

反應爐及反應爐冷卻水泵介紹

INER PWR班

2015/10/7

1

學習目標

- 使學員瞭解反應爐壓力槽及其內部組件之構造/功能及組合
- 使學員瞭解燃料組件之功能及其構造
- 使學員瞭解反應爐冷卻水泵之構造及運作方式

2015/10/7

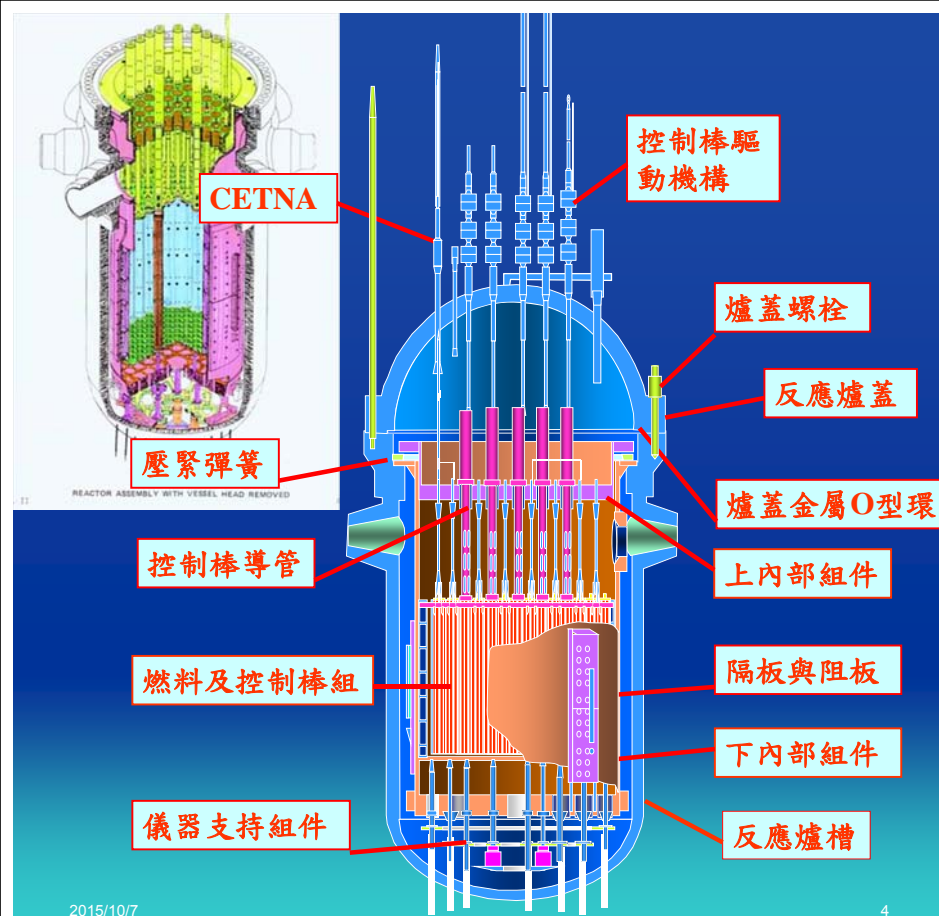
2

課程內容

- 壓力槽及其內部組件
- 爐心組件
- 反應爐冷卻水泵

2015/10/7

3

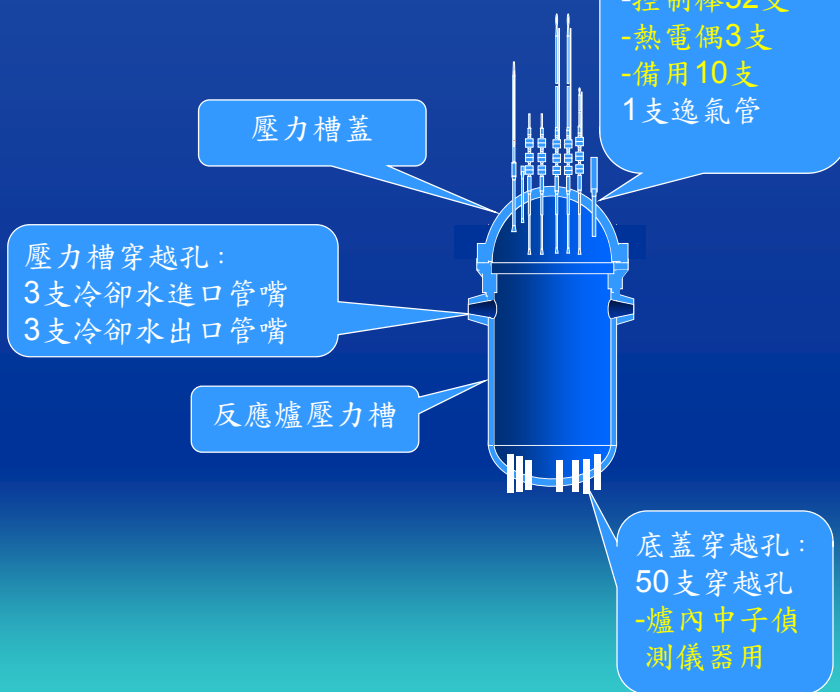


2015/10/7

4

壓力槽(續)

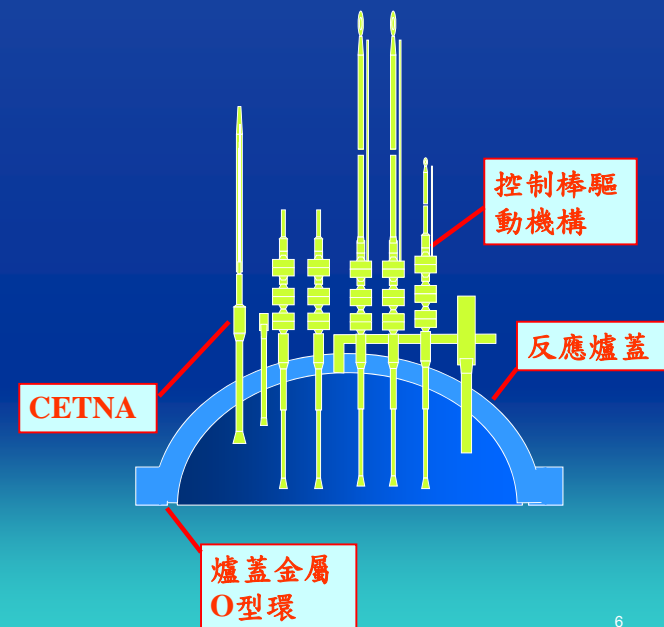
• 構造：



2015/10/7

5

壓力槽(續)——反應爐爐蓋

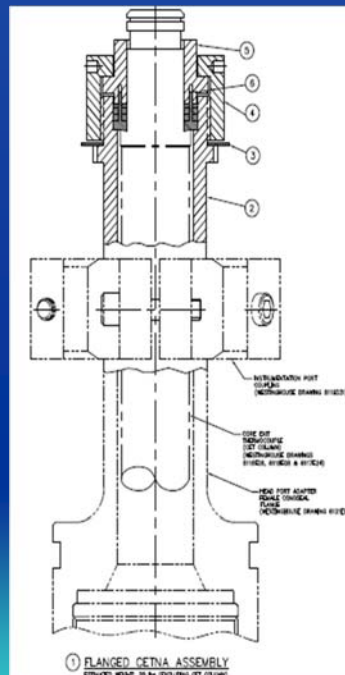


2015/10/7

6

第3版法蘭式CETNA

1. 法蘭式 CETNA 組件
2. CETNA 防漏殼座
3. 固定墊片
4. 壓制螺帽
5. 壓縮扣環
6. 防漏墊圈支持座組件(包括)：
 - 防漏墊圈支持座
 - 內、外支持環
 - 內、外石墨防漏墊圈

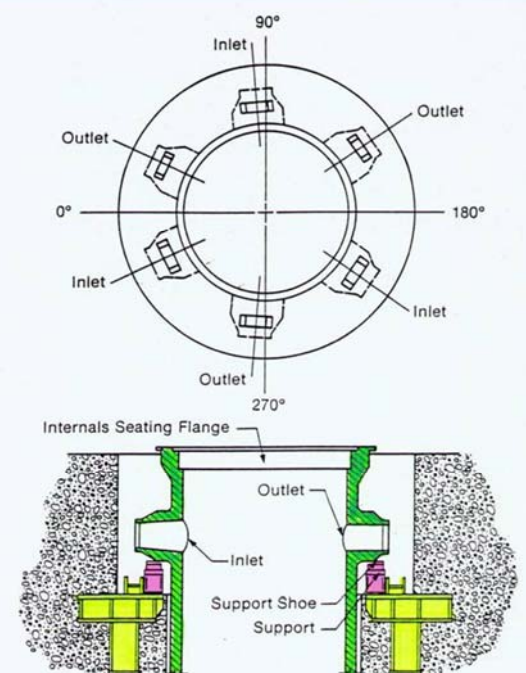


2015/10/7

7

壓力槽(續)

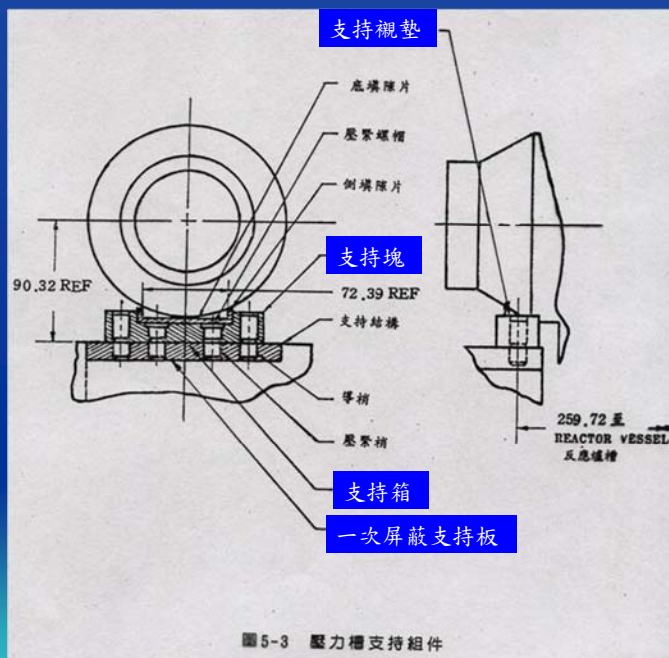
- 壓力槽之支持：
 - 提供縱/橫向之支持
 - 能承受地震及破管的噴射反作用力



2015/10/7

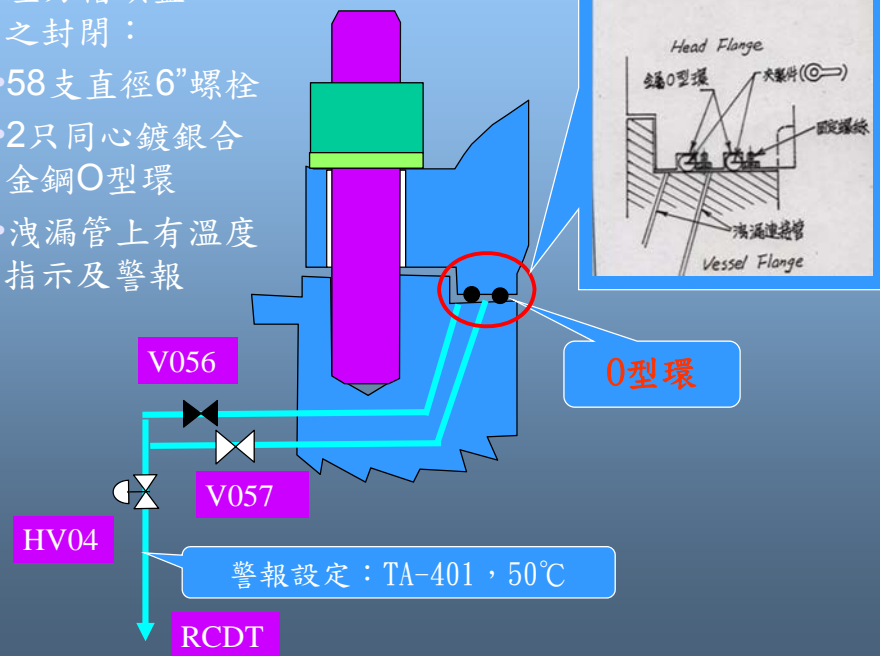
壓力槽(續)

- 進出口管嘴與支持襯墊焊成一體
- 支持襯墊與支持塊之間隙填以隙片
- 支持塊栓接於支持箱上
- 支持箱焊接於一次屏蔽結構鋼板
- 一次屏蔽結構鋼板埋設於鋼筋混凝土牆



壓力槽(續)

