

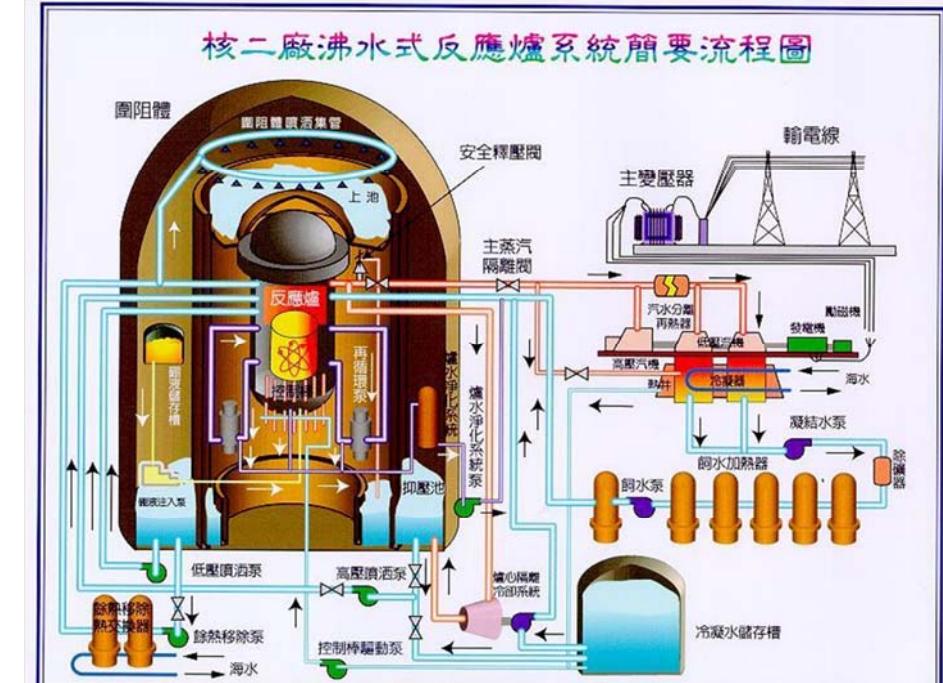
反應爐壓力槽 內部組件與儀器

核二廠模擬操作中心
104年7月

課程內容

1. 壓力槽內部組件的組成
2. 壓力槽內部組件的功能
3. 壓力槽開蓋程序
4. 反應爐水位儀器
5. 反應爐壓力儀器
6. 反應爐流量儀器
7. 反應爐溫度儀器與凸緣洩漏偵測

1. 壓力槽內部組件的組成



反應爐壓力槽

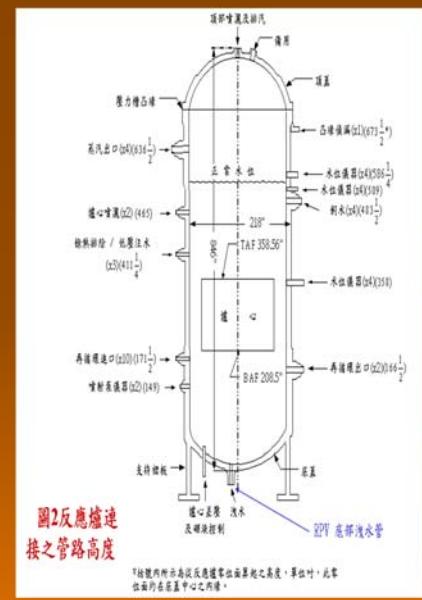
- **概要：**
 - 反應爐壓力槽(簡稱壓力槽或反應爐槽，又稱RPV)，容納產生核反應的爐心和淹蓋爐心的冷卻水。
 - 核能二廠採用第六代沸水式反應爐，槽壁內徑約218英吋。
- **設計標準**
 - **安全設計標準**
 - 提供足量的爐水容積，使爐心能夠有效的冷卻。
 - 防止內部組件變形，保證控制棒及ECCS能發揮安全功能。
 - 內部組件機械設計，須確保反應爐的安全停爐及衰變熱之排出
 - **功率產生設計標準**
 - 反應爐爐心支持結構及內部組件之設計應符合：
 - 正常運轉情況，提供適當的冷卻水分佈，使爐心功率運轉而不損壞燃料。
 - 燃料添換時，操作方便。
 - 檢查方便。

反應爐壓力槽

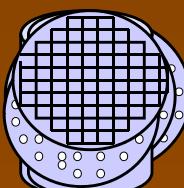
- **尺寸**
 1. 由壓力槽零點起至壓力槽凸緣(Flange)，全高 1835.78cm(722.748吋)
 - **壓力槽零點：**反應爐壓力槽內底部上方點
 2. 內部高度，全高2139cm(842吋)
 3. **壓力槽內徑** 553cm(218吋)
 4. **壓力槽壁厚** 15cm(6吋)
 5. **底部厚度** 22cm(8.5吋)

材料

1. **本體金屬**：低錳-鉬、低碳合金鋼
2. 容器和底蓋之內表面，敷焊1/8吋厚沃斯田不銹鋼，將碳鋼表面包封，以減少腐蝕機會
3. **頂蓋**因為處於蒸汽環境不易腐蝕，故內表面未覆焊處理



1



頂部導架

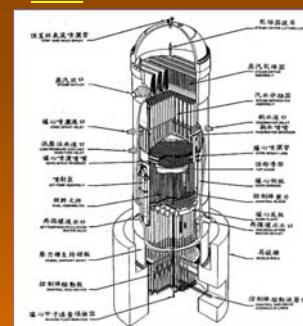
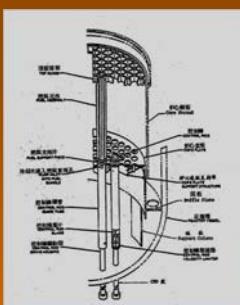
爐心底板

側板

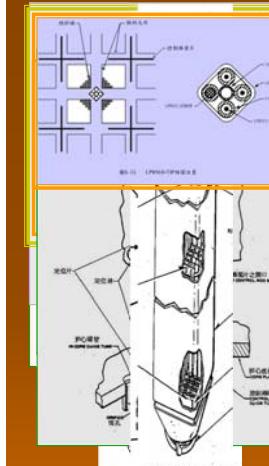
阻板

壓力槽本體

基座



2



中子偵測器

儀器乾管

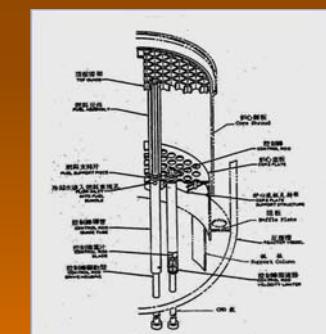
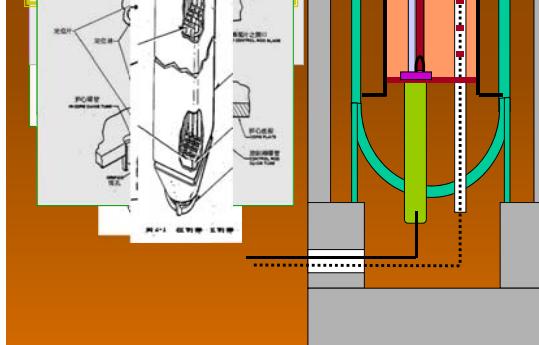
爐心

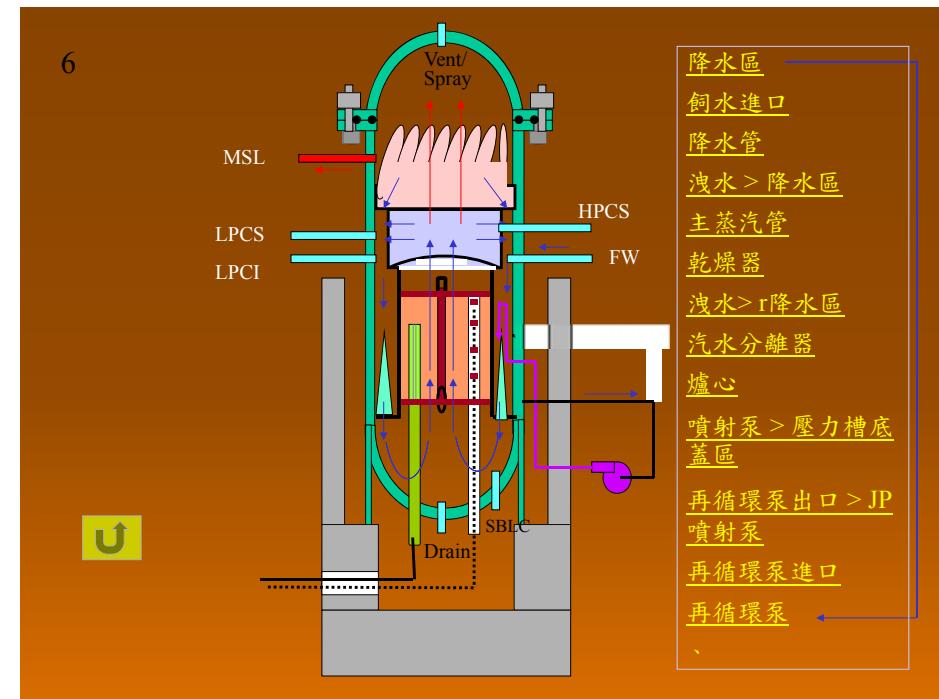
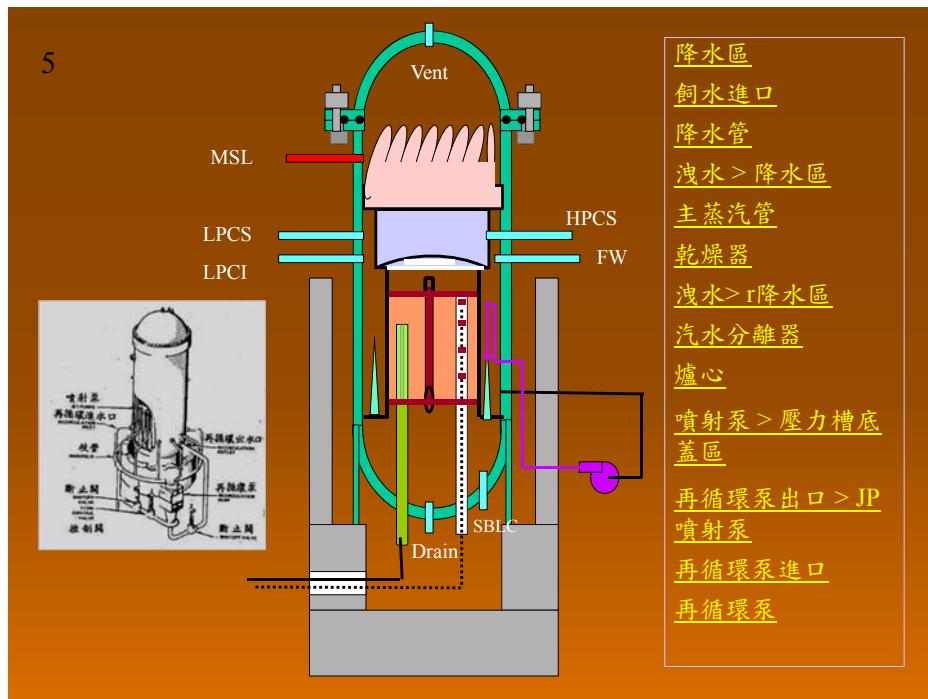
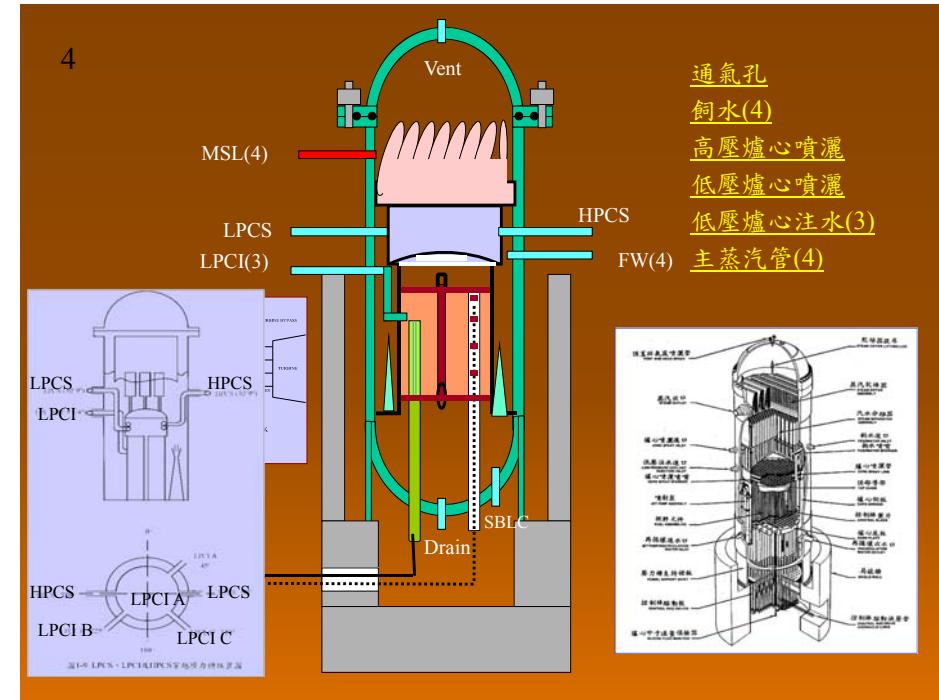
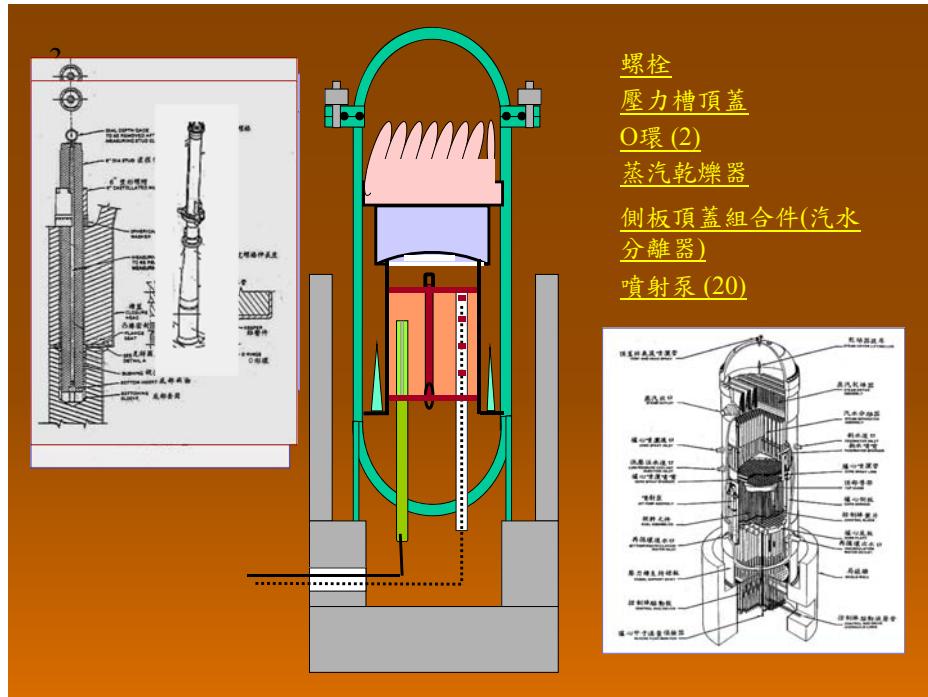
燃料束 (624)

