

凝結水及飼水系統與飼水控制

模擬中心

104.07

Photo by Justin

二、課程內容

壹、凝結水與飼水系統流程

貳、凝結水與飼水系統說明

參、飼水水位控制系統

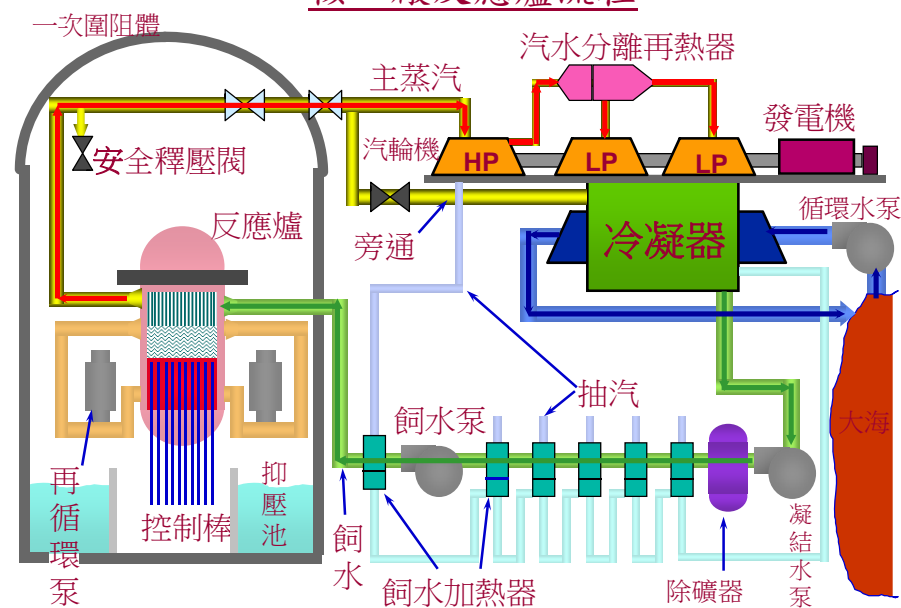
Photo by Justin

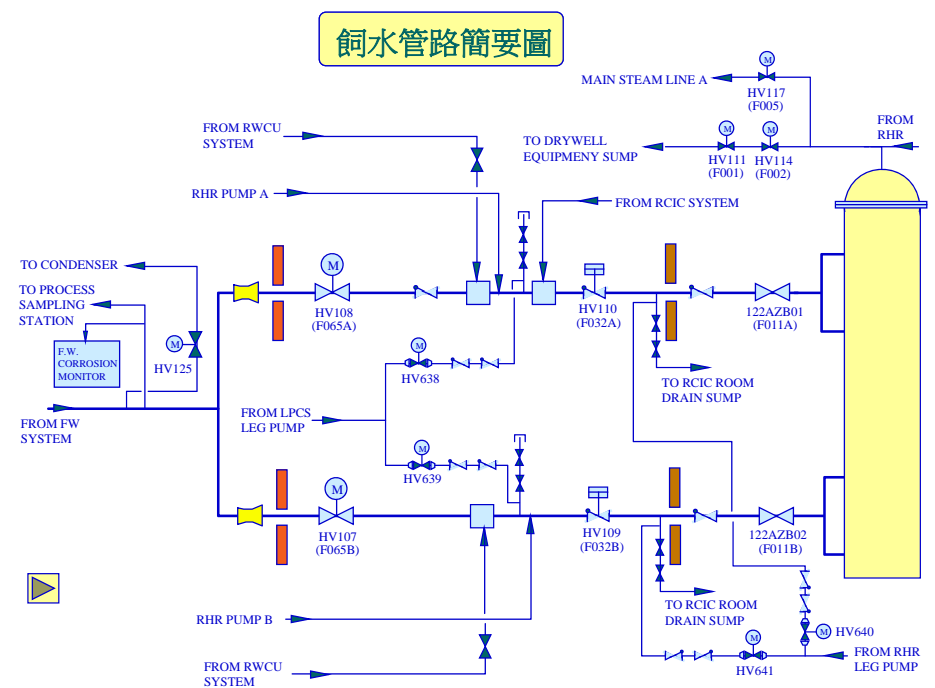
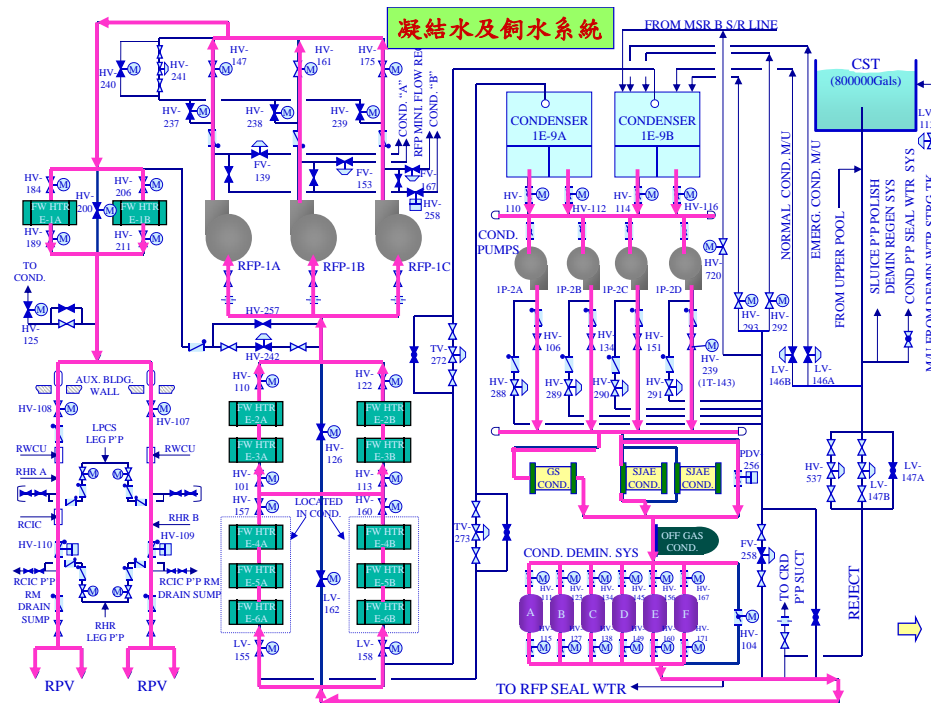
設置目的：1. 提供一獨立飼水系統至反應爐，

