



#### 四.系統組件：

##### 1. 主冷凝器 (Main Condenser)

本廠主冷凝器共有兩個殼，分別座落於兩個低壓汽機底下，各殼下部各有兩套管束和分離的水箱，各管束流向與汽機轉軸相垂直，與個別的循環水管路相連接，熱井(Hot Well)就在冷凝器的正下方，兩殼在蒸汽區間設有連通的平衡管道。主冷凝器熱井裝有自動補水和排水閥，以維持熱井正常水位；熱井低水位時，自動補水閥開啟，直接由凝結水儲存槽(Condensate Storage Tank, C.S.T)，藉重力及冷凝器之真空補水。熱井高水位時，排水閥自動開啟，經由凝結水泵出口排至凝結水儲存槽，主冷凝器共有四個熱井，每一殼有二個。

##### 2. 凝結水泵(四台, Condensate Pump)為直立，多級罐頭型感應馬達帶動，水泵馬達軸承之冷卻由汽機廠房冷卻水系統(TBCCW)供給，水泵軸封採用機械式軸封，另由AN系統引除礦水作為泵機械軸封之冷卻、潤滑及避免凝結器溶氧惡化；機組滿載時，三台運轉，一台備用。

##### 3. 低壓飼水加熱器(Low Pressure Feed Water Heater)

為雙流式，直管型，低壓飼水加熱器都位於凝結器頸部，四級串聯，共兩串(A串、B串)與一旁通管路並聯，各串加熱器進出口都有電動隔離閥。在滿載運轉時，每串通過50%額定流量，旁通管路隔離關閉則使用電動隔離閥。

### 參.飼水系統

#### 一、安全設計基準：

##### A. 安全設計基準：

1. 本系統的設計包括提供當凝結水或飼水系統故障、或管路斷裂時，為減少後果之擴大所必須之自動隔離。
2. 飼水隔離閥及其下游管路至蒸汽產生器，是以防震一級設計。
3. 飼水管路的佈置，在一支主飼水管斷裂時，可確保：
  - a. 最多只能有一個蒸汽產生器，發生無法控制的沖放現象。
  - b. 為減少事故後果的安全設備，其能力不受影響。
  - c. 不致於有較原先更重大的事故出現。
  - d. 不致於有LOCA現象，或因LOCA而導致任一主飼水管斷裂。
  - e. 不致於減低圍阻體之完整。

##### B. 功率產生設計基準：

1. 飼水系統的設計流量、壓力、溫度是依100%負載加上蒸汽產生器沖放，飼水控制，泵磨損，及汽機上游循環流程抽汽等餘裕而得。
2. 從無載到滿載功率運轉，負載控制置於自動控制，飼水系統在設計上可處理±10%的階變5%/分的功率變化。
3. 高壓飼水加熱器，設計上兩串運轉可處理100%額定流量，一串被隔離時，另一串可處理75%容量。另有一條旁通管路，在一串高壓飼水加熱器被隔離時，允許汽機、發電機在滿載運轉。飼水管路的設計必需能避免水份進入汽機。

#### 二.系統介紹

- A. 飼水系統由飼水泵，高壓飼水加熱器組，管閥及相關儀控設備所組成。
- B. 飼水系統由凝結水系統取水，泵經高壓飼水加熱器再由飼水控制閥控制進入蒸汽產生器。
- C. 飼水系統連有下列管路：

1. 在飼水泵出口的再循環最小流量管路。
2. 飼水控制閥下游的再循環管路，提供起動初期所需的暖管、系統沖放及凝結水的淨化。
3. 飼水泵旁通管路。
4. 高壓飼水加熱器的旁通管路。
5. 飼水控制閥的旁通控制管路。

