

嚴重事故處理指引 (SAMG)

台電核二廠模擬中心

日期:104.7

講師:游振造

Email:u881007@taipower.com.tw



嚴重核子事故處理指引課程內容

單元一：SAMG簡介 ▶

單元二：SAG簡介 ▶

單元三：SAG-1 ▶

單元四：TSG簡介 ▶

單元五：AMT小組之作業簡介 ▶

單元六：EOP/SAG注意事項 ▶

單元七：SAG-限制曲線及設定點 ▶

單元八：SAG-2 ▶

2



單元一 SAMG 嚴重事故處理指引簡介

嚴重核子事故處理指引目的：

- 嚴重事故發生時，幫助運轉員及TSC人員利用電廠現有的設備來診斷、因應、減緩廠內事故之嚴重性、終止事故的指引。
 - ◆ 終止爐心繼續損壞
 - ◆ 維持圍阻體完整性
 - ◆ 儘量減少輻射外釋
- 為什麼是指引？
 - ◆ 事故期間電廠可能之系統狀況太多
 - ◆ 事故期間可能發生之嚴重事故狀況太多
 - ◆ 需TSC協助評估電廠狀態及救援措施之正負面效益
- 由TSC主導之原因：
 - ◆ 減輕控制室人員之負荷
 - ◆ 需要TSC之協助做決策參考
 - ◆ TSC擁有最多的資源

4



3



嚴重核子事故定義

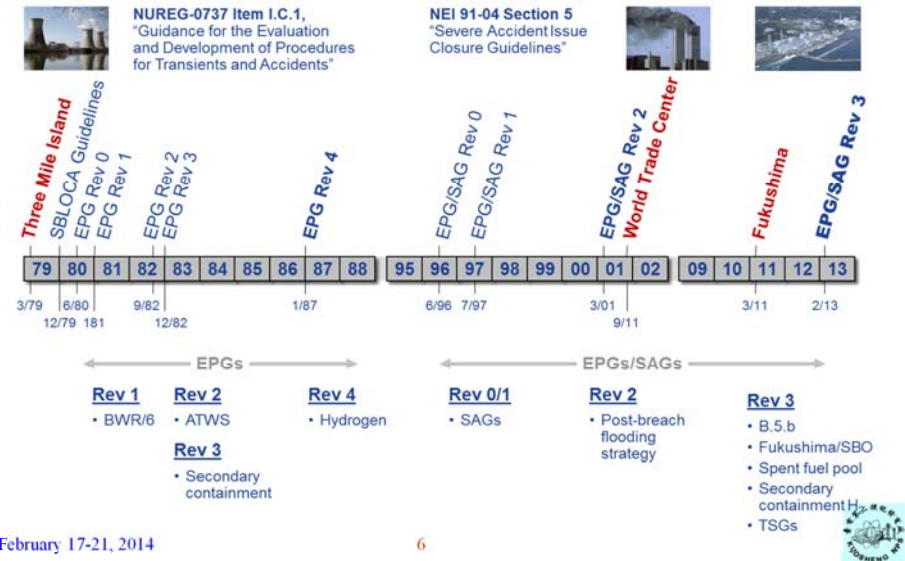
➤ 嚴重核子事故是指：

- ◆ 燃料棒失效
- ◆ 爐心熔損
- ◆ 分裂產物外釋到RPV、圍阻體、甚至到大氣環境的事故。

5



EPG/SAG 發展過程



6



➤ EPG/SAG 第三版修訂變更(1)

系統運作

- 允許移除額外的隔離：
 - 爐心隔離冷卻系統/高壓注水系統反應爐高高水位(500.13)
 - 爐心隔離冷卻系統高排氣壓力
 - 隔離冷凝器高區域溫度
- 允許使用額外的系統：
 - 可攜式幫浦
 - 從控制室外操作的安全釋壓閥、爐心隔離冷卻系統、高壓注水系統、隔離冷凝器
- 允許使用排氣管路蓋板打開的高壓注水系統(核一廠HPCI)

7



EPG/SAG 第三版修訂變更(2)

◆ SAG部分延續EPG

➤ SFP/H₂/RCIC

◆ 七步RC/F簡化為五步

- 去除RC/F-6 (PSP外之操作)
- 合併RC/F-1與7 (RPV Breach)

8



EPG/SAG 第三版修訂變更(3)

◆ EPG部分變化不多

- 提醒降壓時注意RCIC可用性
- 一次圍阻體控制
 - ✓ 氫氣控制
- 二次圍阻體控制
 - ✓ SFP水位/溫度/氫氣(水溫>100C)
 - ✓ 氫氣控制(安裝偵測系統)

9



嚴重事故處理指引之考量

➤ SAG與Contingency 6之差異

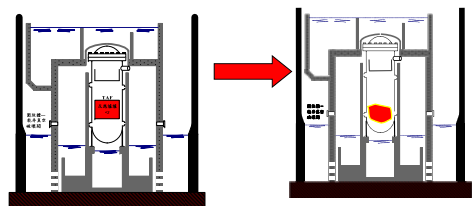
- ◆ 圍阻體灌水策略細分為6個狀況
 - 考量RPV注水與圍阻體噴灑之優先次序(PCPL)
 - 考量RPV注水系統之優先次序(主要/替代)
 - 考量RPV排氣之時機(RR控制)
 - 避免在圍阻體灌水處理過程中造成圍阻體失效
 - 減少RPV失效後之圍阻體灌水期間不必要的圍阻體排氣(RR控制)
- 目前之EOP不足以處理嚴重事故
- 增加技術支援指引Technical Support Guideline (TSG)

10



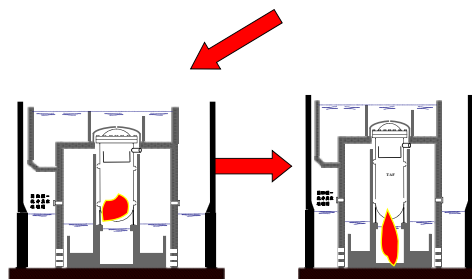
爐心熔毀(嚴重事故)進行式

爐心未淹蓋
溫度續升



爐心熔毀移位

融穿RPV



爐心與混凝土作用

11



嚴重事故處理方案四大目標

- 防止事故惡化至爐心熔損(EOP)
- 如果爐心已經熔損，設法終止繼續劣化，維持壓力槽的完整(SAMG)
- 儘量維持圍阻體的完整(SAMG)
- 儘量降低輻射物質外釋(SAMG)

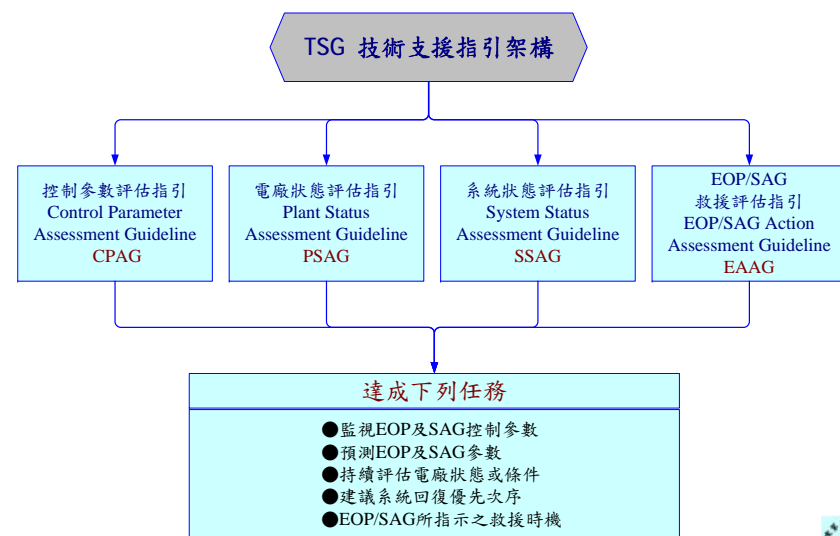
12



嚴重事故處理指引(SAMG)細分



TSG架構及任務



AMT(Accident Management Team)

嚴重事故處理小組

- ◆ 為技術支援中心(TSC)針對「嚴重核子事故」時所組成之功能小組。
- ◆ 主要參考TSG所建立之分組作業手冊，並負責研判遵循SAG分項策略，以協助TSC提供事故狀態的診斷與並建議適當因應策略。(程序書1450)

分組	小組長	運轉聯絡組	安全分析評估組	反應器工程技術評估組	SPDS運轉員
A組	運轉經理(兼任)	日班值主任	品質經理(兼任)	核技經理(兼任)	AMT小組長指派持照人員
B組	模中專任講師	運轉課長	安評課長	核工課長	
主要工作	<ul style="list-style-type: none"> ● 建議成立AMT ● 督導AMT ● 遵循SAGs ● 決策制訂 ● 預測救援措施 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 	<ul style="list-style-type: none"> ● 控制參數趨勢 ● RPV流量評估 ● 系統狀態評估 	<ul style="list-style-type: none"> ● 確認反應爐停機 ● 確認RPV破裂 ● 確認燃料損壞 ● 請TSC/緊執會協助提供下列資訊： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 圍阻體大氣樣本 ➢ 預估釋放率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 控制參數評估 ● 儀器評估 ● 參數發展趨勢追蹤

單元二 嚴重事故指引簡介 (Severe Accident Guideline, SAG)

嚴重事故處理指引 (Severe Accident Guideline, SAG)

- 是針對嚴重事故提供一個診斷與因應的指示。
- 本指引是根據BWROG EPGs/SAGs Rev. 2 (March 2001) 修訂而來。
- 目的：
 - 終止爐心繼續損壞。
 - 維持圍阻體完整性。
 - 減少輻射外釋。

17

EOP轉移至SAG之條件

- **EOP Non-ATWS C-1 (EOP 500.3)**
RPV水位無法維持在MSCRWL (TAF-80.81cm)之上TSC已成立且運作則進入本指引。
- **EOP Non-ATWS C-4 (EOP 500.3)**
RPV灌水時，研判爐心燃料損毀。TSC已成立且運作則進入本指引
- **EOP ATWS C-5 (EOP 500.4)**
RPV水位無法維持在MSCRWL (TAF-80.81cm)之上TSC已成立且運作則進入本指引。
- **EOP ATWS C-4 (EOP 500.4)**
RPV灌水，研判爐心燃料損毀。TSC已成立且運作則進入本指引
- MSCRWL:最低蒸汽冷卻RPV水位

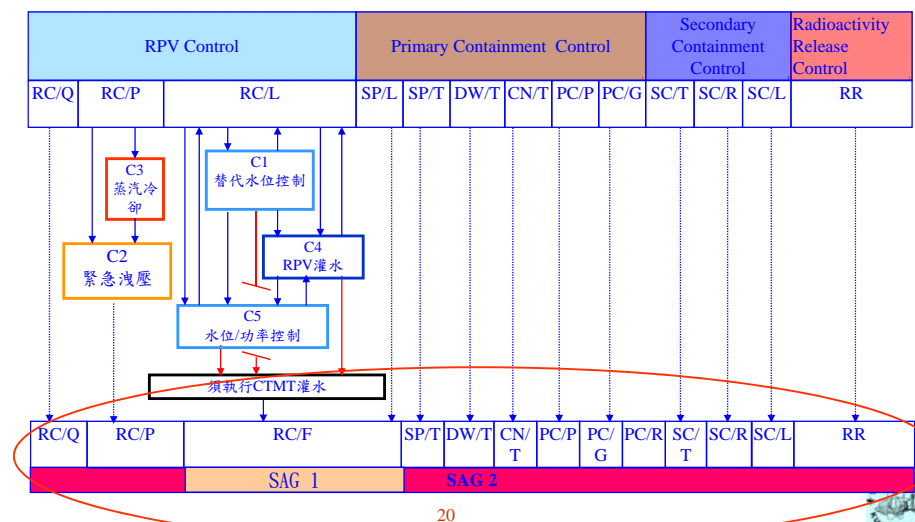
18

SAG進入時機：

- EOP進入SAG條件成立。
- TSC已成立。
- TSC與控制室人員相互確認。
- 一旦進入SAG，便不再回到EOP。
 - ◆ 一旦進入SAG，即使灌水目標已達成，因為爐心幾何形狀可能已改變，EOP所敘述的救援措施可能已不適用，因此也不可移轉回EOP。

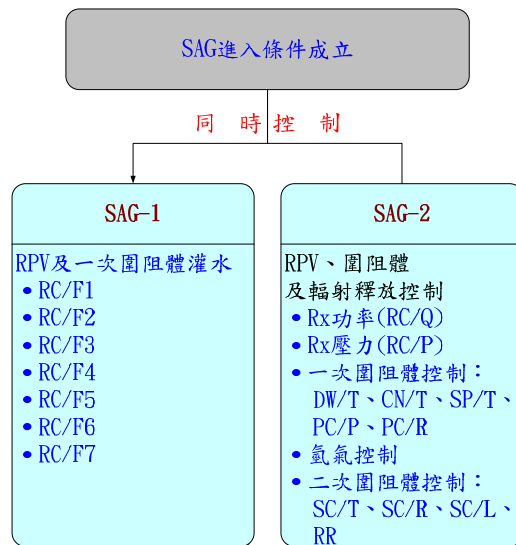
19

SAG與EOP間之介面



20

SAG架構



單元三 SAG1

SAG-1目的

- 訂定出 **RPV及一次圍阻體灌水** 的整合策略
 - 將熱由RPV移除。
 - 將爐心熔渣保留於RPV中。
 - 冷卻任何RPV外之熔渣。
 - 保存一次圍阻體的完整性。
 - 刷洗圍阻體大氣中的分裂產物。
 - 防止或減少熔融爐心與混凝土作用(CCI)。
 - 幫助長期回復。

SAG-1處理策略

SAG-1處理策略



RPV及圍阻體注水

- 爐心燃料冷卻、熔渣冷卻，讓爐心熔渣仍然能被保留於RPV中。
爐心熔渣能被保留於RPV中：
 - ◆ 一次圍阻體視電廠狀況而被淹灌，並灌入RPV（若主系統有破口），冷卻任何留在爐心的燃料。
 - ◆ 若水無法由圍阻體進入RPV，將圍阻體灌水至相當於RPV內爐心熔渣的高度以上，仍然能藉由爐壁的熱傳提供爐心熔渣些許冷卻。
 - ◆ 由於RPV支撐裙腳內滯留的不可凝結氣體無法被排放，也因此阻礙水接觸爐槽底部外壁，使得爐外冷卻的效果有限，並不足以確保爐心熔渣能被保留於RPV內，但仍可以延後RPV失效的時間數小時。
- 爐心熔渣已熔穿RPV：
 - ◆ 設法掩蓋爐槽外的熔渣，以防止圍阻體失效。
 - ◆ 注意“壓力抑制壓力”（抑壓池水位4.59~7.29 M）。
 - ▲ 注水系統注入RPV或CTMT。
 - ▲ 在淹灌的過程中，同時運轉爐心噴灑以冷卻裸露的爐心燃料、冷卻RPV內部及過熱氣體、以及刷洗RPV內之分裂產物。
 - ▲ 圍阻體灌水過程，在SRV可能會動作時（RPV與圍阻體壓差大於3.59 kg/cm²），停止由一次圍阻體外水源取水直接注入一次圍阻體。SRV尾管水位限制不特別設限。

25



爐心熔渣冷卻方法

- 藉由保持水位高於BAF來維持熔渣被水淹蓋。
- 維持RPV注水量大於MDRIR（圖18）以移除衰變熱。
 - ◆ 最少熔渣保留所需注水流量（Minimum Debris Retention Injection Rate, MDRIR）之目的在決定將熔渣保留在RPV中所需的最低注水流量。
 - ◆ MDRIR可用以保證所注入之水量足以移除熔渣所產生的衰變熱。

26



圍阻體排氣

- 在灌水過程中，隨著一次圍體水位上升，一次圍阻體內的不可凝結氣體將被壓縮，以致於距離一次圍阻體壓力限制（圖12）的餘裕減少。
- 因此，必要時，必須執行圍阻體排氣以保存一次圍阻體的完整性。
- 排氣必須與注水優先次序間相互協調。

27



RPV排氣

- 如果RPV有大的破口，則可藉由一次圍阻體灌水，再經由破口處倒灌入RPV以淹蓋爐心。
- 當一次圍阻體水位超過破口高度時，必須先排放滯留於RPV內的蒸汽與不可凝結氣體以使水能由圍阻體流入RPV。
- 如果爐心熔渣已熔穿RPV，則RPV排氣並沒有立即的效用。因此，必須停止RPV排氣以避免不必要的輻射釋放。（放射性氣體與懸浮物質積存在RPV上方或汽水分離器、乾燥器內部應避免不必要之外釋）

28



圍阻體噴灑

- SAG-1只對圍阻體噴灑設限，SAG-2提出圍阻體噴灑需求。
- 允許圍阻體噴灑動作的先決條件是圍阻體壓力必須高於0.13 kg/cm²（Mark-III圍阻體噴灑起動限制），而如果圍阻體壓力過低會產生負壓時，則停止噴灑。
- 或是因圍阻體噴灑的動作，將會影響到注水速率，則視SAG-1之優先順序來決定是否允許使用圍阻體噴灑。

29



	RPV 熔穿		RPV 完整				
	RC/F-7←	RC/F-1	RC/F-2→	RC/F-3→	RC/F-4→	RC/F-5→	RC/F-6
	RPV熔穿,圍阻體水位≥7.29 M	RPV熔穿	RPV水位≥TAF	RPV水位≥BAF	RPV注水量≥MDRIR	仍在「壓力抑制壓力」限制內	超過「壓力抑制壓力限制」限制
圍阻體水位/壓力限制	執行一次圍阻體噴灑，停止由一次圍阻體外的水源注入RPV及一次圍阻體	如果...無法維持在二次圍阻體壓力限制以下，且RPV及圍阻體注水量可以維持在MDRIR以上，則停止由一次圍阻體外的水源注入RPV及一次圍阻體	如果...無法維持在二次圍阻體壓力限制以下，且RPV及圍阻體注水量可以維持在MDRIR以上，則停止由一次圍阻體外的水源注入RPV及一次圍阻體	RPV壓力過高，圍阻體壓力3.59 kg/cm ² ，停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體	RPV壓力過高，圍阻體壓力3.59 kg/cm ² ，停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體	一次圍阻體水位無法維持在7.29 m以上，1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體	如果...無法維持在二次圍阻體壓力限制以下(圖 12)則...停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
RPV/圍阻體注水	HPCS LPCS 使用群組1及其他群組2之系統 (Detail A)	使用群組1及群組2之系統 (Detail A)	僅可能使用群組1之系統 (Detail A) 或可能使用群組2之系統 (Detail A) 必要時才由一次圍阻體外的水源注水	HPCS 僅可能由CST取水 LPCS 使用群組1及其他群組2之系統 (Detail A)	HPCS 僅可能由CST取水 LPCS 使用群組1及其他群組2之系統 (Detail A)	使用群組1及群組2之系統 (Detail A)	使用群組1及群組2之系統 (Detail A)
圍阻體排氣	參考TSG EAAG表 6.5及6.6 低值[500, 14第2節] 必要時解除隔離連通[500, 14第1節]	參考TSG EAAG表 6.5及6.6 低值[500, 14第2節] 必要時解除隔離連通[500, 14第1節]	參考TSG EAAG表 6.5及6.6 低值[500, 14第2節] 必要時解除隔離連通[500, 14第1節]	參考TSG EAAG表 6.5及6.6 低值[500, 14第2節] 必要時解除隔離連通[500, 14第1節]	參考TSG EAAG表 6.5及6.6 低值[500, 14第2節] 必要時解除隔離連通[500, 14第1節]	參考TSG EAAG表 6.5及6.6 低值[500, 14第2節] 必要時解除隔離連通[500, 14第1節]	參考TSG EAAG表 6.5及6.6 低值[500, 14第2節] 必要時解除隔離連通[500, 14第1節]
RPV排氣	不可執行RPV排氣	不可執行RPV排氣	MSIV[500, 12第1節] MSL取水[500, 12第1節] RCIC蒸汽旁通[500, 12第2節] RPV頂部排氣[500, 12第3節]	MSIV[500, 12第1節] MSL取水[500, 12第1節] RCIC蒸汽旁通[500, 12第2節] RPV頂部排氣[500, 12第3節]	MSIV[500, 12第1節] MSL取水[500, 12第1節] RCIC蒸汽旁通[500, 12第2節] RPV頂部排氣[500, 12第3節]	不可執行RPV排氣	MSIV[500, 12第1節] MSL取水[500, 12第1節] RCIC蒸汽旁通[500, 12第2節] RPV頂部排氣[500, 12第3節]
圍阻體噴灑	執行噴灑,即使RPV注水會減少	執行噴灑,即使RPV注水會減少	圍阻體壓力高於0.13 kg/cm ² 且 可以維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上	圍阻體壓力高於0.13 kg/cm ² 且 可以維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上	停止圍阻體噴灑: 圍阻體壓力下降至0.122 kg/cm ² 或0 kg/cm ² 之間 在圍阻體噴灑過程中,無法維持RPV注水大於MDRIR	執行噴灑,即使RPV注水會減少: 圍阻體壓力下降至0.122 kg/cm ² 或0 kg/cm ² 之間	停止圍阻體噴灑: 圍阻體壓力下降至0.122 kg/cm ² 或0 kg/cm ² 之間 如果停止噴灑後,RPV注水,且RPV頂部圍阻體壓力小於3.59 kg/cm ²

SAG-1診斷

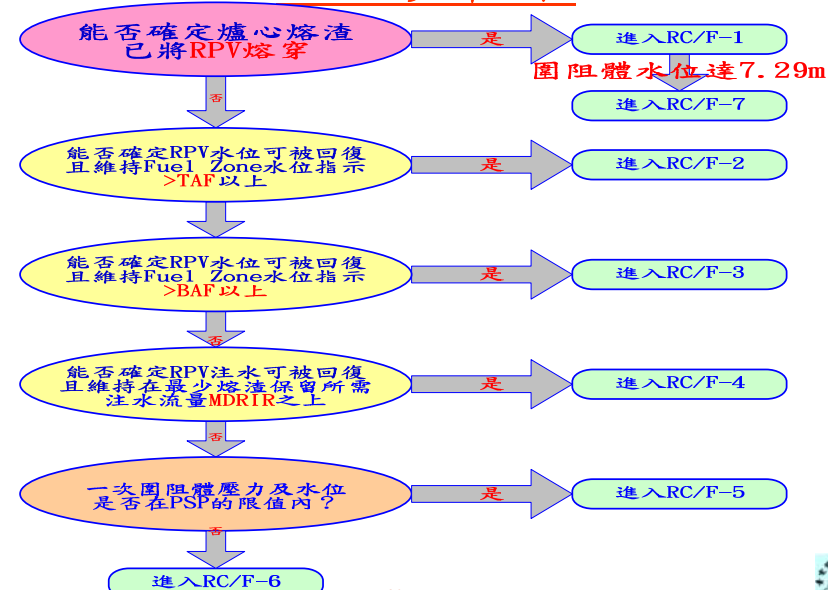
- 問題：
 1. 爐心熔渣是否已經熔穿RPV。
 2. RPV水位能否被回復且維持在TAF以上。
 3. RPV水位能否被回復且維持在BAF以上。
 4. 熔渣能否被保留於RPV內。
 5. 壓力抑制能力是否存在。
 6. 爐心熔渣已經熔穿RPV，且圍阻體水位到達7.29 m。
- 依序重複評估診斷，並採取適當策略。
- 狀況改變，則進行中的灌水策略也必須跟著移轉至其他適當的策略，並且中斷原本所使用的策略。
- 任何正在進行中的救援措施（如圍阻體排氣及RPV排氣等）如果未列於新的策略中，也必須被終止。
- 對於問題2至問題4（RC/F-2至RC/F-4），除了考慮目前的參數值外，同時還必須考量參數的趨勢，以及電廠狀態預期的改變。

31



SAG 1診斷流程

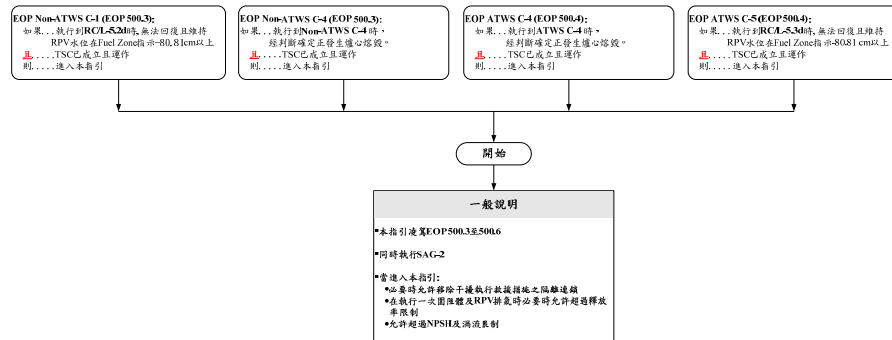
首先要判斷是否RPV破裂



32



SAG-1流程圖_進入時機



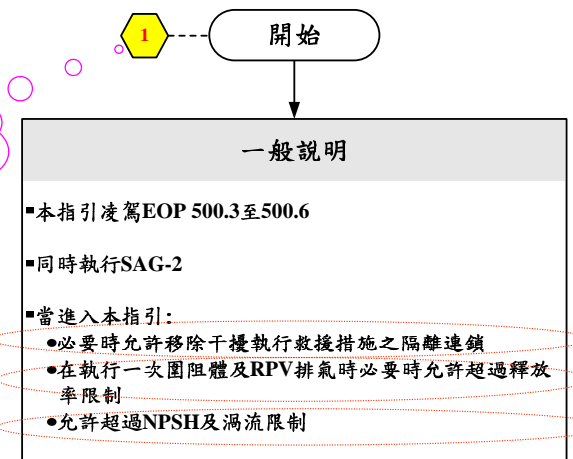
- 達SAG-1/SAG-2進入條件
- TSC已成立

33



一般說明

水位儀器的
可用性：
MRT/MIL



- 一旦進入SAG便不再遵循EOP 500.3至500.6的指示。
- EOP相關的救援策略分別由SAG-1及SAG-2取代，SAG-1與SAG-2必須同時執行。
- EOP 支援程序書，則繼續於SAG中使用。

34



RC/F-1技術背景

爐心熔渣已將RPV熔穿(參考TSG PSAG圖4.41)?