2. 提供飼水加熱及保持飼水純水質。

沸水式反應爐電廠，是以再熱(Reheat)及再生(Regenerative)的閉路式郎肯循環(Rankin Cycle)做為熱功動力的循環，凝結水與飼水系統就相當於其中的絕熱壓縮和再生過程，增壓並預熱凝結水回收之凝結水，供做反應爐飼水，而與反應爐、汽輪機和冷凝器等系統共同構成其閉路式熱功循環。

核二廠反應爐流程





貳、凝結水與飼水系統說明

□ 設備說明

一. 主冷凝器

二. 凝結水泵

三. 凝結水除礦器

四. 飼水加熱器組

五. 反應爐飼水泵

六. 反應爐飼水泵驅動汽機

一、主冷凝器

(一). 主冷凝器設計目的概述

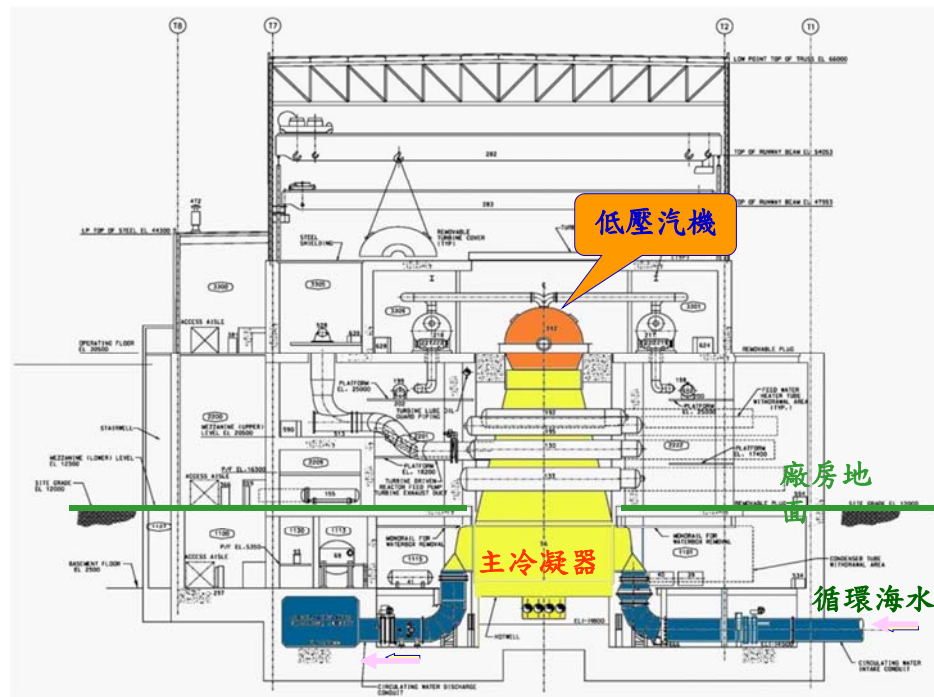
主冷凝器的主要目的為提供一熱沈(Heat Sink)接受下列各管路之排汽及洩水

- (1) 汽機排汽、洩水 (包括主汽機及RFPT)
- (2) 汽機旁通系統之蒸汽
- (3) 加熱器之排汽、洩水
- (4) 蒸汽抽氣器冷凝器之洩水
- (5) 汽封蒸汽冷凝器之洩水
- (6) 飼水加熱器殼側排汽
- (7) 其他蒸汽循環的洩水

