**第十三章反應爐保護系統**

壹、反應爐保護系統的設置目的、控道安排及設計基準

**一、設置目的：**

本系統利用各種感測元件偵測反應爐各種重要之運轉參數，如功率、溫度、壓力、水位、地震等，運轉情況異常，達到或超過感測元件的設定點時，立即使所有控制棒快速插入爐心，急停反應爐，以防止足以威脅到爐心燃料屏障及反應爐冷卻水壓力邊界的情況發生。

設置目的為：

1、防止燃料之溫度過高。高溫能使燃料護套穿孔或燃料熔化。

2、防止過高之壓力。高壓力能使冷卻水壓力邊界破裂。

3、防止危及反應爐安全的各種情況發生，以保護反應爐及限制放射性物質外洩。

**二、控道安排**

1.兩組獨立作用，特性完全相同的邏輯控道，每一控道又分兩支邏輯作用完全相同的支控道，以符合重複性及可靠性的要求。

2.此四個支控道安排成重複二選一急停邏輯。

3.邏輯電路經常處於賦電狀態，以達到〞故障時安全〞的特性(即急停電驛斷電時，會使反應爐急停)。

4.RPS由下列設備所組成：

(1)不斷電組及後備電源。

(2)電驛、旁路電路和感測元件。

(3)使所有控制棒急速插入而達到急停目的之各種閥類和開關。

**三、急停定義**

1.急停導引閥斷電，導致全部控制棒急速插入爐心。

2.後備急停閥通電，亦導致全部控制棒急速插入爐心。

3.急停洩放容器隔離導引閥(SDV)斷電，使SDV洩水閥及通氣閥自動關閉。

**四、設計基準**

(一)安全設計基準

1.RPS須能準確又可靠地將反應爐急停，俾能：

(1)防止或限制足以使燃料損害的異常運轉暫態。

(2)防止反應爐冷卻水壓力邊界損壞，限制壓力在安全規定值以下。

(3)燃料屏障及冷卻水壓力邊界發生重大故障時，防止或限制失卻控制的放射性物質外洩。

2.確保RPS的可靠性，即任何單一故障，不能引起或阻止反應爐急停。下列各種情況，不會影響或損害RPS能力：

A.計劃性旁路。

B.維護工作。

C.儀器校正工作。

D.運轉中試驗。

3.發電設計基準：

RPS設定點、電源、控制及儀器等，應適當排列，以防止無謂的急停。

貳、反應爐保護系統的動作邏輯

**一、設備說明：**

(一)電源供給

1.RPS由兩個獨立電源系統供電，每個電源包括一套不斷電組(UPS)和一個後備電源；A和B系統均各別有一個選擇開關，在UPS故障或失電時，只要後備電源正常，即可將選擇開關切到備用電源("ALT")位置，以利復歸。

2.RPS匯流排A和B的正常電源，分別由UPS A和B供給，供電電源中斷，尚能保持RPS匯流排電源於至少15分鐘內，電壓及頻率不低於額定值。

(二)急停閥

急停進口閥和急停出口閥，利用儀用空氣之壓力關閉，無氣壓時以彈簧力開啟，正常時在關閉。當急停時，急停導引閥的兩個電磁線圈皆失能，隔離儀用空氣來源並使急停閥之操作空氣洩出，提供使控制棒急速插入的驅動水通路。CRD驅動活塞上方的水，經急停出口閥排列急停洩放容器。蓄壓器壓力，經急停進口閥把水擠到CRD驅動活塞下方，把控制棒快速推入爐心。每支控制棒都有一個液壓控制單元，每個液壓控制單元均有一對急停閥。

(三)急停導引閥

每一RPS控道上的電磁線圈分成四組(Group)(1,2,3,4)，藉以限制流經各電驛及接點之電流，減少故障機會。

(四)急停洩放容器

容納急停時所排的水量。偵測容器的水量，產生警報或急停訊號。

(五)急停洩放容器通氣閥及洩水閥

1.目的：隔離急停洩放容器，限制爐心經CRD機構洩漏到SDV，以防爐水流失。

2.以氣壓開啟，無氣壓時，以彈簧力關閉。

3.正常時，儀用空氣經由導引閥加壓兩個通氣閥及兩個洩水閥，保持四個皆在開啟狀態。

(六)後備急停閥(Back-up Scram Valve)