- ① >RPV破裂, 壓力抑制不再需要
- >冷卻一次圍阻體內之熔渣

- RC/F-1之電廠狀態為爐心熔渣已熔穿RPV：
 - ◆ RPV破裂，壓力抑制能力不再需要。
 - ◆ 冷卻一次圍阻體內之熔渣。
- 判定爐心熔渣已熔穿RPV (參考TSG PSAG圖4.41)
- 排放於RPV外之熔渣最終必須為水所覆蓋，以避免圍阻體失效。
- 藉由使用一次圍阻體外水源以最大注水量注入RPV，
 - ◆ RC/F-1提供淹灌一次圍阻體至**最小熔渣淹沒水位**以上的進行方向。
- 藉由使用一次圍阻體外水源以最大注水量注入RPV。
 - ◆ RC/F-1提供淹灌一次圍阻體至**最小熔渣淹沒水位**以上的進行方向。
 - ◆ 一旦一次圍阻體水位達到小熔渣淹沒水位 (7.29 m) 便由RC/F-1移轉至RC/F-7。

35



預期RPV破裂的徵兆

(詳細介紹可參考TSG PSAG)：

- RPV與乾井壓力相平衡。
 - ◆ 如果爐心熔渣熔穿RPV，預期熔渣會經由破裂處排放，導致RPV爐壁的大破口。此時，應可觀察到乾井溫度及壓力上升，同時伴隨著RPV與乾井的壓差急速減少。
- 一次圍阻體內有氫氣。
 - ◆ 在RPV破裂前，預期裸露的高溫爐心會與蒸汽作用而產生氫氣。如果RPV發生破裂，滯留於RPV內之氫氣將會經由破裂處釋放到一次圍阻體。
- RPV底部金屬溫度大於設計溫度。
 - ◆ 如果爐心無法得到適當冷卻，同時爐心幾何形狀改變，預期爐心熔渣將會重置於RPV底部。因此，應可觀察到RPV底部區域產生高溫。
- 因為以上這些狀況同時也是破口冷卻水流失事故的徵兆，因此只能以評估參數值、參數趨勢、及事件中這些現象持續的時間來診斷RPV是否失效。如果觀察這些狀況的方法可用，且沒有觀察到這些現象，則可以假設RPV仍是完整的。

36



RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體水位/壓力限制

盡早且盡可能持續由CTMT外水源取水
直接注入CTMT以覆蓋爐心熔渣

則先執行圍阻體排氣以維持壓力低於
限制

此時若無法維持總注水量大於MDRIR，
則可能喪失一次圍阻體的完整性

熔渣已熔穿RPV，注硼並無多大效用，
而且注硼的動作應該早就已經在SAG-2
的功率控制 (RC/Q) 中完成了。

37

- RPV破裂, 壓力抑制不再需要
- 冷卻一次圍阻體內之熔渣

圍阻體水位/壓力限制

- 正趨近或超過一次圍阻體壓力限制 (圖 12):
 - 執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制 (圖 12)
- 如果... 無法維持在一次圍阻體壓力限制以下 (圖 12)
 - 且... RPV及圍阻體總注水量可以維持在MDRIR以上 (圖 18)
 - 則... 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV及一次圍阻體

RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) RPV/圍阻體灌水

- 由CTMT外取水，並以最大注水量注入RPV，再經由RPV破裂處直接流到爐心熔渣所在處。
- 一旦建立RPV最大注水量，而且注水量不會被減少，則使用其他可用的系統由CTMT外取水，並以最大注水量直接注入CTMT。
- 最後，當以上的注水速率不會被減少的情況下，再由其他可用的系統從抑壓池取水注入RPV以加速冷卻任何殘留燃料及熔渣。

- 符合PCPL限制下，注水系統之選擇：

- CTMT外取水 > 抑壓池取水
- CTMT外取水，RPV注水 > CTMT注水
- CTMT外取水，較小流量注入CTMT > 抑壓池取水，較大流量注入RPV取水

38

RPV/圍阻體注水

- ✓ 優先次序:

1. 由一次圍阻體外的水源以最大注水流量注入RPV
2. 由一次圍阻體外的水源以最大注水流量注入一次圍阻體
3. 由抑壓池的水源以最大注水流量注入RPV

- 方法:

- 使用群組1及群組2之系統 (Detail A)

Detail A	灌水系統
■ 群組1:	
● 冷凝水/飼水	
● CRD	
● RCIC	
➢ 必要時移除RPV低壓力隔離及抑壓池高水位取水切換連鎖[500.13第3,4節]	
● RHR [324.5]	
➢ 藉由停機冷卻回水管注水	
➢ 儘早流經熱交換器	
■ 群組2:	
● LPCI [324.1]	
➢ 儘早流經熱交換器	
● HPCS	
➢ 必要時移除抑壓池高水位取水切換連鎖[500.13第6節]	
● LPCS	
● 爐頂噴灑[324.5]	
● 消防水系統經RHR B [500.10第1節]	
● ECCS充水泵[500.10第2節]	
● SBLC自測試槽取水[500.10第3節]	
● CST傳送系統經FW,RHR,LPCS,HPCS沖水管路[500.10第5節]	
● 連接另一機組CST傳送系統[500.10第6節]	

RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體排氣

理由1:

➢ 有助於一次圍阻體灌水。

- ◆ 執行CTMT排氣可藉由降低注水系統的背壓，進而增加灌水速率，因此有助於CTMT灌水，能顯著縮短淹蓋爐心熔渣所需要的時間，即使並未威脅到PCPL，執行CTMT排氣仍屬適當。
- ◆ 但如果CTMT排氣只能稍微增加灌水速率，並不會顯著影響淹灌所需時間，則CTMT排氣所造成的輻射釋放並不必要。
- ◆ 因此，一般來說，若能增加灌水速率達25%以上，則可以考慮執行排氣以加速灌水。

40

圍阻體排氣

- 時機:

- 有助於一次圍阻體灌水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下 (圖 12)
- SAG-2需要時

- 方法:

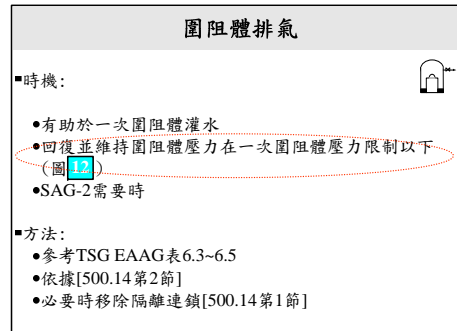
- 參考TSG EAAG表6.3及6.5
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體排氣

理由2：

- 回復並維持CTMT壓力低於PC。

- ◆ 當CTMT壓力趨近PCPL時，執行圍阻體排氣以回復並維持壓力低於限制。



41



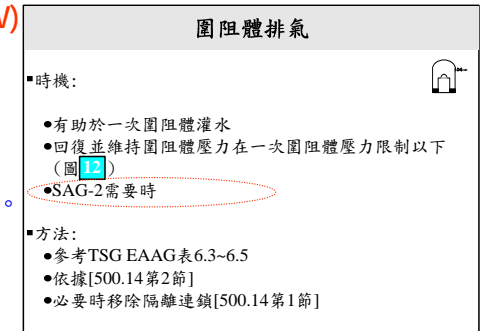
RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體排氣

理由：

3. 根據SAG-2：

- 任何在達到PCPL之前時。
- 控制氫氣濃度所必須。

- SAG-2允許CTMT壓力在顯著低於PCPL時，便執行CTMT排氣。
- 在RPV失效前的早期圍阻體排氣，能降低CTMT壓力以增加CTMT滯留分裂產物的能力，同時減少輻射釋放至環境中。



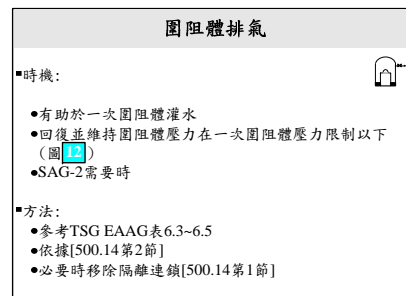
42



RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體排氣

➤ 方法：

- ◆ 排氣路徑：可參考TSG EAAG表6.3~6.5評估選擇適當的路徑。
- ◆ 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- ◆ 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節。



43

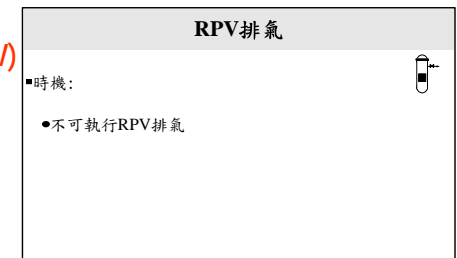


RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) RPV排氣

➤ 基於以下理由並無立即執行RPV排氣的需要：

- RPV內任何殘留、未被水覆蓋的燃料或熔渣，預期並不會威脅一次圍阻體的完整性。
- 預期揮發性分裂產物主要是聚集在汽水分離器及蒸汽乾燥器中，因此重新淹灌RPV至TAF並不會淹蓋這些物質。
- 如果有足夠注水能力能夠經由RPV破裂處淹灌RPV，則RPV破裂就不可能發生；換言之，RPV會失效，就是因為沒有足夠的注水能力。

➤ 因此，在之前根據其他SAG-1策略所建立的排氣管路配置必須被隔離，以避免不必要的輻射釋放。

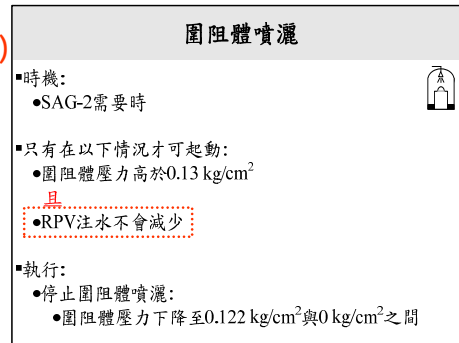


44



RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體噴灑

- SAG-1本身並不提出圍阻體噴灑的需求。
- 一般都是因PC/P、CN/T、PC/G、PC/R或輻射強度控制的需要，而由SAG-2提出圍阻體噴灑需求。

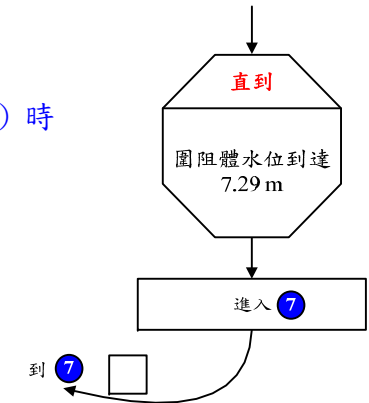


- SAG-1只對圍阻體噴灑設限。
- 允許圍阻體噴灑動作的先決條件是圍阻體壓力必須高於Mark-III圍阻體噴灑起動限制（0.13 kg/cm²），並且不影響RPV注水量。
- 因為此時RPV已失效，將排放於爐穴內之熔渣淹沒是為首要目標，而最直接且最快的路徑則是使用RPV注水，再經由RPV底部失效處流至熔渣所在位置。
- 噴灑過程中，當圍阻體壓力過低（在此是以高乾井壓力急停設定點（0.122 kg/cm²）為低壓限制）會產生負壓時，則停止噴灑。

45

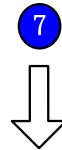
RC/F1 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體水位達7.29m

- 當一次圍阻體水位達到最小熔渣淹沒水位高度（7.29 m）時
- 則由RC/F-1移轉至RC/F-7。



46

RC/F-7技術背景



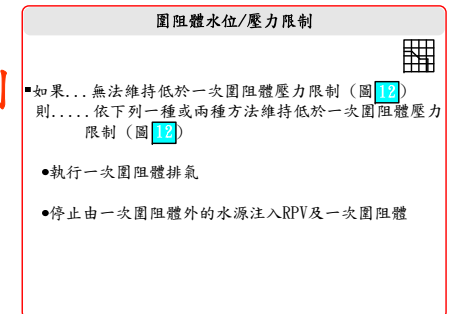
- RPV已破裂
- 由RC/F-1延伸
- 控制一次圍阻體水位介於7.29 m與31.7 m（最高之圍阻體排氣口高度）之間。
- 維持一次圍阻體內之熔渣為水覆蓋。
- 一旦進入RC/F-7，RC/F-1至RC/F-6便已不適用。

- RPV破裂，圍阻體灌水至7.29 m以上
- 維持一次圍阻體內之熔渣為水覆蓋

47

RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體水位/壓力限制

- 在維持一次圍阻體水位高於最小熔渣淹沒水位的過程中，如果一次圍阻體壓力無法維持在PCPL之下，視情況選擇下述一種方式或兩種方式同時使用：



1. 如果是CTMT壓力無法維持低於限制，則執行圍阻體排氣。
 2. 如果是CTMT水位趨近最高圍阻體排氣口高度（31.7m）時，則停止使用CTMT外水源注入RPV及CTMT。
- 抑壓池取水注入RPV不需要被終止，因為並不會影響一次圍阻體內的總水量。
 - 由於熔渣已熔穿RPV，注硼並無多大效用，而且注硼的動作應該早就已經在SAG-2的功率控制中完成了。
 - RC/F-7並不需要維持總注水量大於MDRIR。

48

RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV) RPV/圍阻體灌水

- 優先考量是運轉爐心噴灑，以冷卻RPV內任何裸露的殘留爐心。

- 並且控制CTMT水位於7.29m(最小熔渣淹沒水位)與31.7m(最高圍阻體排氣口高度)之間。

- 因為一旦判定爐心熔渣已將RPV熔穿，便已終止RPV排氣，RPV水位可能並不與CTMT水位相同，因此以運轉爐心噴灑冷卻任何殘留於RPV內，且裸露的爐心燃料、冷卻RPV內部及過熱氣體等為優先考量，必要時，再使用其他可用的注水系統。

- 由於此時CTMT水位已相當高，因此只有在必須使用CTMT外水源以維持CTMT水位高於7.29 m(最小熔渣淹沒水位)時，才可由CTMT外水源取水，否則均由抑壓池取水為優先考量。

RPV/圍阻體注水

✓優先次序:

1. 運轉HPCS和LPCS
2. 維持一次圍阻體水位介於7.29 m與31.7 m之間

■方法:

- HPCS
 - 只有在需要時，才由一次圍阻體外的水源汲水，以維持圍阻體水位高於7.29 m
- LPCS
 - 使用群組1及其他群組2之系統 (Detail A)
 - 只有在需要時，才由一次圍阻體外的水源汲水，以維持圍阻體水位高於7.29 m

49



RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體排氣

理由1:

- 維持CTMT水位在7.29 m(最小熔渣淹沒水位)以上。

- 藉由降低注水系統的背壓，進而增加灌水速率。

- 如果降低CTMT壓力為使可用注水系統來維持一次CTMT水位高於最小熔渣淹沒水位所必須，則即使並未威脅到PCPL，執行圍阻體排氣仍屬適當。

圍阻體排氣

■時機:

- 維持圍阻體水位高於7.29 m所必須
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下 (圖 8)
- SAG-2需要時

■方法:

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

50



RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體排氣

理由2:

- 回復並維持CTMT壓力低於PCPL。

- 當CTMT壓力趨PCPL時，執行圍阻體排氣以回復並維持壓力低於限制。

理由3:

- 依據SAG-2需要:

- SAG-2允許CTMT壓力在顯著低於PCPL時，便執行排氣。在RPV失效前的早期圍阻體排氣，能降低CTMT壓力以增加CTMT滯留分裂產物的能力，同時減少輻射釋放至環境中。

理由4:

- 根據SAG-2，控制氫氣濃度所必須。

圍阻體排氣

■時機:

- 維持圍阻體水位高於7.29 m所必須
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下 (圖 8)
- SAG-2需要時

■方法:

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

51



RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV) 圍阻體排氣

理由4:

- 根據SAG-2，控制氫氣濃度所必須。

圍阻體排氣

■時機:

- 維持圍阻體水位高於7.29 m所必須
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下 (圖 8)
- SAG-2需要時

■方法:

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

52



RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV)

圍阻體排氣

➤方法：

- 排氣路徑：可參考TSG EAAG表6.3~6.5評估選擇適當的路徑。
- 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節。

圍阻體排氣

■時機：

- 維持圍阻體水位高於7.29 m所必須
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下(圖 8)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.3及6.5
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

54

RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV)

RPV排氣

➤基於以下理由並無立即執行RPV排氣的需要：

- RPV內任何殘留、未被水覆蓋的燃料或熔渣，預期並不會威脅一次圍阻體的完整性。
- 預期揮發性分裂產物主要是聚集在汽水分離器及蒸汽乾燥器中，因此重新淹灌RPV至TAF並不會淹蓋這些物質。
- 如果有足夠注水能力能夠經由RPV破裂處淹灌RPV，則RPV破裂就不可能發生；換言之，RPV會失效，就是因為沒有足夠的注水能力。

➤先前根據其他SAG-1策略所建立的排氣管路配置必須被隔離，以避免不必要的輻射釋放。

54

RC/F7 (爐心熔渣已熔穿RPV)

圍阻體噴灑

➤SAG-1本身並不提出圍阻體噴灑的需求。

➤一般都是因PC/P、CN/T、PC/G、PC/R或輻射強度控制的需要而由SAG-2提出圍阻體噴灑需求。

➤允許圍阻體噴灑動作的先決條件是圍阻體壓力必須高於Mark-III圍阻體噴灑起動限制(0.13 kg/cm²)。

➤噴灑過程中，當圍阻體壓力過低0.122 kg/cm²以下，會產生負壓時，則停止噴灑。

➤是因為此時RPV已破裂，同時圍阻體水位已足以淹沒熔渣，RPV注水已不再是最優先考量。

圍阻體噴灑

■時機：

- SAG-2需要時

■只有在以下情況才可起動：

- 圍阻體壓力高於0.13 kg/cm²

■執行：

- 執行噴灑，即使RPV注水會減少
- 停止圍阻體噴灑：
 - 圍阻體壓力下降至0.122 kg/cm²與0 kg/cm²之間

55

RC/F-2技術背景

RPV水位可被回復且維持在Fuel Zone指示0 cm以上
(參考TSG CPAG表3.1)?