一、主冷凝器

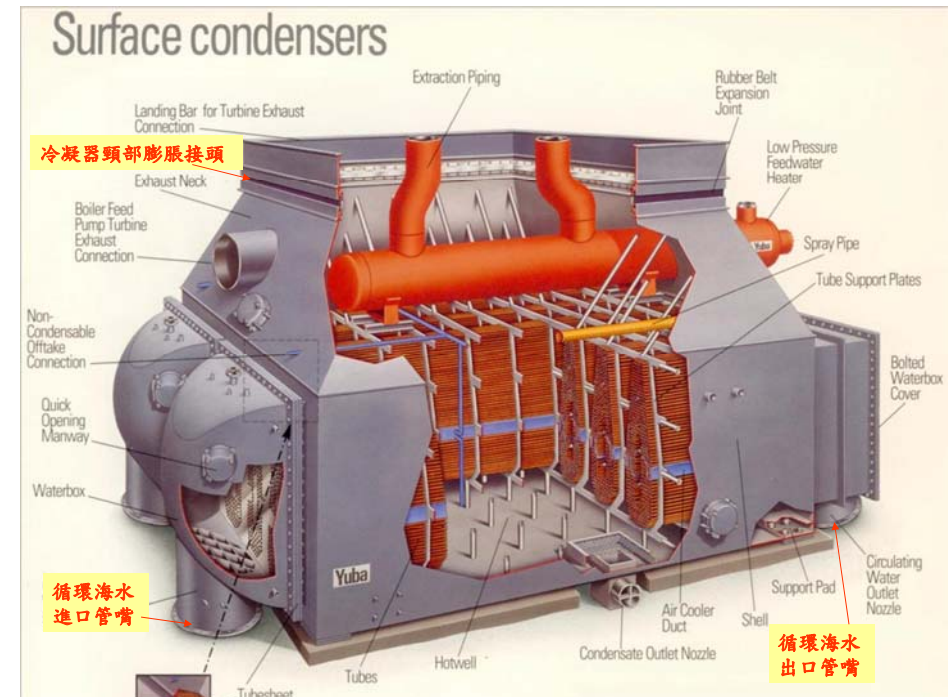
(二). 主冷凝器設計於滿載正常運轉時的數據：

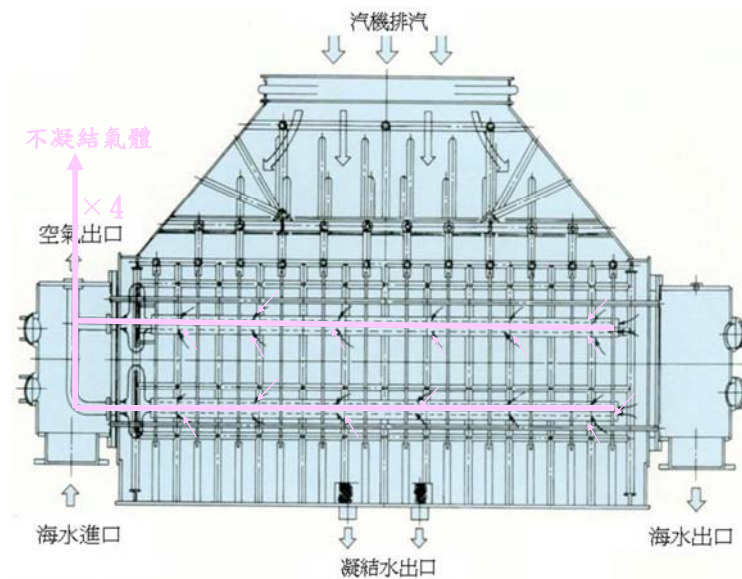
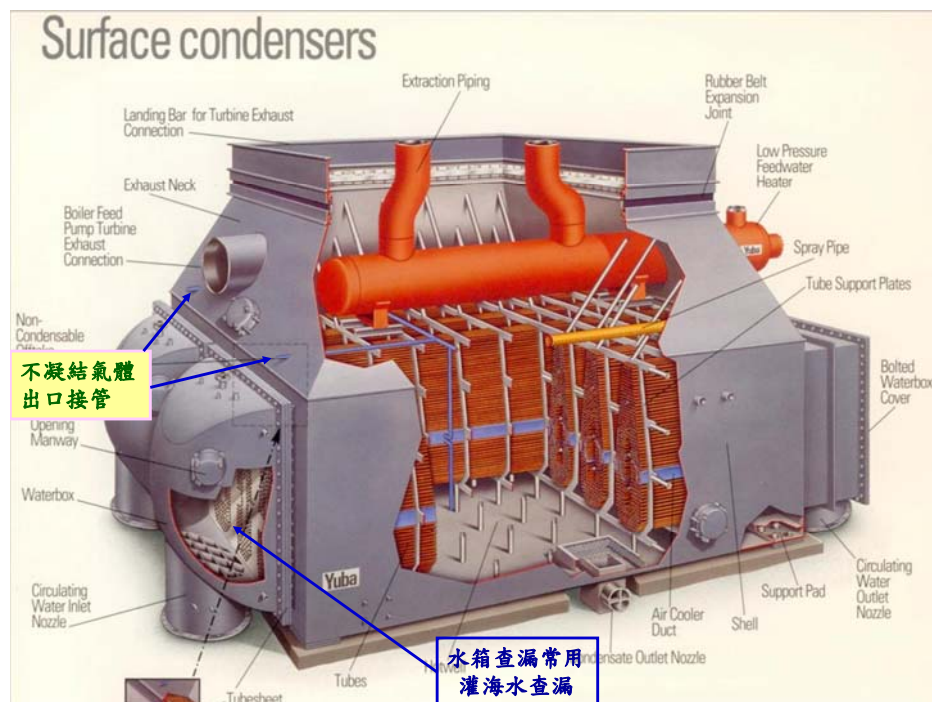
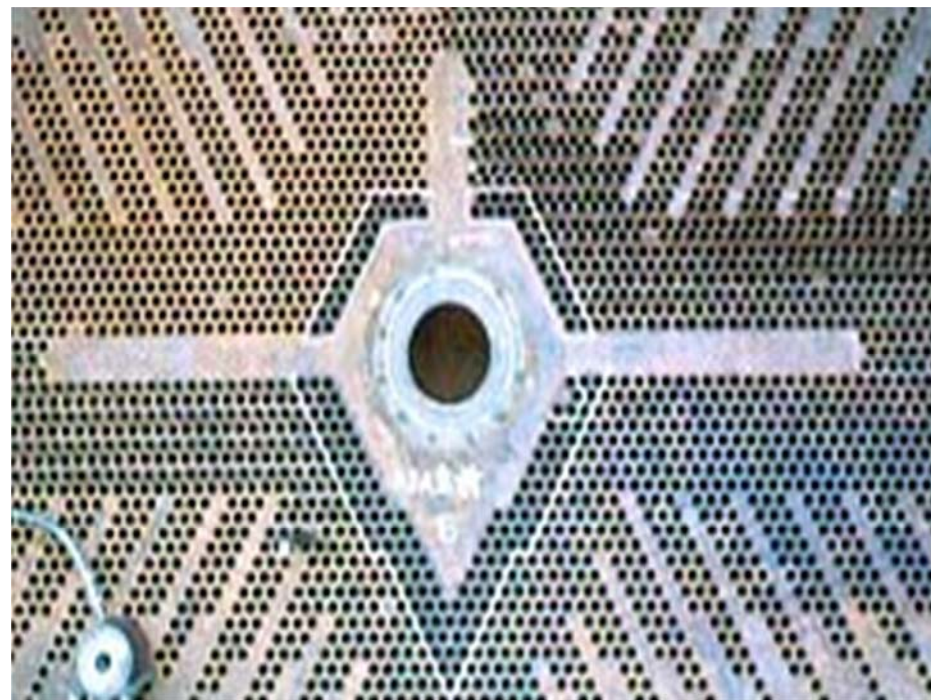
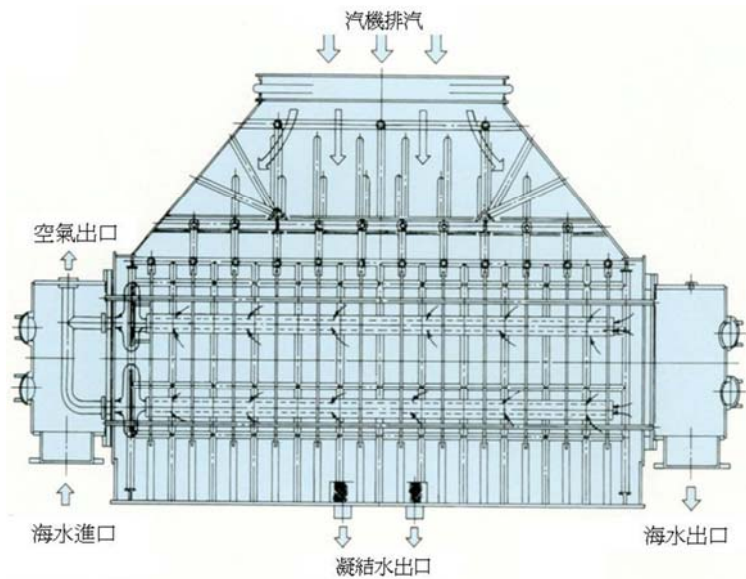
- (1) 汽機排出蒸汽量 6.577×10^6 lb/hr
- (2) 凝結水出水量 12.487×10^6 lb/hr
- (3) 冷凝器移熱能力 6,467,232,996 BTU/hr
- (4) 冷凝器壓力 2.0" Hg abs (水銀柱絕對壓力)
- (5) 冷凝器殼數 2
- (6) 循環水流量 635,480 GPM
- (7) 循環水入口溫度 72.4°F
- (8) 循環水出口溫度 93.4°F



