

國立交通大學

工學院專班永續環境科技學程

碩 士 論 文

綠色能源之風力發電機成本效益評估研究：  
以春風發電機示範系統為例

**Cost-effective Assessment of Green Energy:  
A Case Study of Andante Wind Power Generator**

研 究 生：戴德炫

指導教授：白曠綾 教授

中華民國 九十九年五月

綠色能源之風力發電機成本效益評估研究：  
以春風發電機示範系統為例  
**Cost-effective Assessment of Green Energy:  
A Case Study of Andante Wind Power Generator**

研 究 生：戴德炫  
指 導 教 授：白曠綾

Student：Teshuan Dai  
Advisor：Hsunling Bai

國 立 交 通 大 學  
工 學 院 永 續 環 境 科 技 學 程  
碩 士 論 文

A Thesis  
Submitted to Degree Program of Environmental Technology for Sustainability

College of Engineering  
National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master of Science  
In

Environmental Technology for Sustainability

May 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年五月

# 綠色能源之風力發電機成本效益評估研究:以春風發電機示範系統為例

學生：戴德炫

指導教授：白曉綾

國立交通大學工學院永續環境科技學程

## 摘 要

「哥本哈根協議」確認了持續「京都議定書」與「聯合國氣候變化綱要公約」的雙軌制，全球對應氣候變化的中期目標，將設定為控制工業化以來，溫度上升的幅度在攝氏 2 度以內。因此，全球實施減排，就必須推廣以再生能源取代現行能源。再生能源包括風力、水力、太陽能及潮汐能，其中，風力發電技術已趨成熟及商業化的應用。近年來，風力發電機的裝置容量快速成長，已能有效扮演分散式、補助性能源的角色，對能源及環保的貢獻相當重要。

本研究主要探討風力發電機的成本效益評估，並以春風發電機示範系統為案例，針對此系統運轉七年的操作紀錄，進行投資成本、溫室氣體減量成果、推廣教育成果、故障原因等分析，並且將風力發電機各項理論值與實際運轉值進行比較。

研究結果顯示，針對春風發電機示範系統的實際案例，如果沒有政府補助投資，依現行台電電價基準，並不符投資效益；如果有補助投資，則具有投資效益。若徵收碳稅以達溫室氣體減量之效果，則依每噸碳稅 600 元之基準，每度電價的成本，經計算可再降 0.382 元。在故障原因的分析部分，主要是電氣類問題所造成，而國內對故障維修與運轉率的能力不足，因此有必要提昇維修與備品研發的技術。根據各項理論值與實際運轉值的分析結果，顯示建置初期各項實際運轉值都符合理論值，但是由各地區域性風速的平均值與風力發電機最大發電量之關係，顯示風力發電機若設置規模不恰當時，將造成其可利用率不高，因此後續評估建置風力發電必須審慎考量，避免投資浪費。

**關鍵字：**風力發電機、再生能源、哥本哈根協議、京都議定書、溫室氣體、溫室效應。

# **Cost-effective Assessment of Green Energy:A Case Study of Andante Wind Power Generator**

Student : Tehsuan Dai

Advisor : Hsunling Bai

Degree program of Environmental Technology for Sustainability

College of Engineering

National Chiao Tung University

## **ABSTRACT**

According to the Copenhagen Accord, as the medium-term objective of global response to climate change is that the increase in global temperature should be below 2 degrees Celsius since the Industrial Revolution began in 1750. Therefore, the global implementation for the mitigation actions shall be to promote renewable energy such as wind power . This rapid growth of installed capacity of wind turbines in recent years has been able to play the role of decentralized and subsidy.

This study focused on cost-benefit assessment of wind turbines. With a case study of Andante Wind Power Generator which has been running for seven years, The results indicated that the investment returns is inconsistent according to the current TPC electricity price if the government subsidy is edforced. By contrast, it had investment return after government provides assistance. In addition, the cost of electricity price could have a reduction of NT\$ 0.382 per unit if government collects carbon taxes on Greenhouse gas emissions of NT\$ 600 per ton. For the study of malfunction causes of wind turbines, the show main causes were due to electric problems. Finally, according to the comparison between theoretical and actual operating values it indicates that the difference can be ignored. However, the maximum power generation of wind turbine depends on the average wind speed. Regional wind speed in Taiwan may indicate the low availability of wind as a power source, therefore, follow-up assessment on wind power energy must be careful to avoid invalid investment.

**Keywords:** Wind Power Generator, Renewable Energy, Copenhagen Accord, Kyoto Protocol , Green house gases (GHG) , Global Warming .



## 謝 誌

本論文研究期間，承蒙指導教授白曠綾博士的指導與勉勵，尤其在研究論文發生瓶頸時，給予關鍵性的指正與建議。此外也要感謝論文口試委員張宗良副教授和林育旨副教授撥冗詳閱本論文，不吝指正與建議，使得論文更加完整。

回顧三年來研究所求學過程中，在正隆公司竹北廠的主管李志宏副總工、李志良廠長、張銀濤經理等主管指導與指正，並充分授權使我能有足夠時間學習。同時，對於三年修業一起打拼的班代儼輝、副班代瑞珠、逸章、宗元、宗憲、宗晃、大為、等因為你們的一起打拼由其班代副班代的帶頭畢業，使得我又有原動力往前，那段攜手扶持共渡難關的日子銘記在心。

此外，對於在元培科技大學環衛系的張宗良、林育旨、陳志郎、王智澤老師們的鼓勵下，讓我有動力的向上求學，並拓展了學生的知識與見聞，感謝各位老師諄諄教誨，因此才能順利的應屆考上交通大學環工所。並感謝在元培科技大學跟我一起打拼考上交通大學研究所的同學，也因為有你們的一起努力，相互陪伴與扶持，才能讓我有今日的成果。

最後，感謝我的家人這段時期的包容，尤其是特別感謝我的母親，她總是扮演著我專屬的避風港，默默的付出與靜靜守護著我，以及其他家人鼓勵與關心。謹將此論文的喜悅與榮耀，獻予生命中不期而遇支持與愛護我的人分享。

# 目 錄

## 第一章 前 言

1.1 研究背景、動機.....	1
1.2 研究目的.....	2

## 第二章 文獻回顧

2.1 全球風力發電機發展概況.....	4
2.2 各洲風力發電發展概況 .....	6
2.3 國內風力發電機發展概況.....	12
2.4 風力發電機重點技術概況.....	15
2.5 再生能源發展與風力發電.....	18
2.6 溫室氣體減量與風力發電.....	19
2.7 風力發電機產生噪音與對鳥類影響.....	20
2.8 投資成本效益評估.....	21

## 第三章 研究方法

3.1 研究架構.....	24
3.2 研究內容.....	26
3.3 研究個案介紹.....	27

## 第四章 結果與討論

4.1 投資成本分析.....	42
4.2 溫室氣體減量成果 .....	72
4.3 推廣教育成果.....	83
4.4 故障原因分析.....	85
4.5 風力發電機各項理論值與實際運轉值比較.....	88
4.6 本研究對於國內風力發電發展之 SWOT 分析.....	94

## 第五章 結論與建議

5.1 結論.....	96
5.2 建議.....	97

第六章 參考文獻 .....	99
----------------	----

## 表 目 錄

	頁次
表 2-1 中國各省建置風力發電總量	10
表 2-2 2008 年中國境內風力發電機廠商	11
表 2-3 2008 年底全台灣風力發電機設置量	15
表 3-1 新竹地區年平均風速與風能密度表	29
表 4-1 政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	44
表 4-2 政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	46
表 4-3 政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	48
表 4-4 政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	50
表 4-5 政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	52
表 4-6 政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	54
表 4-7 政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	56
表 4-8 政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	58
表 4-9 投資效益各情境比較表	59
表 4-10 有投資風力發電機建置意願之最小政府補助款金額 (比例)	61
表 4-11 政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率、 符合最低投資效益之年總發電量	63
表 4-12 政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率、 符合最低投資效益之年總發電量	65
表 4-13 各情境投資基準點效益分析	66

表 4-14 麥寮示範系統投資效益評估、政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率(94 年實際總發電量)	68
表 4-15 春風示範系統投資效益評估、政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率(94 年實際總發電量)	70
表 4-16 麥寮示範系統與春風示範系統比較表	71
表 4-17 風力發電機發電量換算溫室氣體減量效益表	73
表 4-18 加入碳稅後，政府無補助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）	75
表 4-19 加入碳稅後，政府無補助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）	77
表 4-20 政府無補助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅	79
表 4-21 政府無補助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅	81
表 4-22 碳稅與最低收購電價各情境投資效益分析	82
表 4-23 參訪人數統計表	84
表 4-24 1號風力發電機故障統計分析表	86
表 4-25 2 號風力發電機故障統計分析表	86
表 4-26 台電與春風發電機示範系統運轉記錄表	89
表 4-27 南寮地區理論年平均風速最大值與最小值與實際年平均風速最大值與最小值比較表	90
表 4-28 國內風力發電發展之 SWOT 分析	95



# 圖 目 錄

	頁次
圖 2-1 全球風力發電機裝置容量	4
圖 2-2 全球風力發電機設置量前 10 名	5
圖 2-3 全球風力發電機市場成長率	6
圖 2-4 2000-2008 年德國、西班牙、丹麥等國與其他歐洲國家 風力發電機年度新設置總發電量(KW)與比率	7
圖 2-5 加拿大各省風力發電機分佈圖	9
圖 2-6 風力發電系統運轉特性圖	17
圖 3-1 研究架構	25
圖 3-2 台灣地區 50 m 高之平均基本風速(m/s)分佈圖	28
圖 3-3 春風綠色生產鏈	30
圖 3-4 春風示範系統日落運轉圖	31
圖 3-5 風力發電機系統架構圖	32
圖 3-6 風力發電機結構示意圖	34
圖 3-7 春風風力發電機示範系統風速與發電量關係圖	35
圖 3-8 廠內用電系統並聯圖	37
圖 3-9 2 號風力發電機燒損的情況	38
圖 4-1 92-98 年度參訪單位與人數比例分佈圖	84
圖 4-2 92-98 年度人數參訪趨勢圖	84
圖 4-3 92-98 年度 1 號風力發電機故障因素分析柱狀圖	86
圖 4-4 92-98 年度 2 號風力發電機故障因素分析柱狀圖	87
圖 4-5 風力發電機重大故障相片	87
圖 4-6 春風風力發電機示範系統實際與設計風速與發電量關係 比較圖	91
圖 4-7 1 號風力發電機季總發電量與季平均風速關係圖	92
圖 4-8 2 號風力發電機季總發電量與季平均風速關係圖	92
圖 4-9 風力發電機發電量之季變化趨勢	93
圖 4-10 風力發電機相關位置圖	93

# 第一章 前言

## 1.1 研究背景、動機

為抑止全球氣候的繼續惡化與溫室效應氣體的超量排放，「聯合國氣候變化綱要公約」參加國於 1997 年制定「京都議定書」，其目標是控制大氣中溫室氣體含量，以防止劇烈的氣候改變對人類造成傷害。2009 年，聯合國通過了「哥本哈根協議」，確認持續「京都議定書」與「聯合國氣候變化綱要公約」的雙軌制，將全球對抗氣候變化的中期目標，設定為工業化以來的全球平均溫度，其上升幅度控制在攝氏 2 度以內，並且將在 2016 年考慮重新審查是否有必要限縮至攝氏 1.5 度。在資金支持方面，先進國家共同承諾，將在 2010 至 2012 年間，提供發展中國家總計 300 億美元的快速資金，以支持其減緩和適應能力的建設。先進國家承諾到 2050 年至少減排 80% 的中期目標，但是短期減排的承諾則將在以後決定。此外，先進國家的減排行動將在全國進行檢測，並且按照公約締約會議將採取的指導準則，每兩年報告一次執行成果。值得注意的是，哥本哈根會議未能達成任何具有法律約束力的協議，僅在美國、中國、印度、南非等國家間，達成一個未能獲得大會全面通過，而以備忘錄形式簽訂的協議<sup>[1]</sup>。

減排行動須配合以推廣再生能源取代現行能源，其有三個主要優點，包括對環境生態衝擊較小、發電燃料成本幾近於零，以及不虞匱乏且有再生能力。不論從環境、生態或能源耗盡時間等層面來進行考量，再生能源相較於傳統能源，均是一個較佳的選擇，並減緩傳統能源的使用<sup>[2]</sup>。此外，能源缺乏的危機使能源價格日漸上昇，再生能源扮演替代能源的角色。再生能源包括風力、水力、太陽能及潮汐能，其中，風力發電技術已趨成熟且達商業化規模，近年來裝置容量快速成長，能有效地扮演分散式、輔助性能源的角色，對能源及環境的貢獻相當重要。

目前全球有三大危機，分別是金融危機、能源危機及環境危機。就金融危機而言，因風力發電機的技術發展快速，風力發電機的興建可提供許多工作機會，過去三年造就全球 44 萬個工作機會，而大部份都屬於高科技

人材<sup>[3]</sup>；就能源危機而言，風力發電機逐漸取代傳統能源發電，由於傳統能源缺乏而造成能源費用提高，相對減少風力發電機的投資回收年限，於是各國更加速發展風力發電機；就環境危機而言，風力發電機是個零污染排放的能源，因此各國提出執行「京都議定書」的對策，即是逐步建置風力發電機及推動其他綠色能源。總而言之，推廣風力發電機之設置是個可以一次解決三個危機的方法。

風力發電是永續利用、低污染、低碳排放的再生能源，具有能源與環保的雙重貢獻。就能源貢獻而言，風力發電每產生一度電可減少0.25公升燃油或0.37公斤燃煤的使用量；就環保貢獻而言，風力發電每產生一度電約較傳統燃煤發電減少1公斤CO<sub>2</sub>及少量NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等污染物的排放，其環境成本較傳統能源低<sup>[4]</sup>。

風為空氣流動所造成，因為速度而具有動能，此動能可轉變成乾淨電能，方便、不會造成空氣污染，因此稱之為綠色電力。若以全球目前開採能源的速度估算(2008年為基準)，石油尚餘41.6年、天然氣60.3年、煤133年<sup>[5]</sup>。再加上台灣原本缺乏燃料能源，超過96%的能源燃料（其中，燃油20.6%、燃煤39.6%、燃氣4.9%及核能30.9%）必須仰賴進口，水力發電僅佔約4%<sup>[6]</sup>。因此，綠色能源的開發與利用，更顯其重要性。

台灣為季風型海島氣候，每年的10月至隔年2月間，擁有豐沛的東北季風，許多地區的年平均風速都超過每秒5公尺以上，其中，風速較大的地區有澎湖、蘭嶼等離島、桃竹苗沿海、中部及嘉南沿海、恆春半島及東北角，這些區域極具設置風力發電的潛力<sup>[7]</sup>。依據經濟部能源局資料，至2007年8月底，台澎地區已裝設127座風力發電機，總容量為217.2MW，可供應14.6萬戶家庭一年的使用量<sup>[8]</sup>。

## 1.2 研究目的

台灣地區近年來因推廣再生能源，西部海岸地區陸續建置許多風力發電機，因此，風力發電機建置對生態、二氧化碳減量、噪音的影響，以及風力發電機設備的改良等，已有許多研究與成果。然而，針對風力發電機實際運轉的情況(例如發電量、故障率、運轉率、投資效益)，建置時該區域



的風速可利用率評估是否合宜，以及政府推動風力發電機的教育推廣成效等，較少有相關的研究。

春風風力發電示範系統位於新竹縣沿海地區，投資與營運此系統的正隆公司，為配合政府推動再生能源政策，與該公司「全員參與，珍惜資源，保護環境」的環境政策，並且實踐綠色生產鏈的理念、建立良好的企業形象，乃依據經濟部能源局發佈之「風力發電示範系統設置辦法」，設置 2 座發電量均為 1,750 KW 的風力發電機，於民國 91 年 10 月建廠完成並商轉迄今，為台灣地區第一個大型風力發電機。因此，針對春風風力發電機之興建投資效益、運轉率，根據其實際運轉成效進行研究分析，結果可供後續風力發電機建置之參考。本研究之目的如下：

- (一)、分析目前電價是否合宜，以及徵收碳稅是否增加風力發電機之投資效益，以供政府輔導企業推動再生能源興建風力發電機之參考。
- (二)、提供產業界評估興建風力發電機之投資效益，進而推動溫室氣體減量對策之可行性。
- (三)、分析台灣地區相同類型的風力發電機，經常故障的原因、實際運轉率及維修困難點等，供各界興建之參考。



## 第二章 文獻回顧

### 2.1 全球風力發電機發展概況

隨著世界潮流與趨勢，及對綠色能源的日漸重視，現今風力發電機開發迅速的國家在歐洲包括有德國、西班牙、丹麥等國；在北美洲則有美國；而亞洲也有印度、日本、中國大陸。2008年底全世界風力發電機裝置總容量達121,188 MW，其中有27,261 MW為2008年所新裝設容量。2008年較2007年總設置容量增加29%，超過全球總耗電量1.5%以上，截至2008年底美國第一次以總發電量設置量超過德國而居世界第一位，而中國大陸總裝機容量也已超過12,000 MW<sup>[9]</sup>，總發電量設置量超過印度，而在亞洲地區趨於領先地位。由此可知近幾年來因溫室效應問題以及傳統能源缺乏，風力發電機快速成長。

圖2-1 為全球風力發電機裝置總容量，由圖可知2008年底裝置總容量已比2005年成長一倍。全球風力發電總設置量於2005年規模59,024 MW，2006年規模74,151 MW，2007年規模93,927 MW，2008年規模121,188 MW。相較於十年前裝置容量為9,667 MW，不及2008年的十分之一，而2006年歐洲風力發電機總設置量占全球總設置量比率65.5%至2008年更是下降至54.6%<sup>[10]</sup>。

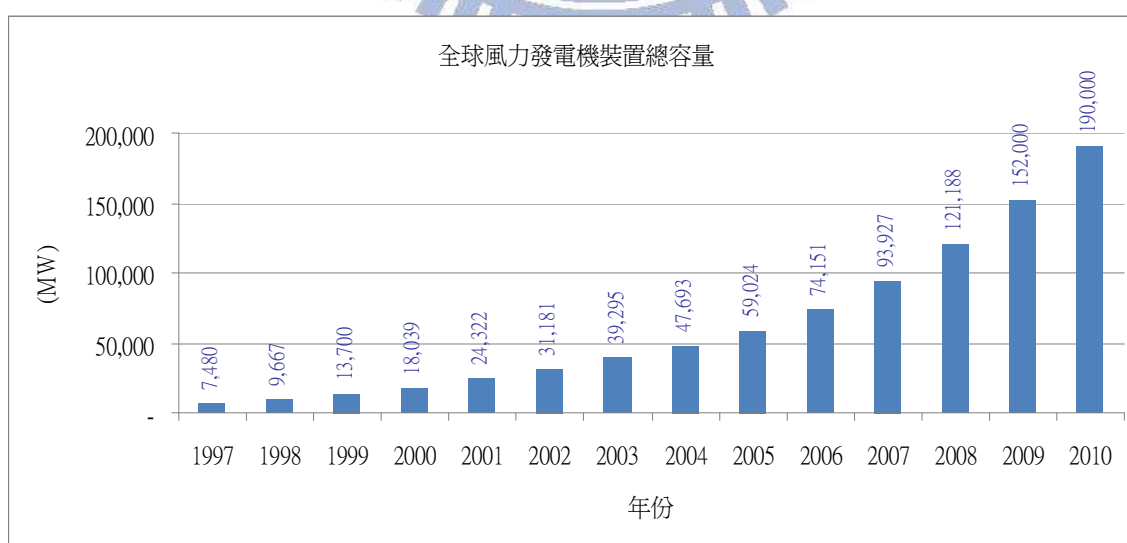


圖2-1. 全球風力發電機裝置總容量<sup>[10]</sup>

在2004年之前，歐洲還主宰世界風力發電機市場，而2008年時歐洲已失去主宰市場，其占全球風力發電機新設置總量32.8%，北美洲為32.6%，亞洲為31.5%，可知2008年新設置風力發電機，歐洲、北美洲與亞洲是並駕齊驅。拉丁美洲和非洲在全球總設置容量占了0.6%和0.5%，2008年新設置總量占全球新設置總量0.4%和0.3%。圖2-2 為2007年與2008年全球風力發電機設置總量前10名，由圖可知2008全球前五名分別為美國(25,170 MW)、德國(23,903 MW)、西班牙(16,740 MW)、中國(12,210 MW)及印度(9,587 MW)，另外風力發電機發源國丹麥則位居於第九，進入前十名的亞洲國家則有兩個<sup>[9]</sup>。

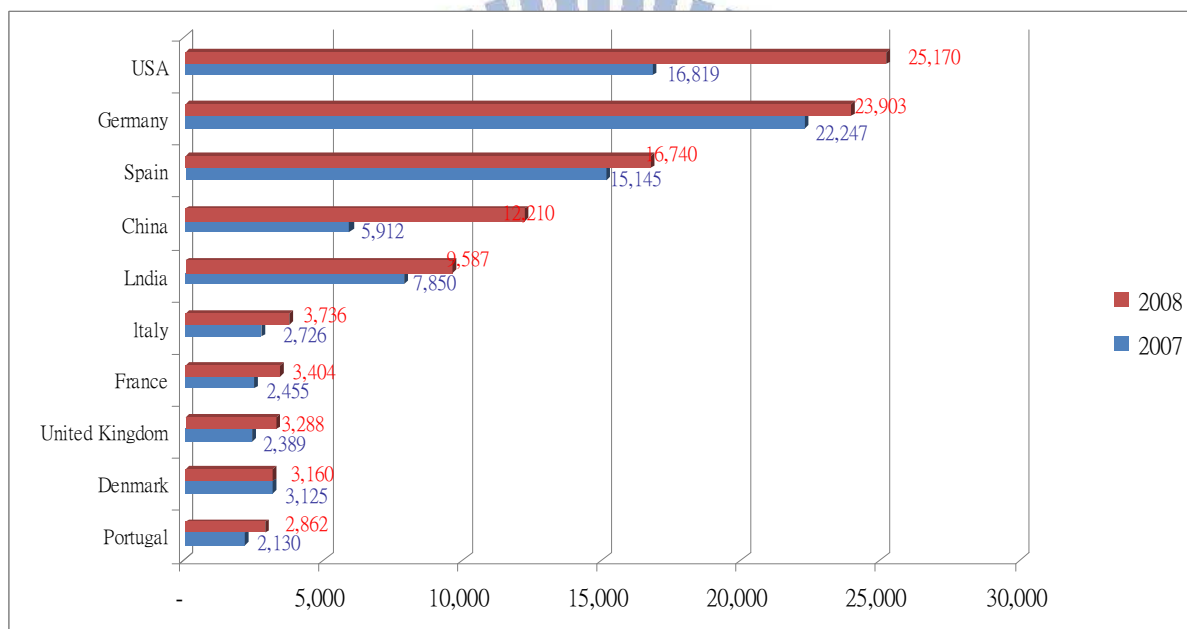


圖2-2. 全球風力發電機設置量前10名<sup>[9]</sup>

2004年全球有24個國家裝置容量超過100 MW，2007年全球有13個國家裝置容量超過1,000 MW，32個國家裝置容量超過100 MW，2008年全球有16個國家裝置容量超過1,000 MW，各國風力發電機設置逐年增加。圖2-3 為全球風力發電機市場成長率，由圖可得知風力發電機成長率以2004年裝置總量為指標逐年成長，由2005年成長23.8%至2008年成長率達29%，主要原因為美國與中國兩國於2008年裝置總量成長率分別為50%和107%，其中保加利亞更是成長177%，其它如澳大利亞、波蘭、土耳其和愛爾蘭等都是迅速發展國家。<sup>[9]</sup>

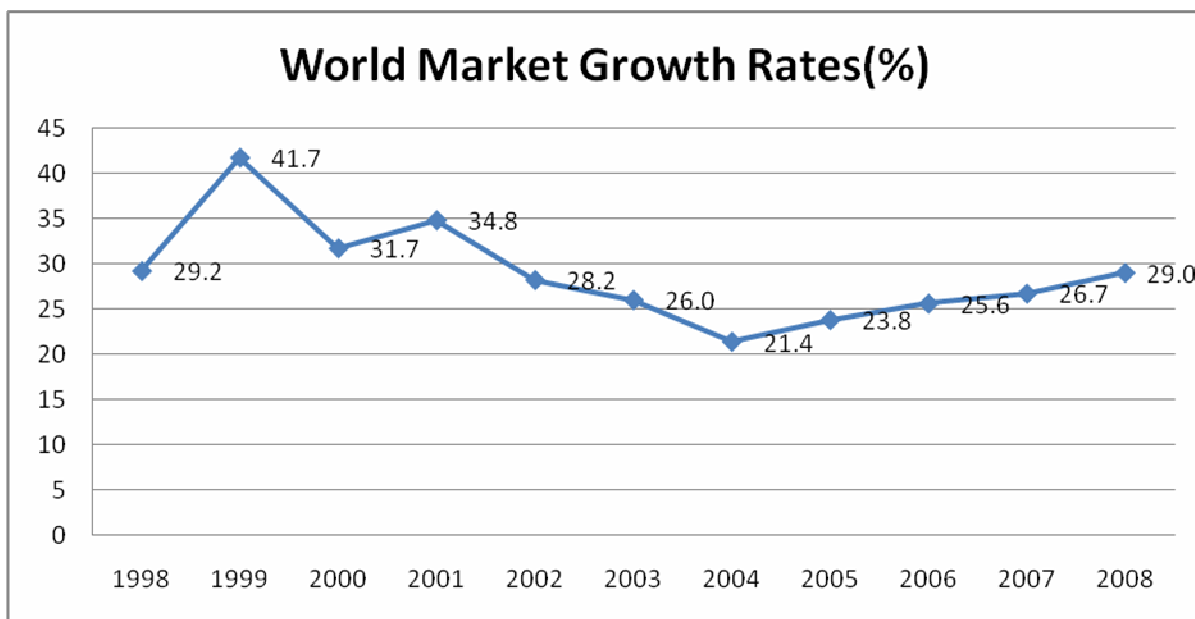


圖2-3. 全球風力發電機市場成長率<sup>[9]</sup>

另外丹麥為歐洲開發風力發電機的先驅，由於政府的重視及鼓勵，二十多年來持續研發，造就了成功的國際化風力發電產業。德國在90年代初僅有少許的風力發電機應用，但在其優異的工業基礎與政策鼓勵下，十多年來其風力發電機裝置容量呈驚人的指數成長，遠高於其他國家，2007年設置總量還位居世界第一。西班牙則為近年的後起之秀，也是由於政策的獎勵，裝置容量亦極為快速成長，2000年超越丹麥成為歐洲第二，2004年更首度超越美國名列全球第二。就風力發電機廠商而言，目前丹麥的廠商所生產之風力發電機約占全球市場的40%，德國次之，另外印度廠商（Suzlon）所生產風力發電機之銷售量，於2003年首度擠進全球前10大廠牌排名<sup>[9]</sup>。