➤ RPV水位可被回復且維持在Fuel Zone指示0 cm以上(參考TSG CPAG表3.1)。

➤ 淹灌RPV以覆蓋爐心。

➤ 對於RPV水位是否可被回復且維持在TAF以上的評估，除了考慮目前的參數值外，同時還必須考量參數的趨勢，以及電廠狀態預期的改變。

➤ 此外，RPV水位的回復不一定要經由RPV直接注水。同時，也可經由主系統破口處倒灌入RPV。

56

RC/F2 (RPV水位>TAF)

圍阻體水位/壓力限制

1. CTMT壓力趨近PCPL，或水位趨進CTMT最高排氣口高度：
 - 先停CTMT外取水注入CTMT。
2. 如果CTMT壓力仍持續接近且無法維持<PCPL：
 - 再執行CTMT排氣。

如果 \geq PCPL：

- RPV水位 \geq TAF
- 則除SBLC外，停止CTMT外水源注入RPV。
- 避免又回到更劣化的狀況，因此維持RPV水位高於TAF所必須的系統並未終止。
- 倘SBLC依SAG-2 RC/Q若已完成注冊；係用來”注水”時，亦應被終止。

57

圍阻體水位/壓力限制

- 正趨近或超過一次圍阻體壓力限制（圖12）：
 1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
 2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下（圖12）則....執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制（圖12）
 - 如果...到達一次圍阻體壓力限制（圖12）且....RPV水位可以維持在Fuel Zone指示0 cm以上則....除SBLC注冊外，停止由一次圍阻體外的水源注入RPV



RC/F2 (RPV水位>TAF)

RPV/圍阻體注水

- 控制水位在TAF~L8之間，確保爐心(熔渣)為水覆蓋時，才能確保長期衰變熱移除，以及CTMT完整性。
- 如果RPV水位的回復是經由直接注水：則可以終止CTMT直接注水。
- 如果RPV水位的回復是經由主系統破口處倒灌：則必須維持CTMT灌水狀態以確保爐心被水淹蓋。
- 如果爐心已長時間裸露，控制棒幾何形狀可能已變，必須顧慮水位回復期間發生再臨界的潛在性。
- 因此，盡可能使用注水於爐心側板外側的系統（群組1），使水經由降流區加溫後，避免次冷的水直接進入爐心，以減低功率劇烈變化的可能性。
- 爐心已被淹蓋，持續的圍阻體灌水已不必要。因此，除非必要時才由一次圍阻體外水源取水。

58

RPV/圍阻體注水

- ✓優先次序：
 1. 回復並維持RPV水位介於Fuel Zone指示0 cm與窄範圍指示+132 cm之間
- 方法：
 - 儘可能只使用群組1之系統（Detail A）
 - 需要時才使用群組2之系統（Detail A）
 - 必要時才由一次圍阻體外的水源取水



RC/F2(RPV水位>TAF)

圍阻體排氣

理由1：

- 回復並維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm（TAF）以上。

- 執行一次圍阻體排氣可藉由降低注水系統的背壓，進而增加灌水速率，因此有助於一次圍阻體灌水。
- 如果降低圍阻體壓力為使可用注水系統來維持RPV水位高於TAF所必須，則即使並未威脅到PCPL，執行圍阻體排氣仍屬適當。
- 但如果排氣並不會顯著影響注水速率，則排氣所造成的輻射釋放並不必要。

59

圍阻體排氣

- 時機：
 - 回復並維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上所必須
 - 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下（圖12）
 - SAG-2需要時
- 方法：
 - 參考TSG EAAG表6.5及6.6
 - 依據[500.14第2節]
 - 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]



RC/F2(RPV水位>TAF)

圍阻體排氣

理由2：

- 回復並維持CTMT壓力低於PCPL。

- 如果CTMT壓力無法維持在PCPL以下時，則執行圍阻體排氣以回復並維持壓力低於限制。

60

圍阻體排氣

- 時機：
 - 回復並維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上所必須
 - 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下（圖12）
 - SAG-2需要時
- 方法：
 - 參考TSG EAAG表6.5及6.6
 - 依據[500.14第2節]
 - 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]



RC/F2(RPV水位>TAF) 圍阻體排氣

理由3：


➤ 根據SAG-2，任何在達到一次圍阻體壓力限制之前時。

- SAG-2允許圍阻體壓力在顯著低於PCPL時便執行排氣。
- 在RPV失效前的早期圍阻體排氣，能降低圍阻體壓力以增加圍阻體滯留分裂產物的能力，同時減少輻射釋放至環境中。

理由4：

➤ 根據SAG-2，控制氫氣濃度所必須。

圍阻體排氣



■時機：

- 回復並維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上所必須
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]


61

RC/F2(RPV水位>TAF) 圍阻體排氣

➤ 方法：

- ◆ 排氣路徑：可參考TSG EAAG表6.5及6.6，評估選擇適當的路徑。
- ◆ 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- ◆ 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節。

圍阻體排氣



■時機：

- 回復並維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上所必須
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)
- SAG-2需要時

■方法：


- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

62

RC/F2 (RPV水位>TAF) RPV排氣

➤ 如果水能從一次圍阻體經由主系統破口處倒灌入RPV，則有必要執行RPV排氣以移除滯留在RPV內之蒸汽與不可凝結氣體，以加速水由一次圍阻體經由主系統破口處倒灌入RPV。

RPV排氣



■時機：

- 回復並維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上所必須

■方法：

- MSIV[500.12第1節]
- MSL洩水[500.12第1節]
- RCIC蒸汽管線[500.12第2節]
- RPV頂部排氣[500.12第3節]

63

RC/F2 (RPV水位>TAF) 圍阻體噴灑

➤ SAG-1本身並不提出圍阻體噴灑的需求。

➤ 一般都是因PC/P、CN/T、PC/G、PC/R或輻射強度控制的需要而由SAG-2提出圍阻體噴灑需求。


➤ 啟動時機：

- CTMT壓力>CSIPL (0.13 kg/cm²) 及
- RPV水位>TAF

➤ 停止噴灑：

- CTMT壓力降至0.122 ~0 kg/cm²，會產生負壓時。或
- 影響RPV注水，水位無法維持在TAF之上。

圍阻體噴灑



■時機：

- SAG-2需要時

■只有在以下情況才可啟動：

- 圍阻體壓力高於0.13 kg/cm²
- 且
- 可以維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上

■執行：

- 停止圍阻體噴灑：
 - 圍阻體壓力下降至0.122 kg/cm²與0 kg/cm²之間
 - 在圍阻體噴灑運轉下，無法維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上

64

RC/F-3技術背景

RPV水位可被回復且維持在Fuel Zone指示-380 cm(BAF)以上
(參考TSG CPAG表3.1)?



➤ RC/F-3之電廠狀態為：

- ◆ RPV水位可被回復且維持在Fuel Zone指示-380 cm以上 (參考TSG CPAG表3.1)
 - ◆ 爐心熔渣預期不會熔穿RPV。
 - ◆ 淹灌至Fuel Zone指示0 cm以上，以做為長期冷卻。
- 預期重置於下部空間的爐心熔渣可被水覆蓋而不會熔穿RPV。
- 持續由CTMT外水源取水，並以最大注水量注入RPV，將RPV淹灌至TAF為目標。
- 對於RPV水位是否可被回復且維持在BAF以上的評估，除了考慮目前的參數值外，同時還必須考量參數的趨勢，以及電廠狀態預期的改變。

65



RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體水位/壓力限制

- 在圍阻體灌水過程中，CTMT水位將會達到且超過SRV尾管水位限制。
- 此時的SRV動作將會導致SRV排放管的損壞，這樣會使一次圍阻體灌水更為複雜。
- 只有在RPV保持洩壓狀態(<DHRP 3.59kg/cm²)，SRV不可能在高壓下動作時，才允許蓄意將一次圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²;
- 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

■正趨近或超過一次圍阻體壓力限制 (圖 12):

1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖 12)

則....執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

●如果...到達一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

且....RPV水位可以維持在Fuel Zone指示-380 cm(BAF)以上

則....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

- 在灌水過程中有可能觸動SRV，同時圍阻體灌水對於淹蓋爐心並無效用。此時，抑壓池水位需維持低於SRV尾管水位限制。

66



RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體水位/壓力限制

- RPV相對於圍阻體的壓差被用來當作主系統完整性及SRV可操作性的指示。
- RPV呈現建壓狀態，則主系統應無大破口存在，亦或是SRV並無正常作用。因此，在灌水過程中有可能觸動SRV，同時圍阻體灌水對於淹蓋爐心並無效用。此時，抑壓池水位需維持低於SRV尾管水位限制。

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²;
- 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

■正趨近或超過一次圍阻體壓力限制 (圖 12):

1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖 12)

則....執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

●如果...到達一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

且....RPV水位可以維持在Fuel Zone指示-380 cm(BAF)以上

則....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

➤ RPV/CTMT壓力相當：

- 一次系統大破口 或
- SRV正常動作洩壓狀態。

不論是那種情況，預期SRV並不會因高壓而作動作，因此允許圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

67



RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體水位/壓力限制

- SRV尾管水位限制只稍為高出抑壓池水位LCO少許，因此並沒有必要特別將SRV尾管水位限制訂定為一次圍阻體灌水時的限制之一，而是在SRV可能會動作時 (RPV與圍阻體壓差大於3.59 kg/cm²)，停止由CTMT外取水直接注入CTMT。

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²;
- 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

■正趨近或超過一次圍阻體壓力限制 (圖 12):

1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖 12)

則....執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

●如果...到達一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

且....RPV水位可以維持在Fuel Zone指示-380 cm(BAF)以上

則....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

- 但是由CTMT外水源取水注入RPV的優先次序高於SRV可操作性，因此不需要因而終止由CTMT外水源取水注入RPV。

- 再者，如果RPV相對於圍阻體是處於建壓狀態，則主系統並無大破口存在，因此持續的RPV注水預期並不會影響圍阻體水位。

68



RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體水位/壓力限制

1. CTMT壓力趨近PCPL，或水位趨進CTMT最高排氣口高度：

➢ 先停CTMT外取水注入CTMT。

2. 如果CTMT壓力仍持續接近且無法維持<PCPL：

➢ 再執行CTMT排氣。

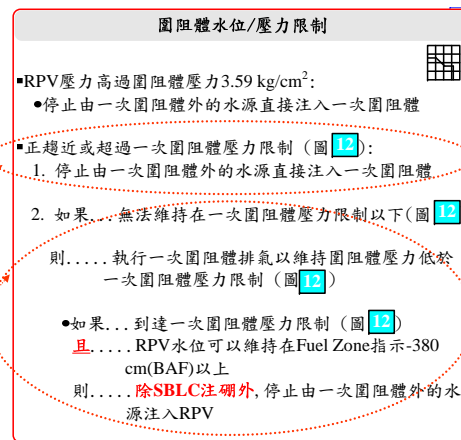
如果≥PCPL：

➢ RPV水位≥BAF

➢ 則除SBLC外，停止CTMT外水源注入RPV。

➢ 避免又回到更劣化的狀況，因此維持RPV水位高於BAF所必須的系統並未被終止。

➢ 倘SBLC依SAG-2 RC/Q若已完成注冊；係用來”注水”時，亦應被終止。



69

RC/F3 (RPV水位>BAF)

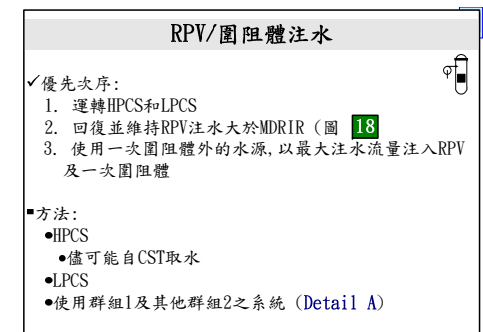
RPV/圍阻體灌水

- 當RPV水位高於Fuel Zone指示-380 cm (BAF) 時，預期重置於下部空間的爐心熔渣可被水覆蓋而不會熔穿RPV。因此訂定的注水優先次序為：

1、運轉爐心噴灑。

2、回復並維持RPV水位高於BAF。

3、使用CTMT外的水源，以最大注水量注入RPV及CTMT。



70

RC/F3 (RPV水位>BAF)

RPV/圍阻體灌水

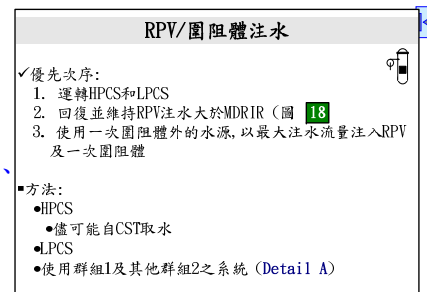
- 運轉爐心噴灑以冷卻裸露的爐心燃料、冷卻RPV內部及過熱氣體。即使圍阻體灌水的需求是由ATWS狀況進入，運轉爐心噴灑也不太可能造成反應度的暫態，因為此時的水位一般已低於最小蒸汽冷卻反應爐水位 (MSCRWL)，所以：

1、此時爐心內的緩和劑總量（水）受限。

2、噴灑於爐心的水已在落入爐心前被上方的熱蒸汽加熱。

3、對於因高功率所引發的事件，衰變熱將會產生大量的空泡。

4、即使不管空泡率及緩和劑溫度（水溫），快速的將水注入過熱的爐心，預期會造成爐心脆裂，導致爐心幾何形狀改變，而不可能成為臨界狀態。



71

RC/F3 (RPV水位>BAF)

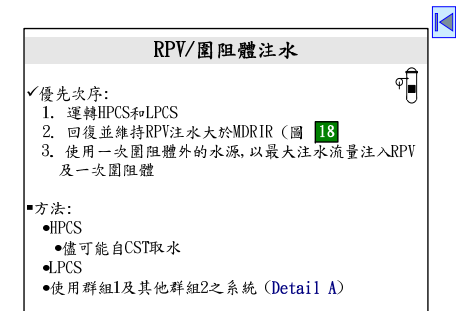
RPV/圍阻體灌水

- 因為預期爐心熔渣可以保留於RPV中，所以並不需要顧慮壓力抑制能力。
- 一次圍阻體可視情況被灌水，
- 同時維持RPV水位高於BAF。
- 任何適用的注水資源組合（群組1及群組2）均可以用來達成以上目標：

● 只要RPV水位能被維持高於BAF，則應該使用一次圍阻體外水源，即使一次圍阻體外水源的量較少。

● 盡量使用任何可用的系統。如果有兩個系統不能同時使用，則選擇使用能提供較快灌水速率的系統。

● 只要RPV水位能維持在BAF上方，則RPV注水或一次圍阻體注水之間並無優先次序。



72

RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體排氣

理由1：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水。

- 執行一次圍阻體排氣可藉由降低注水系統的背壓，進而增加灌水速率，因此有助於一次圍阻體灌水。
- 如果降低一次圍阻體壓力能顯著縮短淹蓋爐心熔渣所需要的時間，則即使並未威脅到一次圍阻體壓力限制，執行圍阻體排氣仍屬適當。
- 但如果排氣只能稍微增加灌水速率，並不會顯著影響淹灌所需時間，則排氣所造成的輻射釋放並不必要。
- 因此，一般來說，若能增加灌水速率達25%以上，則可以考慮執行排氣以幫助灌水。

73

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體排氣

理由2：

- 回復並維持CTMT壓力低於PCPL。

- 當CTMT壓力趨近PCPL時，執行圍阻體排氣以回復並維持CTMT壓力低於限制。

74

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體排氣

理由3：

- 根據SAG-2，任何在達到一次圍阻體壓力限制之前時。

- SAG-2允許圍阻體壓力在顯著低於一次圍阻體壓力限制時便執行排氣。在RPV失效前的早期圍阻體排氣，能降低圍阻體壓力以增加圍阻體滯留分裂產物的能力，同時減少輻射釋放至環境中。

理由4：

- 根據SAG-2，控制氫氣濃度所必須。

75

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

RC/F3 (RPV水位>BAF)

圍阻體排氣

➤ 方法：

- ◆ 排氣路徑：可參考TSG EAAG表6.3~6.5，評估選擇適當的路徑。
- ◆ 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- ◆ 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節。

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.3~6.5
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

76

RC/F3 (RPV水位>BAF) RPV排氣

- 如果水能從CTMT經由主系統破口處倒灌入RPV，則有必要執行RPV排氣以移除滯留在RPV內之蒸汽與不可凝結氣體，讓RPV與CTMT的水位平衡。
- 因此，當CTMT水位高過RPV水位時，有必要執行RPV排氣，以使水能從經由CTMT主系統破口處倒灌入RPV。

RPV排氣

■時機：

- 一次圍阻體水位到達9.75 m

■方法：

- MSIV[500.12第1節]
- MSL洩水[500.12第1節]
- RCIC蒸汽管線[500.12第2節]
- RPV頂部排氣[500.12第3節]

77



RC/F3 (RPV水位>BAF) 圍阻體噴灑

- SAG-1本身並不提出圍阻體噴灑的需求。
- 一般都是因PC/P、CN/T、PC/G、PC/R或輻射強度控制的需要而由SAG-2提出圍阻體噴灑需求。

➤ 啟動時機：

- CTMT壓力 $>0.13 \text{ kg/cm}^2$ 及
- RPV水位 $>\text{BAF}$

➤ 停止噴灑：

- CTMT壓力降至 $0.122 \sim 0 \text{ kg/cm}^2$ ，會產生負壓時。或
- 圍阻體噴灑運轉會造成RPV水位低於BAF時。

圍阻體噴灑

■時機：

- SAG-2需要時

■只有在以下情況才可啟動：

- 圍阻體壓力高於 0.13 kg/cm^2
- 可以維持RPV水位在Fuel Zone指示-380 cm(BAF)以上

■執行：

- 停止圍阻體噴灑：
- 圍阻體壓力下降至 0.122 kg/cm^2 與 0 kg/cm^2 之間
- 在圍阻體噴灑運轉下，無法維持RPV水位在Fuel Zone指示-380 cm(BAF)以上

78



RC/F-4技術背景

➤ RC/F-4之電廠狀態為：

- RPV注水可被回復且維持在MDRIR之上(圖18) (參考TSG CPAG表3.17)。
- 爐心熔渣預期不會熔穿RPV。
- 淹灌至TAF以上，以做為長期冷卻。
- 當無法判定RPV水位可被回復且維持在BAF以上時，RPV注水量大於MDRIR能確保爐心熔渣被保留於RPV中。
- 對於RPV注水是否可被回復且維持大於MDRIR的評估，除了考慮目前的參數值外，同時還必須考量參數的趨勢，以及電廠狀態預期的改變。

RPV注水可被回復且維持在MDRIR之上(圖18)
(參考TSG CPAG表3.17)?



79



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) 圍阻體水位/壓力限制

- 在圍阻體灌水過程中，CTMT水位將會達到且超過SRV尾管水位限制。
- 此時的SRV動作將會導致SRV排放管的損壞，這樣會使一次圍阻體灌水更為複雜。
- 只有在RPV保持洩壓狀態(<DHRP)，SRV不可能在高壓下動作時，才允許蓄意將一次圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

- 在灌水過程中有可能觸動SRV，同時圍阻體灌水對於淹蓋爐心並無效用。此時，抑壓池水位需維持低於SRV尾管水位限制。

圍阻體水位/壓力限制

■RPV壓力高過圍阻體壓力 3.59 kg/cm^2 ：

- 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

■正趨近或超過一次圍阻體壓力限制(圖12)：

1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)則...執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制(圖12)

●如果...到達一次圍阻體壓力限制(圖12)且...RPV注水可以維持在MDRIR以上(圖18)則...除SBLC注硼外，停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

80



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) 圍阻體水位/壓力限制

➢ RPV相對於圍阻體的壓差被用來當作主系統完整性及SRV可操作性的指示。

➢ RPV呈現建壓狀態，則主系統應無大破口存在，亦或是SRV並無正常作用。因此，在灌水過程中有可能觸動SRV，同時圍阻體灌水對於淹蓋爐心並無效用。此時，抑壓池水位需維持低於SRV尾管水位限制。

➢ RPV/CTMT壓力相當：

- 一次系統大破口 或
- SRV正常動作洩壓狀態。

不論是那種情況，預期SRV並不會因高壓而作動作，因此允許圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

圍阻體水位/壓力限制

■RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:

- 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

■正趨近或超過一次圍阻體壓力限制 (圖 12):

1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖 12)

則....執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

●如果...到達一次圍阻體壓力限制 (圖 12)
且....RPV注水可以維持在MDRIR以上(圖 18)
則....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

81



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) 圍阻體水位/壓力限制

➢ SRV尾管水位限制只稍為高出抑壓池水位LCO少許，因此並沒有必要特別將SRV尾管水位限制訂定為一次圍阻體灌水時的限制之一，而是在SRV可能會動作時 (RPV與圍阻體壓差大於3.59 kg/cm²)，停止由一次圍阻體外的水源取水直接注入一次圍阻體。

➢ 但是由CTMT外水源取水注入RPV的優先次序高於SRV可操作性，因此不需要因而終止由CTMT外水源取水注入RPV。

➢ 再者，如果RPV相對於CTMT是處於建壓狀態，則主系統並無大破口存在，因此持續的RPV注水預期並不會影響CTMT水位。

圍阻體水位/壓力限制

■RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:

- 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

■正趨近或超過一次圍阻體壓力限制 (圖 12):

1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖 12)

則....執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

●如果...到達一次圍阻體壓力限制 (圖 12)
且....RPV注水可以維持在MDRIR以上(圖 14)
則....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

82



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) 圍阻體水位/壓力限制

1. PC壓力/水位趨近PCPL

- 先停CTMT外取水注入CTMT。
- 再執行CTMT排氣。

2. ≥ PCPL

➢ 若RPV注水>MDRIR則除SBLC外，停止CTMT外水源注入RPV。

➢ 避免又回到更劣化的狀況，因此維持RPV水位高於TAF所必須的系統並未終止。

➢ 倘SBLC依SAG-2 RC/Q若已完成注硼；係用來”注水”時，亦應被終止。

圍阻體水位/壓力限制

■RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:

- 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

■正趨近或超過一次圍阻體壓力限制 (圖 12):

1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖 12)

則....執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制 (圖 12)

●如果...到達一次圍阻體壓力限制 (圖 12)
且....RPV注水可以維持在MDRIR以上(圖 18)
則....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

83



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) RPV/圍阻體灌水

➢ 當RPV注水量大於MDRIR時，預期重置於下部空間的爐心熔渣可被冷卻而不會熔穿RPV。因此訂定的注水優先次序為：

- 1、運轉爐心噴灑。
- 2、回復並維持RPV注水量大於MDRIR。
- 3、使用一次圍阻體外的水源，以最大注水量注入RPV及一次圍阻體。

RPV/圍阻體注水

✓優先次序:

1. 運轉HPCS和LPCS
2. 回復並維持RPV注水大於MDRIR (圖 18)
3. 使用一次圍阻體外的水源, 以最大注水流量注入RPV及一次圍阻體

■方法:

- HPCS
 - 儘可能自CST取水
- LPCS
- 使用群組1及其他群組2之系統 (Detail A)

84



RC/F4 (RPV注水>MDRIR)

RPV/圍阻體灌水

➤ 運轉爐心噴灑以冷卻裸露的爐心燃料、冷卻RPV內部及過熱氣體。即使圍阻體灌水的需求是由ATWS狀況進入，運轉爐心噴灑也不太可能造成反應度的暫態，因為此時的水位一般已低於MSCRWL，所以：

- 1、此時爐心內的緩和劑總量（水）受限。
- 2、噴灑於爐心的水已在落入爐心前被上方的熱蒸汽加熱。
- 3、對於因高功率所引發的事件，衰變熱將會產生大量的空泡。
- 4、即使不管空泡率及緩和劑溫度（水溫），快速的將水注入過熱的爐心，預期會造成爐心脆裂，導致爐心幾何形狀改變，而不可能成為臨界狀態。

85

RPV/圍阻體注水

✓優先次序：

1. 運轉HPCS和LPCS
2. 回復並維持RPV注水大於MDRIR（圖 18）
3. 使用一次圍阻體外的水源，以最大注水流量注入RPV及一次圍阻體

■方法：

- HPCS
 - 儘可能自CST取水
- LPCS
 - 使用群組1及其他群組2之系統（Detail A）

RC/F4 (RPV注水>MDRIR)

RPV/圍阻體灌水

➤ 因為預期爐心熔渣可以保留於RPV中，所以並不需要顧慮壓力抑制能力。因此，一次圍阻體可被灌水，同時維持RPV注水量大於MDRIR。任何適用的注水資源組合（群組1及群組2）均可以用來達成以上目標：

