

輔助飼水系統

- 壹.設計基準
- 貳.系統概述
- 參.系統組件
- 肆.系統控制
- 伍.系統運轉
- 陸.後備輔助飼水

壹.設計基準

- A. 輔助飼水系統供給飼水以確保在100%功率運轉而突然喪失主飼水時，不致危及反應爐的安全，且使之逐漸冷卻至餘熱移除系統（RHR）可繼續冷卻下去的程度。
- B. 輔助飼水系統發生單一主動元件故障且喪失廠外電源時，仍能提供足夠的飼水流量完成預定的任務。
- C. 倘若發生控制室撤離事故時，輔助飼水之控制可在遙控停機控制盤操作。
- D. 輔助飼水系統及相關的冷凝水儲存槽（CST）須能承受地震，同時喪失外界電源時，並不影響其功能。
- E. 輔助飼水系統，須在喪失廠內、外電源的情況下仍可運轉。
- F. 輔助飼水系統之設計，須能避免水錘現象。
- G. 輔助飼水系統在電廠起動、停機或熱待機時，須能供給飼水至各蒸汽產生器。

貳.系統概述

- A. 輔助飼水系統包括兩部馬達帶動水泵，和一些相關的閥類與管路。正常水源來自冷凝水儲存槽(CST)，後備水源來自除礦水槽(DST)，緊急時也可取用生水和消防水。無論何時，只要主飼水系統無法提供飼水時，輔助飼水系統即能泵送飼水至各蒸汽產生器。
- B. 當反應爐停機以後，仍有大量餘熱產生，這些熱量若不設法排除，將使反應爐過熱受損。排除餘熱最快速而簡便的方法是在蒸汽產生器產生蒸汽，作為一次系統之熱沉(Heat Sink)，排至冷凝器或大氣中。因此必須補充飼水，以維持蒸汽產生器的水位。輔助飼水系統供給飼水直至一次系統之溫度降至176.7 以下，壓力降至30.9kg/cm²以下，能以餘熱移除（RHR）系統繼續排熱為止。
- C. 當反應爐起動之初，尚無足夠蒸汽推動主飼水泵，主飼水無法建立時，須利用輔助飼水系統供給飼水，以維持蒸汽產生器的水位。
- D. 輔助飼水系統，係屬於特殊安全設施(ESF)的一部份。因此設計上須顧及多重性，多元性及分離性。多重性表現在兩台馬達帶動水泵，分別具有100%的容量，因此任何一台都可完成其任務。多元性表現在既可使用電力推動水泵(馬達帶動)，又可使用蒸汽推動汽機帶動水泵。分離性表現在各水泵可經由其獨立的管路將水飼入蒸汽產生器而互不影響。

參.系統組件

- A. **馬達帶動水泵(Motor Driven Pumps)**
兩部馬達帶動水泵，為水平式離心泵，電源分別來自其ESF安全緊要4.16kv匯流排。在緊急事故發生時，即使有飼水管路破裂而有若干流量損失，仍能供水至三個蒸汽產生器中任二個，且流量不少於86.2m³/hr。
- B. **汽機帶動水泵(Turbine Driven Pump)**
汽機帶動水泵為水平式離心泵。與兩部馬達水泵容量總和接近。驅動用蒸汽來自No.1及No.2主蒸汽管，由圍阻體穿越孔與主蒸汽隔離閥之間引出，各經一進汽閥AB-HV311(No.1)或AB-HV211(No.2)後，匯於一集管，經氣壓操作正常關閉的關斷閥，電磁操作正常開啟的跳脫節流閥UV2 (Trip/Throttle Valve)和氣壓操作之調速閥(Governor Valve)UV3進入汽機。進汽壓力只要在85.8kg/cm²至7.0kg/cm²間，皆可使汽機安全運轉。汽機排汽至輔助廠房屋頂。汽機運轉達到110%額定轉速時，超速跳脫裝置會自動使汽機跳脫。汽機並有潤滑油系統(Lube Oil System)，其潤滑油冷卻器是利用水泵第一段出口水來冷卻潤滑油。
- C. **系統流程**
 1. 正常水源來自2,839立方公尺容量的冷凝水儲存槽(CST)，該水槽之水質與飼水相同。故不致引起化學處理上的問題。輔助飼水系統最少須要1,742立方公尺的冷凝水。但同樣以 冷凝水儲存槽（CST）為水源之系統甚多，故將其他系統之取水口皆提高到槽底7公尺，而輔助飼水系統