一、主冷凝器

(三). 主冷凝器設計於接受35%的旁通蒸汽量，不致使其背壓升高到汽機跳脫的極限點，或超過汽機容許的排汽溫度。冷凝器靠SJA可除凝結水中的氧，於正常運轉中保持凝結水中的不溶氧氣少於50ppb。冷凝器殼採用鋼板焊接結構以減少空氣洩漏，其附屬設備及管路亦應設計減少空氣洩漏。冷凝器熱井須有足夠的容量（在最大負載仍能維持五分鐘運轉），並且能夠有效滯延凝水至少五分鐘以使放射性衰變。



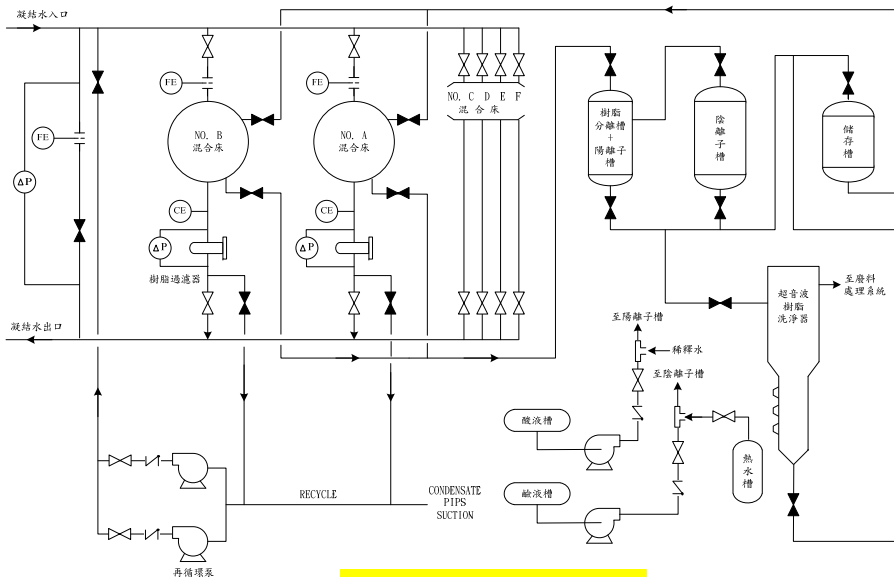


二. 凝結水泵

凝結水泵X4：馬達驅動、定速、
直立式、多級離心泵
設計容量9556 GPM/泵
揚程1371ft，可提供足夠水頭，防止
飼水泵因NPSH不足而跳脫。

三. 凝結水除礦器

- 處理運轉中凝結水。（設計容量為25,600gpm，最高壓力為750psig，最高溫度為60°C(140°F)。
- 冷凝器海水漏洩率為0.5gpm時（假設還原再生一次時間為6.5小時），凝結水除礦器可維持正常運轉，並使出口水質合於上述限制值內
- 除礦器樹脂耗竭的指標：出口水流的導電度增加
- 除礦器樹脂清洗時機為冷凝水除礦器進口不溶鐵濃度(CDI)過高