- 只要RPV注水量能被維持大於MDRIR，則應該使用一次圍阻體外水源，即使一次圍阻體外水源的量較少。
- 盡量使用任何可用的系統。如果有兩個系統不能同時使用，則選擇使用能提供較快灌水速率的系統。
- 只要RPV注水量能被維持大於MDRIR，則RPV注水或一次圍阻體注水之間並無優先次序。

86

RPV/圍阻體注水

✓優先次序：

1. 運轉HPCS和LPCS
2. 回復並維持RPV注水大於MDRIR（圖 18）
3. 使用一次圍阻體外的水源，以最大注水流量注入RPV及一次圍阻體

■方法：

- HPCS
 - 儘可能自CST取水
- LPCS
 - 使用群組1及其他群組2之系統（Detail A）

RC/F4 (RPV注水>MDRIR)

圍阻體排氣

理由1：

➤ 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水。

- 執行一次圍阻體排氣可藉由降低注水系統的背壓，進而增加灌水速率，因此有助於一次圍阻體灌水。
- 如果降低一次圍阻體壓力能顯著縮短淹蓋爐心熔渣所需要的時間，則即使並未威脅到一次圍阻體壓力限制，執行圍阻體排氣仍屬適當。
- 但如果排氣只能稍微增加灌水速率，並不會顯著影響淹灌所需時間，則排氣所造成的輻射釋放並不必要。
- 因此，一般來說，若能增加灌水速率達25%以上，則可以考慮執行排氣以幫助灌水。

87

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下（圖 12）
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

RC/F4 (RPV注水>MDRIR)

一次圍阻體排氣

理由2：

➤ 回復並維持CTMT壓力低於PCPL。

- 當CTMT壓力趨PCPL時，執行圍阻體排氣以回復並維持壓力低於限制。

88

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下（圖 12）
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

RC/F4 (RPV注水>MDRIR) 圍阻體排氣

理由3：

➤ 根據SAG-2，任何在達到一次圍阻體壓力限制之前時。

- SAG-2允許CTMT壓力在顯著低於PCPL時便執行排氣。在RPV失效前的早期圍阻體排氣，能降低CTMT壓力以增加CTMT滯留分裂產物的能力，同時減少輻射釋放至環境中。

理由4：

➤ 根據SAG-2，控制氬氣濃度所必須。

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下 (圖 12)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

89



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) 圍阻體排氣

➤ 方法：

- ◆ 排氣路徑：可參考TSG EAAG表6.5及6.6，評估選擇適當的路徑。
- ◆ 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- ◆ 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節。

圍阻體排氣

■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下 (圖 12)
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

90



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) RPV排氣

- 如果水能從CTMT經由主系統破口處倒灌入RPV，則有必要執行RPV排氣，以移除滯留在RPV內之蒸汽與不可凝結氣體，讓RPV與CTMT的水位平衡。
- 如果CTMT水位低於RPV水位，則RPV排氣並無多大效用，然而此時可能無法得知RPV水位，因此，保守的方法就是當CTMT水位到達RPV底部高度 (9.75 m) 時，即執行RPV排氣。

RPV排氣

■時機：

- 一次圍阻體水位到達9.75 m

■方法：

- MSIV[500.12第1節]
- MSL洩水[500.12第1節]
- RCIC蒸汽管線[500.12第2節]
- RPV頂部排氣[500.12第3節]



RC/F4 (RPV注水>MDRIR) 圍阻體噴灑

➤ SAG-1本身並不提出圍阻體噴灑的需求。

➤ 一般都是因PC/P、CN/T、PC/G、PC/R或輻射強度控制的需要而由SAG-2提出圍阻體噴灑需求。

➤ 啟動時機：

- CTMT壓力>CSIPL (0.13 kg/cm²) 及
- RPV注水>MDRIR

➤ 停止噴灑：

- CTMT壓力降至0.122 ~0 kg/cm²，會產生負壓時。 或
- 噴灑運轉會造成RPV注水量小於MDRIR時。

圍阻體噴灑

■時機：

- SAG-2需要時

■只有在以下情況才可起動：

- 圍阻體壓力高於0.13 kg/cm²
且
- 可以維持RPV注水大於MDRIR (圖 14)

■執行：

- 停止圍阻體噴灑：
 - 圍阻體壓力下降至0.122 kg/cm²與0 kg/cm²之間
 - 在圍阻體噴灑運轉下，無法維持RPV注水大於MDRIR (圖) 14

92





RC/F-5技術背景

- RC/F-5之電廠狀態為：
 - ◆ RPV注水無法回復且維持在MDRIR以上。
 - ◆ CTMT 壓力與水位在PCPL內 (圖11)：
- 爐心熔渣可能會熔穿RPV。
- 維持壓力抑制能力。
- RC/F-5預期是一起始於電廠全黑之嚴重事故的進入點。當起始水位高於BAF時，即使主系統沒有任何破口，衰變熱仍舊會將爐水蒸發而造成水位下降。
- 因此，如果預期在水位降到BAF以下之前無法回復注水，則應進入RC/F-5以保存壓力抑制能力。

93



RC/F5(爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體水位/壓力限制

- 在圍阻體灌水過程中，CTMT水位將會達到且超過SRV尾管水位限制。
- 此時的SRV動作將會導致SRV排放管的損壞，這樣會使一次圍阻體灌水更為複雜。
- 只有在RPV保持洩壓狀態(<DHRP)，SRV不可能在高壓下動作時，才允許蓄意將一次圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

- 在灌水過程中有可能觸動SRV，同時圍阻體灌水對於淹蓋爐心並無效用。此時，抑壓池水位需維持低於SRV尾管水位限制。

94



RC/F5(爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體水位/壓力限制

- RPV相對於圍阻體的壓差被用來當作主系統完整性及SRV可操作性的指示。
- RPV呈現建壓狀態，則主系統應無大破口存在，亦或是SRV並無正常作用。因此，在灌水過程中有可能觸動SRV，同時圍阻體灌水對於淹蓋爐心並無效用。此時，抑壓池水位需維持低於SRV尾管水位限制。

- RPV/CTMT壓力相當：
 - 一次系統大破口 或
 - SRV正常動作洩壓狀態。

不論是那種情況，預期SRV並不會因高壓而作動作，因此允許圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

95



圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 圍阻體壓力無法維持在壓力抑制壓力限值內 (圖11):
 - 執行一次圍阻體排氣以控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內 (圖11)
- 一次圍阻體水位無法維持在7.29 m以下:
 1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
 2. 如果...一次圍阻體水位到達7.29 m 則.....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

RC/F5(爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體水位/壓力限制

- SRV尾管水位限制只稍為高出抑壓池水位LCO少許，因此並沒有必要特別將SRV尾管水位限制訂定為一次圍阻體灌水時的限制之一，而是在SRV可能會動作時 (RPV與圍阻體壓差大於3.59 kg/cm²)，停止由CTMT外水源取水直接注入CTMT。

- 但是由CTMT外水源取水注入RPV的優先次序高於SRV可操作性，因此不需要因而終止由CTMT外水源取水注入RPV。
- 再者，如果RPV相對於CTMT是處於建壓狀態，則主系統並無大破口存在，因此持續的RPV注水預期並不會影響CTMT水位。

96



圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 圍阻體壓力無法維持在壓力抑制壓力限值內 (圖11):
 - 執行一次圍阻體排氣以控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內 (圖11)
- 一次圍阻體水位無法維持在7.29 m以下:
 1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
 2. 如果...一次圍阻體水位到達7.29 m 則.....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 圍阻體壓力無法維持在壓力抑制壓力限值內 (圖11):
 - 執行一次圍阻體排氣以控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內 (圖11)
- 一次圍阻體水位無法維持在7.29 m以下:
 1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
 2. 如果...一次圍阻體水位到達7.29 m 則.....除SBLC注硼外, 停止由一次圍阻體外的水源注入RPV

RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體水位/壓力限制

➤ 由於此時必須保留壓力抑制能力以避免如果RPV失效時導致圍阻體失效，因此抑壓池水位必須維持在壓力抑制壓力限制所允許的最高水位（7.29 m）。

➤ 如果一次圍阻體水位無法維持低於7.29 m，則停止使用一次圍阻體外水源直接注入一次圍阻體以緩和趨近的速率。

➤ 如果一次圍阻體水位真正達到7.29 m，則除了SBLC注硼外，停止使用一次圍阻體外水源注入RPV。

➤ 這樣的策略能在維持壓力抑制能力的前提之下，同時盡可能持續RPV注水。由於可用的注水受限且不足以維持RPV完整，因此維持壓力抑制能力優先於RPV注水。

➤ 由SBLC注硼的動作並未被終止，因為此措施為SAG-2中之功率控制所必須。但是，如果硼酸槽內的硼已注完，而此時的SBLC只是用來當作RPV注水，則SBLC注水需被終止。

97

圍阻體水位/壓力限制



- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 圍阻體壓力無法維持在壓力抑制壓力限值內（圖 11）:
 - 執行一次圍阻體排氣以控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內（圖 11）
- 一次圍阻體水位無法維持在7.29 m以下:
 1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
 2. 如果...一次圍阻體水位到達7.29 m 則...除SBLC注硼外，停止由一次圍阻體外的水源注入RPV



RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體水位/壓力限制

➤ 如果RPV水位無法維持在BAF以上，同時RPV注水量無法維持在MDRIR以上，則爐心熔渣可能會熔穿RPV。

➤ 如果此時壓力抑制能力存在，則預期並不會喪失一次圍阻體完整性。

➤ 因此，必要時必須執行圍阻體排氣以維持圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值之下。

➤ 雖然壓力抑制壓力的主要功能是確保RPV還在建壓狀況下的壓力抑制能力，但是爐心熔渣熔穿RPV而導致的RPV洩壓預期相當於發生設計基準冷卻水流失事故，因此，維持壓力抑制能力可以確保一次圍阻體容納RPV失效時的排放。

98

圍阻體水位/壓力限制



- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 圍阻體壓力無法維持在壓力抑制壓力限值內（圖 11）:
 - 執行一次圍阻體排氣以控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內（圖 11）
- 一次圍阻體水位無法維持在7.29 m以下:
 1. 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
 2. 如果...一次圍阻體水位到達7.29 m 則...除SBLC注硼外，停止由一次圍阻體外的水源注入RPV



RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) RPV/圍阻體灌水

➤ 由於爐心熔渣可能會熔穿RPV，所以必須保留壓力抑制能力。

➤ 因此，維持圍阻體水位低於7.29 m（壓力抑制壓力限制所允許的最高水位）是為優先考量。

➤ 不管所使用的水源，持續以最大注水量進行RPV注水，盡可能提供水流過爐心熔渣。如果RPV注水量可被提升至MDRIR，則灌水策略移轉至RC/F-4。

➤ 如果RPV注水量不被減少，而且圍阻體水位能維持低於7.29 m，則允許使用CTMT外的水源直接注入CTMT。

99

RPV/圍阻體灌水



- ✓ 優先次序:
 1. 維持一次圍阻體水位在7.29 m以下
 2. 以最大注水流量注入RPV
 3. 使用一次圍阻體外的水源注入一次圍阻體
- 方法:
 - 使用群組1及群組2之系統（Detail A）



RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體排氣

理由1：

➤ 有助於RPV注水或一次圍阻體灌水。

● 執行一次圍阻體排氣可藉由降低注水系統的背壓，進而增加灌水速率，因此有助於一次圍阻體灌水。

● 如果降低一次圍阻體壓力能顯著增加RPV注水流率或縮短淹蓋爐心熔渣所需要的時間，則即使並未威脅到一次圍阻體壓力限制，執行圍阻體排氣仍屬適當。

● 但如果排氣只能稍微增加灌水速率，並不會顯著影響淹灌所需時間，則排氣所造成的輻射釋放並不必要。

● 因此，一般來說，若能增加灌水速率達25%以上，則可以考慮執行排氣以幫助灌水。

100

圍阻體排氣



- 時機:
 - 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
 - 控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內（圖 11）
 - SAG-2需要時
- 方法:
 - 參考TSG EAAG表6.5及6.6
 - 依據[500.14第2節]
 - 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]




RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體排氣

理由2：

➤ 控制CTMT壓力低於PCPL。

- 如果CTMT壓力無法控制在PCPL以下，則執行圍阻體排氣以回復並維持CTMT壓力低於限值。

圍阻體排氣



■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內（圖11）
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

101




RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體排氣

理由3：

➤ 根據SAG-2，任何在達到一次圍阻體壓力限制之前時。

- SAG-2允許圍阻體壓力在顯著低於CTMT壓力限制時便執行排氣。在RPV失效前的早期圍阻體排氣，能降低CTMT壓力以增加圍阻體滯留分裂產物的能力，同時減少輻射釋放至環境中。

圍阻體排氣



■時機：

- 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
- 控制圍阻體壓力在壓力抑制壓力限值內（圖11）
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]

102




RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) 圍阻體排氣

➤ 方法：

- ◆ 排氣路徑：可參考TSG EAAG表6.5及6.6，評估選擇適當的路徑。
- ◆ 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- ◆ 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節。

圍阻體排氣



■時機：

- 回復並維持RPV水位在Fuel Zone指示0 cm以上所必須
- 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下（圖12）
- SAG-2需要時

■方法：

- 參考TSG EAAG表6.5及6.6
- 依據[500.14第2節]
- 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]


103



RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP) RPV排氣

- 由於RC/F-5是以維持圍阻體水位低於7.28 m（PSP之最高圍阻體水位）為優先考量，因此，一次圍阻體灌水最多只能灌至7.28 m，而RPV排氣的目的是要移除滯留在RPV內之蒸汽與不可凝結氣體，以使水能從一次圍阻體經由主系統破口處倒灌入RPV，所以此時的RPV排氣對於RPV灌水並無太大幫助，因此不需執行RPV排氣。
- 此外，若RPV排氣的路徑是排放至抑壓池，也可能導致圍阻體壓力超出PSP限值。因此，一旦進入RC/F-5，在之前根據其他SAG-1策略所建立的排氣管路配置必須被隔離，以避免不必要的輻射釋放。

RPV排氣



■時機：

- 不可執行RPV排氣



RC/F5 (爐心熔渣可能熔穿RPV；<PSP)

圍阻體噴灑

➤ SAG-1本身並不提出圍阻體噴灑的需求。

➤ 一般都是因PC/P、CN/T、PC/G、PC/R或輻射強度控制的需要而由SAG-2提出圍阻體噴灑需求。

➤ 啟動時機：

- CTMT壓力 > 0.13 kg/cm²

➤ 停止噴灑：

- CTMT壓力降至 0.122 ~ 0 kg/cm²，會產生負壓時。

➤ RC/F-5不像其他SAG-1策略，此時的噴灑運轉並不受限於RPV注水，換言之，即使RPV注水會因噴灑的運轉而減少，也不需停止噴灑。因為會進入RC/F-5就是指RPV失效可能無法避免，因此以維持一次圍阻體的完整性為優先考量

圍阻體噴灑

- 時機：
 - SAG-2需要時
- 只有在以下情況才可啟動：
 - 圍阻體壓力高於 0.13 kg/cm²
- 執行：
 - 執行噴灑，即使RPV注水會減少
 - 停止圍阻體噴灑：
 - 圍阻體壓力下降至 0.122 kg/cm² 與 0 kg/cm² 之間

105

RC/F-6技術背景

➤ RC/F-6之電廠狀態為RPV注水無法回復且維持在MDRIR以上，圍阻體壓力與水位在壓力抑制壓力限值外(圖11)。

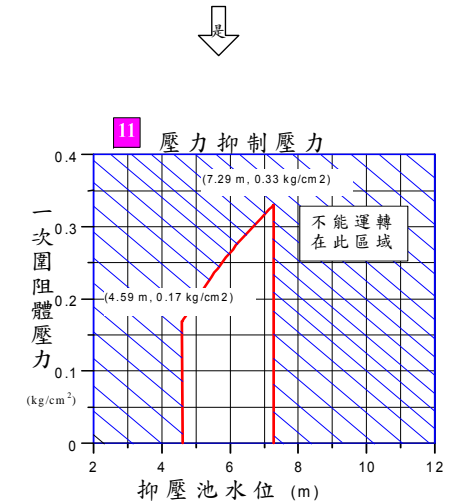
➤ 爐心熔渣可能會熔穿RPV。

➤ 喪失壓力抑制，圍阻體可能會失效。

➤ 如果RPV水位無法維持在BAF以上，同時RPV注水量無法維持在MDRIR以上，則爐心熔渣可能會熔穿RPV。

➤ 再者，如果此時已超過壓力抑制壓力限值，則在RPV失效時可能無法確保一次圍阻體完整性。

在壓力抑制壓力限值之外(圖11)?



106

RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP)

圍阻體水位/壓力限制

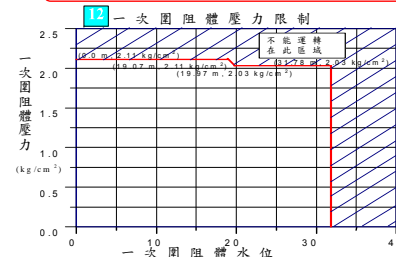
➤ 在圍阻體灌水過程中，CTMT水位將會達到且超過SRV尾管水位限制。

➤ 此時的SRV動作將會導致SRV排放管的損壞，這樣會使一次圍阻體灌水更為複雜。

➤ 只有在RPV保持洩壓狀態，SRV不可能在高壓下動作時，才允許蓄意將一次圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力 3.59 kg/cm²：
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 正趨近或超過一次圍阻體壓力限制(圖12)：
 1. 執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制(圖12)
 2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)，則...停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體



107

RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP)

圍阻體水位/壓力限制

➤ RPV相對於圍阻體的壓差被用來當作主系統完整性及SRV可操作性的指示。

➤ RPV呈現建壓狀態，則主系統應無大破口存在，亦或是SRV並無正常作用。因此，在灌水過程中有可能觸動SRV，同時圍阻體灌水對於淹蓋爐心並無效用。此時，抑壓池水位需維持低於SRV尾管水位限制。

➤ RPV/CTMT壓力相當：

- 一次系統大破口 或
- SRV正常動作洩壓狀態。

不論是那種情況，預期SRV並不會因高壓而作動作，因此允許圍阻體灌水超過SRV尾管水位限制。

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力 3.59 kg/cm²：
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 正趨近或超過一次圍阻體壓力限制(圖12)：
 1. 執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制(圖12)
 2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下(圖12)，則...停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體

108

RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP)

圍阻體水位/壓力限制

- SRV尾管水位限制只稍為高出抑壓池水位LCO少許，因此並沒有必要特別將SRV尾管水位限制訂定為一次圍阻體灌水時的限制之一，而是在SRV可能會動作時（RPV與圍阻體壓差大於3.59 kg/cm²），停止由一次圍阻體外水源取水直接注入一次圍阻體。

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 正趨近或超過一次圍阻體壓力限制（圖 12）:
 1. 執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制（圖 12）
 2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下（圖 12）則....停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體



- 但是由CTMT外水源取水注入RPV的優先次序高於SRV可操作性，因此不需要因而終止由CTMT外水源取水注入RPV。
- 再者，如果RPV相對於CTMT是處於建壓狀態，則主系統並無大破口存在，因此持續的RPV注水預期並不會影響CTMT水位。

109



RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP)

圍阻體水位/壓力限制

- 如果一次圍阻體壓力趨近一次圍阻體壓力限制，則先執行圍阻體排氣以維持壓力低於一次圍阻體壓力限制。

圍阻體水位/壓力限制

- RPV壓力高過圍阻體壓力3.59 kg/cm²:
 - 停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體
- 正趨近或超過一次圍阻體壓力限制（圖 12）:
 1. 執行一次圍阻體排氣以維持圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制（圖 12）
 2. 如果...無法維持在一次圍阻體壓力限制以下（圖 12）則....停止由一次圍阻體外的水源直接注入一次圍阻體



- 如果一次圍阻體壓力仍然無法維持在一次圍阻體壓力限制以下，或一次圍阻體水位趨近一次圍阻體壓力限制最高水位時，則停止使用一次圍阻體外水源直接注入一次圍阻體，但仍然持續由一次圍阻體外水源注入RPV（包括SBLC注水），以延後或防止RPV破裂。

110



RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP)

RPV/圍阻體灌水

- 如果RPV水位無法維持在BAF以上，同時RPV注水量無法維持在MDRIR以上，則爐心熔渣可能會熔穿RPV。

RPV/圍阻體灌水

- ✓優先次序:
 1. 以最大注水流量注入RPV
 2. 使用一次圍阻體外的水源，以最大注水流量注入一次圍阻體
- 方法:
 - 使用群組1及群組2之系統（Detail A）



- 再者，如果此時已超過壓力抑制壓力限值，則在RPV失效時可能無法確保一次圍阻體完整性。
- 不管所使用的水源，以最大注水量注入RPV，盡可能提供水流過爐心熔渣以延後RPV破裂。如果RPV注水量不被減少，才允許使用一次圍阻體外的水源直接注入圍阻體。

111



RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP)

圍阻體排氣

理由1：

- 有助於RPV注水或一次圍阻體灌水。

圍阻體排氣

- 時機:
 - 有助於一次圍阻體灌水或RPV注水
 - 回復並維持圍阻體壓力在一次圍阻體壓力限制以下（圖 12）
 - SAG-2需要時
- 方法:
 - 參考TSG EAAG表6.5及6.6
 - 依據[500.14第2節]
 - 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]



- 執行一次圍阻體排氣可藉由降低注水系統的背壓，進而增加灌水速率，因此有助於一次圍阻體灌水。
- 如果降低一次圍阻體壓力能顯著增加RPV注水流率或縮短淹蓋爐心熔渣所需要的時間，則即使並未威脅到一次圍阻體壓力限制，執行圍阻體排氣仍屬適當。
- 但如果排氣只能稍微增加灌水速率，並不會顯著影響淹灌所需時間，則排氣所造成的輻射釋放並不必要。
- 因此，一般來說，若能增加灌水速率達25%以上，則可以考慮執行排氣以幫助灌水。

112

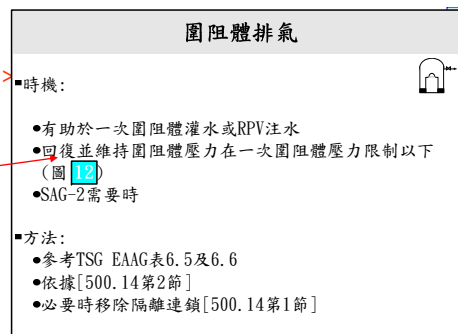


RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>一次圍阻體排氣

理由2：

➤ 控制一次圍阻體壓力低於壓力抑制壓力限值

- 如果一次圍阻體壓力無法控制在壓力抑制壓力限值以下，則執行圍阻體排氣以回復並維持壓力低於限值。



113

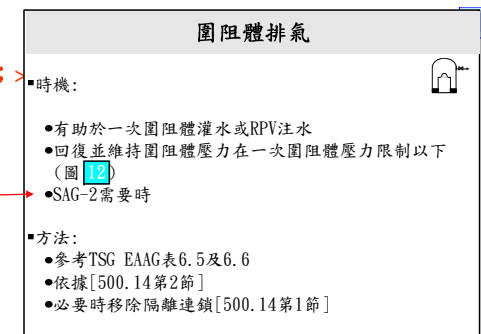


RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>一次圍阻體排氣

理由3：

➤ 根據SAG-2，任何在達到一次圍阻體壓力限制之前時。

- SAG-2允許圍阻體壓力在顯著低於一次圍阻體壓力限制時便執行排氣。在RPV失效前的早期圍阻體排氣，能降低圍阻體壓力以增加圍阻體滯留分裂產物的能力，同時減少輻射釋放至環境中。



