

澎湖縣風力發電應用於 海水淡化之評估

計畫書概要

高植澎議員服務處

高植澎 議員

楊子泰 助理

丁郁容 助理

中華民國九十三年五月十八日

一、前言：

澎湖地區之水資源條件不佳，每年降雨量甚少，由於缺乏蓄水設備，無法蓄積雨水，導致本縣乾旱情況持續惡化，有效因應之道必須增建海水淡化廠來解決旱象危機，目前本縣海水淡化廠的每日產水量為 11,100 噸，在電力來源方面，考量離島運輸的不便，以創新利用自然能量，符合環保高科技，並評估澎湖地理條件，風力發電其實是非常適合用來做為海水淡化場的電力供應來源，尤其在冬天東北季風強勁，可以利用大量運轉的風力機發電，供應海水淡化廠用電需求大量製水，使澎湖冬天的枯水期反轉為豐水期，實為本縣應積極推動的縣政工作。

二、自然條件

1、降雨概況：

表一為澎湖氣象站 1971~2000 年氣象資料，本縣平均降雨量 951 公釐，加上本島蒸發效應大，故本縣長期處於缺水狀態，影響民生及觀光事業發展至巨。

項目	降雨量	降雨日數	平均氣溫	相對濕度	最高氣溫	最低氣溫
單位	公釐	天	攝氏度	百分比	攝氏度	攝氏度
1 月	21.9	6	16.7	81	19.1	15.2
2 月	50.2	8	16.8	82	19.3	15.1
3 月	52.9	9	19.4	83	22.3	17.3
4 月	92.4	9	23.0	83	26.1	20.9
5 月	123.2	10	25.6	85	28.6	23.6
6 月	164.1	11	27.6	87	30.5	25.6
7 月	131.6	8	28.7	85	32.0	26.5
8 月	170.8	10	28.5	86	31.6	26.3
9 月	74.2	6	27.7	81	30.9	25.8
10 月	26.1	3	25.4	78	28.1	23.8
11 月	20.1	4	22.1	78	24.5	20.7
12 月	23.5	5	18.7	79	21.0	17.3
合計	951.0	89	23.4	82	26.2	21.5

統計期間 1971-2000 1971-2000 1971-2000 1971-2000 1971-2000 1971-2000

資料來源：澎湖氣象站

2、風力概況：

本縣由於地處亞洲季風帶，並受到地型的影響，風力資源豐沛，每年十月至翌年三月都有強勁的東北季風，而夏季由於海島氣候的影響亦有海風吹撫，2001年氣象資料顯示，最低的平均風力仍可以達到二級，依據台灣電力公司在中屯所架設之四部風力發電機運轉紀錄來看，幾乎一年四季都可以發電，相較於以往發電須要有一定風速以上才可以發電的刻板印象，我們可以了解風力發電的技術早以突飛猛進，而歐美先進國家更將做為新能源政策中主要開發對象。

表二 澎湖東吉島逐月逐日氣象資料 項目：平均風(蒲福風級) 年份：2001

日期\月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	日期\月份
1	6	7	7	5	3	4	3	3	3	6	4	4	1
2	4	6	5	3	4	3	3	2	4	5	4	5	2
3	5	5	4	4	3	3	3	3	3	5	5	4	3
4	6	5	6	6	3	3	5	2	3	5	6	5	4
5	5	5	4	5	3	4	6	2	4	5	5	5	5
6	5	4	3	4	3	4	7	3	3	4	8	6	6
7	4	6	6	4	4	3	4	3	4	4	6	7	7
8	6	7	7	4	3	3	2	2	5	3	6	4	8
9	6	6	5	4	3	2	2	2	5	4	8	4	9
10	6	7	4	5	6	3	3	2	4	6	7	4	10
11	5	6	5	6	6	3	3	2	4	5	7	6	11
12	5	6	7	6	7	4	5	2	4	6	7	5	12
13	6	7	4	4	5	5	4	3	5	6	6	6	13
14	7	8	2	4	5	5	4	3	4	6	7	8	14
15	8	6	3	5	4	4	3	3	3	7	7	6	15
16	6	5	4	4	3	4	4	3	5	7	7	5	16
17	4	6	3	4	3	2	3	3	6	6	7	4	17
18	4	4	5	4	3	2	3	4	6	7	7	6	18
19	4	5	4	3	5	3	2	4	6	6	6	7	19
20	3	4	3	4	4	3	2	3	3	5	6	7	20
21	5	4	4	4	3	3	4	2	5	5	6	7	21
22	3	5	3	6	3	4	2	2	7	5	6	7	22
23	5	3	2	5	3	7	3	2	7	5	6	6	23
24	4	5	3	3	3	5	4	2	6	5	6	6	24
25	3	8	4	6	3	5	2	2	7	5	6	7	25
26	6	6	5	6	3	4	2	3	9	3	6	6	26
27	7	4	5	4	4	2	2	4	7	4	5	5	27
28	7	4	6	3	5	3	3	3	7	5	4	6	28
29	7		7	3	3	3	5	5	5	7	4	6	29
30	5		4	3	5	3	6	4	2	6	4	5	30
31	5		4		5		4	3		4		4	31
													總和值
日期\月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	日期\月份