凝結水除礦器

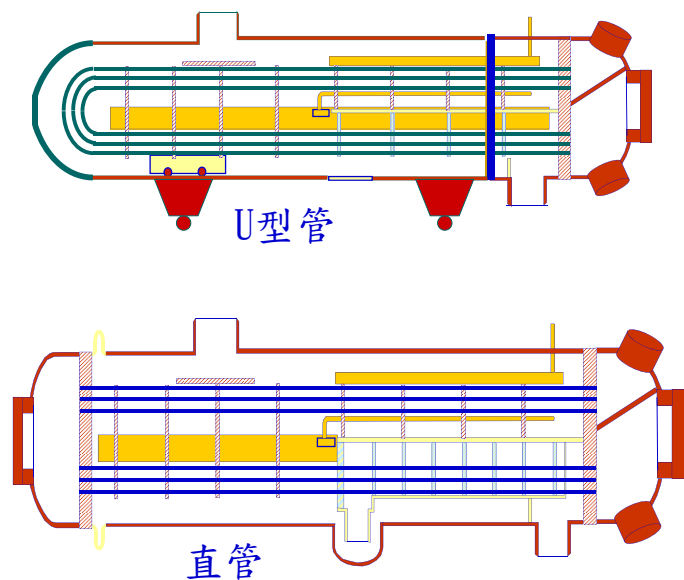
四. 飼水加熱器組

管側

- 飼水加熱器組均分為A、B二路並聯
- 每一飼水加熱器為水平閉路式
- #4/#5/#6低壓加熱器使用直管構造
- #2/#3低壓及#1高壓加熱器採U型管構造
- 所有飼水加熱器的流管均使用不鏽鋼管
- 每串隔離閥及旁通閥允許加熱器能夠單獨隔離
- 每串都有充水閥供加熱器啟動時充水用

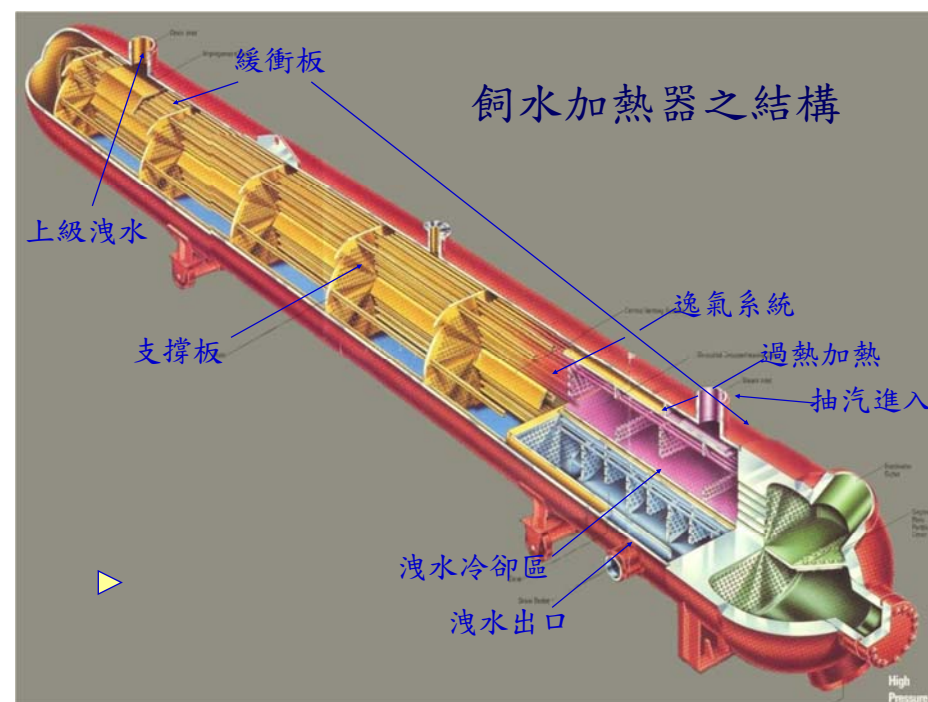
殼側

- 利用汽機之抽汽，分段加熱飼水系統。
- 高壓汽機共有四個抽汽口：
 - 兩個自第三級葉片後引往MSR第一段加熱。
 - 兩個自第五級葉片後引往#1高壓加熱器。
- 低壓汽機各有十個抽汽口：
 - 兩個自第二級葉片後引往#3低壓飼水加熱器。
 - 兩個自第四級葉片後引往#4低壓飼水加熱器。
 - 兩個自第六級葉片後引往#5低壓飼水加熱器。
 - 四個自第八級葉片後引往#6低壓飼水加熱器。(#2低壓飼水加熱器，由高壓汽機排汽加熱)
- 加熱器蒸汽側的逸氣直接通往主冷凝器