- 之取水口則設於冷凝水儲存槽 (CST) 槽底，因此，無論任何時刻，輔助系統所能取得的冷凝水皆不少於1,742立方公尺。
2. 冷凝水儲存槽 (CST) 藉重力補水到輔助飼水調節槽AP-S-T125，並由氮氣加壓以提供輔助飼水泵進口足夠的淨正吸水頭。各輔助飼水泵之進口閥平常皆全開並上鎖，以防誤操作。倘若 冷凝水儲存槽 (CST) 水源無法供水，則由後備水源除礦水儲存槽(DST)供水，礦水儲存槽 (DST)之容量為378立方公尺，水質純淨但容量不足。假如以上兩種水源皆無法使用，可自生水池取水。由於生水水質較差，飼入蒸汽產生器後勢將造成腐蝕等問題。故其管路平時以盲管板封起，至必要時才以軟管接通，其進口閥則鎖在全關的位置，以防誤操作。
 3. 每一台輔助飼水泵進口連接到二個進水集管，在任一集管發生可以被隔離的洩漏事故情況下，另一進水集管仍能供給水源到輔助飼水泵進口，而且仍能滿足最小淨正吸水頭 (NPSH)的需求。二台馬達驅動的輔助飼水泵出口均連接到一共同集管，再由此一集管供給飼水到每一個蒸汽產生器。汽機帶動的輔助飼水泵出口管路分別飼水到每一個蒸汽產生器。
 4. 每一條與蒸汽產生器連接之輔助飼水管路上均裝設有一氣動操作的流量控制閥，此流量控制閥也可以於主飼水管路或主蒸汽管路破裂時，用以隔離故障的蒸汽產生器。此氣動的流量控制閥裝設有防震一級的空氣蓄壓槽，此蓄壓槽有足夠的能力在喪失廠內儀用空氣的情況下，供此一流量的控制閥執行開啟和關閉來回二次。
 5. 每一台輔助飼水泵出口均裝有一條最小流量再循環管路流回冷凝水儲存槽。

肆.系統控制

A. 馬達帶動水泵

1. 馬達帶動水泵，可自主控制盤上開關來控制。亦可由搖控停機控制盤起動。

B. 汽機帶動水泵

1. 汽機帶動水泵可由主控制盤上，將其蒸汽進汽閥AB-HV311或AB-HV211打開而起動。非緊急狀態時，可先打開旁通閥AB-HV210或AB-HV310先行暖機。
2. 汽機帶動水泵自動起動時，汽機進汽閥斷閥FC-HV128接到自動開啟信號立刻開始開啟，蒸汽進汽閥AB-HV311及AB-HV211則延遲5秒後才開啟，以避免汽機起動瞬間轉速過高。

C. 輔助飼水泵

各出口流量控制閥AL-HV113、HV114、HV115及AL-HV213、HV214、HV215，除可在控制室 藉由T630型式之手動控制站及LCD內建手動控制站操作外，並可在搖控停機控制盤藉由T630型式之手動控制站控制，當搖控停機控制盤之T630型式手動控制站置於手動模式時最優先控制，故正常運轉時，搖控停機控制盤之T630型式手動控制站需置於自動模式。搖控停機控制盤係當主控制室因故必須撤離時，用以安全停機之獨立控制盤。六個控制閥皆為氣力關閉，彈簧開啟(Air to Shut, Spring to Open)之型式，並設有空氣蓄壓器，一旦喪失氣源時，控制閥全開。

