以注水入爐心,並建 立長期冷卻. 5.將480V 移動式柴油發電機 供安全與非安全CVCF及充電 機(1451)(1451/540.7/535)	當值 /0.5小 時 當值 /0.5小 時 電氣/1 小時
因電源喪 失或廠房 淹水喪失 所有DC補 水系統	同上	同上	1.確認水源可用性並擬定優先 順序同時其注水路徑已建置 完成(500.EOP/1451) 2.一次圍阻體排氣操作路徑已 建置完成(304.17)	當值/0.5 小時 持續進 行
廠區喪失 所有後備 及救援電 源或所有 補水系統 下機組處 置	電源 1.氣渦輪全 黑起動/保安/ 移動柴油機. 注水系統 1.消防水泵/ 消防車或生 水池重力注 入爐心,2.移 動柴油機供 電SLC/CSTF 注水至爐心 熱沈 1.移動式柴 油機,供電 RHR/ RBCW/ RBSW,以注 入爐心,並建 立長期冷卻.	電源 1.兩部氣渦輪機全黑起動柴油機,2.增1台保安柴油機. 3.480V移動式柴油機(供安全與非安全CVCF及充電 機),4.DC替代 注水系統 1.消防水經柴油消防泵/消防車(取用消防水、溪水、海 水)或生水池重力經RHR C注入爐心,2.移動式柴油發電機 供電SLC泵及CSTF泵注水至爐心 熱沈 1.利用移動式柴油發電機柴油發電機,供電 RHR/RBCW/RBSW/ SLC/ SGT/FCS /CSTF/ SRV/CVCF,以 注水入爐心,並建立長期冷卻. 控制氣源 1.新增移動式空壓機、備用氮氣瓶、獨立電池電源與操 作開關,執行SRV操作,以建立反應爐洩壓及圍阻體逸氣 之能力.	確認喪失反應爐所 有補水功能則進入 斷然處置程序 1.緊急洩壓至替代 注水壓力之下 2.繼續執行圍阻體 排氣(304.17) 氣動氣源 1.增移動式空壓機、備用 氮氣瓶、獨立電池與操作 開關,操作SRV,以建立反 應爐洩壓及圍阻體逸氣.	當值 /0.5 小時

失效情境	設計基準與 情境防線	防禦深度	程序書	人力 時限
		左敘情境下並敘述機組處置		

颱風及暴雨
離去後機組
在等待救援
期間處置
(道路受阻
支援人員尚
在路上)

爐心在任何時
候必須被水淹
蓋
圍阻體維持完
整

連外道路有:
淡金公路

連外通訊有:
微波/電信局/直
通電話/傳真機/
衛星/網路等6
種

85萬加侖油槽
最低燃油存量
45萬加侖
，可同時供給
四台柴油機)運
轉約416hr(17
天

3萬5000公秉及
600公秉油槽最
低燃油存量1
萬2000公秉，
可供單一氣渦
輪機持續30天
運轉

電廠管理辦法
規定主控制室
儲備糧食有十
人份五天儲量

DC電池可撐8
小時且在CR
2F，非必要負
載OFF且DC匯
流排連結可撐
24小時

電源

1.氣渦輪全黑起
動柴油機,2.保
安柴油機,3.移
動式柴油機,4.
DC 替代

注水系統

1.柴油消防泵/
消防車或生水
池重力注水入
爐心,2.移動式
柴油機供電SLC
泵及CSTF泵

熱沉

1.移動式柴油
機,供電RHR/
RBCW/RBSW,
注水入爐心.
2.RCIC於直流
電撐24小時仍
可補水入爐心.

控制氣源

1.移動式空壓機
、備用氮氣瓶
、獨立電池與
操作開關,執行
SRV操作,以建
立反應爐洩壓
及圍阻體逸氣.

電源

1.兩部氣渦輪機全黑
起動柴油機,2.增1台
保安柴油機,3.480V
移動式柴油機(供安
全與非安全CVC及
充電機),4.DC替代

注水系統

1.消防水經柴油消防
泵/消防車(取用消防
水、溪水、海水)或
生水池重力經RHR
C注入爐心,2.移動式
柴油發電機供電SLC
泵及CSTF泵注水至
爐心

熱沉

1.利用移動式柴油發
電機柴油發電機,供
電
RHR/RBCW/RBSW/
SLC/SGT/FCFS
/CSTF/ SRV/CVCF,
以注水入爐心,並建
立長期冷卻.

2.驗證RCIC於直流
電源撐24小時仍可
補水入爐心,並可降
低反應爐壓力.

控制氣源

1.新增移動式空壓機
、備用氮氣瓶、獨
立電池與操作開關,
執行SRV操作,以建
立反應爐洩壓及圍
阻體逸氣之能力.

反應爐:

❖ 如可，續以RCIC維持RPV
水位
❖ 如廠區失電，執行DC延
長：非必要負載OFF
❖ 如喪失所有注水，則以替
代注水維持水位，若水位
無法維持高於有效燃料頂
部(TAF)，需使用
生水或海水注入反應爐
，則進入
斷然處置決策點，**執行
斷然處置措施**(1451)

❖ 建立SRV替代氣源
1.新增移動式空壓機、備用氮
氣瓶、獨立電池與操作開關,執
行SRV
操作,以建立反應爐洩壓及圍
阻體
逸氣之能力.(1451)
❖ SRV開啟時，以RHR抑壓池
冷卻,或ACS、SGT、COPS
執行一次圍阻體排氣。

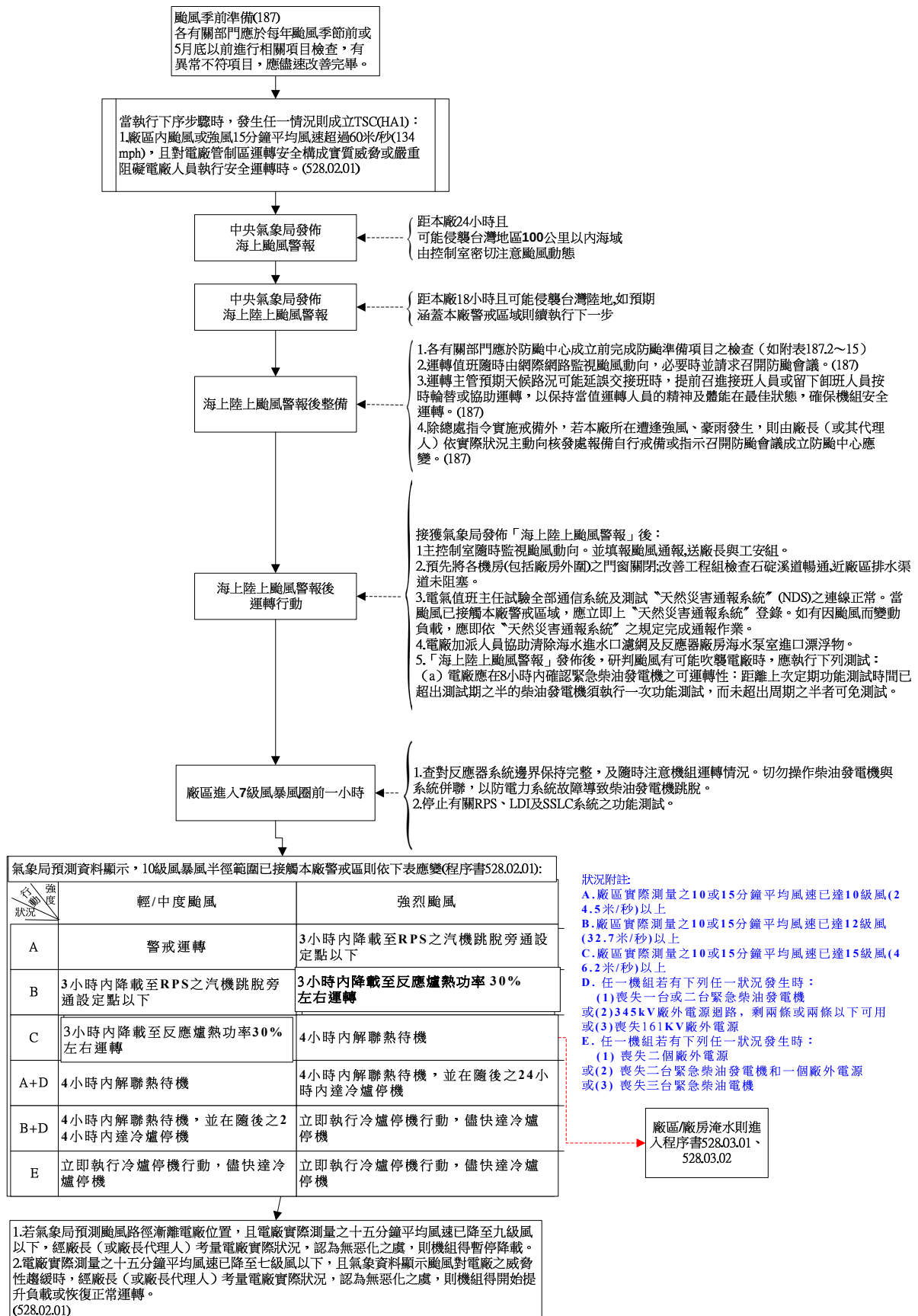
圍阻體

❖ 需注意一次圍阻體壓力，
執行一次圍阻體排氣，以
確保爐心隔離冷卻系統
(RCIC)不致因排汽高壓力跳
脫。

燃料池水溫續監測，保持燃料
被水淹蓋
(1451)

持續進行

附件 4-2 程序書 528.02.01 「颱風警報期間機組之運轉」處理流程



5.喪失電源與最終熱沉

5.1 反應爐

5.1.1 喪失廠外電源

5.1.1.1 後備電源供/配電設計基準

電廠目前設計：

本廠電力系統配置簡圖如附圖 5-1

1.安全相關 4.16KV/480V 匯流排設計每部機有三個 4.16KV A4/B4/C4 BUS 和下游相關 480V PC/MCC，每部機三個 4.16KV A4/B4/C4 BUS 皆各配置一台 EDG。另設計有二部機共用一個 4.16KV S4 BUS 和相關 480V PC/MCC，4.16KV S4 BUS 亦配置一台 SEDG (7TH EDG)。

(1) 4.16KV A4 BUS 電源:來自 UAT A、RAT1、RAT2、S4 BUS、EDG A 等 5 個電源。

A4 BUS 供電至下游五盤 480V PC 0100A4、5000A4、0400C3、0500C3、0600C3 (PC 0400C3~0600C3 備用電源為 C3 BUS)，各 480V PC 分別再供電至下游 480V MCC。

(2) 4.16KV B4 BUS 電源:來自 UAT B、RAT1、RAT2、S4 BUS、EDG B 等 5 個電源。

B4 BUS 供電至下游二盤 480V PC 0100B4、5000B4，各 480V PC 分別再供電至下游 480V MCC。

(3) 4.16KV C4 BUS 電源:來自 UAT C、RAT1、RAT2、S4 BUS、EDG C 等 5 個電源。

C4 BUS 供電至下游二盤 480V PC 0100C4、5000C4，各 480V PC 分別再供電至下游 480V MCC。

(4) 4.16KV S4 BUS 電源:來自 1RAT2、2RAT2、S-EDG 等 3 個電源。

S4 BUS 供電至下游 480V PC 0100S4，480V PC 再供電至下游 480V MCC。

2. 正常時供電:

- (1) 由主發電機經機組輔助變壓器 UAT A/B/C 供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4 BUS 和下游負載中心/馬達控制中心 (PC/MCC)。
- (2) 由 345KV 深美紅/白線、龍潭紅/白線等四條外線經 345KV GIS、主變和機組輔變 UAT A/B 供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4 BUS 和下游 PC/MCC。
- (3) 由 161KV 南港-坪林線、澳底線等二條外線經 161KV GIS 和預備變壓器 RAT1/RAT2 供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4/S4 BUS 和下游 PC/MCC。

3. 緊急時供電:

- (1) 本廠柴油機 EDG ABC 位於反應器廠房(R/B)標高 12.3 公尺三個角落，屬防震一級之設計，緊要時由 EDG A/B/C 分別供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4 BUS 和下游 PC/MCC。
- (2) 若任一 EDG A/B/C 故障時可由 7TH EDG 標高亦為 12.3 公尺與防震一級之設計，取代供電。

5.1.1.2 廠內電源供應的運轉時間

緊急柴油發電機(EDG A/B/C)：

1. 油料：本廠每部機有三台柴油機 EDG A/B/C 每台柴油機皆配置有一日用槽（儲存量 12 公秉）及一儲存槽（儲存量 450 公秉）各可提供每部柴油機連續運轉 5 小時及 7 天。
2. 冷卻方式：冷卻方式為水冷式。
3. 支援系統：
 - (1) 本廠每一機組各有三個安全有關之 4.16KV 匯流排，每一 4.16KV

安全匯流排均有一台緊急柴油發電機作為備用電源。

- (2)每部柴油機之直流控制電源分別由其相對應安全 DIV 直流系統供給。
- (3) EDG 係利用起動空氣系統提供壓縮空氣以起動引擎，並不需要依藉外電；起動空氣系統包含兩個獨立、100%容量的壓縮空氣，每一壓縮空氣系統均能成功起動 EDG。起動空氣(高壓)儲存槽的空氣可提供柴油機連續起動五次而不須空氣壓縮機充氣
- (4)冷卻水由對應之安全 DIV 反應爐廠房冷卻水系統(RBCW)供給，而 RBCW 之熱量再由最終熱沉反應爐廠用水系統(RBSW)移除。
- (5)經由 NPBD 匯流排連接至其相關匯流排。
- (6)另有一台兩部機組共用之氣冷式柴油發電機位於輔助燃料廠房，可單獨提供兩部機組任一安全匯流排。

5.1.1.3 延長廠內自主供電時間的方法

1.緊急柴油發電機(EDG A /B/C)：

- (1)每部緊急柴油發電機各有一只日用槽(12 公秉)及燃油儲存槽(450 公秉)可提供連續運轉 7 天，此燃油儲存槽設有室外補油口，可由此油罐車補油。

5.1.1.4 強化防護能力的措施

- 1.為確保各柴油發電機及安全及非安全 4.16kV 電氣開關箱室之完整，已採行強化防淹水措施，如、興建海嘯牆。
- 2.電廠為強化喪失廠外電源時，確保廠內必要設備電源之供給，研議 7th EDG 緊急時可透過 S4 BUS 並編寫相關操作指引於 1451 程序書，於發生事故緊要同時提供 2 部機組供電之應變能力。

5.1.2 喪失廠外電源及廠內後備電源(SBO)

5.1.2.1 設計要求

因應喪失廠外電源(Off Site Power)及廠內後備電源(EDG A/B/C)的狀況，廠內設計有其他緊急後備電源如下：

1.第 7 台緊急柴油發電機(7th EDG)：

容量 7800kW，為氣冷式，係本廠一、二號機組 6 台緊急柴油發電機之後備替代，當其佈置於替代位置時，與原有之柴油發電機功能相同，接受該代替匯流排之緊急自動起動併聯信號。佈置替代於何台柴油機須事先加以選定，且同時間只允許替代一台，當滿載出力時，足以應付緊急時 ECCS 系統所需電力之供給，可隨時替代任一機組緊急柴油發電機(EDG A/B/C)。

2.氣渦輪發電機(設計施工中)：

本廠規劃設置氣冷式氣渦輪發電機組，總發電容量為 12MVA，主要做為本廠兩部核能機組之於全部外電喪失情況下緊急後備電源，併聯至 161kv GIS 供電或經由變壓器(13.8kv 降至 4.16kv)至安全與非安全 4.16kv 匯流排。

3.在 SBO 情況時，本廠可由 RCIC 維持反應爐水位，汽機帶動之 RCIC Pump，在沒有廠用交流電時，反應爐爐心隔離冷卻系統仍可依靠直流電源運轉 8 小時。額定出口流量 182 m³/h 及 100 m³/h 兩種流量可由主控制室操作，依 FSAR 8.3-6 及 FSAR 8.3-7 廠區全黑分析結果至少可運轉 21 小時。且本廠 RCIC 之調速機(GV)為機械式不需電源就可持續運轉。水源可來自抑壓池、冷凝水儲 CST，MOV 控制電源及操作電源為：

(1)DIV I 120VDC 及 480V AC

(2)DIV II 120V DC

5.1.2.2 電池容量及運轉期長

第 7 台緊急柴油發電機所需之 DIV 0 125V DC(Battery S4)蓄電池容量為 1800AH，依 FSAR Table 8.3-6 分析負載需求，應能夠供給維持負

載運轉至少 3.5 小時，若能加以負載管控應延長 7th EDG 運轉時間，以確保核能系統安全。

5.1.2.3 燃料劣化前廠內自主運轉能力

1.第 7 台緊急柴油發電機(7th EDG)：

(1)自主運轉能力：

第 7th 柴油機與廠房內為分散式設計，不受外來系統因素影響，可自行獨立成一系統，具自主運轉能力。

(2)控制：

起動及控制線路電源為 125VDC，由獨立之蓄電池供給。

(3)油料：

設有日用槽(12 公秉)提供連續運轉 5 小時以上，且自有獨立燃油儲存槽(450 公秉)一只可連續使用約 7 日；油槽設有室外補油口，可由此補油。

(4)冷卻：氣冷式。

(5)支援系統：NA

2.氣渦輪發電機(設計施工中)：

(1)自主運轉能力：

氣渦輪發電機之設計，不受外來系統因素影響，可自行獨立成一系統，具自主運轉能力。

3.SBO 時，若以 RCIC 控制反應爐水位及壓力，至少可支撐 8 小時。

且本廠 RCIC 之調速機(GV)為機械式不需電源只需要手動開啟 RCIC 蒸汽進口閥 E51-MBV-0103 及注水閥 E51-MBV-0004，就可持續運轉。

5.1.2.4 可防止燃料劣化的措施

1.廠內現有設備，例如其他機組的設備

- (1)廠內設備電源之供給，本廠編寫 7th EDG 緊急時可透過 S4 BUS，同時提供 2 部機組之操作指引作為緊急供電之應變能力。
- (2)廠內各機組尚有本身的 ADS/SRV、RCIC、氮氣系統，以及另一部機可互相支援的 CST（一、二號機可相互支援）、補充水 P11/消防水系統 P16（一、二號機可相互支援）、壓縮空氣系統及緊要匯流排（一、二號機可相互支援）等。
- (3)生水池(標高 116.6 公尺)經消防管路至 ACIWA 管路重力補水至反應爐。
- (4)廠內有消防車數量如下，可接用生水、出發井排水渠道汲取海水或往返情人湖取水，連結至餘熱移除系統 RHR 系統進行爐心或用過燃料池補水冷卻，以防止燃料劣化。

龍門廠消防隊消防車				
名稱	數量	水箱容量	出口壓力	備 註
消防化學車	一輛	6,000 公升	0~27.6kg / cm ²	出水量 3000 公升/分鐘@10 kg / cm ²
水庫車一輛	一輛	12,000 公升	0~10 kg / cm ²	出水量 800~2400 公升/分鐘@10.0 kg / cm ²

2.假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備

- (1)廠內所有機組都受損且喪失最終熱沈（喪失電力供應），廠外提供可用的設備則有本廠的消防車、貢寮區、雙溪區、瑞芳區等消防隊的消防車，消防水泵、消防水帶支援。但先決條件必需每部機組的 ADS/SRV 可操作減壓，RHR 系統的 ACIWA 管路仍可用下才能發揮效用。龍門廠附近行政區消防車如附表 5-3。
- (2)廠外提供可用的設備有核二廠的一台 4.16kV 1500kW 移動式柴

油發電機及四台 480V 200kW 移動式柴油發電機與核一廠的一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及八台 480V 500kW 移動式柴油發電機。

(3)本廠已與新北市政府消防局簽訂「消防救災支援協定書」，支援單位之人力、車輛、機具，將依災害之特性，進入災區支援搶救。

3.臨近電廠(如水力、氣渦輪機組)能經專用配線直接配置供電

與本廠距離最近的電廠有核二廠、協和火力發電廠，惟目前並無專用輸配電線路直接配置。

4.上述任一系統操作運轉所需時間

(1)本廠消防車自生水泵室取水經已列置好的 RHR 管路到補水進入爐心所需總時間約 30 分鐘。

(2)貢寮區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 10 分鐘，若爐心補水路徑已列置完成，則所需時間只有進廠時間 10 分鐘。

(3)雙溪區或瑞芳區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 30 分鐘，若補水路徑已列置完成，則所需時間只有 30 分鐘。

(4)以山上 48000 噸生水池之生水補水需時 30 分鐘，以消防車經新增設之用過燃料池抗震等級之常備硬管式補水需約 25 分鐘。

5.執行特殊引接合格人員的可用性

系統設備如何操作已列於本廠斷然處置程序書 1451 Phase 1 項目表中，對系統、設備確認操作由運轉值班人員執行，勞力操作只需再補以些許勞力支援即可完成，並均由值班主任指令為之；消防車、消防設備的操作仍由消防隊消防人員為之。

上述執行操作之人員均經訓練及演練測試，可完全勝任操作要求，故不構成操作合格人員可用性的疑慮。

6.確認主要瀕危效應發生的時間

若第 7 台緊急柴油發電機喪失，則本廠在 SBO 情況時：

- (1)可由 RCIC 維持反應爐水位，RCIC 直流電供應之設計基準可維持 8 小時，依 FSAR 8.3-6 及 FSAR 8.3-7 廠區全黑分析結果至少可運轉 21 小時（如切離部分不必要的負載後可維持 24 小時所需）。氣冷式柴油發電機供電後，可重新建立反應爐補水及冷卻系統。評估瀕危效應發生的時間為喪失外援氣冷式柴油發電機柴油及機動油料用罄時。
- (2)若以『救援機組熱移除路徑』利用生水系統維持反應爐水位（斷然處置措施），以雙機組複合式災變下補水利用 RELAP5-3D 計算（包括反應爐、用過燃料池總需補水量為 1974 gpm=442.2 噸/小時；生水總存量以 80%計約 3.84 萬噸），可連續提供 86.84 小時（3.62 天）。
- (3)再考慮 ADS/SRV 連續操作，全部由氮氣提供操作動力。正常運轉由 T31 ACS 氮槽提供氮氣；異常情況由(DIV A 及 DIV B)兩組位於反應器廠房 7F 專屬之氮氣瓶組供氣，每 DIV 有 10 瓶氮氣瓶，其容量足以維持 SRV/ADS 在開啟位置持續至少 7 天。此外每只 SRV/ADS 亦有蓄壓器，有足夠能力在乾井設計壓力下開啟一次，乾井正常壓力下開啟五次，SRV 之氮氣若壓力低不足時，可更換氮氣瓶或補充氮氣，以確保 SRV 可用。應隨時確保氮氣瓶之存量。只要 ACS 系統之氮氣有足夠存量即可確保乾井內操作動力無虞。
- (4)綜合上述，在無廠外支援下，靠洩壓及注水併行策略執行，每部機圍阻體淹蓋至 COPS 排氣口需 6903 噸，能承受全黑事件的運轉時間至少「86.8」在（RCIC+生水注水）小時以上，惟若反應爐洩壓及注水併行策略執行至約(15.6)小時，抑壓池水位上升將達抑壓池排氣管口高度，會造成抑壓池無法進行排氣洩壓，圍阻體完整性將受衝擊，而危及反應爐安全。

5.1.2.5 強化防護能力的措施

1.本廠已提出下列強化措施，在發生廠區全黑事件下，可緊急 4.16KV / 480V AC 之電源所需：

(1)增加氣渦輪發電機二台(設計施工中):

並聯至 161KV GIS，經 161KV RAT1、RAT2 及經由變壓器供電至 4.16KV A4/B4/C4/S4 BUS 和下游 480VAC PC/MCC 之應變能力。(參考附圖 5-1 龍門電廠電力系統簡圖)

(2)利用氣渦輪發電機附屬之二台起動柴油發電機(設計施工中)

(4.16KV/1200KW):連接至開關場 4.16KV 輔助電力盤供電至 4.16KV BUS 和 480VAC 之應變能力，可供電安全級 480V PC/MCC 電盤。

(3)增加二台 4.16KV/1500KW 移動式柴油發電機連接至 AFB S4

BUS 供電至安全級 4.16KV BUS 之應變能力，可提供任何一串 RHR(475KW)、RBSW (745KW)、RBCW(190KW)馬達電源。

(為縮短緊急應變時間相關電氣管、線事先完成並編寫本項應變操作程序書，移動式柴油發電機連接至 AFB S4 BUS 簡圖)

(4)利用 11.4KV/1250KW 保安系統 EDG(1 台)，經開關場輔助電力盤 供電至 4.16KV BUS 和下游 480VAC 之應變能力。

(此應變時機為氣渦輪發電機或 161KV RAT1、RAT2 不可用時採用，可供電安全級 480V PC/MCC 電盤)

(5)7TH EDG 緊急時同時提供兩部機組之應變能力。

(6)#1 機 EDG 與#2 機 EDG 互相救援之應變能力。

(需編寫本項應變操作程序書)

(7)480VAC 移動式柴油發電機供電至 480VAC PC/MCC(Q 和

NON-Q)之應變能力。(為縮短緊急應變時間相關電氣管、線需事

先完成，NON-Q 部份以 3 Φ 480V 100KW 移動式柴油發電機已完成，Q 級部份待 FPR 設計施工。

(8)保安系統 EDG 供電至 480VAC PC/MCC 之應變能力。(參考圖 3.1.6 由移動式柴油發電機和保安柴油發電機供電至 480VPC /MCC 簡圖)

2 緊急提供 RCIC 直流電源：

SBO 時，透過負載的管控，可維持 RCIC 直流電源 24 小時。

(1)以下所列前 3 項措施中的任何一個均可確保 RCIC 所需直流電源可用及持久：

a.7th EDG 緊急時可透過 S4 BUS 同時供電至兩部機組之 A4/B4/C4 BUS。

b.氣渦輪機連接至 AFB S4 BUS 供電。

c.本廠已增設五台 480V 100kW 移動式柴油發電機，任一台可供給 1R12-MCC-0140A4-9B，可提供充電機電源以供應 DIV I 125VDC 直流匯流排及 DIV I CVCF 電源。

d.本廠 RCIC 之調速機(GV)為機械式不需電源就可起動，只需要手動開啟蒸汽關斷閥 1E51-MBV-0103 及注水閥 1E51-MBV-0004 即可；而且上述兩閥均位於圍阻體外，操作上應無問題。

(2)本廠 RCIC Pump 為定量泵可克服 RPV 緊急事故時水頭，緊急時可經由可使用 Override 功能由主控制室將水源切換到 CST，不會有水頭不足問題。而 CST 可由 DST 補水或藉由人工補水至 CST。

(3)若喪失外電超過 8 小時，則利用臨時柴油機供電至 1R16-BYC-0000A4 之輸入 BKR 1R12- MCC- 0140A4-9B 以便提供 DIV I 所有 DC 電源；另在第(1)項措施(A)~(C)項之任一項均可確保直流

電源的可用及持久，並可支援 RCIC 及 ADS 直流電源等。

(4)CST 之後備水源可由 DST 或由消防水車經由 DST 至 CST 連接臨時管節注入。

(5)反應器壓力降至 0.6MPaG 以下之後，可利用 RHR ACIWA MODE 將生水系統直接補水至反應器。(如附圖 5-3)

3.相關之緊急操作步驟均已加入 1451 程序書內，說明在發生上述狀況時如何處置。

5.1.3 喪失廠外電源、備用電源(EDG)及其他另樣式備用電源

5.1.3.1 設計要求

若喪失廠外電源、備用電源(EDG A/B/C)及第 7 台安全等級之緊急柴油發電機(7th EDG)等其他備用電源後，電廠設計上將僅剩下直流電力系統可用，在廠區全黑情況下，可由 RCIC 維持反應爐水位，RCIC 主要依賴 125V 直流電供應必要電力，其設計基準可維持 8 小時。直流電源並可提供 SRV 運轉所需之控制電源而廠內之直流電力系統及 CVCF 電源配置如下：

1. CVCF 系統：

電廠目前設計：

(1) 安全級緊要 AC 電力系統包括下列支系統，可提供安全相關設備穩壓穩頻之不斷電之交流電力。

支系統名稱	CVCF 位置	設備名稱編號	容量
CLASS 1E CVCF	C/B: DIV. I / II / III / IV	R13-CVCF-0000A4/B4/C4/D4	50KVA

CLASS 1E CVCF(二部 機共用)	AFB: DIV.0	0R13-CVCF-0000S4	50KVA
RBSW CLASS 1E CVCF	RBSW P H: DIV. I / II / III	R13-CVCF-5000A4/B4/C4	5KVA

