**第十八章 主汽機之控制及保護**

壹、主汽機控制系統(數位電子液壓)組件

**一、概述：**

反應器產生之蒸汽，經由汽機之蒸汽流量，由高壓油控制系統控制液壓油系統之閥引動器油壓，以達到汽機蒸汽之開度控制，進而控制汽機之蒸汽流量、速度和發電量等參數，此控制系統由下列五個主要部份與組成：

1.蒸汽閥，伺服閥及閥引動器。

2.高壓油控制系統。

3.潤滑油及機械－液壓緊急跳脫系統。

4.值班員控制監視盤。

5.電子控制設備。

二、汽機之蒸汽流程

汽機之蒸汽流程：蒸汽由主蒸汽管經四只節流閥分成兩路進入汽櫃後流經四只調速閥再進入高壓汽機做功後，由高壓汽機排汽端分成四路流到汽水分離再熱器A 和B，再經由再熱閥及中間閥進入低壓汽機，最後由低壓汽機排汽端進入主冷凝器冷卻為冷凝水再送回反應器構成封閉迴路。

三、閥引動器及伺服閥之功能特性和動作流程。

1.蒸汽閥、伺服閥及引動器

(1)節流閥（四只）節流閥為一雙塞式閥，以水平方向啟開，閥體與汽櫃一體鑄成。閥之動作由其引動器控制，使用高壓油開啟，進汽壓力加上彈簧力關閉。起動時控制進汽量，以調整汽機轉速。汽機跳脫時，急速關斷進汽以防止汽機超速。

(2)調速閥（四只）每一汽櫃有兩個調速閥。調速閥為單塞式閥，分別由其引動器控制，使用高壓油開啟、彈簧力關閉。其功用為控制進汽量以調整汽機

 負載，並在汽機急速棄載時迅速關閉，以防止汽機超速。

(3)再熱閥（四只） 每支再熱蒸汽管路上，均有再熱閥，設於汽水分離再熱器與中間閥之蒸汽流程間。此閥之目的乃在機組棄載時，急速關斷低壓汽機之進汽，以防止汽機超速。此閥為蝶式，分別由其引動器控制，使用高壓油開啟、彈簧力關閉。

(4)中間閥（四只）此閥係裝置在汽機之每一再熱蒸汽管進入低壓汽機之入口處，以便在機組棄載時急速關閉，阻止蒸汽從汽水分離再熱器流入低壓汽機，防止汽機超速。其結構與再熱閥同。

**IV**

(5)旁通閥位於主蒸汽管與汽機節流閥之間，油壓操作由蒸汽旁路與壓力調整系統控制。其目的可使主蒸汽不經由汽機而直接排入冷凝器凝結成水。旁通閥有兩組，每組由一個汽櫃及三個旁通閥組成。汽櫃連通四條主蒸汽管。旁通閥開啟時，將主蒸汽經由各別的管路導入冷凝器。六只旁通閥全開時，其總流量為系統滿載的35％。

(6)引動器及伺服閥每一蒸汽閥的開度，由其引動器控制。再熱閥和中間閥引動器祇能使這些蒸汽閥全開或全關，不具備開度調節功能。

節流閥和調速閥配用相同的引動器，其主要部份除液壓汽缸、排放閥、隔離閥、止逆閥及過濾器外，裝有一伺服閥和線性差值變壓器.可以使這些蒸汽閥開啟於任何中間位置，按需要調整所需蒸汽量。

