

# 一次圍阻體系統、 洩漏偵測與 一次圍阻體隔離系統

核二廠模擬操作中心  
104年7月

1



## 圍阻體設置目的

- 把爐心失水事故時的洩漏水汽、分裂產物和放射性物質，予以包容隔離，防止其外洩
- 確保廠界外輻射劑量(Off Site Dose)不超過規定 (10CFR100)
- 為BWR的特殊安全設施(ESF)之一 (Engineered Safety Feature)

特殊安全設施之地震設計，依美國核管會 (USNRC)所定能承受由地基而來的”安全停機地震(SSE)”標準設計

10CFR100:Code of Federal Regulations,  
Title 10,Part100-Reactor Site Criteria

10CFR60:Part60-Disposal of  
High-Level Radioactive Wastes in  
Geologic Repositories

4

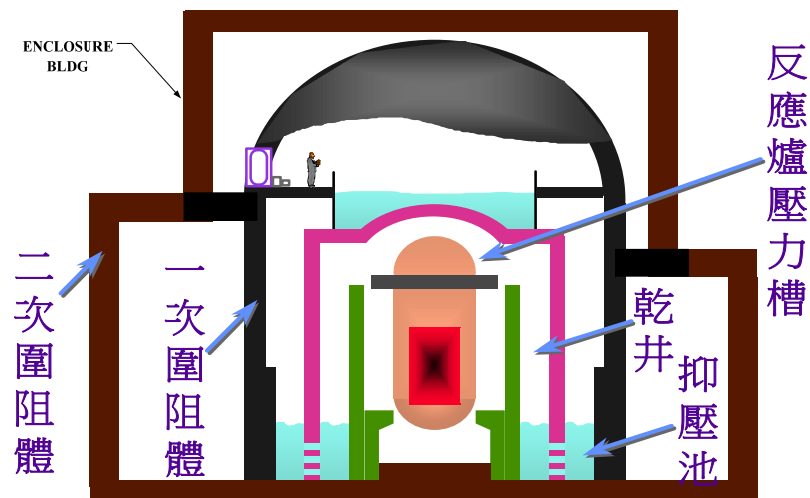


圖6-1(a) 反應爐廠房

3

## ESF設備

### ■ 立即通報ESF所涵蓋系統或設備

(1) 反應爐保護系統	FSAR-CH06涵蓋之ESF設備
(2) 圍阻體隔離系統	CTMT SYSTEM
(3) 圍阻體噴灑系統	✓ CTMT
(4) 爐心隔離冷卻系統	✓ 2 <sup>ND</sup> CTMT
(5) 備用氣體處理系統	✓ CGCS
(6) 圍阻體可燃氣體控制系統	✓ SPMU
(7) 燃料廠房排氣系統	✓ PCIS
(8) 主控制室緊急通風系統	✓ CTMT SPRAY
(9) 反應爐廠房事故後沖氣系統	Emergency Core Cooling System
(10) 飼水穿越器正壓封水系統	.....
(11) 高壓爐心噴灑系統	.....
(12) 低壓爐心噴灑系統	
(13) 低壓爐心注水系統	
(14) 主蒸汽管安全/釋壓	
(15) 抑壓池補水系統	
(16) 備用硼液控制系統	
(17) 緊急柴油發電機系統	
(18) 緊急循環水系統	
(19) 緊急冷凍水系統	
(20) 預期暫態未急停及反應器再循環跳脫系統	

## 設計標準 (1/3)

### (1) 溫度及壓力標準：

➤包封容器須有足夠的強度，能夠承受發生設計基準事故(Design Basis Accident, DBA)時，產生的暫態尖峰壓力和溫度變化，以維持系統的完整性，包封容器的DBA，是以一支主蒸汽管完全斷裂為設計基準(ECCS之DBA，則以再循環泵進口管路完全斷裂為設計基準)。

### (2) 整體性：

➤發生DBA後，包封容器和乾井須有保持包封功能完整性的能力。

### (3) 灌水：

➤發生LOCA後，容許乾井灌水至爐心頂部。

6

## 設計標準 (2/3)

### (4) 飛射體保護：

➤包封容器須能防備來自廠房內部或外來飛射物(Missile)的撞擊，或激烈的管路震動。

### (5) 噴射力保護：

➤包封容器及乾井應能承受包封容器內任何管路斷裂後，洩出流體的噴射力量。(Jet Force)

### (6) 漏洩：

➤發生DBA時和事故後，包封容器應限制放射性物質和分裂產物外洩，以確保廠界外輻射劑量(Off Site Dose)不超過10CFR100規定。

### (7) 定期測試特性：

➤包封容器須能定期測試洩漏率，藉以證實DBA尖峰壓力下，包封容器的完整性。

7

## 設計標準 (3/3)

### (8) 沖放冷凝特性：

➤發生DBA時，洩漏至乾井內的蒸汽和爐水混合物排入抑壓池，應能迅速冷凝而吸收，俾消除尖峰暫態壓力，包封容器及乾井設計壓力方不致超過。

### (9) 導引水流：

➤在假想管路斷裂事故時，須能提供路徑使水流入抑壓池，也能限制事故後採取各種冷卻方式的乾井與包封容器間差壓。

### (10) 隔離性：

➤事故發生時，穿越包封容器各種管路或通口須能夠迅速關閉或隔離，使包封容器屏障(Containment Barrier)能有效保持洩漏率在容許限值內。

### (11) 管路小破：

➤包封容器須能承受管路小破所引起的尖峰暫態壓力及溫度變化。

8

## 反應爐廠房

反應爐廠房包括下列主要設備

- 包封容器(Containment)
- 乾井 (Drywell)
- 壓力抑制池及通洩口  
(Suppression Pool and Vent System)
- 反應爐基座及生物屏蔽  
(Reactor Pedestal and Biological Shield)

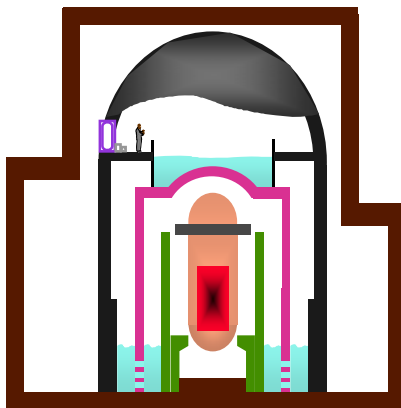
9

## 包封容器(Containment)

- (1) 包封容器指圓屋頂式的圓筒形混凝土結構，內襯 鋼板，主要功用為萬一LOCA時，作為防止分裂產物外洩的包容界限。
  - 地面層以上部份之內徑為124呎。(以0'0"為分界)
  - 地面層以下部份之內徑為114呎。(HCU在3'0"之高度)
  - 總容積為 $2.2 \times 10^6$ 立方呎，而淨容積為 $1.67 \times 10^6$ 立方呎(內含乾井之淨容積)。
- (2) 進出包封容器
  - 兩個供給人員進出的雙重氣鎖門  
(Double Air-Lock Door - **R/B 2/7F**)
  - 兩個20呎機件通口  
(Equipment Hatch - **R/B 2/7F**)

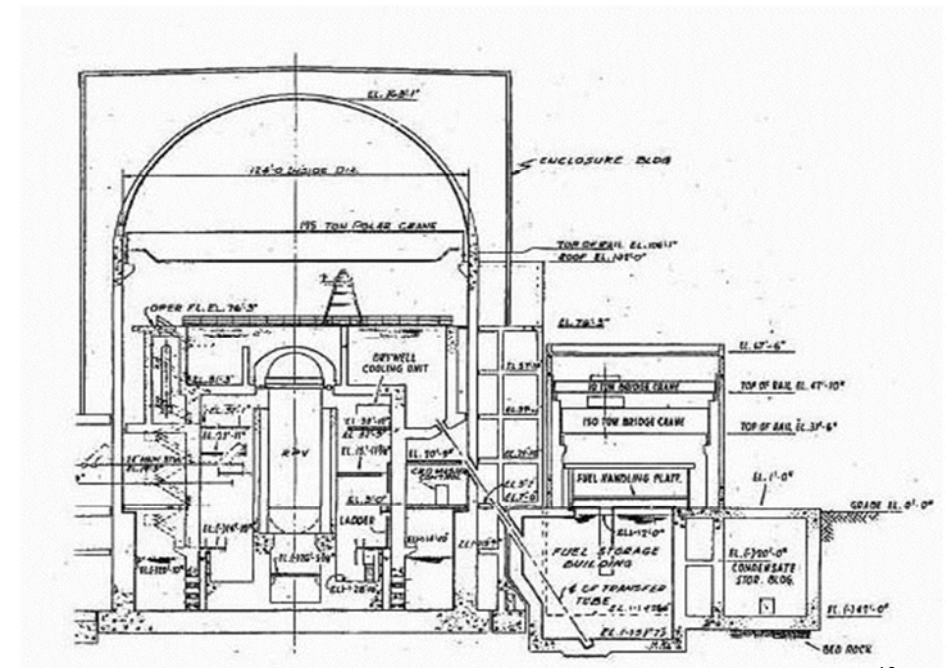
10

## 包封容器



CTMT內徑地下: 34.7m 地上:37.8m  
 CTMT高:35.4m(7F 地板)  
 CTMT厚:259.08cm. 106.68cm. 76.2cm.  
 鋼板/鋼筋混凝土(內往外)  
 D/W厚:152.4cm  
 鋼板/鋼筋混凝土加鐵礦砂/鋼板  
 生物屏蔽厚:173.35cm. 60.96cm  
 鋼板/鋼筋混凝土/鋼板  
 上池:70800 ft<sup>3</sup> S/P:111080-113950ft<sup>3</sup>  
 (S/P:576.58cm-591.82cm)  
 DRAWDOWN:22020ft<sup>3</sup> S/P 上升 113.3 cm  
 S/P 1cm:1440 gal. (5.45 m<sup>3</sup>)

11



12



## 包封容器(Containment)



機件通口2F內側

機件通口2F外側



開啟時如何開啟?

13



CTMT二樓  
HATCH滑退開啟  
(由CTMT內拍攝)

## CTMT 7 F HATCH



## 包封容器(Containment)



雙重氣鎖門7F外



雙重氣鎖門7F內

16

## 包封容器(Containment)

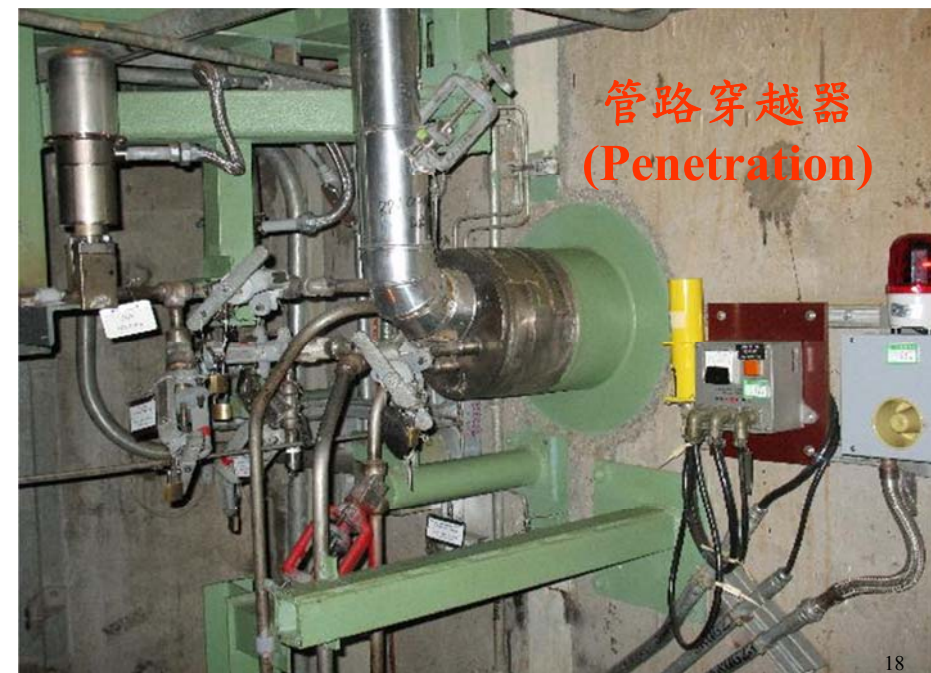
### (3) 穿越器(Penetration)

- 各種管路及電纜穿越器，是以焊接方式或伸縮膨脹密封於包封容器。
- 各種穿越器之設計，以減少包封容器負荷為原則，不用包封容器作為任何管路的固定點(小管路例外)。

### (4) 包封容器設計準則：

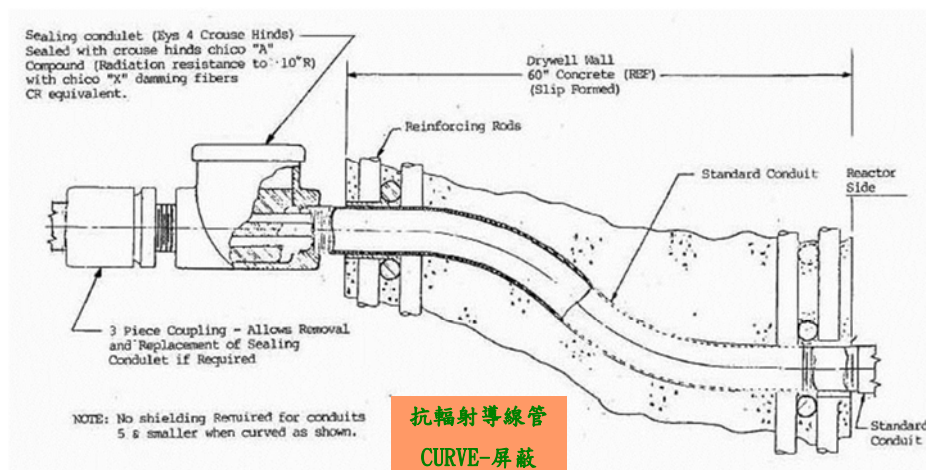
- 內部壓力：15psig
- 溫度：200°F
- 漏洩率：小於0.45%/天(在8.1psig壓力)。