資料來源：澎湖氣象站

3、供水概況：

澎湖因先天水文氣象條件不佳，天然水源不足，主要係由水庫及深水井供應，唯水庫若久未下雨即乾涸見底，而深井長期大量抽取將產生鹽化，不符飲用水質標準，致常有缺水現象發生。

近年觀光人潮逐年增加，用水量相對增加，以目前現有水源，無法滿足供水需求，影響產業發展，雖自來水公司現有日產11,100噸

海水淡化廠，但仍不足供應澎湖民生用水，常需由台灣本島運水，才足以維持最低民生需求。

表三 澎湖縣用水供需情形

用水	目前供水量 噸/日	不足量 噸/日	解決方式
馬公地區	18,000	11,000	以 1 座 7000 噸的烏崁海水淡化廠、地下深水井、水船合併供水
望安、將軍島	560	160	以 1 座 400 噸的望安海水淡化廠供應
虎井島 桶盤島	300	-	以 1 座 200 噸的虎井海水淡化廠及 1 座 100 噸的桶盤海水淡化廠供應
七美島	1,200	200	以 1 座 1000 噸的七美鹽井水淡化廠供應
白沙鄉	3,000	1,800	以 1 座 1200 噸的白沙鹽井水淡化廠供應
西嶼鄉	2,500	1,300	以 1 座 1200 噸的西嶼鹽井水淡化廠供應
合計	25,560	14,460	

資料來源：台灣省自來水公司第七區管理處澎湖營運所

三、澎湖地區水資源開發策略及方案

1. 開發策略

由於澎湖地區之水資源條件不佳，目前概估水資源之潛能量約為 110 萬噸，其中地面水約 70 萬噸，淺層地下水約 40 萬噸。水資源之開發極為有限，無法滿足日益增加之觀光人口及生活用水需求之增加。必須朝替代水源開發及水資源之永續利用著手，目前海水淡化之技術，已達成熟商業化之階段，淡化廠運轉非常順利，由於澎湖自然水源獲得不易，因此興建海水淡化廠最能直接能解決缺水問題，自來水公司在澎湖所建立之海水淡化廠已納入供水系統中。

2、目前澎湖地區海淡場開發方案

本縣居民用水來源主要以淡化廠製水、利用水船從台灣運水及少量地下水井供應，海水淡廠的出水成本約 40 元，與台灣運水到澎湖一度水的成本約 160 元，相較之下擴建海水淡化廠之計畫確實可行。

表四 海水淡化廠相關資料

淡化廠名稱	淡化廠產能 (噸/日)	備註
烏坎海水淡化廠	7,000	今年六月增設 3000 噸淡化廠
成功鹽井水淡化廠	5,000	試車中
望安海水淡化廠	400	
將軍鹽井水淡化廠	180	尚未運轉
虎井海水淡化廠	200	
桶盤海水淡化廠	100	
七美鹽井水淡化廠	1,000	
白沙鹽井水淡化廠	1,200	
西嶼鹽井水淡化廠	1,200	

資料來源：台灣省自來水公司第七區管理處澎湖營運所

四、淡化與能源問題

1、造水成本：

淡化處理過程中最重要的成本因素是能量。目前最先進的海淡技術所需的能量也占了總成本的 30% ~ 40% 左右，也就是說，海水淡化廠之產水成本大部份花費在電力，下表所示為各種海水淡化設備生產每噸水所需要的用電量。

表五 各種海水淡化製程生產每噸淡化水的能源耗費比較表

淡化方式 \ 能源種類	用電量	蒸汽耗廢量	每噸水成本 (每度電以 2 元估算)
1. 逆向滲透式(R. O.) (能量回收)	8.5kwhr (5.0~6.0kwhr)	—	17 元
2. 多級閃化式(M. S. F.)	3.1kwhr	0.1 噸	6.2 元
3. 多級效應式(M. E. D.)	1.6kwhr	0.083 噸	3.2 元
4. 蒸汽壓縮式(V. C.)	8.5kwhr~10kwhr	—	17~20 元
5. 電析互換式	7.8kwhr~12kwhr	—	15.6~24 元

註：實際耗電量將受海水溫度影響而有所變動，以上所提供的數據為一般平均值。

資料來源：林傳鑑，(技師報：離島海水淡化處理技術與發展趨勢)