- (2) R13-CVCF-0000A4/B4/C4/D4 之電源架構，正常輸入為三相 480VAC 電源和備用 125VDC 電源，變流器輸出為單相 480VAC，供電至盤面 1R13-PPL-0000 A4/B4/C4/D4，再經變壓器降壓至 120VAC 後分別送至控制廠房和反應器廠房，可供給下游儀控負載包括 DRS 系統和 RTIF；正常時變流器經由靜態開關 EA 供電，變流器異常時則自動切換至靜態開關 EN，改由 Bypass 480VAC 交流電源供電。
- (3) R13-CVCF-0000S4 之電源架構，正常輸入為三相 480VAC 電源和備用 125VDC 電源，變流器輸出為單相 480VAC，供電至盤面 1R13-PPL-0000S4，再經變壓器降壓至 120VAC 後分別送至 AFB 廠房，供 SEDG 相關設備使用。正常時變流器經由靜態開關 EA 供電，變流器異常時則自動切換至靜態開關 EN，改由 Bypass 480VAC 交流電源供電。
- (4) R13-CVCF-5000A4/B4/C4 電源架構，正常輸入為三相 480VAC 電源和備用 125VDC 電源，變流器輸出為單相 120VAC，供電至盤面 1R13-PPL-5000A4/B4/C4，再分別送至 RBSW PH 廠房，供 RBSW A/B/C 相關設備使用。正常時變流器經由靜態開關 EA 供電，變流器異常時則自動切換至靜態開關 EN，改由 Bypass 480VAC 交流電源供電。
- (5) CVCF 設計容量至少 8 小時，安全級緊要 CVCF 480V 電源緊急時可由 EDG A/B/C 和 SEDG 供電。

2. 直流系統：

電廠目前設計：

(1)安全級直流電力系統包括下列支系統，可提供安全相關設備直流電源：

支系統名稱	位置	蓄電池設備 名稱編號	蓄電池容量 AH
CLASS 1E 125VDC	C/B: DIV. I / II / III / IV	1R16-BTRY-0000A 4/B4/C4/D4	3600AH/3600AH/ 2400AH/1800AH
CLASS 1E 125VDC (共用)	AFB: DIV.0	0R16-BTRY-0000S 4	1800 AH
RBSW CLASS 1E 125VDC	RBSW P H: DIV. I / II / III	1R16-BTRY-5000A 4B4/C4	900 AH

(2)系統設備包括：Battery Bank、Normal Charger、Standby Charger、DC Power Center、Distribution Panel 與有關之控制、監測（含 Battery Bank 之監測）、保護等設備。正常運轉時，DC 匯流排由 Normal Charger 受電，充電器容量足以維持機組運轉所需電力，同時也維持蓄電池組在完全充電狀態（採用浮動充電，Floating Charge）。充電器由 480V 匯流排供給，充電器故障時，負載自動改由蓄電池組供電。

(3) DC 系統供給廠內重要設備與系統可靠的電源，包括（a）緊急照明、（b）EDG/SDG 磁場、（c）控制與開關、（d）控制電驛、（e）儀表指示、（f）多工系統(H23)、（g）RCIC 直流電設備、（h）CRD Backup Scram valve(#104/105)、（i）Main Steam 系統直流電設備、（j）CVCF 備用電源。

(4)當電廠發生設計基準事故 (Design Base Accident, DBA) 時，Class 1E 125 VDC 供應持續、可靠的儀器控制及安全停機所須之直流電源，如斷路器控制、保護電驛和緊急後備油泵等之電力。

(5)重要操作系統 RCIC、ECCS 注水系統之電源：

ECCS 安全相關儀控盤面電源設計上有 1R16(DC Power)，分為 DIV. I / II / III / IV 4 個 Division。

RCIC Pump Control panel (1R16-PPL-0100A4)。

(6) RPV 緊急洩壓之 SRV 電源來自 1R16-PL-0100A4 或 1R16-PL-0100B4。

5.1.3.2 電池容量及運轉期長

當喪失廠內、廠外交流電時 (指 Station Blackout)，Class 1E Div I 之蓄電池組足以供應負載所需電力至少八小時 (依 FSAR Table 8.3-6 如附表 5-1 Div I 蓄電池組負載分析表)。

CASE 1: 23.2 小時 (RCIC Random load in 0~3 Min and 120~123Min0)

CASE 2: 21.1 小時 (RCIC Random load in 0~3 Min and 477~480Min0)

CASE 3: 23.2 小時 (RCIC Random load in 117~3120 Min and 477~480 Min0)，RCIC 直流電源 125V DC Class 1E Div I，至少可維持 8 小時運轉。

若 AC 電源無法恢復則視機組情形依程序書 524.01 廠區全黑將負載切離以降低負載，延長電池組供電時間。

5.1.3.3 燃料劣化前廠內的自主運轉能力

(1)在廠區全黑情況下，且喪失第 7 部柴油發電機時，可由 RCIC 維持反應爐水位，RCIC 直流電供應之設計基準可維持 8 小時，依

FSAR 8.3 分析至少可運轉約 21 小時（如切離部分不必要的負載後可維持接近 24 小時所需）；並藉由反應爐降壓與圍阻體排氣，將反應爐餘熱移除，爭取廠內電源復原的操作時間。

(2)本廠已增設五台 480V 100kW 移動式柴油發電機，任一台可供 1R12-MCC-0140A4-9B，可提供充電機電源以供應 DIV I 125VDC 直流匯流排及 DIV I CVCF 電源。

(3)本廠 RCIC 之調速機(GV)為機械式不需電源就可起動，只需要手動開啟蒸汽關斷閥 1E51-MBV-0103 及注水閥 1E51-MBV-0004 即可；而且上述兩閥均位於圍阻體外，操作上應無問題。

5.1.3.4 可防止燃料劣化的措施

1.廠內現有設備，例如其他機組的設備：

(1)建立全黑時直流電 24 小時供電能力：

依本廠 FSAR TABLE 8.3-6 及 TABLE 8.3-7 的 Station Black Out(SBO)所需之負載，計算電廠全黑(SBO)後各蓄電池組放電量(AH)累計值如下表：

Battery-S4 SBO放電量為實際值(A)乘以間隔時間(Hr)，單位為安培-小時(AH)										
間隔(分)	0-1	1-2	2-119	119-120				後 16hr	24 小時累計	
									剩餘(+)/不足(-)	
(A)	590.41	364.37	252.87	256.94				129		
(AH)	9.84	6.07	493.1	4.28				4106.34	6159.5	
									-4359.5)	
Battery-A4 CASE A SBO放電量為實際值(A)乘以間隔時間(Hr)，單位為安培-小時(AH)										
間隔(分)	0-1	1-2	2-3	3-119	119-120	120-121	121-123	123-479	479-480	24 小時累計
										剩餘(+)/不足(-)
(A)	1224.09	600.03	482.93	420.03	420.03	358.17	125.58	62.68	62.68	
(AH)	20.4	10.0	8.05	812.04	7.0	5.97	4.186	371.9	1.05	3721.8
										-121.8

Battery-A4 CASE B SBO放電量為實際值(A)乘以間隔時間(Hr)，單位為安培-小時(AH)										
間隔(分)	0-1	1-2	2-3	3-119	119-120	120-477	477-478	478-480		24 小時累計
										剩餘(+)/不足(-)
(A)	1224.09	600.03	488.53	482.93	420.03	62.68	358.17	125.58		
(AH)	20.4	10.0	8.14	933.66	7.0	372.96	5.97	2.09		4080.7
										-480.7
Battery-A4 CASE C SBO放電量為實際值(A)乘以間隔時間(Hr)，單位為安培-小時(AH)										
間隔(分)	0-1	1-2	2-117	117-118	118-119	119-120	120-477	477-478	479-480	24 小時累計
										剩餘(+)/不足(-)
SBO 實際值(A)	789.11	531.53	420.03	855.01	488.53	482.93	62.68	358.17	125.58	
SBO 放電量 (AH)	13.15	8.86	805.07	14.25	8.14	8.05	372.95	5.97	2.09	3715.6
										-115.6

a.由上表顯示：本廠於發生 SBO 時 RCIC 所使用之 DIV IDC 電池組依目前 FSAR 分析之案例，最少可達 21.1 小時。

b.SBO 時透過「524.01 廠區全黑」程序書所列的負載管控的機制，至少可支撐 24 小時，以維持 RCIC 之運轉所需。

(2)本廠已規劃緊急時透過 7th EDG 配電盤同時提供二部機組轉供電之應變能力、負載調度預估及節電等操作步驟，對蓄電池充電機供電，送至負載。

(3)已備置以移動式柴油發電機，可供給 1R12-MCC-0140A4-9B，可提供充電機電源以供應引接至蓄電池之充電機送電使用，以延長蓄電池供電能力。

(4)廠內有消防車數量如下，可接用生水、龍門情人湖/石碇溪/雙溪或海水等替代水源，連結至 RHR 系統 ACIWA 進行爐心或用過燃料池補水冷卻，以防止燃料劣化。

龍門廠消防隊消防車				
名稱	數量	水箱容量	出口壓力	備 註
消防化學車	一輛	6,000 公升	0~ 27.6kg / cm ²	出水量 3000 公升/ 分鐘@10 kg / cm ²
水庫車一輛	一輛	12,000 公 升	0~10 kg / cm ²	出水量 800~2400 公 升/分鐘@10.0 kg / cm ²

2.假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備

同 5.1.2.4 節第 2 項說明。

3 鄰近電廠及氣渦輪機組能經專用配線直接配置供電

同 5.1.2.4 節第 3 項說明。

4.上述任一系統操作運轉所需時間

同 5.1.2.4 節第 4 項說明。

5.執行特殊引接合格人員的可用性

同 5.1.2.4 節第 5 項說明。

6.確認主要瀕危效應發生的時間

用以維持 RCIC 及 SRV 運轉的直流電源喪失或蓄電池電力耗盡，

5.1.3.3 自主運轉能力將喪失，則：

(1) ADS/SRV 在直流電喪失後，靠安全功能動作洩放反應爐壓力。

正常運轉由 ACS 氮槽提供氮氣；異常情況由(DIV A 及 DIV B)兩組位於反應器廠房 7F 專屬之氮氣瓶組供氣，每 DIV 有 10 瓶氮氣瓶，足以提供 SRV/ADS 開啟位置至少持續 7 天。此外每只 SRV 亦有蓄壓器，有足夠能力在乾井設計壓力下開啟一次，乾井正常壓力下開啟五次。

SRV 之氮氣若壓力低時，可更換氮氣瓶或補充氮氣，以確保 SRV 可用。應隨時確保氮氣瓶之存量。只要 ACS 系統之氮氣有足夠存量即可確保乾井內操作動力無虞。

(2)若以『救援機組熱移除路徑』利用生水系統維持反應爐水位（斷然處置措施），以雙機組複合式災變下補水計算（包括反應爐、用過燃料池總需補水量為 $(1974)\text{gpm}=442.2$ 噸/小時；生水總存量以 80%計約 3.84 萬噸），可連續提供 86.84 小時（3.62 天）。

(3)綜合上述，在無廠外支援下，靠洩壓及注水併行策略執行，能承受全黑事件的運轉時間至少在(86.84)小時以上，惟若反應爐洩壓及注水併行策略執行至約(15.6)小時，抑壓池水位上升將達抑壓池排氣管口高度，會造成抑壓池無法進行排氣洩壓，圍阻體完整性將受衝擊，而危及反應爐安全。

5.1.3.5 強化防護能力的措施

1.RCIC 喪失直流電源運轉方案(手動啟動運轉)

已於 1451 斷然處置程序書 LM.1-05 建立「喪失直流電源，現場手動 RCIC 操作步驟，現場手動節流開啟 RCIC 汽機 TRIP&THROTTLE VALVE，運轉 RCIC 進行反應爐補水及消耗反應爐蒸汽進行洩壓。

2.電源強化

在蓄電池放電耗盡前以 480VAC 移動式柴油發電機或保安柴油發電機供電至 480V PC/MCC 再轉供至 CVCF 和 DC CHARGER，已規劃並備以移動式柴油發電機引接至蓄電池之充電機送電使用，以延長蓄電池供電能力。4.16kv/480v 交流電源強化方案如 5.1.2.5 強化防護能力措施。

3.程序書救援電源列置行動

1451 程序書救援電源列置行動計有：

- (1)LM.2-04 SDG 緊急時同時提供兩部機組操作指引。
- (2)LM.2-05 #1 機 EDG 與#2 機 EDG 互相救援操作指引。
- (3)LM.2-07 保安系統 EDG 支援廠內電源操作指引。
- (4)LM.2-11 4160V/1100 kW 氣渦輪機組柴油發電機引接。
- (5)LM.2-12 4.16 kV 移動式柴油發電機支援廠內電源操作指引。

5.1.4 喪失最終熱沉

5.1.4.1 燃料劣化前廠內自主能力設計要求

1.正常熱沉：

- (1)反應爐產生之熱量至主汽機作功後(未作功之蒸汽經蒸汽旁通閥)，排至主冷凝器，循環水系統之水泵(CWP)，將熱量移除至大海。

- (2)反應爐停機後之衰變熱，啟動餘熱移除系統(RHR)之停機冷卻模式，利用反應器廠房冷卻水系統(RBCW)水泵，提供冷卻水至餘熱移除系統(RHR)熱交換器，將反應爐熱量移除至大海。
- (3)反應爐停機後，發生主蒸汽關斷閥關閉時，造成安全釋壓閥(SRV)開啟，反應爐之衰變熱，洩放至抑壓池，啟動餘熱移除系統(RHR)之抑壓池冷卻模式，利用反應器廠房冷卻水系統(RBCW)水泵提供冷卻水至餘熱移除系統(RHR)熱交換器，將反應爐洩放至抑壓池衰變熱，透過抑壓池冷卻模式，將熱量移除至大海。
- (4)反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)運轉，提供熱沉至反應器廠房冷卻水系統(RBCW) 熱交換器，將 RBCW 熱移除。

2.最終熱沉：

- (1)本廠移除各系統所產生熱量分別由汽機廠房冷卻水系統(TBCW)、反應器廠房冷卻水系統(RBCW)與主冷凝器，上述各系統藉由熱交換器將熱量排放至大海當作最終熱沉，分別由汽機廠房冷卻海水系統(TBSW)、反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)與循環水系統(CCW)提供海水做為熱交換使用。其中僅反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)被設計執行安全功能，其分析如下：
- a.RBSW 廠房為耐震一級結構，設計基礎事故下仍可發揮其功能將海水送入熱交換器。
 - b.RBSW 泵所在房間設有水密門，電源供應斷路器位於反應爐廠房利用電纜線輸送電力至馬達接線箱，馬達接線箱亦為水密設計，可有效防止海嘯侵襲造成設備失效之狀況。
 - c.反應器廠房冷卻水系統(RBCW)設備、管路與電源等皆為安全相關設計，設計基礎事故下仍可發揮其設計功能。
 - e.RBSW 系統每串需能獨立移除設計基準事件熱負載要求的50%，每串主要設備為二台 RBSW 泵、二台 RBSW(自清式)

過濾器、三台 RBCW 熱交換器、相關的管閥及儀控設備，除共用的抽取海水及回到海水的管路外，各串於電氣上、機械上、液壓上為分離獨立設計。於正常運轉、停機更換燃料、AC 電源可用之熱待機、喪失廠外電源之熱待機、抑壓池冷卻時，RBSW 系統三串運轉；於喪失冷卻水事件的緊急事故時，設計上僅需兩串即可移除喪失冷卻水事件所需移除的熱量的。於此狀況時，RBSW 系統每串兩台 RBSW 泵運轉。

f.反應爐廠房冷卻海水系統(RBSW)進水池設計容量足夠兩部機組三串六台反應器廠房海水泵連續運轉 23.2 分鐘~28.1 分鐘，由於海嘯退潮不到 18 分鐘，海水會再湧進水池圍堰牆之內而使池內水位上升，因此應無海水泵吸不到水的問題。

(2)反應爐移除衰變熱方式為餘熱移除系統之停機冷卻模式(RHR SDC 模式)。反應爐停機後，如果採用 3 台 RHR 水泵進行停爐冷卻模式運轉，在 24 小時內能將爐水冷卻至 60°C。在鬆開反應爐頂蓋螺栓時可將爐水冷卻至 54.4°C，而在反應爐穴淹水 (Flooding) 時可進一步冷卻到 48.9°C。萬一只剩 2 台 RHR 水泵可進行停爐冷卻模式運轉時，亦可在反應爐停機後之 36 小時內，將爐水溫度冷卻至 100°C。

(3)抑壓池移除熱量方式為餘熱移除系統之抑壓池冷卻模式(RHR SPC 模式)。本運轉模式之設計，可將池水冷卻至 32°C 以下，此溫度可保證抑壓池能安全地吸收 LOCA 發生時所沖放之熱能，即爐水沖放後，抑壓池水溫仍可維持在 97°C 以下。

(4)反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)、反應器廠房冷卻水系統(RBCW)與餘熱移除系統 (RHR)為機組最終熱沉所需利用的三個系統，其支援系統分析如下：

a.三系統電源皆為安全中壓匯流排

(R11-MSWG-0000A4/B4/C4)，除外電 345KV 與 161KV 外另緊

急柴油機為其後備供電系統，此外兩部機共用一部 swing EDG 可供電至任一安全中壓匯流排。緊急柴油發電機(廠房海拔 12.3 公尺)及 swing EDG (廠房海拔 12.3 公尺)，設計上皆為耐震一級 (SEISMIC I)。

b.反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)通風系統於運轉期間提供泵室通風以維持適當室溫，同時供給足夠通風使 RBSW 水泵室室溫不超過 40°C。而 RBSW 水泵室通風扇係設計與製造符合耐震一級和 class 1E 級電氣規格之要求，風扇的功能主要係提供 RBSW 水泵安全運轉。

c.反應器廠房冷卻系統(RBCW)通風系統係使用控制廠房安全相關設備區 (Safety-Related Equipment Area, SREA) 之通風及空調系統於運轉期間提供該區域通風以維持適當室溫，同時供給足夠通風使 RBCW 水泵室室溫不超過 40°C。而 RBCW 水泵室通風扇係設計與製造符合耐震一級和 class 1E 級電氣規格之要求，風扇的功能主要係提供 RBCW 水泵安全運轉。

SREA 風管屬於特殊安全設施 (ESF) 之風管，地震分類第一級設計，ESF 之建築物、地板、門和風門是依據 ANSI N509 及 ANSI N510 第六章設計、建造與測試，並具高壓安全等級特性，足以承受正常或異常狀況下產生之最大正壓或負壓。在廠房吸氣與排氣口葉片外具有颱風、飛射物屏蔽，以防止颱風時所捲起之飛射物體由開口侵入。

d.餘熱移除系統 (RHR)泵室通風係使用反應器廠房安全有關設備通風系統(RBSREHV)，在發生所有的 LDBE (執照有關設計基礎事件-License Design Basis Events) 時，能提供安全有關設備區於控制溫度之環境。在正常情況下，RBSCHV 冷卻安全有關設備區域；在發生 LDBE 並導致系統隔離之後及其期間，RBSREHV 提供安全有關設備區域可靠的冷卻。在 RHR、

HPCF、RCIC 泵室之 AHU 會隨各該安全有關泵之起動而起動。空調設備組使室內空氣循環並以反應器廠房冷卻系統（RBCW）之水來冷卻。

(5)反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)、反應器廠房冷卻水系統(RBCW)與餘熱移除系統 (RHR)為機組最終熱沉所需利用的三個系統，每個系統皆有三區相同之設計，於最終熱沉考量下只需任一區維持正常運作即可確保。並無其他系統做為備援的能力。

5.1.4.2 可阻止燃料劣化的措施

1.廠內現有設備，例如其他機組的設備：

福島事件在喪失最終熱沉時的策略，為注水入爐心後，燃料的衰變熱將所注入爐心的冷卻水加熱蒸發，並透過 ADS/SRV 的開啟將蒸發蒸汽排至抑壓池冷凝，對不冷凝或無法冷凝的蒸汽或不凝結氣體，經圍阻體排氣系統排至大氣，而形成一個暫時性的熱移除救援路徑。因此針對電廠喪失所有海水最終熱沉事件，本廠規劃有因應策略如下：

(1)反應爐熱移除方式：

a.RBSW 系統功能若因海嘯來襲而喪失，其因應措施如「反應爐/圍阻體熱移除方式」及「各種水源灌水路徑及動力來源」說明，先利用廠內各種可取得之水源補水至反應爐，再以 Venting 的方式將被反應爐加熱後之蒸氣排出，藉此方式移除衰變熱，即利用 ACIWA 持續補水反應爐，反應爐洩壓至濕井，濕井逸氣至外界來作為被動式熱沉能力，取代以 RBSW 海水經由 RHR 熱交換器移除衰變熱，待海嘯退去後，即可快速恢復 RBSW 系統可用。

b.喪失 RBSW 海水冷卻時，但 RBCW 仍可用時則利用下列之一方法：

(a)利用充放(Feed & Bleed)RBCW 方式供應冷卻水至 RHR/EDG 熱交換器，而補充水來源由消防水或 P11 系統提供至 RBCW Surge Tank。

(b)臨時泵於出發井抽取海水並由臨時管接至 RBCW 熱交換器。

(2)反應爐補水：

a.延長/增強爐心隔離冷卻系統(RCIC)補水至爐心運轉期間

爐心隔離冷卻系統(RCIC)是一可消耗反應爐內蒸汽(熱量)，又可補水進入反應爐內，維持本系統運轉可達到多面效能。RCIC 蒸氣驅動泵控制需使用直流電源，原設計可使用 8 小時，經切離一部份非必要之負載後可達 24 小時，發生廠區全黑時加強直流電源系統之負載管控，將可使爐心隔離冷卻系統(RCIC)及安全釋壓閥(SRV)內有自動洩壓功能之釋壓閥(ADS)增加可用時間。

b.喪失 RCIC 補水時替代爐心補水強化因應措施

當發生廠區全黑狀況致使緊急爐心冷卻系統 (ECCS,包含 RCIC) 不可用，必須立即進行反應爐降壓，開啟釋壓閥(SRV)將反應爐迅速降壓至小於 0.6MPaG，以使低壓之替代水源，如消防水(生水)、移動式抽水機或消防車注水，可將冷卻水經 RHR 系統 ACIWA 管路補入反應爐。電廠現行設計有替代爐心冷卻水流徑，可將位於 116.6 公尺高處之 24000 噸 X2 生水池生水經消防水系統之柴油機驅動消防泵/馬達驅動消防泵、消防車或生水池重力經 RHR C 管路補水入反應爐(如圖 5-3)。

此流程路徑說明如下：

●路徑為：0P16-TNK-5001A/B → 0P16-P-5001A/B → 0P16 管路 → E11-BV-0045C/46C → E11-MBV-0005C →

E11-AOV-0006C → E11-BV-0007C →RPV。

●路徑為：生水池 → 0P16-BV-5250/5497/5211 → 0P16 管路 → E11-BV-0045C/46C → E11-MBV-0005C → E11-AOV-0006C → E11-BV-0007C →RPV。

●路徑為：消防車→ 快速接頭管路 → E11-BV-0047C → E11-BV-0045C/46C → E11-MBV-0005C → E11-AOV-0006C → E11-BV-0007C →RPV。

(3)圍阻體熱移除與逸氣部份：

發生喪失最終熱沉時，需將反應爐緊急洩壓，將大量之反應爐內熱量移至一次圍阻體內，抑壓池水溫會急速上升，燃料若過熱也會產生氫氣，很可能造成抑壓池熱容溫度大於限值，與一次圍阻體壓力上升達一次圍阻體壓力限制，因此必需一次圍阻體內逸氣，以保護一次圍阻體完整。

而本廠之大氣控制系統(ACS)，在事故發生後，至抑壓槽壓力上升至壓力限值前，可先從抑壓槽進行逸氣排放（經抑壓池水吸收過濾可減低放射性物質釋放量），再經備用氣體處理(SBGT)系統抽氣處理後排放至廠界，執行一次圍阻體逸氣，降低一次圍阻體壓力，若無效再從乾井進行排放。另本廠機組裝設有圍阻體過壓保護系統(COPS)，在濕井壓力上升達到 652kpaG 時，Rupture Disk 破裂洩放一次圍阻體壓力，避免超過壓力限值，維持一次圍阻體的完整性。

2.假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備

同 5.1.2.4 節第 2 項說明。

3.上述任一系統操作運轉所需時間

同 5.1.2.4 節第 3 項說明。

4.執行特殊引接合格人員的可用性

同 5.1.2.4 節第 4 項說明。

5.確認主要瀕危效應發生的時間

若反應爐洩壓及注水併行策略執行至抑壓池水位上升將達抑壓池排氣管口高度，會造成抑壓池無法進行排氣洩壓，圍阻體完整性將受衝擊，而危及反應爐安全。

5.1.4.3 強化防護能力的措施

1.強化最終熱沉：

(1)在設計基準下，反應器廠房海水系統只要有一迴路運作，就足以應付緊急狀態下爐心燃料衰變熱及安全有關機件冷卻的熱移除，本廠已規劃緊急海水冷卻系統復原計劃，並購妥 RBSW 及 RBCW 備用馬達供緊急更換。萬一反應器廠房海水泵馬達受損時迅速更換之機制，因應馬達受損時可迅速更換。

2.增加熱移除路徑：

(1)RBSW 系統功能若因海嘯來襲而喪失，其因應措施如「反應爐/圍阻體熱移除方式」及「各種水源灌水路徑及動力來源」說明，先利用廠內各種可取得之水源補水至反應爐，再以 Venting 的方式將被反應爐加熱後之蒸氣排出，藉此方式移除衰變熱，即利用 ACIWA 持續補水反應爐，反應爐洩壓至濕井，濕井逸氣至外界來作為被動式熱沉能力，取代以 RBSW 海水經由 RHR 熱交換器移除衰變熱，待海嘯退去後，即可快速恢復 RBSW 系統可用。

(2)喪失 RBSW 海水冷卻時，但 RBCW 仍可用時則利用下列之一方法：

a.利用充放(Feed & Bleed)RBCW 方式供應冷卻水至 RHR/EDG 熱交換器，而補充水來源由消防水或 P11 系統提供至 RBCW

Surge Tank。

b.臨時泵於出發井取海水並由臨時管接至 RBCW 熱交換器。

3. 反應爐補水：

(1)利用重力方式將 CST 儲水由 HPCF 管路打入反應爐。

a.反應爐內燃料頂端高度為海平面標高 14.1 米，CST 水槽海平面標高 12.3 米，其平時儲水高度約 18 米故約有 16 米高度落差將水注入反應爐。

b.注水路徑可經由 HPCF B/C 兩串，泵不需起動運轉，已於試運轉階段驗證可行。

●路徑為：CST → P13-BV-5725/5726/5727 →
E22-MBV-0001B → E22-P-0001B → E22-MBV-0004B
→ E22-AOV-0005B → RPV。

●路徑為：CST → P13-BV-5725/5726/5727 →
E22-MBV-0001C → E22-P-0001C → E22-MBV-0004C
→ E22-AOV-0005C → RPV。

(2)利用重力方式將 CST 儲水由 RCIC 管路打入反應爐。

a.反應爐內燃料頂端高度為海平面標高 14.1 米，CST 水槽海平面標高 12.3 米，其平時儲水高度約 18 米故約有 16 米高度落差將水注入反應爐。

b.注水路徑可經由 RCIC，泵不需起動運轉，已於試運轉階段驗證可行。

●路徑為：CST → P13-BV-5725/5726/5727 →
E51-MBV-0001 → E51-P-0001 → E22-MBV-0004 →
E22-AOV-0005 → RPV。

(3)新增可移動式柴油發電機供應 SLC 馬達由測試槽取水打入反應

爐。(480V/75 KW)(R12-LSWG-0100A4/B4)。

●路徑：C41-TNK-0002 → C41-BV-0010 → C41-BV-0002A
→ C41-P-0001A → C41-MBV-0005A → RPV。

●路徑：C41-TNK-0002 → C41-BV-0010 → C41-BV-0002B
→ C41-P-0001B → C41-MBV-0005B → RPV

(4)新增可移動式柴油發電機供應 CSTF 浮動充壓泵(480V/23 KW)(R12-MCC-5020A1-5A/5030A2-4RA)或重力，藉由 ECCS 管路打入反應爐。

●路徑：CSTF → E11-BV-0030A → E11-MBV-0005A →
E11-AOV-0006A → N22-AOV-0003A → N22-BV-0005A
→ RPV。

●路徑：CSTF → E11-BV-0030B/C → E11-MBV-0005B/C →
E11-AOV-0006B/C → E11-BV-0007B/C → RPV。

●路徑：CSTF → E22-BV-0017B/C → E22-MBV-0004B/C
→ E22-BV-0006B/C → RPV。

●路徑：CSTF → E51-BV-0036 → E51-MBV-0004 →
E51-AOV-0005 → N22-AOV-0003B → N22-BV-0005B →
RPV。

(5)以臨時泵於出發井取海水經飼水管路或消防管路打入反應爐。

●路徑：seal pit/出發井 → 臨時泵 → 臨時管 →
N22-BV-5086A/B/5085A/B → N22-MBV-0001A/B →
N22-AOV-0003A → N22-BV-0005A → RPV。

●路徑：seal pit/出發井 → 臨時泵 → 臨時管 → 消防管 →
E11-BV-0045C/46C → E11-MBV-0005C →
E11-AOV-0006C → E11-BV-0007C → RPV。