就目前全球風力發電機發展，原本發源地及重心都在歐洲，但近來重心也逐漸轉移到北美洲及亞洲。美國與中國在2008年總設置量也占全球50.8%。風力發電機先驅丹麥，近年來發展較緩慢，再加上可設置地區也已漸漸飽和，因此在裝置總容量上居世界第九位，2004年時丹麥裝置總量為全球第四，不過目前風力發電量仍占全國用電量比率20%，依然是風力發電機發利用展領先國家<sup>[9]</sup>。

## 2.2 各洲風力發電發展概況

### 2.2.1 歐洲地區

歐洲雖失去年度新設置總量第一的位置，但仍保持總發電量世界第一，圖2-4 為2000-2008年德國、西班牙、丹麥等國與其他歐洲國家風力發電機年度新設置總發電量(KW)與比率，由圖可得知歐洲風力發電機年度新設置總量最多的主要三個國家分別為德國、西班牙與丹麥，目前風力發電機年度新設置總發電量仍穩定成長中<sup>[11]</sup>。

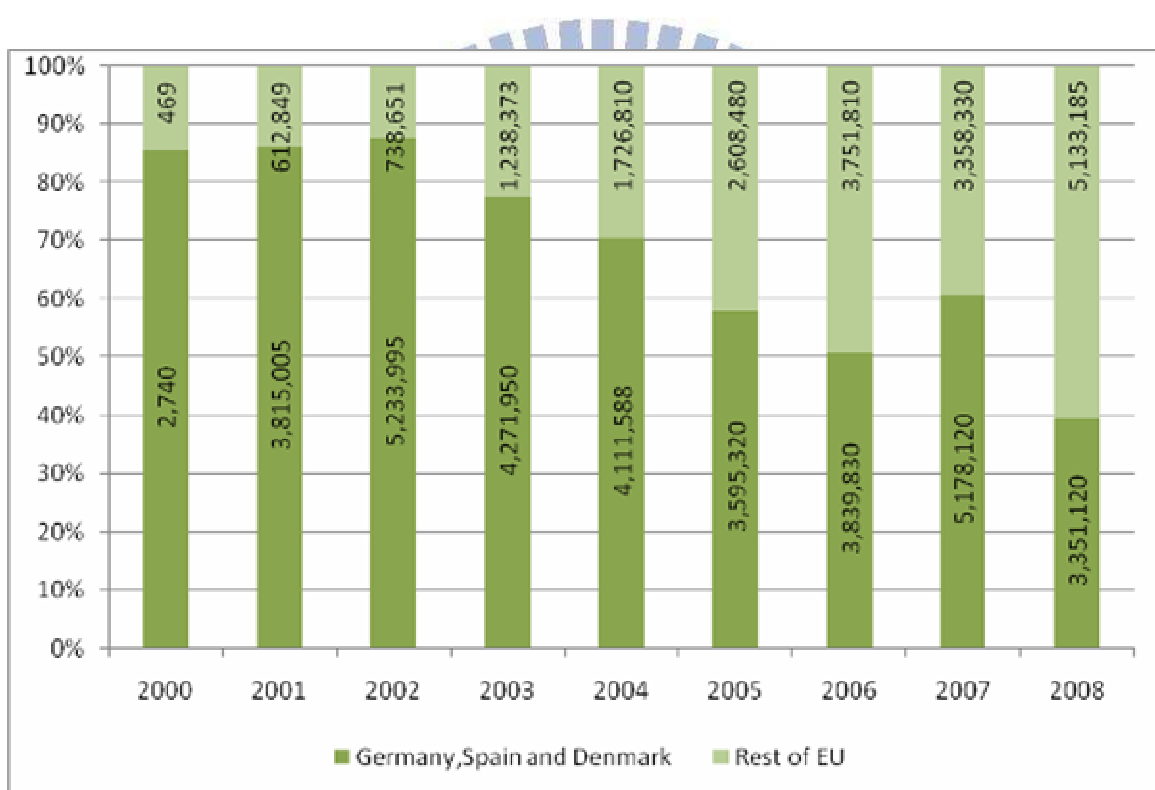


圖2-4. 2000-2008年德國、西班牙、丹麥等國與其他歐洲國家風力發電機年度新設置總發電量(KW)與比率<sup>[11]</sup>

歐洲至2008年底風力發電機總設置量為64,935 MW，其中2008年新設置總發電量為8,484 MW。新裝置容量與成長率最高的國家為愛爾蘭，新建置容量為440 MW，成長率55%；波蘭新建置容量為196 MW，成長率71%。其中波蘭為東歐國家第一個使用風力發電機國家，總體而言歐洲風力發電機發展目前為停滯狀態。預期德國將成為世界最大風力發電機供應商，尤其



再生能源法通過後，將會在2009年擁有更大市場佔有率。另外一方面英國政府宣佈可以依再生能源法做為社會引入電價補償機制，此外歐盟成員國如果不再採取其他額外獎勵措施，改變相關補助措施，歐盟很難達成在2020年之再生能源目標<sup>【9】</sup>。

## 2.2.2 北美洲地區

2008年北美洲風力發電機設置成長突飛猛進，裝機容量為2006年的一倍，達到27,539 MW。2008年美國更是突破兩項記錄，分別為新設置風力發電機總量及全球設置風力發電機總量第一。目前美國各州境內，越來越多州立法通過設置風力發電機優惠辦法，因此也吸引相當多的國外投資廠商紛紛到美國境內設置，目前共有30個州利用風力發電。風力發電機主要分佈德州、愛德華州及加州，其中加州風力發電機大部分為80年代初期所設置，而德州則為近年發展最快速的地區<sup>【12】</sup>。

同時也期待目前歐巴馬政府會對國內風力發電機投資政策做一改善，尤其對投資廠商在實質上有所抵免，但目前因金融風暴對信貸緊縮可能會造成較小投資公司無法新建風力發電機，因此美國風力發電機發展將會受到延遲。

加拿大政府目前在魁北克與安大略省都表示要增設風力發電機，安大略省政府更承諾會加快通過再生能源法相關綠色能源草案，包括再生能源風力電價補償機制。圖 2-5 為加拿大各省風力發電分佈圖，由圖可得知目前設置量最多為魁北省，而魁北省也簽署建置總發電容量 2,000 MW 的目標，並於 2010 年開始實施。目前加拿大風力發電機建置容量為 3,150 MW，足以提供 10 萬戶家庭使用，占全國用電量比率 1.1%。<sup>【13】</sup>

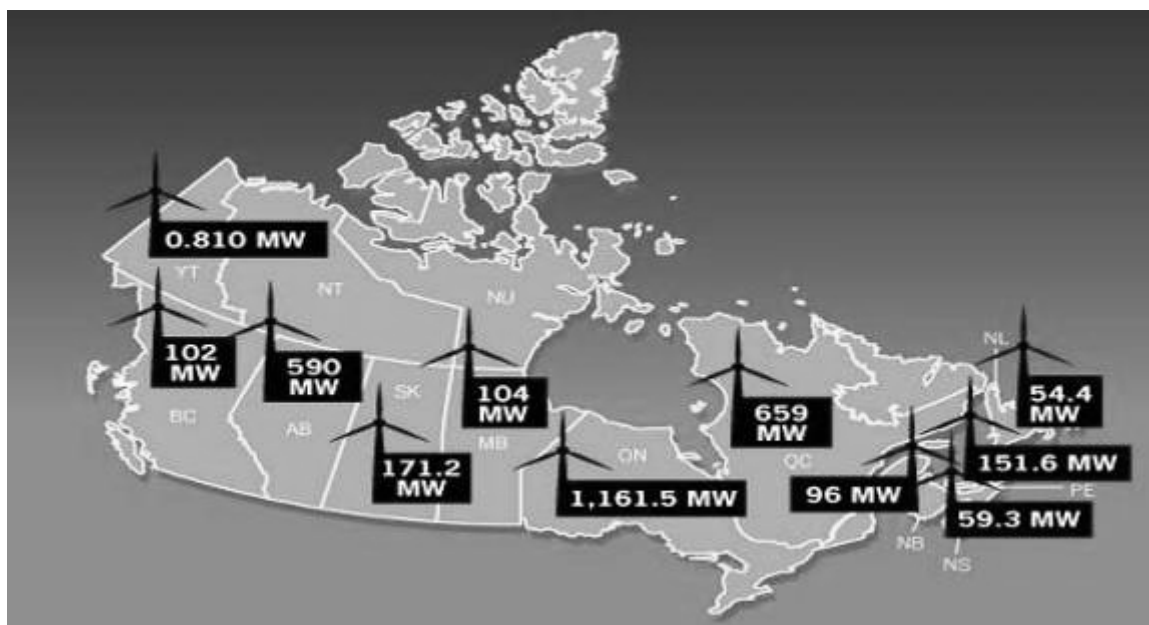


圖2-5. 加拿大各省風力發電分佈圖<sup>[13]</sup>

### 2.2.3 澳大利亞與太平洋地區

截至2008年底，該區風力發電機發展出現曙光，其風力發電機設置量達1,819 MW，主要原因為澳大利亞政府承諾為減緩氣候變遷和擴大再生能源利用方面做很多的努力，然而新政府的上任，可期待推動再生能源的利用，使得澳大利亞的風力發電機的建置，能有更明顯成長趨勢<sup>[9]</sup>。

### 2.2.4 亞洲地區

中國與印度在亞洲屬於領先風力發電機大國，兩國截至2008年底總設置量為24,439 MW，成為風力發電機未來主要發展區域<sup>[14]</sup>。中國2008年風力發電機建置總量比2007年成長一倍，2007年總建置量為590.6萬KW，2008年總建置量為1215.3萬KW，並且已有在地廠商進行自己研發之風力發電機<sup>[15]</sup>。表2-1 為中國各省建置風力發電總量，由表可得知中國境內各省目前風力發電總量最多為內蒙古<sup>[15]</sup>。

表2-1. 中國各省建置風力發電總量<sup>[15]</sup>

序號	省 (市自治區等)	2007 累計(KW)	2008 新增(KW)	2008 累計(KW)
1	內蒙古	1,563,190	2,172,250	3,735,440
2	遼寧	515,310	734,450	1,249,760
3	河北	491,450	619,250	1,110,700
4	吉林	612,260	457,200	1,069,460
5	黑龍江	408,250	428,050	836,300
6	江蘇	293,750	354,500	648,250
7	甘肅	338,300	298,650	636,950
8	新疆	299,310	277,500	576,810
9	山東	350,200	222,100	572,300
10	寧夏	355,200	38,000	393,200
11	廣東	287,390	79,500	366,890
12	福建	237,750	46,000	283,750
13	浙江	47,350	147,280	194,630
14	山西	5,000	122,500	127,500
15	雲南	0	78,750	78,750
16	北京	49,500	15,000	64,500
17	海南	8,700	49,500	58,200
18	河南	3,000	47,250	50,250
19	江西	0	42,000	42,000
20	上海	24,400	15,000	39,400
21	湖北	13,600	0	13,600
22	重慶	0	1,700	1,700
23	湖南	1,650	0	1,650
24	香港	800	0	800
	全中國	5,906,360	6,246,430	12,152,790

表2-2 為2008年中國境內風力發電機廠商，由表可得知目前中國境內風力發電機廠商設置容量前三名為華說、金風與東汽等三大廠商<sup>[15]</sup>。可預期未來將有中國、印度等國風力發電機廠商所製造風力發電機建置於其他國家。2008年印度也呈現急速發展狀態，其風力發電機產業市場在世界上將扮演重要角色。韓國在2008年風力發電機建置容量成長45%，目前也開始投資大型風力發電機，在市場發展時，韓國境內湧出許多風力發電機建置廠商。第七屆世界風能大會還在韓國濟洲島召開，希望會因此加速韓國風力發電機推動發展。巴基斯坦於2008年也出現第一台風力發電機，巴基斯坦



的目標希望將來能建置更多大型風力發電<sup>【14】</sup>。

表 2-2. 2008 年中國境內風力發電機廠商<sup>【15】</sup>

品牌 (製造商)	容量 (KW)	佔當年內資與合資 製造商比例	佔當年新增 總裝機比例
華說	1,402,500	29.71%	22.45%
金風	1,131,750	23.98%	18.12%
東汽	1,053,000	22.31%	16.88%
運達	233,250	4.94%	3.73%
上海電氣	178,750	3.79%	2.88%
明陽	174,000	3.69%	2.79%
航太-安迅能	150,000	3.18%	2.40%
湘電	120,000	2.54%	1.92%
新譽	73,500	1.56%	1.18%
北重	60,000	1.27%	0.96%
其他	143,880	3.04%	2.30%
合計	4,720,430	100.00%	75.57%

### 2.2.5 非洲地區

整個非洲有著巨大發展風力發電機市場之潛能，尤其是非洲南部與北部有豐沛風場，2008年風力發電機在非洲只有少部份裝置容量，其裝置容量只有563 MW。在非洲北部主要分佈國家有摩洛哥、埃及和突尼斯。這一些已經處於發展階段項目來看，2009年與2010年非洲國家將會有大量發展風力發電機市場之可能<sup>【16】</sup>。然而目前非洲風能利用是處於早期開發階段，因此國際間捐贈組織將把集中力放置於風力發電機市場培育，只有風力發電機市場發展，才能有風力發電機產業發展。

在南非是第一個由獨立公司自行運轉風力發電機，意謂著非洲風力發電機出現商機。南非國家電力公司計劃在2009年底建50台風力發電機<sup>【16】</sup>，南非政府也引入風電電價補償機制，促使獨立營運風力發電廠商有投



資意願，而目前非洲風力發電機最能推動原因還是在於資金來源。

### 2.2.6 拉丁美洲地區

拉丁美洲許多國家風力發電機市場處於不景氣狀態下，2008年總發電量為667 MW，占全球0.6%。在2008年只有巴西與烏拉圭有建置風力發電機，這種緩慢經濟發展對風力發電機建置發展是不利，當地居民目前正遭受到缺乏電力以及無法享受風力發電帶來便利<sup>[14]</sup>。然而目前墨西哥、哥斯大黎加、智利與巴西等國，有許多風力發電機項目正在建置，預計2009年此區風力發電機發展會有進展。

### 2.3 國內風力發電機發展概況

國內在二次能源危機後，經濟部能源委員會資助工研院能環所於民國70-79年間進行系統性的風能應用研究。一方面逐步完成台灣地區風能潛力評估；另一方面建立風力發電機研製技術能力。階段性任務完成後，因油電價格低廉且風力發電建置成本仍高，暫時缺乏用電市場競爭而中止研發，因此國內風能應用技術未有明顯進展<sup>[17]</sup>。

有鑑於國外風力發電應用迅速發展，國內為因應「氣候變化綱要公約締約國大會」所通過「京都議定書」對溫室氣體減量的決議，我國政府於民國87年召開「全國能源會議」，會議結論設立再生能源發展目標，為至2020年佔總能源供應比重1%~3%、占電力總裝置容量1%~3%，以「全國能源會議」時預估2020年全國電力總裝置容量7,120 MW計算，相當於風力發電機設置總量須達71 MW至214 MW<sup>[18]</sup>。

在風場評估、選址技術領域以及離岸式風力發電系統技術方面，國際皆有領先技術，國內應透過研發、國際合作，強化整合與市場分析，建構國內整體風力發電系統與應用能力，也提昇國內風力發電相關技術。希望藉由技術之開發，以期能與世界風力發電相關技術接軌<sup>[19]</sup>。

在推動措施方面，經濟部能源會自89年度開始編列預算，補助民間企業建置風力發電機示範系統，以推廣國內風能的利用，於89年3月22日頒佈「風力發電示範系統設置補助辦法」，對審核通過示範系統給予設置成本

50%以內、最高每瓦新台幣16,000元之設備補助，為期五年。春風風力發電機示範系統也是於當時審查通過示範系統，因此當時經濟部也給予設置成本49%設備補助，為期五年都必須配合政府，推廣風力發電機利用教育宣導。

工研院能環所配合政府於89年度起，推動風能利用政策研擬執行「風力示範推廣計畫」，預計於民國94年底，技術輔導民間設置至少18 MW以上風力發電機示範系統，以建立國內風力發電機運轉技術經驗，促進民眾對潔淨風力能源瞭解，營造推廣應用環境，完成台灣地區風力潛能分佈圖，並進行陸上及海域可用風力發電場址評選規劃【20】。

現今在市場上銷售的商業化風力發電機容量介於600~2,500 KW，但基於陸上風況佳之場址有限之考量，朝大型機組研發及設置離岸式風力電場已是歐洲風電產業發展的新趨勢。風力發電機除了朝離岸式發展外，朝大型風力發電機研發也是另一個商業主流。

台灣四面環海，除旺盛的海風外，還有強大的東北季風。澎湖、蘭嶼等離島也都有豐沛風力。台灣第一座風力發電機在2000年設置後，包括政府及民間，都積極地推廣風力發電機。但是台灣風力發電機的發展規模，卻受到地形局限。台灣由於平地幅員狹小、山地交通不便，實際能安置風力發電機的土地並不多。據台電表示，台灣目前所有可建置風力發電機的土地，幾乎都滿了。

建置離岸式風力發電機組，為目前風力發電機的新潮流。。歐洲國家如丹麥、德國、英國或瑞典等國家，因陸域式風場已不易再尋覓優良風場，而逐漸將重心放在離岸式風力發電機等的建置。由於海岸風力資源相當豐富，離岸式風場具有較高風能和穩定風速的雙重優點，同時也能夠避免陸域式風場建置所產生的衝突，並避免大量土地利用及開發限制的優點。但是其缺點為成本較高，所以擴大其風場規模，為降低發電機成本的方式之一。海面上施工的技術開發、海底電纜的鋪設及運輸裝置等問題，也提高了該項工程的困難度。

離岸式有較高且較穩定的風，且因海上蘊藏有巨大的風力資源，亂流較小，可使風力發電機有較穩定的電力產能輸出，可減輕陸上開發壓力，減除噪音、景觀等影響顧慮，而有較高的發電效益。理論上，每增加10%

的風速，會增加 30% 電力產出，因此離岸風場大都採用高發電容量及較高風速發電能力之風力發電機。然而直到目前，離岸風力發電經驗仍然十分有限，主要原因是離岸風力發電設備所需之安裝及支撐結構費用，比陸上風力發電設備來的困難且昂貴，因此如何降低成本及風險，成為離岸風場建置的重要考量。<sup>【21】</sup>

近來風力發電廠址選擇不再侷限在陸地上，風力潛能優勢之近海地區也成為風力發電廠址評估時之選擇。相較於陸上之風力發電廠，離岸式風力發電廠（offshore wind farm）具有較高且較穩定、易預測之風速優勢；此外，陸地風力發電廠容易被電廠附近居民抗議之問題如景觀影響及運作時會發生之噪音問題也都可迎刃而解，並因不需考慮此兩項環境影響問題而可將風力發電機單機尺寸及容量擴大<sup>【21】</sup>。

自89年度風力發電機示範系統設置補助頒佈實施後，在能環所配合辦理推廣及協助輔導下，目前已完成了雲林麥寮(2.64 MW)、澎湖中屯(2.4 MW)及竹北春風(3.5 MW)三座風力發電機示範系統<sup>【19】</sup>。全台灣陸續建置多台風力發電機，表2-3 為2008年底全台灣風力發電機設置量，由表可得知至2008年底，全台風力發電機設置總量已達281.6 MW<sup>【22】</sup>



表2-3. 2008年底全台灣風力發電機設置量<sup>[22]</sup>

地區	台數	每小時單機 最大發電量 (KWH)	每小時設置最 大總發電量 (KWH)	備註
台北縣石門鄉石門	6	660	3,960	
桃園縣大潭村大潭電廠	3	1,500	4,500	
桃園縣大園與觀音鄉	20	1,500	30,000	
新竹市香山	6	2,000	12,000	
新竹縣竹北(春風)	2	1,750	3,500	示範系統
苗栗縣大鵬	21	2,000	42,000	
苗栗縣竹南鎮竹南	3 1	2,000 1,800	7,800	
台中縣台中電廠	4	2,000	8,000	
台中縣台中港	18	2,000	36,000	
彰化縣線西鄉線西與崙尾	23	2,000	46,000	
彰化縣彰濱鹿港	33		75,900	
雲林縣(麥寮)	4	660	2,640	示範系統
屏東縣恆春	3	1,500	4,500	
澎湖縣(中屯)	8	600	4,800	示範系統
合計	155		281,600	

國內風力發電機推廣障礙根本解決之道須從法規制度及改善環境條件面著手，因此推動「再生能源發展條例」，將風力等再生能源現階段推廣所面臨之土地，併聯及優惠購電等問題納入規範之「再生能源發展條例」儘速立法。以排除設置風力發電機所遭遇土地取用問題，並明定併聯及優惠售電，提供更大的經濟誘因，方可突破投資的障礙，營造出有利的推廣應用環境。

## 2.4 風力發電機重點技術概況

現今商業化主流風力發電機採水平軸、上風式、三葉式翼型設計，主要由葉片轉子(rotor blade，俗稱葉輪)、傳動鏈(增速齒輪箱及發電機)、控制系統及塔架等單元所構成。在輸出性能方面，葉輪氣動性能的好壞對風力機輸出效率具有決定性的影響，由於導入許多航太技術應用於葉片的設計，已大幅提高風力機之輸出效率，其中葉片為主要關鍵技術之一，約佔風力發電機成本 21%。然風力發電機因葉片與旋轉軸相接方法不同，大致上分為兩種不同型式。一為垂直軸式風力發電機，主要葉片是圍繞一個垂



直軸旋轉而且風向與轉軸成垂直。其主要優點是不會因為風向改變，而葉片須要向風，缺點為無法抽取大量風能並且須要較多葉片材料。另一種為水平軸式風力發電機，主要葉片是徑向安裝並且風向是與轉軸成水平，其優點有較高風能系數與扭力，缺點起動風速較高。隨著風力發電機朝百萬瓦級發展後，葉片的製程以及測試驗證更顯重要，現以玻璃纖維強化塑膠材質為主，具有質輕、耐腐蝕等功能，未來發展趨勢將以碳纖 (carbon fiber) 或碳纖 / 玻纖混成 (carbon/glass hybrid ) 取代玻纖，以朝大型化風力機發展<sup>[5]</sup>。

現代式風力發電機皆使用微電腦監控，可隨風速、風向的變化而自動啟動、關機及迎風轉向。此外運轉監控系統可監測過熱、過載、過轉向及超轉速等，當異常狀況發生時可自動警報及停機，並具有遠距監控的功能。在安全保護方面，市場上風力機多數皆已採用兩套獨立的安全制動系統(氣動煞車及機械煞車)，且為失效保護(fail-safe)設計，當異狀發生時即可自動啟動，將葉輪轉速降至可接受的範圍或停止狀態。目前風機技術有逐漸朝下列特色方向發展之趨勢<sup>[5]</sup>：

#### 1.輸出控制方式朝向可變旋翼(旋角節制)

由於風力不穩使得風力發電機輸出亦變得不穩定，通常風力發電機均有額定輸出，超過額定太多易造成齒輪箱及發電機的損壞，為維持穩定輸出及避免超額運轉，風力發電機有必要做輸出控制。市場上中大型風力發電機主要有二種控制輸出的方式：一種為失速控制(stall regulation)，即利用固定旋翼藉由翼型在較高風速時受空氣動力之分流或失速現象(stalling)來降低輸出；另一種為旋角控制(pitch regulation)，即利用可變旋翼構造於高風速時調整葉片的角度，以減低風的推力。圖 2-6 為風力發電機系統運轉特性圖，由圖可得知不同控制方式之系統運轉特性圖，失速節制為較早期之設計，將葉片根部直接固鎖於輪轂上，具有簡單可靠、免維護及造價低之優點，但僅能得到折衷之輸出曲線。而旋角節制為一較先進的設計，可配合風速變化自動調整葉片節距角(pitch angle)以獲得較佳的輸出曲線，並可降低啟動風速及避免過高的輸出；但機構較複雜造價較高，且機組維護保養亦較費事，然大型風力機尤其是百萬瓦級以上採旋角節制者已有漸居

上風之趨勢。

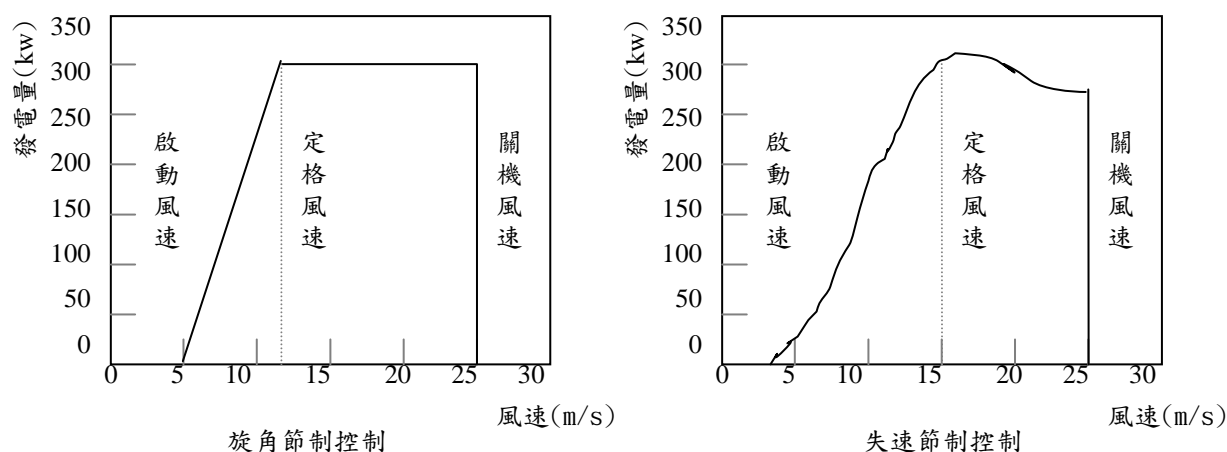


圖 2-6. 風力發電系統運轉特性圖<sup>[5]</sup>

## 2. 傳動系統朝向變轉速及無齒輪箱式

傳統之傳動設計主要使用增速齒輪箱(gearbox)，將葉輪每分鐘數十轉之低轉速提升至發電機所需之高轉速，將機械能轉換為電能。目前使用齒輪箱之風力機仍占市場多數，且技術已極為成熟，配合可變轉速(variable speed)之設計可得到相當穩定良好的電力輸出品質。然而透過增速齒輪箱傳輸扭力，不免傳動損失影響發電效率，故有無齒輪箱式(gearless)風力機設計概念之產生。無齒輪箱式風力機由葉輪直接驅動發電機(direct drive)，配合風速變化可持續改變葉輪轉速，以達最佳輸出效率。此先進之變轉速風力機，其關鍵技術在於結合高科技電力電子變頻技術，讓葉輪轉速隨風速變化時亦能輸出穩定的交流電力。