1.壹部機組有兩個後備急停閥。

2.此兩閥主要功用是阻斷及排放空氣到大氣。

3.為125VDC(由1DA及1DB蓄電池組供給)電磁三通閥。

4.正常處於斷電狀態，於RPS A和B都跳脫時，接點閉合使兩閥的電磁線圈(每一閥只有一組線圈)通電。任一後備急停導引閥通電，即產生急停。

(七)替代插棒系統(Alternate Rod Insertion System,ARI)

替代插棒系統由四只ARI電磁閥構成。接受到反應爐高壓力1115psig或二階水位-76cm時，三通閥賦能動作，隔離供應空氣並將空氣集管中的壓力釋放掉。

**二、RPS的感測元件及邏輯**

(一)重複二選一邏輯

1.兩個RPS控道A及B，每一控道再分為兩個支控道即A1、A2與B1、B2。

2.RPS A及B同時各有一支控道跳脫時，急停才能達成。否則只有各別的半急停。

參、反應爐各系統信號，排列及急停之理由

**一、汽機節流閥未全開。**

(一)急停信號：汽機節流閥≧5％關度。

(二)急停理由：

反應爐熱功率≧40％額定熱功率時，關閉時預期反應爐將失去熱沉使反應爐急停，以保障燃料安全。

(三)旁路(Bypass)：

當汽機第一級壓力小於閥全開狀況之蒸汽流量加於第一級所生壓力的30％時，中子通量及反應爐高壓力保護已足夠保護反應爐，此功能將自動旁路。

**二、汽機控制閥快速關閉**

(一)急停信號：

設定點為汽機的控制油至<70.3kg/cm2(1000psig)。若控制油壓突降到此設定點，則顯示汽機發生跳脫，在較高功率時，可預期反應爐將喪失熱沉。

(二)急停理由：同汽機節流閥。

(三)旁路：同汽機節流閥。

**三、急停洩放容器過高水位**

(一)急停信號：SDV高水位41.2加侖。

(二)急停理由：

保障SDV有足夠的容量容納急停時之排水。如果無足夠容量，將影響急停能力。

(三)旁路：高水位旁路開關可做為旁路之用，但以反應爐主開關置於〝停機〞或〝燃料填換〞位置時，旁路才有效。

**四、主蒸汽管隔離閥未全開**

(一)急停信號：主蒸汽管隔離閥≧6％關度。

1.此設定點同汽機節流閥一樣，考慮熱膨脹會改變閥和開關的相對位置。

2.八個MSIV，每個隔離閥備有兩個位置開關，同一蒸汽管內、外兩個隔離閥的位置開關送到一個RPS的支控道的動作接點該支控道才會動作。

(二)急停理由：儘快抑制因閥關閉所引起的爐壓及中子通量急升，以保

障燃料安全。

(三)旁路：反應爐主開關不在運轉(Run)位置，則自動旁路。

**五、乾井高壓力**

(一)急停信號：乾井壓力≧0.122kg/cm2(1.74psig)。

(二)排列：

四個壓力開關為感測元件，急停信號由感測元件提供到A1、A2、B1、B2。壓力開關動作，必產生半急停。

(三)急停理由：表示乾井內管路已破漏，反應爐立即急停將可降低燃料破損的機會，並減少加入冷卻水的能量。

(四)旁路：無。

**六、反應爐高壓力**

(一)急停信號：反應爐壓力≧74.76kg/cm2(1063 psig)。

(二)排列：

1.四個壓力開關為感測元件，其排列方法與乾井壓力開關相同。

2.急停信號由感測元件提供到RPS A1、A2、RPS B1、B2。

3.任一壓力開關動作，亦產生半急停。

(三)急停理由：

儘快抑制高中子通量和高溫。確保在安全限度內產生蒸汽，不使RPV壓力超過規定外，作為高中子通量急停的後備保護。

(四)旁路：無。

**七、反應爐低水位**

(一)急停信號：反應爐第三階水位。

(二)排列：

1.四個水位感測柱上，裝有四個低水位開關。

2.急停信號由感測元件提供到A1、A2、B1、B2。

3.任一低水位開關動作，亦產生半急停。

(三)急停理由：