4. 一次/二次圍阻體之排氣：

本廠針對發生喪失熱沉或電廠全黑事故時，一次/二次圍阻體之排氣功能(如附圖 5-5)，已進行規劃配合增購之移動式 480VAC 柴油發電機供電配置，可進行一次圍阻體之沖淨、排氣，對事故時一次圍阻體內累積的氫氣可發揮稀釋、排除作用。相關措施如下)：

(1)執行一次圍阻體排氣路徑：

- a.利用新增 1 台可移動式柴油發電機供應 SGTS(480V/45 KW)(R12-MCC-0120B4/C4)風扇電源及 FCS(480V/75 KW)(R12-LSWG-0100B4/C4)加熱器電源，電源提供方式視情況可由負載中心或直接供應至馬達方式，其路徑中閥門利用手動方式操作，進行圍阻體排氣過濾與氫氣控制工作。

●路徑：乾井→ T49-MBV-0001B → T49-MBV-0002B → T49-MCV-1002B → T49-BLO-0001B → T49-MBV-0004B → T49-MBV-0005B →濕井。

●路徑：乾井→ T49-MBV-0001C → T49-MBV-0002C → T49-MCV-1002C → T49-BLO-0001C → T49-MBV-0004C → T49-MBV-0005C →濕井。

- b.圍阻體隔離閥皆位於 CTMT 外側，事故發生後人員可接近操作設備開啟後固定於全開位置。

(2)二次圍阻體排氣路徑：

●路徑：T41-AOV-0193A/B/C → T41-AOV-0198A → T41-AOV-0198B → T41-FAN-0902A/B/C→外界。

●路徑：T22-MOV-0001B/C → T22-SGTR-0001B/C → T22-FAN-0001B/C → T22-MOV-0003B/C→外界。

5. 補水水源結構體評估、強化：

為因應強震帶來之損傷，龍門廠已著手評估各項耐震等級提升之作業。

(1)新增一套生水池輸送管路為明管且為耐震 IIA 級之設計，以作為事故後備援之用。新增管路完成後現輸送管路不移除但關閉水池出口隔離閥，避免該管路損壞時造成池水流失。

(2)新增明管生水主管路需具備局部彈性，於特定地點連接彈性管路，以吸收地震錯位造成之位移，讓管路不致輕易被扯壞。

5.1.5 廠區全黑下喪失最終熱沉 (SBO+LUHS)

5.1.5.1 燃料劣化前廠內自主能力設計要求

廠區全黑下喪失最終熱沉情況下，替代反應爐冷卻措施：

若以 RCIC 控制反應爐水位及壓力，依 FSAR 分析結果目前至少可支撐 21.1 小時，經直流電負載管控後應可支撐 24 小時。

5.1.5.2 可防止燃料劣化的外部支援措施

1. 廠內現有設備，例如其他機組的設備：

(1)廠內設備電源之供給，研議 7th EDG 緊急時可透過 S4 BUS，同時提供 2 部機組供電之應變能力。

(2)廠內各機組尚有本身的 ADS/SRV、RCIC、儀用氮氣系統，以及另一部機可互相支援的 CST（一、二號機可相互支援）、補充水 P11/消防水系統 P16（一、二號機可相互支援）、壓縮空氣系統及緊要匯流排（一、二號機可相互支援）等。

(3)生水池經消防管路與 ACIWA 重力補水。

(4)廠內有消防車數量如下，可接用生水、出發井排水渠道汲取海水或往返情人湖取水，連結至餘熱移除系統 RHR 系統進行爐心或用過燃料池補水冷卻，以防止燃料劣化。

龍門廠消防隊消防車

名稱	數量	水箱容量	出口壓力	備 註
消防化學車	一輛	6,000 公升	0~ 27.6kg / cm ²	出水量 3000 公升/ 分鐘@10 kg / cm ²
水庫車一輛	一輛	12,000 公 升	0~10 kg / cm ²	出水量 800~2400 公 升/分鐘@10.0 kg / cm ²

(5)若因超出設計基礎事故造成 SRV 喪失操作氣源或電源時，可利用下列方法：

- a.SRV 喪失操作氣源時利用臨時空壓機併入位於反應爐廠房七樓東北角/東南角的氮氣系統(P54)，即可供應至有 ADS 功能的 SRV，依設計共有 20 氮瓶其容量可維持 SRV/ADS 在開啟位置至少 7 天。
- b.SRV 喪失操作電源時先使用臨時柴油發電機供電至 CVCF 提供 SRV 操作電源。
- c.使用攜帶式 DC 電源至 H23-PL-0302A/B(反應爐廠房三樓)直接提供電源至 SRV 或至 R51-EPEN-0001C1/C2(反應爐廠房四樓)直接提供電源至 SRV。

2. 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備：

- (1)廠內所有機組都受損且喪失最終熱沈（喪失電力供應），廠外提供可用的設備則有本廠的消防車、貢寮區、雙溪區、瑞芳區等消防隊的消防車，消防水泵、消防水帶支援。但先決條件必需每部機組的 ADS/SRV 可操作減壓，RHR 系統的 ACIWA 管路仍可用下才能發揮效用。龍門廠附近行政區消防車如附表 5-3。
- (2)廠外提供可用的設備有核二廠的一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及四台 480V 200kW 移動式柴油發電機與核一廠的一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及八台 480V 500kW 移動式柴

油發電機。

(3)本廠已與新北市政府消防局簽訂「消防救災支援協定書」，支援單位之人力、車輛、機具，將依災害之特性，進入災區支援搶救。

3. 上述任一系統操作運轉所需時間：

(1)本廠消防車自生水泵室取水經已列置好的 RHR 管路到補水進入爐心所需總時間約 30 分鐘。

(2)貢寮區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 10 分鐘，若爐心補水路徑已列置完成，則所需時間只有進廠時間 10 分鐘。

(3)雙溪區或瑞芳區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 30 分鐘，若補水路徑已列置完成，則所需時間只有 30 分鐘。

(4) 以山上 48000 噸生水池之生水補水需時 30 分鐘，以消防車經新增設之用過燃料池抗震等級之常備硬管式補水需約 25 分鐘。

4. 執行特殊引接合格人員的可用性：

系統設備如何操作已列於斷然處置程序書 1451，對系統、設備確認操作由運轉值班人員執行，勞力操作只需再補以些許勞力支援即可完成，並均由值班主任/值班經理指令為之；消防車、消防設備的操作仍由消防隊消防人員為之。

上述執行操作之人員均經訓練及演練測試，可完全勝任操作要求，故不構成操作合格人員可用性的疑慮。

5. 確認主要瀕危效應發生的時間：

抑壓池水位上升將達 COPS 排氣管口高度，會造成抑壓池無法進行排氣洩壓，圍阻體完整性將受衝擊，而危及反應爐安全。

5.1.5.3 強化防護能力的措施

1. 最終熱沉喪失相關強化方案：

同 5.1.4.3 節強化防護能力的措施敘述。

2. 緊急交流及直流電源強化方案：

同 5.1.3.5 節說明。

3. 替代長期冷卻機制：

(1)RBSW 系統功能若因海嘯來襲而喪失，其因應措施如「反應爐/圍阻體熱移除方式」及「各種水源灌水路徑及動力來源」說明，先利用廠內各種可取得之水源補水至反應爐，再以 Venting 的方式將被反應爐加熱後之蒸氣排出，藉此方式移除衰變熱，即利用 ACIWA 持續補水反應爐，反應爐洩壓至濕井，濕井逸氣至外界來作為被動式熱沉能力，取代以 RBSW 海水經由 RHR 熱交換器移除衰變熱，待海嘯退去後，即可快速恢復 RBSW 系統可用。

(2)喪失 RBSW 海水冷卻時，但 RBCW 仍可用時則利用下列之一方法：

a.充放(Feed & Bleed)RBCW 方式供應冷卻水至 RHR/EDG 熱交換器，而補充水來源由消防水或 P11 系統提供至 RBCW Surge Tank。

b.泵於出發井取海水並由臨時管接至 RBCW 熱交換器。

(3)BSW 與 RBCW 冷卻時之因應措施：

a.緊急海水冷卻系統復原計劃，並購妥 RBSW 及 RBCW 備用馬達供緊急更換。

5.2 燃料池內的用過燃料

5.2.1 喪失廠外電源

5.2.1.1 後備電源供/配電設計基準

本廠用過燃料池有兩處包括位於每部機組反應器廠房燃料填換樓（高程 31.7 M）之用過燃料池，及位於輔助燃料廠房平面樓層（高程 12.3 M）兩部機組共用之輔助燃料池。

1. 用過燃料池補水系統：

(1) 反應器廠房

- a. 燃料池冷卻及淨化系統(FPCU)包含兩個 100%能力溢流緩衝槽、兩個 100%能力泵、兩個 100%能力過濾除礦器(F/D)、兩個 50%能力熱交換器，由非安全匯流排供電。燃料池水從溢流孔流入溢流槽，泵從溢流槽汲水，經過 F/D 再經過熱交換器打入燃料池中，透過熱交換器，藉由反應器廠房冷卻水系統(RBCW)A 與 B 串及反應器廠房海水系統(RBSW) A 與 B 串將用過燃料之衰變熱移除。
- b. FPCU 系統屬耐震 I 級設備（除過濾除礦器組相關管路組件及馬達屬耐震 IIA 級），在發生 SSE 仍可維持系統壓力邊界完整。
- c. 用過燃料池設計上可補水方式如下：(A)從抑壓池或冷凝水儲存槽(CST)取水，經抑壓池淨化系統(SPCU)補水；(B)從抑壓池取水，經餘熱移除系統(RHR) A/B/C 補水；(C)從消防水系統、消防車或生水池取水，經 RHR C 管路補水；(D)從 CST 取水，由冷凝水傳送系統(CSTF)經 RHR A/B/C 管路或 FPCU 溢流槽補水。
- d. 用過燃料池設補水抑壓池或冷凝水儲存槽(CST，4340 噸)取水 SPCU 泵 (480VAC / 75kW，由 R12-LSWG-0100B1-5C 供電，額定流量 250 m³/h)，或 CSTF 充壓泵(480VAC / 22.5kW，由

R12-MCC-5020A1-5A 供電，額定流量 30 m³/h)，由 CST 取水，
經 SPCU/CSTF/RHR 管路進入 FPCU，補水至燃料池。

(2)輔助燃料廠房

a.輔助燃料池冷卻與淨化系統(AFPC)系統屬耐震 IIA 級設備，有
2 個 100 %容量的緩衝槽、2 台 100 %容量的 Pump、1 個 100
%容量的除礦器與 2 個 100 %流量、50 %熱容量的熱交換
器，由非安全匯流排供電。

b.輔助燃料池設計上由冷凝水傳送系統(CSTF)補水。

2. 燃料池冷卻及淨化系統電源：

(1)反應器廠房用過燃料池

a.燃料池冷卻系統冷卻水泵 FPCU 泵由非安全電力中心(480VAC
/ 93.3kW，R12-LSWG-0200A2-5B or R12-LSWG-0300C3-5A)
供電，使燃料池冷卻及淨化系統 FPCU 運轉，以提供燃料池冷
卻。

b.反應器廠房用過燃料池冷卻及淨化系統冷卻水分別由 DIV I/II
RBCW 提供電源來自安全有關匯流排 A4/B4 及其下游相關電
源。

c.燃料池冷卻於大修燃料移至用過燃料池時可藉由餘熱移除系
統 RHR FPC(Fuel Pool Cooling Mode)三個 DIV 任一串幫助冷
卻。

d.燃料池水位/溫度儀器監控 G41-LT-0012A/B/ G41-TE-0013 電
源為控制室 120VAC 儀用電源及 120 V ICP(分別來自非安全
CVCF 電源 R14-PPL-0220A3 及 R13-PPL-0110A3/0110B3)。

(2)輔助燃料池冷却能力

a.AFPC 泵由 0R12-LSWG-1200B2-4B / 2200B2-4B 供電。

b.燃料池水位/溫度儀器監控 0G42-LT-0010A/B/ G41-TE-0013 電源為 120VAC 儀用電源(1/2R13-PPL-0130C3 及 0R12-FUBX-1212B2)。

3.本廠相關之供/配電系統設計說明如下(見附圖 5-1 龍門廠輸配電系統單線圖)：

(1)安全相關 4.16KV/480V 匯流排設計每部機有三個 4.16KV

A4/B4/C4 BUS 和下游相關 480V PC/MCC，每部機三個 4.16KV A4/B4/C4 BUS 皆各配置一台 EDG。另設計有二部機共用一個 4.16KV S4 BUS 和相關 480V PC/MCC，4.16KV S4 BUS 亦配置一台 SEDG (7TH EDG)。

a. 4.16KV A4 BUS 電源:來自 UAT A、RAT1、RAT2、S4 BUS、EDG A 等 5 個電源。

b. A4 BUS 供電至下游五盤 480V PC 0100A4、5000A4、0400C3、0500C3、0600C3 (PC 0400C3~0600C3 備用電源為 C3 BUS)，各 480V PC 分別再供電至下游 480V MCC。

c. 4.16KV B4 BUS 電源:來自 UAT B、RAT1、RAT2、S4 BUS、EDG B 等 5 個電源。

d. B4 BUS 供電至下游二盤 480V PC 0100B4、5000B4，各 480V PC 分別再供電至下游 480V MCC。

e. 4.16KV C4 BUS 電源:來自 UAT C、RAT1、RAT2、S4 BUS、EDG C 等 5 個電源。

f. C4 BUS 供電至下游二盤 480V PC 0100C4、5000C4，各 480V PC 分別再供電至下游 480V MCC。

g. 4.16KV S4 BUS 電源:來自 1RAT2、2RAT2、SEDG 等 3 個電源。

h. S4 BUS 供電至下游 480V PC 0100S4，480V PC 再供電至下

游 480V MCC。

(2)正常時供電:

- a.由主發電機經機組輔助變壓器 UAT A/B/C 供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4 BUS 和下游 PC/MCC。
- b.由 345KV 深美紅/白線、龍潭紅/白線等四條外線經 345KV GIS、主變和機組輔變 UAT A/B/C 供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4 BUS 和下游 PC/MCC。
- c.由 161KV 南港-坪林線、澳底線等二條外線經 161KV GIS 和預備變壓器 RAT1/RAT2 供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4/S4 BUS 和下游 PC/MCC。

(3)緊急時供電:

- a.由 EDG A/B/C 分別供電至安全級 4.16KV A4/B4/C4 BUS 和下游 PC/MCC。
- b.若任一 EDG A/B/C 故障時可由 7TH EDG 取代供電。

依上所述，本廠對喪失廠外電源之因應設計，為配屬於每個緊要 4.16kV 匯流排之緊急柴油發電機會自動起動且於 20 秒內達額定轉速及電壓，而後斷路器自動投入供電，以提供緊要匯流排必要之電力。而只要 DIV I/II/III 任一區緊急柴油發電機能成功供電至匯流排，就能提供機組保持在安全停機狀態所需之電源。另本廠在設計上亦備有第 7 台柴油機做為兩部機第 I/II/III 區之後備柴油機，當任何一個機組之緊急柴油機無法擔負緊要供電功能時，均可以第 7 台柴油機即時替代供電。

5.2.1.2 廠內電源供應的運轉時間

本廠喪失廠外電源，非安全匯流排提供電源之設備即失電無法運轉或監視；如 FPCU 泵即無法運轉正常冷卻且無法利用正常補水至用過燃料池，此時可藉 RHR FPC 模式來冷卻及替代補水來達到用過燃料池

冷卻及補水功能。

緊急柴油發電機(EDG A/B/C)：

1.油料：廠內每台才柴油機各配置日用槽(12 公秉)及柴油儲存槽(450 公秉)一只，可供給每台柴油機可連續使用約 5 小時及 7 日。

2.冷卻方式：為水冷式。

3.支援系統：

(1)起動及控制線路電源由各 DIV 125VDC 供給以支援柴油發電機運轉。

(2)每台柴油發電機都有一個獨立的空氣起動系統，各有兩台由電動馬達帶動的空氣壓縮機將空氣壓縮後，經空氣乾燥器組送到空氣槽，再由管路連結在一起後分三路到柴油發電機的柴油引擎，每路接到兩個空氣起動馬達，每台柴油發電機起動空氣槽儲存容量，可供其 5 次起動之用。

(3)冷卻水源為 DIV I/DIV II 反應器廠房冷卻水(RBCW)，RBCW 系統之熱量移除媒介則為海水，必須有 RBSW 海水作為熱沉，RBCW 系統才能長期支援緊急柴油發電機的運轉。

5.2.1.3 延長廠內自主供電時間的方法

1.緊急柴油發電機(EDG A/B/C)：

(1)每部緊急柴油發電機各有一只日用油槽，此日用油槽設有室外緊急補油口，可由此補油。

5.2.1.4 強化防護能力的措施

1.為確保各柴油發電機及安全及非安全 4.16kV 電氣開關箱室之完整，已採行強化防淹水措施，如、興建海嘯牆。

2.電廠為強化喪失廠外電源時，確保廠內必要設備電源之供給，研議。7th EDG 緊急時可透過 S4 BUS，同時提供 2 部機組供電之應變

能力。

本廠所有之柴油發電機及其日用槽及其附屬設備，均位於地面層以上，相關管線若於地面層以下亦採地下管溝形式。非安全 4.16/13.8kv 電氣開關箱及 MCC 均位於地面層以上，為保護(含)地面層以下區域之 4.16kV 電氣開關箱、低壓 MCC 以及 ECCS 系統/設備，目前規劃#1 機、#2 機、7th EDG、RBSW 泵室等廠房對外之門及開口增設防止洪水入侵設施，防範發生淹水。

- 3.電廠為強化喪失廠外電源時，確保廠內必要設備電源之供給，研議有相關強化措施如下：

本廠在「1451 斷然處置程序書」內操作指引緊急時可透過 7th EDG 同時提供二部機組轉供電之應變能力、負載調度預估及節電等操作步骤。

- 4.反應器廠房用過燃料池於喪失外電時其冷卻、補水：

(1) 緊急冷卻

(a)若僅喪失電源，熱沉及 FPCU 仍可用，則以臨時柴油發電機供電至 FPCU 泵(480VAC / 93.3kW, R12-LSWG-0200A2-5B or R12-LSWG-0300C3-5A 供電)，恢復 FPCU 運轉，以提供燃料池冷卻。【採購臨時柴油發電機】

(b)RHR Fuel Pool Cooling 做為替代冷卻方式。

- (2) 緊急補水：若電源、熱沉及 FPCU 系統三者有兩項不可用，則採取緊急補水措施。

(a) 可用水源：

- i. 設計水源：冷凝水儲存槽（4340 噸，耐震 I 級）。
- ii. 緊急水源：消防水儲存槽（2 個共 4600 噸，耐震 I 級）、生水池（48000 噸，耐震 IIA 級）、除礦水儲存槽（1515

噸)。

iii. 後備緊急水源：生水儲存槽(984 噸)、受水池(2500 噸)、情人湖(約 8000 噸)。

iv. 廠外水源：石碇溪、雙溪河、海水。

(b) 補水方式：

i. 利用臨時柴油發電機供電至 SPCU 泵 (480VAC / 75kW，由 R12-LSWG-0100B1-5C 供電，額定流量 250 m³/h)，或 CSTF 充壓泵(480VAC / 22.5kW，由 R12-MCC-5020A1-5A 供電，額定流量 30 m³/h)，由 CST 取水，經 SPCU/ CSTF/ RHR 管路進入 FPCU，補水至燃料池。

ii. 消防水系統之柴油機驅動消防泵(耐震 I 級)，可在廠區喪失電源下發揮功能，由消防水儲存槽取水，藉由 RHR C 管路補水，或直接由消防水系統，從燃料池邊的消防水帶箱(或固定之專用補水管)灌水至燃料池(消防泵流量 3000 gpm，2 個消防栓放水可達 500 gpm)。【增設固定之用過燃料池專用補水管路】

iii. 生水池位於海平面 116.6 公尺高，可藉由重力，從 RHR C 管路或消防水系統補水至燃料池。【生水池管路明管化及耐震提升】

iv. 以消防車送水，經由 RHR C 管路補水，或由消防水系統，從燃料池邊的消防水帶箱灌水，或直接以消防車連接固定之專用補水管灌水至燃料池。【增設固定之用過燃料池專用補水管路】

v. 以移動式臨時抽水泵，連接至專用補水管灌水至燃料池。
【增設移動式臨時抽水泵】

(c) 補水時機：

- i. 發生事故後，持續監視燃料池水位及溫度，一旦燃料池水位過低或溫度過高，即開始緊急補水。
- ii. 為確保燃料池水位及溫度於全黑事件時仍可監視，於總體檢第一項全黑事件檢討因應措施中已規劃臨時柴油發電機供電，恢復控制室監控能力。【評估(1)超音波水位計 G41-LT-0012A/B 配合修改型式，使監測範圍可達燃料位置，並由緊要交流電力(R13)供電，或以工業電視系統(ITV)監視水位，則相關攝影機需改由緊要交流電力(R13)供電；(2)溫度計 G41-TE-0013 需修改溫度計量測點深度，使監測範圍可達燃料位置】

4.輔助燃料廠房輔助燃料池

- (1)輔助燃料池(AFPC)與用過燃料池(FPCU)除下列相異處外，緊急冷卻或緊急補水原則均類同：無 RHR 做為替代冷卻、注水方式無 SPCU 泵及 RHR 管路、AFPC 泵由 0R12-LSWG-1200B2-4B / 2200B2-4B 供電。
- (2)全黑事件時水位及溫度需可監視。【超音波水位計 0G42-LT-0010A /B 評估改由緊要交流電力(R13)供電】
- (3)編寫廠區全黑時補水至輔助燃料廠房用過燃料池之操作指引。

5.2.2 喪失廠外電源及廠內後備電源

5.2.2.1 設計要求

因應喪失廠外電源及廠內後備電源的狀況，廠內設計有其他緊急後備電源如下：

1.第 7 台緊急柴油發電機(7th EDG)：

容量 7800kW，為氣冷式，係本廠一、二號機組 6 台緊急柴油發電機之後備替代，當其佈置於替代位置時，與原有之柴油發電機功能相同，接受該代替匯流排之緊急自動起動併聯信號。佈置替代於何

台柴油機須事先加以選定，且同時間只允許替代一台，當滿載出力時，足以應付緊急時 ECCS 及 RBCW 系統所需電力之供給，可隨時替代任一機組緊急柴油發電機(EDG A/B/C)。

5.2.2.2 電池容量及運轉期長

第 7 台緊急柴油發電機所有之 DIV 0 125V DC 蓄電池容量為 1800 AH，依 FSAR 8.3-6 與 FSAR 8.3-7 S4 電池負載分析能夠供給維持負載運轉至少 3.5 小時，以確保核能系統安全。

5.2.2.3 燃料劣化前廠內自主運轉能力

1.第 7 台緊急柴油發電機(7th EDG)：

(1)自主運轉能力：

不受外來系統因素影響，可自行獨立成一系統，具自主運轉能力。

(2)控制：

起動及控制線路電源為 125VDC，由獨立之蓄電池供給。

(3)油料：

設有日用槽提供 12 公秉存量，以供連續運轉 5 小時以上，且自有獨立燃油儲存槽一只，平常維持至少 450 公秉存量，可連續使用約 7 日；油槽設有室外補油口，可由此補油。

(4)冷卻：氣冷式。

(5)支援系統：NA。

5.2.2.4 可防止燃料劣化的外部支援措施

1.廠內現有設備，例如其他機組的設備：

(1)本廠在「1451 斷然處置程序書」內操作指引緊急時可透過 7th EDG 同時提供二部機組轉供電之應變能力、負載調度預估及節電等操作步驟。

(2)由消防水系統經消防泵從燃料池邊的消防水帶箱灌水，反應器廠房 7 樓設有消防水系統，可拉水帶補入用過燃料池，其後備水源為 4.8 萬公噸生水池。生水池位於海平面 116.6 公尺高，可藉由重力，經 RHR C 管路或消防水系統補水至燃料池。

(3)廠內有消防車數量如下，可接用生水、抽取龍門情人湖/石碇溪/雙溪或海水，連結至 RHR 系統進行用過燃料池補水冷卻，以防止燃料劣化。

龍門廠消防隊消防車				
名稱	數量	水箱容量	出口壓力	備 註
消防化學車	一輛	6,000 公升	0~27.6kg / cm ²	出水量 3000 公升/分鐘@10 kg / cm ²
水庫車一輛	一輛	12,000 公升	0~10 kg / cm ²	出水量 800~2400 公升/分鐘@10.0 kg / cm ²

(4)依 Nuclear Energy Institute 發佈的 NEI 06-12 文件建議，增設用過燃料池抗震等級之常備硬管式消防補水、噴灑管路硬體，額外增加至少 500 gpm 補水及 200 gpm 噴灑容量，以強化當用過燃料池或廠房嚴重受損，用過燃料池無法以正常補水的方式獲得適當冷卻時，燃料池冷卻及補水能力。

2.假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備：

(1)廠內所有機組都受損且喪失最終熱沈（喪失電力供應），廠外提供可用的設備則有本廠的消防車、貢寮區、雙溪區、瑞芳區等消防隊的消防車，消防水泵、消防水帶支援消防器材。龍門廠附近行政區消防車如附表 5-3。

(2)廠外提供可用的設備有核二廠的一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及四台 480V 200kW 移動式柴油發電機，與核一廠的一

台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及八台 480V 500kW 移動式柴油發電機。

- (3)本廠已與新北市政府第六大隊簽署「消防救災支援協定書」，於火災發生時可按程序書 1420 「消防」程序，立即相互支援執行消防滅火行動及其他相關救災消防局簽訂，支援單位之人力、車輛、機具，將依災害之特性，進入災區支援搶救。

3.臨近電廠(如水力、氣渦輪機組)能經專用配線直接配置供電：

與本廠距離最近的電廠有核二廠、協和火力發電廠，惟目前並無專用輸配電線路直接配置。本廠擬增設氣渦輪機組供電至開關場 161kv 匯流排。

4.上述任一系統操作運轉所需時間：

- (1)本廠消防車自生水泵室取水經已列置好的 RHR 管路到補水進入燃料池所需總時間約 30 分鐘。
- (2)貢寮區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 10 分鐘，若爐心補水路徑已列置完成，則所需時間只有進廠時間 10 分鐘。
- (3)雙溪區或瑞芳區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 30 分鐘，若補水路徑已列置完成，則所需時間只有 30 分鐘。
- (4)以山上 48000 噸生水池之生水補水需時 30 分鐘，以消防車經新增設之用過燃料池抗震等級之常備硬管式補水需約 25 分鐘。

因主要瀕危效應發生時間約為 9.5 小時，此時在事故後緊急應變組織之 TSC、AMT、OSC、HPC 及 EPIC 等組織成員皆已進廠，支援資源已備齊。

5.執行特殊引接合格人員的可用性：

系統設備如何操作已列於「1451 斷然處置程序書」內操作指引，對系統、設備確認操作由運轉值班人員執行，勞力操作只需再補以些

許勞力支援即可完成，並均由值班主任指令為之；消防車、消防設備的操作仍由消防隊消防人員為之。

上述執行操作之人員均經訓練及演練測試，可完全勝任操作要求，故不構成操作合格人員可用性的疑慮。

6. 確認主要瀕危效應發生的時間：

依 CFD(Computation Fluid Dynamic)方法分析，以用過燃料池在缺乏冷卻水與大修時全爐心燃料移除時之溫升情形，並評估大修時採用全爐心燃料移除之安全性與妥適性，若保守假設燃料池冷卻系統不可用時，反應器廠房用過燃料池起始水溫為 49°C ，依溫升率為 5.4°C/hr 估算，約 9.5 小時燃料池水開始沸騰；輔助燃料廠房用過燃料池若以起始水溫為 49°C ，則約 151.6 小時燃料池水開始沸騰。其相關計算如下：

(1) 反應器廠房用過燃料池：

- (a) 停機後 7 天衰變熱：12.88 MWt，包含 872 束全爐心剛退出燃料及加上先前假設池中已有 9 個週期之燃料(2088 束歷次退出燃料)之初始總衰變熱總合。
- (b) 用過燃料池有效冷卻水體積(假設 gate 關閉，不考慮 cavity 及爐心冷卻水)：2085 m³ (2050 ton)，池水密度 983.2 kg/m³ ($49^{\circ}\text{C}/120^{\circ}\text{F}$)。
- (c) 溫升計算結果：若發生冷卻能力喪失(當 FPCU 及 RHR 不可用時)，起始水溫為 49°C 估算，溫升率約為 5.4°C/hr ，約 9.5 小時燃料池水開始沸騰。
- (d) 沸騰計算結果：若發生冷卻能力喪失(當 FPCU 及 RHR 不可用時)，起始水溫為 49°C ，約 91 小時(3.79 天)水位高度由正常水位降至燃料元件把手頂部，推算出水位下降速率為 8.2 cm/hr，池水沸騰散失速率為 19.09 m³/hr。

