

出國報告（出國類別：實習）

大潭計畫熱回收鍋爐  
設計、安裝、運轉及維護

服務機關：台灣電力公司大潭發電廠

姓名職稱：俞大明/機械工程師

派赴國家：日本

出國期間：94.11.14~94.11.28

報告日期：95.01.26

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大潭計畫熱回收鍋爐設計、安裝、運轉及維護

頁數 50 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/ 陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

俞大明/台灣電力公司/大潭發電廠/機械工程師/(03)4733777-310

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：94.11.14~94.11.28 出國地區：日本

報告日期：95.01.26

分類號/目

關鍵詞：氣渦輪機(GT) 汽機(ST) 熱回收鍋爐(HRSG) 複循環(Combined Cycle)

內容摘要：(二百至三百字)

氣渦輪機作功後所產生之高溫排氣溫度，一般高達500°C以上，再由熱回收鍋爐利用高溫排氣，將飼水加熱產生蒸汽，此蒸汽再來推動汽機發電，此為複循環發電。

熱回收鍋爐雖然僅為一熱交換器，但在大潭複循環機組中，由熱回收鍋爐所產生的電力（毛發電量共1,592MW）占整個電廠發電量（毛發電量共4,384MW）的36.3%。

因此在設計時，就必須考量如何將燃氣餘熱轉換成推動發電機的蒸汽動力，爐內傳熱面的佈置、材料的選擇…等，都要注意。而設備安裝時的程序與品質的檢驗，又關係到能否如期完工、順利商轉及機組未來的壽命與可靠度。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

人事處訓練課通知：資訊網改為(<http://open.nat.gov.tw/reportwork/>)

# 目次

頁次

壹、目的..... 4

貳、內容及過程..... 5

參、心得..... 49

肆、結論與建議..... 50

## 壹、目的：

- 一、目標：瞭解和熟悉大潭計畫熱回收鍋爐設計、安裝、運轉、維護...等技術。
- 二、緣起：為使大潭計畫發電機組安裝工程順利執行並將相關之設計、安裝、運轉與維護技術移轉。因此，在合約中規定統包廠商(M.H.I.)須提供本公司選派人員技術訓練之服務。
- 三、實施要領：赴大潭計畫統包商 M.H.I.實習、蒐集複循環發電機組熱回收鍋爐技術，並赴廠家製造工廠瞭解其設備設計、安裝、維護保養及測試程序方法。
- 四、要求成果：熟悉熱回收鍋爐設備製裝程序，提升設備安裝品質、如期順利運轉、減少維護之耗費並提高機組可靠度。

## 貳、內容及過程：

### 一、前言：

隨著台灣經濟的成長、科技的進步、人民生活水準的提升，對於電力的需求也就逐年快速地成長；因此政策推動開放獨立電業、推展電業自由化及獎勵汽電共生發電…等。在近年台灣電力事業中，本公司及IPP業者，不約而同的，均規劃裝置效率高、起停迅速、建廠時程短之發電系統——複循環發電系統。

在複循環系統中熱回收鍋爐回收氣渦輪機之排氣餘熱，產生蒸汽推動汽機發電。熱回收鍋爐的汽水系統，通常由汽水鼓、省煤器、蒸發器、過熱器及集箱..等熱交換管簇和容器等所組成，構成由水變過熱蒸汽的三個階段。

中溫、大流量性質是熱回收鍋爐的顯著熱力特點，隨著氣渦輪機技術的發展，用於複循環系統中的熱回收鍋爐熱源的進口煙氣溫度越來越高(500~650°C)，流量越來越大(120~600 kg/s)。

因此，對於在複循環系統中採用的熱回收鍋爐-汽機來說，設計時應採取措施，使其滿足以下一些要求：

- (1) 整個系統具有較低的熱慣性。由於多數複循環系統電廠擔負調峰任務，起停頻繁。氣渦輪機起動快，從點火到滿載最快只需數分鐘，在汽機起動至滿載前，熱回收鍋爐產生的蒸汽經過旁通排到冷凝器或氣渦輪機的排氣直接旁通到大氣，影響電廠的經濟性。因此要求熱回收鍋爐和汽機必須具備快速起動的特性，在結構設計上應採取應對措施，以適應快速起動要求。為適應調峰的需要，機組應具有相當高的抗高周、抗低周疲勞性能。
- (2) 複循環系統中溫度變化的特性是很重要的，在系統控制、熱力和結構設計以及複循環系統構成系統設計等過程中都要好好考慮。要求由熱回收鍋爐提供的蒸氣熱力參數不會因氣渦輪機負載的變化而大幅度的偏離各負載情況下的設定值，以防影響汽機的安全性和經濟性。近來，許多複循環裝置考慮上述特點，氣渦輪機之壓縮機採用 IGV，以盡量減少煙氣溫度變化的幅度。

- (3)熱回收鍋爐應具有一定的在無水情況下 “乾燒的能力”，以避免旁通煙道旁通閥等元件故障時燒燬熱回收鍋爐，一般“乾燒”時的煙氣溫度不高於475°C。
- (4)爲了保證自然循環方式的熱回收鍋爐中水循環的安全性，必須控制最小循環倍率。爲了防止發生偏離核狀沸騰，致使管壁無水而燒壞，應把最大允許的熱流量(即臨界熱流量)控制在  $567.5 \text{ kw/m}^2$ 。

本文將針對廢熱回收鍋爐之設計、運轉、控制及維護…等方面加以說明。

## 二、過程：

起 訖 日	地 點
94年11月14日	赴日本長崎
94年11月15日至 94年11月24日	三菱重工長崎造船廠實習大潭複循環熱回收鍋爐 設計、製造及安裝等技術研習
94年11月25日至 94年11月27日	橫濱三菱重工實習大潭複循環熱回收鍋爐設計、運 轉及維修等技術研習
94年11月28 日	返回台灣、台北

### 三、內容：

#### 1.設計：

熱回收鍋爐回收排氣熱量的程度對複循環的效率影響很大，而影響熱回收鍋爐回收熱量的因素，除汽水系統的配置方式，熱交換器傳熱效果的優劣外，主要與蒸汽壓力、熱回收鍋爐節點溫差和露點等熱力參數有關。

##### 1.1 熱回收鍋爐 - 汽機的熱力參數

從熱力學理論可知，提高蒸汽的初參數可以提高朗肯循環的效率。對於燃氣-蒸汽複循環，提高蒸汽的初參數同樣可以提高複循環效率。

複循環中的汽機的蒸汽來自於熱回收鍋爐，而熱回收鍋爐可以設計成在相當大的壓力範圍內產生蒸汽，因此蒸汽壓力通常取決於汽機的功率大小，當功率小時，壓力偏高，則進氣的容積流量較小，通流部分的噴嘴和動葉片高度較短，內效率較低，故汽機要低一點。反之，為冷機功率大，則汽壓要高，且宜採再熱，以降低汽機低壓部分的蒸汽溫度，提高機組效率和末級動葉片工作壽命。

採用抽汽回熱循環來加熱鍋爐給水，對於對複循環來說，這樣並不能提高 $\eta_{cc}$ ，有的反而使 $\eta_{cc}$ 下降。這是因為，熱回收鍋爐型當採用抽汽回熱循環後，鍋爐給水溫度大為提高，使熱回收鍋爐的排煙溫度明顯提高，鍋爐中回收的熱量減少，結果使 $\eta_{cc}$ 降低。因此，在複循環的汽機系統中，一般均取消了回熱抽汽。

對具有不同的壓力循環的多壓循環存在著參數最佳化的問題。如果高壓循環壓力很高，高壓循環中的流量就低，低壓循環中所回收的能量就更多。

壓力越高起動時間越長，起動速度也會降低，運轉靈活性差。對投資費用而言，增加壓力和擴充壓力系統相對就要增加泵、汽鼓和維修量，從而增加成本，且維護費用亦會增加。

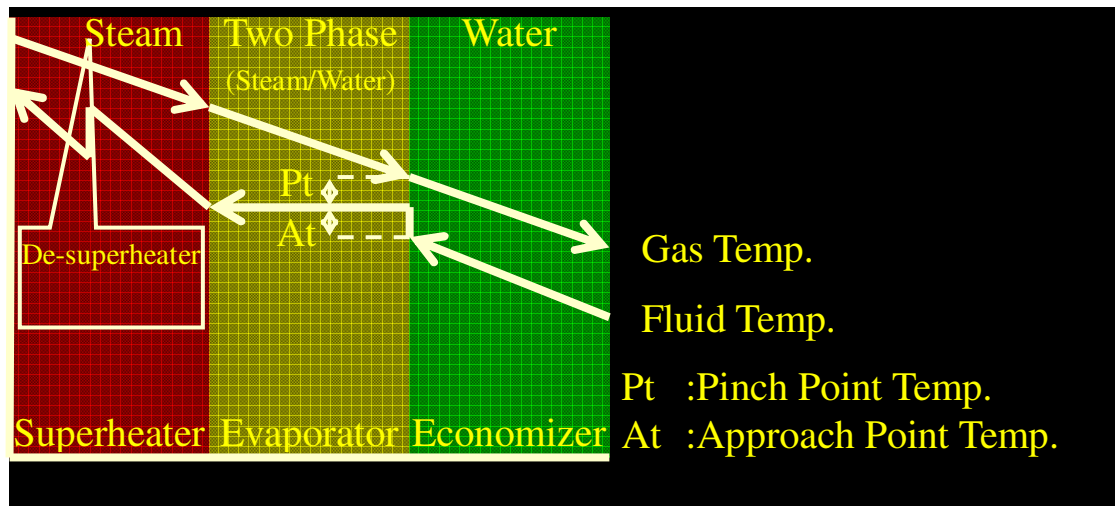
##### 1.2 熱回收鍋爐的熱端溫差、節點溫差和接近點溫差

熱回收鍋爐的熱力系統存在熱端溫差 $\Delta T_s$ 、節點溫差 $P_t$ 和接近點溫差 $A_t$ 。



### 1.2.1 熱端溫差

$\Delta T_s$  是指熱交換過程中過熱器入口煙氣與過熱器出口過熱蒸汽之間的溫差。降低  $\Delta T_s$ ，可以得到較高的過熱度，因而提高過熱蒸汽品質。但降低  $\Delta T_s$ ，同時也會使過熱器的對數平均溫度降低，也就是增大過熱器的傳熱面積，加大了金屬耗量。依統計，當  $\Delta T_s$  選擇在  $30 \sim 60^\circ\text{C}$  內，是比較合適的。



