

出國報告（出國類別：實習）

# 研習林口電廠更新擴建計畫之凝結水淨化系統及其附屬設備裝機、運轉及維護

服務機關：台灣電力公司

單位：發電處

姓名職稱：楊媛婷 發電處 化學工程師

派赴國家：日本

出國期間：105年5月17日至105年6月11日

報告日期：105年7月13日



# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習林口電廠更新擴建計畫之凝結水淨化系統及其  
其附屬設備裝機、運轉及維護。

頁數 40 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：

楊媛婷/台灣電力公司/發電處/化學工程師/02-23666549

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習 5 其他

出國期間：105 年 5 月 17 日至 105 年 6 月 11 日

出國地區：日本

報告日期：105 年 7 月 13 日

分類號/目

關鍵詞：凝結水淨化系統、AVT、OWT、RRT、CRT 及 ART

內容摘要：(二百至三百字)

本公司林口新建燃煤火力電廠係採超臨界貫流式機組，其鍋爐水處理以加氧方式之複合水處理(CWT)與既有電廠亞臨界機組使用聯胺之全揮發性處理(AVT)不同，而鍋爐水處理優劣對機組運轉影響甚大，由於超臨界機組無汽水鼓亦無法藉由鍋爐連續沖放水將雜質去除，因此超臨界鍋爐系統之高水質要求更需仰賴冷凝水淨化系統。

因新建林口電廠係為本公司最先使用超臨界機組，此次赴日本研習「凝結水淨化系統及其附屬設備裝機、運轉及維護」，主要可瞭解冷凝水淨化系統及設備之設計規劃、流程、原理、運轉、設備維護保養等及符合設計之水質規範要求，並使林口超臨界新機組更能安全順利及維護營運發電。

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

## 目 錄

壹、目的與過程-----	1
貳、ORANGO 公司介紹-----	3
參、實習內容-----	4
一、 冷凝水淨化系統(condensate polishing system)原理-----	4
二、 冷凝水淨化系統流程-----	7
三、 冷凝水淨化設備介紹-----	11
(一) 濾芯過濾器 CF -----	12
(二) 冷凝水淨化器系統-----	14
(三) 再生系統-----	22
(四) 化學藥品供應系統-----	27
(五) 其它設備-----	32
四、 故障原因及檢查排除-----	34
五、 實習相關閥件及泵浦簡介-----	37
肆、實習心得及建議-----	38
伍、感謝 -----	40

## 壹、目的與過程

### 一、目的

由於超臨界鍋爐使用蒸汽壓力高、機組效率高，因無汽水鼓裝置對於水處理之設備及水質要求比傳統火力汽鼓式鍋爐較高，為符合超臨界鍋爐運轉水質嚴格要求，新建機組除需以高效率之冷凝水淨化系統淨化水質，更須藉由正確運轉操作及維護以達到水質要求。如果系統水質管理不良，冷凝水中微細雜質將會因腐蝕及沖蝕等因素而導致系統中結垢物的增加及銅、鐵等金屬離子濃度增加，降低熱傳效率及局部過熱等因素造成破管，影響機組安全穩定營運。

藉此這次日本海外受訓可以充分瞭解廠商之設計規劃理念、製造流程、材質評估選用及運轉維修技術等，並充分蒐集資相關資料及熟悉整個冷凝水系統工作原理、設計理念，將有助公司首次採用超臨界機組冷凝水淨化系統之運轉維護操作順利，培植本公司對於超臨界機組之規劃、採購、維護及運轉核心技術能力。受訓人員亦可經此訓練學習到有關林口電廠更新擴建計畫冷凝水淨化的操作與保養。

本次赴日本習過程如表 1 所示，實習期間由 105 年 5 月 17 日開始，至 105 年 6 月 11 日為止，為期 26 天。

## 二、出國實習過程(日期及內容)

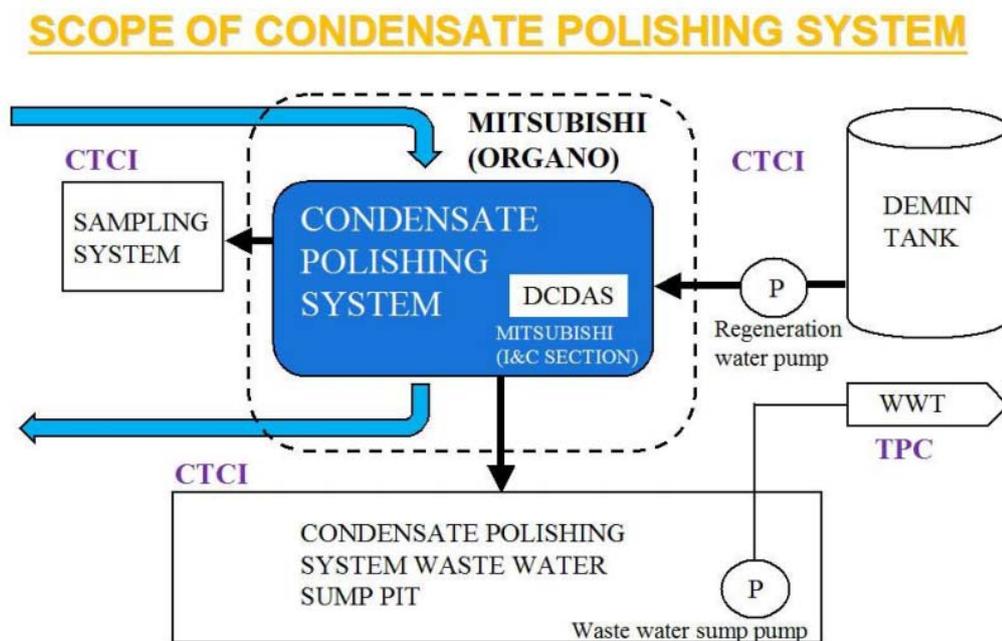
起迄日	城市及機構	實習內容
105年5月17日	台北→東京	赴日本
105年5月18日至 105年5月27日	ORGANO Corporation HQ	冷凝水淨化系統原理及操作
105年5月20日	TACMIA	膜片幫浦的設計、運轉與維修
105年5月25日	YKV	控制閥的設計、運轉與維修
105年5月26日	NDV	膜片閥與球型閥(氣動及手動)的設計、運轉與維修
105年5月30日至 105年6月3日	ORGANO Corporation R&D Center	冷凝淨化系統的維修(濾芯過濾器及離子交換樹脂)
105年6月6日至 105年6月7日	ORGANO 離子樹脂工廠	離子交換樹脂原理與選用
105年6月8日	SEIKOW	磁力式泵浦的設計與運轉維修
105年6月9日	KARATU (ORGANO Kansai Branch)	閘閥的設計與運轉維修
105年6月10日	HONDA (ORGANO Kansai Branch)	離心式泵浦的設計與運轉維修
105年6月11日	大阪	結束訓練
105年6月12日	關西→台北	返國(自費順道1天觀光)

## 貳、 ORGANO 公司介紹

ORGANO 株式會社創立於 1946 年，總部設於日本東京，1951 年成為日本第一大純水系統處理工程公司，1952 年與 Rohn & Hass 聯盟並成為 Amberlite 總代理商，2015 年該公司成立一個合資企業(水處理解決方案有限公司)，其主要經營業務為水處理設備工程，包括水處理設備提供膜類型水淨化器、電廠冷凝水淨化系統、蒸餾水生產設備、汙水處理設施、超純水系統的維護及工業廢水處理系統高速濾清設備和其它水處理設備。另外，化學製品提供聚集代理、離子交換樹脂、水處理化學製品和其它化學製品---等。

此次研習林口電廠更新擴建計畫之凝結水淨化系及其附屬設備裝機、運轉及維護，主要在日本東京之 ORANGO 公司的總處上課訓練，另至該公司之研究發展中心(神奈川縣 ORANGO 公司之 R&D)及 ORANGO 公司之離子樹脂工廠(茨城縣)研習。

林口電廠冷凝水淨化系統範疇 [日本 ORANGO 公司]



## 參、實習內容

### 一、冷凝水淨化系統(condensate polishing system)原理

冷凝水淨化的基本原理是藉由離子交換原理及再生原理構成整個系統運轉操作。林口電廠更新擴建計畫之冷凝水淨化系統之基本設計條件為:1、水質 2、CPS 操作時間 3、樹脂數量 4、再生化學藥品。

冷凝水中的溶解與懸浮固體(含鐵污物)，先藉由濾芯過濾器(cartridge filter)去移除，離子雜質則由冷凝水淨化器來去除，冷凝水淨化器中混合使用二種離子交換樹脂，即陽離子交換樹脂(gel 凝膠型)會與陽離子反應(如  $\text{Cu}^{+2}$ . $\text{Fe}^{+2}$ . $\text{Na}^{+}$ . $\text{NH}_4^{+}$ 等)，陰離子交換樹脂(macrorreticular 大孔型)則會陰離子反應(如  $\text{Cl}^{-}$ . $\text{SO}_4^{2-}$ 等)，水中的雜質與離子會藉由冷凝水淨化器中的離子交換樹脂所釋放的離子所取代，達成水質淨化技術，當樹脂交換容量飽和時，則需定期再生以恢復原來的離子形式。

冷凝水淨化系統其主要目的是將冷凝水中的微細雜質、懸浮腐蝕產物去除(亦即除去冷凝水中溶解性雜質及非溶解性不純物)，提供高純度的飼水做為超臨界鍋爐使用，維持在正常的運轉操作要求之水質標準，因此超臨界鍋爐需連續式使用冷凝水淨化器系統。當海水滲漏時，冷凝水淨化系統可以將這些離子雜質去除，保護鍋爐及汽輪機不被腐蝕。超臨界鍋爐機組在機組尚未起動之前，可藉再循環飼水之運轉經由飼水系統、鍋爐，然後再回到冷凝水(冷凝器)及冷凝水淨化器，使尚未沈積在汽機熱交換器表面之腐蝕產物先經冷凝水淨化系統移除。

冷凝水淨化系統之淨化器(內含混合床離子交換樹脂)，其水質淨化係利用離子交換樹脂原理，將溶解於水中的無機離子排除；陽離子交換樹脂利用氫離子( $\text{H}^{+}$ )來交換陽離子；而陰離子交換樹脂則利用氫氧根離子( $\text{OH}^{-}$ )來交換陰離子，最終氫離子與氫氧根離子結合成中性水。

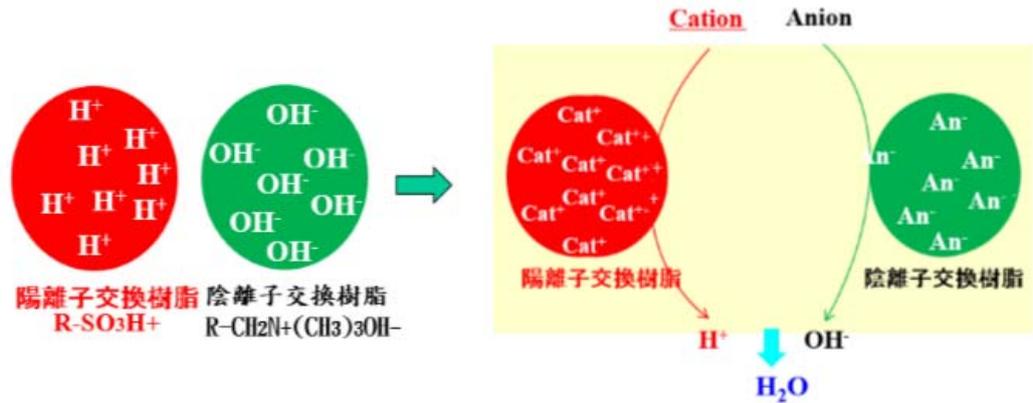


圖 1 冷凝水淨化器內陽、陰離子交換樹脂淨化水質原理示意圖

為何已很純淨冷凝水水質，仍須要仰賴冷凝水淨化來淨化水質呢！最主要的原因是飼水中有微量的可溶性不純物進入高壓鍋爐系統中將被濃縮，其濃縮的程度視鍋爐的設計、熱通量、熱傳送表面的氧化層厚度及不可溶不純物量之多寡而定(例如有可能濃縮程度由原來之 ppb 變成 ppm)，而超臨界鍋爐係以超過臨界壓力及溫度(臨界點 22.1MPa、374°C)運轉，且無汽鼓可沖放雜質，致濃縮的不純物如氯離子及硫酸鹽類等造成爐管的腐蝕。而超臨界鍋爐運轉型態以單一流體相(加熱、蒸發及過熱過程均在單一管子內完成)進入汽機，因此也導致銅、鐵的腐蝕產物沈積於汽機葉片上，嚴重的降低汽機出力。也因此須要利用冷凝水淨化系統來之離子交換樹脂去除可溶及不可溶雜質至非常低的濃度，但一般均須配置過濾設備，而林口新機組則以濾芯過濾器裝設於冷凝水淨化器之前端。

超臨界壓力鍋爐均採貫流式設計，貫流式鍋爐因為沒有汽鼓可以進行鍋爐水加磷酸鹽處理以調整水質，亦不能藉由鍋爐水沖放將不純物去除，故其水質要求比汽鼓式鍋爐嚴格。冷凝水淨化系統之設計是以連續運轉操作，並經冷凝水淨化器處理後之水質符合淨化器出口之水質規範。為符合水質要求，須設有導電度計及陽離子導電度計監測，其裝設位置如下:一套設置於冷凝水淨化系統(CPS) 入口集管，一套設置在每個

冷凝水淨化器(CPT)出口，一套設置在樹脂接收槽(RRT)出口，一套設置陽離子再生槽(CRT)出口，一套設置在陰離子再生槽(ART)出口。其水質在正常操作下，陽離子導電度 $\leq 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。

