

出國報告（出國類別：實習）

興達電廠燃氣機組更新改建計畫
海水電解系統之規劃設計及運轉維修
技術研習

服 務 機 關：台灣電力公司 核能火力發電工程處 南部施工處

姓 名 職 稱：王冠智 機械工程專員

派赴國家/地區：新加坡

出 國 期 間：113年7月7日至113年7月20日

報 告 日 期：113年9月16日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：興達電廠燃氣機組更新改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 36 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

王冠智/台灣電力公司/南部施工處/熱回收設備組機械工程專員/07-6912510#2451

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：113 年 7 月 7 日至 113 年 7 月 20 日

派赴國家/地區：新加坡

報告日期：113 年 09 月 16 日

關鍵詞：海水電解、次氯酸鈉、氫氣

內容摘要：(二百至三百字)

興達電廠燃氣機組更新改建計畫新建機組以循環海水做為冷卻水。為避免生物附著於海水循環相關設備和渠道，採用海水電解系統產生次氯酸鈉作為殺菌劑連續注入循環海水以抑制海生物生長。本計畫海水電解系統係由新加坡廠商 DE NORA 設計、製造及運轉測試。依據合約海外訓練之規定，本次赴原廠所在地新加坡參加海水電解系統研習，研習內容涵蓋系統簡介、P&ID、系統描述

及安全、迴轉機設備、儀控設備、系統操作介面、系統邏輯及預防性維護保養等，並參訪當地友廠之海水電解系統設備。本報告分為以下內容詳細介紹：系統原理及流程、設備簡介、系統運轉及操作、安全須知與系統維護保養。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網（<https://report.nat.gov.tw/reportwork>）

目錄

壹、 實習目的	- 1 -
貳、 實習內容與過程	- 2 -
一、 研習內容	- 2 -
二、 研習過程	- 2 -
參、 研習內容報告	- 4 -
一、 系統流程及原理	- 4 -
二、 設備簡介	- 7 -
三、 系統運轉及操作	- 25 -
四、 安全須知	- 30 -
五、 系統維護保養	- 32 -
肆、 心得及建議	- 33 -
一、 心得	- 33 -
二、 建議	- 36 -

圖目錄

圖 1 興達電廠燃氣機組更新改建計畫新建機組佈置圖	- 1 -
圖 2 飛龍帝國大廈(左圖)及迪諾拉新加坡分公司辦公室(右圖)	- 3 -
圖 3 巴央汽電共生廠(左圖)及其海水電解設備(右圖)	- 3 -
圖 4 西拉雅發電廠(左圖)及其海水電解設備(右圖).....	- 3 -
圖 5 海水電解系統流程	- 4 -
圖 6 海水電解系統介面點.....	- 5 -
圖 7 生物附著於人造結構物體.....	- 6 -
圖 8 循環海水次氯酸鈉注入架構	- 6 -
圖 9 海水電解反應示意圖.....	- 7 -
圖 10 海水電解系統設備佈置.....	- 9 -
圖 11 自動過濾器外型圖	- 11 -
圖 12 手動過濾器(左圖)及自動過濾器(右圖).....	- 11 -
圖 13 海水增壓泵(左圖)及剖面圖(右圖).....	- 12 -
圖 14 次氯酸鈉產生器(左圖)及電解槽(右圖).....	- 13 -
圖 15 變壓器整流器	- 15 -
圖 16 變壓器整流器輸出電流與次氯酸鈉濃度曲線	- 15 -
圖 17 水力旋流器流向示意(左圖)及現場安裝實體(右圖).....	- 16 -
圖 18 氫氣密封罐流向示意(左圖)及現場安裝實體(右圖).....	- 17 -
圖 19 氯分析儀	- 18 -
圖 20 氫氣偵測器.....	- 19 -
圖 21 32%高濃度鹽酸儲槽(左圖)及 32% HCl 卸藥泵(右圖).....	- 20 -
圖 22 酸煙去除裝置、8%稀鹽酸/洗滌劑儲槽(左圖)及酸/洗滌劑循環泵(右圖) ..	- 20 -

圖 23 電解槽斷裂.....	- 21 -
圖 24 陰極結垢的影響.....	- 22 -
圖 25 45%氫氧化鈉儲槽(左圖)及 45%氫氧化鈉卸藥泵(右圖).....	- 23 -
圖 26 氫氧化鈉注藥泵.....	- 23 -
圖 27 12%次氯酸鈉儲槽(左圖)及 12%次氯酸鈉卸藥泵(右圖).....	- 24 -
圖 28 12%次氯酸鈉注藥泵.....	- 24 -
圖 29 處理水泵(左圖)及廢水池(右圖).....	- 25 -
圖 30 安全淋浴和洗眼器.....	- 30 -
圖 31 西拉雅發電廠安全入門課程.....	- 34 -
圖 32 勝科公司海水電解廠房(左圖)及設備(右圖).....	- 34 -
圖 33 西拉雅發電廠海水電解廠房(左圖)及設備(右圖).....	- 34 -
圖 34 與講師 Jerrick(左)於 DE NORA 辦公室合影(左圖)，與工程師 Albert(左)及 主管 Lawrance(中)陪同實地參訪合影(右圖).....	- 35 -

表目錄

表 1 海水電解系統設計依據	- 7 -
表 2 海水電解系統設計參數	- 8 -
表 3 海水雜質對次氯酸鈉產生器的影響	- 8 -
表 4 設備海水流量	- 10 -
表 5 次氯酸鈉產生器規格	- 13 -
表 6 變壓器整流器規格	- 14 -
表 7 鹽酸成份	- 21 -
表 8 氫氧化鈉成份	- 22 -
表 9 系統運轉操作程序	- 25 -
表 10 化學品危害須知	- 31 -
表 11 維護保養項目	- 32 -
表 12 機組啟動預備條件	- 36 -

壹、實習目的

本公司火力電廠主要以海水做為循環水(CIRCULATING WATER)，供冷凝器與熱交換器冷卻用。興達電廠燃氣機組更新改建計畫(簡稱本計畫)於興達發電廠既有廠區外之東南側新建 3 部各 130 萬千瓦複循環機組(主發電設備區)，其循環水泵室及海水電解室位於興達發電廠既有廠區南側(如圖 1)。本計畫新建機組亦同樣使用海水做為循環水冷卻用，然海水會帶來生物附著(Biofouling)問題，對於相關設備與管路來說是很大的危害。本計畫設置海水電解系統製造次氯酸鈉注入海水，以避免生物附著問題。依據本計畫合約 Part I 16.4.1，承攬商需安排海水電解系統為期兩周之海外訓練，以助本公司相關人員進行後續系統運轉維護工作。

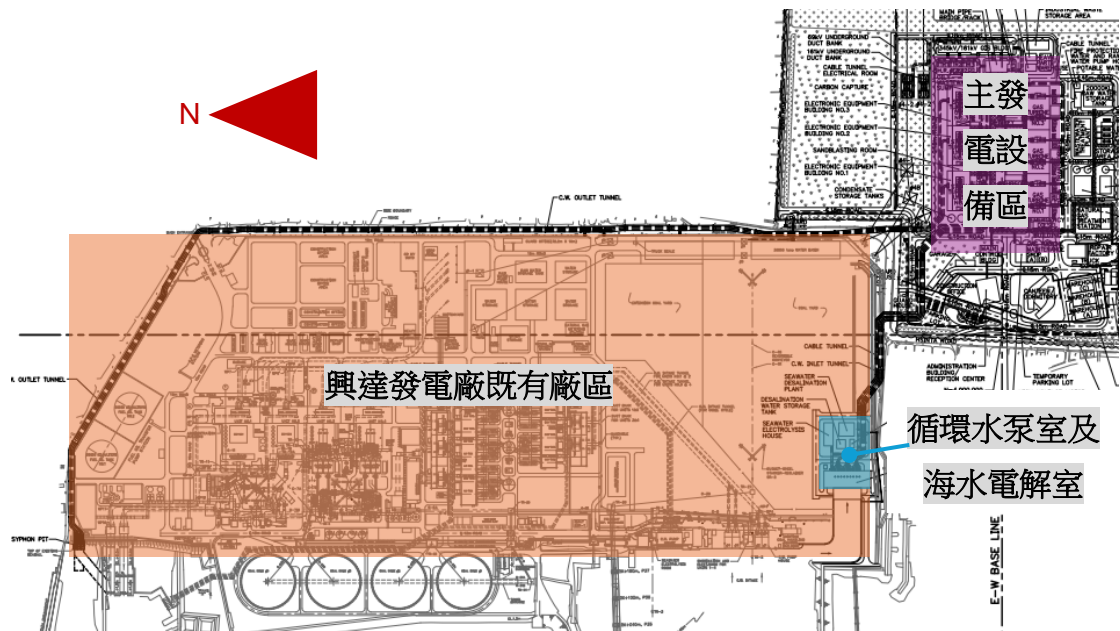


圖 1 興達電廠燃氣機組更新改建計畫新建機組佈置圖

貳、實習內容與過程

一、 研習內容

興達電廠燃氣機組更新改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

(一) 研習行程

起訖日	研習地點及內容	備註
113年7月7日	台北~新加坡	
113年7月8日~113年7月9日	於新加坡 DE NORA 公司研習海水電解系統簡介、P&ID、系統描述及安全	
113年7月10日	於新加坡 DE NORA 公司研習海水電解系統迴轉機設備	
113年7月11日~113年7月12日	於新加坡 DE NORA 公司研習海水電解系統儀控設備、系統操作介面及系統邏輯簡介	
113年7月15日	於新加坡 DE NORA 公司研習海水電解系統設備預防性維護保養	
113年7月16日	至裕廊島巴央汽電共生廠及西拉雅發電廠參觀海水電解系統設備	
113年7月17日~113年7月18日	於新加坡 DE NORA 公司研習海水電解系統課程測驗、問答及複習	
113年7月20日	新加坡~台北	

(二) 研習地點

本次實習地點位於新加坡南部的飛龍帝國大廈(Fragrance Empire Building)，靠近拉柏多公園捷運站，迪諾拉新加坡分公司(De Nora Water Technologies

Singapore Branch)所在處之辦公室(如圖 2)。其中一天現場參訪位於裕廊島勝科公司(SEMBCORP)巴央汽電共生廠及楊忠禮西拉雅能源公司(YTL PowerSeraya)西拉雅發電廠使用之海水電解系統設備(如圖 3 及圖 4)。



圖 2 飛龍帝國大廈(左圖)及迪諾拉新加坡分公司辦公室(右圖)



圖 3 巴央汽電共生廠(左圖)及其海水電解設備(右圖)



圖 4 西拉雅發電廠(左圖)及其海水電解設備(右圖)