- 壓力槽頂蓋之封閉：
- 58支直徑6"螺栓
- 2只同心鍍銀合金鋼O型環
- 洩漏管上有溫度指示及警報



壓力槽內部組件

上內部組件

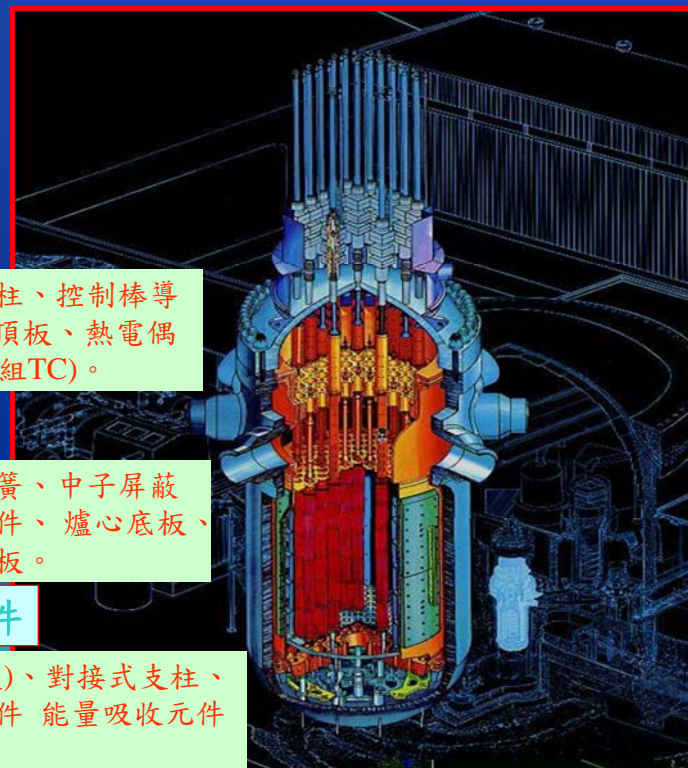
上支持板、上支柱、控制棒導管(52支)、爐心頂板、熱電偶支柱(3支/每支13組TC)。

下內部組件

爐心筒、壓緊彈簧、中子屏蔽板、爐心支持鍛件、爐心底板、爐心支柱、模型板。

儀器支持組件

十字形導管(26支)、對接式支柱、輔助爐心支持組件 能量吸收元件(4支)、繫板。



REACTOR VESSEL O-RINGS WITH PROVEN PERFORMANCE

The Advanced Products Company was the first to make a true nuclear-quality seal, manufactured for the then-new Yankee Reactor back in 1960.

Since that time, EnerRing® Reactor Vessel O-Rings have dependably performed on nearly 200 other BWRs and PWRs located throughout the world.

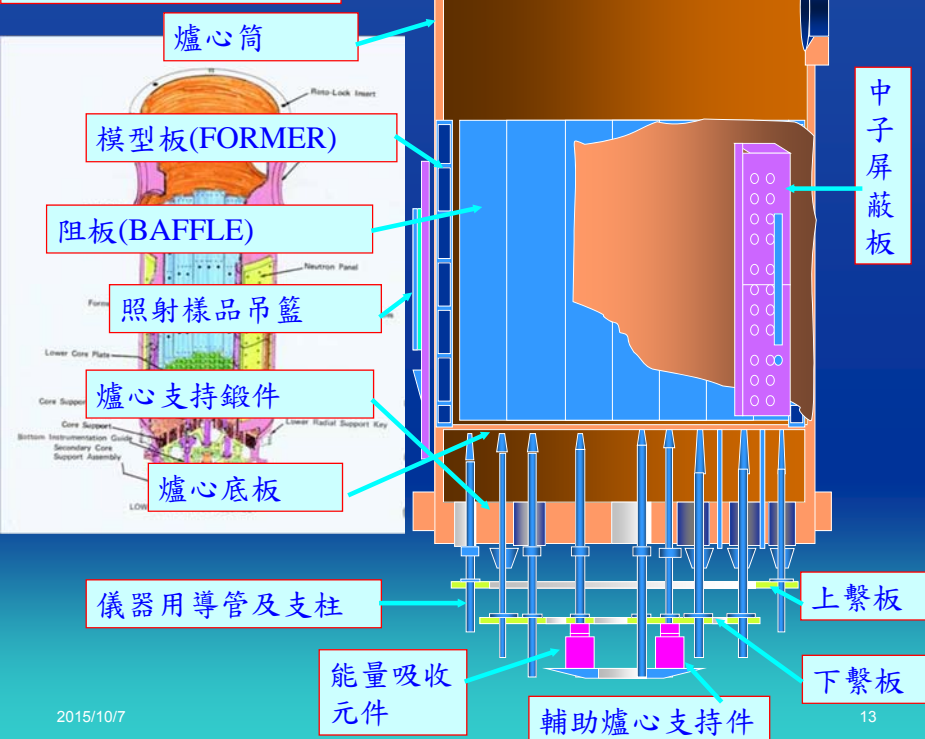
From initial design and engineering through manufacturing, plating, finishing and packaging, each O-Ring is fully documented and rigorously tested to assure predictable, reliable performance.

For complete information contact us today.

Advanced
Advanced Products
Offices located throughout the world.

Advanced Products Company World Headquarters, North Haven, CT USA • Tel. (203) 329-3341 • Fax (203) 234-7233
Circle Reader Service No. 45

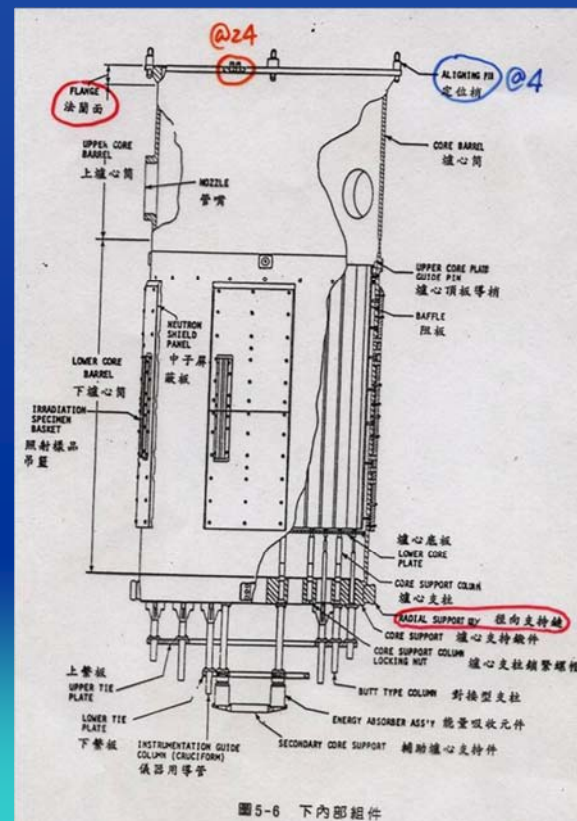
內部組件(續)- 下內部組件及 儀器支持組件



下內部組件

功用：

- 承受燃料負荷，提供爐心縱橫向支撐
- 引導冷卻水流經燃料元件，且防止冷卻水旁路
- 避免反應爐槽遭受過量輻射



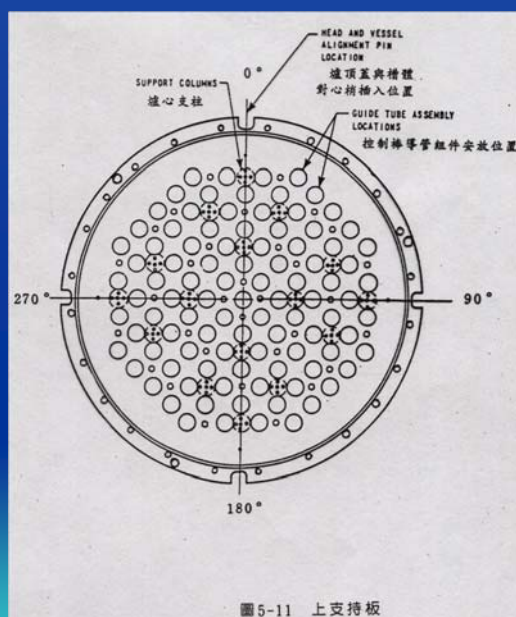
下內部組件—爐心筒

功用：

- 傳遞燃料元件負荷，爐心筒的負荷藉爐槽法蘭內凸緣面來支撐
- 保持反應爐槽內部組件的完整性

說明

- 4支方形定位銷，作為上內部組件和頂蓋整體安裝時對心
- 24個噴嘴引導冷卻水至頂蓋
- 3個螺孔，藉由吊件插入螺孔將下內部組件吊出
- 6個出入孔，作為照射樣品拆裝的通道



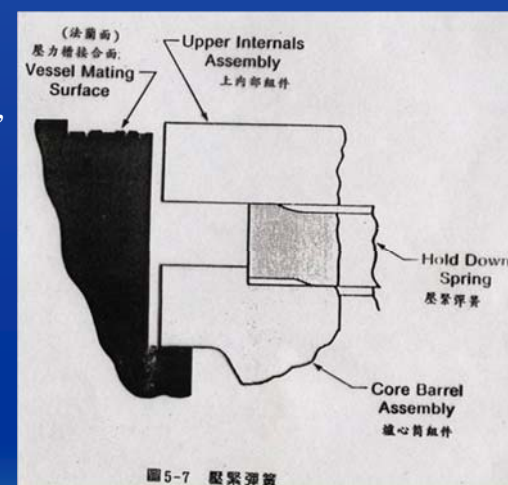
下內部組件—壓緊彈簧

功用：

- 防止內部組件鬆動
- 藉由頂蓋螺栓鎖緊，使內部組件成為更緊密之整體

說明：

- 圓周形平面彈簧，置於爐心筒法蘭面上方



下內部組件—中子屏蔽板

• 功用：

- 衰減爐心逸出的快中子及 γ 射線，防止反應爐壁脆化及熱應力不均

• 說明

- 4塊中子屏蔽板(不銹鋼，121.9 X 376 X 7.1cm)
- 藉由螺栓及鎖鎖在爐心筒外表面，兩者之間有1/2" 間隙，供屏蔽板冷卻
- 6只照射樣品吊籃，安裝在屏蔽板上，其內裝有照射樣品，以便爾後分別取出，以測定輻射及超溫超壓之影響

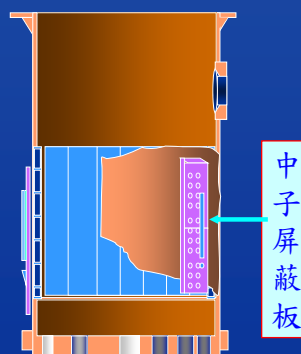


Table 16.4.4.10.1-1
REACTOR VESSEL MATERIAL SURVEILLANCE PROGRAM -
WITHDRAWAL SCHEDULE

Capsule Number	Vessel Location	Lead Factor	Withdrawal Time
U	343°	3.5	1st refueling
V	107°	3.5	3rd refueling
X	287°	3.5	6th refueling
W	110°	2.9	11th refueling
Y	290°	2.9	20th refueling
Z	340°	2.9	Standby

2015/10/7

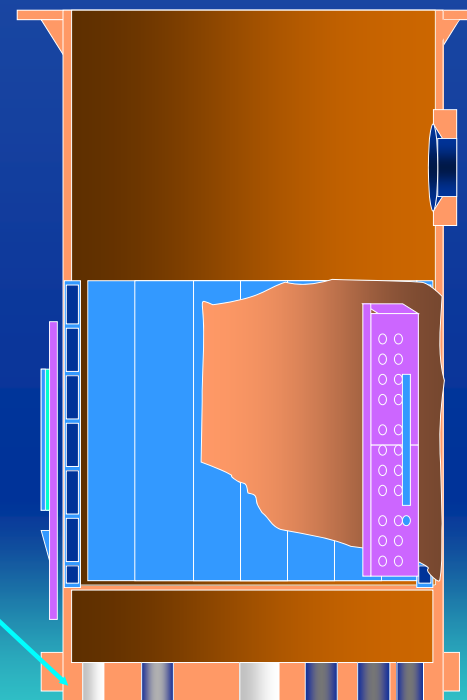
下內部組件—爐心支持鍛件

• 功用：

- 支撐爐心燃料元件
- 傳遞爐心負荷至爐心筒外殼

• 說明

- 與爐心筒焊接成一體
- 厚度40.6cm之不銹鋼鍛件，98個冷卻水孔，1個人孔



2015/10/7

18

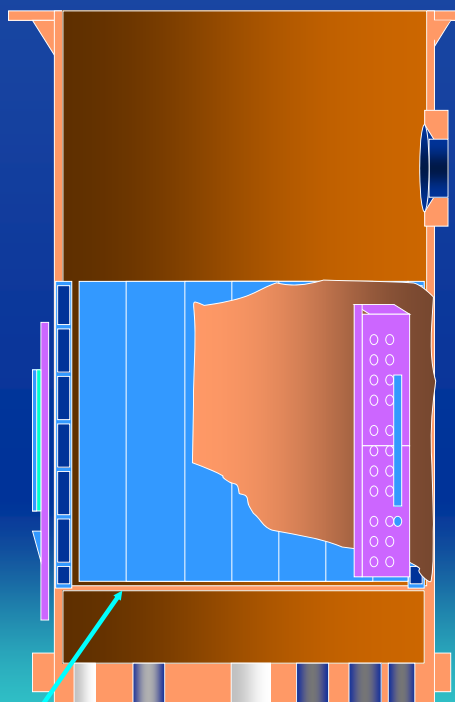
下內部組件—爐心底板

• 功用：

- 直接支撐燃料元件
- 將冷卻水流量均勻分配至各燃料元件

• 說明：

- 在每一燃料元件位置有2只定位銷，以供燃料元件定位及承受橫向負荷
- 4.4cm厚之不銹鋼板，有直徑43.2cm之人孔
- 安裝於爐心筒內側的圓環上，此圓環焊接於爐心筒內表面
- 爐心底板將燃料元件負荷傳遞給爐心筒，另一部份負荷則藉由爐心支柱傳遞給爐心支持鍛件