有關林口新機組之水質設計分別為:進流水水質及處理後水質(冷凝水淨化器出口)規範，如下表所示。

項目		單位	起動	正常運轉	海水洩漏 (加氧處理)
總溶解固體(TDS) 不包含 $\text{NH}_3$		$\mu\text{g}/\text{L}$ as $\text{CaCO}_3$	2,000	50	22,400*
溶解矽土		$\mu\text{g}/\text{L}$ as $\text{SiO}_2$	500	20	100
25°C pH 值	OWT	-	-	9.0-9.1	9.0-9.1
	AVT	-	9.3-9.6	9.3-9.6	9.3-9.6
溶解氨	OWT	$\mu\text{g}/\text{L}$ as $\text{NH}_4$	-	400	400
	AVT	$\mu\text{g}/\text{L}$ as $\text{NH}_4$	1,330	1,330	1,330
總懸浮固體		$\mu\text{g}/\text{L}$	-	-	10*
洩漏海水水量		L/h	-	-	1,140

表 1-1 進入凝水淨化器前之水質

項 目	正常運轉數值
矽土 ( $\text{SiO}_2$ )	$\leq 5 \mu\text{g}/\text{L}$ as $\text{SiO}_2$
陽離子導電度 (CC)	$\leq 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C
總鐵 (Fe)	$\leq 3 \mu\text{g}/\text{L}$ as Fe
總銅 (Cu)	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{L}$ as Cu
鈉 (Na)	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{L}$ as Na
總有機碳 (TOC)	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{L}$
硫酸根 ( $\text{SO}_4^-$ )	$\leq 2\mu\text{g}/\text{L}$ as $\text{SO}_4^-$
氯離子 ( $\text{Cl}$ )	$\leq 2\mu\text{g}/\text{L}$ as $\text{Cl}^-$

表 1-2 正常運轉時冷凝水淨化器出口之水質規範 ( 冷凝水淨化器出口 )

## 二、冷凝水淨化系統流程

冷凝水淨化系統連接於各別冷凝水循環中的冷凝水泵下游，而冷凝水淨化器的上游設置二組濾芯過濾器(CF, cartridge filter)，正常運轉時冷凝水淨化系統 (service)使用一組過濾器，另一組待機(standby)中。每部機組中冷凝水淨化器系統由 5 台冷凝水淨化器(CPT)組成，其中 2 台待機中。每台淨化器的設計流量係以 3 台淨化器流量可達冷凝水 VWO 的總流量為主。在正常運轉情況下之每部機組量為 1,543 噸/小時/3 台淨化器(即每台淨化器 514.4 噸/小時)，每台淨化器連續運轉的最大設計流量為 122m<sup>3</sup>/h/樹脂表面積(m<sup>2</sup>)。

正常運轉操作期間，主要監控導電度、差壓和總流量，更進一步確認亦須監控 SiO<sub>2</sub>、陽離子導電度、總銅、總鐵、TOC、SO<sub>4</sub><sup>=</sup>、Cl<sup>-</sup>及鈉。當出現這些警報信號時，應依據運轉操作人員判斷執行相關容器之逆洗或樹脂再生。

若海水滲漏緊急狀況，運轉操作人員必須以手動方式將兩組運行中之淨化器切換為兩組待機中之淨化器，以維持最大離子交換容量並維持濾芯過濾器運轉，檢查差壓。若濾芯過濾器有高-高差壓時，旁通閥將自動開啟。

當經冷凝水淨化器冷凝水累計流量到達其運作模式下所設定的總流量值或經處理後的冷凝水導電度高過於設定的導電度值，操作者需要藉由手動的方式將再生妥備用的混合樹脂淨化器啟動，另外將已失效的淨化器停止運轉並將樹脂送至再生系統還原。

冷凝水淨化系統由 DCDAS(分散式控制及資料蒐集系統 Distributed Control and Data Acquisition System)控制，電廠正常運轉情況下，除了在啓

動再生步驟過程中確認樹脂交界面高度的步驟外，全為自動操作。每台淨化器的操作狀況，在正常運轉模式、再循環模式或待命模式全部在 DCDAS 操作裡顯示。

冷凝水淨化系統之設計運轉是以下列模式運轉：

1. AVT(All volatile treatment 全揮發式處理)( H-OH mode)

此運轉模式之運作是在機組初次起動或者機組是在長期停機後再起動時，使用此種全揮發式處理。

2. OWT(Oxygenated water treatment 加氧式處理)( H-OH mode)

此運轉模式為主要與正常運轉操作模式或是在實施 AVT( H-OH mode)模式後使用此種加氧式處理。

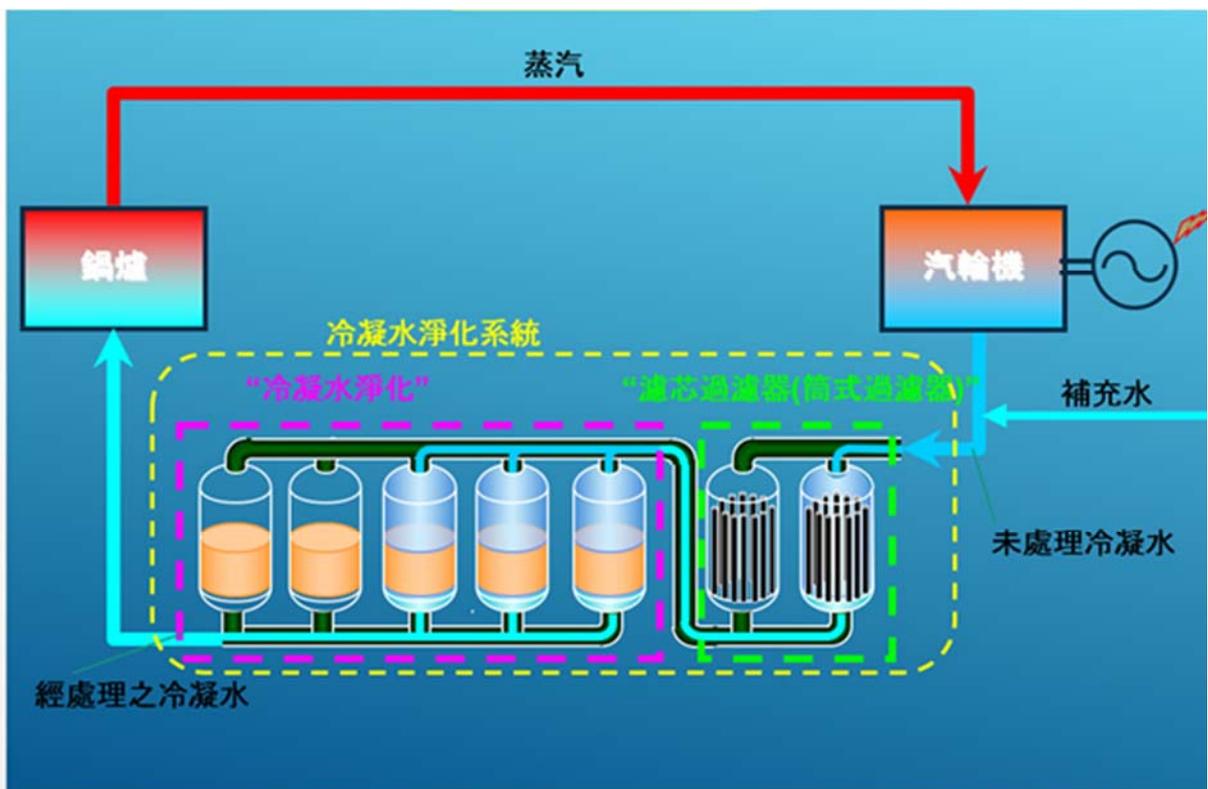


圖 2-1 冷凝水淨化系統處理流程示意圖

## 冷凝水淨化系統控制系統配置

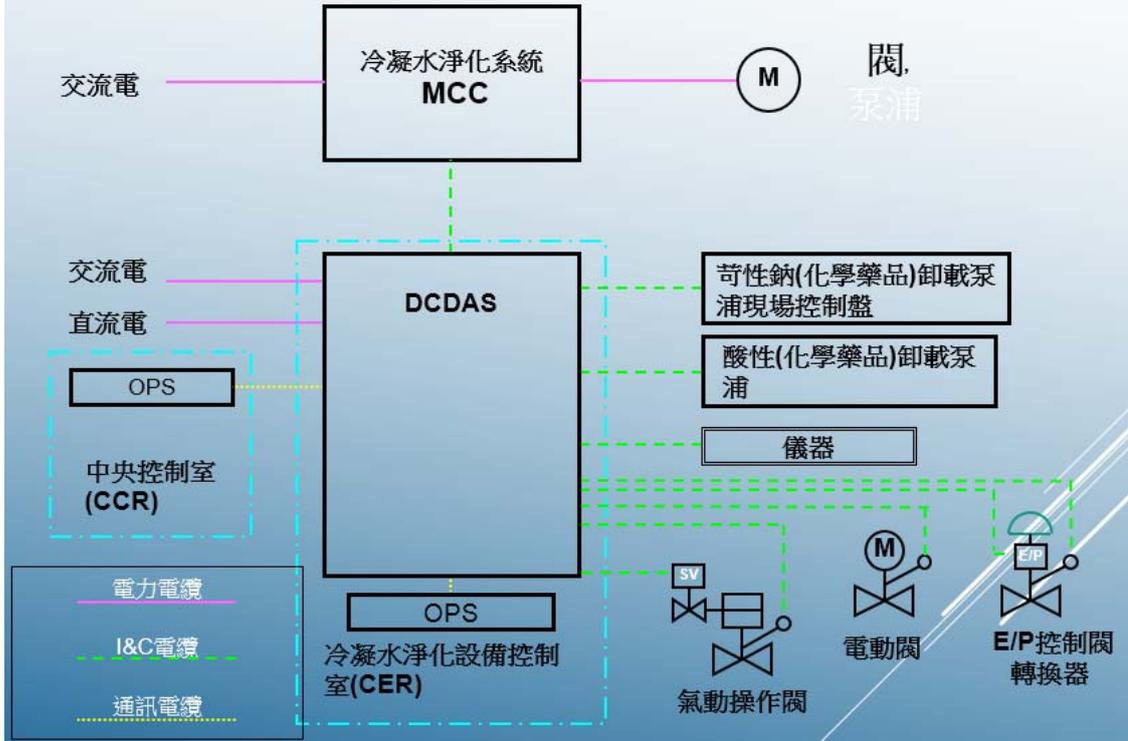


圖 2-2 冷凝水淨化系統 DCDAS 控制系統配置示意圖

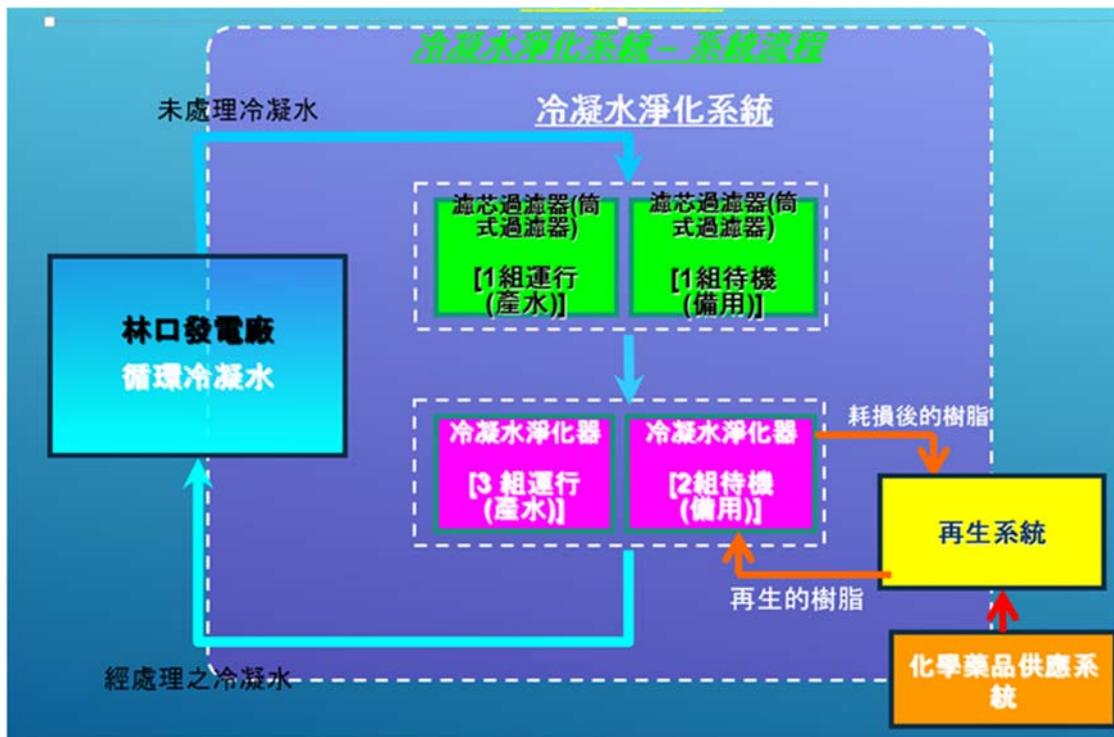


圖 2-3 冷凝水淨化系統流程示意圖

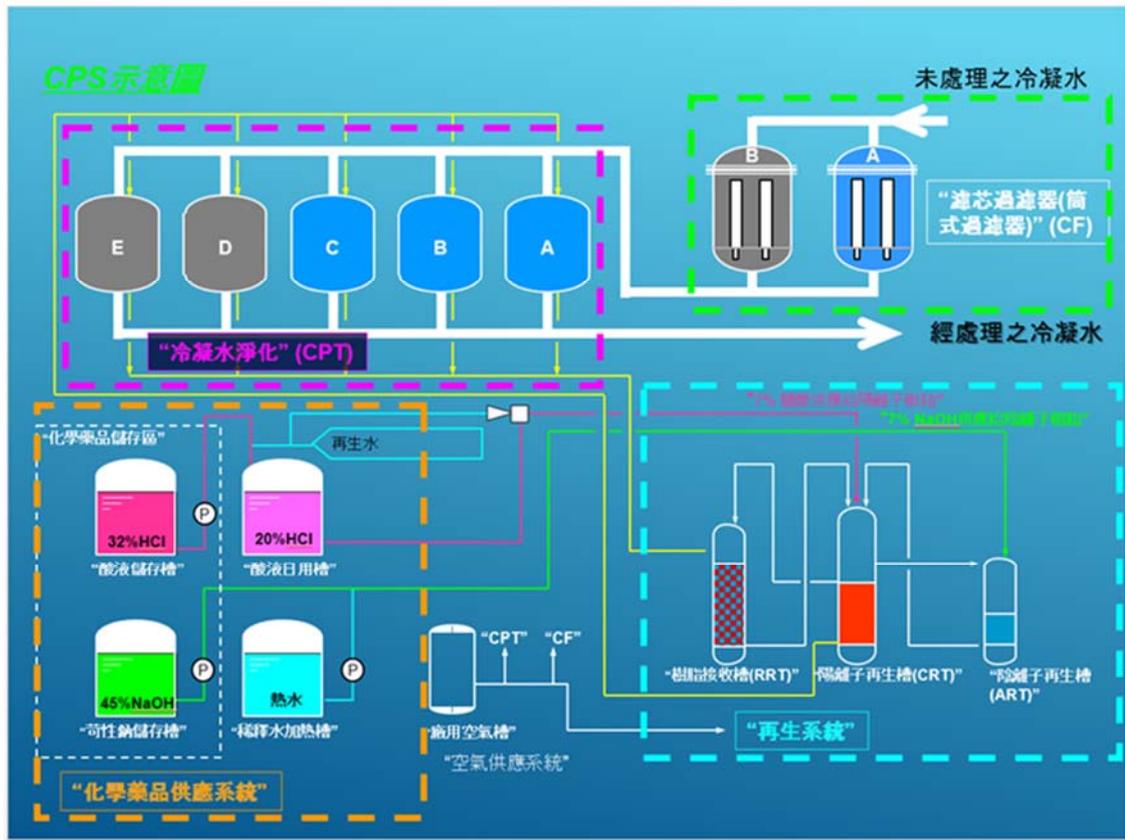


圖 2-4 冷凝水淨化系統、再生系統及化學藥品供應系統之設備及流程示意圖

## CPS 正常運轉操作時間

運轉操作模式	運轉(service)	再生
AVT (H-OH) (pH=9.45)	7 天	≤ 8 小時
OWT (H-OH) (pH=9.0)	21 天	≤ 8 小時