參、研習內容報告

一、系統流程及原理

(一) 系統流程

海水電解系統流程如圖 5，海水電解系統之海水供應來自上游循環水泵(CW PUMP)，循環水泵每部機三台，三部機共九台(非本系統範圍)，在 TP-M014 介面點進水口集管進入系統(如圖 6)，流量 459.93 m³/hr，壓力 15 KPa.G。進入海水電解系統的海水經過過濾，去除大於 500 微米的固體顆粒。海水增壓泵安裝將過濾後的海水增壓到所需的壓力，由 0.38 KPa.G 提升至 520 KPa.G。經過濾與增壓後之海水進入次氯酸鈉產生器，次氯酸鈉產生器從海水中以電解過程產生有效氯。而產生器用於產生次氯酸鈉的直流電流由直流電源裝置-變壓器整流器供應。海水經電解反應，除產生有效氯外，也會產生副產物氫氣。來自次氯酸鈉產生器的氯化海水被送到水力旋流器，將氯化海水之氫氣分離出來。氫氣從水力旋流器上部釋放至氫氣密封罐，同時氯化海水經由加氯管線擴散管系統，持續注入 TP-M016 介面點之海水循環水進水口(如圖 6)。釋放至氫氣密封罐內之氫氣浸沒於海水中並逐漸排放至大氣。排除氫氣後之氯化海水，以氯分析儀監測海水之次氯酸鈉濃度(有效氯)是否達 1500 mg/L.要求。

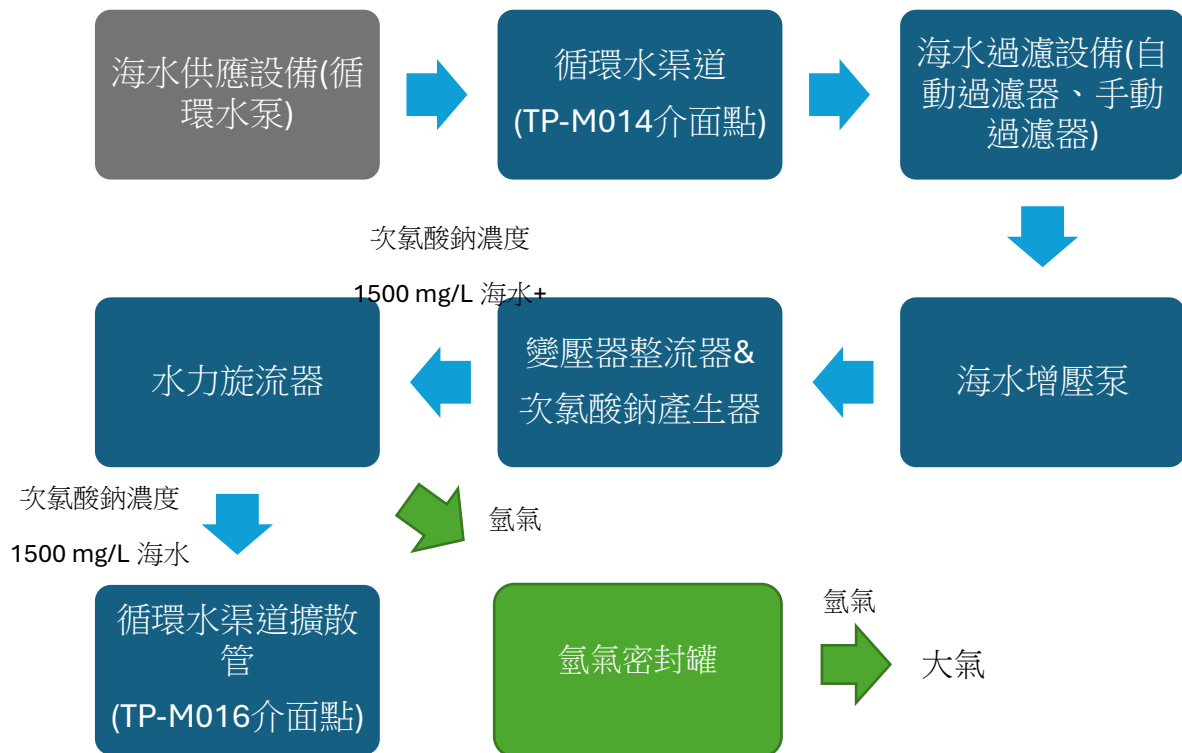


圖 5 海水電解系統流程

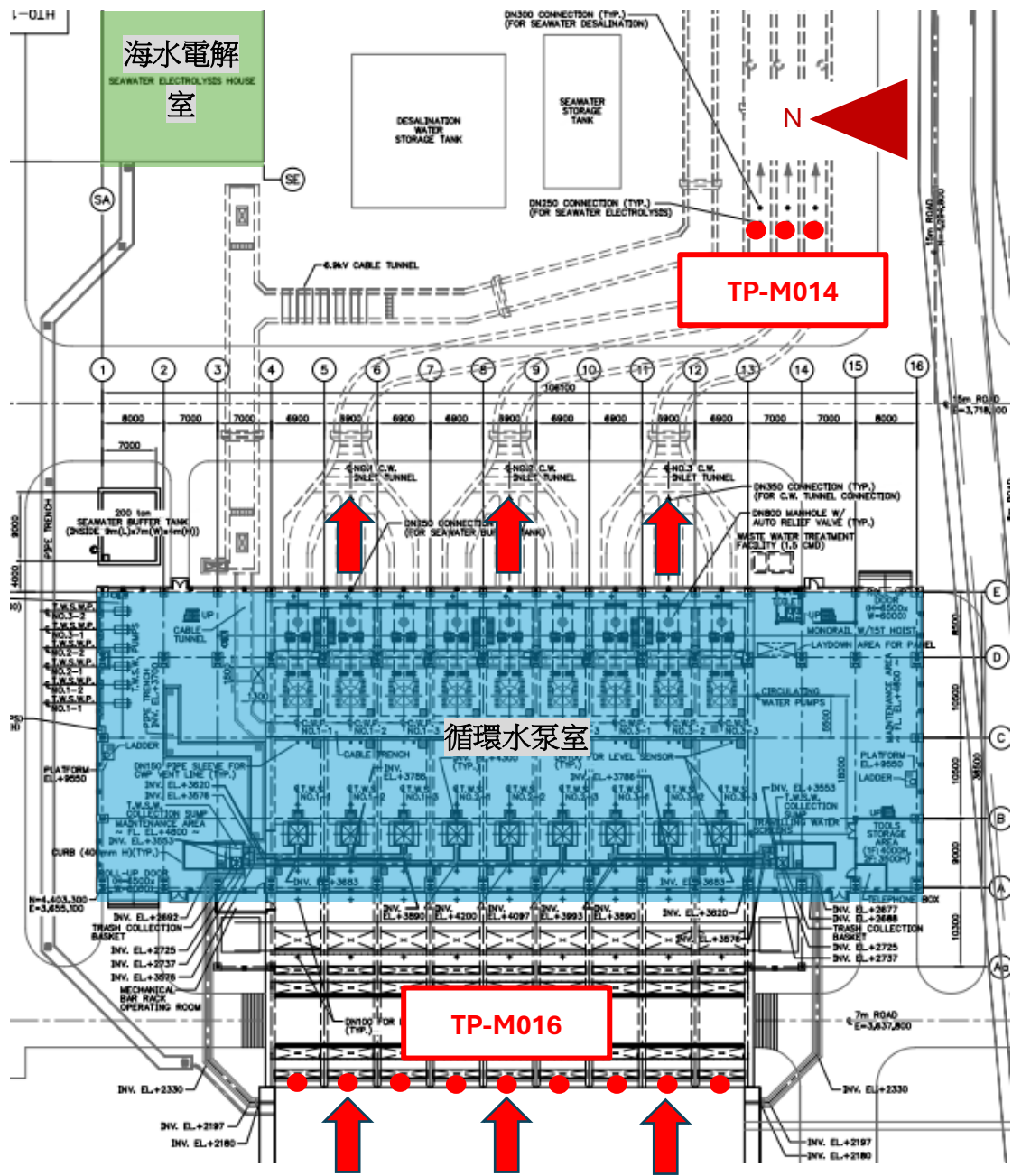


圖 6 海水電解系統介面點

(二) 系統原理

2.1 生物附著(Biofouling)

海水電解系統目的為製造次氯酸鈉以避免海生物於循環水渠道及設備上產生之生物附著。生物附著係由藤壺和貽貝等硬殼生物引起的結殼或由細菌和藻類引起的黏液，在人造結構物體上繁殖與生長(如圖 7)。因此生物附著會引起循環水渠道、管路及設備之堵塞與腐蝕，導致海水冷卻循環迴路之海水流量減少、熱交換器效率降低與冷凝器管道腐蝕等問題。



圖 7 生物附著於人造結構物體

2.2 現場生成次氯酸鹽

海水電解系統結合鹽、水和電等常見物質，在現場生成次氯酸鈉作為殺菌劑和消毒劑，注入於海水入口管路及循環水泵出入口，以防止海洋生物和黏液生長(生物附著)，架構如圖 8。在大多數情況下，以 1 至 3 ppm (海水溫度 >15°C) 的速率連續注入次氯酸鹽可確保完全控制生物附著，加藥劑量率視生物需求而定。海水電解系統常應用於發電廠和工業工廠、海水淡化廠及液化天然氣接收站等。

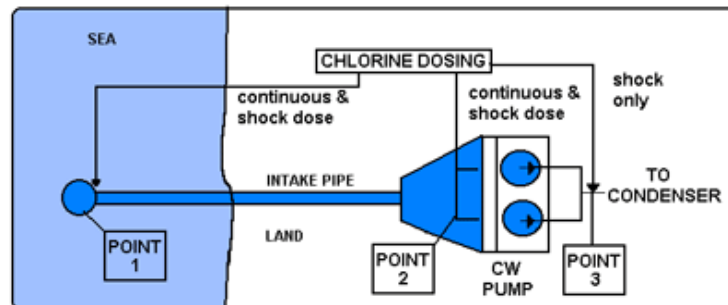


圖 8 循環海水次氯酸鈉注入架構

2.3 次氯酸鈉的生成

海水電解係由以下反應式產生次氯酸鈉、同時產生氯化鈉及氫氣(如圖 9)。DSA 是一種混合金屬氧化物 (MMO) 塗層之鈦陽極。

海水電解產生次氯酸鈉反應式： $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOCl} + \text{NaCl} + \text{H}_2$

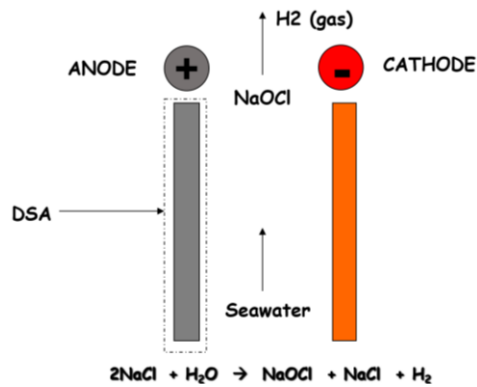
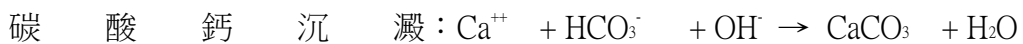


