



## 第一章 壓水式反應器一般介紹

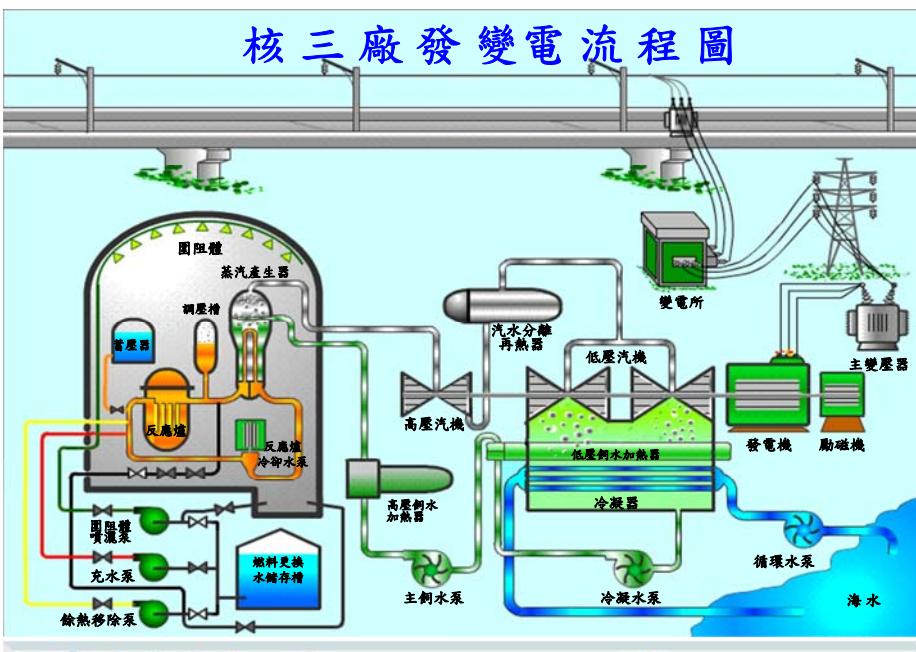
### 壹、前言

- 貳、核能蒸汽供應系統 (NSSS)
- 參、圍阻體 (Containment)
- 肆、緊急爐心冷卻系統 (ECCS)
- 伍、其他重要冷卻水系統
- 陸、輔助系統
- 柒、汽輪發電機系統
- 捌、電氣系統
- 玖、廠房系統
- 拾、流程圖標準符號

### 壹、前言

- A. 本廠為台電公司第一個壓水式反應器 (Pressurized Water Reactor, PWR) 核能電廠，裝置兩部完全相同核能機組。
- B. 核能蒸汽供應系統 (Nuclear Steam Supply System, NSSS) 由西屋公司設計製造。汽輪發電機系統由奇異公司製造。(唯低壓汽機已改由瑞士ABB公司製造)。
- C. 核能蒸汽供應系統(反應爐)最大熱功率為2822MWe。
- D. 汽輪發電機最高發電量約為974MWe (淨出力可達930MWe) 基本流程如下圖。

## 核三廠發變電流程圖



## 貳、核能蒸汽供應系統 (Nuclear Steam Supply System, NSSS)

• 此系統包括：

A. 反應爐及其附屬設備。

B. 反應爐冷卻水系統 (Reactor Coolant System, RCS)

共有三條迴路，每條迴路：

- 一台 **反應爐冷卻水泵** (Reactor Coolant Pump, RCP)
- 一個 **蒸汽產生器** (Steam Generator, S/G)
- 第二迴路之熱端管路上有一 **壓力調節槽** 或稱 **調壓槽** (Pressurizer, PZR)
- 附屬設備：如儀器、管、閥等。