保持足夠的存水來冷卻及淹蓋爐心燃料，而超過安全分析的界線。

(四)旁路：無。

**八、反應爐高水位**

(一)急停信號：反應爐第八階水位。

(二)排列：

1.有四個高水位跳脫單元開關，其邏輯安排與乾井高壓力開關同。

2.急停信號由感測元件提供到A1、A2、B1、B2。

3.反應爐主開關在〞運轉〞位置時，任一開關動作，亦會產生半急停。

(三)急停理由：

大量相當冷的飼水進反應爐，對反應度的影響。

(四)旁路：

反應爐主開關不在〞運轉〞位置，則自動旁路。

**九、中子偵測系統**

(一)急停信號：

(二)排列：

NMS接點受個別的NMS跳脫邏輯的控制。因此總共須有八個寬範圍偵測(WRNM)及四個平均能階偵測(APRM)輸入信號到NMS邏輯；但因APRM只有四個，故其跳脫邏輯為重複四選二。

1.若WRNM未予以手動旁路，則其急停邏輯是重複四選一(每一RPS控道，一次僅能旁路一個WRNM)。

2.若APRM未予以手動旁路，則其急停邏輯是重複四選二(每一RPS控道，一次僅能旁路一個APRM)。

(三)急停理由：

1.WRNM RERIOD Hi Hi：防止中子通量增加率過快。

2.APRM中子通量過高：在反應爐低爐心流量及壓力情況下，以保護燃料元件之完整。

3.APRM中子通量過高(以再循環驅動水流量為參考之設定點)：提供適當的MCPR餘裕，以保護燃料元件之完整。

4.APRM以再循環驅動水流量偏壓測算之模擬熱功率─高：為基於適當的安全極限餘裕兼亦考慮避免雜訊引起不必要的急停，故含六秒時間常數。

**十、反應爐主開關在〝停機(SHUTDOWN)〞位置(手動急停)**

(一)急停信號：手動將反應爐主開關轉到〝S/D〞位置。

(二)排列：

反應爐主開關只為一單項設備，當置於S/D位置時，反應爐急停。

(三)急停理由：提供後備手動急停，同時亦可保障在S/D時，不能抽出

控制棒(警報亦會出現)。

(四)旁路：

主開關在S/D位置30秒後，警報〝Mode SW S/D Scram Reset Div I(Ⅱ)〞會出現。

**十一、手動急停按鈕(亦是手動急停)**

(一)急停信號：RPS A及B均各有兩個急停按鈕，各選一個按鈕，將之

轉到〝Armed〞位置並同時壓下。

(二)排列：RPS A1及A2的急停按鈕，位置在主控室盤上，RPS B1及B2的急停按鈕亦同。

(三)急停理由：運轉人員在預知反應爐不正常情況或自動急停失常時，可用手動急停。

(四)旁路：反應爐主開關不在S/D位置時，急停之復歸最快為10秒。

**十二、中子偵測系統(NMS)非偶合急停能力**

(一)急停信號：當手動急停電路上的短接鏈(Short Link)移除時及在

NMS跳脫邏輯即變成為十二選一，即八個WRNM和四個APRM中，任一中子偵測支系統動作(包括WRNM 及APRM的Hi Hi和INOP)，就會使反應爐急停。

(二)排列：短接鏈移去時，任一WRNM及APRM動作均會使電驛失能，致接點開啟而急停。

(三)急停理由：在爐心初次燃料裝填時，採用此種邏輯(取下短接鏈)，以確保燃料裝填工作人員之安全。

(四)旁路旁路：無(除非短接鏈全部回裝)。

**十三、強震急停系統**

1. 急停信號：



(二)排列：於輔機廠房三樓（EL.+3’2〞）東北/西北/西南/東南四個角落各安裝一組感測器。於輔機廠房一樓（EL.-40’）東北/西北/西南/東南四個角落各安裝一組感測器。兩個樓層共裝設八組感測器，同一位置上下樓層組合成同一支控道，共區分為A1、A2、B1、B2 四個 RPS 支控道。

(三)急停理由：強化核能機組於強震時安全停機之可靠性，並增加民眾對核能電廠安全營運之信心。

(四)旁路：無