

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

研習電廠海水淡化與濃縮海水利用新技術

服務機關：台電電力公司

出國人職稱：化學師

姓名：陳茂景

出國地區：美國

出國日期：91年10月27日

報告日期：92年1月2日

G3/209105174

行政院及所屬各機關出國報告提要

C09105174

出國報告名稱：

研習電廠海水淡化與濃縮海水利用新技術

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/綜合研究所/胡國堅/23601280

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳茂景/台灣電力公司/綜合研究所/化學師/26815424

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：91年10/27-11/09

出國地區：美國

報告日期：91年12月27日

分類號/目

關鍵詞：海水淡化 溫排水 多效蒸餾淡水機 逆滲透淡水機 海洋深層水

內容摘要：(二百至三百字)

1. 電廠海水淡化用在發電用水時，需避免後續水廠的負擔，尤其是礬的去除問題，因此發電用水建議用蒸發法，因其設備操作簡單、水質穩定。海水鹽度鹽度不高或水質要求較不嚴的一般用水可採用RO，可參考美國 TAMPA 海水淡化招標模式。
2. TAMPA 海水淡化結合電廠溫排水，已經粗過濾、加氯與加溫等處理，濃縮海水也可利用電廠溫排水排放 減少環保投資水等，為海水淡化最佳組合。
3. 龍門電廠海水淡化生產包裝水，市場接受度是否有障礙?建議先以澎湖尖山電廠現有海淡廠多餘產能，增加包裝設備方式，試賣海水淡化包裝水。
4. 台灣東部深層冷海水配合再生能源開發成海洋深層包裝水與觀光及發展高品質海藻也有商機，建議能進行本案開發。

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

目錄

壹、	緣由.....	1
貳、	出國行程.....	2
參、	工作紀要.....	2
肆、	心得.....	3
伍、	結論與建議	26

壹、緣由

台灣水資源貧乏。政府計畫提高水價並將海水淡化列為重要替代水源措施，為對應未來水供應總量管制及水價上漲問題之策略。

公司目前也適時規劃推動民營化後成立水事業，除可整合公司內現已有的水處理技術外，更可利用海水淡化技術衍生的省能、水處理與環境等技術與產品，繼續服務公司內各單位及公司外用電客戶，留住大用電客戶，充分發揮水事業的營運績效。電研所將朝相關關鍵技術平台之研究及程序技術整合能力之建立邁進。

電廠位處海邊，若善用電廠廢熱及離峰電力，最有條件兼營經濟規模之海水淡化廠，生產工業用純水熱水甚至包裝水對外銷售，92 年度擬進行大林電廠廢熱回收日產 1200 噸淡水之海水淡化廠規劃研究，並積極推動水事業技術平台，因此需派員出國研習海水淡化及濃縮海水資源化利用新技術。

貳、出國行程

- (1) 10/27-10/28 往程
- (2) 11/29-10/30 紐澤西州 Union 的 US-filter 公司
- (3) 10/31-11/2 佛羅里達州 Tampa Bay 的 US-filter 公司
- (4) 11/3-11/4 密蘇里州 Springfield 的 Paul Mueller 公司
- (5) 11/5-11/7 夏威夷大學
- (6) 11/8-11/9 返程

參、工作紀要

- (1)10/29-10/30 紐澤西州 Union 的 US-filter 公司. 研習利用
利用海水淡化濃縮海水生產 NaOCl 及其他產物新技術。
- (2)10/31-11/2 佛羅里達州 Tampa Bay 的 US-filter 公司.
電廠溫排水逆滲透薄膜法海水淡化與加藥控制相關技術。
- (3)11/3-11/4 密蘇里州 Springfield 的 Paul Mueller
公司 研習蒸汽壓縮蒸發冷凝海海水淡化法並參觀組裝
工廠。
- (4)11/5-11/7 夏威夷大學研習海水淡化與再生能源整合
技術，尤其利用風力發電與太陽能熱能與電能在島嶼國
家的海水淡化整合技術。

肆、心得

一 Tampa Bay 電廠溫排水逆滲透薄膜法海水淡化

1. Tampa Bay 海水淡化的背景概述
2. Tampa Bay 海水淡化建置招標營運模式成本
3. Tampa Bay 海水淡化設備內容與水質狀況

二 Paul Mueller 公司蒸汽壓縮純水機組裝並與 vapor energy Co 研討低溫蒸汽壓縮海水淡化法技術。

1. 低溫薄膜式熱交換元件較傳統管殼式熱交換元件的優點
2. 薄膜式多效蒸餾海水淡化流程
3. MED 多效熱能蒸餾式與 R.O 逆滲透過濾法 海水淡化運轉特性比較
4. IDA 統計全世界 15233 個造水容量 $100\text{m}^3/\text{d}$ 以上機組的水淡化廠統計結果

三夏威夷利用深層冷海水溫差蒸發海水淡化法

1. 深層冷海水與表面溫海水的溫差蒸發法海水淡化原理
2. 深層冷海水與溫排水的溫差海水淡化與其他製程比較

四海水淡化濃縮海水生產 NaOCl 及其他產物新技術

1. 海水淡化設備海生物污染控制技術
2. 利用海水淡化濃縮海水生產 ClO₂ 的低溫脫硝經濟分析
3. 海水淡化濃縮海水生產 NaOCl 效率問題

一 Tampa Bay 電廠溫排水逆滲透薄膜法海水淡化

1. Tampa Bay 海水淡化的背景概述

TAMPA地區，目前全用150MGD地下水，10年後需水200MGD，但只能用

90MGD地下水不足110MGD需由 下列新水源補足

60MGD地表水(運轉中)

25MGD第一套海淡水(試運轉中)

20MGD第二套海淡水(規劃中)

5MGD地下鹹水淡化水(運轉中)

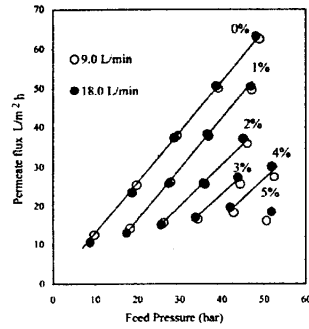
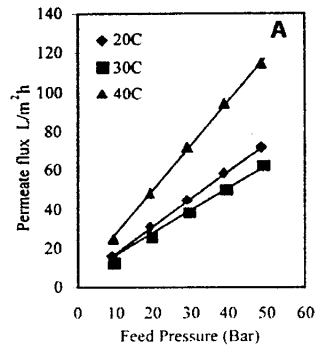
另設 5700 萬 M³ 蓄水池與水質混合調製廠各一座調和水質後供應用水



