

出國報告（出國類別：實習）

大林電廠更新改建計畫主設備統包  
採購案超臨界機組海水淡化廠及其  
附屬設備之設計、製造、測試、運  
轉及維護訓練

服務機關：台灣電力公司

大林發電廠、核能火力發電工程處南部施工處  
核能火力發電工程處

姓名職稱：楊介雋 課長、蔡慶齡 課長、邱基毓 工程師

派赴國家：日本

出國期間：103 年 06 月 01 日～06 月 28 日

報告日期：103 年 07 月 28 日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大林電廠更新改建計畫主設備統包採購案超臨界機組  
海水淡化廠及其附屬設備之設計、製造、測試、運轉  
及維護訓練

頁數 27 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)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

邱基毓/台電核能火力發電工程處/環保設備組/機械工程師/(02)2322-9439

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：103.06.01~103.06.28

出國地區：日本

報告日期：103.07.28

分類號/目

關鍵詞：海水淡化、MED

內容摘要：(二百至三百字)

「大林電廠更新改建計畫」為避免電廠因缺水而被迫中斷操作，故規劃設置一日產量 2000 噸之 MED 海水淡化廠，以海淡水作為電廠製程用水的主要供應來源，以降低電廠水資源短缺風險。

本次實習由本計畫海水淡化廠實際規劃、製造廠家 Hitachi Zosen 公司負責訓練，主要課程包含設計理念、系統流程、起停機操作、日常維護等部份，透過廠家實際設計人員之課堂講述、解說及 Q&A 等方式，瞭解廠家之設計規劃邏輯及熟悉設備之運作流程與維護方式，除對於本計畫海水淡化廠日後運維很有助益外，亦可作為本公司日後新建海淡廠之規畫參考。

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

## 摘要

「大林電廠更新改建計畫」除因面對南部地區供水不穩定之現況外，在本計畫新機組用地附近，亦也是工業用水大戶集中區域，故本計畫為避免電廠因缺水而被迫中斷操作，故規劃設置一日產量 2000 噸之海水淡化廠，以海淡水作為電廠製程用水的主要供應來源，以降低電廠水資源短缺風險。現今海水淡化技術已日趨成熟，其製程主要可區分兩類，熱法（主要模式有 MSF 及 MED）及膜法（主要模式為 RO），而本計畫於規劃之初，在考量評估海水水質、海淡水水質、成本、系統可靠度、運維需求等因素後，選定多效蒸餾併熱力蒸汽壓縮（MED-TVC）海水淡化法，期其節能之設計與可靠率高之操作模式，以使電廠日後可順利運轉。

本次實習由本計畫海水淡化廠實際規劃、製造廠家 Hitachi Zosen 公司負責訓練，主要課程包含設計理念、系統流程、起停機操作、日常維護等部份，透過廠家實際設計人員之課堂講述、解說及 Q&A 等方式，瞭解廠家之設計規劃邏輯及熟悉設備之運作流程與維護方式，除對於本計畫海水淡化廠日後運維很有助益外，亦可作為本公司日後新建海淡廠之規劃參考。此外，廠家另有安排工廠參觀，包括海水淡化廠所使用之相關閥件、泵浦、熱交換器、溫度感知器、控制器等，除工廠生產線之引導參觀外，亦排有相關訓練課程，講解設計原理、用途等，實獲益匪淺。

# 目次

壹、目的 .....	3
一、緣起 .....	3
二、實習目標 .....	3
貳、過程 .....	4
參、心得與感想 .....	5
一、Hitachi Zosen 簡介 .....	5
二、海水淡化系統各製程模式簡介及比較 .....	6
三、大林電廠海水淡化廠設備介紹 .....	12
四、大林電廠海水淡化廠之運轉操作 .....	17
五、大林電廠海水淡化廠之系統維護 .....	22
六、工廠參觀 .....	23
肆、出國期間所遭遇之困難與特殊事項 .....	25
伍、建議 .....	26

# 壹、目的

## 一、緣起

近來因全球氣候變遷，造成氣候之極端不穩定，台灣南部地區集水功能亦因水庫興建不順，或因降雨不穩導致水源供應不穩定。「大林電廠更新改建計畫」（下稱本計畫）除需面對南部地區供水不穩定之現況外，在本計畫新機組用地附近，亦也是工業用水大戶集中區域，故本計畫為避免電廠因缺水情況而被迫中斷操作之可能，且配合經濟部水利署水資源開發相關規劃，規劃設置一日產量 2000 噸之海水淡化廠，以海淡水作為電廠製程用水的主要供應來源，以降低電廠水資源短缺風險。

海水淡化技術發展已逾 50 年，現今海水淡化技術已日趨成熟，造水成本亦大幅下降，就經濟性與技術性而言，不論其造水係供應民生或工業用水，其製程主要可區分兩類，蒸餾法海水淡化法（主要模式有多級閃化法-MSF 及多效蒸餾法-MED）及薄膜法海水淡化法（主要模式為逆滲透法-RO），而本計畫於規劃之初，在考量評估海水水質、海淡水水質、成本（含建置、運維及後續除礦水製造成本等）、系統可靠度、運轉及維護人力需求等因素後，選定**多效蒸餾併熱力蒸汽壓縮（MED-TVC）海水淡化法**，期其節能之設計與可靠率高之操作模式，以使電廠日後可順利運轉。

為使發電計畫規劃人員能充分蒐集與掌握設備製造及設計廠家未來研究方向，且顧及運轉人員須將設備運作維持在最佳狀態，確有必要派員前往廠商實習其設計理念、製造流程；對日常維護人員而言，亦有必要針對日後運維工作加以熟稔，按部就班進行維護工作，故本計畫針對海水淡化系統排有 4 週的海外廠家實習訓練計畫，期許實習人員在透過課堂講述、解說及 Q&A 等方式中，瞭解廠家規劃之設計理念及材料選擇基準，提昇對設計規劃之了解度，並熟悉設備之運作邏輯與維護方式，以求本計畫海水淡化廠日後可順利運維並可作為日後新廠規劃之參考。

本計畫海水淡化廠之相關設備的實際規劃、製造係由「日立造船株式會社」承包，故此次海外實習亦由該公司負責訓練。

## 二、實習目標

- (一) 熟悉廠家之設計理念及材料選擇之基準，提昇對設計規劃之了解度。
- (二) 訓練運轉維護人員熟悉日後所使用設備之構造、安裝測試程序及日常檢修概要，強化維修能力以面對長期運轉之需求。
- (三) 參訪各主要設備之工廠及相關研究室，作為後續工程引進或修改之參考。
- (四) 通過廠家實習考試，取得結業證書。

## 貳、過程

日期	地點	實習課程
6/1 (日)	台北→大阪	
6/2 (一)	大阪- Hitz 總部	公司簡介、海水淡化各製程方法簡介
6/3 (二)	大阪- Hitz 總部	MED 系統流程與操作邏輯、3D 模型
6/4 (三)	大阪- Hitz 總部	MED 系統之起、停機操作 (一)
6/5 (四)	大阪-Hitz 築港工場	工廠參觀-Hitz 實驗室
6/6 (五)	大阪-Hitz 堺工場	工廠參觀-Hitz 重機工廠
6/9 (一)	大阪- Hitz 總部	MED 系統之起、停機操作 (二)、MED 系統運轉操作
6/10 (二)	大阪- Hitz 總部	MED 系統故障排除
6/11 (三)	大阪- Hitz 總部	化學加藥系統、清洗系統、系統相關儀控設備
6/12 (四)	大阪-山里產業	工廠參觀-熱電偶專門製造商
6/13 (五)	大阪-日阪公司	工廠參觀-熱交換器、球閥製造商
6/16 (一)	大阪- Hitz 總部	真空系統、過濾器、MED 系統維護 (一)
6/17 (二)	大阪- Hitz 總部	MED 系統維護 (二)
6/18 (三)	大阪- Hitz 總部	系統相關泵設備
6/19 (四)	兵庫-NOHKEN 公司	工廠參觀-流量計、液位計製造商
6/20 (五)	大阪-中北製作所	工廠參觀-蝶閥、控制閥製造商
6/23 (一)	大阪- Hitz 總部	MED 系統流程與操作邏輯 (複習)
6/24 (二)	大阪- Hitz 總部	MED 系統之起、停機操作、MED 系統運轉操作 (複習)
6/25 (三)	大阪- Hitz 總部	結訓測驗
6/26 (四)	兵庫-TLV 公司	工廠參觀-疏水閥、減壓閥製造商
6/27 (五)	大阪-西島製作所	工廠參觀-泵製造商
6/28 (六)	大阪→台北	

## 參、心得與感想

### 一、Hitachi Zosen 簡介

日立造船株式會社（Hitachi Zosen Corporation，簡稱 Hitz）於西元 1881 年創立於日本大阪，原名為「大阪鐵工所」，初期以造船為主，經多年發展，該公司現今已有員工逾 9000 員，資本額約 454 億日圓，營業額約 3300 億日圓（2013 年），現任 CEO 為古川實先生，其總部設於日本大阪市，旗下有 7 處工廠位於日本各地，此外於日本及世界各地皆設有分公司，其中台灣設有台北分公司，位於台北市中山北路 2 段 96 號嘉新大樓 902 室。