貳、高壓油系統及潤滑油系統

一、高壓油系統介紹：

高壓油系統為符合安全與可靠性之要求，此系統採用之操作油具有適宜潤滑性、非燃燒性及化學安全性的合成液。本系統備有兩套獨立的泵油系統，其主要設備如下：

1.二個連通的不繡鋼貯液槽，此槽設有手動洩放閥及補油設備。

2.兩台容量相同，各由其馬達帶動的高壓油泵。

3.金屬網過濾器，設在高壓油泵之共用吸入管上。

4.每台高壓油泵出口各設兩只串聯之金屬網過濾器。這些過濾網清洗後可再使用。過濾網設有兩只差壓開關以探測過濾網進出側之壓力差，當差壓高時接點關閉，警報響。

5.兩只壓力控制或卸載閥，裝在各高壓油泵出口，維持系統之壓力在2100～1700Psig範圍內。

6.兩只止逆閥各裝在高壓油泵出口，在卸載閥之下游，當高壓油泵運轉於卸載模式時，防止系統高壓油倒流。

7.一只釋壓閥裝在兩卸載閥之間的高壓油管路上，油壓超過設定值時，經由此閥洩放流回貯液槽，此閥係為卸載閥之後備。

8.一套電加熱器（必要時才加），當高壓油溫低到70℉以下時，使用此加熱器加熱。

9.一只電磁閥裝在高壓油泵出口壓力開關附近，用以遙控試驗備用高壓油泵低油壓自動起動邏輯功能。

10.兩個油位開關，提供高液位、低液位警報。

11.兩個熱交換器，冷卻操作高壓油，其冷卻水量係由溫度控制閥控制，保持適當高壓油溫。

12.在高壓油之回收管路上裝有一個油壓開關：採測卸放油壓力,當油壓增高時，關閉接點，警報響。

13.在高壓油之輸出管上裝有油壓開關，探測高壓油集管低油壓，以起動備用高壓油泵。

14.漂白土過濾器裝於高壓油管路上，經常過濾一小部分之高壓油，過濾後流回貯液槽。

15.高壓蓄壓器，內設有一活塞，活塞一端充有1300Psig氮氣，另一端為高壓油，高壓油系統負載時會使蓄壓器充壓，當高壓油系統卸載時會將蓄壓器釋壓，以達到高壓油系統穩壓，減緩高壓油系統壓力瞬間變動。

16.四個低壓蓄壓器裝設在高壓油回收管路上，其主要功用為當排放閥動作洩放高壓油時，供作緩衝用。

⮚ 高壓油系統之運轉：

此系統平常使用一台高壓油泵和其各種不同的控制設備，另一組當後備。高壓油泵輸出的高壓油經過濾器、卸載閥、止逆閥、釋壓閥和蓄壓器而至高壓油集管。系統輸出高壓油供給到：

(1)調速閥之伺服閥，經該閥依控制信號調節後，進入引動器。

(2)節流閥之伺服閥，經該閥依控制信號調節後，進入引動器。

(3)再熱閥之引動器。

(4)中間閥之引動器。

(5)經節流孔後供給到自動停車緊急跳脫集管

 在自動停車緊急跳脫集管上有四個自動停車跳脫電磁閥，組成為兩控道，必須每一控道中各有一個電磁閥動作開啟，才會使自動停車緊急跳脫集管中之控制油洩放，而使所有的蒸汽閥快速關閉，跳脫汽機。電磁閥失磁時動作跳脫。

⮚旁通閥-本系統由液壓動力單元控制系統所控制

汽機旁通閥之控制方法與控制閥相似，但由蒸汽旁路與壓力調整系統供給信號，利用伺服閥控制其開度，它主要功用有二：

（1）協助維持進汽閥處之蒸汽壓力。

（2）汽機急速棄載時，此閥立刻自動打開，將蒸汽導入冷凝器，以減少反應爐壓力升高。此閥總共有六只。為單閥座、單伺服動作操作、使用高壓油開啟、彈簧力關閉。汽機正常運轉中此閥應在全關位置。

⮚ 超速保護電磁閥:

裝在超速保護控制器跳脫集管上的兩個電磁操作閥，係由輔助速度控道和調速系統所產生之信號控制，以限制汽機超速。

⮚ 空氣導引閥:

汽機跳脫、緊急跳脫集管洩油後或超速保護電磁閥動作，將使空氣導引閥通往汽機抽汽閥之儀器用空氣被遮斷，留在空氣管路之空氣洩入大氣，於是關閉汽機抽汽閥。一旦汽機復歸，高壓油建立後，空氣導引閥將被打開，遮斷通大氣之空氣管路，允許儀器用空氣進入操作活塞的下端，頂起壓住閥盤之引動器抽汽推開閥盤，開啟汽機抽汽閥。

二、潤滑油及機械液壓緊急跳脫系統：

1.此系統主要設備如下：

(1) 主油泵:

此泵係由汽機轉軸直接帶動，供給汽輪發電機軸承潤滑油，後備封油系統及汽機超速保護系統所需之油。汽機轉速達額定值後，主油泵吸油改由油噴射器供給。

(2) 油噴射器：

利用主油泵輸出之一部分高壓油，抽取大量低壓油，供給主油泵進口之吸油及軸承潤滑油。

(3) 軸承潤滑油泵：

在汽機起動時，供給主油泵吸油、軸承潤滑油、及軸承頂舉油泵的吸油。

(4) 緊急油：

用直流馬達帶動，在交流電源消失時，供給軸承潤滑油用。

(5) 軸承頂舉油泵：

汽機起動時，供油至軸承液壓頂舉裝置，以減輕迴轉齒輪之起動負荷。此油泵於汽機轉速達到600RPM以上時即自動停止。

(6) 後備封油泵：

在汽機起動時，代替主油泵供給高壓潤滑油至機械超速及手動跳脫集管並做發電機高壓封油之後備。

(7) 熱交換器：

冷卻潤滑油用，維持軸承溫度。一個運轉，一個備用。

(8)機械式超速跳脫機構：

此機構由一靠離心力動作之重錘、超速跳脫閥及試驗機構所組成。當汽機轉速超過11％額定轉速時，此機構即動作而洩放機械超速跳脫集管之油壓，界面膜片閥將開啟並把自動停車緊急跳脫集管中控制油洩放，關閉所有的蒸汽閥。

(9) 高壓油低壓跳脫壓力開關：

在高壓油集管設有四個壓力開關用以偵測油壓情況。這些壓力開關與電驛邏輯回路連接而分成兩個控道，奇數的壓力開關為第一控道，偶數者為第二控道。每一控道至少有一壓力開關動作才會使20/AST電磁閥開啟，跳脫汽機。

(10)軸承潤滑油低油壓跳脫壓力開關：

偵測軸承潤滑油壓情形，油壓低於設定值時，跳脫汽機。

(11)冷凝器低真空跳脫壓力開關：

偵測冷凝器真空情況：低於設定值時，跳脫汽機。

(12)電磁式超速跳脫裝置：

利用一裝置於永久磁鐵發電機端部之速度探測器，偵測汽機之轉速情況。若汽機轉速超過設定值，此裝置即輸出一跳脫信號使所有的電磁閥開啟，以跳脫汽機。

(13)止推軸承跳脫裝置：

此裝置與軸位監視儀及緊急跳脫系統併用，當止推軸承蹄磨損程度達預定量時，即發出警報。若磨損過多，即令汽機跳脫，以減少汽機其他之損害。

 (14)汽機跳脫因素如下：

a. 當冷凝器真空不佳.

b. 軸承油壓低.

c. 止推軸承磨損跳脫.

d. 發電機跳脫.

e. 在高壓段第一級壓力和高壓段排氣壓力差低至 10 PSID加上60 秒延時, 汽機因無蒸汽流量跳脫.

f. 發電機高氫氣溫度跳脫..

g. 汽機轉速高至 111%時 EOTS 超速跳脫系統跳脫.

h. TT6 (DEH) 110% 超速跳脫.

i. 汽機轉速高至 111%時時, 機械超速跳脫.

j. 發電機氫氣冷卻器低流量加氫氣溫度52℃或冷氫氣溫度54℃.

K. 反應爐槽高高水位.

L. 液壓油壓低時低液壓油跳脫.

M. 主蒸汽隔離閥關閉.

N. 4台 循環水泵跳脫.

O. 手動跳脫.

2. 潤滑油系統運轉：

當汽機停機或起動時，交流馬達帶動之軸承油泵及高壓封油後備泵必須運轉。前者供給潤滑油至各軸承和慢車迴轉齒輪及主油泵之吸油管路，後者供給高壓潤滑油至超速保護系統及發電機氫氣封油之後備供油。當汽機達到額定轉速後，主油泵之輸出即能供應潤滑油、保護系統以及發電機氫氣封油後備之需，故上述各電動油泵均可停止。

 參、TT6控制系統

一、概述：

1.本廠新型主汽機控制系統係由瑞士廠商所設計製造之Turbotrol 6，Turbotrol 6由(1)兩組Base controller，(2)一組Automatic controller，(3)Valve positioners，(4)界面裝置所組成。

2. 相關界面裝置包括操作盤，人機界面操作盤，工程檢修及文件系統，自動並聯裝置及Rochester SOE(Sequence of Event)。

3.操作員操作指令可經由操作盤或人機界面下達，盤面上提供操作員相關運轉資訊，操作員可於操作盤選擇由操作盤操作(MMI Off)或人機界面(MMI ON)操作，無法同時分別從不同盤面控制。

二、控制系統流程

（1）本系統包含一組自動控制器及兩組手動控制器，正常運轉中設定需求係由自動控制器提供(自動控制模式)。兩組手動控制器硬體及控制程式完全相同，運轉中只需一組手動控制器即可達成監控任務，另一組手動控制器作為後備。