17



18

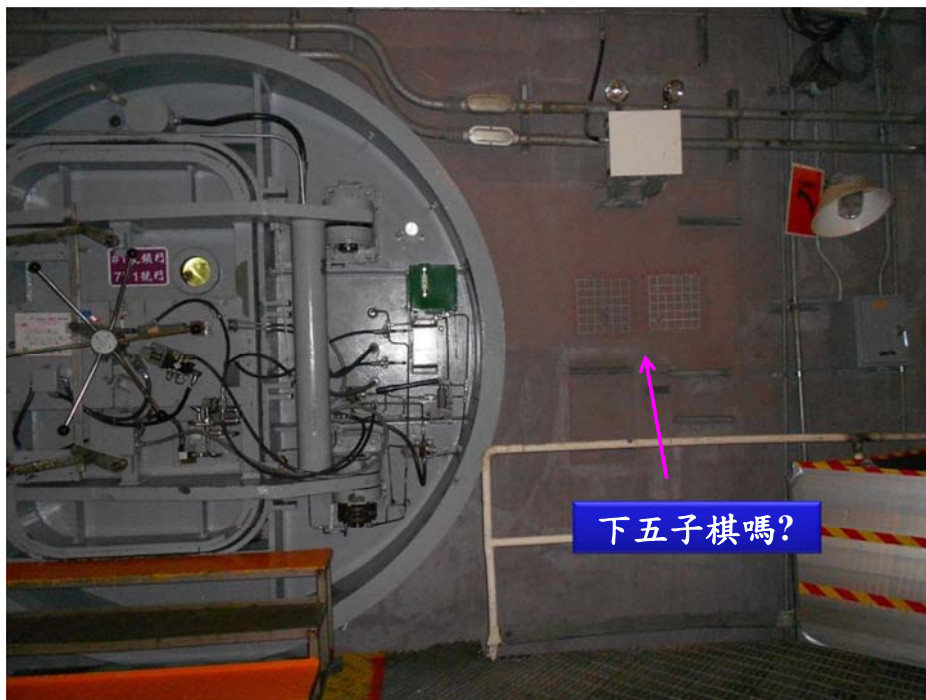
## 乾井電纜穿越器



19







## 頂部水池(Upper Pool) 1/2

(1) 位置：位於乾井上方



(2) 功用：

a. 燃料添換操作時：

供作蒸汽乾燥器及分離器等機件之貯存，也供作傳送用過燃料至燃料廠房之用。

b. 反應爐運轉中：

供作乾井頂蓋上方區域的輻射屏蔽，減少燃料裝填樓(Refueling Floor)的輻射劑量。

c. LOCA後：

供作乾井下方(抑壓池)的補充水。頂部水池之門牆設計，只允許22,020 ft<sup>3</sup>補充水至抑壓池。

## 頂部水池(Upper Pool) 2/2

(3) 結構—頂部水池的全部重量(包括結構本身與池水重量)，藉乾井牆將重量傳至反應爐廠房基座。

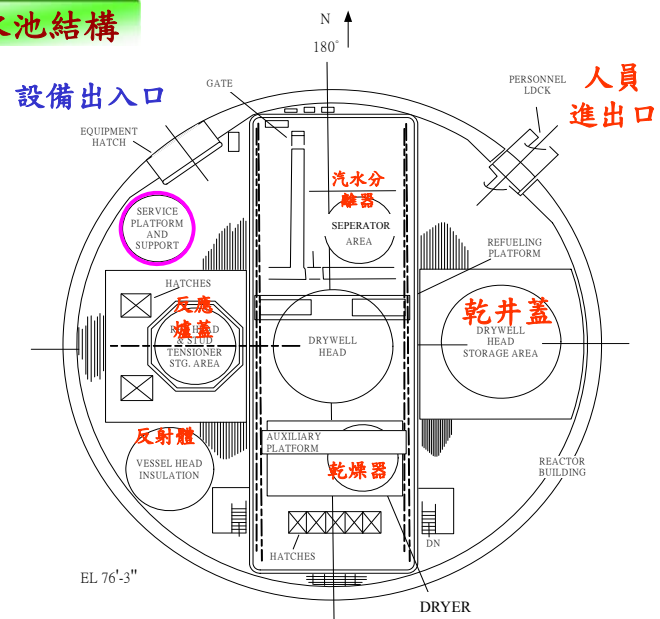
水池尺寸—34呎(寬)×89呎(長)×25呎(深)(7.62m)，內層附加不鏽鋼襯裡，正常儲水量70,800ft<sup>3</sup>。

水池區域—包括有反應爐穴(Reactor Cavity)、汽水分離器儲存池、乾燥器儲存池、燃料儲存池及燃料傳送池等。

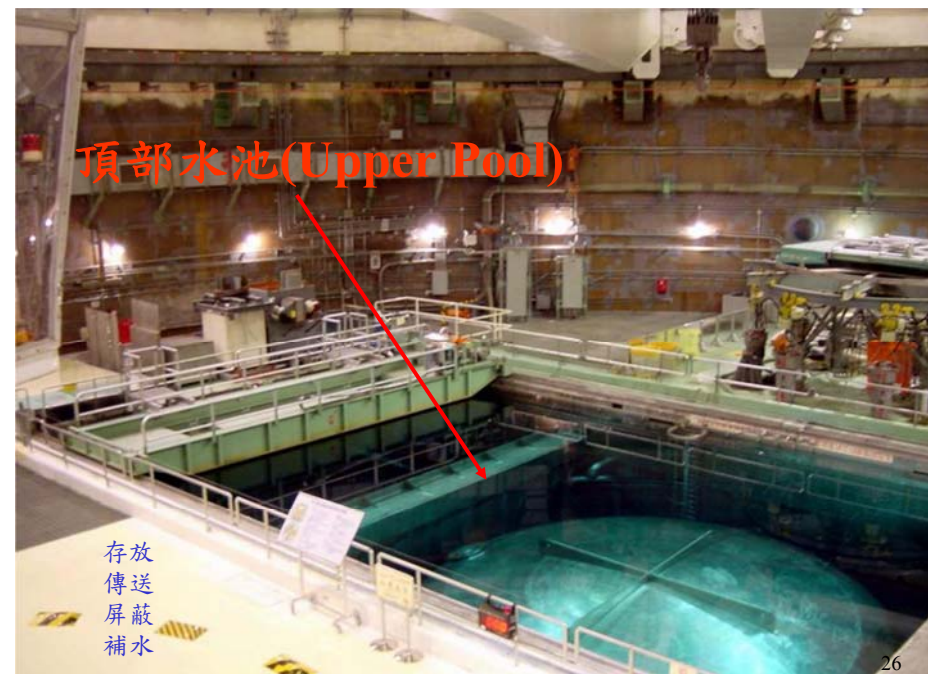
(4) 汽水分離器貯存池和乾燥器儲存池，位於反應爐穴相反兩側，都有3呎厚屏蔽牆，藉以減少RPV凸緣附近工作人員所受的輻射劑量。



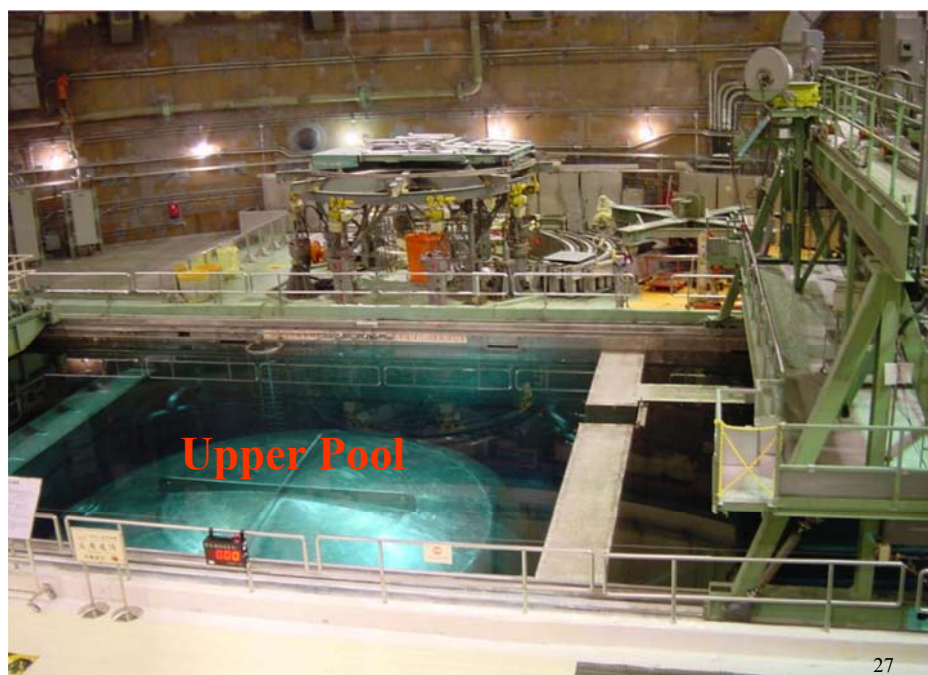
## 頂部水池結構



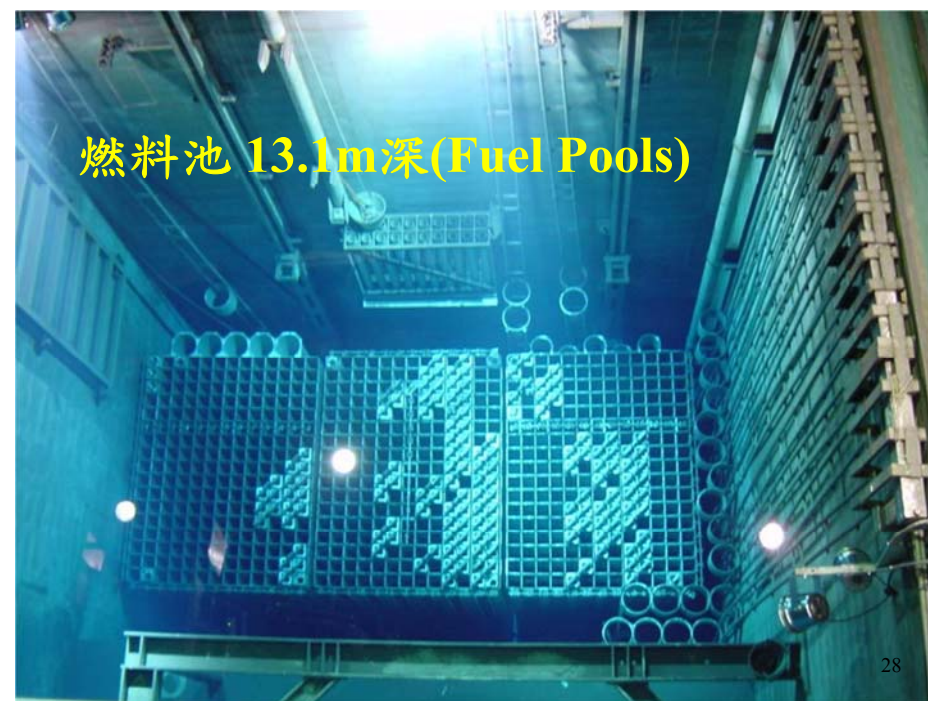
25



26

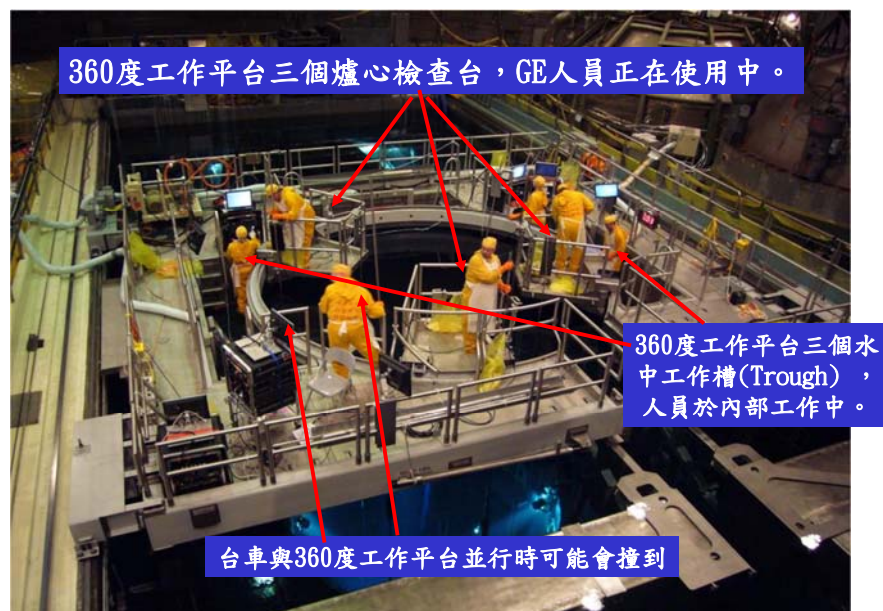
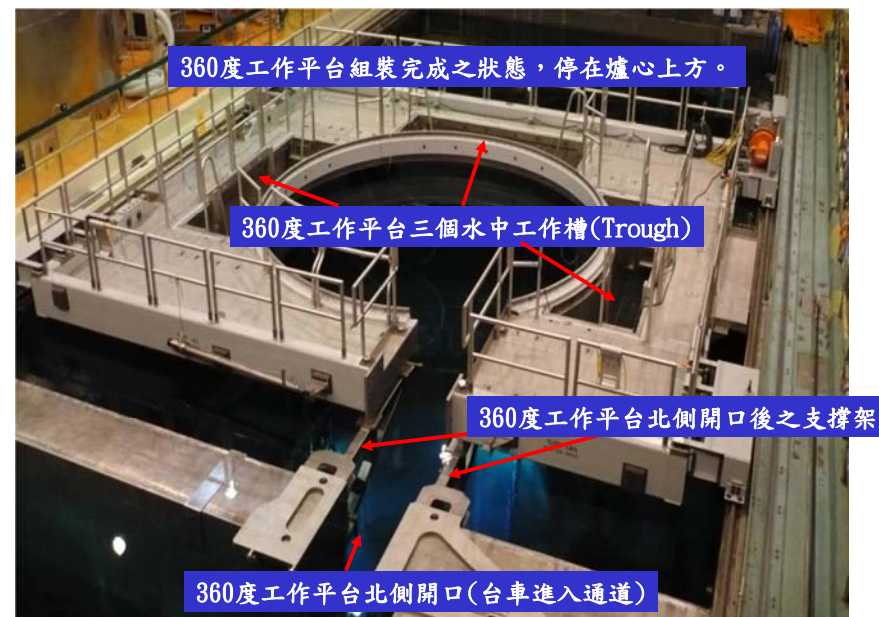


