

金廣發股份有限公司

中小型風力發電機一體成型奈米複合材料葉片之研發計畫

■公司小檔案

甲、成立日期：民國92年5月14日

乙、負責人：范美玉

丙、資本額：新台幣柒佰萬元

丁、員工人數：18人
本公司研發工程師的宅男帥哥合照

戊、經營理念：

1. 追求利潤：從業務上獲取足夠的利潤，以維持公司的成長，並使股東獲得合理報酬。
2. 客戶至上：以高品質的產品與服務成為客戶真正的夥伴，客戶的成功就是我們的成功。
3. 穩定成長：追求企業的永續經營，著重長期策略規劃，使業務、人才、工作環境各方面都穩定而均衡的發展。
4. 人才培育：員工是我們最重要的資產，金廣發致力於提供一個富挑戰性、可以持續學習的工作環境，使每個人努力的貢獻都能得到肯定，使同仁從工作上得到最大的自信與成就感。
5. 回饋社會：以經營的成果回饋社會，創造更美好的生活環境。

己、本案合作之技轉單位：

1. 金屬工業研究中心；
2. 國立清華大學；
3. 中華科技大學航空機械系主任蘇盛竹博士
4. 高雄空軍航空技術學院飛機工程系暨航空工程科教授江志煌博士

■計畫緣起

經濟部指出，2008年風力發電新增容量達27.1 GW，較2007年成長36%，其中美國及中國大陸市場即佔54%。新增風力產值達500億美元，全球從業人員超過40萬人。而2008年全球累計風電容量逾120 GW，可生產260兆瓦小時(TWH)、削減1.58億噸的CO₂排放量。

(資料來源：2009年8月17日工商時報B4版)

隨著2009年歐洲風能協會提高2020年的歐洲累計裝置容量將達到230GW，預估風力發電產業在歐、美、中國及印度的強勁需求帶動下，風力發電總裝置容量將從2008年的121GW成長到2015年的481GW，產值可望逾1,800億美元，產業商機十分可觀。

鑒於風能市場日漸蓬勃，台灣廠商已積極投入風力發電的技術開發，且初步已有系統商切入，使風力發電產業具有發展的基本架構。鑒於葉片的成本佔風力發電機組總造價的20~30%，而投入在葉片的專業設計、開發、結構、選材、工法、製造、測試、實驗乃至生產必須緊密結合的廠家卻不多。



本公司採集中(Focus)策略，專注於葉片的設計及生產、銷售。本研究計畫將以奈米複合材料發展一體成型，製作强度高、效率高、可靠度高及成本低之中小型風力發電機葉片，本計畫如能順利完成，不僅可使台灣在奈米複合材料的應用上技高一籌外，其功能性與生產技術將與歐美先進國家相提並論；同時，有效降低葉片在高速旋轉下的斷裂與損傷。

一般而言，小型風機高分子複材葉片常見的製備方式主要有以下幾種方式：開模手積法(HandLayup)、拉擠成型法(Pultrusion)和樹脂轉注成型法(Resin Transfer Molding, RTM) 和真空輔助樹脂轉注成型法(VARTM)等。

本計畫之一體成型製作葉片係採真空輔助樹脂轉注成型法(VARTM)來進行，VARTM主要是藉由設計與製作氣體迴路的方式，將樹脂充填過程中產生的氣體或者殘留在模具中的氣體移除，減少工件成品產生氣孔的情形，影響工件的機械性質與品質。氣體迴路設計與製作的方式過程大概可分：

1. 模具上端面中央設有抽真空口，連接到真空幫浦予以抽真空，其希望模穴內達真空狀態，使模穴內部與外部產生壓力差。
2. 模具下端面設有樹脂注入口，連接到樹脂轉注成型機予以注入樹脂，藉此設計位置使樹脂快速沉澱，並將氣泡往上帶。
3. 模具上端面角落設有排氣口，當樹脂從抽真空口流出後，關閉抽真空口閘門，將模具傾斜使注入口與排氣口之位置成高低位，使氣泡移動至排氣口，此時開啟閘門，使氣泡由排氣口排出。

■新產品簡介

本計畫開發之一體成型的實心葉片，將可廣泛運用至中小型水平式及垂直式風力機市場。目前市面上尚未見到有一體成型的實心葉片，如有複合材料所製的葉片，普遍為空心或支撐架結合處都是以鉚接方式，非本計畫所進行之實心的一體成型的葉片。

此外，有鑑於技術性的強度分析，以及突破現有專利，設計一體成型結構之葉片，更優於鋁、鐵及鋼質的適用性，重量減輕外，亦可大大提升產品壽命及產量，並降低成本。

■計畫創新重點

本計畫構想以建立產業聯盟、與國際標準接軌、建立驗證平台，進而針對國際市場需求發展以下之創新技術：

- 一、垂直式風力發電機葉片與支撐架結合處為受力很大的關鍵，易發生崩解與裂痕；本計畫之創新性在於：以真空轉注成型法製備一體成型的葉片工件，提升工件於受應力面上的結構強度。如下圖7所示的垂直式風力發電機的葉片2，在垂直於沿著垂直方向延伸的旋轉軸1的上配設四片葉片2，而每一葉片2由兩個支撐桿5來連接；其中，

葉片2之材質可以是塑膠材料或是高分子材料所形成。

由於葉片2與支撐桿5間是用固接方式形成，因此在葉片2受風力產生旋轉時，風力所產生的旋轉力量大部分會落在葉片2與支撐桿5的接合點上。因此，在葉片2與支撐桿5的接合點處會產生結構上的破壞，造成必須定時檢查葉片2與支撐桿5的接合點，也必須不定時的需要更換葉片2，造成成本上的負擔。以下照片是實務上所拍攝的風力機葉片經運轉後在葉片處之裂痕缺陷。