CPS : 冷凝水淨化系統  
 AVT : 全揮發處理  
 OWT : 含氧水處理

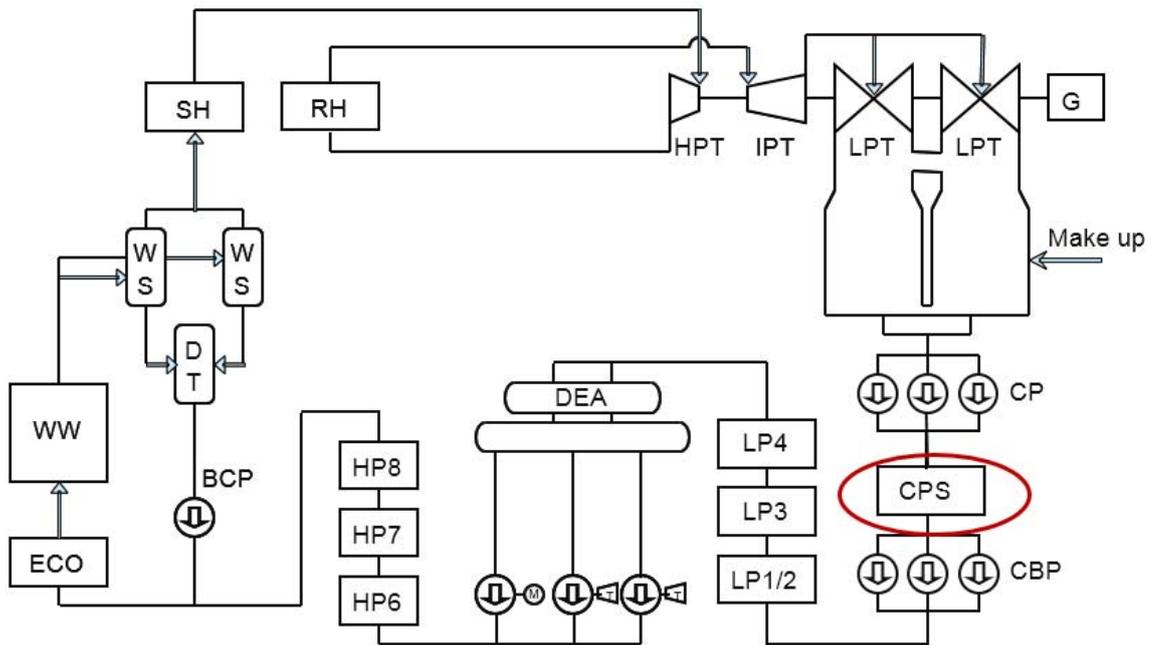
圖 2-5 冷凝水淨化系統正常運轉操作時間

### 三、 冷凝水淨化器設備介紹

冷凝水淨化系統 (CPS)組成包括下列主要組件:

- (1) 濾芯過濾器 (CF)
- (2) 冷凝水淨化器 (CPT)系統
- (3) 再生系統
- (4) 化學藥品供應系統
- (5) 其它設備

新建林口電廠更新擴建計畫之凝結水淨化系統，其一號機之凝結水淨化系統位置及設備配置圖如下：



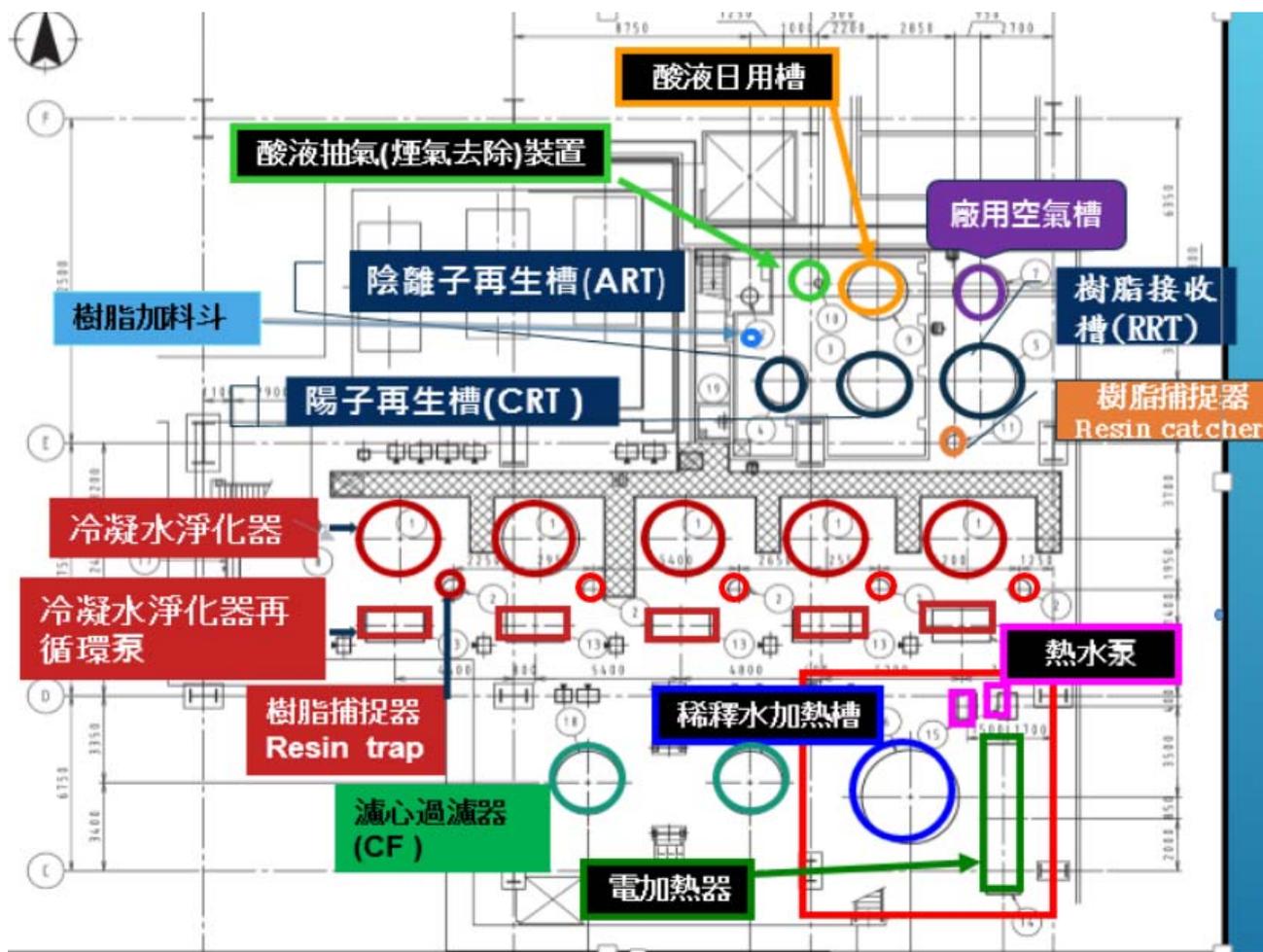


圖 3-1 林口電廠新建機組#1 機冷凝水淨化系統及設備配置圖

### (一) 濾芯過濾器 CF(Cartridge filter 筒式過濾器)

二台濾芯過濾器設置於冷凝水淨化器 (Polisher) 之前，其過濾膜孔徑為  $3 \mu\text{m}$ ，系統內配置兩個濾芯式過濾器，1 台過濾器以 100% 的全流量運轉另 1 台過濾器則為待機備用。主要功能是移除冷凝水中的溶解與懸浮固體(主要是含鐵污物)。來自廠用空氣槽的加壓空氣進入容器底部，且將蓄水向上推通過過濾器中央濾芯並從過濾器內部至外部吹出的水，去沖洗過濾器表面的含鐵污物。因過濾器表面累積的含鐵污物，會讓壓差增加，因此需定期以廠用空氣及再生水(除礦水)每 28 天需實施逆洗，若濾芯過濾器上的差壓值如果超過容許差壓 (0.2MPa)時，應更換濾芯。而檢修方面建議內部元件每二年做更換。

在正常運轉時流量設定為 1,036,896 m<sup>3</sup> (Normal flow rate 1,543 m<sup>3</sup> /h x 28 days)

濾芯過濾器 (筒式過濾器CF)	
正常 冷凝水水流	1,543 m <sup>3</sup> /h/機組
設計壓力	1.4 MPa
設計溫度	68°C
材質	本體 SA516Gr.70
容器數量	2
直徑/筆直高度	φ2400mm×2380 mmSH
濾器元件數	564
流量(通量)	0.49m/h
薄膜過濾器	PP (聚丙烯)

圖 3-2 濾芯過濾器構造及設計參數

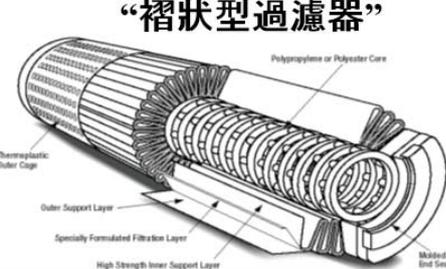
濾芯過濾器(筒式過濾器)(CF)	
<p><b>“褶狀型過濾器”</b></p>  <p>過濾元件內部結構</p>	 <p>安裝的濾芯過濾器內部元件</p>

圖 3-3 濾芯過濾器內部元件及構造

## 濾芯過濾器 Cartridge Filter

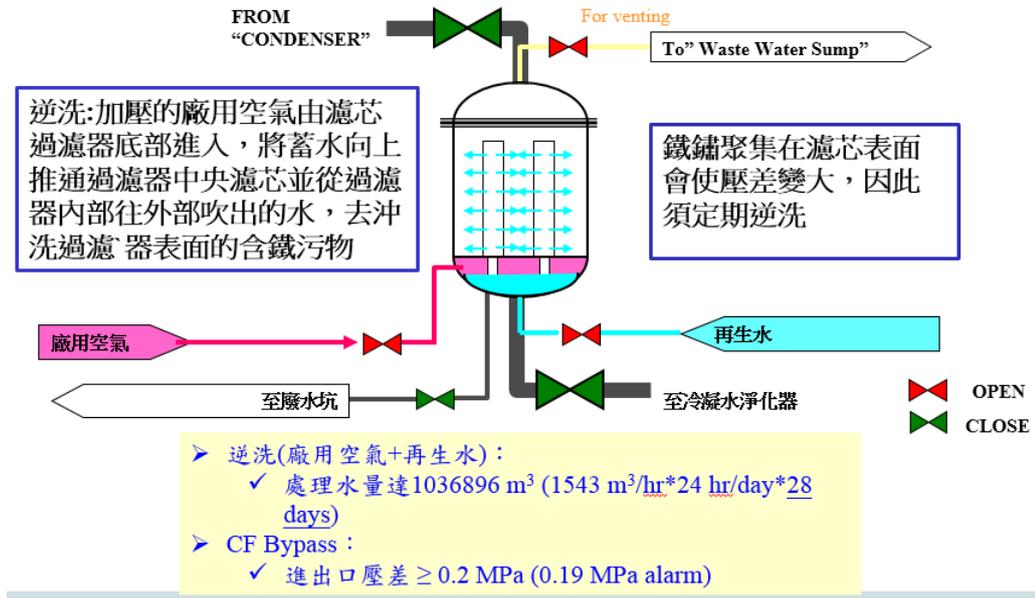


圖 3-4 濾芯過濾器之逆洗處理示意圖

### (二) 冷凝水淨化器 (CPT)系統

每部機組中冷凝水淨化器系統由 5 組冷凝水淨化器(CPT)組成，其中兩組待機備用，備用的淨化器於起動運轉前會執行樹脂混合及潤洗，而潤洗後的水將排至廢水廢水坑或冷凝器中，存留在冷凝水淨化器的水則藉由冷凝水再循環泵進行再循環淨化水質。冷凝水淨化器的主要功能為去除冷凝水中的離子雜質，冷凝水淨化器中混合使用二種離子交換樹脂，而林口更新擴建機組之冷凝水淨器所使用之陽離子交換樹脂(gel 凝膠型)，陰離子交換樹脂(macroreticular 大孔型)，水中的雜質與離子會藉由冷凝水淨化器中的離子交換樹脂所釋放的離子所取代，達成水質淨化技術，當樹脂交換容量飽和時，則需定期再生以恢復原來的離子形式。淨化器的運轉週期是在兩次再生程序之間以正常流量運轉的時間為基準(AVT ≥ 7 天; OWT ≥ 21 天)，海水洩漏條件下運轉 4 小時內可將冷凝水內的溶解不純物及懸浮固體去除。其運轉模式有二種，即(1)全揮發處理(AVT - All Volatile Treatment)此操作模式適用於初始起動或電廠長時間停機後的再起動程序。(2)加氧水處理(OWT - Oxygenated Water Treatment)此操作模式為