圖 9 海水電解反應示意圖

2.4 副反應

除上述主反應外，亦會有副反應發生，其中包含氫氧化鎂、碳酸鈣、二氧化錳及氧化鐵等物質沉澱，反應式如下。氫氧化鎂及碳酸鈣會沉積在陰極，錳離子與鐵離子則會在陽極氧化生成二氧化錳及氧化鐵，這些沉澱物會使電極板結垢。各副反應式如下。



二、設備簡介

(一) 設計依據

加氯海水總流量(每部機)		36 m ³ /s (129,600 m ³ /hr)
海水中連續投加次氯酸鈉所需的最低濃度		有效氯 1.5 mg/l
產生器出口次氯酸鈉最低要求濃度		有效氯 1500 mg/l
每部機最低容量		有效氯 225 kg/hr
海水入口注入點數量	入口渠道/每部機	3
	入口渠道/三部機	9
每個次氯酸鈉產生器之持續海水流量		50 m ³ /hr
設計壓力(次氯酸鈉產生器)		350 KPa.G

表 1 海水電解系統設計依據

(二) 設計參數

設計溫度(次氯酸鈉產生器)	50°C
變壓整流器直流輸出	滿載額定值(操作)： 7350ADC @ 41VDC (100%) 設計額定值： 9190ADC (125%) @ 45VDC -註 1
海水壓力	15 KPa.G
系統正常操作壓力	470 KPa.G
海水進水流量	459.93 m ³ /hr

註 1: 125%設計額定值非操作條件，僅用於現場驗收測試。

表 2 海水電解系統設計參數

海水雜質將會對次氯酸鈉產生器的影響，尤其氟化物可能使電極板損壞，各雜質濃度成分限制如下表 3。

物質	說明	濃度限制	備註
釩鎳錳鈷	與次氯酸鹽快速合成	<10ppb	單一濃度
鉻、鐵、錳、銅、砷、銻、銻系元素	與次氯酸鹽緩慢合成	<10ppm	總濃度
二價錳離子、二價鐵離子	影響陽極	如上	-
油及重有機物	影響陽極	<15ppm	總濃度
懸浮固體	影響陽極	<100ppm	總濃度
氟化物	影響陽極	<0.8ppm	單一濃度

表 3 海水雜質對次氯酸鈉產生器的影響

(三) 海水電解系統組成：

海水電解系統由三部機組成，每部機設備包含如下：循環水泵*3、自動過濾器*1、手動過濾器*1、海水增壓泵*1 及次氯酸鈉產生器*3。每台次氯酸鈉產生器都有自己的變壓器整流器、水力旋流器和氬氣密封罐。每台次氯酸鈉產生器產生之次氯酸鈉注入安裝在海水進水口的各自的擴散器管路中。其餘共同設備則有鹽酸清洗系統、鹽酸中和系統、12%次氯酸鈉加藥系統與廢水系統等。

(四) 海水電解系統佈置：

海水電解系統設備主要裝設於海水電解室，海水電解室位於循環水泵室東側附近。循環水進水口在循環水泵室西側，循環水出水口在循環水泵室東側(如圖 10)。變壓器整流器、次氯酸鈉產生器、海水增壓泵、自動過濾器及手動過濾器等設備由東而西安裝於海水電解室室內。鹽酸清洗系統、鹽酸中和系統及 12%次氯酸鈉加藥系統、水力旋流器、氫氣密封罐及廢水系統等設備則安裝於海水電解室室外西側(如圖 10)。

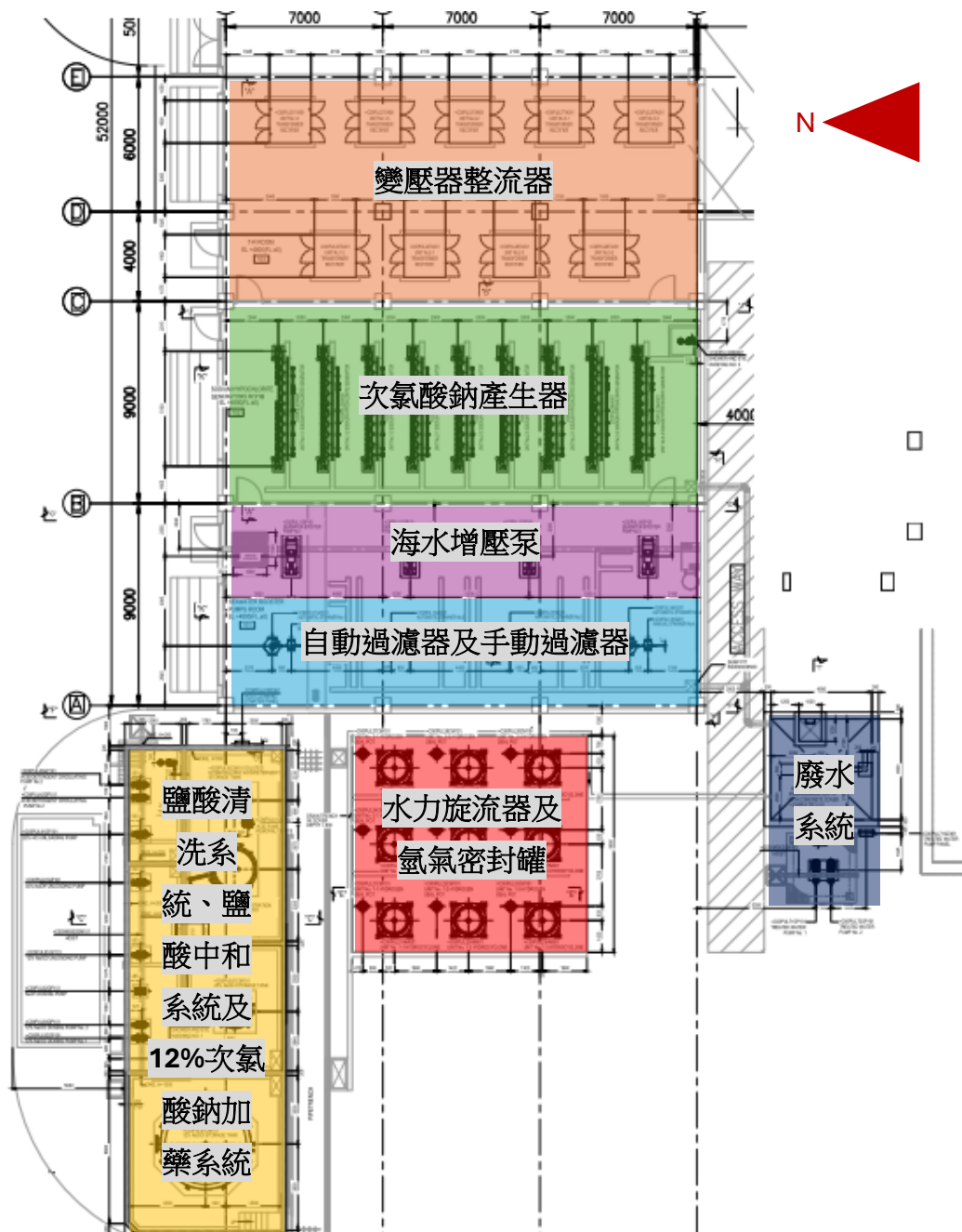


圖 10 海水電解系統設備佈置

(五) 海水供應設備：

海水供應來源由循環水泵提供，自循環水渠道經入口集管進入海水電解系統，每部機由三台循環水泵供應海水至海水電解系統，三部機共九台循環水泵。TP-M014 介面點之海水供應壓力為 15KPa.G。氫氣密封罐、次氯酸鈉產生器及自動過濾器等設備皆需使用一定用量之海水，其海水流量整理如下表 4。

每座氫氣密封罐之連續海水流量	0.5 m ³ /hr
9 座氫氣密封罐之連續海水流量	4.5 m ³ /hr
每台次氯酸鈉產生器之連續海水流量	50 m ³ /hr
9 台次氯酸鈉產生器之連續海水流量	450 m ³ /hr
每台自動過濾器之間歇海水流量	1.41 m ³ /hr
9 台自動過濾器之間歇海水流量	4.23 m ³ /hr
入口集管之海水總流量	458.73 m ³ /hr

表 4 設備海水流量

(六) 海水過濾設備：

6.1 自動過濾器

6.1.1 概述：

海水供應至海水電解系統前需先去除海水中的固體，以免污垢或碎片阻塞或損壞海水電解系統設備。海水電解系統共設置四台自動過濾器進行海水過濾，三台運轉，一台備用。其規格如下：額定容量為 150 m³/hr，設計容量為 165 m³/hr，篩網尺寸 500 微米，材質為雙相不銹鋼。自動過濾器內置有旋轉刮刀或刷子進行自清潔，清除篩網表面的固體，底部設有排水閥打開可以排出固體(如圖 11 及圖 12)。

6.1.2 控制與儀表：

自清潔程序每 8 小時自動啟動一次(清洗頻率現場可調整)或當自動過濾器兩端的壓力差指示開關達到預設值 1 KPa 時自動啟動。馬達啟動，以刮刀或刷子開始自清潔程序，持續 15 秒(自清潔時間可在 5 至 30 秒之間調整)。當達到 15 秒的清洗時間且壓力差小於 1KPa 時，自清潔程序停止。在自清潔程序中，過濾後的水會繼續流向下游次氯酸鈉產生器。在一個自清潔程序結束時，如壓力差仍然很高(1 KPa)，另一個自清潔程序開始。當由於連續壓差輸入而發生連續五次自清潔程序時，就會啟動警報。當篩網堵塞時會發生這種情況。這會產生故障訊號、停止清潔程序並啟動警報輸出。操作人員也可以透過運行備用手動過濾器來繼續運行系統。

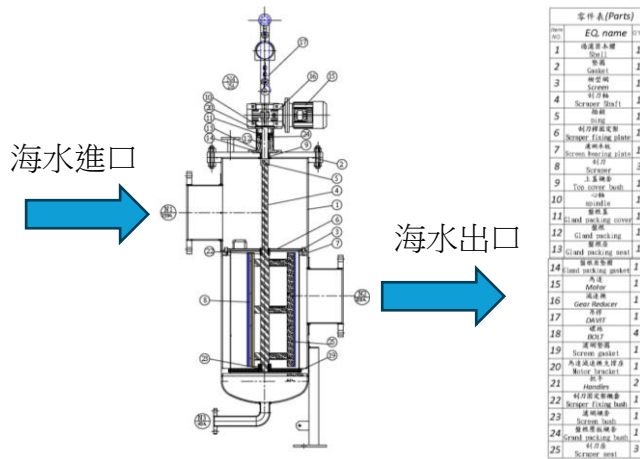


圖 11 自動過濾器外型圖



圖 12 手動過濾器(左圖)及自動過濾器(右圖)

