

反應爐壓力槽與內部組件

壹、設計標準

貳、壓力槽

參、壓力槽內部組件

肆、壓力槽內流體的路徑

伍、壓力槽的水壓試驗

陸、一次系統的限制

反應爐壓力槽（簡稱壓力槽或反應爐槽，又稱RPV），用來容納產生核反應的爐心和淹蓋爐心的冷卻水，使爐心產生的熱能藉冷卻水傳遞至蒸汽產生器，本章內容在簡介壓力槽及其內部組件的名稱、結構、安裝概要和功用等等。

壹、設計標準

1. 配合燃料元件的設計，反應爐內部組件須能引導冷卻水流經爐心，限制旁通流量及使流量分佈在預期狀況及各種運轉模式，都須能達到冷卻水之傳熱特性。此外，反應爐運轉時，必須能提供壓力槽蓋所需的冷卻水流量，俾確保壓力槽法蘭面與爐槽頂蓋間的溫差不致引起法蘭面發生洩漏。
2. 除了藉冷卻水提供中子屏蔽外，另於爐心筒外表面安裝了中子屏蔽板，當在各種運轉模式時，此中子屏蔽板都能限制反應爐槽本體過量輻射曝露且維持壓力槽槽體材料所需的延性。
3. 內部組件的設計，須能配合爐內中子偵測儀器的操作、安裝及爐槽材料試驗照射樣品的安裝與移出。
4. 反應爐內部組件的設計，須能承受由於運轉基準地震、安全停機地震和一次系統管路破裂時引起的機械負荷，且需符合下列第五項所示的需求。
5. 反應爐必須具有支持爐心和內部組件負荷的能力，當不正常運轉情況引起之暫態時，反應爐的設計須能確保爐心的完整性，且能獲得可接受的幾何熱傳性能（自然循環對流現象）。
6. 設計基準事故發生時，反應爐附屬系統須能依序起動將反應爐安全停機及冷爐，且維持燃料溫度在安全限值之內，意即此種情況下，儘可能將內部組件之變形降低至極小，以容許爐心獲得充足的冷卻。

貳、壓力槽

一、構造

1. 壓力槽及內部組件可區分為下列五部份：

- 反應爐壓力槽。
- 壓力槽蓋。
- 下內部組件。
- 上內部組件。
- 儀器支持組件。

2. 壓力槽穿越孔（Penetration）

- 三支冷卻水進口管嘴。
- 三支冷卻水出口管嘴。
- 頂蓋有65個穿越孔和一逸氣孔，供控制棒驅動機構和儀器計測用。
- 底蓋有五十個穿越孔，分別焊有套管供作爐內中子偵測儀器用。

四、壓力槽之支持

1. 提供縱橫方向之支持。
2. 設計能承受地震和破管的噴射反作用力。
3. 組件

- 六組與冷卻水進出口管嘴焊成一體之支持襯墊。
- 支持襯墊和支持塊間之間隙填以底填隙片和側填隙片。

支持箱焊接於一次屏蔽結構鋼板上。
支持塊栓接於支持箱上。
一次屏蔽結構鋼板埋設於鋼筋混凝土。

五、壓力槽頂蓋之封閉

1. 螺栓之鎖緊
 - a. 三台拉力機將58支6"螺栓拉長至所指示之伸長度。
 - b. 測定棒裝配於螺栓中心孔內。
 - c. 測定螺栓鎖緊情形，利用深度測微器測定螺栓伸長度。
 - d. 鎖緊螺母。

六、壓力槽之屏蔽與保溫

1. 保溫
壓力槽頂蓋及四周，除了利用不銹鋼鏡片藉反射原理保溫以減少溫度梯度外，另加保溫材料。壓力槽周圍之各保溫材料，如槽體頂蓋、底蓋及貫穿孔四周，皆可拆下檢查。
2. 屏蔽
壓力槽下半部圍以高密度混凝土製成之生物屏蔽。反應爐運轉中，仍能允許人員進入圍阻體。減少圍阻體內機件受熱、輻射及活化作用。