27



28





## 乾井(Drywell) 1/3

(1) 乾井為第一類防震標準設計，平頂直立圓筒式鋼筋混凝土結構。

(2) 功用：

- 作為輻射屏蔽，減少包封容器內的輻射劑量，俾容許人員正常進出。
- 為支持頂部水池之結構體。
- 支持裝置在乾井與包封容器環狀區的工作台、單軌吊車及管架等。
- 支持包封容器及乾井內各種設備(RPV本體和125噸燃料裝填樓起重機除外)。
- 發生LOCA時，導引洩漏蒸汽，經水平通洩口至抑壓池冷卻。
- 保護包封容器的完整，以防止內部飛射物及管路衝擊。



### 第一類防震標準設計

核能電廠設備防震分類	
地震一類	Seismic
地震二類	Seismic
無歸類	Unclassified

耐震到多少  
OBE值?  
SSE值?  
2串安全停機路徑值?

地震一類設備具備有下列條件：

- ✓ 設備或系統其故障或失效，不會導致發生嚴重事故(Accident Condition)，且不會釋放危及民眾者。
- ✓ 設備或系統其功能為使反應爐安全停機，保持在停機狀態並移除熱餘。
- ✓ 地震時或地震後，設備或系統可減輕(Mitigate)嚴重事故之後果。

33

### 乾井(Drywell) 2/3

- (3) 乾井上方平面，即為頂部水池的池底。
- (4) 自由空間容積為238,000ft<sup>3</sup>。
- (5) 乾井牆供作各種穿越管路的固定點或錨栓。
- (6) 進出乾井
  - 一個機件通口，供再循環泵馬達拆除搬運用（在地面下第一層）。
  - 一個雙重氣鎖門，供檢修人員在停機或熱爐待機時進入乾井。

34

### 乾井(Drywell) 3/3

#### (7) 設計準則

- 內部壓力：27.5psig  
(100%功率運轉中發生蒸汽破管事故，能引起乾井壓力升高至20.7 psig)。
- 外部壓力：21.0psig  
(LOCA事故發生時，乾井內可能引起負壓)
- 溫度：330°F  
(蒸汽管小破時，所能引起的最大長程溫度的經驗值，這時值班員約需六小時把機組冷卻。)
- 洩漏率：技術規範規定於乾井壓力3psig測試，洩漏率應≤5080 SCFM。

(Standard Cubic Feet per Minute)

35

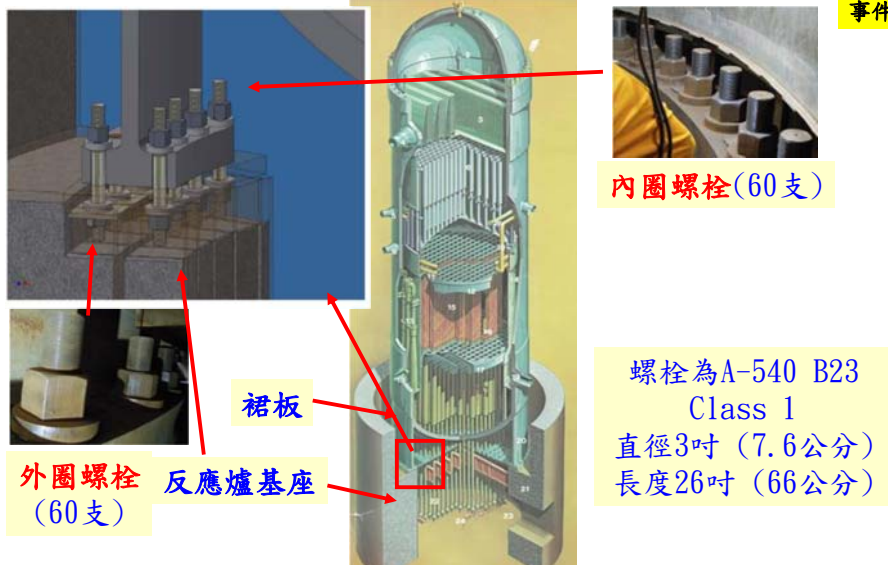
### 反應爐基座(Reactor Pedestal)

- (1) 第一類防震設計，直立圓筒式鋼結構體，豎立於反應爐廠房底層基座上。
- (2) 功用：支持反應爐壓力槽，承受垂直及橫向負荷(後者為LOCA引起的噴射力)。

36

## 反應爐支撐裙板錨定螺栓設備

螺栓  
事件



1. 反應爐支撐裙板錨定螺栓功用，是防止反應爐橫向滑動。
2. 反應爐及其內部組件之重量，係靠鋼筋混凝土基座支撐。

## 生物屏蔽(Biological Shield) 1/2

(1) 直立圓筒式混凝土及鋼結構(第一類防震設計)，由RPV基座支持，高度超過爐心頂部。屏蔽牆本身是H柱型結構，內外層表面均為碳鋼板，中間層再充填混凝土。

(2) 功用：

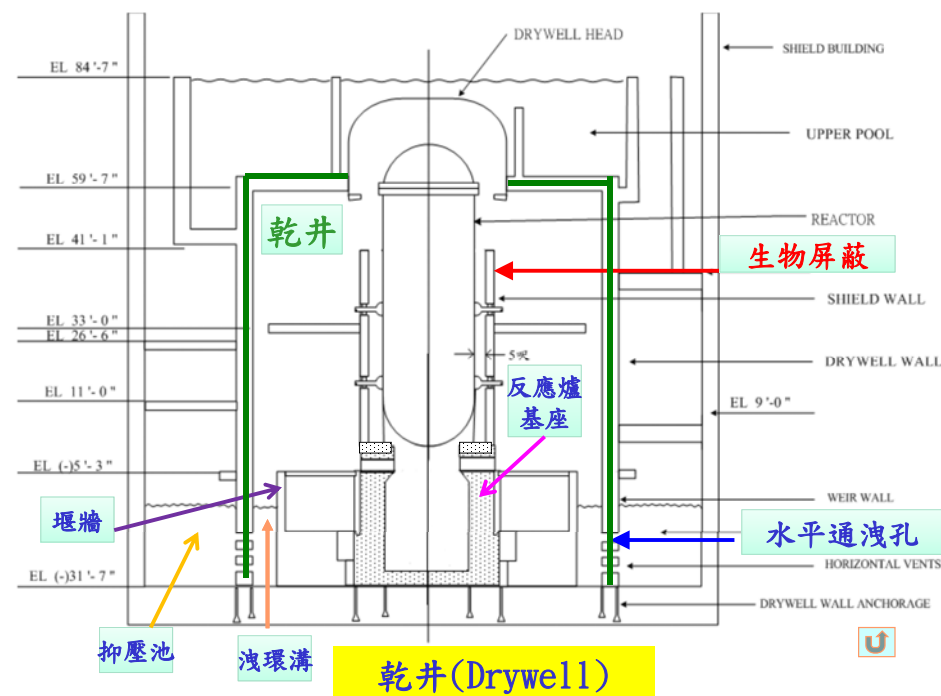
- 減少乾井內的輻射劑量，使檢修人員能在停機中進入乾井工作。
- 減少乾井內設備的伽瑪(Gamma)及中子暴露劑量。

38

## 生物屏蔽(Biological Shield) 2/2

(3) RPV與生物屏蔽牆內壁，大約有5呎寬隙目的為：

- 容許個別安裝生物屏蔽與RPV，互不干擾。
- 容許屏蔽建妥後，仍能安裝RPV附屬管路。
- 容許進入檢查壓力槽噴嘴及焊口。



39



## 水平通洩口(Horizontal Vents) 1/2



- (1) 有三排水平通洩管貫穿 乾井，每排34支管總共 102支水平通洩管。
- (2) 功用：LOCA時,引導漏洩蒸汽排入抑壓池冷卻。

41

## 水平通洩口(Horizontal Vents) 2/2

- (3) 在乾井底部，抑壓池內側表面，為圓柱形鋼筋混凝土堰牆(Weir Wall)，用以保持正常抑壓池水位。堰牆與乾井牆間的環狀空間，叫做通洩環溝(Vent Annulus)。
- (4) 堰牆高出抑壓池高水位頂部約4呎3吋，理由是保證包封容器內儀器管路破裂時，冷水不致溢流回到乾井內，濺及再循環系統。

42

## 壓力抑制池(Suppression Pool)

- (1) 抑壓池是360°環狀水池，位於反應爐廠房底部，堰牆(Weir Wall)與包封容器牆(Containment Wall)之間。



- 抑壓池與水各接觸面，如乾井、堰牆，及水平通洩口(Horizontal Vents)等，均以不鏽鋼作內襯，在空氣與池水界面另加保護塗層(Protective Coating)，以防止腐蝕。
- 水池是18呎6吋(寬)×23呎8吋(深)(堰牆高度)，正常水深19呎2吋±3吋(容積111,080~113,950ft<sup>3</sup>)。

### (2) 功用：

- 作為RCIC汽機排汽或安全洩壓閥(Relief Valve)的熱沉(Heat Sink)。
- LOCA發生時，把一次系統漏洩於乾井內的蒸汽凝結。
- 作為緊急爐心冷卻系統(ECCS)水源。

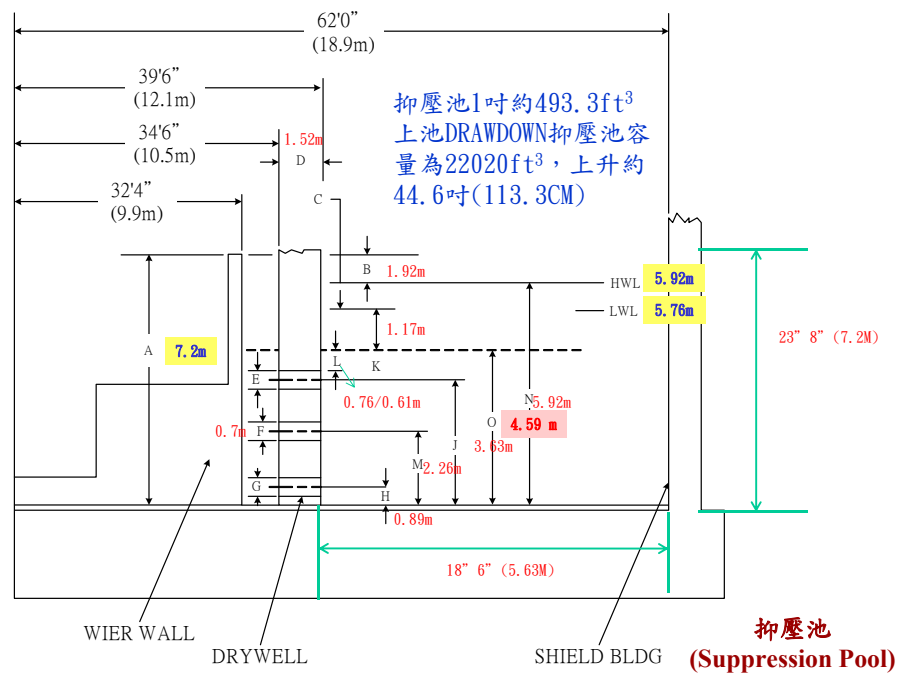
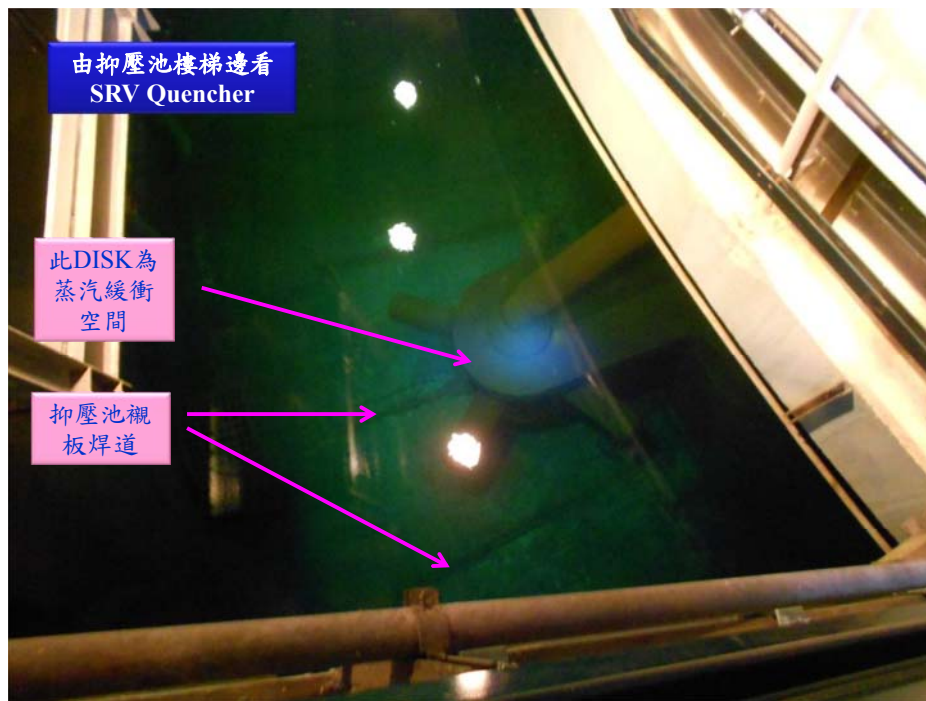
43