A. RCS壓力  $157.2\text{Kg/cm}^2$  ( $2235\text{Psi}$ )，維持過冷狀態不致沸騰。

B. 反應爐冷卻水流經爐心，將核分裂反應所產生大量熱帶出，由熱端管路 (Hot Leg) 並經蒸汽產生器將飼水 加熱成為蒸汽 ( $67\text{Kg/cm}^2$ ) 用以推動汽輪發電機發電。

冷卻水經蒸汽產生器後，溫度降低，然後由冷卻水泵打出，經冷端管路 (Cold Leg) 送回爐心，重複循環，如圖 1-2。

## 反應爐壓力槽及燃料元件

反應爐槽  
高 1230 公分  
直徑 380 公分

控制棒  
52組

主要冷卻劑  
入口噴嘴  
3 回路

爐心

主要冷卻劑  
出口噴嘴  
3 回路

燃料仔棒  
264 根

燃料元件  
高 365.8 公分  
寬 21.4 公分  
157 組

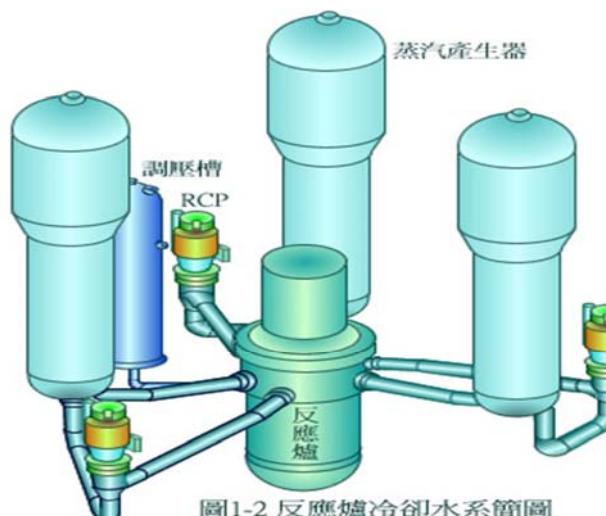
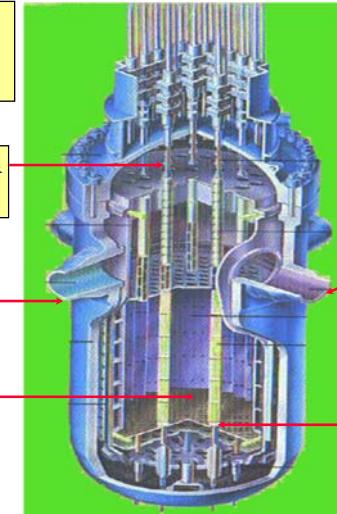
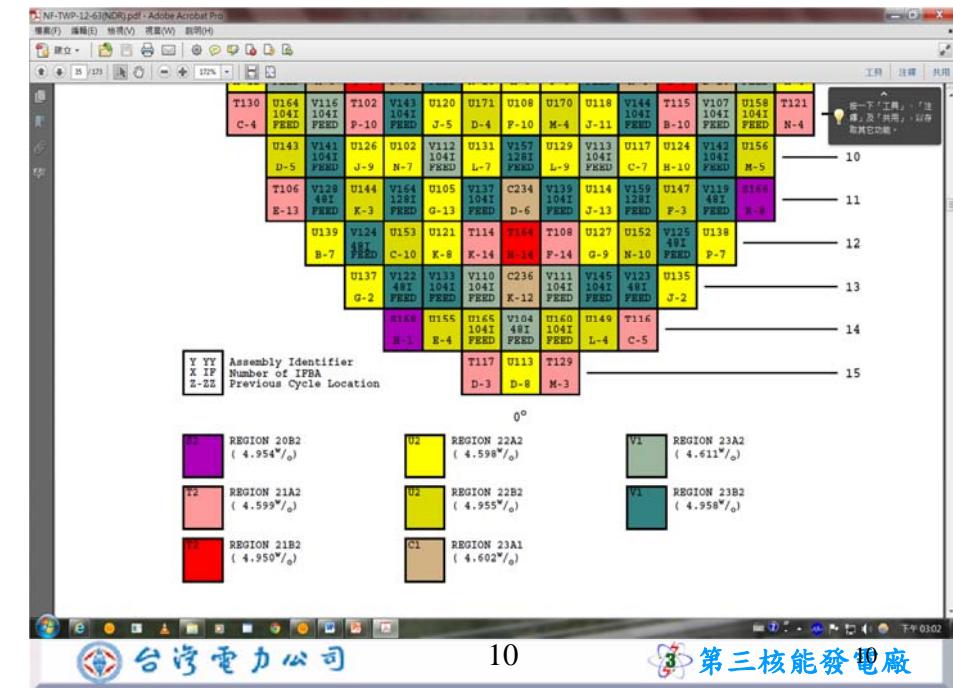
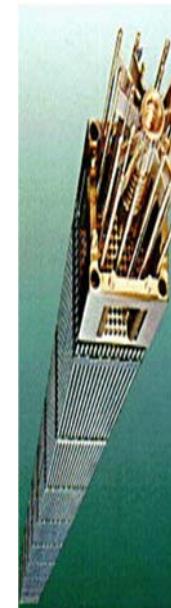