2. Tampa Bay 海水淡化建置招標營運模式成本



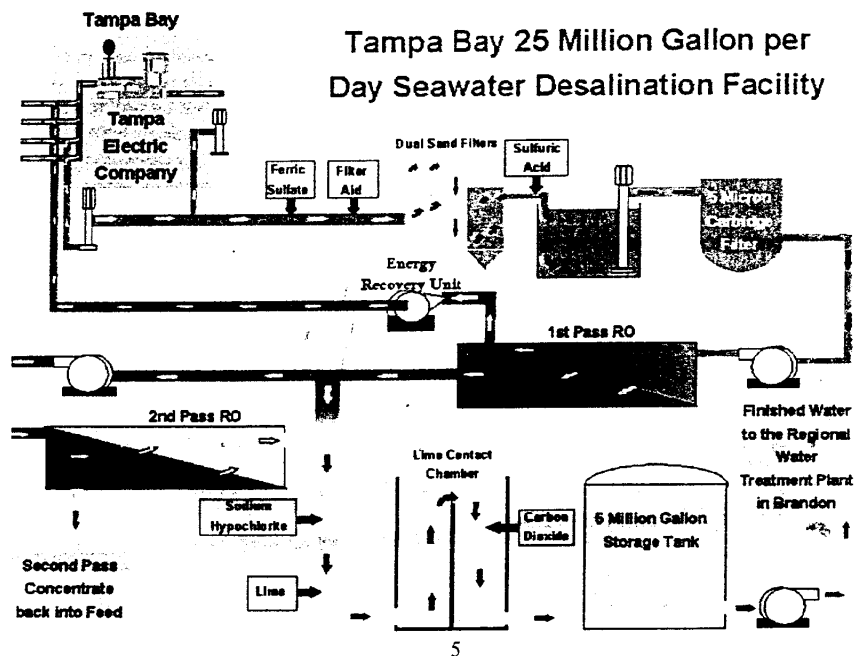
TAMPA 電廠溫排水經過濾與加氯對海水淡化薄膜的保護好處與減少取水和排放的工程費，使其佛羅里達州 Tampa Bay 電廠溫排水逆滲透薄膜法海水淡化海水淡化水價已可以和傳統水源相比。



RO 對 4%NaCl 水在不同溫度的產水率

RO 對在 30°C 溫度不同 %NaCl 水的產水率

TAMPA 電廠溫排水含鹽率 2.6% 水溫平均 33°C，經過濾與加氯對海水淡化產水率的好處如上。



2. Tampa Bay 海水淡化建置招標營運模式成本

TAMPA 海水淡化初次招標情形 表一

共有五家投標含蒸發與 RO 法 除一家外其餘皆利用電廠溫排水

Figure 1 : Preliminary Summary of Offers

PERFORMANCE DATA						
	Units	Dupont-US Water	Enova Supersystems	Parsons-IDE	Progress-ionics	Stone & Webster TIC-Citizens
Base Plant Size	mgd m3/d	20 75,700	20 75,700	20 75,700	20 75,700	20 75,700
Process		SWRO	MED	MVC-SWRO	SWRO	SWRO
Plant Location		Power Plant 1	Not stated	Power Plant 2	Power Plant 3	Power Plant 2
Seawater Salinity	mg/l	39,000	36,200	26,250	26,000	26,250
Dual Purpose, Power & Water?		no	yes	yes	no	no
Total Power Required, SWRO	kW/m3	4.29	na	3.7		3.96-5.28
Total Power Required, Distillation	kW/m3			7.26		
Concentrate Disposal		Mix, power plant CW	Mix, power plant CW	Mix, power plant CW	Mix, power plant CW	Mix, power plant CW

Figure 2 : Preliminary Summary of Offers

CAPITAL COST & WATER SELLING PRICES (TO THE AUTHORITY) For Base Capacity, 20 mgd (75,700 m3/d)						
	Units	Dupont-US Water	Enova Supersystems	Parsons-IDE	Progress-ionics	Stone & Webster TIC-Citizens
Capital Cost						
	Million US\$	78.60	186.10	91.80	69.30	93.20
	Million S\$	134.41	318.23	156.98	118.50	159.37
1st Year Water Selling Price With Private Financing						
	US\$/m3	0.74	0.14	0.84	0.61	0.77
	S\$/m3	1.26	0.24	1.44	1.03	1.31

TAMPA 海水淡化投標四家全用 RO 的報價如下表，最後 Stone-Web 以 110 百萬美元設備投資，0.55 美元/噸 30 年平均水價 BOOT 方式承建。

**Table 1 : Developer's Nominal Costs For Delivered Water
(Using Tax Exemption Financing)**

Table 1 DEVELOPER	FIRST YEAR COST		30 YEAR AVG. NOMINAL COST	
	\$/1000 gal	\$/m3	\$/1000 gal	\$/m3
Florida Seawater Desalination Company	2.04	0.54	2.45	0.65
Florida Water Partners (Parsons & IDE Technologies)	1.99	0.53	2.27	0.60
Progress Energy Corp - Ionics Partnership	2.11	0.56	2.53	0.67
Stone & Webster- TIC- Citizens Utilities	1.71	0.45	2.08	0.55

預估 30 年營運情況如下表

	2003	2004	2005	2031
年產水量 噸	28781772	34538125	34538125	34538125
年用電量 Mwh	88855	106626	106626	106626
水價 \$ 美元/噸	0.55	0.62	0.64	0.84
年水收入 \$ 美仟元	15828	21449	22141	29077
運轉支出 美仟元	9121	11059	11378	18281
年淨運轉收入	6707	10390	10763	10796
年折舊利息支出	4541	7547	7848	7845
年淨收入 \$ 美仟元	2166	2843	2915	2951
水總成本 \$ 美元/噸	0.475	0.538	0.557	0.756

3. Tampa Bay 海水淡化設備內容與水質狀況

海水淡化主要設備

1. 350HP 18000GPM/台 3 台海水給水泵變頻控制。

2. 4 條電廠溫排水道 供取水與濃縮水排放(排放比率 70:1 法定 28:1)