壓力抑制池

熱沉  
蒸汽凝結  
水源

P-44-



## 核蒸汽供給關斷系統NS<sup>4</sup> (Nuclear Steam Supply Shutoff System)

功用：

- 自動 隔離 穿越包封容器各主要管路，防止大量的放射性物質，由燃料護套及核能系統屏障外洩。
- 在反應爐異常狀況，防止爐心冷卻水不足以淹蓋核心。



## 核蒸汽供給關斷系統NS4 (Nuclear Steam Supply Shutoff System)

### 關斷閥(Shutoff Valve)

接受自動信號即行關閉，以防止反應爐爐心冷卻水不足。通常有兩只串聯的關斷閥，例如主蒸汽管隔離閥(MSIV)

#### ➤ 內圍閥(Inboard Valve)

管路離開RPV或一次系統後的第一只關斷閥。通常此閥位於乾井內，故稱為內圍閥。

#### ➤ 外圍閥(Outboard Valve)

管路離開RPV或一次系統後的第二只關斷閥。通常位於屏蔽廠房之外，故稱為外圍閥。

49



## 核蒸汽供給關斷系統NS4 (Nuclear Steam Supply Shutoff System)

### 設計標準(Design Bases)：

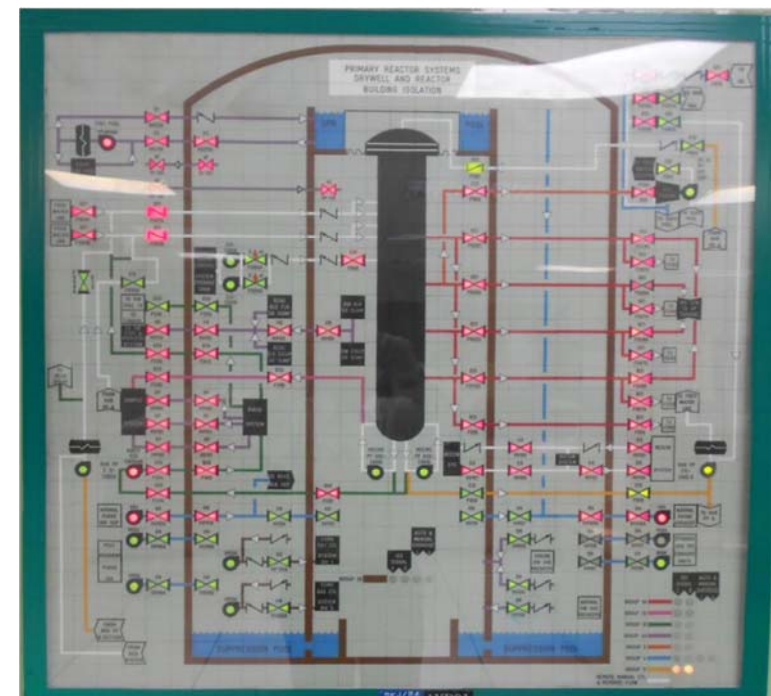
- 1.內圍閥與外圍閥，分別具有獨立的感測元件(Sensor)和邏輯電路等。
- 2.自動關閉信號，閥即能立即確實地關閉。信號已除，未復歸則關閉動作無法中斷。
- 3.具有特性
  - ✓ 雙重控道(Dual Channel)。
  - ✓ 故障時安全(Fail Safe) (即失去電源就跳脫)。
- 4.包封容器的內、外圍閥，可靠的AC電源。
- 5.運轉中可測試

50

## NS<sup>4</sup>自動隔離信號

- 1.反應爐第一階水位 (LOCA) 
- 2.反應爐二階水位 (SMALL LOCA-ATWS)
- 3.反應爐第三階水位 (RX SCRAM)
- 4.主蒸汽管高輻射量(3倍正常滿載輻射量)
- 5.主蒸汽管隧道高溫
- 6.主蒸汽管高流量
- 7.汽機進汽壓力低
- 8.乾井高壓力 (LOCA)
- 9.反應爐廠房正常排氣高輻射量
- 10.反應爐水淨化系統高流量差
- 11.反應爐水淨化系統各區域高溫 
- 12.RHR系統區域高溫及冷卻進口高溫(43.3°C 或120°F)
- 13.RHR系統反應爐壓力(9.34 kg/cm<sup>2</sup>或133psig)

51



52

# PCIS

僅供參考，實際  
應用應查詢圖面

GROUP	名稱	RPS	LEAK	LOGIC	動作系統
<u>1A</u>	MSIV	E	Y		MSIV MSL DR LINE BOTTLE UP
<u>1B</u>	RX SMAPLE VALVE	E		A+D OUT B+C IN	B33-F019/20
<u>1C</u>	RWCU	E	Y	A OUT B IN	RWCU 8 ISO VALVE
<u>2A</u>	SMALL LOCA	E		A+D OUT B+C IN	1.R/B HVAC 2.A/B HVAC 3. 1 <sup>ST</sup> /2 <sup>ND</sup> ISO VALVE
<u>2B</u>	LOCA			A+E OUT B+F IN	LOCA SEQUENCER LOCA切載 MCR HVAC
<u>2C</u>	HPCS TEST LINE			C OR G + D OR H	HPCS E22-F023
<u>3</u>	RCIC		Y	A OUT (部分) B IN	RCIC ISO
<u>4</u>	R/B HI RAD	E		A+D OUT B+C IN	R/B HVAC、A/B HVAC、START SGTS
<u>5</u>	RHR	E	Y	A+D OUT B+C IN (原則)	SYS LOGIC (RX HI PR) VALVE LOGIC (D/W HI PR)
<u>6</u>	RCIC VAC BKR				RCIC VAC BKR



一號機發生何事這  
些燈亮？

當然還有其他警報  
協助判別



一號機發生何  
事這些燈亮？

RPS-B斷電  
BUS A4斷電  
緊變斷電





各PCIS GROUP各有幾個動作控道?動作邏輯為何?

✓觀念原則上

- 系統邏輯信號(壓力、水位等):4控道
  - LEAK DETECTION信號:4控道或2控道
- 例如:

GROUP-1A

A(1C32) B(1C42) C D(1C11)

GROUP-1C/3/5

A(1C32) B(1C42)

✓應用上仍應逐一查詢圖面資料



CH-B

LEAK DETECTION



那些系統有LEAK DETECTION

1(2) C42 集	
E31-N013B	RWCU PUMP ROOM 1 TEMP.
E31-N014B	RWCU PUMP ROOM 2 TEMP.
E31-N020B	RWCU Rm ROOM TEMP.
E31-N021B	RWCU PUMP ROOM 1 TEMP.
E31-N022B	RWCU PUMP ROOM 2 TEMP.
E31-N023B	RWCU VALVE NEST ROOM TEMP.
E31-N024B	RWCU DEMIN ROOM 1 TEMP.
E31-N025B	RWCU DEMIN ROOM 2 TEMP.
E31-N026B	RWCU DEMIN VALVE ROOM TEMP.
E31-N027B	RWCU DEMIN REC. TANK TEMP.
1(2) C42 集	
E31-N006B	ROR EQUIP AREA 1 TEMP.
E31-N008B	ROR EQUIP AREA 1 TEMP.
E31-N010B	ROR EQUIP AREA 2 TEMP.
E31-N011B	ROR EQUIP AREA 2 TEMP.
E31-N004B	MSL PIPE TUNNEL TEMP.
E31-N005B	MSL PIPE TUNNEL TEMP.
E31-N002B	RCIC EQUIP AREA TEMP.
E31-N003B	RCIC EQUIP AREA TEMP.
E31-N004F	RCIC IN STREAM TUNNEL TEMP.
E31-N005F	RCIC IN STREAM TUNNEL TEMP.
1(2) C42 集	
E31-N028B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N029B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N030B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N031B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N032B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N033B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N034B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N035B	TURBINE BLDG TEMP.
E31-N036B	TURBINE BLDG TEMP.

3/5

1A/1C

## 備用氣體處理系統SGTS (1/3) (Standby Gas Treatment System)

### ☺ 功用：

- ☑ 在LOCA事故發生後，過濾並排除一次圍阻體漏出之空氣，以免未經過濾的空氣漏到外界，確保廠界外輻射劑量小於10 CFR100之規定。
- ☑ LOCA事故發生後保持反應爐輔助廠房負壓(<-0.25"H2O)
- ☑ 供二次圍阻體完整之洩漏試驗。

61

## 備用氣體處理系統SGTS (2/3) (Standby Gas Treatment System)

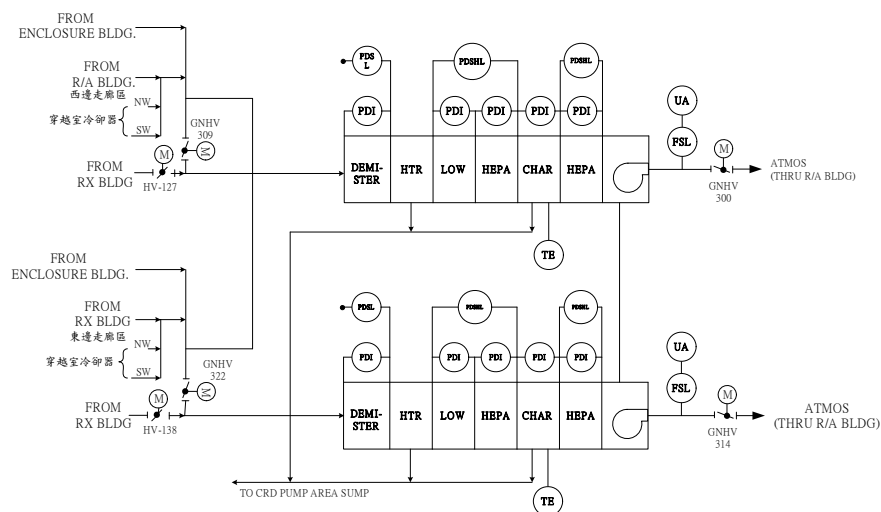
### 系統說明：

#### 1.此系統能處理下列區域之空氣：

- (1) 包封容器
- (2) 密封廠房(Enclosure Building)
- (3) 反應爐輔機廠房走廊區
- (4) 反應爐輔機廠房各穿越器室

#### 2.二列100%過濾排氣系統並聯設置，每列SGTS由下列設備串聯組成：

62



備用氣體處理系統(SGTS)

63

## SGTS自動起動信號(3/3)

### 3.自動運轉操作：

- (1) GN-HS 341(342)於"OFF"位置時，接受下列信號自動起動：
  - a.反應爐廠房正常排氣高輻射+無所屬D/G Sequencer Block Signal。
  - b.所屬D/G Sequencer Initial Signal。
    - D/W高壓力(1.74psig)。
    - 反應爐第一階水位(-130"，-330cm)。
    - ECCS DIVI及DIV II 手動起動。
- (2) GN-HS341(342)於"ON"位置時，接受下列信號自動起動：
  - 反應爐輔助廠房充氣通道低差壓
  - 西南側穿越器室低差壓
  - 西北側穿越器室低差壓
  - 密封廠房低差壓