2015/10/7

19

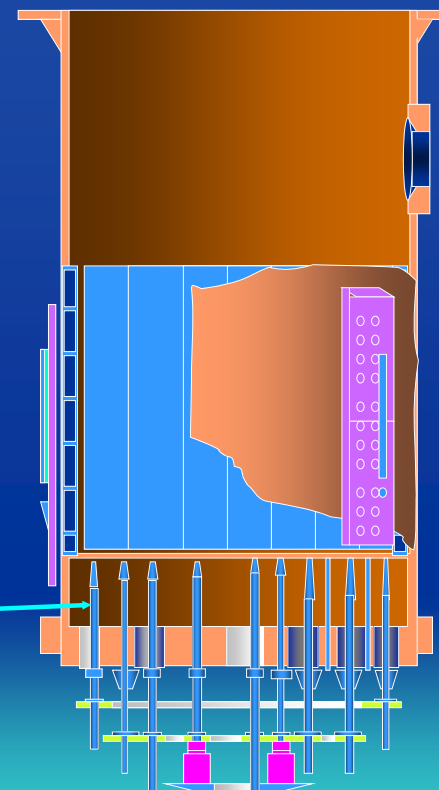
下內部組件—爐心支柱

• 功用：

- 把燃料元件及爐心底板之負荷傳遞給爐心支持鍛件

• 說明：

- 20支柱型不銹鋼管
- 位於爐心底板及爐心支持鍛件之間



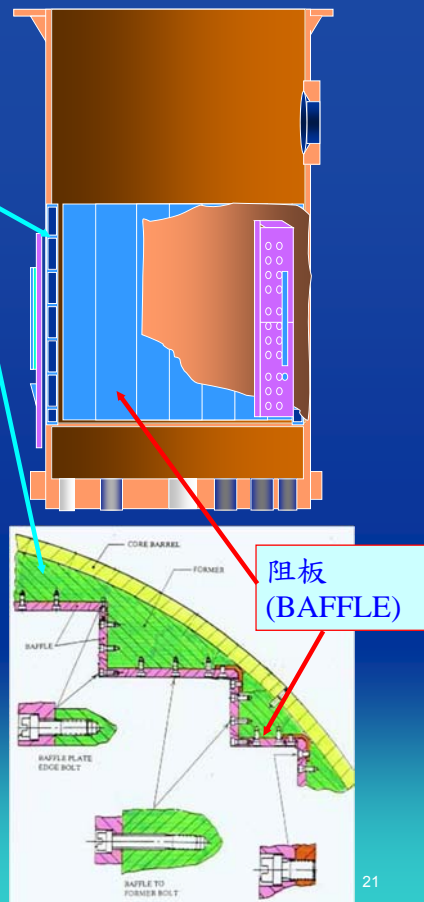
2015/10/7

20

下內部組件 —模型板

- 功用：
 - 把圓柱形爐心筒轉換成燃料元件外圍之方形
- 說明：
 - 共有8塊，藉由螺栓及銷固定於爐心筒內側溝槽
 - 阻板栓接於模型板內側邊緣形成爐心
 - 阻板上有冷卻水口，容許冷卻水流入模型板區域

模型板
(FORMER)

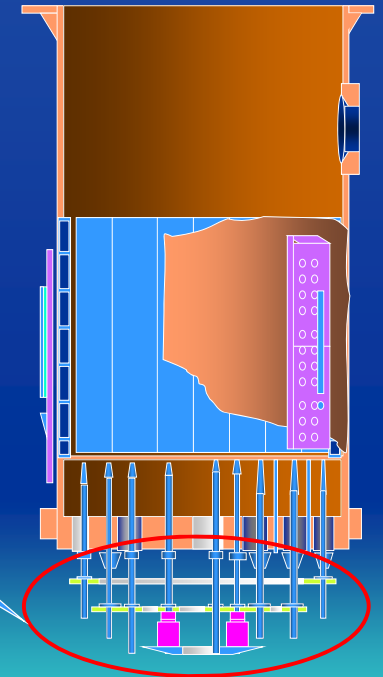


2015/10/7

儀器支持組件

- 懸掛在下內部組件下方，引導中子偵測儀器套管進入爐心不同位置，防止冷卻水流引起套管發生振動

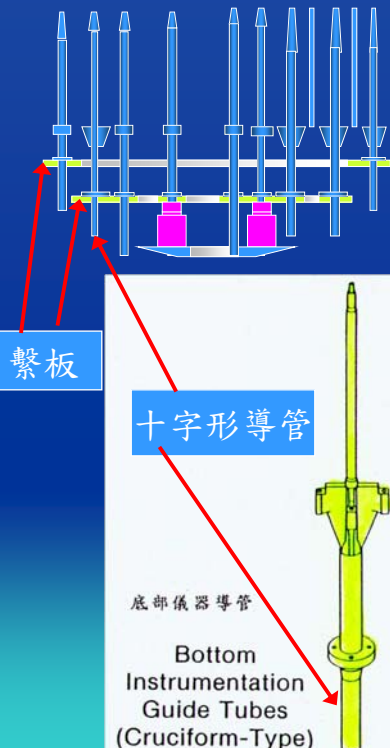
儀器支持組件



2015/10/7

儀器支持組件---十字形導管

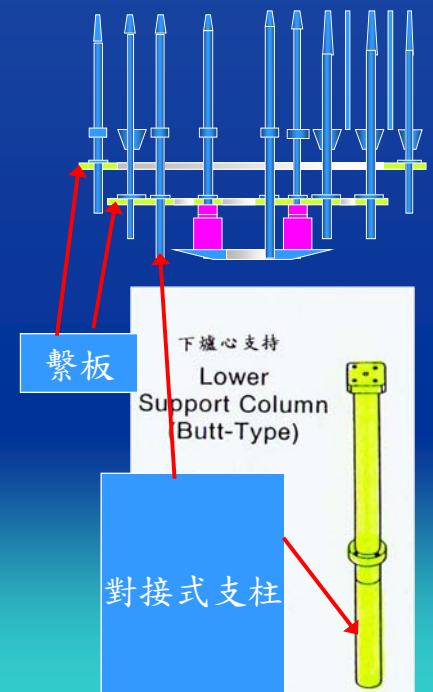
- 功用：
 - 把中子偵檢器導入爐心各部位
- 說明：
 - 位於爐心底板及爐心支持鍛件之間，共26支
 - 導管下端藉由軸環(collar)鎖緊於繫板上
 - 藉由蜘蛛狀(spider)支持件將導管栓接於爐心支持鍛件底面



2015/10/7

儀器支持組件---對接式支柱

- 功用：
 - 作為爐心底板及爐心支持鍛件間之支柱
 - 把中子偵檢器導入爐心各部位
- 說明：
 - 藉由螺帽鎖緊於爐心支持鍛件上
 - 下端藉由軸環(collar)鎖緊於繫板上



2015/10/7

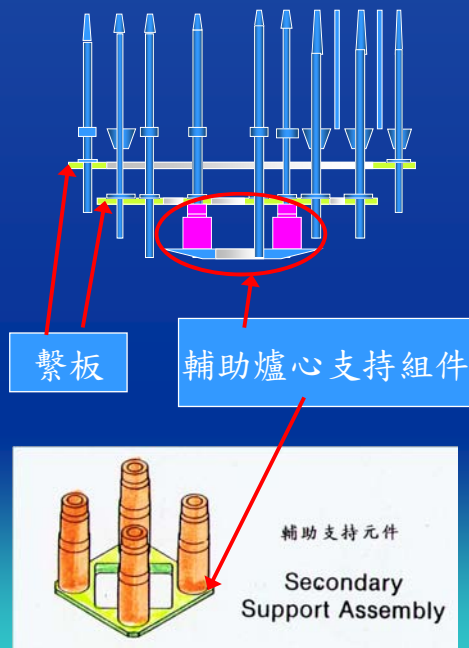
儀器支持組件---輔助爐心支持組件

• 功用：

- 萬一爐心筒法蘭發生斷裂時，限制作用於爐槽底蓋之應力
- 限制爐底內部組件的向下位移，以確保爐心頂板之對準銷仍能與燃料元件相吻合，以防止控制棒對準不當，阻礙其插入

• 說明：

- 藉由4支加強支柱栓接於爐心支持鍛件和底部繫板上



2015/10/7

25

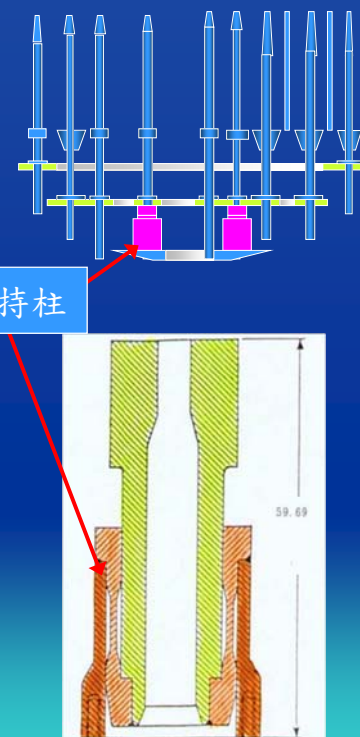
儀器支持組件---能量吸收元件

• 功用：

- 一旦內部組件發生掉落時，藉由拉長此元件來吸收內部組件負荷之瞬間衝擊能量

• 說明：

- 本件屬於輔助爐心支持組件之一部份，共有4支支持柱
- 輔助爐心支持組件之底板與爐槽底蓋之間隙為1/2"
- 能量吸收支柱容許額外之3/4" 應變位移
- 其中2支支柱可提供為中子偵檢器之通道



2015/10/7

26

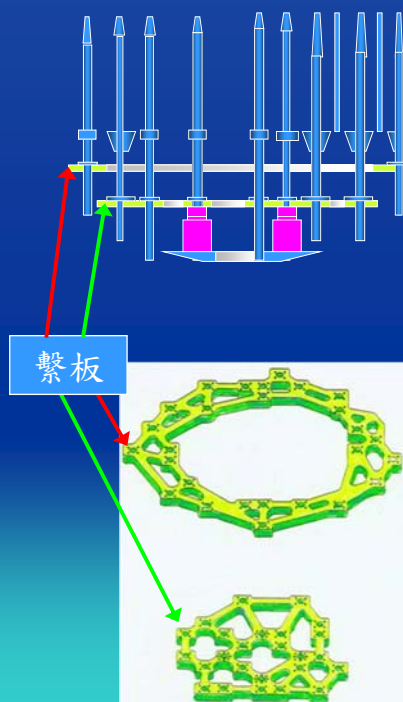
儀器支持組件---繫板

• 功用：

- 用以固定爐心支柱的下端及防止冷卻水流引起的震動

• 說明：

- 共有2塊，分成上繫板及下繫板
- 由厚度約5.08cm之不銹鋼板製成



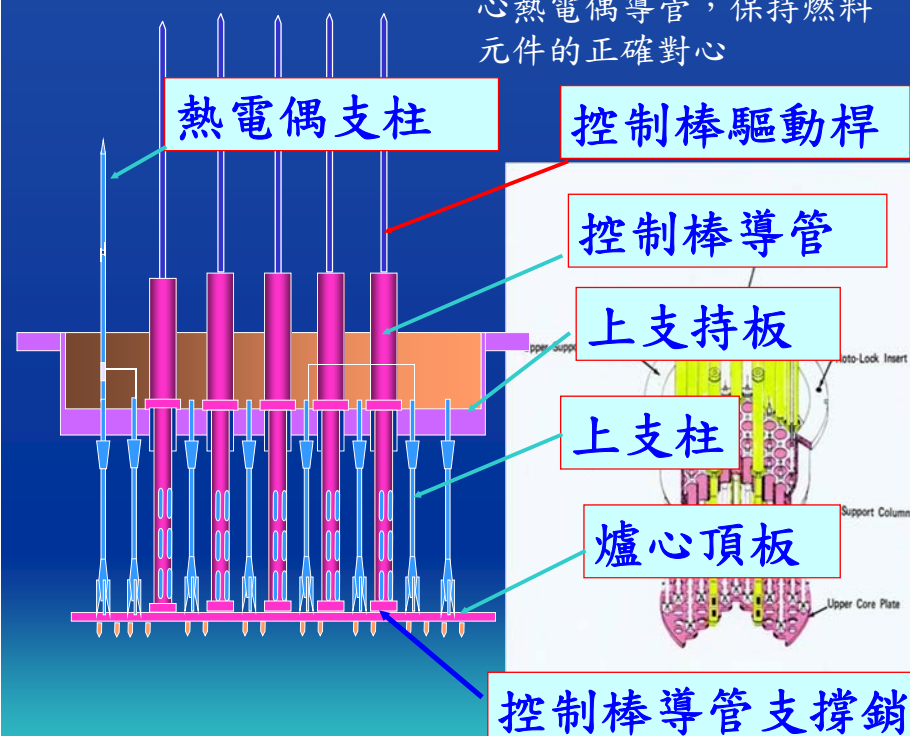
2015/10/7

27

上內部組件

• 功用：

- 支撐爪型控制棒元件及爐心熱電偶導管，保持燃料元件的正確對心



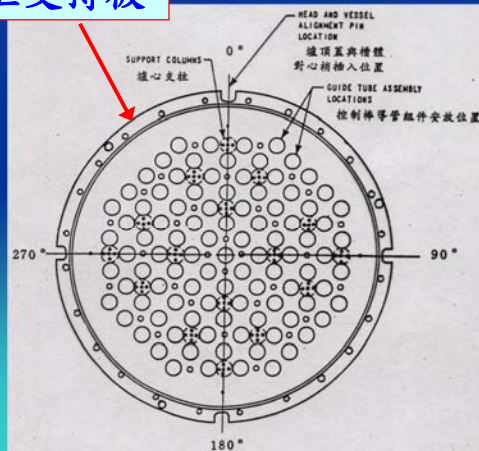
2015/10/7

28

上內部組件---上支持板

- 功用：
 - 提供爐心頂板及支柱的軸向支撐，承受正常運轉時流體上衝之負荷
- 說明：
 - 法蘭面上有24個噴孔，提供冷卻水冷卻頂蓋；另有6個出入孔，供照射樣品拆裝
 - 法蘭面有4個相隔90°之溝槽，與爐心筒法蘭面之4支定位銷相配合
 - 壓緊彈簧安放於爐心筒法蘭面及上支持板法蘭面之間，藉由主法蘭螺栓鎖緊，以限制上內部組件之軸向位移，壓制爐心上移的力量