日立造船公司產品甚廣，現分為環境事業、工廠設備事業、機械製程設備事業、基礎設施事業及機密事業等五大部份，其主要產品如下列：

- （一）環境事業：垃圾燃燒發電設施、下水道污泥燃料化系統、水源處理系統等，約佔 47%營業額。
- （二）工廠設備事業：海水淡化廠、發電廠設備等，約佔 14%營業額。
- （三）械製程設備事業：脫硝設備、船用引擎、甲板機械、沖壓機等，約佔 22%營業額。
- （四）基礎設施事業：橋樑、潛盾機、海洋土木工程等，約佔 9%營業額。
- （五）機密事業：雷射加工、電子滅菌設備、充填包裝系統設備等，約佔 6%營業額。

其中本公司「大林更新擴建計畫」輸變電工程所用之潛盾機亦由該公司所提供。

本次實習項目—海水淡化廠係屬於該公司工廠設備事業部門，該公司對海水淡化發展甚早，於 1971 年就有產品實績，目前各製程模式（MSF、MED 及 RO）皆有產品提供且有相當實績，概述如下：

- （一）「多級閃化法-MSF」：有實績 15 案（共 42 機組），大都位於中東地區（沙烏地阿拉伯、阿曼、阿拉伯聯合大公國等），機組所產海淡水總量達 115 萬噸/天，單一個案（8 機組）最高為 28 萬噸/天，為世界第三大 MSF 製造商，僅次於 Fisia 及 Doosan
- （二）「多效蒸餾法-MED」有實績 8 案（共 8 機組），皆位於日本，機組所產海淡水總量達 8600 噸/天，單一個案（1 機組）最高為 1300 噸/天。而本大林計畫海水淡化廠係為該公司 MED 機組第一宗海外輸出，裝置容量 2000 噸/天亦為最大。
- （三）「逆滲透法-RO」有實績 19 案（共 35 機組），大都位於日本，中東地區也有實績，所產海淡水總量達 8220 噸/天，單一個案（1 機組）最高為 2250 噸/天。

## 二、海水淡化系統各製程模式簡介及比較

海水淡化系統係將海水經淡化處理，以獲得純淨淡化水之處理系統。這項技術的發展，起源於第二次世界大戰期間，由於軍旅在乾旱地區缺少飲用水之故，間接促使淡化製程的技術向前邁進，目前全球已廣泛應用海水淡化技術開發水源，供給民生及工業所需用水。其中泛商業化之海水淡化技術主要有蒸餾法(簡稱熱法)及薄膜法(簡稱膜法)兩大製程模式，詳如下圖：

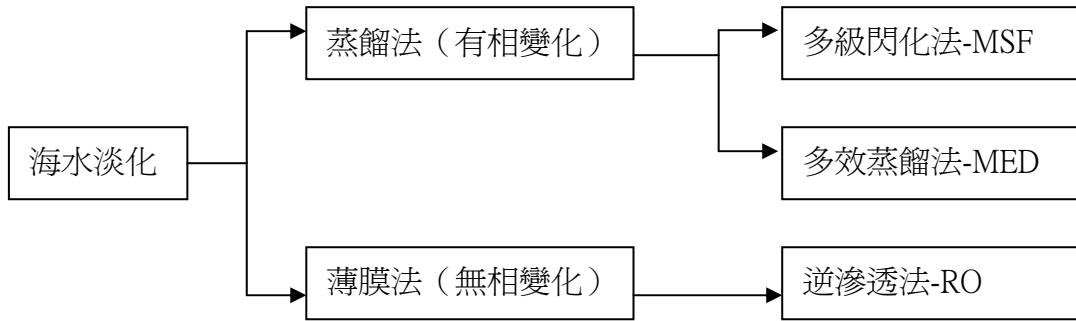


圖 1. 海水淡化製程分類圖

### (一) 多級閃化法-MSF 原理介紹

多級閃化的原理是在一定的壓力下，把經過預熱的海水/鹵水加熱（利用蒸汽）至某一溫度，熱海水/鹵水通過節流孔進入一個蒸發室(室內無不凝結氣體)，由於熱海水/鹵水的飽和蒸汽壓大於蒸發室的壓力，熱海水/鹵水立即閃化蒸發，同時溫度下降，直到海水/鹵水溫度與其飽和蒸汽溫度達到平衡，這個過程稱為閃化。降壓使海水閃化，產生的蒸汽在熱交換管外冷凝而成蒸餾水，而留下的海水/鹵水溫度則降到相對應的飽和溫度，此較低溫的海水/鹵水流至下一級蒸發室時，由於蒸發室冷凝器管內溫度較低，蒸發室經除氣後壓力亦較低，因此可以在下一級蒸發室持續閃化。把多個蒸發室串聯起來，就是多級閃化器，蒸發室的個數，稱為級數，級間溫差約為 2~4°C，，最常見的裝置有 20~30 級，有些裝置可達 40 級以上。

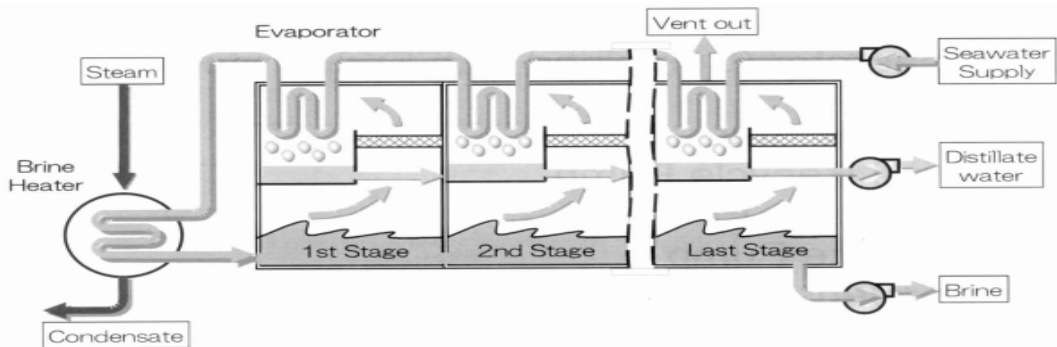


圖 2. 多級閃化法-MSF 原理圖：



## (二) 多效蒸餾法-MED 原理介紹

多效蒸餾法是海水淡化技術中較早發展的方法之一，利用加熱蒸汽走管內而海水走管外的方式，進行熱交換，使部份海水受熱為蒸汽並流入下一效蒸發器管內，而原管內蒸汽則冷凝成為海淡水。而所謂「多效」意為將多個單效蒸發器串聯組成，即將前一個蒸發器產生的二次蒸汽（既海水受熱所產生之蒸汽）引入下一個蒸發器作為加熱蒸汽並在其中凝結為水，如此依次進行，每一個蒸發器及其過程稱為一效，這樣就可形成多效過程。由於沒有解決其嚴重的結垢問題，在多級閃化海水淡化技術發展成熟後，該方法在海水淡化領域逐漸消失，但隨著「低溫多效蒸發技術」的出現，其定義為鹵水的最高沸騰蒸發溫度（TBT）不超過 70°C，結垢問題得以解決，而 MED 海水淡化技術節能、投資低、安全可靠的特點充分展現，使其進入了快速發展期。而熱力式蒸汽壓縮器（TVC）是以具有一定壓力的蒸汽為動力，將低壓蒸汽壓縮，使其壓力有一定的升高，實現低壓蒸汽再利用的設備。為了提高能量的利用率，MED—TVC 海水淡化技術是採用熱壓縮原理，用高壓蒸汽在 TVC 中吸入末效或中間效蒸發器產生的部分低壓二次蒸汽，將其提升壓力和溫度後作為第一效蒸發器的加熱蒸汽，達到低壓蒸汽重複利用的目的。

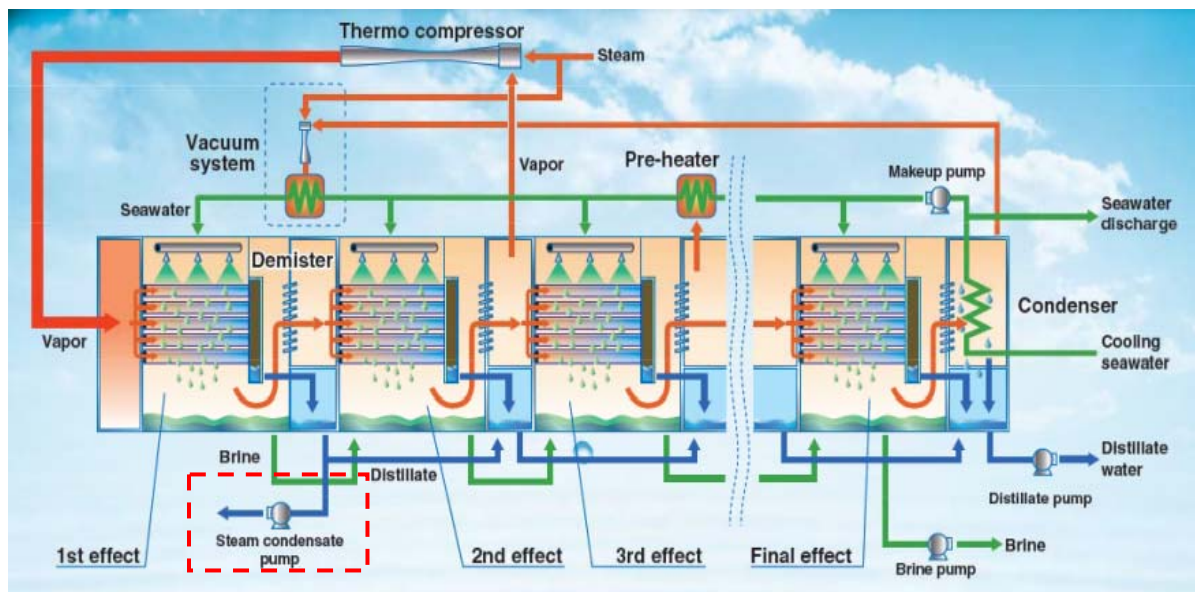


圖 3. 多效蒸餾法併熱力蒸汽壓縮 MED-TVC 原理圖

其中第一效蒸發室所產出的海淡水是由鍋爐蒸汽(約佔 50%)及海水蒸汽(約佔 50%，既為上述之低壓二次蒸汽)所構成，如上圖紅色虛線框位置。若海淡廠係供民生飲用，就一般電廠製程而言，因鍋爐蒸汽會添加相關藥劑，故第一效蒸發室所產出的海淡水通常不適合飲用，應回流至鍋爐或排放；若鍋爐蒸汽是由超臨界電廠機組提供，因混有海水蒸汽，海淡水水質恐不符超臨界鍋爐要求，故第一效蒸發室所產出的海淡水將不流回鍋爐。