管路 54 英吋 HDPE 可控制水溫 40°C。

3. 前處理硫酸亞鐵+過濾助劑+NaOCl+雙重自動砂過濾+去 NaOCl+5u

過濾。

4. 第一道 RO 共 7 組 800HP/台組 5u 過濾泵，2000HP/台組第一道 RO，

加壓泵變頻控制 700-1000psi，168 支 8 英吋 8 米長膜管(1344 支 8

英吋 1 米長膜)/組，回收率 60%。

5. 第二道 RO3 台 450HP 變頻控制，78 支 8 英吋 8 米長膜管。

6. 後處理加石灰增加鈣與鹼度，並加 NaOCl 消毒與加 CO2 控制 pH

TAMPA 海水淡化廠進口水質特性

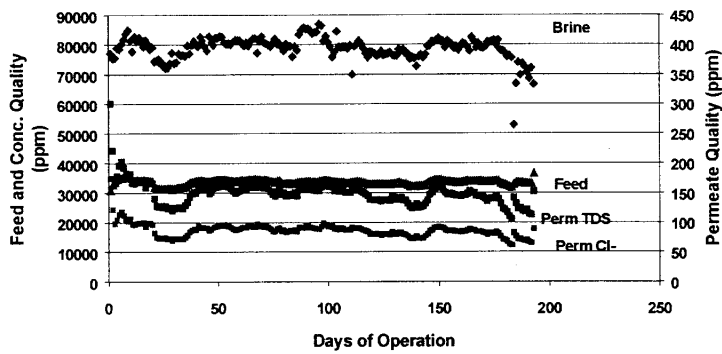
參數	進口流量 MGD	鹽度 mg/L	溫度°C	濁度 NTU	懸浮物 mg/L	pH
平均值	44	26000	33.3	6-12	16	7.9
最小值	37.8	18500	24.0	1	2	7.7
最大值	51.9	31000	43	25	47-100	8.4

TAMPA 海水淡化廠造水水質須符合飲用水最低標準下表系選擇系表列

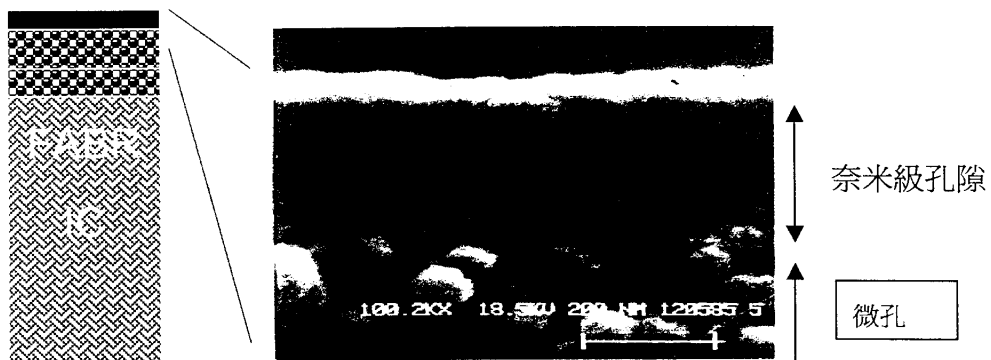
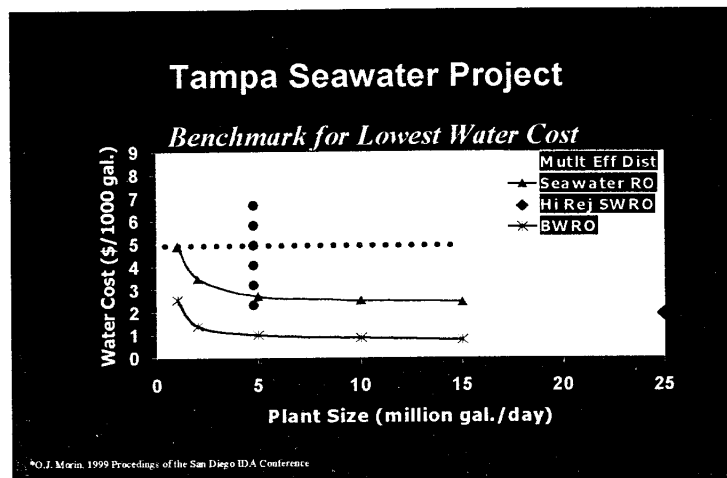
成分	Na	Cl	TDS	總硬 度	鈣硬 度	總鹼 度	TOC	導電 度
單位								
ppm(max)	80	10	500	300			3.6	
ppm(min)						40		
ppm(min-max)					50-250			
uS/cm (max)								800

運轉時水質特性：產水 Cl 濃度隨海水水質 溫度 及膜情況而異甚

為不穩定，此為 RO 海水淡化的特性



Tampa 海水淡化評估經濟規模為 20000 噸/天，如下圖



RO 膜後合膜結構，防膜結垢破孔的前處理與選正確膜為關鍵技術，

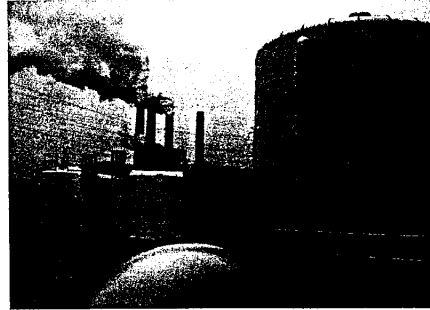
Tampa 海水淡化廠採用最新第四代 RO 膜 耐高溫除硼的海水用膜

上圖系海水 RO 複合膜系放大 100000 倍

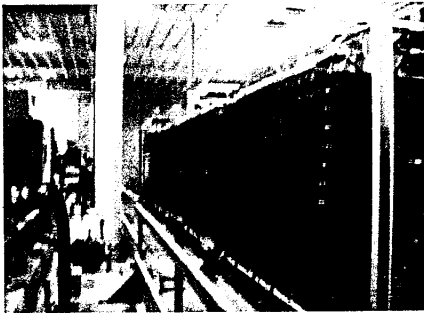
砂過濾



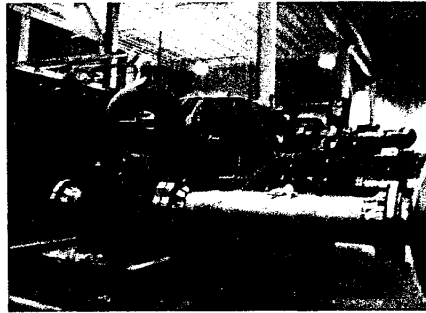
化學加藥



RO 機房



進水加壓幫浦



能源回收



產水加 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 CO_2 調口感和 pH



二 Paul Mueller 公司 蒸汽壓縮純水機組裝並與 vapor energy Co 研討低溫蒸汽壓縮海水淡化法技術。

1. 低溫薄膜式熱交換元件較傳統管殼式熱交換元件的優點

如下圖比較得知薄膜式熱交換元件較傳統管殼式熱交換元件佔地少高效率體積少設備費用低等優點

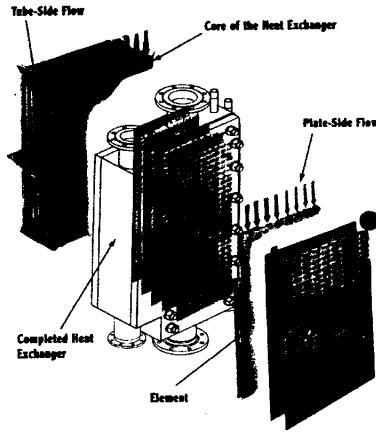
Mueller® Hybrid® Heat Exchanger

Imagine a heat exchanger that combines all of the features of a plate-and-frame heat exchanger with those of the shell-and-tube design. It would be compact and lighter, have less material and lower hold-up volume, and utilize less floor space; yet it would still keep all the features of the shell-and-tube design—high pressure, high temperature, and no gaskets.