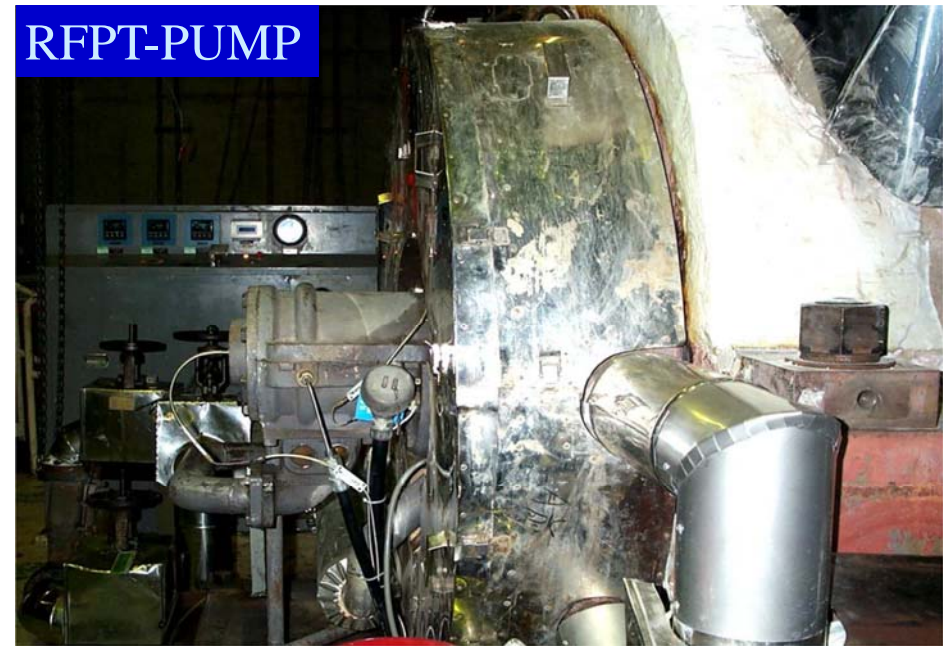
飼水加熱器控制目的

- (1) 維持飼水加熱器水位於適當範圍內，以免：
 - 水位過高而降低飼水加熱器效率
 - 水位過高加熱器之水經抽汽管路逆流向汽機
 - 水位太低使加熱器洩水冷卻器因閃化而損壞
- (2) 飼水加熱器運轉中嚴重異常時，自動隔離，而不會引起跳機

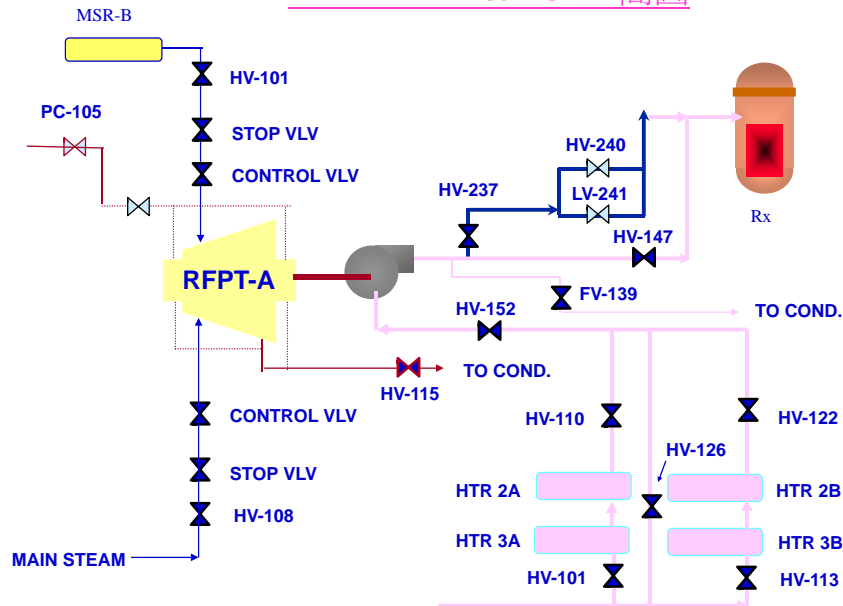


五. 反應爐飼水泵

- 汽機驅動、臥式、單級、離心高壓
- 三台並聯，每泵具有50%系統保證容量
- 額定飼水流量5600T/H
- 主要目的：將來自最後一級低壓飼水加熱器的凝結水，泵送至高壓飼水加熱器，經絕熱壓縮，巨幅增壓後，提供反應爐所需要的壓力水頭
- 最低流量控制閥：確保最低安全流量通過飼水泵。