6.2 手動過濾器

6.2.1 概述：

除自動過濾器外，另設置四台手動過濾器作為自動過濾器之備用進行海水過濾，三台運轉，一台備用。其規格如下：額定容量為 150 m³/hr，設計容量為 165 m³/hr，篩網尺寸 500 微米，材質為不銹鋼 317L(如圖 12)。

(七) 海水增壓泵

7.1 概述：

海水增壓泵將經過濾後海水增壓至所需壓力，以供應海水電解系統設備。任一運轉海水增壓泵故障，備用海水增壓泵將自動啟動開關控制閥，供應海水到 3 台受影響的次氯酸鈉產生器。海水電解系統共設置四台海水增

壓泵進行海水增壓，三台運轉，一台備用。海水增壓泵採用水平離心式，帶有機械軸封，泵與馬達直接耦合(如圖 13)。其規格如下：額定容量為 150 m³/hr，設計容量為 165 m³/hr，揚程為 52 米，外殼和葉片材質為 FRP，軸材質為哈氏合金 C276。

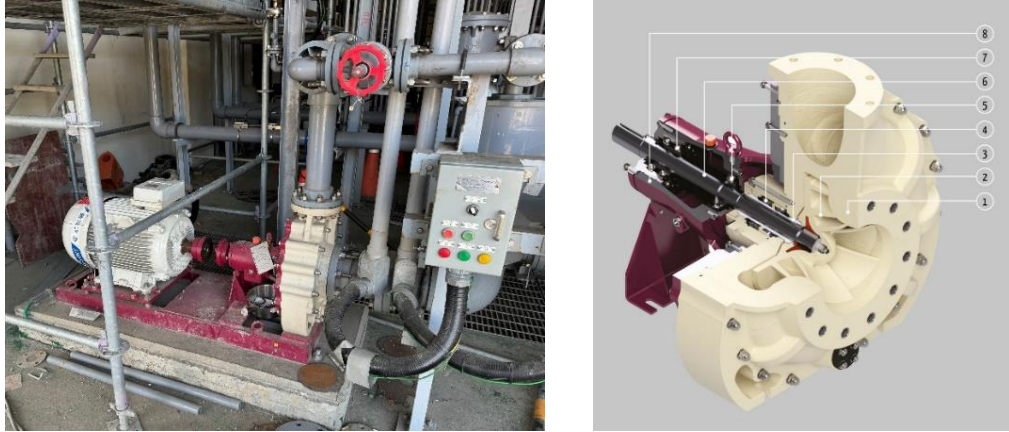


圖 13 海水增壓泵(左圖)及剖面圖(右圖)

7.2 控制與儀表

7.2.1 連鎖：

當所有對應的循環水泵投入運作時，海水增壓幫浦會自動啟動。1 號海水增壓泵與 1-1、1-2、1-3 循環水泵連鎖。2 號海水增壓泵與 2-1、2-2、2-3 循環水泵連鎖。3 號海水增壓泵與 3-1、3-2、3-3 循環水泵連鎖。例如當 1-2 號循環水泵跳脫或停機時，1-1 號機組、1-2 號機組、1-3 號變壓整流器和 1 號海水增壓幫浦依序停止。

7.2.2 壓力偵測：

壓力指示開關安裝於 1~4 號海水增壓泵出口處，以警示海水壓力過低(440 KPa.G)。壓力指示開關作動(海水增壓泵運轉後延時 60 秒)則停止運轉海水增壓泵並切換到備用海水增壓泵。

7.2.3 流量偵測：

電磁流量計安裝於 1~4 號海水增壓泵出口處，以監測流向次氯酸鈉產生器的海水流量，低流量時(120 m³/hr)將發出警報。

(八) 次氯酸鈉產生器

8.1 概述：

次氯酸鈉產生器產生次氯酸鈉溶液與副產物氫氣一起經由出口集管流

至水力旋流器。所產生含有次氯酸鈉的海水被連續注入安裝在海水進水口的下游擴散器。副產物氫氣經由氫氣密封罐中的海水冒泡，然後釋放到安全區域。海水電解系統共設置九台次氯酸鈉產生器進行產製。其規格如下表 5 所示。陽極使用專利特殊材質 DSA 是鈦陽極，其表面塗有由銱、鈦、鉑、銻、鉭等不同元素組成的專有混合金屬氧化物，塗層厚度為 1 至 100 微米。混合金屬氧化物 (MMO)塗層對陽極反應具有催化特性，可讓陽極長期穩定運行。

電解槽型號		SC400
容量		75 kg/hr 次氯酸鈉(有效氯 1500mg/l)
設計壓力		350KPa.G
設計溫度		50°C
電極型式		單極板式
材質	陰極	哈氏合金
	陽極	DSA 塗層鈦
	外殼	壓克力

表 5 次氯酸鈉產生器規格

次氯酸鈉產生器由 10 個電解槽串聯安裝組成，海水從電解槽 1 流向電解槽 10。並以電氣串聯方式連接至變壓整流器，在 20-100% 額定全電流範圍內運作。需注意在低於 10% 的情況下運作，電流可能無法保持穩定，且會出現不必要的波動。次氯酸鈉產生器與電解槽結構如下圖 14 所示。

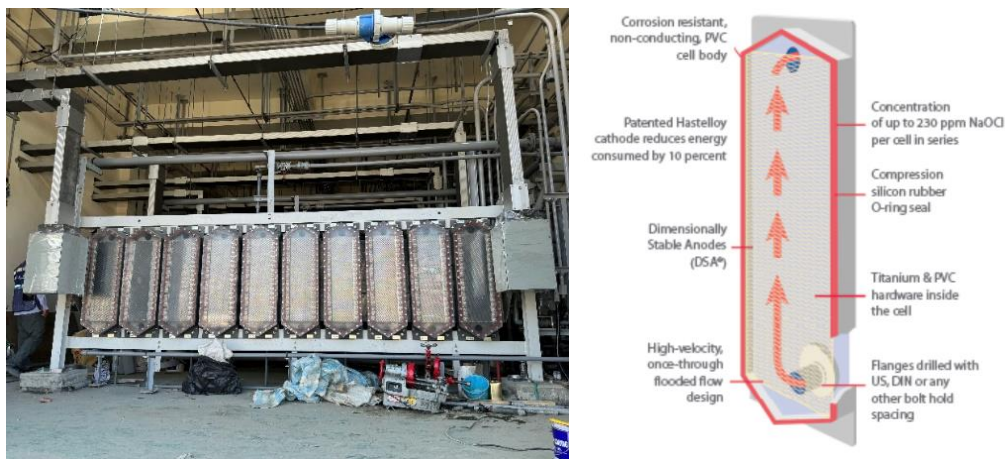


圖 14 次氯酸鈉產生器(左圖)及電解槽(右圖)

8.2 控制與儀表：

8.2.1 流量偵測：

電磁流量計及流量控制閥安裝在次氯酸鈉產生器的入口處，將海水流量調整至 50 立方公尺/小時。每個次氯酸鈉產生器的正常海水流量為 50 立方公尺/小時，且在任何情況下海水流量不得低於 45 立方公尺/小時。因流量過低會對次氯酸鈉產生器造成嚴重損壞。流量指示開關偵測到低流量 45 立方公尺/小時即發出警報提醒操作人員。

8.2.2 壓力偵測：

安全閥安裝在次氯酸鈉產生器之前，以防止系統超壓，壓力設定值為 360KPa.G。壓力指示開關安裝在次氯酸鈉產生器的出口。當 180 KPa.G 的低壓力會停止變壓器整流器，並發出警報以提醒操作人員出現異常情況。

8.2.3 溫度偵測：

溫度傳送器安裝在次氯酸鈉產生器出口。當進入次氯酸鈉產生器的海水流量較少時，次氯酸鈉產生器內的溫度將會升高，且溫度傳送器將偵測到高溫。當偵測到攝氏 45 度高溫時，發出異常警報，提醒操作人員。

8.2.4 接地：

接地探頭安裝在次氯酸鈉產生器的入口和出口。功用為隔離雜散直流電流，避免其他電解零件腐蝕。原廠建議損耗時立即更換或每 2 年更換一次。

(九) 變壓器整流器

9.1 概述：

用於生產次氯酸鈉的直流電由直流電源裝置-變壓器整流器輸出供應，將交流輸入電源轉換成所需之直流電源(如圖 15)。每台次氯酸鈉產生器搭配一台變壓器整流器，本系統共設置 9 台變壓器整流器。當 SC400 型電解槽在 7350 ADC 負載下運作時，次氯酸鈉的生產率為 75 kg/hr，有效氯 Cl_2 為 1500 mg/l。變壓器整流器之規格如下表 6 所示。

AC 輸入電源	480V, 60Hz, 3 Phase.
操作輸出	7350 ADC (100%), 41 VDC
設計輸出	9190 ADC (125%), 45 VDC-註 1
變壓器額定值	9190ADC, 45VDC

註 1: 125%設計額定值非操作條件，僅用於現場驗收測試。

表 6 變壓器整流器規格



圖 15 變壓器整流器

9.2 控制與儀表：

整流控制系統自動將直流電流穩定在預設值，精度為 $\pm 1\%$ 額定全電流。在現場端操作時，操作人員可以在各個變壓器整流器上相應地設定整流器輸出直流電流。透過變壓器整流器使用直流電控制次氯酸鹽濃度，以確保每個次氯酸鈉產生器提供 75 公斤/小時的次氯酸鈉和 1500 毫克/公升的有效氯 Cl_2 。

變壓器整流器之直流輸出範圍為 20%至 100%。如低於 20%運轉時，電流可能無法保持穩定，並會產生不必要的波動。在恆定直流電流輸出的情況下，直流電壓將根據當時的鹽度條件和海水溫度而變化。變壓整流器之直流安培數與次氯酸鈉產生器產生的次氯酸鈉（0 至 1500 mg/l）成正比。變壓器整流器輸出電流與次氯酸鈉濃度的關係如下圖 16 所示。

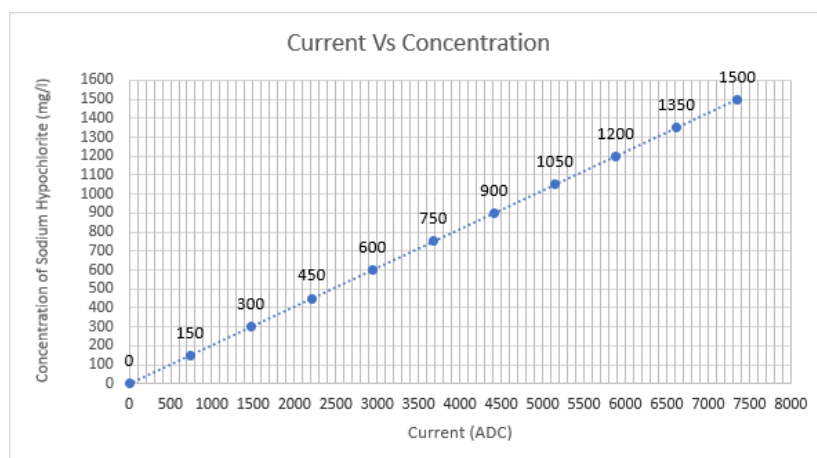


圖 16 變壓器整流器輸出電流與次氯酸鈉濃度曲線

(十) 水力旋流器

10.1 概述：

水力旋流器作用為分離出海水中之反應副產物氫氣。含有氫氣的氯化海水進入水力旋流器後，水力旋流器旋轉，使液氣形成兩相分離。氫氣從水力旋流器上部釋放到氫氣密封罐，同時氯化海水持續注入氯化管路。每個次氯酸鈉產生器出口有 1 個水力旋流器。本系統共設置 9 台水力旋流器，9 台水力旋流器出口以帶有隔膜閥的平衡管線互連。水力旋流器本體直徑 1200 mm x 長度 3779 mm（總高度），材質為 FRP，設備圖示如下圖 17。