##### D. 飼水泵的封水來自凝結水系統。

- E. 飼水泵由飼水泵進口集管取水，泵送至飼水出口集管，流經兩串平行的高壓飼水加熱器，進入飼水集管，再經飼水控制閥，飼水隔離閥，飼水止回閥後，飼入蒸汽產生器。
- F. 飼水泵到飼水隔離閥之間飼水管路的過壓保護，是由飼水泵出口集管的三個壓力開關提供。當三個壓力開關中任二個指示過高，就會跳脫三台飼水

泵汽機；飼水加熱器的管側則設置安全釋放閥。

- G. 起動飼水系統之增設其目的在取代輔助飼水系統，於機組起動、低功率、熱待機和停機等階段提供經預熱的飼水至SG，該泵運轉時，可由出口控制閥控制及調節。
- H. 起動飼水系統利用冷凝水出口集管取水經起動飼水泵將飼水旁通主飼水泵，於主飼水泵出口集管飼入，經高壓飼水加熱器預熱後將飼水飼入SG。預熱之蒸汽汽源可由輔助鍋爐供給；亦可由一、二號機間主蒸汽系統連接管路提供加熱蒸汽。
- I. 起動飼水泵之潤滑油系統由同軸帶動之潤滑油泵供給，但起動飼水泵尚未起動之前由輔助潤滑油泵先起動運轉至少5分鐘以潤滑起動飼水泵軸承及馬達軸承。待起動飼水泵運轉後，同軸帶動之潤滑油泵運轉，以提供潤滑油至起動飼水泵軸承及馬達軸承，當潤滑油壓達運轉壓力，輔助潤滑油泵會自動停止。

### 三.系統組件：

#### A. 蒸汽產生器飼水泵

- 1. 蒸汽產生器飼水泵以蒸汽推動，轉數超過110%時，其超速保護裝置會動作而跳脫。
- 2. 每台泵可提供額定50%流量，正常運轉時三台泵均起動，各泵容量為額定的1/3。

#### B. 起動飼水泵

- 1. 由西屋製造之交流感應電動馬達帶動。

#### C. 輔助潤滑油泵

輔助潤滑油泵為電動油泵，平常置於備用狀態。當潤滑油低壓力 會自動起動，若壓力仍無法建立到正常壓力，則潤滑油壓達低壓力設定值時，運轉中的起動飼水泵則會跳脫。

#### D. 高壓飼水加熱器

- 1. 高壓飼水加熱器由兩串(A串、B串)並聯而成，每串含有兩個容量各½的加熱器。
- 2. 高壓飼水加熱器加熱來源：
  - a. 高壓飼水加熱器1A、1B。
  - b. 高壓飼水加熱器2A、2B。

#### E. 加熱器洩水槽：(一個，Heater Drain Tank)

- 1. 加熱器洩水槽接受高壓飼水加熱器及汽水分離再熱器殼側洩水槽的洩水。

#### F. 加熱器洩水泵(Heater Drain Pump，二台)。

- 1. 兩台50%容量之感應馬達帶動。
- 2. 加熱器洩水泵將加熱器洩水槽內的水抽出，送至飼水泵進口集管。

#### G. 飼水隔離閥

每一蒸汽產生器的飼水進口均有一飼水隔離閥，各閥均為油壓活塞操作開啟或關閉，油路藉由導引閥(pilot valve)控制，導引閥則利用空氣推動，而空氣之動作與否則利用電磁閥予以控制。

#### H. 飼水旁通閥

機組在低功率（額定功率的18%以下）運轉期間，飼水旁通閥作為蒸汽產生器飼水流量的控制，事故發生時，亦可提供飼水的隔離，在失去操作空氣或控制電源時，閉鎖在關閉位置。

#### I. 主飼水控制閥

機組功率大於18%以上之正常運轉期間，均使用主飼水控制閥控制蒸汽產生器水位，該閥設計兩套定位器，並分別由各自之閥位回授連桿提供信號，這兩套分別稱為Primary及Backup，位於JP002盤之切換開關平常選擇使用Primary迴路。