(2) 輔助燃料廠房燃料池：

- (a)衰變熱：1.55 MW，包含 7888 束歷次退出燃料之衰變熱總合。
- (b)輔助燃料池有效冷卻水體積：4042 m³ (3974 ton)，池水密度 983.2 kg/m³ (60 °C/140 °F)。
- (c)計算結果：若 AFPC 不可用時，依溫升率 0.336 °C/hr，起始水溫為 49 °C 估算，約 151.6 小時燃料池水開始沸騰。此外，依據廠家計算書，考慮所有熱傳方式下之計算結果，當燃料池起始水溫為 49 °C，可於 72 小時達到 65.6 °C (150 °F)，推算出溫升率為 0.23 °C/hr。
- (d)沸騰計算結果：當 AFPC 不可用時，起始水溫為 49 °C，約 1195 小時水位高度由正常水位降至燃料元件把手頂部，計算出水位下降速率為 0.6531 cm/hr，池水沸騰散失速率為 2.51 m³/hr。

5.2.2.5 強化防護能力的措施

1.本廠已提出下列強化措施，在發生廠區全黑事件下，可緊急提供 4.16KV / 480V AC 之電源所需：

(1)增加氣渦輪發電機二台：

- (a)並聯至 161KV GIS，經 161KV RAT1、RAT2 或經由一新增直供電至 4.16KV A4/B4/C4/S4 BUS 和下游 480VAC PC/MCC 之應變能力。(參考圖 5.1 龍門電廠電力系統簡圖)

(2)利用氣渦輪發電機經變壓器降壓連接至 AFB S4 BUS:

(3)增加二台 4.16KV/1500KW 移動式柴油發電機連接至 AFB S4 BUS 供電至安全級 4.16KV BUS 之應變能力，可提供任何一串 RHR(475KW)、RBSW (745KW)、RBCW(190KW)馬達電源。

(a)為縮短緊急應變時間相關電氣管、線事先完成並編寫本項應變操作程序書。

(4)利用 11.4KV/1250KW 保安系統 EDG(1 台)，經開關場輔助電力盤供電至 4.16KV BUS 和下游 480VAC 之應變能力。

(a)此應變時機為氣渦輪發電機或 161KV RAT1、RAT2 不可用時採用，可供電安全級 480V PC/MCC 電盤。

(b)現有 11.4KV/1250KW 保安系統 EDG 施工中，並需編寫本項應變操作程序書。

(5)7TH EDG 緊急時同時提供兩部機組之應變能力。

(6)#1 機 EDG 與#2 機 EDG 互相救援之應變能力。

(7)480VAC 移動式柴油發電機供電至 480VAC PC/MCC(安全和非安全)之應變能力。(為縮短緊急應變時間相關電氣管、線需事先完成，非安全部份以 3 Φ 480V 100KW 移動式柴油發電機已完成，安全級部份待 FPR 設計施工)

(8)保安系統 EDG 供電至 480VAC PC/MCC 之應變能力。

2.機動性注水設備：

本廠已檢討購買以移動式消防泵(15HP)及充氣水槽(15T)充當後備消防水源。(預訂採購 4 台移動式消防泵及充氣水槽)大型消防泵，以增強本廠機動注水或抽水能力。

3.相關之緊急操作步驟均已加入 1451 斷然處置程序書內，說明在發生上述狀況時如何處置。

4.油料耗竭時：

(1)緊急柴油發電機(EDG A/B/C 及 Swing EDG)：

本廠緊急柴油發電機各有獨立燃油儲存槽設有室外補油口，油車可由此補油。

5.已提出改善案將強化 EDG 等 R/B、AFB 廠房之防淹水之能力以確保其供電能力不致受洪水之影響。

5.2.3 喪失廠外電源、備用電源(EDG)及其他另樣式備用電源

5.2.3.1 設計要求

喪失廠外電源、備用電源(EDG)及其他另樣式備用電源若喪失廠外電源、備用電源(EDG)及其他另樣式備用電源即喪失用過燃料池正常補水及強制冷卻功能。

5.2.3.2 電池容量及運轉期長

此系統無使用無直流電。

5.2.3.3 燃料劣化前廠內自主運轉能力

雖喪失正常補水與強制冷卻能力但仍保有緊急補水能力，反應器廠房 7 樓設有消防水系統，可拉水帶從消防箱取水，其後備水源為 4.8 萬公噸生水池)補入用過燃料池。或可使用新增設用過燃料池抗震等級之常備硬管式消防補水、噴灑管路硬體，以至少 500 gpm 補水及 200 gpm 噴灑容量補水。若燃料池水溫持續上升則可依 1451 斷然處置程序進行二次圍阻體換氣或排氣程序將熱量排放至大氣。

5.2.3.4 可防止燃料劣化的外部支援措施

1.廠內現有設備，例如其他機組的設備：

(1)本廠在「1451 斷然處置程序書」內操作指引緊急時可透過 7th EDG 同時提供二部機組轉供電之應變能力、負載調度預估及節電等操作步驟。

(2)廠內有消防車數量如下，可接用生水、抽取龍門情人湖/石碇溪/雙溪或海水，連結至 RHR 系統進行用過燃料池補水冷卻，以防止燃料劣化。

龍門廠消防隊消防車

名稱	數量	水箱容量	出口壓力	備 註
消防化學車	一輛	6,000 公升	0~27.6kg / cm ²	出水量 3000 公升/分鐘@10 kg / cm ²
水庫車一輛	一輛	12,000 公升	0~10 kg / cm ²	出水量 800~2400 公升/分鐘@10.0 kg / cm ²

2. 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備：

(1) 廠外提供可用的設備有核二廠的一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及四台 480V 200kW 移動式柴油發電機，與核一廠的一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及八台 480V 500kW 移動式柴油發電機。

(2) 本廠已與新北市政府第六大隊簽署「消防救災支援協定書」，於火災發生時可按程序書 1420 「消防」程序，立即相互支援執行消防滅火行動及其他相關救災消防局簽訂，支援單位之人力、車輛、機具，將依災害之特性，進入災區支援搶救。

(3) 廠內所有機組都受損且喪失最終熱沈（喪失電力供應），廠外提供可用的設備則有本廠的消防車、貢寮區、雙溪區、瑞芳區等消防隊的消防車，消防水泵、消防水帶支援。龍門廠附近行政區消防車如附表 5-3。

3. 臨近電廠(如水力、氣渦輪機組)能經專用配線直接配置供電：

與本廠距離最近的電廠有核二廠、協和火力發電廠，惟目前並無專用輸配電線路直接配置。

4. 上述任一系統操作運轉所需時間：

(1) 本廠消防車自生水泵室取水經已列置好的 RHR 管路到補水進入燃料池所需總時間約 30 分鐘。

(2)貢寮區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 10 分鐘，若爐心補水路徑已列置完成，則所需時間只有進廠時間 10 分鐘。

(3)雙溪區或瑞芳區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 30 分鐘，若補水路徑已列置完成，則所需時間只有 30 分鐘。

(4) 以山上 48000 噸生水池之生水補水需時 30 分鐘，以消防車經新增設之用過燃料池抗震等級之常備硬管式補水需約 25 分鐘。

因主要瀕危效應發生時間約為 9.5 小時，此時在事故後緊急應變組織之 TSC、AMT、OSC、HPC 及 EPIC 等組織成員皆已進廠，支援資源已備齊。

5.執行特殊引接合格人員的可用性：

系統設備如何操作已列於「1451 斷然處置程序書」內操作指引，對系統、設備確認操作由運轉值班人員執行，勞力操作只需再補以些許勞力支援即可完成，並均由值班主任指令為之；消防車、消防設備的操作仍由消防隊消防人員為之。

上述執行操作之人員均經訓練及演練測試，可完全勝任操作要求，故不構成操作合格人員可用性的疑慮。

5.2.3.5 強化防護能力的措施

- 1.機組大修期間燃料池和反應爐穴連通時，可使用消防泵、水庫車引擎或移動式消防泵經由餘熱移除系統(Residual Heat Removal, RHR)管路補水到燃料池或爐心。
- 2.非大修期間燃料池和反應爐穴不連通時，用以消防泵、水庫車引擎或移動式消防泵打水經由 RHR-C 餘熱移除系統管路補水到燃料池。
- 3.消防水系統之柴油機驅動消防泵（耐震 I 級），可在廠區喪失電源下發揮功能，由消防水儲存槽取水，藉由 RHR C 管路補水，或直接由反應器廠房七樓設有消防水系統，從燃料池邊的消防水帶箱

(或固定之專用補水管)灌水至燃料池(消防泵流量 3000 gpm, 2 個消防栓放水可達 500 gpm), 其後備水源為 4.8 萬公噸生水池池。

4. 生水池位於海平面 116.6 公尺高, 可藉由重力推開逆止閥, 從 RHR C 管路或消防水系統補水至燃料池。
5. 若喪失電源時可由增購之 480V 柴油發電機接入 PC (負載中心) 提供燃料池冷卻系統電源, 支援燃料池冷卻。
6. 完成燃料池冷卻異常時之緊急補水應變程序(程序書 515.5『燃料池冷卻和淨化系統故障』及 1451「龍門廠斷然處置程序指引」) 包括: (1) 臨時柴油發電機供電至相關系統補水; (2) 消防水系統補水; (3) 生水池重力補水; (4) 消防車補水之建立。
7. 依 Nuclear Energy Institute 發佈的 NEI 06-12 文件建議, 增設用過燃料池抗震等級之常備硬管式消防補水、噴灑管路硬體, 額外增加至少 500 gpm 補水及 200 gpm 噴灑容量, 以強化當用過燃料池或廠房嚴重受損, 用過燃料池無法以正常補水的方式獲得適當冷卻時, 燃料池冷卻及補水能力。
8. 生水池增加明管化及耐震管路。
9. 編寫燃料挪移計畫工作指引, 明定大修與非大修期間用過燃料之棋盤擺放方式, 如: 以衰變熱較低燃料作為較高燃料之「熱沉」, 或將衰變熱較高燃料分散擺放等, 以延緩燃料護套鋁合金發生火災的時間。

5.2.4 喪失最終熱沉

5.2.4.1 燃料劣化前廠內自主能力設計要求

喪失主要最終熱沉的事故, 若假設最終熱沉為海水, 此情境下用過燃料池冷卻及補水相關泵雖尚有供給電源, 可發揮用過燃料池的冷卻及補水功能, 但燃料池冷卻系統需要海水系統支援, 仍將因喪失最終熱

沉而影響此系統之冷卻功能；而喪失冷卻功能後則僅能採取補水及自然冷卻(自然蒸發)方式移除用過燃料池內之熱量。

此時之用過燃料池補水的方式有：

- 1.機組大修期間燃料池和反應爐穴連通時，可使用消防泵、水庫車引擎或移動式消防泵經由餘熱移除系統(Residual Heat Removal, RHR-C)管路補水到燃料池或爐心。
- 2.非大修期間燃料池和反應爐穴不連通時，用以消防泵、水庫車引擎或移動式消防泵打水經由 RHR-C 餘熱移除系統管路補水到燃料池。
3. 消防水系統之柴油機驅動消防泵（耐震 I 級），可在廠區喪失電源下發揮功能，由消防水儲存槽取水，藉由 RHR C 管路補水，或直接由反應器廠房七樓設有消防水系統，從燃料池邊的消防水帶箱（或固定之專用補水管）灌水至燃料池（消防泵流量 3000 gpm，2 個消防栓放水可達 500 gpm），其後備水源為 4.8 萬公噸生水池。
4. 生水池位於海平面 116.6 公尺高，可藉由重力推開逆止閥，從 RHR- C 管路或消防水系統補水至燃料池。
- 5.依 Nuclear Energy Institute 發佈的 NEI 06-12 文件建議，增設用過燃料池抗震等級之常備硬管式消防補水、噴灑管路硬體，額外增加至少 500 gpm 補水及 200 gpm 噴灑容量，以強化當用過燃料池或廠房嚴重受損，用過燃料池無法以正常補水的方式獲得適當冷卻時，燃料池冷卻及補水能力。

此時之用過燃料池冷卻方式為自然冷卻(自然蒸發)，可依 1451 斷然處置程序將進行二次圍阻體排氣或換氣以移出熱量。

5.2.4.2 可防止燃料劣化的外部支援措施

- 1.廠內現有設備，例如其他機組的設備：

若發生喪失最終熱沉，僅能採取補水及自然冷卻(自然蒸發)方式移

除用過燃料池內之熱量。另本廠在「1451 斷然處置」應變程序書，明訂 7TH EDG 緊急時同時提供兩部機組之應變能力及#1 機 EDG 與#2 機 EDG 互相救援之應變能力。

2. 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備：

- (1) 廠外提供可用的設備有龍門及核二廠各一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機及四台 480V 200kW 移動式柴油發電機。
- (2) 本廠已與新北市政府第六大隊簽署「消防救災支援協定書」，於火災發生時可按程序書 1420 「消防」程序，立即相互支援執行消防滅火行動及其他相關救災消防局簽訂，支援單位之人力、車輛、機具，將依災害之特性，進入災區支援搶救。
- (3) 廠內所有機組都受損且喪失最終熱沈（喪失電力供應），廠外提供可用的設備則有本廠的消防車、貢寮區、雙溪區、瑞芳區等消防隊的消防車，消防水泵、消防水帶支援。龍門廠附近行政區消防車如附表 5-3。

3. 上述任一系統操作運轉所需時間：

- (1) 本廠消防車自生水泵室取水經已列置好的 RHR 管路到補水進入燃料池所需總時間約 30 分鐘。
- (2) 貢寮區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 10 分鐘，若爐心補水路徑已列置完成，則所需時間只有進廠時間 10 分鐘。
- (3) 雙溪區或瑞芳區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 30 分鐘，若補水路徑已列置完成，則所需時間只有 30 分鐘。
- (4) 以山上 48000 噸生水池之生水補水需時 30 分鐘，以消防車經新增設之用過燃料池抗震等級之常備硬管式補水需約 25 分鐘。

因主要瀕危效應發生時間反應器廠房用過燃料池約為 9.5 小時，而輔助燃料廠房燃料池則為 151.6 小時，此時在事故後緊急應變組織之 TSC、AMT、OSC、HPC 及 EPIC 等組織成員皆已進廠，支援資

源已備齊。

4.執行特殊引接合格人員的可用性：

系統設備如何操作已列於 1451 斷然處置程序書，對系統、設備確認操作由運轉值班人員執行，勞力操作只需再補以些許勞力支援即可完成，並均由值班主任指令為之；消防車、消防設備的操作仍由消防隊消防人員為之。

上述執行操作之人員均經訓練及演練測試，可完全勝任操作要求，故不構成操作合格人員可用性的疑慮。

5.確認主要瀕危效應發生的時間：

以用過燃料池在缺乏冷卻水與大修時全爐心燃料移除時之溫升情形，並評估大修時採用全爐心燃料移除之安全性與妥適性，若保守假設燃料池冷卻系統不可用時，反應器廠房用過燃料池起始水溫為 49°C，依溫升率為 5.4°C/hr 估算，約 9.5 小時燃料池水開始沸騰；輔助燃料廠房用過若以起始水溫為 49°C，則約 151.6 小時燃料池水開始沸騰。

5.2.4.3 強化防護能力的措施

1.強化最終熱沉：

(1)在設計基準下，反應器廠房海水系統(RBSW)只要有一迴路運作，就足以應付緊急狀態下爐心燃料衰變熱及安全有關機件冷卻的熱移除，本廠已建立萬一 RBSW 海水泵馬達受損時迅速更換之機制，增購 RBSW 海水泵一台備用馬達，為防淹水或故障受損，儲放在高處之低放射性廢料倉庫(43.3M 高程)，預定於商轉前完成，以因應 RBSW 海水泵馬達受損時可迅速更換。

(2)生水池增加明管化及耐震管路。

(3)目前已成立改善案，規劃#1 機/#2 機 RB、CB、DG Fuel Oil Tank、AFB、FPH 及 RBSWPH 泵室、ACB EL.12,300 進入 RB 加裝防

水擋板將與 RWT EL.12,300 進入 RB/CB 及 AFB 加裝防水擋板等廠房對外之門及開口增設防止洪水入侵設施，防範發生淹水。
因本廠已規劃新建混凝土海嘯牆，故原規劃加裝 1 公尺高防水擋板工程暫停施作。

(4)除本廠即將購入之 2 台 4.16kV 1500kW 柴油發電機，1 台配置於廠內(1 台暫置龍門廠)，尚有核二廠之同型柴油發電機可支援本廠使用，均可增加 RBSW 系統電力之供電能力。

5.2.5 廠區全黑下喪失最終熱沉

5.2.5.1 燃料劣化前廠區自主能力設計要求

若廠區全黑喪失所有電源及喪失主要最終熱沉時，用過燃料池正常冷卻及補水功能將喪失。本廠將依據程序書 1451『斷然處置程序指引』、用過燃料池冷卻緊急應變流程，監視及採取應變措施，恢復用過燃料池冷卻及補水能力。

5.2.5.2 可防止燃料劣化的外部支援措施

1.廠內現有設備，例如其他機組的設備：

(1)由增購之 480V 移動柴油發電機接入負載中心(Power Center)燃料池冷卻系統電源，支援燃料池冷卻能力。或依 1451「斷然處置」應變程序書，明訂 7th EDG 緊急時同時提供兩部機組之應變能力及#1 機 EDG 與#2 機 EDG 互相救援之應變能力。

(2)消防水系統之柴油機驅動消防泵（耐震 I 級），可在廠區喪失電源下發揮功能，由消防水儲存槽取水，藉由 RHR C 管路補水，或直接由反應器廠房七樓設有消防水系統，從燃料池邊的消防水帶箱（或固定之專用補水管）灌水至燃料池（消防泵流量 3000 gpm，2 個消防栓放水可達 500 gpm），其後備水源為 4.8 萬公噸生水池。

(3)生水池位於海平面 116.6 公尺高，可藉由重力推開逆止閥，從

RHR- C 管路或消防水系統補水至燃料池。

- (4)依 Nuclear Energy Institute 發佈的 NEI 06-12 文件建議，增設用過燃料池抗震等級之常備硬管式消防補水、噴灑管路硬體，額外增加至少 500 gpm 補水及 200 gpm 噴灑容量，以強化當用過燃料池或廠房嚴重受損，用過燃料池無法以正常補水的方式獲得適當冷卻時，燃料池冷卻及補水能力。

2. 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備：

- (1)廠外提供可用的設備有龍核一/二廠各一台 4.16kV 1500kW 移動式柴油發電機，核二廠四台 480V 200kW 及核一廠五台 480V 500kW 移動式柴油發電機。
- (2)本廠已與新北市政府第六大隊簽署「消防救災支援協定書」，於火災發生時可按程序書 1420 「消防」程序，立即相互支援執行消防滅火行動及其他相關救災消防局簽訂，支援單位之人力、車輛、機具，將依災害之特性，進入災區支援搶救。
- (3)廠內所有機組都受損且喪失最終熱沉（喪失電力供應），廠外提供可用的設備則有本廠的消防車、貢寮區、雙溪區、瑞芳區等消防隊的消防車，消防水泵、消防水帶支援。龍門廠附近行政區消防車如附表 5-3。

3. 上述任一系統操作運轉所需時間：

- (1)本廠消防車自生水泵室取水經已列置好的 RHR 管路到補水進入燃料池所需總時間約 30 分鐘。
- (2)貢寮區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 10 分鐘，若爐心補水路徑已列置完成，則所需時間只有進廠時間 10 分鐘。
- (3)雙溪區或瑞芳區消防隊消防車（假設已載水待命中）進廠時間約 30 分鐘，若補水路徑已列置完成，則所需時間只有 30 分鐘。
- (4) 以山上 48000 噸生水池之生水補水需時 30 分鐘，以消防車經新

增設之用過燃料池抗震等級之常備硬管式補水需約 25 分鐘。

因主要瀕危效應發生時間反應器廠房用過燃料池約為 9.5 小時，而輔助燃料廠房燃料池則為 151.6 小時，此時在事故後緊急應變組織之 TSC、AMT、OSC、HPC 及 EPIC 等組織成員皆已進廠，支援資源已備齊。

4.執行特殊引接合格人員的可用性：

系統設備如何操作已列於 1451「斷然處置程序書操作指引」，對系統、設備確認操作由運轉值班人員執行，勞力操作只需再補以些許勞力支援即可完成，並均由值班主任指令為之；消防車、消防設備的操作仍由消防隊消防人員為之。

上述執行操作之人員均經訓練及演練測試，可完全勝任操作要求，故不構成操作合格人員可用性的疑慮。

5.確認主要瀕危效應發生的時間：

以用過燃料池在缺乏冷卻水與大修時全爐心燃料移除時之溫升情形，並評估大修時採用全爐心燃料移除之安全性與妥適性，若保守假設燃料池冷卻系統不可用時，反應器廠房用過燃料池起始水溫為 49℃，依溫升率為 5.4℃/hr 估算，約 9.5 小時燃料池水開始沸騰；輔助燃料廠房用過若以起始水溫為 49℃，則約 151.6 小時燃料池水開始沸騰。

5.2.5.3 強化防護能力的措施

- 1.機組大修期間燃料池和反應爐穴連通時，可使用消防泵、水庫車引擎或移動式消防泵經由餘熱移除系統(Residual Heat Removal, RHR)管路補水到燃料池或爐心。
- 2.非大修期間燃料池和反應爐穴不連通時，用以消防泵、水庫車引擎或移動式消防泵打水經由 RHR-C 餘熱移除系統管路補水到燃料池。

- 3.消防水系統之柴油機驅動消防泵（耐震 I 級），可在廠區喪失電源下發揮功能，由消防水儲存槽取水，藉由 RHR C 管路補水，或直接由反應器廠房七樓設有消防水系統，從燃料池邊的消防水帶箱（或固定之專用補水管）灌水至燃料池（消防泵流量 3000 gpm，2 個消防栓放水可達 500 gpm），其後備水源為 4.8 萬公噸生水池池。
- 4.生水池位於海平面 116.6 公尺高，可藉由重力推開逆止閥，從 RHR C 管路或消防水系統補水至燃料池。
- 5.若喪失電源時可由增購之 480V 柴油發電機接入 PC（負載中心）提供燃料池冷卻系統電源，支援燃料池冷卻。
- 6.完成燃料池冷卻異常時之緊急補水應變程序(程序書 515.5『燃料池冷卻和淨化系統故障』及 1451「龍門廠斷然處置程序指引」) 包括：(1) 臨時柴油發電機供電至相關系統補水；(2)消防水系統補水；(3)生水池重力補水；(4)消防車補水之建立。
- 7.依 Nuclear Energy Institute 發佈的 NEI 06-12 文件建議，增設用過燃料池抗震等級之常備硬管式消防補水、噴灑管路硬體，額外增加至少 500 gpm 補水及 200 gpm 噴灑容量，以強化當用過燃料池或廠房嚴重受損，用過燃料池無法以正常補水的方式獲得適當冷卻時，燃料池冷卻及補水能力。
- 8.生水池增設明管化及耐震管路。
- 9.編寫燃料挪移計畫工作指引，明定大修與非大修期間用過燃料之棋盤擺放方式，如：以衰變熱較低燃料作為較高燃料之「熱沉」，或將衰變熱較高燃料分散擺放等，以延緩燃料護套鋁合金發生火災的時間。

參考文獻：

a. 官方文件

N/A

b. 業界組織文件

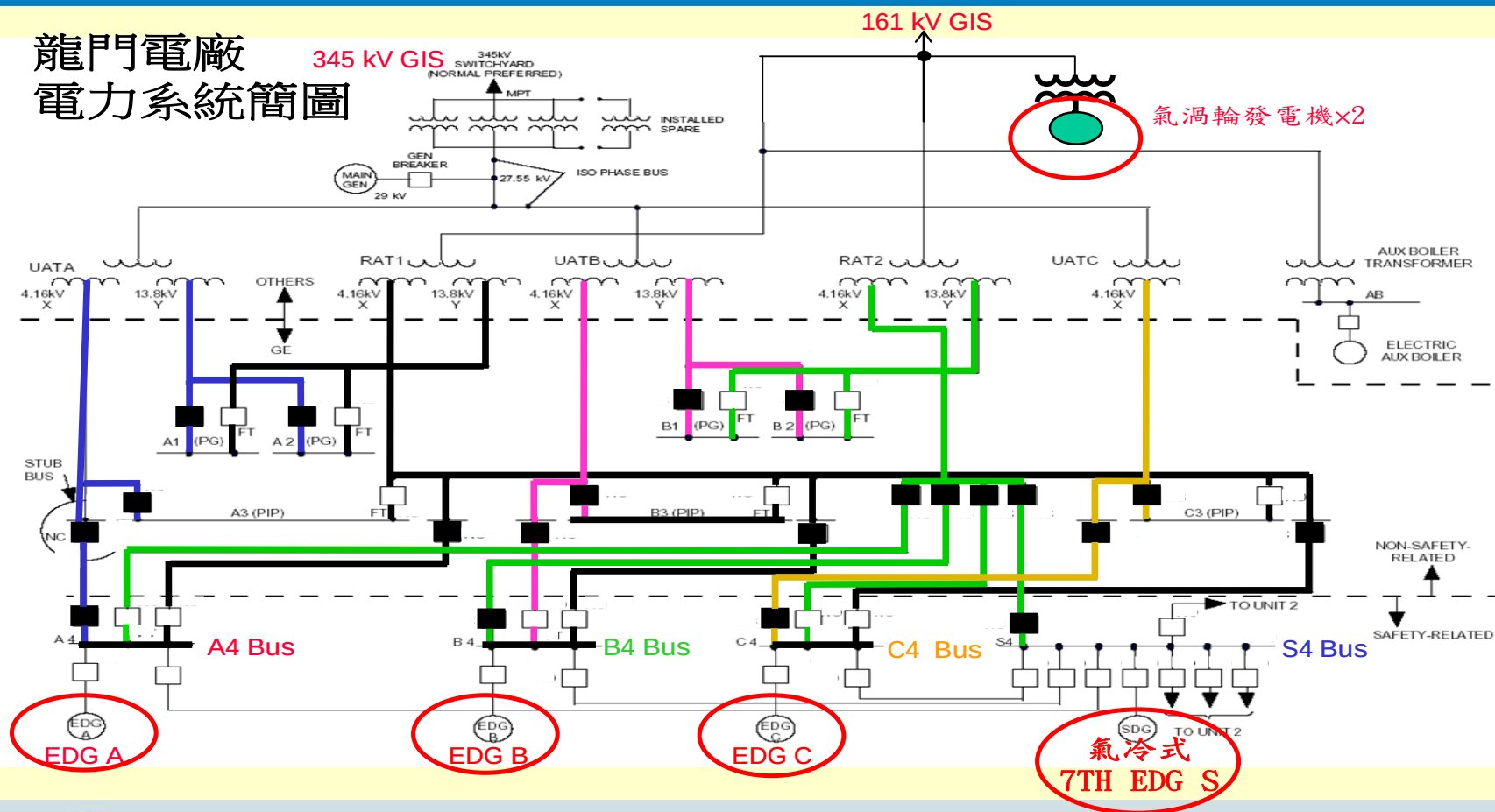
1. 龍門電廠用過燃料池喪失冷卻能力之熱流分析 CFD 報告(核能研究所)
2. 「Auxiliary Fuel Pool Cooling And cleanup (AFPC) system Heat Load Calculation」(GE)
3. 龍門電廠斷然處置程序 RELAP5-3D 分析(清華大學)

c. 台電內部文件

1. 龍門核能發電廠終期安全分析報告(台灣電力公司)
2. 龍門核能發電廠安全防護總體檢報告(台灣電力公司)
3. AOP-524.01 廠區全黑
4. AOP-515.05 用過燃料池喪失冷卻