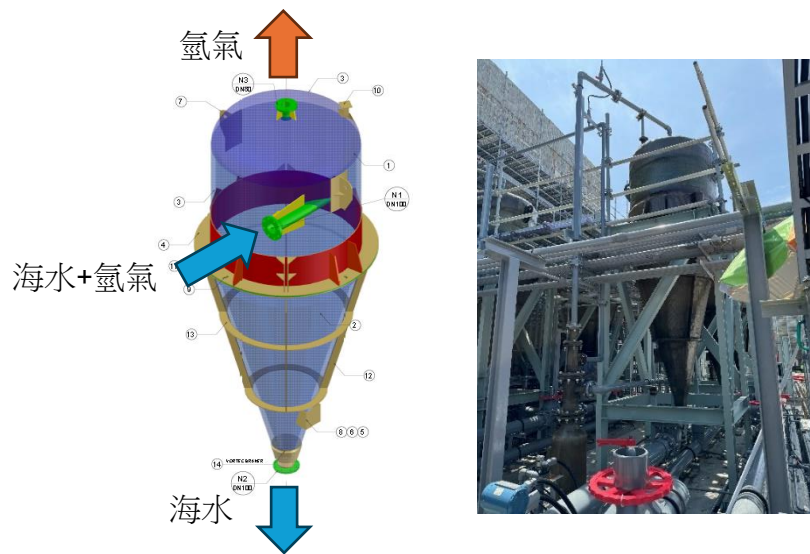


圖 17 水力旋流器流向示意(左圖)及現場安裝實體(右圖)

10.2 控制與儀表

10.2.1 流量偵測：

沿著氯化管路安裝流量指示傳送器，用於監測加藥流量。

(十一) 氫氣密封罐

11.1 概述：

氫氣密封罐利用海水間歇性流入以消除任何可能的回閃火花進入次氯酸鈉產生器。溶入海水之氫氣緩慢釋放，避免氫氣濃度達到爆炸危險值。來自水力旋流器與次氯酸鈉產生器所排放氫氣，進入氫氣密封罐後進入底部，底部引入海水溶解氫氣，大部分氫氣於上部出口排放，剩餘氫氣隨底部海水出口溢流至共同溝渠，氫氣隨之排出。每個水力旋流器配有 1 個氫氣密

封罐，本系統共設置 9 個氫氣密封罐。氫氣密封罐內的海水需每天替換一次，每次 2-5 分鐘。水力旋流器本體直徑 318 mm x 長度 965 mm(T/T)，材質為 FRP，設備圖示如下圖 18。

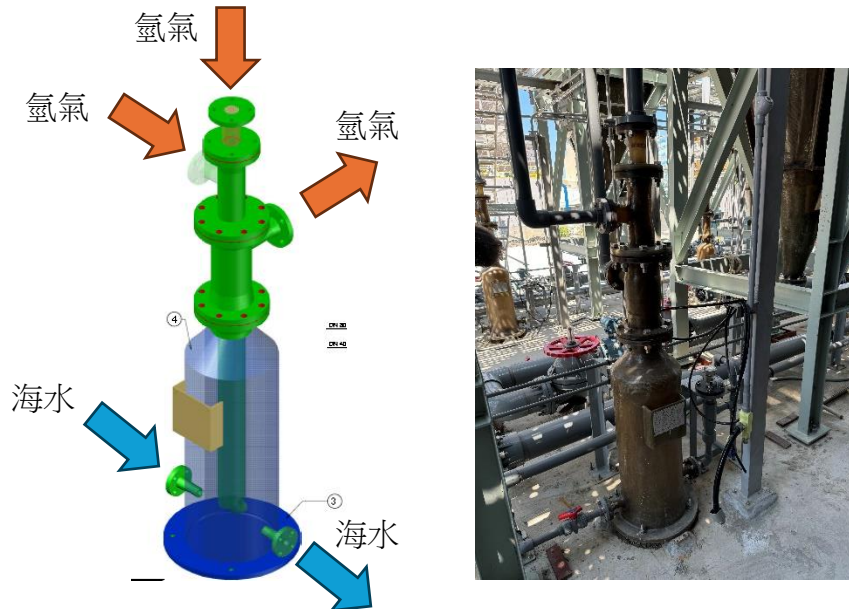


圖 18 氫氣密封罐流向示意(左圖)及現場安裝實體(右圖)

11.2 控制與儀表

11.2.1 液位偵測：

氫氣密封罐出口處設有液位開關，確保海水替換過程中海水間歇性流入氫氣密封罐。

(十二) 氯分析儀

12.1 概述：

本系統設置 3 個氯分析儀(如下圖 19)監測水力旋流器出口產生的有效氯濃度。系統所需的次氯酸鈉濃度(以有效氯計)為 1500mg/l。氯分析儀有效氯濃度的有效測量範圍為 100 - 20,000 mg/l。氯分析儀之運作係由 0.03 至 0.18 立方公尺/小時的取樣水從水力旋流器的出口集管流出，流經裝有兩個感測器(pH 和有效氯)的取樣槽。次氯酸鈉產生器出口的取樣水 pH 值必須在 9 至 14 之間。

每個氯分析儀，搭配 1 個取樣槽(Flow Cell)/感測器(Sensor I 與 Sensor II)及 4 個電磁閥，以接收 3 個次氯酸鈉取樣流(每個水力旋流器出口有 1 個取樣流)，如下圖 19。除取樣流外，還有 1 個生水流，用於在取樣後沖洗並維護取樣槽。氯分析儀的取樣水和排放水經由共同溝渠排至廢水池。

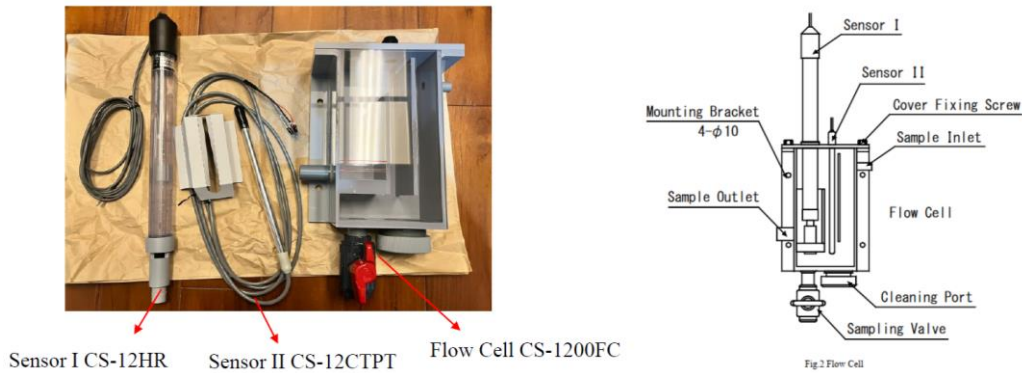


圖 19 氯分析儀

12.2 控制與儀表：

氯分析儀運作方式為 DCDAS 發送訊號開啟對應的電磁閥進行氯測量。分析儀所獲得的讀數會透過單獨的 4-20mA 直流輸出訊號傳送到 DCDAS。為了確保讀數準確，每個流連續取樣 10 分鐘，然後用生水再沖洗 10 分鐘，然後切換到下一個取樣流。電磁閥開啟指示和分析儀讀數顯示在氯分析儀面板和 DCDAS 上。操作人員可以從 DCDAS 開啟/關閉電磁閥。

12.3 維護：

氯分析儀維護時，需要透過打開電磁閥以生水自動沖洗，以去除任何氯分析儀室底部積聚的沉澱物。沖洗後，氯分析儀的腔室注滿生水，將氯分析儀的感測器浸泡在生水中。

(十三) 氫氣偵測器

13.1 概述：

氫氣為一種可燃性氣體，高度易燃，極易發生火災和爆炸，具有危險性。本系統設置 9 組氫氣偵測器安裝在海水電解系統大樓的天花板下（各次氯酸鈉產生器上方）(如圖 20)。用以監測 0-100% 爆炸下限之間的氫氣濃度。體積 0.6% H₂ 相當於 15% 爆炸下限。當偵測到 15% 爆炸下限（可調整）高濃度氫氣時發出警報，提醒操作人員注意異常狀況。另有原廠提供的警報喇叭和指示燈安裝在海水電解大樓室外。



ST3 Sensors shown with JB-MPD-A/S.