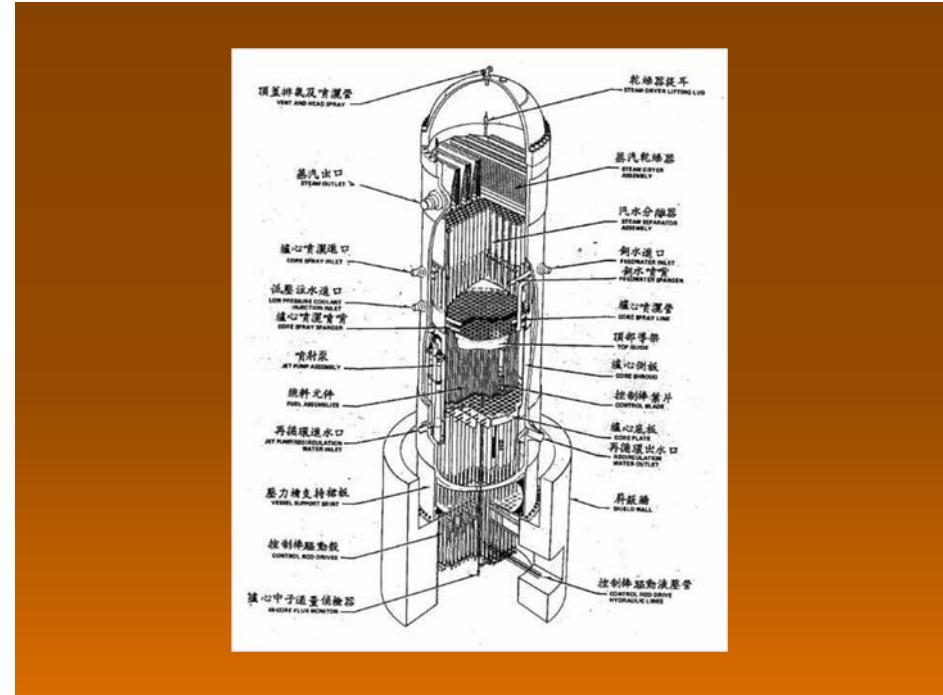
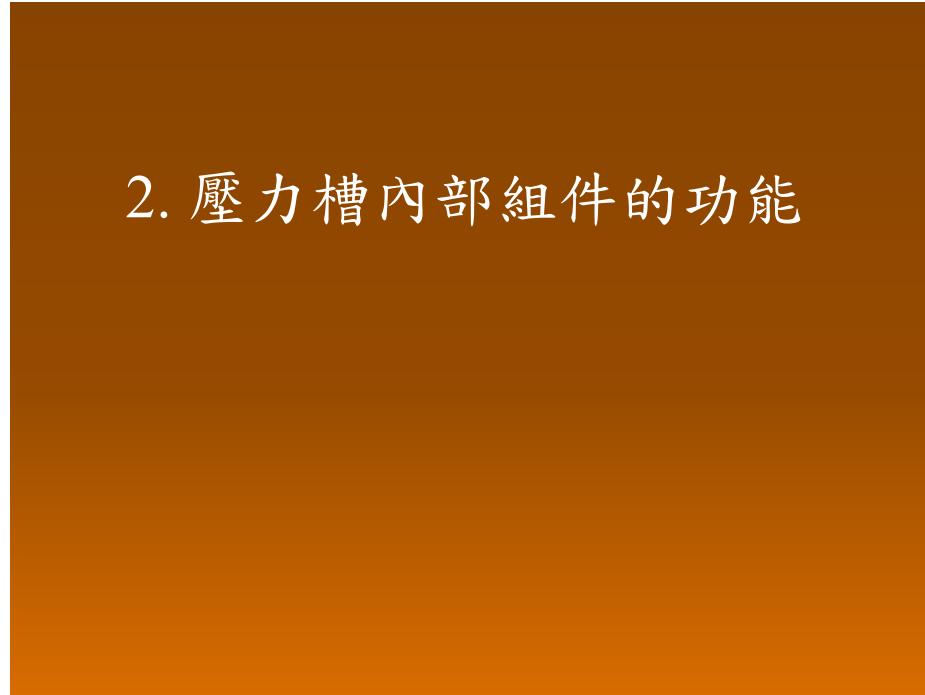
燃料墊塊

控制棒(145)

控制棒驅動殼

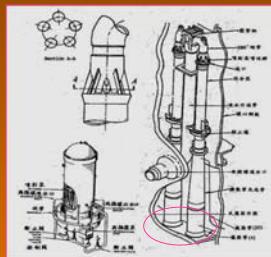




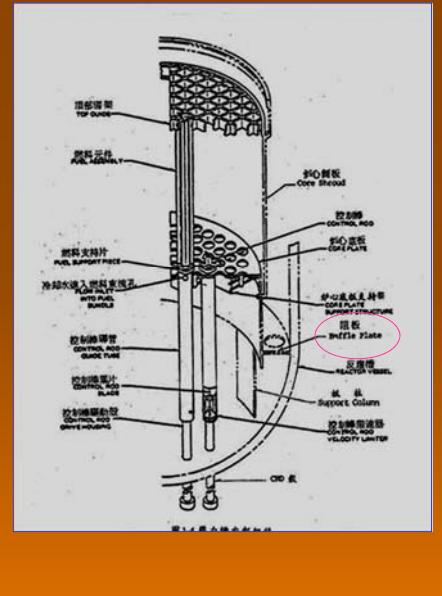


阻板 (Baffle Plate)

- 又稱做爐心側板支持板或擴散管封環功用：
- 供給噴射泵(Jet Pump)之擴散管安裝承面
- 分隔再循環水吸入區(亦即降流區(Downcomer) Area)與爐心進水區 (Core Inlet Plenum Area)



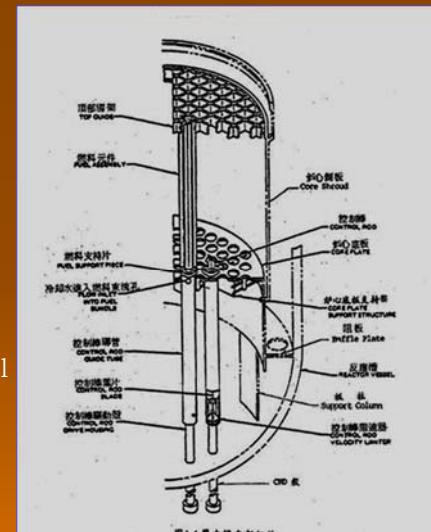
阻板 (Baffle Plate)



阻板 (Baffle Plate)

裝置概要：

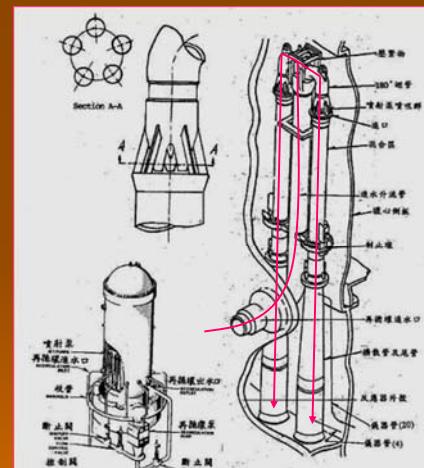
- 焊接於RPV靠底邊之壁上
- 由焊接於RPV底蓋內壁之支持板柱(Support Column)支持，支持板柱支撑下列各項之重量：
- 噴射泵。
- 爐心底板(Core Plate)
- 爐心側板與爐心噴射噴嘴。
- 頂部導架(Top Guide)
- 周圍燃料束(Periphery Fuel Bundle)
- 阻板另有通道孔，便於施工中進入爐心底部區域，完工後即予焊死



功用：強迫冷卻水通過爐心，以產生較自然循環更多的反應爐功率

- 10 組噴射泵(每組由兩台噴射泵組成)，每組包含下列各項：
- 一支進水升流管(Inlet Riser)及熱套管(Thermal Sleeve)
- 兩組噴嘴群，每組噴射泵內有五支小噴嘴
- 兩支混合段(Mixing Sections)
- 一個托架及制止環組合(Bracket and Restrainer Gate Assembly)
- 兩支擴散管(Diffuser)

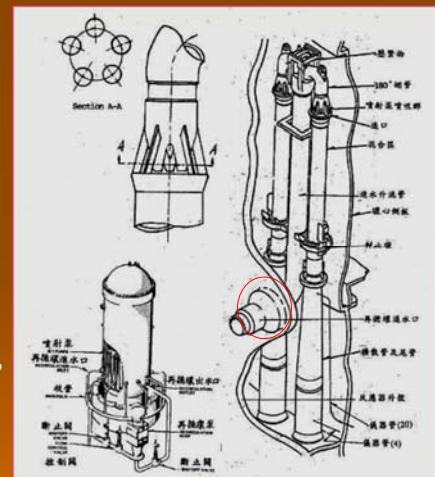
噴射泵 (Jet Pump)



噴射泵裝置概要：

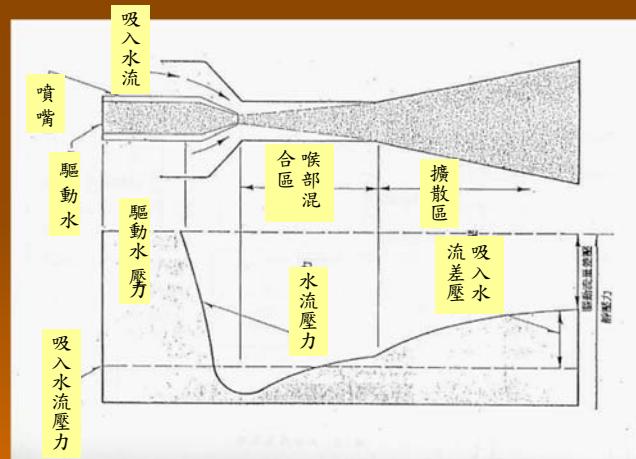
- 熱套管
 - 焊接於穿越壓力槽爐壁進水升流管一端。
 - 熱套管的功用是減小進水與槽壁間的溫度差，防止反應爐槽貫穿孔承受過度應力
- 進水升流管撐臂(Riser Brace Arm)
 - 用來支持進水升流管上端，並在起動熱爐與停機冷爐時，應付爐水升流管與壓力槽之間垂直方向的膨脹差異。

噴射泵 (Jet Pump)



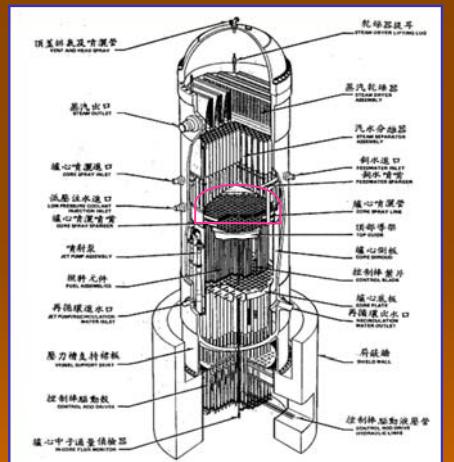
噴射泵(jet pump)

噴射泵水流的壓力變化



爐心側板 (Core Shroud)

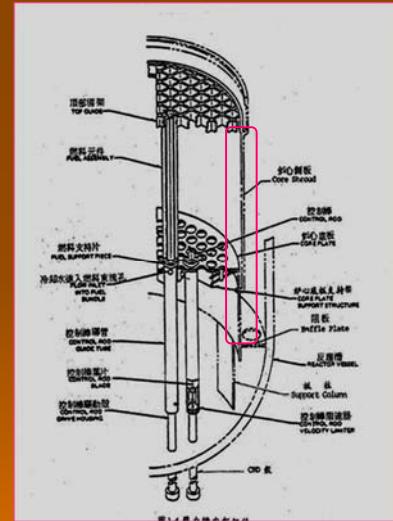
- 封合面 (Closure Surface)
 - 分成上、下段，以螺栓鎖合
 - 側板蓋 (Shroud Head)
是以螺栓鎖合於上段
 - 更換燃料時，把側板蓋拆除，以便取出燃料元件
 - 側板蓋上的螺栓直接鎖入上段側板中



爐心側板 (Core Shroud)

- 功用：
 - 圓桶狀分隔降流區與爐心主流
 - 為爐心底板及頂部導架提供橫向支撐
 - 在爐心失水事故(LOCA)發生時，作為重新淹沒爐心之容器圍板

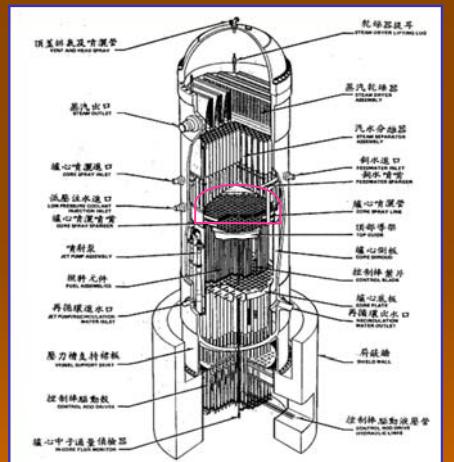
- 說明：
 - 6.3cm厚之不銹鋼圓筒，焊在阻板的頂部邊緣
 - 包含由螺栓鎖合的上、下段
 - 下段支持爐心底板於突出部
 - 三條LPCI進水管嘴穿過下段
 - 爐心噴洒(Core Spray)噴嘴裝於上段



爐心側板 (Core Shroud)

爐心側板 (Core Shroud)

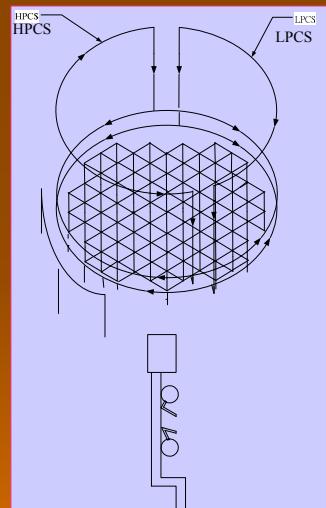
- 封合面 (Closure Surface)
 - 分成上、下段，以螺栓鎖合
 - 側板蓋 (Shroud Head)
 - 是以螺栓鎖合於上段
 - 更換燃料時，把側板蓋拆除，以便取出燃料元件
 - 側板蓋上的螺栓直接鎖入上段側板中