風力發電機齒輪箱結構可區分為有齒輪箱與無齒輪箱二種，有齒輪箱式風力機成本較低，且技術成熟發電容量提升較易，預期在近期內仍為主流。而無齒輪箱式風力發電機輸出電力更穩定、效率更高，且啟動風速需求較低，所需運轉維修亦較少；但龐大的永久磁鐵發電機造價偏高，重量亦較重，更大型化及能否耐離岸式環境仍有待技術發展，目前已逐漸在市場上佔有不少比重，未來若能突破相關技術瓶頸並降低成本，預期長程時應可成為主流。

## 3. 發電機朝向可變轉速之發電機

發電機若採非同步(感應式)者，已可藉由光訊號傳輸增加阻抗，將原來為定轉速發電機改變為具寬廣轉差甚至於可變轉速之發電機，大幅減少發電機系統變動負荷及提昇電力品質；而同步式發電機亦拜先進電子技術之賜，甚至可省卻風力發電機之齒輪箱、直接由葉輪傳動發電，可有效降低噪音及提供良好電力品質。

目前先進的變速型風力發電機 (variable-speed wind turbine) 已可持續改變葉輪轉速，以配合風速變化使翼端速比值 ( tip speed ratio ) 維持固定以達最佳輸出效率。此種變速須配合 AC-DC-AC 變頻器使用，其關鍵在於結合風力發電機與電子變頻技術，讓葉輪轉速隨風速變化時亦能輸出穩定的交流電力。變速型風力發電機不需要齒輪箱，而採用一個直接耦合大輪圈式發電機，這種發電機所需維護較少，效率較高，且可達較低起動風速，深具市場潛力<sup>[5]</sup>

## 2.5 再生能源發展與風力發電

若從經濟層面考量，再生能源採用之最佳選擇順序依次會是地熱發電、風力、太陽能、波浪發電以及海洋溫差發電；但是若從環境層面、以二氧化碳排放量最小為目標來選擇再生能源替代傳統能源方案，地熱發電會因其在開採過程中逸散之氣體有百分之九十八以上是二氧化碳，而被排除在考量之外<sup>[2]</sup>。

鑑於再生能源發電成本高於傳統發電成本，在傳統發電方式對於社會環境之外部成本尚未納入其成本預算時，再生能源在開放市場之競爭力仍有限。為長遠發展再生能源的利用，除以計劃方式提供再生能源輔助或獎勵外，部份先進國家以推動制定推廣「再生能源利用之專法」，或相關法律中納入再生能源利用之相關推廣規定，以降低行政規章可隨時變動之不確定因素，增加政策穩定度，提昇民間業者投資意願，歸納各國現行再生能源推動制度<sup>[23]</sup>，主要分為：

1. 固定電價系統:由政府制定再生能源電優惠收購電價，而由市場決定使用數量。
2. 固定電量系統:又稱再生能源配比系統，由政府規定再生能源發電量，



而由市場決定價格。

再生能源的發展可以說是各國為因應全球暖化最具體的措施之一。國際上先進國家推動再生能源發展之具體措施與行動策略規劃方向包括<sup>[24]</sup>：

- 1.技術創新機制的建立:利用租稅或投資抵減的方式，鼓勵再生能源技術的研發；移除過當的再生能源投資障礙，擴大公共或私人部門的融資機制，鼓勵再生能源技術研發與創新，以提高再生能源的使用。
- 2.再生能源市場發展:再生能源價格與設備補貼或對化石燃料課徵環境稅或碳稅，提高再生能源市場競爭力。
- 3.再生能源管理制度:採行再生能源配比義務制度，創造再生能源市場需求；此外，並提供消費者購電資訊，促進再生能源發展。
- 4.再生能源權證交易制度:建立綠色權證交易制度，創造再生能源發電成本有效性及市場效益，降低再生能源生產的不確定性，提高再生能源生產與投資意願。

## 2.6 溫室氣體減量與風力發電

隨著國際能源情勢急遽轉變，溫室氣體排放與能源供應安全成為能源最嚴厲的挑戰，兼顧經濟、能源、環境政策不但是國際上潮流，也是我國重要政策。能源局依據「政府政策環境影響評估作業辦法」及「政府政策評估說明書作業規範」，擬定「台灣地區能源發展綱領政策環評程序及方法」，作為後續進行能源發展綱領政策環評之依據<sup>[25]</sup>。溫室氣體減量涉及國家能源結構、產業競爭，衝擊國家整體經濟發展。

我國也依氣候變化綱要公約精神，以成本有效及最低成本防制氣候變遷，並追求永續發展。為因應我國溫室氣體減量工作需求，並協助企業循序漸進面對溫室氣體減量挑戰，在我國尚未通過溫室氣體減量法草案前，現階段以自行減量與盤查登錄為主，建構減量能力做為爾後國際談判籌碼，在配合與國際接軌之總量管制與交易制度達成減量目標。經濟部能源局CO<sub>2</sub>排放減量主要分為五大部份，其中擴大天然氣使用占40.8%，加強推動再生能源佔24.1%為第二高，其中風力發電機96年建置37.66 MW，97年增加9.5 MW，CO<sub>2</sub>減量效益有54萬公噸<sup>[25]</sup>。



依各溫室氣體「全球溫室效應潛勢」(GWP; Global Warming Potential)，將所有溫室氣體排放量轉換成「總二氧化碳相當排放量」。議定書中明文規定各國在 2008~2010 年間，「總二氧化碳相當排放量」需小於議定書中所規定之排放量，大致為相對於 1990 年之排放量，歐盟、美國與日本分別為減少 8%、7%與 6%，澳洲則可增加 8%，所有38 國約平均減少 5.2%<sup>[26]</sup>。雖然台灣並不在締約公約會員國之列，但一方面因我國經濟成長積極，同時人為溫室氣體排放量亦呈現快速成長；另一方面，身為地球村之一份子為減緩地球暖化貢獻心力是應盡責任，故仍須及早研擬溫室氣體減量相關政策，以便能及時因應未來變化。造成溫室效應之溫室氣體主要有CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFC<sub>s</sub>、PFC<sub>s</sub>、SF<sub>6</sub>、CO、NMVOC、SO<sub>2</sub>及NO<sub>x</sub>等共10種<sup>[27]</sup>。其中前六種為京都議定書中明文規範需進行減量之溫室氣體。而HFC<sub>s</sub>、PFC<sub>s</sub>、SF<sub>6</sub>等 3 種氟氯碳化物已在蒙特婁公約中有明確之管制措施，且加快腳步嚴格實施管制中，所以一般在討論溫室氣體之控制中不會等三種氣體已由聯再重複提到氟氯碳化物之管制。CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O等三種氣體已由聯合國UNFCCC指定IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)所擬定的方法計算並提報UNFCCC 統計，此法已被「聯合國氣候變化綱要合約」締約會員國及有心為溫室氣體減量盡份心力之國家所共同採用<sup>[2]</sup>。

## 2.7 風力發電機產生噪音與對鳥類影響

許多國家提出，噪音是過去幾年風力發電機發展中受限主因。歐洲幾個研究發現，修改葉片後端和葉片尖端設計，能使聲音降低數個分貝。風力發電機對環境影響評估進行調查，大多數人都採正面的看法。風力發電機噪音的來源是由機械和空氣動力所產生的。機械的噪音主要來源是齒輪箱與發電機。空氣動力的噪音是因在葉片上方的空氣流動所產生的噪音。因風力發電機技術進步、效率提高，明顯降低機械來源的噪音。較為值得注意的設計考量在葉片的空氣動力性質，應盡量避免在特殊流場下產生失速、分離或引發共振等現象<sup>[28]</sup>。

台灣位於東亞澳洲候鳥遷徙線的中繼站，海岸地區設置風力場對於這些

南來北返的水鳥群組，政府與民眾有責任保護，因此對於風力發電場開發時，必須進行環境影響評估與監測，才能落實環境影響評估，減少對生態衝擊。為保護台灣特殊的海岸濕地生態，減輕傷害，則須提高目前環境影響評估規範標準，以保護水鳥類重要棲息地，並且要求設置於海岸濕地的風力發電場，不管裝設幾部風力發電機，都必需進行環境影響評估的審查，使得海岸風力發電場對鳥類生態的衝擊降至最低<sup>【29】</sup>。

## 2.8 投資成本效益評估<sup>【30】</sup>

一般財務管理投資者作資本預算決策評估工具為還本期間法、淨現值法、內部報酬率法。利用淨現值法、內部報酬率法來計算風力發電機所需之成本，並且探討成本與發電量、收購價與回收年限之關係，並計算投資報酬率，選用此兩者方法最主要原因為可以衡量投資計畫的報酬率與資金成本的關係，當淨現值大於零，代表該投資案的報酬率超過該方案負擔的資金成本，相對來說就等於投資此計畫案是能獲利。借此兩者方法分析投資成本效益，以供企業界建置與政府推廣風力發電機之資料參考。

### (一)還本期間法(payback period)

還本期間法式資本預算各項評估方法中最簡單易懂的方法，也是最早廣泛用於投資計畫評估的方法。此法是估計一項資本支出計劃需要多少時間才能將期初投入成本全數回收，其程序是將各期的淨現金流入累計至於期初投入成本為止的累積期間，此即還本期間法。

還本期間評估法之優缺點如下：

優點：1.計算簡單易懂。

2.反映投資計劃的變現能力，期間越短則變現能力愈佳；反之則愈差。

3.還本期間可以當作投資計劃風險的衡量指標，還本期間愈短，其未來現金流量的不確定性愈低。

缺點：1.忽略不同期間現金流量時間價值。

2.未考慮還本期間後的現金流入及該投資案的殘值。

3.無法用來衡量投資計劃的獲利能力。

4.合理的還本期間的訂定主觀程度強，沒有客觀的標準以符合投資者財富極大化的目標。

## (二)淨現值法(net present value；NPV)

按照貨幣時間價值的觀點發展出來的淨現值法，係將投資計劃各個期間的淨現金流量，選擇適當的資金成本率或要求報酬率予以折現，並加總而得其總現值，再扣除期初投入成本即得該投資方案的淨現值。

淨現值法其實就是站在計畫初期，將該計畫未來預計的結果，以計畫之初的現金價值表示；因此當淨現值為正數時，應接受計畫；反之，若為負值代表此計畫不適合投資。淨現值法的計算如公式

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (2-1)$$

註： $CF_n$  為第  $n$  年的現金流量； $r$  為貸款的年利率。

現值法評估法之優缺點如下：

優點：1.淨值現金法考慮了投資案的淨現金流量的時間價值，且涵蓋投資計畫期間內的所有淨現金流量。

2.投資案的總價值可經由各方案淨現值的加總而得，任何新增方案的淨現值可以直接與投資案現有的總價值相加而求得投資案的新價值，淨現值的相加行也使得投資案的投資決策更為單純。

3.淨現值法可以衡量投資計畫的報酬率與資金成本的關係，當淨現值大於零，代表該投資案的報酬率超過該方案負擔的資金成本，相對來說就等於投資此計畫案是能獲利。

缺點：1.若投資計畫的風險不同，必須選擇適當的資金成本率，實務上不易應用。

2.若各計畫之投資規模不同時，投資成本高的計畫，通常有高的淨現值，但不代表是報酬較高的計畫獲利。

3.當投資計畫年限不等時，不同投資期限的計畫之間無法直接比較。



4.淨現值法雖可描述計畫的報酬與資金成本之間的關係，但對於確實報酬率並無法確立。

### (三)內部報酬率法(internal rate of return；IRR)

內部報酬率就是引用債券到期收益率計算方式，以試誤法反覆尋找。所謂內部報酬率係指當投資計畫淨現值為零得情況下，所使用的折現率；也就是說使投資案的總現值恰等於期初投入成本的折現率。內部報酬率法的計算如公式。

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (2-2)$$

註：CF<sub>n</sub> 為第 n 年的現金流量；IRR 為內部報酬率。

內部報酬率法評估法之優缺點如下：

優點：1.此法考慮了各期淨現金流量的時間價值，且涵蓋整各投資期間的收益。

2.內部報酬率提供決策者關於該投資案清晰的報酬率數據，可就多個的內部報酬率作高低順序排列，供決策人員則優採行。

3.內部報酬率可視為投資方案的預期報酬率，若該項數字高於資金成本，代表融資成本回收而有餘，超過資金成本的部份。

缺點：1.內部報酬率的計劃繁雜耗時，但目前透過電腦運算可解決這部份的缺失。

2.此法隱含各期現金流量都可按內部報酬率再投資的假設，是否能如願，不無疑慮。

3.對於一些投資方案應用此法會產生多個內部報酬率而無從選擇。



## 第三章 研究方法

### 3.1 研究架構

本研究主要分為三大部份:第一部份先收集相關風力發電機的文獻，探討目前國內外推展再生能源風力發電機的概況，針對風力發電機建置時之環境考量面與二氧化碳減量探討，以及未來風力發電機發展趨勢與重點；第二部份則是建立研究方法，針對風力發電機對於溫室氣體減量貢獻、投資成本分析、推廣教育分析、故障原因分析與設計理論值與實際運轉值比較等，做為研究的方向；第三部份則以（春風發電機示範系統）研究為個案，針對研究方法之五大方向，分析春風發電機示範系統自民國 92 年 01 月至 98 年 09 月運轉期間，進行案例研究討論。最後再彙整研究相關資料以供產業界、官方與學術界等於建置、推廣與研究風力發電機等方面之參考。



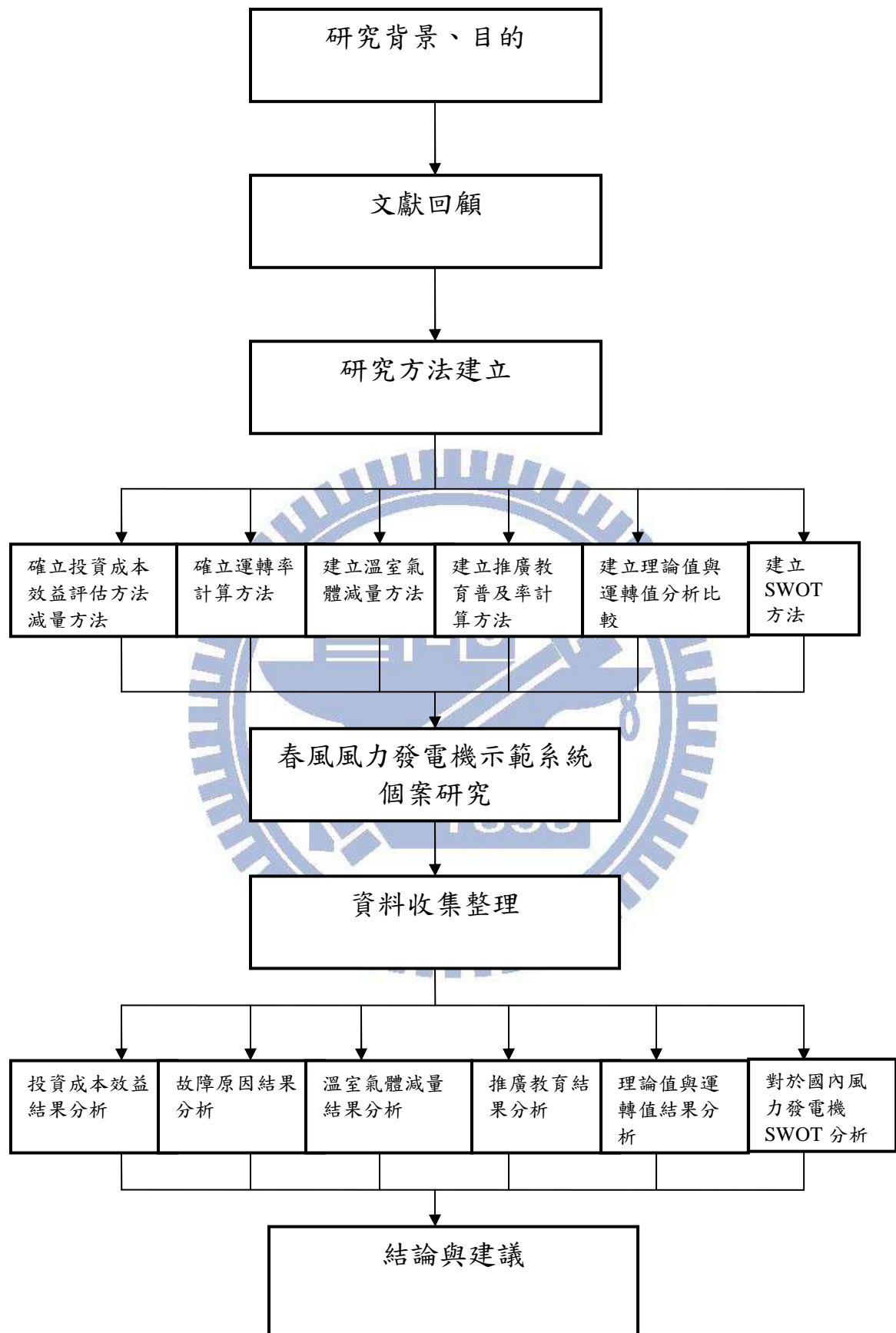


圖 3-1. 研究架構

## 3.2 研究內容

每項設備於投資前都必須要有投資效益分析，以作為是否投資該設備之依據，在投資效益上分為有形效益與無形效益。有形效益為投資成本資金流向、設備運轉率、溫室氣體排放的減量等項目。無形效益為教育推廣、企業形象提昇等項目。因此針對上述幾項，在本研究裡利用統計分析，逐一分析與討論，以供各界對風力發電機興建有興趣者參考、查詢。

### 3.2.1 投資成本效益評估<sup>[30]</sup>

1.利用淨現值法(2-1)與內部報酬率法(2-2)，統計春風風力發電機示範系統，自92年01月至98年09月，年總發電量實際值與年總發電量理論值效益、以台電97年01月至98年10月平均每度電單價計算，分別計算有政府補助款、無政府補助款，折舊年限20年與10年下之10年20年的內部報酬率。

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (2-1)$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (2-2)$$

### 3.2.2 故障原因分析

「運轉率」係指計算方法為每月扣除風力發電機正常保養時間與天然不可抗拒因素（如颱風天），所剩餘之時間內發生故障時間長短。因此利用運轉率作為判定標準，當運轉率低時，則表示風力發電機發生故障的情況愈高，反之運轉率達100%時，則表示風力發電機無故障。

將收集（92年1月至98年9月）廠內風力發電機運轉率，運轉率低於100%時則分析風力發電機故障原因，主要分類為四大類故障：機械故障、電氣故障、天然因素與其他故障等。再利用Excel統計分析，四大類故障各佔比率多寡。

### 3.2.3 溫室氣體減量貢獻

選用計算方法為工業局溫室氣體盤查排放量軟體工具，將年度風力發電機總發電量代入，利用95年能源局公告電力排放係數公告，換算CO<sub>2</sub>的減量值，在以二氧化碳為600元/噸基準，計算因徵收碳稅每度電所能降低成本。

碳排放係數 (kgC/GJ) × 碳氧化率 × 44/12 (乃為碳氧化率乘以44/12，以將排放的碳重量轉換為CO<sub>2</sub>的重量) × 4.1868 (J/cal) × 平均熱耗率 (kcal/kwh) = 每度電發電量二氧化碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>/kwh) <sup>[31]</sup>。

### 3.2.4 社會教育推廣成效

本廠春風風力發電系統為政府推廣風力發電機示範系統，因此必須施實五年推廣教育之義務（民國92年01月至96年12月）。本研究統計民國92年01月至98年09月期間各界參訪人數與教育程度，利用Excel統計分析，計算出每個參觀人員所花費政府輔助建置金額。並分析統計參觀人數年齡層、教育程度與各年度人數比較多寡。

### 3.2.5 風力發電機建置時多項理論值與實際運轉值之比較

風力發電機建置時，會先評估廠區年平均風速值、風力發電機發電量與風速之關係等，以確定是否能符合建置風力發電機條件。從建置運轉至今，已有多年實際運轉各項記錄，因此針對建置風力發電機系統時，評估廠區理論年平均風速值與實際運轉年平均風速值做分析比較，及風力發電機發電量與風速之關係，原廠理論值與實際運轉值分析比較。

台灣屬海島型氣候，每年四季風速變化差異性較為明顯，最後針對廠區四季變化，產生不同風速，對於風力發電機發電量與季節性變化關係，加以分析，以了解風力發電機在何一季節裡發電量為最大量與最小量，可供維修時間調配，以利運轉率之提昇。

## 3.3 研究個案介紹

### 3.3.1 公司簡介

正隆股份有限公司為提昇管理水準及人員素質，多年來引進落實各種



管理制度，先後獲得ISO-9001品質管理系統、ISO-14001環境管理系統、OHSAS-18001安全衛生管理系統的認證及推動「綠色生產鏈」體制，近年來積極生產為回收廢紙為原料的環保再生紙製品，並榮獲環保標章之認證。

### 3.3.2 研究個案建置緣由

#### 1. 廠區擁有豐沛的風力資源

台灣地區東北季風相當強勁，因此台灣風力資源可謂相當豐富。如圖3-2 為台灣地區50 m高之平均風速及風能密度圖顯示，由圖可得知正隆竹北廠位於新竹沿海附近，年平均風速5-6 (m/sec)，風能密度達250 ( $\text{w/m}^2$ )以上，甚具風能開發潛力。

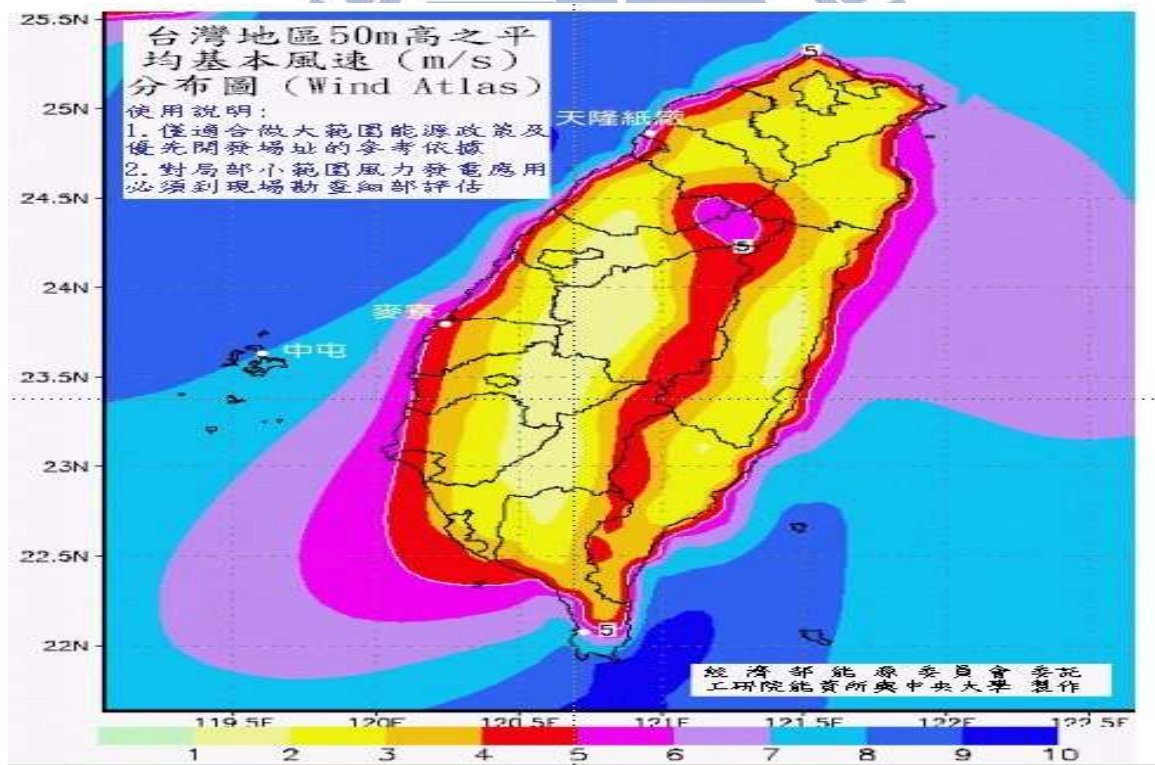


圖3-2. 台灣地區50m高之年平均基本風速(m/s)分佈圖<sup>[4]</sup>

表3-1 為新竹地區年平均風速與風能密度表，由表可得知廠址地區擁有豐沛風力資源，適合優先開發風力發電機的場址。

**表3-1. 新竹地區年平均風速與風能密度表<sup>[32]</sup>**

圖號	圖名	限制二 可用率	風力 機數	10M 平 均風速 (m/s)	10M 風 能密度 (W/m <sup>2</sup> )	30M 平 均風速 (m/s)	30M 風 能密度 (W/m <sup>2</sup> )	50M 平 均風速 (m/s)	50M 風 能密度 (W/m <sup>2</sup> )
9522-I-020	蚵間	6.6	7	6.0	287.3	6.7	388.9	7.1	444.7
9522-I-029	坡子頭	0.8	3	6.6	333.8	7.3	438.8	7.6	494.3
9522-I-030	後湖	9.0	10	5.8	265.8	6.5	357.5	6.8	407.7
9522-I-039	大莊	6.6	7	5.9	264.9	6.7	366.3	7.1	423.7
9522-I-040	新莊子	12.5	10	5.1	208.4	6.0	295.2	6.4	345.5
9522-I-048	羊寮港	9.0	8	5.7	264.3	6.6	375.5	7.0	440.3
9522-I-049	坑子口	11.8	12	5.1	192.1	6.1	291.0	6.5	351.3
9522-I-050	員山	10.1	10	4.5	148.9	5.4	232.4	5.9	284.3
9522-I-057	南寮港	3.2	6	5.9	303.9	6.8	426.7	7.2	497.4
9522-I-058	炭頂	20.8	17	5.1	211.6	6.1	321.2	6.6	388.2
9522-I-059	鳳岡	14.0	16	4.3	119.3	5.4	215.7	6.0	279.0
9522-I-060	山崎	0.0	0	3.8	89.4	4.9	169.7	5.4	223.0
9522-I-067	南寮	20.3	11	5.5	275.6	6.5	395.6	7.0	466.0
9522-I-068	舊港	2.6	2	4.6	171.9	5.7	278.1	6.3	345.1
9522-I-069	溪州	22.5	11	3.7	68.2	5.0	160.5	5.6	224.2
9522-I-070	新社	5.0	0	3.3	48.9	4.5	124.9	5.0	177.7
9522-I-076	港南村新案	3.5	4	6.4	367.2	7.2	496.4	7.5	567.5
9522-I-077	浸水	24.7	22	5.4	266.4	6.4	381.3	6.8	449.2
9522-I-078	南勢	1.5	4	4.5	165.6	5.6	266.9	6.1	330.8
9522-I-079	新竹市	0.0	0	3.6	64.7	4.8	152.2	5.4	212.5
9522-I-080	二十張聲	5.2	4	3.2	46.4	4.3	118.5	4.9	168.6
9522-I-087	三姓橋	4.2	16	5.3	257.1	6.2	367.7	6.7	432.3