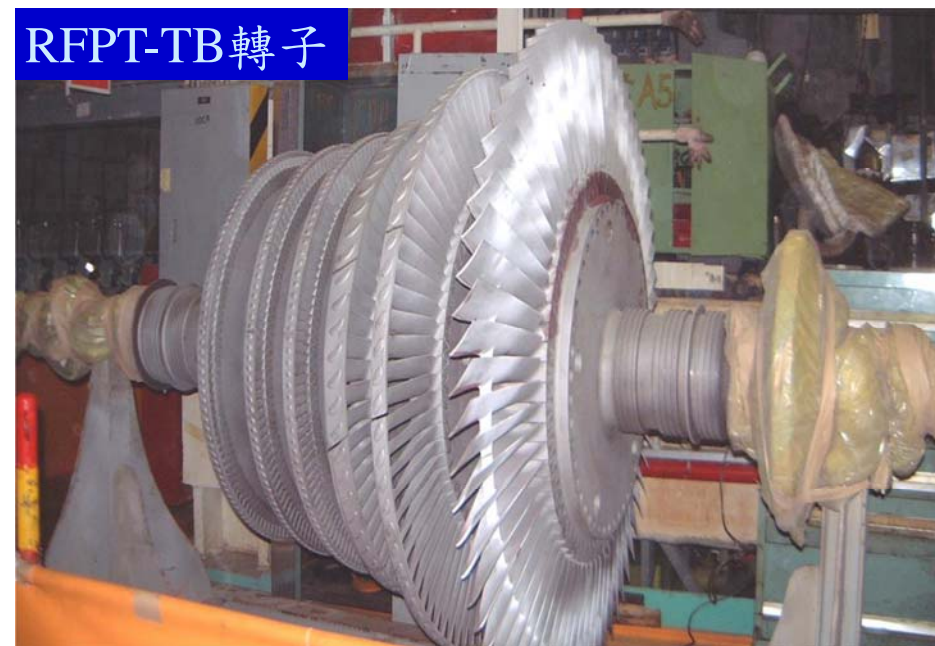


RFPT-A T'B & PUMP簡圖

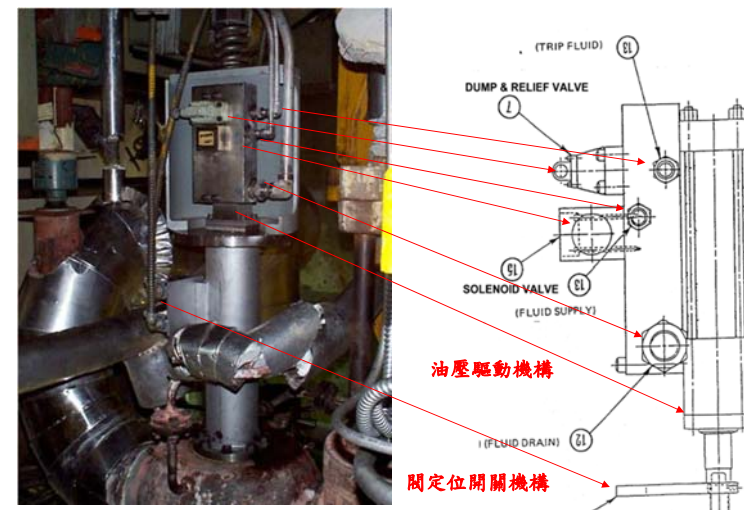


六. 反應爐飼水泵驅動汽機

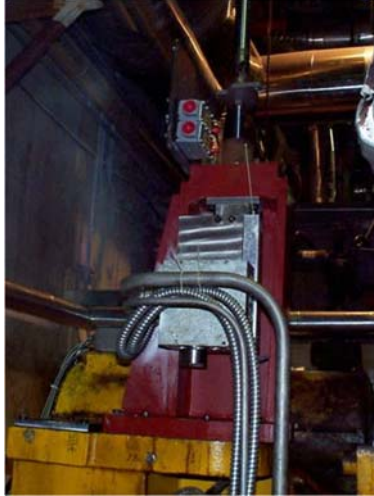
- 每一台反應爐飼水泵均由一獨立的汽機來驅動
- 汽機的驅動為雙進汽型，即低壓進汽與高壓進汽
- 每一進汽管路裝有一關斷閥及一調速閥
- 低壓進汽調速閥(L.P. Governor Valve)，用來控制自汽水分離再器B(MSR B)的低壓蒸汽流量
- 高壓進汽調速閥(H.P. Governor Valve)則用來控制自主蒸汽供給的高壓蒸汽流量
- 正常運轉時，汽機的驅動是來自低壓蒸汽
- 主蒸汽提供的高壓蒸汽使用於正常起動、及沒有低壓蒸汽流量或其壓力不夠時的低負載和暫態情況
- 驅動汽機的排汽通往主冷凝器



LP STOP VALVE剖面圖及照片



LP GOV VALVE照片



HP GOV VALVE & STOP VALVE



參、飼水水位控制系統

一. 功用

二. 系統運轉

三. 飼水控制組成元件概述

一、飼水水位控制系統功用

此系統自動控制進入反應爐壓力槽的飼水流量，使壓力槽的水位於各種運轉情況下，均能保持在預定的水位
下列因素決定水位高低

a. 汽水分離器功能的需要。

- (1)限制水份騰帶及蒸汽潛挾回爐心。
- (2)壓力槽高水位時造成水份騰帶，汽水分離器中水份因此不能有效地從蒸汽中分離，此現象可能造成汽機葉片的損壞。
- (3)壓力槽低水位時，分離器的裙部無水掩蓋，造成“蒸汽潛挾”，蒸汽進入降水區，致降低了爐心次冷的作用，或引起噴射泵或再循環泵發生“孔蝕”現象。

b. 適當高度的水位以防止核心無水掩蓋。



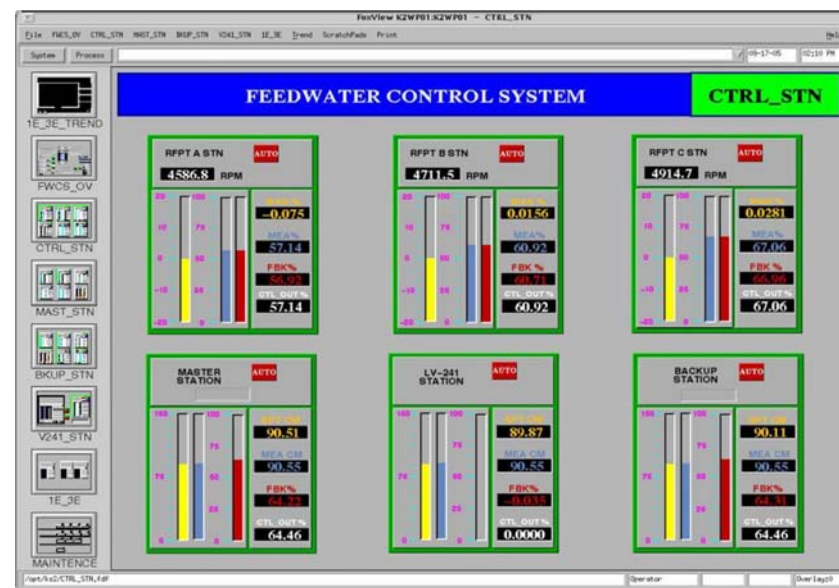
二、系統運轉

- 飼水流量可手動或自動控制，正常時流量的控制靠變化飼水泵汽機的轉速來調整，旁通時則由流量控制閥的開度來控制。
- 手動控制使用於低飼水率由值班員斟酌運轉情況的需要。
- 選擇使用三元件自動控制時，壓力槽水位、蒸汽流量和飼水流量為自動控制的輸入信號。
- 若有需要，於自動控制時也可能使用單一元件（壓力槽水位）做為控制之信號。
- 旁通流量控制閥，使用於低蒸汽壓力及機組起動的時候。可手動或自動控制，自動控制時僅使用單一元件信號控制