#### J. 飼水止回閥

可防止飼水泵跳脫時，蒸汽產生器內飼水倒流，當飼水管路斷裂時，可防止飼水自蒸汽產生器大量流失。

#### K. 再循環最小流量閥

位於飼水泵出口提供飼水泵避免過熱之保護，其開關由流量指示控制器控制。

### 四.系統運轉(飼水系統與凝結水系統)：

#### A. 起動：

1. 先由凝水儲存槽利用重力補水至凝器熱井，起動一台凝水泵對凝水系統及飼水系統執行充水逸氣，確認汽機廠房冷卻水已供給至凝水泵馬達軸承油冷卻器。
2. 為了快速補水至凝水系統各部分，起動凝水泵前，須先關閉馬達操作閥以隔離凝水除礦器組及低壓飼水加熱器組。
3. 手動起動第一台凝水泵，使凝水出口集管充滿水且壓力建立。
4. 打開凝水除礦器組隔離閥再由現場控制盤操作使除礦器組充滿水並加入系統使用，然後打開低壓飼水加熱器組進口隔離閥之旁通閥，將低壓飼水加熱器組逸氣和補水後，打開進口閥，關閉旁通閥再打開出口閥，凝水即被送至飼水泵進口集管。
5. 此時蒸汽產生器飼水泵進口閥及出口閥仍在關閉狀態，將飼水旁通閥打開，飼水流至飼水泵出口集管，緩慢手動微開高壓飼水加熱器進口隔離閥，高壓飼水加熱器組逸氣並充滿水，再全開進出口隔離閥。
6. 飼水系統補水過程中，飼水控制閥，飼水旁通控制閥，飼水隔離閥必須保持關閉位置。
7. 當凝水及飼水系統均已充滿水，再循環迴路亦已建立後，第二台凝水泵即可起動，此時利用兩台凝水泵，自凝器熱井泵送凝水經由汽封排氣凝器，凝水除礦器組，低壓飼水加熱器組，高壓飼水加熱器組，飼水旁通控制閥，再循環隔離閥，流量限流器，回到凝器A，以淨化凝水之水質。
8. 凝水以30%之額定飼水流量比例再循環，藉著輔助蒸汽至高壓飼水加熱器將飼水加熱，在此再循環模式中，輔助蒸汽亦供給至汽機汽封系統，而凝器真空泵亦起動降低凝器壓力，循環水系統此時亦已建立並運轉，再循環的高溫飼水回到凝器時會閃化，經由海水冷卻凝結成凝水，而不凝結氣體由凝器真空泵移除，凝水除礦器組將移除凝水之雜質及陰陽離子，另可自凝水化學性質控制系統作為凝水含氧量及pH值之控制。
9. 在此再循環模式中，由於凝水含有高濃度之固體，不可送回凝水儲存槽，因此熱井高水位控制回收閥應保持在手動關閉位置。
10. 在此再循環模式中，由於輔助蒸汽供給蒸汽至高壓飼水加熱器組及汽機汽封系統，蒸汽經冷凝成水後排入凝器，足以造成凝器A熱井高水位，若水質尚未符合規範要求，則排至中如槽。如中和槽已經滿水時，可將中和槽旁通閥開啟，再關閉進口閥，改排至海水渠道。為避免不當補水，各熱井的補水閥應手動全關，同時在凝器洩水泵運轉中，應隨時偵測熱井之水位，當熱井水位降至接近低水位警報時，停止運轉凝器洩水泵，恢復管閥配置。
11. 當飼水水質合乎需求時，將熱井補水管路及排放管路恢復在正常自動模式，關閉再循環隔離閥，如果許可的話，打開飼水隔離閥利用凝水泵送水至蒸汽產生器，在蒸汽產生器充水期間，凝水泵將自動維持最小流量循環。
12. 由停機時間的長短決定最初的蒸汽產生器水位，可能是正常水位或滿水的狀況，無論在何種情況，在核能蒸汽供給系統(NSSS)起動及運轉之前必須建立起系統之正常水位。
13. 蒸汽之取用須待反應爐臨界之後，由於水的體積受到熱膨脹而增加，飼水流量很小，甚至沒有。(此階段所需之飼水由起動飼水泵或馬達帶動輔助飼水泵供給)
14. 蒸汽產生器飼水化學性質的建立，可藉蒸汽產生器沖放系統達成。
15. 汽化現象逐漸產生，一旦所產生的蒸汽量已足夠推動蒸汽產生器主飼水泵汽機時，即可起動主飼水泵來取代起動飼水泵或馬達帶動輔助飼水泵運轉。