## 2.落實公司環境政策與綠色生產鏈理念

為落實正隆公司「全員參與、珍惜資源、保護環境」之環境政策，公司對廢紙資源回收，製造再生紙製品，頗具成效。圖3-3 為春風綠色生產鏈，由圖可得知廠內廢紙分類回收資源再利用，透過清潔生產的程序，製造綠色產品(環保再生系列紙製品)，在綠色消費的潮流下，促成資源利用、回收，生生不息的循環使用，構成一最具環保概念的綠色生產鏈。而由於風力發電的加入，利用綠色能源為做為清潔生產的動力，將使春風綠色生產鏈更加落實。

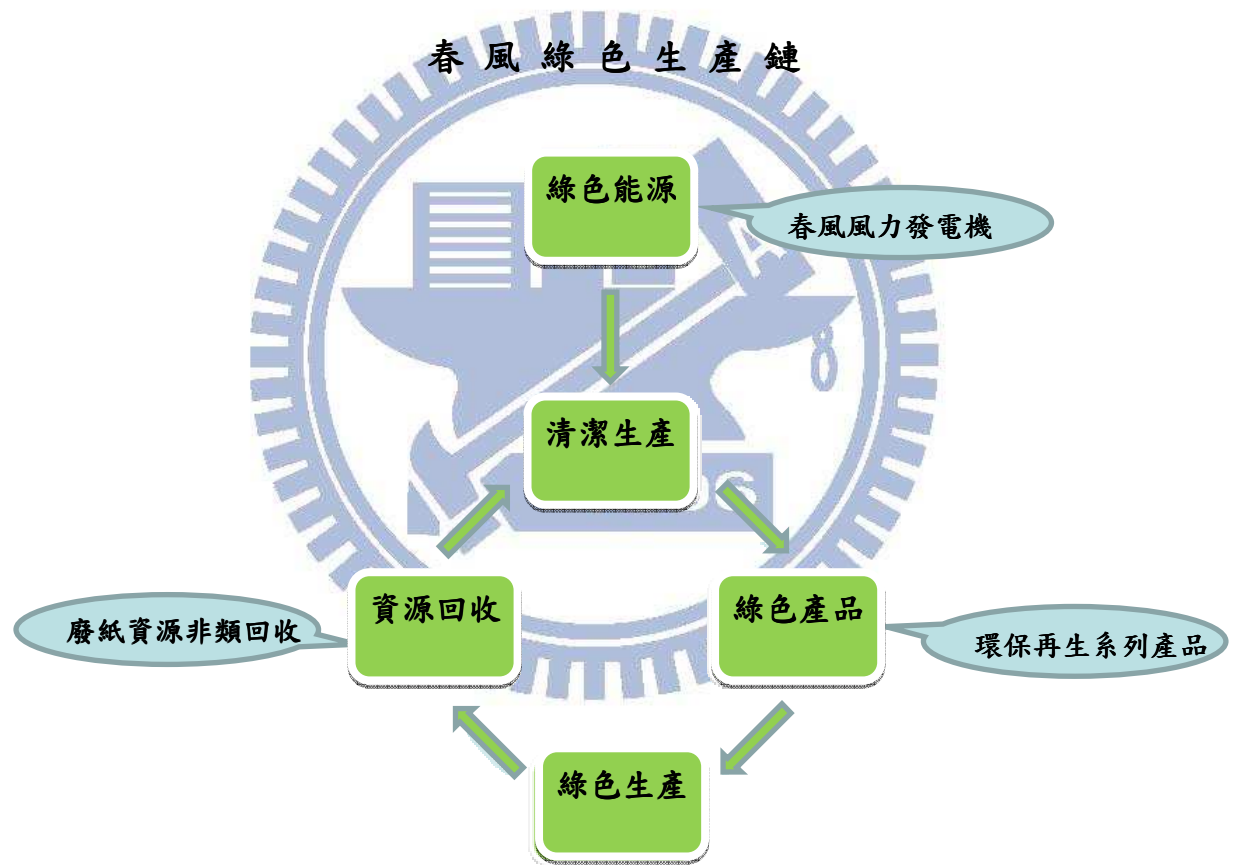


圖3-3. 春風綠色生產鏈

### 3.符合能源與環保潮流、配合執行政府政策

環保意識抬頭，民眾普遍關心傳統發電產生的污染問題，風能為自產且具再生零污染的綠色能源，極具發展利用價值。因此政府為推動我國再生能源利用，訂定「風力發電系統設置補助辦法」，以獎勵民間投入風力發電；並透過示範運轉建立國內風電技術與經驗，促進民眾對清潔風力能源之瞭解，以營造推廣應用環境。圖3-4 為春風示範系統日落運轉圖，由圖可得知風力發電機除為綠色能源，更能增添環境優雅生活。



圖3-4.春風示範系統日落運轉圖



### 3.3.3 春風發電機示範系統概要

#### 1. 風力發電機基本架構<sup>[33]</sup>

春風風力發電機由丹麥 Vestas 公司承製，如圖 3-4 主要結構由葉片轉子 (Rotor)，機艙(Nacelle)，塔架及基礎等四大部分組合而成。

##### (1).葉片轉子(Rotor)

###### ①.型式：

本系統所使用的葉片轉子型式採三葉片水平軸高轉速翼型，葉片的迴旋負荷變動小，運轉平穩，比較二葉片或單葉片型式除可減低疲勞負荷外亦可增加葉片的壽命。

###### ②.材質：

葉片在以往的風機設計中採用過數種的材質，本系統的葉片材質採用補強玻璃纖維 (Fiberglass Reinforced Plastics ,FRP) 材質，其主要特點為質輕、廉價及耐氣候變化、耐疲勞等特色。

###### ③.旋翼控制：

採用旋角節制方式，因無失速現象，可作為葉片轉子煞車，配合系統輸出控制調節輸出大小、併聯前轉速作調節、降低啟動風速且高風速時旋葉角度較大不切風，因而葉片尖端產生噪音較小及減低風力機、塔架、基礎的負荷等優點，有助於延長風機的壽齡，而且可降低製造費用。

##### (2).機艙(Nacelle)

機艙內部的相關設備如風力機結構示意圖 3-5 所示；其主要的重要設備說明如下列簡述。

###### ①.齒輪箱(Gear Box)

齒輪箱的目的在於將葉片轉子轉動的動力經行星齒輪或

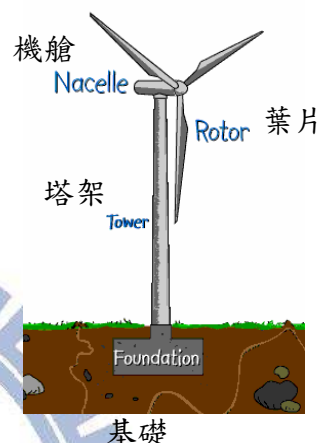


圖 3-5. 風力發電機系統架構圖<sup>[33]</sup>

三級螺旋齒輪改變轉速後，傳遞至發電機作功（風能→機械能→電能）。

## ②.發電機

利用風能轉換成電力的方法，本系統採用感應發電機。其所需要的附屬設備較少、構造堅固、體積較小，故具有價格便宜、保養易、起動簡單等。齒輪箱與發電機之間藉由連軸器耦合，傳輸動力帶動發電機發電，所發出的電力為 690V，再經變壓器升壓後併入系統使用。

## ③.變壓器

變壓器的設計大多設置於塔架外側，本系統設計為擺設於機艙內側，採乾式變壓器，將原發電機所發之電力由 690V 升壓至 11.4 KV 後併入本公司電力系統中供製程使用。

## ④.轉向系統(Yawing System)

因本系統風機採用上風被動轉向來追風轉向，透過風標(Windvane)訊號控制轉向系統迎風轉向；同時設計亦有自動迴轉裝置，即連續轉向超過一定角度（ $1620^{\circ}$ ；四圈半）時，可自動偵測後利用驅動馬達自動控制逆轉回設定之原點位置，以防止電纜線過度扭轉而損壞。

## ⑤.冷卻油系統(Yawing System)

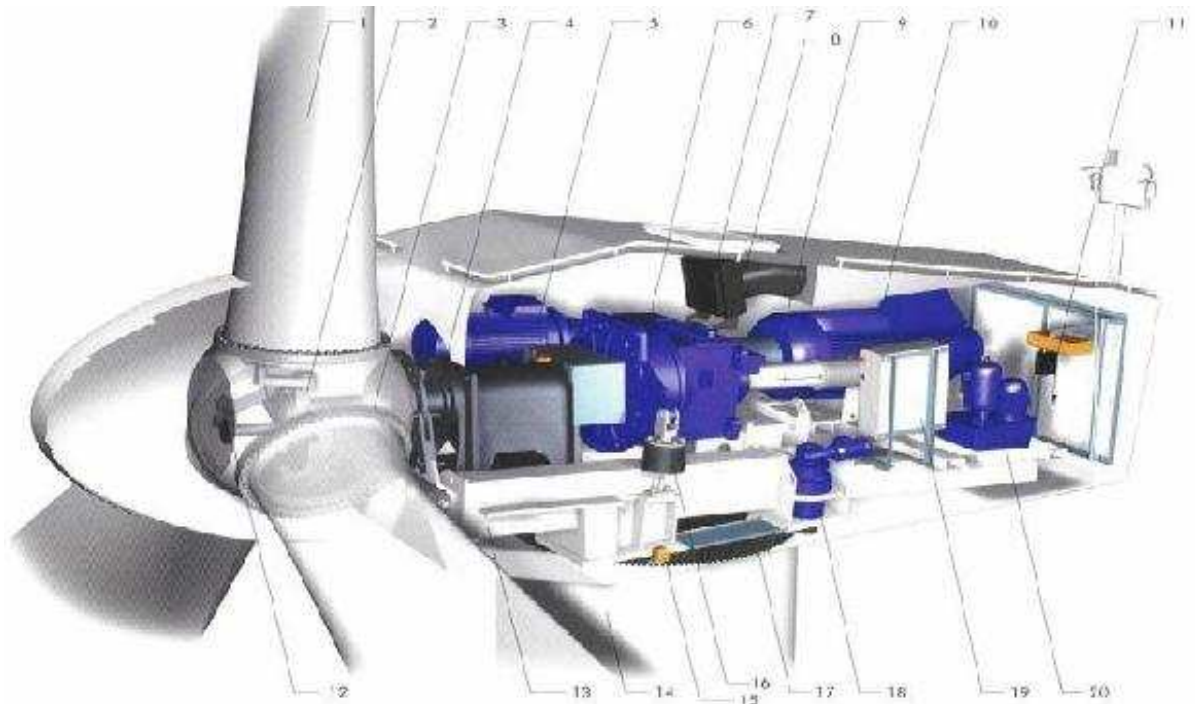
因齒輪箱動作時須潤滑油冷卻，而潤滑油冷卻則須要冷卻系統，利用排風扇的轉動將潤滑油冷卻，因此冷卻效果會因環境中的溫度而有所變化。

## ⑥.維修用小吊車

當機倉設備故障時或維修時所須較大維修工具，則可利用此設備將物品由地面昇起到機艙內，或由機艙內將物品吊落至地面。

## ⑦.轉向控制

停車時葉片角度會經於此機構將葉片轉向迎風面 90 度，正常運轉時，轉向控制即會轉動葉片迎風轉動，依據風力大小而改變角度。



- |        |         |           |           |
|--------|---------|-----------|-----------|
| 1、葉片   | 6、齒輪箱   | 11、維修用小吊車 | 16、齒輪箱支撐桿 |
| 2、葉輪輪轂 | 7、碟式煞車  | 12、旋角控制桿  | 17、轉向齒輪盤  |
| 3、葉片軸承 | 8、油溫冷卻器 | 13、機組座架   | 18、轉向齒輪   |
| 4、主傳動軸 | 9、萬向接軸  | 14、塔架     | 19、塔頂控制單元 |
| 5、副發電機 | 10、主發電機 | 15、轉向控制   | 20、油壓控制單元 |

圖 3-6. 風力發電機結構示意圖<sup>[33]</sup>

### (3).塔架(Tower)

塔架結構共分三段，各段均係由數種厚度的鐵板滾圓銲接而成，其鋼板材質衝擊強度於 0°C 時可達 27 焦耳，另外厚度由最底層 26 mm 至最頂層 12 mm 所構成底圓直徑 4 公尺、頂層直徑 2.3 公尺的錐形塔架。

### (4).基礎(Foundation)

風力機組的基礎功能在於承受機組的重量及防止機組的傾倒，本系統基礎設計採 RC 結構設計施工，設計為長 14.3 公尺 \* 寬 14.3 公尺 \* 深 3 公尺、RC 結構厚 2 公尺的設計，其設計考量主要以風吹所產生的傾倒力及力矩為設計的依據。

## 2. 春風發電機示範系統規格



(1).機組型號：

所採用的風機為丹麥Vestas公司所製造，其機型V66/1.75 MW。

(2).輸出容量：1,750 KW

風速高於14 (m/sec)以上，風力發電機的最大輸出電力容量為1,750 KW。圖3-6 為春風風力發電機示範系統風速與發電量關係圖，由圖可得知風速2-4 (m/s)時，風力發電機起動運轉，風速達14 (m/s)時，達到額定發電量1750 KW，風速達25 (m/s)時，風力發電機即會自動停止運轉，以保護風力發電機運轉安全。

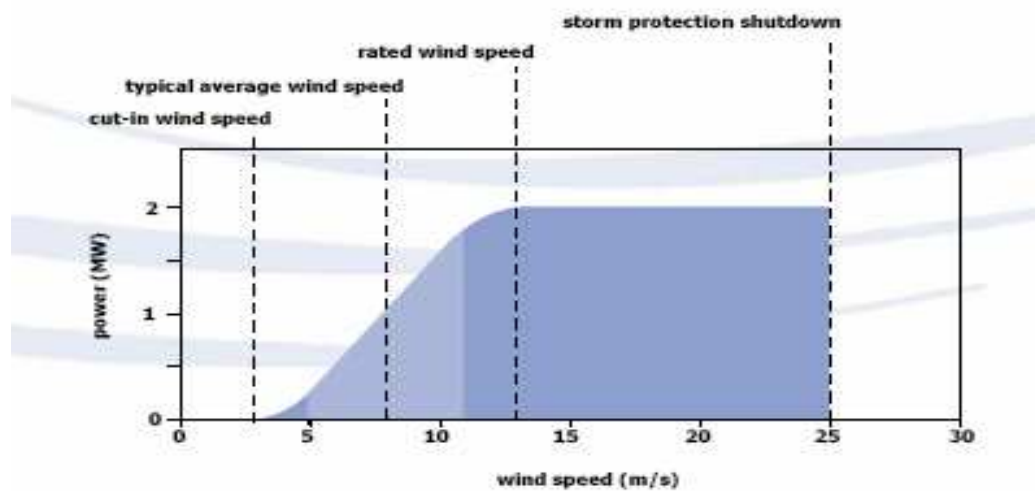


圖3-7. 春風風力發電機示範系統風速與發電量關係圖<sup>[33]</sup>

(3).葉片直徑：66 (m)

風機的葉片單片為 32 公尺，其旋轉鼻輪(Hub)直徑 2.3 公尺經組合後構成一直徑 66 公尺的葉片轉子 (Rotor)組，為了避免風力發電機過高而遭受雷擊，每片葉片前端都裝置避雷針。

(4).啟動風速：4 (m/sec)

風機的葉片於風速2.5 (m/sec)以上時葉片開始啟動旋轉，待風速超過4(m/s)時，發電機開始並聯將電力的輸出，再經由塔內高壓輸送饋線將電力輸送到變電站。

(5).滿載風速：14 (m/sec)

風力發電機的電力輸出依風速大小而定，風力發電機葉片角度隨風速大小而變動風速於14 (m/s)以上時，可達最大電力輸出1,750 KW。

(6).關機風速：25 (m/sec)

為考慮風機結構的安全性與延長風機的壽齡，葉片於高風速中運轉時，風速增加後所產生的風切阻力相對增加，對葉片的疲勞負荷相對增加進而減少風機的使用壽齡，因此為避免風機如長期於高風速中持續運轉，造成葉片轉子 (Rotor)負荷過大而降低其壽齡，因此在風機的設計中皆考量關機風速之設計，且相同設計之原理不同廠牌風機，其關機風速大多相同。

(7).塔架高度：60公尺

塔架的高度愈高與風的能量亦相對增加。在規劃風力發電系統時對於設置的點，同時無相關的高度限制時應採取較高塔架高的設計規劃設置。但因離鄰近的新竹機場約4.2 Km，有航高的限制，風機可設置之最高僅可達100公尺，原可選用67公尺高塔架，加上葉輪半徑33公尺，剛好為100公尺高，但為使系統能完全符合規定及考量安全性選用60公尺高的塔架設置。

(8).最大耐風速：70 (m/sec)

風力發電機塔架平均耐風強度為可耐超過50 m/sec之風速，瞬間陣風可耐超過70 (m/sec)以上。風力發電機塔架可耐強風已超越強烈颱風，安全等級相當高。

### 3 正隆竹北廠用電系統

全廠的平均用電需量為12,000 (KWH)，而設置風力發電機組則可降低台電用量，避免造成台電用電量吃緊，因此風力發電機可扮演分攤台電用電量負荷，以避免用電量吃緊而造成設備停擺。圖3-7 為廠內用電系統並聯圖，由圖可得知目前廠內用電系統分為兩個迴路，一迴路為台電用電迴路，經外部饋線至廠內變電站，另一迴路為風力發電機用電迴路，經由高壓饋線進入到廠內高壓變電站內與台電並聯，以供廠內使用。

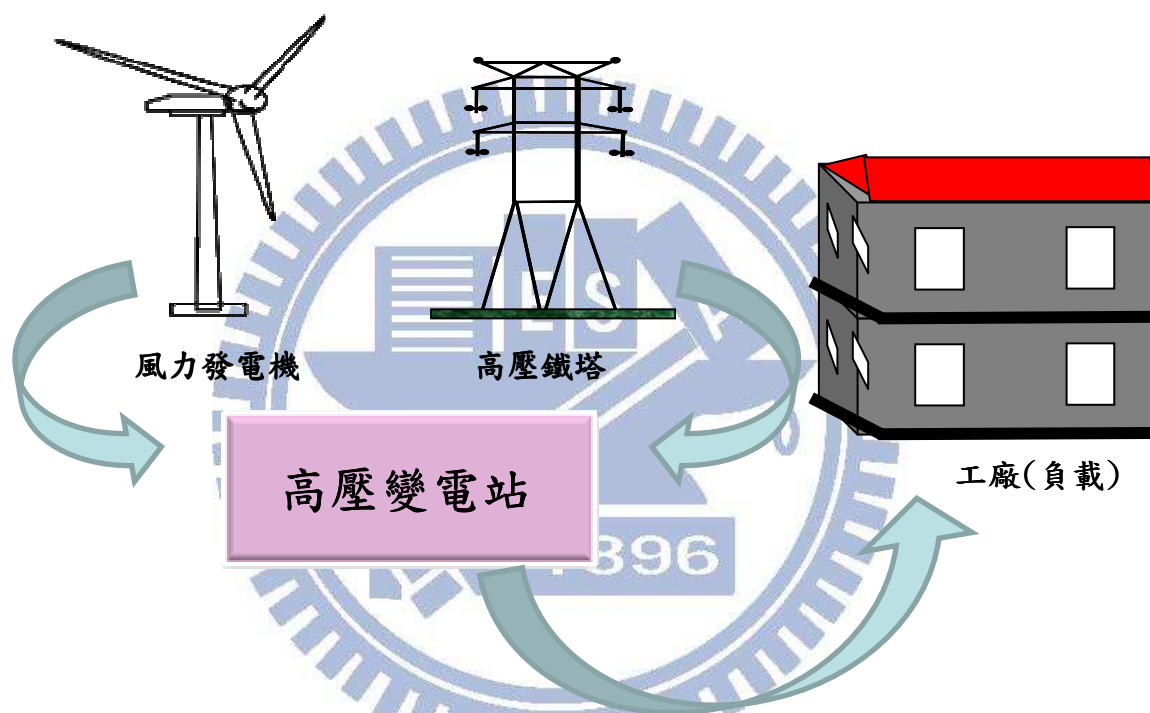


圖3-8. 廠內用電系統並聯圖

#### 3.3.4 春風發電機示範系統運轉現況分析

春風風力發電系統設有2台1,750 KW級的風力發電機，於91年10月底安裝設置完成，92年01月份開始運轉至今(統計至98年10月31日)，但2號風力發電機於民國96年8月8日因遭雷擊而燒損。依風力發電機的運轉率而言，1號、2號風力發電機年平均運轉率分別為各佔78.45 %、80.35 %，1號風力發電機年平均風速為6.27 (m/sec)，2號風力發電機年平均風速為5.80 (m/sec)，1號風力發電機總發電量20,326,061(KWH)、2號風力發電機總發電量13,833,919 (KWH)。



圖3-9 為2號發電機燒損的情況，由圖可知燒損的起火點主要地方為機艙。



圖3-9. 2號風力發電機燒損的情況

#### 1. 春風發電機示範系統投資成本效益評估

1. 本研究利用淨現值法與內部報酬率法，統計春風風力發電機示範系統，自92年01月至98年09月(1號風力發電機統計至98年09月、2號風力發電機統計至96年06月)，年總發電量實際值效益、以台電97年01月至98年10月平均每度電單價計算，分別計算有政府補助款、無政府補助款折現回收年限為幾年，與10年20年的內部報酬率為多少。

2. 利用淨現值法與內部報酬率法，統計春風風力發電機示範系統，自92年01月至98年09月(1號風力發電機統計至98年09月、2號風力發電機統計至96年06月)，年總發電量理論值效益、以台電97年01月至98年10月平均每度電單價計算，分別計算有政府補助款、無政府補助款折現回收年限為幾年，與10年20年的內部報酬率為多少。

3. 統計 92 年 01 月至 98 年 09 月間台電每度電價之變化，平均後做為風力發電機每度電價計價之基準。

4. 春風發電示範系統效益分析所需之各項數據條列如下：

- (1). 投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)，扣除補助款後實際投資成本為 6,276 萬元。
- (2). 維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬(KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).年總發電量設計值：1470 萬(KWH)

(年總發電量設計值計算依據:設計每小時最大發電量  $1750\text{KW} \times 24 \text{ 小時} \times 350 \text{ 天}$ ，扣除每年固定保養 15 天)

(5).變動成本：無

(6).折現率：5 %

(7).通貨膨脹率：3 %

(8).營業所得稅率：25 %

(9).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

## 2. 春風發電機示範系統溫室氣體減量效益分析

經濟部持續積極輔導產業界進行排放源排放量盤查、登錄、查證及自行減量等工作。協助產業建置二氧化碳排放管理能力，促使產業界使用可行性及最佳性潔淨能源，加速設備汰舊換新，發展再生能源資源化等綠化產業，並推廣各項管理機制，達到減量之目的。

經濟部能源局於民國94年起積極協助企業架構溫室氣體盤查、登錄能力，並於95年導入「ISO-14064-1」國際標準試行查證輔導，本研究之正隆公司也於94年成為台灣第一家認證通過廠商。公司內部主要推廣再生能源減量為風力發電機建置減量、沼氣發電與衍生性固體替代燃料混燒。

此廠主要是推廣風力發電機再生能源使用，以工業局溫室氣體盤查排放量軟體工具利用95年能源局電力排放公告系數，將年度風力發電機總發電量實際值代入，換算CO<sub>2</sub>的減量值，並計算每度發電成本因徵收碳稅可降低成本值，代入政府無補助款之投資效益分析內，求得本案例可縮短投資年限為幾年。

碳排放係數 (kgC/GJ) × 碳氧化率 × 44/12 ( 乃為碳氧化率乘以 44/12 ,  
以將排放的碳重量轉換為 CO<sub>2</sub> 的重量 ) × 4.1868 ( J/cal ) × 平均熱耗率  
( kcal/kwh ) = 每度電發電量二氧化碳排放量 ( kgCO<sub>2</sub>/kwh )

### 3. 春風發電機示範系統推廣教育效益分析

春風風力發電系統為政府推廣風力發電機示範系統，因此必須施實五年推廣教育之義務（民國92年01月至96年12月），本研究統計民國92年01月至98年09月期間各界參訪人數與教育程度，利用Excel統計分析，計算出每個參觀人員所花費政府補助建置金額。並分析統計參觀人數年齡層、教育程度與各年度人數比較多寡。

### 4. 春風發電機示範系統故障原因分析

將收集（92年1月-98年9月）廠內風力發電機運轉率，運轉率低於100 % 時則分析風力發電機故障原因，主要分類為四大類故障：機械故障、電氣故障、天然因素與其他故障等。再利用EXCEL統計分析，統計四大類故障各佔比率多寡。

### 5. 春風發電機示範系統建置時多項理論值與實際運轉值之比較

台灣屬海島型氣候，每年四季風速變化差異性較為明顯。於風力發電機建置時，也以有先前評估過廠區年平均風速值、風力發電機發電量與風速之關係等，以確定是否能符合建置風力發電機條件。從建置運轉至今，也已有多多年實際運轉記錄。