（2）手動控制執行以下幾種功能：

a. 手動起動

b. 並聯同步調整

c. 負載運轉

d. 節流閥與調速閥控制特性

e. 限制升速率

f. 全弧與局部弧運轉模式轉換

g.超速保護邏輯

h.節流閥與調速閥控制轉換

三、人機界面盤控制操作

新型主汽機控制系統人機介面設計原則，以使用者為導向。除保留原有統控制系統之監控盤功能外，並外加一套利用個人電腦配合圖控系軟體而設計之人機介面設備，以提供多面化之系統運轉資訊顯示，供運轉人員或維護人員操作或查修系統問題之參考。TT6系統之人機介面設備除提供參數顯示功能外，並可用來操控汽機控制系統之運作。若要利用人機介面電腦來操控汽機控制系統時，需在運轉員監控盤上同時按下『ENABLE』與『MMI ON』鍵，以切換TT6系統之操控方式。

人機介面電腦系統主要功能為：

1.汽機控制有關信號之歷史性資料收集與儲存。

2.系統重要信號參數及狀態資訊顯示。

3.信號資料趨勢圖顯示，可顯示即時性或歷史性信號趨勢圖。

4.系統信號或狀態警示資料登錄顯示。

5.事件發生順序資料登錄顯示。

6.提供系統測試之模擬操作盤。可用以執行閥門測試與超速保護等測試功能

7.主汽機之轉動升速與負載控制。

四、汽機控制系統與介面系統間之整體運作流程與汽機起動運轉操作要點

1. 超速保護控制器

超速保護控制器的基本目的是避免汽機過度超速以防止汽機跳脫。

超速保護控制當汽機轉速達額定的105％以上時會關閉四只控制閥及四只中間閥以防止汽機超速。

汽機之TurboTrol 6 (TT6)控制可置於自動（數字控制）或手動（類比控制）控制，依其控制模式又可分為速度控制及負載控制。

2. 速度控制

速度控制可分為節流閥速度控制及調速閥速度控制，轉速0～170ORPM期間轉速由節流閥控制，此時調速閥全開，當轉速到達1700RPM後運轉員按下 “TRANSFER TV/GV"按鈕後，調速閥會慢慢關閉至轉速微降時，調速閥不再關閉並靠調速閥維持適當轉速，而節流閥則慢慢開啟至全開為止，然後再由調速閥控制轉速是為調速閥速度控制。

3. 負載控制

DEH之負載控制可分為兩種：調速閥負載控制及反應器壓力負載控制，於低負載時反應器壓力信號大於調速閥需求信號，此時調速閥開度及汽機發電機輸出功率取決於調速閥需求信號是為調速閥負載控制，若調速閥需求信號大於反應器壓力信號則調速閥開度及汽機發電機輸出功率取決於反應器壓力即反應器熱功率，是為反應器壓力負載控制。

伍、總結

主蒸汽經汽機之流程為節流閥→汽櫃→調速閥→高壓汽機→汽水分離再熱器→再熱閥→中間閥→低壓汽機→主冷凝器。

汽機之運轉節流閥只控制靜止至1700RPM期間，其餘1700RPM以上乃至於併聯運轉，汽機之運轉及發電機係由調速閥所控制，而再熱閥及中間閥不做蒸汽流量之調節，僅於跳機或閥試驗時關閉，其餘時間只要汽機LATCH中間閥及再熱閥即保持開啟。

伺服閥作用在於導引高壓油進入閥引動器以控制閥開度，因中間閥及再熱閥不具閥位調整功能，所以再熱閥及中間閥不具有伺服閥，僅有節流閥及調速閥才有伺服閥，汽機跳脫保護是靠排放閥動作使閥引動器內高壓油排放使蒸汽閥迅速關閉，與伺服閥之位置無關。液壓油油壓若壓力低時，備用之液壓油泵會自動起動，壓力低到1350Psig時會跳脫汽機。

汽機正常運轉時潤滑油壓力來自於主油泵，軸承潤滑油泵及緊急潤滑油泵可置於停止狀態，當主油泵無法維持正常潤滑油油壓，使潤滑油油壓下降時軸承潤滑油泵會自動起動，軸承潤滑油泵啟動後仍然無法維持正常油壓，導致潤滑油油壓續下降時會自動啟動直流之緊急潤滑油泵，汽機頂舉油泵於汽機運轉時會自動停機，當汽機轉速低到600RPM以下時會自動啟動。

汽機之跳脫保護除機械超速跳脫經由界面膜片閥開啟排油管道外，其餘汽機之保護跳脫係經由電磁閥失磁排油跳脫，經由電磁閥跳脫後之再啟動只需於控制室按下 “LATCH"按鈕即可，但機械超速跳脫機構動作跳脫汽機後再啟動，必要時需先到汽機頭將超速跳脫機構確認復歸後才能再啟動。