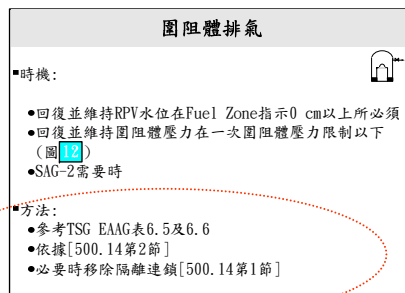
114



RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP) 圍阻體排氣

➤ 方法：

- ◆ 排氣路徑：可參考TSG EAAG表6.5及6.6，評估選擇適當的路徑。
- ◆ 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- ◆ 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節。

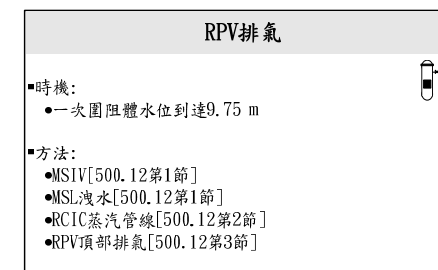


115



RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP) RPV排氣

- 如果水能從一次圍阻體經由主系統破口處倒灌入RPV，則有必要執行RPV排氣以移除滯留在RPV內之蒸汽與不可凝結氣體，讓RPV與圍阻體的水位平衡。
- 如果圍阻體水位低於RPV水位，則RPV排氣並無多大效用，然而此時可能無法得知RPV水位，因此，保守的方法就是當圍阻體水位到達RPV底部高度 (9.75 m) 時，即執行RPV排氣。



116



RC/F6 (爐心熔渣可能熔穿RPV；>PSP) 圍阻體噴灑

➤ SAG-1本身並不提出圍阻體噴灑的需求。

➤ 一般都是因PC/P、CN/T、PC/G、PC/R或輻射強度控制的需要而由SAG-2提出圍阻體噴灑需求。

➤ 啟動時機：

● CTMT壓力 $>0.13 \text{ kg/cm}^2$ 及

● 下述任一：

◆ RPV注水不變 或

◆ RPV/CTMT之壓差 $> 3.59 \text{ Kg/cm}^2$ 或

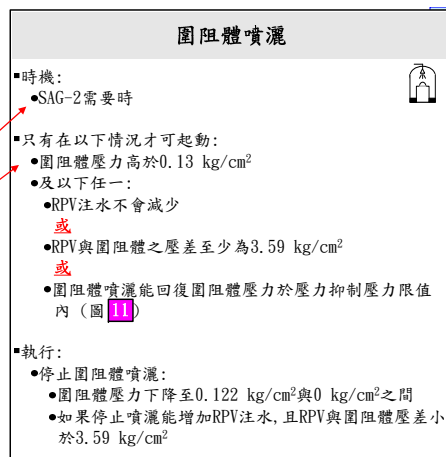
(RPV高壓失效降低CTMT 溫度/壓力承受HPME效應)

◆ 能恢復CTMT 壓力在PSP限值內。

➤ 停止噴灑：

● CTMT壓力降至 $0.122 \sim 0 \text{ kg/cm}^2$ ，會產生負壓時。 或

● 如果RPV與圍阻體壓差已小於 5.48 kg/cm^2 ，若因噴灑的停止可以增加RPV注水量，則應停止圍阻體噴灑以增加RPV注水量。



RC/F6圍阻體噴灑條件說明 (1)RPV注水不被減少

➤ RC/F6 RPV失效已無法避免，但儘可能以最大注水量持續注入RPV可以延後失效的時間，以爭取時間修復系統。

➤ 因此，在無迫切需求下（如以下(2)或(3)的條件成立），圍阻體噴灑的起動仍以不影響RPV注水為原則。

118



RC/F6圍阻體噴灑條件說明 (2)RPV與圍阻體壓差至少為 3.59 kg/cm^2

➤ 此壓差顯示RPV為高壓狀態，亦即SRV及其他RPV壓力控制系統無法成功執行RPV洩壓，而此時RPV失效已無可必免，且RPV為高壓失效，將導致高壓熔融物噴出（HPME）。

➤ 因此，不顧RPV注水量，起動圍阻體噴灑以降低圍阻體壓力，藉此增加圍阻體壓力及溫度的裕度，以降低HPME的效應。

119



RC/F6圍阻體噴灑條件說明 (3)、噴灑能回復壓力抑制能力

➤ 若圍阻體噴灑的作用能使圍阻體壓力及水位回復至壓力抑制壓力限值內，則不顧RPV注水量，起動圍阻體噴灑以使電廠狀態移轉至RC/F-5。

120



灌水系統



爐心側板外注水系統

爐心側板內注水系統

Detail A	灌水系統
<p>■群組1:</p> <ul style="list-style-type: none"> ●冷凝水/飼水 ●CRD ●RCIC <ul style="list-style-type: none"> ➢必要時移除RPV低壓力隔離及抑壓池高水位取水切換連鎖[500.13第3,4節] ●RHR [324.5] <ul style="list-style-type: none"> ➢從停機冷卻回水管注水 ➢儘早流經熱交換器 	
<p>■群組2:</p> <ul style="list-style-type: none"> ●LPCI [324.1] <ul style="list-style-type: none"> ➢儘早流經熱交換器 ●HPCS <ul style="list-style-type: none"> ➢必要時移除抑壓池高水位取水切換連鎖[500.13第6節] ●LPCS <ul style="list-style-type: none"> ●爐頂噴灑[324.5] ●消防水系統經RHR B [500.10第1節] ●ECCS充水泵[500.10第2節] ●SBLC自測試槽取水[500.10第3節] ●CST傳送系統經FW,RHR,LPCS,HPCS沖水管路[500.10第5節] ●連接另一機組CST傳送系統[500.10第6節] 	



單元四 嚴重事故處理 技術支援指引(TSG)簡介

122



TSG概述

- 技術支援指引(Technical Support Guideline)
- 為參考國外BWR業主組織提交予NRC之「嚴重核子事故處理指引綱要文件」中，所發表之內容與觀念為基礎編寫而成。
- 作為支援SAG之文件。
- TSG使用對象：
 - ◆ 技術支援中心 (Technical Support Center, TSC) 的事故處理小組(Accident Management Team, AMT) 成員所使用。

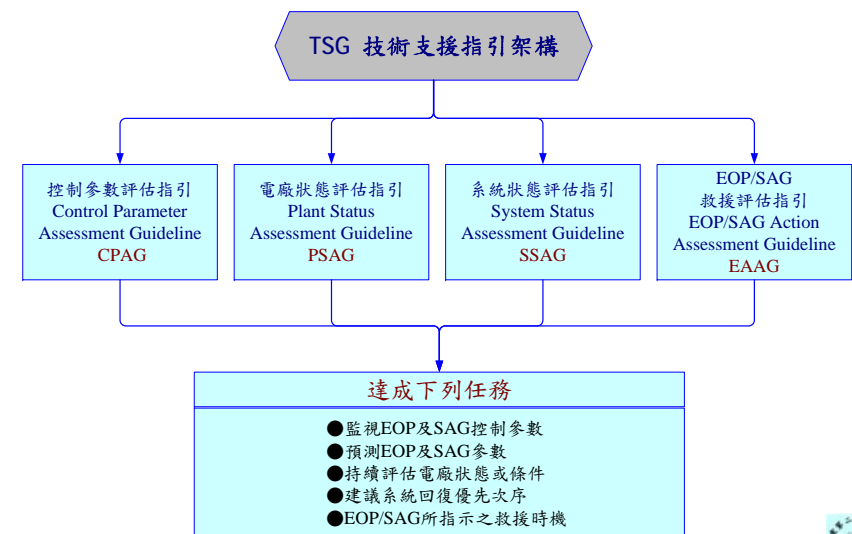
以使事故處理策略最佳化

TSG Ch.1

123



四、TSG架構及任務



124



控制參數評估指引

CPAG (Control Parameter Assessment Guideline)

- 用以評估儀器之可操作性及可靠性。
- 以決定EOP/SAG控制參數（徵狀）值及發展每一參數之最可能值。

➤ CPAG內容

- ◆ 確認所追蹤之參數。
- ◆ 確認獲得各參數之儀器。
- ◆ 確認儀器之可使用範圍(包括儀器讀數範圍與環境限制EQ之條件)

提供[控制參數值]給
TSC以支援決策
之制定。

125



電廠狀態評估指引

PSAG (Plant Status Assessment Guideline)

➤ 目的：

- ◆ 用以預測EOP/SAG控制參數值。
- ◆ 以說明相對於某特定狀況之電廠目前狀況。
- ◆ 以及在適當情況下準備替代EOP限制曲線。

➤ PSAG內容

- ◆ 發展關鍵資訊之趨勢（必要時補充SPDS）

- ◆ 確認限制或救援措施點

- ◆ 確認：

- RPV破裂 - MDRIR
- RPV水位 - SAG項目進入條件
- 爐心損壞
- 反應器停機
 - 在爐心損壞之前
 - 在爐心損壞及控制棒適當插入之後

電廠狀態對於確認運
轉員執行相關救援
措施時相當重要

126



系統狀態評估指引

SSAG (System Status Assessment Guideline)

➤ 目的：

- ◆ 用以評估可能用於執行EOP/SAG中指定功能之電廠系統之可操作性及可靠性。

➤ SSAG內容

- ◆ 監視系統可用性
- ◆ 評估回復時間
- ◆ 提供回復之優先順序

系統狀態為決策
輸入之一

127



EOP/SAG救援評估指引

EAAG (EOP/SAG Action Assessment Guideline)

➤ 目的：

- ◆ 用以決定系統回復之優先順序。
- ◆ 確認EOP/SAG所指示之救援措施執行時間。

➤ EAAG需評估之救援措施

- 圍阻體排氣 ● 圍阻體噴灑(啟動/停止)
- RPV排氣 ● 圍阻體灌水
- 啟動可行的(打開門)替代房間冷卻
 - LPCS - HPCS
 - RCIC - Switchgear Rooms
- 反應度控制救援措施

在EOP/SAG中重要救
援措施之執行時間，可
由TSC協助評估：優、
缺點執行之最佳時機。

128

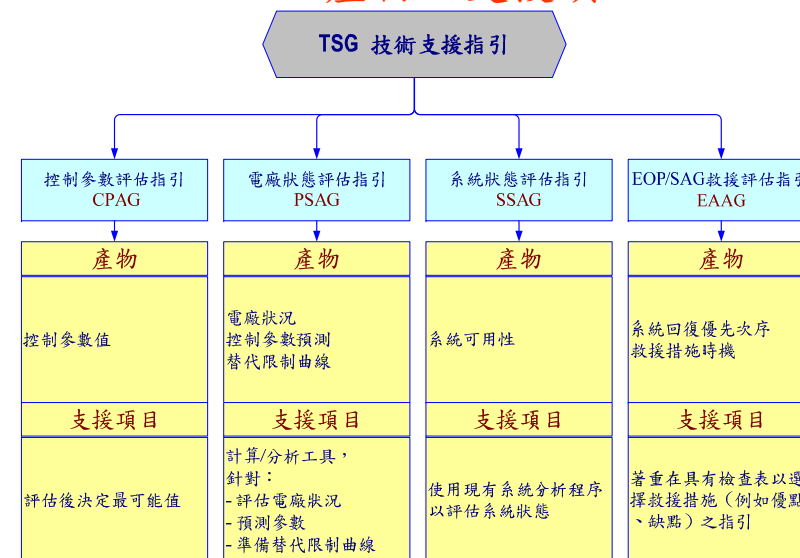


表2-1 事故處理小組(AMT)之責任

AMT職稱	責任	
	主要	後備
決策者 運轉監督員	<ul style="list-style-type: none"> 督導TSC AMT 決策制定 遵循SAGs 預測救援措施 	無
反應器工程師	<u>PSAG</u> <ul style="list-style-type: none"> 確認反應器已停機 確認燃料損壞 預估釋放率 	<u>EAAG</u> <ul style="list-style-type: none"> 支援運轉聯絡員所負責之最佳化EOP/SAG救援措施時機的工作
安全分析工程師	<u>SSAG</u> <ul style="list-style-type: none"> 系統狀態評估 	<u>PSAG</u> <ul style="list-style-type: none"> 預測控制參數趨勢 RPV流量評估
運轉連絡員	<u>EAAG</u> <ul style="list-style-type: none"> 確認移轉至SAGs 評估圍阻體灌水之影響 最佳化EOP/SAG救援措施時機 <ul style="list-style-type: none"> - 圍阻體噴灑 - 啟動注冊 系統回復優先次序 	<ul style="list-style-type: none"> 決定適當SAG分項 排氣 替代房間冷卻
SPDS運轉員	<u>CPAG</u> <ul style="list-style-type: none"> 控制參數評估 發展趨勢 	<u>PSAG</u> <ul style="list-style-type: none"> 儀器評估 預測

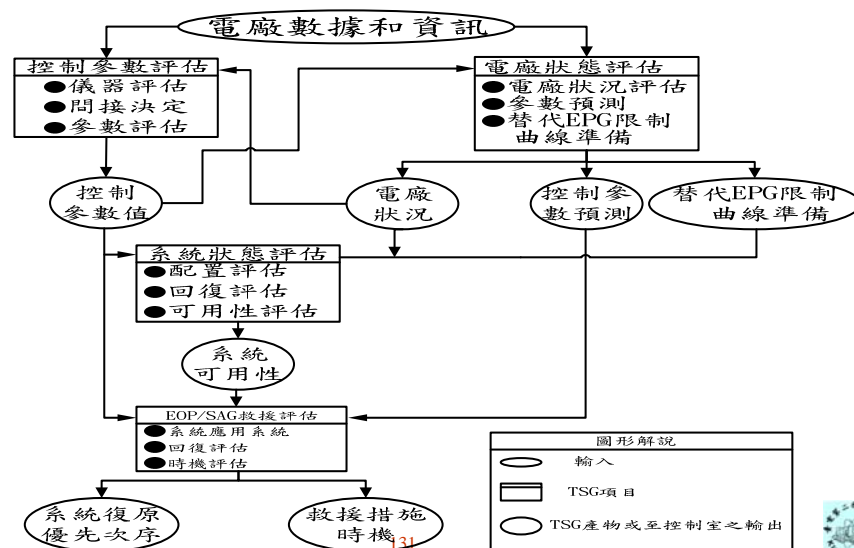
129

TSGs之產物及支援項目



130

圖2.2 ERO中TSG之過程
電廠狀況評估



131

TSC (Technical Support Center)

► 技術支援中心：嚴重核子事故之指導單位，負責救援行動之規劃。

◆ 緊急控制大隊：

- 事故之綜合研判與宣佈。
- 廠內緊急應變行動之指揮。
- 電廠危機管理與防護決策。
- 復原行動之指揮。

◆ 緊急控制技術小組：

- 緊急狀況之分析與評估。
- 提供緊急應變建議與作法。
- 得在大隊長授權下，執行緊急行動之指揮與協調。
- 指定專人與緊執會或正常運轉之電廠等廠外支援組織連絡或協調提供人力支援。
- 提供廠外支援組織所需之放射性物質外釋率（或量）及氣象資料。
- 提供EPIC事故狀況資料。

程序書1401

132

AMT(Accident Management Team)

➤嚴重事故處理小組

- ◆為技術支援中心(TSC)針對「嚴重核子事故」時所組成之功能小組。
- ◆主要參考TSG所建立之分組作業手冊，並負責研判遵循SAG分項策略，以協助TSC提供事故狀態的診斷與並建議適當因應策略。(程序書1450)

分組	小組長	運轉聯絡組	安全分析評估組	反應器工程技術評估組	SPDS運轉員
A組	運轉經理(兼任)	日班值主任	品質經理(兼任)	核技經理(兼任)	AMT小組長 指派持照人員
B組	訓中專任講師	運轉課長	安評課長	核工課長	
主要工作	<ul style="list-style-type: none"> ●建議成立AMT ●督導AMT ●遵循SAGs ●決策制訂 ●預測救援措施 	<ul style="list-style-type: none"> ●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 	<ul style="list-style-type: none"> ●控制參數趨勢 ●RPV流量評估 ●系統狀態評估 	<ul style="list-style-type: none"> ●確認反應爐停機 ●確認RPV破裂 ●確認燃料損壞 ●請TSC/緊執會協助提供下列資訊： <ul style="list-style-type: none"> ➢圍阻體大氣樣本 ➢預估釋放率 	<ul style="list-style-type: none"> ●控制參數評估 ●儀器評估 ●參數發展趨勢追蹤

133

程序書1407



單元五 廠嚴重事故處理 AMT小組作業簡介



134



AMT成員任務

程序書1407

分組	小組長	運轉聯絡組(運轉組)	安全分析評估組(安評組)	反應器工程技術評估組(反應器組)
A組	運轉經理(兼任)	機動班值主任	品質經理(兼任)	核技經理(兼任)
B組	訓中專任講師	運轉課長	安評課長	核工課長
主要工作	<ul style="list-style-type: none"> △建議成立AMT △督導AMT △遵循SAGs △決策制訂 △預測救援措施 	<u>EAAG</u> <ul style="list-style-type: none"> △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 	<u>SSAG & PSAG</u> <ul style="list-style-type: none"> △控制參數趨勢 △RPV流量評估 △系統狀態評估 	<u>PSAG</u> <ul style="list-style-type: none"> △確認反應爐停機 △確認RPV破裂 △確認燃料損壞 △請TSC/緊執會協助提供下列資訊 <ul style="list-style-type: none"> --圍阻體大氣樣本 --預估釋放率

SPDS運轉員：由AMT小組長指派運轉有照人員擔任。

控制參數評估、儀器評估、參數發展趨勢追蹤(CPAG)。



AMT 作業程序 (程序書1450)

各分組TSG執行評估與建議：

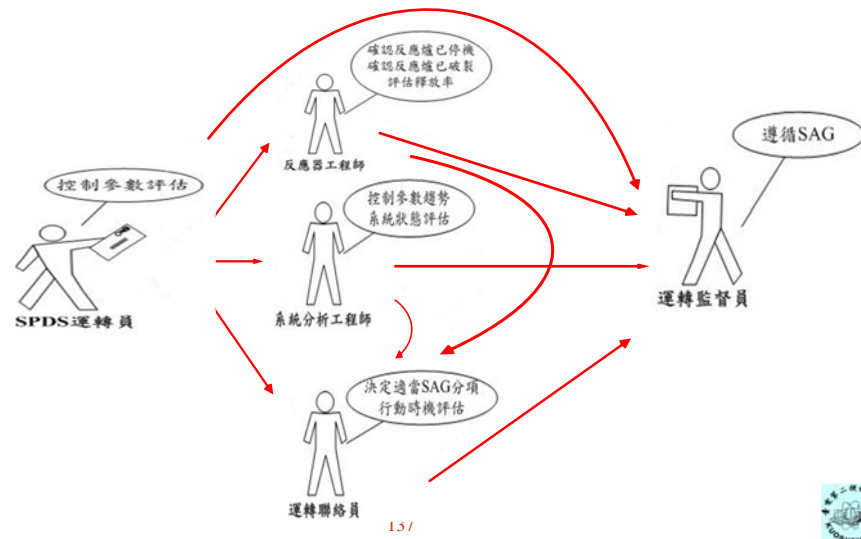
- 運轉組-----運轉聯絡員手冊(EAAG)
- 安評組--系統分析工程師手冊(SSAG&PSAG)
- 反應器組--反應器工程師手冊(PSAG)
- SPDS運轉員----SPDS運轉員手冊(CPAG)

- ◆ 各手冊---程序書1450 附件 (摘自TSG各Guideline)
- ◆ 1450附件一：核二廠嚴重事故處理指引
- ◆ 參考資料：核二廠嚴重事故處理指引技術背景

136



AMT小組運作模式



137

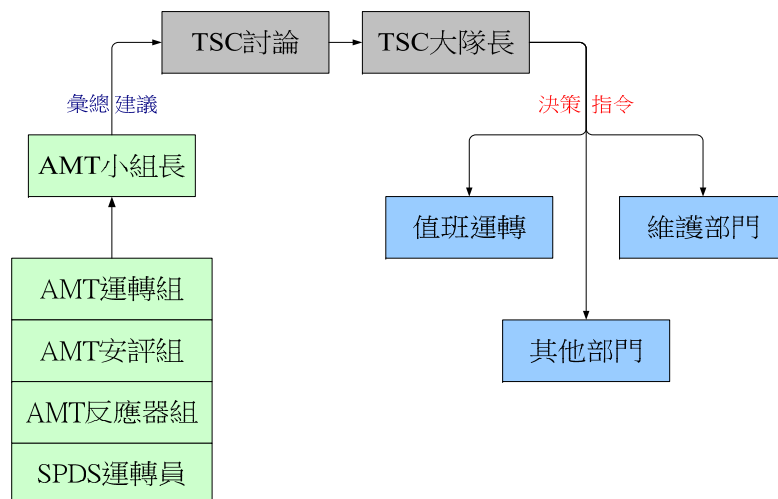
AMT 小組成立時機：

➤ 電廠依據EOP處理機組異常狀況，當無法建立適當爐心冷卻，預期可能進行圍阻體灌水時（預期達到進入SAG條件），AMT小組長（運轉課長）應報告緊急控制大隊長裁定成立AMT待命。

◆ 電廠AMT成員於緊急戒備事故時，各分組均有成員已隨TSC動員，並隨時掌握機組狀況。

138

決策與行動



139

AMT 作業地點：

➤ AMT為TSC之功能分組，本廠AMT成員亦多為TSC必要成員，因此作業地點應與TSC一致。

➤ 如另有其他考量，原則上也必須能與TSC保持密切聯繫及互動。

140

單元六 EOP/SAG流程圖注意事項說明

141

EOP注意事項

注意

- ① 在事故情況下可能會造成 RPV 水位儀器不可靠。
(參考本圖左下方詳細說明資料)
- ③ RCIC、HPCS、LPCS或 RHR泵自抑壓池取水，且泵流量超過NPSH或Vortex Limit 下運轉，可能造成設備的損壞。
- ④ 圍阻體壓力上升可能會造成RCIC因排氣高壓力而跳脫。
- ⑤ RCIC 汽機渦輪在進口溫度大於107°C (RCIC潤滑油最大允許冷卻水溫度) 以上運轉，可能造成設備的損壞。
- ⑥ 快速增加注水進入RPV可能造成甚大的功率竄升及爐心損壞。
- ⑦ 降低一次圍阻體壓力會減少由抑壓池取水之泵的可用NPSH。