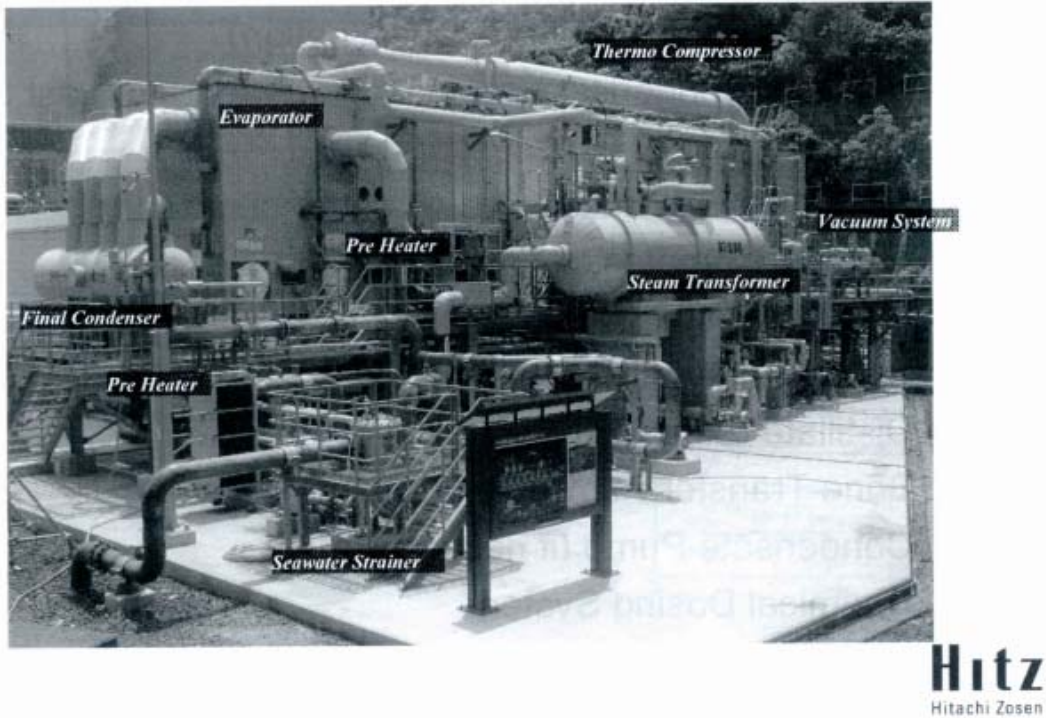


圖 4. 多效蒸餾法併熱力蒸汽壓縮 MED-TVC 圖

### (三) 逆滲透法-RO 原理介紹

逆滲透法為利用膜分離技術的海水淡化法，其原理係利用僅使溶劑透過、溶質不透過的半透膜，把海水和淡水分離。淡水通過半透膜擴散到海水側，使海水側的液面升高直至一定的高度才停止，此即為滲透現象，海水側高出的水柱靜壓就稱為滲透壓。如果對海水側施以大於海水滲透壓之外壓，海水中的純水會反向滲透到淡水側中。利用海水滲透壓的原理，將海水經高壓泵加壓至大於滲透壓的壓力，使淡水透過半透膜反滲出來，海水則由另一側排放出去以達成海水、淡水分離的效果。

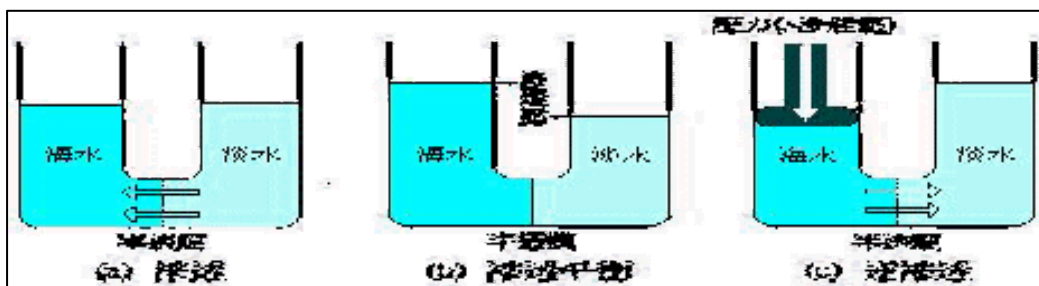


圖 5. 逆滲透法-RO 原理圖

因為逆滲透膜對海水水質、溫度、操作壓力、酸鹼值及氧化劑（如氯氣、氯氨等）相當敏感，如進水中有氧化劑存在，將破壞其材質，影響其功能，故使用前除應了解其材質限制及使用條件外，還須有良好的前處理設備（例如 MF 及