If you can imagine all of this, then you have come up with the greatest of all heat exchangers... the Hybrid.

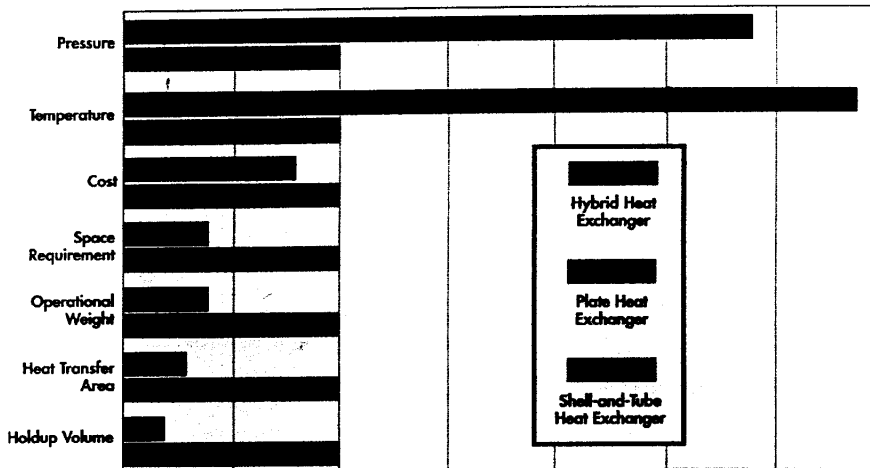
The Hybrid is the first heat exchanger to successfully combine the high performance of the plate-and-frame design with the high pressure and temperature capabilities of the shell-and-tube design.

PHYSICAL LAYOUT OF THE HEAT EXCHANGER



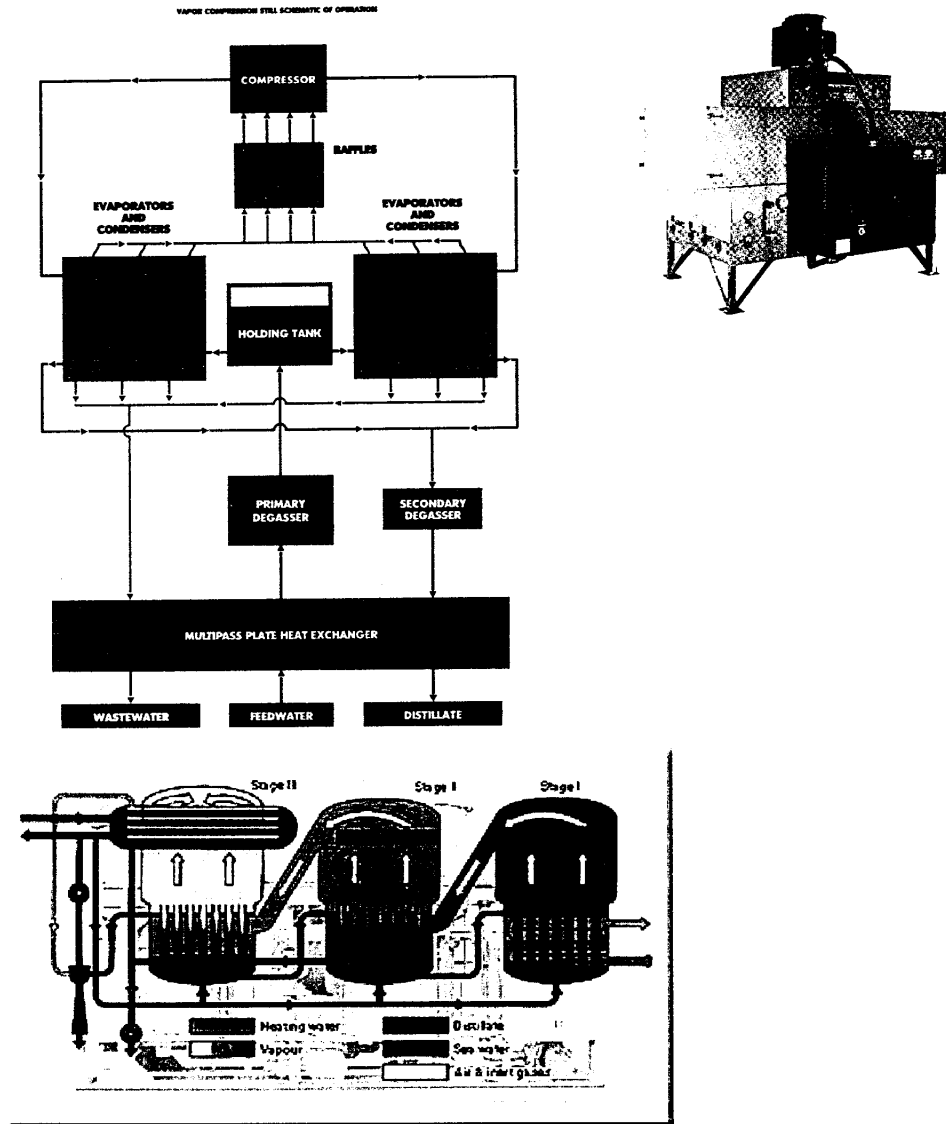
The greatest advance in heat exchange design in the last two decades.