三、飼水控制組成元件概述

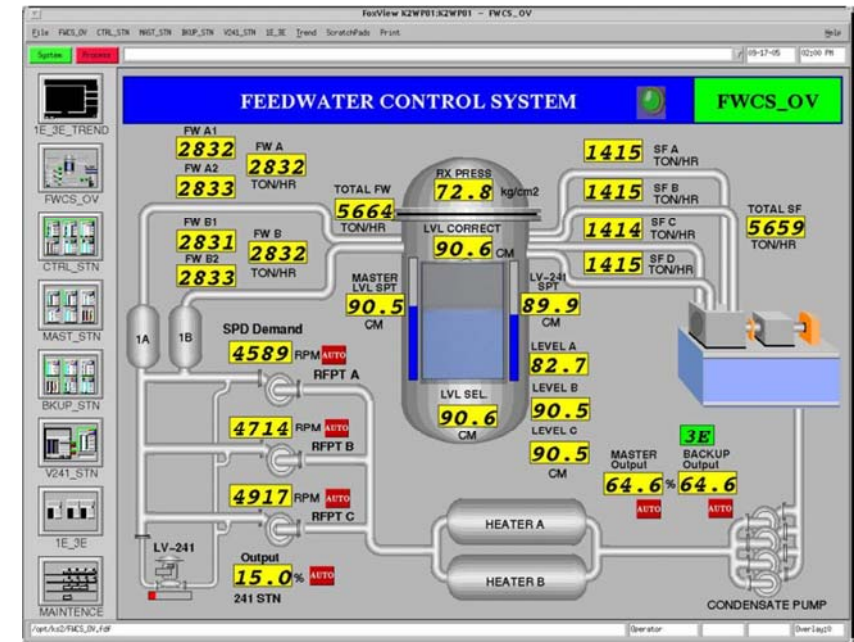
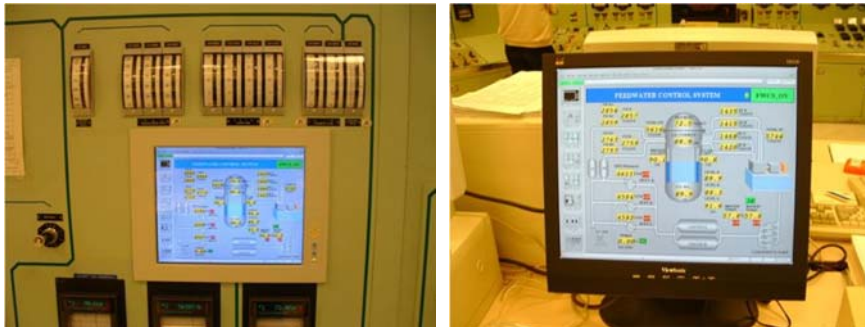
飼水流量控制：

- 主控制器(Master Controller)
- M/A控制器(手動／自動轉換站M/A Station)
- AE-LV-241 M/A控制器（低流量控制器）
（飼水旁通控制器）（飼水S/U控制器）
- 241自動控制(241Auto Control)
- 一元改三元(241自動切換到主控制器自動控制)[三元改一元相同]
- 主控制器自動控制(Master Auto Control)



各控制器頁面, 值班員易掌握系統操作及設定

兩台同步LCD MONITOR:

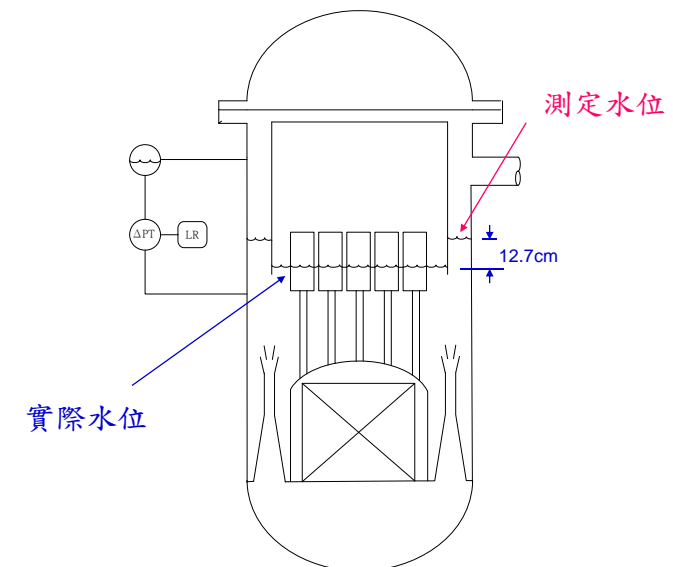


飼水水位控制系統

測定水位 + $(100-p)/55 \times 12.7\text{cm}$ = 設定水位 = 實際水位 + 12.7cm

P：代表功率；當功率小於45%時為一定值45。

- (1) 由上述公式得知功率在45%以下時壓力槽水位儀器測定水位等於實際水位。
- (2) 功率在45%至100%之間測定水位與實際水位之誤差越來越大，在功率100 %時，測定水位 = 設定水位 = 實際水位 + 12.7cm
- (3) 在單或三元控制時，均使用本程式補償水位，因此蒸汽流量會影響水位指示變化。



$$\text{測定水位} + (100-p)/55 \times 12.7\text{cm} = \text{設定水位} = \text{實際水位} + 12.7\text{cm}$$

圖2-5(b) 蒸汽量對水位之影響