主要的運轉模式，應用在 AVT 模式之後。

### 1. 冷凝水淨化器(CPT)構造及設計

5 台冷凝水(混床式)淨化器，每台包括樹脂材料、內襯、支撐物、連接處、樹脂捕捉器(resin trap 5 只)及 5 台冷凝水淨化器再循環泵。

每台冷凝水淨化器在正常運轉之冷凝水流速為 514.4 m<sup>3</sup>/h，每部機組在正常運轉之流量為 1,543 m<sup>3</sup>/小時/3 台淨化器。在 AVT 模式下正常運轉流量設定為 86,419 m<sup>3</sup> (Normal flow rate 514.4 m<sup>3</sup>/h x 7 days)，在 OWT 模式下正常運轉流量設定為 259,258 m<sup>3</sup> (Normal flow rate 514.4 m<sup>3</sup>/h x 21 days)。

其淨化器內之陰、陽離子樹脂再生標準係以達到累計之 AVT 或 OWT 模式下正常運轉流量設定值。而警報之作動設定為(1)CPT 出口水質之陽離子樹脂導電度(CC)高於 0.1 μS/cm 25 °C 及其他出口水質不符規範。(2) CPT 進出口壓差高於 0.32MPa。

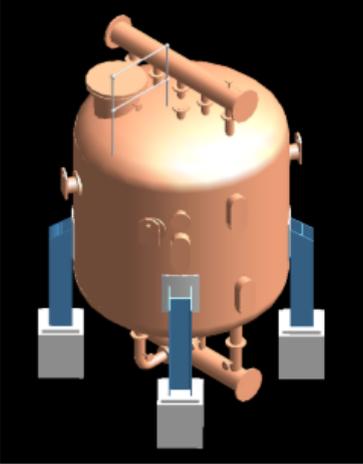
	正常 冷凝水水流	514.4 m <sup>3</sup> /h/機組
	設計壓力	1.4 MPa
	設計溫度	68°C
	材質	本體 SA516Gr.70 含5mm天然硬質 橡膠襯裡
	容器數量	5
	直徑/筆直高度	φ2800mm × 2200mm SH
	樹脂容積	陽離子 5,500L (H form) 陰離子 4,300L (OH form)

圖 3-5 冷凝水淨化器設計及構造

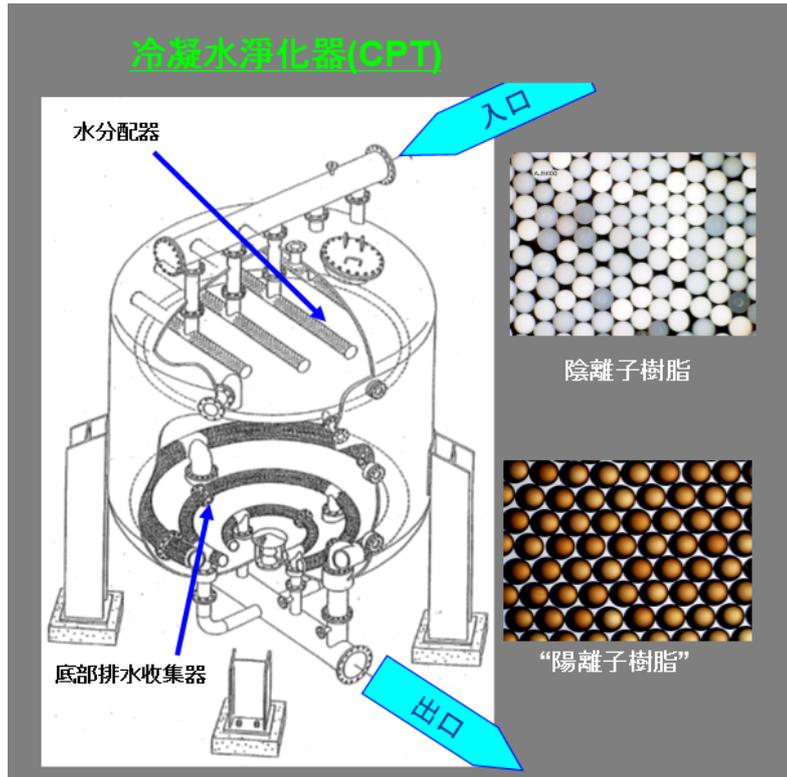


圖 3-6 冷凝水淨器內部設計及陰、陽離子交換樹脂

## 冷凝水淨化器(CPT) 定期維修

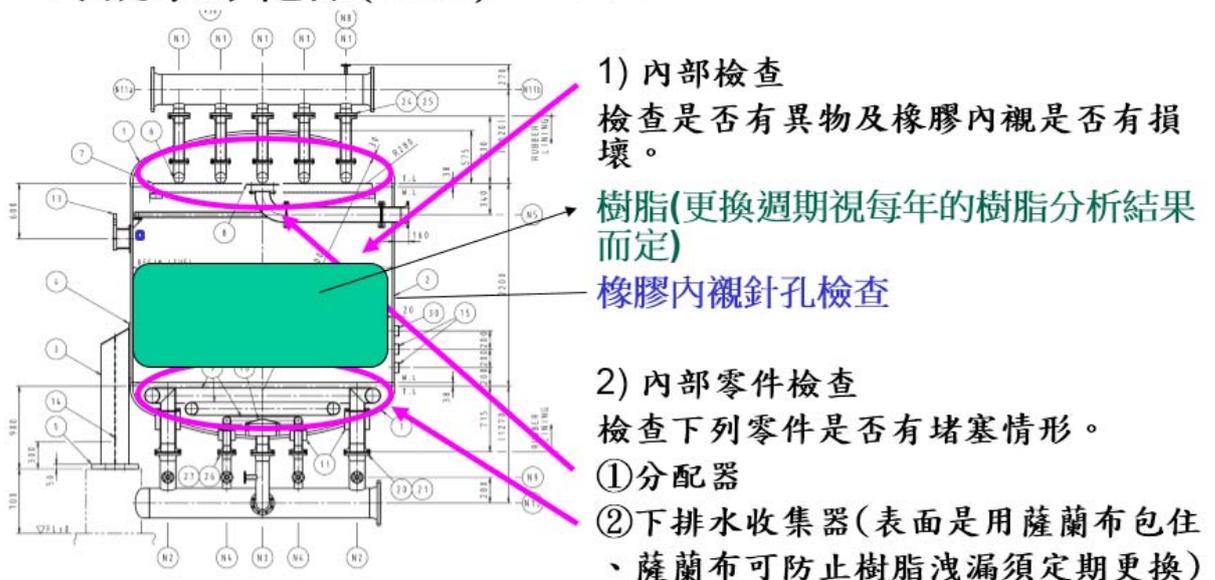


圖 3-7 冷凝水淨化器定期維修及耗材更換示意圖

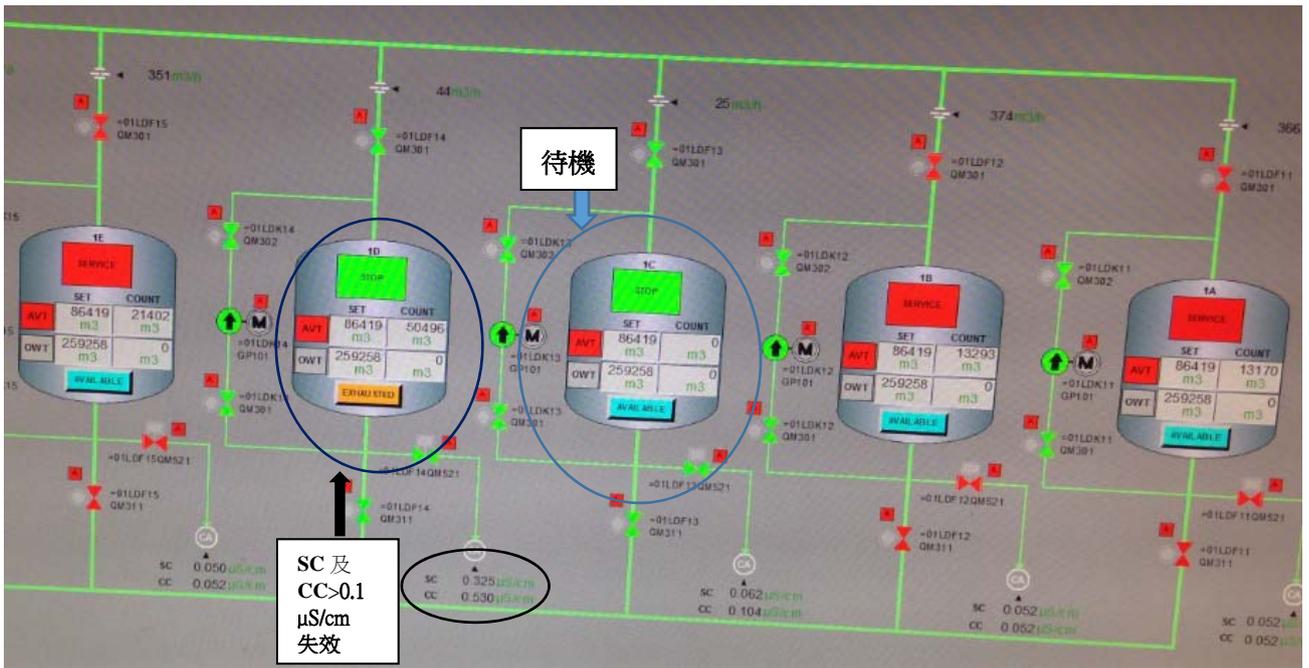


圖 3-8 DCDAS 工作台顯示之 5 台淨化器中 3 台運轉、1 台淨化器失效須再生，另 1 台待機

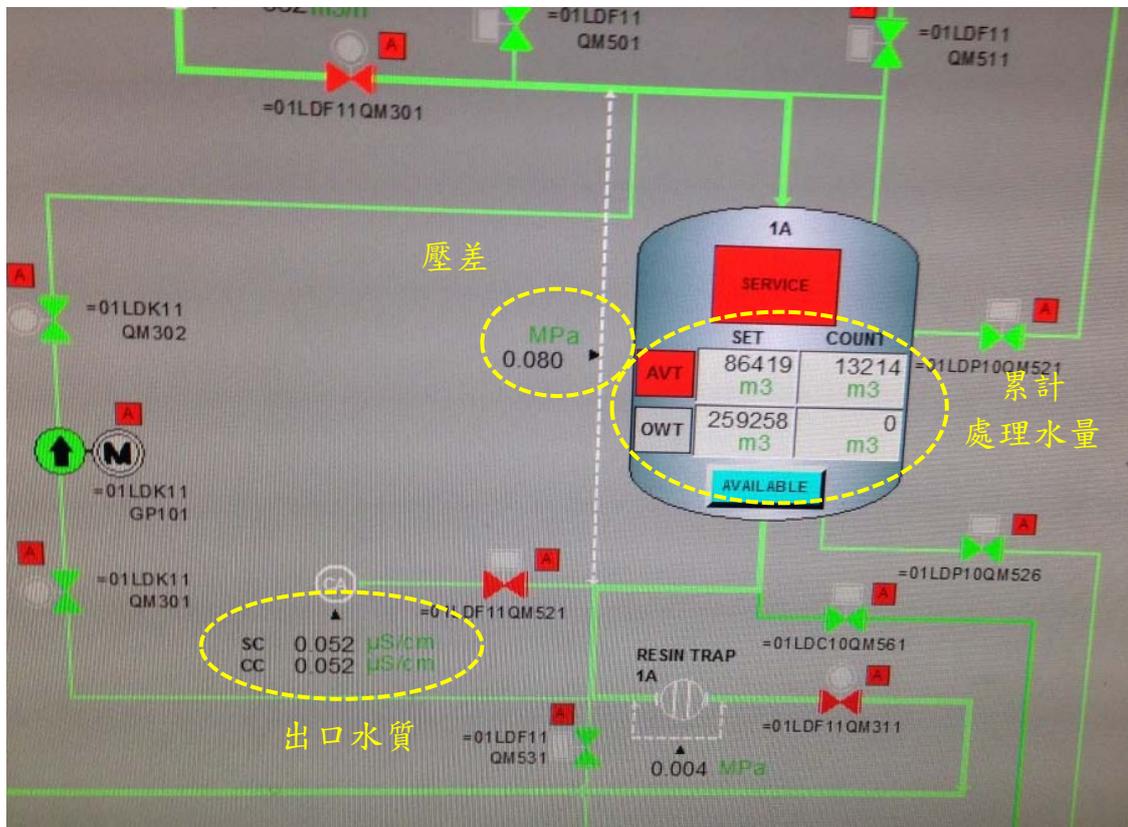


圖 3-9 DCDAS 工作台冷凝水淨化器設計流程及參數

## 2. 離子交換樹脂

離子交換即為在一固體(樹脂)和液體(水溶液)間，進行相互離子交換可逆的化學反應，也就是等當量的相同電荷之其它離子置換釋入水溶液中，而此種反應的發生並不會改變樹脂本身的結構。