附圖 5-1 龍門廠輸配電系統單線圖

龍門電廠 電力系統簡圖



台灣電力公司

龍門核能發電廠



圖 5-2 龍門廠重要設備高程

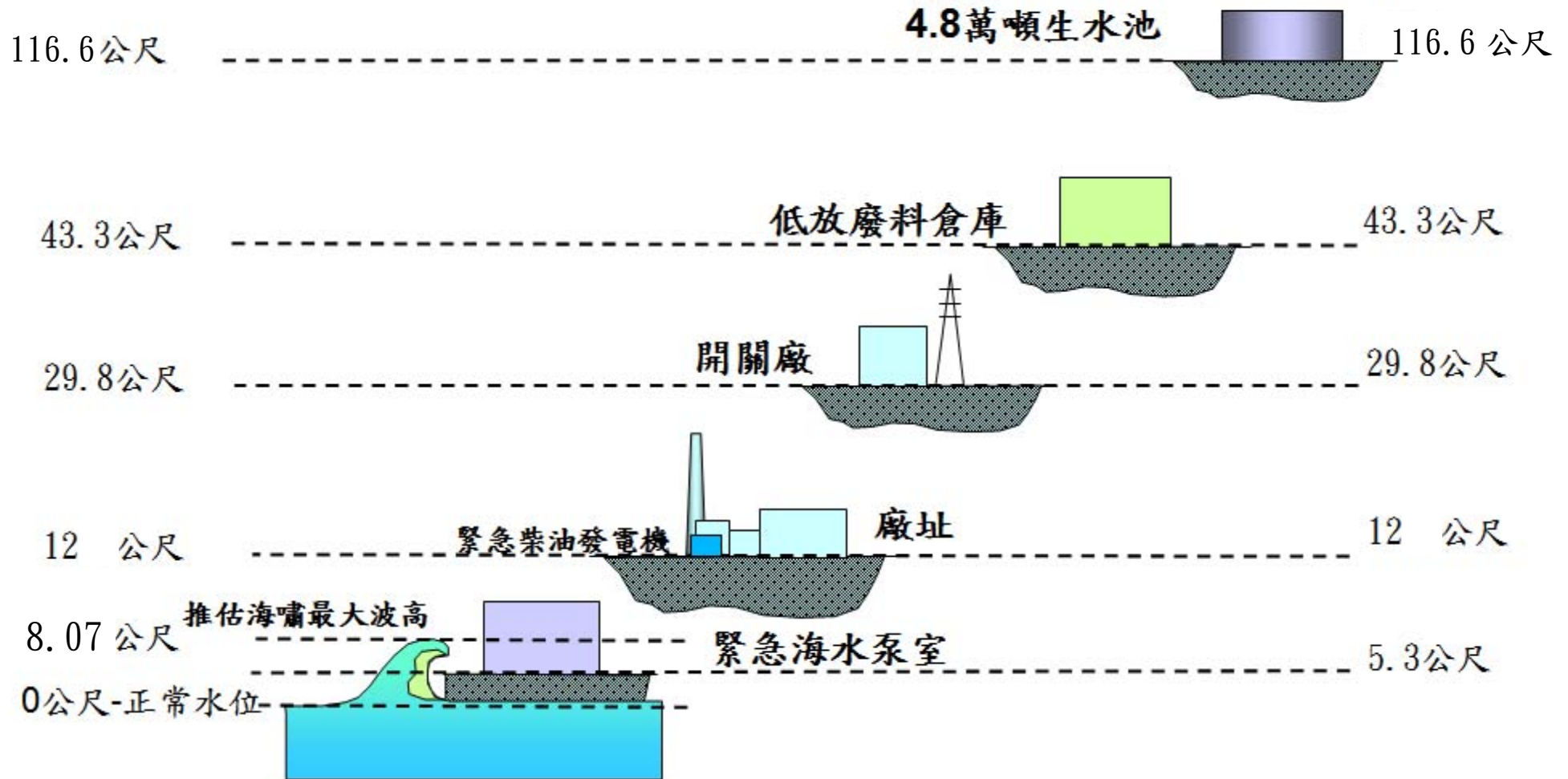


圖 5-3 反應爐注水、熱移除之設計改善

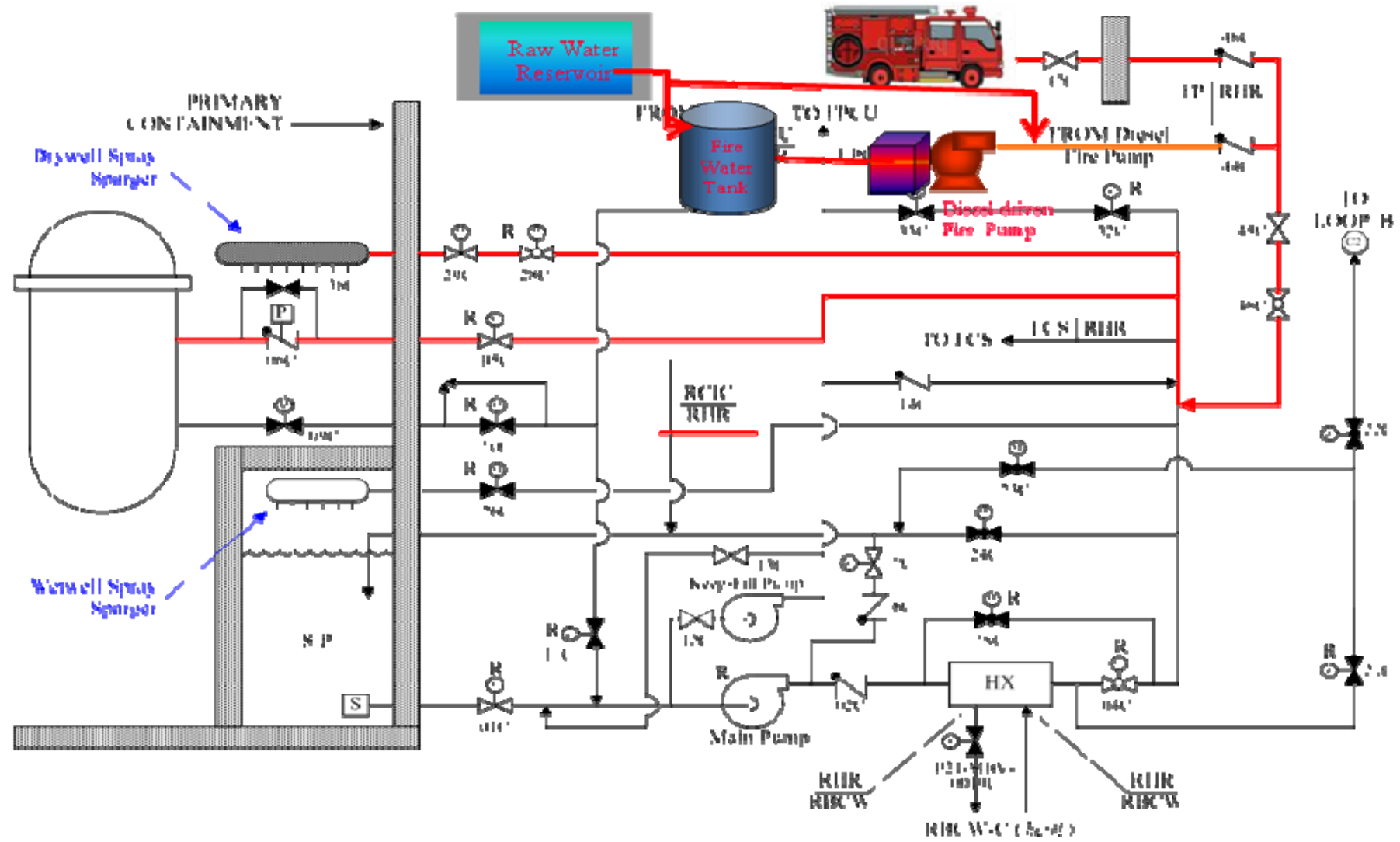


圖 5-3.1 反應器廠房用過燃料池喪失冷卻注水、熱移除因應措施

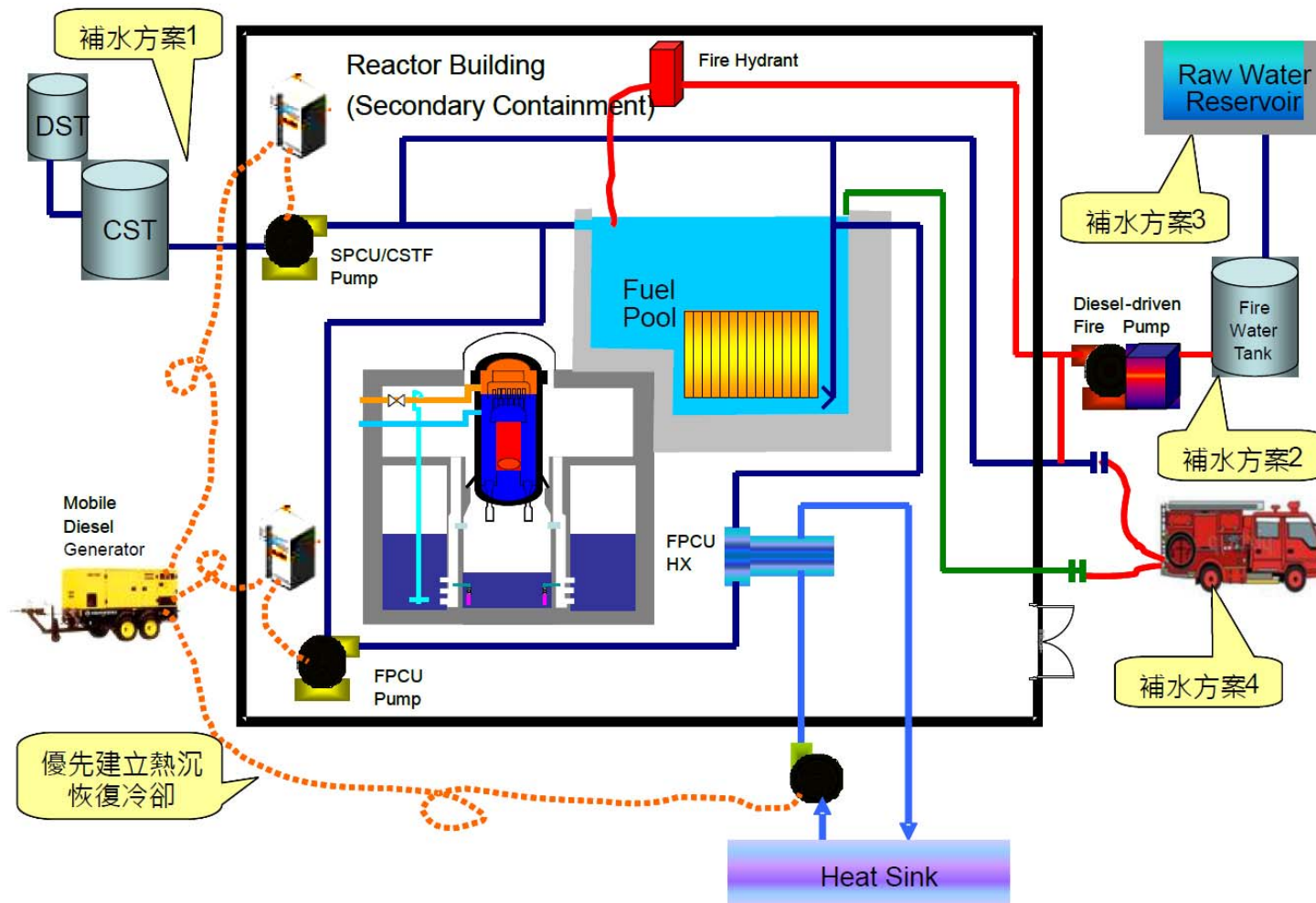


圖 5-4 龍門廠設施高程

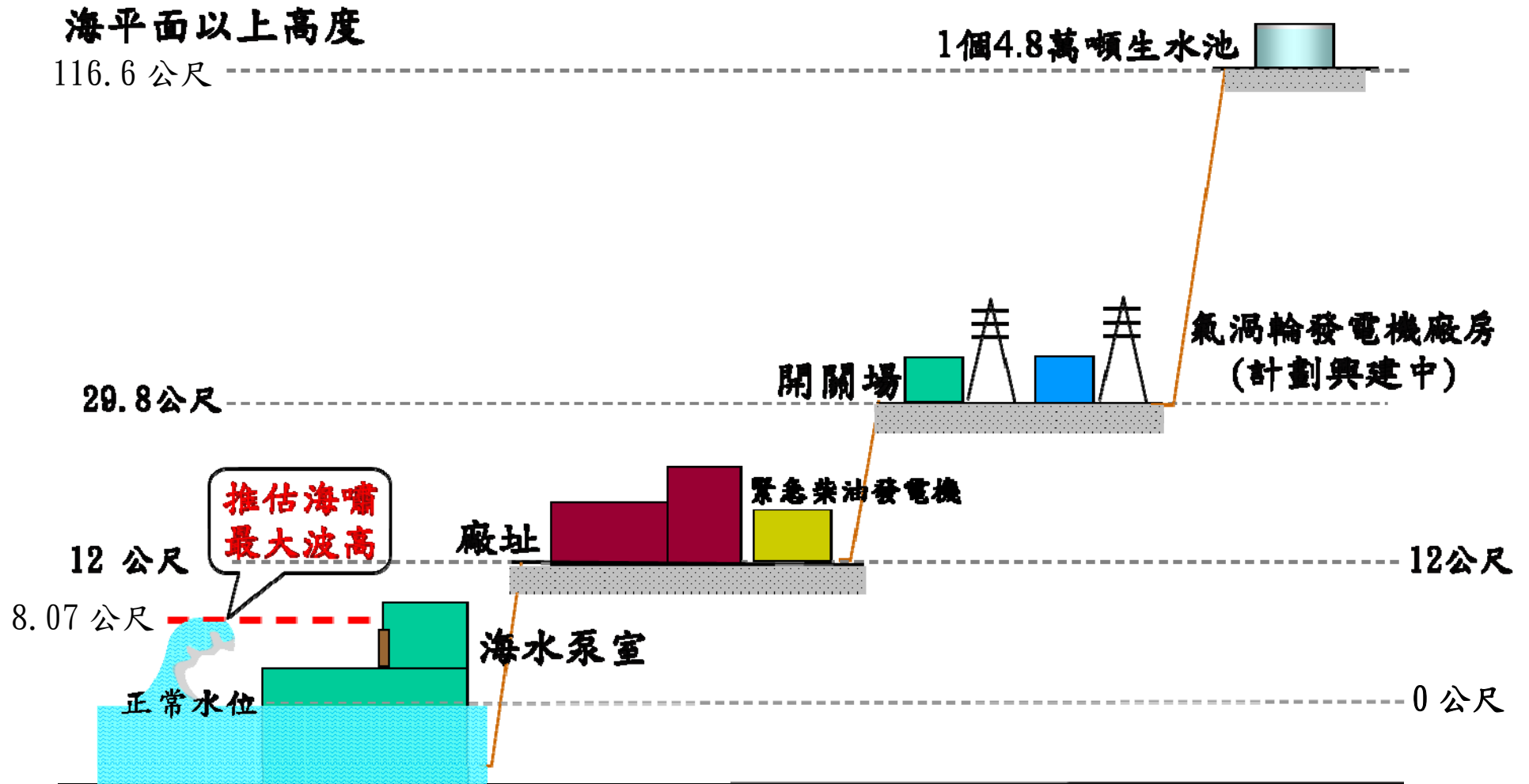


圖 5-5 圍阻體正常排氣功能簡圖

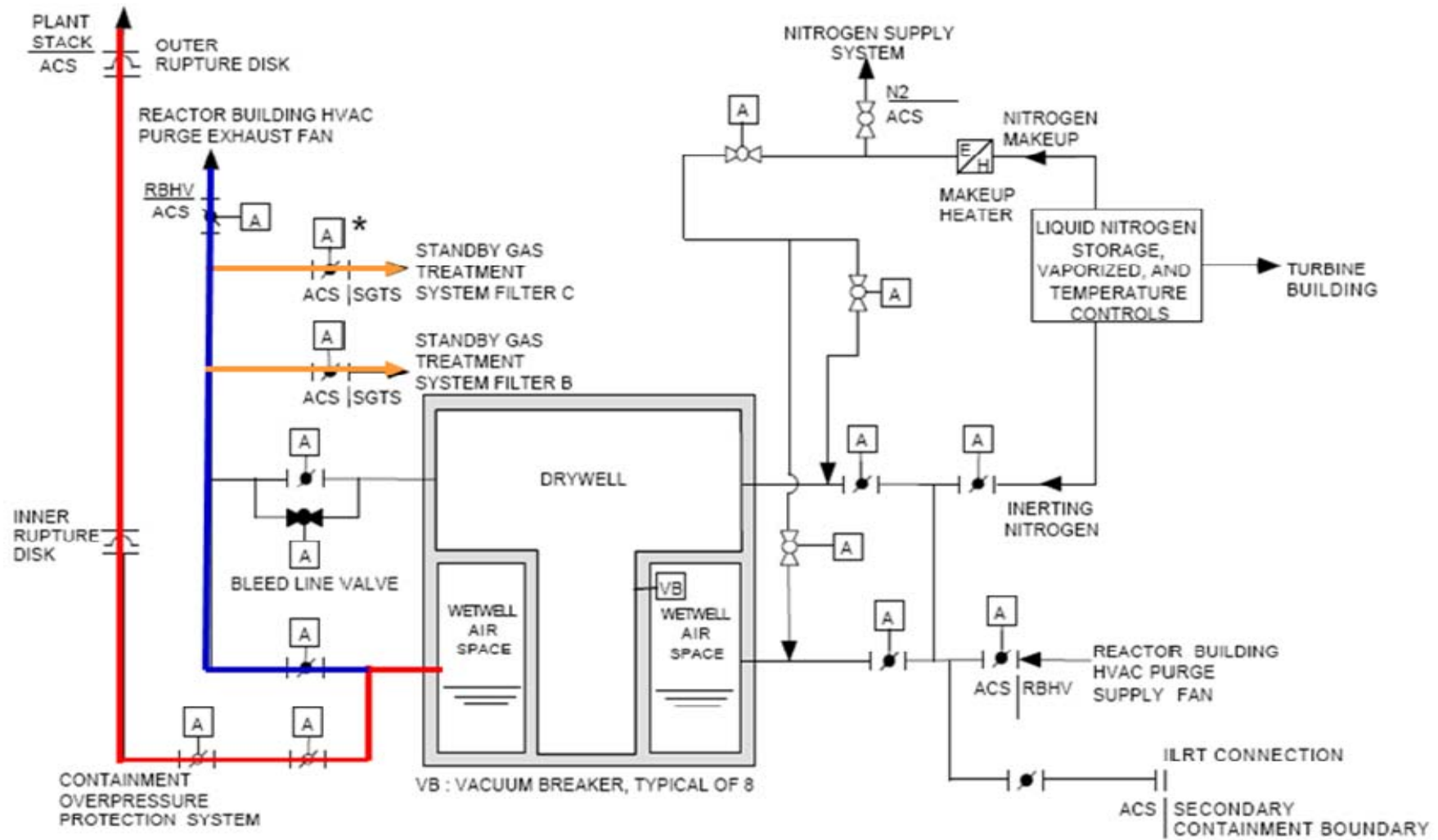


圖 5-6.1 喪失電源救援成功路徑

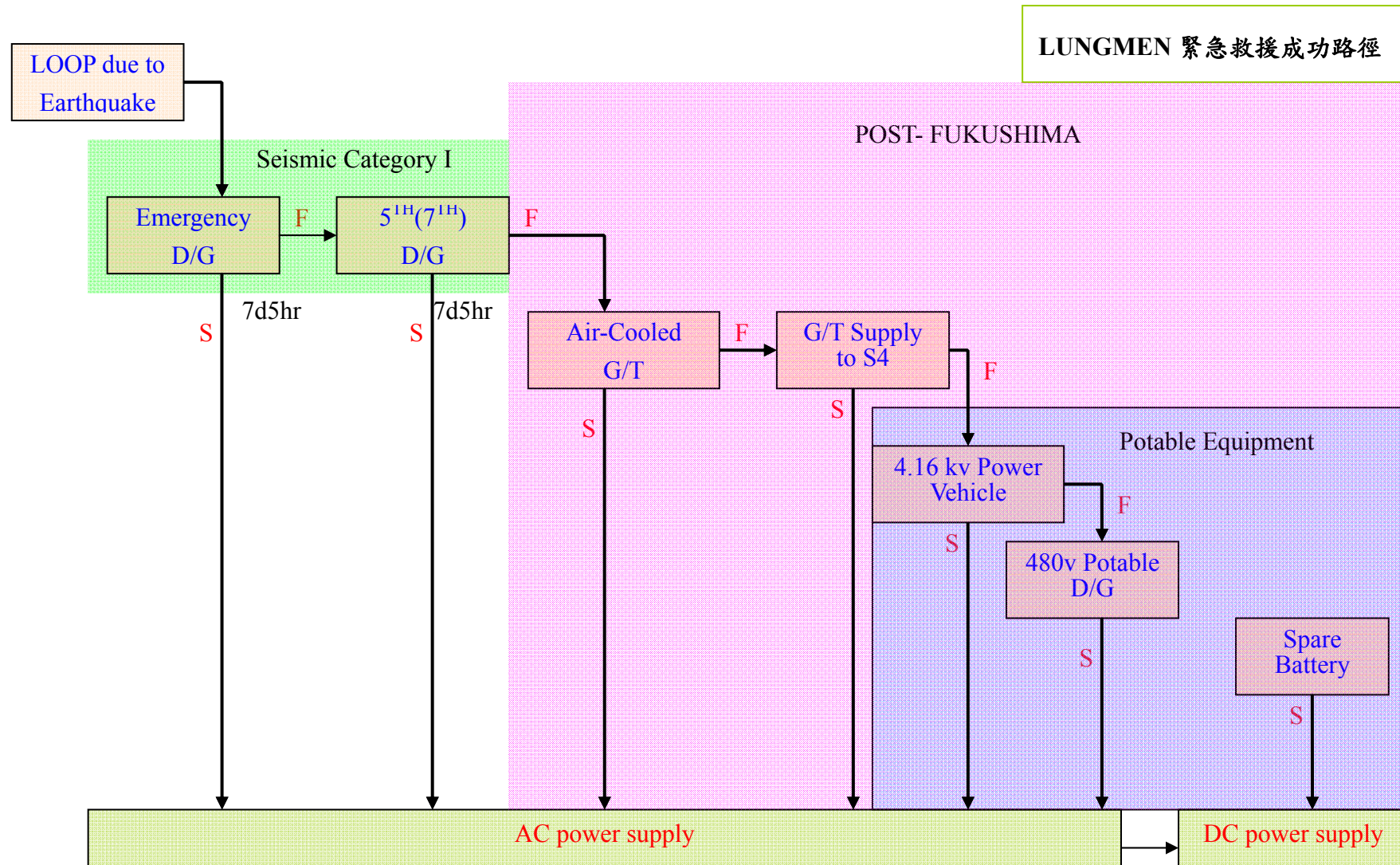
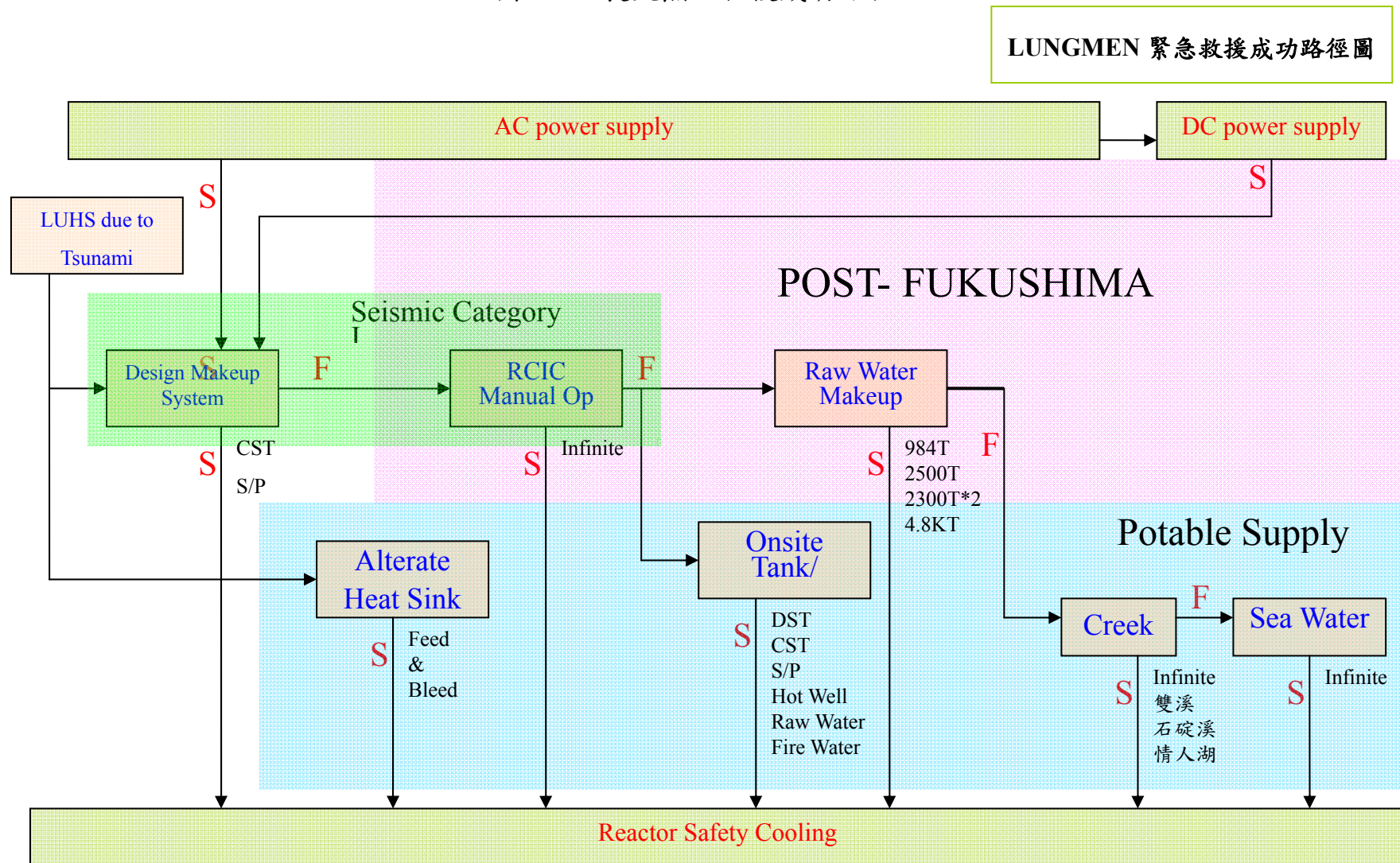


圖 5-6.2 喪失熱沉救援成功路徑



附表 5-1 Div I 蓄電池組負載分析表

DIV I CASE 1		DIV I CASE 2		DIV I CASE 3	
8HR Duty Cycle(SBO)-RCIC Random Load in 0-3 Min and 120-123 Min		8HR Duty Cycle(SBO)-RCIC Random Load in 0-3 Min and 477-480 Min		8HR Duty Cycle(SBO)-RCIC Random Load in 117-120 Min and 477-480 Min	
1224.09x1=	1224.09	1224.09x1=	1224.09	789.11x1=	789.11
600.03x1=	600.03	600.03x1=	600.03	531.53x1=	531.53
482.93x1=	482.93	488.53x1=	488.53	420.03x115=	48303.45
420.03x117=	49143.51	482.93x116=	56019.88	855.01x1=	855.01
358.17x1=	358.17	420.03.x1=	420.03	488.53.x1=	488.53
125.58x2=	251.16	62.68x357=	22376.76	482.93.1=	482.93
62.68x357=	22376.76	358.17x1=	358.17	62.68x357=	22376.76
	74436.65	125.58x2=	251.16	358.17x1=	358.17
74436.65/60=	1240.61		81738.65	125.58x2=	251.16
(1800x2/1240.61)x8=	23.214(HR)	81738.65/60=	1362.3		74436.65
		(1800x2/1362.3)x8=	21.14(HR)	74436.65/60=	1240.61
				(1800x2/1240.61)x8=	23.214(HR)

上述分析負載包括：1R16-MCC-0100A4,1R16-PPL-0100A4,1R16-PPL-0200A4,1R16-PPL-0300A4	
1R16-PPL-0400A4,1R16-PPL-0500A4,1R13-CVCF-0000A4	

附表 5-2 龍門電廠正常水源動力來源表

項 目	名 稱	結構體材	耐震 等級	送水方式	標 高	動 力 來 源
1	冷凝水儲存槽 (CST) 4340 噸	鋼結構	I	原設計配 管	基座海平面上 12.3m	HPCF B/C (MSWG-B4/C4) RCIC(蒸汽驅動) CSTF 5001A/B (MSWG-A3/B3) CSTF 5002/5003 (MCC-5020A1/5030A1) CRD A/B (MSWG-A3/B3)
2	除礦水儲存槽 (DST) 1515 噸	鋼結構	IIC	原設計配 管	基座海平面上 12.3m	DST 5023A/B (LSWG-5000A1/B2)
3	消防水槽 A 2300 噸	鋼結構	I	原設計配 管	基座海平面上 12.3m	消防泵 5001A (柴油引擎) 消防泵 5001B (MSWG-A3) 消防泵 5002 (MCC-5320A2)
4	消防水槽 B 2300 噸	鋼結構	I	原設計配 管	基座海平面上 12.3m	消防泵 5001A (柴油引擎) 消防泵 5001B (MSWG-A3)

項 目	名 稱	結構體材	耐震 等級	送水方式	標 高	動 力 來 源
						消防泵 5002 (MCC-5320A2)
5	生水槽 984 噸	鋼結構	IIC	原設計配 管	基座海平面上 12.3m	無
6	生水池 48000 噸	加蓋鋼筋混凝 土水池	IIA	原設計配 管	基座海平面上 116.6m	無
7	抑壓池 3580 噸	加蓋鋼筋混凝 土內有襯板水 池	I	原設計配 管	基座海平面上 -8.2m	HPCF B/C (MSWG-B4/C4) RCIC(蒸汽驅動) RHRA/B/C (MSWG-A4/B4/C4)
8	熱井餘水 530 噸	鋼結構體	IIA	原設計配 管	基座海平面上 2.5m	CP A/B/C/D (MSWG-A1/A2/B1/B2) CBP A/B/C/D (MSWG-A1/A2/B1/B2)