上支持板



2015/10/7

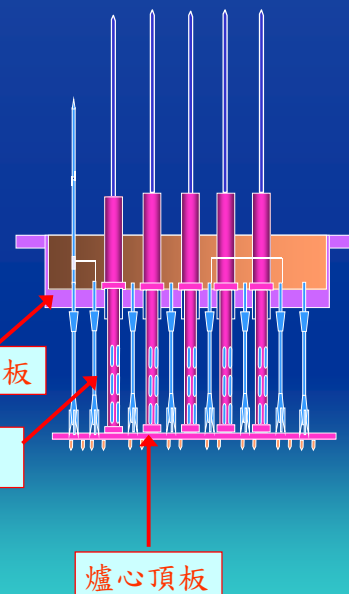
上內部組件---上支柱

- 功用：
 - 支持爐心頂板及傳遞負荷至上支持板
- 說明：
 - 共有40支管狀支柱，下端栓接於爐心頂板，上端貫穿上支持板，藉由螺帽鎖緊
 - 支柱中心各包含一支熱電偶導管(只使用39支)

上支持板

上支柱

爐心頂板



2015/10/7

30

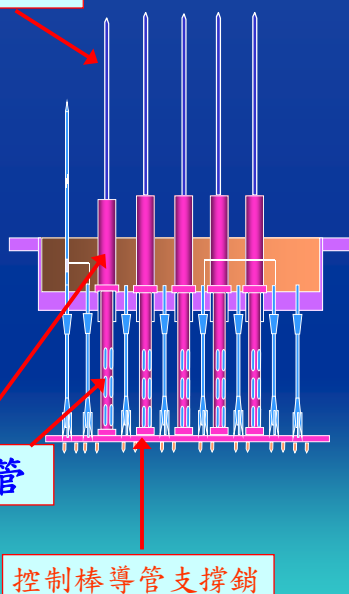
上內部組件---控制棒導管

- 功用：
 - 提供控制棒驅動軸及控制棒元件之引導和保護
- 說明：
 - 共有52支導管，每支導管分成上、下兩部份，下部能承受冷卻水流引起之振動
 - 沿著下部區域，導管外殼有流量分佈孔，作為燃料元件出口冷卻水之通道

控制棒驅動軸

控制棒導管

控制棒導管支撐銷



2015/10/7

31

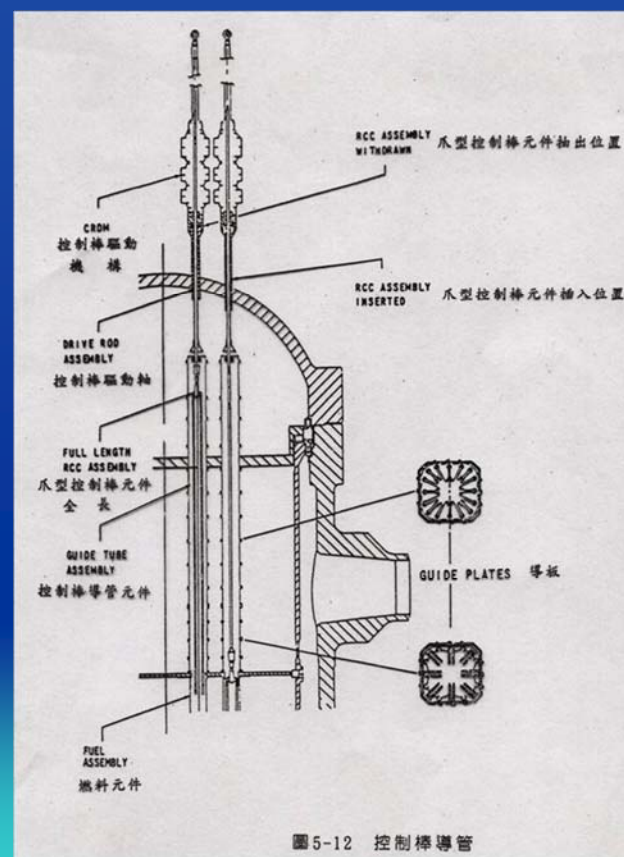


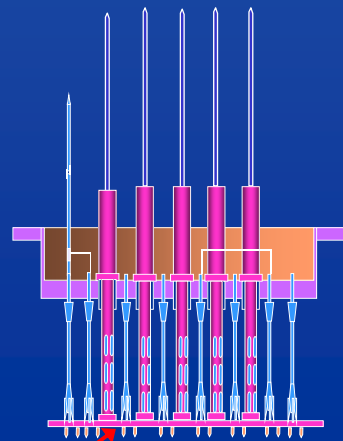
圖5-12 控制棒導管

2015/10/7

32

上內部組件---爐心頂板

- 功用：
 - 提供燃料元件之對心與支撐
 - 提供控制棒導管之支撐
- 說明：
 - 爐心頂板底面有導銷，和燃料元件頂部管嘴配合
 - 爐心頂板上面的精密孔，與控制棒導管支撐銷配合
 - 藉由爐心頂板邊緣的4個U形溝(clevis)與爐心筒內表面的鍵配合以便對心



爐心頂板

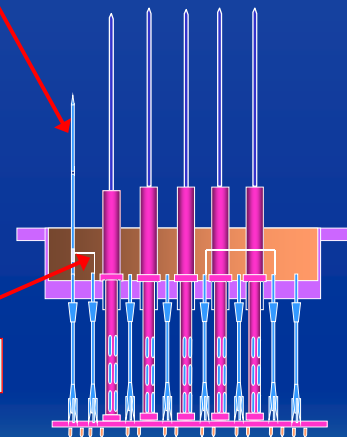
2015/10/7

33

上內部組件---熱電偶支柱

- 功用：
 - 引導熱電偶以測量某些預選爐心位置之燃料元件出口的冷卻水溫度
- 說明：
 - 有3支頂部支柱向上貫穿爐槽頂蓋，每一支支柱包含13支熱電偶導管

熱電偶支柱



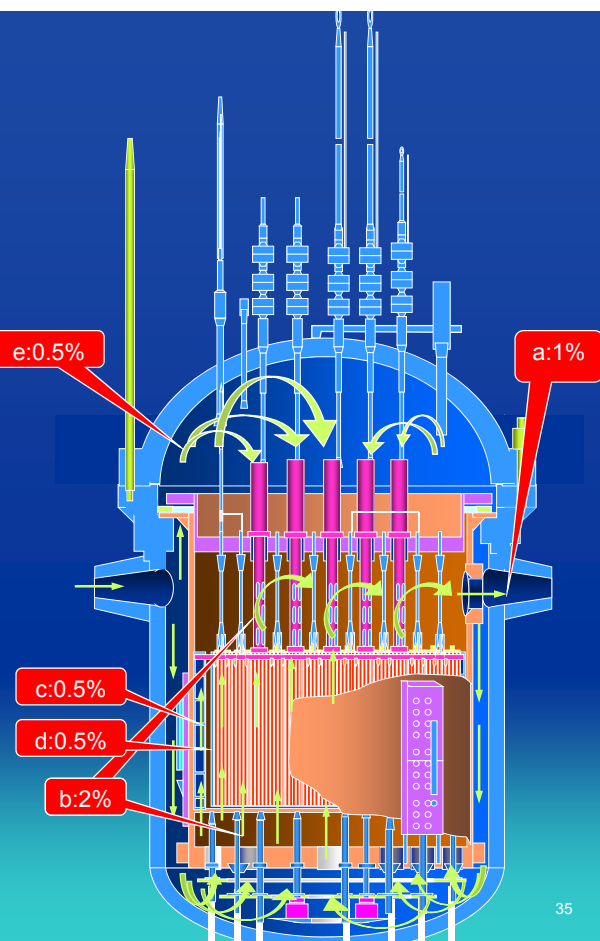
熱電偶導管

2015/10/7

34

壓力槽內流體的路徑

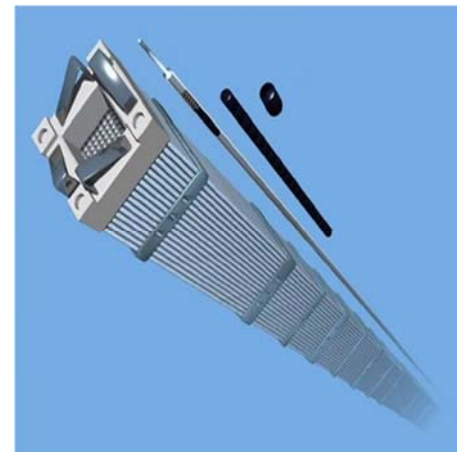
- 正常路徑：
 - 入口→反應爐槽→爐底→爐心支持鍛件→爐心底板→燃料元件→爐心頂板→出口
- 旁通路徑：
 - a、管嘴旁通1%
 - b、控制棒及儀用套管2%
 - c、阻板板壁0.5%
 - d、第三區外圍燃料和相鄰阻板板壁0.5%
 - e、爐槽頂蓋0.5%



2015/10/7

35

爐心組件



2015/10/7

36

一、燃料



二、燃料丸（圖6-1）

構造：圓柱形，長1.29公分，直徑0.78公分，上、下兩端留有凹弧，以承受燃料丸受熱後產生的軸向膨脹。

材質：二氧化鈾（UO₂）粉末燒結而成，天然鈾中大部份是U-238，僅含少量U-235，因此燃料丸所使用的鈾需經濃縮提取，燃料丸的濃縮度隨爐心位置而不同。

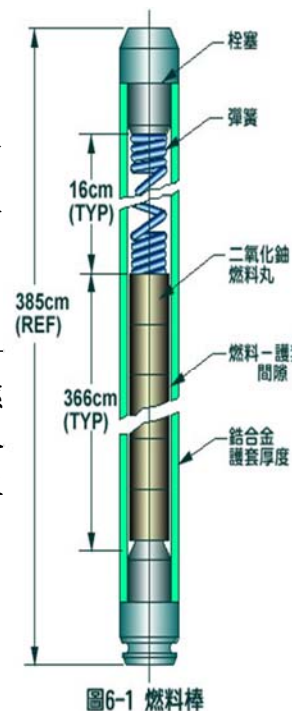


圖6-1 燃料棒

三、燃料棒：

- 由燃料丸疊集而成，燃料棒係長而中空的鈹金屬管，此金屬管又稱為護套。
- 每根燃料棒約含282個燃料丸，Vantage+燃料棒上下兩端各有15公分，其燃料丸的濃縮度較中間部份低，稱為軸向包覆。
- 管內頂端及燃料丸與護套間都預留空間，以容納燃料丸軸向與徑向膨脹及分裂氣體的產生。

- 在燃料棒頂端藉不銹鋼螺旋狀彈簧將燃料丸固定，燃料搬運或換填時可防止燃料丸鬆動。
- 鈹金屬管內充有氬氣，冷爐時約 $14\text{kg/cm}^2 \sim 28\text{kg/cm}^2$ ，氬氣預壓的目的係：
 - 減少與抵制冷卻水作用於燃料棒護套的壓縮應力，防止護套壓縮變形。

