**第十四章 備用硼液控制系統及重覆反應度控制系統**

**壹、備用硼液控制系統的設置目的**

備用硼液控制系統(SLCS)並不具有使反應爐急停之功能，但對控制棒系統而言，此系統是雙重、獨立的後備系統。當反應爐保護系統動作，而控制棒無法全入爐心，或是發生預期暫態未急停事故，且反應爐功率又無法抑制，可利用本系統將硼液注入反應爐內，使反應爐安全停機，維持冷爐次臨界狀態。故SLCS是電廠特殊安全設施之一。

**貳、備用硼液控制系統的設計基準：**

備用硼液控制系統必須符合下列之安全設計基準：

一、做為反應爐反應度的後備控制設備，與正常控制棒，互不關連。正常的反應度控制設備失效時，須能將反應爐安全停機。

二、此系統能將反應爐自各種額定出力，抑制到冷爐停機情況，並且具有足夠的停機餘裕，以保證能將反應爐於其爐心，可能出現的最高反應度情況，隨時安全停機。

三、達成有效抑制所需之運轉時間，反應爐自額定運轉情況降到冷爐停機情況之預估反應度變化率配合。本系統並不擔任反應爐之快速急停或反應度急速瞬變的控制任務。

四、備用控制系統各部分組成機件的功能，須能定期以近似於實際使用要求的情況來試驗證明；並以除礦水代替真正中子吸收劑溶液，打入反應爐，來證實整個系統的運轉性能。

五、打入反應爐心的中子吸收劑的劑量，必須足夠，並具有合理的餘裕。

六、本系統具有充分合理的可靠性，擔當特殊安全系統的任務。

**参、備用硼液控制系統的設備及流程：**

本系統由儲存槽、試驗槽、兩台各為100％排量式泵、兩個爆破閥、注液管路及閥、例行試驗管路、儀控系統和其他附屬設備所組成，為耐震強度第一類設計。

一、備用硼液系統設備

1.儲存槽：

(1)容量：

A.最大容量為19500公升(5151加侖)。

B.高／低液位警報為10900/9100公升。

(2)儲存槽加熱器

A.混合用40kW加熱器：調製硼液時，提升溫度用，只有手動控制，必要時可與10kW加熱器同時手動使用。

B.運轉控制用10kW加熱器：經常保持硼液溫度，有自動與手動兩種控制。

C.加熱器雖均置於儲存槽內，但各自獨立，故拆除加熱器時，無須把槽內硼液洩掉。

(3)為防止沈澱於槽底的雜物侵入排量泵內，泵進口設有過濾網，與槽底保持相當高度，以防止阻塞。

(4)槽頂有通孔，以利放入硼砂與硼酸之用。

(5)此槽如液位太高，會溢流至地板Drain sump再到55加侖桶(Drum)，以使單獨處理。

(6)槽內裝有空氣噴嘴，以做硼砂、硼酸及除礦水之攪拌混合用。

(7)槽頂有通大氣口，保持泵的淨正吸水頭，及防止泵運轉中，內部產生負壓，造成槽殼凹陷。

2.注入泵

(1)兩台100％容量馬達排量式泵，三相40馬力，馬達電源由ESF交流電源供電。

(2)泵運轉情況：

A.最小流量─41.2gpm(運轉規要求泵出口壓力1220psig時，泵之最低流量需符合41.2gpm)。

B.額定流量─43gpm。

C.在額定流量下，其出口壓力為1220psig，可克服反應爐壓力槽內之壓力，而將硼液注入爐心。

D.每一台泵能在50至125分鐘內，將硼液從儲存槽泵送到反應爐內。

3.爆破閥

(1)此類型之閥可確保不會在意外的情況下導致硼液進入反應爐。

(2)此閥之閥塞，溝之一方正對一延伸到炸藥室之沖錐。

(3)爆破閥引爆後，必須重換。

(4)各閥有獨立的電源及其控制線路

(5)爆破閥引爆電路上設有指示燈及警報，以監視其電路情況。

4.試驗槽

(1)本槽材料為304號不鏽鋼。

(2)槽容量為793公升(210加侖)，槽旁有玻璃水位計，可查視其水位。

5.釋放閥：

設定點為98.5kg/cm2(1400psig)，以保證在正常爐壓時有足夠的壓力餘裕。反應爐之安全釋壓閥動作開啟的最低設定值點為77.6 kg/cm2(1103psig)，故SLCS使用時不致造成反應爐過壓。