64





備用氣體處理系統排氣偵測

備用氣體處理系統



## 包封容器偵測系統CAMS (Containment Atmosphere Monitoring System)

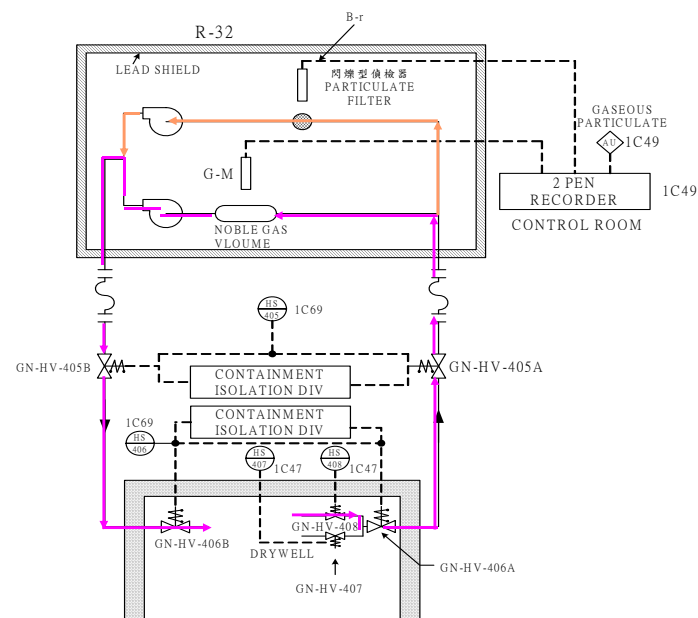
CAMS洩漏偵檢-----D/W FISSION PRODUCT RAD MON  
正常時用

- (1) 反應爐正常運轉中偵測乾井內空氣分裂產物的偵檢，以補充通風排氣系統輻射偵測的不足。
- (2) LOCA時，此系統被隔離。

CAMS事故後偵測----事故後氫氣偵測器  
事故時用

- (1) LOCA發生後，偵測乾井及包封容器內空氣中 $H_2$ 含量。
- (2) 雙重控道防震設計及電源分離標準。
- (3) 手動或自動(LOCA)啟用，只能手動停止。

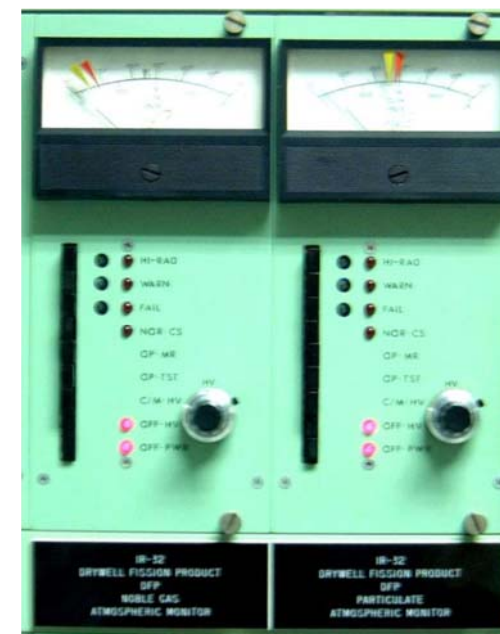
66



乾井洩漏偵測CAMS

(連續空氣取樣)DFP MONITOR SYSTEM

67



1R-32

68

# CAMS事故後偵測

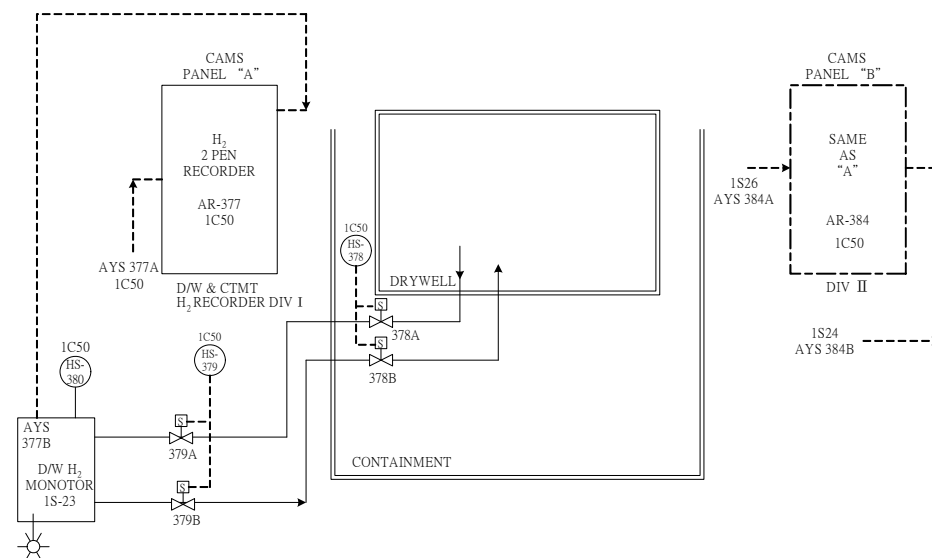
## CAMS：事故後偵測

### (1) H<sub>2</sub>偵測器

- 偵測乾井及包封容器內H<sub>2</sub>容量。
- 系統啟用後，連續偵測。
- 偵測範圍0~20%氫氣濃度

### (2) CAMS偵測控制盤

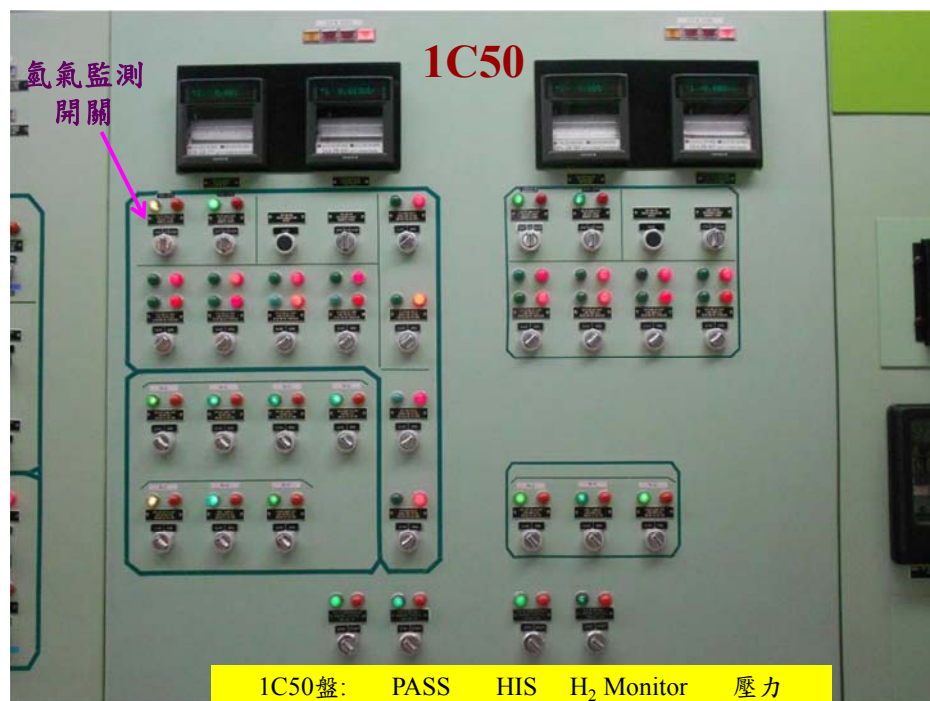
有關控制、指示器和記錄器，均在控制室CAMS盤上。



**LOCA事故後偵測  
乾井及包封容器內H<sub>2</sub>含量**

69

70



1C50盤: PASS HIS H<sub>2</sub> Monitor 壓力







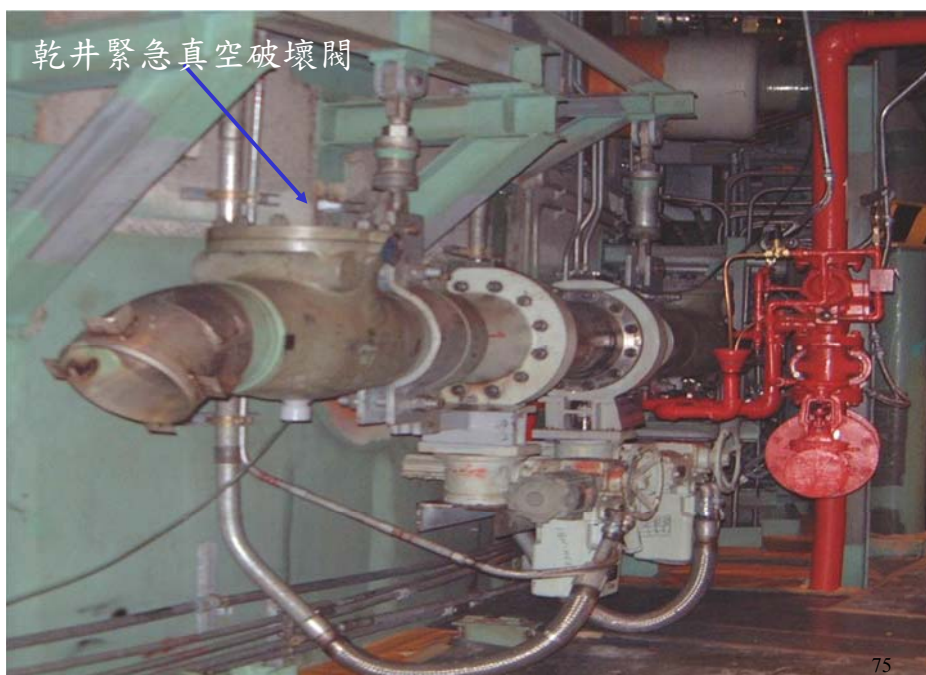
## 乾井真空釋放系統

1.功用：防止抑壓池水高於堰牆，流入乾井內。

2.裝置：

- (1) 一個8" 氣控乾井正常真空釋放閥。
- (2) 二個10"馬達操作乾井緊急真空破壞閥。
- (3) 二個10"易燃氣體控制系統出口閥。

74



75

## 包封容器內易燃氣體控制系統CGCS (Combustible Gas Control System)

CGCS系統包括：

- (1) H<sub>2</sub>偵測系統 --
- (2) H<sub>2</sub>沖淡系統--
- (3) H<sub>2</sub>再結合系統--
- (4) H<sub>2</sub>點火系統--

76

## 氫氣的產生

### 短程氫氣的產生：

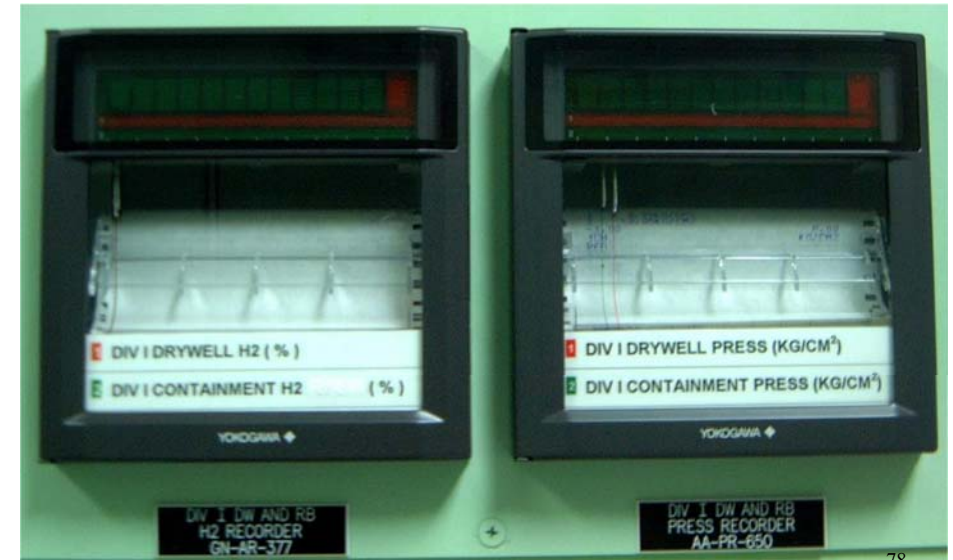
- (1) LOCA時鋯金屬與水反應產生大量氫氣。
- (2) 釋熱反應，每磅鋯反應時產生2800BTU更加速鋯與水反應。
- (3) 空氣中氫含量>4%時易爆炸。

### 長程氫氣的產生：

- 輻射作用使爐水及抑壓池水分解為自由氫與氧

77

## 乾井及包封容器氫氣記錄器



78

## H<sub>2</sub>偵測系統

- 1.連續偵測乾井及包封容器內H<sub>2</sub>含量。
- 2.控制室有H<sub>2</sub>含量指示。
- 3.高H<sub>2</sub>含量時在控制室發出警報。

79

## 氫沖淡系統 (Hydrogen Dilution System)

### 系統說明

- (1) 兩組各100%容量混合系統。
- (2) 500scfm離心式吹風機(6 psid)。
- (3) 此系統有連鎖，LOCA發生時，防止5分鐘以內起動，5分鐘後才自行起動。