142

- 只有下述條件符合之RPV水位儀才可用來決定RPV水位：
1. 水位儀管路附近空間溫度低於RPV飽和溫度(圖 15)。
 2. 水位儀讀數高於相對於最大乾井感測管溫度之最低指示水位。

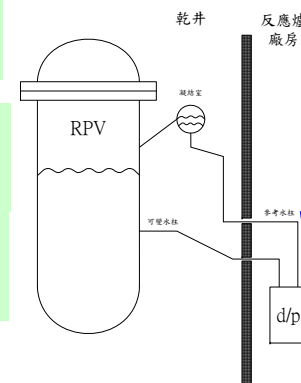
最大乾井感測管溫度區間(°C)			
水位儀器名稱	低值	高值	最低指示水位(cm)
窄範圍 (0 ~ 150 cm)	121°C	232°C	0 cm
	232°C	288°C	3.8 cm
			6.5 cm
寬範圍 (-380~150 cm)	177°C	288°C	-380 cm
			-380 cm
燃料區範圍 (Fuel Zone) (-380~130 cm)	66°C	177°C	-380 cm
	177°C	232°C	-380 cm
	232°C	288°C	-380 cm
異常追蹤範圍 (0 ~ 460 cm)	66°C	121°C	7.6 cm
	121°C	177°C	43.3 cm
	177°C	232°C	91.7 cm
	232°C	288°C	154.1 cm
			241.9 cm
停機灌水範圍 (0 ~ 1000 cm)	66°C	121°C	42.4 cm
	121°C	177°C	69.9 cm
	177°C	232°C	107.1 cm
	232°C	288°C	155.1 cm
			222.6 cm

在此提醒各位的是，注意#1不只是單純的指出與水位儀與校正情況下，水位儀會產生不準度，更進一步的是，本注意指出水位指示值及其趨勢在某些情況下不可採信

沸水式反應爐水位儀系統，是以爐內降流區的液相水量取參考水柱及可變水柱間差壓方式，測得反應爐水位。

當反應爐水位降低，可變水柱的水高度降低，此時參考水柱與可變水柱差壓增加，顯示出的反應爐水位隨著降低。

相反地，當反應爐水位增加，可變水柱的水高度增加，差壓減小，顯示出的水位亦隨著增加。



參考水柱內充滿著自其上的冷凝器冷卻下來的冷凝水，多餘的冷凝水則流回反應爐。參考水柱內的高度或水密度變化，將會影響反應爐水位的變化。

如果真正反應爐水位維持某一可讀的定數，參考水柱之水頭降低(高度或密度)，差壓降低，將導致顯示爐水位增加。

在某些極端情況下，即使是反應爐真正水位已降到可變水柱取樣點以下，且持續下降中，但是如果乾井持續升高溫度將把參考水柱密度降低，使得水位儀會誤顯示出高水位且逐漸升高。

****MIL與MRT皆是建立RPV水位儀器可被用來量測RPV水位的必要條件**

144

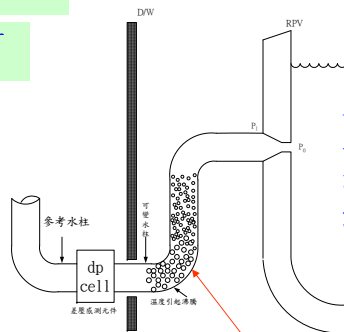
反應爐水位儀器內之沸騰

水位儀內的水要靠其周圍的大氣與反應爐的壓力之冷卻作業，來維持為液態狀況。

如果水位儀內的水溫度超出反應爐壓力相對的飽和溫度，水位儀內的水將沸騰。

參考水柱的水平及垂直處與可變水柱的沸騰都是一種顧慮

參考水柱水沸騰，會降低水柱高度，降低差壓，導致為錯誤的高水位指示



未沸騰：
無流量及 $P_1 = P_0$
沸騰：
流量及 $P_1 > P_0$

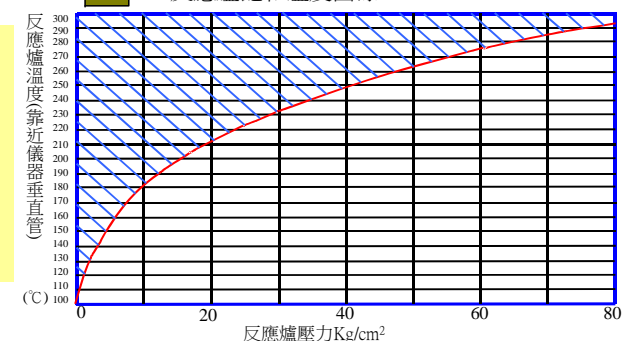
可變水柱水沸騰，將使其連接差壓計端的壓力增加(如圖，相對的使感測差壓降低，導致為錯誤的高水位指示。

145



反應爐飽和溫度趨勢線

15 反應爐飽和溫度曲線



反應爐水飽和溫度曲線的縱軸(溫度)不只是乾井溫度，且要考量到與水位儀參考水柱與可變水柱相對位置之水位儀周遭溫度偵測器指示。

反應爐壓力由大氣壓力(0 psig)到釋壓閥最低開啟壓力設定值為止，作為爐水飽和溫度之範圍。

146



3 RCIC、HPCS、LPCS或RHR泵自抑壓池取水，且泵流量超過NPSH或Vortex Limit下運轉，可能造成設備的損壞。

- 本注意所列系統泵淨正水頭限值係定義為當自抑壓池取水，可以維持適當淨正吸水頭之最大抑壓池水溫，這個溫度會隨水泵流量及抑壓池壓力(空氣壓力加上抑壓池取水濾網以上的靜水頭)而變化。
- 超出此限值會導致孔蝕現象，而損壞泵葉片造成系統不可用。
- 一旦進入SAG後，便允許超過泵的NPSH及渦流限制，所以本注意僅用於EOP中。

147



4 CTMT 壓力上升可能會造成 RCIC 因排汽高壓力而跳脫。

- 使用RCIC注水時，提醒運轉員RCIC汽機在高排汽壓力時會自動跳脫，以保護軸封及管路的完整性。
- 當RCIC汽機排汽口處的水頭高於正常時，即使抑壓池在低壓力也可能達到跳脫設定點；此外，介於汽機排汽壓力感應器與排放設備間的壓力差也隨著排汽流速而變動，因此也可能造成RCIC汽機在抑壓池壓力仍低於排汽壓力跳脫設定點時自動跳脫。
- 由於會觸動RCIC因高排氣壓力而跳脫的正確抑壓池壓力無法事先界定，因此“注意4”只一般性陳述“圍阻體壓力上升可能會造成爐心隔離冷卻(RCIC)因排氣高壓力而跳脫”。

148





5 RCIC 汽機渦輪在進口溫度大於107°C (RCIC潤滑油最大允許冷卻水溫度)以上運轉，可能造成設備的損壞。

- 本注意是提醒運轉員RCIC汽渦輪機潤滑油係由泵出口冷卻水冷卻，。
- RCIC汽機渦輪若持續在高溫度下運轉，可能造成設備的損壞。
- 可承受的最高溫度依各廠而定。

149



6 快速增加注水進入RPV可能造成甚大的功率竄升及爐心損壞

- 當反應爐之停機餘裕甚小或甚至無停機餘裕情況下，依指示要作RPV注水。
- 本注意6提醒運轉員急速地注入冷且未含硼酸的冷卻水至爐心時，會因加入大量的正反應度而產生大量功率變動，可能會造成爐心損壞。

8 RPV快速降壓至低於31.6 kg/cm²可能造於受熱式參考水柱水位儀管路引起沸騰。(EPG/SAG REV.3新增)

9 抽取二次圍阻體地面洩水集水池，可能增加地面洩水管路區域輻射強度。(EPG/SAG REV.3新增)

150



7 降低一次圍阻體壓力會減少由抑壓池取水之泵的可用NPSH

- 本注意用於PC/P中提醒運轉員在執行一次圍阻體壓力控制時，降低一次圍阻體壓力會減少由抑壓池取水之泵的可用NPSH。
- 泵的可用NPSH是淨水頭與空間氣壓的總和，若泵在不足夠之NPSH下運轉，會導致孔蝕現象，而損壞泵葉片造成系統不可用。
- 因此，當執行圍阻體噴灑或圍阻體排氣等的圍阻體降壓動作時，將會降低一次圍阻體壓力，亦就是降低空間氣壓，進而減少由抑壓池取水之泵的可用NPSH。

151



單元七 EOP/SAG限制曲線及設定點



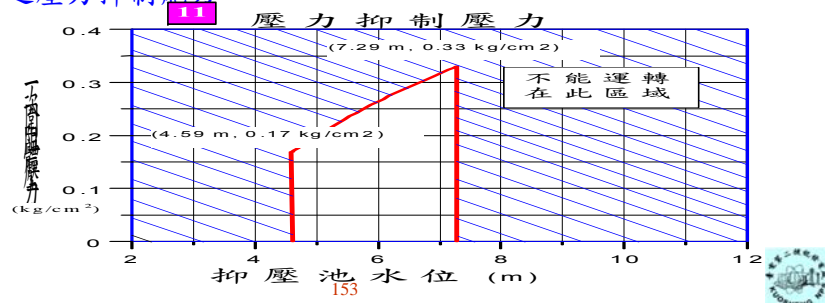
152



壓力抑制壓力

(Pressure Suppression Pressure ; PSP)

- 為一次圍阻體水位的函數。
- 於EPGs中，它用以在RPV受壓狀態下，確保RPV緊急降壓過程中，一次圍阻體的壓力抑制能力可被維持。
- 於進入SAGs後，它用以在RPV預期會被爐心熔渣熔穿時，確保爐心熔渣於低壓外釋的情況下，仍可維持一次圍阻體之壓力抑制能力。



反應爐飽和溫度

(RPV Saturation Temperature)

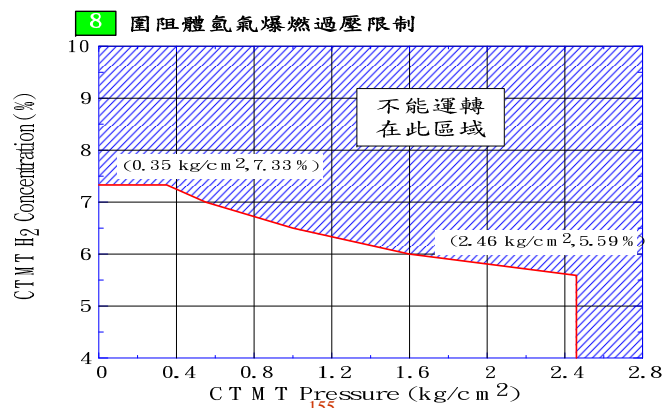
- 反應爐飽和溫度，可以與壓力成函數關係的飽和水溫圖示之。
- 若反應爐水位儀器管路的水溫超過此溫度，水可能開始沸騰，導致水位指示不可靠。
- 由於大多數的BWR電廠，未裝置直接監視儀器管路溫度的感測器，為表示儀器管路鄰近的溫度，可由所繪0 psig至最低SRV動作設定點之反應爐飽和溫度圖得知。
- 在所有儀器管路-(垂直和水平、參考水柱和可變水柱，乾井和反應器廠房)的沸騰，是讓人擔憂的問題。
- 差壓傳送器參考水柱側的沸騰，會造成指示水位增加。
- 傳送器可變水柱側的沸騰，同樣造成指示水位增加。
- 連續的沸騰，則會產生一水位增加的趨勢

154

氫氣爆燃過壓限制

(Hydrogen Deflagration Overpressure Limit ; HDOL)

- 圍阻體內發生氫氣燃爆時之不會造成圍阻體結構物受損之最高氫氣濃度限值。



圍阻體噴灑啟用壓力限制

(Containment Spray Initiation Pressure Limit ; CSIPL)

- 啟用圍阻體噴灑不會因蒸發冷卻造成圍阻體降至之大氣壓力下之最低圍阻體壓力。
- 0.13Kg/cm²。

156

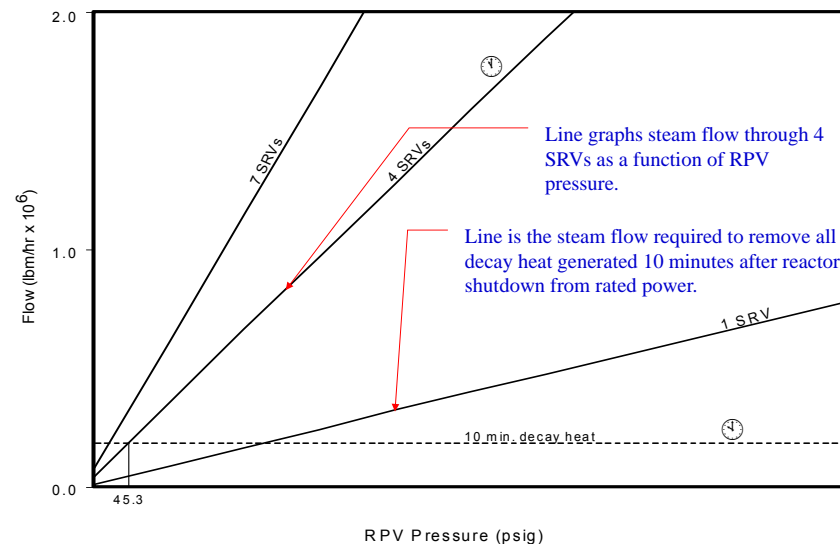
衰變熱移除壓力 (Decay Heat Removal Pressure ; DHRP)

- DHRP用以定義RPV的降壓情況，由一次系統中質量與能量的平衡關係來決定。
- 當蒸汽流過足以移除爐心內所有衰變熱的MNSRED (Minimum Number of SRVs Required) 個SRV時，介於RPV與一次圍阻體間的最低壓差。
- (3.59Kg/cm²)

157



Decay Heat Removal Pressure

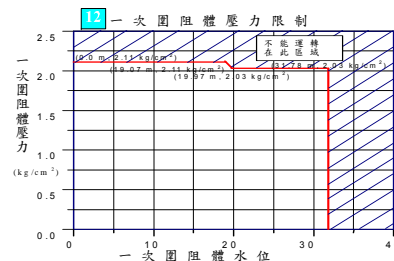


158



一次圍阻體壓力限制 (Primary Containment Pressure Limits ; PCPL)

- 一次圍阻體壓力限制曲線 (Primary Containment Pressure Limit, PCPL)為一次圍阻體水位與其組件溫度的函數。它被用以防止圍阻體在高壓下失效或爐心因無法排氣而損壞。
- 計算中考量一次圍阻體組件的受壓能力與RPV排氣閥、SRV、圍阻體排氣閥等設備的可操控性，評估上列因素失效時對一次圍阻體完整性的影響。



159



最大壓力抑制一次圍阻體水位

(Maximum Pressure Suppression Primary Containment Water Level ; MPSPCWL)

- 為最高之一次圍阻體水位，在此限制高度下，於爐心熔渣造成RPV破裂後，一次圍阻體仍具有足夠的壓力抑制能力來維持其完整性。
- 就Mark-III圍阻體而言，MPSPCWL為相對應於堰牆頂端上方3英吋高度的一次圍阻體水位。

項目	EPGs/SAGs Rev.2	目前EOP
最大壓力抑制一次圍阻體水位 Maximum Pressure Suppression Primary Containment Water Level (MPSPCWL) (m)	7.29	11.

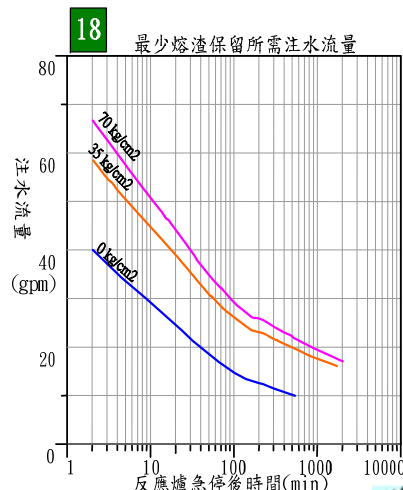
160



最少熔渣保留注水流量

(Minimum Debris Retention Injection Rate ; MDRIR)

- 最小熔渣保留注水流量 (Minimum Debris Retention Injection Rate, MDRIR) 為當 RPV 水位無法被判定高於有效燃料底端，且預期爐心熔渣將會存留在 RPV 內時，所需的最低注水速率。
- 它用以確保 RPV 的注水足以移除爐心熔渣的衰變熱。
- 圖中考量 RPV 注水時之壓力為 0.0、500、1000 psig 的狀況，對 RPV 壓力在嚴重事故中不屬於上述壓力時，可使用內插法計算得到。



161

最小熔渣淹沒水位

(Minimum Debris Submergence Level ; MDL)

- 在爐心熔渣貫穿 RPV 後，預期足以淹沒在乾井地板上的槽外爐心熔渣的最低一次圍阻體水位，以保持一次圍阻體完整性。
- 當判定爐心熔渣已貫穿 RPV，要儘可能迅速地採行灌水至一次圍阻體，以浸泡在乾井地板上的熔渣。
- 建立一個淹沒熔渣的水池預期可防止乾井鋼襯受損、限制爐心-混凝土相互作用，減輕圍阻體受熱，並刷洗外釋之空浮分裂產物。

162

最小熔渣淹沒水位

- RPV 內任何殘留、未被水覆蓋的燃料或熔渣，預期並不會威脅一次圍阻體的完整性。
- 期揮發性分裂產物主要是聚集在汽水分離器及蒸汽乾燥器中，因此重新淹灌 RPV 至 TAF 並不會淹蓋這些物質。
- 如果有足夠注水能力能夠經由 RPV 破裂處淹灌 RPV，則 RPV 破裂就不可能發生；換言之，RPV 會失效，就是因為沒有足夠的注水能力。
- 因此，在之前根據其他 SAG-1 策略所建立的排氣管路配置必須被隔離，以避免不必要的輻射釋放。

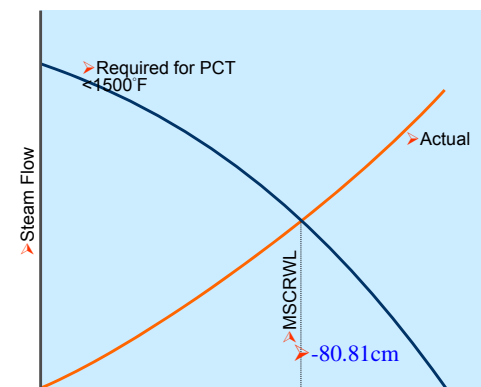
**抑壓池堰牆最高為 7.2M (乾井洩環溝: 抑壓池在乾井內部的部分)

163

最低蒸汽冷卻 RPV 水位

(Minimum Steam Cooling RPV Water Level ; MSCRWL)

- MSCRWL 為當覆蓋 RPV 之爐水所產生的蒸汽，足以防止爐心中未覆蓋爐水的燃料護套溫度超過 1500°F 時的 RPV 最低水位。
- 當 RPV 水位低於 TAF 時，MSCRWL 用以防止燃料損壞。
- -80.81cm。



項目	EPGs/SAGs Rev.2	原EOP
最低蒸汽冷卻RPV水位(cm) (MSCRWL) Minimum Steam Cooling RPV Water Level	-80.81	-79.7

最低零注水RPV水位

(Minimum Zero-Injection RPV Water Level ; MZIRWL)

- MZIRWL為當覆蓋RPV之爐水所產生的蒸汽，足以防止爐心中未覆蓋爐水的燃料護套溫度超過1800°F時的RPV最低水位。
- 事故中，它用以儘可能長期的防止大量之燃料損壞及氫氣產生。
- -112.5cm。

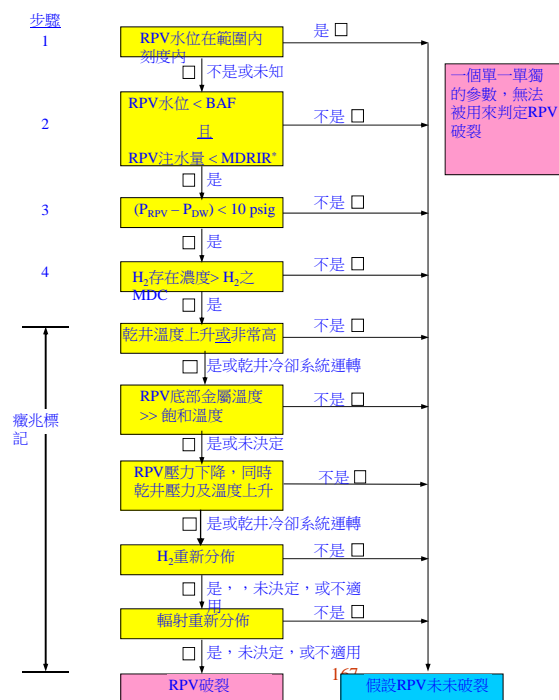
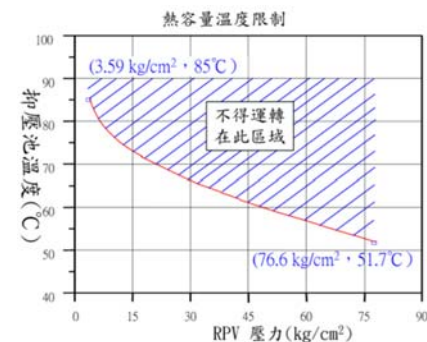
項目	EPGs/SAGs Rev.2	原EOP
最低零注水RPV水位(cm) (MZIRWL) Minimum Zero Injection RPV Water Level	-112.5	-111.5



➤HCTL (熱容量溫度限制)

➤係取抑壓池最高溫度，當自RPV傳送至一次圍阻體的能量率，大於圍阻體排氣容量之前，在此溫度下進行反應爐緊急洩壓，不會造成超過下列情況：

- 1.“抑壓池及抑壓池內執行反應爐降壓設備”仍可運轉時的抑壓槽最高溫度，或
- 2.一次圍阻體壓力限制曲線A。
- HCTL是反應爐壓力和抑壓池水位的函數。
- 用來防止[圍阻體]或[圍阻體內執行安全停機設備]失效。



單元八
SAG-2



SAG-2的目標

- 將反應爐停機
- 將RPV洩壓並且防止其再增壓
- 保護一次及二次圍阻體內之設備
- 限制由一次及二次圍阻體之輻射釋放
- 控制一次圍阻體氫氣濃度

169



SAG-2

- 氫氣控制 (PC/G)
- 反應爐功率控制 (RC/Q)
- RPV壓力控制 (RC/P)
- 一次圍阻體控制：
 - ◆ 抑壓池溫度 (SP/T)
 - ◆ 乾井溫度 (DW/T)
 - ◆ 圍阻體溫度 (CN/T)
 - ◆ 一次圍阻體壓力 (PC/P)
 - ◆ 一次圍阻體輻射強度 (PC/R)。
- 二次圍阻體及輻射釋放控制：
 - ◆ 二次圍阻體溫度 (SC/T)
 - ◆ 二次圍阻體輻射強度 (SC/R)
 - ◆ 二次圍阻體水位 (SC/L)
 - ◆ 及輻射釋放 (RR)。