HYBRID VERSUS A TYPICAL PLATE-AND-FRAME OR SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER



100m³/天產能薄膜式機械壓縮蒸餾器的規格與價格

100m³/天產能薄膜式機械壓縮蒸餾器 外觀尺寸僅 2.57 米高 x 2.8 米寬 x 1.68 米深，約 20 萬美金。



電廠 2000m³/天組產能薄膜式蒸汽壓縮蒸餾器外觀

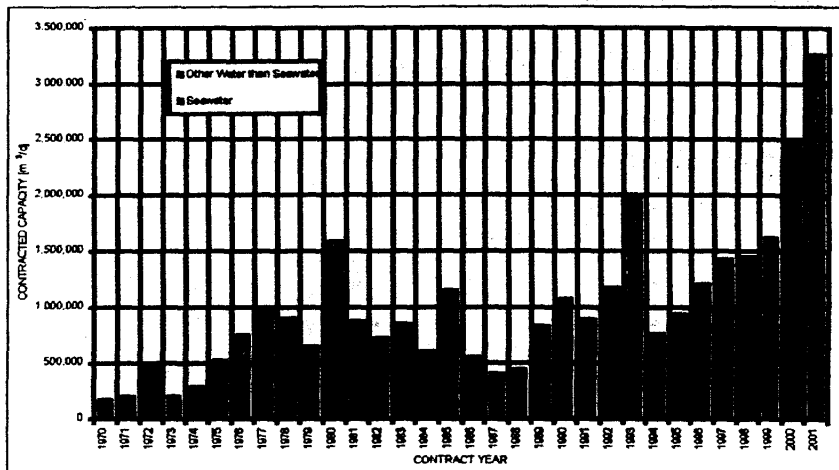


3. MED 多效熱能蒸餾式與 R.O 逆滲透過濾法 海水淡化運轉特性比較

內容	MED	R.O
產水水質	TDS<2	一道 R.O TDS<500
海水入口條件	0.5 m/m 以上濾網過濾	SDI<4
化學添加物	除垢、消泡	殺菌、殺藻、除垢、pH 劑
入口水壓	3kg / m ²	55 - 70kg / m ²
濾材更換	使用防蝕材料	3-5年(視前處理狀況而異)
海水溫度變化	影響操作有限	減低耗材壽命
運轉成本	6-12 噸蒸餾水/噸蒸氣及少許電費 化學藥劑	化學藥劑、濾材及電費
套裝機組容量	5 噸/日→12,000 噸/日 (單機)	5 噸/日→14,000 噸/日 (單機)

4. 2002 年 IDA 統計全世界 15233 個造水容量 100m³/d 以上機組的水淡化廠統計結果

如下列圖表 海水淡化 2000-2001 裝設容量是 1998-1999 的兩倍



Capacity of all land-based desalting plants capable of producing 100m³/d or more of fresh water per unit vs. Contract year

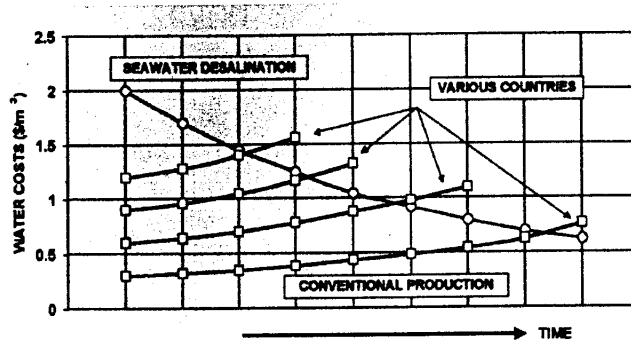
每年全世界水淡廠裝設容量(100m³/d 以上機組)

Headline statistics from Report No. 17

World total desalting units :	15,233	Leading countries by MSF cap.:	Saudi Arabia (30.5%)
World total desalination capacity:	32,400,000m ³ /d		UAE (30.1%)
Total seawater desalination capacity	3,908,210 m ³ /d		Kuwait (11.4%)
Leading countries by capacity:	Saudi Arabia (18.7%)	Leading countries by RO/NF cap.:	USA (27.9%)
	USA (15.8%)		Saudi Arabia (12.9%)
	UAE (14.6%)		Spain (11.2%)
Leading countries by units:	USA (20.8%)	Leading countries by MENV cap.:	UAE (20.6%)
	Saudi Arabia (15%)		USA (9.4%)
	Japan (9.2%)		Kazakhstan (5.9%)
Leading countries by seawater cap.:	UAE (24.2%)	Proportion of total installed cap.:	MSF (43.5%, up 1.1%)
	Saudi Arabia (23.7%)		RO (43.5%, up 2.4%)
	Kuwait (8.4%)		

全世界水淡化廠分類統計

不同國家不同時間海水淡化成本與傳統水源 水庫等的水價趨勢圖



台灣現況傳統水源、水庫、人工湖的水成本約 22 元，政府準備竹科及南科，日供水量各為 30000 噸/天，預算分別為 24 及 27.3 億元，預計 94 年開始興建(經濟年限 20 年)，以 30 元台幣/噸收購由科學園區用水廠家分擔。中東(31822m³/天)大型海水淡化技術比較一覽表

一 耗能比較表 (依據 2001 年國際海水淡化會議報告資料)

淡化程序	多級閃化 MSF	多效蒸餾 MED	逆滲透	逆滲透+能量回收
產水量(m ³ /天組)	31822	15811	5303	5303
組數	1	2	6	6
GOR (噸水/噸蒸汽)	8.0	9.0	-	-
水回收率(%)	-	-	45	45
耗熱率(MJ/ m ³)	290	258	0	0
耗電率(KWH/ m ³)	3.6	2.3	4.2	3.5
蒸汽流量(t/小時)	165.7	147.3	-	-
耗電量(KW)	4773.0	3050.0	5568.5	4640.4
電廠	CCGT	CCGT		
額定出力(MW)	105	105		

二 設備費用比較表

製程 (百萬美元)	多級閃化	多效蒸餾	逆滲透	逆滲透+能回收
蒸餾器	34.5	32.4	-	-
逆滲透廠	-	-	28.7	25.5
海水入口和排放管道	2.8	2.6	2.0	1.8
基礎和建築	5.6	5.2	4.6	4.1
建廠支出	4.3	4.0	3.5	3.1
工程及臨時費用	4.3	4.0	3.5	3.1
合計	51.4	48.3	42.4	37.7
造價台幣億(1:35.5)	18.24	17.14	15.05	13.38
台幣千元/噸	57.3	53.88	47.3	42.0

三 造水成本比較表

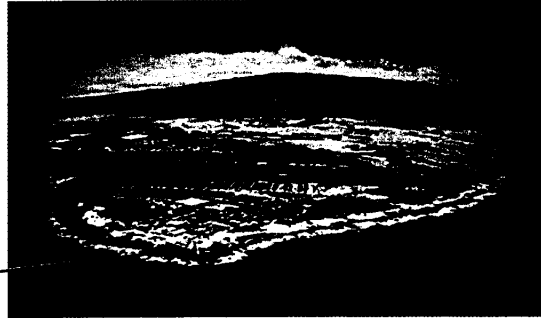
基準 負載因素(水)90% 年產水量 10.5 百萬 m³/年

熱量成本 1.5 美元/GJ 電力成本 0.03 美元/KWh 廠壽命 25 年 折舊 8% 攤還 9.37% RO 膜換新 20%/年

造水成本	多級閃化	多效蒸餾	逆滲透	逆滲透+能回收
(US 美元/m ³)熱能		0.242	0.219	0.000 0.000
電能	0.109	0.070	0.128	0.106
操作維護費用	0.126	0.126	0.126	0.126
備品	0.082	0.082	0.033	0.033
化學品	0.024	0.024	0.047	0.047
RO 薄膜	0	0	0.110	0.098
設備費用分攤	0.461	0.433	0.380	0.338
/m ³) 1.043	0.953	0.823	0.747	合計(US 美元 台幣(元/m ³) 37.02
33.83	29.21	26.51		
成純水成本	37.02	33.83	35.21	32.51