T-Q圖

### 1.2.2 節點溫差 (Pt)

Pt 是熱交換過程中蒸發器出口煙氣與被加熱的飽和水汽之間的最小溫差。通常是熱回收鍋爐之 T-Q 圖中最窄的部分。

當 Pt 減小時，熱回收鍋爐的排汽溫度會下降，煙氣熱回收量增加，蒸汽產量和輸出功都隨之增加，即對應著高的熱回收鍋爐熱效率，但平均傳熱溫差也隨之減小，這必將增大熱回收鍋爐的熱交換面積。顯然，Pt 是不允許等於零的，否則熱回收鍋爐的熱交換面積將無限大。此外，隨者熱回收鍋爐熱交換面積的增大，燃氣側的流阻損失有將增大，有可能使氣渦輪機汽機的功率有所減小，導致複循環的熱效率下降。

目前 Pt 一般範圍為  $10 \sim 20^\circ\text{C}$ ，大潭為  $11^\circ\text{C}$ 。

### 1.2.3 接近點溫差 (At)

At 是指熱回收鍋爐之省煤器出口壓力下飽和水溫度和出口水溫之間的溫

差。Pt 增大時，熱回收鍋爐的總熱交換面積會增加。這是由於省煤器的對數平均溫差雖略有增大，致使其熱交換面積有所減小，但蒸發器的對數平均溫差卻會減小較多，致使蒸發器的熱交換面積會增大甚多的緣故。此時過熱器的熱交換面積保持不變，結果是熱回收鍋爐的總熱交換面積要增大。由此可知，當 Pt 選定後，減小 At 有利於減小熱回收鍋爐的總熱交換面積和投資費用。

但是在設計熱回收鍋爐時，總是使  $T_w$  略低於  $T_s$ 。這是由於尺寸已定的熱回收鍋爐，當進入的燃氣溫度  $T_4$  隨著機組負載減小而降低時，由於熱回收鍋爐等壓運轉， $T_s$  下降，At 是會隨之減小的。顯然，如果設計時 At 取得過小，那麼在部分負載情況下或起動過程中，省煤器內會發生部分給水蒸發汽化的問題，將導致部份省煤器管壁過熱現象，對於自然循環熱回收鍋爐可能導致水動力循環破壞。因此，省煤器設計要保持在最低的外界環境溫度下運轉時，At 不出現零值和負值，否則要採用煙氣側或水側旁通辦法來避免汽化。At 取在  $5 \sim 20^\circ C$  是合適的範圍。

由此可知，在設計熱回收鍋爐時，應權衡各種因素，按照使複循環效率或投資費用最佳化的設計原則來考慮 Pt、At 對熱交換面積的影響關係。

### 1.3 熱回收鍋爐的排煙溫度

對於熱回收鍋爐來說，降低排煙溫度就意味著排煙熱量損失減少，也就是氣渦輪機汽機排氣的熱量被充分回收，即熱回收鍋爐的當量效率高。

但熱回收鍋爐出口的排氣溫度  $T_s$  常常不是獨立的熱力變量，而與所選的蒸汽循環型式、節點溫差以及燃料中的硫含量有密切的關係。例如，飽和蒸汽壓力和節點溫差已定時，它就被確定。如前所述，當節點溫差很小時，熱回收鍋爐出口的排煙溫度就能降低。當採用多壓蒸汽循環時， $T_s$  可以比單壓式蒸汽循環降低很多。

降低排煙溫度還要受到露點溫度的限制(排煙中水蒸汽開始凝結的溫度)，因為當氣渦輪機用含硫較高的燃料時，排氣中含有較多的  $SO_2$ ，水蒸汽凝結時，它就變成亞硫酸而腐蝕金屬壁面，所以熱回收鍋爐的排煙溫度應高於露

點。所以，排煙溫度限制又常和氣渦輪機燃料中含硫量有關。

一般規定， $T_s$  應比酸露點高  $10^\circ\text{C}$  左右，當氣渦輪機採用天然氣為燃料時，則排氣溫度不受露點的限制，可把熱回收鍋爐的排氣溫度降低到  $80 \sim 90^\circ\text{C}$ ，甚至更低。如此熱回收鍋爐預熱供熱系統的熱水時， $T_s$  則可降到  $52^\circ\text{C}$  左右。

#### 1.4 煙氣側壓損係數的最佳化

當熱回收鍋爐採用減小節點溫差和多壓汽水系統來提高熱力性能時，由於熱回收鍋爐傳熱面積的增加致使煙汽側流阻力增大，因而導致氣渦輪機汽機背壓上升，功率和效率下降。

因此，減少熱回收鍋爐的壓力損失是一個需要全面研究的問題。嚴格來說，應該從複循環效率和投資費用最佳化的角度來考慮熱回收鍋爐的節點溫差值以及汽水系統方案的選擇問題。

#### 1.5 熱回收鍋爐的輔助系統

##### 1.5.1 煙氣系統

立式熱回收鍋爐通常在出口煙函處裝有百葉窗的擋板，稱為“防雨擋板”，對於起停頻繁的熱回收鍋爐在停爐時間關閉防雨擋板，能保存熱量，以便隨時快速起動熱回收鍋爐。另外、當鍋爐停機時，還可以阻止雨水或外來雜物進入鍋爐。

在熱回收鍋爐頻繁起停的情況下，金屬膨脹接頭易於疲勞破壞。而非金屬密封材料的柔韌性高，提高膨脹接頭的壽命，且其表面非金屬材料，在失效後易於更換。因此廣泛採用非金屬膨脹接頭。

旁通擋板或入口擋板在全關位置時，要求密封性好，避免煙氣洩漏。通常在擋板每一邊上裝有不銹鋼彈性板組成密封裝置，中間由風機供應給密封空氣，其壓力高於燃氣壓力，以保證密封效果。一般設計最大洩漏率為  $0.2 \sim 0.5\%$ ，這就是影響汽機的作功量，致使複循環效率下降。而且，擋板密封風機運轉需消耗廠內用電，因此是否需要設置旁通煙道，需要通盤考量。

### 1.5.2 吹灰系統

如果氣渦輪機汽機用重油或原油熱回收鍋爐各級受熱面管束外壁會沾污影響傳熱效果，因此、各級受熱面必須裝吹灰器，將管束外壁上的沾污吹掉。

由於吹灰器齒輪箱傳動的特殊設計，使吹灰管頭部的噴嘴在次進入熱回收鍋爐時，都做不同的螺旋運動以避免吹灰死角，吹灰器停用期間，由密封空氣風機提供壓縮空氣通往各吹灰器，防止煙氣外漏引起冷卻保護作用。

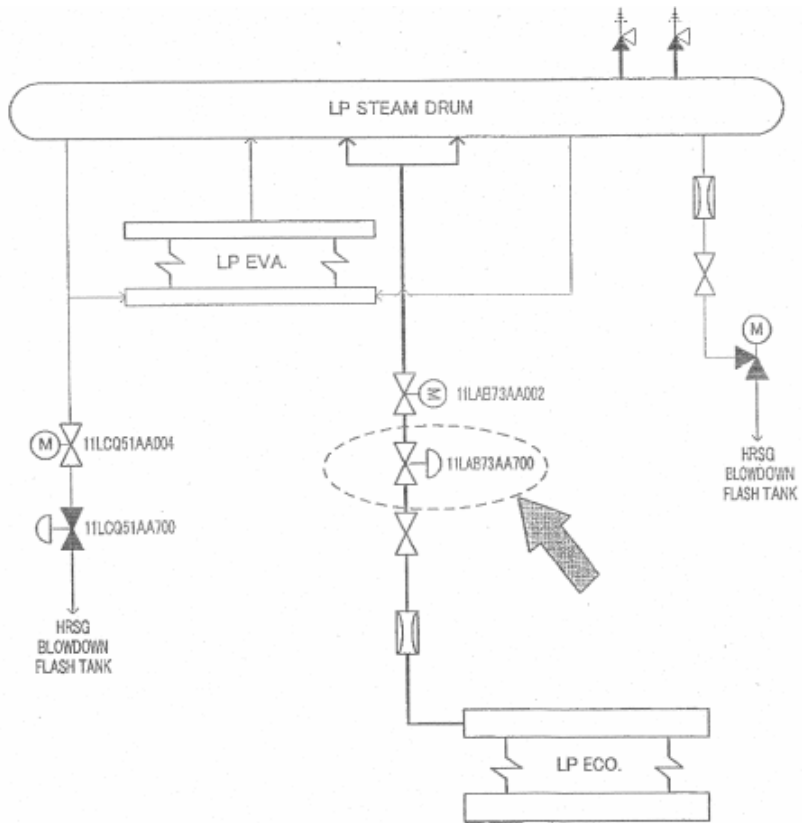
## 2. 控制:

