

出國報告(出國類別：實習)

大潭電廠增建計畫

海水電解系統之規劃設計及運轉維修技術研習

服務單位：台灣電力公司 核能火力發電工程處

部 門：環保設備組

姓 名：洪慈念

出國期間：112年11月12日-112年11月25日

報告日期：112年12月4日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大潭電廠增建計畫海水電解系統之規劃設計及運轉維修技術
研習

頁數 29 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/翁玉靜/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

洪慈念/台灣電力公司/核能火力發電工程處/機械工程專員/(02)23229453

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：112 年 11 月 12 日至 11 月 25 日 出國地區：新加坡

報告日期：112 年 12 月 4 日

分類號/目：G3/電力工程

關鍵詞：海水電解

內容摘要：(二百至三百字)

大潭電廠增建計畫海水電解系統係由海水電解系統設備商 KALF Engineering Pte Ltd 設計製造，本次研習赴該公司所在地新加坡接受海水電解設備訓練、研習以及參觀工廠以熟悉設備，並了解設備運轉維護所需相關技術。

本報告主要有幾個要點：系統描述、海水電解原理、海水電解設備介紹、設備運轉、設備維護，以上各部份均於本報告解詳細說明。

另由於職因實際參與本公司各項海水電解設備設計、規畫，將透過本次實習內容重新檢視合約，期望本報告有助於本公司海水電解相關業務之執行。

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

目錄

壹、出國實習目的	1
貳、研習內容與過程	2
一、研習內容	2
二、研習過程	2
參、研習內容心得報告	4
一、系統描述	4
二、海水電解系統概述與原理	4
三、海水電解設備概述	8
四、運轉	24
五、設備維護	26
肆、感想與建議	27

圖目錄

圖 1 被生物垢堆積的管線	5
圖 2 次氯酸根生成示意圖	6
圖 4 次氯酸鈉產生示意圖	6
圖 5 陽極極板過度累積損壞	8
圖 6 海水電解流程圖	9
圖 7 海水電解設備室內配置圖	9
圖 8 海水增壓泵	10
圖 9 自動過濾器及手動過濾器	11
圖 10 自動過濾器內部圖	12
圖 11 自動過濾器剖面圖	12
圖 12 板式雙極次氯酸鈉產生器電解槽外觀	14
圖 13 次氯酸鈉產生器電解槽極板	15
圖 14 變壓器-整流器	15
圖 15 板式雙極電解槽示意圖及實廠圖	17
圖 16 板式單極電解槽示意圖及實廠圖	19
圖 17 管式雙極電解槽實廠圖	19
圖 18 旋風脫氫裝置與氫氣水封裝置	20
圖 19 次氯酸鈉流量控制閥及流量計	21
圖 20 次氯酸鈉分析儀	22

圖 21 酸洗前與酸洗後比較圖	23
圖 22 設備輪用 2 年後電解槽內仍保持潔淨	28

表目錄

表 1 各式電解槽比較表	16
--------------------	----

壹、出國實習目的

台灣地理環境四面臨海，故常用海水做為冷卻系統，本公司大潭電廠增建計畫及大潭電廠 7 號機容量共約為 3,153 MW，使用海水循環系統作為非接觸冷卻水，用來冷卻發電餘熱，唯海水中各式微生物、水藻、細菌、藤壺及貽貝幼蟲，容易孳生於流經管線及設備中，造成熱交換效率降低，甚至損壞設備，故一般而言電廠都會使用海水電解系統，從循環海水中抽取一部份海水，電解產生次氯酸鈉後，再將次氯酸鈉注入海水循環系統取水渠道中，使整個循環水系統之次氯酸鈉濃度達到 1.5mg/L，足以殺死系統內各式海生物，以延長設備及管線的使用壽命。

大潭電廠增建計畫採用之海水電解係由新加坡商 KALF 設計安裝，設計型式為板式雙極，市面上目前常見的設計有除了有板式雙極(Plate Type Tubular Shell)以外，另有板式單極(Mesh Type)，管式雙極(Concentric Type)。管式雙極式目前較為推薦的型式因其不易漏水，較為耐用，本公司另有部分計畫採板式單極優點為維修方便，相較於管式較不易漏水，管式單極的優點則因其管內海水流速較快，不易結垢。

本次出國訓練計畫已充分了解各設備型式、各型式優缺點、設備運轉操作、設備維護及故障修理等概念。

貳、研習內容與過程

一、研習內容

大潭電廠增建計畫海水電解系統之規劃設計及運轉維修技術研習。

二、研習過程

起訖日	研習地點及內容	備註
112年11月12日	台北~新加坡	
112年11月13日	於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備 system overview(海水電解系統原理、P&ID、Process Flow Diagrams...)	
112年11月14日	於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備 process description (系統流程介紹、各設備原理介紹、勘查設備模板)	
112年11月15日	於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備 main system description (介紹各電解設備形式差異、勘查廠內設施)	
112年11月16日	於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備 individual	

	<p>equipment description</p> <p>(介紹廠內海水電解各設備功能、設計參數、以及設備使用注意事項)</p>	
112 年 11 月 17 日	<p>於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備</p> <p>process flow control (簡介海水電解系統製程控制)</p>	
112 年 11 月 20 日	<p>於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備</p> <p>process logic control (簡介各設備邏輯控制)</p>	
112 年 11 月 21 日	<p>於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備</p> <p>Operation of system (簡介各設備操作)</p>	
112 年 11 月 22 日	<p>於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備</p> <p>maintenance of system (說明各設備基本維護)</p>	
112 年 11 月 23 日	<p>於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備</p> <p>maintenance of system (說明各設備基本維護)</p>	

112 年 11 月 24 日	於新加坡 KALF Engineering Pte Ltd 公司研習海水電解設備 troubleshooting of system (說明各設備故障排除)	
112 年 11 月 25 日	新加坡~台北(返程)	

參、研習內容心得報告

一、系統描述

(一) 合約設計規範

合約規畫 6 串電解串供大潭 7、8、9 號機使用，詳細設計值如下：

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. 每串需注入的冷卻水流量 | 27.0 m ³ /s |
| 2. 冷卻水系統內應維持的 NaOCl 濃度 | 1.5 mg/L |
| 3. 次氯酸鈉產生器出口濃度 | 1,500 mg/L |
| 4. 次氯酸鈉產生器每小時產量 | 90 kg/h |
| 5. 海水加壓泵最低流量 | 60 m ³ /hr |

二、海水電解系統概述與原理

(一) 海水電解概述

天然的海水中含有大量微生物、水藻、細菌、貝類，其中微生物、水藻、細菌於潮濕表面上形成生物黏膜(slimes)，而貝類(如藤壺、貽貝)則會附著於管線壁不易清除，生物黏膜及貝類的堆積

稱為生物垢(Biofouling)，將會造成海水冷卻系統流量變小、熱傳導效果降低，以及腐蝕管路等負面影響，若要消除海洋生物的影響，必須加入滅菌劑防止原生菌或是海生物附著於循環渠道、管線及設備，本計畫是透過加入次氯酸鈉來殺死廠內海生物，以保持管線清潔及延長設備使命，惟直接購買次氯酸鈉(漂白水)加入海水循環系統成本過於高昂，故在經濟考量下電廠通常會設置海水電解系統，自行抽取海水，電解海水生成次氯酸鈉，再泵入海水循環系統中，維持海水循環系統內 1.5 mg/L 之濃度即可有效抑制生物垢生成。