參、壓力槽內部組件

壓力槽內部組件的功用為支持爐心，保持燃料元件和控制棒驅動機構之對心，引導冷卻水流經燃料元件，以及提供伽瑪和中子之輻射屏蔽。可分為下內部組件、上內部組件和儀器支持組件三大部份，茲分述如下：

一、下內部組件

1. 功用
 - a. 承擔燃料的負荷，並提供爐心縱橫方向之支持。
 - b. 引導外來冷卻水流經燃料元件，且防止冷卻水旁路。
 - c. 避免反應爐槽遭受過量輻射之損害。
2. 說明
 - a. 下內部組件之負荷，藉爐槽法蘭面內側之凸緣面支持。
 - b. 爐心筒下方輪緣，有鍵與鍵槽組件，用來防止下內部組件發生徑向擺動。

各別元件之功用、說明和安裝概要分述如下：

1. 爐心筒
 - a. 功用
傳遞燃料元件的負荷，爐心筒的負荷藉爐槽法蘭內凸緣面來支持。保持反應爐內部組件的完整性。
 - b. 說明
兩節不銹鋼圓筒焊接而成。
2. 壓緊彈簧
 - a. 功用
防止內部組件發生鬆動。藉頂蓋之螺栓鎖緊，使內部組件成為更緊密之整體。
 - b. 說明

圓周形平面彈簧，置於爐心筒法蘭面上方。

3. 中子屏蔽板

a. 功用

衰減爐心逸出的快中子通量及 射線，防止反應爐壁脆化及熱應力不均。

b. 說明

藉螺栓與梢鎖在爐心筒外表面，爐心筒和屏蔽板之間隙通道為1/2"，供屏蔽板冷卻用。

4. 爐心支持鍛件

a. 功用

支持爐心燃料元件之負荷。
傳送爐心負荷至爐心筒外殼。

b. 說明

本件與爐心筒焊接成一整體。

5. 爐心底板

a. 功用

直接支持燃料元件之負荷。
將冷卻水流量均勻地分配至各燃料元件。

b. 說明

在每一燃料元件位置，有兩只精密的定位梢，作為燃料元件定位及承受作用於爐心底板之橫向負荷。

6. 爐心支柱

a. 功用

把爐心燃料元件和爐心底板之重量，傳送到爐心支持鍛件。

7. 模型板

a. 功用

把圓柱形爐心筒轉換成燃料元件外圍之方形。

二、儀器支持組件

本組件懸掛在下內部組件下方，引導精細的爐內可動中子偵測儀器套管進入爐心不同位置，防止冷卻水流量引起套管發生振動。個別元件之功用、說明分述如下：

1. 十字形導管

a. 功用

把爐內可動中子偵檢器引導入爐心各部位。

b. 說明

位於爐心底板和爐心支持鍛件之間。

2. 對接式支柱

a. 功用

作為爐心底板和爐心支持鍛件間之支柱。
把爐內可動中子偵檢器引導入爐心各部位。

3. 輔助爐心支持組件

a. 功用

萬一爐心筒法蘭面發生斷裂時，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梢仍能與燃料元件相吻合，如此可防止控制棒對準不當，以致阻礙控制棒之插入。