運轉描述	
詳述	<p>Part-(a) 在 LP 汽鼓兩端裝有三個汽鼓液位計(左右兩側)，量測訊號由 LP 汽鼓壓力補償之。</p> <p>Part-(b) 裝有兩個飼水流量計。量測 LP 飼水流量之訊號是由 LP 飼水溫度補償之。</p> <p>Part-(c) 裝有兩個蒸汽流量計。量測 LP 蒸汽流量之訊號是由 LP 蒸汽壓力和溫度補償之。</p> <p>Part-(d) 除固定位置外，在自動模式，LP 飼水 CV 是由 P+I 汽鼓水位控制器接收來自汽鼓水位設定。比對錯誤訊號及量測汽鼓水位來控制的。只要 LP 蒸汽流量低於設定值，單元件控制為自動選項。</p> <p>Part-(e) 除固定位置外，在自動模式，LP 飼水由汽鼓水位錯誤，LP 蒸汽流量和飼水流量量測(回饋)之三元素組成來控制。來自 LP 汽鼓水位設定值比對之偏差和量測 LP 汽鼓水位訊號送到 P+I 汽鼓水位控制器。汽鼓水位控制器之輸出和 LP 蒸汽流量訊號相加。綜合訊號(加計汽鼓水位和蒸汽流量)和 LP 飼水流量訊號作比較，然後其誤差訊號送到 P+I 飼水控制器。只要蒸汽流量超過預定值，三元控制為自動選項。</p>
固定位置	<p>Part-(f) 飼水控制閥因下列原因，要維持在最小開度位置</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為避免在開始供給飼水到汽鼓時，突然進入飼水。</li> <li>2. 在 HRSG 停機時，利用餘熱把 ECO 的壓力釋放。</li> </ol> <p>Part-(g) 在 HRSG 起動時，飼水控制閥應保持在起動位置，以避免汽鼓水位突然上升。</p>
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

LP 飼水控制的主要目的為保持 LP 飼水和蒸汽的動態平衡，就是強迫 LP 飼水流入鍋爐儘可能地與蒸汽流量變化相同。LP 汽鼓水位是此動態平衡的平衡參數，維持相對固定作為系統損失的補償(洩水，沖放…等)及量測時的不精確。LP 飼水 CV 為複式。所選擇的閥控制飼水流量，另一個閥開關作為備用。

運轉位置



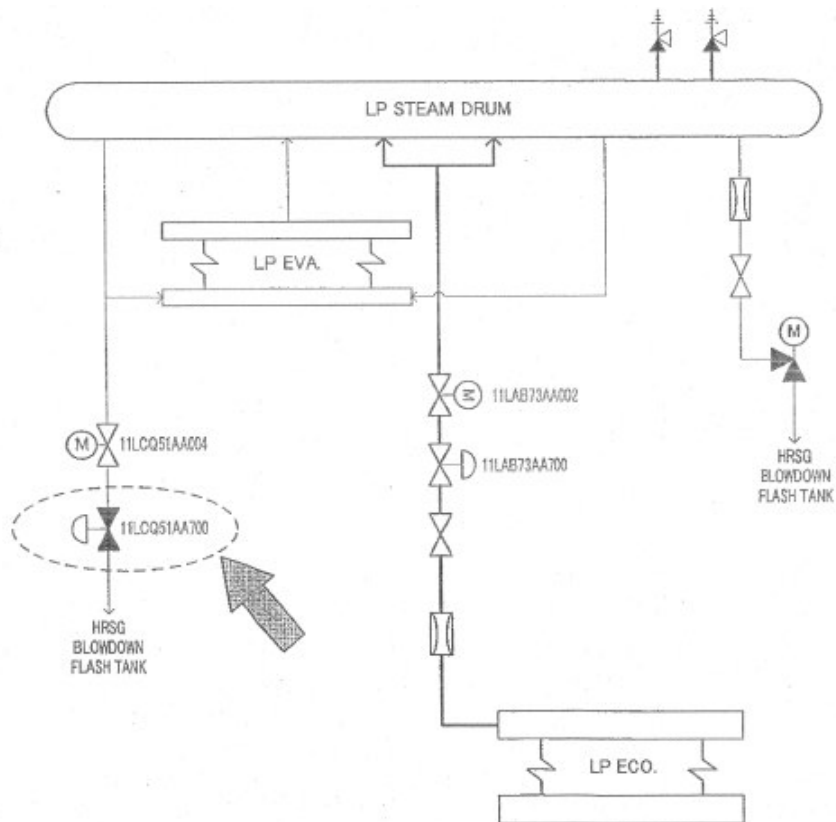
					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					LP DRUM LEVEL CONTROL (LP DRUM FEED WATER CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCL10

運轉描述	
詳述	Part-(h) 在正常運轉時，汽鼓沖放設定值應是正常水位設定值(NWL)加 100mm，在晃動結束前，汽水鼓之沖放設定值要比汽鼓水位設定值高 50mm 以上。當液位驟升時，LP 汽水鼓之連續沖放 CV 會打開以避免水淹沒了汽水鼓。
固定位置	Part-(i) 當 LP 汽水鼓與飼水管線隔離時，連續沖放 CV 要維持在關的位置。
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

當汽水鼓水位大幅超過標準水位時，LP 汽水鼓之連續沖放 CV，要打開釋放多餘的水從汽水鼓到閃槽側。

運轉位置



					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					LP DRUM LEVEL CONTROL (LP DRUM INTERMITTENT BLOW CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCL10

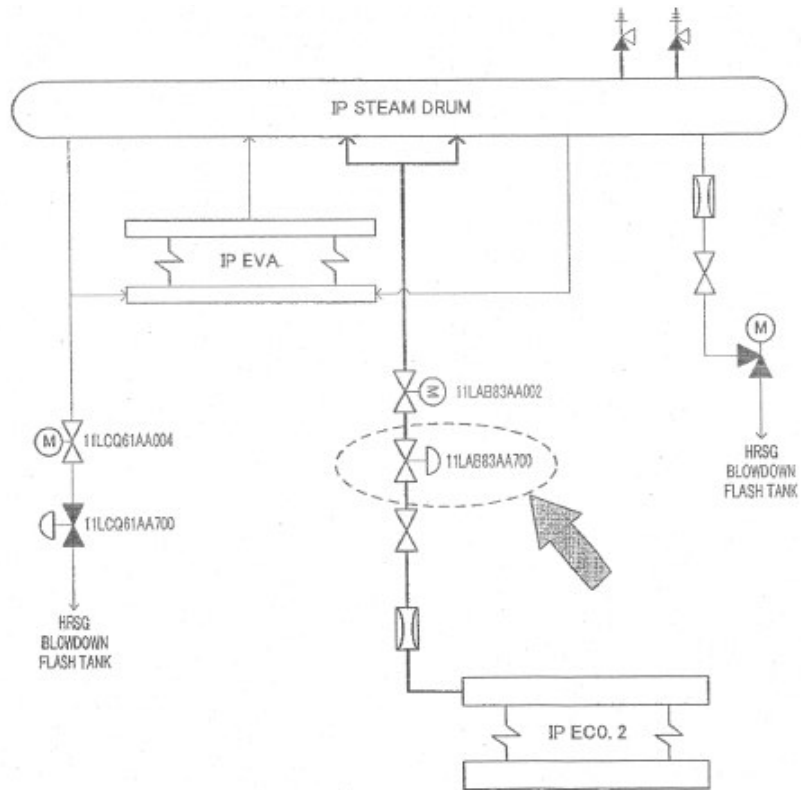


運轉描述	
詳述	<p>Part-(a) 在 IP 汽鼓兩端裝有三個汽鼓液位計(左右兩側)，量測訊號由 IP 汽鼓壓力補償之。</p> <p>Part-(b) 裝有兩個飼水流量計。量測 IP 飼水流量之訊號是由 IP 飼水溫度補償之。</p> <p>Part-(c) 裝有兩個蒸汽流量計。量測 IP 蒸汽流量之訊號是由 IP 蒸汽壓力和溫度補償之。</p> <p>Part-(d) 除固定位置外，在自動模式，IP 飼水 CV 是由 P+I 汽鼓水位控制器接收來自汽鼓水位設定。比對錯誤訊號及量測汽鼓水位來控制的。只要 IP 蒸汽流量低於設定值，單元件控制為自動選項。</p> <p>Part-(e) 除固定位置外，在自動模式，IP 飼水由汽鼓水位錯誤，IP 蒸汽流量和飼水流量量測(回饋)之三元素組成來控制。來自 IP 汽鼓水位設定值比對之偏差和量測 IP 汽鼓水位訊號送到 P+I 汽鼓水位控制器。汽鼓水位控制器之輸出和 IP 蒸汽流量訊號相加。綜合訊號(加計汽鼓水位和蒸汽流量)和 IP 飼水流量訊號作比較，然後其誤差訊號送到 P+I 飼水控制器。只要蒸汽流量超過預定值，三元控制為自動選項。</p>
固定位置	<p>Part-(f) 飼水控制閥因下列原因，要維持在最小開度位置</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為避免在開始供給飼水到汽鼓時，突然進入飼水。</li> <li>2. 在 HRSG 停機時，利用餘熱把 ECO 的壓力釋放。</li> </ol> <p>Part-(g) 在 HRSG 起動時，飼水控制閥應保持在起動位置，以避免汽鼓水位突然上升。</p>
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

IP 飼水控制的主要目的為保持 IP 飼水和蒸汽的動態平衡，就是強迫 IP 飼水流入鍋爐儘可能地與蒸汽流量變化相同。IP 汽鼓水位是此動態平衡的平衡參數，維持相對固定作為系統損失的補償(洩水，沖放…等)及量測時的不精確。  
IP 飼水 CV 為複式。所選擇的閥控制飼水流量，另一個閥開關作為備用。