圖 1 被生物垢堆積的管線

(二) 電解原理

在電化學中電勢高的一端為負極，電勢低的為正極；氧化端為陽極，還原端為陰極。電解反應系將鈦板通以直流電，與電源負極相連端帶負電荷是為負極，吸引帶正電的離子得到電子，發生還原反應，同時也是陰極。與電源的正極相連端帶正電荷，吸引帶負電的離子在陽極上失去電子，發生氧化反應，同時也是陽極。

藉由海水的鹽分、水和導電特性，將海水電解的反應式，示意圖如圖 2。

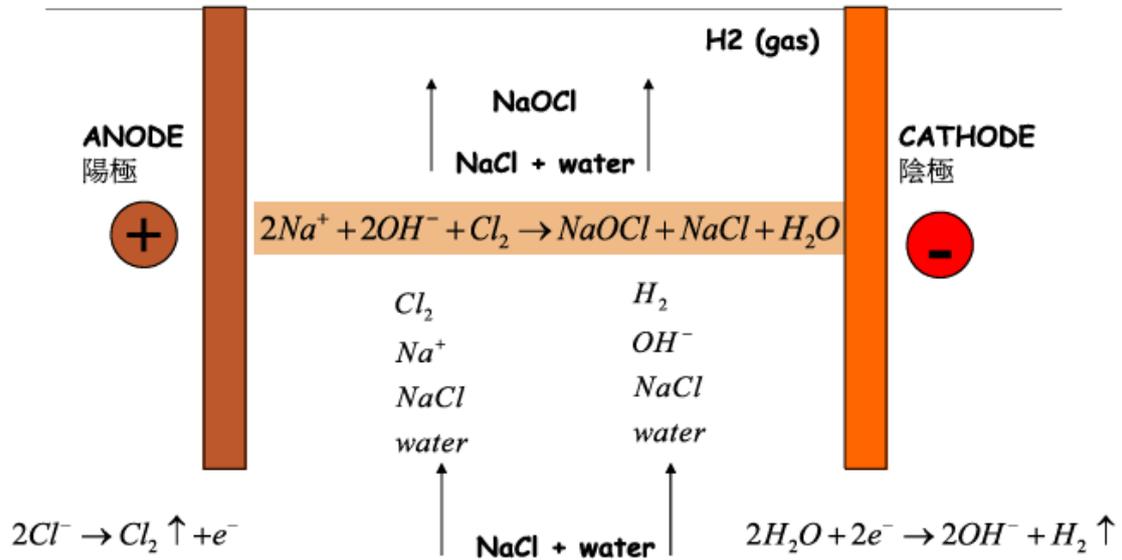
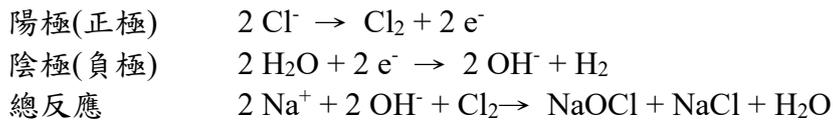


圖 2 次氯酸根生成示意圖

(三) 次氯酸鈉產生

本計畫採用電極板陽極為 mixed metal oxide electro-catalytic layer (MMO)，使用 MMO 目的是為了催化氯氣生成，以利與鈉離子結合產生次氯酸鈉，陰極板材質則為鈦板(Titanium)，海水流經電極板後，產生次氯酸鈉示意圖如下圖 3：

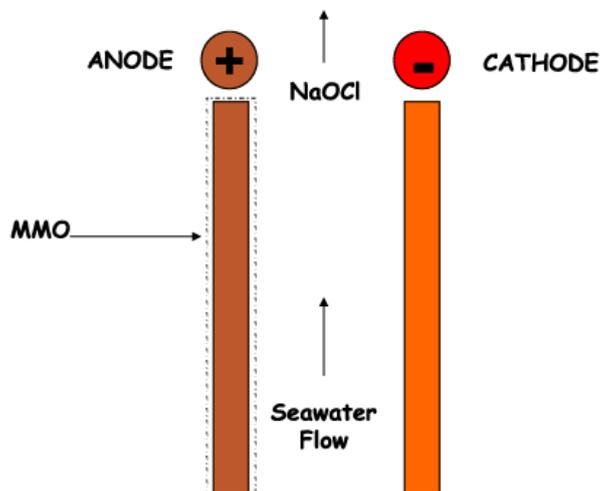


圖 3 次氯酸鈉產生示意圖

(四) 陰極副產物與沉澱

海水之組成物氯化鎂(MgCl₂)、氯化鈣(CaCl₂)，會與極板陰極產生之氫氧根沉澱產生 Mg(OH)₂、Ca(OH)₂，與海水中碳酸根沉澱產生碳酸鈣(CaCO₃)陰極副產物反應式如下：

1. $\text{Mg}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \downarrow$
2. $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \downarrow$
3. $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
4. 其他離子如 Mn^{2+} , Fe^{2+} 氧化為 $\text{MnO}_2 \downarrow$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \downarrow$

前述產物將會伴隨電解生成，逐漸累積於陰極板，隨著時間逐漸累積成長，而使電解效率下降，沉澱物過多會堵塞管線，造成海水循環不良及電壓上升，若堆積更多沉澱物將會推動陽極板靠近相鄰陰極板，使兩極極板過於鄰近，而過熱造成短路損毀極板。

(三) 酸洗

海水之組成物氯化鎂(MgCl₂)、氯化鈣(CaCl₂)，會與氫氧根沉澱產生 Mg(OH)₂、Ca(OH)₂，與海水中碳酸根沉澱產生碳酸鈣(CaCO₃)，沉積於管線及電解槽內，附著於極板中，隨著時間逐漸累積成長，而使電解效率下降。

為了避免電極板沉澱及結垢影響海水電解設備的工作效率，甚至導致系統受損，須使用 5%濃度的鹽酸(HCl)酸洗將沉積物溶解。若沒有適時進行酸洗或酸洗未被正確的執行，都會導致嚴重的電極結垢問題，易使陽極電解反應缺少海水，並使極板附近海水鹼度提升，產生其他電解反應($2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ (陽極))，導致陽極鍍層快速腐蝕，受到腐蝕的陽極即使經過酸洗，也無法