圖 20 氫氣偵測器

(十四) 鹽酸清洗系統

14.1 概述：

次氯酸鈉產生器由於海水中的氫氧化物和碳酸鹽陽離子（例如鎂和鈣）在陰極上的沉澱而被污染。電解槽一運轉就會產生結垢，影響結垢速率的因素主要取決於：一、陰極的材料和表面處理。二、陰極電流密度。三、海水化學成分、溫度和通過電解槽的流量。低電流密度和低海水流量有助於減輕電解槽結垢。電解槽的清洗採用鹽酸清洗系統，以去除電極表面的結垢。清洗時不需要拆卸，並以在電解槽中循環稀鹽酸溶液（重量 8% HCl）來完成清潔電極表面。

鹽酸清洗系統將來自 8% 稀鹽酸/洗滌劑儲槽的稀鹽酸溶液（按重量計 8% HCl）循環通過次氯酸鈉產生器來自動完成。進行酸洗的次氯酸鈉產生器必須完全排空，將氯化海水排放至廢水池。系統設有鹽酸偵測器，測量範圍為 0~10ppm，安裝在 32%高濃度鹽酸儲槽附近（距地面 500mm）。如果發生 2ppm 和 5ppm 的鹽酸洩漏，則會發出警報，提醒操作人員注意異常狀況。

1、2、3 號機組共用一套酸/洗滌劑清洗系統，用於酸洗次氯酸鈉產生器。本系統由以下部分組成：1.32% HCl 卸藥泵，容量 30 立方公尺/小時，揚程 9 米，外殼和葉片材質為 PP(聚丙烯)。2.32%高濃度鹽酸儲槽。3.酸煙去除裝置。4.酸/洗滌劑循環泵 1 號和 2 號，容量 5 立方公尺/小時，揚程 36 米，外殼和葉片材質為 GFR-PP (玻璃纖維增強的聚丙烯)。5. 8%稀鹽酸/洗滌劑儲槽(如下圖)。HCl 卸藥泵及酸/洗滌劑循環泵採用水平離心式，無軸封磁力驅動，泵與馬達封閉耦合。本系統設備如下圖 21 及圖 22。



圖 21 32%高濃度鹽酸儲槽(左圖)及 32% HCl 卸藥泵(右圖)



圖 22 酸煙去除裝置、8%稀鹽酸/洗滌劑儲槽(左圖)及酸/洗滌劑循環泵(右圖)

14.2 清洗頻率：

連續運轉約 4 週後或操作整流器電壓增加超過 6%（操作人員需要手動監控並在日誌表上記錄整流器電壓。這也是指上次酸洗後在相同直流輸出電流設定點記錄的電壓）。整流器電壓讀數可從 DCDAS 或變壓整流器取得。

14.3 清洗時間：

每次酸洗一台次氯酸鈉產生器，約 1.5 至 3 小時。定期進行酸洗，時間持續直到所有沉澱物溶解。

14.4 最佳清洗效率：

使用重量至少 6% 至 8% 的 HCl。濃度越低，沉澱物溶解的時間越長。如濃度低於 6% w/w，HCl 溶解水垢的效果將會變差。

14.5 8%稀鹽酸溶液：

在每次酸洗過程之前，將 32%濃鹽酸稀釋至 8%（重量）並儲存在 8% 稀鹽酸/洗滌劑儲槽中。操作人員應以化學分析檢查適當的 HCl 濃度，每次填充 8% 稀鹽酸/洗滌劑儲槽後，HCl 濃度應在 6 至 8% w/w 之間。須注意 HCl 濃度會隨酸洗過程降低。工業級鹽酸的典型成份分析如下表 7。原廠強烈建議使用不含氟化物的鹽酸。並確認稀釋用水與送到現場的每批濃鹽酸皆不含氟化物，每批濃鹽酸應進行取樣。如果使用含有氟化物的商業鹽酸進行酸洗，這將會造成電極性能衰減。

比重 (20°C)	1.16
外觀	清澈
濃度	30-33% w/w
鐵	5-10 ppm (最高)
鉛	< 2 ppm
銅	< 1 ppm
鈣+鎂	< 1 ppm
二氧化矽	< 1 ppm
餘氯	< 1 ppm
氟化物	無

表 7 鹽酸成份

14.6 電極結垢：

電極持續結垢將導致工作電壓增加、電極之間的路徑阻塞及電極的流量和電流分佈不均勻等問題。在上述異常條件下長時間運轉則會導致耗電量增加、陽極鍍層快速損壞及陽極和陰極之間短路。酸洗過程延遲/鹽酸濃度和清洗持續時間不足將導致：電極硬結垢、相鄰電極完全堵塞使下個清洗週期無法有效清潔。長時間未進行酸洗使結垢嚴重甚至可能造成電解槽斷裂，如下圖 23。



圖 23 電解槽斷裂

14.7 陰極結垢的影響：

陰極結垢使海水流動循環變差，可能導致陽極鍍層損壞。較差的海水流動循環會造成陽極反應釋出氧氣，而非 Cl_2 。陽極鍍層損壞部分會使電解反應效率降低，如下圖 24。

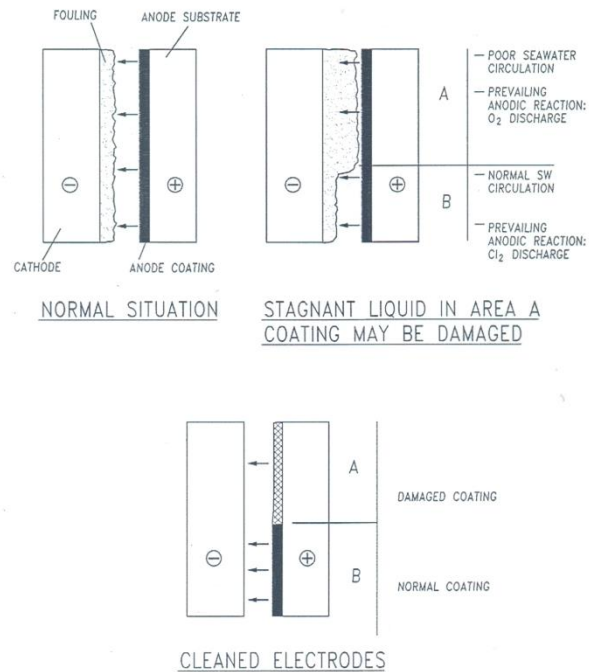


圖 24 陰極結垢的影響

(十五) 鹽酸中和系統

15.1 概述：

當氟化物含量大於 1 mg/l 或經過一輪酸洗後，將廢鹽酸從 8% 稀鹽酸/洗滌劑儲槽泵入廢水池並用氫氧化鈉中和。廢水池中廢水酸鹼值(pH)可能過酸或過鹼(pH 值不在 6~9 間)。若酸鹼值(pH)過高(過鹼)，則以 1~1.5%稀鹽酸或生水泵入廢水池中和。若酸鹼值(pH)過低(過酸)，則以氫氧化鈉泵入廢水池中和。廢水池設有 pH 分析儀以測量廢水池中的 pH 值。商業級氫氧化鈉的典型成份分析如下表 8。

品質	商業級
比重 (20 °C)	1.3
外觀	清澈
濃度	45%(重量)

表 8 氫氧化鈉成份

鹽酸中和設備由以下部分組成：1. 45%氫氧化鈉卸藥泵，容量 10 立方公尺/小時，揚程 7 米，外殼和葉片材質為 PP(聚丙烯)。2. 45%氫氧化鈉儲槽(具有高低液位開關的液位計)，容積 5.3m³(直徑 1.5m x 高度 3m)。3. 氫氧化鈉注藥泵，容量 0.5 立方公尺/小時，揚程 11 米，外殼材質為 GFR-PP(玻璃纖維增強的聚丙烯)，隔膜材質為 PTFE(鐵氟龍)。氫氧化鈉卸藥泵採用水平離心式，無軸封磁力驅動，泵與馬達封閉耦合。氫氧化鈉注藥泵採用正排量氣動隔膜泵。本系統設備如下圖 25 及圖 26。

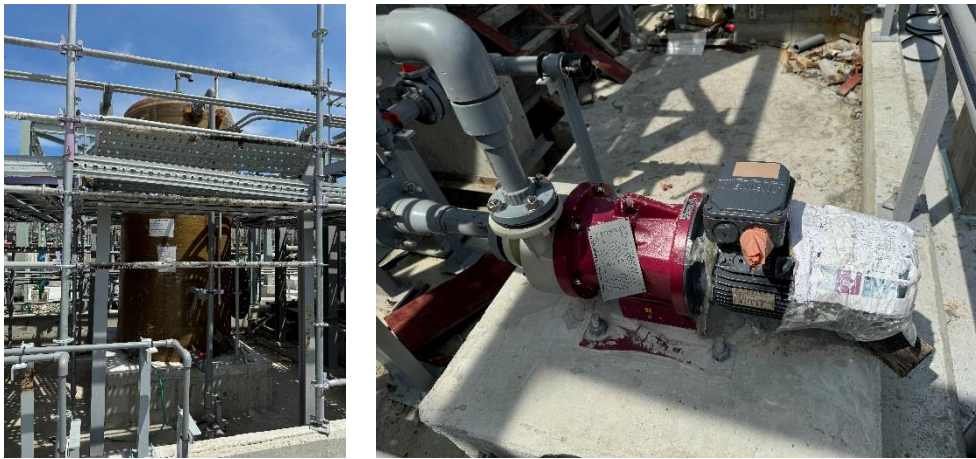


圖 25 45%氫氧化鈉儲槽(左圖)及 45%氫氧化鈉卸藥泵(右圖)

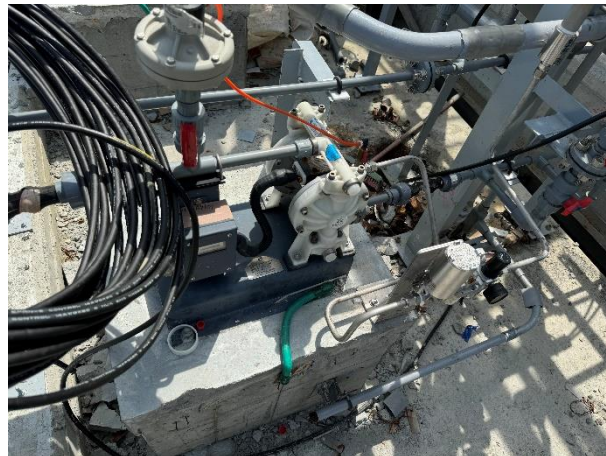


圖 26 氫氧化鈉注藥泵

(十六) 12%次氯酸鈉加藥系統

16.1 概述：

主要目的是當海水電解系統發生故障時作為替代，在每個機組循環水渠道擴散管中添加 12% 次氯酸鈉。系統設備由以下部分組成：1. 一台 12% 次氯酸鈉卸藥泵，容量 10 立方米/小時，揚程 8 米，外殼和葉片材質為

PVDF(聚偏二氟乙烯)，軸材質為陶瓷，設有壓力開關警告操作人員高壓 (90 KPa.G)。2.兩台 12%次氯酸鈉注藥泵 (1 個工作，1 個備用)，容量 2.1 立方米/小時，揚程 10 米，外殼和葉片材質為 PVDF(聚偏二氟乙烯)。次氯酸鈉卸藥泵及注藥泵採用水平離心式，無軸封磁力驅動，泵與馬達封閉耦合。入口設有壓力指示開關：提醒操作人員低壓 (5.39 KPa.G)，12% 次氯酸鈉加藥泵無法運作。出口設有壓力開關：警告操作員高壓 (101.8 KPa.G)。3.一個 12%次氯酸鈉儲槽，容積 56.55m³，直徑 4m x 高度 4.5m，(具有高低液位開關的液位計)。本系統設備如下圖 27 及圖 28。



圖 27 12%次氯酸鈉儲槽(左圖)及 12%次氯酸鈉卸藥泵(右圖)



圖 28 12%次氯酸鈉注藥泵

(十七) 廢水系統

17.1 概述：

海水電解系統產生的廢水存放在廢水池中。廢水池中的廢水透過添加氫氧化鈉進行中和，並以處理水泵每天抽出一次至廢水收集系統。當高液位時，自動啟動 1 號處理水泵循環廢水池中之廢水 5 分鐘後，讀取 pH 分析儀之 pH 值。如 pH 值在 6~9 範圍內，則啟動 2 號處理水泵將廢水送至