運轉位置



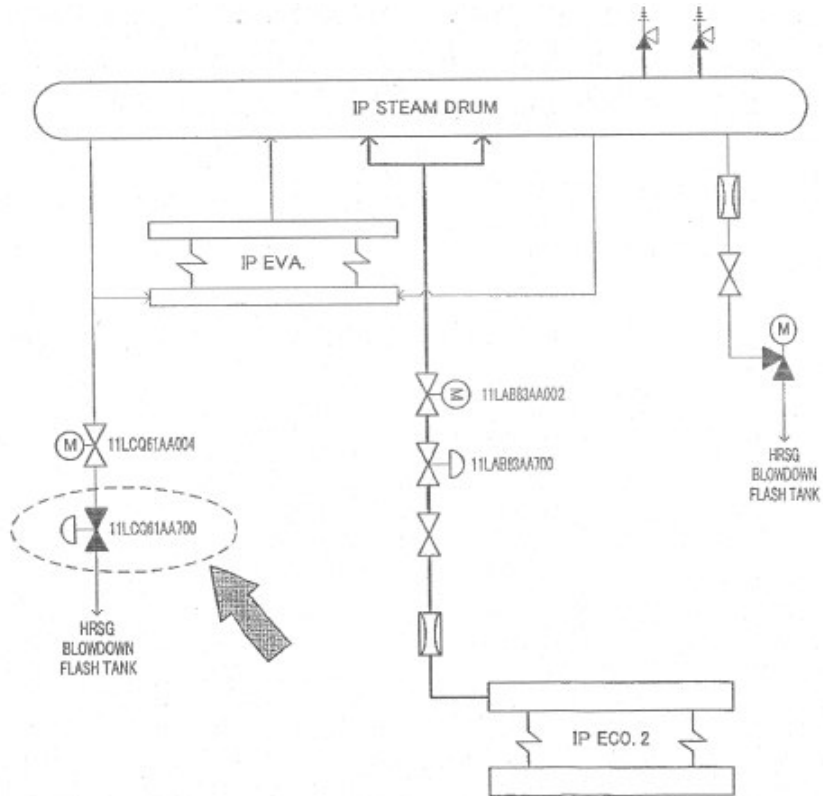
					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					IP DRUM LEVEL CONTROL (IP FEED WATER CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCL20

運轉描述	
詳述	Part-(h) 在正常運轉時，汽鼓沖放設定值應是正常水位設定值(NWL)加 100mm，在晃動結束前，汽水鼓之沖放設定值要比汽鼓水位設定值高 50mm 以上。當液位驟升時，IP 汽水鼓之連續沖放 CV 會打開以避免水淹沒了汽水鼓。
固定位置	Part-(i) 當 IP 汽水鼓與飼水管線隔離時，連續沖放 CV 要維持在關的位置。
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

當汽水鼓水位大幅超過標準水位時，IP 汽水鼓之連續沖放 CV，要打開釋放多餘的水從汽水鼓到閃槽側。

運轉位置



					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					IP DRUM LEVEL CONTROL (IP DRUM INTERMITTENT BLOW CONTROL VALVE)	
						SH. NO.
						SGCL20

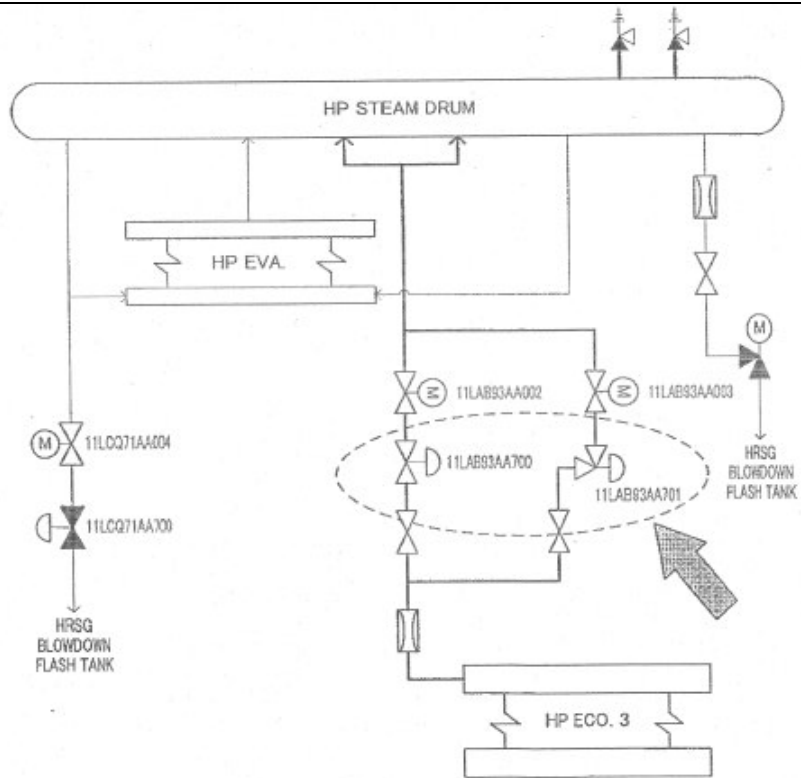
運轉描述	
詳述	<p>Part-(a) 在 HP 汽鼓兩端裝有三個汽鼓液位計(左右兩側)，量測訊號由 HP 汽鼓壓力補償之。</p> <p>Part-(b) 裝有兩個飼水流量計。量測 HP 飼水流量之訊號是由 HP 飼水溫度補償之。</p> <p>Part-(c) 裝有兩個蒸汽流量計。量測 HP 蒸汽流量之訊號是由 HP 蒸汽壓力和溫度補償之。</p> <p>Part-(d) 除固定位置外，在自動模式，HP 飼水 CV 是由 P+I 汽鼓水位控制器接收來自汽鼓水位設定。比對錯誤訊號及量測汽鼓水位來控制的。只要 HP 蒸汽流量低於設定值，單元件控制為自動選項。</p> <p>Part-(e) 除固定位置外，在自動模式，HP 飼水由汽鼓水位錯誤，HP 蒸汽流量和飼水流量量測(回饋)之三元素組成來控制。來自 HP 汽鼓水位設定值比對之偏差和量測 HP 汽鼓水位訊號送到 P+I 汽鼓水位控制器。汽鼓水位控制器之輸出和 HP 蒸汽流量訊號相加。綜合訊號(加計汽鼓水位和蒸汽流量)和 HP 飼水流量訊號作比較，然後其誤差訊號送到 P+I 飼水控制器。只要蒸汽流量超過預定值，三元控制為自動選項。</p> <p>Part-(k) 控制指令 0~100%要轉換成打開主/次閥的指令。</p>
固定位置	<p>Part-(f) 飼水控制閥因下列原因，要維持在最小開度位置</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為避免在開始供給飼水到汽鼓時，突然進入飼水。</li> <li>2. 在 HRSG 停機時，利用餘熱把 ECO 的壓力釋放。</li> </ol> <p>Part-(g) 在 HRSG 起動時，飼水控制閥應保持在起動位置，以避免汽鼓水位突然上升。</p>
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

HP 飼水控制的主要目的為保持 HP 飼水和蒸汽的動態平衡，就是強迫 HP 飼水流入鍋爐儘可能地與蒸汽流量變化相同。HP 汽鼓水位是此動態平衡的平衡參數，維持相對固定作為系統損失的補償(洩水，沖放…等)及量測時的不精確。

HP 飼水 CV 由主要和次要閥組成，在起動期間，於高差壓之情況下，來控制飼水流量。

運轉位置



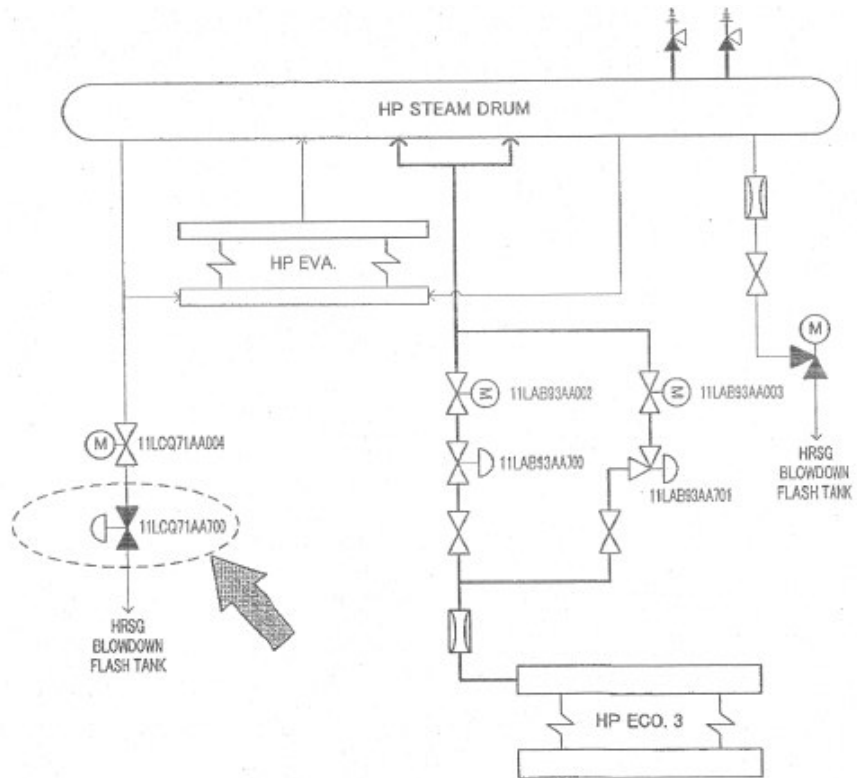
					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					HP DRUM LEVEL CONTROL (HP FEED WATER CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCL30