爐心噴酒噴嘴 功用：

- 爐心失水事故(LOCA)時，爐心緊急冷卻系統起動，經由此兩層噴洒圈交織成噴洒水網，罩住整個爐心上部，以冷卻爐心燃料。

- 說明：
 - (1) 由進水管及有許多小噴嘴的噴洒圈(Sparger Ring)組成
 - (2) 噴洒圈固定安裝在爐心側板的上部
 - (3) 兩層噴洒圈，每層自成一迴路，每迴路均能供給百分之百的設計流量及充份容量籠罩爐心

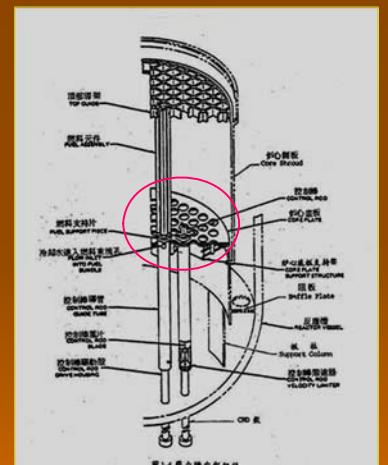


爐心底板 (Core Plate)

• 功用：

- 作為44支外圍(邊緣)燃料元件的垂直和橫向支持
- 作為控制棒導管之橫向支持，也提供了燃料元件和燃料墊塊之橫向支持
- 除了外圍燃料元件外，所有燃料之垂直支持，均由燃料墊塊、控制棒導管和反應爐底蓋提供。
- 提供強迫水流通道，使其通過各燃料元件

爐心底板 (Core Plate)

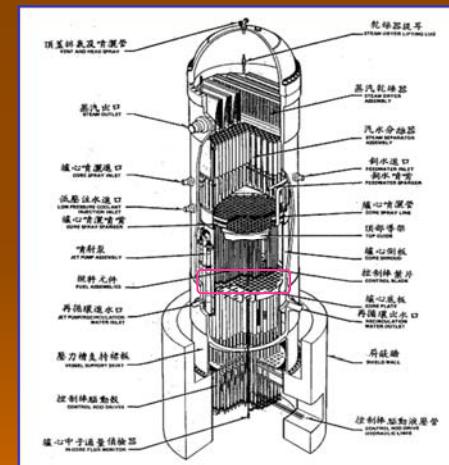


爐心底板

• 說明：

- 爐心底板由不鏽鋼板加工製成，板上許多圓洞，用以容納
- 145支CRD導管
- 45支爐心導管
- 33支LPRM
- 8支WRNM
- 4支備用
- 9支中子源定位孔
- 44支外圍燃料元件

爐心底板 (Core Plate)

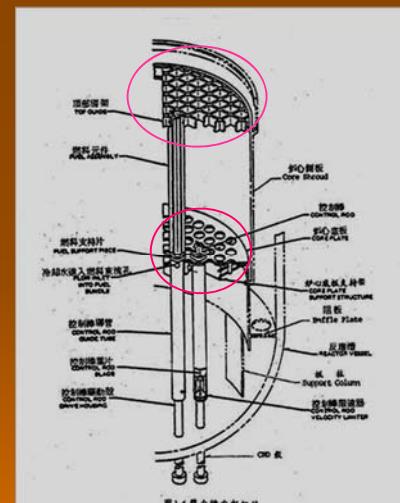


頂部導架 (Top Guide)

• 功用：

- 作為燃料元件上部之橫向支持。
- 作為各中子偵測儀器上部之橫向支持。
- 作為中子源上部之橫向支持。

頂部導架 (Top Guide)

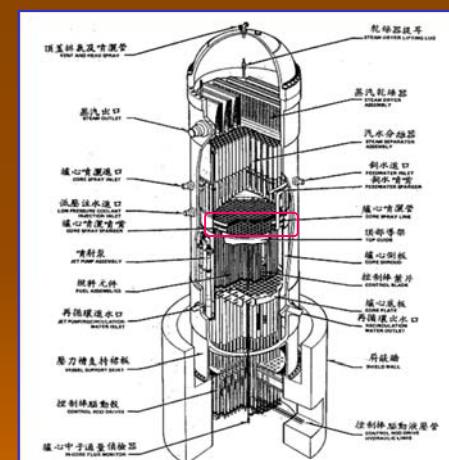


頂部導架

• 說明：

- 頂部導架在爐心側板頂端，為不鏽鋼板組成的格子形結構。
- 每一中間方格，可容4支燃料元件及一支控制棒，這就是我們所稱的燃料組(Fuel Cell)。
- 在外圍，有44個開口，各裝一支邊緣燃料元件。

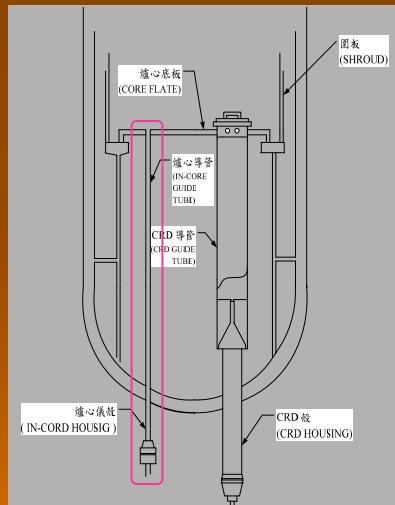
頂部導架 (Top Guide)



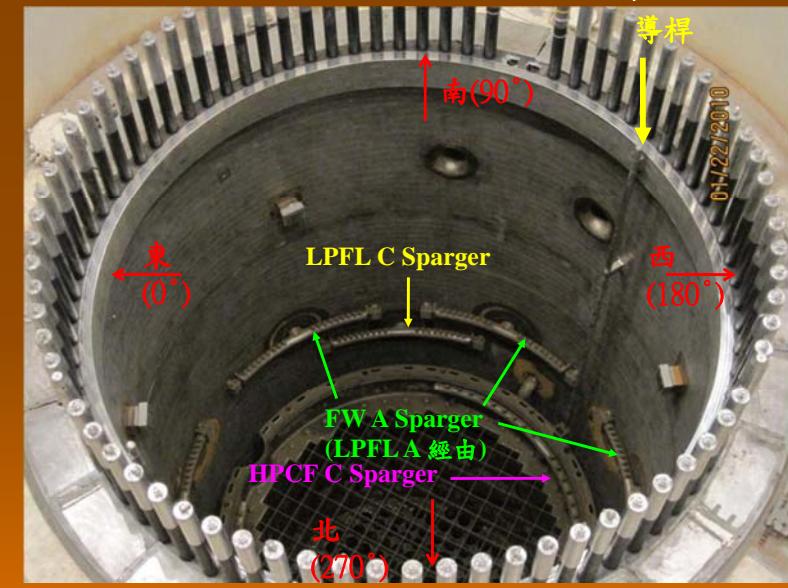
爐心儀殼及導管 (Incore Housing & Guide Tube)

- 功用：
 - 中子偵測儀器安裝於管中，電纜和驅動管路由底部引出。
 - 防止因噴射泵水流衝擊引起的震動而損壞爐心儀器。

爐心儀殼及導管

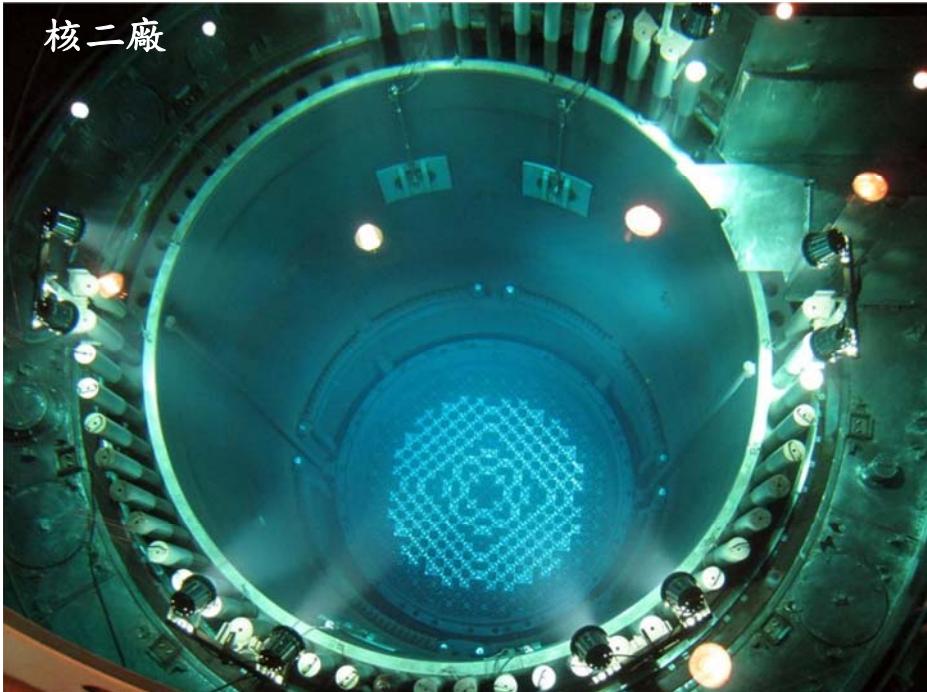


龍門廠SPARGER 配置參考圖



30

核二廠



爐心儀殼及導管

- 爐心儀殼焊於壓力槽底蓋，底端為法蘭接頭，上端與導管焊接。
- 導管向上延伸到爐心底板內下方1.3cm(0.5")之滑動定位器止。
- 位於各燃料組之間之水隙中。
- 核儀組件由反應爐上方裝入導管中，向上延伸，固定於頂部導架之下端。
- 冷卻孔(Cooling Holes)：
 - 導管下端，每隔九十度鑽一直徑1/4吋圓孔，此四個冷卻孔，供給核儀組件冷卻水流通。

局部能階偵測系統(LPRM)	33支
寬範圍中子偵測系統(WRNM)	8支
備用爐心儀器導管(原SRM)	4支
總計	45支

LPRM 與 TIP 相關位置

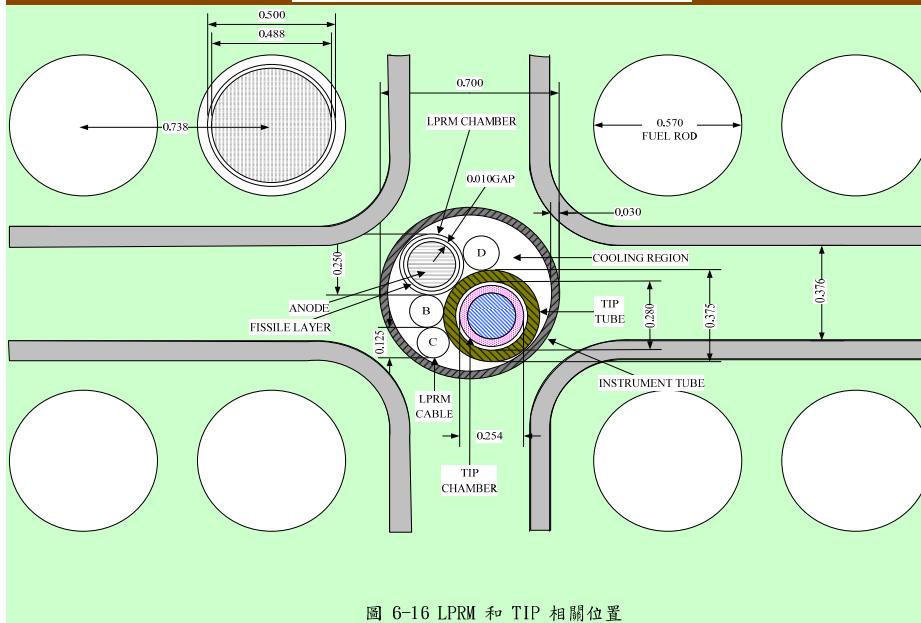
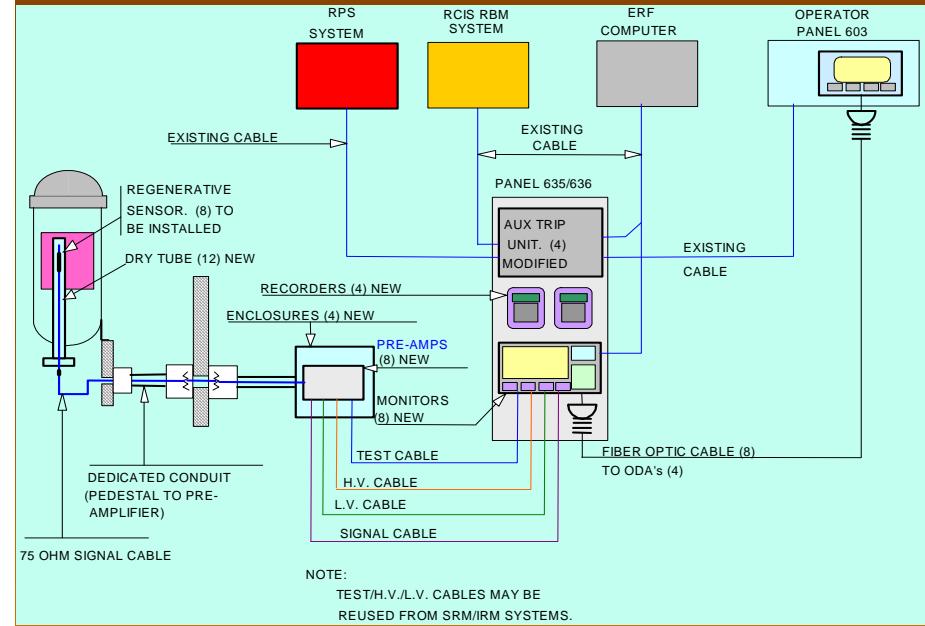


圖 6-16 LPRM 和 TIP 相關位置

爐心內偵測儀器(WRNM)

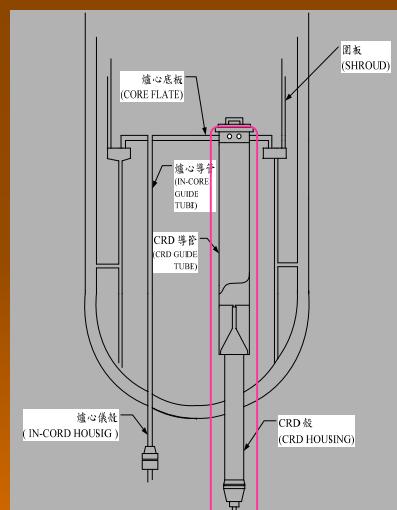


NOTE:
TEST/H.V./L.V. CABLES MAY BE
REUSED FROM SRM/IRM SYSTEMS.