恢復作用，如下圖 4。

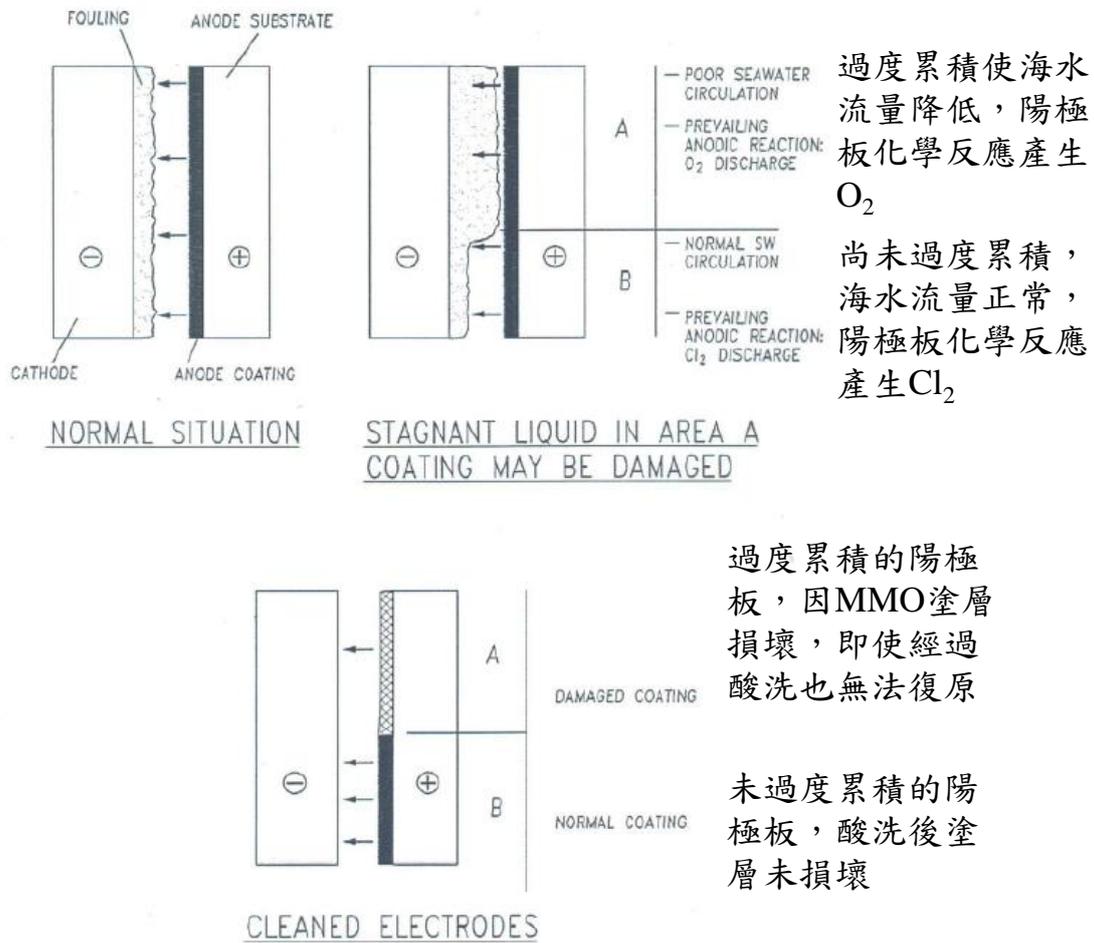


圖 4 陽極極板過度累積損壞

三、海水電解設備概述

海水電解設備共可分為七大部分：(1)進流過濾器(inlet strainer)及海水增壓泵(seawater booster pump)、(2)海水過濾器(automatic strainer、manual strainer)、(3)變壓器-整流器(transformer-rectifier)及次氯酸鈉產生器(sodium hypochlorite generator)、(4)氫氣旋風分離器(H_2 cyclone separator)、氫氣水封裝置(hydrogen seal pot)、(5)次氯酸鈉注入及氯分析儀(Chlorine Analyzer)、(6)酸洗系統、(7)中和系統。

電解流程是由循環水泵室引取一部份海水至海水增壓泵，經過

海水過濾器過濾 0.5mm 雜質後，由變壓器-整流器將交流電轉換為直流電驅動次氯酸鈉產生器產生高濃度次氯酸鈉(濃度應大於 1500mg/L)，此時高濃度次氯酸鈉及副產物—氫氣一起進入氫氣旋風分離器將氫氣分離，氫氣進入氫氣水封裝置後，釋放至大氣，高濃度次氯酸鈉則經由管線注入海水渠道中並應維持海水循環系統達到 1.5 mg/L 濃度，以殺死海生物，海水電解流程及海水電解室平面圖如圖 5、圖 6。另外，當次氯酸鈉產生器運轉一段時間需要啟動酸洗系統，以去除次氯酸鈉產生器陰極沉澱物，酸洗廢水則與於海水電解室的廢水坑與中和系統之 NaOH 中和後，泵入廢水處理廠。

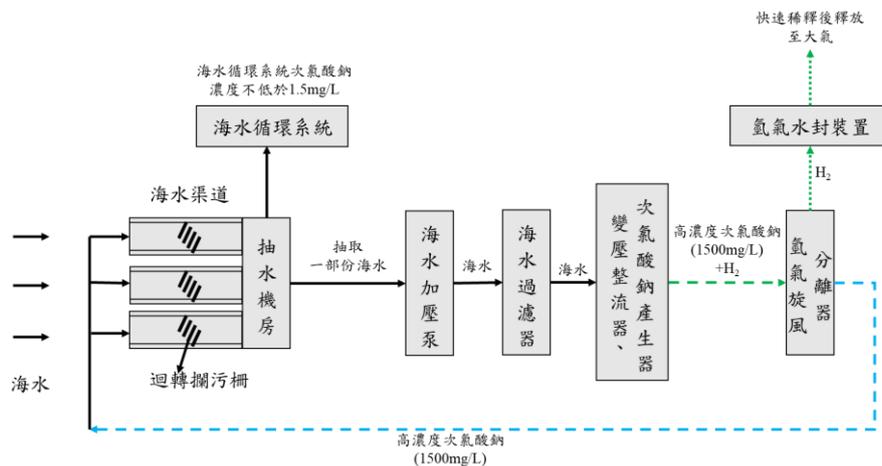


圖 5 海水電解流程圖

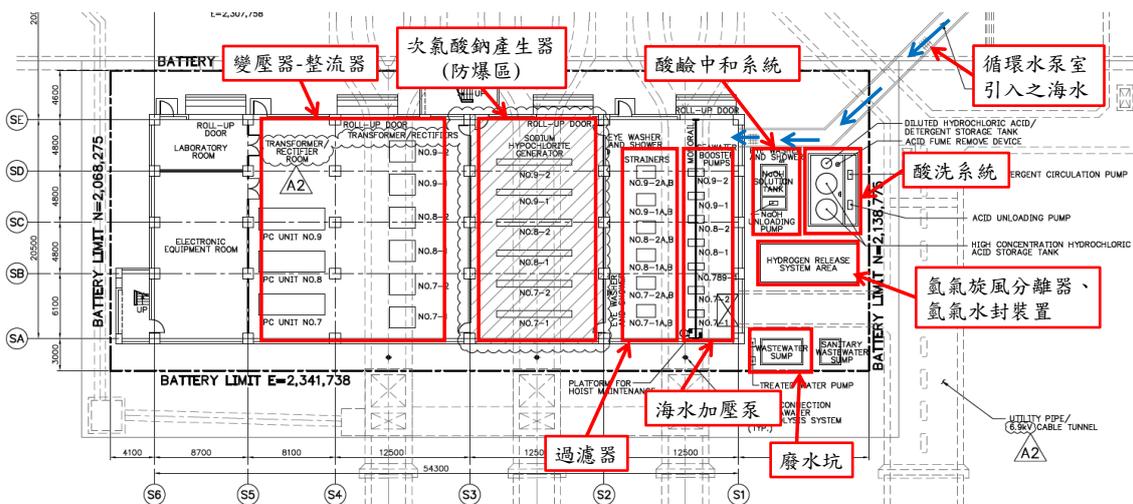


圖 6 海水電解設備室內配置圖

(一) 進流過濾器及海水增壓泵

由循環水泵室引入部分海水後，必需利用海水增壓泵 (Seawater Booster Pump) 將海水泵入海水電解系統中。為保護海水增加泵，避免雜質堵塞泵浦，本案設置有 7 台進流過濾器(6 台 duty 1 台 standby)，材質為雙相鋼(duplex 2205 stainless steel)，濾網篩孔直徑為 1.5 mm，以保護 7 台海水加壓泵(6 台 duty 1 台 standby)，海水加壓泵設計流量為 75 m³/h (normal 流量 60 m³/h + strainer 反洗流量為 7.4 m³/h 故設計值為 75 m³/h)，材質外殼為 FRP，Shaft 搭配耐腐蝕哈式合金(Hastelloy C)。