80



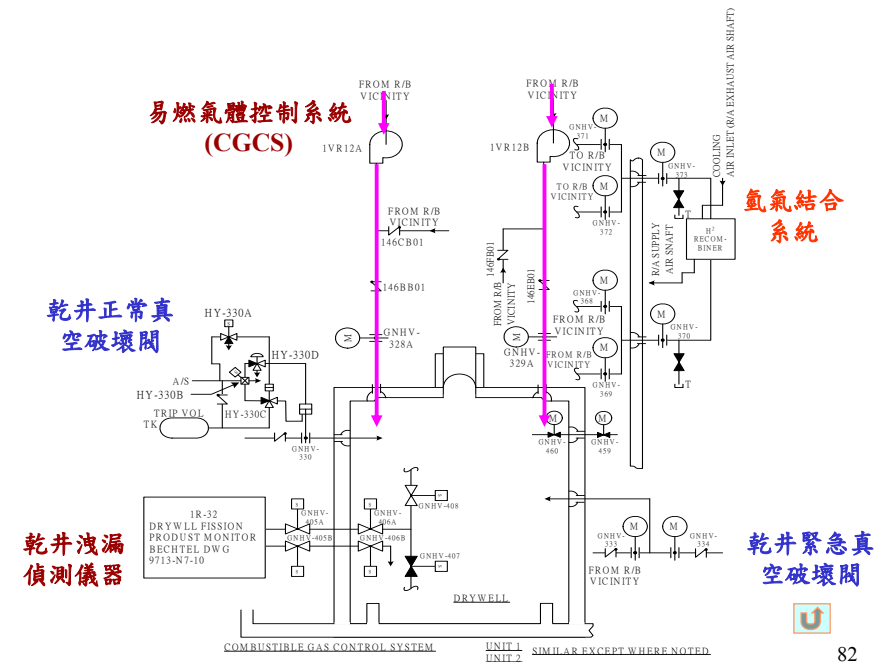
## 氫沖淡系統運轉

(1) 為了沖淡乾井和包封容器的氫氣濃度，用作稀釋的空氣由乾井頂部送入。

- 有效地加壓乾井上方，使不凝結氣體及蒸汽均勻地通過抑壓池通洩口。
- 蒸汽凝結於抑壓池，事故後仍維持封閉式乾井。  
*稀釋/加壓*

(2) 用H<sub>2</sub>再結合器(H<sub>2</sub> Recombiner)控制LOCA後在乾井/包封容器內空氣中氫氣濃度。

VR12啟動信號：LOCA後五分鐘，若乾井壓力>4PSID而後再降下至<4PSID，出口閥自動開啟，當其開度>75%後，則氫氣沖淡系統會自動啟動。本系統亦可由操作員手動啟動。本系統以反應爐廠房整個空間的氣體去稀釋乾井內氫氣的含量，空氣壓縮機連續運轉加壓於乾井，而使乾井內含有氫氣的不凝結氣體壓力超過抑壓池水的背壓時，則這些氣體會經抑壓池的水平通洩管到反應爐廠房，以保持氫氣濃度在 4% 以下



82



## 氫氣再結合系統 (Hydrogen Recombiner System)

- 將LOCA時滲入包封容器之H<sub>2</sub>，在再結合器(Recombiner)中再與O<sub>2</sub>結合成水，避免H<sub>2</sub>超過爆炸濃度，結合後送回包封容器。
- 備用氣體處理系統(SGTS)與事故後充氣系統(Post-Accident Purge Supply System)聯合，做為本系統之後備。
- 本系統為可移動式，一、二號機可互換使用。

84



## 氫氣點火系統 1/2 (Hydrogen Ignition System, HIS)

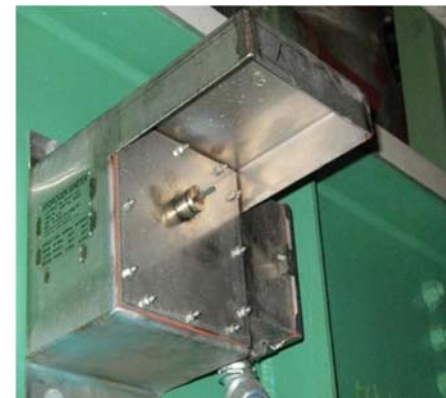
- 減少因爐心事故時水與金屬反應所產生之氫氣釋放至乾井及圍阻體的氫氣濃度
- 本系統必須在事故後至少能連續運轉168小時(7天)
- 每一點火器約耗電120VA，電流在0.74安培以上可使點火器溫度達1700°F。

86

## 氫氣點火系統 2/2

- 單一點火器故障不會影響其他點火器之功能，每部機有氫氣點火器86個，其中乾井24個、濕井24個、圍阻體中層26個、圓頂區12個。
- 86個點火器  
共分成16個控制迴路  
8個迴路為DIV I，8個迴路為DIV II，每一區均由單一獨立之配電盤供電，電源為1E級，並有一非Q級之後備柴油發電機。

87



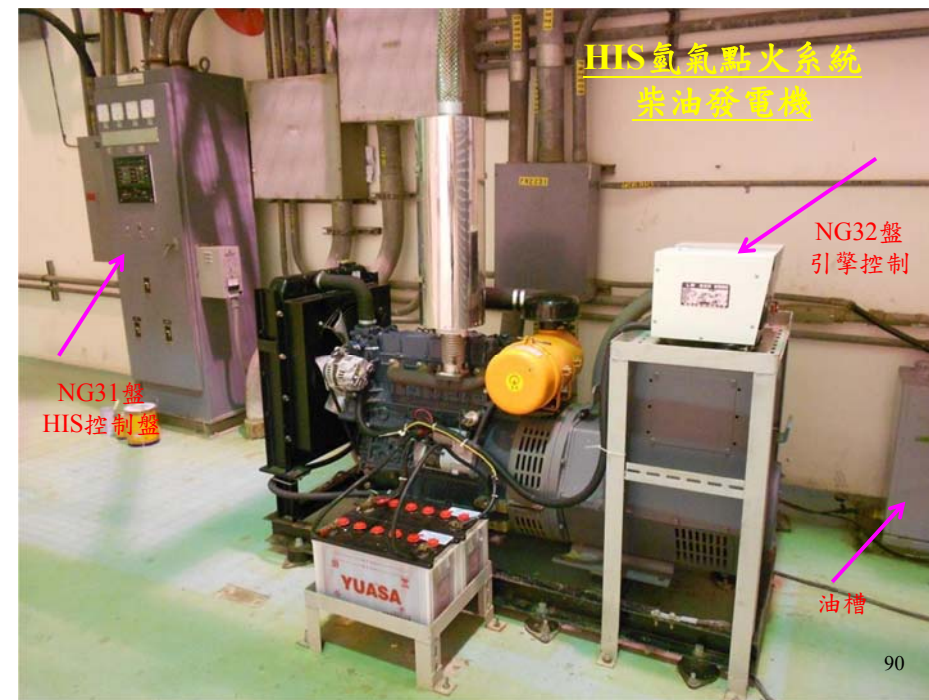
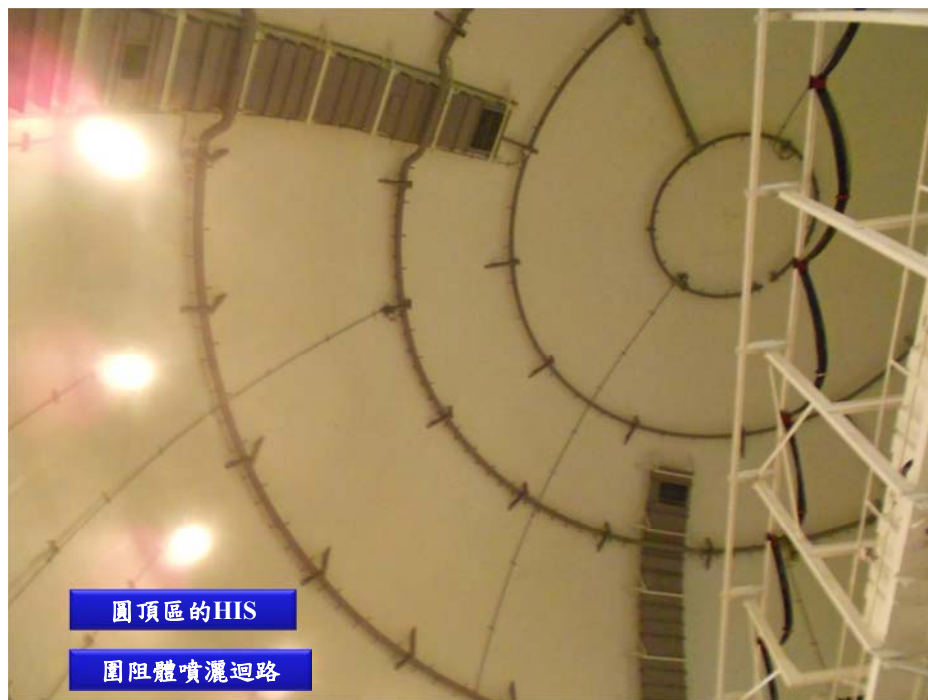
氫氣點火系統  
(Hydrogen Ignition System HIS)



88



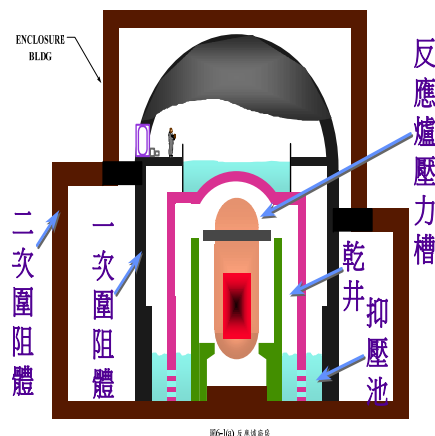




## 抑壓池補水系統 1/4 (Suppression Pool Makeup System)

LOCA發生時，ECCS系統灌入的水，經破管處流至乾井底部堰牆內部。

- ☑ 主蒸汽管斷裂時，RPV正常水位以上部份及各主蒸汽管也將灌滿水。
- ☑ 這些區域的注水，來源是靠ECCS由抑壓池抽水，故抑壓池水位因此下降，這種水位下降叫做"抽低"(Draw Down)。
- ☑ 為限制抽低水量，頂部水池的水洩至抑壓池補充。



## 抑壓池補水系統 2/4

### 設計目的

1. LOCA發生時，補充抑壓池水位下降，使池水至少應在2'通洩口以上。
2. 抑壓池補水，須延遲到初期沖放池水膨脹之後，才視需要而定，方不致使池水高漲。
3. 上部水池洩水信號動作後，急速洩水使ECCS抽水不致引起抑壓池水位繼續下降。
4. 為了防止正常運轉中洩水信號誤動作，導致乾井底部淹水，抑壓池補水量予以限制。
5. 提供多重性保護，使單一故障不致影響運轉功能。
6. 不計較飼水或HPCS由CST取水注入反應爐的水。

## 抑壓池補水系統 3/4

### 系統運轉

1. 20"補水管兩支，分別由頂部水池兩側凹槽底部取水，經兩只電動閥(正常關閉)補水至抑壓池。
2. 動作條件：符合下列三種情形，才能動作此系統，由頂部水池補水至抑壓池。

(1) 抑壓池水位過低(低於正常水位18")

+ LOCA允許信號。

(2) LOCA允許信號

+ 30分鐘時延(考慮蒸汽管小破)。

93

## 抑壓池補水系統 4/4

### (3) 手動補水

LOCA允許信號

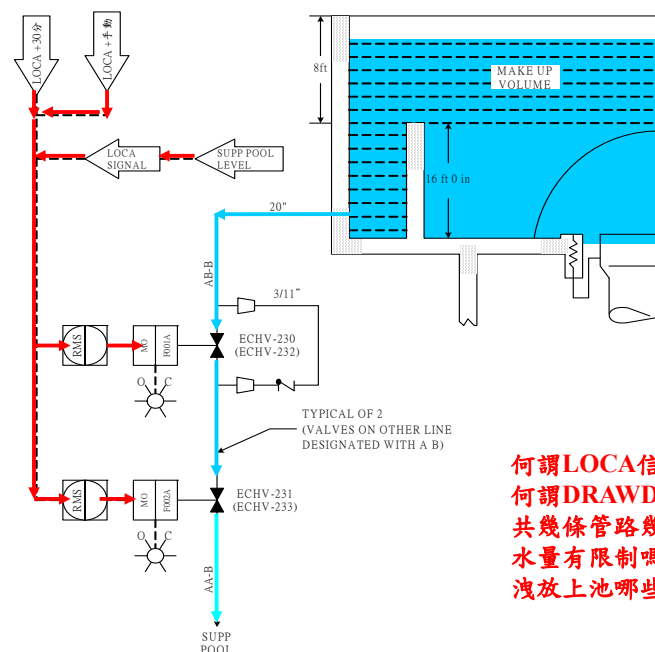
+ 手動操作補水。

3. 補水系統動作時，四只電動閥開啟(每一補水管有兩只)。

4. 每條補水管路，都有足夠的流量，以符合設計需要。

☑ 補水管路伸入頂部水池，取水口有一定高度，用來限制補水量，避免系統誤動作時，抑壓池水溢出堰牆使乾井底部淹水，也可防止再循環系統發生熱震(Thermal Shock)。

94



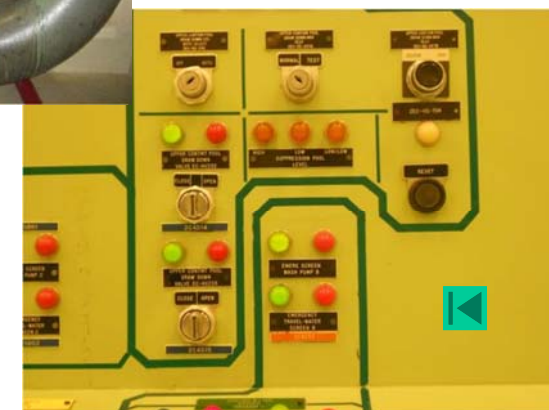
抑壓池  
補水系統  
(SPMU)

何謂LOCA信號?  
何謂DRAWDOWN?  
共幾條管路幾個閥?  
水量有限制嗎?  
洩放上池哪些區域的水?