#### B. 正常運轉：

1. 在正常運轉時，凝器接收來自低壓汽機排汽、主飼水泵汽機排汽、低壓飼水加熱器串級式的洩水等，而將水收集於熱井內，不凝結氣體則利用真空泵移除。
2. 熱井水運通於凝水泵進口集管，在40%功率以前，二台凝水泵運轉即已足夠，於四台中任選二台。達40%額定功率時，應起動第三台凝結水泵。
3. 機組起動時，或水質不佳，部份凝結水將通過除礦器組，由除礦器旁通控制閥控制。水質良好時，可先開啟旁通閥後再停用除礦器。
4. 在正常運轉情況下，經常得將凝水泵之運轉數目比S/G飼水泵多一台，以防凝水泵一台跳脫時造成主飼水泵進口集管低壓力，但滿載時三台運轉即可。
5. 機組10%負載劇變或5%/分的變化，都不致於對凝結水及飼水系統的自動控制有影響。
6. 凝器熱井水位，自動由高低水位控制器控制，當熱井達過低水位時，將跳脫凝水泵。

C. 熱待機時，有少量的蒸汽，經由蒸汽排放系統自動排放至凝器，汽機軸封及凝器真空都仍須維持，為了維持蒸汽產生器的水位，少量的飼水流量由凝水泵和蒸汽產生器飼水泵，以再循環方式維持，如果這種情況須維持較長時間，則應由輔助飼水泵取代主飼水泵。

#### D. 停機

1. 降載：

由滿載降至廠用負載，凝結水及飼水系統均為自動控制，10%負載劇變或5%/分的負載變化率，皆不影響此自動控制。熱井水位亦自動控制，當負載低於50%，凝結水泵僅須二台即可，在低飼水流量時，凝結水泵及飼水泵皆須建立最小再循環流量。

## 2. 冷機：

- a. 當機組降至無載時，跳脫汽機，將反應爐停機，機組置於冷停機過程，飼水仍維持供給至蒸汽產生器，以移除爐心衰變熱，蒸汽由蒸汽排放系統排至冷凝器，凝結水及飼水系統，仍維持運轉。
- b. 當飼水流量低於額定的3%時，飼水改由起動飼水泵或輔助飼水系統供給，而將主飼水泵停用。
- c. 冷卻到R.C.S熱端溫度降低至低於176.7 以下，方可啟用餘熱移除系統，停用蒸汽排放系統，循環水系統，汽機汽封系統及凝結水泵。

## E. 不正常運轉：

### 1. 瞬間降至廠用負載：

此種情況，導致至少 32% 蒸汽排放至冷凝器和至少 53 % 蒸汽排放至大氣，為了避免蒸汽產生器低水位跳脫反應器，飼水泵至少須提供96% 額定飼水流量。

### 2. 喪失一台凝結水泵時：

- a. 在三台凝結水泵及一台加熱器洩水泵運轉時，在100%額定負載失去一台凝結水泵也不致於造成飼水泵孔蝕現象或機組跳脫，但因二台凝結水泵未運轉，會自動引發20%負載 回降信號(即限制出力在80%)。如果可能，可起動另一台凝結水泵；總之，需至少三台凝結水泵運轉並恢復SET BACK訊號後才能升載至100%功率運轉。
- b. 在三台凝結水泵運轉，二台加熱器洩水泵全停時，在100%額定負載時失去一台凝結水泵，則會引起飼水泵孔蝕，如三台飼水泵正在運轉，則會引發一20%負載 回降信號，維持80%負載運轉，不致造成飼水泵孔蝕。如果只二台凝結水泵運轉，而且二台加熱器洩水泵均不能使用，此時機組應降至75%額功率以下。