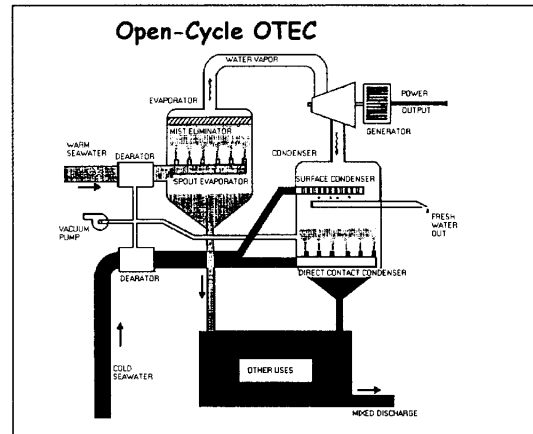
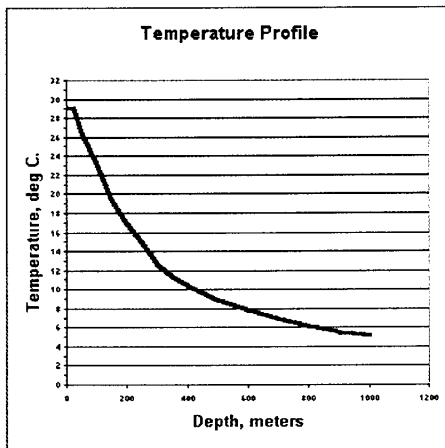
三夏威夷利用深層冷海水與電廠溫排水的溫差蒸發法海水淡化 1. 深

層冷海水與表面溫海水的溫差蒸發法海水淡化原理

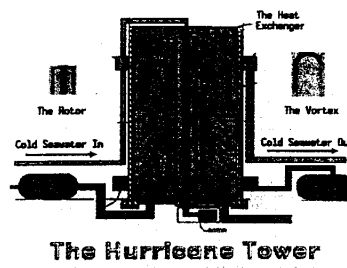


深層冷海水取水管

不同海水深度的水溫 800m 深約 6°C 350 m 深約 13°C



深層冷海水與電廠溫排水的溫差蒸發法海水淡化原理如上圖與下二圖



2. 深層冷海水與溫排水的溫差海水淡化與其他製程比較表

深層冷海水與溫排水的溫差海水淡化與其他製程比較

製程	耗電率 KWh/m ³	蒸汽耗率 Kg/m ³	防垢劑用量 g/m ³	排放水濃縮 比
MSF	3-4	80-1	1.5-4	1.7-1
MED-TC	1-2.5	80-160	1.5-4	1.5-1.8
SWRO	3.5-5	--	2-6	1.7-2
LTF	2-5	10-50	--	1.004-1.02

四 海水淡化濃縮海水生產 NaOCl 及其他產物新技術

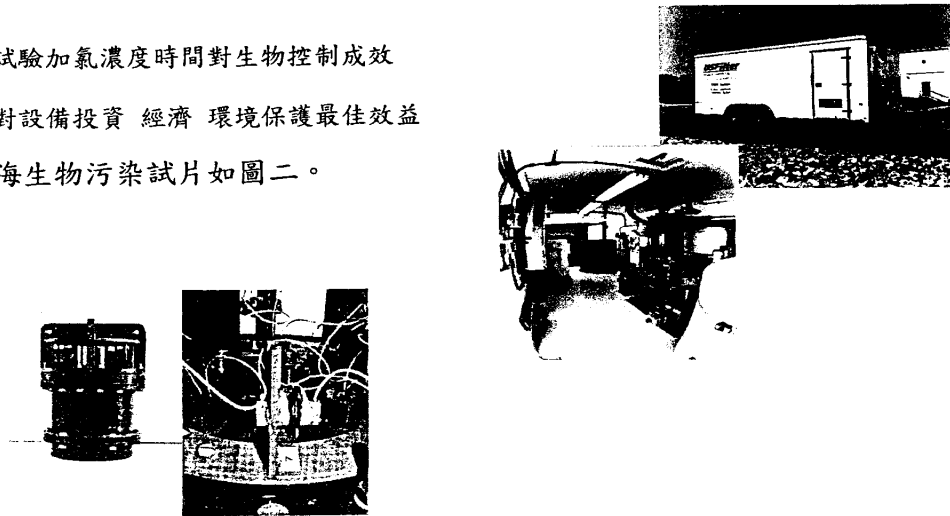
1. 海水淡化設備海生物污染控制技術

脈衝式加氯法-如何經濟有效利用海水電解控制海生物污染又不損害逆滲透薄膜。

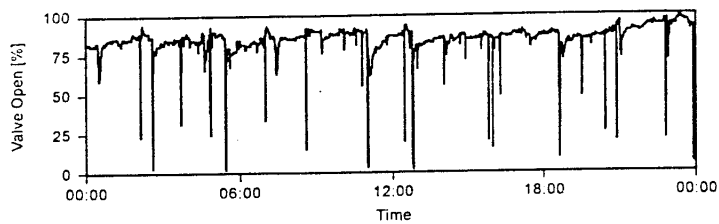
利用貽貝類海生物接觸氯氣後都有短暫休息後才再活躍濾食的原理，採取他在休息時停止加氯，想要濾食時才加氯的海生物控制法可節省 50% 的加氯量，除節省電費外，電解設備多出可維修的空間，保證冷凝器功能，減少加氯的副產物，減少對環境的衝擊。

貽貝類海生物接觸氯氣後都有短暫閉殼休息後才再活躍開殼濾食，有些貽貝類從開殼有氣濾食到閉殼無氣休息的新陳代謝中，可利用他本身積存的營養源存活一段時間，甚至 10 星期以上，時間長短依據水溫和當時情況和不同貝類而異。連續長時間脈衝式加氯法，迫使海生物轉變成無氣的新陳代謝終至枯節。

試驗加氯濃度時間對生物控制成效
 對設備投資 經濟 環境保護最佳效益
 海生物污染試片如圖二。



常見的 *Mytilus edulis* 貝類在無加氯的海水中，每天 24 小時貝殼開度情形接近 90% 開度如下圖：



依據調查貝殼開度接近全開度才在真正吸取氧氣與濾食，因此控制貽貝類在冷卻水系統管路中滋長的方法最重要的是加氯時間與濃度，若停止加氯，TRO 低於 0.1ppmCl₂ 後，貽貝類逐漸開殼至全開後吸取氧氣與濾食，這段期間對貽貝類而言稱為恢復期，恢復期依貽貝類接觸的路濃度、先前加氯時間累積、水溫而定。貽貝類在較高水溫活力較強同樣也較易對加氯敏感。