廢水收集系統。如 pH 值不在 6~9 範圍內，則啟動氫氧化鈉加藥泵進行廢水酸鹼中和。當高高液位時，啟動 1 號與 2 號處理水泵將廢水送至廢水收集系統，並發出警報。

系統設備由以下部分組成：1.兩台處理水泵(1 號、2 號) (1 個工作，1 個備用)，容量 10 立方公尺/小時，揚程 35 米，外殼和葉片材質為 GFR-PP (玻璃纖維增強的聚丙烯)。2.廢水池，工作容積 30.61m³，總容積：81m³ (4.5m 長 x 4.5m 寬 x 4m 高)。處理水泵採用可自吸水平離心式，無軸封磁力驅動，泵與馬達封閉耦合。儀表部分則設有液位傳送器與 pH 分析儀。廢水池液位由液位傳送器進行監測。pH 分析用以儀測量廢水池中的 pH 值。現場設置廢水面板，操作人員可以從廢水面板手動啟動和手動停止處理水泵。本系統設備如下圖 29。



圖 29 處理水泵(左圖)及廢水池(右圖)

三、系統運轉及操作

海水電解系統運轉由 DCDAS 進行操作控制，啟動/停止程序共有手動啟動程序、手動停止程序、自動啟動程序及自動停止程序四種。自動停止程序可分為有機組停止並沖洗 30 分鐘、機組停止且不沖洗、海水電解系統停止(不沖洗)/緊急停止與次氯酸鈉產生器停機沖洗等四種(如表 9)。另有手動及自動模式切換說明。

手動啟動程序	
手動停止程序	
自動啟動程序	
自動停止程序	機組停止並沖洗 30 分鐘
	機組停止且不沖洗
	海水電解系統停止(不沖洗)/緊急停止
	次氯酸鈉產生器停機沖洗

表 9 系統運轉操作程序

(一) 手動啟動程序 (自 DCDAS)

1.1 啟動條件：

- (1) 操作人員確保循環水泵正常 (無電氣跳脫) 並準備運作。
- (2) 所有儀表必須無故障和警報。

1.2 啟動程序：

- (1) 從 DCDAS 中選擇 REMOTE 和 MANUAL 模式。
- (2) 選擇要運作的機組 (#1、#2、#3) 的「GENERATION」模式。
- (3) 操作人員透過閥操作介面開啟對應之開/關控制閥。
- (4) 操作人員選擇海水增壓泵運作。僅當海水增壓泵未電氣跳脫 (MCC 到 DCDAS 沒有訊號) 時才可以選擇海水增壓泵。
- (5) 操作人員透過個別泵的操作介面啟動/停止海水增壓泵。在手動模式下，操作人員每次只能手動運轉 3 台海水增壓幫浦。
- (6) 操作人員透過閥操作介面將 3 個對應流量控制閥開啟 30%。然後進一步打開流量控制閥以達到 50 立方公尺/小時。
- (7) 操作人員持續監控投入運轉之次氯酸鈉產生器的海水流量 > 45m³/hr。
- (8) 操作人員選擇要運轉的變壓器整流器。變壓器整流器僅在以下情況下才可選擇：
 - a. 變壓器整流器可用 (變壓器整流器無跳脫/故障訊號)
 - b. 變壓器整流器緊急停止功能未啟動。
- (9) 操作人員在變壓器整流器操作介面上手動輸入電流值。根據所需的次氯酸鈉產量，電流範圍從 1470 ADC (20%) 到 7350 ADC (100%)。對於低於 20% 的操作，電流可能無法保持穩定並且會出現不必要的波動。
- (10) 操作人員隨時監控制程狀況：
 - a. 運轉中次氯酸鈉產生器的海水入口流量 > 45m³/hr。
 - b. 運轉中次氯酸鈉產生器出口溫度 < 45°C。
 - c. 運轉中次氯酸鈉產生器出口壓力 > 180 KPa.G。

(二) 手動停止程序 (自 DCDAS)

2.1 啟動程序：

- (1) 從 DCDAS 中選擇 REMOTE 和 MANUAL 模式。
- (2) 操作人員停止 3 台變壓器整流器，同時流量控制閥繼續調控流量在 50 立方公尺/小時。

- (3)30 分鐘後，操作人員停止海水增壓泵。
- (4)關閉 3 個流量控制閥和開/關閥。
- (5)10 秒後，關閉對應之開/關控制閥。
- (6)操作人員打開排水閥和取樣閥，由共同溝渠將次氯酸鈉產生器完全排至廢水池。
- (7)排水完成後，操作人員關閉排水閥和取樣閥。

(三) 自動啟動程序（自 DCDAS）

3.1 啟動條件：

- (1)操作人員確保循環水泵正常（無電氣跳脫）並準備運作。
- (2)所有儀表必須無故障和警報。

3.2 啟動程序：

- (1)從 DCDAS 中選擇 REMOTE 和 AUTO 模式。
- (2)選擇要運作的機組（#1、#2、#3）的「GENERATION」模式。當選擇 GENERATION 模式時，1 號和 2 號酸/洗滌劑循環泵被禁止運作。僅當選擇 ACID CLEAN 模式時，1 號和 2 號酸/洗滌劑循環泵才允許運作。對於選擇為 GENERATION 模式的機組，對應之開/關控制閥必須處於關閉位置。
- (3)選擇 REMOTE 和 AUTO 模式對應機組之變壓器整流器可使用（無跳脫/故障訊號）。
- (4)在 GENERATION 模式下，對應機組相關的開/關控制閥，根據程序邏輯開啟/關閉。
- (5)對於流量控制閥，配置為「自動」模式的 PID 控制器的控制輸出會根據 (1) 流量計讀值和 (2) 所需的流量設定值自動計算。機組啟動時，流量控制閥打開 30%。然後，在預設時間延遲（0~30 秒可調）結束時，流量控制迴路會逐漸增加輸出訊號，並加大流量控制閥的開度，以達到設定點 50 m³/小時。
- (6)如果該機組的海水增壓泵無法使用，操作人員可以選擇備用海水增壓泵。與備用海水增壓泵相關的開/關控制閥，在 AUTO 模式下，根據程序邏輯開啟/關閉。
- (7)在 DCDAS 上顯示「UNIT READY」狀態之前，以下所有參數/裝置必須處於正常狀態：

- a.DCDAS 緊急停止已解除。
 - b.各機組循環水泵#-1 至#-3 正在運作。(#代表 1 號至 3 號機組)
 - c.海水增壓泵無電氣跳脫 (MCC 到 DCDAS 沒有訊號)。
 - d.變壓器整流器狀態正常。
 - e.自動過濾器無電氣跳脫 (MCC 到 DCDAS 沒有訊號)。
 - f.DCDAS 上無法提供與海水增壓泵相關的開/關控制閥的位置警報。
- (8)操作人員按下 DCDAS 上的「START」鍵。當對應的循環水泵投入運轉時，與機組相關的開/關閥會自動打開。確認開/關閥打開後，海水增壓泵開始運轉。然後打開流量控制閥。

(四) 機組停止並沖洗 30 分鐘 (自 DCDAS)

- 4.1 啟動條件：操作人員從 DCDAS 啟動「UNIT AUTO STOP WITH 30 MINUTES FLUSHING」命令。
- 4.2 啟動程序：
 - (1)該機組的 3 台變壓器整流器會自動停止 (OADC)，而該機組的 3 個流量控制閥繼續以 50 立方公尺/小時進行調控。
 - (2)3 台變壓器整流器停止後 30 分鐘 (可在 0 至 60 分鐘內調整)，海水增壓泵在次氯酸鈉產生器的 3 個流量控制閥關閉前停止。
 - (3)10 秒後，對應之開關閥關閉。
 - (4)操作人員在現場手動打開排水閥和 3 個取樣閥，透過共同溝渠將次氯酸鈉產生器完全排入廢水池。
 - (5)排水後，操作人員在現場就地關閉排水閥和取樣閥。並在現場就地關閉 3 台次氯酸鈉產生器出口處的手動閥。

(五) 機組停止且不沖洗

- 5.1 啟動條件：

機組停止且不沖洗，由下列任一情況啟動：

 - (1)機組 3 台循環水泵中的 1 個跳脫或停機。
 - (2)機組 3 台循環水泵中的 1 個跳脫或停機。
 - (3)當海水增壓泵運轉時，該海水增壓泵的開關控制閥關閉。
 - (4)備用海水增壓泵故障。
 - (5)機組運轉時，3 個開關控制閥中有 1 個故障。

(6)機組運轉時，3 個流量控制閥有 1 個故障。

5.2 啟動程序：

機組停止且不沖洗時，將發生以下動作：

- (1)該機組的 3 台變壓器整流器 (0ADC) 和海水增壓泵 (含備用泵) 會停止。
- (2)流量控制閥和開/關控制閥延遲 0 分鐘關閉。一旦機組完全停止，操作人員排空次氯酸鈉產生器。如果可以，操作人員用海水進行手動沖洗。
- (3)操作人員在 DCDAS 上完成檢查和重置。

(六) 海水電解系統停止 (不沖洗) /緊急停止

6.1 啟動條件：

海水電解系統停止 (不沖洗)，由下列情況啟動：啟動 DCDAS 緊急停止。

6.2 啟動程序：

海水電解系統停止 (不沖洗) 時，將發生以下動作：

- (1)所有設備停止 (1~4 號海水增壓泵、1~4 號自動過濾器、1-1 號至 3-3 號變壓器整流器、32%HCl 卸藥泵、1 號和 2 號酸/洗滌劑循環泵、45 %氫氧化鈉卸藥泵、氫氧化鈉注藥泵、12%次氯酸鈉卸藥泵、1 號和 2 號 12%次氯酸鈉注藥泵以及 1 號和 2 號處理水泵)。
- (2)流量控制閥和開/關控制閥延遲 0 分鐘關閉。一旦機組完全停止，操作人員排空次氯酸鈉產生器。如果可以，操作人員用海水進行手動沖洗。

(七) 次氯酸鈉產生器停機沖洗

7.1 啟動條件：

次氯酸鈉產生器停機沖洗，由下列情況啟動：對應之變壓器整流器累計運轉 24 小時 (可在 0~24 小時內調整)。

7.2 啟動程序：

次氯酸鈉產生器停機沖洗時，將發生以下動作：

- (1)對應之變壓器整流器停止 (0ADC)，而與次氯酸鈉產生器相關的流量控制閥繼續以 50 立方公尺/小時進行調控。
- (2)變壓器整流器停止 30 分鐘後 (可在 0 至 60 分鐘內調整)，將變壓器整流器輸出負載升至 7350ADC 來恢復次氯酸鈉的生產。

(八) 手動模式及自動模式切換

8.1 手動切換到自動：

- (1) 操作人員從 DCDAS 選擇 REMOTE 和 AUTO 模式。
- (2) 在此選擇下，所有設備、開關閥和流量控制閥都將完全停止並處於關閉狀態。

8.2 自動切換到手動：

- (1) 操作人員從 DCDAS 執行「機組停止並沖洗 30 分鐘」命令。
- (2) 一旦設備完全停止，操作人員即可從 DCDAS 選擇 REMOTE 和 MAUNAL 模式。
- (3) 然後操作人員可以從操作介面啟動/停止或打開/關閉設備和閥。