圖 7 海水增壓泵

(二) 海水過濾器

經過海水增壓泵後，有兩組海水過濾器，一組為自動過濾系統，另一組為備用的手動過濾系統，過濾器使用材質為雙相鋼

(duplex 2205 stainless steel)，濾網篩孔直徑為 0.5mm，透過過濾器 (automatic strainer)能將這些大於 0.5mm 以上之雜質及海生物過濾，用以保護後面的次氯酸鈉產生器，避免因異物堵塞，導致海水流量過低使電解槽溫度提高。

自動過濾器在 4 小時或是壓力達到 50 kpa 時，將會自動反洗 15 秒鐘每次約 31L 一天反洗量總計為 7.4 m³/day，反洗時內部篩網清潔刷會自動啟動將雜質刮除並排出，故可以與過濾同時進行，無需停止過濾器的運轉，如果連續反洗 2 次壓力皆未下降，將會視同阻塞，自動過濾器自動切換為手動過濾器。如圖 8。

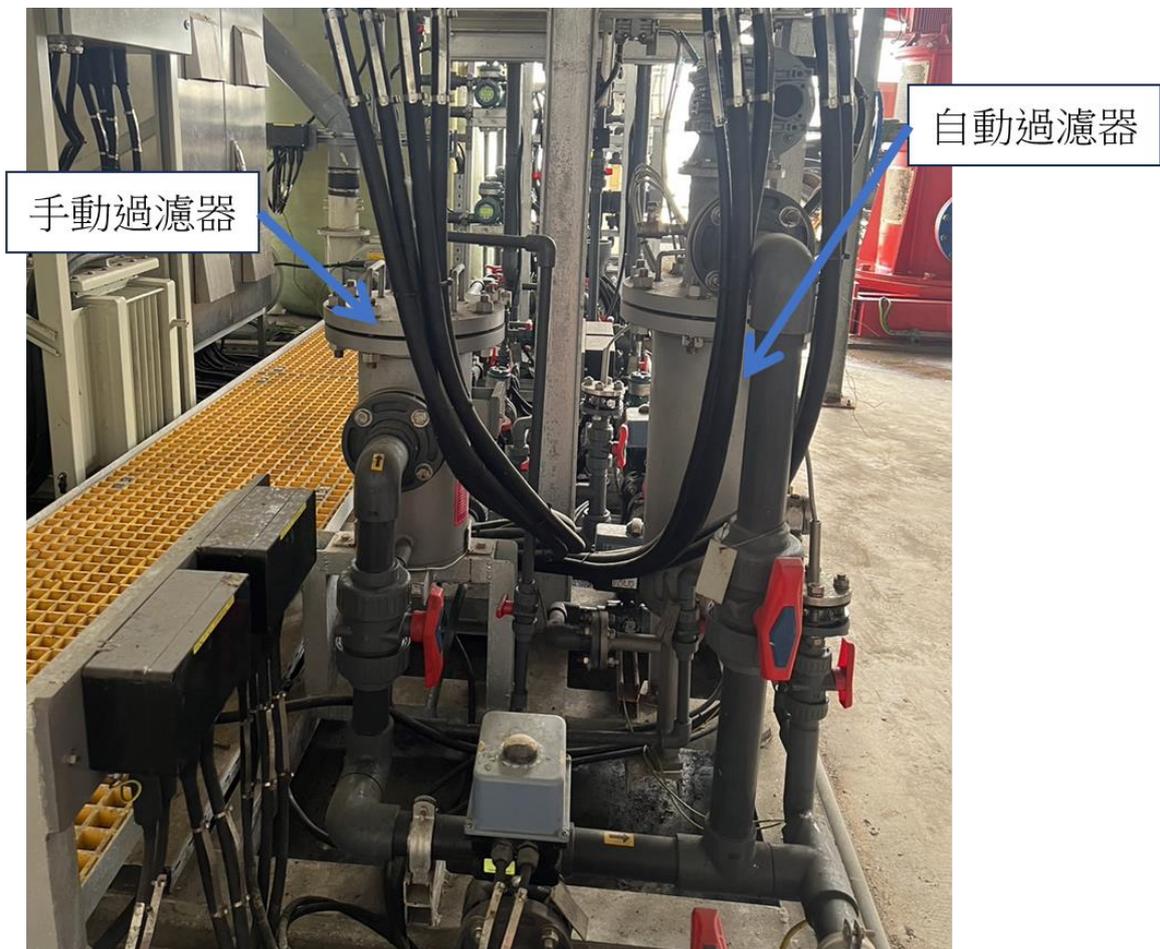


圖 8 自動過濾器及手動過濾器

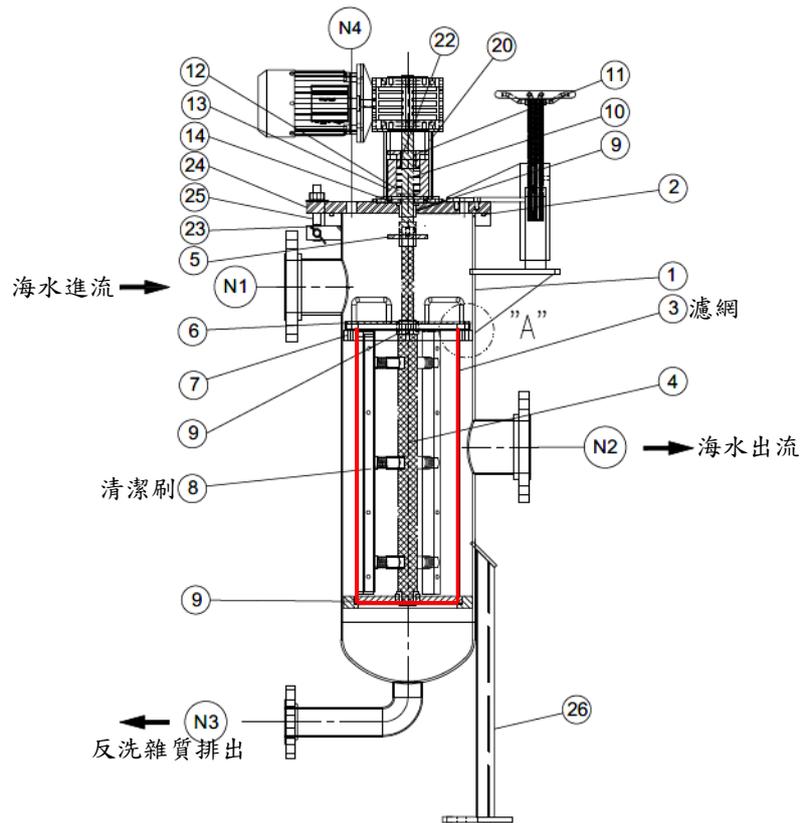


圖 9 自動過濾器內部圖



圖 10 自動過濾器剖面圖

(三) 變壓器-整流器及次氯酸鈉產生器

當海水通過過濾器後，進入次氯酸鈉產生器(sodium hypochlorite generator)，由變壓器-整流器產生之**直流電**使次氯酸鈉產生器電使極板帶電，電解海水，產生次氯酸鈉及氫氣(原理詳如參、一、(三)節)。氫氣為易燃氣體，爆炸上限與下限居於4%~78% V/V。系統所在地區因位於室內，依法必須設有防爆區，以避免爆炸風險。

本案次氯酸鈉產生器型式為板式雙極，電極板陽極為鈦板鍍MMO塗層，鍍以MMO塗層是為利氯氣產生，以便於水中鈉離子結合為NaOCl，負極板則為鈦板(Titanium)，電解槽內正負極板採交叉排列，板式雙極與海水接觸面積較管式雙極大，故可加速電解化學反應，提升單位次氯酸鈉產量，降低占地面積。