因此SAG-2大部分繼續延用EOP中適用的策略。

170



SAG-2矩陣表(凌駕500.3~500.6)

PC/G與RC控制	一次圍阻體控制	二次圍阻體及輻射釋放控制
氫氣控制 (PC/G)	抑壓池溫度 (SP/T) 監視與控制	二次圍阻體溫度 (SC/T) 監視與控制
反應爐功率控制 (RC/Q)	乾井溫度 (DW/T) 監視與控制	二次圍阻體輻射強度 (SC/R) 監視與控制
RPV壓力控制 (RC/P)	圍阻體溫度 (CN/T) 監視與控制	
	一次圍阻體壓力 (PC/P) 監視與控制	二次圍阻體水位 (SC/L) 監視與控制
	一次圍阻體輻射強度 (PC/R) 監視與控制	輻射釋放 (RR) 監視與控制

171

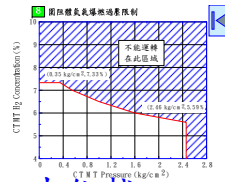
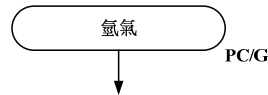


PC/G 乾井及圍阻體氫氣控制

172



PC/G 氫氣控制



- 當RPV水位低於TAF，將造成爐心裸露，水位越低且停留時間越久，則產生氫氣的潛在性越大。氫氣的產生主要來自高溫鋯水反應(>2200F)，



- 當氫氣量達到乾井及圍阻體氫氣爆燃過壓限制（圖8）時，會造成一次圍阻體完整性之威脅。
- 氫氣在一限制的空間燃燒會產生高壓與高溫，進而可能導致一次圍阻體完整性的喪失、輻射外釋、或損壞設備等。
- 因此，在執行灌水時，必須同時監控乾井及圍阻體的氫氣濃度。

173



PC/G Override

- 其目的在於防止氫氣在乾井或圍阻體內燃爆，而危害一次圍阻體之完整性。

- 若自氫氣濃度超過6%以來，點火器有持續運轉，則雖然氫氣濃度仍持續增加，但此時一次圍阻體大氣中之含氧量已不足以引發燃爆。
- 由於在該含氧量下燃耗氫氣並無燃爆或持續性燃燒之顧忌，因此在此情況下繼續運轉點火器並不致危害一次圍阻體的完整性，且持續運轉點火器可防止燃爆所需之氧氣的累積。

174



PC/G Override

- 如果氫氣監測系統無法使用或預期將不可用時，則仍可藉由取樣及分析乾井與圍阻體大氣來判定氫氣的濃度。
- 所獲得之數據的可用性，則需視當時電廠之狀況，及經謹慎判斷而定。
- 如果爐心已有適當之冷卻（即爐心已重新淹蓋，且不再有大量的氫氣產生），且電廠之情況已趨穩定時，則可以此氫氣數據當做目前氫氣濃度之判斷，以確認是否超過氫氣爆燃過壓限制。
- 若此時點火器能正常運轉，氫氣點火系統應能維持整體之氫氣濃度低於6%，則不論氫氣產生率，圍阻體內之氫氣濃度會相當固定；
- 反之，若爐心無法得到適當的冷卻，則氫氣濃度會逐漸升高。雖然取樣與取得分析結果之間會有一段時間之延遲，在極端情況下如又加上氫氣點火器未能運轉，則只要情勢許可仍可多次取樣，這些數據仍能提供氫氣濃度變化之趨勢。

175



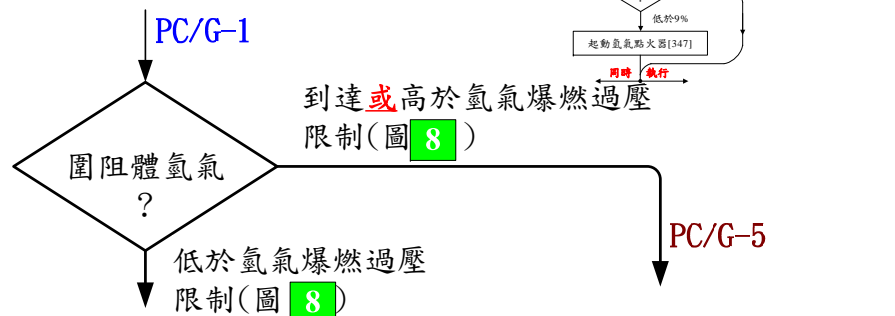
PC/G Override

- 如果點火器無法運轉，且圍阻體氫氣濃度無法確認低於HDOL（圖8），亦或是圍阻體氫氣濃度超過HDOL或未知，此時不適合使用可能成為點火源的系統來降低氫氣濃度，因此必須進入步驟PC/G-5，執行圍阻體排氣和沖淨以使圍阻體氫氣濃度低於圍阻體氫氣爆燃過壓限制，必要時可移除隔離連鎖且超過輻射釋放率限制。

176



PC/G1



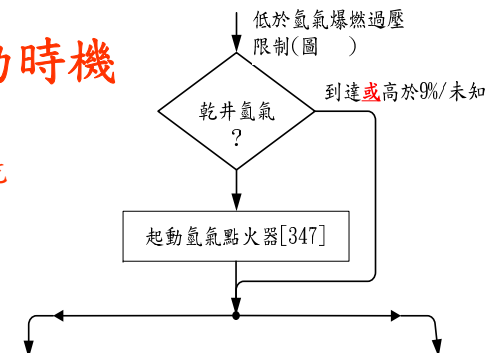
圍阻體氫氣濃度

- 低於HDOL，依PC/G-1步驟執行。
- 高於HDOL，依PC/G-5步驟執行。

177

氫氣點火器啟動時機

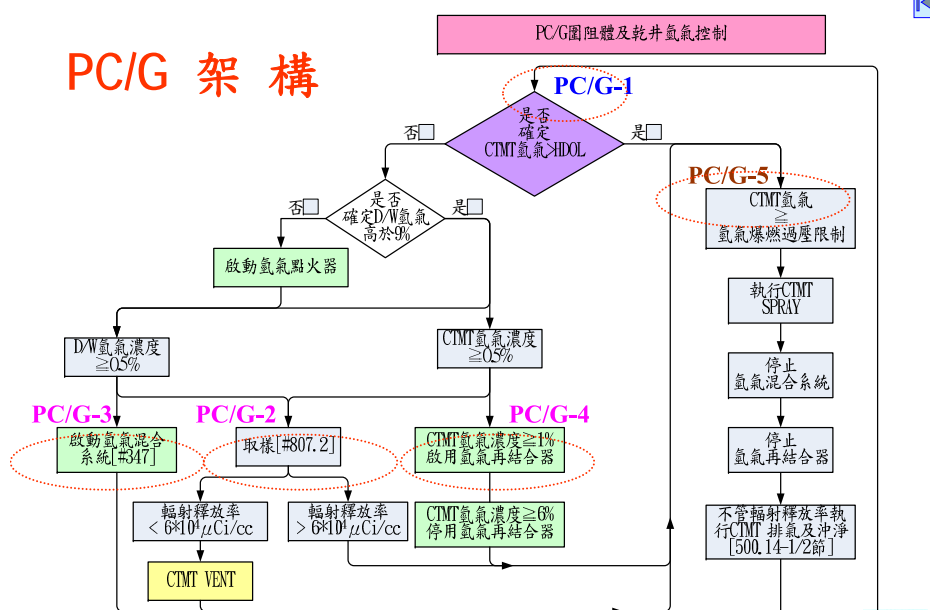
- 如果乾井氫氣濃度高於乾井HDOL（即9%），則不可啟動HIS。



- 但若HIS有持續運轉，此時也不需停止HIS，因為自氫氣濃度超過6%以來，HIS有持續運轉，則雖然氫氣濃度仍持續增加，但此時一次圍阻體大氣中之含氧量已不足以引發燃爆。
- 由於在該含氧量下燃耗氫氣並無燃爆或持續性燃燒之顧忌，因此在此情況下繼續運轉HIS並不致危害一次圍阻體的完整性，且持續運轉HIS可防止燃爆所需之氧氣的累積

178

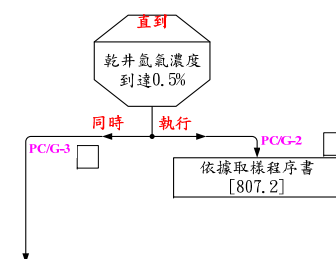
PC/G 架構



179

PC/G乾井氫氣控制

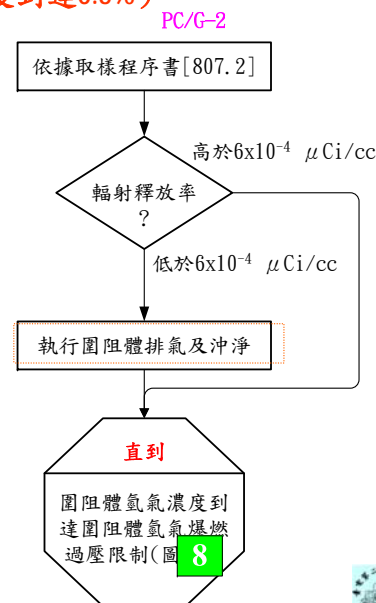
- 以0.5%（氫氣偵測儀器之誤差）當作圍阻體或乾井內有氫氣存在的表徵。
- 若此時圍阻體的氫氣濃度高於圍阻體氫氣爆燃過壓限制（圖8），則進入步驟PC/G-5。。
- 若圍阻體的氫氣濃度低於圍阻體氫氣爆燃過壓限制，則運轉氫氣混合系統。
- 氫氣混合系統的運轉，會使整個乾井內的氫氣重新分佈，而稀釋局部區域的高氫氣濃度。



180

PC/G-2 (圍阻體或乾井氫氣濃度到達0.5%)

- 乾井或圍阻體氫氣濃度0.5% (氫氣偵測儀器之誤差) 當作圍阻體或乾井內有氫氣存在的表徵, 依PC/G-2執行。
- 圍阻體排氣和沖淨為正常用以控制一次圍阻體大氣狀態的方法。
- 只有在輻射釋放率低於運轉規範所訂之廠界輻射釋放率 ($6 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$) 時, 才允許執行圍阻體排氣和沖淨



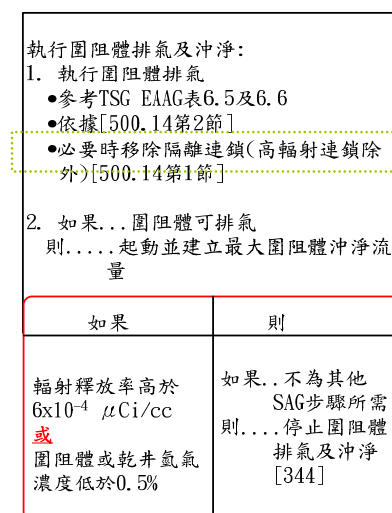
181

圍阻體排氣及沖淨 啟用時機

- 廠界輻射釋放率 $< 6 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$
- 排氣路徑：TSG EAAG表6.3及6.5來評估選擇。
- 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節(但高輻射連鎖除外)。

- 在以下情況, 仍可能執行排氣：

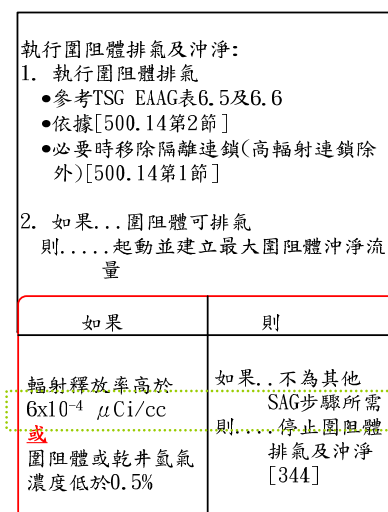
- 已經過足夠的時間以允許核種衰變。
- 已依據其他SAG指示執行過圍阻體排氣。
- 氫氣的來源是從化學控制系統滲漏。



182

圍阻體排氣及沖淨 停止時機

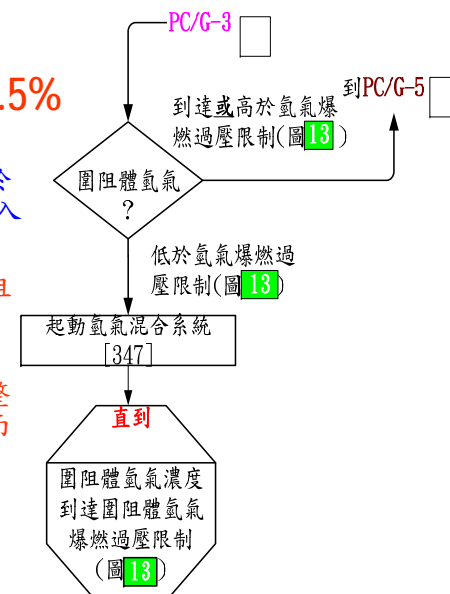
- 如果發生以下情況, 除其他SAG步驟有需要外, 必須停止圍阻體排氣和沖淨：
- 圍阻體或乾井氫氣濃度低於0.5% (沒有執行圍阻體排氣和沖淨的必要)。
- 釋放率高於 $6 \times 10^{-4} \mu\text{Ci/cc}$ 。



183

PC/G-3 乾井氫氣濃度到達0.5%

- 若此時圍阻體的氫氣濃度高於圍阻體HDOL (圖8), 則進入步驟PC/G-5。
- 若圍阻體的氫氣濃度低於圍阻體HDOL, 則運轉氫氣混合系統。
- 氫氣混合系統的運轉, 會使整個乾井內的氫氣重新分佈, 而稀釋局部區域的高氫氣濃度。



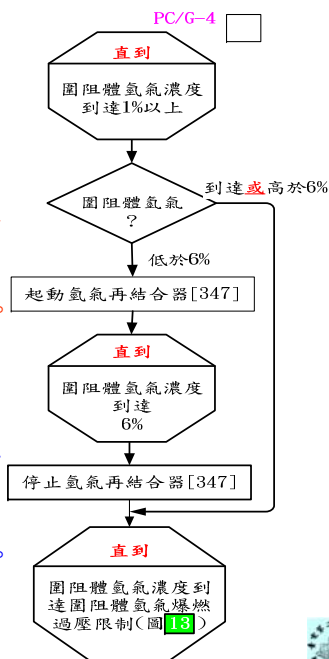
184

PC/G-4

(圍阻體氫氣濃度到達0.5%)

➤ 氫氣再結合器之運轉時機

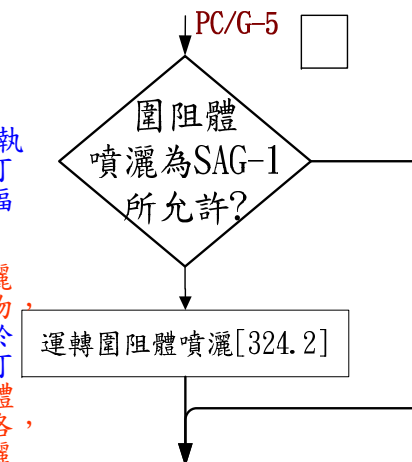
- 當圍阻體氫氣濃度達到氫氣再結合器運轉之最小氫氣濃度(1%)，且低於氫氣再結合器運轉的限值(6%)時，則起動氫氣再結合器。
- 圍阻體氫氣濃度高於6%之下運轉再結合器，可能產生火花而引發燃爆，或其運轉的反應溫度高於設備設計值，而使再結合器及輔助系統組件受損。
- 因此，一旦圍阻體氫氣濃度高於6%，必須停止氫氣再結合器運轉。



185

PC/G-5~ CTMT Spray

- 當進入步驟PC/G-5時，便準備執行圍阻體排氣和沖淨，必要時可移除隔離連鎖，並且不顧廠界輻射釋放率。
- 因此，排氣前先運轉圍阻體噴灑能刷洗圍阻體大氣中的分裂產物，得以減少輻射釋放，不過，由於圍阻體噴灑所使用的泵同時也可用來執行RPV注水，所以圍阻體噴灑的運轉必須配合SAG-1策略，視優先次序來決定是否允許噴灑運轉。

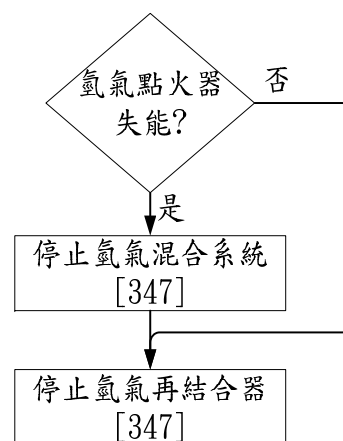


186

PC/G-5~

HIS/CGCS/H2 Recombiner

- 若自氫氣濃度超過6%以來，HIS有持續運轉，則雖然氫氣濃度仍持續增加，但此時一次圍阻體大氣中之含氧量已不足以引發燃爆。
- 由於在該含氧量下燃耗氫氣並無燃爆或持續性燃燒之顧忌，因此，在此情況下繼續運轉點火器並不致危害一次圍阻體的完整性，且持續運轉點火器可防止燃爆所需之氧氣的累積，同時持續運轉混合系統以避免局部高濃度。
- 至於氫氣再結合器，由於已超過設計基準，因此應予以停止。
- 反之，若HIS並無持續運轉，則必須防止，此時的氫氣燃爆，而氫氣混合系統在此是為可能的點火源，因此必須停止氫氣混合系統的運轉，以維護一次圍阻體的完整性。

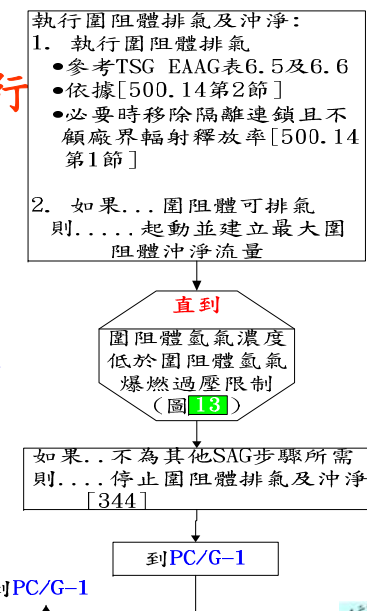


187

PC/G-5

圍阻體排氣和沖淨“執行

- 唯一有效降低氫氣濃度且不危害一次圍阻體完整性的方法。
- 排氣路徑：TSG EAAG表6.3及6.5來評估選擇。
- 操作：依程序書500.14第2節之指示。
- 移除隔離連鎖：必要時依據程序書500.14第1節，且允許超過輻射釋放率限制。



188

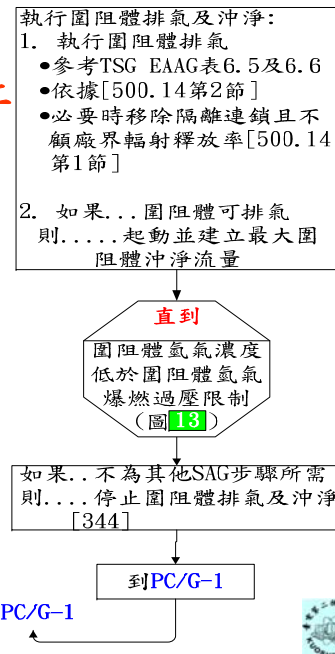
PC/G-5

圍阻體排氣和沖淨” 停止

➤ 停止時機：

- ◆ 當圍阻體氫氣濃度低於圍阻體氫氣爆燃過壓限制時。
- ◆ 在排氣不為其他SAG步驟所需要之情況下。

➤ 並且回到步驟PC/G-1繼續監控氫氣濃度。



189



RC/Q

監視及控制反應爐功率

190



RC/Q



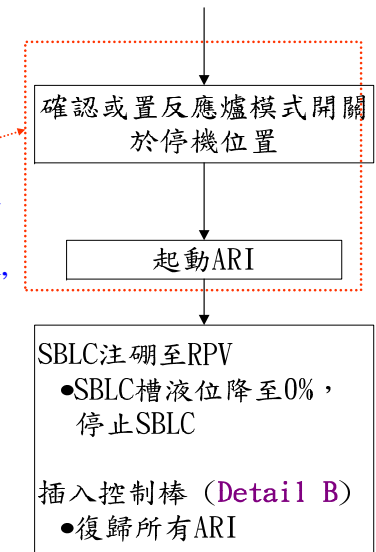
- 當在執行RPV及一次圍阻體灌水時，反應爐功率控制確保反應爐處於停機狀態。
- 如果進入SAG的肇始事件中包括反應爐急停失敗，則反應爐功率應在啟始時已依據EOP 針對ATWS的策略所控制。
- 然而，在進入SAG之前，EOP所敘述之功率控制步驟可能尚未完全完成。因此，當進入SAG時，根據注硼或控制棒插入狀況，反應爐可能處於臨界、次臨界、或停機狀態。所以將反應爐停機的相關指示必須延續於SAG中，以確保反應爐處於停機狀態。
- 要注意的是，在EOP中已成功完成的功率控制步驟不需要再在RC/Q中重複。舉例來說，如果在EOP中已將反應爐模式置於停機模式，但為配合控制棒插入，所以接著又被置於其他模式，則進入SAG後，便不需要將反應爐模式再轉回停機模式；相同地，如果已在EOP中成功完成ARI起動，則無需再於SAG中重複。
- **RC/Q功率控制的方式與EOP相同，均是使用控制棒插入及SBLC注硼。**

191



RC/Q ~ Mode switch/ARI

- 將反應爐模式開關置於停機模式，同時起動ARI以送出反應爐急停的重複訊號至反應爐保護系統（Reactor Protection System, RPS）。
- 如果這些動作已於EOP中成功完成，則不需要在此重複。



192



RC/Q~SLC

- 起動SBLC注硼以使反應爐停機，同時防止爐心再臨界。
- 如果爐心幾何形狀在控制棒完全插入前就已變形，則控制棒不可能再進一步插入，此時注硼便是使反應爐停機的唯一方法。
- 即使控制棒在圍阻體灌水前便已完全插入，如果長時間喪失爐心冷卻，也可能導致控制棒葉片在燃料棒劣化前即已熔化，此時爐心可能處於發生再臨界的幾何形狀。
- 雖然預期這樣的狀況並不會長時間持續，因為爐心會隨即熔化且重置，不過在控制棒葉片熔化後注硼可提供足夠的負反應度，以防止爐心灌水時發生再臨界及功率振盪。

SBLC注硼至RPV
●SBLC槽液位降至0%，
停止SBLC
插入控制棒 (Detail B)
●復歸所有ARI

- 保存系統在需要時提供其他用途 (如RPV注水)

193



RC/Q~SLC 未列出替代硼液注入？

SBLC注硼至RPV
●SBLC槽液位降至0%，
停止SBLC

插入控制棒 (Detail B)
●復歸所有ARI

- 替代硼液注射方法較為複雜，且配置上相當耗費時間。
- 使用替代注射方法所需進入的區域在處於需要一次圍阻體灌水的狀況之下可能不適合居留 (uninhabitable)。
- 替代硼液注入方法的使用可能干擾RPV注水系統的使用。
- 在有效時間內完成替代硼液注入的可能性相當低。
- 最好還是將可用資源分配給其他SAG及一次圍阻體灌水步驟來使用。