### 3. 喪失一串低壓飼水加熱器組：

任何一低壓飼水加熱器殼側高水位時，都將自動關閉該串進出口隔離閥，同時開啟旁通閥旁通15%額定流量，而另一串通過75%額定流量，因此可以維持90%額定功率運轉。

### 4. 喪失一凝結器熱井時：

- a. 當海水洩漏到主凝結器時，二次系統之導電度分析儀器會指示出海水洩漏，洩漏小時除礦器系統加上蒸汽產生器沖放系統可維持水質，儘速找出予以隔離。
- b. 當此二系統無法維持水質時，應將受影響的熱井隔離，關閉該熱井出口閥及循環水箱進出口閥，所有該熱井的排水和洩水均應隔離，改至另外的熱井。啟動overboard泵將被海水污染的凝結水送至循環水出口渠道，排至大海，當任一凝結器熱井被隔離，均需降載運轉。

### 5. 喪失一凝結器：

如任一凝結器不可用，該相關低壓汽機將由於溫差導致汽機軸承不均衡的膨脹，影響軸承的負荷和汽機振動，在這種情況下，必須停機。

### 6. 凝結器熱井低水位：

任一熱井低水位均將於控制室動作低水位警報，C.S.T至該熱井的補水閥也會自動開啟。如若水位再低至LO-LO，則該凝結水泵即跳脫。

### 7. 喪失一台主飼水泵：

正常運轉三台主飼水泵各提供 33%額定飼水流量。當發生喪失一台事故時，剩餘二台各提供50%額定流量，而不會導致機組跳脫。

### 8. 喪失一串高壓飼水加熱器：

任一高壓飼水加熱器不可使用時，均需將整串隔離(關閉進出口隔離閥)，手動開啟旁通閥，旁通25%額定飼水流量，另一串通過75%，所以機組仍可在95%額定功率運轉，除非同時失去一串低壓飼水加熱器。

## F. 事故運轉：

在包括反應器或汽機跳脫的各種事故和緊急情況下，飼水隔離信號，將關閉所有的飼水控制閥、旁通閥、隔離閥，並跳脫飼水泵，凝結水則由水泵最小流量再循環運轉，或由操作員手動停止。

## 肆.凝結水除礦系統 ( Condensate Polisher Demineralizer System AK )

### 一.功率產生設計基準

1. 本系統主要用於機組起動前起動時，功率運轉中將凝結水及飼水系統的溶解性雜質及懸浮之固體移除。
2. 移除自凝結水及熱井回收洩水中的腐蝕產物，減少沈澱物的累積，避免蒸汽產生器沖放系統負荷過重。
3. 本系統設計可處理滿載時100%的凝結水流量，當冷凝器小漏時，可和蒸汽產生器沖放系統配合，以維持凝結水及飼水系統之化學性要求。

## 二.系統功能：

本系統係用以提供且維持蒸汽產生器所需飼水水質，藉過濾移除固體雜質，藉離子交換移除可濾性雜質。

## 三.系統介紹：

本系統是由一套五個除礦器，一再生系統及相關酸鹼氨水槽，傳送泵，過濾器及管閥，儀控設備所組成。在機組起動前，部份凝結水量經由本系統做再循環處理。在起動時，再引進額外的凝結水作除礦處理，以起動蒸汽產生器。部份凝結水則流經旁通管路，與除礦器出口之凝結水會合後，進入低壓飼水加熱器。如果情況正常，熱井陰離子導電度和鈉值偵測器未顯示冷凝器有洩漏現象時，除礦系統可被旁通，旁通管路具100%容量(打開旁通閥)。