三、護套：

- ① 係分裂產物的主要包封邊界，必須堅固，不可破損，以鋳合金為材料，簡寫成Zr-4。
- ② 鋳合金具有下列優點：材料堅固，不腐蝕，為熱的良導體，高熔點，對中子的吸收與散射截面小，不與燃料起化學反應且不易氫化。
- ③ 護套須防止燃料中分裂產物擴散到冷卻水中。
- ④ 鋳合金高溫下可與水反應產生氫(1800 °F時會有顯著的鋳水反應)

$$\text{Zr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{ZrO}$$
- ⑤ 當溫度達1260 °C時，此反應會自行持續，為防止這種反應的發生，運轉中護套的溫度必須限制在1204 °C以下。

2015/10/7

41

四、燃料元件 (Fuel Assembly)：

●爐心裝填157束燃料元件，每一元件呈17x17方形矩陣排列，亦即每邊有17根燃料棒，每一燃料元件共有289個位置可安裝燃料棒。實際上每一燃料元件僅裝置264根燃料棒，其餘的25根為導套管。

◆其中座落在中心位置的一根作為爐內儀器用，稱為儀器套管。

◆其餘24根可作為容納和引導控制棒、安裝可燃毒物棒、中子源棒或套管塞。

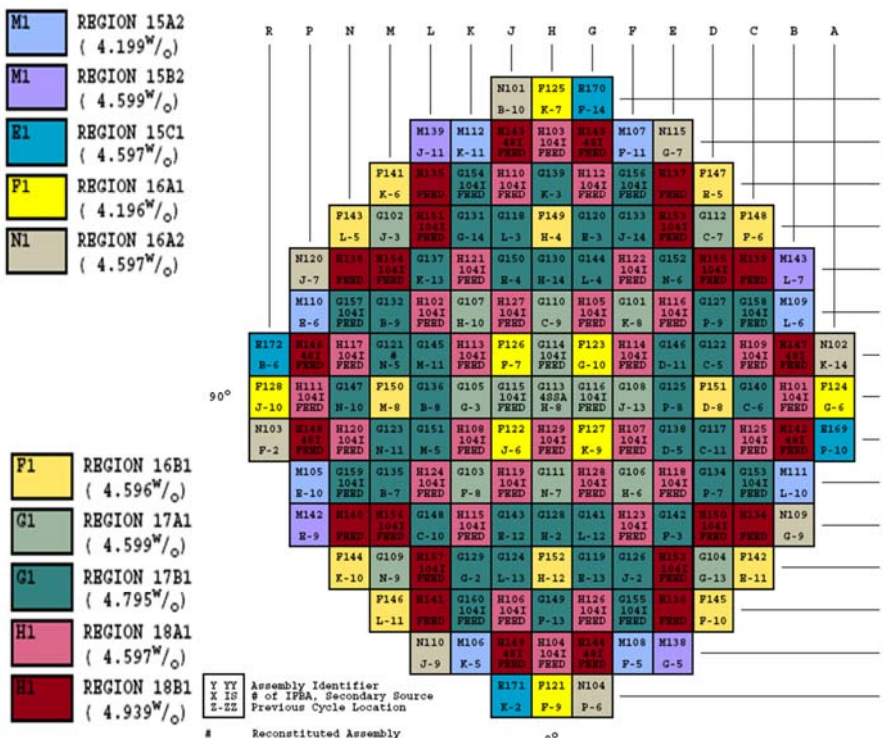


圖6-12 不同濃縮度燃料的配置 (一號機週期16)

2015/10/7

43

2015/10/7

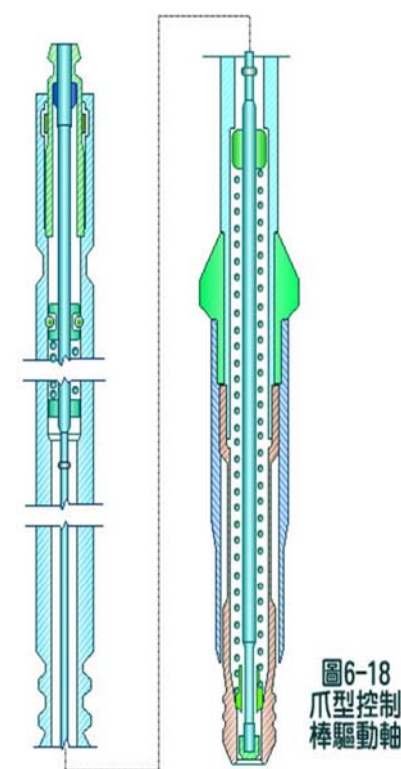
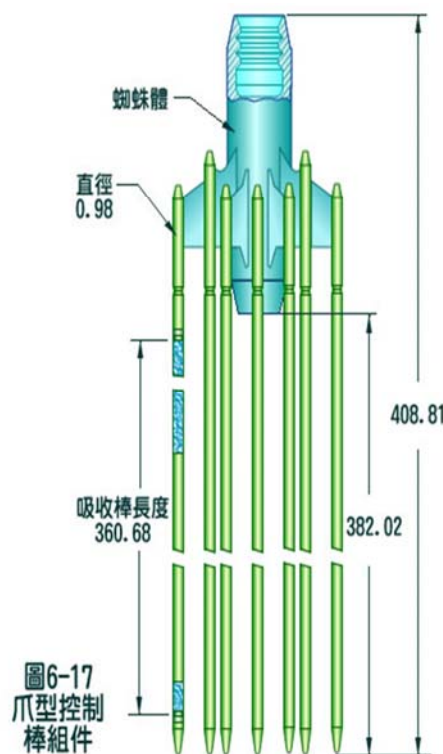
44

二、控制棒

- ① 控制棒----控制反應爐功率的基本工具
- ② 不僅用於控制正常運轉時反應度的改變，亦控制異常事故時急劇改變的反應度，使反應爐安全停機。
- ③ 控制棒----工作原理係藉棒中含有吸收中子的毒素，當棒插入爐心時會吸收中子而降低分裂反應，爐心功率因而下降，因熱中子才易引發鈾分裂，而控制棒之中子毒素對熱中子有較大的吸收截面。
- ④ 核三廠的控制棒係以銀、鈾、鎳之合金製成。

控制棒元件：

- ① 類似爪形蜘蛛體（Spider）的機械裝置。
- ② 由24根吸收棒組成，毒素長3.6公尺，可以控制整個長度的燃料元件，稱為爪形控制棒元件（Rod Cluster Control Assembly簡稱RCCA）。
- ③ 吸收棒外圍以不銹鋼管密封，防止吸收棒和冷卻水直接接觸，其間有足夠的間隙以承受相對的熱膨脹，在吸收棒管內上端備有彈簧，以防止吸收劑在管內移動



- A. 核三廠控制棒元件共有52個爪形控制棒，分成兩種：
- B. 控制棒組和停機棒組，兩組各分成若干組：

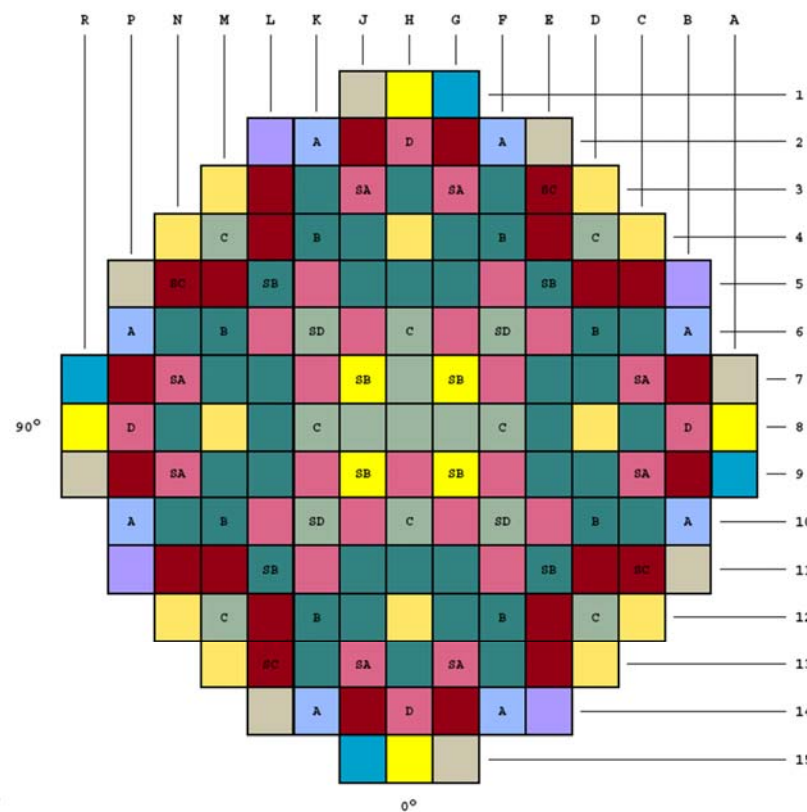
控制棒組（Control Bank）：

- A組-八個RCCA
- B組-八個RCCA
- C組-八個RCCA
- D組-四個RCCA

停機棒組（Shutdown Bank）：

- A組-八個RCCA
- B組-八個RCCA
- C組-四個RCCA
- D組-四個RCCA

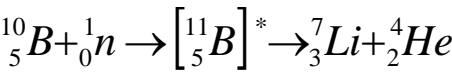
Maanshan Unit 1 Cycle 16 Control and Shutdown Rod Locations



- ① 反應爐開始起動前，停機棒組即需全部抽出
- ② 只當緊急狀況時，停機棒組才全部插入，以確保反應爐安全停機
- ③ 全部四組停機棒組只做全插入/全抽出，不做正常控制的抽插用
- ④ 停機棒組和控制棒組交錯分佈於整個爐心，不論何者，控制棒的移動是以組為原則（即整組移動），而控制棒組與組間又有113節的重疊（Overlap）裝置，各組分為兩群。

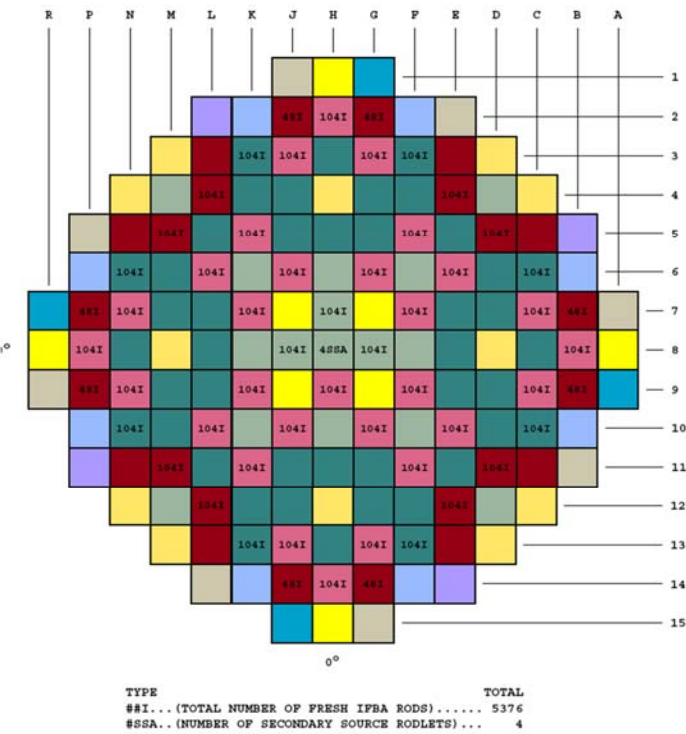
三、整合燃料可燃毒素 (IFBA)

一、可燃毒素--吸收中子後衰變成其他元素：



$^{10}_5B$ 對熱中子吸收截面為3840邦，是一種良好的中子毒素，利用此種可燃毒素 $^{10}_5B$ 製成毒物棒，裝填在爐心內。

- ◆ 西屋公司於新型Vantage+燃料的設計---將可燃毒素直接塗於燃料丸外表面，毒素物質為ZrB2。
- ◆ 核三廠目前已全數使用這種設計，燃料元件包含IFBA的燃料棒數目有0、48、64、80、104支
- ◆ IFBA燃料棒在燃料元件的分佈----以儀器導管為中心成1/4象限對稱。



四、套管塞組件 (Thimble Plug)

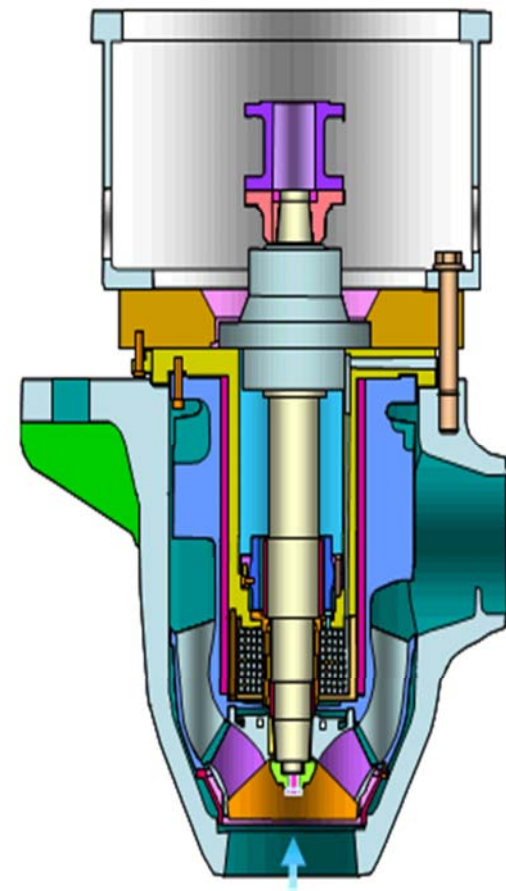
在所有不帶控制棒的燃料元件中均以不銹鋼短管塞住，謂之套管塞。

反應爐冷卻水泵 (RCP)

