

再生能源

華銀徵信室 李文里

風力發電不是夢

一、緣起

乍聽「風力發電」，多數人一定認為是唐吉柯德式的幻想，代價高昂不合實際，要不就會連珠炮式地提出一連串的問題，「風力發電？是實驗室的研究吧？」「風那麼不穩定，怎麼能供電？一定不便宜吧？」「台灣適合蓋嗎？要蓋在哪裡？」「風力機會不會很吵？鳥兒會不會被絞進去？」「颱風來了怎麼辦？」，那麼，「風力發電」到底是空中閣樓，抑或是台灣的新希望？

二、風力發電是什麼？

所謂「風力發電」，是利用風力帶動風車葉片旋轉，再透過增速機將旋轉的速度提升，來促使發電機發電。依據目前風車技術，大約是每秒三公分的微風速度（微風的程度），便可以開始發電，並產生風速在每秒十三至十五公尺時（大樹幹搖動的程度）的

輸出力道。風能轉換靠風力機，而風力機主要係由空氣流動（即風）轉動葉片以擷取風的動能。根據對台灣20年來的風數據資料評估，風力機在風速3 m/sec開始啟動，當風速在25 m/sec以上，會因為安全理由而自動停機，停機後的扇葉仍然可耐60至70 m/sec的強風吹襲，而在風速70 m/sec時才有倒塌或摧折的危險，根據氣象局資料，歷年來颱風極難得超過60 m/sec（反之颱風來前後兩周風較大，增加更多的發電）。一台風力機的轉速是20秒轉一圈，因此不可能成為飛鳥絞肉機，同時，在選定架設風力機位置時，會避開鳥類的棲息與飛行動線。一台風機所會發出的聲音，在二百公尺外，已在四十五分貝之下，相當於一台電冰箱馬達聲。風大時，風的聲音甚至比風力機的聲音還大。何況，風力機多半架設於海邊，人煙稀少處，更不至於影響觀瞻。

風力發電並非一個佔地寬敞的工廠，也不需要高壓電塔、變電所來進行輸配電。以一台1,000千瓦的風力發

電機為例，塔筒高約60公尺，葉片直徑達50-64公尺，底座地上面積為16平方公尺，基座附有小型變電器，由地下電纜將低伏電直接連接上附近電網。現代風力機每台設計壽命為二十年，每半年維護一次，其設計為遙控自動，無人看守，可連接到工程師的手機，一有問題可利用裝有遙控系統的手提電腦馬上解決。

目前風力發電技術已經成熟且大量商業化應用。現今風力機的容量已提升至1000千瓦左右，可用率與產能均大幅提昇，安裝成本業已降至每千

瓦1000美元，在風性好、具相當開發規模下，每度電發電成本甚至可低至3到4美分。由於風力機技術成熟及量產應用使得成本迅速降低，依據美國風能協會統計，目前在風力良好且具開發規模的風力發電場，其發電成本在4美分以內，已可與一般電價一較長短。

目前主流風力機為水平軸、三葉式翼型風力發電機。風力發電機主要結構包括葉片、發電機、增速裝置、控制系統、塔架、機艙...等。

| 劃分依據 | 被劃分風力機種類 |
|-------------|-----------------------|
| 主軸與水平面的相對位置 | 水平軸式、垂直軸式 |
| 葉輪相對於風向的位置 | 上風式、下風式 |
| 葉片數量 | 多葉片式、少葉片式(以二葉及三葉效率最高) |
| 葉片工作原理 | 升力型、阻力型 |
| 風力機發電機組容量大小 | 小型、中型、大型機組 |

好的風力機必須具備效率高、可靠與耐久三大要件。為避免機組間有擾流情況影響，一般風力機配置方式是依照風行的方向調整。設置機組時如與主風向垂直時，則機組間應該至少相距葉輪直徑的2到3倍；如與主風向平行則要相距5到6倍以上。相對於其他的發電方式，風力機在較小的土

地上即可正常運作，一般說來僅需3公尺至5公尺見方的面積，可節省土地資源。此外，為獲得更好的發電效能，設置環境通常選擇風大且較偏遠的地方，並與住家保持距離，避免噪音干擾。目前風力發電機組已朝中大型發展，德國是全球風力推廣最力的國家，每年增設機組單機平均容量不