UF 等)，以保護逆滲透膜。另因 RO 海淡系統之海淡水水質較差，為符合使用需求，通常 RO 海淡廠會設置兩道以上之 RO 過濾程序。

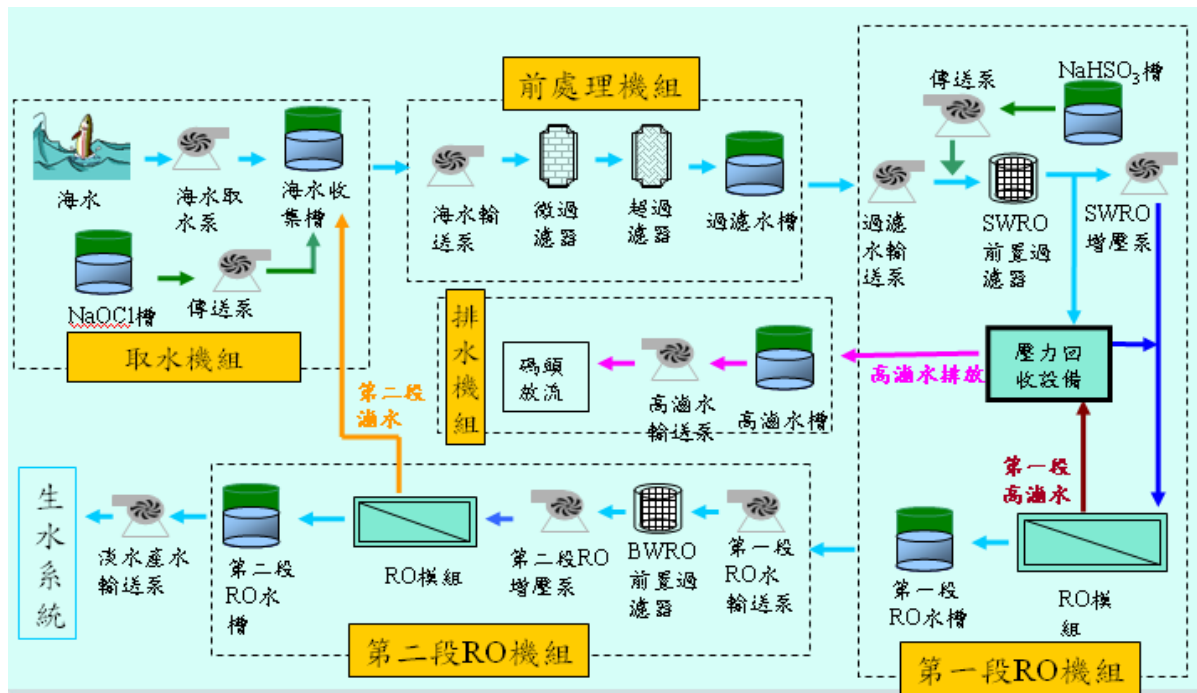


圖 6. 逆滲透法海淡廠之標準流程圖

此外，因海水水質對 RO 海淡廠之成本、海淡水品質等等影響甚大，故海水的取水模式亦可分為直接取水及滲透取水兩大類。

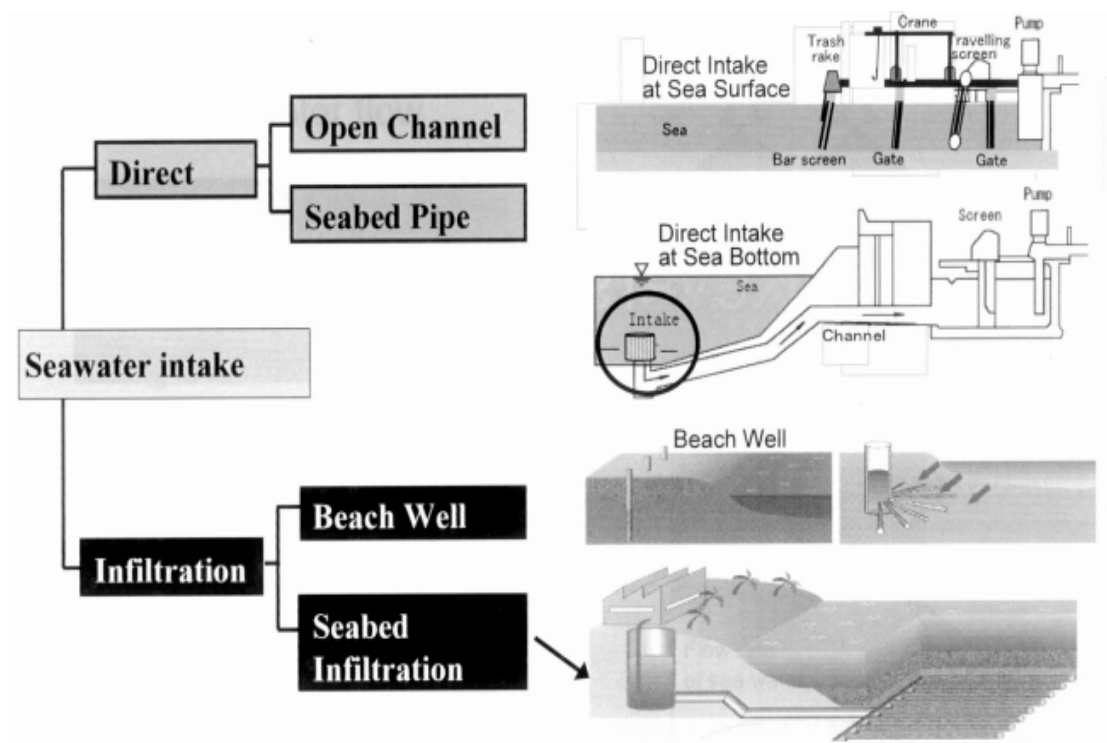


圖 7. 海水取水方式分類圖

#### (四) 各製程模式比較

上述海水淡化法各製程（MSF、MED 及 RO），隨著技術進步及成本下降，其各自的全球市占率有不小的變遷，於下圖中可明顯發現，隨著 RO 法及 MED 法的技術進步，其各自市占率皆明顯增加，RO 由 31%→65%；MED 由 3%→8%，但若由海水淡化廠為電廠附屬設備的角度而言，因蒸汽取得便利，則 MSF 及 MED 的市佔比則大幅提高。

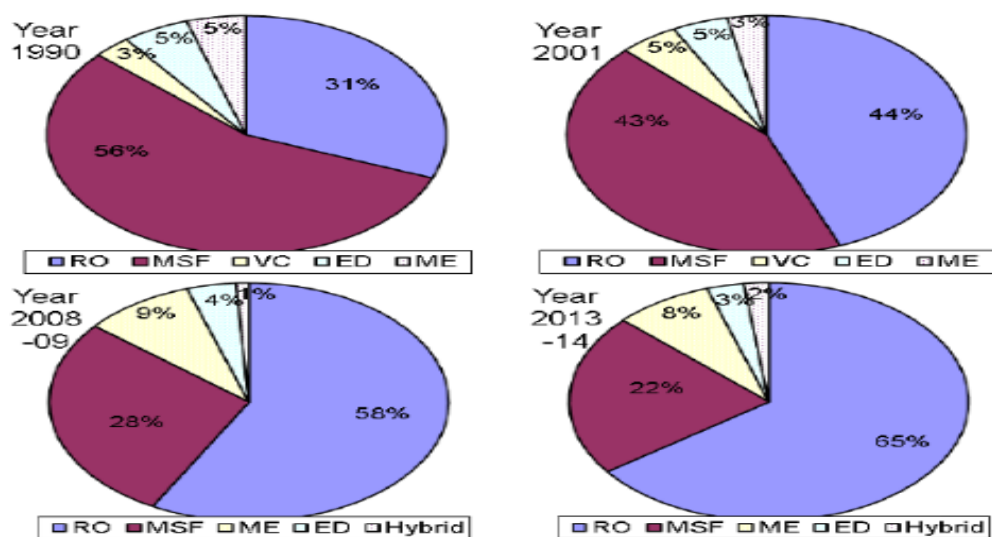


圖 8. 海水淡化各模式市佔圖（註 1）：

註 1：2013-11，China Desalination Cost Compared to Global Long-term Estimate

下表為海水淡化法各製程之技術比較表：

項目	MSF	MED	RO
單一機組最大容量	約 90000 m <sup>3</sup> /日	約 68000 m <sup>3</sup> /日	約 12000 m <sup>3</sup> /日
蒸汽消耗量	0.1~0.17 kg/m <sup>3</sup>	0.08~0.13 kg/ m <sup>3</sup>	N/A
電力消耗	3.5~4.0 kWh/ m <sup>3</sup>	1.5~2.0 kWh/ m <sup>3</sup>	4.0~4.5 kWh/ m <sup>3</sup>
產水率	約 8%	約 15%	約 40%
海水需求量	產量×5	產量×5	產量×2.5
海水水質要求	低	低	高
海淡水水質（TDS）	< 5 ppm	< 5 ppm	< 300 ppm
操作溫度	約 110°C	約 67~55°C	常溫

項目	MSF	MED	RO
操作人力需求	低	低	高 (約 2 倍人力)
維護頻率	1 次/年， 3 週/次	1 次/年， 3 週/次	1 次/年， 3 週/次
產能彈性	較高	較高	較低
技術發展性	較低	較高	較高
廠家選擇性	較低	較低	高
化學加藥量	Antiscale 5.5kg/1000 m <sup>3</sup>  Antiform 0.15kg/1000 m <sup>3</sup>	Antiscale 4kg/1000 m <sup>3</sup>  Antiform 0.1kg/1000 m <sup>3</sup>	Antiscale 8kg/1000 m <sup>3</sup>  FeCl <sub>3</sub> 45kg/1000 m <sup>3</sup>  H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 200kg/1000 m <sup>3</sup>

表 1. 海水淡化法各製程之技術比較表

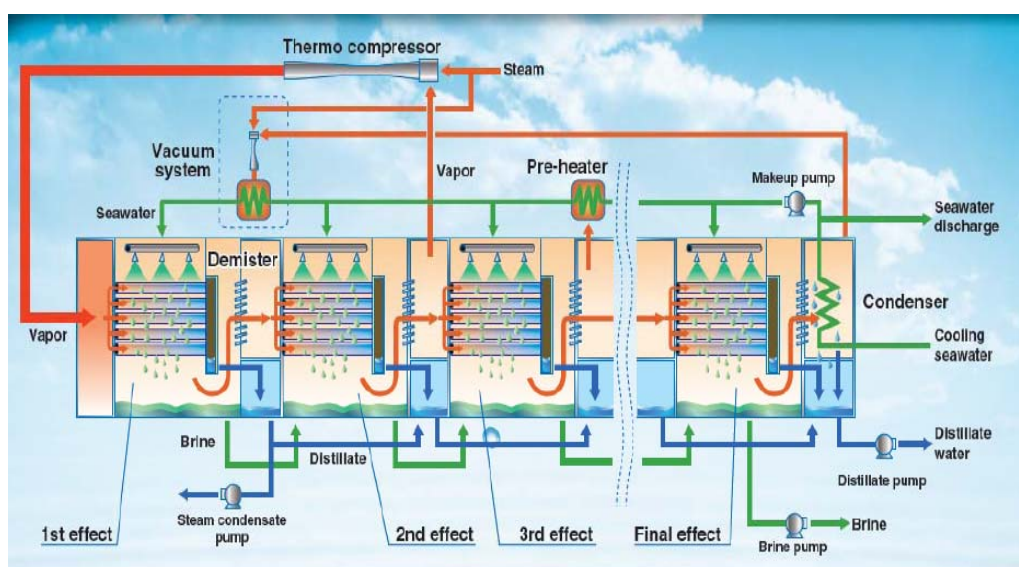
### 三、大林電廠海水淡化廠設備介紹

大林電廠海水淡化設備係採用 MED 模式，其主要有五組海水蒸發器及一組蒸氣壓縮器，每日生產海淡水水量 2000 m<sup>3</sup>/day，淨產水比(Gain Output Ratio，GOR，)為 7 kg 海淡水/ kg 蒸氣(在海水溫度 25℃ 下)，海淡水水溫最高 40℃，導電度最高 10 uS/cm，以海水水溫於 32 ~16℃ 間設計。

主要設備與系統包括下列：

#### (一) 多效海水蒸發器(Multi Effect Desalination，Evaporator)

有五組海水蒸發器，蒸發器內部裝設水平式管組，進入第一組蒸發器之海水噴灑在管組管外，來自機組蒸汽流入第一組蒸發器管組管內，經熱交換產生之海水蒸汽經除霧器後與第一組蒸發器管內作完熱交換之蒸汽匯集進入下一組蒸發器管組之管內續做為熱源，與噴灑入下一組海水進行熱交換，依此流程持續至最末組。各組蒸發器內已冷凝之蒸氣水匯集成海淡水(Distillate Water)。海淡水冷凝器裝置於蒸發器之最末端，使進入最末段蒸汽皆冷凝成海淡水。