95

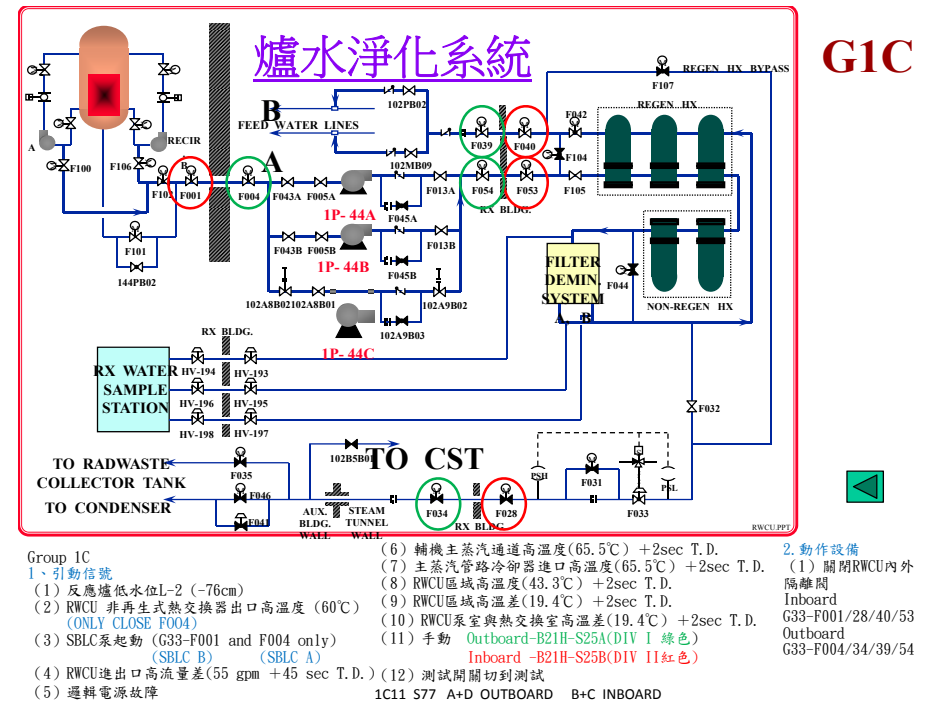
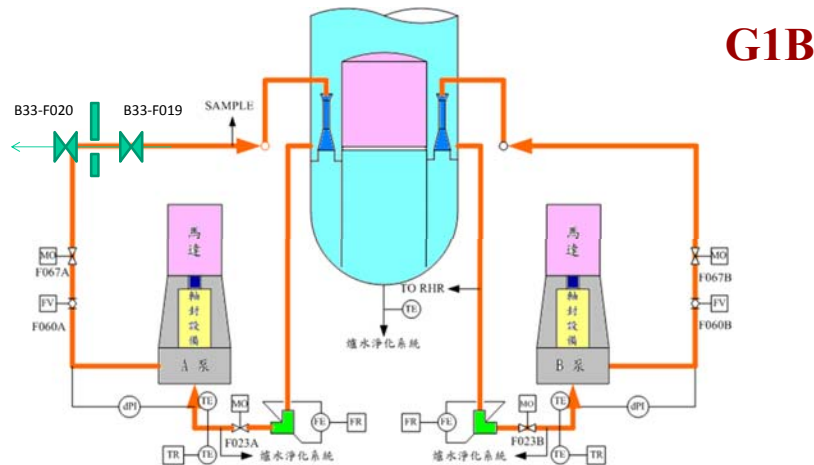
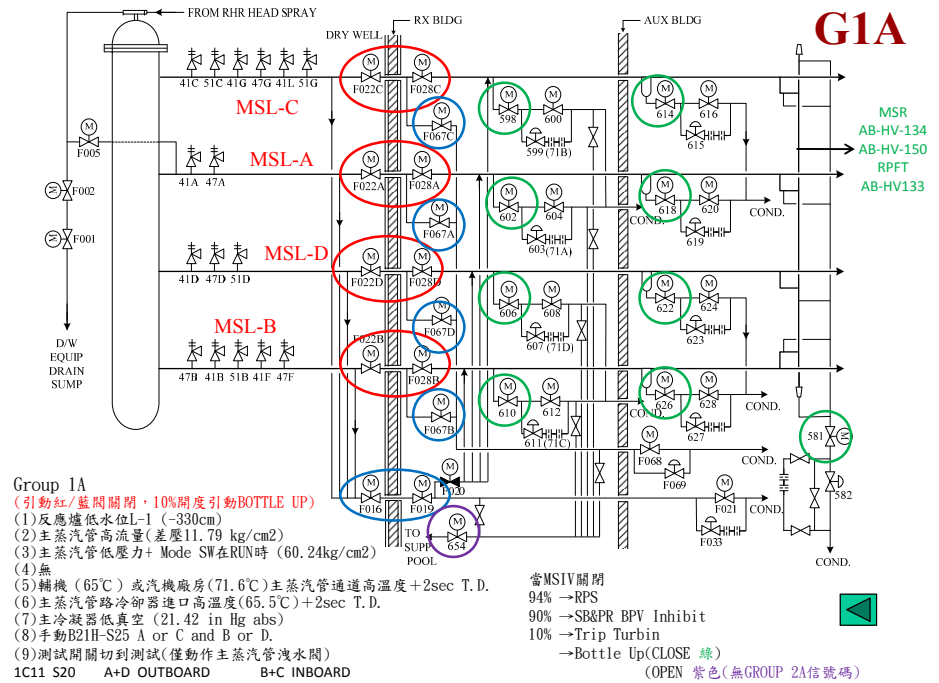


SPMU  
盤面排列





課程完畢！  
請多指教  
謝謝！！



## G2A

### Group 2A

#### 引動信號

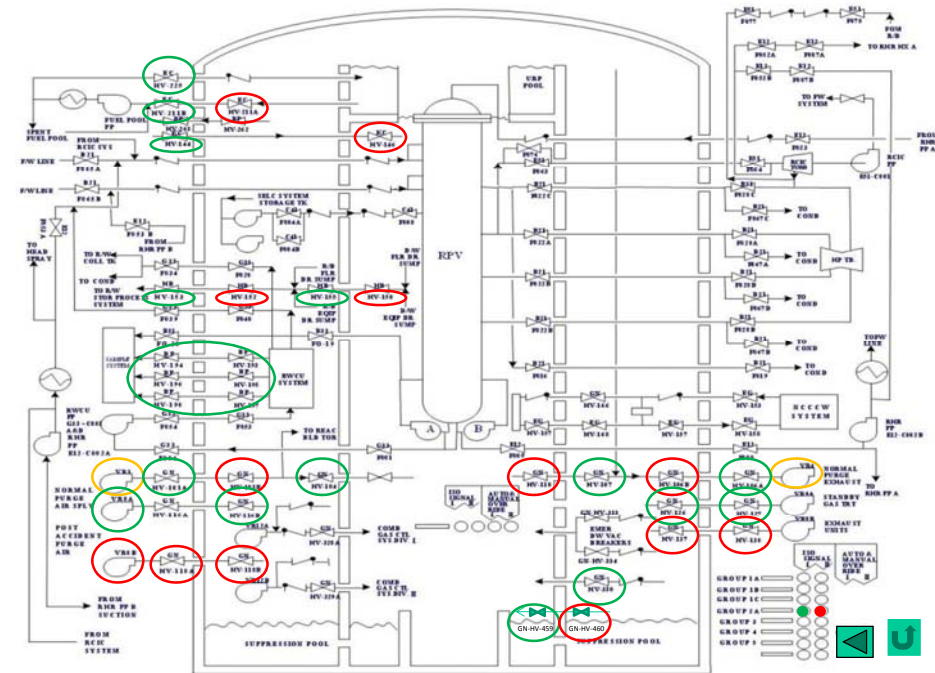
- (1) 反應爐低水位L-2 (-76cm)
- (2) 乾井高壓力(0.122kg/cm<sup>2</sup>or 1.74 psig)
- (3) 手動

Div.I-B21H-25A

Div.II-B21H-25B

- (4) 測試開關切到測試

1C11 S19 A+D OUTBOARD B+C INBOARD



## G2B

### Group 2B

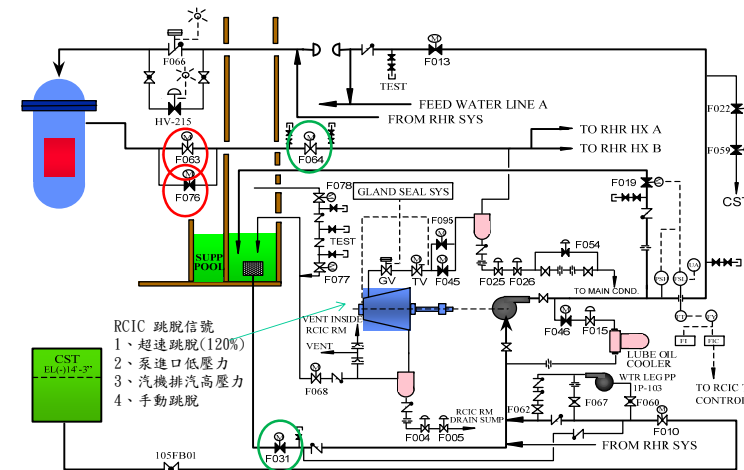
#### 引動信號

- (1) 反應爐低水位L-1 (-330cm)
- (2) 乾井高壓力(0.122kg/cm<sup>2</sup>or 1.74 psig)
- (3) 手動

Div. I-E21-S9(LPCS),

Div. II-E12-S21(RHRB)

置BYPASS位置時, 將 LOCA 信號旁通, 可開啟 HVAC 隔離閥(GROUP 4 VR8A, 116A, 116B GN-126, 127, 309, 138)及 GROUP 4隔離超越(OVERRIDE) 指示燈亮. 另VR8B, 118A, 118B GN-137, 138, 127, 322)



## G3

### Group 3

#### 1、引動信號

- (1) RCIC蒸汽高流量(3±1 sec)(偵測F063上游)  
Outboard--±0.65kg/cm<sup>2</sup>  
Inboard--±0.47kg/cm<sup>2</sup>
- (2) 反應爐低壓力 (5.74kg/cm<sup>2</sup>)
- (3) 汽機排氣閥高壓力 (0.7kg/cm<sup>2</sup> or 10 psig)
- (4) RCIC區域冷卻系統高溫度 (43.3°C or 110°F) + 2sec T.D.
- (5) RCIC 區域高溫度 (43.3°C or 110°F) +2sec T.D.
- (6) 輔機主蒸汽通道高溫度 (65.5°C or 150°F)+30min T.D.
- (7) 輔機主蒸汽通道冷卻系統高溫度 (65.5°C or 150°F) +30min T.D.

- (8) RHR熱交換器室高溫度(48.9°C or 120°F) +2sec T.D
- (9) RHR熱交換器室冷卻系統高溫度(48.9°C or 120°F) +2sec T.D.
- (10) RHR/RCIC 蒸汽高流量(3±1 sec)(偵測F063上游)  
Outboard--±0.399kg/cm<sup>2</sup>  
Inboard--±0.409kg/cm<sup>2</sup>
- (11) 溫度偵測邏輯電源失效
- (12) 手動-Outboard-E51-S23

2.動作設備  
RCIC邊界隔離閥  
Outboard  
E51-F064/31  
Inboard  
E51-F063/76



## Group 4

### 1. 引動信號

- (1) 與Group 2A相同，另外再加上
- (2) 廠房排氣管放射偵測系統高輻射 (Containment Vent Plenum Radiation High) (15 mr/hr)

### 2. 動作設備

- (1) 與Group 2A相同，**注意**:下列設備僅接受廠房排氣管放射偵測系統高輻射信號隔離。
- (2) 反應爐廠房通風系統

- a. 跳脫正常充氣與排氣系統  
Div. I--1VR3, 1VR4

- b. 關閉正常充氣管路隔離閥  
Div. I--GN-HV101A、104、107 and 106A  
Div. II--GN-HV101B、105、110 and 106B

- c. \* 關閉事故後充氣隔離閥並跳脫1VR8A、8B  
Div. I--CN-HV116A、116B、126 and 127  
Div. II--CN-HV118A、118B、137 and 138

- d. 開啟輔機廠房至SGTS系統進口風門  
Div. I--GN-HV309 Div. II--GN-HV322

- e. 起動SGTS系統  
Div. I--1VR9A Div. II--1VR9B

G4

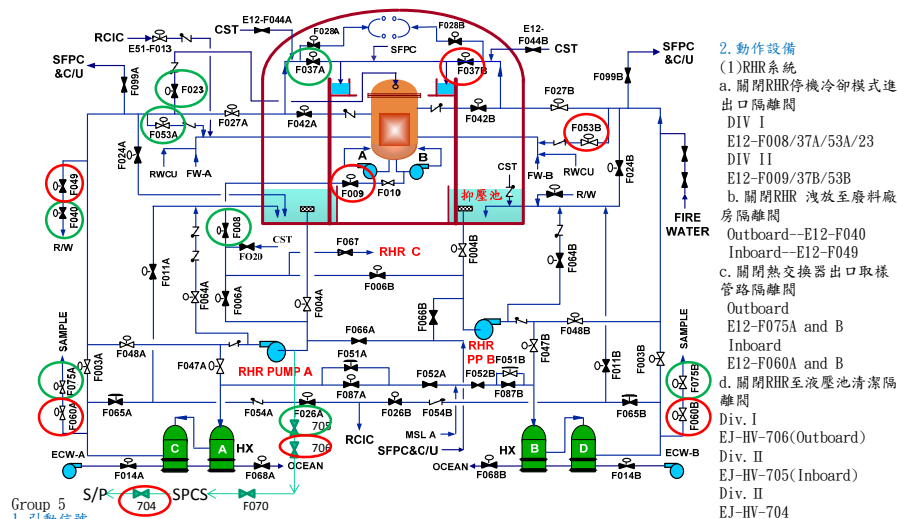
## (3) 輔機廠房通風系統

- a. . \* 跳脫輔機廠房通風進氣風扇  
Div. I--1VA4A, B, C, D 1VA8A and 8B
- b. . \* 跳脫輔機廠房通風排氣風扇  
Div. I--1VA5A, B, C, D, 1VA9A and 9B
- c. . \* 跳脫輔機廠房排氣通道風扇  
Div. I--1VA7A and B
- d. . \* 關閉輔機廠房進氣隔離風門  
Div. I--GL-HV167A and B  
Div. II--GL-HV168A and B
- e. . \* 關閉輔機廠房排氣隔離風門  
Div. I--GL-HV457 Div. II--GL-HV456