斷增大，在2000年已達1100千瓦左右。

三、風力發電的特色

(一) 減少傳統石化能源消耗，減少環境污染

我國能源的利用以石化能源為主，極度仰賴進口。其中，對煤炭的依賴逐年提高，由1979年的13% 增加至2004年的32.4%，造成對環境的高度污染，廢棄煙塵貽害國民的生活品質及健康。以熱值估算，如果利用風力每發1度電約可減少0.25公升燃油或0.37公斤燃煤的消耗。因此大量利用風力發電，將會減低人類以及環境的損害。此外風力機的安裝也比其它再生能源系統來得容易，沒有輻射跟殘渣物，無需大興土木，也沒有改變地區生態的疑慮，是乾淨自然的能源。

(二) 取之不盡，用之不竭

火力發電不論是使用煤、石油或天然氣，終有竭盡之日，依照目前的消耗速率估計石油蘊藏量為四十年，煤為二百二十年，天然氣為六十年就會消耗殆盡，而風力發電則是取之不盡用之不竭的，是能永續使用的再生

能源，無匱乏之虞。

(三) 引進新產業，增加就業機會

「風力發電」為一項新的工業技術，被聯合國列為「明日之星」產業，非常值得我國引進並開發，一來能夠直接增加就業機會，二來可活化產業結構，幫助傳統製造業者轉型。因為風力發電直接應用到傳統工業的產出，其主要零件如齒輪箱以及發電機，都可以在台灣找到一流的供應商。由於我國中小企業有非常好的工業基礎，若能引進丹麥或德國的風力機製造的技術，可使該技術在我國生根發展，並且可能成為半導體工業外，另一枝先進的新秀。在歐洲平均每台風機可創造三個工作機會，丹麥的風力發電工業的就業人口甚至達3.828人，為造船業的三倍，也比電力公司所提供的就業人口要多。

(四) 分散式發電、輔助性能源

風能分布十分廣泛，幾乎隨處可得，不但沒有能源取得的成本，也無須運輸，對於偏遠地區的電力供應，有莫大的幫助。相對於傳統大型、集中式發電機組的能源效率低，分散式發電已成為全球電力系統發展的趨勢。而風力發電機組可分散設置，接

近負載端可減少輸電距離，降低輸配電的損失，正是最理想的分散式發電。

四、全球風力發電應用現況

依世界風能協會 WWEA 報導：從 1996-2003 年 8 年間世界風力發電能力年平均成長率為 30.6%，1996 年底世界風力發電總能力只有 6,070MW（註 1），至 2003 年底已達 39,151MW，其中 2003 年新增容量為 7,981MW。由此顯見，風力發電已成為全球成長最快速的再生能源發電。

全球風力發電容量前十名國家，以德國為首，2003 年底總容量為 14,609MW，其次是美國的 6,370MW，西班牙則從排名第二跌落至第三，2003 年底總容量為 6,202MW。其餘依序為丹麥、印度、義大利、荷蘭、英國、大陸及瑞典。全球風力發電最高的國家是德國，其中以歐洲地區的成長最為迅速，前十名國家裝置容量皆已超過 500 MW，歐洲國家與美國共佔七名。亞洲地區 2003 年亦有優異的表現，其中印度積極開發風力發電達 2,110MW，中國大陸亦已擴增達 567MW，至於日本 2003 年增設可觀的

172MW 使其總裝置容量達 506MW，第一次進入前十名國家。綜合之，從歐洲百萬瓦級的風力場到大陸山東農村的小型電廠，正在全球快速擴張中。

五、台灣風力發電應用現況

台灣是一個海島，風力資源良好。每年約有半年以上的東北季風期，風力資源豐富。民國 70 年起，工研院能資所在能源會補助下，進行系統性的風能應用研究。一方面逐年分區完成台灣地區的風能潛力評估，預估陸上可有 1,000MW 以上風力發電潛能；另一方面建立風力機研製技術能力，並於湖口風力試驗場陸續完成 4 千瓦、40 千瓦、150 千瓦三型風力發電機的開發及運轉試驗。經濟部於民國 89 年 3 月發布施行「風力發電示範系統設置補助辦法」（自 89 年起至 93 年止五年期間），提供設備補助獎勵民間投入設置風力發電示範系統。在經濟部的支持有效帶動民間投資，目前已完成 3 處風力發電示範系統，總裝置容量為 8,540KW（如表一），總投資額達 3.5 億，另亦有同時規劃 22 件計劃案，投入資金 267 億元（如表二），盼達到 632MW 的裝置容量目標。