控制棒驅動殼

(Control Rod Drive Housing)

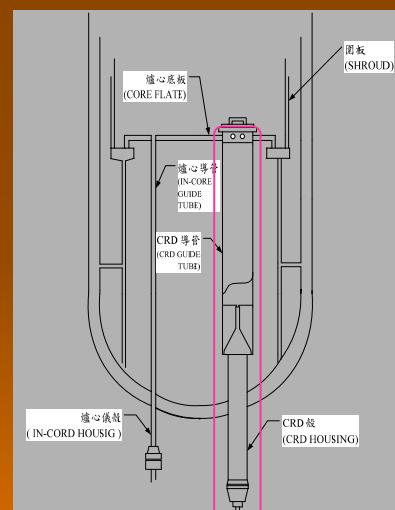
- 功用：**
 - 由反應爐槽底向下延伸的圓管，用以安裝控制棒驅動機構。
 - 作驅動機構橫向及縱向支持。
 - 傳遞燃料、燃料墊塊及控制棒導管等之重量至反應爐底蓋。
- 說明：**
 - 145支底端配有接合法蘭的不銹鋼管。
 - 長444.5cm(175吋)
 - 外徑15.2cm(6吋)
 - 底端法蘭之功用：
 - CRD液壓系統管路的接頭
 - CRD機構的螺栓鎖合。
 - 焊於反應爐底蓋上。



控制棒導管

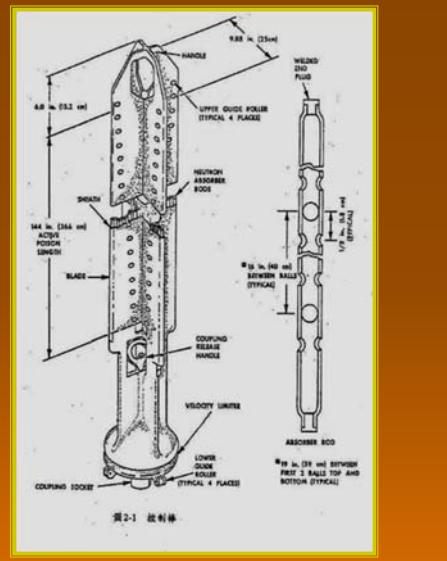
(Control Rod Guide Tube)

- 功用：**
 - 控制棒葉片及限速器橫向支持
 - 將燃料及燃料墊塊的重量傳到 CRD殼。
- 說明：**
 - 145支不銹鋼管，長401cm (158吋)，外徑27cm(10.75吋)
 - 上底端有4個間隔90°的圓孔，讓冷卻水進入燃料區。
 - 導管藉導梢定位坐在CRD殼上
 - CRD熱套管由RPV底之CRD殼裝入，螺牙鎖於導管而固定之。



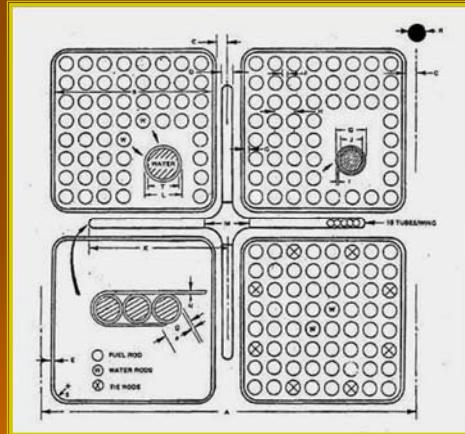
控制棒

- 控制棒為十字型葉片，棒葉片內有許多小不鏽鋼管，充有粒狀 B_4C ，為吸收中子之毒素
- 控制棒由聯結的驅動機構來推動，底部附有速度限制器



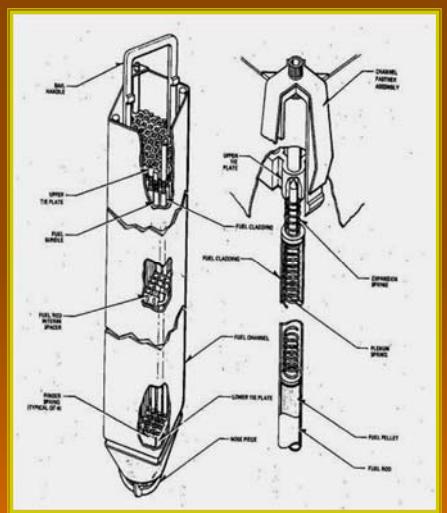
控制單元 (Control Unit)

- 控制棒在四組燃料元件中以滾輪滑動
- 棒控制的抽插移動有很多的限制，由棒控制及資訊系統來控管
- 四束燃料與控制棒組成控制單元
- 燃料匣引導90%冷卻水通過燃料元件內部，
- 約10%冷卻水通過燃料匣外面來冷卻的其他組件，如核心內儀器等。



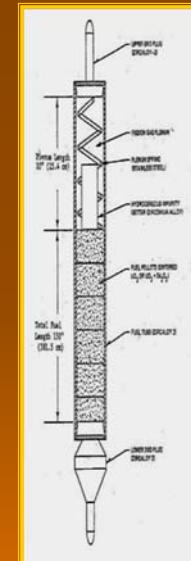
爐心和燃料

- 燃料束(或稱燃料元件)在壓力槽頂部導架與爐心底板之間
- 燃料束內的燃料棒由上、下繫板和間隔板構成固定
- 外面套以燃料匣，匣外是控制棒滾輪之承面
- 燃料元件座在燃料墊塊上

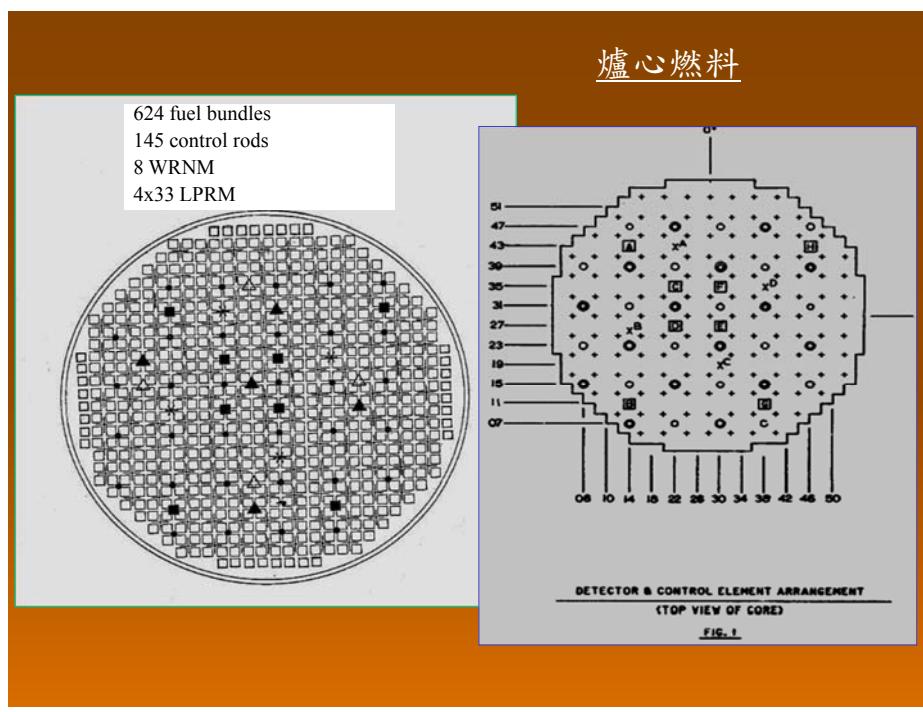


燃料棒 (Fuel Rod)

- 燃料丸密封在燃料棒鋸(Zr)合金管內
- 管長14呎，頂部有長16吋的充氣室用來容納分裂氣體，充氣室內有彈簧壓緊燃料丸，防止軸向鬆動。
- 燃料棒有不同的濃縮度，藉以平均爐心各部產生的熱能



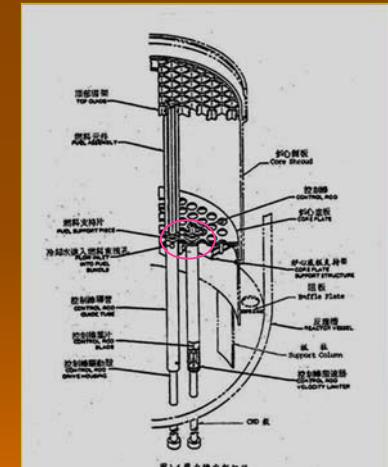
爐心燃料



燃料墊塊(Orificed Fuel Support piece)

節流孔式燃料墊塊 功用：

- 供燃料元件底部之橫向定位。
- 傳遞燃料的重量經控制棒導管到反應爐底蓋。
- 燃料重量並非全由爐心底板支持，週邊44支除外。



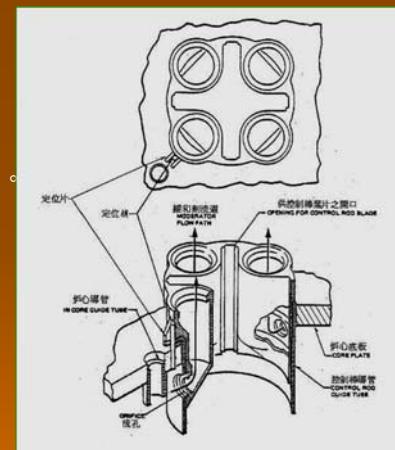
節流孔式燃料墊塊

- 每個墊塊包含四個節流孔
- 每一燃料元件坐於一節流孔上，冷卻水經此流入燃料元件，控制流經每一燃料束的冷卻水流量。
- 此可減少核心因徑向功率分布不均，造成核心水流不合理之分配。

安裝概要：

- 燃料墊塊滑動裝配入控制棒導管。
- 墊塊須對準爐心底板上之孔梢，以確保節流孔與控制棒導管之開口對正。

燃料墊塊



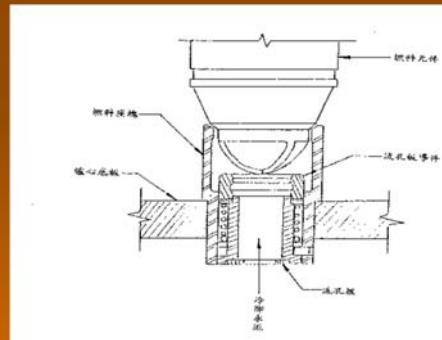
燃料墊塊與控制棒 (模型)



外圍燃料墊塊(Peripheral Fuel Support piece)

外圍燃料墊塊 功用：

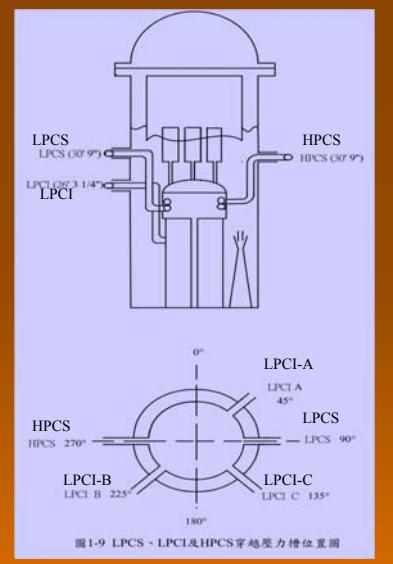
- 本體焊座於爐心底板，作為44個外圍燃料元件縱向與橫向支持。
 - 適當的節流孔以調整外圍燃料元件冷卻水流量。



ECCS 穿越管

ECCS 穿越管

- 功用
 - 當LOCA發生時，把水注入爐心側板內，冷卻燃料。
 - 說明：
 - LPCI-A, LPCI-B, LPCI-C
 - LPSC
 - HPSC
 - 每支有一熱套管及一撓性聯接器，以吸收反應爐槽與爐心側板的熱膨脹。



飼水噴嘴 (Feedwater Sparger)

飼水噴嘴 (Feedwater Sparger)

• 功用：

- 平均分配飼水到噴射泵及再循環泵的進水區，使較冷的飼水不致直接噴在RPV壁上。

• 說明：

- 4組噴嘴，進口由反應爐槽外穿入，每隔90°一組。
 - 穿入處有熱套管，以減少RPV上管口的熱應力。

• 安裝概要 •

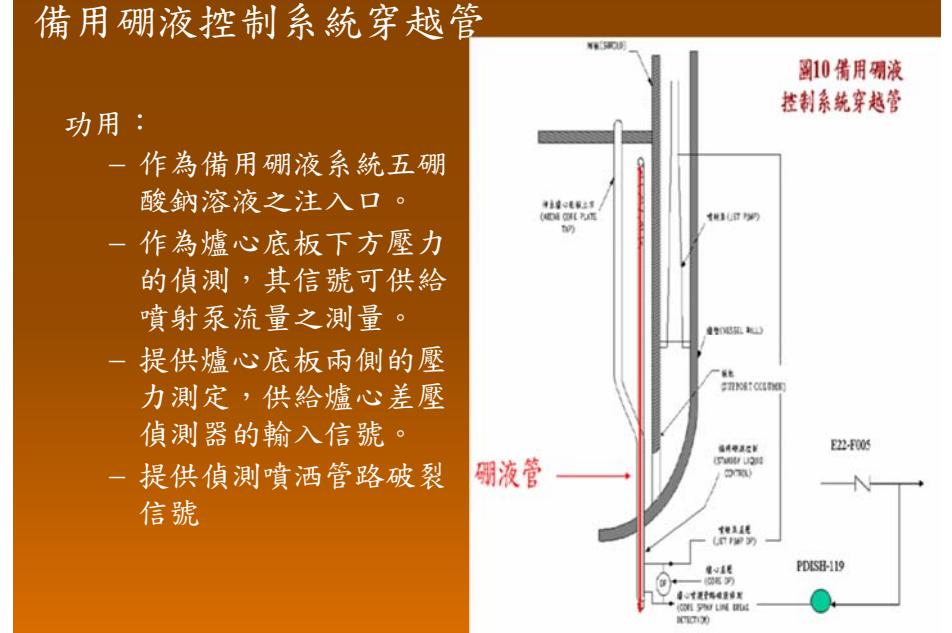
- 热套管插入飼水進口貫穿孔。
 - 利用RPV壁上的托架固定噴嘴環。
 - 以上設備可拆下檢修。