本計畫係以創新性的技術，研發工件一體成型的結合方法與最佳化的製成參數，強化工件受應力處之結構強度，工件的結構如下圖所示：

- 二、由於風力發電機在強風或持續風速吹動中，確保氣動性是很重要的，本計畫之葉片翼型，具備彈性，同時以維持縱向與橫向之形狀，並安排適當材料與厚度分佈，使之受力均勻而不致過重。
- 三、奈米材料/鹽霧腐蝕

風能發電是當前技術最成熟、最具備規模開發條件的可再生潔淨能源，風能發電不會排放任何污染物，可以減輕環境污染，節能減碳，實現清潔生產。由於風力發電機組是利用風能發電，空氣中的有害物質自然會帶來對設備不利的負面影響。

鹽霧與空氣中的其他顆粒物在葉片靜電的作用下，在葉片表面形成覆蓋層，嚴重的影響葉片氣動性能，產生噪音污染和影響美觀；經過一系列的化學反應之後，使設備原有的強度遭到破壞和風力發電機組可承受最大載荷的能力大大降低，使設備不能達到設計運行的要求，給設備安全運轉帶來嚴重後果。鹽霧與設備電器元件的金屬接觸發生化學反應後使原有的載流面積減小，生成氧化物使電器接觸點接觸不良，它們將導致電氣設備故障或毀壞，給風場的安全、經濟運行造成大的影響。有鑑於此，須對風力發電機組實際運行環境鹽霧的防護措施有效規劃。本計畫將針對空氣中的鹽霧對風力葉片之防腐蝕問題，以表層塗佈奈米材料的方式，使工件表面具有較佳的防腐蝕效能和自清潔的特性，提高設備可利用率與耐久性。

*新產品競爭優勢：

註1：依據2009年3月金屬中心資料，風機加控制器一套25萬元，以葉片佔20%為估計價格。前述25萬元不含塔架、電池與安裝費用。

註2：依據2009年10月電話詢價，初估風機加控制器一套25~30萬元，以葉片佔20%為估計價格。前述25~30萬元不含塔架、電池與安裝費用。

*產品應用範疇：

下圖為垂直式風力發電機組示意圖，本研究計畫係針對葉片而進行，本計畫研究完成後，可以再應用到支撐架、發電機罩及塔架，使整組系統可採用高科技下之奈米複合材料建置，商機無限。

■研發成果及衍生效益

增加產值：至民國99年底約台幣970仟元(風力發電機組30套)

至民國100年底約台幣4,970仟元(含99年，葉片+發電機125套)

至民國101年底約台幣9,000仟元(含99~100年，葉片+發電機220套)

促成投資額：已於民國99年3月完工，蓋建複合材料廠及宿舍約台幣1,500仟元已於民國99年7月底完成現金投資台幣1,000仟元

產出新產品：預計於民國100年推出相關新產品如60W太陽花葉片、500W酒桶型葉片、500W、1KW及5KW貝殼機葉片共五款。

衍生商品：輕航機及動力飛行傘螺旋槳以及複合材料機身。

■專案執行重要心得

1. 研發紀錄簿：專案執行過程中，訓練員工養成寫研發紀錄的習慣，並在紀錄過程中，讓研發團隊的每一人員有機會反覆研究自己的手稿及設計圖，經過團隊思考，可以幫助及讓自己對產品的創新性再思考及成長。一開始除了計畫主持人有此習慣記載外，其他人都沒有寫過，拿到研發紀錄簿大家都大眼瞪小眼，不知該如何下筆，但三個臭皮匠勝過一個諸葛亮，他們幾個就在宿舍一邊聊天一邊討論下，將個人的心得寫上記錄簿上，完成了第一篇記載，而後幾個幹部就一對一的輔導新進員工填寫研發紀錄簿，也在填寫過程與新進員工討論，達到互利共生目標，而新進員工也在老鳥的解說下，更加瞭解工作內容與施工技巧。

2. 團隊默契：員工來自不同領域與背景，一開始會有許多問題，彼此衝突，但在這一次運作裡，大家都像兄弟一般，上下左右相互照顧與教導，不論是設計部門RD還是現場員工，都在一體打拼過程中，養成了團隊默契，彼此相互照應支援，讓工作順利運作，這算是最佳收穫吧！下圖是建置塔架時，由計畫主持人(老老鳥)帶大牛(老鳥)及小鳥，共同一起完成。

3. 小部隊戰法：幾個幹部發揮小部隊戰法，以一對一的方式輔導新進員工，讓他們消除心理障礙，能將個人想法與問題點說出，並與輔導人員相互討論，再進一步交流輔導人員，讓不同施工技巧能流暢運用，使新人能很快熟悉與適應工作。下圖是計畫主持人帶廠長實作；廠長帶員工實作照片。當第一支葉片拆模時，計畫主持人與聯絡人忍不住興奮的心情，馬上坐上及站上去，試試葉片的強力及負載。

4. 中國生產力中心計畫辦公室的各專案負責人之素養及工作態度比航太小組好幾百倍，敬業、負責、謙虛、熱忱，這都是一般公務人員所沒有的，更會站在企業的角度來思考實用性與可行性，真的是難能可貴。

5. 感謝審查委員們及專案承辦人員林莉珍小姐，以及後續接任林小姐的羅偲芸小姐的熱忱指導，毫不藏私的公正態度，讓我們獲益匪淺。以下是二次查核時，審查委員及工業局承辦人員認真負責的辛苦照片。

a. 民國99年8月23日期中查核：審查委員廖文城老師及專案承辦人員林莉珍小姐

b. 民國99年11月24日期末查核：審查委員黃炳照老師及專案承辦人員羅偲芸小姐