冷凝水淨化器是以混床式設計，冷凝水淨化器之高水質要求是與淨化器之運轉設計及離子交換樹脂性能有關。因此樹脂之選擇攸關設計因素及水質要求。而樹脂性能的惡化有可能來自樹脂的污染或老化，尤其是陰離子樹脂比陽離子樹脂更容易受污染，如受有機物及來自陽離子樹脂之磺酸鹽污染，此外陰離子交換樹脂之化學穩定性要比陽離子交換樹脂差，一些強鹼性陰離子樹脂也較易有退化現象。由於離子交換樹脂反覆運轉及再生，離子交換樹脂容量會逐漸衰退，因此林口新機組須每年取樣分析，其離子交換樹脂年更換率，陽離子交換樹脂每年為 10%；陰離子交換樹脂每年為 20%，部分更換是以係依每年樹脂分析結果而定。離子交換樹脂的基體(matrix)，製造原料主要為苯乙烯和交聯劑二乙烯基苯產生聚合反應，形成具有長分子主鏈及交聯骨架結構的聚合物，離子交換樹脂依物理結構常分為凝膠型及大孔型，以下是林口電廠新機組冷凝水淨化系統之離子交換樹脂規格：

### 陽離子交換樹脂類型規格：

供應商：ROHM and HAAS Co. (Dow Chemical Co. 陶氏化學)

或是其它經許可製造廠商

類型：凝膠狀(gel)

樹脂型號名稱：AMBERJET 1006F

容積：5.5M<sup>3</sup> H 型淨化器槽

### 陽離子交換樹脂 (Amberjet 100CF) 規格

物理形態	半透明的暗琥珀色球形珠粒(凝膠型)
基質	聚苯乙烯 二乙烯苯 共聚物
官能基	磺酸
傳送時的離子性	H <sup>+</sup> 型
H <sup>+</sup> 型的轉換	99% 最小
總交換容量	≥ 2.5 eq/L (H <sup>+</sup> 型)
保水性(保水力)	36 至 41% (H <sup>+</sup> 型)
傳送時的重量	800±25 g/L
比重	1.28 (H <sup>+</sup> 型)
粒徑	
均勻係數	≤1.25
調和平均值	0.63 to 0.72 mm
<0.425mm	0.5% max
容積	5.5m <sup>3</sup> as H 型式 /淨化器容器
使用溫度上限	120°C

圖 3-10 陽離子交換樹脂規格

#### 陰離子交換樹脂類型規格:

供應商：ROHM and HAAS Co. (Dow Chemical Co. 陶氏化學)

或是其它經許可製造廠商

樹脂型號名稱：AMBERJET 9000

類型：大孔(macroreticular)

容積：4.3M<sup>3</sup> OH 型淨化器槽

### 陰離子交換樹脂(Amberjet 9000)規格

物理形態	淡黃褐色的不透明球形珠粒
基質	大孔(樹脂) 苯乙烯-二乙烯苯 共聚物
官能基	四基銨
傳送時的離子性	OH <sup>-</sup> 型式
OH <sup>-</sup> 型的轉換	最低93%
總交換容量	≥ 0.8 eq/L (OH <sup>-</sup> 型)
保水性(保水力)	66 to 75% (OH <sup>-</sup> 型)
運送時的重量	660 g/L
粒徑	
均勻係數	≤1.25
調和平均值	0.58 to 0.70 mm
0.850mm混入率	最多為5%
未滿0.425mm	最大1%
容積	4.3m <sup>3</sup> as OH 型 /淨化器容器
使用溫度上限	60°C

圖 3-11 陰離子交換樹脂規格

這二種樹脂適用於混床冷凝水淨化處理，其優點為具高陰離子動力學、優良的抗侵蝕性表面及穩定的高滲透壓。

一般良好的離子交換樹脂需要有以下之特性:

- \* 陰陽離子交換樹脂有適當大小的粒度及密度(逆洗時有很好的分離)
- \* 明顯的陽離子交換樹脂與陰離子交換樹脂顏色差異
- \* 供水期間壓力損失很低
- \* 物理強度高
- \* 從樹脂上洗滌的有機質很低

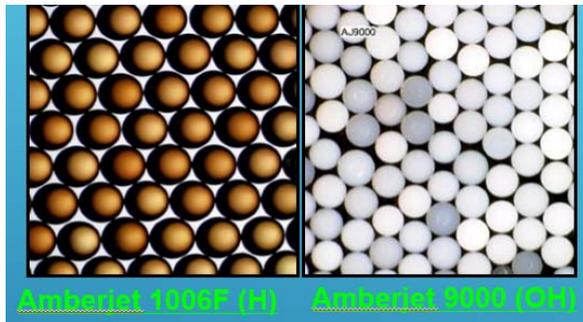
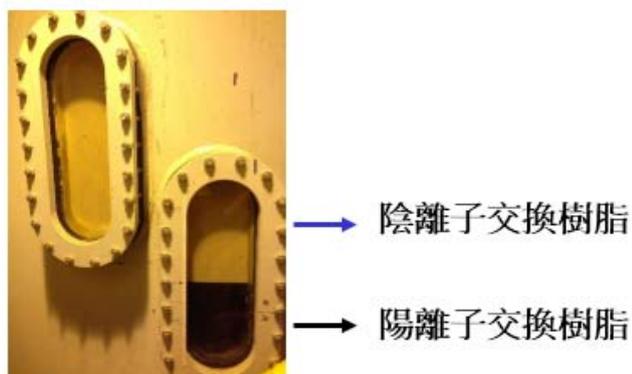


圖 3-12 在顯微鏡下陽離子交換樹脂及陰離子交換樹脂外觀



CRT觀察視窗(分離情形)

### 3. 樹脂捕捉器

樹脂捕捉器(數量 5 台)的主要功能為當冷凝水淨化器中的底端排水收集器滲漏時，可捕獲離子交換樹脂，以避免樹脂進入冷凝水系統污染水質。

### 樹脂捕捉器

當樹脂從CPT中的底端排水收集器滲漏時，可捕獲離子交換樹脂的過濾器



正常 冷凝水水流	514.4 m <sup>3</sup> /h/機組
設計壓力	1.4 MPa
設計溫度	68°C
材質	本體 SA285Gr.C
容器數量	5
直徑/筆直高度	600A × 750mmSH
過濾器材質	SA210 型式316

圖 3-13 樹脂捕捉器外觀構造



圖 3-14 樹脂捕捉器設置於淨化器底端之下游

#### 4. 冷凝水淨化器再循環泵（離心式）

冷凝水淨化器再循環泵(數量 5 台)主要功能是在使用前，循環冷凝水淨化器中的冷凝水，提升水質。亦即備用的淨化器在啓用運轉前會將樹脂先潤洗，並進行樹脂混合，而潤洗後的水會排至廢水坑或冷凝器中。而存留在冷凝水淨化器裡的水藉由冷凝水循環泵進行再循環。

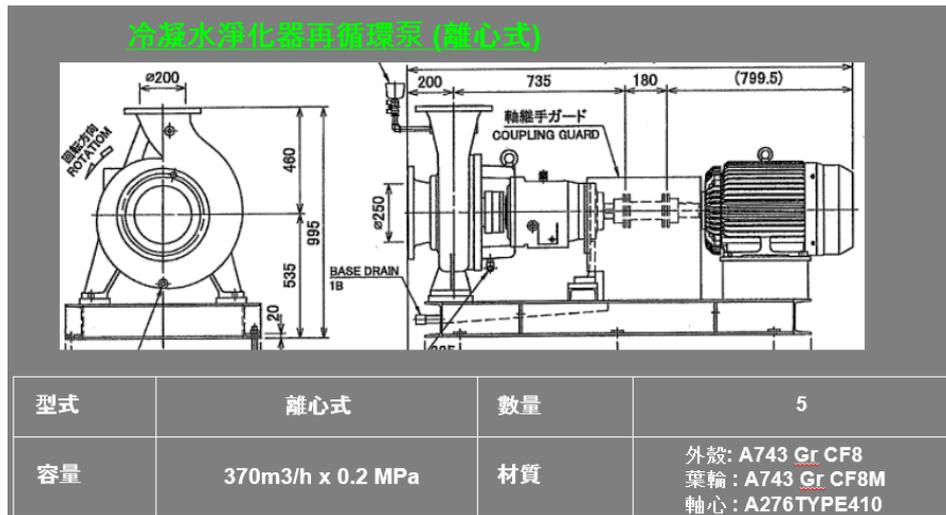


圖 3-15 離心式冷凝水淨化器再循環泵構造示意圖

### (三)再生系統

冷凝水淨化器內之混合樹脂失效後須送至外部的再生系統，其再生系統包含樹脂接收槽(RRT)、陽離子再生槽(CRT)、陰離子再生槽(CRT)。

準備再生時，經由空氣洗滌，將樹脂表面的不溶性含鐵物移除。

當淨化器內之混合樹脂失效後，須藉由除礦水(再生水)和空氣等流體壓力傳送至樹脂接收槽，且傳送失效樹脂率至少要 99%的移出率。接著再將失效之混合樹脂傳送至陽離子再生槽中，而陽、陰離子經沖洗後，由於比重的差異而分層。分層後的陰離子樹脂(上層)會移送至陰離子再生槽等待再生，而中間層之陰陽混合樹脂區會被傳送至樹脂接收槽，以避免交叉污染，經分離的陽離子則續留在原來的陽離子再生槽內。

而陽、陰離子樹脂再生則分別在陽離子再生槽及陰離子再生槽以除礦水稀釋後之鹽酸(HCl)及液鹼(NaOH)進行再生，經再生後之陰離子樹脂則再送回陽離子再生槽，直下批失效的混合樹脂欲進行再生前為備用狀態。在外部再生系統中許多的操作程序皆須藉助空氣及除礦水進行。