**Hitz**  
Hitachi Zosen

圖 9. 多效海水蒸發器流程示意圖

#### (二) 海淡水冷凝器 (Distillate Condenser)

裝置於蒸發器之最末端，以海水冷凝蒸發器末段蒸汽，吸收潛熱將其由汽態轉為液態海淡水。

### (三) 海淡水冷却器 (Distillate Cooler)

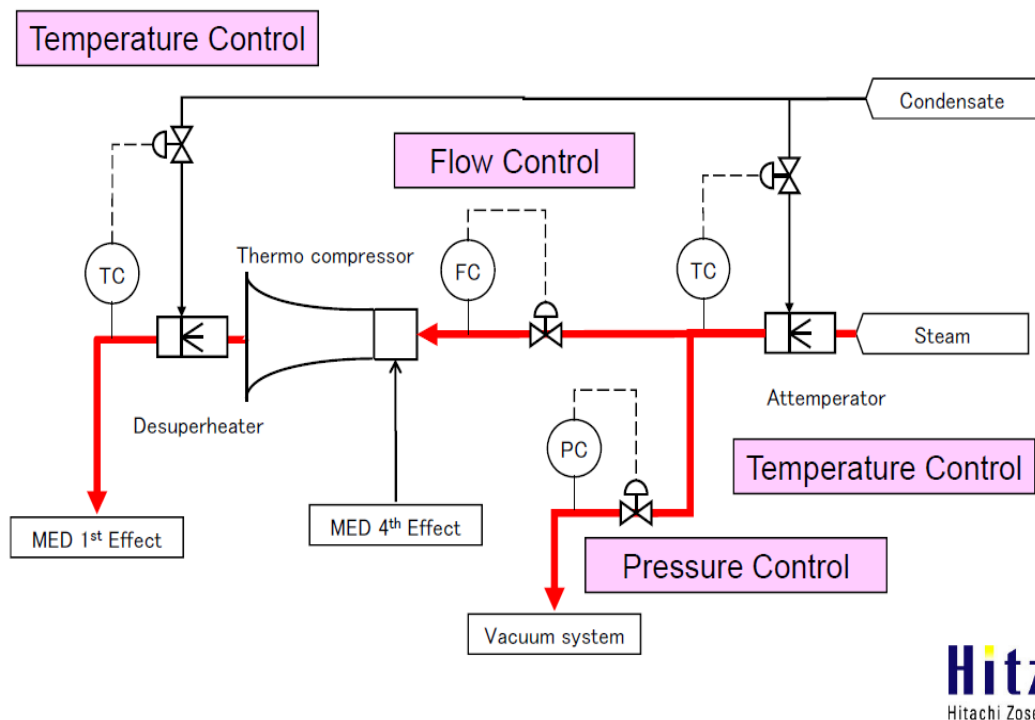
以海水冷卻海淡水以降低海淡水之產出溫度。

### (四) 海水預熱器 (SEAWATER PRE HEATER)

為避免進入蒸發器海水溫度過低，設有海水預熱器以控制供給海水溫度，鹵水做為熱源進行熱交換，供給海水溫度高時則旁流鹵水。

### (五) 蒸氣壓縮器 (THERMO COMPRESSOR)

蒸氣壓縮器主要是用來循環利用低壓低溫蒸汽，提昇海淡系統效能並降低蒸汽消耗。可有效避免了第一組蒸發器的結垢現象，增加淡化裝置的(GOR)產水比。以控制閥控制至蒸氣壓縮器之蒸汽量，抽取第四組蒸發器之低壓蒸汽並加以壓縮，滿足第一組蒸發器所需蒸氣壓力，同時降低了蒸汽的溫度，以調控海淡系統負荷。



**Hitz**  
Hitachi Zosen

圖 10. 蒸氣系統流程示意圖

### (六) 真空系統 (VACUUM SYSTEM)

海淡系統正常運轉時進入之海水會產生不凝結氣體，此不凝結氣體持續累積則影響系統效能，須利用真空裝置來加以抽除。以機組之蒸汽做為真空系統之驅動動力，以控制閥控制蒸汽壓力並維持蒸發器內之低壓真空狀態。Hogging Ejector 裝置則用於起機時大量並快速抽離蒸發器內之不凝結氣體。

### (七) 海水供給系統 (SEAWATER SUPPLY SYSTEM)

以海水泵抽取機組海水入口渠道內之海水供應海淡系統使用，泵出口設有自動逆洗濾網過濾海水。經過濾網後海水進入海淡水冷卻器(distillate cooler)、海淡水冷凝器(distillate condenser)及多效海水蒸發器(evaporator)。海水被做為此系統主要冷卻水源。

海水進入海淡水冷卻器後冷卻海淡水也提高海水溫度，部份海水進入蒸發器，另一部份則依流量控制排放。

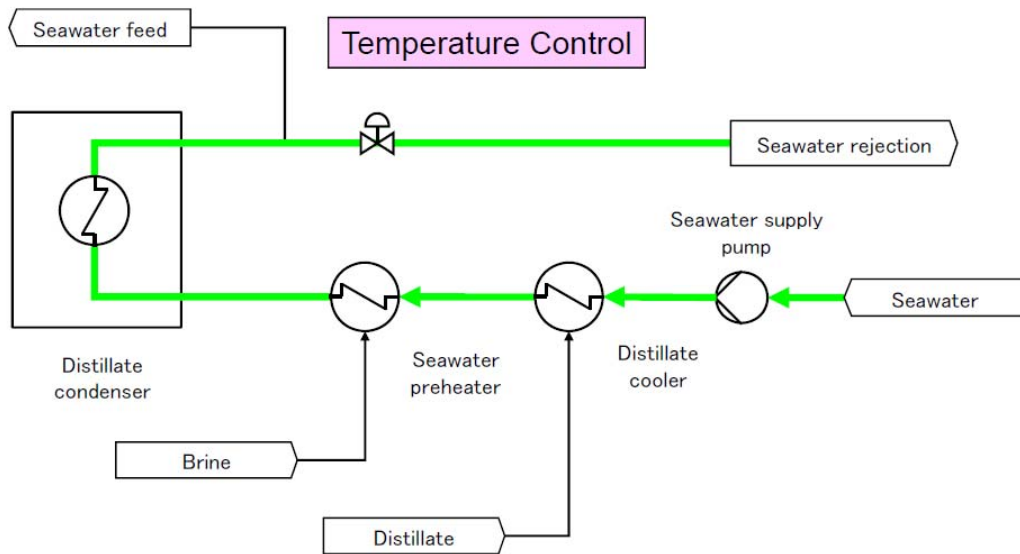


圖 11. 海水供給流程示意圖

### (八) 海淡水系統 (Distillate System)

進入蒸發器海水於蒸發器頂端以噴灑方式進入蒸發器並與進入之蒸汽做熱交換。蒸發之海水與蒸汽結合冷卻後為即為海淡水，蒸發器內冷凝後匯集之海淡水(Distillate Water)最後匯流入蒸發器末段之海淡水水箱，由海淡水抽出泵 (Distillate PUMP)經海淡水冷却器(Distillate Cooler)調降溫度後至海淡水儲存槽存放。若產出之海淡水導電度異常未達標準則排放至機組鹵水出口管。

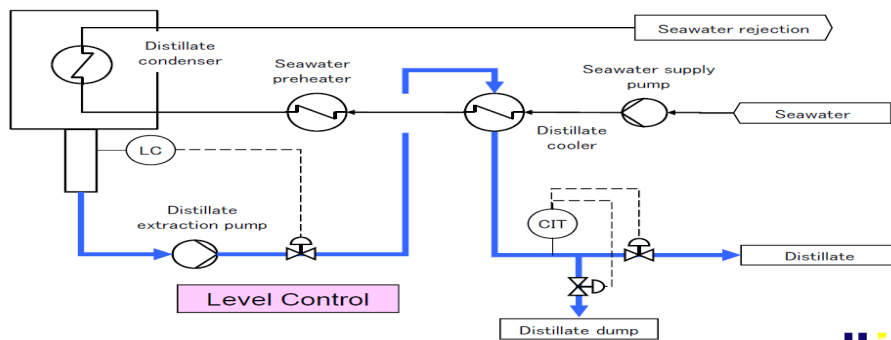


圖 12. 海淡水流程示意圖



### (九) 鹵水系統 (濃縮海水, Brine System)

蒸發之海水與蒸汽結合冷凝後為海淡水，未蒸發之濃縮海水即為鹵水 (brine)，匯集各段蒸發器之鹵水(brine)後，經鹵水泵及自動逆洗濾網泵流至海水出口。以控制閥分別控制鹵水水箱液位及海水預熱器海水溫度。