圖1-2 反應爐冷卻水系簡圖

反應爐爐心共有157組燃料元件，每組燃料元件之構造均相同，但鈾-235濃度則不相同。首次爐心裝置之燃料，概分為3.10W/0、2.4W/0和1.6 W/0三種，分置於爐心三個區域。位於爐心外圍之第三區域的濃度最高(3.10W/0)，第一區域(1.6W/0)與第二區域(2.40W/0)則在爐心中間部份成棋盤式分佈，這樣安排使爐心徑向中子通量分佈比較平均。每次燃料更換時，依預定下次燃料週期需要，更換並重新安排燃料分佈，原則上換置約三分之一的新燃料元件。



## 爐心共有52組爪形控制棒元件 (Rod Cluster Control Assemblies, RCCA)

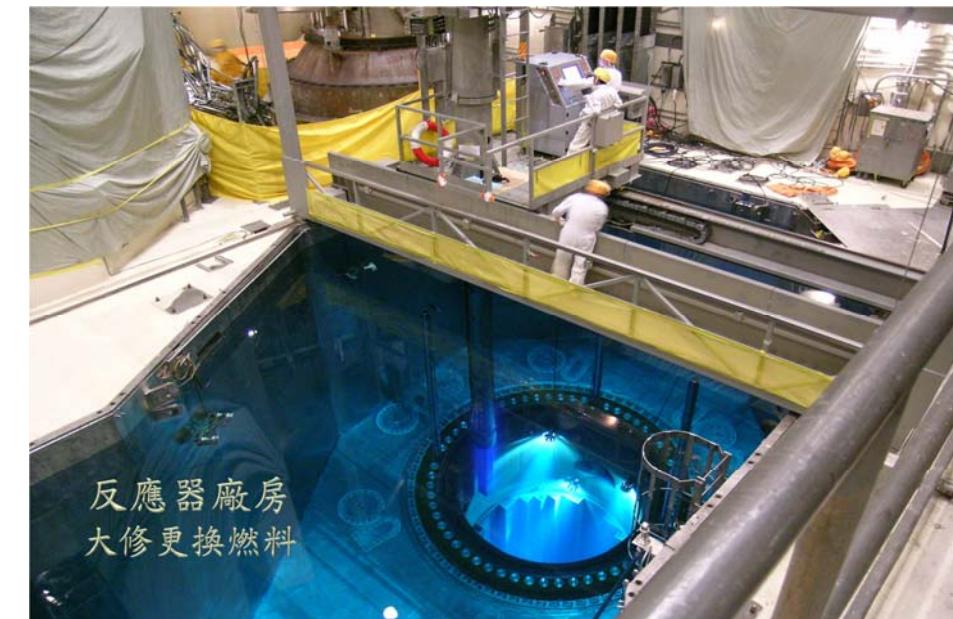
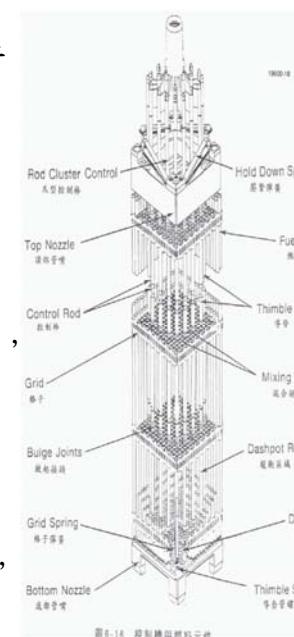
每一組RCCA由24根中子吸收棒組成。

