

主蒸汽主汽機

壹.概述

貳.設計基準

參.主蒸汽系統功能

肆.主蒸汽系統組件

伍.輔助蒸汽產生系統和輔助蒸汽系統

陸.主汽機介紹

壹.概述

主蒸汽系統是指將蒸汽產生器產生的飽和蒸汽引導至高壓汽機和其他汽力循環附屬設備的管路和組件。包括主蒸汽、輔助蒸汽和蒸汽排放系統。當機組從滿載突降到廠內負載時，本系統可將蒸汽旁通至冷凝器和大氣，而不會造成汽機或反應器跳脫。

貳.設計基準

一.安全設計基準

1. 在冷凝器可用的情況下，為了允許機組從滿載降到廠內負載，主蒸汽系統提供一將蒸汽排放至冷凝器和大氣的方式。另外當機組起動，熱停機、冷停機時，它能排除核能蒸汽供給系統（NSSS）產生或遺留的熱量，直至反應器達到低溫低壓而餘移除系統可以取代其排熱功能時。
2. 本系統在蒸汽管路上備有隔離閥，作為圍阻體的隔離。
3. 緊急情況下，反應爐必須冷爐時，本系統須保證能供給推動汽機輔助飼水泵（Turbine Driven Aux. Feed Pump）所需的蒸汽，輔助緊急情況下的冷爐之用。
4. 從蒸汽產生器到包括主蒸汽隔離閥間的系統設計上，須能保證當受安全停機強震後仍能執行其功能。

二.功率產生設計基準

1. 當汽機從暖機提升到額定負載時，蒸汽壓力與流量發生變化，本系統係設計能將此變化過程所需的蒸汽從蒸汽產生器傳送到高壓汽機。同時可供至汽水分離再熱器，主飼水泵汽機、蒸汽排放系統和輔助蒸汽系統。
2. 為了允許由滿載降載至廠內負載，且不造成汽機或反應器跳脫，本系統在設計上須能旁通32%額定蒸汽量至主冷凝器，必要時額外的53%可以排放至大氣。
3. 正常起動和停機時，本系統能將一次系統產生或遺留的熱量排除。

參.主蒸汽系統功能

- 一、主蒸汽系統主要用以容納蒸汽產生器產生的飽和蒸汽且傳送到主汽機。
- 二、本系統為一次系統的主熱沉（Heat Sink），可防止燃料過熱的現象。
- 三、本系統構成放射性流體和非放射性流體間的部份邊界。

肆.主蒸汽系統組件

- A. 本系統包括三個蒸汽產生器，蒸汽產生器頂部出口的流量限制器（Flow Restrictor）、動力釋壓閥（PORV）、安全閥、主蒸汽隔離閥（MSIV）、大氣排放閥（Atmosphere Dump Valve）、汽機旁通閥（Turbine Bypass Valve）及其管路和儀控設備。在主蒸汽管路圍阻體穿越孔道上游，除了蒸汽產生器頂部出口的流量測量單元外，別無任何管路或儀器與主蒸汽管相連。

B. 主蒸汽管 (Main Steam Line)

1. 設有3支分別來自3個蒸汽產生器的主蒸汽管，這些管路均有足夠的伸展性，做為熱膨脹時和蒸汽產生器間的相對移動緩衝。
2. 位於圍阻體外側的每支蒸汽管路上設有兩個併排的動力釋壓閥 (Power Operated Relief Valve)，五個安全閥和一主蒸汽隔離閥，除了輔助飼水泵汽輪機的供給蒸汽管路與低點洩水管路均連接於主蒸汽隔離閥上游的蒸汽管路上外，其餘的連接管均位於主蒸汽隔離閥的下游。
3. 各主蒸汽管在隔離閥下游匯接於一條連通集管，然後再經4支進汽管連接4個汽機斷止閥和控制閥進入汽機作功。
在此連通管上，蒸汽還分別以支管連接至：
 - (1). 輔助蒸汽系統。
 - (2). 汽封系統。
 - (3). 汽水分離再熱器A、B、C、D的第二級加熱蒸汽。
 - (4). 主飼水泵汽輪機A、B、C高壓進汽隔離閥 (低功率時， < 40%)。
 - (5). 蒸汽排放至大氣。
 - (6). 蒸汽排放至主冷凝器。
4. 洩水管路接於各主蒸汽管的低點，在傾斜的洩水管路裝有限流閥和蒸汽祛水器 (Trap)，其目的在允許凝結的水汽連續排入冷凝器，且避免水滴進入汽機。
5. 當蒸汽產生器被隔離或失去廠外電源時，本系統組件的安排將保證能繼續供給蒸汽至汽機推動的輔助飼水泵，此推動蒸汽來自主蒸汽管 # 1 和 # 2 主蒸汽隔離閥的上游。

C. 流量限制器

在蒸汽產生器出口噴嘴裝有文氏管型的流量限制器，其作用係當MSIV上游蒸汽管路破裂時能限制蒸汽沖放率，在正常運轉中提供蒸汽流量的測量工具，限制器的設計必須滿足下列條件：