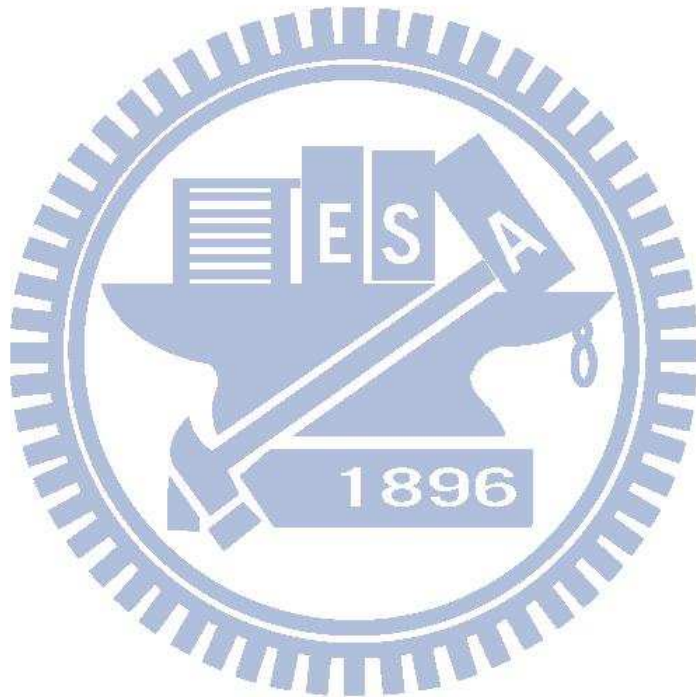
收集92年1月-98年09月期間，廠內風力發電機運轉記錄表，利用Excel圖表統計分析，針對建置風力發電機系統時，評估廠區理論年平均風速值與實際運轉年平均風速值做分析比較；風力發電機發電量與風速之關係；原廠理論值與實際運轉值分析比較；與其他實際運轉值各項的比較。最後針對新竹地區四季變化，產生不同風速，對於風力發電機發電量與季節性變化，所產生發電量不同做一統計分析，以了解風力發電機在一年四季裡發電量最大量與最小量之發生季節，可供運轉維修時間調配，以利運轉率



之提昇。

#### **6、本研究對於國內風力發電發展之SWOT分析：**

對於國內風力發電機發展，本研究針對優勢、弱勢、機會、威脅等方面逐一整理探討，以提供各界參考。



## 第四章 結果與討論

### 4.1 投資成本效益分析：

春風發電機為政府補助之投資，因此總投資金額為 11,876 萬元，在扣除政府補助款後實際投資成本為 6,276 萬元。

本小節之研究，依經濟效益觀點而言，利用淨現值法與內部報酬率法，分析年總發電量實際值與年總發電量設計值、政府無補助與有補助款，折舊年限 20 年與 10 年下之 10 年與 20 年內部報酬率，針對各情境加以分析計算，討論是否具有投資效益。以及分析有投資風力發電機建置意願之最小政府補助款金額(比例)；政府無補助款、折舊年限 20 年與 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量；並做春風示範系統與麥寮示範系統投資效益分析比較(依 94 年度為基準年)。



#### 4.1.1 政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量實際值)

(1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %

(3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-1 為政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算

(2).以電能售價 2.226 元/度售出計價

(3).10 年的內部報酬率(IRR)-6.7 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)1.1 %

(4).平均發電成本為 1.82 元/度

(5).折現回收年限為 16.9 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，雖然售電單價超過 2.226 元/KWH，折現回收年限為 16.9 年，此情境仍不宜投資風力發電機。



**表 4-1. 政府無輔助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量實際值)**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	6,085	13,546	12,358	5,938	10,753	1,131	5,796	10,241	-108,519
2	1,224	6,085	13,546	12,322	5,938	10,726	1,110	5,520	9,729	-98,790
3	1,260	6,085	13,546	12,286	5,938	10,699	1,089	5,257	9,242	-89,548
4	1,298	6,085	13,546	12,248	5,938	10,670	1,068	5,006	8,778	-80,770
5	1,337	6,085	13,546	12,209	5,938	10,641	1,048	4,768	8,338	-72,432
6	1,377	6,085	13,546	12,169	5,938	10,611	1,028	4,541	7,918	-64,514
7	1,419	6,085	13,546	12,128	5,938	10,580	1,008	4,325	7,519	-56,995
8	1,461	6,085	13,546	12,085	5,938	10,548	989	4,119	7,139	-49,856
9	1,505	6,085	13,546	12,041	5,938	10,515	970	3,923	6,778	-43,078
10	1,550	6,085	13,546	11,996	5,938	10,482	952	3,736	6,435	-36,643
11	1,597	6,085	13,546	11,950	5,938	10,447	933	3,558	6,108	-30,535
12	1,644	6,085	13,546	11,902	5,938	10,411	916	3,389	5,797	-24,737
13	1,694	6,085	13,546	11,852	5,938	10,374	898	3,227	5,502	-19,236
14	1,745	6,085	13,546	11,801	5,938	10,336	881	3,074	5,220	-14,015
15	1,797	6,085	13,546	11,749	5,938	10,296	864	2,927	4,953	-9,063
16	1,851	6,085	13,546	11,695	5,938	10,256	848	2,788	4,698	-4,365
17	1,906	6,085	13,546	11,640	5,938	10,214	832	2,655	4,456	92
18	1,964	6,085	13,546	11,583	5,938	10,171	816	2,529	4,226	4,318
19	2,022	6,085	13,546	11,524	5,938	10,127	800	2,408	4,008	8,326
20	2,083	6,085	13,546	11,463	5,938	10,082	785	2,294	3,800	12,125

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限 16.9 年； 平均發電成本： 1.82 元/度
- 2.電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10 年： -6.7% 20 年： 1.1%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 6.年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

#### 4.1.2 政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量設計值)

- (1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).年總發電量設計值：1470 萬 (KWH)  
(年總發電量設計值計算依據:設計每小時最大發電量 1750KW\*24 小時\*350 天，扣除每年固定保養 15 天)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-2 為政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR)11 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR)14.8 %
- (4).平均發電成本為 0.75 元/度
- (5).折現回收年限為 5.61 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，折現回收年限為 5.61 年，此情境宜投資風力發電機。

**表 4-2. 政府無輔助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量設計值)**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	14,700	32,722	31,534	5,938	25,135	1,131	14,000	23,938	-94,822
2	1,224	14,700	32,722	31,499	5,938	25,108	1,110	13,333	22,774	-72,048
3	1,260	14,700	32,722	31,462	5,938	25,081	1,089	12,698	21,666	-50,382
4	1,298	14,700	32,722	31,424	5,938	25,053	1,068	12,094	20,611	-29,771
5	1,337	14,700	32,722	31,385	5,938	25,023	1,048	11,518	19,606	-10,165
6	1,377	14,700	32,722	31,345	5,938	24,993	1,028	10,969	18,650	8,485
7	1,419	14,700	32,722	31,304	5,938	24,962	1,008	10,447	17,740	26,225
8	1,461	14,700	32,722	31,261	5,938	24,930	989	9,950	16,874	43,099
9	1,505	14,700	32,722	31,217	5,938	24,897	970	9,476	16,049	59,148
10	1,550	14,700	32,722	31,172	5,938	24,864	952	9,025	15,264	74,412
11	1,597	14,700	32,722	31,126	5,938	24,829	933	8,595	14,517	88,929
12	1,644	14,700	32,722	31,078	5,938	24,793	916	8,186	13,806	102,735
13	1,694	14,700	32,722	31,028	5,938	24,756	898	7,796	13,129	115,863
14	1,745	14,700	32,722	30,978	5,938	24,718	881	7,424	12,484	128,348
15	1,797	14,700	32,722	30,925	5,938	24,678	864	7,071	11,871	140,218
16	1,851	14,700	32,722	30,871	5,938	24,638	848	6,734	11,287	151,505
17	1,906	14,700	32,722	30,816	5,938	24,596	832	6,414	10,731	162,236
18	1,964	14,700	32,722	30,759	5,938	24,553	816	6,108	10,202	172,439
19	2,022	14,700	32,722	30,700	5,938	24,509	800	5,817	9,699	182,138
20	2,083	14,700	32,722	30,639	5,938	24,464	785	5,540	9,220	191,358

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限 5.61 年； 平均發電成本： 0.75 元/度
- 2.電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10 年： 11.0% 20 年： 14.8%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 6.年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)



#### 4.1.3 政府無輔助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量實際值)

(1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-3 為政府無輔助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 10 年計算

(2).以電能售價 2.226 元/度售出計價

(3).10 年的內部報酬率(IRR)-4.4 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)1.7 %

(4).平均發電成本為 1.82 元/度

(5).折現回收年限為 15.3 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，雖然售電單價超過 2.226 元/KWH，折現回收年限為 15.3 年，此情境不宜投資風力發電機。

**表 4-3. 政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量實際值)**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	6,085	13,545	12,357	11,876	12,237	1,131	5,795	11,654	-107,106
2	1,224	6,085	13,545	12,322	11,876	12,210	1,110	5,519	11,075	-96,031
3	1,260	6,085	13,545	12,285	11,876	12,183	1,089	5,256	10,524	-85,507
4	1,298	6,085	13,545	12,247	11,876	12,154	1,068	5,006	9,999	-75,508
5	1,337	6,085	13,545	12,208	11,876	12,125	1,048	4,768	9,500	-66,007
6	1,377	6,085	13,545	12,168	11,876	12,095	1,028	4,541	9,025	-56,982
7	1,419	6,085	13,545	12,127	11,876	12,064	1,008	4,324	8,574	-48,408
8	1,461	6,085	13,545	12,084	11,876	12,032	989	4,119	8,144	-40,265
9	1,505	6,085	13,545	12,040	11,876	11,999	970	3,922	7,735	-32,530
10	1,550	6,085	13,545	11,995	11,876	11,965	952	3,736	7,345	-25,184
11	1,597	6,085	13,545	11,949	0	8,961	933	3,558	5,239	-19,945
12	1,644	6,085	13,545	11,901	0	8,926	916	3,388	4,970	-14,975
13	1,694	6,085	13,545	11,851	0	8,889	898	3,227	4,714	-10,261
14	1,745	6,085	13,545	11,801	0	8,850	881	3,073	4,470	-5,791
15	1,797	6,085	13,545	11,748	0	8,811	864	2,927	4,238	-1,553
16	1,851	6,085	13,545	11,694	0	8,771	848	2,788	4,018	2,465
17	1,906	6,085	13,545	11,639	0	8,729	832	2,655	3,808	6,274
18	1,964	6,085	13,545	11,582	0	8,686	816	2,528	3,609	9,883
19	2,022	6,085	13,545	11,523	0	8,642	800	2,408	3,420	13,303
20	2,083	6,085	13,545	11,462	0	8,597	785	2,293	3,240	16,543

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(9+1) 10 年計算，  
回收年限 15.3 年； 平均發電成本： 1.82 元/度
- 2.電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 09 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10 年： -4.4% 20 年： 1.7%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 6.年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

#### 4.1.4 政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量設計值)

- (1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).年總發電量設計值：1470 萬 (KWH)  
(年總發電量設計值計算依據:設計每小時最大發電量 1750KW\*24 小時\*350 天，扣除每年固定保養 15 天)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-4 為政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 10 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR)12.5 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR)15.8 %
- (4).平均發電成本為 0.75 元/度
- (5).折現回收年限為 5.19 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，內部報酬率高於內部資金成本，此情境宜投資風力發電機。



**表 4-4. 政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量設計值)**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	14,700	32,722	31,534	11,876	26,620	1,131	14,000	25,352	-93,408
2	1,224	14,700	32,722	31,499	11,876	26,593	1,110	13,333	24,121	-69,287
3	1,260	14,700	32,722	31,462	11,876	26,565	1,089	12,698	22,948	-46,339
4	1,298	14,700	32,722	31,424	11,876	26,537	1,068	12,094	21,832	-24,507
5	1,337	14,700	32,722	31,385	11,876	26,508	1,048	11,518	20,770	-3,737
6	1,377	14,700	32,722	31,345	11,876	26,478	1,028	10,969	19,758	16,021
7	1,419	14,700	32,722	31,304	11,876	26,447	1,008	10,447	18,795	34,816
8	1,461	14,700	32,722	31,261	11,876	26,415	989	9,950	17,879	52,695
9	1,505	14,700	32,722	31,217	11,876	26,382	970	9,476	17,006	69,701
10	1,550	14,700	32,722	31,172	11,876	26,348	952	9,025	16,175	85,876
11	1,597	14,700	32,722	31,126	0	23,344	933	8,595	13,649	99,525
12	1,644	14,700	32,722	31,078	0	23,308	916	8,186	12,979	112,504
13	1,694	14,700	32,722	31,028	0	23,271	898	7,796	12,341	124,845
14	1,745	14,700	32,722	30,978	0	23,233	881	7,424	11,734	136,579
15	1,797	14,700	32,722	30,925	0	23,194	864	7,071	11,157	147,736
16	1,851	14,700	32,722	30,871	0	23,154	848	6,734	10,607	158,343
17	1,906	14,700	32,722	30,816	0	23,112	832	6,414	10,084	168,427
18	1,964	14,700	32,722	30,759	0	23,069	816	6,108	9,586	178,013
19	2,022	14,700	32,722	30,700	0	23,025	800	5,817	9,112	187,124
20	2,083	14,700	32,722	30,639	0	22,979	785	5,540	8,661	195,785

註：

- 自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(9+1) 10 年計算，  
回收年限 5.19 年； 平均發電成本： 0.75 元/度
- 電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 09 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： 12.5% 20 年： 15.8%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

#### 4.1.5 政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量實際值）

(1).投資成本：扣除補助款後實際投資成本為 6,276 萬元。

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-5 為政府有補助款、折舊年限 20 年、10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算

(2).以電能售價 2.226 元/度售出計價

(3).10 年的內部報酬率(IRR)5.2 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)10.1 %

(4).平均發電成本為 0.96 元/度

(5).折現回收年限為 7.34 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，折現回收年限為 7.34 年，此情境宜投資風力發電機。

表 4-5. 政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量實際值）

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	62,760		0	-62,760	0		62,760		-62,760	-62,760
1	628	6,085	13,545	12,917	3,138	10,472	598	5,795	9,973	-52,787
2	647	6,085	13,545	12,898	3,138	10,458	587	5,519	9,486	-43,301
3	666	6,085	13,545	12,879	3,138	10,444	576	5,256	9,022	-34,279
4	686	6,085	13,545	12,859	3,138	10,429	565	5,006	8,580	-25,699
5	707	6,085	13,545	12,838	3,138	10,413	554	4,768	8,159	-17,540
6	728	6,085	13,545	12,817	3,138	10,397	543	4,541	7,758	-9,782
7	750	6,085	13,545	12,795	3,138	10,381	533	4,324	7,378	-2,404
8	772	6,085	13,545	12,773	3,138	10,364	523	4,119	7,015	4,611
9	796	6,085	13,545	12,750	3,138	10,347	513	3,922	6,670	11,280
10	819	6,085	13,545	12,726	3,138	10,329	503	3,736	6,341	17,621
11	844	6,085	13,545	12,701	3,138	10,310	493	3,558	6,028	23,649
12	869	6,085	13,545	12,676	3,138	10,291	484	3,388	5,730	29,380
13	895	6,085	13,545	12,650	3,138	10,272	475	3,227	5,447	34,827
14	922	6,085	13,545	12,623	3,138	10,252	466	3,073	5,178	40,005
15	950	6,085	13,545	12,595	3,138	10,231	457	2,927	4,921	44,927
16	978	6,085	13,545	12,567	3,138	10,210	448	2,788	4,677	49,604
17	1,008	6,085	13,545	12,537	3,138	10,188	440	2,655	4,445	54,049
18	1,038	6,085	13,545	12,507	3,138	10,165	431	2,528	4,224	58,273
19	1,069	6,085	13,545	12,476	3,138	10,142	423	2,408	4,014	62,286
20	1,101	6,085	13,545	12,444	3,138	10,118	415	2,293	3,813	66,100

註：

- 扣除補助款後；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，回收年限 7.34 年； 平均發電成本： 0.96 元/度
- 電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： 5.2% 20 年： 10.1%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% （包含補助款之設備投資總金額 1%）
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)



#### 4.1.6 政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量設計值）

- (1).投資成本：扣除補助款後實際投資成本為 6,276 萬元。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).年總發電量設計值：1470 萬（KWH）  
(年總發電量設計值計算依據:設計每小時最大發電量 1750KW\*24 小時\*350 天，扣除每年固定保養 15 天)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-6 為政府有補助款、折舊年限 20 年、10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR)31.4 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR)32.8 %
- (4).平均發電成本為 0.40 元/度
- (5).折現回收年限為 2.77 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，折現回收年限為 2.77 年，此情境宜投資風力發電機。

表 4-6. 政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量設計值）

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	62,760		0	-62,760	0		62,760		-62,760	-62,760
1	628	14,700	32,722	32,094	3,138	24,855	598	14,000	23,671	-39,089
2	647	14,700	32,722	32,075	3,138	24,841	587	13,333	22,532	-16,557
3	666	14,700	32,722	32,056	3,138	24,826	576	12,698	21,446	4,889
4	686	14,700	32,722	32,036	3,138	24,811	565	12,094	20,412	25,301
5	707	14,700	32,722	32,015	3,138	24,796	554	11,518	19,428	44,729
6	728	14,700	32,722	31,994	3,138	24,780	543	10,969	18,491	63,220
7	750	14,700	32,722	31,972	3,138	24,764	533	10,447	17,599	80,819
8	772	14,700	32,722	31,950	3,138	24,747	523	9,950	16,750	97,569
9	796	14,700	32,722	31,927	3,138	24,730	513	9,476	15,941	113,510
10	819	14,700	32,722	31,903	3,138	24,712	503	9,025	15,171	128,681
11	844	14,700	32,722	31,878	3,138	24,693	493	8,595	14,437	143,119
12	869	14,700	32,722	31,853	3,138	24,674	484	8,186	13,739	156,858
13	895	14,700	32,722	31,827	3,138	24,655	475	7,796	13,075	169,933
14	922	14,700	32,722	31,800	3,138	24,634	466	7,424	12,442	182,375
15	950	14,700	32,722	31,772	3,138	24,614	457	7,071	11,840	194,215
16	978	14,700	32,722	31,744	3,138	24,592	448	6,734	11,266	205,481
17	1,008	14,700	32,722	31,714	3,138	24,570	440	6,414	10,720	216,201
18	1,038	14,700	32,722	31,684	3,138	24,548	431	6,108	10,200	226,401
19	1,069	14,700	32,722	31,653	3,138	24,524	423	5,817	9,705	236,106
20	1,101	14,700	32,722	31,621	3,138	24,500	415	5,540	9,234	245,340

註：

- 扣除補助款後；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，回收年限 2.77 年； 平均發電成本： 0.40 元/度
- 電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： 31.4% 20 年： 32.8%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

#### 4.1.7 政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量實際值）

(1).投資成本：扣除補助款後實際投資成本為 6,276 萬元。

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬（KWH）

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量\*4 季，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-7 為政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 10 年計算

(2).以電能售價 2.226 元/度售出計價

(3).10 年的內部報酬率(IRR)6.9 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)11 %

(4).平均發電成本為 0.96 元/度

(5).折現回收年限為 6.73 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，折現回收年限為 7.73 年，此情境宜投資風力發電機。

表 4-7. 政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量實際值）

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	62,760		0	-62,760	0		62,760		-62,760	-62,760
1	628	6,085	13,545	12,917	6,276	11,257	598	5,795	10,721	-52,039
2	647	6,085	13,545	12,898	6,276	11,243	587	5,519	10,198	-41,841
3	666	6,085	13,545	12,879	6,276	11,228	576	5,256	9,699	-32,142
4	686	6,085	13,545	12,859	6,276	11,213	565	5,006	9,225	-22,917
5	707	6,085	13,545	12,838	6,276	11,198	554	4,768	8,774	-14,143
6	728	6,085	13,545	12,817	6,276	11,182	543	4,541	8,344	-5,799
7	750	6,085	13,545	12,795	6,276	11,166	533	4,324	7,935	2,136
8	772	6,085	13,545	12,773	6,276	11,149	523	4,119	7,546	9,682
9	796	6,085	13,545	12,750	6,276	11,131	513	3,922	7,175	16,858
10	819	6,085	13,545	12,726	6,276	11,113	503	3,736	6,822	23,680
11	844	6,085	13,545	12,701	0	9,526	493	3,558	5,570	29,250
12	869	6,085	13,545	12,676	0	9,507	484	3,388	5,294	34,544
13	895	6,085	13,545	12,650	0	9,487	475	3,227	5,031	39,575
14	922	6,085	13,545	12,623	0	9,467	466	3,073	4,781	44,356
15	950	6,085	13,545	12,595	0	9,446	457	2,927	4,544	48,900
16	978	6,085	13,545	12,567	0	9,425	448	2,788	4,318	53,218
17	1,008	6,085	13,545	12,537	0	9,403	440	2,655	4,102	57,320
18	1,038	6,085	13,545	12,507	0	9,380	431	2,528	3,898	61,218
19	1,069	6,085	13,545	12,476	0	9,357	423	2,408	3,703	64,921
20	1,101	6,085	13,545	12,444	0	9,333	415	2,293	3,518	68,438

註：

- 扣除補助款後；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(9+1) 10 年計算，回收年限 6.73 年； 平均發電成本： 0.96 元/度
- 電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： 6.9% 20 年： 11.0%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% （包含補助款之設備投資總金額 1%）
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)



#### 4.1.8 政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量設計值）

- (1).投資成本：扣除補助款後實際投資成本為 6,276 萬元。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).年總發電量設計值：1470 萬（KWH）  
(年總發電量設計值計算依據:設計每小時最大發電量 1750KW\*24 小時\*350 天，扣除每年固定保養 15 天)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-8 為政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 10 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR)32.7 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR)34.0 %
- (4).平均發電成本為 0.40 元/度
- (5).折現回收年限為 2.68 年

由此可見，依經濟效益觀點而言，以現階段設備投資金額，折現回收年限為 2.68 年，此情境宜投資風力發電機。

表 4-8. 政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量設計值）

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	62,760		0	-62,760	0		62,760		-62,760	-62,760
1	628	14,700	32,722	32,094	6,276	25,640	598	14,000	24,419	-38,341
2	647	14,700	32,722	32,075	6,276	25,626	587	13,333	23,244	-15,097
3	666	14,700	32,722	32,056	6,276	25,611	576	12,698	22,124	7,026
4	686	14,700	32,722	32,036	6,276	25,596	565	12,094	21,058	28,084
5	707	14,700	32,722	32,015	6,276	25,581	554	11,518	20,043	48,128
6	728	14,700	32,722	31,994	6,276	25,565	543	10,969	19,077	67,205
7	750	14,700	32,722	31,972	6,276	25,548	533	10,447	18,156	85,361
8	772	14,700	32,722	31,950	6,276	25,531	523	9,950	17,280	102,641
9	796	14,700	32,722	31,927	6,276	25,514	513	9,476	16,447	119,088
10	819	14,700	32,722	31,903	6,276	25,496	503	9,025	15,652	134,740
11	844	14,700	32,722	31,878	0	23,909	493	8,595	13,979	148,719
12	869	14,700	32,722	31,853	0	23,890	484	8,186	13,303	162,022
13	895	14,700	32,722	31,827	0	23,870	475	7,796	12,659	174,681
14	922	14,700	32,722	31,800	0	23,850	466	7,424	12,046	186,727
15	950	14,700	32,722	31,772	0	23,829	457	7,071	11,462	198,189
16	978	14,700	32,722	31,744	0	23,808	448	6,734	10,907	209,096
17	1,008	14,700	32,722	31,714	0	23,786	440	6,414	10,378	219,474
18	1,038	14,700	32,722	31,684	0	23,763	431	6,108	9,874	229,348
19	1,069	14,700	32,722	31,653	0	23,740	423	5,817	9,395	238,742
20	1,101	14,700	32,722	31,621	0	23,716	415	5,540	8,938	247,681

註：

- 扣除補助款後；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(9+1) 10 年計算，  
回收年限 2.68 年； 平均發電成本： 0.40 元/度
- 電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： 32.7% 20 年： 34.0%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% （包含補助款之設備投資總金額 1%）
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

表 4-9 為投資效益各情境比較表，由表可得知，政府無補助款、折舊年限 20 與 10 年之投資(年總發電量實際值)，回收年限分別為 16.9 年與 15.3 年，平均每度電價各為 1.82 元，則政府無補助款投資較不具有投資經濟效益。

政府有補助款、折舊年限 20 與 10 年之投資(年總發電量實際值與設計值)，回收年限分別為 7.34 年與 6.73 年，平均每度電價各為 0.96 元；政府無補助款、折舊年限 20 與 10 年之投資(年總發電量設計值)，回收年限分別為 5.61 年與 5.19 年，平均每度電價各為 0.75 元，則具有投資經濟效益。

目前此個案研究之 2 號風力發電機已損壞，如須新增設 2 號風力發電機，政府無補助款之情況下，依年總發電量實際值為發電量，則投資回收年限超過 15.3 年。

表 4-9. 投資效益各情境比較表

各情境名稱	10 年的內部報酬率 (%)	20 年的內部報酬率 (%)	平均發電成本 (元)	折現回收年限 (年)	是否具有投資效益
政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	-6.7	1.1	1.82	16.9	否
政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	11	14.8	0.75	5.61	是
政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	-4.4	1.7	1.82	15.3	否
政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	12.5	15.8	0.75	5.19	是
政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	5.2	10.1	0.96	7.34	是
政府有補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	31.4	32.8	0.40	2.77	是
政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量實際值)	6.9	11.0	0.96	6.73	是
政府有補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率 (年總發電量設計值)	32.7	34.0	0.40	2.68	是

註:是否具有投資效益以回收年限 10 年為基準，包含 10 年。

#### 4.1.9 有投資風力發電機建置意願之最小政府補助款金額(比例)

目前一般投資者，都會以回收年限10年為最低標準，利用本個案研究為例，依實際年總發電量值、折舊年限20年、台電96年01至98年10月平均電價為基準，計算有投資意願最小政府補助金額比例為何。

表4-10 有投資風力發電機建置意願之最小政府補助款金額(比例)，由表可得知，當回收年限為第10年時，累積稅後現金流量現值為零，而設備總投資金額11,876萬須再扣除投入成本8,159.6萬，則政府須補助金額為3,716.4萬，因此計算有投資風力發電機建置意願之最小政府補助金額(比例)為(31.29%)，與此個案研究補助之金額比例(49%)相差(17.71%)。

- (1).投資成本：扣除補助款後實際投資成本為 8,159.6 萬元。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)  
(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-10 為有投資風力發電機建置意願之最小政府補助款金額(比例)，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR) 0 %



(3).20 年的內部報酬率(IRR)6.2 %

(4).平均發電成本為 1.21 元/度

(5).折現回收年限為 10 年

**表4-10. 有投資風力發電機建置意願之最小政府補助款金額（比例）**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	81,596		0	-81,596	0		81,596		-81,596	-81,596
1	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	777	5,795	10,064	-71,532
2	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	740	5,519	9,585	-61,948
3	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	705	5,256	9,128	-52,819
4	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	671	5,006	8,693	-44,126
5	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	639	4,768	8,280	-35,846
6	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	609	4,541	7,885	-27,961
7	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	580	4,324	7,510	-20,451
8	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	552	4,119	7,152	-13,299
9	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	526	3,922	6,812	-6,488
10	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	501	3,736	6,487	0
11	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	477	3,558	6,178	6,178
12	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	454	3,388	5,884	12,062
13	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	433	3,227	5,604	17,666
14	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	412	3,073	5,337	23,003
15	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	393	2,927	5,083	28,086
16	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	374	2,788	4,841	32,927
17	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	356	2,655	4,610	37,537
18	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	339	2,528	4,391	41,928
19	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	323	2,408	4,182	46,110
20	816	6,085	13,545	12,729	4,080	10,567	308	2,293	3,983	50,092