• 材料：不鏽鋼。

備用硼液控制系統穿越管

功用：

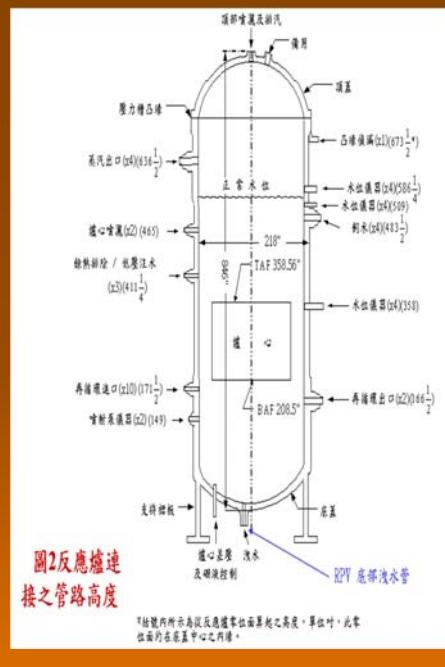
- 作為備用硼液系統五硼酸鈉溶液之注入口。
 - 作為爐心底板下方壓力的偵測，其信號可供給噴射泵流量之測量。
 - 提供爐心底板兩側的壓力測定，供給爐心差壓偵測器的輸入信號。
 - 提供偵測噴洒管路破裂信號



壓力槽底部洩水口 (Vessel Bottom Drain)

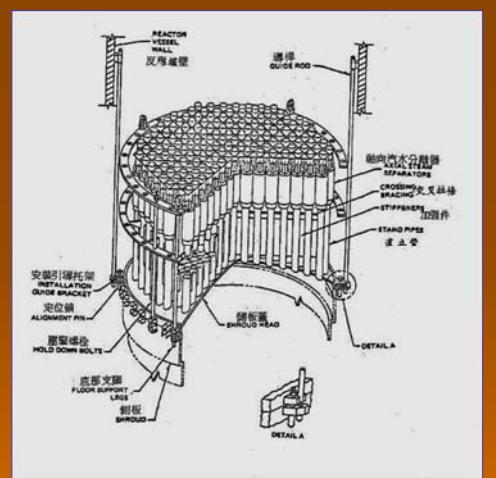
功用：

- 為反應爐最低洩水點。
- 連接爐水淨化系統與放射性廢水系統，排出爐底雜質。
- 反應爐底蓋區域的水溫由此洩水管處測定。
- 為防止冷水停滯於反應爐底蓋區域，可保持此洩水管少許流量。
- 用作起動時之沖放。
- 洩水管為5cm(2吋)固定管。



汽水分離器 (Steam Separator)

- 功用：
- 使蒸汽中的水份脫出，絕大部份的水分在此分離。
- 使蒸汽乾度由15% 增加到 90%。



側板蓋組件(Shroud Head Assembly)

• 功用：

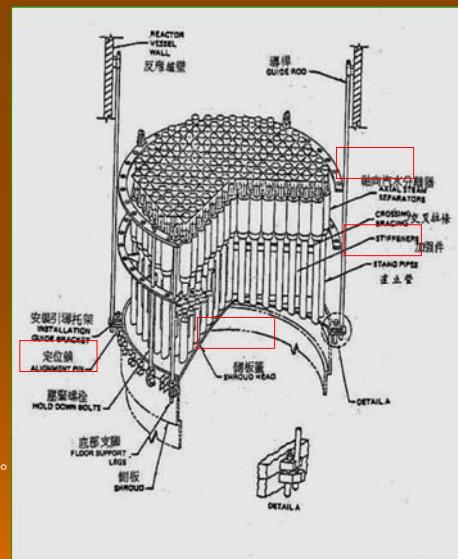
- 封閉爐心出口，迫使所有的水及蒸汽流經汽水分離器。

• 說明：

- 由下列機件組成
 - 側板蓋(Shroud Head)
 - 直立管(Stand Pipe)
 - 汽水分離器
 - 繫止螺栓(Tie Down Bolt)
 - 螺栓支持環(Bolt Support Ring)

- 組件在填換燃料時必須拿開
- 側板用28支英高鎳(Inconel)螺栓封合。鎖合於爐心側板上部。並藉由汽水分離器的熱膨脹使側板蓋壓的更緊。

側板蓋組件

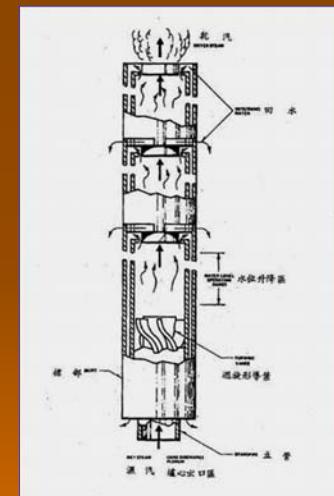


汽水分離器(Steam Separator)

汽水分離器

• 說明：

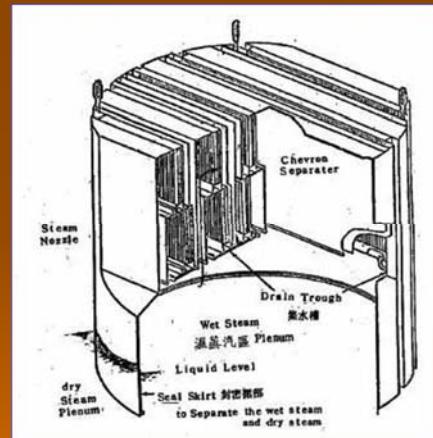
- 有210個「旋風(Cyclone)」式分離器
- 外徑10吋，直立管外徑 6 吋
- 直立管引導汽水混合物到汽水分離器。
- 汽水分離器為離心式，進口處迴旋形導葉使進入的兩相流體產生旋轉
- 較高密度的水，被離心力拋到內管管壁，形成一連續水牆
- 三條流徑流回降流區，再流至再循環泵及噴射泵的進口，壓力降約為 0.28Kg/cm (4 psid)。
- 交叉拉條構成一個剛性結構，以防止震動。



蒸汽乾燥器

- 功用：
 - 將汽水分離器出來的蒸汽乾度提高至大於 99.9%。
 - 將流往汽機的乾蒸汽與汽水分離器出口的濕蒸汽區分隔。
 - 安裝概要：
 - 乾燥器上的導槽套入RPV內壁上的兩根導桿，安置於汽水分離器上方。
 - 乾燥器置於RPV內壁的六個托器上。
 - 乾燥器再由反應爐頂蓋上的墊片壓緊，此墊片是與乾燥器上的起重螺栓配合的。

蒸汽乾燥器



壓力槽的封合

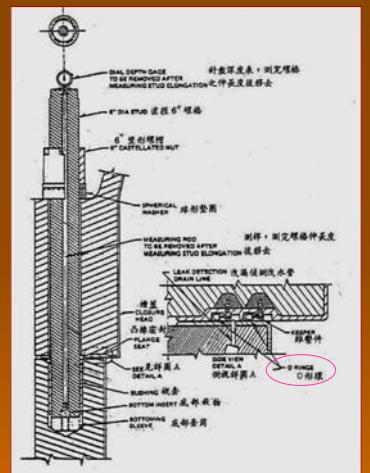
• 說明：

- 頂蓋為一半球形的圓蓋與法蘭焊接而成
 - 頂蓋上有兩個用於連接管路的法蘭(儀器用管路和頂蓋噴洒管路)。
 - 頂蓋靠螺栓鎖緊於壓力槽法蘭

• 組件

- 直徑16.5cm(6.5吋)螺栓。
 - 兩只鍍銀不鏽鋼 “O”型環防漏
 - 槽蓋封合處的有漏洩偵測

壓力槽的封合



蒸汽乾燥器

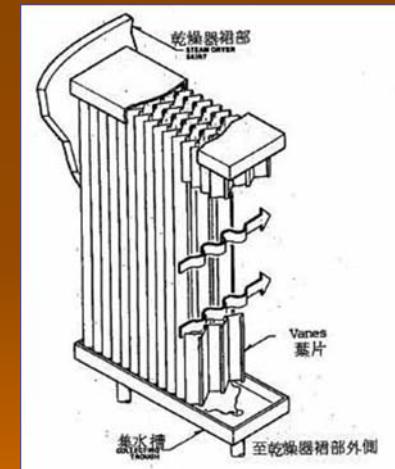
• 說明

- 整件一體，鎖緊機件之外，
沒有其他可動部份。

- 由蒸汽乾燥器、水份收集槽及洩水管路所組成。

- 上段切邊，使蒸汽導入主蒸汽管路。

蒸汽乾燥器



壓力槽的絕熱與屏蔽

• 絶熱

- 壓力槽頂蓋及四周使用不鏽鋼鏡片藉反射原理絕熱，外加絕緣材料。
 - 整個RPV絕熱件均可拆下檢查。
 - RPV的頂蓋絕熱架。

• 屏蔽

- 壓力槽下半部圍以高密度混凝土製成之生物屏蔽。
 - 反應爐額定熱功率低於 6% 以下才能允許人員進入乾井。
 - 可減少乾井中機件受熱、輻射及活化作用。
 - RPV各貫穿孔處也有中子屏蔽。

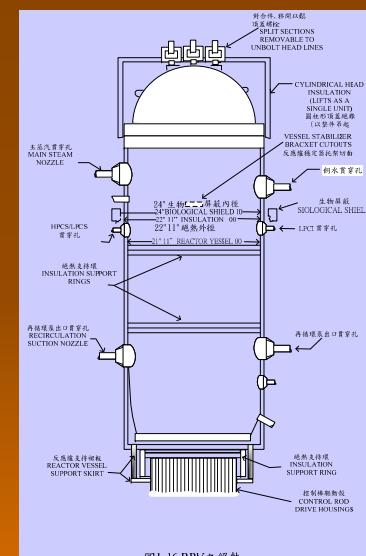
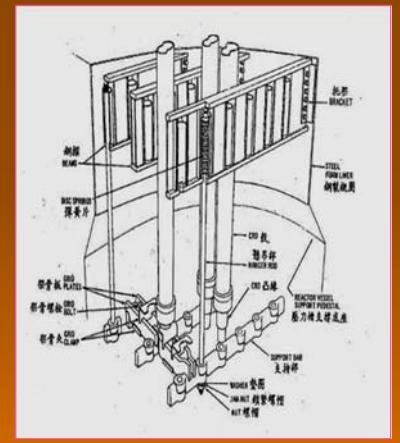


圖1-16 RPV之絕緣

CRD殼支架 (圖1-17)

- CRD殼支架在反應爐壓力槽底下，為特殊安全設施
- 功用：
 - 萬一CRD殼破損時，防止控制棒墜落(控制棒最大墜落距離為7.62cm(3吋))。
- 說明：
 - 橫樑與支持夾，交互鎖成一個系統。
 - 殼支架以固定在RPV底座的橫樑支持。
 - 懸吊桿及彈簧墊圈吊著。
 - 為特殊安全設施之一。
 - 冷間隙(由驅動殼底部到支架頂部)是2.54cm(1吋)，熱機時，間隙減至0.635cm(1/4吋)。

CRD殼支架



CRD殼支架

CRD殼的橫向支持

- 基於地震考慮，CRD殼的最下端有橫向支持：
 - 在CRD殼與殼間，以及殼與外框架間有定位螺栓。
 - 橫樑把外框架固定於底座上。

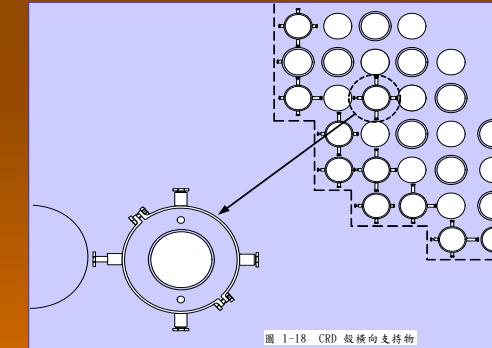
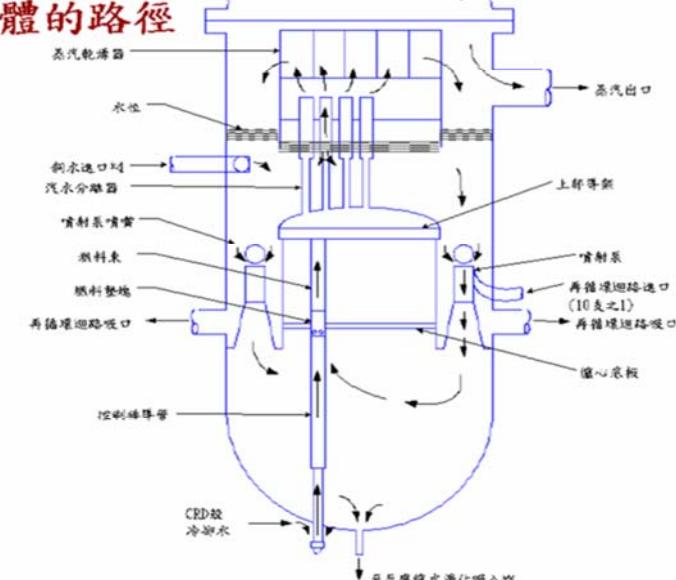


圖 1-18 CRD 殼橫向支持物

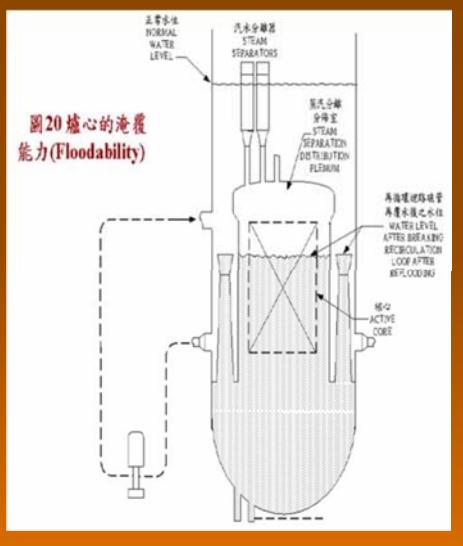
壓力槽內流體的路徑

圖19 壓力槽內流體的路徑



爐心的淹覆能力 (Floodability)

- 設計基礎事故：
 - 再循環泵進口管路破裂，降流區之水流光。
 - 噴射泵的位置能保持 2/3 爐心高度的水位。
 - 靠緊急爐心冷卻系統 (ECCS) 保持水位。



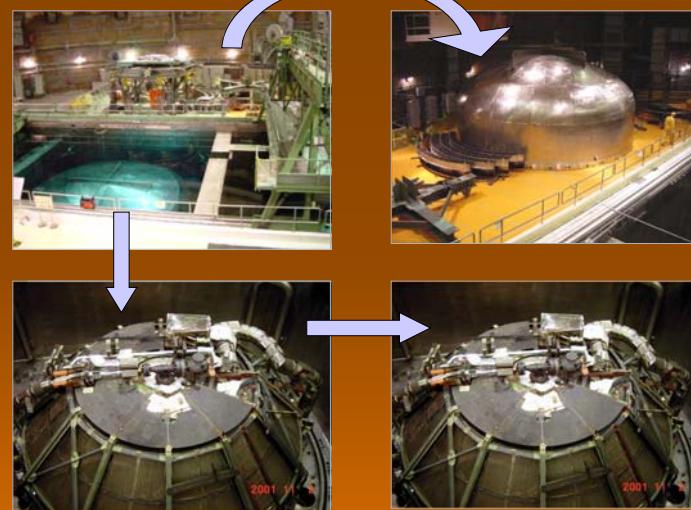
3. 壓力槽開蓋程序

壓力槽開蓋程序

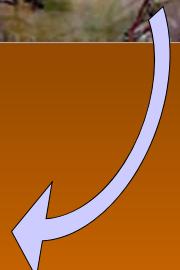
- 準備燃料吊運，反應爐更換燃料按下列程序移去設備
 - 反應爐穴洩水
 - 吊出乾井蓋
 - 吊出反應爐頂蓋保溫組件
 - 鬆開反應爐頂蓋螺栓
 - 吊出反應爐頂蓋
 - 吊出蒸汽乾燥器
 - 吊出汽水分離器
 - 塞封主蒸汽管
 - 反應爐及反應爐穴灌水