透過調整變壓器-整流器電流，可改變次氯酸鈉產量，電流越高產生次氯酸鈉濃度越高，建議維持電流量為60%~100%，以避免變壓器-整流器損壞，本案次氯酸鈉產生器電解槽內部如下圖11、圖12，變壓器整流器如下圖13。目前常見的電解槽型式如下表1。

本計畫依合約，次氯酸鈉產生器濃度須達到1500 mg/L，廠家設計最高濃度可達2000 mg/L，次氯酸鈉產生器出口處可產生的濃度亦會受到水質影響，若電解的水樣為純鹽水(100% NaCl)，濃度可達8000 mg/L。



圖 11 板式雙極次氯酸鈉產生器電解槽外觀



電解槽陽極
MMO塗層



電解槽內陰極、
陽極交錯排放

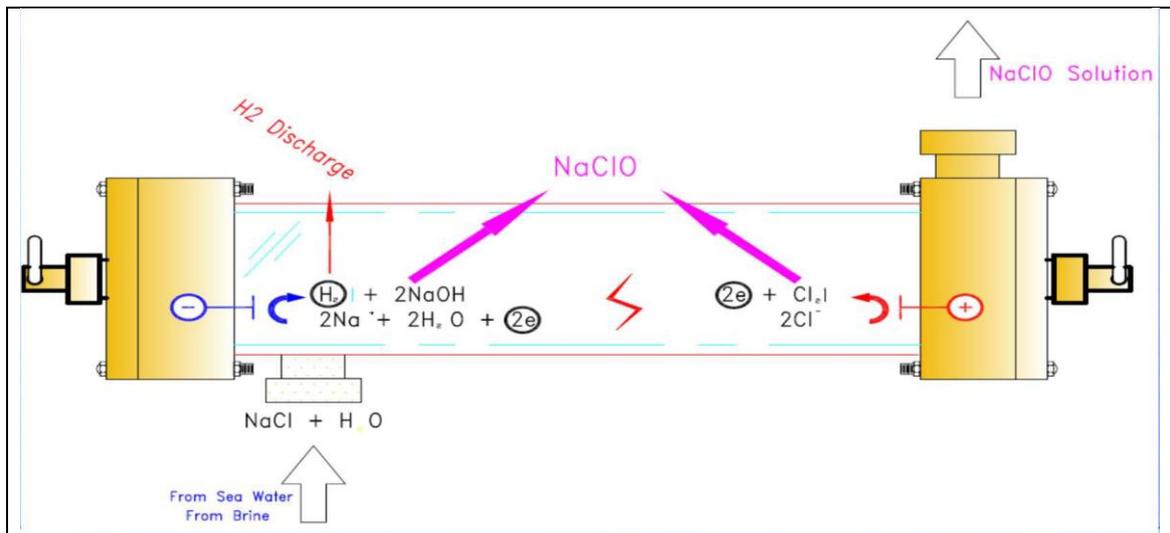
圖 12 次氯酸鈉產生器電解槽極板



圖 13 變壓器-整流器

表 1 各式電解槽比較表

型式	特性	照片
板式雙極	接觸面積：最大，所需建設場地面積最小 酸洗頻率：1 個月一次 特點：因不易漏水、維修容易，運作壓力最低 0.5 bar，為目前廠商設主流。	如圖 14
板式單極	接觸面積：中等 酸洗頻率：1 個月一次 特點：相較於管式雙極較不易漏水，所需維護空間較小。	如圖 15
管式雙極	接觸面積：最小，所需建設場地面積最大 酸洗頻率：6 個月一次 特點：運作壓力最高，流速最大，設備較容易損耗，目前較少使用。	如圖 16



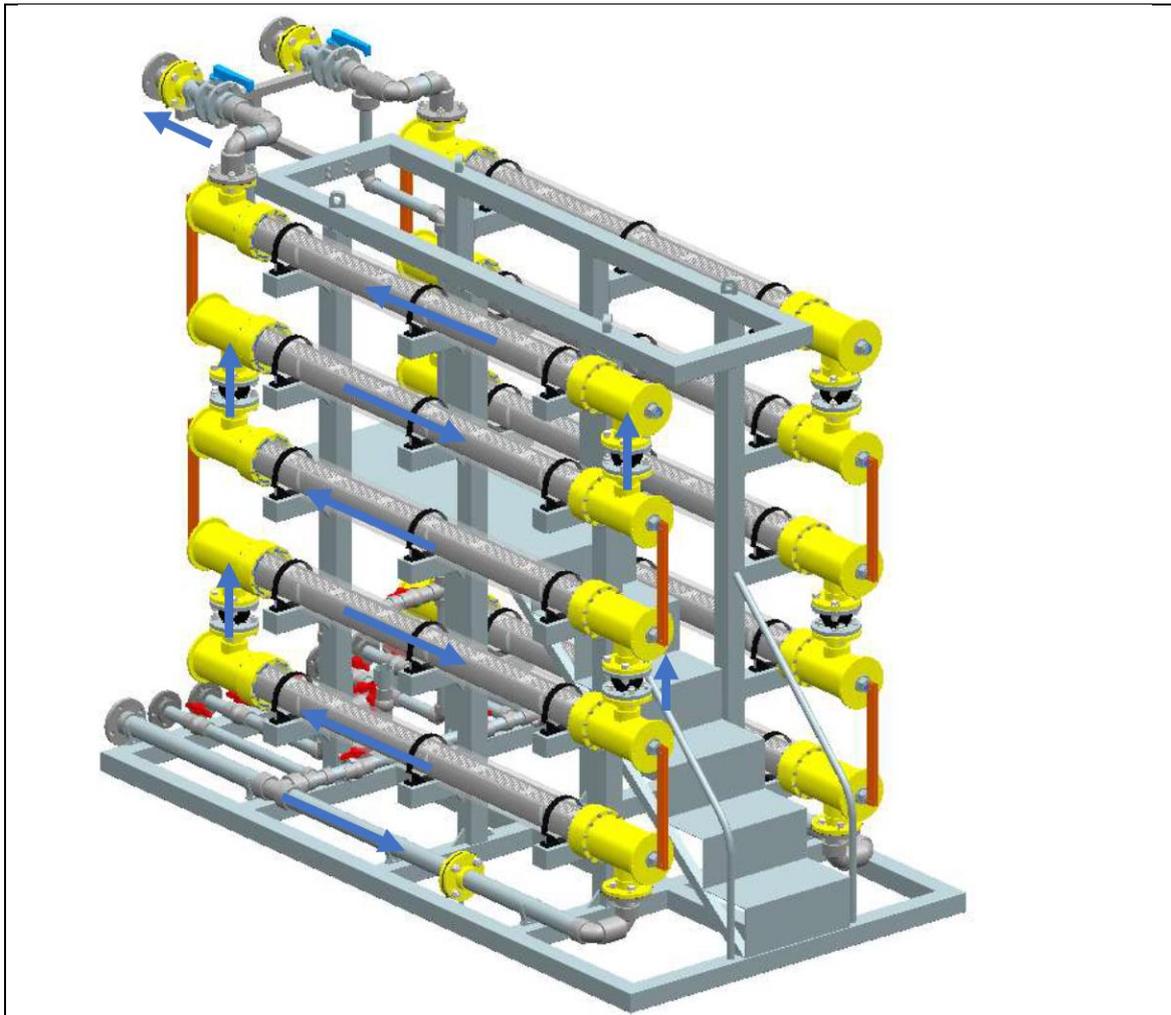
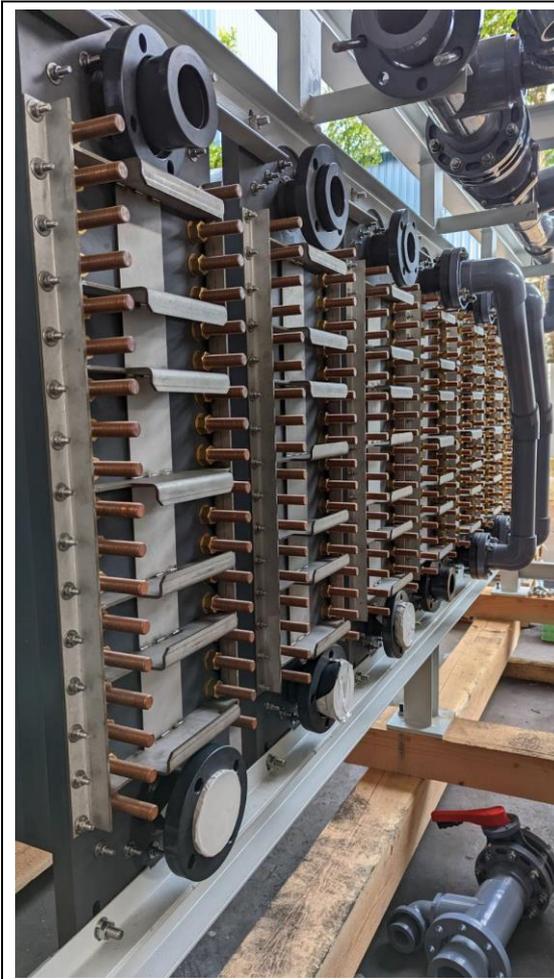