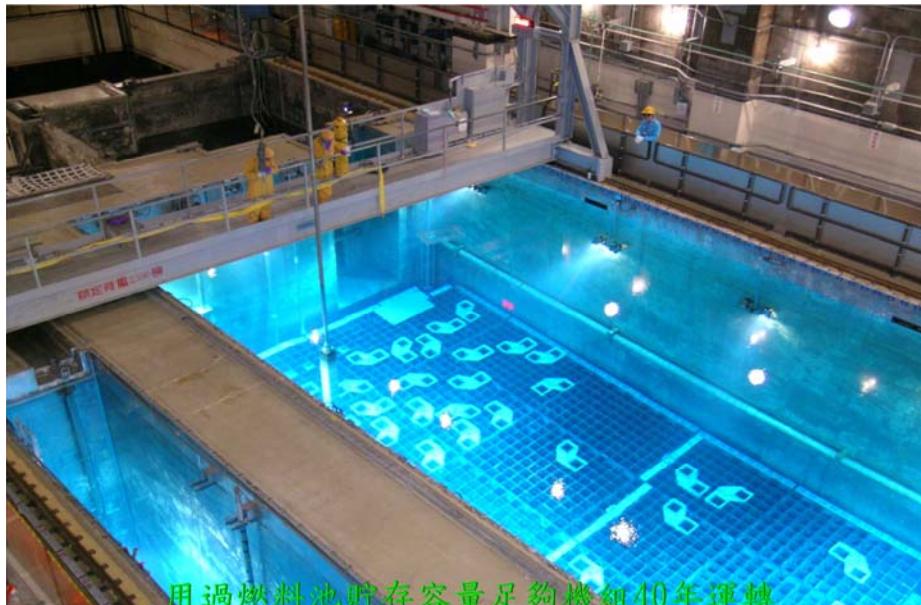
RCCA由位於反應爐頂蓋驅動桿以電磁力抽插，反應爐急停時則利用本身重量急速插入爐心

除控制棒外，反應爐冷卻水中加有硼酸，亦用作反應度之控制。

由爐水化學及容積控制系統(CVCS)

及其支系統來控制反應爐冷卻水系統(RCS)的水量、硼液濃度之高低、以及爐水淨化之處理等；同時供給反應爐冷卻水泵(RCP)之水封用水，當緊急事故時，則成為ECCS系統的一部份。





## 圍阻體噴灑系統 (Containment Spray System)

此系統把含有NaOH及硼酸之水，自圍阻體屋頂向下噴灑，除了減低溫度及壓力外，並可吸收空浮之分裂產物（如碘），以減少輻射量。

## 圍阻體風扇冷卻器

圍阻體風扇冷卻器 (Fan Cooler)，平時維持圍阻體內之空氣溫度，事故時則可減低圍阻體內壓力與溫度。風扇冷卻器由核機冷卻水系統 (Component Cooling Water System, CCW) 和中央寒水系統 (Central Chiller Water System) 來冷卻。圍阻體噴灑系統與圍阻體風扇冷卻器合稱圍阻體除熱系統 (Containment Heat Removal System)。

## 圍阻體可燃氣體控制系統 (Containment Combustible Gas Control System)

包括氫氣排氣系統 (Hydrogen Venting System) 及氫氣再結合器 (Hydrogen Recombiner)，一旦冷卻水流失事故 (Loss of Coolant Accident, LOCA) 發生後，可能產生大量氫氣，本系統可維持氫氣濃度在危險值以下，預防引起爆炸。