## 四.系統組件：

1. 除礦器槽：(Deminerlizer Vessel)  
圓球形內部為橡皮襯板，當沉積物數量增加，進出口凝結水的差壓也會增加，進出口凝結水的差壓也會增加。當達到高差壓時，該除礦器槽應被隔離，並開始反洗或還原清潔。如果偵測到高陽離子導電度或高鈉離子濃度，則這個運轉中的除礦器槽亦應被隔離，以上各種情況任一種發生時，手動將備用的除礦器槽加入運轉，被隔離的除礦器槽將槽內之樹脂送入再生系統處理。

## 伍.飼水泵的控制

### 一.

本廠的飼水泵為水平離心泵，以蒸汽推動汽機帶動。汽機排汽直接排至冷凝器熱井。汽機的控制由電子液壓系統為之，變速調節單元來自飼水控制系統。

1. 各汽機均有超速跳脫單元，在最大連續速度的110%時跳脫。
2. 各汽機設有馬達帶動之慢車迴轉齒輪，作為飼水泵在起動或停機時平衡汽機轉子加熱和冷卻用。
3. 各汽機之蒸汽汽封系統和主汽機蒸汽汽封系統互連。
4. 各汽機都有獨立的潤滑油系統，分別供油至汽機軸承，水泵軸承和其汽機控制用之液壓油，潤滑油冷卻器以TBCCW冷卻水為之。

### 二.

飼水泵汽機在機組負載小於50%時，進汽採用主蒸汽集管的蒸汽。機組負載於50%以上時，進汽來自MSR AB出口之再熱蒸汽。

## 三.主飼水控制閥：

機組功率大於18%以上時，利用三元控制來控制其開度以維持S/G於程式水位，這三個信號分別為水位誤差信號，蒸汽流量率信號和飼水流量率信號。水位誤差信號表示實際度量之水位和程式水位(固定，50%)的差值，此誤差值送至P/I控制單元，另比較蒸汽流量率和飼水流量率而得一流量率差值，將此差值加上水位誤差做為飼水閥的控制信號。

## 四.主飼水旁通閥(Bypass Control Valve)：

飼水旁通控制閥的設計容量，只有額定滿載流量的20%，適於在18%功率以下的自動控制。其控制信號來自窄幅水位控道、S/G程式水位和寬幅水位控道之信號，後者提供旁通控制閥快速的反應，前兩者合併提供水位誤差的補償信號，然後做為閥位置的控制。

## 五.控制信號來源：

1. 飼水流量信號，三個流量信號經中值選擇程式自動選第二高值(中值)做為控制信號。控制室亦備有旁通開關，必要時可手動旁通任一控道。
2. 蒸汽流量信號，三個流量信號經中值選擇 程式自動選第二高值(中值)做為控制信號。控制室亦備有旁通開關，必要時可手動旁通任一控道。
3. 五個蒸汽壓力信號，其中三個做為控制和保護用，另二個用做動力釋壓閥之控制。
4. S/G水位信號計有四個窄幅控道和一寬幅控道，前者提供控制和保護之用。後者用做停機維護時的水位指示及飼水旁通閥之前導控制信號。

#### 六.飼水泵速率控制：

飼水泵汽機速率控制器藉著速率的變化，來維持飼水集管和蒸汽集管間之壓力差於程式差壓。當反應器爐外核儀功率之中值大於18%以上時，三個蒸汽迴路之蒸汽流量總和對應得出一程式差壓信號，再加上飼水在無載時的靜水頭偏壓信號，然後和實際差壓(飼水集管壓力—蒸汽集管壓力)比較，得一誤差信號送至P/I控制單元做為水泵速率控制信號。但當反應器爐外核儀功率之中值降至小於15%以下時，則利用該爐外核儀功率信號對應得出一程式差壓信號，然後和實際差壓(飼水集管壓力—蒸汽集管壓力)比較，得一誤差信號送至P/I控制單元做為水泵速率控制信號。