附表 5-3 龍門廠附近行政區消防車統計表(含貢寮、雙溪及瑞芳區)

新北市貢寮區消防隊消防車				
名稱	數量	水箱容量	出口壓力	備 註
水箱車	一輛	3.0 噸	10 kg / cm ²	小計 3 噸
水箱車	一輛	2.0 噸	10 kg / cm ²	
新北市雙溪區消防隊消防車				
名稱	數量	水箱容量	出口壓力	備 註
水箱車	一輛	3.0 噸	10 kg / cm ²	
水箱車	一輛	2.0 噸	10 kg / cm ²	小計 3 噸
新北市瑞芳區消防隊消防車				
水箱車	一輛	3.0 噸	10 kg / cm ²	
水庫車	一輛	10.0 噸	10 kg / cm ²	
化學消防車	一輛	6,0 噸	10 kg / cm ²	
合計	七輛			

6. 嚴重核子事故管理

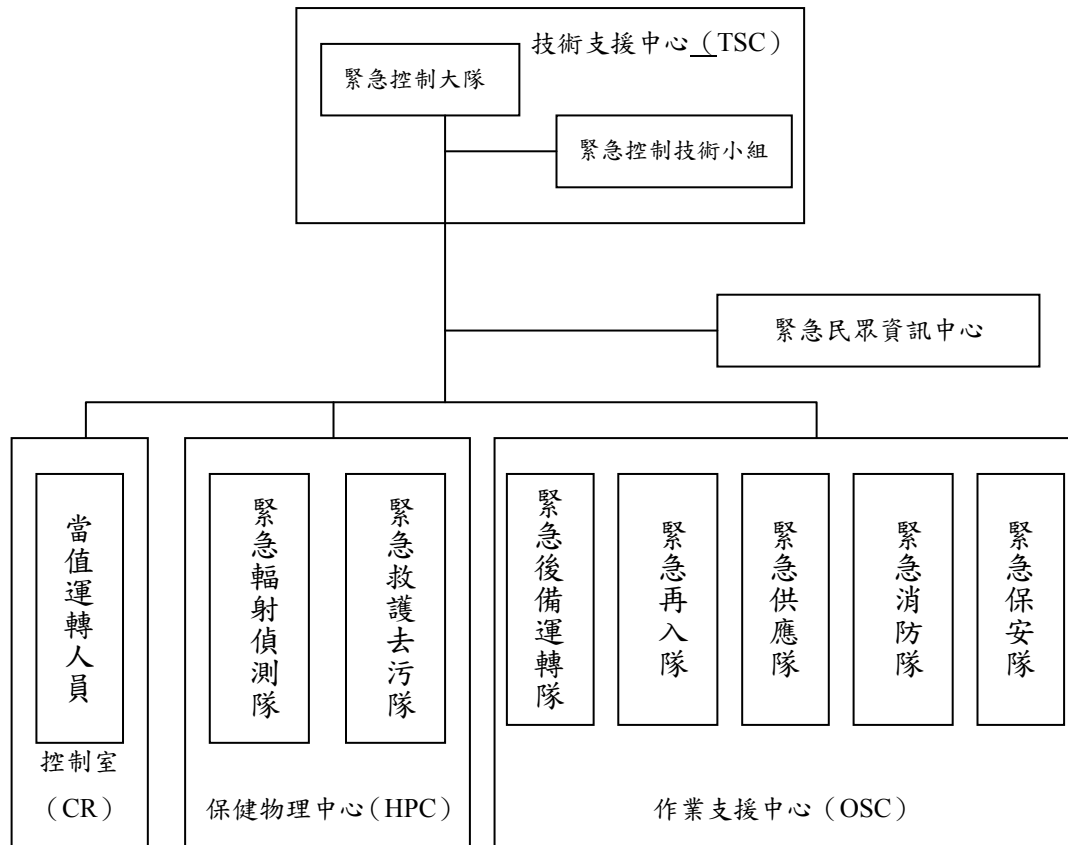
6.1 嚴重核子事故管理的組織

6.1.1 組織規劃

6.1.1.1 組織架構

本公司遵照行政院原子能委員會「核子事故緊急應變法暨相關子法」之規定，及台灣電力公司「核子反應器設施緊急應變計畫」要求之章節與內容，編訂本廠緊急應變計畫（詳如 1400 系列程序書），並定期演練。

依照緊急計畫，緊急事故發生時，電廠緊急控制組織主要為「緊急控制大隊」包括：技術支援中心（TSC）、緊急民眾資訊中心(EPIC)、保健物理中心（HPC）、作業支援中心（OSC）及主控制室（MCR），其包括十個緊急作業分隊，擔任不同緊急任務。本廠緊急控制組織，如下圖所示



因應嚴重核子事故，本廠已參照美國 BWROG 所發展之通用嚴重核子事故處理指引（Severe Accident Management Guideline；SAMG），建置本廠專有之嚴重核子事故處理指引（SAMG；如附圖 6-1 及 6-2），並成立嚴重事故處理小組（Accident Management Team；AMT）之功能編組。AMT 依據程序書 1450 嚴重事故處理指引（SAMG），協助 TSC 提供事故狀態的診斷與及建議因應策略。

AMT 成員及分工如下：

1. AMT 小組長由運轉經理擔任，模擬中心專任講師（資深 SRO）為組員及第一代理人。負責評估 AMT 成立時機、督導 AMT、遵循 SAGs、建議緊急控制大隊長適當決策及預測救援行動。
2. 運轉聯絡組(簡稱運轉組)，組長由機動支援班主任擔任，運轉課長為組員及第一代理人。參考 SAMG 程序書之運轉聯絡員手冊進行以下任務：確認移轉至 SAGs、決定 SAG 分項、圍阻體灌水影響、最佳化救援時機、系統回復優先次序。
3. 安全分析評估組(簡稱安評組)，組長由品質經理擔任，安評課長為組員及第一代理人。參考 SAMG 程序書之系統分析工程師手冊進行下列任務：控制參數趨勢、RPV 流量評估、系統狀態評估。
4. 反應器工程技術評估組(簡稱反應器組)，組長由核技經理擔任，核工課長為組員及第一代理人。參考 SAMG 程序書之反應器工程師手冊進行下列任務：確認反應爐停機、確認 RPV 破裂、確認燃料損壞及請 TSC/緊執會協助提供圍阻體大氣樣本、預估釋放率等資訊。
5. SPDS 運轉員：由 AMT 小組長指派運轉有照人員擔任。參考 SAMG 程序書之 SPDS 運轉員手冊進行下列任務：控制參數評估、儀器評估、參數發展趨勢追蹤。

若發生嚴重核子事故時，而 TSC 尚未成立，控制室可以先參考 (SAG-1/2) 相關流程指引，進行事故之應變處理，直到 TSC 成立且 AMT 開始運作後，事故處理程序及決策主控權將一併轉移由 TSC 主導。

6.1.1.2 使用現有設備的可能性

日本福島核能一廠事故後，本廠立即遵照 WANO SOER 2011-2 的四項建議事項進行查證與因應。其中對於建議事項 1.a「查驗減緩嚴重事故設備的適足及可用性」^[註]，電廠全面清查現行規劃之事故處理相關程序書，包括嚴重事故處理指引 (SAG)、緊急操作程序書 (EOP；581~590.25) 及喪失用過燃料池補水所需設備及儀器之可用性。清查設備的功能領域包括有：反應爐補水、反應爐排氣及壓力控制、反應度控制、氫氣控制、圍阻體排氣、用過燃料池緊急補水系統、緊急電源、緊急循環水系統、事故處理所須儀表指示(包括 ERF 及盤面儀表)等。對於運轉規範上規定必須可用之系統查證其測試記錄確認功能可用外，並對非日常例行檢查之項目，依設備屬性 (Active/ Passive) 進行必要 Test 或 Inspect/walkdown。

查驗結果均符合要求。上述清查後設備，均已依品保制度納入本廠定期測試、預防保養項目，維持各項救援設備隨時可用。

[註]:WANO SOER 2011-2 Recommendations：

1. Verify the capability to mitigate conditions that result from beyond design basis events. Include, but do not limit,
 - 1.a Verify through test or inspection that equipment designed for severe accident mitigation is available and functional. Active equipment shall be tested and passive equipment shall be walked down and inspected.

6.1.1.3 使用移動式設施

若電廠發生超出設計基準的情況發生時，機組喪失廠內外交流電源或反應

爐補水，電廠已建置程序書 1451「機組斷然處置程序」包括各種替代灌水路徑、動力及水源等，動員所有可能之人員物力，最短時間內將所有可資運用的水源排列完成，經判斷短時間無法恢復設計基準之注水與冷卻功能，立即將可用後備水源注入反應爐，確保核燃料受水覆蓋，防止燃料受損。

程序書 1451「機組斷然處置程序指引」(Ultimate Response Guideline) 以下簡稱 URG。當電廠遭遇地震、海嘯等超出設計基準事故之複合式災害，喪失反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)或反應器廠房冷卻水系統(RBCW)而使衰變熱無法移除、喪失反應爐補水能力、喪失所有廠外(內)交流電源及用過燃料池水位下降等情況下，提供指導策略，採取機組斷然處置以達到下列目的：

- 1.維持反應器爐心冷卻。
- 2.維持控制室監控功能。
- 3.防止(減少)放射性物質外釋。
- 4.維持燃料池冷卻及用過燃料的淹蓋。

本指引目標為長時間維持爐心冷卻、燃料池冷卻及用過燃料的淹蓋，積極修復救援設備並恢復長期冷卻能力。

其中各項策略，已預先規劃建立於本廠 1451「機組斷然處置程序指引」程序書之附件（說明如下），可迅速據以執行。

附件一：斷然處置執行條件流程及通報時機。（附圖 6-3）

附件二：機組斷然處置程序流程圖。（附圖 6-4）

附件三：用過燃料池冷卻緊急應變流程。（附圖 6-5A & 5B）

附件四：恢復機組長期冷卻能力流程圖（附圖 6-6）。

附件五：斷然處置第一階段因應措施人員配置表（附件 6-1）。

附件六：斷然處置因應措施三階段檢點表（附件 6-2）。

附件七：機組斷然處置操作指引。

附件八：用過燃料池緊急應變操作指引。

附件九：龍門電廠正常水源各項資料表。

6.1.1.4 後勤供應管理

電廠發生緊急事故並達到「緊急戒備事故」狀況時，電廠緊急應變組織即動員成立，並依照電廠程序書 1411「後勤與設備支援程序」，由緊急供應隊提供後勤與設備支援。

緊急供應隊以供應組課長為隊長，以供應組人員為隊員，緊急供應隊長負責後勤供應管理：

- 負責指派人員進行車輛調度、材料供應、緊急備料與採購、及安排人員之食宿。
- 因應各種緊急採購，協調會計組進行緊急事故期間財務出納與會計之支援。
- 提供各應變場所資訊傳遞作業人力之支援（包括文件之傳真等）。
- 因應疏散作業需要，派員到集結待命地區當協調員。
- 評估目前及將來人力及設備要求。
- 協調後備人力，以支援緊急應變組織。
- 了解廠外情況（如天候、雨量、風向、進出交通路線路況）以提供緊急應變人員車輛及器材運送進入廠區支援規劃所需。
- 填寫緊急供應隊動員紀錄簿。
- 持續更新廠內緊急工作隊人員名單及集合地點。

若事故持續擴大時依照緊急計畫，本公司將成立緊執會，或視事故嚴重程

度由政府成立中央災害應變中心，提供後續之必要支援與協助。

6.1.1.5 輻射外釋的管理及侷限輻射的準備

當發生嚴重事故時，本廠對於輻射外釋的管理及侷限輻射的準備，可分放射性氣體及放射性液體外釋二部份，茲說明如下：

1.放射性氣體外釋方面

- (1).正常情況下，一次圍阻體可藉由自動隔離之設計功能，將放射性物質包封在圍阻體內，以防堵意外事故時分裂產物外釋之情況，確保廠界外輻射劑量(Off Site Dose)不會超過 10CFR100 規定。
- (2).當緊急事故發生使廠界輻射率達到 0.1mSv/h 時，則依據 EOP 程序書 584「輻射外釋控制」進行相關必須隔離之所有洩漏；若事故持續惡化至需進入 SAG 後，依據 EOP 程序書 583 之「二次圍阻體控制」規定，當二次圍阻體 RBSCHV 排氣輻射強度或燃料填換樓層輻射強度超過 0.21mSv/h 時，需確認 RBSCHV 已隔離，並起動 SGT，有效過濾放射性物質。
- (3).當 EOP/SAP 執行救援行動過程中時，若圍阻體因壓力、氫氣濃度過高，或因圍阻體無法承受 RPV 能量沖放而可能造成圍阻體失效時（圍阻體之壓力抑制能力），依照 EOP/SAP 規定，必須強制進行一次圍阻體排氣（操作程序詳如 URG 附件 LM.1-07 一次圍阻體排氣操作指引），以確保一次圍阻體完整，避免導致放射性氣體無法控制的大量外釋。
- (4).若發生類似福島事件之複合性災難時，預期圍阻體沖/排氣系統可能因為電源喪失而失去功能時。電廠將依據已規劃完成之斷然處置第一階段策略 LM.1-07「一次圍阻體排氣操作指引」及第二階段策略 LM.2-02「二次圍阻體排氣操作指引」進行操作。本廠已將 SGTS 電源供應列入優先恢復項目，以儘速恢復圍阻體排氣及過濾功能。（電力強化方案詳如第 5 章之說明）。

2.放射性液體外釋方面

(1).放射性液體外洩可能途徑：

依據設計特性，龍門電廠放射性廢液洩水收集、傳送、貯存、處理、回收及排放之設備管路及桶槽均位於各廠房地面層，發生事故後，放射性液體都會積存在各廠房內部底樓，並無外釋途徑。除非利用臨時電源及管路加以抽取傳送，否則並不會外釋。

程序書 913 規定，當發生地震並接獲運轉員通知停止廢水外釋時，應立即停止廢水外釋，待地震停止後，檢查廢料系統及廢水外釋管道相關設備、儀器正常，並確定安全無虞後，才可再進行外釋排放。

(2).因應方案：

意外事件造成放射性物質外洩，造成對本廠之衝擊，經評估本廠最大廢液儲存空間最多可達 17,968 立方公尺（各廠房集水池或廢液收集槽兩部機共可暫存約 1968.2 立方公尺；汽機廠房主冷凝器空間臨時挪用貯存廢液，每部機約 8000 立方米，兩部機共可暫存約 16,000 立方公尺）。

立即通報緊執會與中央災害應變中心，必要時由中央災害應變中心協調輻射偵測中心派專業人員進駐海邊加強監測。

本廠程序書針對緊急搶修之支援人力，其相關之進廠程序及輻防管制程序，已有完整的規範，但對於複合式災害可能需求之極少數特殊專業人員，如情況許可，仍要求編入本廠緊急工作隊，再依現行程序書任務編組進行搶修作業。

在考量搶救時效之緊急情況下，而無法納入編組者，由 HPC 保健物理人員作約 5~10 分鐘之搶修輻射安全講習，說明緊急曝露之法規規定、接受輻射之風險及現場輻防狀況，搶修輻射劑量警報限值，並徵得當

事人之劑量授權同意簽名。會同支援人員前往現場，並指導相關輻防注意事項。

搶救人員進入輻射管制區前，由 HPC 保健物理人員每人發予佩章及輔助劑量警報計，並指導搶救人員有關輻防衣物之穿著及輻防裝備之使用等。

搶修後，由保健物理人員協助前往指定之臨時管制站進行全身污染偵測及去污作業，依接受劑量多寡執行必要劑量查核及醫護照顧，確保搶修人員輻射安全。

6.1.1.6 通信設備及資訊系統

1.PA (廣播通話系統)

(1)由不斷電系統 CVCF 1(2)R13-CVCF-5001 供電。

(2)反應爐廠房、控制廠房、開關箱廠房、汽機廠房、進出管制暨機組行政大樓、及屋外部份可操作隔離獨立運作，以避免單一廠房不可用時，造成全廠不可用。

2.廠內電話系統

(1)設置獨立至少 8 小時 48 VDC，400AH 蓄電池及充電機，其一次側為 110VAC 單相電源。來自

電源①：1F43-CVCF-5001(1R12-NPPL-5062A2-5)。

電源②：後備電源為移動式柴油發電機。

(2)總機設於 1 號機進出管制暨機組行政大樓(ACB)。

3.低功率二哥大(DECT)

(1)依附於廠內電話系統，目前建置中。

(2)一般方式架設以提供業務通訊使用。

4. SP(聲能電話)

有 4 個 LOOP(迴路)可供控制廠房、汽機廠房、反應爐廠房、主警衛室、輔助燃料廠房、開關廠房相互聯絡之用。

5.VHF(超高頻)無線電系統

(1)共 3 個頻道，其頻率為 153.13/153.16/153.19 MHz, 167.2625/ 167.2875/ 167.325 MHz。

(2)全黑時廠區內之 UPS(不斷電系統)可提供 8 小時供電能力。另外當之中繼台故障時，則可由放射試驗室之後備中繼台切換提供系統繼續使用。另有 8 組操作控制台(Console)可與廠區外無線電手機及車機之通話使用；分別安裝於 1 & 2 號機之反應爐廠房、控制廠房及開關廠房之技術支援中心。另備有 204 支手持式無線電手機(自備充電式鋰電池)、16 組車裝無線電機用於廠區外(Outside Area)適當之區域通話使用。

6.廠外電話

(1)中華電信(除專線外)與廠內電話總機連結。其電源由不斷電系統 0Y86-CVCF-5002(0Y86-PPL-5092) 供電。後備電源為保安柴油發電機。

(2)公司微波通訊系統，有設置至少 8 小時 48 VDC 1300AH (800AH + 500AH)相互獨立及彼此支援之蓄電池組且充電機一次側為 220VAC 單相電源。

(3)控制室直通澳底派出所、貢寮消防隊。其電源由中華電信提供。

7.衛星電話

電源來自 1R15-NPPL-0112B2-8，附有 1000VA 容量之不斷電系統(UPS)，後備電源為移動式柴油發電機。

6.1.2 必須評估的事故管理措施

6.1.2.1 廠週邊基礎設施受到廣泛破壞

1. 廠外支援困難因應

電廠緊急應變計畫（1400 系列程序書），已對緊急控制大隊各組織，包括當值值班人員、緊急後備運轉隊，均有明訂其分工權責及動員方式。另外對於事件發生於「正常」或「非正常」上班時段之緊急應變人力之檢討，說明如下：

A. 事件發生於正常上班時段：

- a. 若運轉值班人員無法抵達電廠接班，此時模中有訓練班人力，另機動支援班約十人(大部份為持照人員)，可接替及協助機組運轉處置。
- b. 各部門維護人力均在廠內，另有長期合約駐留廠區承包商，維護人力可達百人，應可滿足緊急情況設備維護需求。
- c. 廠內消防班人力於二值時段配置 8 人，而正常上班時段依緊急計畫組織，編組緊急後備消防隊人力有 45 人，可協助消防工作。

B. 事件發生於非正常上班時段：

- a. 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍值班（含運轉組）人員，將可優先通知協助機組運轉工作，以因應運轉值班因接替人力無法抵達而有不足；另本廠已有規劃於貢寮、雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚值班人員先行進廠協助。
- b. 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍維護（機、電、儀、修）人員，將可緊急動員進行設備搶修工作，另本廠已有規劃於貢寮、雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚維護人員先行進廠協助。

- c.消防班人力於非正常上班時段維持 6 名消防員在廠，消防班外包人員均優先進用貢寮、雙溪、瑞芳、基隆等地區居民，遇有狀況時將可緊急通知入廠。另有駐廠保警人力，亦可協助救災事宜。
- d.若因廠外道路不通，將向中央政府主導之「中央災害應變中心」申請工兵支援搶通道路或利用直升機載送人員與物資設備搶修，以及人員緊急送醫。

2.使用廠外技術支援以為事故管理(包括廠外支援不可用的應急措施)

電廠因應複合性災害之情況，已於斷然處置指引規劃值班人員配置及 3 階段點檢表 (URG 附件 05&06)，其中第 1 階段之相關項目為需在短時間內(1 小時內)由廠內人力必須能獨力完成。包括反應爐降壓、替代注水，以移動式電源搶修恢復重要系統/儀器電力等，於第一時間避免事故惡化並進行有效之控制。若因道路中斷廠外支援不可用時，本廠緊急應變組織各工作隊已編成 2~3 組，可分批輪替，利用廠內原有備援設備搶救機組。

而第 2 階段及第 3 階段作業行動 (URG 附件 06)，其時限為 8 小時及 36 小時，此時，緊急應變各組織已逐步動員，且如前述之廠區單身備勤宿舍、貢寮、雙溪地區之員工及協力廠商也可陸續抵達。可持續進行救災減災之工作。此外，依災情需要可向緊執會提出大型機具及人力支援需求，緊執會統籌指揮全公司人力、物力支援處理緊急事故。必要時「中央災害應變中心」將調派工兵支援搶通道路或利用直升機載送人員與物資設備搶修，以及人員緊急送醫等，以對於複合性災難事故進行全面及長期之控制。

3.使用現有設備的可能性

本廠主要安全系統之設計能力均為耐震一級，並建置在海拔 12 公尺以上高度，足以防範預期之天然危害（地震、海嘯、豪大雨等）所造成功能喪失的情況，相關檢討及強化方案詳如本報告相關章節說明。而鑑於日本福島電廠事件，電廠已進行「電廠核能安全防護總體檢」評估。本廠既有之因應意外狀況的移動式救災設備，及於福島事件後，在原能會指示及公司

指導下進行「核能全面體檢」之檢討，並進一步擴充規劃移動式設備（詳如第2章節附件2-6『既有災害防救設備』及附件2-7『因應福島事件增購災害防救設備』）。相關設施/設備已規劃儲放於廠內不易受複合性災難損害場所，當發生超出基準事故時，可以由電廠編制人員迅速配置完成，成功達成緊急救援之目的。

4.廠內外通訊強化方案

- A. 總機充電機目前備有單相 110V 移動式柴油發電機作為後備電源；可供廠內電話及 DECT 之用。
- B. 電力通信處籌設之 VSAT 衛星電話系統，於建置基地台時，設計考量結構之耐震等級。
- C. 已獲電力通信處撥下 20 支無線電手機，頻率(CH1:158.2875/167.3375 MHz, CH2: 167.3/167.3 MHz, CH3: 167.325/167.325 MHz, CH4: 167.35/167.35 MHz)。以供緊急通訊設備之備用。
- D. 大哥大：已規劃，待購置中。以供緊急通訊設備之備用。

[註]：相關電源強化方案，詳如第五章說明。

6.1.2.2 廠區局部高劑量率、輻射污染及許多設施受損之救援影響評估

- 1.電廠對於機組（包括用過燃料池）之救援作業，主要於控制室進行操控。相關安全設施/設備，並不會因為輻射污染而影響其功能。而若電廠因複合性災害導致正常安全系統喪失功能時，電廠必須進入現場搶修，或採取斷然處置策略時，需以各項移動式設施/設備進行搶救。廠房/廠區局部高劑量率或輻射污染，本廠之輻射防護因應措施，茲說明如下：

- A.搶修作業進行前，先由保健物理派員執行現場之輻射、污染及放射性空氣濃度偵測。
- B.依現場輻射狀況規劃輻射防護措施：

- a.評估現場裝設輻射屏蔽的可行性，以降低現場輻射劑量率，進而減少工作人員接受之劑量。
 - b.提供必要之輻射防護裝備，如輻射防護衣、呼吸防護面具、鉛衣等，必要時指導搶修人員穿戴各項輻射防護裝備。
 - c.評估工作人員最長可工作時間，必要時進行計時管制。
- C.提供搶修人員每人 1 枚人員劑量警報計(EPD)，並要求發生警報時，務必立即離開現場，以避免發生劑量失控的情況。
- D.搶修現場設置可攜式區域輻射偵測器(ARM)，以提供搶修人員即時輻射資訊，一旦現場輻射狀況發生變化時，可立即撤離，以保護人員安全。
- E.搶修人員離開現場後，須至指定地點進行體外污染偵測，以確保無污染之虞。
- 2.當控制室可能有輻射污染時，擬定強化控制室適居性，及人員進出方式：
- A.定期執行控制室之輻射、污染及放射性空氣濃度偵測。
 - B.依控制室輻射狀況規劃輻射防護措施：
 - a.評估裝設輻射屏蔽的可行性，以降低現場輻射劑量率，進而減少值班人員接受之劑量。
 - b.提供必要之輻射防護裝備，如輻射防護衣、呼吸防護面具、鉛衣等，必要時指導搶修人員穿戴各項輻射防護裝備。
 - c.評估值班人員最長可工作時間，必要時進行計時管制。
 - C.於適當場所裝設人員污染門框偵檢器，以確保值班人員離開控制室時無污染之虞。
- 3.廠外支援搶救人員進入輻射區/污染區之處理機制：

廠外支援之搶救人員進入輻射區或污染區之相關規定：

- A. 本廠程序書 1426「外界至廠內支援配合作業程序」規定，由本公司緊執會統籌指揮全公司人力、物力支援處理緊急事故，在緊執會協助辦妥緊急入廠手續後，交由作業支援中心主任指揮展開搶修作業，作業支援中心主任依支援人力專長，將支援人員編入本廠緊急工作隊輪值名單內，加入搶修行列進行搶修作業。
- B. 本廠程序書 1419「再入程序」規定，緊急再入隊長根據任務內容、現場狀況與緊急輻射偵測隊隊長共同規劃適當之再入搶修步驟，再入行動前，緊急輻射偵測隊先選擇偵檢儀器，派人偵測進出路線及工作現場之輻射、空浮及污染狀況，在取得現場輻射狀況後，判定再入人員工作時限及規劃其他應進行步驟。如因工作需要，必須超過劑量限制值時，須經緊急控制大隊長批准，並告知再入人員現場輻射、空浮、污染狀況與可能受到之曝露劑量及相關輻防注意事項，進入偵測之人員及再入工作者，應攜輔助劑量警報計、專用 TLD 佩章及著適當防護衣物及裝備。
- C. 當現場輻射劑量率過高時，依法提高個人劑量授權，並管制工作人員接受之劑量，使符合法規之緊急曝露要求，必要時，則更換作業人員，以確保符合法規要求。
- D. 對廠外未經輻防訓練之支援人力，本廠已檢討並提出相關輻射防護作業強化機制。
 - a. 如情況許可，仍要求編入本廠緊急工作隊，再依現行程序書任務編組進行搶修作業。
 - b. 需特殊專業人員進入高輻射區搶修時，在考量搶救時效之緊急情況下，而無法納入編組者，則已規範於程序書 1414 中，由保健物理組指派輻防人員，先告知緊急曝露之法規規定、接受輻射之風險及現場輻防狀況等，代替法定輻射防護訓練，同時徵得當

事人之同意後，陪同其前往現場搶修，隨時指導相關輻防注意事項。輻防人員陪同名冊並已於 100.06.03 建置完成。

- c. 搶救人員進入輻射管制區前，由輻防人員每人發予佩章及輔助劑量警報計，並指導搶救人員有關輻防衣物之穿著及輻防裝備之使用等。緊急事故期間，支援搶修人員之有關輻防衣物、配章及劑量警報器之備品及數量清單亦已於 100.05.31 備妥。

6.1.2.3 事故管理措施在外部危害下的可行性及有效性

本廠主要安全系統之設計能力均為耐震一級，並建置在海拔 12 公尺以上高度，足以防範預期之天然危害（地震、海嘯、豪大雨等）所造成功能喪失的情況。而鑑於日本福島電廠事件，電廠已進行「電廠核能安全防護總體檢」評估，檢討超出設計基準的情況，進行電廠體質之對應改善。包括建立電廠程序書 1451「機組斷然處置程序」。

- 1.時效性：「機組斷然處置程序」主要策略不同於 EOP/SAG 以徵兆考量逐步評估之策略，而是以最短時間採行明確的行動（決斷行動），及時防止事故惡化，並進而控制電廠狀態，達到防護民眾安全的主要目的。
- 2.可行性：如前述「使用現有設備的可能性」說明，本廠既有因應任何意外狀況的移動式救災設備，及於福島事件後之「核能全面體檢」進一步擴充規劃移動式設備。相關設施/設備已規劃儲放於廠內不易受複合性災難損害場所，當發生超出基準事故時，可以迅速由電廠編制人員配置完成，成功達成斷然處置救援目的。
- 3.有效性：電廠依據各項評估結果，建置之「斷然處置程序」，相關各種策略亦已考量深度防禦之理念，建立多樣性及多重性之策略（例如各種水源、電力、氣源等），確保電廠因應複合性災害救援行動能力的有效性。