1. 正常設計定額蒸汽流量時，減少蒸汽壓力降。
2. 當流量限制器下游蒸汽管路破裂時，減低由主蒸汽隔離閥所必須承受的蒸汽流量。
3. 當蒸汽管路破裂時，提供系統保護之用。
4. 主蒸汽管破裂時，降低潛在的推力。
5. 利用文氏管提供流量的校正，此蒸汽流量率係功率的函數，提供控制訊號。

D. 動力釋壓閥

此閥裝於圍阻體外側的蒸汽管路上，位於安全閥的上游，其作用係當停機時，且冷凝器不能用的情況下，將爐心殘留的衰變熱經消音器排至大氣。此閥為可調節型，操作員可於控制室遙控調整壓釋閥的開啟設定點，正常運轉時，本釋壓閥藉主蒸汽管路壓力來自動控制，在現場有手動引動器。釋放閥的開啟設定點較安全閥的最低設定點低，其作用係避免系統暫態屢次開啟安全閥。為了減少意外蒸汽釋放的潛在性，動力釋壓閥和輔助飼水系統互相配合，允許機組由安全閥的最低設定點冷機至餘熱移除系統可以取代移熱為止。

E. 安全閥

此閥位於圍阻體外側，主蒸汽隔離閥上游，動力釋壓閥之後，每一主蒸汽管路上備有五個安全閥，提供二次系統之過壓保護，各閥容量相同，但隨開啟設定壓力的增加其排放量亦增加。當反應器功率與蒸汽需求量不平衡時，此安全閥提供蒸汽產生器緊急能量釋放，為了滿足安全設計準則，安全閥和動力釋壓閥皆用來限制主蒸汽系統的壓力，在更換燃料後再起動前，安全閥均需個別測試各安全閥壓力設定和排放量。

F. 主蒸汽隔離閥

各主蒸汽管在安全閥之後設有一氣動液壓操作活塞隔離閥 (氮氣蓄壓器洩壓而緊急關閉)，當其電磁導引閥失去控制氣壓或電源時，本閥將閉鎖在關閉位置。一旦隔離信號被引發後，此閥保持關閉直到隔離信號被手動復歸後才能開啟。於正常功率運轉中，在主控制室盤面可按下此閥的 EXERCISE 按鈕，使閥關至90%開啟位置，以確認此閥的關閉能力 (閥未被機械力卡在開啟位置)。此閥設計在最大差壓下可開啟，目前備有旁通閥作為主蒸汽管預熱及差壓平衡用。當主蒸汽管路破裂時，此隔離閥即迅速關閉，可避免反應爐冷卻水系統過份冷卻，或圍阻體過壓。在正常情況下，此閥可在接受主蒸汽隔離訊號後五秒內關閉，在設計上，它提供下列情況的保護：

1. 位於圍阻體內和蒸汽產生器出口間的主蒸汽管斷裂。
2. 在圍阻體外和隔離閥上游間的主蒸汽管路斷裂。
3. 當隔離閥下游的主蒸汽集管斷裂。
4. 蒸汽產生器管子破裂。

伍. 輔助蒸汽產生系統和輔助蒸汽系統

- A. 輔助蒸汽系統提供機組在起動、停機或正常運轉中汽機廠房，輔助廠房和廢料廠房等設備所需的蒸汽。同時供給位於圍阻體、輔助廠房、廢料和燃料廠房等設備除污所需的蒸汽。在冷停機、熱待機和起動期間輔助蒸汽鍋爐提供機組所需的蒸汽。

B. 設計基準

1. 輔助蒸汽在圍阻體穿越部份的隔離閥和管路應適當的選擇。
根據工業設計標準裝設，且便於測試。
2. 本系統須供給蒸汽至下列各處：
 - (1). 硼酸混拌槽 (Boric Acid Batching Tank)。
 - (2). 硼回收蒸發器 (Boron Recycle Evaporator)。
 - (3). 輔助飼水泵汽機 (僅供起動試運轉用)。
 - (4). 汽封系統 (Main Steam Seal System)。
 - (5). 主飼水泵汽機 (僅供起動試運轉用)。
 - (6). 設備除污 (Decontamination of Equipment)。因有污染擴散之虞，已採其他方式除污。
 - (7). 液體廢料蒸發器 (Liquid Radwaste Evaporator)。
 - (8). 高壓飼水加熱器2A、2B、1A、1B。
 - (9). 汽水分離再熱器A、B、C、D第一級、第二級
加熱器之蒸汽覆蓋 (Steam Blanketing)。
3. 在機組冷停機和起動時，輔助蒸汽鍋爐須能供給 $9.5\text{kg}/\text{cm}^2$ ，且水份低於0.5%的蒸汽到輔助蒸汽系統，但飼水應先經除氧加熱器處理，再注入輔助蒸汽鍋爐。
4. 當機組正常運轉時，主蒸汽系統須能經一降壓閥供給蒸汽至輔助蒸汽系統，在此種運轉情況下，由輔助蒸汽回收的冷凝水須排放至冷凝器熱井。
5. 輔助蒸汽鍋爐的飼水水質須符合下列要求：