壓力槽開蓋程序(1)



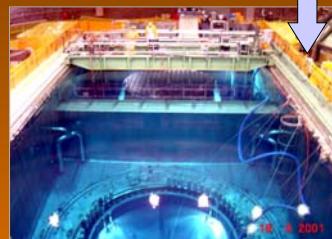
壓力槽開蓋程序(2)



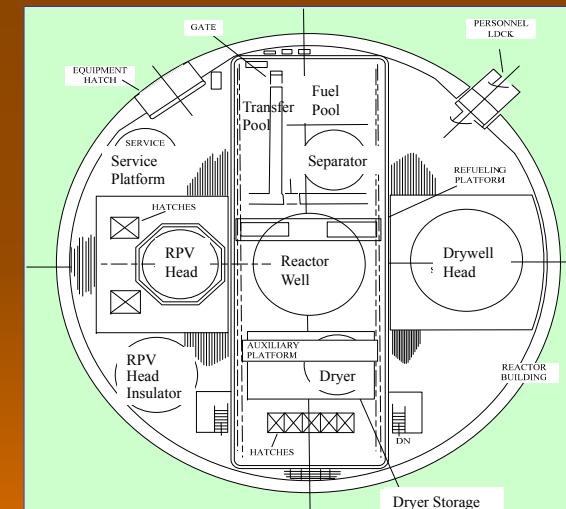
壓力槽開蓋程序(3)



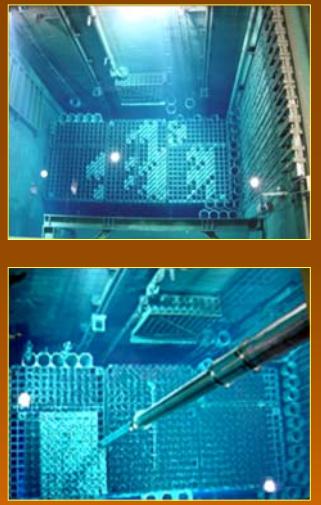
壓力槽開蓋程序(4)



壓力槽開蓋程序(5)



壓力槽開蓋程序(5)



反應爐壓力槽儀器

反應爐壓力槽儀器

- 在本單元討論反應爐壓力槽儀器共計五種，分別是：
 - 反應爐壓力儀器
 - 反應爐水位儀器
 - 爐心流量儀器
 - 反應爐溫度儀器
 - 反應爐頂蓋凸緣洩漏偵測儀器
- 反應爐儀器除了監視反應爐壓力槽外，另外提供控制、指示、警報及連鎖的功能

4. 反應爐水位儀器

壓力槽水位儀器

- 反應爐水位儀器的功能
 - 提供反應爐水位指示及控制的信號
 - 提供反應爐高水位、低水位的連鎖信號
- 反應爐水位儀器依其監視範圍、使用時機及跳脫功能，可分成如下五種範圍水位儀器。

水位儀器的種類與範圍

種類	範圍	參考零點
窄範圍	: 0 ~ +150cm	儀器零點
寬範圍	: -380 ~ +150cm	儀器零點
異常追蹤範圍	: 0 ~ +460cm	儀器零點
停機灌水範圍	: 0 ~ +1000cm	儀器零點
燃料區範圍	: -380 ~ +130cm	燃料頂點

表2.1：水位儀器的種類與範圍

壓力槽水位指示範圍

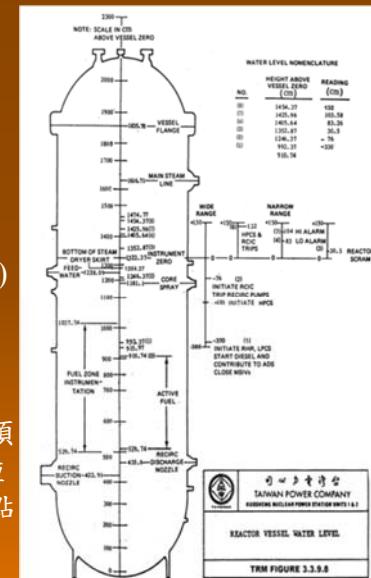
五種範圍水位儀器的水位指示使用範圍：

- 窄範圍水位儀器使用於正常運轉時的水位指示
- 寬範圍水位儀器使用於反應爐水位低於反應器儀器零點以下的水位指示
- 異常追蹤範圍水位儀器僅作水位高於窄範圍水位儀器時之水位監視
- 停機灌水水位儀器為反應爐冷爐或大修時之反應爐爐心水位監視
- 燃料區水位儀器則用以監視水位異常下降到燃料區時的水位指示及記錄。

壓力槽零點及水位儀器零點

反應爐壓力槽零點(Reactor Vessel Zero, RVZ)

- 定義：反應爐壓力槽內底部上方點為零點
- 所有RPV內部及乾井設備標高以此點為基準點
- 儀器零點(Instrument Zero, IZ)
 - 蒸汽乾燥器裙底上方15英吋，RVZ標高為520.62英吋(1322公分)
 - 有效燃料頂部(Top of Active Fuel, TAF)，RVZ高度為358.56英吋(910.7公分)
- 除燃料區水位儀器是以爐心燃料的頂端為基準點(亦即零點)外，其餘四種範圍的水位儀器皆以反應爐儀器零點為基準點。



各階水位的相關跳脫或動作

- 第八階水位 132cm(L-8)
 - 關閉HPCS注水閥
 - 關閉RCIC汽機蒸汽供給閥
 - 跳脫主汽機
 - 跳脫反應爐飼水泵汽機
 - 反應爐急停
- 第七階水位 103.58cm(L-7)
 - 高水位警報
- 第四階水位 83.26cm(L-4)
 - 低水位警報
 - 當再循環泵於高速運轉時發生飼水泵壹台跳脫或低流量時，再循環泵之流量控制閥部份關小(Partial Closure)
- 第三階水位 30.5cm(L-3)
 - 反應爐急停
 - 隔離RHR停機冷卻模式(PCIS group 5)
 - ADS動作許可信號
 - 再循環水泵切換到低速運轉

各階水位的相關跳脫或動作

- 第二階水位 -76cm(L-2)
 - 啟動RCIC
 - 啟動HPCS(-101cm)
 - 起動HPCS柴油發電機
 - 跳脫再循環水泵
 - 隔離爐水淨化系統
 - 關閉包封容器隔離閥(PCIS group 1B,1C,2A及4)
 - 動作RRCS
- 第一階水位 -330cm(L-1)
 - 啟動LPCI
 - 啟動LPCS
 - ADS閥允許動作(須先延時104秒)
 - 關閉MSIV(PCIS group 1A、2B)
 - 啟動備用柴油機(DIV-I及DIV-II)

表 2.3 : 窄範圍水位儀器

窄範圍水位儀器		AA / B21: 系統代號		
GE 編號	BECHTEL 編號	傳送器	跳脫單元	功能
B21-N080A	B21-N680A	AA-LT-387	AA-LIS-387	L-3 反應爐急停
	B21-N683A		AA-LS-387	L-8 反應爐急停
B21-N080B	B21-N680B	AA-LT-382	AA-LIS-382	L-3 反應爐急停
	B21-N683B		AA-LS-382	L-8 反應爐急停
B21-N080C	B21-N680C	AA-LT-373	AA-LIS-373	L-3 反應爐急停
	B21-N683C		AA-LS-373	L-8 反應爐急停
B21-N080D	B21-N680D	AA-LT-368	AA-LIS-368	L-3 反應爐急停
	B21-N683D		AA-LS-368	L-8 反應爐急停
B21-N095A	B21-N695A	AA-LT-386	AA-LIS-386	L-3 ADS 動作確認
	B21-N693A		AA-LS-386	L-8 RCIC 復歸
B21-N095B	B21-N695B	AA-LT-381	AA-LIS-381	L-3 ADS 動作確認
	B21-N693B		AA-LS-381	L-8 RCIC 復歸
B21-N074C	B21-N674C	AA-LT-721	AA-LIS-721	L-8 關 HPCS注水閥
B21-N074D	B21-N674D	AA-LT-722	AA-LIS-722	L-8 關 HPCS注水閥
C34-N004A		AA-LT-388		飼水水位控制
C34-N004B		AA-LT-383		飼水水位控制
C34-N004C		AA-LT-374		飼水水位控制

壓力槽水位儀器

GE 編號	BECHTEL 編號	感測元件	
記錄器	指示器	記錄器	指示器
N/A	C34-R606A	N/A	N/A
N/A	C34-R606B	N/A	N/A
N/A	C34-R606C	N/A	N/A
C34-R608	N/A		

N/A OR NA: Not Applicable

R: Recorder

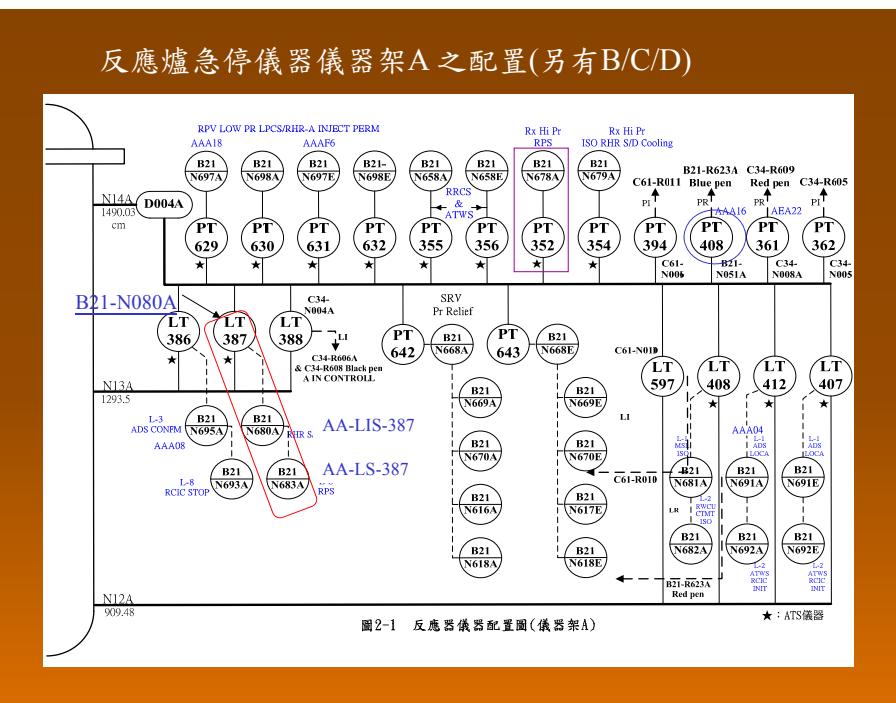
表 2.4：寬範圍水位儀

寬範圍水位儀器

實驗水位儀器

基準點：儀哭零點

偵測範圍：-380 ~ +150 cm



寬範圍水位儀器

GE 編號		BECHTEL 編號		感測元件
記錄器	指示器	記錄器	指示器	傳送器
B21-R623A	N/A	AA-UR-408	N/A	B21-N081A (AA-LT-408)
B21-R623B	N/A	AA-UR-403	N/A	B21-N081B (AA-LT-403)
N/A	B21-R604	N/A	AA-LI-398	B21-N081C (AA-LT-398)
N/A	C61-R010	N/A	AA-LI-597	C61-N010 (AA-LT-597)

表2.5：異常追蹤範圍水位儀器

異常追蹤範圍水位儀器

基準點：儀器零點

偵測範圍：0~+460cm

GE編號		BECHTEL 編號		功 能
傳送器	跳脫單元	傳 送 器	跳脫單元	
C34-N017	N/A	AA-LT-420	N/A	指示用

GE 編號 BECHTEL 編號 感測元件

記錄器	指示器	記錄器	指示器	傳送器
C34-R608	N/A	AA-LR-420	N/A	C34-N017(AA-LT-420)

壓力槽水位儀器

表2.6：停機灌水水位儀器

停機灌水範圍水位儀器				
基準點：儀器零點				
偵測範圍：0~+1000cm				
GE編號		BECHTEL 編號		功 能
傳送器	跳脫單元	傳 送 器	跳脫單元	
B21-N027	N/A	AA-LT-419	N/A	指示用

GE 編號	BECHTEL 編號	感 測 元 件		
記錄器	指示器	記錄器	指示器	傳 送 器
N/A	B21-R605	N/A	AA-LI-419	B21-N027 (AA-LT-419)

壓力槽水位儀器

- 停機灌水水位儀器於大修或反應爐開蓋時，用的冷凝水槽將會隨著爐蓋被拆除而失去參考水柱
- 此時必須在B21-N027傳送器的低壓側加裝定壓氣源以模擬參考水頭的壓力才能獲得正確的水位指示
- 此定壓氣源在反應爐回蓋即須拆除
- 參考水頭回裝後利用CRD充水管路的水將參考水頭管路充水

壓力槽水位儀器

表2.7：燃料區水位儀器

燃料區範圍水位儀器				
基準點：燃料頂點				
偵測範圍：-380~+130cm				
GE編號		BECHTEL 編號		功 能
傳送器	跳脫單元	傳 送 器	跳脫單元	
B21-N044C	N/A	AA-LT-409	N/A	指示用
B21-N044D	N/A	AA-LT-411	N/A	指示用
	N/A	AA-LT-724	N/A	指示用

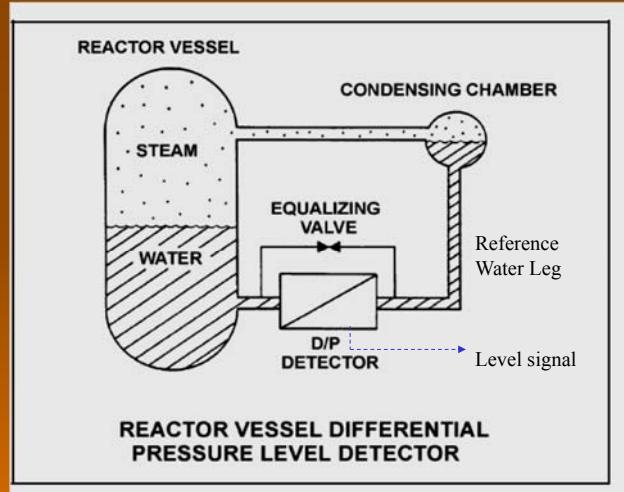
GE 編號	BECHTEL 編號	感 測 元 件		
記錄器	指示器	記錄器	指示器	傳 送 器
B21-R615	N/A	AA-LR-409	N/A	B21-N044C (AA-LT-409)
N/A	B21-R610	N/A	AA-LI-411	B21-N044D (AA-LT-411)