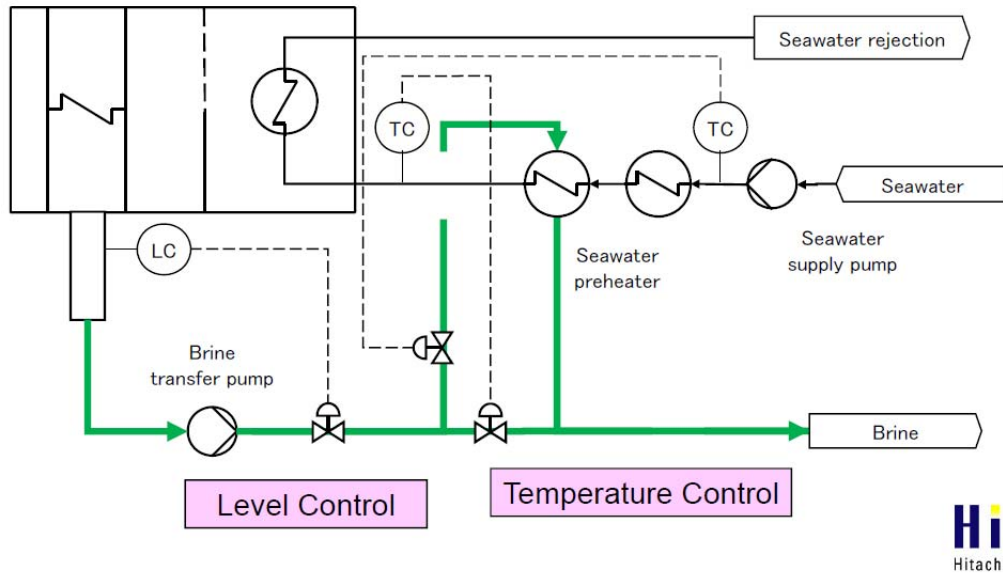


圖 13. 鹵水流程示意圖

### (十) 藥品注入系統 (CHEMICAL DOSING SYSTEM)

進入蒸發器之海水應先添加抗垢劑(ANTISCALANT)及抑泡劑(ANTIFOAM)兩項藥品，抗垢劑可避免軟水垢(Soft Scale)形成，確保熱交換管效能。本系統低溫運轉之特性(MAX.65°C)可避免硬水垢(Hard Scale)生成。軟水垢在一般較大氣溫度高環境下即易產生，故抗垢劑必須持續添加。海水極易產生泡沫，泡沫進入蒸發器會釋出大量不凝結氣，導致產出之海淡水導電度偏高，故抑泡劑亦須持續添加。

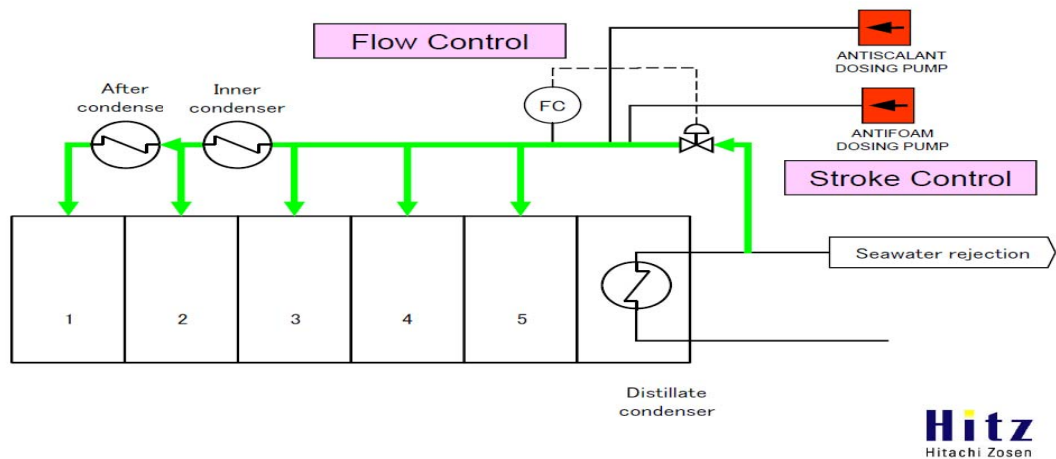


圖 14. 藥品注入流程示意圖

#### **(十一) 化學清洗系統(CHEMICAL CLEANING SYSTEM)**

用於系統整體效能變差或設備定期檢修時使用，包括泵、加藥槽及攪拌器。

### **大林電廠海水淡化設備主要特色：**

#### **(一) 低運轉操作溫度**

海水淡化設備正常運轉溫度皆控制在 65°C 以下，可避免設備結垢減少維護成本。

#### **(二) 高效能**

相較其他海淡設計，此海水淡化系統藉由蒸汽壓縮器設計，降低蒸汽消耗量並得更高效能。

#### **(三) 高純度的海淡水**

產出導電度低於 10 uS/cm 之海淡水。

#### **(四) 可靠性**

系統設計簡易於維護保養。

## 四、大林電廠海水淡化廠之運轉操作

包括起動前準備、管線設備充水、程序起動操作步驟及停用操作步驟等四大項。

### (一) 起動前準備：

#### (1) 相關設備於備用狀態，包含：

1. 蒸氣
2. 海水
3. 電力
4. 儀用空氣
5. 廠用空氣
6. 飲用水
7. 生水
8. 抗垢劑及抑泡劑

#### (2) 確認海水淡化系統相關設備流程上各操控閥的初始開關狀態。

依廠家提供各系統圖表確認各操控閥之開關狀態

### (二) 管線設備充水

開始起動程序之前，先進行下列設備管線之充水：

#### (1) 鹵水傳送水泵

開啓生水連通閥以生水進行鹵水系統之充水，包括傳送水泵與前後管線、濾網等，至鹵水水箱液位達到設定值後停止充水。

#### (2) 海淡水抽出泵

確認海淡水抽出泵有足夠正壓水封，開啓生水連通閥以生水進行海淡水系統之充水，至海淡水水箱液位達到設定值後停止充水。

#### (3) 海水供給泵

確認海水供給泵取水渠道已充滿海水並正常使用中。

#### (4) 海水供給管線

開啓相關閥將管線內充滿海水，並開啓排氣閥排氣。

#### (5) 海淡水冷凝器

開啓相關閥將冷凝器管內充滿海水，並開啓排氣閥排氣。

#### (6) 海水排放管

開啓相關閥將海水排放管管線內充滿海水

### (三) 程序起動操作步驟

操作步驟：

- (1) 先選擇預起動之各水泵 (A 或 B 台), 包括 SWSP、BTP、DEP、Antiscalant Dosing Pump 及 Antifoam Dosing Pump 等。
- (2) 確認欲使用之海水 SW Strainer 及鹵水濾網 BR Strainer (A 或 B 組)
- (3) 先開啓海水排放閥 30%
- (4) 起動 SWSP
- (5) 開啓 SWSP 海水出口閥, 開起 VENT 排放空氣確認海水管線飽管
- (6) 開始執行自動起動程序

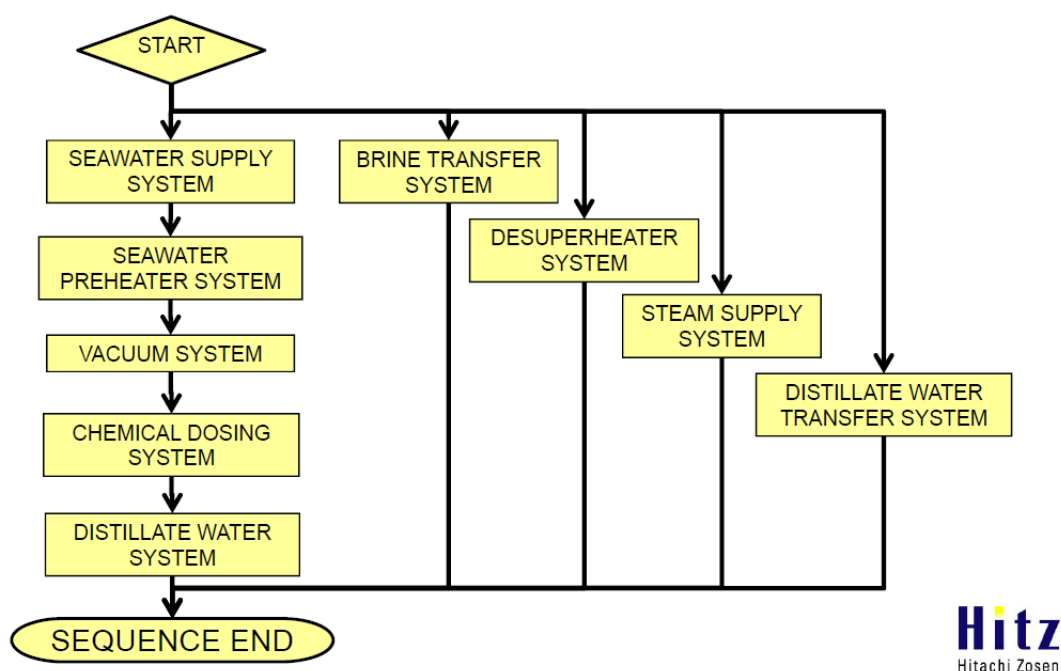


圖 15. 海淡系統程序起動流程圖

各啓動程序注意事項：

#### (1) 蒸汽系統使用前注意事項：

包括蒸氣壓縮器 (THERMO COMPRESSOR) 及真空系統 (VACUUM SYSTEM) 皆以機組提供之蒸汽為驅動源, 機組蒸汽為高溫高壓狀態, 使用前需進行相關設備預熱 (Warming up), 確保系統管線內無任何殘水後才可緩緩開啓蒸汽供給閥後使用。