6.1.2.4 電力供應的不可用性

本廠因應福島事件，進行電源供應能力檢討及強化方案，詳如本報告第 5

章『喪失電源與最終熱沉』說明。可以確保事故情況下，提供多重電力供應方案，達到長期維持爐心冷卻避免燃料損害之目的。

6.1.2.5 廠址內其他臨近機組的可能效應

對於兩部機組因應複合式災難，同時發生事故情況，分下列四個方面探討：

1.設備相互支援檢討：

於日本福島核電一廠事故後，電廠已進行自我「安全防護總體檢，其中在「一/二號機組相互支援之因應措施」項中，已針對 (一) RBCW 系統、(二) CSTF 系統、(三)補充水系統 P11/消防水系統 P16、(四)壓縮空氣系統、(五)緊要匯流排系統，完成現行可相互支援設備之相關措施及對事故減緩及救援功用之查證：

A. RBCW 系統

一/二號機 RBCW 之 C 串皆提供冷卻水至 0G42 AFPC Heat Exchanger A/B 相互支援。

B. CSTF 系統

兩部機組之 CSTF 可經由廢料廠房之管路相互支援。

C. 補充水系統 P11/消防水系統 P16

可於 ACIWA 時支援至二部機組。

D.壓縮空氣系統

a. 兩部機組的 P52 儀用空氣系統可經由位於汽機廠房東側 Yard 的管路相互支援。

b. 兩部機組的 P51 廠用空氣系統可經由位於汽機廠房東側 Yard 的管路相互支援。

E. 緊要匯流排系統

第七台緊急柴油發電機(SDG)，提供一/二號機緊急匯流排之電力需求。

2.對於上述設備，本廠亦於總體檢後檢討並進行下列強化方案：

- A. 本廠#1 機及#2 機儀用空氣(P52)及廠用空氣(P51)目前已 Tie 接，但設計上有止回閥須改善，即該止回閥 1(2)P52-UV-5069 及 1(2)P51-UV-5060 的閥盤需拆除，#1 機及#2 機儀用空氣(P52)及廠用空氣(P51)方可互通。另 1(2)P52-BV-5037/5038 及 1(2)P51-BV-5150/5152 須由 Normal Open 改為 Normal Close。
- B. 為避免超出設計基準事故時柴油消防泵不可用，**已另規劃建置混凝土海嘯牆避免海嘯侵襲造成設備不可用。**
- C. 電源強化方案，包括第七台 EDG 供電至兩部機組，兩部機組之 DIV I /DIV II /DIV III EDG 相互支援、將氣渦輪機附屬之二台 4.16kV 1100kW 柴油發電機提供必要電力、購置 2 台 480V 200kW 移動式柴油發電機、購置 5 台 480V 100KW 移動式柴油發電機、及 4.16kV 1500kW 柴油發電機電源車等強化，已於本報告第 5 章節詳細說明。
- D. 壓縮空氣系統部份。本廠將增購引擎帶動移動式空壓機，可機動提供二部機組 SRV 緊急操作氣源使用。

3. 運轉值班人力調度評估：

- A. 目前龍門電廠正處興建試運轉階段，運轉值班人員配置將參酌核一、核二廠；運轉人員除外圍崗位外，機組操作人員分別集中在#1 機及#2 機主控制室內。人力資源可透過值班經理統一指揮，機組值班主任相互支援之原則，將人力集中用於緊急最需要的系統操作。
- B. #1 及#2 機組設備設計採相同的列置，人力資源互相調度，支援最緊要系統的操作。
- C. 一/二號機組大修時，調出一班人員並抽調其他各班一員支援大修作

業，值班人員即可透過經歷不同崗位的操作，於發生事故時支援不同崗位之作業。

D. 正常運轉訓練均是採相同標準進行，運轉人員因代班、調動等原因，可熟悉另一部機組之設備位置及操作等，兩部機組人員緊急相互支援應無問題。

E. 發生重大災難時，值班經理可依當時狀況，將人員調至最需要的崗位。(例如海水泵室發生海象不佳或大量垃圾、魚群入侵時，值班經理立即調派人員前往支援；如有重大災難亦遵行此法則執行崗位支援作業。)

4.人力動員強化：

緊急應變人力之檢討：

A. 若事件發生於正常上班時段：

(1)可能發生運轉值班人員無法抵達電廠接班情形，但此時模中有訓練班人力，另有檢控組人員可接替及協助機組運轉處置。

(2)維護人力除各部門均在廠內外，本廠未來商轉後將比照友廠另有平時長期合約駐留廠區承包商之維護人力，應可滿足緊急情況設備維護需求。

(3)廠內消防班人力於二值時段配置 11 人（隊長 1 人，護士 1 人，消防設備士 3 人，隊員 6 人）每班 6 人，而正常上班時段依緊急計畫組織，編組緊急後備消防隊人力有 46 人，可協助消防工作。

B. 若事件發生於非正常上班時段：

(1) 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍值班（含運轉組）人員，將可優先通知協助機組運轉工作，以因應運轉值班因接替人力無法抵達而有不足；另本廠已有規劃於貢寮、

雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚值班人員先行進廠協助。

(2) 將於未來燃料裝填前比照友廠調查居住廠區單身備勤宿舍維護（機、電、儀、修）人員，將可緊急動員進行設備搶修工作，另本廠已有規劃於貢寮、雙溪地區籌建眷屬宿舍，必要時可召喚維護人員先行進廠協助。

(3) 消防班人力於非正常上班時段維持 6 名消防員在廠，消防班外包人員均優先進用貢寮、雙溪、瑞芳、基隆等地區居民，遇有狀況時將可緊急通知入廠。另有駐廠保警人力，亦可協助救災事宜。

6.2 反應爐

6.2.1 喪失爐心冷卻功能：在爐心燃料受損發生之前

當發生喪失爐心冷卻功能時，電廠立即依照 EOP（581～587）進行機組控制，包括以注水支系統/替代注水系統（包括消防水等），維持爐心淹蓋，避免燃料受損，終而達到 L3～L8 之正常水位。（EOP 發展的主要目的為防止事故惡化至爐心熔損）。

而若電廠遭遇地震、海嘯等超出設計基準事故之複合式災害，喪失反應器廠房冷卻海水系統(RBSW)或反應器廠房冷卻水系統(RBCW)而使衰變熱無法移除、喪失反應爐補水能力、喪失所有廠外(內)交流電源及用過燃料池水位下降等情況下，電廠將依照程序書 1451「機組斷然處置程序指引(URG)」採取決斷行動，包括各種替代灌水路徑、動力及水源等，動員所有可能之人員物力，最短時間內將所有可資運用的水源排列完成，經判斷短時間無法恢復設計基準之注水與冷卻功能，立即將可用後備水源注入反應爐，確保核燃料受水覆蓋，防止燃料受損。

6.2.1.1 防止燃料損壞和排除燃料在爐心高壓下受損的可能性

當發生喪失爐心冷卻功能時，EOP 行動除上述注水策略外，亦須同時執行反應爐壓力控制（RC/P），直到反應爐壓力低於 1 MPaG 以下（必要時可超

過 55°C 降溫率限制)，避免燃料在爐心高壓時發生受損的情況。

而若電廠發生超出設計基準情況時，機組喪失廠內外交流電源或反應爐補水，電廠立即依照 URG 附件 LM.1-06 反應爐降壓操作指引，儘速將反應爐壓力降至 1.5 MPaG（必要時可超過降溫率限制），利用 RCIC 進行補水並控制爐壓（可用手動操作），當替代灌水整備後，配合 SRV 緊急洩壓，將各項預先規劃建立之緊急水源注入反應爐，確保爐心核燃料為水覆蓋，不會有高壓受損的情況。

6.2.1.2 瀕危效應及發生期限的風險

本廠在喪失電力及爐心補水情況時，可由 RCIC 維持反應爐水位，RCIC 設計基準上可以直流電力維持 8 小時(如切離部分不必要的負載後可維持 24 小時所需)，期間依照 URG 附件 LM.2-04~07 及 LM.2-11~14 建立正常或替代電源（包含第 7 台 DG、G/T 或於高處備置之移動式電源）後，除可長期供應 RCIC 必要電力，並可視電廠狀況利用後備替代補水方式（長期水源規劃詳如 URG 附件 02），於反應爐緊急洩壓後（URG 附件 LM.1-06），藉由後備替代水源及灌水路徑將緊急水源注入反應爐，維持爐心長期淹蓋，不至發生前述情況之瀕危效應。

在保守條件假設下，由核安處委託核研所以 MAAP5 程式評估，於地震引發急停後，分別假設 RCIC 於 8 小時及 24 小時後因故失效，導致喪失爐心補水及冷卻情況，計算結果（以 RCIC 失效時間起算）：

RCIC 運轉 8 小時：

●爐心水位下降至 TAF（有效燃料頂部）時間為 1.63 HR。

RCIC 運轉 24 小時：

●爐心水位下降至 TAF（有效燃料頂部）時間為 4.33 HR。

6.2.1.3 現行管理措施的適切性

考量日本福島核電廠 311 核子事故，遭受地震與海嘯侵襲的複合式災難狀

況下，將可能使得原設計用來減緩嚴重事故之設備同時或逐項不可用，本廠除已檢討用以因應現行設計基準事故之設備/機制外，也同時檢討當面臨超出設計基準狀況時的因應程序、設備、機制等，以具體強化本廠的應變能力。

複合式災害的影響是「面」的衝擊，非僅侷限於圍阻體完整性的威脅。時限上，複合式災害處理上有時間的急迫性，EOP 或 SAMG 迴圈式的參數判斷與處理流程，不及應付事故惡化程度。因應日本福島核子事故，台電公司擬訂「機組斷然處置程序指引」，以電廠狀況(Site-specific Basis)作為啟動時機與行動依據，複合式災害發生時，各種防禦設備或水源設施可能同時喪失。因此，台電公司以多重、多樣及獨立性的深度防禦策略，充分將廠內外可資利用的資源與方法列入強化措施中，規劃機動性的電源、水源與氣源，強調機動性與縮短處理時限，以因應複合式災害的各種可能情境。

依據三維雙相熱流分析程式 (REAP5-3D) 分析結果，並考量電廠斷然處置之合理運轉操作，當喪失所有補水系統時，RCIC 持續控制壓力及注水維持 1、4、8 小時失效三種情況（依福島經驗，RCIC 實際運轉超過 24 小時，故上述分析假設實屬十分保守），反應爐緊急洩壓，分析斷然處置注水（藉由消防管路）足以避免燃料護套溫度達到 1500°F（產生氫氣）所需流量，分別需求為 1974 gpm (1hr)、1483 gpm(4hr)及 1335 gpm(8hr)。

電廠因應複合性災害之情況，已於斷然處置指引規劃值班人員配置及 3 階段點檢表 (URG 附件 05 & 06)，其中第 1 階段之相關項目為需在短時間內 (1 小時內) 由廠內人力必須能獨力完成。包括反應爐降壓、替代注水，以移動式電源搶修恢復重要系統/儀器電力等，於第一時間避免事故惡化並進行有效之控制。因此電廠斷然處置規劃，可以在瀕危效應發生前完成整備，並將各項規劃水源注入反應爐，確保爐心為水覆蓋，不會發生燃料受損的瀕危情況。

6.2.2 喪失冷卻功能：在爐心燃料受損之後

6.2.2.1 減緩措施

對於燃料如有受損情況，電廠除可依據斷然處置指引，及時回覆爐心水位，防止燃料進一步損害。同時配合嚴重事故處理指引（SAG），針對不同事故狀況（RC/F-1 ～ RC/F-6），進行各項救援策略評估及建議行動，達到終止燃料劣化的目的。且 URG 及 SAG 均涵蓋圍阻體壓力、氫氣及餘熱移除等控制策略，持續維持圍阻體之可用性，降低放射性物質外釋的可能。

另外電廠斷然處置指引之整體規劃，包括各種替代灌水方案，並動員所有可能之人員物力，確保爐心受水淹蓋，降低燃料受損可能，進而確保壓力槽完整。對於 RPV 之可能受損情況，電廠可將 URG 預先規劃建立之緊急動力及水源，配合 SAG 規劃之最佳方式，將水注入反應爐/圍阻體，確保燃料（及熔渣）長期為水淹覆，終止燃料繼續劣化。

6.2.2.2 瀕危效應及發生期限的風險

在保守條件假設下，由核安處委託核研所以 MAAP5 程式評估，於地震引發急停後，分別假設 RCIC 於 8 小時及 24 小時後因故失效，導致喪失爐心補水及冷卻情況，計算結果（以 RCIC 失效時間起算）：

RCIC 運轉 8 小時：

- 爐心水位下降至 TAF（有效燃料頂部）時間為 1.63 HR。
- 壓力槽失效時間為：9.73 HR。

RCIC 運轉 24 小時：

- 爐心水位下降至 TAF（有效燃料頂部）時間為 4.33 HR。
- 壓力槽失效時間為：15.11 HR。

6.2.2.3 現行管理措施的適切性

電廠之 RCIC 進行降壓及補水所需直流電力，依程序書切除部分負載後，可持續維持 24 小時（必要時亦可手動操作），另如第 6.2.1.3 節說明，電廠斷然處置指引，可於短時間將各項水源持續注入反應爐，確保爐心受水淹

蓋，降低燃料受損可能。

對於燃料如有受損情況，電廠依照 URG 之規劃策略，除持續進行點檢表第一階段之各種替代灌水方案，確保爐心重新受水淹蓋，降低燃料受損情況外，並於 8 小時內完成點檢表第二階段作業，包括建立必要系統之電力（含直流電）供給等，經由點檢表所列之各階段點檢時間內完成動員及整備，進而確保壓力槽完整。

對於燃料受損時可能發生放射性物質自受損燃料外釋情況，本廠圍阻體設計上可先透過抑壓池洗滌，將可溶性放射性物質進行篩濾，而後透過圍阻體的包封能力，將分裂產物限制在圍阻體內，藉由斷然處置之電力恢復程序重新建立 SGTS 系統功能，有效降低輻射物質外釋的情況。另外，當燃料喪失適當冷卻而發生鋁水反應產生氫氣之情況，將於接續之下面 6.2.3.1 「氫風險管理」說明。

電廠對於因應燃料受損情況，持續進行斷然處置救援行動外，並依 EOP 規定進入嚴重事故管理（SAG）。電廠嚴重事故處理小組（AMT），將針對不同事故狀況（RCF/F-1~6），進行各項最佳化之救援行動，達到終止燃料劣化的目的。

6.2.3 爐心燃料受損後，保護圍阻體完整性之事故管理措施及電廠設計特點

6.2.3.1 氫風險管理

電廠 EOP 及 SAG 均有對於圍阻體內氫氣濃度的控制策略（PC/G），除起動再結合器降低氫氣濃度外，並視狀況進行圍阻體排氣（必要時允許超過輻射釋放率）或圍阻體噴洒，以降低圍阻體氫氣濃度及壓力，達到保護圍阻體完整性的目的。

而若電廠發生超出設計基準的情況，機組喪失廠內外交流電源時，為避免圍阻體氫氣累積爆燃，致使圍阻體之包封能力失效，得暫不考慮輻射釋放率，立即依照 URG 附件 LM.1-07（一次圍阻體排氣操作指引），開啟圍阻體大氣控制系統（Atmosphere Control System，ACS）相關隔離閥，使得圍

阻體能與外界連通，藉由圍阻體釋壓排氣之方式，以降低圍阻體內之氫氣量，避免發生爆燃現象。

此外為避免因一次圍阻體洩漏導致二次圍阻體氫氣累積，本項於 URG 附件 LM.2-02（二次圍阻體排氣操作指引），亦要求開啟二次圍阻體(反應器廠房)7 樓 4 個（北側 1 個，南側 3 個）爆破窗，利用自然對流方式將氫氣外釋至廠房外防止二次圍阻體局部氫氣累積導致氫爆情況。

於電廠搶救過程中，除依據 URG 建立爐心補水，避免氫氣持續產生外，一旦氫氣控制系統電源恢復後，即可起動再結合器降低氫氣濃度外，配合圍阻體排氣等策略，有效避免氫爆的可能情況。

6.2.3.2 防止圍阻體過壓

本廠圍阻體設計上具有抑壓功能(SRV/RCIC 等排放之蒸汽將先透過抑壓池冷凝)，減緩圍阻體壓力上升情況。此外電廠 EOP 及 SAG 均有對於圍阻體壓力的控制策略(PC/P)，利用圍阻體噴洒及排氣方式，有效降低圍阻體壓力；依緊急操作程序書(EOP-582 PC/P)，若 COPS 已開啟，則不管輻射釋放率，允許一次圍阻體經由 COPS 排氣至大氣，在進入事故後恢復程序(Post Accident Recovery Procedure)之前，不可將圍阻體排氣隔離。

圍阻體設計壓力為 310kPaG，反應爐過壓保護系統（Containment Overpressure Protection System，COPS）被動式破壞壓力為 620.5 kPaG，圍阻體結構損壞壓力為 1025.3 kPaA，故其可長時間確保完整。

於電廠搶救過程中，SGTS 系統所需電力，已規劃在 URG 優先恢復的項目中。一旦電源恢復後，即可起動 SGTS 進行圍阻體排氣，有效降低圍阻體壓力及放射性物質外釋情況，進而保護圍阻體之完整性。

6.2.3.3 防止再臨界

電廠 EOP 首要動作，包括確認反應爐已急停（RC/Q），一旦反應爐尚有臨界情況，除依照程序書 590.13 進行替代控制棒插入策略，並視條件（功率

振盪或抑壓池超過注硼起始溫度)將硼酸透過 SLC 或替代注硼方式(程序書 590.14)，注入反應爐，以維持反應爐次臨界狀況。而於達到進入 SAG 條件時，其 RC/Q 策略，則要求無條件立即將 SLC 槽之硼酸注入反應爐。

而若電廠發生超出設計基準的情況發生時，機組喪失廠內外交流電源，造成上述注硼能力失效時，將以消防水車抽取硼液，再將消防水車內之硼液泵送經由餘熱移除系統注入爐心，避免反應爐有再臨界的情況。

本廠對於採購備用硼酸、硼砂，除考慮現有倉儲空間外，並以執行圍阻體灌水至 TAF 高度，及比照 RPV 安全停機之硼濃度計算所需之硼酸、硼砂量，額外增購硼酸、硼砂各 72 噸。

6.2.3.4 防止圍阻體基座熔穿

本廠對於熔漿掉到爐穴後之因應，以 ACIWA (AC- Independent Water Addition) 及下乾井灌水 (Lower Drywell Flooder, LDF) 系統灌水覆蓋熔漿，減緩熔融爐心與混凝土的作用為主要策略，以避免圍阻體基座熔穿情況發生，說明如下：

1. ACIWA: 當該區間喪失所有廠內及廠外電源時，起動柴油消防泵或利用消防車載水，經由 ACIWA 管路，及在圍阻體內的噴灑頭進行下乾井的灌水。若柴油消防泵起動失敗，位於海拔 116.6 米的 4.8 萬公噸生水池藉由位差推開止回閥，使消防水經由 ACIWA 管路，及在反應爐內的噴灑頭進行下乾井的灌水。
2. 下乾井灌水 (LDF) 系統：此為被動式的系統，用來做為 ACIWA 失效時的替代灌水，當爐心熔渣進下乾井基板後，藉高溫使可熔塞動作而使抑壓池的水流入下乾井形成約 1.55 米深的水池，依照 BWROG EPG/SAG Rev.2 Appdedix B 17.18 節敘及當注水淹蓋至乾井底部之上 4 呎(1.22 m) 時，即可避免乾井內襯(Liner)熔穿及限制爐心混凝土作用，有效降低爐心熔渣的溫度。本系統並無任何主動(active)設備或儀控設施，另外在高輻射狀況下亦能發揮功能。

6.2.3.5 保護圍阻體完整性設備所需之 AC、DC 電力供應要求

電廠 EOP/SAG 因應事故期間圍阻體保護方式，主要為圍阻體噴灑及排氣方式，對於排氣方式主要依靠 COPS，本系統包括兩顆正常保持常開的氣動閥，破裂盤及連至二次圍阻體上方的逸氣管路，當喪失氣源時，此兩顆氣動閥亦保持開啟，因此不需任何動力亦可發揮功能，避免一次圍阻體過壓。另外圍阻體噴灑為 RHR 設計功能之一，採用安全等級之 ESF 電源。

當發生超出基準事故，喪失相關電源時，電廠可依據 URG 附件(LM.2-04~07 及 LM.2-11~14) 所列方案，包括起動 7th D/G、氣渦輪發電機或以移動式柴油機等方式，建立正常/替代電源（包括 DC 電力），以恢復各種救援系統之可用性，參閱本報告第 5 章（電廠全黑）說明。

6.2.3.6 瀕危效應及發生期限的風險

在保守條件假設下，由核安處委託核研所以 MAAP5 程式評估，於地震引發急停後，分別假設 RCIC 於 8 小時及 24 小時後因故失效，導致喪失爐心補水及冷卻情況，計算結果（以 RCIC 失效時間起算）：

RCIC 運轉 8 小時：

●圍阻體過壓（假設 RPV 未洩壓及圍阻體未排氣）：9.73 HR。

RCIC 運轉 24 小時：

●圍阻體過壓（假設 RPV 未洩壓及圍阻體未排氣）：-3.57 HR。

電廠對於事故處理，除依照現有之 EOP/SAG，以徵兆為主的全面性考量因應策略外。對於複合性災難事件，則同時依照 URG 之規劃策略，並於點檢表所列之各階段點檢時間內完成動員及整備，包括點檢表第二階段（8 小時內）建立必要系統之電力（包括直流電）供給等，並持續進行第一階段之各種替代灌水方案，藉由上述之氫氣控制、壓力控制及電力恢復等因應方案，可以在瀕危效應發生前達到有效控制，確保圍阻體的完整性。

6.2.4 減輕喪失圍阻體完整性後果之事故管理措施

電廠因應類似福島之複合性災難事件，為達成避免大規模民眾疏散之目標，發展建置斷然處置指引方案，當判斷短時間無法恢復設計基準之注水與冷卻功能時，電廠將不惜採取決斷行動做好廢棄反應爐的準備，在最短時間內將所有可資運用的水源排列完成，立即將可用水源注入反應爐，確保核燃料受水覆蓋，防止放射性物質外釋。

由本章節前述各項策略說明，在複合性災難事件發生時，斷然處置可確保燃料為水覆蓋，保護燃料護套之完整，限制燃料分裂產物釋出情況，萬一在圍阻體可能失效時，因燃料護套完整並不會有大量輻射物質外釋的情況，可以避免大規模之民眾疏散的目的。另外在斷然處置之各階段檢點表規劃時間、人力及相關因應策略，均可有效進行圍阻體控制，確保圍阻體的完整性。

對於圍阻體完整性可能喪失情況，電廠除依據斷然處置方案進行，各項救援行動外，電廠既有之程序書 EOP/SAG，亦已對於一/二次圍阻體之輻射強度規範因應方式（詳如第 6.1.1.5 「輻射外釋的管理及侷限輻射的準備」章節之說明）。

本公司對於各類核子事故，包括放射性物質外釋情況，已遵照關法規及「核子反應器設施緊急應變計畫」規劃因應，其應變範圍涵蓋爐心熔損、圍阻體失效情況之「全面緊急事故」情況。相關規劃茲摘述說明如下：

6.2.4.1 設計、運轉與組織程序

1. 緊急應變組織規劃：

- A. 台電公司目前在總公司及各核能電廠均訂有核子事故緊急應變措施、應變組織、實施程序。緊急組織係以各廠緊急控制大隊為核心單位，以台灣電力公司緊急計畫執行委員會為直接支援單位，以核子事故中央災害應變中心為廠外協調支援單位，本廠相關人員均依程序每年執行年度訓練，緊急應變計畫演習將在首次燃料裝填前 3 個月辦理。

- B.演練共同項目：包括 TSC 技術支援作業、機組運轉及事故處理；年度分項演練項目：救護去污及送醫作業、廠房/廠區輻射偵作業、環境輻射偵測作業、消防應變作業、OSC 損害控制作業、緊急再入搶修作業、民眾諮詢處理作業、廠區集結待命作業、廠區保安作業。
- C.每四年執行一次上述全部所有演練項目之演習(核安演習)。
- D.平時或廠內演習時，可依上述支援協定書內容協定事項請求支援。

2. 協助處理事故之協議/合約

A. 本廠目前訂有之支援協定：

a.有關消防救災部分：

與新北市消防局第六大隊簽署有相互支援之協定，於火災發生時，可按程序書 1420 消防救火程序，立即相互支援執行消防滅火行動及其他相關救災。其支援事項包括，電廠遭受火災、風災、水災、震災、爆炸等災害其本身力量不足有效救災時或電廠辦理年度消防救災演練或年度緊急計畫演習時，得請求支援。而支援範圍則含括本廠財產區所轄範圍。(含輻射管制區，惟進入輻射管制區之支援人員須事先經輻防訓練且應經輻防管制人員偵測後，始得進入。)

b.依本廠程序書 1421「保安程序」，有關預防危害或破壞事件暨天然災害兵警力支援協定書：

- 行政院海岸巡防總局 13 岸巡大隊。
- 國軍關渡指揮部反裝甲連
- 新北市警察局瑞芳分局

B.總處訂有支援合約如下：

- a.與三軍總醫院國防醫學院訂有「輻射傷害防治中心」之合約。
- b.總處支援合約（包括奇異、西屋、貝泰、伊白斯可）原已簽訂並已

納入緊執會之國外支援作業程序書。

C.與本公司平時常有連繫往來或共同合作之國內技術支援團隊：

- a.核能研究所（嚴重事故分析與評估、緊急應變計畫區計算）
- b.清華大學核工所（核反應器安全分析）
- c.交通大學交通與運輸工程研究所（疏散道路規劃與疏散路網模式分析）

6.2.4.2 瀕危效應及發生期限的風險

若災難惡化至燃料受損，同時圍阻體喪失時，放射性物質恐將外釋到廠外，進而必須進行疏散民眾。由於民眾疏散之指令下達，係依據所評估之民眾可能接受劑量，由中央災害應變中心下達指令。因此在保守假設下，以圍阻體可能失效的時間作為瀕危時限。

如前述，由核安處委託核研所應用 MAAP5 程式評估，於地震引發急停後，分別假設 RCIC 於 8 小時及 24 小時後因故失效，導致喪失爐心補水及冷卻情況，計算結果（以 RCIC 失效時間起算）：

RCIC 運轉 8 小時：

●圍阻體過壓（假設 RPV 未洩壓及圍阻體未排氣）：9.73 HR。

RCIC 運轉 24 小時：

●圍阻體過壓（假設 RPV 未洩壓及圍阻體未排氣）：-3.57HR。

6.2.4.3 現行管理措施的適切性

電廠因應複合性災難事件，已建置斷然處置指引程序，於預期電廠既有設計之安全系統無法發揮正常功能時，在避免大規模民眾疏散為目標考量下，以決斷之行動，於第一時間將各項整備之策略將水注入爐心，確保核燃料完整。

對於類似日本福島之「全面緊急事故」，若危害範圍已擴大到影響民眾安全，緊急計畫將動員層級提升由政府主導，由政府各部門/機構建立之組織編組（如前述「我國核子事故緊急應變組織體系」包括軍警力協助等），透過預先規劃之民眾防護、保安、醫療等之應變計畫，確保民眾生命財產的安全。

6.3 用過燃料池

6.3.1 喪失用過燃料池冷卻功能之事故管理措施

本廠用過燃料池包括位於反應器廠房(RB)燃料填換樓（高程 31.7 M）之用過燃料池，及位於輔助燃料廠房(AFB)平面樓層（高程 12.3 M）兩部機組共用之輔助燃料池。輔助燃料池由於規劃在機組商運約 10 年後，才開始啟用存放用過燃料，電廠運轉初期並無用過燃料喪失冷卻之風險，故不在本報告中加以說明。正常運轉期間以燃料池冷卻淨化系統(FPCU)進行餘熱移除及補水，另用過燃料池可利用餘熱移除系統(RHR)做為替代冷卻系統；用過燃料池設計上亦可由抑壓池淨化系統(SPCU)及冷凝水傳送系統(CSTF)補水，緊急時亦可利用 RHR 或消防系統進行補水。相關電源供應設計詳如第 5 章第 2 節之說明。

為因應福島事件之複合性災難情況，本廠於程序書 515.05「喪失燃料池冷卻淨化系統」及 1451「機組斷然處置程序指引」中，規劃用過燃料池緊急補水程序，依據不同狀況進行燃料池冷卻或補水方式規劃。用過燃料池主要需先避免池水喪失，建立補水方式為應變之策略，若燃料池僅喪失冷卻功能而無顯著水位下降，依計算流體力學(CFD)分析結果應有充分之反應時間展開相關救援措施佈置，可依程序書 515.05「喪失燃料池冷卻淨化系統」執行相關措施，不需採取斷然處置行動。

事故發生後，當發現燃料池水位開始下降時，將根據現況選擇適當之用過燃料池緊急補水/噴灑策略加以執行，第一階段策略須於 2 小時內完成列置；第二階段策略須於 8 小時內完成列置：