再生原理為在產水(service)操作期間，由於冷凝水中陽離子交換之故，離子交換樹脂容量將逐漸耗盡，當整體流量達預設之整體容積時，必需將樹脂再生，

冷凝水中當離子交換樹脂的雜質離子滿載時，樹脂的再生一般均在相反於一般運轉操作的化學反應下執行。

外部樹脂再生時間包含全部傳送及再送回操作時間應小於 8 小時。

完整的自動再生程序包含樹脂送進和送出至外部再生系統步驟，均由 DCDAS 啟動。再生步驟過程中除了確認樹脂交界面的步驟外，全為自動操作。

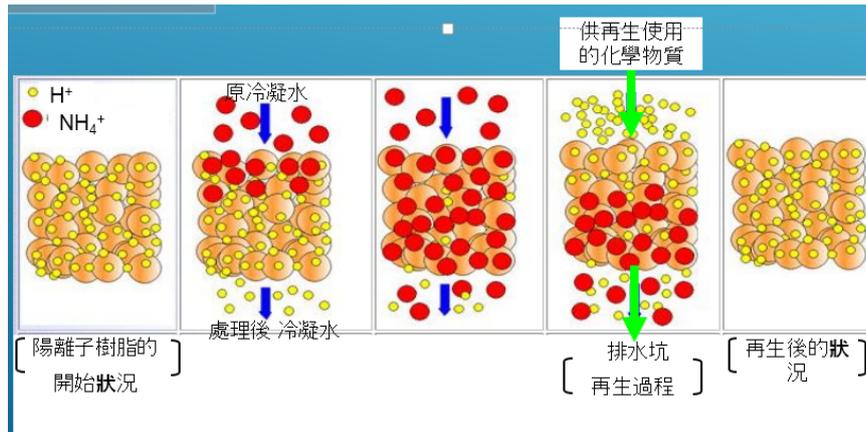


圖 3-16 離子交換樹脂再生原理示意圖

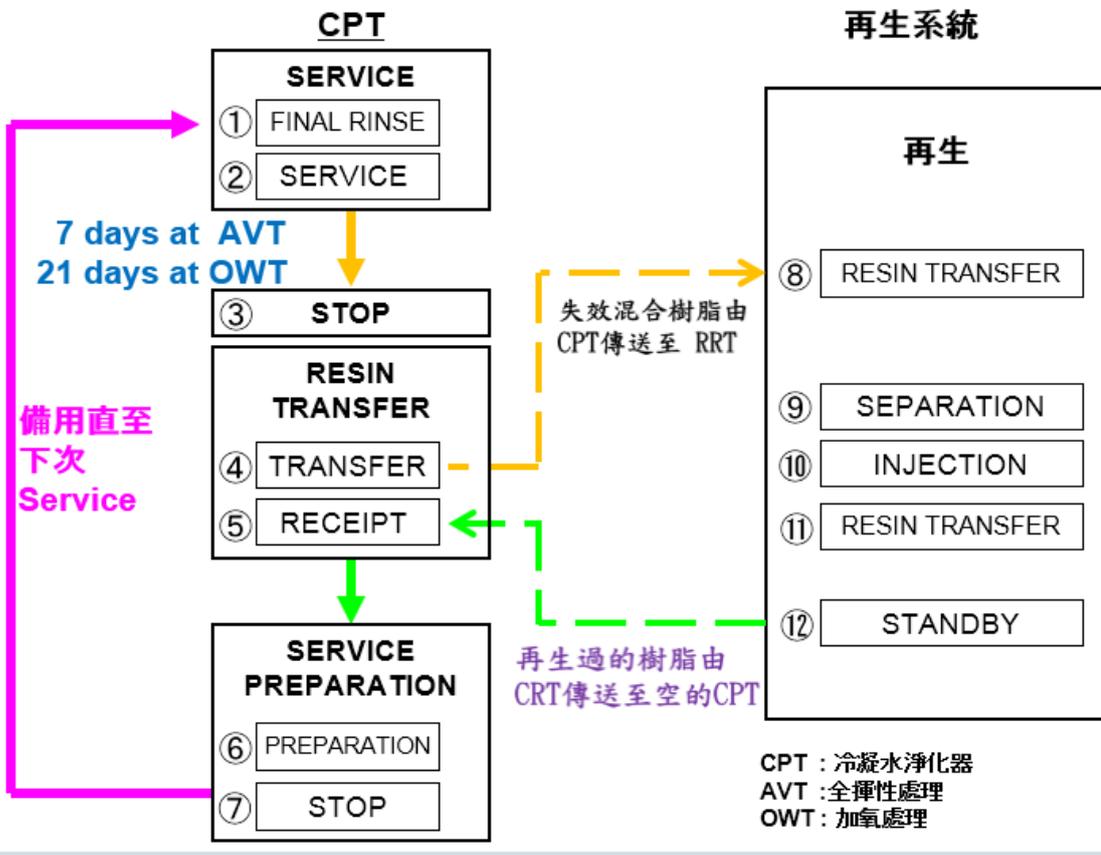


圖 3-17 冷凝水淨化器及再生系統之傳送及接收示意圖

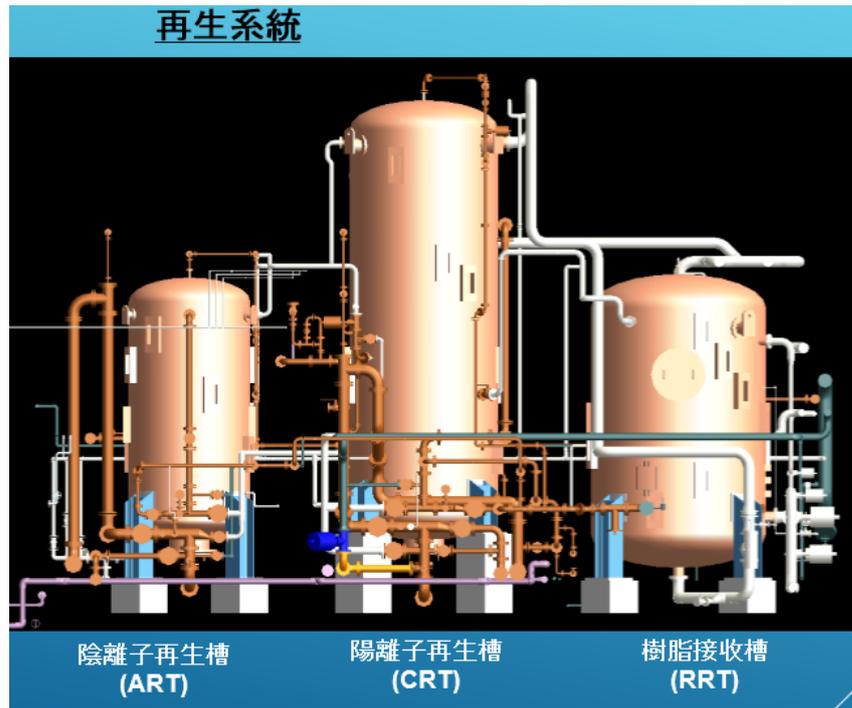


圖 3-18 林口擴建更新電廠#1 機之再生系統三槽位置示意圖

### 失效樹脂再生程序

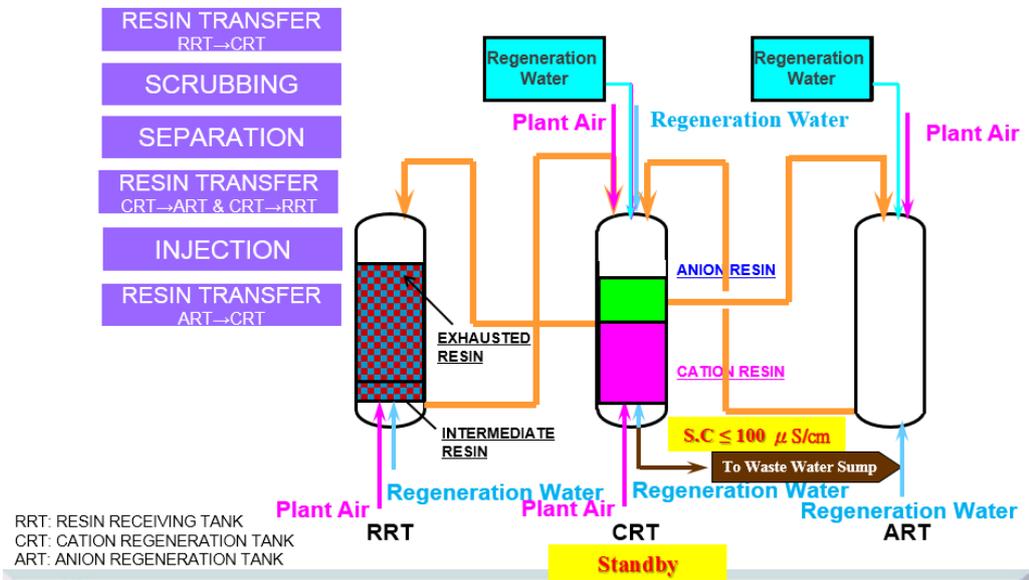


圖 3-19 失效樹脂之再生程序示意

#### 樹脂接收槽 (RRT)

經由 CRT 傳送之中間樹脂(含陽離子與陰離子)會在此 RRT 存放，另冷凝水淨化器(CPT)中的損耗失效(exhausted)混合離子交換樹脂亦會傳送到這個儲槽(RRT)裡儲存，因此樹脂接收槽 (RRT)會含有這兩種不同批次失效樹脂(含陽離子與陰離子)standby，俟下次轉移到陽離子再生槽 (CRT)做分離及再生程序。

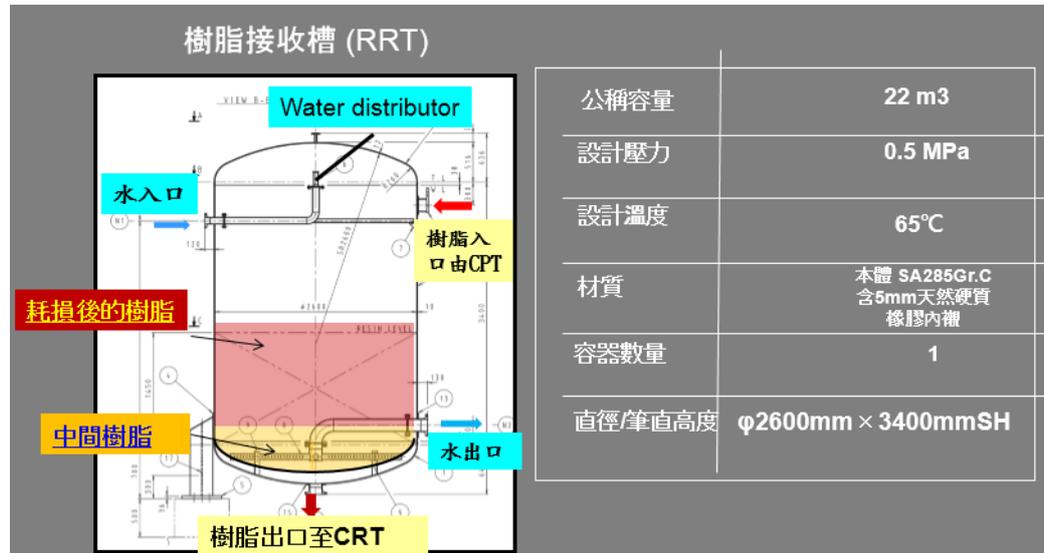


圖 3-20 樹脂接收槽構造設計

### 陽離子再生槽(CRT)

樹脂接收槽(RRT)中混合的(陽離子與陰離子)離子交換樹脂，被傳送到這個陽離子再生槽中，此時陽離子與陰離子樹脂會因密度差而分開。現場運轉人員須確認 CRT 內之陰陽離子中間樹脂界面(中間層樹脂將被轉移至 RRT 以避免 cross 交叉污染)是否在容許範圍內。若未在容許範圍內，須調整補充或排放陽離子樹脂。只有比重大的底層陽離子交換樹脂留在 CRT，在這個儲槽裡利用鹽酸(7%)再生。而上層之陰離子交換樹脂則傳送至陰離子再生槽(ART)去再生，經再生後的陰離子樹脂，會被再傳送到這個 CRT 裡，並儲存直至下次冷凝水淨化器排空的時候為止。因此經再生後之陽離子和陰離子樹脂則以未混合狀態停留於 CRT 內，並儲存直至下次冷凝水淨化器(CPT)要使用的時候為止。(陽離子及陰離子樹脂於冷凝水淨化器內混合)

再生系統中以陽離子再生槽(CRT)之槽體為最高(5800mm)，其筒槽高度係以陰、陽離子樹脂因比重差異分離時而有最佳的分離效果的设计。

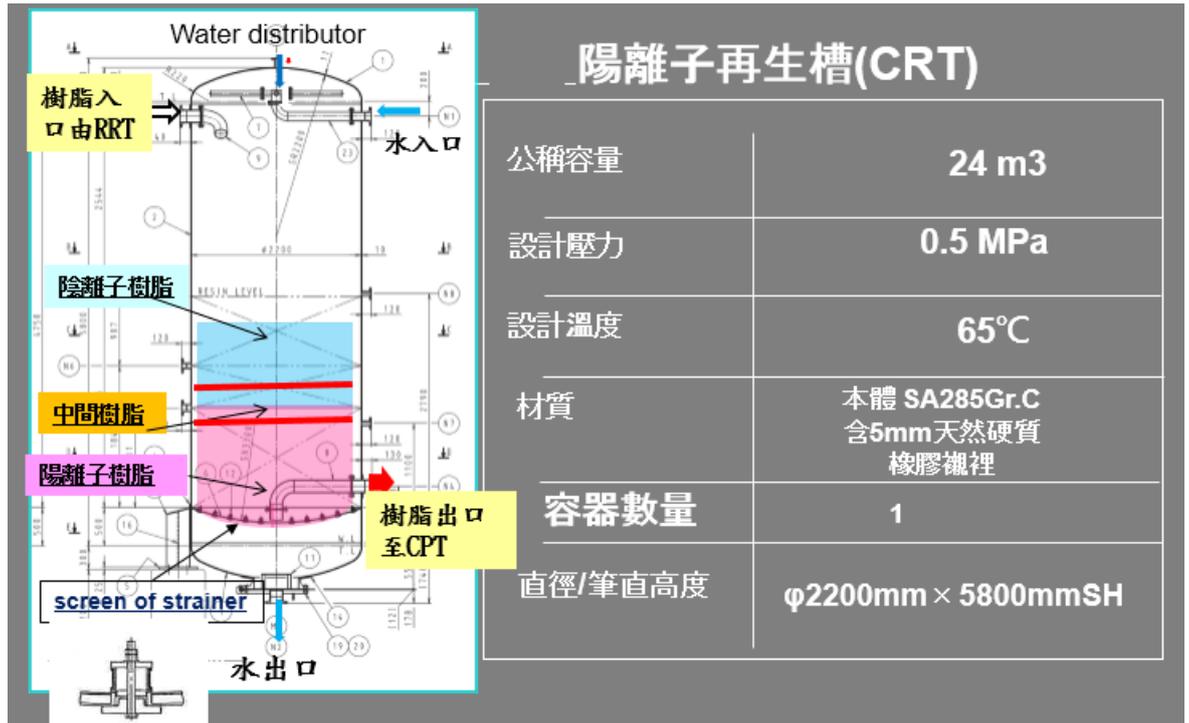


圖 3-21 陽離子樹脂再生槽構造設計

**陰離子再生槽(ART)**

當陽離子與陰離子交換樹脂在陽離子再生槽(CRT)內分離後，上層比重較輕之陰離子交換樹脂會被傳送到陰離子再生槽(ART)，並藉由苛性鈉(7%)再生陰離子交換樹脂。ART 內之再生陽離子樹脂傳送至 CRT 儲存，直至下次再生流程。