註：

- 扣除補助款後；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限 10.0 年； 平均發電成本： 1.21 元/度
- 電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： 0.0% 20 年： 6.2%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

#### 4.1.10 政府無輔助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量

- (1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).政府無輔助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率最低符合投資效益年總發電量：892.8 萬 (KWH)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-11 為政府無輔助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR) 0 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR)6.1 %
- (4).平均發電成本為 1.24 元/度
- (5).折現回收年限為 10 年

**表4-11. 政府無補助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	8,928	19,874	18,686	5,938	15,499	1,131	8,503	14,761	-103,999
2	1,224	8,928	19,874	18,650	5,938	15,472	1,110	8,098	14,034	-89,965
3	1,260	8,928	19,874	18,613	5,938	15,445	1,089	7,712	13,342	-76,624
4	1,298	8,928	19,874	18,576	5,938	15,416	1,068	7,345	12,683	-63,941
5	1,337	8,928	19,874	18,537	5,938	15,387	1,048	6,995	12,056	-51,885
6	1,377	8,928	19,874	18,497	5,938	15,357	1,028	6,662	11,460	-40,425
7	1,419	8,928	19,874	18,455	5,938	15,326	1,008	6,345	10,892	-29,533
8	1,461	8,928	19,874	18,413	5,938	15,294	989	6,043	10,352	-19,182
9	1,505	8,928	19,874	18,369	5,938	15,261	970	5,755	9,837	-9,344
10	1,550	8,928	19,874	18,324	5,938	15,227	952	5,481	9,348	4
11	1,597	8,928	19,874	18,277	5,938	15,192	933	5,220	8,882	8,886
12	1,644	8,928	19,874	18,229	5,938	15,156	916	4,971	8,439	17,326
13	1,694	8,928	19,874	18,180	5,938	15,119	898	4,735	8,018	25,344
14	1,745	8,928	19,874	18,129	5,938	15,081	881	4,509	7,617	32,961
15	1,797	8,928	19,874	18,077	5,938	15,042	864	4,295	7,235	40,196
16	1,851	8,928	19,874	18,023	5,938	15,002	848	4,090	6,873	47,069
17	1,906	8,928	19,874	17,967	5,938	14,960	832	3,895	6,527	53,596
18	1,964	8,928	19,874	17,910	5,938	14,917	816	3,710	6,198	59,794
19	2,022	8,928	19,874	17,851	5,938	14,873	800	3,533	5,886	65,680
20	2,083	8,928	19,874	17,791	5,938	14,827	785	3,365	5,588	71,268

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限 10 年； 平均發電成本： 1.24 元/度
- 2.電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10 年： 0.0% 20 年： 6.1%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 6.年發電量以年發電量以最低符合投資效益年總發電量

#### 4.1.11 政府無輔助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量

- (1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).政府無輔助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率最低符合投資效益年總發電量：691 萬 (KWH)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-12 為政府無輔助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 10 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR) 0 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR)6.2 %
- (4).平均發電成本為 1.38 元/度
- (5).折現回收年限為 10 年



**表4-12. 政府無補助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	6,580	14,649	-104,111
2	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	6,267	13,951	-90,160
3	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	5,969	13,287	-76,874
4	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	5,684	12,654	-64,220
5	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	5,414	12,051	-52,168
6	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	5,156	11,478	-40,691
7	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	4,910	10,931	-29,760
8	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	4,677	10,410	-19,349
9	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	4,454	9,915	-9,435
10	0	6,910	15,381	15,381	11,876	15,381	0	4,242	9,443	8
11	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	4,040	8,993	9,001
12	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	3,847	8,565	17,566
13	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	3,664	8,157	25,723
14	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	3,490	7,768	33,491
15	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	3,324	7,399	40,890
16	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	3,165	7,046	47,936
17	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	3,015	6,711	54,646
18	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	2,871	6,391	61,038
19	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	2,734	6,087	67,124
20	0	6,910	15,381	15,381	0	15,381	0	2,604	5,797	72,921

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(9+1) 10 年計算，  
回收年限 10 年； 平均發電成本： 1.38 元/度
- 2.電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 09 月竹北廠內台電平均每度電售價)
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10 年： 0.0% 20 年： 6.2%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 6.年發電量以最低符合投資效益年總發電量

表4-13 為各情境投資基準點效益分析，由表可得知在政府無補助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量為691萬(KWH)，有投資風力發電機建置意願最小政府補助款金額(比例)為31.29%。

**表4-13. 各情境投資基準點效益分析**

各情境	分析結果
有投資風力發電機建置意願最小政府補助款金額(比例)	31.29%
政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量	892.8 萬(KWH)
政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量	691 萬 (KWH)



#### 4.1.12 春風示範系統與麥寮示範系統投資效益分析比較(依94年度為基準年)

##### 1、麥寮示範系統:

- (1).投資成本：總投資新台幣 9,500 萬(含展示用軟、硬體部分)。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).94 年總發電量：704.6 萬 (KWH)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：春風廠台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-14 為麥寮示範系統投資效益評估、政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知:

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR) -0.3 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR)5.9 %
- (4).平均發電成本為 1.25 元/度
- (5).折現回收年限為 10.17 年

**表4-14 麥寮示範系統投資效益評估、政府無補助款、折舊年限20年下之10  
與20年內部報酬率(94年實際總發電量)**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	95,000		0	-95,000	0		95,000		-95,000	-95,000
1	950	7,046	15,684	14,734	4,750	12,238	905	6,710	11,655	-83,345
2	979	7,046	15,684	14,706	4,750	12,217	888	6,391	11,081	-72,264
3	1,008	7,046	15,684	14,677	4,750	12,195	871	6,087	10,534	-61,729
4	1,038	7,046	15,684	14,646	4,750	12,172	854	5,797	10,014	-51,715
5	1,069	7,046	15,684	14,615	4,750	12,149	838	5,521	9,519	-42,196
6	1,101	7,046	15,684	14,583	4,750	12,125	822	5,258	9,048	-33,148
7	1,134	7,046	15,684	14,550	4,750	12,100	806	5,007	8,599	-24,549
8	1,168	7,046	15,684	14,516	4,750	12,075	791	4,769	8,173	-16,376
9	1,203	7,046	15,684	14,481	4,750	12,048	776	4,542	7,766	-8,610
10	1,240	7,046	15,684	14,445	4,750	12,021	761	4,326	7,380	-1,230
11	1,277	7,046	15,684	14,408	4,750	11,993	746	4,120	7,012	5,782
12	1,315	7,046	15,684	14,369	4,750	11,965	732	3,923	6,663	12,445
13	1,354	7,046	15,684	14,330	4,750	11,935	718	3,737	6,329	18,774
14	1,395	7,046	15,684	14,289	4,750	11,904	705	3,559	6,012	24,786
15	1,437	7,046	15,684	14,247	4,750	11,873	691	3,389	5,711	30,497
16	1,480	7,046	15,684	14,204	4,750	11,841	678	3,228	5,424	35,922
17	1,524	7,046	15,684	14,160	4,750	11,807	665	3,074	5,151	41,073
18	1,570	7,046	15,684	14,114	4,750	11,773	652	2,928	4,892	45,965
19	1,617	7,046	15,684	14,067	4,750	11,738	640	2,788	4,645	50,610
20	1,666	7,046	15,684	14,019	4,750	11,701	628	2,656	4,410	55,020

- 1.自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限 10.17 年； 平均發電成本： 1.25 元/度
- 2.電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月春風廠內台電平均每度電售價)
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10 年： -0.3% 20 年： 5.9%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 6.年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)



## 2、春風示範系統：

- (1).投資成本：總投資 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。
- (2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。
- (3).94 年總發電量：728.9 萬 (KWH)
- (4).變動成本：無
- (5).折現率：5 %
- (6).通貨膨脹率：3 %
- (7).營業所得稅率：25 %
- (8).平均發電成本計算方式：春風廠台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)

表 4-15 為春風示範系統投資效益評估、政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

- (1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算
- (2).以電能售價 2.226 元/度售出計價
- (3).10 年的內部報酬率(IRR) -3.2 %
- (3).20 年的內部報酬率(IRR) 3.6%
- (4).平均發電成本為 1.45 元/度
- (5).折現回收年限為 12.55 年

**表4-15. 春風示範系統投資效益評估、政府無補助款、折舊年限20年下之10  
與20年內部報酬率(94年實際總發電量)**

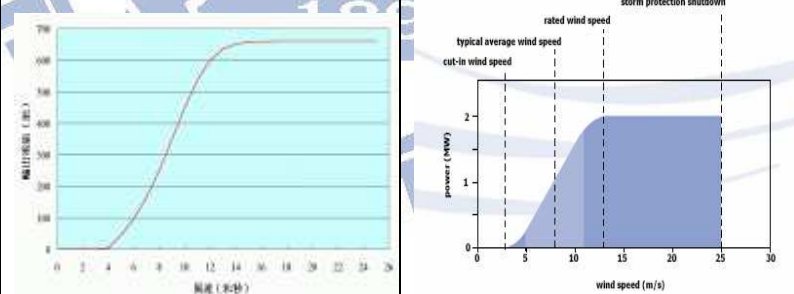
年	成本 投入 (仟元)	年發 電量 (仟度)	售電 收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現 金流量 (仟元)	成本 現值 (仟元)	發電量 現值 (仟度)	稅後現金 流量現值 (仟元)	累積稅後現 金流量現值 (仟元)
0	116,760		0	-116,760	0		116,760		-116,760	-116,760
1	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	1,112	6,942	12,145	-104,615
2	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	1,059	6,611	11,566	-93,049
3	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	1,009	6,297	11,016	-82,033
4	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	961	5,997	10,491	-71,542
5	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	915	5,711	9,992	-61,551
6	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	872	5,439	9,516	-52,035
7	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	830	5,180	9,063	-42,972
8	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	791	4,933	8,631	-34,341
9	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	753	4,699	8,220	-26,121
10	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	717	4,475	7,829	-18,292
11	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	683	4,262	7,456	-10,837
12	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	650	4,059	7,101	-3,736
13	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	619	3,866	6,763	3,027
14	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	590	3,681	6,441	9,467
15	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	562	3,506	6,134	15,601
16	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	535	3,339	5,842	21,443
17	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	510	3,180	5,564	27,007
18	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	485	3,029	5,299	32,306
19	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	462	2,885	5,046	37,352
20	1,168	7,289	16,225	15,057	5,838	12,752	440	2,747	4,806	42,158

註：

- 扣除補助款後；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限: 12.55 年 平均發電成本： 1.45 元/度
- 電能售價 2.226 元/度出售(97 年 01 月至 98 年 10 月春風廠內台電平均每度電售價)
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： -3.2% 20 年： 3.8%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% (包含補助款之設備投資總金額 1%)
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

表4-16 為麥寮示範系統與春風示範系統比較表，由表可得就依每度電發電成本結果而言，麥寮示範系統每度電電價為1.25元/度，較春風示範系統為1.45元/度電價低，如果不考慮地區性風速大小差異，則麥寮示範系統投資效益較春風示範系統佳。

**表4-16. 麥寮示範系統與春風示範系統比較表**

項目	麥寮示範系統	春風示範系統
總投資費用	9,500 萬	11,876 萬
機型	Vestas V47-660kw*4 台	Vestas V66-1750kw*2 台
起動風速	4(M/S)	4(M/S)
滿載風速	15(M/S)	14(M/S)
關機風速	25(M/S)	25(M/S)
葉片直徑	47(M)	66(M)
塔高	45(M)	60(M)
94 年總發電量	7,045,865(KWH)	7,289,211(KWH)
94 年平均風速	7.137(M/S)	6.128(M/S)
10 年的內部報酬率	-0.3(%)	-3.2(%)
20 年的內部報酬率	5.9(%)	3.6(%)
平均發電成本	1.25(元/度)	1.45(元/度)
折現回收年限	10.17(年)	12.55(年)
風力發電機輸出曲線		

## 4.2 溫室氣體減量成果

從再生能源與傳統能源發電成本價格比較可以得知，再生能源單以發電成本為考量點出發，並無法與傳統能源競爭。因此加入碳稅為減量策略之一進行評估。若對發電時會產生二氧化碳之傳統能源課徵碳稅，一方面增加再生能源與傳統能源之競爭力，另一方面課徵碳稅對於二氧化碳減量可達到之效果。北歐已實施碳稅，發現其每噸二氧化碳徵收之碳稅值在2.44-46.94美金之間，換算台幣約在85-1650元左右。<sup>【2】</sup>。

碳稅是針對減緩溫室效應所設計之稅制，其定義為「對投入（或生產）單位化石燃料，以其歸屬價格（imputed price）評價其使用而產生二氧化碳歸屬價格之稅金，由化石燃料之消費者或生產者負擔。」<sup>【2】</sup>。基本上，碳稅是依據各種能源含碳量多寡決定課稅額度。以台灣目前最常用之石化燃料：煤、石油及天然氣為例，高含碳量之煤課稅額度最高、石油次之、天然氣最少。而核能、水力、再生能源等無碳能源則不予課稅。亦即，碳稅是藉由課稅手段，利用能源價格高低影響能源消費者或使用者之消費行為來降低能源消耗、導向低碳能源與無碳能源之能源替代效果，以達到降低二氧化碳氣體排放之目的<sup>【34】</sup>。

本小節之研究主要是將風力發電機自92年01月至98年09月期間總發電量，以工業局溫室氣體盤查排放量軟體工具利用95年能源局電力排放公告係數，將年度風力發電機總發電量代入，換算成二氧化碳的總排放減量值，並以每噸碳稅600元為價格，換算成每度電因徵收碳稅降低的成本，並代入加入碳稅後，政府無補助款、折舊年限20年與10年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）計算，以確定加入碳稅後是否具有投資效益。

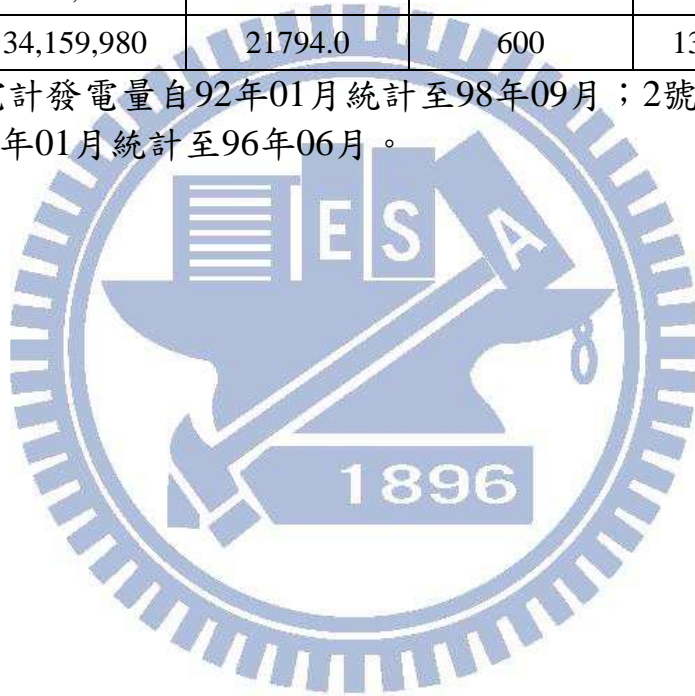
表4-17 為風力發電機發電量換算溫室氣體減量表，由表可得知92年01月至98年09月1、2號風力發電機總發電量為34,159,980（KWH），減少二氧化碳排放21,794（噸），每噸碳稅為600元計算，總溫室氣體減量效益為13,076,440元。則平均每度電價因溫室氣體減量排放，徵收碳稅降低了0.382（元/KWH）發電成本。



**表4-17 風力發電機發電量換算溫室氣體減量效益表**

年度 (年)	1、2 號風力發 電機總發電量 (KWH)	換算 CO <sub>2</sub> 量 (噸)	碳稅單價 (元/噸)	效益 (元)
92	5,943,112	3791.7	600	2,275,023
93	5,180,026	3304.8	600	1,982,914
94	7,289,221	4650.5	600	2,790,314
95	5,728,821	3654.9	600	2,192,993
96	5,302,300	3382.8	600	2,029,720
97	3,826,300	2441.1	600	1,464,708
98	889,200	567.3	600	340,386
合計	34,159,980	21794.0	600	13,076,440

註:1號風力發電計發電量自92年01月統計至98年09月；2號風力發電機發電量自92年01月統計至96年06月。



#### 4.2.1 加入碳稅後，政府無輔助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）

(1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)+徵收碳稅降低發電成本 0.382 元/度

表 4-18 為加入碳稅後、政府無輔助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算

(2).以電能售價 2.608 元/度售出計價

(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價+徵收發電成本之碳稅)

(3).10 年的內部報酬率(IRR)-4.1 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)3.0 %

(4).平均發電成本為 1.82 元/度

(5).折現回收年限為 13.46 年

**表4-18. 加入碳稅後，政府無補助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	6,085	15,870	14,682	5,938	12,496	1,131	5,795	11,901	-106,859
2	1,224	6,085	15,870	14,646	5,938	12,469	1,110	5,519	11,310	-95,549
3	1,260	6,085	15,870	14,609	5,938	12,441	1,089	5,256	10,747	-84,802
4	1,298	6,085	15,870	14,572	5,938	12,413	1,068	5,006	10,212	-74,590
5	1,337	6,085	15,870	14,533	5,938	12,384	1,048	4,768	9,703	-64,887
6	1,377	6,085	15,870	14,492	5,938	12,354	1,028	4,541	9,219	-55,668
7	1,419	6,085	15,870	14,451	5,938	12,323	1,008	4,324	8,758	-46,910
8	1,461	6,085	15,870	14,409	5,938	12,291	989	4,119	8,319	-38,591
9	1,505	6,085	15,870	14,365	5,938	12,258	970	3,922	7,902	-30,690
10	1,550	6,085	15,870	14,320	5,938	12,224	952	3,736	7,504	-23,185
11	1,597	6,085	15,870	14,273	5,938	12,189	933	3,558	7,127	-16,059
12	1,644	6,085	15,870	14,225	5,938	12,153	916	3,388	6,767	-9,291
13	1,694	6,085	15,870	14,176	5,938	12,116	898	3,227	6,425	-2,866
14	1,745	6,085	15,870	14,125	5,938	12,078	881	3,073	6,100	3,234
15	1,797	6,085	15,870	14,073	5,938	12,039	864	2,927	5,791	9,025
16	1,851	6,085	15,870	14,019	5,938	11,999	848	2,788	5,497	14,522
17	1,906	6,085	15,870	13,963	5,938	11,957	832	2,655	5,217	19,739
18	1,964	6,085	15,870	13,906	5,938	11,914	816	2,528	4,951	24,689
19	2,022	6,085	15,870	13,847	5,938	11,870	800	2,408	4,697	29,387
20	2,083	6,085	15,870	13,787	5,938	11,824	785	2,293	4,456	33,843

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為20年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限13.46 年； 平均發電成本： 1.82 元/度  
元/度出售(97年01月至98年10月竹北廠內台電平均每度電售價)+徵收發電成本之碳稅
- 2.電能售價 2.608
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10年： -4.1% 20年： 3.0%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% （包含補助款之設備投資總金額1%）
- 6.年發電量以92年01月至98年09月發電量為計算依據(因2號風力發電機損壞,計算至96年06月30日)

#### 4.2.2 加入碳稅後，政府無輔助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）

(1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).平均發電成本計算方式：台電每度電價平均(97 年 01 至 98 年 10 月)+徵收碳稅降低發電成本 0.382 元/度

表 4-19 為加入碳稅後、政府無輔助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 10 年計算

(2).以電能售價 2.608 元/度售出計價

(97 年 01 月至 98 年 10 月竹北廠內台電平均每度電售價+徵收發電成本之碳稅)

(3).10 年的內部報酬率(IRR)-2.0 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)3.7 %

(4).平均發電成本為 1.82 元/度

(5).折現回收年限為 11.91 年



**表4-19. 加入碳稅後，政府無輔助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	6,085	15,870	14,682	11,876	13,980	1,131	5,795	13,314	-105,446
2	1,224	6,085	15,870	14,646	11,876	13,954	1,110	5,519	12,657	-92,789
3	1,260	6,085	15,870	14,609	11,876	13,926	1,089	5,256	12,030	-80,759
4	1,298	6,085	15,870	14,572	11,876	13,898	1,068	5,006	11,434	-69,325
5	1,337	6,085	15,870	14,533	11,876	13,868	1,048	4,768	10,866	-58,459
6	1,377	6,085	15,870	14,492	11,876	13,838	1,028	4,541	10,326	-48,133
7	1,419	6,085	15,870	14,451	11,876	13,807	1,008	4,324	9,812	-38,321
8	1,461	6,085	15,870	14,409	11,876	13,775	989	4,119	9,323	-28,997
9	1,505	6,085	15,870	14,365	11,876	13,743	970	3,922	8,859	-20,139
10	1,550	6,085	15,870	14,320	11,876	13,709	952	3,736	8,416	-11,722
11	1,597	6,085	15,870	14,273	0	10,705	933	3,558	6,259	-5,463
12	1,644	6,085	15,870	14,225	0	10,669	916	3,388	5,941	477
13	1,694	6,085	15,870	14,176	0	10,632	898	3,227	5,638	6,116
14	1,745	6,085	15,870	14,125	0	10,594	881	3,073	5,351	11,467
15	1,797	6,085	15,870	14,073	0	10,555	864	2,927	5,077	16,544
16	1,851	6,085	15,870	14,019	0	10,514	848	2,788	4,817	21,360
17	1,906	6,085	15,870	13,963	0	10,472	832	2,655	4,569	25,929
18	1,964	6,085	15,870	13,906	0	10,430	816	2,528	4,334	30,263
19	2,022	6,085	15,870	13,847	0	10,385	800	2,408	4,110	34,373
20	2,083	6,085	15,870	13,787	0	10,340	785	2,293	3,897	38,270

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為20年；折舊年限以(9+1) 10 年計算，  
回收年限17.6 年； 平均發電成本： 1.82 元/度  
元/度出售(97年01月至98年09月竹北廠內台電平均每度電售價)+徵收發電成本之碳稅
- 2.電能售價 2.608
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10年： -2.0% 20年： 3.7%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% （包含補助款之設備投資總金額1%）
- 6.年發電量以92年01月至98年09月發電量為計算依據

由結果可得知，加入徵收碳稅後降低發電成本計算，政府無輔助款、折舊年限20與10年下之10年與20年的內部報酬率為低，投資回收年限皆超過10年。

#### 4.2.3 政府無補助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅

(1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).最低收購發電電價計算方式：台電每度電價平均 2.226 元(97 年 01 至 98 年 10 月)+徵收碳稅降低發電成本 1.04 元/度=3.266 元

(9).最低每度電電價徵收碳稅為 1.04 元

表 4-20 為政府無補助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 20 年計算

(2).以電能售價 3.266 元/度售出計價

(3).10 年的內部報酬率(IRR) 0 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)6.1 %

(4).平均發電成本為 1.82 元/度

(5).折現回收年限為 10 年

**表4-20 政府無補助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅**

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	6,085	19,873	18,685	5,938	15,498	1,131	5,795	14,760	-104,000
2	1,224	6,085	19,873	18,650	5,938	15,472	1,110	5,519	14,034	-89,966
3	1,260	6,085	19,873	18,613	5,938	15,444	1,089	5,256	13,341	-76,625
4	1,298	6,085	19,873	18,575	5,938	15,416	1,068	5,006	12,683	-63,943
5	1,337	6,085	19,873	18,536	5,938	15,387	1,048	4,768	12,056	-51,886
6	1,377	6,085	19,873	18,496	5,938	15,356	1,028	4,541	11,459	-40,428
7	1,419	6,085	19,873	18,455	5,938	15,325	1,008	4,324	10,891	-29,536
8	1,461	6,085	19,873	18,412	5,938	15,294	989	4,119	10,352	-19,185
9	1,505	6,085	19,873	18,368	5,938	15,261	970	3,922	9,837	-9,347
10	1,550	6,085	19,873	18,323	5,938	15,227	952	3,736	9,348	1
11	1,597	6,085	19,873	18,277	5,938	15,192	933	3,558	8,882	8,883
12	1,644	6,085	19,873	18,229	5,938	15,156	916	3,388	8,439	17,323
13	1,694	6,085	19,873	18,179	5,938	15,119	898	3,227	8,018	25,340
14	1,745	6,085	19,873	18,129	5,938	15,081	881	3,073	7,617	32,957
15	1,797	6,085	19,873	18,076	5,938	15,042	864	2,927	7,235	40,193
16	1,851	6,085	19,873	18,022	5,938	15,001	848	2,788	6,872	47,065
17	1,906	6,085	19,873	17,967	5,938	14,960	832	2,655	6,527	53,592
18	1,964	6,085	19,873	17,910	5,938	14,917	816	2,528	6,198	59,790
19	2,022	6,085	19,873	17,851	5,938	14,872	800	2,408	5,885	65,676
20	2,083	6,085	19,873	17,790	5,938	14,827	785	2,293	5,588	71,264

註：

- 自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(19+1) 20 年計算，  
回收年限 10 年； 平均發電成本： 1.82 元/度
- 電能售價 3.26592 元/度出售
- 通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 內部報酬率 IRR 10 年： 0.0% 20 年： 6.1%
- 每年投入成本為設備投入總金額 1% （包含補助款之設備投資總金額 1%）
- 年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據(因 2 號風力發電機損壞,計算至 96 年 06 月 30 日)

#### 4.2.4 政府無補助款、折舊年限10年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅

(1).投資成本：總投資新台幣 11,876 萬(含展示用軟、硬體部分)。

(2).維護運轉費：以設備投入總金額之 1 %。

(3).年總發電量實際值：608.5 萬 (KWH)

(年總發電量實際值來源:1 號風力發電機發電量自 92 年 01 月 01 日計算至 98 年 09 月 30 日;2 號風力發電機因 96 年 8 月 8 日損壞，發電量計算自 92 年 01 月 01 日至 96 年 06 月 30 日，依表 4-17 所示，將 1.2 號風力發電機季平均發電量相加，所得季平均總發電量乘四，即可得到年平均總發電量)