1. 功用
2. 設計基準
3. 構造

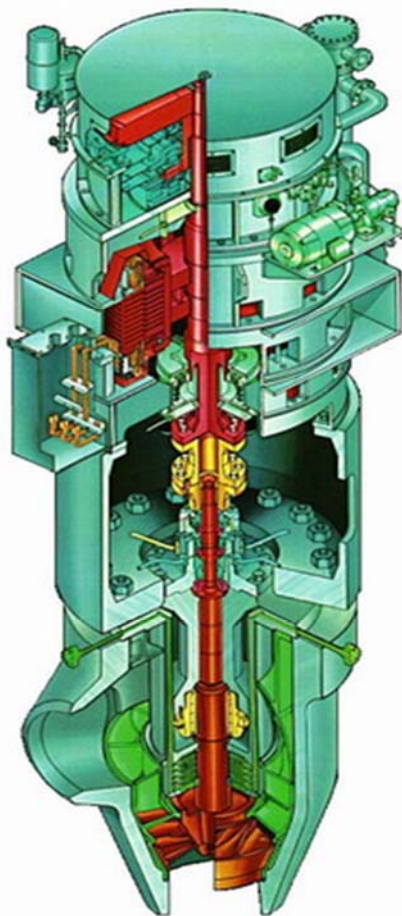
2015/10/7

57



2015/10/7

58



2015/10/7

59

1. RCP功用

- (1) 強迫冷卻水循環流經爐心和蒸汽產生器，及時移走爐心產生之熱量提高爐心之功率密度，防止燃料熔化。
- (2) 提供一速度水頭，作為調壓槽噴水系統之驅動力。
- (3) 反應爐冷卻水系統的硼液濃度改變時，藉水泵之良好混流作用，使系統各部份的硼液濃度分佈均勻。

2015/10/7

60

2. RCP設計基準

- (1) 確保足夠的冷卻水流量流經爐心；以及充分的熱傳遞，使偏離汽泡沸騰比（Departure from Nucleate Boiling Ratio；DNBR）大於1.49。
- (2) 飛輪（Flywheel），葉輪（Impeller）和馬達組件之設計，須給水泵有足夠的慣性轉矩，使減速期間仍能維持適當的冷卻水流量。
- (3) 水泵能做超速運轉，轉速達於正常轉速的125%，而不致發生機械式損壞。

冷卻水泵設計參數

1. 設計壓力/運轉壓力	174.7/157.2 kg/cm ²
2. 水壓試驗壓力（冷機）	218 kg/cm ²
3. 設計溫度（外殼）	343.3℃
4. 軸封注水流量（Seal Water Injection）	0.5 L/S
5. 核機冷卻水流量（每台）	12~13.25 L/S
6. 最大連續核機冷卻水入口溫度	40.5℃

冷卻水泵設計參數---泵

1. 容量	6485.8 L/S
2. 驅動水頭（Developed Head）	280 ft
3. 入口溫度	291.7 °C
4. 速率	1185 rpm
5. 泵入口管嘴，ID	31 in
6. 泵出口管嘴，ID	27-1/2 in

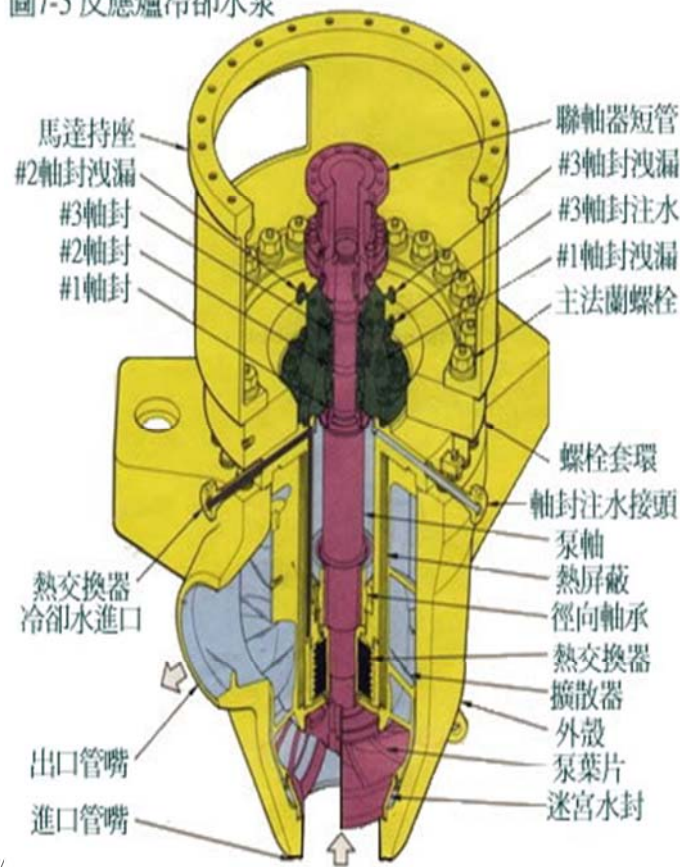
3. RCP構造

反應爐冷卻水泵為直立、單級、定速離心泵，能泵送高溫高壓的大量冷卻水，採用控制洩漏式軸封，由空氣冷卻的三相感應馬達（7000HP）驅動

分三部份說明：

- 1) 液壓部份（Hydraulic Section）
- 2) 軸封組件（Shaft Seal Assembly）
- 3) 馬達組件（Motor Assembly）

圖7-3 反應爐冷卻水泵



2015/10/

65

(1)液壓部份

1. 泵外殼 (Casing)

- 304不銹鋼鑄件。
- 同心外形之設計，以配合離心式葉輪。

2015/10/7

66

2. 葉輪 (Impeller)

- 304不銹鋼鑄件。
- 由七只雙曲線輪葉組成之混流式葉輪。
- 藉增加流體之靜水頭及動能，且傳送到擴散器之入口。

2015/10/7

67

3. 擴散器 (Diffuser)

- 加壓流體經擴散器和擴張流路間，流速遞減，同時所遞減的流體動能轉換成壓力。

2015/10/7

68

4. 入口導管(Suction Adaptor)

- 構成外殼吸入口至動葉輪之流路。
- 栓入外殼底端之內承面且向上延伸至葉輪，並與葉輪下方之側板形成迷宮水封。
- 將進入吸入口管嘴的流量引導至葉輪且降低由葉輪出口流回入口之再循環流量。

2015/10/7

69

5. 熱屏蔽 (Thermal Barrier)

- 304不銹鋼鍛件薄片共三十四片繞成總厚3.8 cm，直徑76.2 cm，高87.6 cm。
- 環繞熱交換器周圍，位置在擴散器毗鄰的內層。
- 限制由反應爐冷卻水傳遞至軸承和熱交換器之熱通量。
- 將冷卻水從擴散器引導到出口管嘴。

2015/10/7

70

6. 軸承 (Bearing)

- 利用反應爐冷卻水做潤滑劑。
- 套筒/軸頸、動力液壓、自動對心軸承，包括兩塊水平分離式外殼，軸承殼和軸頸

2015/10/7

71

7. 熱屏蔽熱交換器

- 為正常軸封注水之後備裝置，保持軸承和軸封系統在低溫狀況。
- 正常注水時0.5L/S高壓水由水泵頂端進入熱屏蔽區，其中0.2L/S向上流經一號軸封，再由一號軸封洩漏管路流回化學與體積控制系統，其餘0.3L/S向下流經徑向軸承再經熱屏蔽熱交換器，最後流入反應爐冷卻水系統。

2015/10/7

72

8. 泵軸 (Shaft)

- 係經過退火處理的347不銹鋼鍛件。
- 兩端呈錐形狀，下端與葉輪配合，上端和聯軸器配合。

2015/10/7

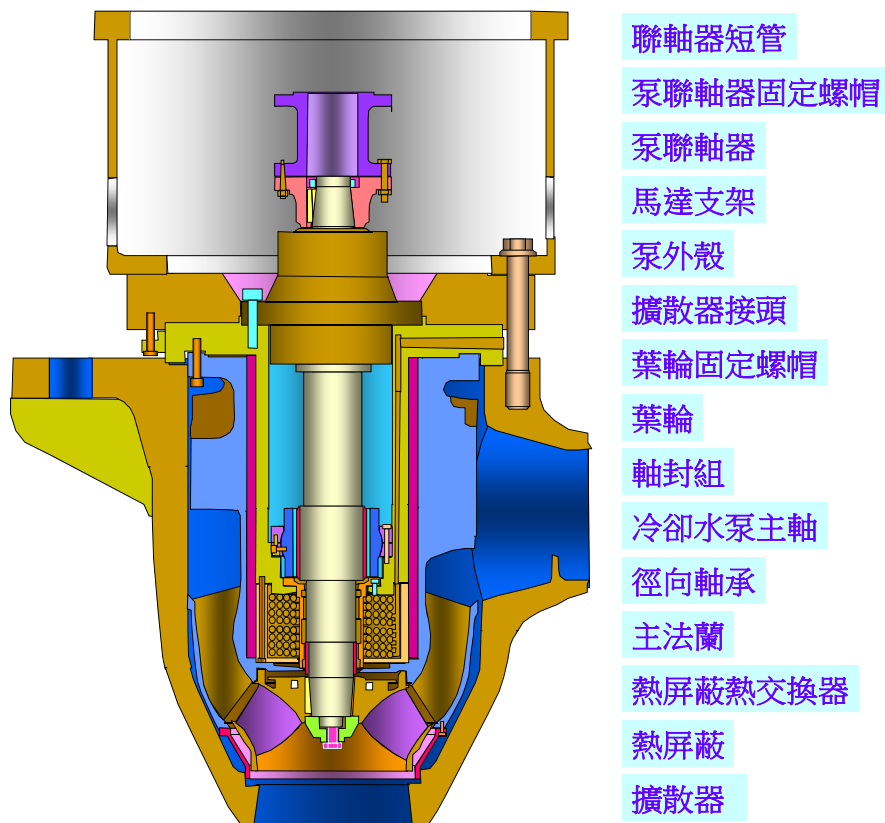
73

9. 聯軸器短管(Spool)

- 短管的作用是在移動和更換水泵軸封元件時，不必移動馬達，或干擾馬達與泵間之對心。
- 短管栓接於聯軸器和馬達主軸法蘭之間。

2015/10/7

74



2015/10/7

75

(2) 軸封組件 (Shaft Seal Assembly)

- 軸封系統由三個串聯排列的水潤滑式封環及外界相關系統所組成。
- 反應爐冷卻水泵失去軸封注水時，能有效地控制和監視往上流的高壓力反應爐冷卻水。
- 軸封組件的主要元件為動環和封環，動環與泵軸同時旋轉，而封環是與軸封外殼相連接。

2015/10/7

76

1. 一號軸封 (No.1 Seal)

- 藉保持封環和動子間一定的間隙於0.001143公分 (0.00045英吋) 以控制固定之封環洩漏量，故稱為控制洩漏 (Controlled Leakage) 式軸封。
- 當封水壓力降低時，封環本身重量即成為封閉間隙的主要部份。差壓低於14 kg/cm²時流體靜壓力不足以頂起封環，故當一號封環之差壓低於14 kg/cm²時，禁止運轉反應爐冷卻水泵，以免招致封環受損。

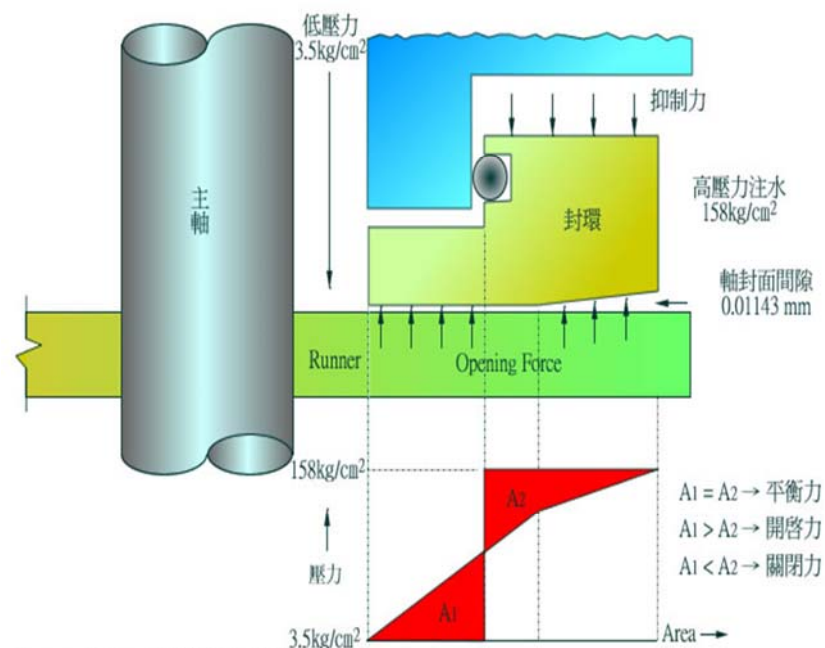


圖7-5 #1軸封 - 控制洩漏式軸封

2. 二號軸封 (No.2 Seal)