	正常情況 (ppb)	不正常情況 (ppb)
Na	10	100
Cl	15	150
Silica	20	200
全溶固體	50	500
懸浮固體	100	1000
導電度 (25)	0.1	1.0
PH值 (25)	7 ~ 8	7 ~ 8

6. 輔助蒸汽鍋爐使用No.2燃料油，並能在1小時內快速起動供給蒸汽。
7. 輔助蒸汽鍋爐須能自動運轉而不須經常性監視。
8. 輔助蒸汽飼水應加入聯胺和氨作為含氧量和PH值的控制。

C. 組件元件

1. 一個輔助鍋爐。
2. 二台輔助蒸汽飼水泵。
3. 二台輔助蒸汽凝結水傳送泵。
4. 一個輔助蒸汽除氧器。
5. 一個輔助蒸汽冷凝回收槽 (Condensate Recovery Tank)。
6. 輔助蒸汽燃料油槽和燃料油傳送泵。
7. 輔助蒸汽沖放槽 (Auxiliary Steam Blowdown Tank)。

D. 系統概述

1. 有一輔助蒸汽集管將輔助蒸汽分別送到圍阻體內做為反應器頂蓋之除污；燃料廠房燃料架的除污及輔助廠房和廢料廠房的設備之除污。因有污染擴散之虞，已採其他方式除污。

2. 另有一輔助蒸汽集管將輔助蒸汽送至汽機廠房之各設備，這些設備的冷凝水或排汽都回收至主冷凝器熱井，但輔助飼水泵汽機的排汽則直接釋放於大氣。
3. 來自硼酸回收蒸發器和液體廢料蒸發器的輔助蒸汽冷凝水皆送至輔助蒸汽冷凝回收槽，此槽備有輻射警報和自動隔離閥。在此槽所收集的冷凝水可經兩台容量各為100%的冷凝水傳送泵送至輔助蒸汽除氧器。回收槽水位可由傳送泵出口閥來控制。
4. 座落在輔助廠房內的硼酸混拌槽的冷凝水直接送回輔助蒸汽除氧器，除氧器中的飼水由兩個輔助鍋爐飼水泵泵出，經適當化學藥品處理之後，依回收蒸汽的來源為何分別送至輔助蒸汽鍋爐或排放至主冷凝器熱井。
5. 輔助蒸汽鍋爐和除氧器冷凝水的補充來自除礦水儲存槽。

E. 運轉

在機組起動過程和冷機起動時，輔助蒸汽鍋爐和輔助蒸汽系統供給蒸汽到B、2所列設備，輔助蒸汽鍋爐所用飼水均經除氧和化學處理。

陸.主汽機介紹

A. 主汽機說明

1. 本汽機是串聯複合式機組，四蒸汽流路，具有低壓段汽機。主汽機包括三部份：一個雙流路高壓汽機段和兩個雙流路低壓汽機段，蒸汽進入高壓汽機後分成兩部份，其中一半蒸汽流經汽機側各段葉片，另一半蒸汽流經發電機側各段葉片。高壓汽機排汽再經汽水分離再熱器加熱以移除排汽中所含的水份且加熱排汽提高蒸汽的過熱度達14。經汽水分離再熱器乾燥和再熱後之過熱蒸汽流經複合中間閥，均分為半的蒸汽分別進入A和B低壓汽機。
2. 高壓汽機段：
主蒸汽經由個別斷止閥和控制閥進入高壓汽機。共有四條蒸汽管路，其中二條蒸汽管路由高壓段機殼上半部進入，另外二條蒸汽管路由機殼下半部進入，如此安排可使機殼得到更均勻的加熱且降低扭曲應力。每一個主控制閥調整進入每一個噴嘴塊的蒸汽流量。噴嘴塊使用薄壁材料製造，當熱蒸汽進入時可獲得均勻的加熱。
3. 低壓汽機段：
低壓汽機包括有兩個相同的雙流汽機，在各段靜葉片間裝設水份分離擋板，蒸汽在做功的過程中，水份即利用這些擋板和徑向溝槽予以分離釋出，釋出的水份藉離心力拋向外圍並藉洩水管排放到飼水加熱器或冷凝器。低壓汽機內機殼藉鍵和鍵槽結合座落於外機殼，運轉中動葉片和靜葉片之間保持適當的對心，飼水加熱器加熱抽汽和各段間水份移除管路均由內機殼引出，低壓汽機A與B的每一流向計有九級，第10、12、15和17級抽汽則分別供給至#3、4、5和6號低壓飼水加熱器。推力軸承安裝於高壓汽機和第一個低壓汽機之間。