運轉描述	
詳述	Part-(h) 在正常運轉時，汽鼓沖放設定值應是正常水位設定值(NWL)加 100mm，在晃動結束前，汽水鼓之沖放設定值要比汽鼓水位設定值高 50mm 以上。當液位驟升時，HP 汽水鼓之連續沖放 CV 會打開以避免水淹沒了汽水鼓。
固定位置	Part-(i) 當 HP 汽水鼓與飼水管線隔離時，連續沖放 CV 要維持在關的位置。
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

當汽水鼓水位大幅超過標準水位時，HP 汽水鼓之連續沖放 CV，要打開釋放多餘的水從汽水鼓到閃槽側。

運轉位置



					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					HP DRUM LEVEL CONTROL (HP DRUM INTERMITTENT BLOW CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCT30

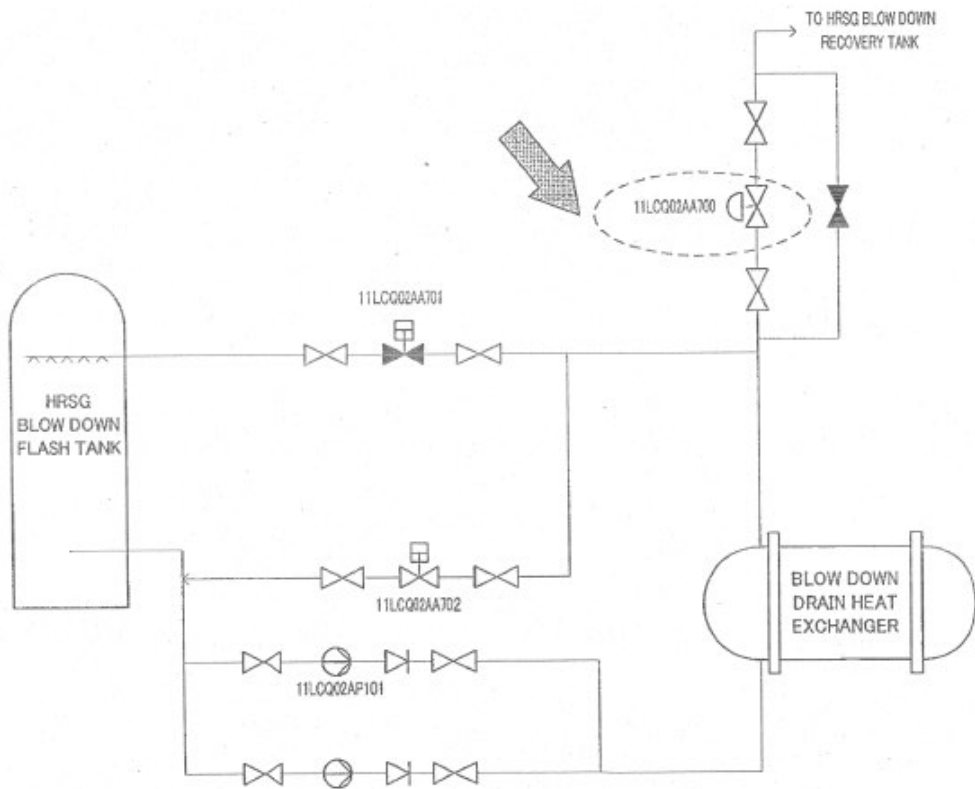


運轉描述	
詳述	在自動模式，除固定位置外，HRSG 沖放閃槽洩水 CV 之 PI 控制器之作動是根據閃槽水位設定值和量測值之間的差異。
固定位置	當兩個閃槽之洩水泵都停止，HRSG 沖放閃槽水 CV 應保持在關的位置。
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

為保持沖放閃槽水位在標準值，由沖放閃槽水位 CV 將多餘的洩水經由熱交換器排到 HRSG 沖放回復槽。

運轉位置



REVISION					DRIVE NAME	DRIVE NO.
					HRSG BLOW DOWN FLUSH TANK LEVEL CONTROL	
						SH.NO.
				SGCT40		

運轉描述	
詳細	<p>Part-(a) 除固定位置外，在自動模式，RH De-SH 灑水閥由 RH-2 進口蒸汽溫度和 RH-2 出口蒸汽溫度組成分階控制來控制之。來自比對 RH-2 出口溫度設定值和實際溫度的差異，送到 P+I 溫度控制器。RH-2 出口溫度控制器的輸出和 RH-2 進口蒸汽溫度設定值加總。加給訊號和 RH-2 出口蒸汽溫度訊號比較，然後其差值訊號送到 P+I 控制器。</p> <p>Part-(b) 為設定第二再熱器之出口蒸汽溫度，不應用一固定值，應該用此值加上第二再熱器出口蒸汽溫度之變化率限制再加 5°C 偏差。不僅控制額定溫度，同時也控制升溫低餘額定溫度。(這是因為根據 GT 排氣特性，排氣溫度在中間負載帶變化非常激烈) 上限值 (567.9°C) 不可超過。</p> <p>Part-(c) 過度噴水保護迴路裝置 是為不讓降溫器出口溫度被再熱器灑水過度而低於飽和溫度。</p> <p>Part-(d) 為不使設定值跑太遠，RH-2 進口蒸汽溫度設定值之高或低限，當 RH DSH 灑水 CV 達到高或低限開度時即保持住。</p>
固定位置	<p>Part-(e) 灑水 CV 要保持在關的位置，因為它沒有必要噴水。</p>
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

來自 IP 蒸汽汽水鼓的飽和蒸汽，經由通過下列層級被過熱至最終溫度

\*IP 過熱器

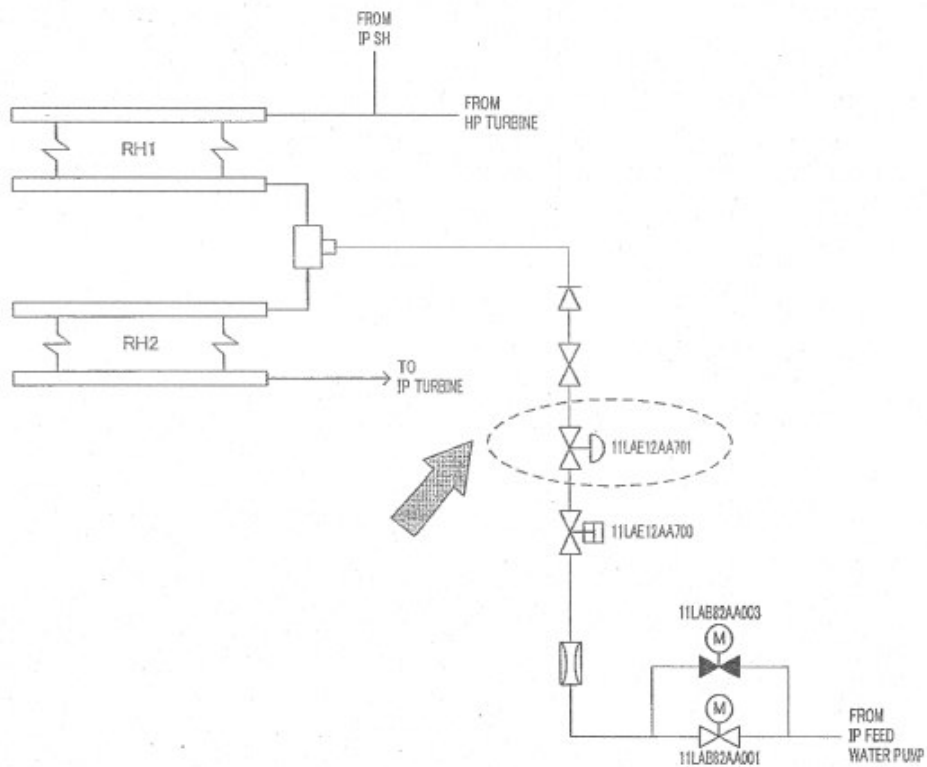
\*混合抽取自 HP 器機的蒸汽

\*再熱降溫器

\*第二再熱器

降溫器在第一和第二再熱器之間，利用混合灑水經過來自 IP 飼水泵出口，來控制第二再熱器出口蒸汽溫度。

運轉位置



					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					RH STEAM TEMP. CONTROL	
						SH.NO.
						SGCT10

運轉描述	
詳細	<p>Part-(a) 除固定位置外，在自動模式，SH De-SH 灑水閥由 SH-2 進口蒸汽溫度和 SH-2 出口蒸汽溫度組成分階控制來控制之。來自比對 SH-2 出口溫度設定值和實際溫度的差異，送到 P+I 溫度控制器。</p> <p>SH-2 出口溫度控制器的輸出和 RH-2 進口蒸汽溫度設定值加總。加給訊號和 SH-2 出口蒸汽溫度訊號比較，然後其差值訊號送到 P+I 控制器。</p> <p>Part-(b) 為設定第二過熱器之出口蒸汽溫度，不應用一固定值，應該用此值加上第二過熱器出口蒸汽溫度之變化率限制再加 5°C 偏差。不僅控制額定溫度，同時也控制升溫低餘額定溫度。(這是因為根據 GT 排氣特性，排氣溫度在中間負載帶變化非常激烈) 上限值(540.9°C)不可超過。</p> <p>Part-(c) 過度噴水保護迴路裝置 是為不讓降溫器出口溫度被再 熱器灑水過度而低於飽和溫度。</p> <p>Part-(d) 為不使設定值跑太遠，SH-2 進口蒸汽溫度設定值之高或低限，當 SH DSH 灑水 CV 達到高或低限開度時即保持住。</p>
固定位置	<p>Part-(e) 灑水 CV 要保持在關的位置，因為它沒有必要噴水。</p>
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