斷然處置程序中第一階段用過燃料池緊急補水/噴灑策略如下：

- ◆ LM.SFP.1-01 室外消防栓補水 RB 用過燃料池操作指引
- ◆ LM.SFP.1-02 消防車補水 RB 用過燃料池操作指引
- ◆ LM.SFP.1-03 引擎消防泵補水 RB 用過燃料池操作指引
- ◆ LM.SFP.1-04 七樓室內消防栓補水 RB 用過燃料池操作指引

斷然處置程序中第二階段用過燃料池緊急補水/噴灑策略如下：

LM.SFP.2-01 FPCU 及 CSTF 泵補水 RB 用過燃料池操作指引。

6.3.1.1 喪失適當輻射屏蔽之前/之後

1. 喪失適當輻射屏蔽之前：

視電源供應及可用水源狀況，依照上述 LM.SFP.1-04 及 LM.SFP.2-01 緊急策略之操作方式進行燃料池冷卻或補水/噴灑。

2. 喪失適當輻射屏蔽之後：

當喪失適當輻射屏蔽後致使人員無法靠近用過燃料池時，仍可依據上述 LM.SFP.1-01~03 之操作方式，以新增之專用補水/噴灑管路，進行燃料池補水或噴灑。

6.3.1.2 用過燃料池水位降至燃料元件頂部之前/之後

1. 用過燃料池水位降至燃料元件頂部前：

A、如果現場輻射狀況改變不大，人員仍可靠近燃料池時則管理措施與『喪失適當輻射屏蔽前』相同。

B、如果現場輻射劑量太高，人員無法靠近燃料池時則管理措施與『喪失適當輻射屏蔽後』相同。

2. 用過燃料池水位降至燃料元件頂部後：

現場輻射劑量太高，人員無法靠近燃料池，管理措施與『喪失適當輻射屏蔽後』相同。

6.3.1.3 用過燃料池燃料嚴重損毀之前/之後

1. 用過燃料池燃料嚴重損毀前：

A、如果現場輻射狀況改變不大，人員仍可靠近燃料池時則管理措施與『喪失適當輻射屏蔽前』相同。

B、如果現場輻射劑量太高，人員無法靠近燃料池時則管理措施與『喪失適當輻射屏蔽後』相同。

2. 用過燃料池燃料嚴重損毀後：

現場輻射劑量太高，人員無法靠近燃料池，管理措施與『喪失適當輻射屏蔽後』相同。

6.3.1.4 瀕危效應及發生期限的風險

用過燃料之衰變熱隨著機組停機時間增加而降低，於一特定燃料週期用過燃料池衰變熱以剛完成爐心燃料移動，用過燃料全部退出爐心存放於用過燃料池時衰變熱最大。本廠並無用過燃料，用過燃料池之衰變熱計算係假設池中已有 9 個週期之用過燃料，加上此週期停機 7 天後退出全爐心之燃料，此時總衰變熱功率為 12.88 MW，燃料池水溫為 49°C，據此評估燃料池於喪失冷卻及補水情況下之各種瀕危時間：

- ◆ 用過燃料池溫度上升至沸騰時間：9.5 小時
- ◆ 水位降到不能維持適當輻射屏蔽的時間（燃料頂端 10 呎）：52 小時
- ◆ 水位降至燃料元件頂部的時間：91 小時
- ◆ 燃料開始劣化（1200°C）的時間：98.37 小時[註]

註：用過燃料池以密集式擺置。

6.3.1.5 現行管理措施的適切性

於上節分析最嚴重的情況下（於大修停機後第 7 天退出所有爐心燃料存放於用過燃料池），燃料約於喪失補水及冷卻後 98.37 小時（約 4 天後）開始劣化。因此本廠有充分時間，進行電力恢復或以替代電源提供必要電力，恢復燃料池補水能力。若因現場已喪失適當輻射屏蔽或溫度太高情況，本廠亦可以用過燃料池專用補水/噴灑管路，自廠房外各項替代水源（消防水、CST 水源等）進行用過燃料池補水及噴灑，有效避免發生燃料受損之瀕危效應。

6.4 具體要點

6.4.1 儀控的適宜性及可用性

電廠主要安全相關儀器，均為耐震一級。然於類似「日本福島電廠」之複合性災害，主要儀器將可能受到電力供應之影響而失去其監測控制的功能，而電廠對於儀控電源使用之直流電力（包括不斷電系統），設計上均可因應 SBO 之初期 24 小時能力。由於電廠斷然處置行動中，已詳細規劃多項電力恢復及延長之方案，相關說明請參閱本報告第五章『喪失電源與最終熱沉』。對於儀器的電力供應，將有充分時間恢復。

除電源供應外，當事故發生時面臨廠房高溫或積水（或策略上進行灌水）之情況。電廠嚴重事故處理小組（AMT）之 SPDS 員，依據 PAT（Parameter Assessment Table），評估類同儀器的讀數並交互比對，由 PAT 中已建立之儀器可承受的環境情況（包括溫度、水位限制），評估參數的有效及正確性。並將評估結果提交 AMT 小組長及緊急控制大隊長，掌握電廠狀態，確保電廠事故控制的能力。

針對用過燃料池監控能力之加強，擬修改水位計 G41-LT-0012A/B 型式，使監測範圍至少可達有效燃料高度，並由緊要交流電力(R13)供電；以及修改溫度計 G41-TE-0013 計量測點深度，使監測範圍至少可達有效燃料高度。

6.4.2 控制室的可用性及適居性

本廠各機組主控制室為耐震一級設計，除於地震、海嘯等災害發生時維持可用外，其通風系統共由 2 個獨立且重複之設備(Division B & C)，可維持主控制室正壓且過濾進氣的能力，符合 NRC NUREG-0696 Functional Criteria for Emergency Response Facilities 之適居性要求。因此對於各種事故狀態，若有廠房輻射外釋（包括燃料廠房）情況，均可維持主控制室適居性。

而若電廠發生超出設計基準的情況發生時，預期機組喪失廠內外交流電源時，電廠將立即依照 URG 附件 LM.2-12 4.16 kV 移動式柴油發電機支援廠內電源操作指引，優先恢復控制室通風系統正常運作，長期維持控制室的適居性，同時電力恢復方案，亦可確保長期維持控制室相關照明及相關儀器的監控能力。

當控制室可能有輻射污染時，本廠已擬定強化控制室適居性，及人員進出方式：

A.定期執行控制室之輻射、污染及放射性空氣濃度偵測。

B.依控制室輻射狀況規劃輻射防護措施：

- a.評估裝設輻射屏蔽的可行性，以降低現場輻射劑量率，進而減少值班人員接受之劑量。
- b.提供必要之輻射防護裝備，如輻射防護衣、呼吸防護面具、鉛衣等，必要時指導搶修人員穿戴各項輻射防護裝備。
- c.評估值班人員最長可工作時間，必要時進行計時管制。

C.於適當場所裝設人員污染門框偵檢器，以確保值班人員離開控制室時無污染之虞。

6.4.3 氫氣可能積聚在圍阻體之外的廠房

而若電廠發生超出設計基準的情況發生時，預期機組喪失廠內外交流電源時，為避免圍阻體氫氣累積爆燃，致使圍阻體之包封能力失效，得暫不考慮輻射釋放率，立即依照 URG 附件 LM.1-07（一次圍阻體排氣操作指引），開啟圍阻體大氣控制系統相關隔離閥，使得圍阻體能與外界連通，藉由圍阻體釋壓排氣之方式，以降低圍阻體內之氫氣量，避免發生爆燃現象。

此外為避免因一次圍阻體洩漏導致二次圍阻體氫氣累積，本項於 URG 附件 LM.2-02（二次圍阻體排氣操作指引），亦要求開啟二次圍阻體(反應器廠房)7 樓 4 個（北側 1 個，南側 3 個）爆破窗，利用自然對流方式將氫氣外釋至廠房外防止二次圍阻體局部氫氣累積導致氫爆情況。

若因複合式災情，輔助燃料池冷卻系統缺電無法運轉，且上述斷然處置之補水方案均告失效，而致使用過燃料衰變熱無法移除，造成燃料裸露受損，並逐漸產生氫氣，可手動開啟位於用過燃料池上方大型貨物進出管制門達到移除氫氣之目地。由於本廠輔助燃料廠房獨立於其他廠房，且其通風系統亦為與其他廠房獨立，若有氫氣產生情況並不會轉移到其他廠房。

電廠一旦建立正常/替代電源時，將可列置電源供給過燃料池緊急補水泵，進行用過燃料池補水，防止/減少氫氣產生。

參考文獻：

a. 官方文件

N/A

b. 業界組織文件

N/A

c. 台電內部文件

1、龍門核能發電廠安全防護總體檢報告(台灣電力公司)

2、程序書 1451 「機組斷然處置程序指引」

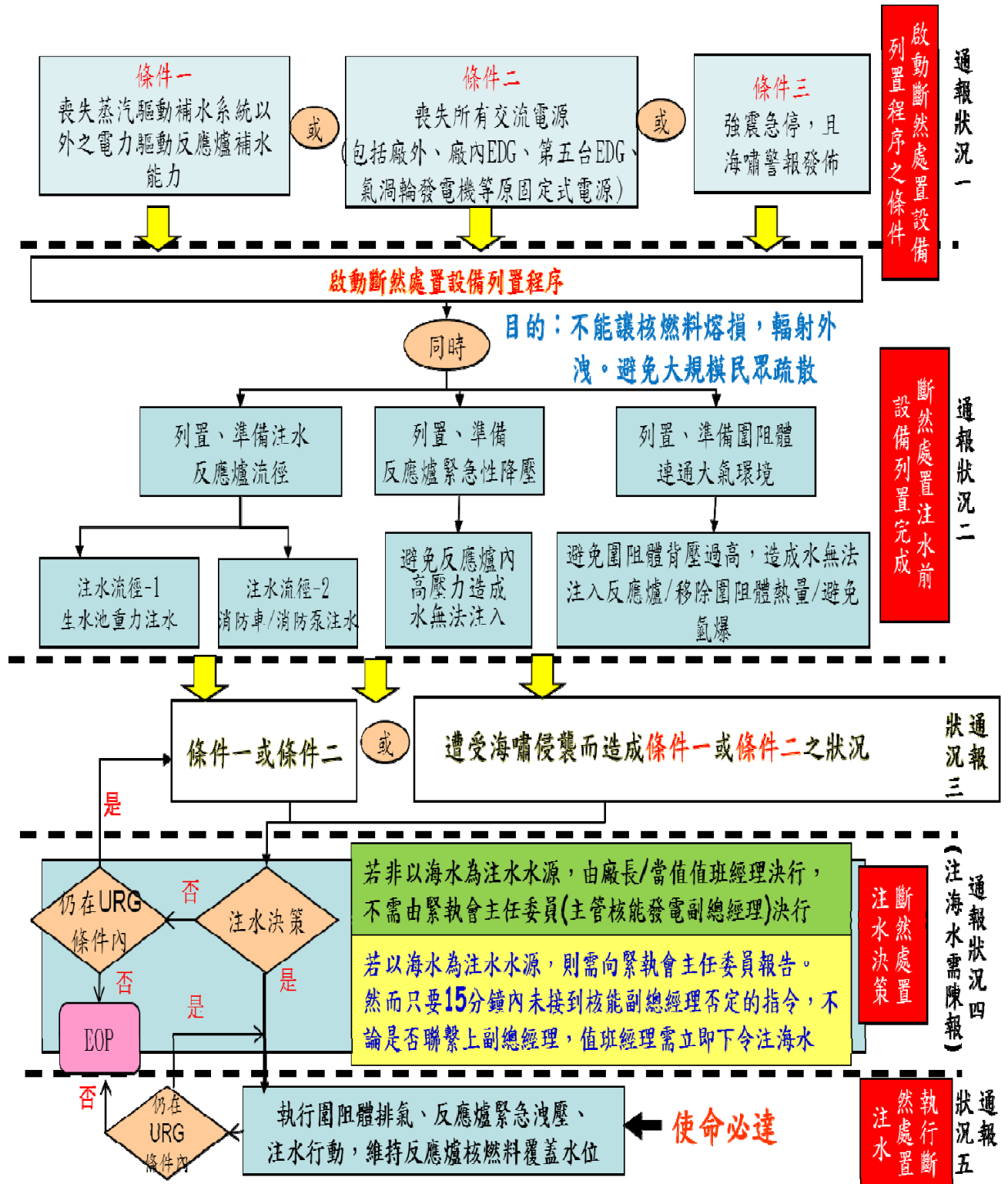
龍門電廠 SAG-1 RPV及一次圍阻體灌水



龍門電廠 SAG-2 一次、二次圍阻體及輻射釋放控制



附圖 6-3 斷然處置執行條件流程及通報時機

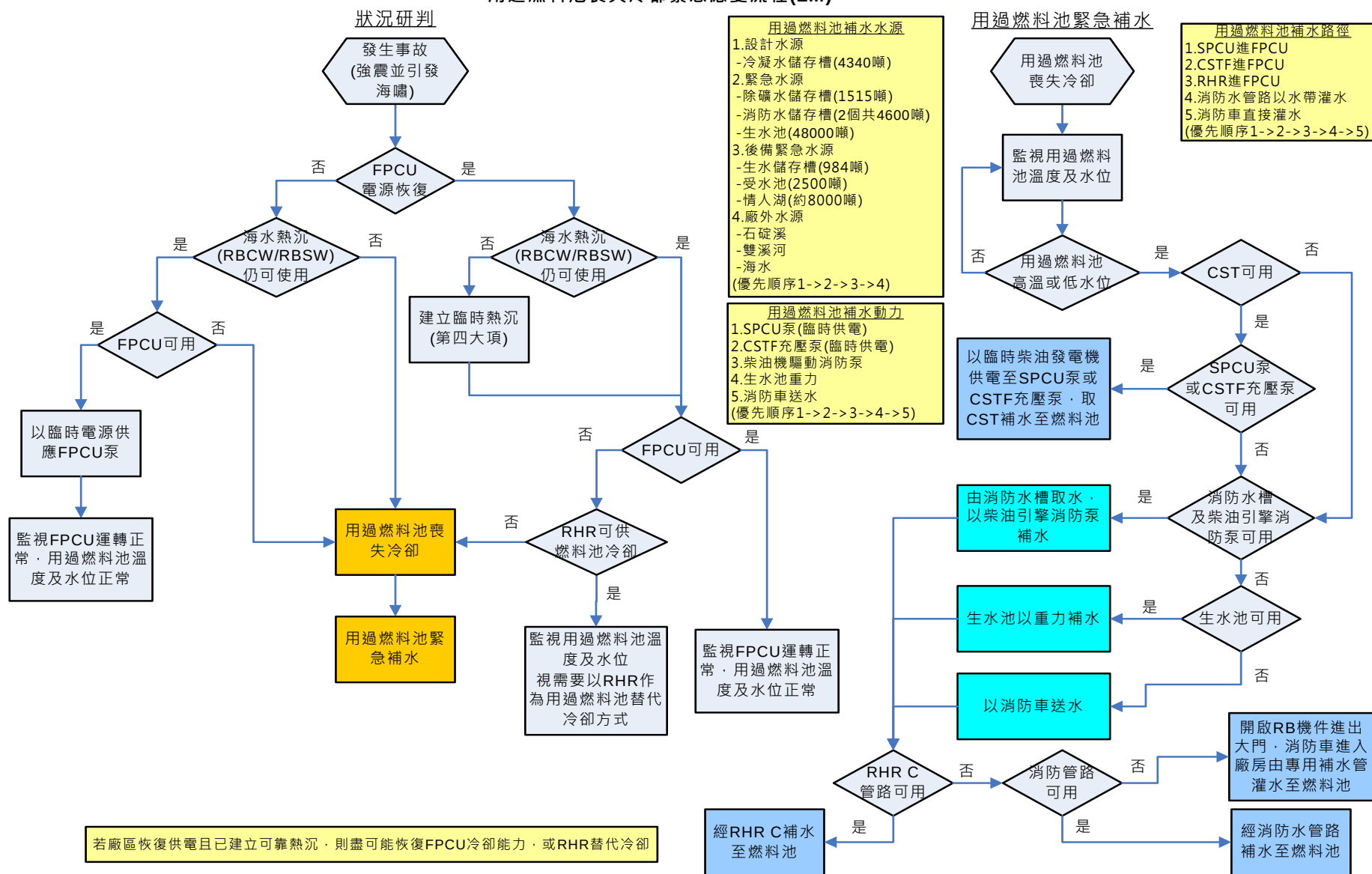


龍門電廠斷然處置程序流程圖



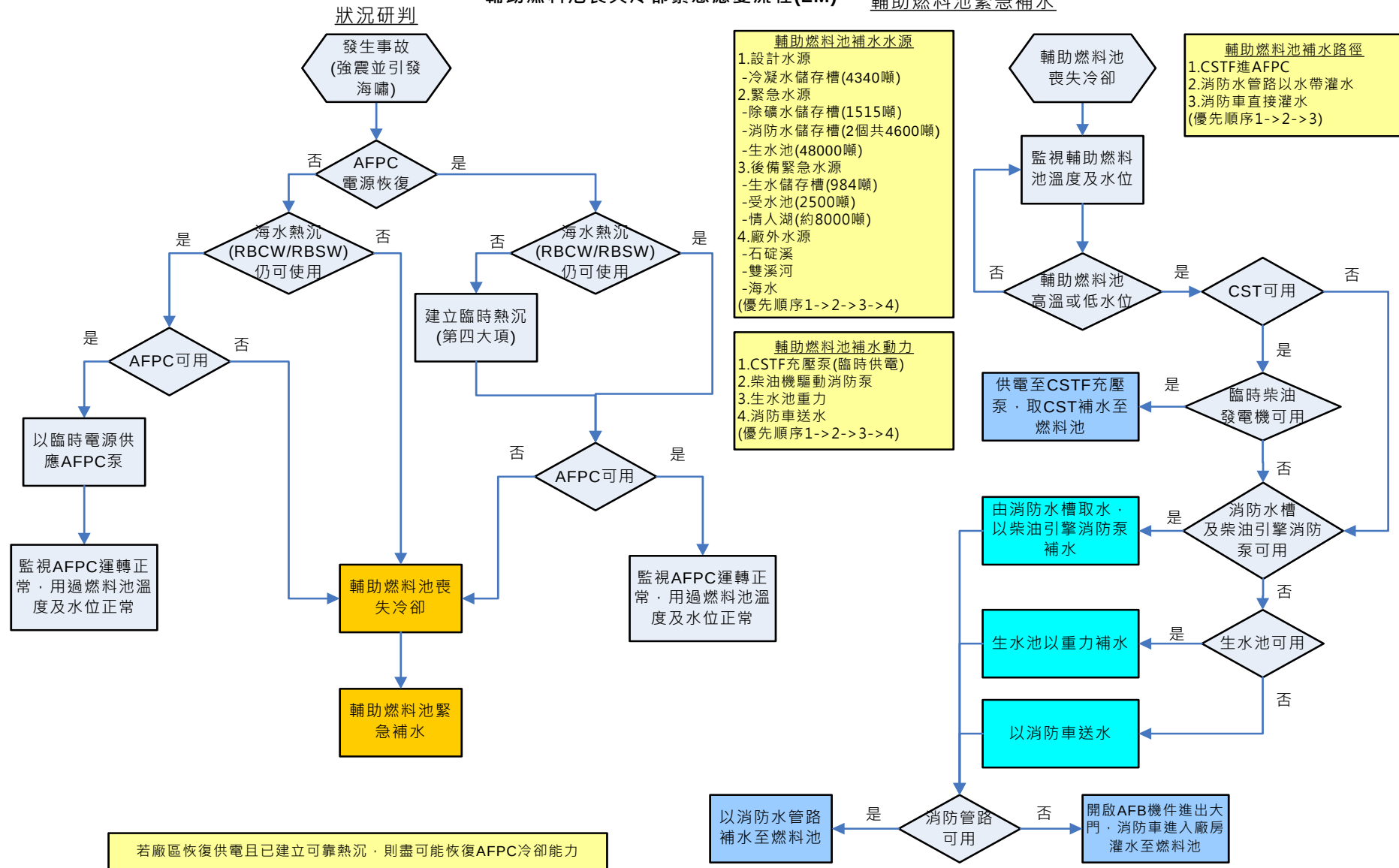
附圖 6-5A 用過燃料池斷然處置措施流程圖(反應爐廠房)

用過燃料池喪失冷卻緊急應變流程(LM)

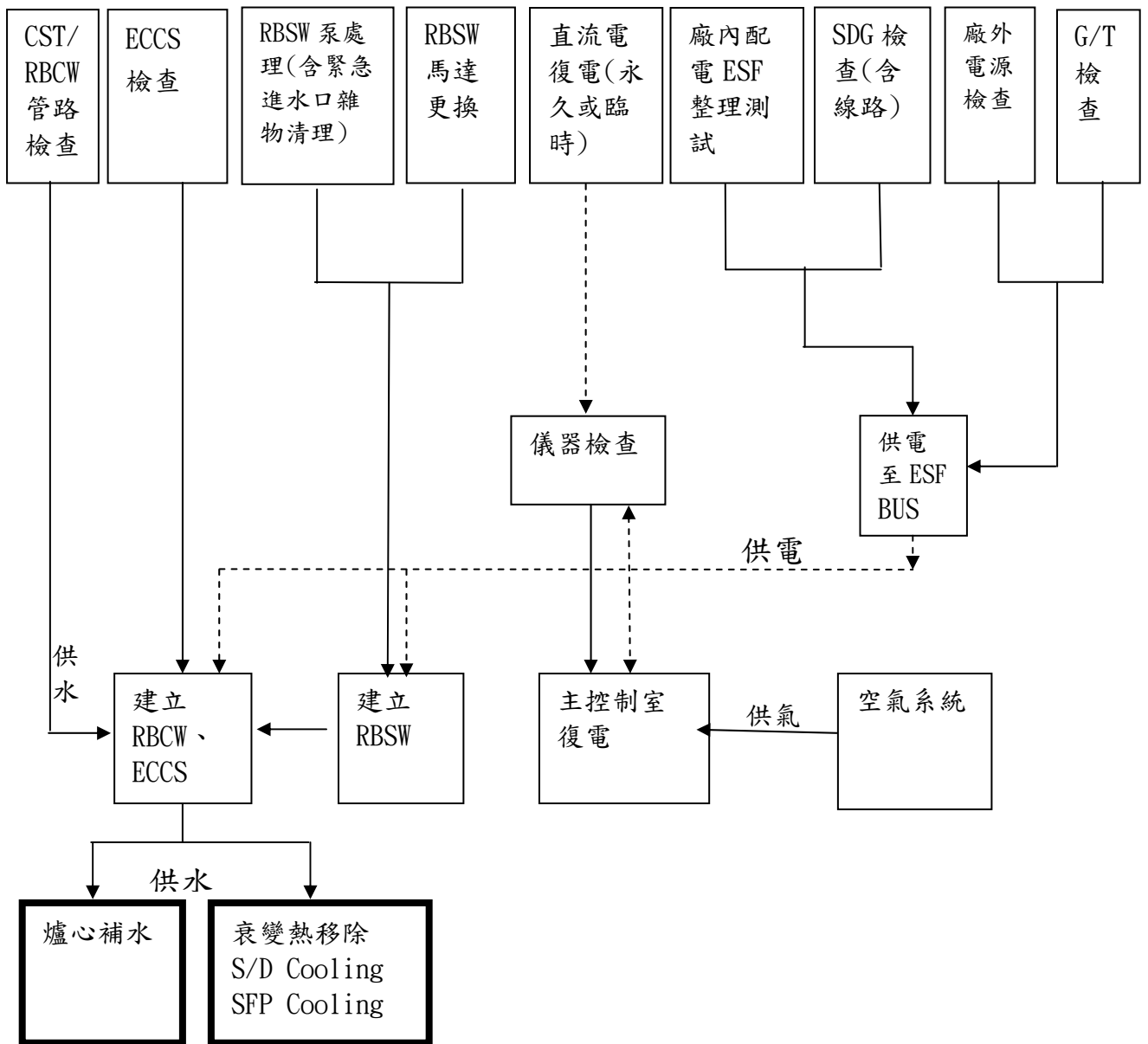


附圖 6-5B 用過燃料池斷然處置措施流程圖(輔助燃料廠房)

輔助燃料池喪失冷卻緊急應變流程(LM) 輔助燃料池緊急補水



附圖 6-6：恢復機組長期冷卻能力流程圖



附件 6-1：斷然處置第一階段因應措施人員配置表

操 作 項 目	第一優先負責人	第二優先負責人	備 註
1.HPCF 重力補水入反應爐	機械領班 反應器值班員	廢控領班 廢控值班員	
2.RCIC 重力補水入反應爐	機電助理 電氣值班員	機械領班 HP 管制站值班員	
3.消防水補水入反應爐	機電助理 電氣值班員	機械領班 HP 管制站外包值班員	
4.反應爐降壓操作	機組值班主任 反應器值班員	反應器運轉員(RO) 汽機值班員	
5.喪失 DC 電源狀況下手動操作 RCIC 注水入反應爐	機電助理 汽機值班員	機械領班 反應器值班員	
6.一次圍阻體排氣操作	電氣值主任 反應器助理員(ARO)	機組值班主任 電氣值班員	
7.喪失正常 DC 電源時 SRV 操作指引	機電助理 電氣值班員	電氣值主任 汽機值班員	
8.SDG 緊急時同時提供兩部機組操作	電氣值主任 反應器助理員(ARO)	機組值班主任 電氣值班員	
9.消防水緊急補反應器廠房用過燃料池	消防班人員 1 水廠值班員	消防班人員 2 鍋爐值班員	
10.消防水緊急補水輔助燃料池	消防班人員 1 水廠值班員	消防班人員 2 鍋爐值班員	

附件 6-2：斷然處置因應措施三階段點檢表

階 段	策 略	時 限
第一階段	LM.1-01 HPCF 重力補水入反應爐操作指引	1 小時內
	LM.1-02 RCIC 重力補水入反應爐操作指引	
	LM.1-03 消防水補水入反應爐操作指引	
	LM.1-04 消防車補水入反應爐操作指引	
	LM.1-05 喪失 DC 電源狀況下手動操作 RCIC 注水入反應爐操作指引	
	LM.1-06 反應爐降壓(將反應爐內衰變熱移除)操作指引	
	LM.1-07 一次圍阻體排氣操作指引	
	LM.SFP.1-01 室外消防栓補水 RB 用過燃料池操作指引	2 小時內
	LM.SFP.1-02 消防車補水 RB 用過燃料池操作指引	
	LM.SFP.1-03 引擎消防泵補水 RB 過燃料池操作指引	
	LM.SFP.1-04 七樓室內消防栓補水 RB 用過燃料池操作指引	
第二階段	LM.2-01 喪失正常 DC 電源時 SRV 操作指引	8 小時內
	LM.2-02 二次圍阻體排氣操作指引	
	LM.2-03 輔助燃料廠房排氣操作指引	
	LM.2-04 SDG 緊急時同時提供兩部機組操作指引	
	LM.2-05 #1 機 EDG 與#2 機 EDG 互相救援操作指引	
	LM.2-06 480VAC 移動式柴油發電機供電至廠內設備操作指引	
	LM.2-07 保安系統 EDG 支援廠內電源操作指引	
	LM.2-08 移動式空壓機供給反應爐廠房氣動設備閥(AOV)操作指引	
	LM.2-09 氬氣供應系統止回閥拆除操作指引	
	LM.2-10 龍門情人湖/石碇溪/雙溪等備用水源取水/運送操作指引	
	LM.2-11 4160V/1100kW 氣渦輪機組柴油發電機引接	
	LM.2-12 4.16 kV 移動式柴油發電機支援廠內電源操作指引	
	LM.2-13 120VAC/125VDC 整流機操作指引	
	LM.2-14 移動式柴油發電機供應 SLC 馬達注水入 RPV 操作指引	
	LM.2-15 消防水車補水 CST 操作指引	
	LM.2-16 控制室監視反應爐與圍阻體參數復原操作指引	
	LM.2-18 出發井抽取海水操作指引	
	LM.2-19 氬氣偵測操作指引	
	LM.2-20 移動式消防泵補水入反應爐操作指引	
	LM.SFP.2-01 FPCU 及 CSTF 泵補水 RB 用過燃料池操作指引	
	LM.SFP.2-02 室外消防栓補水 AFB 用過燃料池操作指引	
	LM.SFP.2-03 消防車補水 AFB 用過燃料池操作指引	
	LM.SFP.2-04 引擎消防泵補水 AFB 用過燃料池操作指引	
	LM.SFP.2-05 室內消防栓補水 AFB 用過燃料池操作指引	
第三階段	LM.3-01 discharge seal pit/出發井抽取海水供 RBCW 熱交換操作指引	36 小時內
	LM.3-02 緊急進水口垃圾清運操作指引	
	LM.3-03 反應爐廠房冷卻海水(RBSW)泵馬達更換操作指引	
	LM.3-04 反應爐長期冷卻復原規劃操作指引	