圖 14 板式雙極電解槽示意圖及實廠圖



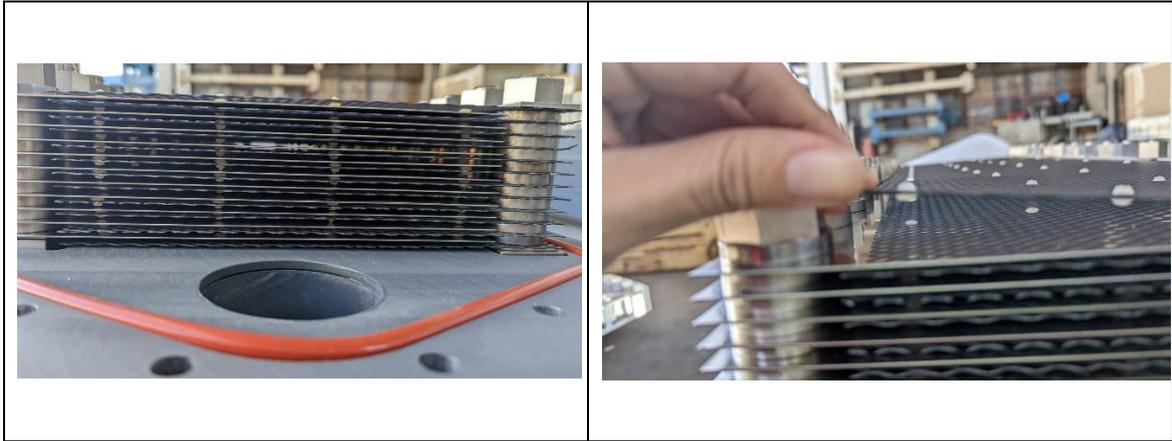


圖 15 板式單極電解槽示意圖及實廠圖

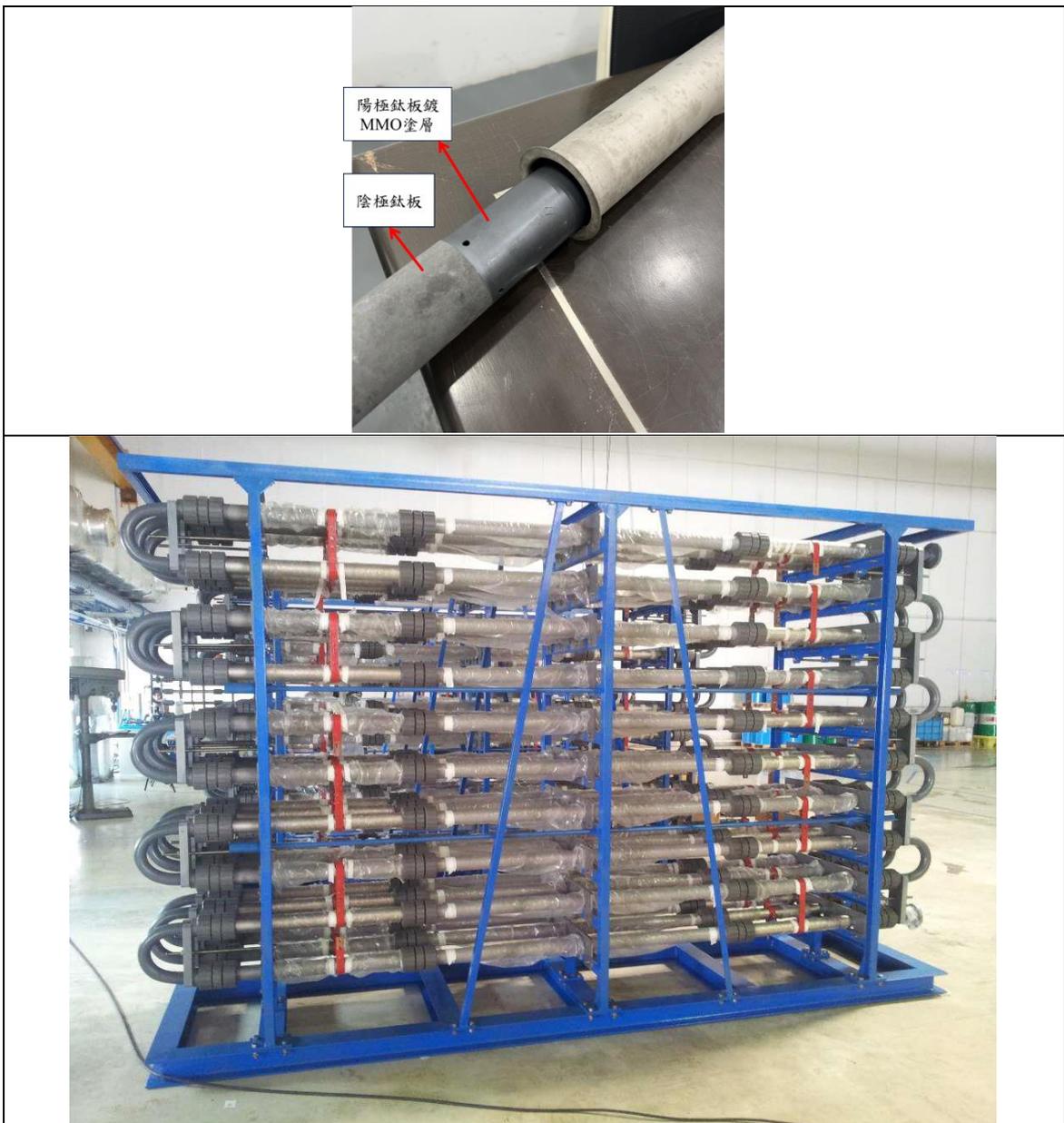


圖 16 管式雙極電解槽實廠圖

(四) 氫氣旋風分離器、氫氣水封裝置

海水通過次氯酸鈉產生器後，產生高濃度次氯酸鈉及氫氣。氫氣為易燃氣體，爆炸上限與下限屆於4%~78% V/V。為避免爆炸造成工安意外，系統所在地區若位於室內必須設有防爆設備，本計畫設計於室外，故無需防爆設備。高濃度次氯酸鈉與氫氣進入FRP材質之氫氣旋風分離器(H₂ cyclone separator)後，將氫氣脫離，效率約為95%。高濃度次氯酸鈉藉由重力流進入次氯酸鈉注入管(NaOCl diffusing piping)，而氫氣則是進入FRP氫氣水封裝置(hydrogen seal pot)後，釋放至大氣。