脈衝式加氯法應用結果：

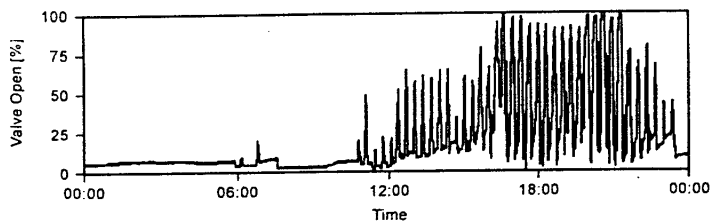
脈衝式加氯法在對海水半海水淡水三種不同水質的應用情形如下表。

Water Type	Test Organism	Pulse-Chlorination [®] regime
Marine	<i>Mytilus edulis</i>	10 min on TRO = 0.3 mg L ⁻¹ Cl ₂ , 10 min off
Marine	<i>Mytilus edulis</i>	Combination of a pump pit dosing with a dosage just before Light Hydro Cracker installations [5,11]
Marine	<i>Mytilus edulis</i>	10 min on TRO = 0.3 mg L ⁻¹ Cl ₂ , 10 min off
Brackish	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	15 min on TRO = 0.6 mg L ⁻¹ Cl ₂ , 15 min off
Brackish	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	15 min on TRO = 0.6 mg L ⁻¹ Cl ₂ , 15 min off
Fresh	<i>Dreissena polymorpha</i>	15 min on FO = 0.4 mg L ⁻¹ Cl ₂ , 30 min off
Fresh	<i>Dreissena polymorpha</i>	15 min on FO = 0.3 mg L ⁻¹ Cl ₂ , 30 min off

Mytilus edulis 加氯控制殼開度情形

從 00.00 到 12.00 連續加氯 0.45ppm Cl₂，中可看出 *Mytilus edulis* 在 06.00 有試探性的開殼又閉殼。

從 12.00 到 00.00 連續加氯 0.45ppm Cl₂ 10 分鐘/停止 10 分鐘可看出 *Mytilus edulis* 在 12.00-18.00 逐漸加強試探性的開殼 18.00-20.00 試探性的開殼動作達最高峰。20.00-24.00 試探性的開殼企圖逐漸減弱。



加氯的濃度與時間對海生物的污染控制效果受很多因素影響，必須做實地的測試，加氯時間長短比濃度控制更為重要。

2. 海水淡化濃縮海水生產 ClO2

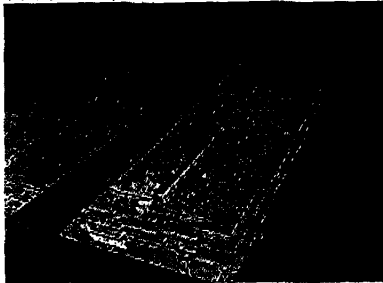
ClO2、O3、H2O2 等強氧化劑利用在發電廠的低溫氧化除硝的技術與經濟性正逐漸受重視，其實驗室數據資料如下表：

Chemical Requirements for Coal-Burning Power Plant							
Flue Gas Composition (post SOx scrubber)							
O2	% vol	15					
CO2	% vol	12					
H2O	% vol	10					
SO2 (before scrubber)	ppmv	100					
SO2 (after scrubber)	%	85					
SO2 (before scrubber)	ppmv	15					
SO2 (after scrubber)	ppmv	175					
NO (before scrubber)	ppmv	175					
NO (after scrubber)	ppmv	175					
HCl	ppmv	4					
Hg	ug/M3	20					
N2	balance						
Gas flow at ESP exit	scfm	155					
Gas flow at scrubber inlet	scfm	150					
Power plant capacity	MW	4100					
	kWh	720000					
Gas flow rate	MM3/hr	1000000					
Density at scrubber inlet	kg/M3	1.3					
Gas mass flow at scrubber inlet	kg/hr	130478					
Composition before scrubber							
SO2	kg/hr	504.96					
Composition after scrubber							
O2	kg/hr	73429					
CO2	kg/hr	86438					
H2O	kg/hr	123048					
SO2	kg/hr	8349					
NO	kg/hr	24078					
HCl	kg/hr	16.98					
Hg	kg/hr	0.021					
N2	kg/hr	334458					
Use of ClO2							
Location							
2SO2+ClO2 -> 2SO3+Cl	After SOx scrubber						
2NO+ClO2 -> 2NO2+Cl							
Reactor SO2 Ox eff	%	100					
Reactor NO Ox eff	%	100					
Ideal molar ratio SO2/ClO2		2					
Ideal molar ratio NO/ClO2		2					
SO2 in Ox Stage exit	ppm	0					
NO in Ox Stage exit	ppm	50					
ClO2 used for SO2	kg/hr	25.12					
ClO2 used for NO	kg/hr	161.73					
Total ClO2	kg/D	372.8					
Use of H2O2							
Location							
SO2+H2O2 -> SO3+H2O							
NO+H2O2 -> NO2+H2O							
Reactor SO2 Ox eff	%	100					
Reactor NO Ox eff	%	100					
Ideal molar ratio SO2/H2O2		1					
Ideal molar ratio NO/H2O2		1					
SO2 in Ox Stage exit	ppm	0					
NO in Ox Stage exit	ppm	50					
H2O2 used for SO2	kg/hr	25.12					
H2O2 used for NO	kg/hr	161.73					
Total H2O2	kg/D	372.8					
Use of O3							
Location							
SO2+O3 -> SO3+O2							
NO+O3 -> NO2+O2							
Reactor SO2 Ox eff	%	100					
Reactor NO Ox eff	%	100					
Ideal molar ratio SO2/O3		1					
Ideal molar ratio NO/O3		1					
SO2 in Ox Stage exit	ppm	0					
NO in Ox Stage exit	ppm	50					
O3 for SO2	kg/hr	25.12					
O3 for NO	kg/hr	161.73					
Total O3	kg/D	372.8					
Power production cost							
NaClO3 price	cent/kWh	2					
US\$/ton		3.20					
\$/kg		0.364					
NaClO3 cost	%	85					
Other chemical cost	\$/kg ClO2	0.525					
ClO2 energy chemical	\$/kg ClO2	0.182					
ClO2 additional cost	cent/kWh	0.587					
Power cost increase	%	2.9					
Power production cost							
H2O2 price @ 100%	cent/kWh	2					
US\$/ton		3.20					
\$/kg		0.361					
Power production cost							
O3 price	cent/kWh	2					
US\$/ton		3.20					
\$/kg		0.361					