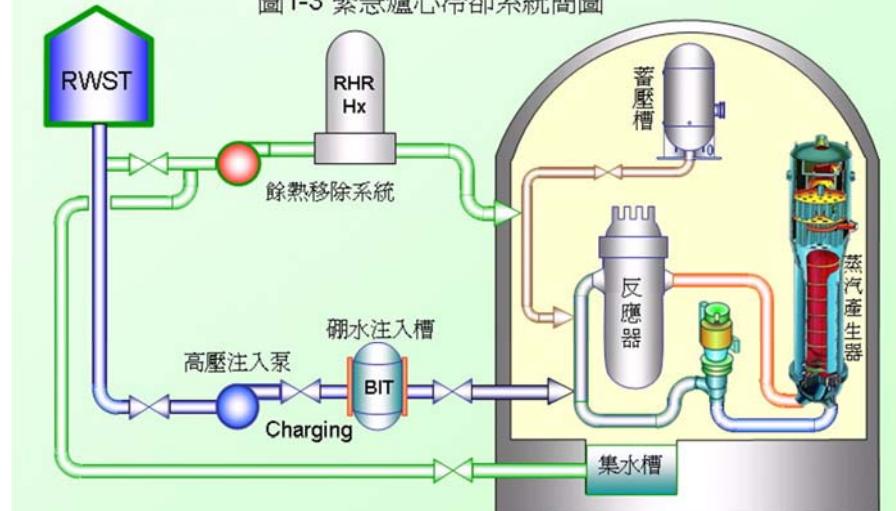
## 圍阻體隔離系統 (Containment Isolation System)

本系統在接到隔離信號後，將穿越圍阻體的管路隔離起來，以免放射性物質外洩，包括各種動作線路和相關之隔離閥。

## 參、圍阻體 (Containment)

- A. 屬於特殊安全設施 (Engineered Safety Feature, ESF)，係預防萬一設計基準事故 (Design Basis Accident) 發生時，將洩漏水汽，分裂產物及其放射性物質限制在圍阻體內，以免外洩。
- B. 係一預力鋼筋混凝土半圓頂圓柱形建築，內層襯以鋼板並有鋼纜加壓增加張力，能承受來自內部或外部飛射物的撞擊。
- C. 反應爐，整個RCS、ECCS之蓄壓槽等都設置在其內。

圖1-3 緊急爐心冷卻系統簡圖



## 高壓注水系統 (High Head Safety Injection)

經由三台CVCS離心式充水泵 (Centrifugal Charging Pump) , 泵送高壓水 (約162Kg/cm<sup>2</sup>) , 經由硼液注入槽 (Boron Injection Tank) 注入爐心。

## 蓄壓槽 (Accumulator)

反應爐因冷卻水大量流失，導致壓力低於蓄壓槽壓力(即 43.38~46.75Kg/cm<sup>2</sup> ) (617psig~665 psig) 時，三個蓄壓槽分別將所儲存之含硼水，注入三條冷卻水迴路，進入爐心。

## 低壓注水系統 (Low Head Safety Injection)

亦稱餘熱移除 (Residual Heat Removal, RHR) 系統，把大量低壓冷卻水打入爐心，做為低壓注水之用。RHR熱交換器則可長期冷卻爐心。

## 相關之儲水槽

如燃料更換儲水槽 (Refueling Water Storage Tank, RWST) 及硼液注入槽等。

## 重要冷卻水系統

### A. 廠用海水系統 (Nuclear Service Cooling Water System, NSCW)

四台水泵自南灣抽取海水。  
供作核機冷卻水系統 (CCW) , 汽機廠房冷卻水系統 (TBCCW) , 緊急柴油發電機冷卻水系統，緊要寒水系統及其他設備冷卻之用。

### B. 核機冷卻水系統 (Component Cooling Water System, CCW)

四台水泵，用來冷卻反應爐各輔助設備。  
主要冷卻RHR熱交換器，ECCS各水泵，圍阻體風扇冷卻器及一些與安全無關之設備。

### C. 燃料更換儲水系統 (Refueling Water Storage System)

燃料更換期間，提供大量含硼水。  
緊急時，做為圍阻體噴灑及ECCS水源。  
本系統包括一個容積達1900,600公升 (502,100加侖) 水槽 (RWST) 及相關管路。