氫氣由氫氣旋風分離器(H₂ cyclone separator)送入氫氣水封裝置(Hydrogen Seal Pot)，此時的氫氣濃度>78%，沒有爆炸疑慮。接著將氫氣連續穩定排放至通風良好處，迅速與空氣混和達到爆炸下限以下(約0.7%)，最後排放至大氣中，如圖17。



圖 17 旋風脫氫裝置與氫氣水封裝置

(五) 次氯酸鈉注入及氯分析儀(Chlorine Analyzer)

電解後高濃度次氯酸鈉通過氫氣旋風分離器(H₂ cyclone separator)後，注入渠道壓力為 0.1667 Mpa G ，本計畫係由重力流進入渠道，未設置次氯酸鈉儲存槽及次氯酸鈉加藥泵。注入系統必需能夠連續且平均注藥，因此加裝流量控制器 FCV 及流量計，如下圖 18。

另外，於氫氣旋風分離器出口處設有 3 台氯分析儀(6 台氫氣旋風分離出口管線共用 3 台氯分析儀)，用來監測出口次氯酸鈉濃度，確保濃度大於 1500 mg/L，另外，次氯酸鈉探頭應保持濕潤，以保持監測的準確度，如下圖 19。

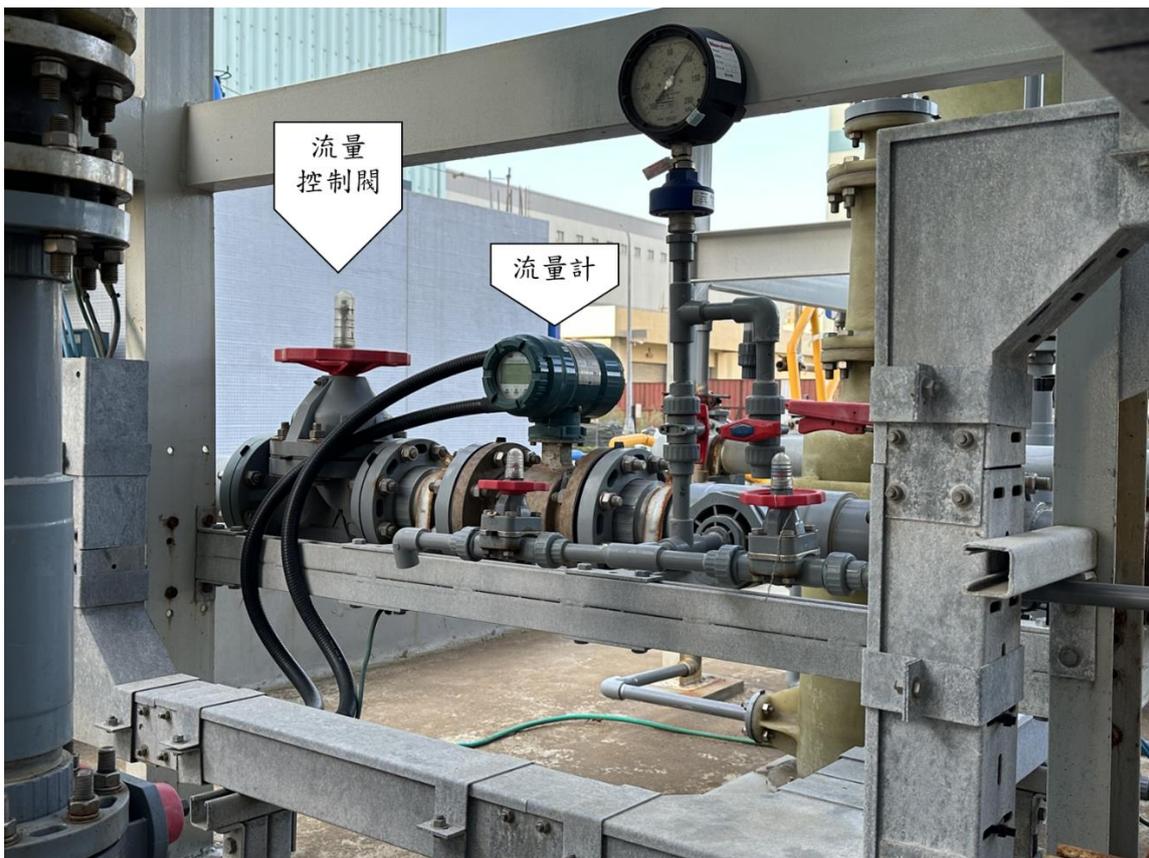


圖 18 次氯酸鈉流量控制閥及流量計



圖 19 次氯酸鈉分析儀

(六) 酸洗系統

本計畫酸洗系統包含 1 個鹽酸卸料泵(HCl unloading pump)、2 座 10m³ 32%高濃度鹽酸儲存槽、1 座酸氣去除裝置、1 座 5%稀釋鹽酸儲槽、1 台酸洗循環泵。槽車載運至發電廠的鹽酸濃度為 32% 高濃度鹽酸，故須使用生水稀釋至 5%鹽酸後才可用於酸洗次氯酸鈉產生器電解槽，以去除槽內沉積沉澱物，酸洗過程為全自動，可由 LCP 手動控制或是 DCDAS 自動控制，酸洗頻率為 1 個月 1 次或是電壓高於 5 V 時執行，每串電解槽每次酸洗時間約為 30~40 分鐘，酸洗溶液切勿使用含氟化學藥品，否則會損壞設備。

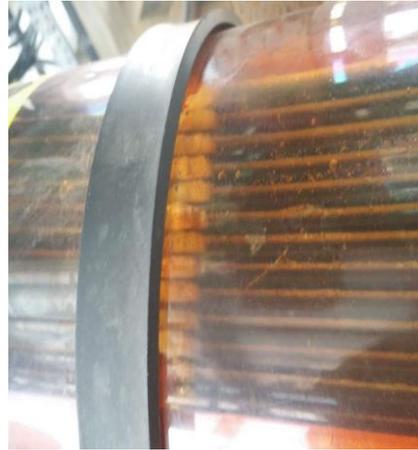
酸洗過程雖為全自動，但酸洗結束時仍需要手動開啟次氯酸鈉產生器排氣閥，使空氣能進入電解槽內排空酸液。若未打開排氣閥即排出酸液，會使電解槽成真空狀態而無法排出鹽酸液。

另外，由於本公司部分電廠使用之電解槽形式為管式雙極，

其電解槽流速快、壓力高，故沉積物容易被水流帶走不易結垢，酸洗頻率約為半年 1 次。雖然酸洗頻率低，但由於其接觸面積小，需要較大的場地安裝，且長期處於高流速、高壓力侵蝕，容易彎頭處漏水。



酸洗前



酸洗後

圖 20 酸洗前與酸洗後比較圖

(七) 廢水中和系統

本計畫廢水中和系統包含 1 台氫氧化鈉卸料泵、1 座 45%氫氧化鈉儲存槽、2 台氫氧化鈉加藥泵(1 duty、1 standby)，當酸洗溶液由電解槽排出至海水電解式小型廢水槽後，廢水中和系統亦會將氫氧化鈉泵送至小型廢水槽進行酸鹼中和，再泵送至廢水處理廠，