- 流過二號軸封壓力降到3.5 kg/cm²。
- 小部份來自一號軸封之低壓封水再流入二號軸封，當一號封環損壞時，二號軸封可作為一號軸封的後備裝置。
- 0.19 L/min的封水經二號軸封洩漏管路流到反應爐冷卻水洩水槽 (RCDT)。

3. 三號軸封 (No.3 Seal)

- 0.8L/hr的封水從直立管連續注入三號封環兩接觸面間，再經由三號軸封洩漏管路流到圍阻體集水池。
- 直立管注入之清潔水，能確保三號封環之潤滑，且可防止來自二號軸封封水含有之溶解性輻射氣體逃逸到圍阻體。

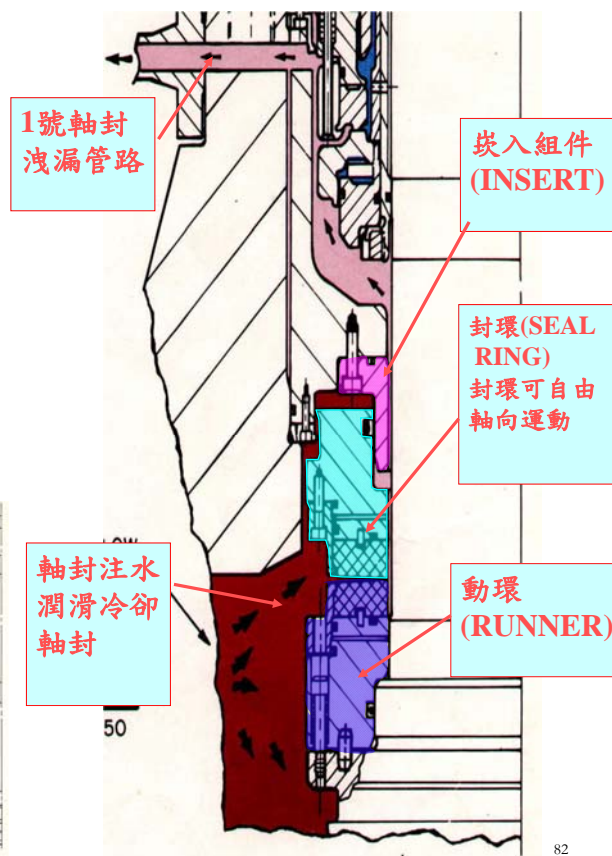
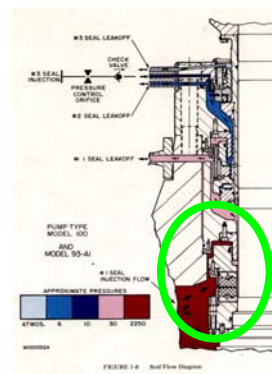
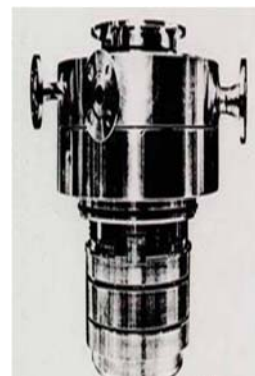
RCP軸封

- RCP機械軸封包括1號、2號及3號軸封，2號及3號軸封合稱為彈筒狀軸封(CARTRIDGE SEAL)
- RCP 1號軸封主要組件包括：動環、封環、及炭入組件，運轉時封環可自由軸向運動，且動環與封環密封面並不接觸
- RCP2、3號軸封主要組件與一號軸封類似，但運轉時動環與封環密封面直接接觸

2015/10/7

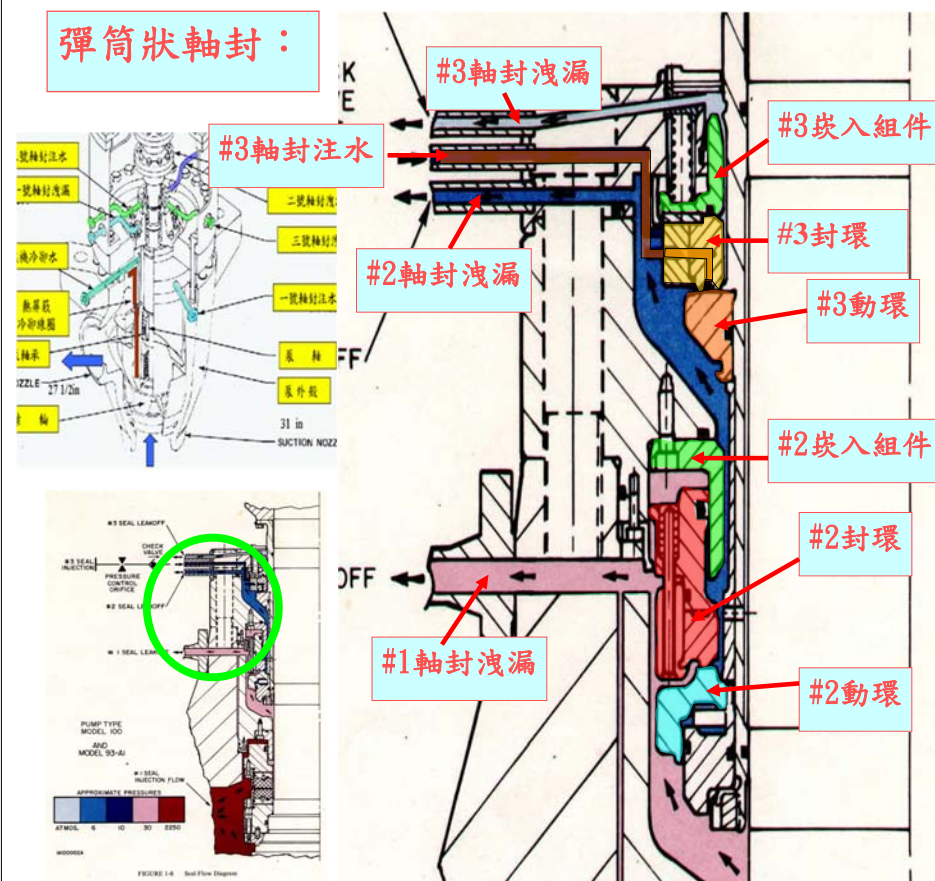
81

#1軸封：

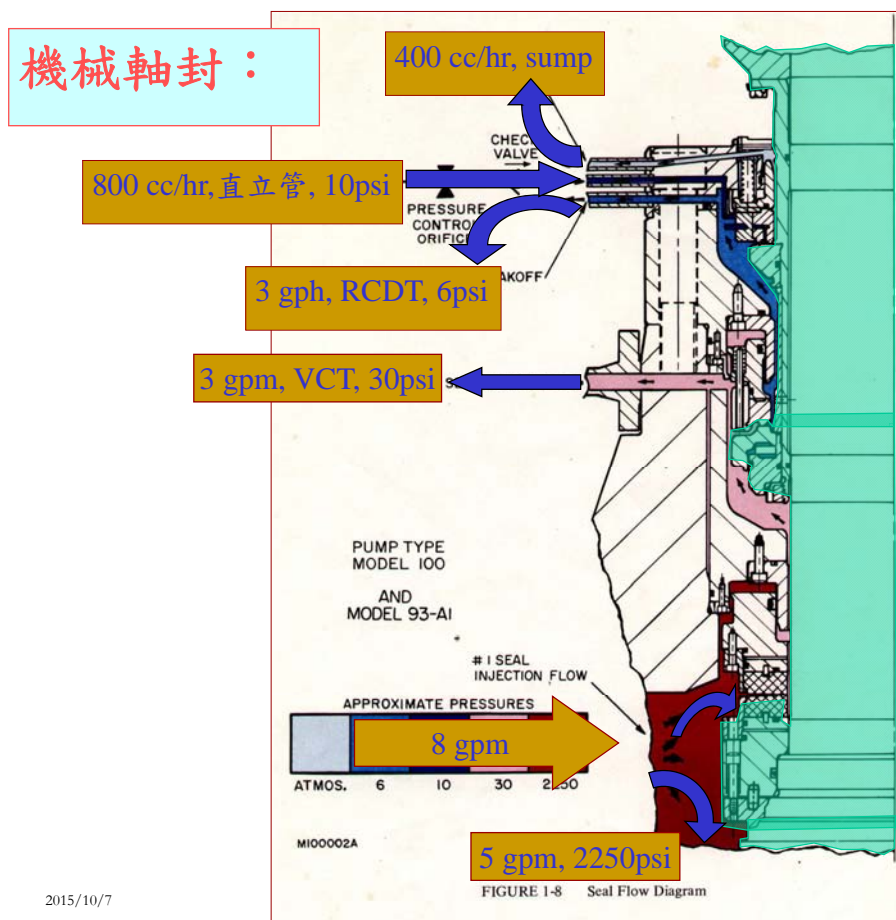


82

彈筒狀軸封：

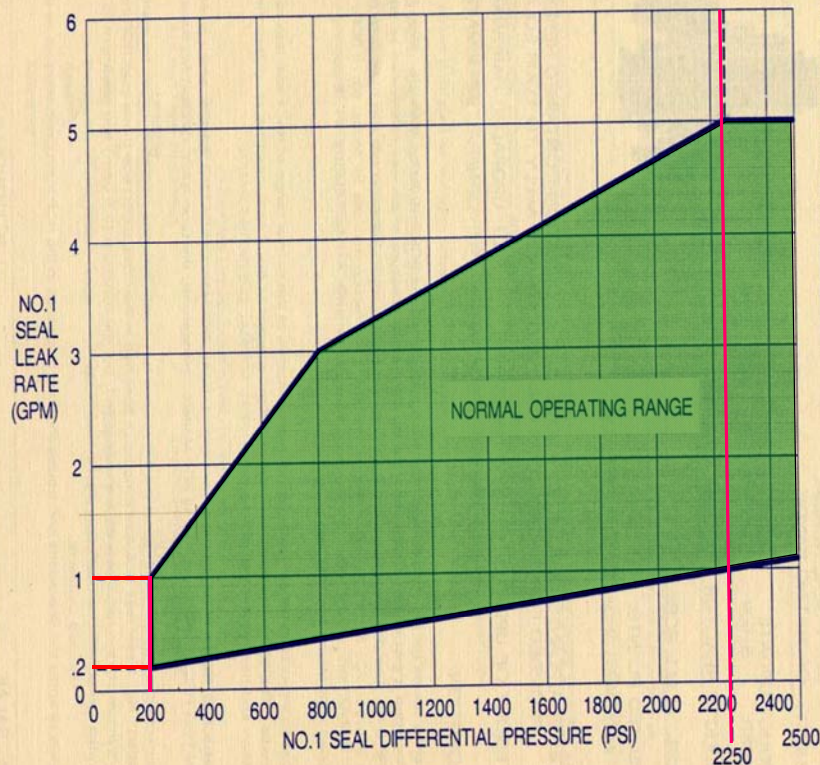


機械軸封：



2015/10/7

NO.1 SEAL NORMAL OPERATING RANGE



SUBJECT: NO. 1 SEAL NORMAL OPERATING RANGE
PRODUCT UPDATE NUMBER: S-009

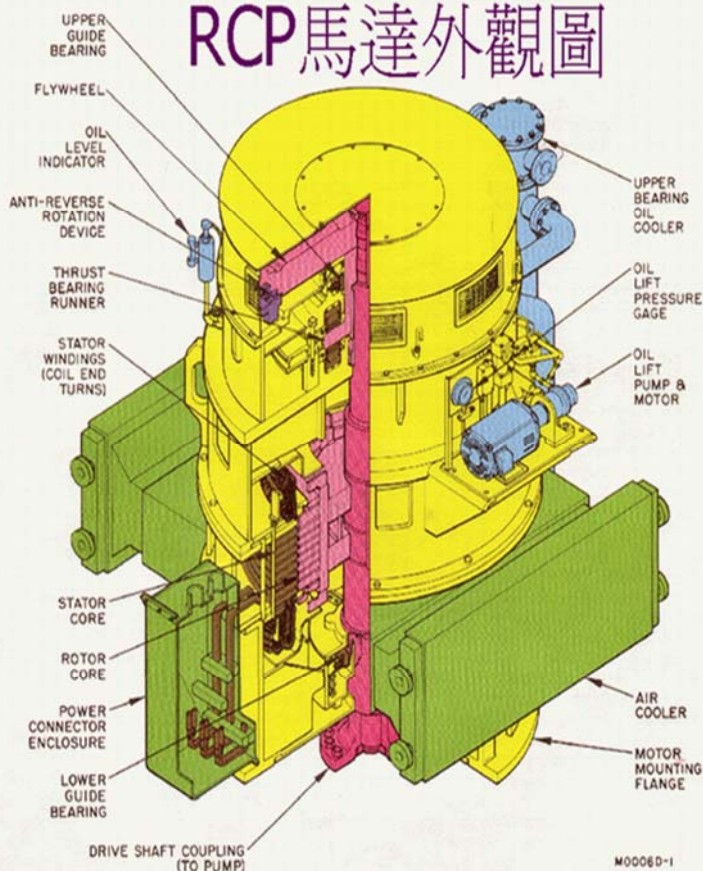
(3)馬達組件

- 馬達係垂直式、六極、防滴型、空氣冷卻，鼠籠式感應馬達。
- 主軸上裝有上、下徑向軸承，兩推力軸承、飛輪、推力軸承油壓頂起系統，和一聯軸器法蘭。
- 馬達亦裝有軸承油冷卻器，油位極限開關，及反逆轉機構。