各水位儀器的使用時機

各範圍水位儀器的使用時機如下：

- 在正常運轉，以窄範圍儀器為準
- 當水位低於窄範圍水位儀器時以寬範圍水位儀器為準(此時反應爐已急停)。
- 當水位高於窄範圍儀器時，水位以異常追蹤範圍為準。
- 停機冷爐時只能使用停機灌水水位儀器，其他水位儀器僅供參考。
- 燃料區水位儀器僅使用於反應爐水位下降到燃料區，此狀況發生在 LOCA。
- 在停機冷爐時，窄範圍水位儀器指示乘 0.7 後即相當於停機灌水範圍儀器的指示，此狀況必須在水位降到100公分以下時才可使用，可作為水位比對用。

反應爐壓力槽液位感測系統，圖示差壓感測計校正於電廠的正常運轉環境。



反應爐水位儀器

- 由於各種水位儀器均為線性且本身無法對溫度變化補償，因此在水位指示使用範圍外其指示不準確，相同溫度條件的不同範圍水位儀器的指示大部份時間均不相同

窄範圍	各範圍水位儀器的校正環境			
	乾井溫度	壓力	反應爐壓力槽溫度	壓力
窄範圍	: 135°F	14.7 PSIA	549.3°F	1039.7 PSIA
寬範圍	: 135°F	14.7 PSIA	549.3°F	1039.7 PSIA
異常追蹤範圍	: 135°F	14.7 PSIA	549.3°F	1039.7 PSIA
停機灌水範圍	: 80°F	14.7 PSIA	120°F	14.7 PSIA
燃料區範圍	: 212°F	14.7 PSIA	212°F	14.7 PSIA

表2.2：各範圍水位儀器的校正環境

5. 反應爐壓力儀器

反應爐壓力儀器

反應爐壓力槽壓力儀器提供監視反應爐槽的壓力功能有

- 反應爐高壓力急停
- 再循環系統跳脫
- 引動重複反應度控制系統
- SRV 釋放功能動作
- 低壓注水閥開啟
- RHR 停機冷卻模式隔離

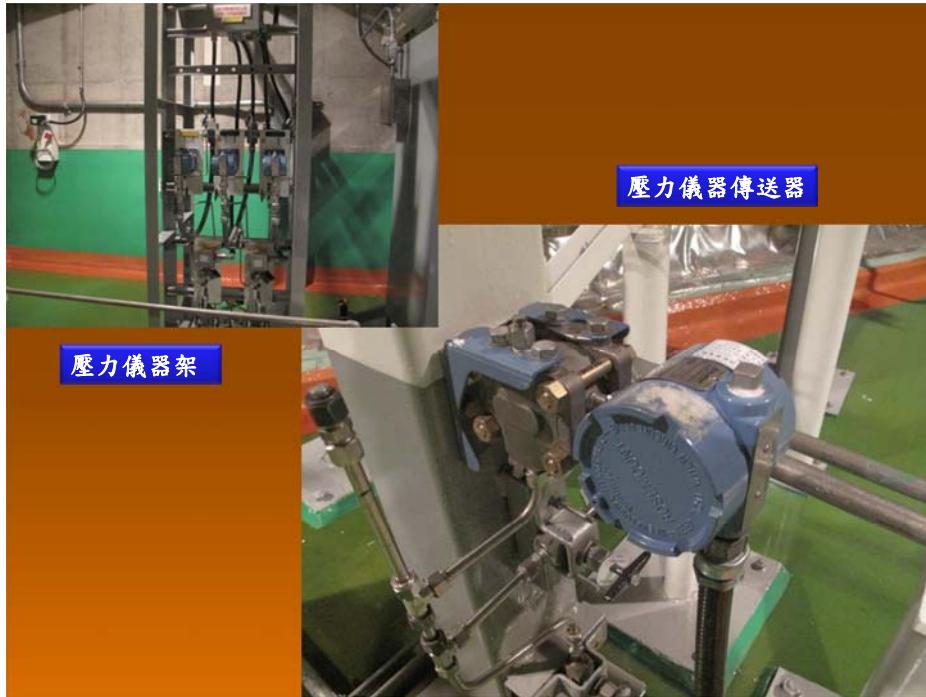


表 2.8：具跳脫功能的反應爐壓力儀器				
偵測範圍：0~90 kg/cm ²				
GE 編號	BECHTEL 編號		功 能	
傳送器	跳脫單元	傳送器	跳脫單元	
B21-N078A	B21-N678A	AA-PT-352	AA-PIS-352	反應器急停
B21-N078B	B21-N678B	AA-PT-332	AA-PIS-332	反應器急停
B21-N078C	B21-N678C	AA-PT-366	AA-PIS-366	反應器急停
B21-N078D	B21-N678D	AA-PT-371	AA-PIS-371	反應器急停
B21-N097A	B21-N697A	AA-PT-629	AA-PIS-629	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N097E	B21-N697E	AA-PT-631	AA-PIS-631	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N097B	B21-N697B	AA-PT-633	AA-PIS-633	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N097F	B21-N697F	AA-PT-635	AA-PIS-635	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N098A	B21-N698A	AA-PT-630	AA-PIS-630	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N098E	B21-N698E	AA-PT-632	AA-PIS-632	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N098B	B21-N698B	AA-PT-634	AA-PIS-634	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N098F	B21-N698F	AA-PT-636	AA-PIS-636	LPCI 注水閥允許開啟
B21-N058A	B21-N658A	AA-PT-355	AA-PIS-355	ATWS 動作
B21-N058B	B21-N658B	AA-PT-334	AA-PIS-334	ATWS 動作
B21-N058E	B21-N658E	AA-PT-356	AA-PIS-356	ATWS 動作
B21-N058F	B21-N658F	AA-PT-335	AA-PIS-335	ATWS 動作
B21-N079A	B21-N679A	AA-PT-354	AA-PIS-354	RHR 停機冷卻模式隔離
B21-N079B	B21-N679B	AA-PT-336	AA-PIS-336	RHR 停機冷卻模式隔離

反應爐壓力儀器			
表 2.9：反應爐壓力控制的反應爐壓力槽儀器			
偵測範圍：0~1000 PSI			
GE 編號	BECHTEL 編號	功 能	
傳送器	跳脫單元	傳送器	跳脫單元
C85-N003A	N/A	AA-PT-648	N/A
C85-N003B	N/A	AA-PT-647	N/A
		SB&PR 控制用	SB&PR 控制用

PT: Pressure Transmitter

SB&PR: Steam Bypass and Pressure Regulation

反應爐壓力儀器			
表 2.10：監視及記錄用的反應槽壓力儀器			
偵測範圍：60~80 kg/cm ²			
GE 編號	BECHTEL 編號	功 能	
傳送器	跳脫單元	傳送器	跳脫單元
C34-N008A	N/A	AA-PT-361	N/A
C34-N008B	N/A	AA-PT-649	N/A
GE 編號	BECHTEL 編號		感側元件
記錄器	指示器	記錄器	指示器
C34-R609 (紅筆)	N/A	N/A	N/A
			C34-N008A

偵測範圍：0~85 kg/cm ²			
GE 編號	BECHTEL 編號	功 能	
傳送器	跳脫單元	傳送器	跳脫單元
C34-N005	N/A	AA-PT-362	N/A
GE 編號	BECHTEL 編號		感側元件
記錄器	指示器	記錄器	指示器
N/A	C34-R605	N/A	N/A
			C34-N005

反應爐壓力儀器

表2.10：監視及記錄用的反應槽壓力儀器

偵測範圍：0~105 kg/cm²

GE編號		BECHTEL 編號		功 能
傳送器	跳脫單元	傳 送 器	跳脫單元	
B21-N051A	N/A	AA-PT-408	N/A	指 示 用
B21-N051B	N/A	AA-PT-403	N/A	指 示 用
GE 編號		BECHTEL 編號		感側元件
B21-R623A (綠筆)	N/A	AA-UR-408	N/A	B21-N051A
B21-R623B (綠筆)	N/A	AA-UR-403	N/A	B21-N051B
偵測範圍：0~90 kg/cm ²				
GE編號		BECHTEL 編號		功 能
傳送器	跳脫單元	傳 送 器	跳脫單元	
N/A	C61-R011	N/A	AA-PI-394	C61-N006

安全釋放閥釋壓功能動作壓力儀器

PSH: Pressure Switch High

SRV: Safety Relief Valve

偵測範圍：0~100 kg/cm²

GE	DESIRED SET POINT	DESIRED SET POINT	DESIRED SET POINT	DESIRED SET POINT
傳送器	GE編號	BECHTEL 編號	功 能	
B21-N068A	B21-N068B	B21-N668B	AA-PT-644	AA-PSH-644A
		B21-N669B		AA-PSH-644B
		B21-N670B		AA-PSH-644C
		B21-N616B		AA-PSH-644D
		B21-N618B		AA-PSH-644E
	B21-N068E	B21-N668E	AA-PT-643	AA-PSH-643A
		B21-N669E		AA-PSH-643B
		B21-N670E		AA-PSH-643C
		B21-N617E		AA-PSH-643D
		B21-N618E		AA-PSH-643E
B21-N068F	B21-N668F	AA-PT-645	AA-PSH-645A	SRV PRESS
	B21-N669F		AA-PSH-645B	RELIEF
	B21-N670F		AA-PSH-645C	LO LO SET POINT
	B21-N617F		AA-PSH-645D	
	B21-N618F		AA-PSH-645E	

6. 反應爐流量儀器

反應爐內水流

- 反應爐環狀降水區之水被噴射泵噴射水流吸入，強制通過爐心
- 冷卻水通過爐心被加熱產生蒸汽。
- 汽水分離器把水分離排出
- 蒸汽乾燥器除去剩餘的少量水份
- 乾燥蒸汽由主蒸汽管引出反應爐

反應爐流量儀器

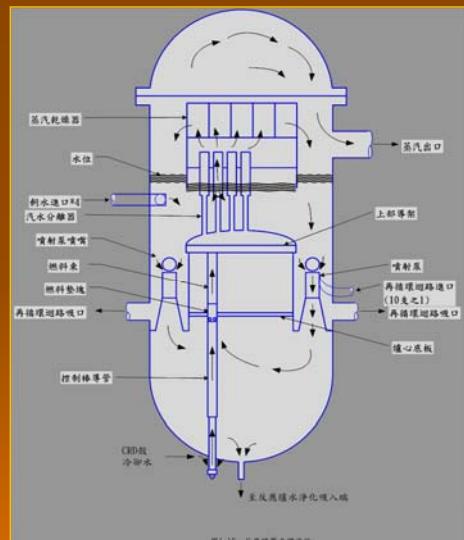


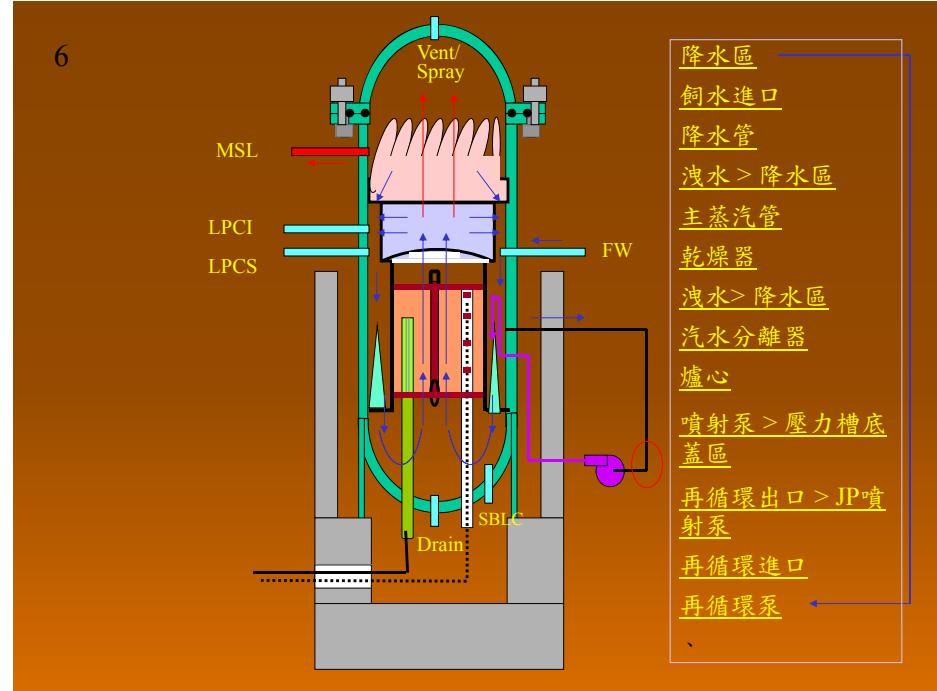
圖1-19 反應爐壓力傳感器

反應爐流量儀器

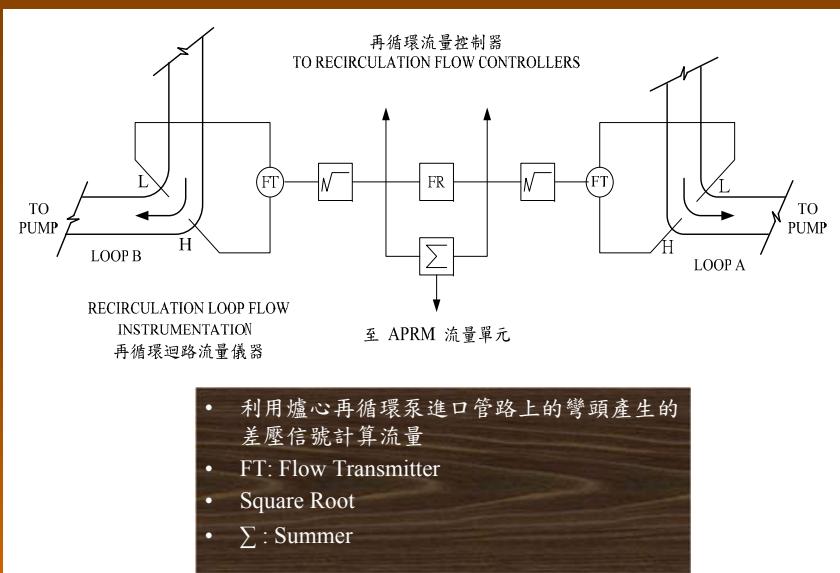
反應爐流量儀器分為爐心流量儀器及驅動水流量儀器

- 驅動水流量
 - 即再循環泵的總流量。
 - 利用爐心再循環泵進口管路上的彎頭產生的差壓信號計算流量。
 - 爐心驅動水流量儀器除提供記錄及指示，另外提供中子偵測系統爐心熱功率跳脫設定點參考值。
- 爐心流量
 - 通過爐心的總流量
 - 由20支噴射泵流量相加總合的流量
 - 爐心流量儀器提供記錄及指示並可讓運轉員判別噴射泵的可用性