來自 HP 蒸汽汽水鼓的飽和蒸汽，經由通過兩級的過熱器和一個降溫器被過熱至最終溫度，經下列程序

\*HP 第一次過熱器

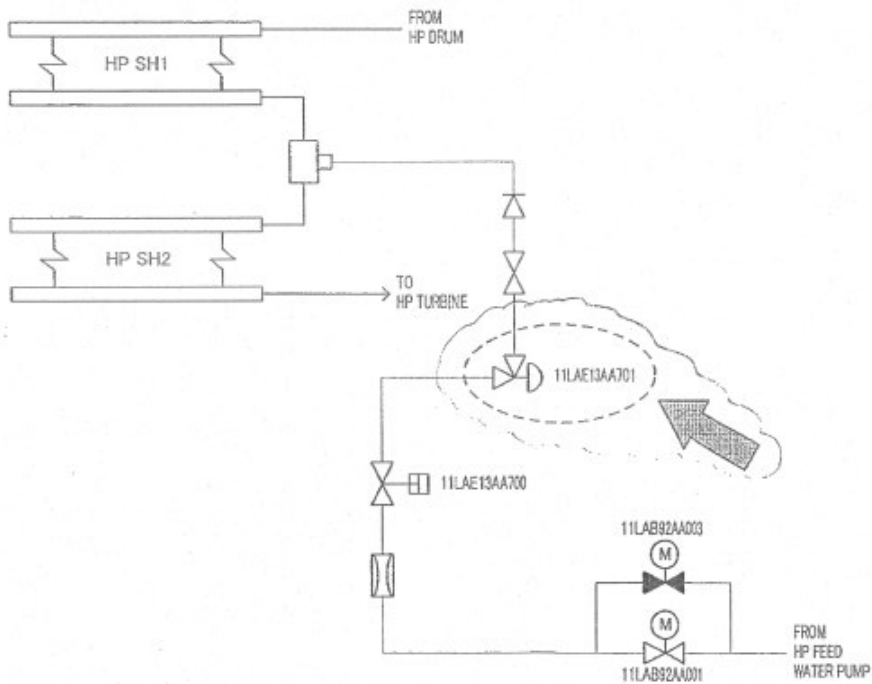
\*HP 降溫器

\*再熱降溫器

\*HP 第二次過熱器

降溫器在第一和第二再熱器之間，利用混合灑水經過來自 HP 飼水泵出口，來控制第二再熱器出口蒸汽溫度。

運轉位置



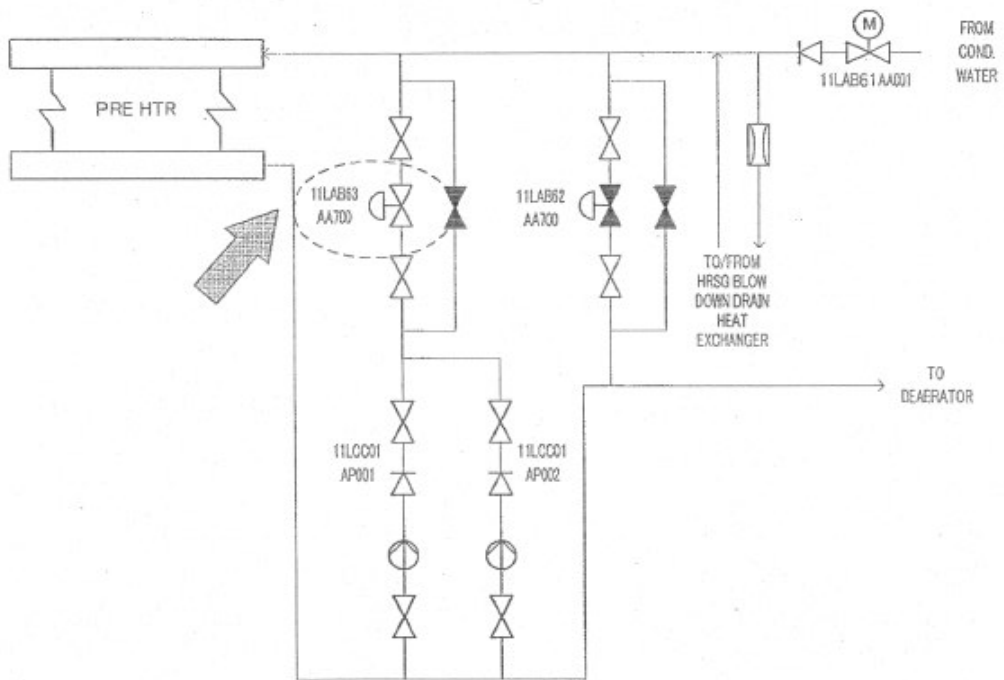
REVISION					DRIVE NAME	DRIVE NO.
					SH STEAM TEMP. CONTROL	
					SGCT20	

運轉描述	
詳述	<p>Part-(a) 除固定位置外，在自動模式，預熱循環控制閥由 PI 控制器接收比對設定值與實際溫差來控制之。為維持預熱循環泵的最小流量，加裝下限開關。</p> <p>Part-(c) 預熱器進口水溫的設定值會改變，因為燃油和燃氣之熱燃氣露點溫度不同</p>
固定位置	<p>Part-(b) 預熱循環控制閥要保持在最小開度。</p>
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

預熱循環的主要目的為維持預熱器進口水溫高於酸露點。

運轉位置



REVISION					DRIVE NAME	DRIVE NO.
					PREHEATER TEMPERATURE CONTROL (PREHEATER RECIRCULATION CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCT30

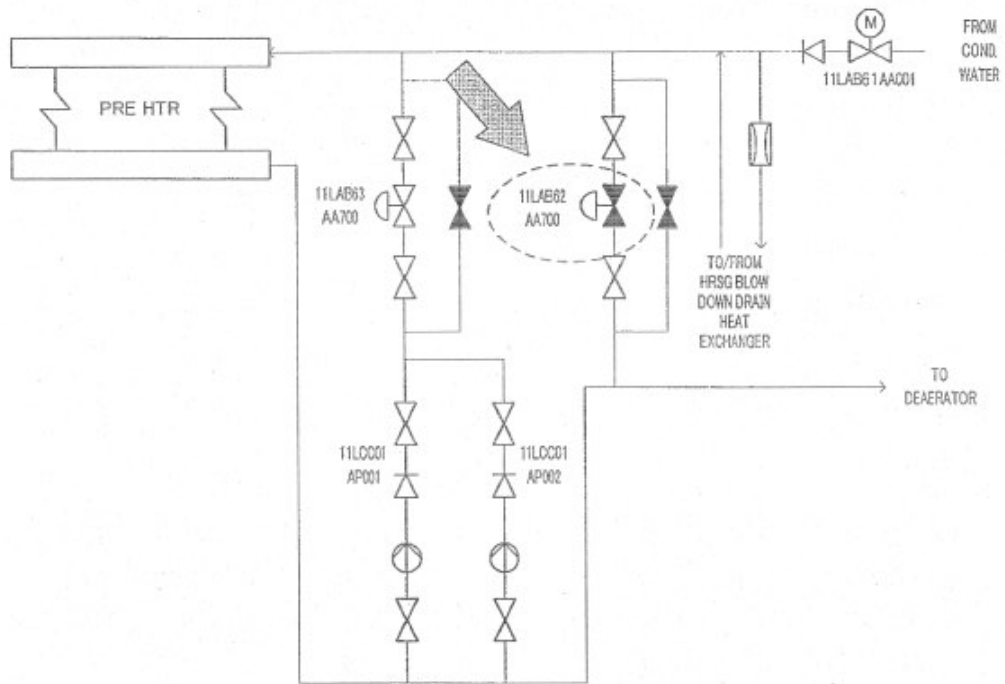


運轉描述	
詳述	Part-(d) 除固定位置外，在自動模式，預熱器旁通控制閥之開度是根據 GT 負載及運轉的機組數量之熱平衡來決定。
固定位置	Part-(e) 預熱器旁通控制閥在 GT 燃氣或停機時，應保持在關的位置。
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

預熱器旁通控制之主要目的為在 GT 燃油時，降低預熱器進口的水流量。

運轉位置



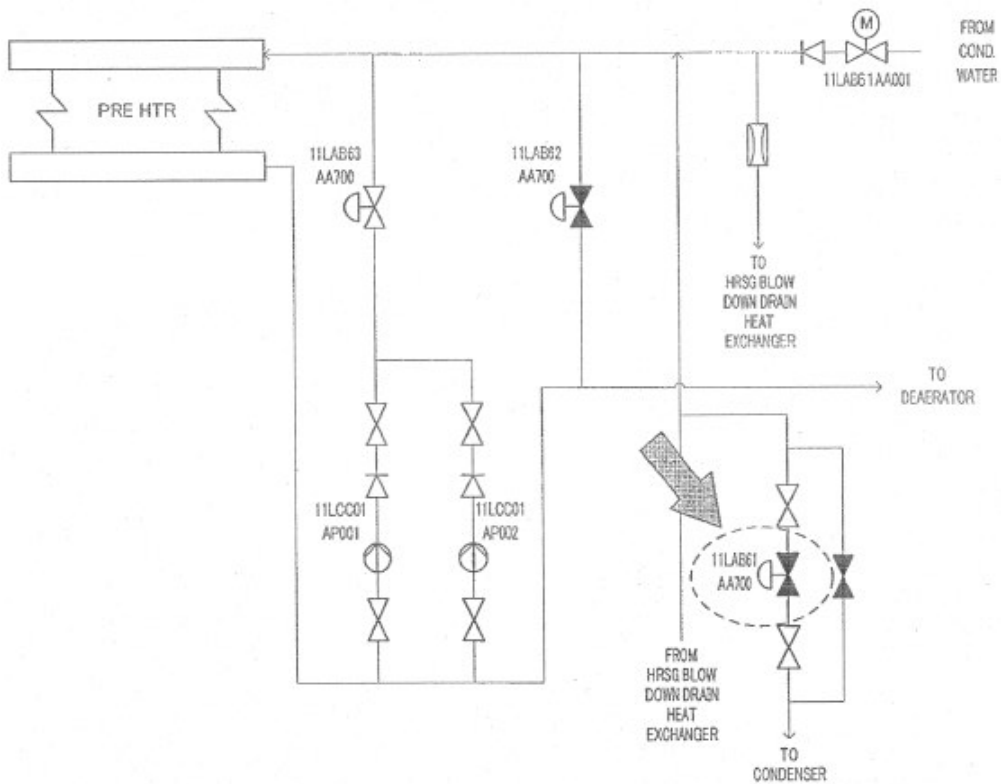
					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					PREHEATER TEMPERATURE CONTROL (PREHEATER BY-PASS CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCT30