#### (2) 鹵水系統起動程序注意事項(BRINE TRANSFER SYSTEM)：

1. 正常運轉中鹵水系統入口處為負壓狀態, 鹵水泵起動前須利用海水建立水封系統, 起動後則由泵出口回流提供水封, 以確保系統真空度並

提供泵機械軸封之潤滑及冷卻。

2. 起動鹵水泵亦需將最小流量控制閥置 AUTO 位置，確認鹵水泵起動後有最小流量循環，避免鹵水泵損壞。

**(3) 海水供應系統起動程序注意事項(SEAWATER SUPPLY SYSTEM)**

確認 SWSP 已正常運轉，海水供應系統中設有一流量控制閥及一溫度控制閥，調控海水進入蒸發器之流量及溫度。

**(4) 海水預熱器起動程序注意事項(SEAWATER PREHEATER SYSTEM)**

確認海水預熱器隔離閥及溫度控制閥皆在 AUTO 狀態。

**(5) 真空系統起動程序注意事項 (VACUUM SYSTEM)**

1. 起動初期先使用 Hogging Ejector 設備大量抽取空氣，確認蒸汽壓力控制正常，減溫噴水閥溫度控制正常。
2. 當蒸發器內真空壓力達設定值後，改由二組 Main Ejector 繼續抽真空，Hogging Ejector 停用，以保持系統正常運轉所須真空度。

**(6) 藥品注入系統起動程序注意事項(CHEMICAL DOSING SYSTEM)**

當海水流量達到設計值後才開始進行加藥，包括抗垢劑 (ANTISCALANT)及抑泡劑(ANTIFOAM)，藥品添加量依海水流量控制表調整。

**(7) 海淡水系統起動程序注意事項: (DISTILLATE WATER SYSTEM)**

1. 正常運轉中海淡水系統入口處為負壓狀態，海淡水泵起動前須利用生水建立水封系統，起動後則由泵出口回流提供水封，以確保系統真空度並提供海淡泵水機械軸封之潤滑及冷卻。
2. 起動海淡水泵需將最小流量控制閥置 AUTO 位置，確認海淡水泵起動後有最小流量循環，避免海淡水泵損壞。

**(8) 減溫器系統(DESUPERHEATER SYSTEM)**

確認減溫噴水隔離閥開啓，溫度控制閥置 AUTO。

**(9) 蒸氣供給系統起動程序注意事項 (STEAM SUPPLY SYSTEM)**

1. 確認系統真空度及海水供應量達到設計值後才可開始使用。
2. 初期須先以設定蒸汽量進行 30 分鐘暖機，完成後才可進行蒸氣供給流量自動控制。

**(10) 海淡水傳送系統起動程序注意事項(Distillate Water TRANSFER SYSTEM)**

1. 當海淡水產出量達額定 40%以上且導電度達標準值以下，才開始進行海淡水傳送。
2. 使用後確認排放閥(dump vlv)在關閉位置。

**(四) 停用操作步驟(Shut down Master Sequence)**

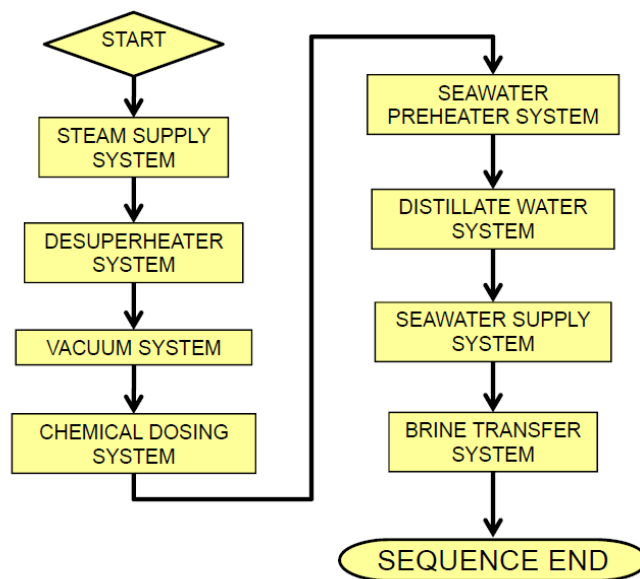


圖 16. 海淡設備停用程序流程圖

各停用程序注意事項：

**(1) 蒸氣供給系統停用程序注意事項 (STEAM SUPPLY SYSTEM)**

1. 海淡系統進行停機，蒸氣供給系統(熱源端)必先進行停用
2. 確認各蒸氣供給閥於全關位置並切為手動。

**(2) 減溫器系統停用程序注意事項 (DESUPERHEATER SYSTEM)**

1. 確認減溫噴水隔離閥關閉。
2. 確認溫度控制閥置手動全關。

**(3) 真空系統停用程序注意事項 (VACUUM SYSTEM)**

1. 確認減溫噴水隔離閥關閉。
2. 確認溫度控制閥置手動全關。
3. Vacuum Ejector 壓力控制閥關閉。
4. 兩組 Main Ejector 隔離閥關閉

**(4) 藥品注入系統停用程序注意事項 (CHEMICAL DOSING SYSTEM)**

1. 確認抗垢劑(ANTISCALANT)及抑泡劑(ANTIFOAM)藥品添加控制量為零且切為手動控制
2. 確認各藥品注入泵停止運轉。

**(5) 海水預熱器停用程序注意事項(SEAWATER PREHEATER SYSTEM)**

1. 確認鹵水側溫度控制閥全開 (BYPASS SEAWATER PREHEATER)。
2. 確認海水預熱器隔離閥全關且在 MANUAL 狀態。

**(6) 海淡水系統停用程序注意事項 (DISTILLATE WATER SYSTEM)**

1. 海淡水水位控制閥自動切為 MANUAL 並全關。
2. 海淡水泵停止運轉。
3. 海淡水最小流量控制閥自動切為 MANUAL 並全關。

**(7) 海水供應系統停用程序注意事項 (SEAWATER SUPPLY SYSTEM)**

1. 當鹵水溫度低於 35°C 後始可停用海水供應系統。
2. 確認海水供應流量控制閥自動切為 MANUAL 並全關。
3. 確認海水供應溫度控制閥自動切為 MANUAL 並全關。
4. 海水供應泵(SWSP)停止運轉。

**(8) 鹵水系統停用程序注意事項 (BRINE TRANSFER SYSTEM)**

1. 停用程序執行後繼續保持運轉 15 分鐘，確保系統內無殘留鹵水。
2. 鹵水水位控制閥自動切為 MANUAL 並全關。
3. 鹵水泵停止運轉。
4. 鹵水最小流量控制閥自動切為 MANUAL 並全關。

## 五、大林電廠海水淡化廠之系統維護

### (一) 保存措施(Preservation)

海水淡化廠設備於停機時，務必採取保存措施(Preservation)，以避免腐蝕、堵塞等缺陷發生。保存措施分為短期間保存(short term preservation)與長時間保存(long term preservation)兩種。短期間保存是指海水淡化廠停機時間少於 5 天者；長時間保存是指海水淡化廠停機時間超過 5 天者。以下說明保存程序：

#### (1) 短期間保存程序：

首先是將蒸發器內部的海淡水、海(鹵)水全部洩除，再接用生水(raw water)，並利用既有鹵水傳送水泵(Brine transfer pump)，進行生水內部循環與清洗工作。在泵出口測量測循環水的導電度(conductivity)，當導電度大於  $800\mu\text{s}/\text{cm}$  時，重複進行洩水與循環清洗工作。直到導電度低於  $800\mu\text{s}/\text{cm}$  時，才關閉泵浦，打開洩水閥，洩除管內生水，再關閉所有洩水閥。

#### (2) 長時間保存程序：

則是在上述短期間保存程序完成後，再抽除內部的濕氣與氧氣，亦即再藉由既有抽真空的 Hogging ejector，將蒸發器內部壓力降到  $-0.075 \sim -0.085\text{MpaG}$  之間，以確保設備內部無濕氣與氧氣存在。所以，當內部壓力高於  $-0.075\text{MpaG}$  時，則抽真空之蒸汽須再起動，經驗值是一天約需起動 4 次抽真空，才能確保內部壓力低於  $-0.075\text{MpaG}$ 。

### (二) 多效蒸餾(MED)設備維護程序

蒸發器(Evaporator)例行維護程序如下：

- (1) 首先是打開人孔蓋 (Man hole)，拆除葉片式除霧器(Vane Eliminator)的下半部，做為進入蒸發器內部的通道使用。拆除除霧器時，須先拆除固定支撐架上的螺栓，然後再依序拆除支撐架、除霧器。
- (2) 接下來檢查熱交換器管，建議檢查周期是一年，檢查項目是管外表面的清潔度，並以清水沖洗乾淨，若有附著物(scale)生成，則須採酸洗處理。
- (3) 檢查蒸發器內部，檢查周期是一年，檢查項目是內部表面是否有沖蝕、磨耗、凹蝕缺陷，並以清水沖洗乾淨，缺陷處以銲接方式修補改善。
- (4) 檢查蒸發器殼板(Shell)，檢查周期是一年，檢查項目是殼板是否有凹蝕(Pitting)產生，並以清水沖洗乾淨，若有凹蝕處，則以銲接方式修補改善。
- (5) 檢查葉片式除霧器，檢查周期是一年，檢查項目是除霧器的表面清潔度，並以清水沖洗乾淨。
- (6) 檢查噴嘴(Spray nozzle)，檢查周期是一年，檢查項目是以目視方式檢查噴嘴出口是否有異物堵塞，並以清水沖洗噴嘴。
- (7) 檢查陽極棒(Anode)，檢查周期是三年，但是若有發現陽極棒已腐蝕，則立即更換。