由表五可知，若電費以每度 2 元來計算，以多級效應式蒸餾 (M. E. D) 法製水，才能產出最低廉製水成本，每噸水約 3.2 元。

2、澎湖現有多級效應式海水淡化機組系統簡介

目前澎湖尖山電廠海水淡化廠工程，構置二部 300T/D 的多效應噴流壓縮式低溫海水淡化機，以電廠廢熱回收蒸氣製造淡水，為未來澎湖觀光業及民生缺水問題提供了一絲解決之曙光。多效應噴流壓縮式低溫海水淡化系統被公認是最經濟可靠之海水淡化系統，在實際應用上，此系統單機可達 15,000M/日以下之容量，因技術之優越性而取代了多段閃蒸式 (MULTI STAGE FLASH)。

此系統之優點如下：(相對於 M. S. F. 式)

- 1、低溫蒸發：其結垢與腐蝕均小。
- 2、系統設計有彈性，配合蒸氣驅動噴流器及多效應設計，可使 G. O. R. 高至 15 -16。
- 3、海水前處理簡單，藥劑補給量小。
- 4、生產之淡水純度高，T. D. S. 10 PPM 以下。
- 5、以廢熱為能源，節約淡水生產成本，(在臺灣每噸水成本約 35 元台幣)。

五、風力發電供應海水淡化廠之評估

以澎湖中屯風力發電系統四座風力機組 (額定輸出:600KW/部) 之發電情形來看，每年發電量約 800 萬~900 萬度 (如表六)，其發電效益高達 35%，與世界各國發電效益 20%~35% 比較，澎湖的風力發電效益佔世界各國效益之首，尤其是澎湖冬季風速強勁，中屯風力機供應多效蒸餾法海淡廠預估冬季可日產淡水 27,447 噸 (如表七)，足以充份供給澎湖民生用水，當夏季風速最弱時，可生產淡水 8,083 噸，約達本縣所需用水量 31%，不足之數可由冬季大量製水所儲存之水量補充，即能使枯水期轉變為豐水期。目前估算數是以現有四部風力機評估，若能夠大力推動風力發電海淡廠計畫，大約 12 部機組即可有效突破本縣一直無法解決的水荒瓶頸，由此可知，澎湖的風能豐沛，極適合開發風力發電廠。

表六 澎湖中屯風力發電機組運轉情況

發電年份	發電量(KWH/年)
91 年	7,916,564
92 年	9,808,825

資料來源：台灣電力公司

表七 澎湖中屯風力發電機組供應海水淡化廠評估

淡化方式	用電量/噸	冬天發電量	夏天發電量	平均每日發電量
------	-------	-------	-------	---------

		43,915KWH/日	12,932KWH/日	23,214 KWH/日
		可製水量	可製水量	可製水量
逆向滲透式 (RO)	8.5kwh	5,166 噸	1,521 噸	2,731 噸
電析互換式	7.8kwh	5,630 噸	1,658 噸	2,976 噸
多級閃化法 (MSF)	3.1kwh	14,166 噸	4,172 噸	7,489 噸
多效蒸餾法 (MED)	1.6kwh	27,447 噸	8,083 噸	14,510 噸

註：冬天以 92 年 10、11、12、1 月份估算
夏天以 92 年 5、6、7、8 月份估算

六、結論：

由上我們可以發現，若利用風力發電，揚棄目前規劃的高成本 RO 逆滲透法製水，改採較省能源、省經費的 M. E. D 多效蒸餾法來製水，以澎湖現有中屯四部發電機組估算，92 年度共計發電量為 9,808,825 度，平均每日可製水 16,796 噸，達澎湖縣總用水量 65%（澎湖縣總用水量 25,560 噸/日），更可以 100% 完全彌補缺水最嚴重的馬公市區用水，可見推動風力發電來做為本縣海水淡化廠電力供應來源是具體可行的。

故以多效應噴流壓縮式低溫海水淡化廠配合本縣現有每日生產 11,100 噸的海水淡化廠合併使用，另外偏遠的虎井島、花嶼、望安島也可以架設風力機組，利用風力發電供應當地現有海水淡化廠所需，即可省去由澎湖本島輸送電能及當地火力發電所需燃油之繁複工作，使居民用水無虞，如此一來不僅無須花費高價由台灣運水，可降低造水成本，使本縣水資源豐沛，解決民生用水之問題，進而提高觀光品質帶動觀光旅遊業發展，亦能符合環保效益，減低火力發電所必須燃燒化石燃料而產生的二氧化碳、大量煙塵和廢氣（部份有毒）等空氣污染，減緩地球氣候高溫化、酸雨、森林枯絕、臭氧層破壞、異常氣候等連鎖性的現象。