(4).變動成本：無

(5).折現率：5 %

(6).通貨膨脹率：3 %

(7).營業所得稅率：25 %

(8).最低收購發電電價計算方式：台電每度電價平均 2.226 元 (97 年 01 至 98 年 10 月)+徵收碳稅降低發電成本 0.714 元/度=2.940 元

(9).最低每度電電價徵收碳稅為 0.714 元

表 4-21 為政府無補助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅，由表可得知：

(1).設備壽命為 20 年，折舊以 10 年計算

(2).以電能售價 2.940 元/度售出計價

(3).10 年的內部報酬率(IRR) 0 %

(3).20 年的內部報酬率(IRR)5.3 %

(4).平均發電成本為 1.82 元/度

(5).折現回收年限為 10 年



表4-21 政府無補助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅

年	成本投入 (仟元)	年發電量 (仟度)	售電收入 (仟元)	淨收入 (仟元)	折舊 (仟元)	稅後現金流量 (仟元)	成本現值 (仟元)	發電量現值 (仟度)	稅後現金流量現值 (仟元)	累積稅後現金流量現值 (仟元)
0	118,760		0	-118,760	0		118,760		-118,760	-118,760
1	1,188	6,085	17,894	16,706	11,876	15,498	1,131	5,795	14,760	-104,000
2	1,224	6,085	17,894	16,670	11,876	15,471	1,110	5,519	14,033	-89,967
3	1,260	6,085	17,894	16,633	11,876	15,444	1,089	5,256	13,341	-76,626
4	1,298	6,085	17,894	16,595	11,876	15,416	1,068	5,006	12,683	-63,943
5	1,337	6,085	17,894	16,556	11,876	15,386	1,048	4,768	12,055	-51,888
6	1,377	6,085	17,894	16,516	11,876	15,356	1,028	4,541	11,459	-40,429
7	1,419	6,085	17,894	16,475	11,876	15,325	1,008	4,324	10,891	-29,538
8	1,461	6,085	17,894	16,432	11,876	15,293	989	4,119	10,351	-19,187
9	1,505	6,085	17,894	16,389	11,876	15,260	970	3,922	9,837	-9,350
10	1,550	6,085	17,894	16,343	11,876	15,227	952	3,736	9,348	-2
11	1,597	6,085	17,894	16,297	0	12,223	933	3,558	7,147	7,144
12	1,644	6,085	17,894	16,249	0	12,187	916	3,388	6,786	13,930
13	1,694	6,085	17,894	16,200	0	12,150	898	3,227	6,443	20,374
14	1,745	6,085	17,894	16,149	0	12,112	881	3,073	6,117	26,491
15	1,797	6,085	17,894	16,097	0	12,072	864	2,927	5,807	32,298
16	1,851	6,085	17,894	16,043	0	12,032	848	2,788	5,512	37,810
17	1,906	6,085	17,894	15,987	0	11,990	832	2,655	5,231	43,041
18	1,964	6,085	17,894	15,930	0	11,947	816	2,528	4,964	48,005
19	2,022	6,085	17,894	15,871	0	11,903	800	2,408	4,710	52,716
20	2,083	6,085	17,894	15,810	0	11,858	785	2,293	4,469	57,185

註：

- 1.自行投資；設備壽命仍為 20 年；折舊年限以(9+1) 10 年計算，  
回收年限 10 年； 平均發電成本： 1.82 元/度
- 2.電能售價 2.9406 元/度出售
- 3.通貨膨脹 3% 折現率 5.00% ；營業稅： 25%
- 4.內部報酬率 IRR 10 年： 0.0% 20 年： 5.3%
- 5.每年投入成本為設備投入總金額 1% （包含補助款之設備投資總金額 1%）
- 6.年發電量以 92 年 01 月至 98 年 09 月發電量為計算依據

表4-22 為碳稅與最低收購電價各情境投資效益分析，由表可得知加入碳稅後，投資效益以折舊10年為較具投資效益。最低收購電價與碳稅分別為2.940元/度與0.714元，投資效益以折舊10年為較具投資效益。

**表4-22.碳稅與最低收購電價各情境投資效益分析**

各情境	分析結果
加入碳稅後，政府無輔助款、折舊年限20年下之10與20年內部報酬率（年總發電量實際值）	10 年的內部報酬率(IRR)-4.1 % 20 年的內部報酬率(IRR)3.0 % 平均發電成本為 1.82 元/度 折現回收年限為 13.46 年
加入碳稅後，政府無輔助款、折舊年限10 年下之 10 與 20 年內部報酬率(年總發電量實際值)	10 年的內部報酬率(IRR)-2.0 % 20 年的內部報酬率(IRR)3.7 % 平均發電成本為 1.82 元/度 折現回收年限為 11.91 年
政府無輔助款、折舊年限 20 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅	最低收購發電電價: 3.266 元/度 最低每度電電價徵收碳稅為:1.04 元
政府無輔助款、折舊年限 10 年下之 10 與 20 年內部報酬率（年總發電量實際值）、最低收購電價與碳稅	最低收購發電電價: 2.940 元/度 最低每度電電價徵收碳稅為:0.714 元

### 4.3 推廣教育成果

透過行動式之宣導教育，將可促進一般民眾瞭解風力發電綠色能源，具有能源多元化及環保之雙重效益，進而支持風力發電使用，將有利風力發電之推廣，加速國內風力發電之開發。在 7 年期示範推廣（民國 92 年 10 月至 98 年 09 月），已帶動國內風力發電應用風潮，逐年增加台灣風力發電裝置容量。

本小節之研究主要是針對，參觀人數年齡層之分佈、人數多寡，做一統計分析，進而了解台灣政府對於風力發電機再生能源教育推廣情況，與企業體設置風力發電機，對企業體形象提昇，無形中也增加民眾對於公司認識，進一步帶動公司產品的商機。

表 4-23 為參訪人數統計表，由表可得知 92 年 01 月至 98 年 09 月參觀人數共 10,004 人。圖 4-1 為 92-98 年度參訪單位與人數比例分佈圖，由圖可得知社會各階層都有參訪，其中以國小學生最多，可得知再生能源推廣目前對於國小校內推廣是積極教育。圖 4-2 為 92-98 年度人數參訪趨勢圖，由圖可得知 92 年至 98 年參訪人數，由 92 年至 93 年逐年增加，初期政府對風力發電機推廣及民眾對風力發電機好奇，93 年度參訪人數達最高峰，之後因各地紛紛新建置風力發電機，以及民眾對於風力發電機以有進一步的了解，漸漸參訪人數由 94 年後逐年降低。建置風力發電機初期，政府補助款為 55,022,000 元，參訪人數 1,004 人，平均每人所花費補助款為 5,500 元。

表4-23. 參訪人數統計表

年度	92	93	94	95	96	97	98	合計	參訪比例
幼稚園	76	157	200	156	180	0	0	769	7.69%
國小	1705	1085	437	12	0	0	0	4096	40.94%
國中	672	427	390	164	0	0	0	1988	19.87%
高中	0	61	495	0	0	0	0	556	5.56%
大學	67	55	38	117	439	71	0	787	7.87%
企業團體	0	189	18	54	123	16	4	404	4.04%
其他團體	324	585	320	5	45	0	0	1404	14.03%
參訪次數	26	38	28	19	19	7	1		
合計	2844	2559	1898	508	787	87	4	10004	100.00%

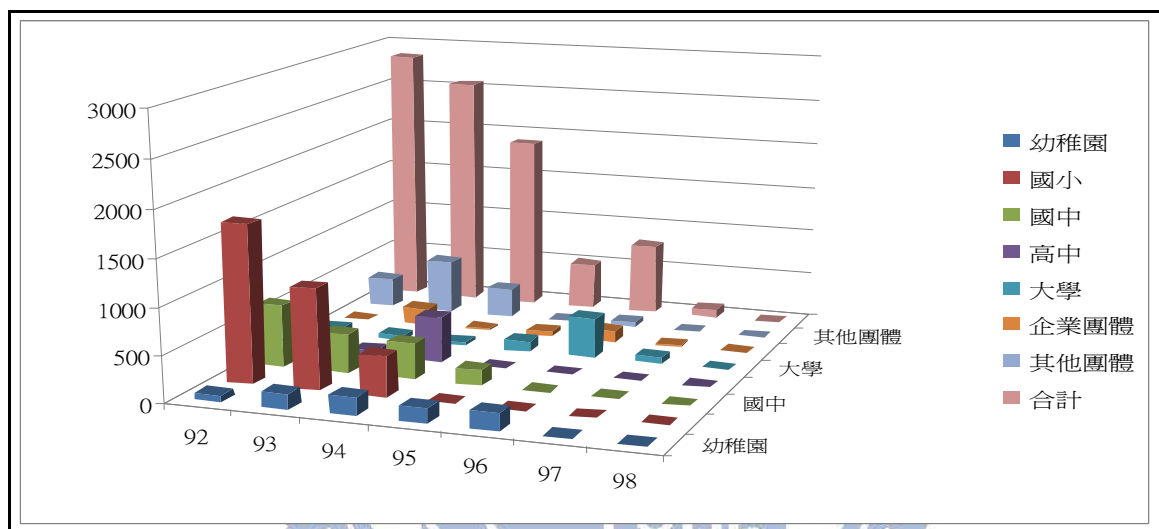


圖4-1. 92-98年度參訪單位與人數比例分佈圖

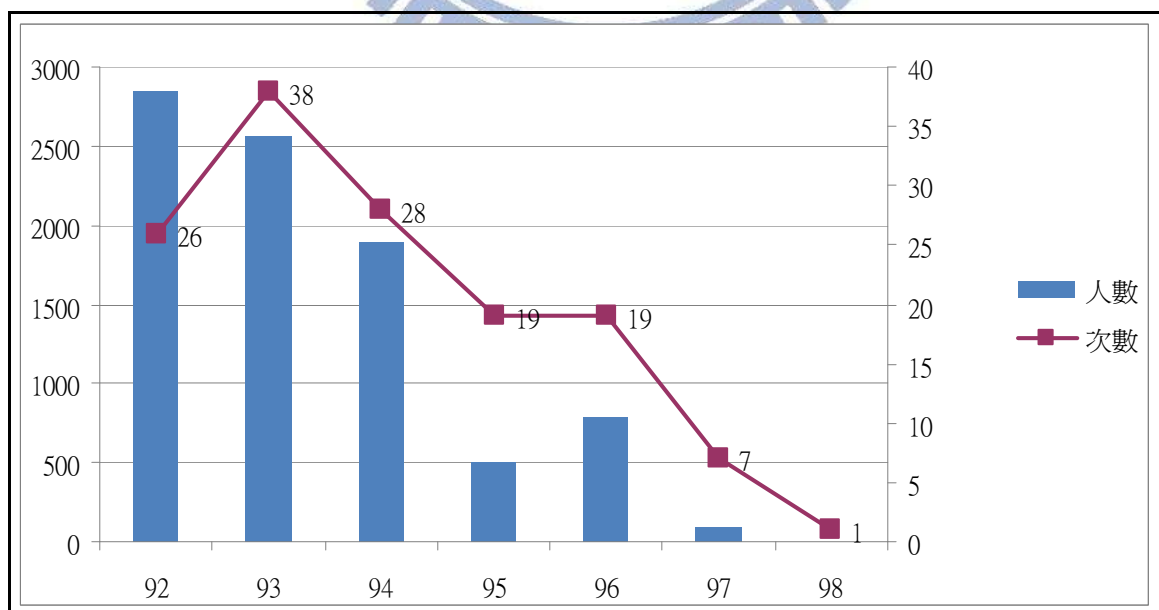


圖 4-2. 92-98 年度人數參訪趨勢圖



#### 4.4 故障原因分析

有鑑於國內風力發電機系統陸續興建，對於現有國內各地風力發電機之運轉率都偏低，尤其超過1000KW之大型風力發電機，常因故障而無法運轉，造成發電量減少。

本小節旨在研究就針對VESTAS此型風力發電機，自92年01月運轉至98年09月之間，運轉期間所發生之故障，分電氣故障因素、機械故障因素與天然因素，做一統計分析，並針對統計後結果分析加以討論，供案例與有相同設備之操作單位，於故障維修時作為參考，並分析現行台灣風力發電機故障維修之困難點。

表4-24 為1號風力發電機故障統計分析表，由表可得知1號風力發電機電氣故障占23件，機械故障佔17件。表4-25 為2號風力發電機故障統計分析表，由表可得知2號風力發電機電氣故障佔24件，機械故障佔4件。圖4-3 為92-98年度1號風力發電機故障因素分析柱狀圖，由圖可得知1號風力發電機於96年間，發生電氣設備故障有7次之多。圖4-4 為92-98年度2號風力發電機故障因素分析柱狀圖，由圖可得知2號風力發電機於95年間，發生電氣設備故障有13次之多。兩台故障原因都以電氣故障原因居多，其中2號風力發電機又因96年8月因雷擊失火，及損壞無法運轉，因此2號風力發電機故障記錄收集至96年8月。

風力發電機發電量由92年初運轉後，發電量逐年增加，以94年度發電量合計最多，但至95年後因設備消耗性零件故障，國內尚無相關維修技術與備品，因此等待技師與備品時間而影響到運轉率與發電量。就機械故障最主要原因為增速機齒輪磨損，而電氣最大損壞原因則為發電機本身線圈損壞為主，以及電路控制閥體損壞。目前風力發電機故障原因大部份為電氣設備損壞居多數。因此備品開發與生產，國內須要有專業廠商研發與生產，則可避免因進口備品延遲而降低風力發電機運轉率。

表4-24. 1號風力發電機故障統計分析表

1 號風力發電機								
年度	92	93	94	95	96	97	98	合計
機械因素	0	3	1	3	3	4	3	17
電氣因素	0	4	3	3	7	2	4	23
天然因素	0	1	0	0	0	0	0	1
其他因素	0	0	0	1	0	0	0	1
故障次數	0	8	4	7	10	6	7	42
故障時間(分)	0	53722	3120	298050	4634	3900	206460	569886
平均運轉率 (%)	81.46	89.76	98.68	45.48	99.2	99.24	35.33	78.45

表4-25. 2號風力發電機故障統計分析表

2 號風力發電機								
年度	92	93	94	95	96	97	98	合計
機械因素	0	2	0	0	2	損	損	4
電氣因素	0	3	2	13	6	壞	壞	24
天然因素	0	0	0	0	0	停	停	0
其他因素	0	0	0	0	0	止	止	0
故障次數	0	5	2	13	8	運	運	28
故障時間	0	203407	1440	16500	214980	轉	轉	436327
平均運轉率 (%)	84.58	61.23	99.48	96.97	59.53			80.35

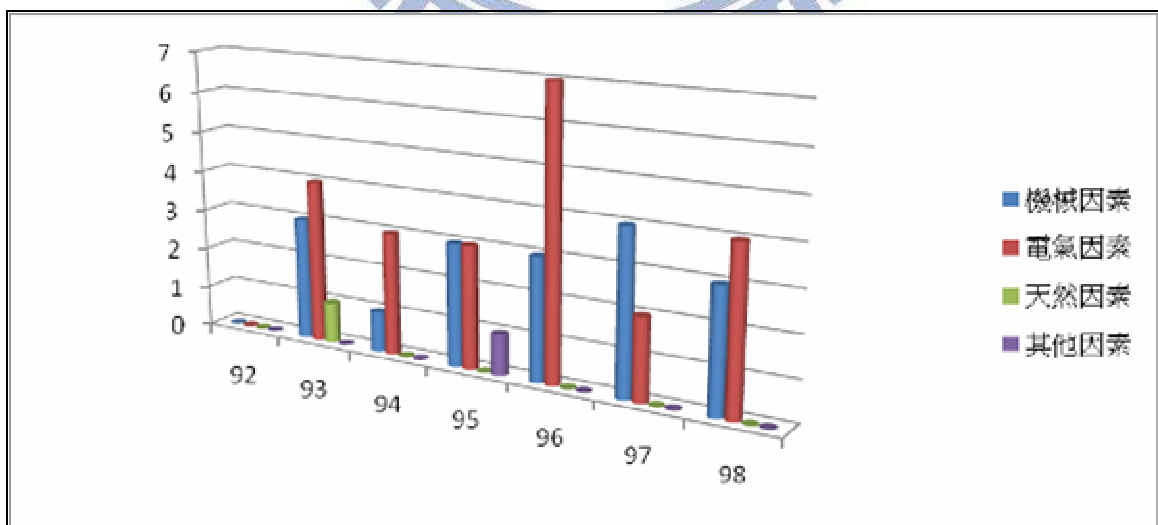


圖4-3. 92-98年度1號風力發電機故障因素分析柱狀圖

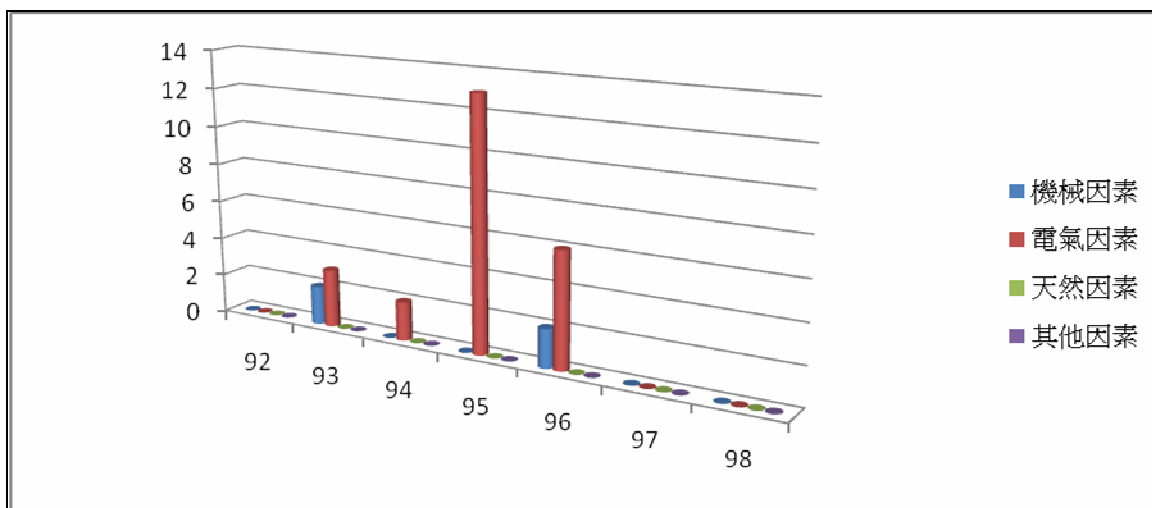


圖4-4. 92-98年度2號風力發電機故障因素分析柱狀圖

圖4-5 為風力發電機重大故障相片，由圖可得知風力發電機主要重大故障為發電機的損壞與聯接器損壞。



圖4-5. 風力發電機重大故障相片

#### 4.5 風力發電機各項理論值與實際運轉值比較

台灣為海島型氣候，每年四季風速變化差異性較為明顯。但風力發電機建置時，以有評估本個案研究廠區之年平均風速值、風力發電機發電量與風速之關係等，以確認是否能符合建置風力發電機之條件。

本小節之研究主要目的是比較自建置時各項理論值與實際運轉值之比較。先收集92年1月-98年09月之間，廠內風力發電機運轉記錄表，利用Excel圖表統計分析，並針對建置風力發電機系統時，評估廠區理論年平均風速值與實際運轉年平均風速值做分析比較，及風力發電機發電量與風速之關係，分析比較原廠設計理論值與實際運轉值之不同處，及其他項目實際運轉值的比較。最後針對新竹地區四季變化，產生不同風速，對於風力發電機發電量與季節性變化，所產生發電量變化統計分析，以了解風力發電機在那一季節裡風力發電機發電量最大量與最小量，可供設備維修時間調配，已利運轉率之提昇。

表 4-26 台電與春風發電機示範系統運轉記錄表，由表可得知 92 年 01 月至 98 年 09 月竹北廠台電用電量、1.2 號風力發電機季發電量、季運轉率、季平均風速等數據。



表 4-26. 台電與春風發電機示範系統運轉記錄表

年月份	台電季用 電量 (KWH)	1 號 風力發電 季發電量 (KWH)	2 號 風力發電 季發電量 (KWH)	1 號 風力發電 機季運轉 率(%)	2 號 風力發電 機季運轉 率(%)	1 號 風力發電 機季平均 風速 (M/sec)	2 號 風力發電 機季平均 風速 (M/sec)
92 年 1-3	21994000	355468	1327790	96.01	73.13	7.3	7.13
92 年 4-6	23629100	373895	431344	71.76	76.73	4.77	4.83
92 年 7-9	23737200	219360	366651	58.78	88.96	4.7	4.8
92 年 10-12	21654600	1586253	1282351	99.28	99.51	9.3	9.03
92 年平均	22753725	633744	852034	81.46	84.58	6.51	6.45
93 年 1-3	22571100	837600	922300	81.81	98.13	4.67	4.53
93 年 4-6	23705300	617297	358603	97.03	76.64	5.04	4.93
93 年 7-9	23908800	519520	0	98.59	0.00	5.13	4.94
93 年 10-12	20341200	1126806	797900	82.59	70.15	8.01	6.72
93 年平均	22631600	775305	692934	89.76	61.23	5.71	5.28
94 年 1-3	21308800	1101800	980200	96.8	100.00	6.67	6.03
94 年 4-6	23204900	670500	652300	100	97.96	5.44	5.38
94 年 7-9	23629700	529550	538450	100	99.96	5.12	5.15
94 年 10-12	22076500	1527821	1288600	97.9	100.00	8.10	7.14
94 年平均	22554975	957417	864887	98.68	99.48	6.33	5.93
95 年 1-3	22118900	1282000	878800	99.4	94.30	7.18	6.11
95 年 4-6	24854400	90900	764000	20.2	97.63	5.04	5.74
95 年 7-9	23428100	0	659200	0	97.87	5.31	5.57
95 年 10-12	21691300	806191	1248730	62.33	98.07	7.89	7.06
95 年平均	23023175	544772	887682	45.48	96.97	6.34	6.12
96 年 1-3	22158400	999650	860950	99.73	99.07	6.94	5.97
96 年 4-6	22484800	495850	475750	98.70	98.20	5.28	5.12
96 年 7-9	19782400	550000	損	99.90	損	5.98	損
96 年 10-12	16668800	1920100		98.40		9.32	
96 年平均	20273600	991400		99.2		6.88	
97 年 1-3	17595200	1445600		98.17		7.92	
97 年 4-6	21724800	586100		100.00		5.43	
97 年 7-9	20078400	482600		99.70		5.48	
97 年 10-12	16540800	1312000		99.24		7.56	
97 年平均	18984800	956575		99.24		6.59	
98 年 1-3	15294400	88100		13.84		5.88	
98 年 4-6	21646400	211000		28.84		5.13	
98 年 7-9	21441600	590100		98.62		5.70	
98 年平均	19460800	296400	壞	35.33	壞	5.57	壞
總計	579269900	20326061	13833919	2197.62	1566.34	170.29	106.18
年平均値	21454442	752817.1	768551.1	81.39	87.01	6.30	5.89
年平均最大 値	23023175	991400	887682	99.27	99.48	6.88	6.44
年平均最小 値	19460800	296400	529100	45.48	61.23	5.57	5.28

註:2 號風力發電機於民國 96 年 08 月 08 日遭雷擊損壞，因此 2 號風力發電機相關統計數據計算至民國 96 年 06 月 30 日止。

註:風力發電機總發電量:1 號風力發電機自 92 年 01 月計算至 98 年 9 月 30 日，2 號風力發電機因損壞,計算至 96 年 06 月 30 日止。

#### 4.5.1 南寮地區理論值年平均風速與實際值比較

表4-27 為南寮地區理論年平均風速最大值與最小值與實際年平均風速最大值與最小值比較表，由表可得知南寮地區理論年平均風速最大值與最小值在5.5 (m/s)-7.0 (m/s)之間，實際年平均風速最大值與最小值在5.57 (m/s)-6.88 (m/s)之間，理論年平均風速最大值與最小值與實際年平均風速最大值與最小值差異甚小。另本研究個案之廠區年平均風速為5.5-7.0 (m/sec)，當初投資風力發電機購買14 (m/sec)風速，可達最大發電量1750 KW之風力發電機，統計分析後得知最大可發電量滿載率過低，依據民國97年10-12月運轉記錄分析，達滿載發電量風速14 (m/s)包含14 (m/s)之風速比例為6.26 %。

表4-27. 南寮地區理論年平均風速最大值與最小值與實際年平均風速最大值與最小值比較表

項目	年平均風速 (m/sec)
理論年平均風速最大值與最小值	5.5-7.0
實際年平均風速最大值與最小值	5.57-6.88

#### 4.5.2 理論值與實際值風力發電機風速與發電量之關係:

風速高於14 (m/s)以上，風力發電機的最大輸出電力容量為1,750 KW。圖4-5 為春風風力發電機示範系統實際與理論風速與發電量關係比較圖，由圖可得知風速2-4 (m/s)時，風力發電機起動運轉，風速達14 (m/s)時，達到額定發電量1750 KW，風速達25 (m/s)時，風力發電機即會自動停止運轉，以保護風力發電機運轉安全。另外實際風速與發電量關係相較於理論風速與發電量關係，在風速11-13 (m/s)時，有些許差異，原因為風速偵測器誤差或風力發電機葉片角度導致，值得再進一步探討。