6



爐心驅動水流量儀器



爐心流量儀器

- 噴射泵為提供爐心流量，共有20支
- 每支噴射泵有喉部接頭與備用硼液管的差壓信號轉成流量信號
- 第5、10、15、20為全儀式噴射泵，即另有噴射泵喉部與擴散管出口壓力的差壓信號轉成流量信號
- 20支噴射泵分成LOOP A及LOOP B，每一LOOP各有10支流量信號

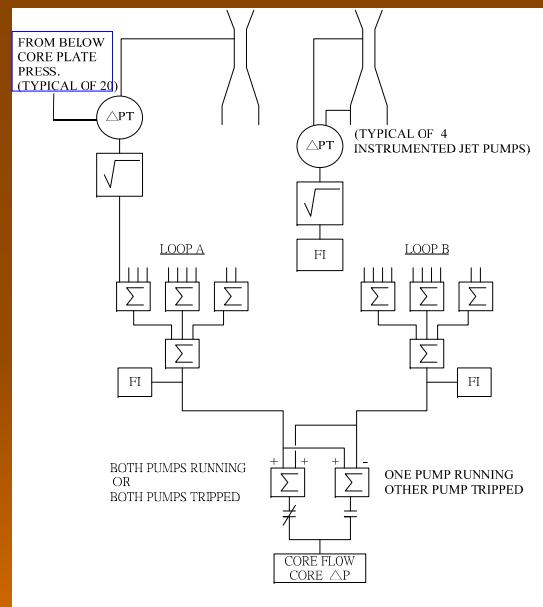


圖 2-7 爐心流量儀器

噴射泵
配置圖

- 20支噴射泵共用之備用硼液管及喉部差壓

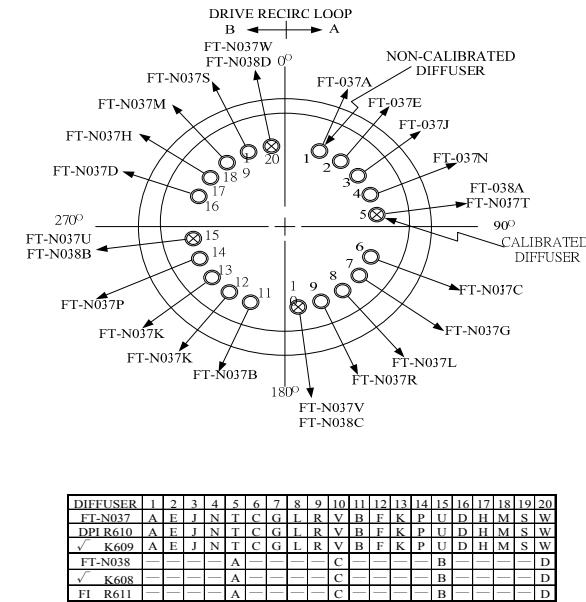
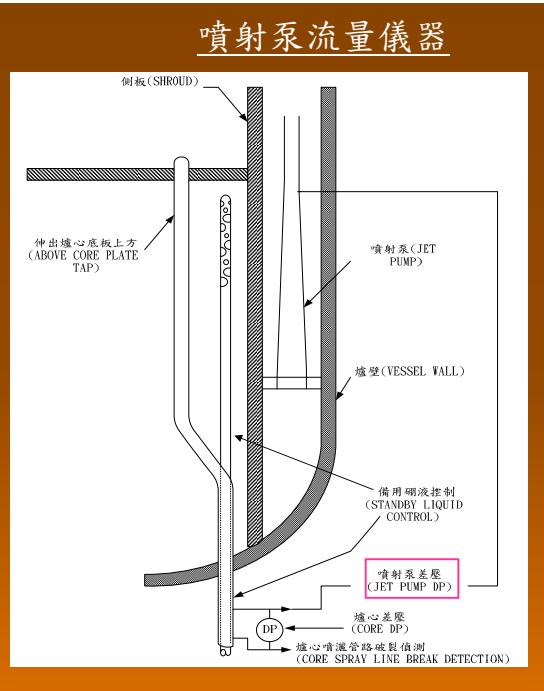


圖2-9 噴射泵配置圖

- 當兩台再循環泵運轉時，爐心總流量為 $L_{00P-A} + L_{00P-B}$ 流量之和。
- 兩台再循環泵跳脫時，爐心總流量仍為 $L_{00P-A} + L_{00P-B}$ 流量之和，此時流量為自然對流。
- 僅一台再循環泵運轉時，因為有些流量會倒流到停用之噴射泵，所以爐心總流量為運轉迴路流量減去停用迴路流量(如圖2.8)。

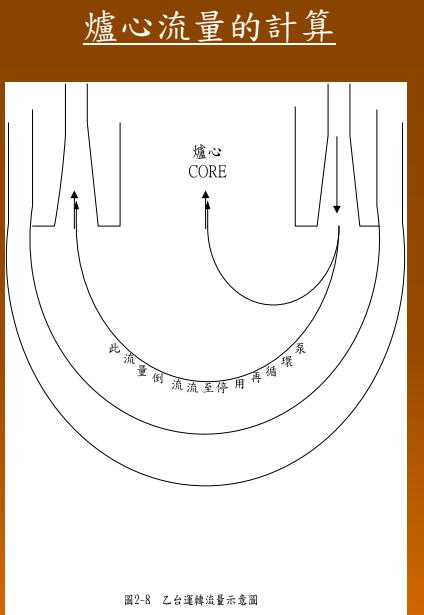
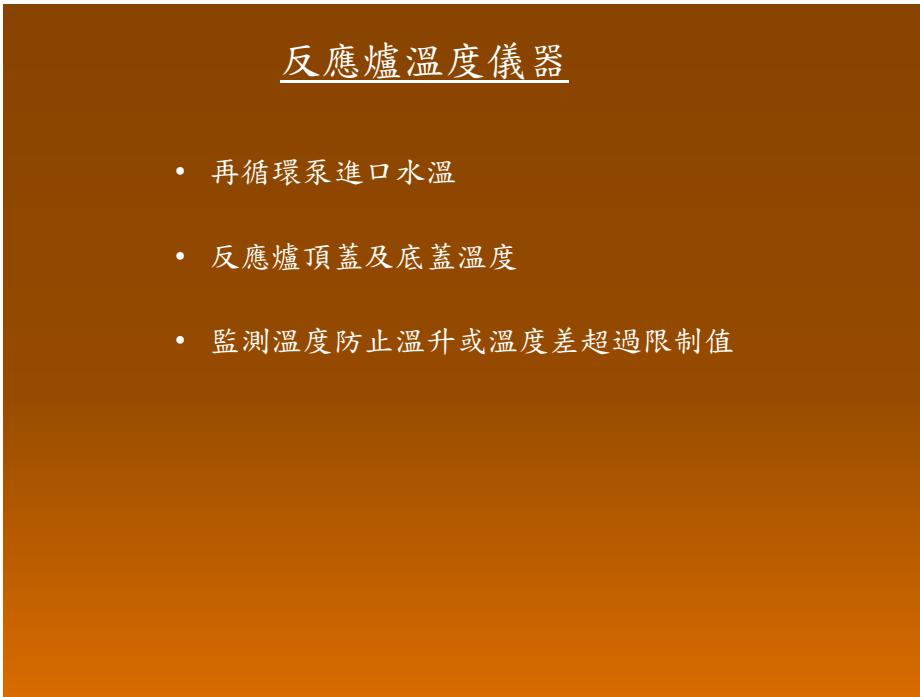


圖2-8 乙台運轉流量示意圖

7. 反應爐溫度儀器 與 凸緣洩漏偵測

反應爐溫度儀器

- 再循環泵進口水溫
- 反應爐頂蓋及底蓋溫度
- 監測溫度防止溫升或溫度差超過限制值



緩和劑溫度

- 再循環泵進口管路上溫度元件 BB-TE-119C/219C量取進口水溫，此即為再循環泵進口水溫
- 送到H13-P602盤的記錄器，BB-TR-119作指示及記錄。

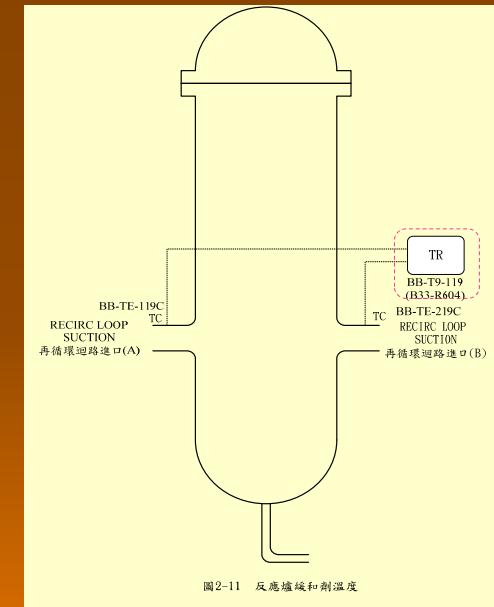


圖2-11 反應爐緩和劑溫度

反應爐頂蓋及底蓋溫度

反應爐頂蓋

- 反應爐殼 法蘭(SHELL FLANGE)之溫度
 - (AA-TE-499A/B)
- 反應爐頂蓋法蘭(HEAD FLANGE)之溫度
 - (AA-TE-498A/B)

反應爐底蓋

- 底蓋(BOTTOM HEAD)的溫度
 - (AA-TE-500A/B)
- 反應爐底部洩水管路(BOTTOM DRAIN)的溫度
 - (BB-TE-119A/B)

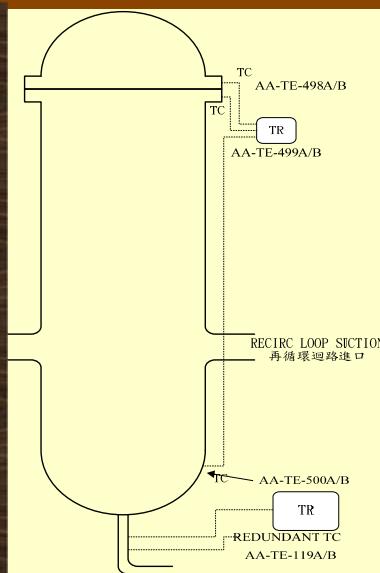


圖2-12 反應爐頂蓋及底蓋溫度

反應爐凸緣洩漏偵測

- 一只壓力開關偵測壓力槽兩只金屬封環間的壓力，以監視內封環是否洩漏。
- 壓力開關 AA-PSH-124 安裝於反應爐爐水淨化系統除礦器控制盤旁儀器架上，於壓力達 5.6kg/cm 動作產生警報
- 大修完畢起動後，由於封環內積存之水經加熱後膨脹會使壓力開關動作，此時可經由壓力開關管路上的洩水閥洩水將警報消除。
- 乾井內有一手動操作閥，供必要時洩水到乾井機件洩水收集槽

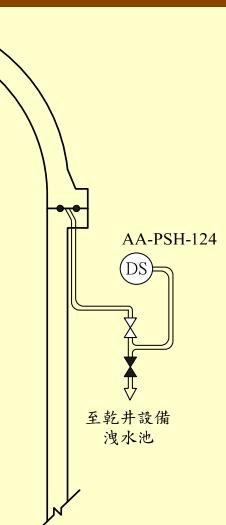


圖2-13 反應爐頂蓋凸緣洩漏

8. ATTS系統儀器架構

ATTS系統儀器架構

- 將前述各水位及壓力儀器集中平均分佈於四個儀器架上，儀器本身的結構同為傳送器→跳脫單元→跳脫系統(或動作系統)邏輯，因此將這些具有相同儀器架構的儀器另成一個ATTS(Analog Transmit Trip System)系統，而在這個ATTS系統本身則另提供：
 - 喪失儀器工作電源監視
 - 各儀器故障監視



ATTS系統

- ATTS共7個盤面中分成RPS四個盤面及ECCS三個盤面；RPS盤面電源來自控制室RPS BUS；ECCS盤面則各有壹個DC 125V及壹個AC 120V電源，其中125 VDC電源須再經INVERTER轉換成120VAC後才能使用。
- 每一個ATTS盤面電源設計有雙重電源，當失去任一電源時，盤面上所有相關的儀器仍能正常工作，但雙重性則無，故此時必須儘快檢修故障的電源。
- ATTS盤面中，RPS盤面因為是設計為故障時須動作(Fail Safe)，因此所有跳脫單元的繼電器在未跳脫時是激磁狀態，而ECCS盤面則正好相反，在正常運轉時，其所有跳脫單元的繼電器在未跳脫時為失磁狀態。

9. 反應爐水位逆充式設備

反應爐水位逆充設備

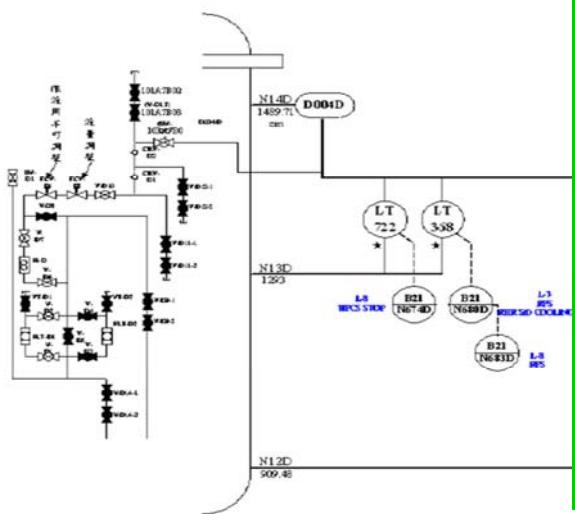


圖20 逆充設備與水位儀器架D儀器示意圖

- 水位逆充設備之作用為防止不凝結氣體蓄積於反應器水位儀器之參考器水頭中而影響水位儀器之準確性(會造成假象偏高),其發生之機制為當反應器快速降壓時,蓄積於參考水頭中之不凝結氣體會急速釋出並取代部份參考水頭的水,此時參考水頭之靜水頭壓力會因此而降低,使得水位儀器指示偏高。
- 正常運轉時之逆充流量為 $0.42 \pm 0.04\text{gph}$ 不可超過 0.60gph 。
- 機組進入MODE-4後,因無不凝結氣體之顧慮,同時為了防止儀器誤動作,故應停用逆充設備。

課程結束