表一 已完成風力發電示範系統

| 單位 | 地點 | 裝置容量 |
|-------|------|-------------------|
| 台電 | 澎湖中屯 | 600KW*4=2,400KW |
| 台塑 | 雲林麥寮 | 660KW*4=2,640KW |
| 天隆造紙廠 | 新竹竹北 | 1,750KW*2=3,500KW |
| 合計 | | 8,540KW |

資料來源：能源委員會

表二 規劃及申設之風發電計劃一覽表

| 類別 | 開發單位 | 件數 | 總裝置容量(MW) | 投資額(新台幣) |
|-------------------|--------|-----|-----------|----------|
| 電業(公用事業) | 台電公司 | 7件 | 103.2 | 46億元 |
| | 英華威 | 10件 | 459.5 | 192億元 |
| | 台灣輸送機械 | 3件 | 64.0 | 27億元 |
| 自用發電設備 (非公用事業) | 國瑞汽車 | 1件 | 5.25 | 2億元 |
| | 江陵機電 | 1件 | | |
| 合計 | | 22件 | 631.95 | 267億元 |

資料來源：能源委員會

去年底，台電公司石門發電站六座迎風轉動的風力機正式通電啟用，是台灣本島第一座商業運轉的風力機組，為台灣本島的風力發電寫下嶄新的一頁。除了台電公司之外，民間企業也在政府提出補助方案之下，投資興建風力發電機組，第一個獲准補助的風力電廠，是台塑集團的台朔重工公司在麥寮離島工業區建造的風力發電廠。另英華威公司的竹南風場與大鵬風場，已通過台電公司優惠購電評選，預計今年底商轉。加上台朔重工規劃增設21部風力機組，發電315百萬瓦，因此94年度將是風力發電揚眉吐



雲林麥寮

氣的一年。

六、風力發電未來的展望

過去數年來，風力發電已成為全

球成長最快速的再生能源發電。主要為技術成熟且商業化量產，以致能夠透過量產技術來降低成本，另外在競爭激烈下，使得近兩年成本下降達25%。歐美亞等具有風力潛能國家亦皆體認到利用風能提供相對低廉的綠色電力價值，先後訂下頗具雄心的風力發電開發目標規劃，值得國內借鏡。

其中歐盟國家尤其是德國、丹麥、西班牙等更是積極推廣發力發電，使得歐盟於1997年訂下之2000年目標提前達到並超越。歐盟決定將未來開發目標提高50%，即2010年由原訂之40,000MW提高為60,000MW(其中5,000MW來自離岸式)；2020年由原訂之100,000MW提高為150,000MW(其中50,000MW來自離岸式)。

就國內言，台灣風力資源豐富，再加上離岸式風力發電前景看好，若2020年規畫之2,000MW目標能如期完成開發，則未來20年內之風力機市場估計將有500億台幣，甚具商機，值得國內機電等相關業者重視及投入。

目前的發展趨勢為朝向單一機組大型化發展，可降低發電的單位成本，提昇經濟效益，或以大型機組替代舊有的小型機組，發揮土地的最大價值；再者，陸上風電開發已漸趨飽和的國家(如丹麥、德國)為持續拓展

風力發電，已逐漸朝離岸式(海上)風力發電開發，除因海域風能優於陸域之外，較平穩之風性亦可減少風力機的機械損耗，俟技術成熟可望帶動另一波風電發展高潮。

七、結語

目前台灣約百分之九十八的能源仰賴進口，且原油一直扮演著提供台灣主要能源(高於50%)的角色。國際原油價格持續攀高，加上以限制溫室氣體排放、遏止全球暖化現象為宗旨的國際協議「京都議定書」今年開始執行(台灣雖非聯合國會員國，也非議定書締約國，然而由於台灣的能源政策及產業結構，勢必也會受到衝擊。為避免台灣自身產業可能受到的管制及直接衝擊)；同時，身為地球村成員，台灣也應承擔共同但程度不同的責任，以善盡地球村一份子的責任，促成全球永續性的經濟發展，能源的節流開源應是不二法門。因此，台灣為了因應高能源價格時代來臨，早日達成非核家園的目標，除了積極推動節約能源外，研究、開發綠色再生能源(太陽能、風力發電、生質〔註2〕能等綠色產業)，符合國際潮流，減少排放溫室氣體，將是大勢所趨。

〔註1〕KW：千瓦、MW：百萬瓦

〔註2〕生質亦稱有機物，其能直接或間接充當燃料使用。具有潛力可充當燃料，或間接轉化至較方便運輸之燃料或電力之生質來源，包括：牲畜糞便、農作物殘渣、城市垃圾等。