194



RC/Q~ SLC/CR

- 相較於注硼，基於以下理由，使用控制棒停機仍為優先考量：

- 如果主系統破口存在，且破口高度低於RPV被維持之水位高度，則注硼可能無法成功停機。
- 使用注硼停機不一定是一個穩定狀態；如果硼酸被RPV注水稀釋、或由破口溢出、或操作錯誤，則反應爐可能回到臨界狀態。
- 如果爐心幾何形狀改變，以及爐心熔渣已熔穿RPV時，預期只有少許燃料會殘留於RPV中。再者，控制棒葉片預期會先燃料棒熔化。因此，一旦判定爐心熔渣已熔穿RPV，則中斷執行控制棒插入。

195



RC/Q~ Detail B : ARI

Detail B	ARI
<ul style="list-style-type: none"> ●急停電磁閥斷電[500.8第1節] ●急停空氣集管排氣[500.8第2節] ●復歸急停訊號，必要時移除RPS邏輯跳脫信號，且將SDV洩水後，手動急停[500.8第3節] ●利用HCU Test Switches執行個別控制棒急停[500.8第4節] ●提高CRD冷卻水差壓[500.8第5節] ●驅動控制棒，必要時移除RC&IS連鎖[500.8第6節] 	

Detail B與EOP所列相同

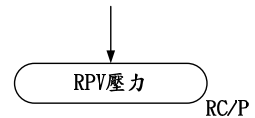
196



RC/P 監視及控制RPV壓力

197

RC/P 監視及控制RPV壓力



- 主要目的：當在執行RPV及一次圍阻體灌水時，反應爐壓力控制確保反應爐完全洩壓。
- 在嚴重事故中，RPV必須保持洩壓狀態直到適當爐心冷卻已建立為止，以防止RPV失效時，高壓熔融物噴出（HPME）及圍阻體直接受熱（DCH）的發生。
- 在進入SAG之前，應已依據EOP執行RPV緊急洩壓。然而，緊急洩壓的步驟可能尚未完全完成。因此，當進入SAG時，反應爐可能處於建壓、正在洩壓中、或完全洩壓狀態，所以將反應爐洩壓及建立冷停機的相關指示必須延續於SAG中。
- 如同EOP，SRV是RPV洩壓優先考量的方法，而停機冷卻是維持冷停機狀態優先考量使用的系統。此外，同時也列出相關替代方法，以備不時之需。
- RPV壓力控制的主要目的是在電廠設計限制範圍內，盡快降低RPV壓力，並維持RPV於洩壓狀態。

198

PC/P ~ Override

- RPV壓力控制的主要目的是在電廠設計限制範圍內，盡快降低RPV壓力，並維持RPV於洩壓狀態。
- SRV為最快速且最簡單的RPV洩壓系統。由於ADS所屬的SRV閥為最可靠，而且能將熱負載平均分佈於抑壓池，因此首先使用ADS。
- 只有在抑壓池水位高於1.8 m（SRV洩放設備頂端高度）時，才允許使用SRV排放。以免SRV開啟會將蒸汽旁通抑壓池而直接排放至抑壓槽空間，可能導致壓力上升超過PCPL。

■如果...抑壓池水位高於1.8 m 則...開啟所有ADS ●不顧所造成之降溫率結果	
■在一次圍阻體水位到達13.94 m之前，開啟圍阻體內側主蒸汽管洩水閥	
如 果	則
任何一個ADS閥無法開啟	1. 如果...抑壓池水位高於1.8 m 則...開啟其他SRVs直到7個閥開啟 2. 如果...少於4個SRVs開啟 且...RPV壓力高過圍阻體至少 3.59 kg/cm ² 則...使用其他壓力控制系統 (Detail C), 維持RPV與圍 阻體壓差小於3.59 kg/cm ² ●必要時移除隔離連鎖 [500.13第10節] ●允許超過釋放率限制
需進一步冷卻	使用壓力控制系統(Detail C)持續 冷卻至冷停機狀態 ●停止冷卻: ➢少於4個SRVs開啟, 且RPV壓力 高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 或 ➢反應爐未停機

199

PC/P ~ Override

- 如果在SRV開啟後，抑壓池水位將會低於1.8 m，則無需將SRV關閉。因為一旦RPV已完成洩壓，即使SRV排放口未被水覆蓋，此時經由SRV加入一次圍阻體的能量將會在限制之內。
- 因為SRV閥為同時開啟以盡快降低RPV壓力，所以並無規定SRV閥的開啟順序，而同時開啟ADS所屬的所有SRV是在電廠的設計限制之內。

■如果...抑壓池水位高於1.8 m 則...開啟所有ADS ●不顧所造成之降溫率結果	
■在一次圍阻體水位到達13.94 m之前，開啟圍阻體內側主蒸汽管洩水閥	
如 果	則
任何一個ADS閥無法開啟	1. 如果...抑壓池水位高於1.8 m 則...開啟其他SRVs直到7個閥 開啟 2. 如果...少於4個SRVs開啟 且...RPV壓力高過圍阻體至少 3.59 kg/cm ² 則...使用其他壓力控制系統 (Detail C), 維持RPV與圍 阻體壓差小於3.59 kg/cm ² ●必要時移除隔離連鎖 [500.13第10節] ●允許超過釋放率限制
需進一步冷卻	使用壓力控制系統(Detail C)持續 冷卻至冷停機狀態 ●停止冷卻: ➢少於4個SRVs開啟, 且RPV壓力 高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 或 ➢反應爐未停機

200

PC/P～ Override

- 如果一次圍阻體水位上升超過SRV氣動電磁閥高度，則SRV可能便無法操作，必須使用其他方法來控制RPV壓力及防止RPV再增壓。
- 於是開啟內側主蒸汽洩水閥B21-F016，以供稍後需要時使用。因為此閥必須在水淹到洩水閥馬達驅動器之前開啟。
- 所以13.94 m是選取一最低的SRV氣動電磁閥高度或內側主蒸汽洩水閥馬達驅動器較低者之高度。

▪如果...抑壓池水位高於1.8 m 則....開啟所有ADS ●不顧所造成之降溫率結果	
▪在一次圍阻體水位到達13.94 m之前，開啟圍阻體內側主蒸汽管洩水閥	
如 果	則
任何一個ADS閥無法開啟	1. 如果...抑壓池水位高於1.8 m 則....開啟其他SRVs直到7個閥開啟 2. 如果...少於4個SRVs開啟 且....RPV壓力高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 則....使用其他壓力控制系統(Detail C),維持RPV與圍阻體壓差小於3.59 kg/cm ² ●必要時移除隔離連鎖[500.13第10節] ●允許超過釋放率限制
需進一步冷卻	使用壓力控制系統(Detail C)持續冷卻至冷停機狀態 ●停止冷卻: ➢少於4個SRVs開啟,且RPV壓力高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 或 ➢反應爐未停機

PC/P～ Override

- 如果無法開啟一個或多個ADS所屬的SRV，則應盡可能開啟其他SRV，直到總共有7個（ADS所屬的SRV數目）SRV被開啟為止。
- 如果所能開啟的SRV數目少於4個，而且RPV與一次圍阻體壓差高於3.59 kg/cm²，則應該使用其他的排放系統（如Detail C所列）以維持RPV與一次圍阻體壓差小於5.39 kg/cm²。
- 如果少於4個SRV開啟，只有在RPV與圍阻體壓差小於5.48 kg/cm²（衰變熱移除壓力）的情況下，才能將RPV認定為洩壓狀態。不管降溫率。

▪如果...抑壓池水位高於1.8 m 則....開啟所有ADS ●不顧所造成之降溫率結果	
▪在一次圍阻體水位到達13.94 m之前，開啟圍阻體內側主蒸汽管洩水閥	
如 果	則
任何一個ADS閥無法開啟	1. 如果...抑壓池水位高於1.8 m 則....開啟其他SRVs直到7個閥開啟 2. 如果...少於4個SRVs開啟 且....RPV壓力高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 則....使用其他壓力控制系統(Detail C),維持RPV與圍阻體壓差小於3.59 kg/cm ² ●必要時移除隔離連鎖[500.13第10節] ●允許超過釋放率限制
需進一步冷卻	使用壓力控制系統(Detail C)持續冷卻至冷停機狀態 ●停止冷卻: ➢少於4個SRVs開啟,且RPV壓力高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 或 ➢反應爐未停機

PC/P～ Override

- 先前的RPV壓力控制指示將RPV洩壓直到小於衰變熱移除壓力（RPV與圍阻體壓差5.48 kg/cm²），同時確保RPV在進行一次圍阻體灌水過程中維持洩壓狀態。
- 此外，淹灌一次圍阻體的動作本身對於RPV也具有冷卻效果，因其加入大量冷水至圍阻體內。
- 然而，在某些案例中，可能想要將RPV降到更低的溫度與壓力，則這裡的敘述允許更進一步冷卻。
- 不過，如果反應爐回復為臨界狀態，則必須終止進一步冷卻。

▪如果...抑壓池水位高於1.8 m 則....開啟所有ADS ●不顧所造成之降溫率結果	
▪在一次圍阻體水位到達13.94 m之前，開啟圍阻體內側主蒸汽管洩水閥	
如 果	則
任何一個ADS閥無法開啟	1. 如果...抑壓池水位高於1.8 m 則....開啟其他SRVs直到7個閥開啟 2. 如果...少於4個SRVs開啟 且....RPV壓力高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 則....使用其他壓力控制系統(Detail C),維持RPV與圍阻體壓差小於3.59 kg/cm ² ●必要時移除隔離連鎖[500.13第10節] ●允許超過釋放率限制
需進一步冷卻	使用壓力控制系統(Detail C)持續冷卻至冷停機狀態 ●停止冷卻: ➢少於4個SRVs開啟,且RPV壓力高過圍阻體至少3.59 kg/cm ² 或 ➢反應爐未停機

PC/P～ Detail C

- 不管降溫率。
- “注意” 3、4、5～因為RPV洩壓可能影響各種設備的可用性。
- 必要時移除隔離連鎖[500.13第10節]。
- 允許超過釋放率限制。

3
4
5

Detail C	壓力控制系統
●SRVs ●主冷凝器/主蒸汽旁通閥[500.11第1節] ●RWCU（再循環模式），旁通過過濾除礦器和再生式熱交換器，必要時移除隔離連鎖[500.13第7節] MSL洩水[500.11第3節] ●RWCU（沖放模式），但僅在未注硼入RPV之下 RCIC蒸汽管線[500.11第4節] RPV頂部排氣[500.11第5節] ●RHR停機冷卻模式，但僅在未注硼入RPV之下[324.5] RFPT[500.11第6節] SJAES[500.11第7節] Gland Seal Steam[500.11第8節] Off Gas Preheater[500.11第9節]	

PC 一次圍阻體控制

205

一次圍阻體控制的目標

一次圍阻體

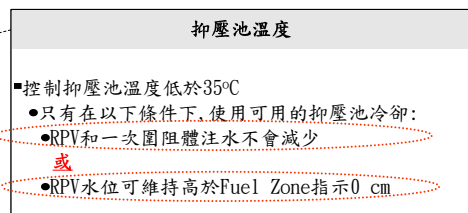
- 維持一次圍阻體完整性。
- 保護一次圍阻體內之設備。
- 藉由同時控制以下關鍵參數來達成：
 - 抑壓池溫度
 - 乾井溫度
 - 圍阻體溫度
 - 一次圍阻體壓力
 - 一次圍阻體輻射強度 (未列於EOP中)
 - 氬氣 (已敘述於前)
- 抑壓池水位已包含於SAG-1

繼續延用EOP中
適用的策略

206

SP/T 監視及控制抑壓池溫度

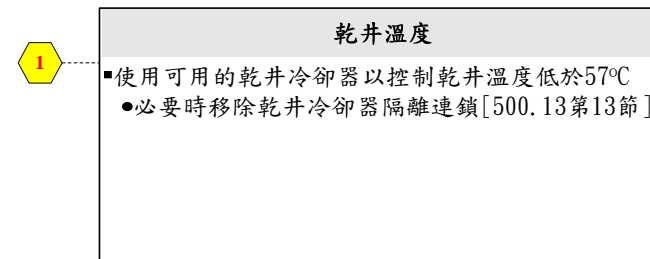
- 延續EOP適用的抑壓池溫度控制方法，運轉可用的抑壓池冷卻，以維持水溫低於35°C。
- 移除一次圍阻體之熱及爐心長期衰變熱。
- 如果無法適當地冷卻爐心熔渣，則無法確保一次圍阻體完整性。
- 保持爐心熔渣為水所淹蓋具有較高的優先次序，所以只有在RPV水位能保持在Fuel Zone指示0 cm (TAF) 以上、或不會減少RPV及一次圍阻體注水的情況下，才可運轉抑壓池冷卻。
- 3 池水溫會影響由抑壓池取水之注水系統的可用NPSH



SP/T

207

DW/T監視及控制乾井溫度



DW/T

- 延續EOP一次圍阻體控制中適用的乾井溫度控制方法。
- 運轉可用的乾井冷卻器。
- 必要時移除乾井冷卻器隔離連鎖。
- 1 乾井溫度上升會影響RPV水位儀器指示的可靠性。

208

CN/T

監視及控制圍阻體溫度

1

圍阻體溫度

- 使用可用的圍阻體冷卻器以控制圍阻體溫度低於40°C
 - 必要時移除隔離連鎖
- 在圍阻體溫度到達93°C之前：
 - 如果...為SAG-1所允許
 - 則.....執行圍阻體噴灑[324.2]

CN/T

- 延續EOP中適用的圍阻體溫度控制方法。
- 運轉可用的圍阻體冷卻器，以維持溫度低於40 °C。
- 移除圍阻體冷卻器隔離連鎖。
- 在溫度達到93 °C（圍阻體設計溫度）之前，若為SAG-1所允許（參考SAG-1圍阻體噴灑說明），則起動圍阻體噴灑。
- 1** 圍阻體溫度上升會影響RPV水位儀器指示的可靠性。

209



PC/P

監視及控制一次圍阻體壓力

7

一次圍阻體壓力

- 在圍阻體壓力到達壓力抑制壓力的限值之前(圖11)：
 - 如果...為SAG-1所允許
 - 則.....執行圍阻體噴灑[324.2]
- 在圍阻體壓力到達一次圍阻體壓力限制之前(圖12)：
 - 執行一次圍阻體排氣，以控制圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制(圖12)
 - 參考TSG EAAG表6.5及6.6
 - 依據[500.14第2節]
 - 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]
 - 允許超過釋放率限制

PC/P

- CTMT壓力藉由圍阻體噴灑及排氣來控制。
- 經由冷凝蒸汽及結合蒸發與對流冷卻效應，運轉圍阻體噴灑可有效降低圍阻體壓力與溫度。
- 一次圍阻體壓力首先被控制在壓力抑制壓力限值（圖11）以內，以保存壓力抑制能力。
- 因此，在圍阻體壓力到達壓力抑制壓力限值之前，運轉圍阻體噴灑以維持壓力低於壓力抑制壓力限值。
- 因為圍阻體噴灑所使用的泵同時也可用來執行RPV注水，所以圍阻體噴灑的運轉必須配合SAG-1策略，視優先次序來決定是否允許噴灑運轉。

210



圍阻體排氣目的

➤SAG-1

- ◆維持一次圍阻體的完整性
- ◆保存壓力抑制能力
- ◆維持SRV及排氣閥的可操作性
- ◆加速RPV及一次圍阻體灌水等

➤SAG-2

- ◆維持一次圍阻體完整性。
- ◆控制氬氣濃度。
- ◆增加圍阻體保留分裂產物的能力。
- ◆減少經由圍阻體破裂處排放的輻射量。

211



PC/P

監視及控制一次圍阻體壓力

7

一次圍阻體壓力

- 在圍阻體壓力到達壓力抑制壓力的限值之前(圖11)：
 - 如果...為SAG-1所允許
 - 則.....執行圍阻體噴灑[324.2]
- 在圍阻體壓力到達一次圍阻體壓力限制之前(圖12)：
 - 執行一次圍阻體排氣，以控制圍阻體壓力低於一次圍阻體壓力限制(圖12)
 - 參考TSG EAAG表6.5及6.6
 - 依據[500.14第2節]
 - 必要時移除隔離連鎖[500.14第1節]
 - 允許超過釋放率限制

PC/P

- 在RPV失效前的早期圍阻體排氣：
 - 能降低圍阻體壓力以增加圍阻體滯留分裂產物的能力。
 - 同時減少輻射釋放至環境中。
- 7** 降低一次圍阻體壓力，將會減少由抑壓池取水之泵的NPSH。

212



PC/R監視及控制一次圍阻體輻射強度

一次圍阻體輻射強度

- 在一次圍阻體輻射強度達到58 R/hr之前：
如果...為SAG-1所允許
則.....執行圍阻體噴灑[324.2]

PC/R

- 在一次圍阻體輻射強度達到執行全面緊急之輻射強度前（58 R/hr），運轉圍阻體噴灑。
- 因為圍阻體噴灑所使用的泵同時也可用來執行RPV注水，所以圍阻體噴灑的運轉必須配合SAG-1策略，視優先次序來決定是否允許噴灑運轉。

213



圍阻體噴灑之目的

- 在以下狀況下特別重要：
 - ◆一次圍阻體失效，導致分裂產物釋放旁通抑壓池。
 - ◆一次圍阻體排氣，使得抑壓池到達飽和狀態而導致較低的刷洗效率。
- 不論是那一種情況，將會喪失抑壓池刷洗的效用。
- 除了減少空浮分裂產物之外，噴灑運轉也可以保持圍阻體結構相對低溫，因此使得已附著在這些結構表面之分裂產物的再揮發降至最小。

214



二次圍阻體及輻射釋放控制

二次圍阻體及輻射釋放控制的目標為：

- 維持二次圍阻體完整性。
- 保護二次圍阻體內之設備。
- 限制輻射排放至二次圍阻體。
- 限制輻射釋放至二次圍阻體外。

二次圍阻體/輻射釋放



■藉由同時控制以下關鍵參數來達成：

- 二次圍阻體溫度
- 二次圍阻體輻射強度
- 二次圍阻體水位
- 廠界輻射釋放

繼續延用EOP中適用的策略

215



216



SC Override

- 二次圍阻體HVAC是一般用以控制二次圍阻體溫度及輻射的方法。
- 運轉二次圍阻體HVAC之先決條件，是其排氣輻射強度必須小於自動隔離設定點。
- HVAC被隔離，只要能確定重新起動HVAC系統亦不會造成過量輻射排放至廠界，則宜重新起動HVAC，必要時依據程序書500.13第14節移除乾井高壓力和RPV低水位隔離連鎖。

當在執行下列步驟：	
如果	則
二次圍阻體HVAC排氣輻射強度超過0.15 mSv/hr	<ul style="list-style-type: none"> ●確認HVAC已隔離 ●確認SBGT起動[345]
二次圍阻體HVAC已隔離 且 二次圍阻體HVAC排氣輻射強度低於0.15 mSv/hr	<ul style="list-style-type: none"> ●重新起動二次圍阻體HVAC[342] ●必要時移除乾井高壓力和RPV低水位隔離連鎖[500.13第14節]
汽機廠房HVAC已停機	<ul style="list-style-type: none"> ●需要時重新起動該HVAC ●必要時移除隔離連鎖

217



SC/T監視及控制二次圍阻體溫度

- 延續EOP處理策略。

- 可能來源

- ◆ 火災與主系統滲漏

- 區域高溫度例外隔離系統：

- ◆ 滅火系統

- 電廠設備與人員之安全均具有潛在威脅性

- ◆ 維持爐心冷卻

- 爐心冷卻之優先性高於二次圍阻體之相關問題

- ◆ SAG所需運轉系統

- 依據SAG-1及SAG-2，用於一次圍阻體排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV注水之系統。
- 依據SAG-2，用於RPV洩壓之系統。

二次圍阻體溫度
<ul style="list-style-type: none"> ■ 運轉可用的區域冷卻器 ■ 如果...二次圍阻體HVAC排氣輻射強度低於0.15 mSv/hr (15 mR/hr) 則....運轉可用的二次圍阻體HVAC [342] ■ 當某區域溫度高於其最大正常運轉溫度(Detail D): 除以下系統外, 隔離排放至該區域的所有系統 <ul style="list-style-type: none"> ● 支援防火所需系統 ● 嚴重事故指引上所需運轉的系統

SC/T



SC/R監視及控制二次圍阻體輻射強度

- 可能來源

- ◆ 主系統滲漏

- 區域高輻射強度例外隔離系統：

- ◆ 滅火系統

- 電廠設備與人員之安全均具有潛在威脅性

- ◆ 維持爐心冷卻

- 爐心冷卻之優先性高於二次圍阻體之相關問題

- ◆ SAG所需運轉系統

- 依據SAG-1及SAG-2，用於一次圍阻體排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV注水之系統。
- 依據SAG-2，用於RPV洩壓之系統。

二次圍阻體輻射強度
<ul style="list-style-type: none"> ■ 當某區域輻射強度高於其最大正常運轉輻射強度(Detail D): 除以下系統外, 隔離排放至該區域的所有系統 <ul style="list-style-type: none"> ● 支援防火所需系統 ● 嚴重事故指引上所需運轉的系統

SC/R

219



SC/L監視及控制二次圍阻體水位

- 延續EOP SC控制中適用的二次圍阻體水位控制方法。

- 區域高水位例外隔離系統：

- ◆ 滅火系統

- 電廠設備與人員之安全均具有潛在威脅性

- ◆ 維持爐心冷卻

- 爐心冷卻之優先性高於二次圍阻體之相關問題

- ◆ SAG所需運轉系統

- 依據SAG-1及SAG-2，用於一次圍阻體排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV注水之系統。
- 依據SAG-2，用於RPV洩壓之系統。

二次圍阻體水位
<ul style="list-style-type: none"> ■ 當地面洩水槽水位高於其最大正常運轉水位 (Detail D): 運轉可用的水槽泵, 以回復並維持低於其最大正常運轉水位(Detail D) 如果...任一地面洩水槽或區域水位無法回復並維持低於其最大正常運轉水位(Detail D) 則....除以下系統外, 隔離排放至該水槽或區域的所有系統 <ul style="list-style-type: none"> ● 支援防火所需系統 ● 嚴重事故指引上所需運轉的系統

SC/L





RR輻射釋放控制

➤延續EOP中適用的放射性物質釋放控制方法

輻射釋放

■除嚴重事故指引上所需運轉的系統外,隔離排放至一次和二次圍阻體以外區域的所有主系統

RR

➤藉由隔離主系統排放，以使排放至廠界的輻射量降至最低，不過，SAG所需運轉系統除外。例如：

- 依據SAG-1及SAG-2，用於一次圍阻體排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV排氣之系統。
- 依據SAG-1，用於RPV注水之系統。
- 依據SAG-2，用於RPV洩壓之系統。