四、安全須知

(一) 化學危害

海水電解系統所使用化學品可能對操作人員造成危害，為安全起見，原廠建議以下預防措施和說明(如表 10)。操作人員在處理化學品之前應先確認附近之安全淋浴和洗眼器功能正常(如圖 30)。

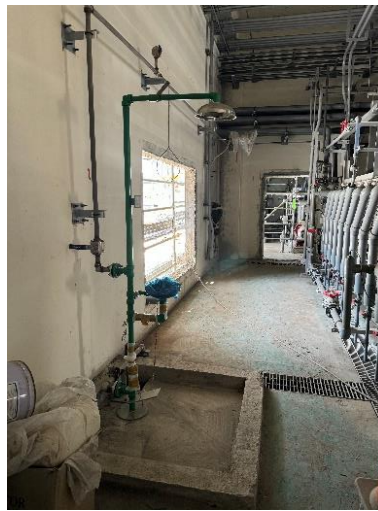


圖 30 安全淋浴和洗眼器

化學品	措施和說明
次氯酸鈉	<ol style="list-style-type: none"> 1.取樣時應戴上護目鏡和橡膠手套。 2.如果接觸會對皮膚造成輕微刺激。 3.如果接觸到身體，請用清水沖洗受影響的部位。 4.用清水沖洗溢出的次氯酸鹽溶液以避免腐蝕。
鹽酸	<ol style="list-style-type: none"> 1.應戴護目鏡和橡膠手套。 2.當接觸時，立即用水淋濕接觸者。 3.每週測試安全淋浴和洗眼器，以確保它們正常運作。 4.將酸加入水中，勿以水加入酸。 5.請勿將鹽酸與次氯酸鈉混合，該混合物將產生氯氣。
氫氧化鈉	<ol style="list-style-type: none"> 1.氫氧化鈉的腐蝕性很強；它會灼傷皮膚和眼睛。 2.快速侵蝕羊毛和皮革。不要穿羊毛材質的衣服。 3.橡膠幾乎不受影響，而棉花受影響的程度小於羊毛。 4.避免氫氧化鈉溶液濺出 5.配戴工業護目鏡或面罩 6.戴上橡膠手套、靴子和圍裙 7.最好穿棉質衣服，不要穿羊毛衣服。 8.若衣服或皮膚不慎接觸到氫氧化鈉溶液，應立即脫去濕衣服，用大量冷水清洗，然後儘快用 1%醋酸或醋溶液中中和。

表 10 化學品危害須知

五、系統維護保養

(一) 例行檢查

原廠建議操作人員應例行檢查之項目依頻率整理如下表 11。

頻率	項目
每日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢查次氯酸鈉產生器的海水供應壓力、溫度和流量。 2. 檢查次氯酸鈉產生器的負載和電壓。 3. 檢查次氯酸鈉產生器排出時的溫度和壓力。 4. 檢查次氯酸鈉加藥流量。 5. 確保管路系統和桶槽中有海水。每 2~3 天更換一次。 6. 檢查管路系統和儲桶槽是否有洩漏。 7. 檢查氫氣水平。 8. 報告所有錯誤操作。 9. 清潔泵的入口過濾器。 10. 將海水採樣，確保含油量低於 15ppm。 11. 填寫日誌表並手動監控並記錄日誌表上的整流器電壓。 12. 目視檢查並確保氯分析儀的取樣槽沒有明顯的污垢。檢查控制器的 LED。
每週	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清潔自動過濾器。 2. 更換酸煙去除裝置中的水。
每雙週	啟動淋浴和洗眼器
每四週	<ol style="list-style-type: none"> 1. 酸洗次氯酸鈉產生器。 2. 在每次酸洗過程之前，檢查 8% 稀鹽酸/洗滌劑儲槽中的氟化物含量。 3. 啟動 DCDAS 上的緊急停止功能。
每六個月	根據製程設計模擬所有故障並觀察其警報提示、製程關閉和系統跳脫。
每年	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢查壓力表的隔膜密封。 2. 檢查接地探針。接地探頭每兩年或發現腐蝕時需要更換。

表 11 維護保養項目

肆、心得及建議

一、心得

(一) 研習心得

本次原廠安排課程範圍相當充實，從系統到各設備介紹、控制與儀表，以及實地參訪，並有 DENORA 公司解說，且可隨時提問。經過兩週的課程，對海水電解系統有更深刻的了解，有助於日後設備在工地安裝與後續運轉測試更順利，並符合本公司與合約需求。海水電解系統使用了大量化學加藥設備、迴轉機設備及桶槽等，與職所承辦本計畫廢水處理系統相似，其設備運轉控制與維護方式可作為參考。

第一天課程時發現 DE NORA 公司未進行錄影或任何紀錄，隨即聯絡統包商中鼎公司海外訓練窗口及 DE NORA 公司協助準備課程錄影，以作為後續本公司參考與內部訓練用。

本次課程其中一天安排前往裕廊島現場參訪實地使用之海水電解設備。裕廊島位於新加坡西南方的一座島嶼。該島嶼主要作為發電與石化工業園區，只有一進出口，且設有檢查哨，外國人士進入該島需以護照換證，且禁止攝影拍照，管制相當嚴格。參觀前事先須閱讀安全入門課程(Power Seraya Safety Induction Course - Visitor)(如圖 31)，目的類似本處實施之工安危害告知。內容包含目的、環安衛、政策、緊急應變程序、指定吸煙區、發電廠的危害、個人防護裝備(PPE)要求、一般安全規則、事故回報、虛驚事故/不安全狀況回報及安保等，並以大量圖像與簡單圖示敘述，讀者相當容易理解該廠安衛相關規定，可以做為本公司各廠區之安衛說明文件借鏡參考。當天參觀兩處現場，分別是勝科公司(SEMBCORP)和西拉雅發電廠，兩者皆使用雙極板式次氯酸鈉產生器，而本計畫使用為單極板式次氯酸鈉產生器，前者反應面積更大，屬較為新型產品(如圖 32 及圖 33)。DENORA 提及本公司多為使用副廠備品零件，但其壽命可能僅一半不到或更短，建議海水電解設備備品零件採用原廠產品，有助延長使用壽命，建議本公司後續可評估備品零件之壽命與成本效益比較，並請原廠提出資料參酌，以助後續設備運維。

最後感謝 DENORA 講師 Jerrick、Albert 及 Lawrance 的詳細授課及現場解說，還有生活上的諮詢協助，讓本人此行獲益良多(如圖 34)。

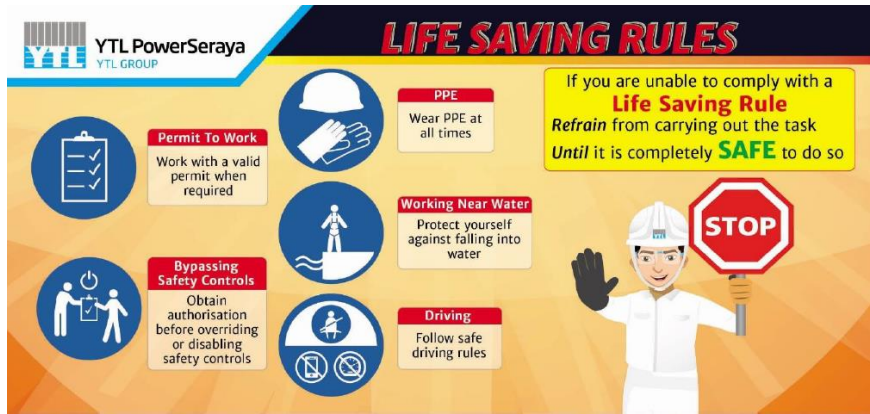


圖 31 西拉雅發電廠安全入門課程



圖 32 勝科公司海水電解廠房(左圖)及設備(右圖)



圖 33 西拉雅發電廠海水電解廠房(左圖)及設備(右圖)



圖 34 與講師 Jerrick(左)於 DE NORA 辦公室合影(左圖)，與工程師 Albert(左)及主管 Lawrance(中)陪同實地參訪合影(右圖)

(二) 生活心得

新加坡有著花園城市的美稱，位處熱帶地區，城市綠化做得非常用心，路上到處可見來自各國的觀光與商務人士，居民則有華人、印度人與馬來人等，種族相當多元，是相當國際化的都市。但新加坡物價也非常高昂，尤其食宿部分，每餐至少需 300~500 台幣以上，住宿每日約 5000~6000 台幣。

住宿部分，DE NORA 公司未提供住宿，需自行安排飯店與每日交通，因 DE NORA 公司上課地點位處較為郊外，附近住宿選擇少，斟酌後住宿地點選擇牛車水(Chinatown)，屬市中心，位於濱海灣附近，生活機能較佳，且通勤時間尚可接受，需約半個小時。

交通部分，所幸新加坡的捷運與公車相當方便，每日交通為搭乘公車或捷運至 DE NORA 公司。海外訓練除了課程上，必須跟各國人士接洽、溝通與學習外，事前也需要花心思安排去該國的食衣住行等，是相當不錯的體驗與歷練，建議公司可以多安排海外訓練，培育員工人才並提升其國際化專業能力，助公司成為世界級電力事業集團。

語言方面，原以為新加坡華人居多，應多數仍可以中文溝通。實際到訪後發現，新加坡已是高度英語化國家，不論工作與生活上，幾乎是以英語溝通。本次研習課程，原廠講師皆全英語授課講解，故英語能力相當重要。研習期間工作與生活上大量使用英語溝通，也讓本人英語能力有顯著進步，經驗相當寶貴。新加坡有這麼多歐美等外國遊客或商務人士，使用英語有助於國際化接軌。

二、建議

(一) 海水電解系統啟動操作介面改善

在進行系統運轉及操作之自動啟動程序（自 DCDAS）時，啟動前須確認以下六大條件狀態準備好(如表 12)，才能啟動該系統機組，然而在 DCDAS 上操作介面並無相關顯示，操作人員無法得知系統狀態是否已準備好運轉，如在六大條件狀態未準備好時啟動系統，輕則無法啟動系統，重則造成系統設備損壞，故建議在 DCDAS 上設置「UNIT READY」機組啟動預備及「UNIT CONDITION」其所需六大條件之狀態燈號顯示，幫助操作人員在系統啟動前快速檢點並排除錯誤。

●機組啟動預備	●DCDAS 緊急停止已解除。
	●各機組循環水泵#-1 至#-3 運轉中。
	●海水增壓泵無電氣跳脫。
	●變壓器整流器狀態正常。
	●自動過濾器無電氣跳脫。
	●DCDAS 上無法提供與海水增壓泵相關的開/關控制閥的位置警報。

表 12 機組啟動預備條件