US-filter catalytic 公司海水淡化濃縮海水生產 NaOCl 的關鍵技術

在電極的製作，如下圖：

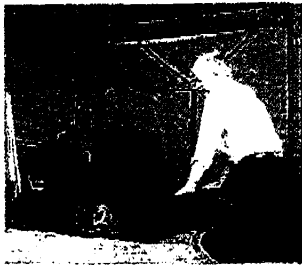
材切 清潔



表面塗裝

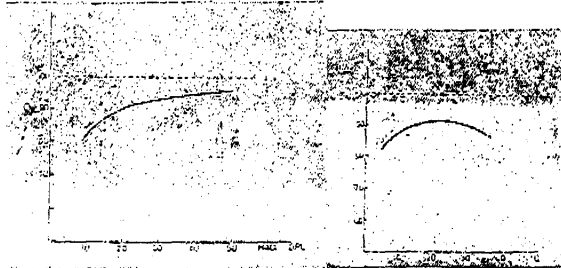


燒結



電解效率與海水鹽度、溫度的關係如下二圖

1. 電解效率與海水鹽度成正比，但實際運轉需考量海水中硬度的沉積問題。
2. 電解效率在海水溫度 25°C 最高。



某一廠家對不同海水溫度與鹽度的電解效率計算與保證值，如

下表：保證值 0.860，差異在 0.856-0.919 之間

Guaranteed electrolyser power consumption with safety margin (set by sales) but minimum is 5%						
of 0%	(DCKW/kg) :	3.67	3.03	3.00	3.76	3
	@ temperature (deg C) :	25	30	25	20	
	and chloride (g/l) :	21.21	36.4	36.4	21.21	3
	ACKW/KG	3.861	3.184	3.155	3.959	13.
	faraday efficiency :	0.856	0.899	0.919	0.860	0.
					Guarantee	

以 200MW 冷卻海水量 33840m³/hr 的案例計算，如下表

PROCESS										
water SG :	1.025									
flowrate to be treated :	33840 m ³ /h @	2	ppm Continuous							
	33840 m ³ /h @	4	ppm Shock							
shock duration :	15 mins every	6	hours							
ELECTROLYSER										
100% Capacity :	30 kg/h	from	1	Train						
electrolyser type :	Mk III	is	-31%	greater than minimum reqts						
capacity/train :	50.0 kg/h									
modules/train :	6									
cells/module :	24									
Maximum					Base Design					
cell current :	177	Amps High >	175	161						
cell volts :	9.3	Volts OK <	15	8.27						
product concentration :	1667 mg/l	allowing product degradation of	0%							
	1626	ppm								
Guaranteed electrolyser power consumption with safety margin (set by sales) but minimum is 5%										
of 0%	(DCKW/kg) :	3.67	3.03	3.82	3.88	3.82	3.82	3.82	3.82	
	@ temperature (deg C) :	25	30	32	32	32	32	32	32	
	and chloride (g/l) :	21.21	36.4	19.75	19	19.75	19.75	19.75	19.75	
	ACKW/KG	3.861	3.184	4.017	4.884	4.017	4.017	4.017	4.017	
	faraday efficiency :	0.856	0.899	0.818	0.813	0.818	0.818	0.818	0.818	
					Guarantee					
T/R										
no. of tr's :	1	PER	100%	Total						
Design DC current :	2130 Amps (inc	10%	contingency)							
Transformer voltage all contingency :	113 Volts (inc	5	ohm-cm resistivity safety margin)							
cell aging allowance :		(inc	0	volt/cell)						
Transformer voltage NO contingency :	99.2 Volts									
Design DC voltage :	106.0 Volts with plus/minus 10% input tappings									
installed power (per tr) :	226 DCKW									
	238 ACKW	AT	0.95	%						
11.0 FLOWRATES & PRESSURES										
required minimum inlet pressure :	6.7 Bar	No. OFF								
Pump design rates :										
Electrolyser Train flowrate :	30 m ³ /h	Cell Flow	5.0	m ³ /h						
Product flowrate :	30.0 m ³ /h thru'									
Booster Pump flowrate :	36.0 m ³ /h	64	"mm" pipework dia. for velocity m/s							
Booster Pump Power 100% efficient :	4.8 Kw									
Continuous dosing pump flowrate :	41.8 m ³ /h thru'	70	"mm" pipework dia. for velocity m/s							
Continuous Pump Power 100% efficient :	3.62 Kw									
Shock addition dosing pump flowrate :	41.8 m ³ /h thru'	70	"mm" pipework dia. for velocity m/s							
Shock Pump Power 100% efficient :	3.5 Kw									
Pump for Combined "S" & "C" :	83.2 m ³ /h thru'	99	"mm" pipework dia. for velocity m/s							
Pump Power 100% efficient :	7.0 Kw									
DEGAS SYSTEM										
Actual tank volume :	15.7 m ³ (inc	10%	allow'ce for ullage)							
tank dimensions :	1.9 m dia x	5.3	m high H/D= 2.5							
blower capacity :	2526 m ³ /min @	50	Deg C							
vent ducting dia :	160.0 mm pipework dia. with v =	88.82	m/s							

上表也同時列出海水電解設備主要規格

主要項目包括電解槽基礎，次氯酸鈉槽、鹽酸槽、電力配電盤、控制盤、D.C 電源供應盤、LOAD COM BOX MCC 盤、XFMR 盤、排氫氣風扇、次氯酸鈉泵、海水加壓泵、海水過濾網、電纜溝兼排水等設備。

伍、結論與建議

1. TAMPA 海水淡化結合電廠溫排水，已經粗過濾、加氯與加溫等處理，濃縮海水也可利用電廠溫排水排放 減少環保投資水等，為海水淡化最佳組合，可為台電將來參與海水淡化的參考。

2. 核能電廠海水淡化生產包裝水，市場接受度是否有障礙?建議先以澎湖尖山電廠現有海淡廠多餘產能，增加包裝設備方式，試賣海水淡化包裝水，最好以台灣東部優質深層海水為水原提高市場接受度。

3. 電廠海水淡化用在發電用水時，需避免後續水廠的負擔，尤其是硼的去除問題，因此發電用水建議用蒸發法，若海水鹽度不高或水質要求較不嚴的一般用水則可採用 RO 法，也可參考美國 TAMPA 海水淡化招標模式。

4. 台灣東部深層冷海水配合再生能源開發成海洋深層包裝水與觀光及發展高品質海藻也有商機，希望能加速進行本案。

5. 電業自由化後將出現提供電熱冷水等全方位服務爭取顧客的競爭，建議及早成立經營團隊，利用電廠廢熱與離峰電力優勢生產銷售高品質純水、熱水、蒸汽等，供應科學園區，除可增加純發電的營收外，