運轉描述	
詳述	Part-(f) 除了固定位置外，在自動模式，此閥之開度是根據沖放熱交換器進口冷凝水流量來維持最小流量。
固定位置	Part-(g) 此閥應保持在關的位置，以防萬一沒有冷凝水。
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

主要目的為沖放熱交換器進口冷凝水維持最小流量來冷卻熱交換器。

運轉位置



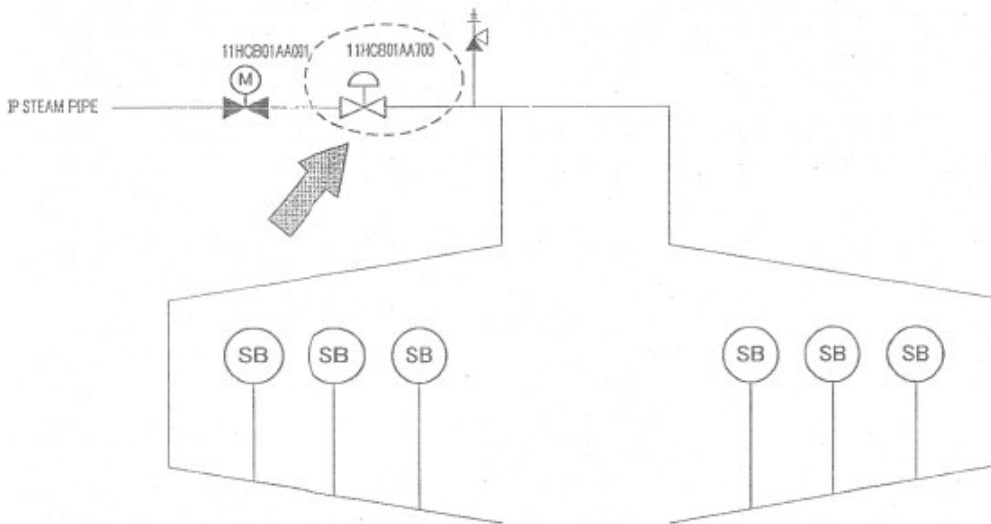
REVISION					DRIVE NAME	DRIVE NO.
					PREHEATER TEMPERATURE CONTROL (BLOW DOWN HEAT EXCHANGER MINIMUM FLOW CONTROL VALVE)	
						SH.NO.
						SGCT30

運轉描述	
詳述	Part-(a) 除固定位置外，在自動模式，此 CV 由 PI 控制器接收設定值與實際值之差異來控制之。
固定位置	Part-(b) 此閥應保持在關的位置，以防萬一無蒸氣供給。 Part-(c) 在蒸汽供給 SB 時此閥要維持在起動位置，以防壓力上昇。
保護	
PERMISSION	

裝置之目的

HRSG SB(吹灰器)蒸汽控制的主要目的為讓 SB 保持一固定的蒸汽壓力。

運轉位置



					DRIVE NAME	DRIVE NO.
REVISION					HRSG SOOT BLOWER STERAM CONTROL	
						SH.NO.
						SGCP10

### 3. 運轉:

#### 3.1 HRSG 起動操作

NO.	項目	操作要點	備註
1	HRSG 起動前之準備	a) 檢查設備已送電 1) LP 2) IP FWP(飼水泵) 3) HP 4) 預熱再循環泵 5) 閃槽洩水泵 6) HRSG 出口風門 7) 電動閥 b) 檢查所有的 CV 在自動位置 c) 檢查所有的手動閥情況(開/關) d) 完成 HRSG 注水操作 e) 完成冷凝抽真空 f) 自動飼水 g) HRSG 蒸汽&洩水 自動 h) 預熱器&除氧器 自動 i) HRSG 出口風門 自動 j) 吹灰器氣封風扇 自動	
2	HRSG 起動控制器	HRSG 起動控制按鈕 ON HRSG 起動控制器起動 [步驟 1] 1) HRSG 排氣風門 開 2) 吹灰器氣封門 開 3) 預熱器進口隔離閥 開 [步驟 2] 1) LP 飼水暖爐隔離閥 開 [步驟 3] 1) LP 飼水隔離閥 開 [步驟 4] 1) IP 飼水暖爐隔離閥 開 2) LP 飼水暖爐隔離閥 開 3) LP 冷水鼓飼水 CV 出口閥 開 [步驟 5] 1) IP 飼水隔離閥 開	

NO.	項目	操作要點	備註
		[步驟 6] 1) HP 飼水暖爐隔離閥 開 2) IP 飼水暖爐隔離閥 開 3) IP 冷水鼓飼水 CV 出口閥 開	
		[步驟 7] 1) HP 飼水隔離閥 開	
		[步驟 8] 1) HP 飼水暖爐隔離閥 開 2) HP 飼水 CV(A)出口閥 開 3) HP 飼水 CV(B)出口閥 開	



### 3.2 HRSR 停機操作

HRSR 之停機程序有兩種方法：一為”封爐停機”，另一為冷(維修)停機。操作員依需要選擇停機方式。

#### 3.2.1 HRSR 封爐停機操作

NO.	項目	操作要點	備註
1	HRSR 封爐 停機主控器	HRSR 封爐停機主控器起動 [步驟 1] a) HP 2RY SH 出口集箱洩水隔離閥      關 b) HP 蒸汽管洩水隔離閥                      關 IP SH 出口集箱洩水隔離閥                      關 IP 蒸汽管洩水隔離閥                              關 1RY RH 進口集箱洩水隔離閥                      關 2RY RH 出口集箱洩水隔離閥                      關 LP SH 出口集箱洩水隔離閥                      關 LP 蒸汽管洩水隔離閥                              關	
		[步驟 2] a) HP 汽水鼓封爐停機水位設定 b) IP 汽水鼓封爐停機水位設定 c) LP 汽水鼓封爐停機水位設定	
		[步驟 3] a) HP/IP/LP 飼水隔離閥                              關 b) HP/IP/LP 飼水暖爐隔離閥                      關 c) 吹灰器氣封扇                                      OFF d) 預熱器進口隔離閥                              關	

### 3.2.2 HRSG 冷(維修)停機停機操作

NO.	項目	操作要點	備註
1	HRSG 冷停機主控器	HRSG 冷停機主控器起動 [步驟 1] c) HP 2RY SH 出口集箱洩水隔離閥 開 d) IP SH 出口集箱洩水隔離閥 開 2RY RH 出口集箱洩水隔離閥 開 LP SH 出口集箱洩水隔離閥 開	
		[步驟 2] d) HP 汽水鼓冷停機水位設定 e) HP 汽水鼓連續沖放 CV 置於冷停機位置 f) HP 汽水鼓連續沖放隔離閥 開	如果以下條件滿足步驟 2 可省略. HP 汽水鼓壓力<0.05MPa
		[步驟 3] d) IP 汽水鼓冷停機水位設定 e) IP 汽水鼓連續沖放 CV 置於冷停機位置 f) IP 汽水鼓連續沖放隔離閥 開	如果以下條件滿足步驟 3 可省略. IP 汽水鼓壓力<0.05MPa
		[步驟 4] d) LP 汽水鼓冷停機水位設定 e) LP 汽水鼓連續沖放 CV 置於冷停機位置 f) LP 汽水鼓連續沖放隔離閥 開	如果以下條件滿足步驟 2 可省略. LP 汽水鼓壓力<0.02MPa
		[步驟 5] a) HP 飼水隔離閥 關 b) IP 飼水隔離閥 關 c) LP 飼水隔離閥 關 d) HP 飼水暖爐隔離閥 關 e) IP 飼水暖爐隔離閥 關 f) L 飼水暖爐隔離閥 關 g) 吹灰器氣封扇 OFF h) 預熱器進口隔離閥 關	

### 3.2 封存指南

注水加氮壓控制，如果用聯氨來防止腐蝕，必須對每週化學品消耗之趨勢作確認，要對化學濃度作量測，如有需要再補充聯氨。每週維持聯氨在 50ppm 已上是很重要的。

乾燥維護加氮壓控制，為排洩水並施行乾燥維護，氮氣壓力要盡可能維持在準值之上，所以沖放水溫要高於 90°C。

期間 類別	一至三天	四至七天	八至三十天	三十天以上
省煤器	封爐	聯氨 50ppm 氮封	聯氨 50ppm(週) 氮封	聯氨 50ppm(週) (上限為 500ppm) 氮封
蒸發器				
蒸汽汽水鼓				
過熱器	確認機組 停機關閥	乾燥	氮封	
再熱器				