4. 能量吸收元件

a. 功用

一旦內部組件發生掉落時，藉拉長此元件來收內部組件負荷之瞬間衝擊能量。

5. 繫板

a. 功用

用以固定爐心支柱的下端及防止冷卻水流量引起之震動。

b. 說明

分成上繫板和下繫板。

三、上內部組件

本組件的功用為支持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，其個別元件之功用、說明分述如下：

1. 上支持板
 - a. 功用
提供爐心頂板和支柱之軸向支持，承受正常運轉時流體上衝之負荷。
 - b. 說明
法蘭面連接一圓筒與下方的圓板接成一體，其外形為倒吊帽形之設計。
2. 上支柱
 - a. 功用
支持爐心頂板及傳送負荷至上支持板。
3. 控制棒導管
 - a. 功用
提供控制棒驅動軸和控制棒元件之引導和保護。
 - b. 說明
每一支導管分成上、下兩部份，下部設計須能承受冷卻水引起之震動。
沿著下部區域，導管外殼備有流量分佈孔，作為燃料元件出口冷卻水之通道。
上部因無須承受流體負荷，故設計為輕結構。
4. 爐心頂板
 - a. 功用
提供燃料元件之對心與支持。
提供控制棒導管之支持。
 - b. 說明
爐心頂板底面備有導梢，和燃料元件頂部管嘴配合。
爐心頂板上方的精密孔，和控制棒導管之開口梢配合。
5. 熱電偶支柱
 - a. 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。
 - b. 說明
有三支頂部支柱向上延伸貫穿爐槽頂蓋，每一支支柱包含十三支熱電偶導管。

肆、壓力槽內流體的路徑

一、冷卻水的路徑：

冷卻水經由入口管嘴進入反應爐壓力槽。
進入壓力槽之冷卻水，向下流經爐心筒和壓力槽壁間之環形空間。
冷卻水繼續向下流至槽底之空間，冷卻水在此轉向。
冷卻水轉向後，向上流經爐心支持鍛件，爐心底板，燃料元件與爐心頂板。
冷卻水經由出口管嘴流出反應爐壓力槽。

伍、壓力槽的水壓試驗

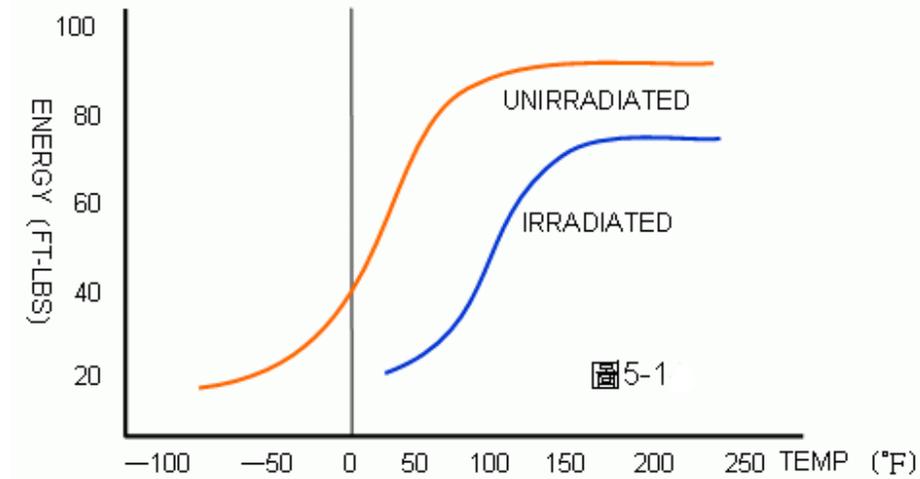
一、廠家試驗

壓力槽在廠家製造完成後，船運至工地前，RPV必須施行水壓試驗。

二、裝機試驗

於工地安裝完成後，必須再施行第二次的水壓試驗。

陸、一次系統的限制



一、無延性溫度的決定 (Nil Ductility Temperature Determination)

恰比試驗 (Charpy Test)

1. 試樣規格1cmx1cmx10cm長。
2. 藉衝擊試驗設備作出一條溫度與材料破壞所須能量的曲線，如圖 (圖5-1)
3. 由該曲線求出破壞能量為6.93Kg-m之溫度，此破壞試樣之橫向伸長約為0.035吋。
4. 由50ft-lb破壞溫度減去33 即得該試樣之無延性溫度 (NDT)。

二、運轉餘裕

由於金屬材料可能有缺陷，為保守計，使用上是以NDTD加33 為最低許可溫度。