以避免大量酸性液體損壞廢水處理系統。

四、運轉

(一)設備啟用

啟用設備步驟如下：

1. 確認設備中所有隔離閥(isolation valves)及洩水閥(drain valves)，皆已關閉
2. 確認已有進流海水。
3. 確認 E-stop 未開啟，以及排除所有警報
4. 選擇自動模式(Auto)
5. 選擇電解模式(Chlorine)

(二)設備長時間關閉

1. 關閉進流閥(inlet valves)/出流閥(outlet valves)，打開洩水閥(drain valves)，排空設備。
2. 使用海水沖洗設備內部。
3. 關閉變壓器-整流器控制盤、馬達控制盤、酸洗盤。
4. 排空氫氣密封罐，並使用海水沖洗。

(三)輪用與備用

本計畫設計容量為 100%運轉 6 串次氯酸鈉電解串，外加備用 1 座進流過濾器搭配海水加壓泵，惟為保持電廠運轉之可靠性，本系統設計容量大於實際容量。故實際運轉可只開一半(3 串)次氯酸鈉電解串，並將一串次氯酸鈉產生器產生之高濃度次氯酸鈉，平均分散於兩道海水渠道，一個月輪流使用一串之運轉方式稱為輪用，輪用時需要注意以下幾點：

1. 當設備一整串停止使用時，停滯於次氯酸鈉產生器內的海水為高濃度次氯酸鈉，故設備長時間浸泡於次氯酸鈉內可避免生長海生物。
2. 當停止串的設備啟用時建議先酸洗一次再使用，以避免次氯酸鈉產生器內部產生不易清除的沉積結垢物。
3. 停用串的停用時間應避免超過一個月，否則建議酸洗後排空海水。

若是保持全部設備(共 6 串)開啟，但降低各串的使用量，僅備用 1 座進流過濾器搭配海水加壓泵時，應注意各串的電流應界於 60%~100%之間，若低於 60%變壓器-整流器則容易損壞。

(四) 酸洗

為避免結垢造成損壞，酸洗是重要的系統維護事項。除了 1 個月需進行酸洗外，當流經電解槽的電壓異常上升(>5v)時，也需要進行酸洗。酸洗時使用 5%的鹽酸清洗電解槽並溶解沉澱物。每套電解系統會共用鹽酸儲槽，但酸洗時則是獨立酸洗。

酸洗前，電解系統裝置需需要以海水沖洗後排空。一次只會酸洗一串次氯酸鈉產生器，可由 DCDAS 進行自動酸洗，亦可由現場控制盤(LCP)控制進行手動酸洗，酸洗大致程序如下：

1. 自動稀釋，自來水氣動閥自動打開 951 L 自來水注入到稀釋鹽酸儲槽後，再由 32%高濃度鹽酸儲存槽藉由重力流排放 199L 32%濃鹽酸至稀釋鹽酸儲槽，自動配置 5%稀釋鹽酸。
2. 電解槽內海水自動排空。
3. 酸洗循環泵將 5%鹽酸抽取至電解槽內酸洗，再回到稀釋鹽酸儲

槽，形成一循環，此循環進行約 30~40 分鐘。

4. 酸洗後手動開啟電解槽排氣閥，使 5%稀釋鹽酸可排放至廢水槽。
5. 以海水或是自來水沖洗電解槽。
6. 關閉酸洗開關，切換回電解模式。

五、設備維護

頻率	執行事項
每日	紀錄以下數值 <ol style="list-style-type: none"> 1. 海水流量 2. 直流電壓、直流電流 3. 確認設備無洩漏
每月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 測量變壓器-整流器之交流電線路電壓 2. 清潔變壓器-整流器過濾器，保持進風通道整潔
每月一次	酸洗電解槽
每年	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢查泵浦葉輪 2. 校正流量控制閥 3. 檢查螺栓是否緊固、有無脫落 4. 清潔氫氣旋風分離器 5. 換泵浦機械密封 6. 更換接地探針
電極板	<ol style="list-style-type: none"> 1. 觀察是否有電壓下降以及極板損壞

2. 每 5-6 年更換電極板

肆、感想與建議

本公司大潭電廠增建計畫係由丸紅及奇異聯合統包，海水電解系統則由丸紅發包由新加坡廠家 KALF 承包施作，該家廠商為知名海水電解設備商，本公司目前除了本計畫，台中新建燃氣計畫亦由中鼎公司發包 KALF 設計施作，研習過程非常感謝廠家在空閒時間帶我參觀新加坡，並且詳細介紹新加坡的發展，以及享用當地馬來風味的料理。

廠家亦帶我參觀已運轉 3 年之海水電解系統，雖然該座海水電解系統產量僅 10 kg/h，遠低於本計畫所需要產量 90 kg/h，但能看見實際設備對我非常有幫助，且該廠設備維護良好，皆有定期酸洗，電解槽內相當乾淨。

廠家亦有說明輪用設備的運作方式，解除我對輪用設備浸泡於海水中，有損設備之疑慮。廠商說明輪用並非讓電解槽浸泡於海水一個月，而是浸泡於高濃度次氯酸鈉一個月，除了可以防止海生物生長於設備內，亦不會損壞設備，廠家亦有展示輪用 2 年後，次氯酸鈉電解槽的圖片，槽內相當乾淨，無生鏽之情況，如圖 21。唯廠家仍建議不應浸泡超過一個月，以避免高濃度次氯酸鈉降解，而導致管內海水發臭，亦有可能損壞設備，若需停用設備超過一個月，建議排空設備。



圖 21 設備輪用 2 年後電解槽內仍保持潔淨

除了輪用以外，已有針對以下三點與廠家討論：

(一) 脈衝加藥

脈衝加藥係指設備每運轉 8 小時，便有 30~40 分鐘大量投藥，將循環冷卻水內次氯酸鈉濃度由 1.5 mg/L 拉高到 3~4 mg/L，以殺死具有抗藥性的海生物，在大部分國家皆有該設計，唯台灣無此設計，若未來營運其設備於正常運轉下仍發生海生物生長的情況，可考慮此運作方式，以確保電廠可靠運轉。

(二) 監測氯離子(或氯生成氧化物)濃度，自動調整變壓器-整流器電流，控制加藥量

目前有部分國家於循環水海水出口端加裝氯離子偵測器，藉由氯離子偵測數值，自動調整變壓器-直流器之電流調整產量，為此種方式需要考慮以下項目：

1. 頻繁自動調整變壓器-直流器之電流，容易損壞變壓器-直流器

以及次氯酸鈉產生器。

2. 從偵測到數值調整變壓器-整流器再到次氯酸鈉產出的這段時間過長，產出次氯酸鈉與偵測到氯離子之時間點之誤差。
3. 台灣法規規定循環水出口量之限值為總餘氯(或氯生成氧化物)，非氯離子，偵測器項目建議由氯離子改為總餘氯。

綜合以上幾點，廠家建議可於海水渠道內(若監測點離渠道過遠，則不容易檢測餘氯量)監測餘氯，並藉由人工調整變壓器-整流器電流，且不應過於頻繁。

(三) 設置臨時海水循環泵供海水電解用水

海水電解必須有海水供應才能運作，若海水電解系統施工進度若早於循環水泵室，則會有無海水可用設備無法啟動情況。唯本公司之循環水泵室施工進度應早於海水電解系統，並已於海水電解系統設置臨時加藥桶槽由廠商購買次氯酸鈉，於海水系統尚未完備時，供冷卻循環水加藥使用，故尚且不考慮設置臨時海水循環泵供海水電解用水。