#### 注意

- 1) 氮氣的壓力應為高於 0.03Mpa
- 2) 操作員應要每天檢查並紀錄氮氣的壓力
- 3) 萬一凝結了，應使用氮氣清除

## 4. HRSB 維護:

### 4.1 汽水鼓

#### 4.1.1 檢修指南

在每次定檢時，打開人孔並檢視汽水鼓內部。

檢測汙漬的分佈和數量及汽水鼓內部之黏著物，作化學分析並建立未來飼水及鍋爐水處理的方法。

檢視有無裂痕、腐蝕、侵蝕並施以 PT 或 MT 檢驗。

首次檢修時，對焊接點與大直徑噴嘴焊接部分的縱向及周圍以目視及探傷、非破壞檢驗(PT)，如有必要再施以 MT。

儘可能在運轉一年後或相近的時間做內部拆解，檢查是否有任何異常情況。

#### 4.1.2 檢修程序

Ⓐ：必要      Ⓑ：建議

每個項目的分類均考量設備的可靠度及檢修容易

項目	部分	程序	週期 (年)	分類	備註
檢視汙漬 及沉澱物	汽水鼓內部	目視	2 到 4	A	
	刷子	目視	2 到 4	A	損壞、磨損及螺絲緊度的檢查。 刷子中央和兩側要移除
檢視裂 痕、腐蝕及 侵蝕	縱向及周圍 焊接點	目視	2 到 4	A	從汽水鼓內側
	縱向及周圍 焊接點之交 叉點	PT 或 MT	2 到 4	A	從汽水鼓內側
	噴嘴焊接點	PT 或 MT	2 到 4	B	從汽水鼓外側
	焊接點之附 著物	目視	4 到 5	B	從汽水鼓外側
	人孔	目視	4 到 5	A	
	內表面在正 常水位	目視	2 到 4	A	
		目視	2 到 4	A	
更換	人口封函		2 到 4	A	在檢視汽水鼓內側 後，更換人口封函

### 4.1.3 檢視後量測

移除黏著在汽水鼓內側表面的汙漬和沉澱物，若有必要清理之。不可用水及壓縮空氣代替。

在黏著物檢驗結果出來之前(黏著物的分佈及數量和化學分析)，檢查飼水及鍋爐水的處理方法是否恰當。建立往後處理的方法。

若有裂痕、腐蝕或侵蝕應為注意，詳細檢驗並紀錄其位置、情況與原因並建立必要的對策。

萬一在汽水鼓連接管噴嘴金屬配件發生裂痕，等查明原因，決定對策並增加檢視點的數量。

若發生掉落、磨損…….等異常結果，要備註設備內部檢視的結果，修理、更換備品或替代品以恢復原來情況。

## 4.2 集箱

### 4.2.1 檢修指南

取樣典型省煤器和蒸發器的集箱並檢視其內側。每 4 年選取過熱器和再熱器的集箱並檢視其內側。

萬一在集箱的內表面存在有污漬和沉澱物黏著，量測黏著物的分佈及數量，加以化學分析並建立往後飼水及鍋爐水處理方法。對典型集箱內部情況的檢視要特別留心，尤其是首次作定期檢視。

裂痕，腐蝕或浸蝕要用目視檢驗。每 4 年噴嘴部分做一次檢視。若有查道任何缺失，未來的連續數年都要做進一步檢視。

在首次定檢之時，周圍的焊接點及大直徑噴嘴焊接部分需要進行目視檢查及 MT。

焊接部分檢視之處，由取樣方式決定(取樣方式為總數的 5~10%)

### 4.2.2 檢修程序

Ⓐ：必要      Ⓑ：建議

每個項目的分類均考量設備的可靠度及檢修容易

項目	部分	程序	週期 (年)	分類	備註
檢視汗漬 及沉澱物	集箱內側	目視	2 到 4	A	損壞、磨損及螺絲緊度的檢查。 刷子中央和兩側要移除
檢視裂 痕、腐蝕及 侵蝕	周圍焊接點	目視	2 到 4	A	
	噴嘴焊接點	目視	2 到 4	A	從集箱外側
	焊接點之附 著物	目視	2 到 4	A	從集箱外側

#### 4.2.3 檢視後量測

移除黏著在集箱內側表面的汗漬和沉澱物，若有必要清理之。不可用水及壓縮空氣代替。

在黏著物檢驗結果出來之前(黏著物的分佈及數量和化學分析)，檢查飼水及鍋爐水的處理方法是否恰當。建立往後處理的方法。

若有裂痕、腐蝕或侵蝕應為注意，詳細檢驗並紀錄其位置、情況與原因並建立必要的對策。

萬一在汽水鼓連接管噴嘴金屬配件發生裂痕，等查明原因，決定對策並增加檢視點的數量。

若發生掉落、磨損…….等異常結果，要備註設備內部檢視的結果，修理、更換備品或替代品以恢復原來情況。

### 4.3 管排和降溫器

#### 4.3.1 檢修指南

於焊接部分目視檢查是否有裂痕，當有需要時，施以 PT 或 MT。

當降溫器運作時，聽到不正常的振動聲音時，必須立即開蓋檢修。

關於噴嘴附加焊接支撐部份，檢查焊接處是否有斷裂或不正常。

焊接部分檢視之處由取樣方式決定。

#### 4.3.2 檢修程序

Ⓐ：必要      Ⓑ：建議

每個項目的分類均考量設備的可靠度及檢修容易

項目	部分	程序	週期 (年)	分類	備註
檢視裂痕、腐蝕及侵蝕	周圍焊接點	目視	2 到 4	A	從管外側，選取所有焊接點的 10%
	噴嘴焊接點	目視	2 到 4	A	從管外側
	焊接點之附著物	目視	2 到 4	A	從管外側
	去過熱器內表面	目視	2 到 4	A	從管內側
	灑水噴嘴焊接點	目視	2 到 4	A	
	內襯管	目視	2 到 4	A	外測表面情況檢查(低溫腐蝕)
	灑水管	目視	2 到 4	B	確認靠近肘部管的厚度(浸蝕)
振動	管排及降溫器	目視	運轉期間	A	

#### 4.3.3 檢視後量測

移除黏著在連接管和降溫器內側表面的汙漬和沉澱物，若有必要清理之。不可用水及壓縮空氣代替。

在黏著物檢驗結果出來之前(黏著物的分佈及數量和化學分析)，檢查飼水及鍋爐水的處理方法是否恰當。建立往後處理的方法。

若有裂痕、腐蝕或侵蝕應為注意，詳細檢驗並紀錄其位置、情況與原因並建立必要的對策。

萬一在汽水鼓連接管噴嘴金屬配件發生裂痕，等查明原因，決定對策並增加檢視點的數量。

若發生掉落、磨損…….等異常結果，要備註設備內部檢視的結果，修理、更換備品或替代品以恢復原來情況。

當降溫器運作時，發生不正常之振動，立即施以開蓋檢修。查明通知的異常的原因，修理更換備品或替代品以回復原來情況。

## 4.4 管件

### 4.4.1 檢修指南

目視檢查是否有不當排列，管變形，腐蝕。

空間檢視

在移除管外表面之黏著污漬後，用卡鉗或分釐卡測量每支管之外徑。

利用超音波厚度計量測管壁厚度並在同時檢查蝕腐程序，同時也要檢查管之長度。

檢查黏著於管壁的污漬。

檢查黏著物之外部情形，厚度，數量及組成，熔點…等。掌握黏著物之腐蝕及腐蝕部份分佈情況。

管外表面取樣檢查的目的如下(非破壞檢驗)

### 4.4.2 檢修程序

Ⓐ：必要    Ⓑ：建議

每個項目的分類均考量設備的可靠度及檢修容易

項目	部分	程序	週期 (年)	分類	備註
目視檢查	管排列不當	目視	2 到 4	A	
	管件上的污漬	目視	2 到 4	A	
	鰭	目視	2 到 4	A	燒掉，變形及裂縫檢查
	管支撐	目視	2 到 4	A	要檢查變形及磨損
管壁厚度量測	管壁厚度	目視	2 到 4	B	萬一發生管損壞，外徑及管厚度要量測
管取樣分析	管取樣分析	取樣	5 到 6	B	若發現厚度大幅減少，下列項目要檢查： 表面 空間 化學物 機械物 金屬結構



## 參、心得

- 一、對於熱回收設備的許多加工都已移往台灣，除了表示台灣已有能力之外，往後的備品及維護預算均可降低。
- 二、MHI 知識管理模式與作法：問不到核心人物及資料，待持續努力。
- 三、海外訓練教材雖然與國內教材非常相近，但是隨時都有專員講解、討論且有實品參考是較國內訓練為佳；然而無法自由進入工廠見習，即使特別要求仍無法如願。
- 四、目前大型氣渦輪機組已成主流，複循環之熱效率也日益提高，在發電廠興建難度增高，但備載容量仍偏低的今日，裝機快速、熱效率高之大型複循環機組應可考慮，提供充裕、穩定之電力，做台灣經濟發展之後盾。

## 肆、結論與建議

- 一、本廠因為是全黑起動電廠之一，當臨時煙囪拆除後全黑起動之氣渦輪機（BSGT）若無法提供足夠之起動電力時，應考慮一台氣渦輪機加裝旁通煙囪，以備不時之需。
- 二、為達成熱回收鍋爐設備最大可用度，可靠度及較高之效率，業主除應瞭解所購置之機組設備外，並應瞭解影響設備之因素；其包括瞭解設計、遵照製造廠家之建議、執行適當檢查、倉儲必要之備品及訓練運轉人員等。
- 三、不同型式容量之熱回收鍋爐，運轉所需之備品規格均不盡相同。考量機組備品之互通性，取得時效性及庫存成本費用等因素，建議爾後發電機組規劃，盡可能朝同型機組設計。
- 四、這次奉派赴日本三菱重公(MHI)長崎和橫濱研習獲益甚多，盡最大努力吸收新知，期能達成任務，助益爾後經辦業務之推行。最後，萬分感謝各級長官們之提拔與指導，始有此一實習機會並期能順利完成本任務。