### D. 緊要寒水系統 (Essential Chilled Water System)

事故發生時，維持特殊安全設施 (ESF) 設備之正常溫度，以免影響其正常運轉性能。

## 緊急爐心冷卻系統 (ECCS) 在下列事故時發揮功能：

反應爐冷卻水流失事故 (LOCA)

主蒸汽管斷裂事故 (Steam Line Rupture Accident)

蒸汽產生器破管事故 (S/G Tube Rupture Accident)

控制棒外射事故 (Control Rod Ejection Accident)

### A. 汽機廠房冷卻水系統 (Turbine Building Closed Cooling Water System, TBCCW)

供汽機廠房有關設備如空氣壓縮機，發電機氫氣及定子冷卻器，勵磁機冷卻器，汽機潤滑油冷卻器等之冷卻。  
將熱量交由NSCW後排至廠外。

### B. 循環水系統 (Circulating Water System, CWS)

四台循環水泵，和一台熱稀釋泵。  
自南灣海域(進水口)抽取海水送至汽機冷凝器，將汽機排汽冷凝為水，然後再排回南灣海域(出水口)。

### C. 其他除礦水系統 (Demineralized Water System)

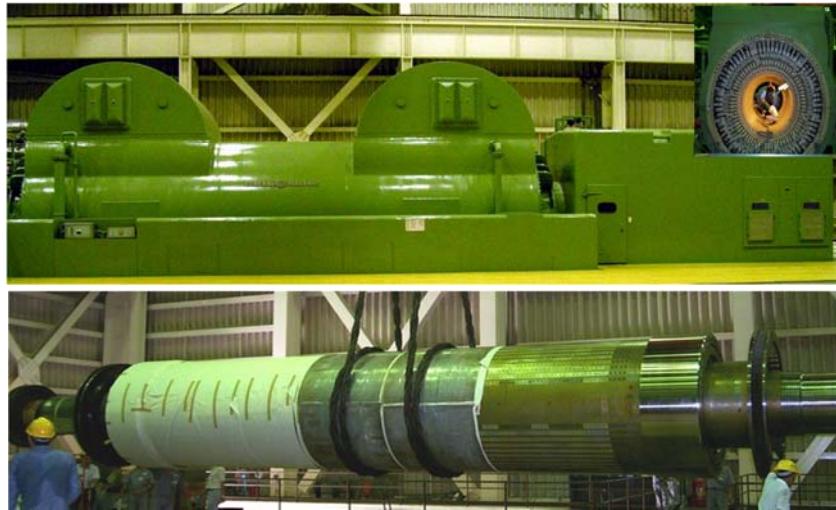
除礦水儲存設備 (Demineralized Water Storage Facility)

冷凝水儲存設備 (Condensate Storage Facility)

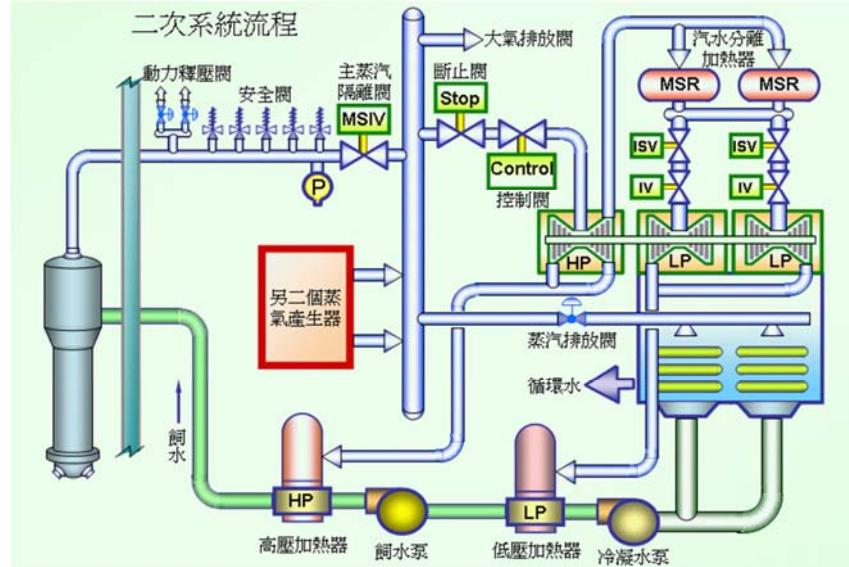
反應爐補水系統 (Reactor Make-Up Water System)