2015/10/7

86

RCP馬達外觀圖



2015

87

1. 在馬達起動控制線路裝有連鎖裝置，必須當油壓頂起壓力大於設定值42 kg/cm²時，才能起動馬達，其目的係先將推力軸承塊面充以油膜，以降低起動扭矩。

2015/10/7

88

2. 油壓頂起泵馬達為10HP、460V、60Hz、1800rpm防滴型三相馬達，在正常電壓的80%即可起動，亦可在最高周溫50°C中運轉。

2015/10/7

89

3. 當RCS處於低壓時，由下推力軸承承擔迴轉元件的重量。

當系統壓力遞增後，由於一號軸封間之不平衡壓力而引起主軸上移至上推力軸承。

RCS壓力必須在22.9 kg/cm²以上時，才允許起動冷卻水泵，這時全部推力即作用於上推力軸承。

2015/10/7

90

4. 馬達上方裝有一只飛輪，固定於主軸頂部，其目的係當斷電後，使冷卻水泵仍能迴轉一段時間，以確保適當的冷卻水流經爐心，確保減速期間爐心之安全。

2015/10/7

91

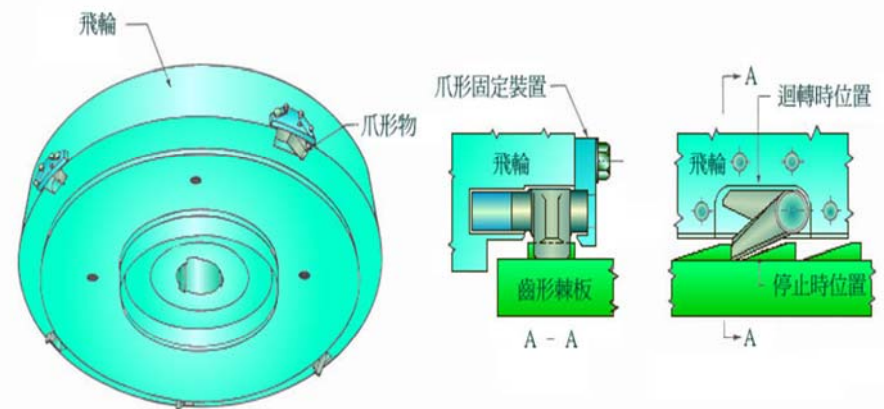


圖7-7 RCP之飛輪與反逆轉機構

2015/10/7

92

5. 反逆轉機構

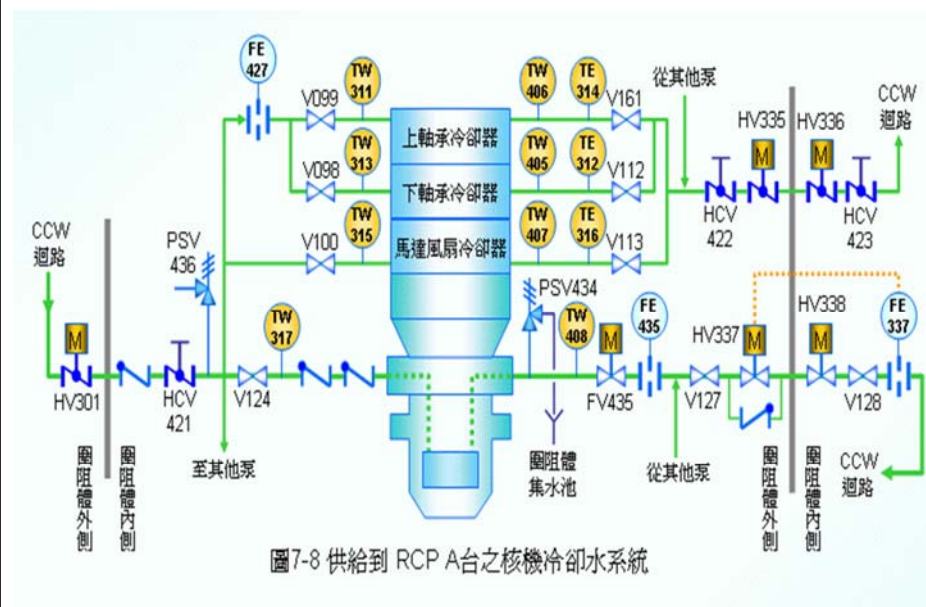
- 包括五個裝於飛輪外緣的爪形物，一塊裝於馬達支架上的鋸齒形棘板，兩個震動吸收器和一彈簧回復機構安裝於鋸齒形棘板上。
- 當反應爐運轉期間，若任一RCP停用時，倒流的冷卻水將引起停用的冷卻水泵逆轉，若同時試圖再起動此水泵，則引起過高的起動電流將使馬達過熱，本機構之目的即在防止上述情況發生。

6. 相關系統

- 核機冷卻水系統（CCW）
- 軸封注水系統（Seal Injection System）

核機冷卻水系統（CCW）

- 供給冷卻水到RCP的馬達空氣冷卻器，軸承油冷卻器和熱屏蔽熱交換器。
- CCW系統至熱屏蔽熱交換器法蘭之間的管路上裝有止回閥，當熱交換器破裂時可防止反應爐冷卻水倒灌至CCW系統，從止回閥到熱交換器法蘭間的管路係設計能承受反應爐冷卻水的高壓力。



軸封注水系統 (Seal Injection)

- CCW流經熱交換器後，再流經流量元件FE-435，並與其它迴路的回流管路連接，經HV-337穿越圍阻體，並流經限流孔測量流量元件FE-337。
- 若A台RCP的熱屏蔽熱交換器破裂，則FE-435和FE-337將測得回流管路的CCW高流量，同時，關閉馬達操作閥FV-435和HV-337，隔離所有熱交換器。

- 0.5L/S的高壓軸封注水從化學與體積控制系統的離心式充水泵（CCP）出口引到每一台RCP的一號軸封。
- 0.2L/S由一號軸封洩漏管路流回化學與體積控制系統，其餘0.3L/S向下流經徑向軸承再經熱屏蔽熱交換器，最後流入反應爐冷卻水系統。

2015/10/7

97

2015/10/7

98

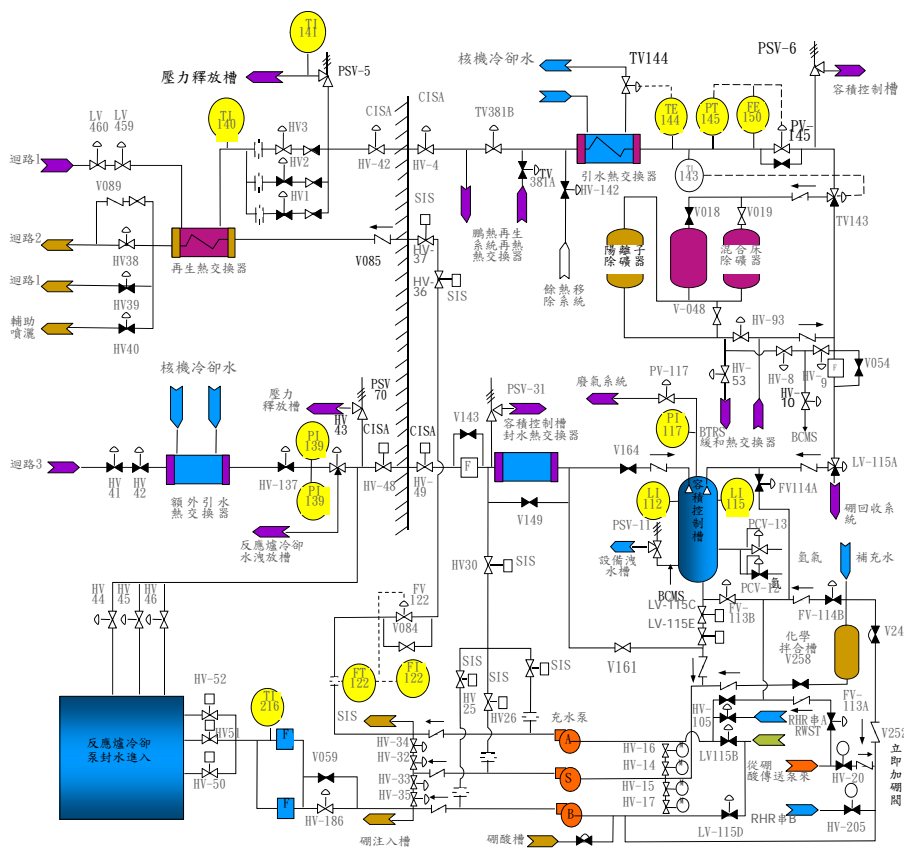


圖9-1 反應爐水控制系統

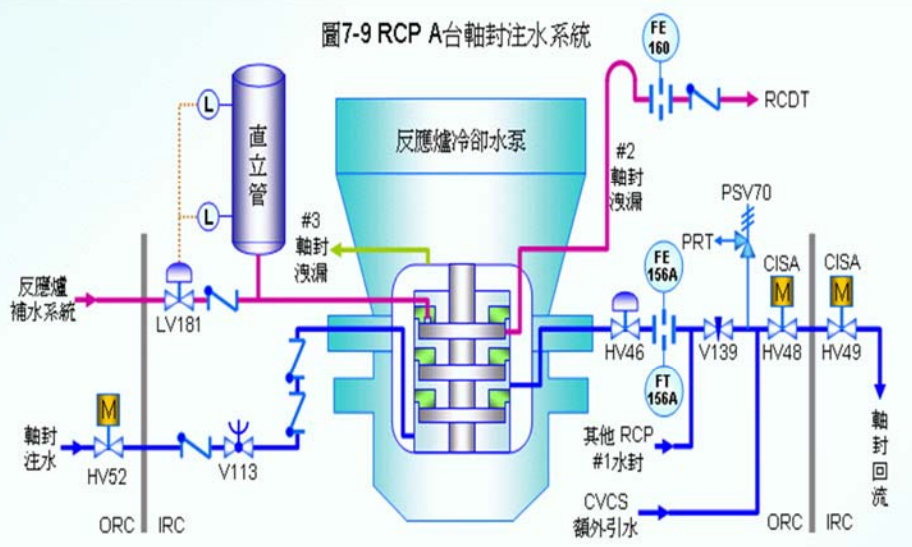
2015/10/7

- 一號軸封洩漏系統有0.2 L/S的洩漏流量流經遙控操作閥（HV-46）和流量測量元件（FE-156A），再與RCP B和RCP C的一號軸封注水洩漏管路會合後，流回化學與體積控制系統的容積控制槽（VCT）。

2015/10/7

100

圖7-9 RCP A台軸封注水系統



- 二號軸封洩漏系統有0.19L/min的洩漏流量流經環封（Loop Seal）管路和流量測量元件FE-160後，排放到反應爐冷卻水洩水槽（RCDT）。

- 三號軸封洩漏系統有0.4L/hr的洩漏率，經三號軸封洩漏管路排到圍阻體集水池，此部份的封水來自反應爐補給水管路上的直立管，封水注入到封環的兩接觸面間，閥LV-181（LV-180及LV-179）受直立管水位控制。

自我評估(一)

1. 反應爐頂蓋有多少穿越孔？反應爐底部有多少穿越孔？用途為何？
答：（1）頂蓋有65支穿越孔:52支供控制棒導管，3支供熱電偶導管，備用10支
（2）底部有50支穿越孔:爐內中子偵測儀器導管用
2. 反應爐冷卻水泵（RCP）之馬達起動控制線路裝有連鎖裝置，必須當油壓頂起壓力大於幾kg/cm²時，才能起動馬達，其目的係先將推力軸承塊面充以油膜，以降低起動扭矩？
答：42 kg/cm²
3. 反應爐冷卻水泵（RCP）馬達上方安裝何種設備，其目的係當反應爐冷卻水泵斷電後，使反應爐冷卻水泵仍能迴轉一段時間，以確保適當的冷卻水流量流經爐心？
答：飛輪

自我評估(二)

4.反應爐冷卻水泵A台（RCP）共設計了三個軸封，正常運轉時，一號軸封之注水流量為L/S？

答：0.5L/S

5.反應爐冷卻水泵（RCP），一號軸封差壓低於幾kg/cm²時流體靜壓力不足以頂起封環，故當一號封環之差壓低於該值時，禁止運轉反應爐冷卻水泵，以免招致封環受損？

答：14 kg/cm²