廠房排氣管放射偵測系統高輻射隔離信號可被下列開關強制終止

Div. I--GN-HS113A on 1C55 . \*

Div. II--GN-HS114A on 1C55 . \*



G5



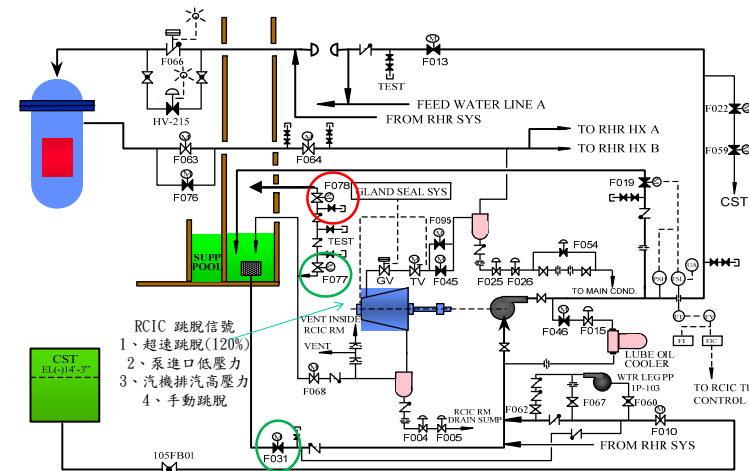
## Group 5

### 1. 引動信號

- (1) 反應爐低水位L-3 (+30.5cm)
- (2) 反應爐高壓力 (9.34kg/cm2 or 133psig)
- (3) RHR熱交換器區域高溫度 (43.3°C or 120°F)
- (4) RHR熱交換器區域高溫度 (19.4°C or 35°F)
- (5) 測試閥開切到測試 (Outboard-B21H-S21A and S21D, Inboard-B21H-S21B and S21C)
- (6) 手動Outboard-B21H-S25A, Inboard-B21H-S25B
- (7) 乾井高壓力 (0.122kg/cm2 or 1.74 psig)

- (8) 測試閥開切到測試  
Outboard  
B21H-S78A and S78D  
Inboard  
B21H-S78B and S78C

- (7)(8)僅引動  
E12-F040, 049, 37A/B, 60A/B, 75A/B  
EJ-HV-704, 705



## Group 6

### 1、引動信號

1. 引動信號
- (1) 乾井高壓力 (0.122kg/cm2 or 1.74psig)
- (2) RCIC蒸汽低壓力 (5.74kg/cm2 or 81.62psig)

### 2. 動作設備

- (1) RCIC系統  
Outboard--E51-F077  
Inboard--E51-F078

附註: Group 6在圖顯示盤上沒有指示燈

G6



## 自動隔離信號及作用(限NS4系統)

### 1. 反應爐低水位

(第一階水位, -330cm或-130in)

#### (1) 理由:

◎ 第一階水位出現時, 表示反應爐爐水由一次系統破管處流失, 此將引起爐心過熱。此設定值不能過低, 一但LOCA發生時, MSIV能及時隔離, ECCS能有充份時間發生作用。

109

#### (2) 隔離:

- a. 全部主蒸汽管(4支)
- b. 主蒸汽管洩水系統
- c. 用過燃料池冷卻及淨化系統
- d. 起動包封容器易燃氣體控制系統
- e. 乾井空氣冷卻器
- f. 反應爐廠房冷卻器
- g. 乾井放射性偵測系統

- h. 起動乾井及反應爐廠房氫氣偵測器
- i. 控制廠房正常通風系統
- j. 正常冷凍水系統(Normal Water Chiller)
- k. 空氣壓縮機
- l. 核機冷卻水泵
- m. 備用柴油發電機起動
- n. 上池洩放閥開啟信號動作



110

### 2. 反應爐低水位---第二階水位-76cm(-30in)

#### (1) 理由:

◎ 第二階水位時, 表示反應爐爐水由一次水系統破管處流失, 此將引起爐心過熱。此水位設定值不應太高, 俾使反應爐急停後的衰變熱, 在預估的時間內被移出。設定值也不應太低, 俾使一次系統破管時容許HPCS, RCIC起動支援。

111

#### (2) 隔離:

- a. 爐水取樣管
- b. 爐水淨化系統
- c. 包封容器正常沖淨供氣與排氣系統
- d. 乾井通氣管
- e. 反應爐輔助廠房供氣與排氣系統
- f. 乾井、反應爐廠房及反應爐輔助廠房洩水至廢料處理系統
- g. CST及DST至反應爐輔助廠房
- h. 消防水至反應爐廠房、乾井、反應爐輔助廠房
- i. 二氧化碳至反應爐輔助廠房

- j. 反應爐廠房、反應爐輔助廠房之正常冷凍水供水及回水管
- k. 上燃料池DST補水管及溢流管
- l. 反應爐廠房及輔助廠房廠用空氣供給管
- m. RHR停機冷卻排水至廢料處理系統
- n. 爐水淨化系統取樣管
- o. 爐水淨化系統過濾除礦器至廢料處理系統
- p. HPCS至CST試驗管
- q. 反應爐廠房及乾井穿越器氫氣(N<sub>2</sub>)供給管
- r. MSL洩水至抑壓池隔離閥AA-HV-654。

2015/7/20

112



### 3.反應爐低水位(第三階水位，+12"或+30.5cm)

#### (1) 理由：

第三階水位出現，表示反應爐水由一次系統破管流失，如爐水繼續下降，可能因過熱引起爐心損害。

#### (2) 隔離：

- a.RHR停機冷卻供水管及回水管
- b.RHR反應爐蓋噴洒管
- c.RHR停機冷卻排水至廢料處理系統
- d.RHR取樣管
- e.抑壓池淨化隔離閥 EJ-HV-706/705/704

#### (3) 目的：

阻止爐水流失及放射性物質外洩。

113

### 4.主蒸汽管高輻射量(3倍正常滿載輻射量)

#### (1) 理由：

偵檢器裝置於主蒸汽管附近，偵測高輻射量，高輻射存在時，表示燃料元件嚴重破損，分裂產物混入冷卻水中。

#### (2) 隔離：

- a.反應爐水取樣管

114

### 5.主蒸汽管隧道高溫65.5°C(150°F)/主蒸汽管隧道冷卻器進口 高溫度65.5°C(150 °F)/主蒸汽管汽機間高溫度71.6°C(161°F)

#### (1) 理由：

包封容器外圍主蒸汽管隧道高溫，或隧道至汽機間通風系統進出口溫度差過高，即顯示主蒸汽管路小漏。

#### (2) 隔離：(主蒸汽管汽機間高溫度不隔離(c)(d))

- a.全部主蒸汽管
- b.主蒸汽管洩水系統
- c.爐水淨化系統
- d.爐心隔離冷卻系統(30分鐘延遲)

#### (3) 目的：

防止過量的爐水流失，減少放射性物質洩漏至周圍環境。

115

### 6.主蒸汽管高流量11.79kg/cm<sup>2</sup>(167.7psid)

#### (1) 理由：

◎顯示主蒸汽管路巨大斷裂，由主蒸汽管流量元件測出。

#### (2) 隔離：

- a.全部主蒸汽管
- b.主蒸汽管洩水系統

#### (3) 目的：

◎防止過量爐水流失，減少放射性物質洩漏至周圍環境。

116

## 7. 汽機進汽壓力低 60.24 kg/cm<sup>2</sup> (856.6 psig)

### (1) 理由：

◎ 正常運轉中，主蒸汽管隔離閥(MSIV)下游之蒸汽壓力低(即汽機進汽壓力低)，即顯示反應爐壓力調節系統失靈。

### (2) 隔離：

- a. 全部主蒸汽管
- b. 主蒸汽管洩水系統
- c. 主蒸汽至MSR管路
- d. 主蒸汽至 RFPT 管路

### (3) 目的：

◎ 防止反應爐壓力急速下降，超出壓力槽的設計冷卻率，正常滿載爐壓下降過速時，燃料匣間形成差壓( $\Delta P$ )，會導致燃料匣發生機械變形。

117

## 8. 乾井高壓力 0.122 kg/cm<sup>2</sup> (1.74 psig)

### (1) 理由：

顯示一次系統管路破裂

### (2) 隔離：

- a. 反應爐廠房及乾井正常沖淨供氣與排氣
- b. 反應爐廠房及乾井事故後沖淨供氣與排氣(可旁路)
- c. 乾井真空釋放系統
- d. 乾井起動通氣管
- e. 反應爐輔助廠房供氣與排氣
- f. 乾井、反應爐廠房及反應爐輔助廠房洩水至廢料處理系統
- g. CST及DST至反應爐輔助廠房供水管
- h. 乾井、反應爐廠房及反應爐輔助廠房消防水供水管及CO<sub>2</sub>至輔助廠房隔離閥。

118

- i. 反應爐廠房及反應爐輔助廠房正常冷卻水供水與回水管
- j. 上燃料池之DST供水管溢流管
- k. 反應爐廠房及反應爐輔助廠房廠用空氣供給管
- l. HPCS至CST試驗管
- m. RHR通往廢料處理系統排水管
- n. 爐水淨化系統取樣管
- o. 爐水淨化系統除礦器通往廢料系統逆洗管
- p. 反應爐廠房及乾井穿越氮氣供給系統
- q. 主蒸汽管洩水至抑壓池隔離閥AA-HV-654
- r. 開啟上燃料池至抑壓池洩放閥
- s. 用過燃料池冷卻與淨化系統
- t. 啟動包封容器易燃氣體控制系統
- u. 乾井及反應爐廠房空氣冷卻機組
- v. 乾井輻射偵測管

119

- w. 啟動乾井及反應爐廠房氫氣偵測系統
- x. 控制廠房正常空氣調節風管
- y. 正常冷凍水機
- z. 空氣壓縮機OK-1A/1C
- aa. 核機冷卻水泵
- bb. D1VI/II 柴油機起動
- cc. 主蒸汽管隧道冷卻器跳脫
- dd. RHR通往廢料系統排水管
- ee. RHR取樣管
- ff. RHR通往上燃料池供水管
- gg. 抑壓池淨化隔離閥 EJ-HV-706/705/704
- hh. RCIC真空破壞閥

### (3) 目的：

防止大量放射性物質漏至周圍環境。

120



### 9.反應爐廠房正常排氣高輻射量(15mR/hr)

#### (1) 理由：

◎通風排氣高輻射量，顯示一次系統管路斷裂，或燃料束掉落，放射性物質或分裂產物漏洩。

#### (2) 隔離：

a.反應爐廠房正常充氣及排氣管上之隔離風門及相關風扇

b.反應爐輔機廠房進氣及排氣管上之隔離風門及相關風扇

c.起動備用氣體處理系統(SGTS)

#### (3) 目的：

防止放射性物質洩放至周圍環境。

121

### 10.反應爐水淨化系統高流量差3.47 lps(55gpm)+45Sec TD

#### (1) 理由：

◎壓力槽出口流量(通往淨化系統)，與淨化系統過濾除礦器出口流量相較，高流量差時，顯示淨化系統主要管路破裂。

#### (2) 隔離：淨化系統的內圍閥和外圍閥。

#### (3) 目的：防止反應爐水過量流失。

122

### 11.反應爐水淨化系統各區域高溫

☑反應爐水淨化系統泵間區域高溫/泵間區域冷卻器進口高溫43.3°C(110°F)/其他設備區域高溫度57.2°C(135°F)/其他設備區域高溫差19.4°C (35°F)/輔助廠房主蒸汽區域高溫19.4°C (35°F)；65.5°C (150°F)。

(1) 理由：異常的高溫，顯示此系統管路破裂。

(2) 隔離：淨化系統內、外圍閥。

(3) 目的：減少反應爐水損失。



123

### 12.RHR系統區域高溫及冷卻進口高溫43.3°C(120°F)

(1) 理由：異常的高溫，顯示此系統管路破裂。

(2) 隔離：

a. RHR停機冷卻供水及回水閥。

b. 抑壓池淨化隔離閥。

c. RHR系統取樣閥。

d. RHR排放至廢料隔離閥E12-F040/49。

(3) 目的：防止反應爐水過量流失。

124

### 13.RHR系統反應爐壓力9.34 kg/cm<sup>2</sup>(133psig)

(1) 理由：反應爐繼續上升，將對RHR系統管路造成傷害。

(2) 隔離:

a. RHR停機冷卻供水及回水閥。

b. 抑壓池淨化隔離閥。

d. RHR系統取樣閥。

e. RHR排放至廢料隔離閥E12-F040/49。

(3) 目的：保護RHR系統管路。