再生系統中僅有 ART 有溫度監測(diluted caustic temp)，主要功能為有效去除二氧化碳。

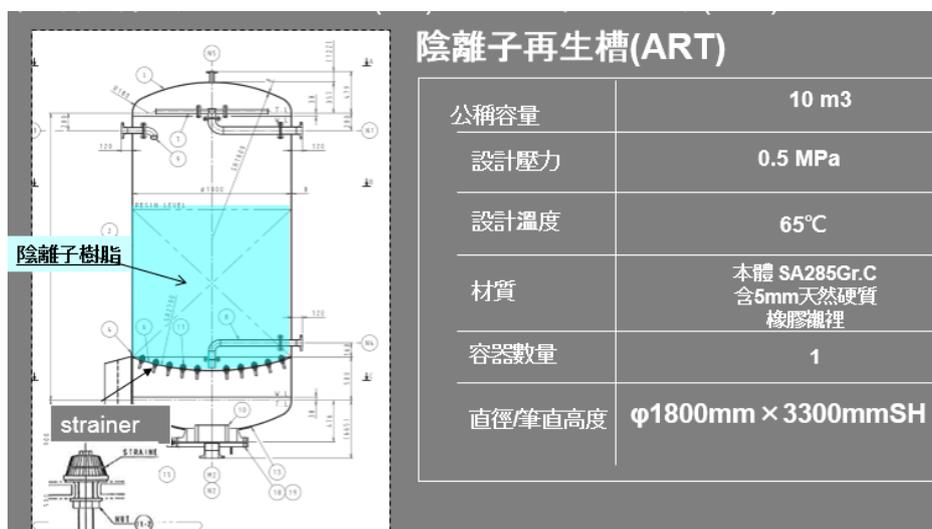


圖 3-22 陰離子樹脂再生槽構造設計

(四) 化學藥品供應系統

化學藥品供應系統為提供貯存及樹脂再生步驟所需的化學藥劑，包含鹽酸供應系統及液鹼供應系統。

化學藥品供應系統

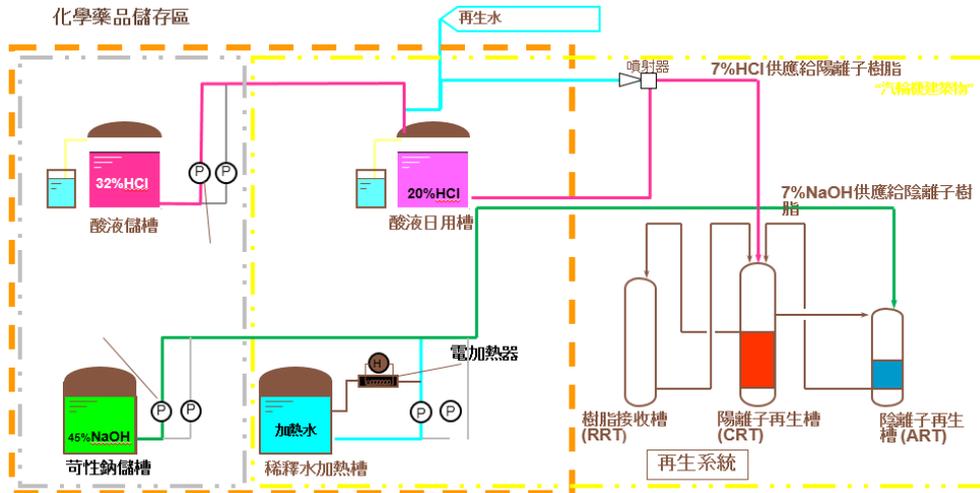


圖 3-23 再生系統之化學藥品供應流程示意圖

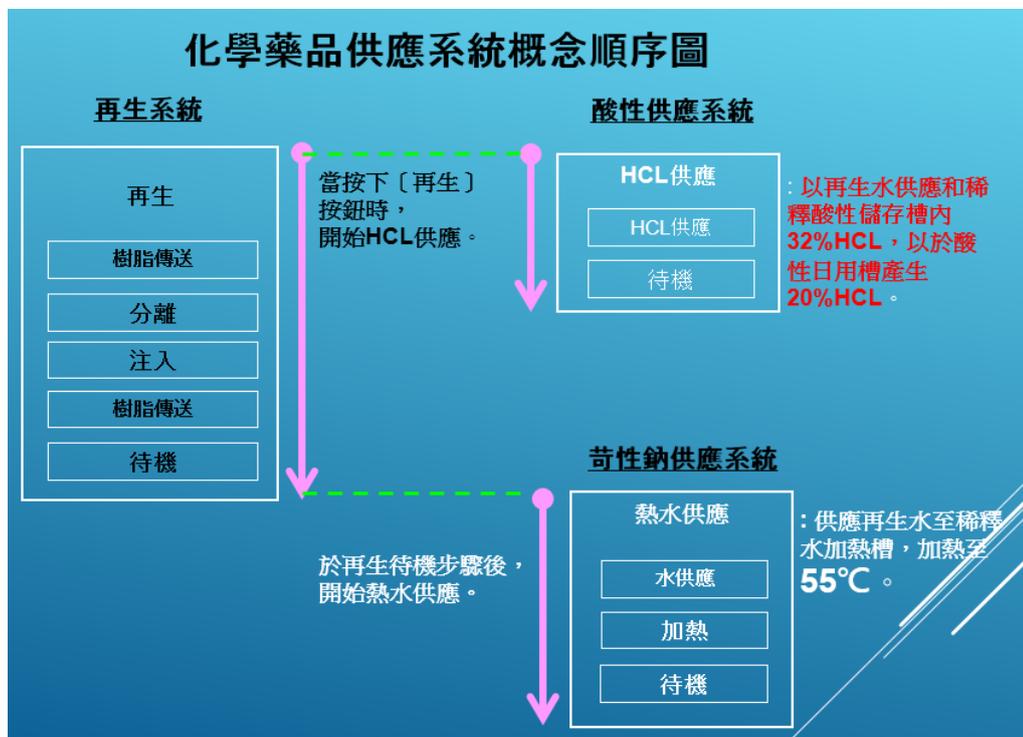


圖 3-24 樹脂再生之化學藥品供應系統概念順序圖

## 1. 鹽酸供應系統

32%鹽酸用除礦水稀釋降至濃度為 20%。20%鹽酸貯存於酸日用槽以備再生時使用，有兩組非洗滌型式酸液抽氣裝置(煙氣去除設備 non scrubbing type acid fume removal devices)。一組是供酸貯存槽使用，另一組則為酸日用槽使用(可供兩個批次的再生容量)。

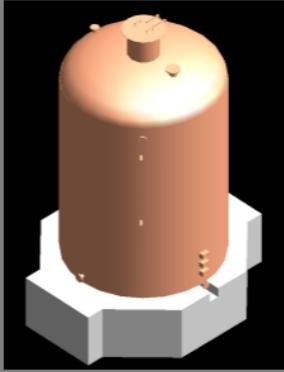
<b>酸液儲槽</b> 32% HCl		
	公稱容量	運行(產水)容量：24m3 滿載容量：27m3
	流體名稱	32%HCl
	設計壓力	ATM
	設計溫度	65°C
	材質	FRP
	容器數量	1
	直徑/筆直高度	φ3000mm × 3900mmSH

圖 3-25 酸液儲槽構造及設計

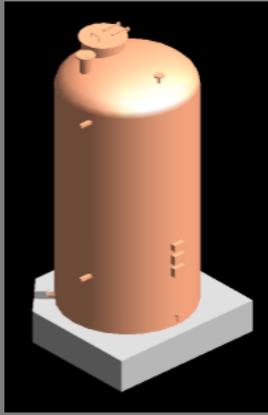
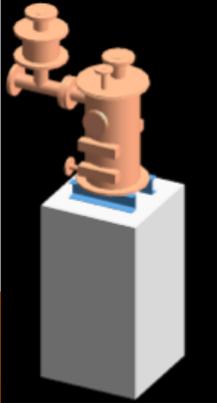
<b>酸液日用槽</b> 20% HCl		
	公稱容量	10 m3
	流體名稱	20%HCl
	設計壓力	ATM
	設計溫度	65°C
	材質	FRP
	容器數量	1
	直徑/筆直高度	φ2000mm × 3500mmSH

圖 3-25 酸液日用槽構造及設計

酸液抽氣(煙氣去除)裝置為連接於酸液日用槽及酸液儲槽的通氣管以減輕酸液煙氣。

**酸液抽氣(煙氣去除)裝置**  
 HCl為有害氣體, 酸液抽氣裝置的功能是將酸液儲槽內所產生的煙氣去除



公稱容量	30 L
設計壓力	ATM
設計溫度	65°C
材質	本體 SA36 含5mm天然硬質 橡膠襯裡
容器數量	2

圖 3-26 酸液抽氣(煙氣去除)裝置構造及設計

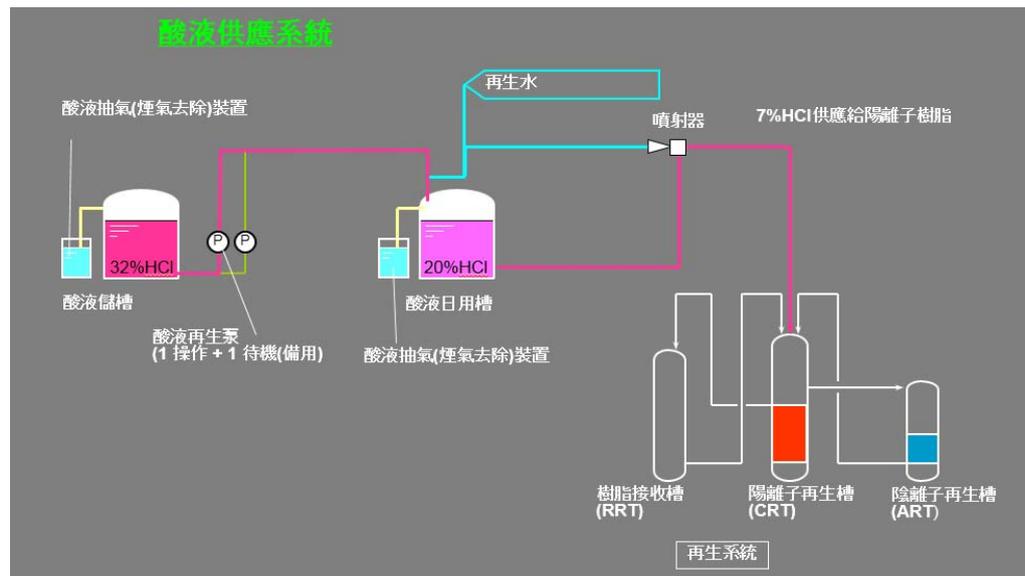


圖 3-27 酸液供應系統流程示意圖

## 2. 液鹼供應系統

為避免液鹼發生凝固的情況, 苛性鈉儲槽(45%液鹼)須藉著桶槽裡的沈水式加熱器來維持溫度(25~35°C), 而稀釋水加熱槽(45~55°C)是藉熱水泵(離心式)和外部的電熱器(13 組)來維持溫度恒定, 一次再生循環所需要的液鹼量會用稀

釋水加熱槽中之溫熱除礦水混合後稀釋至濃度 7%，而後再送到陰離子再生槽中進行樹脂再生。

稀釋酸及鹼的除礦水藉由再生水泵從除礦水貯存槽供應。

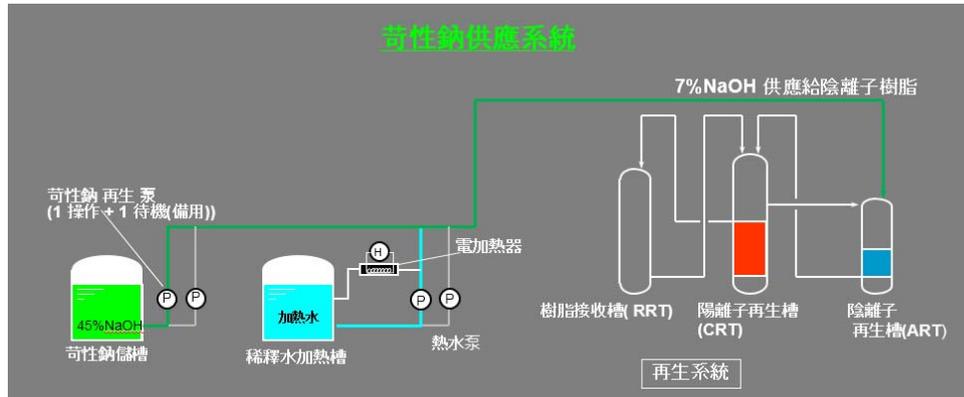
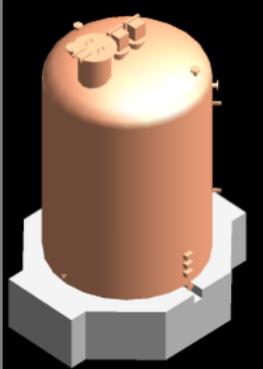


圖 3-28 苛性鈉供應系統示意圖

**苛性鈉儲槽**

45% NaOH供應給  
24立方米容量槽  
利用沈水式加熱器  
保持25~35°C的溫度  
以防凍結



公稱容量	運行(產水)容量：24m3 滿載容量：27m3
流體名稱	45%NaOH
設計壓力	ATM
設計溫度	65°C
材質	FRP
容器數量	1
直徑/筆直高度	φ3000mm × 3900mmSH

圖 3-29 苛性鈉儲槽構造及設計

### 3.稀釋水加熱槽(DWHT)

再生水供應至稀釋水加熱槽，熱水泵浦和電加熱器啓動，使熱水加熱至 55°C，

稀釋水加熱槽內熱水保持在 45~55°C，稀釋水加熱槽主要功能為提供熱水，經管路輸送注入 45% 苛性鈉管路並稀釋為 7% 濃度去再生陰離子交換樹脂。為了有效從陰離子樹脂之中去除二氧化矽，需要加熱水。

<b>稀釋水加熱槽</b>	
公稱容量	42 m3
體名稱流	熱水
設計壓力	ATM
設計溫度	65°C
材質	SA240TYPE304
容器數量	1
直徑/筆直高度	φ3600mm × 4200mmSH

圖 3-30 稀釋水加熱槽構造及設計

#### 4.電加熱器(數量 13)

共有 13 組外部電加熱器加熱，將再生水加熱使稀釋水加熱槽保持在 45-55°C。溫度由「電加熱器」自動保溫。

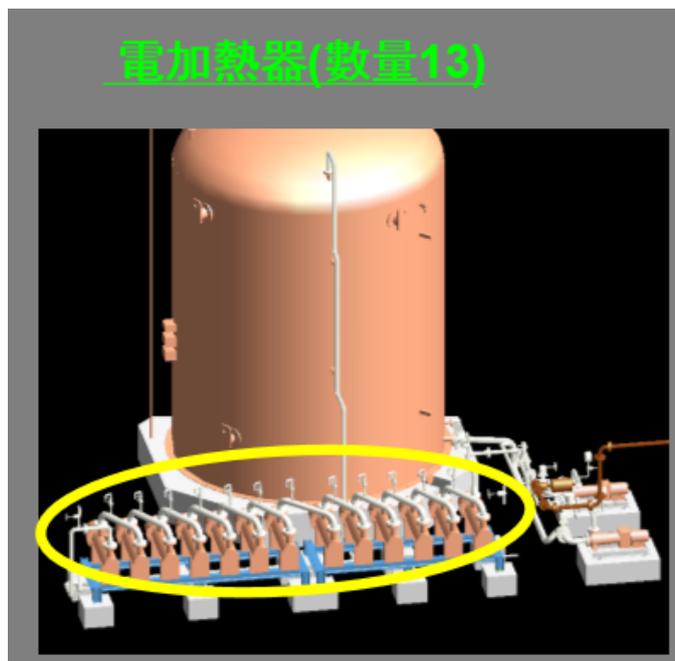


圖 3-31 外裝式 13 組電加熱器

(五)其它設備

1.樹脂捕捉器(resin catcher)