中央寒水系統 (Central Chilled Water System)

## 汽輪發電機系統



- A. 本廠汽機由一部高壓汽機，兩部低壓汽機組成，額定轉速 1800rpm，採用奇異公司電子液壓控制 (Electro-Hydraulic Control, EHC) 系統。(已數位化)
- B. 發電機為三相四極，60Hz，額定容量 #1 機為 1,057.5MVA (45Psig 氢壓) / 1,142.1MVA (60Psig 氢壓)，#2 機為 1,057.5MVA (60Psig 氢壓)。額定電壓 25000 伏特，定子採用冷卻水冷卻 (水冷式)，轉子及鐵心採用氫氣冷卻。
- C. 蒸汽分別自三個蒸汽產生器流出經三條主蒸汽管路和主蒸汽隔離閥 (Main Steam Isolation Valve, MSIV) 匯合於主蒸汽集管後分成四路，經斷止閥及控制閥進入高壓汽機，高壓汽機排汽經汽水分離再熱器 (Moisture Separator & Reheater, MSR) 排除水分及再熱後進入低壓汽機。
- D. 三條主蒸汽管路上各接有兩個動力釋壓閥 (Power Operated Relief Valve, PORV) 及五個安全閥 (Safety Valve, SV)，以保護過壓。



- A. 主蒸汽集管上接有汽機旁通閥 (又稱蒸汽排放閥)，可將 32% 之主蒸汽排至冷凝器，另有大氣排放閥可將 53% 之主蒸汽直接排至大氣，上述排放關係把多餘蒸汽排出，以免 NSSS 溫度、壓力變化過高。
- B. 冷凝器將低壓汽機排汽冷凝成水，復經冷凝水水泵打出，經低壓加熱器，再由飼水泵打出，經高壓加熱器，提供適溫適壓適量之飼水進入蒸汽產生器，完成二次系統之循環。
- C. 汽輪發電機輔助系統有汽封 (Gland Seal)，汽機潤滑油系統 (Turbine Lubricating Oil System)，發電機封油系統 (Generator Sealing Oil System)，定子及氫氣冷卻系統等等。

## 電氣系統



發電機輸出電力經主變壓器升壓，由345KV輸電系統送至電力網。



- 機組停機時，廠內電力由345KV及161KV輸電系統經起動變壓器降壓器送入廠內匯流排使用，另161KV緊急起動電源，來自本廠全黑起動氣渦輪機組供給廠用電力。

- 廠內配電系統分為安全緊要系統 (Class IE) 與非安全緊要系統。

- 安全緊要系統有兩個獨立4.16KV匯流排 (稱作ESF匯流排)，其下有480V負載中心及馬達控制中心(MCC)，並有四個互相獨立120VAC緊要儀控電源，另有四個120VDC直流匯流排，並有電池組作為直流後備電源。

- 兩台緊急柴油發電機分別在安全緊要電力4.16KV喪失電力時，自動起動併入供電。另有第五部緊急柴油發電機，必要時，可供電至#1機或#2機任一4.16KV安全緊要用匯流排。

- 非安全緊要系統分有13.8KV、4.16KV、480V負載中心及馬達控制中心，並有250VDC、125VDC直流電源及後備電池組。



## 氣冷式第5號柴油發電機廠房



氣渦輪發電機廠房



2座5萬噸生水池