## 六、工廠參觀

此次海外實習訓練，共參觀 8 家工廠，了解到海水淡化廠使用之相關閥件、泵浦、熱交換器、溫度感知器、控制器等之構造，原理與製造、組立過程，獲益匪淺。

參觀後的心得與感想如下：

- (一) 日本工廠大量採用自動化工具機與機械手臂自動進料、加工的自動化加工中心，並且也做了一些組立工作上的防呆設計，避免遺漏部分零組件，所以工廠內作業人員少，但是產量高，品質與良率也高。再者，日本製造工廠相當重視產品出廠前的功能測試，品質管理相當用心。大林更新改建計畫海水淡化廠有選用這種產品，對日後運轉維護必有助益。
- (二) 日立造船公司，在面對世界造船業不景氣時，毅然決然進行公司大改造，放棄造船本業，轉型到環境能源方面、工業機器設備製造方面以及精密機械製造方面等，如此次實習訓練的多效蒸餾海水淡化廠，以及大林更新改建計畫 345KV 電纜線路使用的潛盾機等，都是日立造船公司的產品，如次大改造，營造企業再成長，令人印象深刻。

以下為工廠參觀概要：

103 年 6 月 5 日(四)

參觀日立造船公司築港工場，主要為小型多效蒸餾海水淡化展示廠、飲料、酒類、填充設備、放射線檢查裝置、塑膠成型機器與食品級電子線滅菌設備等展示場，可以配合客戶不同需求，調整設備做出產品，以爭取客戶購買設備。透過多效蒸餾海水淡化展示廠，說明整體配置方式以及起動運轉程序。

103 年 6 月 6 日(五)

參觀日立造船公司堺工場，該工廠為潛盾機製造工廠，恰巧碰到本公司輸變電工程處北區施工處松湖~大安，深美~大安 345KV 電纜線路案  $\psi$ 5.25m 潛盾機準備裝箱交貨。並參觀日立造船公司近年來極力推動的無動力免操作自動防水閘門，並至模擬展示中心實際體驗大水瞬間暴漲時，自動防水閘門如何迅速有效防止大水淹入地鐵站、倉庫與辦公室。

103 年 6 月 12 日(四)

參觀山里產業公司 (YAMARI INDUSTRIES)，該公司主要生產熱電偶 (thermo couple)、電阻式溫度偵測器(Resistance temperature detects)等產品，首先介紹各種產品型式、用途，再參觀現場組配工廠與成品測試，並說明安裝與使用上注意事項。

103 年 6 月 13 日(五)

參觀日阪公司(HISAKA WORKS)，首先介紹及講解板式熱交換器(plate type Heat exchanger) 的構造、特性、以及介紹用於蒸汽等三通球閥，並參觀其專業壓模機、球閥生產線與組配工廠，了解相關閥座材質與密封方式。

103 年 6 月 19 日(四)

參觀 NOHKEN 公司，首先介紹各種型式的位置感知器(Level sensor)、液位計(point level control)、連續式位置量測器(continuous level measurement)，再參觀其組立工廠，以及各種專業加工機械，與出廠前測試中心。了解感知器與量測器內部構造以及佈線方式。

103 年 6 月 20 日(五)

參觀中北製作所公司(NAKAKITA SEISAKUSHO)，首先解說安全釋放閥(Safety relief valve)、自動式壓力控制閥(self-operated pressure control valve)的構造，以及作動原理並進行討論與解說，再參觀工廠生產流程，各種專業的工具機，機械手臂自動化機械加工中心與組配、測試區。

103 年 6 月 26 日(四)

參觀 TLV INTERNATIONAL 公司，TLV 公司以捕捉蒸汽(steam trap)專家自許，先進行簡報討論會(seminar)說明蒸汽管路中排出冷凝水的重要性，以及 steam trap 的管理，另有專案小組專門替客戶解決蒸汽管路各種問題，接下來是參觀製造工廠，工廠除了有自動化工具機外，尚有 24 小時無人化機械手臂自動進料、加工加工中心，最後還有一個實際展示場，展示其各種產品在不同條件下，實際的運作與成果，讓人印象深刻。另有各種閥件拆解介紹，並說明日後維修與更換元件的簡便操作，利於生產線上縮短維修時間。

103 年 6 月 27 日(五)

參觀西島製作所公司(TORISHIMA)，為一專業 pump 製造公司，首先介紹公司各種泵浦，再參觀生產工廠，TORISHIMA pump 屬於國際知名的泵浦，技術優異，從製造砂模、鑄造開始、各種自動化加工工具機、組配區、大型泵浦性能測試場到最後的塗裝、全部一手包辦，難得看到如此規模的工廠。林口電廠更新改建計畫主發電設備標鍋爐循環泵就是選用該公司產品。

## 肆、出國期間所遭遇之困難與特殊事項

- 一、此次奉派出國受訓，感受 Hitz 公司對課程安排非常用心，除在教室學習研討海淡廠課程亦安排至相關設備生產工廠進行參觀拜會行程。這些工廠參觀實在特別，廠家不只開放工廠之生產線引導我們參觀，另安排幾小時訓練課程，講解廠家設計原理、用途等，並配合模型實物講授，實受益良多。另發覺不僅在訓練課程或是參觀行程中，與我們交流的日方人員都非常年輕約 30 歲左右。訓練課程主要講師其服務年資僅四年，HITZ 公司就敢授權其規劃設計此套上億元海水淡化設備，足見日本企業公司對新進人員敢投資栽培模式。
- 二、合約規定訓練課程在教室內講授部分，廠商必須錄製影音電子檔，由於廠商不確定實際執行的方式，因此在訓練初期花了一些時間在溝通與說明上，顯見廠商與中鼎公司（CTCI）初期溝通也不順利，而這的確造成訓練期間的困擾。
- 三、此次出國實習，係由日本籍工程師擔任講師，但上課期間與講師英文討論溝通尚無大礙，但其餘日常生活時，因不懂日文且英文在日本似不甚通用，食衣住行等雜事頗費工夫，甚至只能靠比手畫腳，此外大阪的交通複雜，路名地址系統與台灣差異大，外出活動時常迷路（尤其是大阪梅田車站），也是難得經驗。

## 伍、建議

一、本案原訂於今年 9 月份辦理訓練課程，由於大林電廠預訂 9 月份搬遷辦公室，而施工單位預估在 9 月份也是施工尖峰，因此，臨時改期提早到 6 月份辦理。由於提早 3 個月，造成負責訓練之廠家還不明確瞭解相關細節作法，例如錄製影音電子檔乙事。再者，出國前準備時間不足，造成出國當天有點緊張與手忙腳亂，以及訓練初期交通、生活上的不便。所以，建議除非十分有必要改期提早，否則仍以事前多一些時間去準備，國外訓練課程的收穫會更充實。

二、MED 海淡廠的「造水成本」與「效率」是規劃時之重要考量因素，此二考量因素皆與海淡廠所抽取的機組蒸汽之量、溫度及壓力有正關係，然所抽取的蒸汽亦會影響機組之發電效率，故本計畫 MED 海淡廠於現行規範中訂定下列 3 條件：(1)指定抽取「機組汽機第四級蒸汽」。(2)在淨產水量 2000 m<sup>3</sup>/day 下，「蒸汽與淨產水量比 (GOR)」列為保證項目，最小須為 GOR=7。(3)第四級蒸汽需求量依熱值換算公式轉為電力，納入全廠耗電之評比內。

但由於海淡廠各廠家技術能力不一，各家對蒸汽的量與質要求也不一致（取越前段之蒸汽，廠家設計越易），雖然已有將蒸汽納入耗電評比，但若於規範中指定使用第幾級蒸汽，依然可能 Overdesign 造成蒸汽的浪費，以本計畫而言，廠家認為使用第五級蒸汽應也可行。故建議於日後新海淡廠規劃時，規範可以考慮修正如下：

1. 僅規定淨產水量及 GOR 最小值，而抽取蒸汽只規定為第四級以下，廠家可依其設計能力選擇四、五、六...級蒸汽，增加廠家設計彈性。
2. 蒸汽價格換算方式變更，修正為「在燃煤量不變條件下，發電減少的損失即為蒸汽價格」，並納入評比。

三、本計畫海淡廠之相關管件材質，需考量蒸汽條件、海水條件、蒸汽加藥等因素，在規劃上較為保守（例如：蒸發室之蒸汽管組採用鈦管、管支撐採用 SS316L 等），雖然抗蝕能力優異，但價格昂貴，此次實習與廠家討論，廠家亦表示或可採用性價比高的材質（例如：銅鋁合金管取代鈦管、管支撐改採雙向鋼系列等），建議日後新海淡廠規劃時，可請顧問公司一併納入評估。

四、建議於合約中規範廠家須提供所有海外訓練教材、講義、簡報、影片之電子檔及相關設備相片電子檔，可供有興趣之同仁查閱。

五、大林海水淡化廠設計廠家於海水供應系統之抽水入口前設計有自動逆洗過濾器(Self Backwashing Strainer)，共計二組。其目的在防止海水中之海生物、雜物進入系統之冷卻器、冷凝器、蒸發器堵塞鈦管致影響系統效能。此自動逆洗過濾器可分為手動、定時及濾網差壓高自動沖洗操作，將濾網上髒物排

放至海水放流管。過濾器上方設有排放管閥，當過濾器逆洗動作時，排放閥打開，馬達起動帶動濾網內刮板轉動，約 20 秒後停止轉動清洗，排放閥關閉。由於此設計是以進口水流沖洗濾網內雜物，無實際「逆洗」水流由濾網外側進入濾網，恐清洗過濾器效果不佳。建議修改相關控制邏輯，配合以另一組濾網之出口水，經此組出口管線「逆流」進入此組濾網，可達真正自動逆洗過濾器(Self Backwashing Strainer)的功效。