若遇冷凝水淨化器(CPT)與其他再生槽(RRT、CRT、ART)上方出口溢流時，樹脂可藉由過濾器是用來捕捉溢流的樹脂，以避免洩漏之樹脂進入系統污染水質。

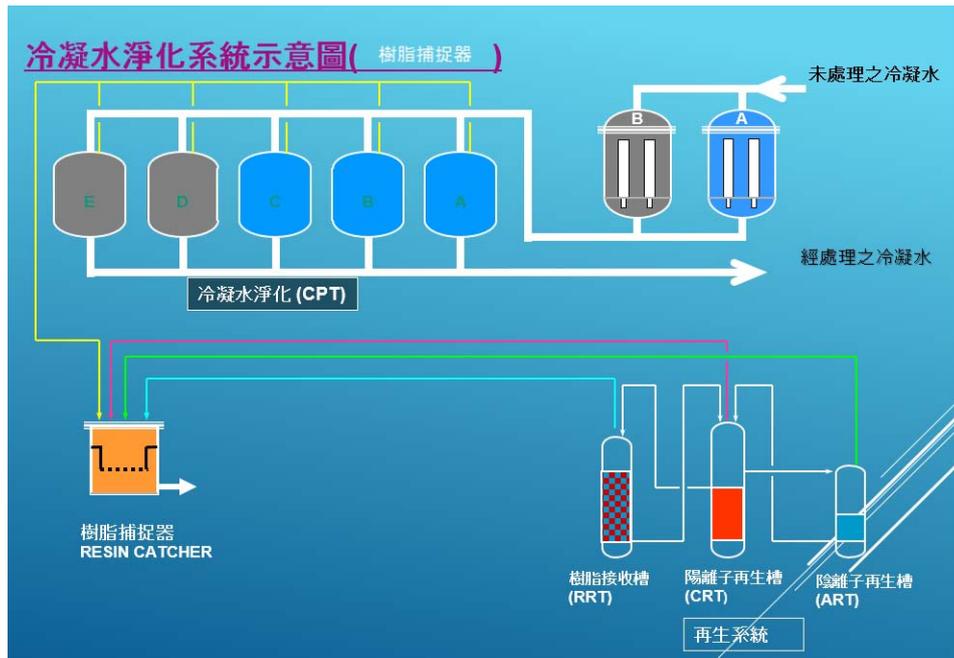
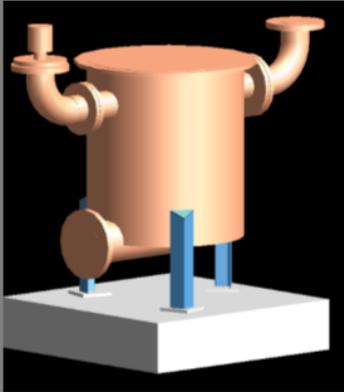


圖 3-32 冷凝水淨化系統示意圖中之樹脂捕捉器(RESIN CATCHER)

樹脂捕捉器  
(Resin Catcher)



公稱容量	200 L
設計壓力	ATM
設計溫度	68°C
材質	本體 SA36 含5mm天然硬質 橡膠襯裡
容器數量	1
直徑/筆直高度	600A×700mmSH

圖 3-33 樹脂捕捉器構造及設計

## 2. 廠用空氣

廠用空氣主要功能用於冷凝水淨化系統及再生系統中離子交換樹脂之洗滌、混合與傳送作用之氣體。

廠用空氣槽	
公稱容量	11 m <sup>3</sup>
流體名稱	廠用空氣
設計壓力	1.293 MPa
設計溫度	75°C
材質	SA240型式304
容器數量	1
直徑/筆直高度	φ2000mm × 3600mmSH

圖 3-34 廠用空氣槽構造及設計

## 3. 樹脂裝料斗

新的樹脂藉由這個進料斗裝入。

樹脂裝料斗	
公稱容量	0.1 m <sup>3</sup>
設計壓力	ATM
設計溫度	65°C
材質	本體 SA36 含5mm天然硬質 橡膠襯裡
容器數量	1
直徑/筆直高度	600A × 500mmSH

圖 3-35 樹脂裝料斗之構造及設計

## 四、故障原因及檢查排除

### (一)水質衰退

在正常操作下，在來自淨化器的冷凝水總流量到達設定總流量值之前，冷凝水淨化器的出口導電率高於設定值(0.1 $\mu$ s/cm)。

備註：為確保水質，將異常的冷凝水淨化器切換到待機的預備用冷凝水淨化器並確認入口水質沒有超過設計條件的基準值。若遇漏海水則須儘速起動備用淨化器並停止警報之淨化器運轉。如果入口水質在設計條件的正常範圍之內，則有可能是冷凝水淨化系統的故障問題。

問題原因：

#### 1.安裝瑕疵

\* 過濾器損壞及相關零件(導桿、墊片等)組裝瑕疵。

★檢查濾芯元件、相關零件及出口水質的鐵離子濃度是否變高，若有需要則更換新的過濾器元件。

#### 2. 離子交換樹脂污染

\* 污染可能性來自於冷凝水中的雜質 (防鏽劑, 潤滑劑等)、再生水中的雜質 (SiO<sub>2</sub>, TOC 等)、化學藥劑中的雜質、廠用空氣中的雜質(油, …等)。

★檢查淨化器中之陰離子樹脂表面上的積垢，因陰離子樹脂比陽離子樹脂之性能下降快且易受污染，造成淨化器出口水質不良。

#### 3.離子交換樹脂漏失

\* 漏失的樹脂可能來自樹脂傳送、再生及進入運轉準備。

★檢查系統閥件、陽離子樹脂再生槽、樹脂接收槽、陰離子再生槽及淨化器。檢查流速並補充新樹脂。

#### 4.系統設備---容器的內部零件故障

\* 再生槽內部零件(分配器、濾器等)的阻塞與再生有關係的水、空氣的流量變少，讓樹脂很難有效再生。

★檢查再生槽的內部零件並確認再生的步驟是否因阻塞的造成流量變小。

#### 5.系統設備---閥件故障

\* 閥件作動的故障，讓再生系統很難正常運轉。

★檢查相關閥件

#### 6.系統操作---再生步驟(分離及化學藥液注入)的瑕疵

\* 陽離子再生槽(CRT)異常分離狀態(流量等)，使得樹脂無法正常分離(逆向再生);稀釋化學藥劑濃度、溫度異常，讓樹脂無法正常再生。

★檢查分離步驟(確認離子不純物是否增加)及化學藥劑注入步驟是否正常。

#### 7.系統操作---再生槽中的樹脂順洗(Rinse)瑕疵

\* 順洗樹脂流量異常、水溫異常造成樹脂無法有效沖洗。

★檢查順洗步驟並確認顯示警報訊息

#### 8.系統操作---樹脂傳送故障

\* 傳送樹脂之水&空氣的流量異常、樹脂無法正常傳送。

★檢查 CPT 或再生槽中的樹脂量及樹脂傳送步驟。

#### 9.系統操作--- CPT 混合步驟瑕疵

\* CPT 混合步驟的水位及空氣流量分布異常，樹脂將無法均勻混合。

★檢查 CPT 混合步驟，並視離子不純物是否增加。

### (二)入口流量低及差壓高

在正常操作下，冷凝水淨化器的入口流量低於設定值，CPS 差壓高於設定值。

問題原因:

1.濾芯污染或樹脂污染

\* 可能污染來自冷凝水中雜質(防鏽劑, 潤滑劑等)、再生水中的雜質、廠用空氣中的雜質(油...等)。

★取樣並分析水質情形。

2.冷凝水泵、閥件及容器的內部零件故障

\* 冷凝水無法正常供給冷凝水淨化器，造成入口流量低。

★檢查冷凝水泵是否跳脫、閥件動作故障及底端排水收集器是否阻塞(造成入口流量低或差壓上升)。

3.操作逆洗步驟瑕疵

\* 不純物質無法有效去除，造成入口流量降低、差壓上升。

★檢查濾芯過濾器(CF)及陽離子再生槽化(CRT)之逆洗步驟選擇模式的選定(洗滌&逆洗模式等)並檢查逆洗的空氣壓力與水的流量變小(Air pressure and water flow rate for backwash decrease). 。

(三)不正常樹脂傳送

因水位在設定時間內未達到設定基準，引起樹脂傳送瑕疵的警報作動。

問題原因:

\* 可能來自系統之設備及操作方面瑕疵

1.容器的內部零件阻塞

★檢查冷凝水淨化器(CPT)或再生槽(RRT、CRT、ART)內部零件(分配器、收集器、濾器等)是否阻塞，造成樹脂量及樹脂無法正常傳送。

## 2.閥件故障

★檢查閥件動作故障或內部零件阻塞，使得樹脂很難正常傳送。

## 3. 樹脂傳送步驟的瑕疵

★檢查傳送樹脂的水和空氣流量是否異常。

## 五、實習相關閥件及泵浦課程略述如下:

### 閥(valve)

冷凝水淨化系統所使用的閥及零組件如下：

- 閘閥
- 球閥
- 逆止閥
- 膜片閥
- 蝶形閥
- 球塞閥(栓塞閥)
- 安全閥
- 減壓閥
- 恆流量閥(定流量閥)
- 針閥

### 泵浦(pump)

冷凝水淨化系統所使用的泵浦及零組件如下：

離心式泵浦

「冷凝水淨化系統再循環泵浦」

「熱水泵浦」

往復式泵浦

「苛性鈉再生泵浦」

磁力泵浦

「酸性再生泵浦」

「酸性卸載泵浦」

「苛性鈉卸載泵浦」

磁力式耐蝕化學泵

1. 「酸性再生泵浦」, 「酸性卸載泵浦」, 「苛性鈉卸載泵浦」
2. 拆裝更換耗材墊圈等及清潔後, 再組合之維護操作
3. 產品完成後在出廠前做水壓等性能測試
4. 確認試驗合格之報告表

## 肆、實習心得及建議

- 一、由於超臨界機組冷凝水淨化系統是本公司第一次採用，其所要求之水質要比本公司目前其他運轉之電廠嚴格，而整個系統設計係以冷凝水淨化系統之水質及陽、陰離子交換樹脂的數量及特性來設計。因此樹脂品質及更換程序均須嚴謹，以避免因樹脂品質及汰換頻率程序而影響系統水質及至整個冷凝水淨化系統的性能。
- 二、冷凝水淨化系統除了核心樹脂外，其涉及設備亦很廣泛(如濾芯過濾器元件、淨化器內集水管、再生系統過濾器，各種閥件及泵浦---等)，其維修程序及各種設備配件消耗品之汰換，應依規範及操作手冊，建立一套維修的標準作業程序。
- 三、此次受訓前，本人準備了不少相關冷凝水淨化系統方面水質及樹脂方面問題請教講師，其中維護訓練手冊有關樹脂更換程序提到陽離子交換樹脂及陰離子樹脂更換間隔分別為設計基準之 10%/年及 20%/年，其更換依據準則、樹脂狀況及更換程序如何?依講師的回答是該公司建議是傾向定期更換整槽淨化器樹脂，必要時並送樣至該公司檢測等(如 MTC Values---等)。本人比較持遲疑態度，因整槽更換樹脂當然省事解決樹脂性能問題。惟成本考量且仍須視運轉經驗及每年的樹脂分析結果做最妥適的樹脂更換，不能全都依賴廠商的商業考量及技術。
- 四、由於淨化器有設置連線的比導電度(SC)及陽離子導電度(CC)，惟台電公司與 ORGANO 公司的合約僅訂  $CC \leq 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，但系統的設定  $SC \geq 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$  也會有 alarm 出現，而 CC 仍維持小於  $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$  規範現象，因此亦會有判定樹脂失效的依據困擾，建議今後規範的訂定可更周延以避免爭議。
- 五、由於超臨界水質要求嚴格且各項水質規範值(水質分析項目濃度)低，因此線上水質分析儀須確實做好 QA/QC，對於實驗室除配備先進的水質分析儀器外，尚須有精準的水質分析技術及可靠的分析方法，以避免因分析誤差

而影響對水質的判斷及安全運轉。

- 六、此次受訓中不少期間是至實驗室、工廠實習(每次都要穿工作服、安全鞋、必要時亦需帶護目鏡、安全帽及手套等相關保護措施)，由實習課程除了可實際藉由手動操作其教育訓練用的簡易設備外，尚可跟隨講師之逐步解說搭配流程順序圖，加強流程原理及操作順序印象，另可看出日本對工安要求嚴謹及環境的整潔要求高，以維護員工之作業環境安全，值得我們效法。
- 七、此次受訓初期與綜研所曹志明組長一起在 ORGANO 總公司上課，後面則由我一人繼續後面課程，如果受訓經費充裕，其實二人受訓可在課後互相討論，其效益應可更加分。實習內容除有關環保化學之專業領域外，尚包含維護及附屬設備裝機、運轉維護方面的課程，假如今後訓練內容如有涉及相關技術部門領域時，該部門亦能有機會派員前往，藉此讓受訓人員互相交流以增加專業知識的寬廣度。
- 八、此次上課有部分所講授的是有關閘閥及泵浦的設計與運轉維修，廠商是講日文，而有位台灣的翻譯跟隨，可惜只能翻成英文不能翻成中文，因依規定不能翻成中文，不知是否合約有規定，如能翻成中文，可讓受訓者溝通更加流暢，遇問題時也能及時提出討論，也能更清楚表達而了解授課內容。
- 九、另相關閘閥及泵浦的維護保養課程主要是拆卸與重新組裝，除了要了解其結構設計外，對於磨損的零組件(如橡膠墊圈易老化材質,---等)應須定期更新，才不會在運作時產生洩漏與故障情形，學習了不少相關的知識與作業安全措施的重要。
- 十、此次的海外訓練，三菱公司及 ORGANO 公司參與課程的講師均會在每日上課前及課程結束後開會討論授課內容及做檢討，除了將當天所提問題及上課內容有不清楚的地方詳加說明外，還會準備一些作業課程(含流程圖)再做復習解說及考試，另外上課教室除了投影片的螢幕，還會有一台多功能的白板(可切換下一幕白板及列印白板上的內容)，非常方便實用的教學工具，這種教育訓練的嚴謹態度及設備，確實值得學習參考。

## 伍、感謝

- 一、此次能有此機會出國受訓，首先感謝發電處處長及副處長的支持與環化簡明利組長的推薦，使我能有機會出國實習；感謝林口電廠王瀚賢、董毓才專員提供此次受訓相關資料與現場指導，得以出國前事先研讀準備功課，非常有助於受訓期間之課程理解；環化組廖國誠課長、林于媗協辦在我出國期間幫忙及代理我的工作；而在辦理出國手續期間，幸得發電處陳薇如課長等多位同仁不厭其煩協助解惑，以及人資處陳德隆專員協助爭取預算，使我可以出在出國前及時辦好一切流程，順利出國，在此一併致謝。
- 二、本次林口更新擴建計畫---冷凝水淨化系統的國外訓練，係由日本 ORANGO 總公司所負責，受訓皆位於日本境內。上課內容有關冷凝水淨化系統的設計原理、運轉、維護及設備裝修部分，主要是由三菱公司設計主任中本祐、ORGANO 公司府川潤平課長及鈴木正宏工程師接待授課，另其他相關講師亦在受訓期間為我講授，感謝 ORGANO 公司安排結合了理論與實務的實習課程並準備內容豐富的訓練課程，使對我對冷凝水淨化系統有了更進一步的認識與瞭解，真的是收獲良多。