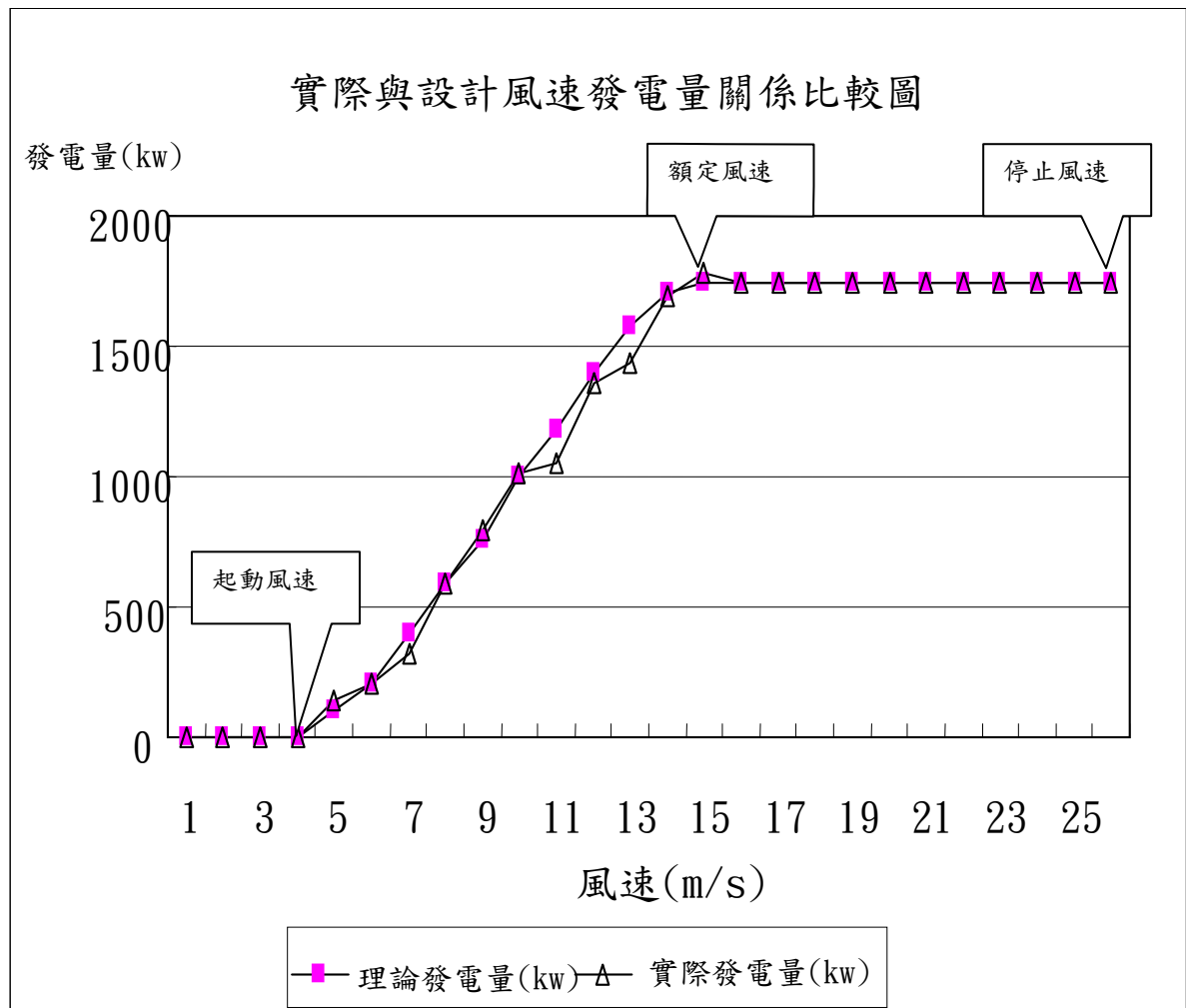


圖4-6.春風風力發電機示範系統實際與設計風速與發電量關係比較圖

#### 4.5.3 季節與風速、發電量變化關係分析

圖4-6 為1號風力發電機季總發電量與季平均風速關係圖，由圖可得知風速大小與總發電量關係成正比，每年最大發電量都集中在10月至隔年3月。

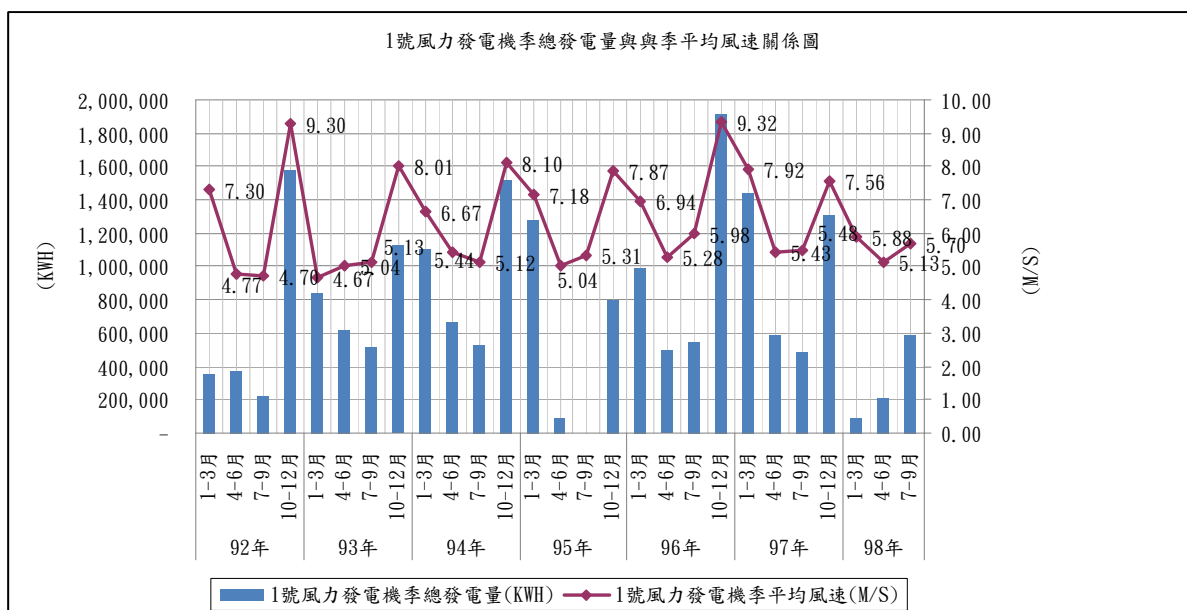


圖4-7. 1號風力發電機季總發電量與季平均風速關係圖

圖4-7 為2號風力發電機季總發電量與季平均風速關係圖，由圖可得知風速大小與總發電量關係成正比，每年最大發電量都集中在10月至隔年3月。

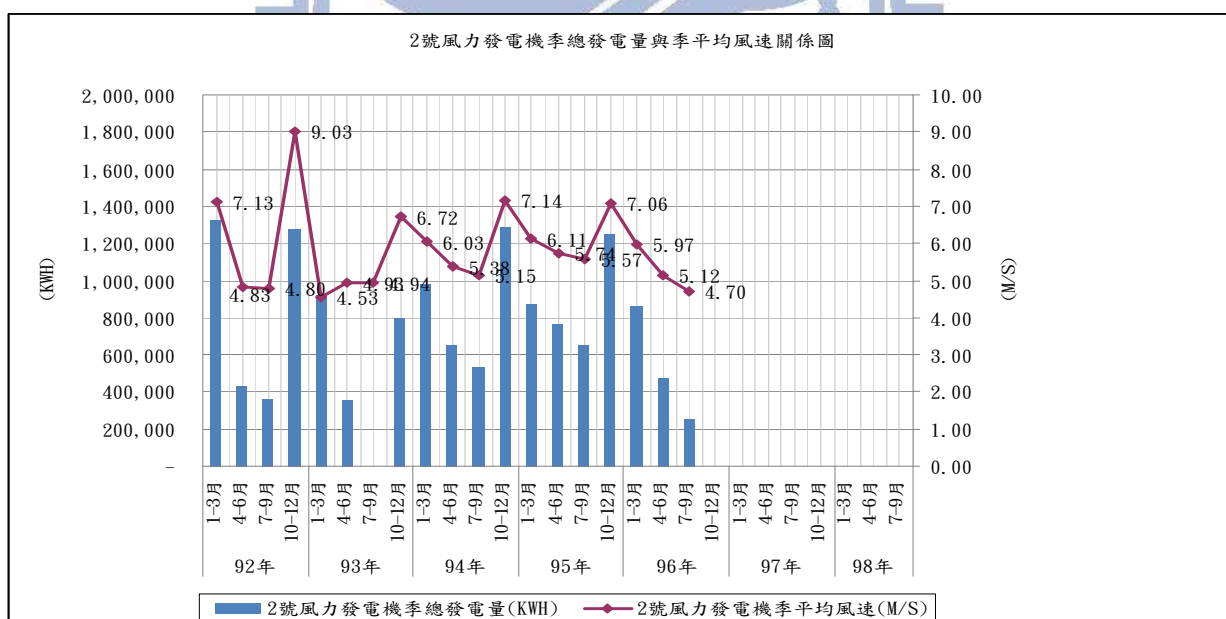


圖4-8. 2號風力發電機季總發電量與季平均風速關係圖

圖4-8 為風力發電機發電量之季變化趨勢，由圖可得知每年各季發電量的多寡趨勢皆為相似。



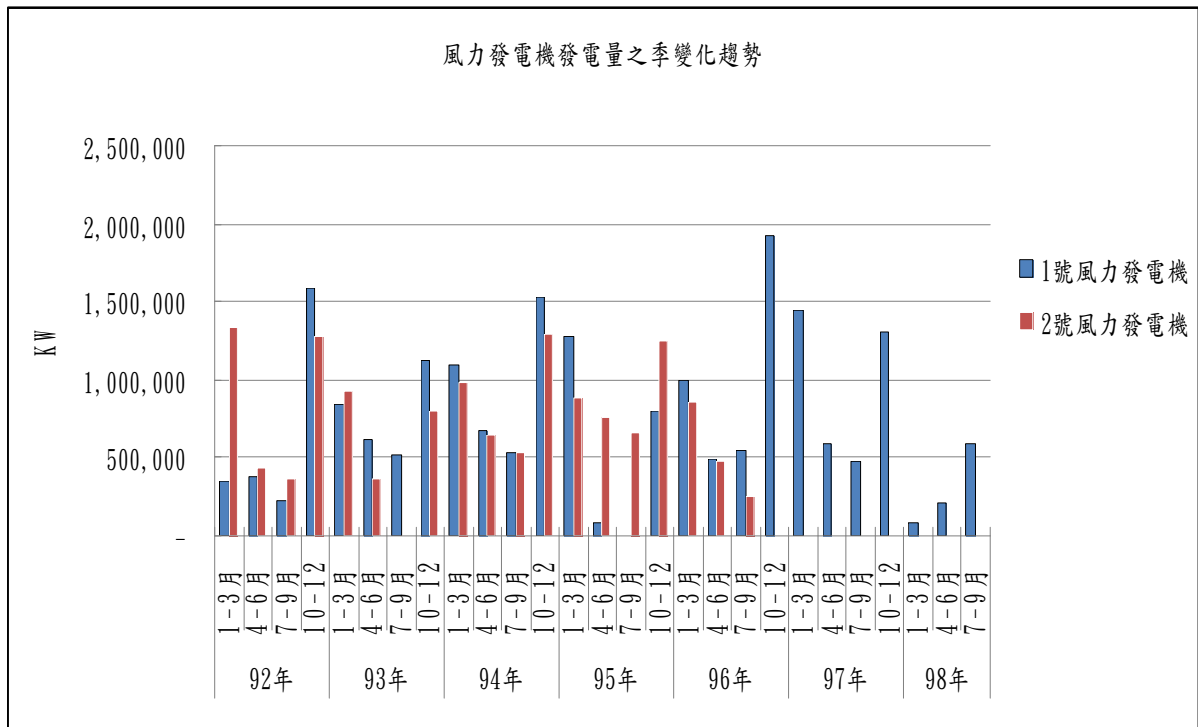


圖4-9. 風力發電機發電量之季變化趨勢

因為每年最大發電量都集中在10月至隔年3月，因此設備大保養可排定於每年4月至9月，以提高風力發電機運轉率。但台灣一般都於7-9月份缺電，因此風力發電機要能提供台灣缺電時機之電量是不可行。另2號風力發電機年平均總發電量大於1號風力發電機年平均總發電量(1號風力發電機自92年01月統計至98年09月，2號風力發電計自92年01月統計至96年06月)，原因為1號風力發電機於95年4-9月因發電機內部線圈故障，有6個月等待國外進口的發電機內部線圈，導致1號風力發電機年平均總發電量較2號風力發電機低。



圖4-10 風力發電機相關位置圖

#### 4.6 本研究對於國內風力發電發展之SWOT分析:

表 4-28 國內風力發電發展之 SWOT 分析，由表可得知目前國內風力發電發展之 SWOT。

優勢方面:國內已有風力發電機運轉操作經驗、以及支持此產業之發展。

弱勢方面:市場切入時機較晚，整合系統設計技術較弱、政府相關的優惠收購電費誘因較小、夏天缺電但風速小，冬天不缺電但風速大，因此用電量需求與發電量成反比。

機會方面:有明確內需市場因環保議題高昇，國際市場熱賣，具產業誘因、離岸式風電市場異軍突起，我國為海島型國家具有開發潛力。

威脅方面:目前國際技術發展太快，需要大量資金與研發人才，且國內難以投入，更須面對世界大廠的競爭，成本是最大的考量、產業形成要先有市場，目前風力發電機投資報酬率太低風險大。



表4-28. 國內風力發電發展之SWOT分析

優勢 ( Strength )	弱勢 ( Weakness )
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.國內已有風力發電機運轉操作經驗。</li> <li>2.產業技術非最尖端，但層面廣（氣動、機電、控制、材料），因此國內具相關技術能力，如能透過風力發電產業聯盟之成立，將可作為風力發電機組研發之整合平台。</li> <li>3.國內支持新產業之建立發展（促產條例等獎勵政策）。</li> <li>4.海島型氣候，臨海豐沛風能與離岸風力發電腹地廣擴。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.風力發電產業起步慢，待扶植建立。</li> <li>2.國內需求市場尚不足以支持產業發展。</li> <li>3.風電產業直接有關之研發能量少。</li> <li>4.市場切入時機較晚，整合系統設計技術含較弱。</li> <li>5.國內零件製造品質跟成本，要能與世界大廠相比較。</li> <li>6.國外擁有零組件專利，若沒有利用市場需求策略，國內難脫 OEM 命運。</li> <li>7.政府相關的優惠收購電費誘因較小。</li> <li>8.夏天缺電但風速小，冬天不缺電但風速大，因此用電量需求與發電量成反比。</li> <li>9.國內籌設風力發電費時，如土地取得手續煩瑣，無單一窗口，因此不容易有小型企業投資。</li> <li>10.高空維修設備與消防設備不足，無法即時維修與搶救。</li> </ol>
機會 ( Opportunity )	威脅 ( Threat )
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.有明確內需市場因環保議題高昇，國際市場熱賣，具產業誘因。</li> <li>2.大型設備如葉片塔架等，重件運輸不便，適合當地生產組裝。</li> <li>3.因目前使用之風力發電機為國際大廠，所以已有國際大廠，前來洽談製造事宜。</li> <li>5.風力機零配件及維修需求興起，國內業者已可有代理經銷商投入，及零件製造商投入，具發展市場利基。</li> <li>6.離岸式風電市場異軍突起，我國為海島型國家具有開發潛力。</li> <li>7.亞洲太平洋區市場逐漸成熟，如中國.印度.日本因此將迫使歐洲風機廠商尋找較競爭性零組件及生產基地。</li> <li>8.國內規劃中的風力發電機發電容量(2010 年為 2,159 MW) 的成長目標吸引國外大廠前來參與。</li> <li>9.因應京都議定書的生效，行政院已通過「再生能源發展條例」草案。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.國際市場目前大都為大廠寡佔，小廠很難有生存空間。</li> <li>2.目前國際技術發展太快，需要大量資金與研發人才，且國內難以投入，更須面對世界大廠的競爭，成本是最大的考量。</li> <li>3.產業形成要先有市場，目前風力發電機投資報酬率太低風險很大。</li> <li>4.市場需能擴大掌握、產品技術需能持續精進（若未能自行開拓及研發，則需與大廠緊密合作）。</li> <li>5.中國大陸風力機產業已具規模，是國內重要競爭對手。</li> <li>6.國際大廠已完成全球性佈局，後起之秀除非與其合作，不然難以有生存空間。</li> </ol>

## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

本研究以淨現值法與內部報酬率法，分析投資風力發電機在政府有或無輔助款之情境下是否具有效益，並針對風力發電機對於溫室氣體減量成果、推廣教育成果、運轉率高低、設計理論與實際運轉差異值等項目，評估目前國內要建置風力發電機之技術可行性，以及目前國內在於實際操作運轉面所遇到之困難點，以提供各界之參考。

本研究獲得下列結果：

1、若以淨值現金法與內部報酬率法計算投資成本效益，在政府無輔助款的情況下，依現有風力發電機年平均發電量，電價依目前台電工業用之電價收購，分別計算投資年限20年與10年計算，結果顯示都回收年限都超過10年。若政府有輔助49%的輔助款，以上述相同條件計算，結果顯示都回收年限皆低於10年，則俱有投資效率。

2、計算個案研究之風力發電機年總發電量設計值，年總發電量設計值約為年總發電量實際值的2.41倍，計算結果年總發電量理論值為都符合投資成本效益。

3、如以本案例為例，政府有輔助款最低輔助款比例為31.29%，即有投資效率，本案例之政府輔助款比例為49%；在政府無輔助款、折舊年限20年與10年下之10與20年內部報酬率、符合最低投資效益之年總發電量為892.2萬度與691萬度。

4、以94年度麥寮示範系統與春風示範系統為例，比較兩者之投資回收年限與每度電發電成本，結果顯示麥寮示範系統投資回收年限為10.17年，每度電發電成本為1.25元；春風示範系統投資回收年限為12.55年，每度電發電成本為1.45元，兩示範系統以麥寮示範系統投資效益較佳。

5、利用以工業局溫室氣體盤查排放量軟體採用民國95年能源局公告電力排放公告係數，將年度風力發電機總發電量代入，換算成CO<sub>2</sub>的總排放減量值，若每噸碳稅價格為600元，換算每度電價因碳稅可再降低0.382元。將降低之成本代入計算表，政府無輔助款、折舊年限為20與10年下之10與20



年內部報酬率，投資回收年限皆超過10年。

6、以本案例為例，政府無補助款、折舊年限為20與10年下之10與20年內部報酬率、最低風力發電機收購電價以20年折舊計算為3.266元/度，10年折舊計算為2.94元/度；最低風力發電機每度電徵收碳稅以20年折舊計算為1.04元，10年折舊計算為0.714元，俱有投資回收年限低於10年之效益。

7、就春風風力發電機示範系統推廣教育已執行七年，分析其參訪人數以國民小學參訪人數最多，就政府補助款而言，平均每人花費的補助款5,500元/人，惟目前風力發電機設置已漸漸普及，參觀人數也隨之已銳減。

8、春風風力發電機的故障原因，主要因為電氣設備損壞，占故障率(67%)，機械故障率占(31%)，天然因素與其他因素占(2%)，整體風力發電機運轉率79.4%，因故障率較高、運轉率偏低，使其投資效益較低。

9、本研究之廠區的年平均風速為5.57-6.88 (m/s)，而風力發電機可達滿載最大發電量的風速為14 (m/s)，因此發電量最多的季節為每年10月至隔年3月。本研究經統計分析的結果，顯示風力發電機達滿載最大發電量的機率低。

## 5.2 建議

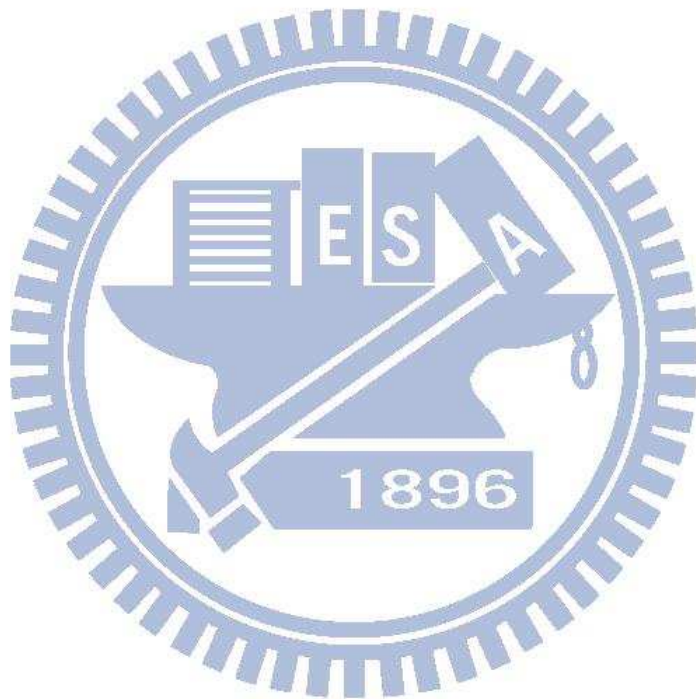
1、本研究已估算出風力發電機的投資效率，結果顯示在政府不補助的條件下，且收購電價又低於目前價格，則不具投資效益。因此，建議政府徵收碳稅與提高再生能源收購電價，以提高民間投資意願，使得再生能源風力發電機設置被推廣。

2、目前國內電器設備備品的研發技術尚未成熟，風力發電機備品無其他替代品，必須依賴代理商進口，因此造成維修時間的延長，進而降低風力發電機的運轉率。建議政府對此問題，鼓勵民間研發設備備品，將技術根留台灣。

3、台灣屬海島氣候，四季變化明顯，風力發電機的最大發電量為是在秋、冬兩季，因此，風力發電機的歲修保養，可排定於夏季與春季，可供風力發電機操作運轉廠商參考。

4、國內已經有各區域的年平均風速資料，建議在評估興建置風力發電

機時，須考量該區域年平均風速，以設置適當容量的風力發電機，以避免設備利用率低而造成投資過當，以麥寮示範系統與春風示範系統比較，則顯示安裝適當機型則可提高投資效益。



## 第六章 參考文獻

- 1.彭子珊，「哥本哈根協議草案」，大橡股份有限公司新聞稿，民國 98 年 12 月下載，<http://www.digitimes.com.tw/tw>。
- 2.黃欣惠，「能源部門二氧化碳排放線資料庫之建立與以再生能源進行排放減量之潛力分析」，國立交通大學環境工程研究所碩士論文，民國 93 年 8 月。
- 3.European Wind Energy Association, “Wind energy and job creation in the EU”,7 頁，民國 98 年 11 月下載，<http://www.ewea.org/index.php?id=1588>。
- 4.工業研究院，「風能之旅風力特性」，民國 98 年 10 月下載，<http://wind.erl.itri.org.tw/wind.html>。
- 5.巫俊達，「風力機葉片數對輸出功率的影響」，國立屏東科技大學機械工程系碩士論文，民國 96 年 7 月。
- 6.經濟部能源局 97 年年報，11 頁，民國 98 年。
- 7.江火明等，「台灣風能的初步分析」，2001 風能應用研討會論文集，民國 90 年 8 月。
- 8.莊智媚，「台灣離岸風力發電機之績效及風險」，佛光大學碩士論文，民國 97 年。
- 9.World Wind Energy Association-home ，“World wind energy report 2008 Published”，民國 98 年 10 月下載，[http://www.wwindea.org/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=226&Itemid=43](http://www.wwindea.org/home/index.php?option=com_content&task=view&id=226&Itemid=43)。
- 10.European Wind Energy Association, “Economics of Wind Energy”,29 頁，民國 98 年 10 月下載，[http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/reports/Economics\\_of\\_Wind\\_Main\\_Report\\_FINAL-lr.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Economics_of_Wind_Main_Report_FINAL-lr.pdf)。
- 11.European Wind Energy Association, “European capacity map 2008 ”,2-5 頁，民國 98 年 11 月下載，<http://www.ewea.org/index.php?id=11>。
- 12.American Wind Energy Association,“Awea third quarter 2009 market

- report”，3 頁，民國 98 年 11 月下載，<http://www.awea.org/reports/>。
- 13.Canwea，“Canwea wind farms”，民國 98 年 11 月下載，  
[http://www.canwea.ca/farms/index\\_f.php](http://www.canwea.ca/farms/index_f.php)。
- 14.中國風能協會，「2008 年世界風能協會報告」，12-18 頁，民國 98 年 11 月下載，  
[http://www.cwea.org.cn/download/display\\_info.asp?cid=9&sid=&id=29](http://www.cwea.org.cn/download/display_info.asp?cid=9&sid=&id=29)。
- 15.施鵬飛，「2008 年中國風電裝機容量統計」，1-4 頁，民國 98 年 11 月下載，[http://www.cwea.org.cn/download/display\\_info.asp?id=31](http://www.cwea.org.cn/download/display_info.asp?id=31)。
- 16.劉穎，「越來越多非洲國家青睞風能發電」，新華能源新聞稿，2009 年 8 月。  
[http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/energy/2009-08/14/content\\_11881356.htm](http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/energy/2009-08/14/content_11881356.htm)。
- 17.朱博祥，「我國風力發電推動現況及未來做法」，能源速報月刊，第二期，民國 91 年 2 月。
- 18.郭博堯，「我國天然環境限制風力發電發展」，財團法人國家政策研究基金會永續(研)-092-009 號，民國 92 年 6 月。
- 19.經濟部能源委員會，「風能技術」，98 年 10 月下載，  
<http://wind.erl.itri.org.tw/wind.html>。
- 20.梁啟源，「再生能源分期推廣目標及獎勵辦法之研訂」期末報告（初稿），工業技術研究院工業材料所委託研究，92 年 3 月。
- 21.楊明浩，「台灣地區陸上及離岸式風力發電效益之評估」，立德管理學院碩士論文，民國 95 年 7 月。
- 22.經濟部能源局發展永續的再生能源-風力發電機，「目前設置量」，98 年 10 月下載，<http://www.moeaboe.gov.tw/About/webpage/book1/page1.htm>。
- 23 台電公司，「臺灣電力公司九十年年報」，民國 91 年 3 月。
- 24.孫一菱，「不同政策工具對再生能源發展潛力之經濟分析」，國立臺北大學資源管理研究所碩士論文，民國 94 年 7 月。
- 25.經濟部，「經濟部 97 年年報」，22-23 頁，民國 98 年 10 月下載，  
<http://www.moeaec.gov.tw/Policy/PoMain.aspx?PageId=polist>。



- 26.楊任徵，「我國能源部門溫室氣體排放統計與分析」，能源季刊，第二十八卷，第二期，民國 87 年。
- 27.楊任徵，「造成我國 CO<sub>2</sub> 上升關鍵因素之尺度分析」，能源季刊，第 29 卷，第二期，62-78 頁，民國 88 年。
- 28.陳信陽，「風力發電機運轉條件對噪音影響之研究」，大同大學碩士論文，民國 97 年 7 月。
- 29.施月英，「海岸風力發電機對鳥類群聚的影響-彰濱工業區崙尾風力場為例」，靜宜大學碩士論文，民國 97 年 7 月。
- 30.王新元，財務管理，高立圖書館有限公司，民國 91 年。
- 31.駱璟樺，「我國電力部門再生能源發展之經濟與環境效益評估」，國立臺北大學資源管理研究所，碩士論文，民國 93 年 7 月。
- 32.工研院能資所與中央大學大企物理所，「全台風平均風速與風能密度分析」，98 年 10 月下載，  
<http://wind.erl.itri.org.tw/demonstration/Documents/TaiwanWindAtlas-3.PDF>。
- 33.Vestas 公司，「操作與維修手冊」，民國 91 年。
- 34.吳榮義，「抑制二氧化碳排放課徵碳稅之可行性研究」，因應溫室效應之經濟工具及其影響研討會，民國 83 年。