D. 各水泵及控制閥

之狀態皆顯示在特殊安全設施狀況盤(ESF Status Panel)上。主控制盤上並有下列警報：

- 輔助飼水泵進口低壓力。
- 輔助飼水泵出口低壓力。
- 汽機帶動輔助飼水泵故障。
- 輔助飼水泵高溫度。

伍.系統運轉

- A. 當電廠正常運轉時，輔助飼水系統係在備用狀態，所有水泵停止，但冷凝水儲存槽 (CST) 水進口閥全開，六個流量控制閥全開，以備一旦發生緊急事故時，將水飼入蒸汽產生器。
- B. 當電廠剛起動時，若馬達帶動起動飼水泵 (AE-P247) 無法運轉，而且尚無足夠蒸汽來推動主飼水泵，則以馬達帶動輔助飼水泵自冷凝水儲存槽 (CST) 打水飼入蒸汽產生器，以維持水位。直到馬達帶動起動飼水泵可以運轉，或蒸汽產生器所產生的蒸汽足夠來操作汽機帶動的主飼水泵。
- C. 當電廠停機降溫時，若馬達帶動起動飼水泵無法運轉，亦使用馬達帶動輔助飼水泵飼水到蒸汽產生器，以移除反應爐之衰變熱(Decay Heat)並使反應爐冷卻水系統溫度降低。此時輔助飼水系統與冷凝水儲存槽 (CST)、冷凝器、蒸汽排放系統構成迴路。當反應爐冷卻水系統溫度降低到低於176.7 (350)時，輔助飼水系統即可停止，而以餘熱移除 (RHR) 系統取而代之。汽機帶動水泵很少在這個時機使用，因汽機取自蒸汽產生器之蒸汽會帶走大量熱量，使得反應爐之降溫率不易控制。
- D. 緊急事故發生時，各輔助飼水泵依其自動起動時序起動，自冷凝水儲存槽 (CST) 打水進入各蒸汽產生器。各蒸汽產生器之沖放及取樣系統管路則會自動隔離，直至輔助飼水自動起動訊號(Auxiliary Feedwater Actuation Signal AFAS)手動復歸之後，才能重新打開。在發生安全注水(SI)或喪失外界電源事故時，馬達帶動之輔助飼水泵須接受負載時序系統之指令，按次序起動。當蒸汽產生器之水位恢復 (一般是指大於6%)，復歸AFS訊號，以便調節控制輔助飼水之出口閥，一方面保持各蒸汽產生器之水位，另一方面避免過度冷卻一次系統。
- E. 由於輔助飼水系統自冷凝水儲存槽 (CST) 取水，冷凝水儲存槽 (CST) 之水溫甚低約20 左右。因此必須注意各蒸汽產生器的飼水量，避免使反應爐冷卻水系統(RCS)溫降太快。尤其汽機帶動水泵起動後，不可使反應爐冷卻水系統(RCS)溫降過速，以致失去調壓槽水位。

陸.後備輔助飼水

A. 增設引擎帶動之後備輔助飼水泵

1. 一號機發生喪失廠內廠外交流電源後，決議:每部機各增設一台 柴油引擎帶動之後備輔助飼水泵，並考慮兩部機相互支援。
2. 柴油引擎帶動之後備輔助飼水泵(N-AL-P020)在出口水頭598公尺時，流量為82立方公尺/小時。
3. 後備輔助飼水泵為手動起動，不與其他設備連動，只有當3台輔助飼水泵均不可用時，才予以手動啟動。平時後備輔助飼水泵相關管路與輔助飼水系統隔離。

B. 新增蒸汽產生器後備低壓水源

1. 當電廠全黑且喪失汽機帶動輔助飼水泵時，蒸汽產生器可降溫降壓至 8.8kg/cm^2 以下，利用柴油引擎帶動消防泵提供消防水注水至蒸汽產生器，以移除爐心餘熱。>
2. 消防水由消防栓FHS320或FHS321 (二號機為FHS314或FHS313)，以消防水帶連接，經AL-V660進入生水供給盲板下游管路。開啟AL-HCV004及HCV005之後，消防水即可經輔助飼水泵管路注入蒸汽產生器。
3. 由於消防水水質差，飼入蒸汽產生器後，將造成腐蝕問題。但考慮安全問題，後備低壓水源只在萬一且不得已的緊急狀況下才使用。