**肆、五硼酸鈉**

一、組成：

為了要使硼液於反應爐中的濃度為1000ppm，故需：

1.儲存槽出口閥保持關閉，槽內充以除礦水，水位恰在低液位警報設定點之上。

2.水溫維持在7.2℃～43.3℃，以確保硼液在飽和溫度以上。

3.起用空氣噴嘴。

4.經混合均勻後，其重量百分比為8.0～9.0％。

5.加水入槽直到正常液位後，停用空氣噴嘴及保持儲存槽溫度於16℃(60℉)。

二、濃度要求：

1.240ppm的硼液用來抵消空泡、溫度、都卜勒效應和控制棒本領減少等的反應度係數正向變化效應。

2.180ppm硼液用來克服氙毒(Xe)完全衰變時所引起之正反應度增加。

3.240ppm作為0.05△K/K的停機餘裕。

4.另須加25％(660×25％＝165ppm)的劑量，以備可能發生之不完全混合和漏失。

5.額外再增加部份濃度175ppm，以應付餘熱排除系統停機冷卻模式運轉時之稀釋作用。

6.綜合所需總濃度最少應為1000ppm。

7.為符合在運轉區之運轉要求，容積如減少時，則硼液之濃度必須增加。泵之運轉流量愈大，則要將同容積的全部硼液注入反應爐所須之時間愈短。

8.要增加五硼酸鈉重量濃度％，則需提高硼液之比重及硼液溫度(防硼沈澱)。

**伍、重複反應度控制系統**

由下列四支系統所組成:

**一、控制棒替代插入(ARI)系統**

1.動作信號：

（1）反應爐高壓力(1115psig)

（2）反應爐二階水位(-76cm)

（3）手動引動

2.動作設備：

開啟急停儀用操作空氣集管上之四只電磁操作閥，將儀用操作空氣洩放，再次將控制棒插入。

**二、再循環泵跳脫系統**

1.ATWS說明

（1）機組壓力/水位，應於1063 psig〈74.76㎏/㎝2〉/ L-3〈30.56

㎝〉急停，控制棒全入，補水系統〈F/W、RCIC、HPCS…〉正

常，則反應爐功率下降〈APRM/WRNM指示〉﹐壓力依衰變遞減

而降低，水位終將恢復正常。如機組於任一暫態，接收到RPS

急停信號，而控制棒未全插入，假設此暫態已使發電機跳脫或

反應爐之飼水輸入與蒸汽輸出不平衡，則反應爐之壓力/水位

之異常顯示可能較RPS動作點更為嚴重，當壓力達到1115psig

或水位下降至L-2〈-76㎝〉，即稱之為預期暫態未急停。

（2）當機組發生ATWS之嚴重情況，則壓力上升，空泡減少，加入

正反應度，功率上升，壓力再上升。使SRV動作。反應爐蒸汽經由 SRV洩放至抑壓池。抑壓池溫度上升，圍阻體壓力上升，乃至於圍阻體損壞，造成輻射線外洩。

（3）水位下降至L-2〈-76㎝〉，除保持正確爐心冷卻之存量堪虞

外，水位下降，緩和劑減少，緩和劑溫度上升，緩和效果差，加入負反應度，功率降低。

（4）有關再循環水系統發生ATWS事件所提供之功能，即是跳脫再循環泵〈#5/2 BKR TRIP〉至靜止。RECIRC FLOW降低，VOID增加，功率減少量，將多於因RECIRC FLOW降低，水位上升時，功率的增加量，所以功率下降，則反應爐壓力下降或被控制。

2. ATWS-RPT

動作信號：

（a）反應爐高壓力(1115psig)

（b）反應爐二階水位(-76cm)

（c）手動引動

動作設備：

自動跳脫再循環泵斷路器# 2、#5，以跳脫再循環泵；但若手動引動的情況，則只跳脫再循環泵#5斷路器。

**三、飼水回退**

信號

（1）反應爐高壓力(1115psig)，且

（2）反應爐功率大於5％額定功率，且

（3）經2分鐘延遲。

2.動作設備：

將三台飼水泵之M/A控制器切換至手動，並將其輸出速度需求信號降至”0”，致使飼水泵轉速降至速度(約2700RPM)。

**四、備用硼液自動起動**

信號

（1）反應爐高壓力(1115psig)或反應爐二階水位(-76cm)或手動引動，且

（2）反應爐功率大於5％額定功率，且

（3）經2分鐘延遲。

動作設備：

如果被預選的備用硼液泵之控制開關置於〝AUTO〞，則備用硼液泵自動起動。