

教育部補助技專校院發展學校重點特色計畫

98 年度計畫成果報告

航空複合材料特色實驗室

Airplane composite material characteristic laboratory

台技(一)字第 0980055254-f

全 程 計 畫：自民國 98 年 5 月 至民國 100 年 12 月 止

本 年 度 計 畫：自民國 98 年 5 月 至民國 98 年 12 月 止

執行學校名稱：中華科技大學

報告撰寫日期：民國 98 年 11 月 26 日

目錄

(一) 計畫基本資料表.....	3
(二) 整體計畫中文摘要.....	4
(三) 整體計畫英文摘要.....	4
(四) 年度計畫執行成果中文摘要.....	6
(五) 年度計畫執行成果英文摘要.....	7
(六) 年度計畫執行內容及成果說明.....	9
1. 計畫、分項計畫)目標.....	9
2. 各分項計畫間的整合架構與互動關係.....	10
3. 計畫(總計畫及分項計畫)實施方式或教學方法.....	12
4. 人力運用情形說明.....	13
5. 經費運用情形說明(含學校配合款及措施).....	15
(七) 經費運用情形一覽表.....	36
(八) 年度計畫查核點執行情形.....	38

(一) 計畫基本資料表

計畫型態		<input checked="" type="checkbox"/> 校內整合型 <input type="checkbox"/> 校際合作型		計畫歸屬		<input checked="" type="checkbox"/> 新申請案 <input type="checkbox"/> 延續案	
計畫領域		<input checked="" type="checkbox"/> 政策型：(綠色產業) <input type="checkbox"/> 特色型：()					
所屬類別		<input checked="" type="checkbox"/> 工業類 <input type="checkbox"/> 生技類 <input type="checkbox"/> 農漁牧類 <input type="checkbox"/> 通訊類 <input type="checkbox"/> 電子類 <input type="checkbox"/> 商管類 <input type="checkbox"/> 醫療照護類 <input type="checkbox"/> 休閒類 <input type="checkbox"/> 其它類					
總計畫名稱		航空複合材料特色實驗室					
執行單位		<input checked="" type="checkbox"/> 校內：中華科技大學航空機械系、機械系、航空電子系 <input type="checkbox"/> 校際：					
計畫 總 主 持 人	姓名	蘇盛竹			計畫 聯 絡 人	姓名	呂學育
	電話	03-5935707#200				電話	03-5935707#208
	傳真	03-5936297				傳真	03-5936297
	E-mail	susj@cc.cust.edu.tw				E-mail	syleu@cc.cust.edu.tw
新申請案 (填經費需求)	執行年度	經常門	資本門	學校配合款	小計		
	98	500,000	2,000,000	720,000	2,500,000		
	99	550,000	2,720,000	760,000	3,270,000		
	100	550,000	3,720,000	890,000	3,820,000		
	合計	1,600,000	12,390,000	4,010,000	13,990,000		
	98(未執行)						
	99(未執行)						
	合計						
計畫序號	計畫名稱		主持人	職稱	服務單位		
總計畫0	複合材料特色實驗室		蘇盛竹	副教授	中華科技大學航機系		
分項計畫1	飛機複合材料製造修護技術		蘇盛竹	助理教授	中華科技大學航機系		
分項計畫2	複合材料風力發電葉片設計製造技術		張瑞榮	教授	中華科技大學機械系		
分項計畫3	複合材料量測及非破壞性檢測技術		呂學育	助理教授	中華科技大學航機系		

備註：本表資料及相關數據請依據核定後之詳細計畫書填寫。

(二) 整體計畫中文摘要

針對飛機複合材料結構以及風力發電複合材料葉片的設計概念及行為特性，籌建複合材料輔助設計、製造及量測技術能量，開發航空級高品質之複合材料應用於航空、風力發電及民生應用技術。另一方面，針對飛機複合材料結構以及風力發電複合材料葉片的設計概念及行為特性，建立性能測試與非破壞檢驗為核心之維修策略，提出最佳維修方法及程序，以降低維修成本，增加複合材料維修效益，提升結構系統之可靠度及安全性：

1. 建立航空複合材料製程能量，籌建航空飛機結構件及內裝件複合材料設計軟硬體，包括纖維疊層結構設計、結構設計及應力分析。
2. 建立各式複合材料材料特性及氣動力學結構負載資料庫之建立。
3. 開發複合材料超輕型飛機設計及製作能量。
4. 進行小型複合材料風力機葉片材料的試片製作以及葉片的機械性質實驗及疲勞實驗，將材料性質及疲勞-壽命曲線的結果建立數據庫後再進行理論分析。
5. 設計分析複合材料結構：複材 3D 外型產品外型結構設計，結構製程設計及施工模擬，複材模具製作檢驗，航空器及風力葉片設計製造。
6. 籌建複合材料研製與破壞疲勞檢測平台
7. 建立複合材料設計、製造、量測及非破壞性檢測之技術，完成人才培育課程設計
8. 建立各式複合材料結構量測及非破壞檢測資料庫。
9. 籌建複合材料設計、製造、量測及非破壞性檢測之設施設備：複合材料物理及機械性質量測，材料靜態及動態強度應力應變靜態試驗。

(三) 整體計畫英文摘要

In view of the airplane composited materials structure as well as the wind power generation composited materials blade's design concept and the behavior characteristic, will establish the composited materials assistance design, the manufacture and the inspection technology. In this project, the aviation level high quality of composited materials in the aviation, wind power generation and the livelihood of the people application technology, will promote the composited materials product development. On the

other hand, this project will also establish the non-destruction examination service strategy as the core and examines the information bank of the airplane composited materials structure as well as the wind power generation composited materials blade's design concept and the behavior characteristic. Proposed the best service method and the procedure, will reduce the service cost, the increase composited materials service benefit, margin of safety of and the security the promotion structure system.

1. The establishment aviation composited materials system regulation energy, the construction aviation airplane structural element and in the support composited materials design the soft hardware, including textile fiber lamellar structure design, structural design and stress analysis.
2. Establishes various types composited materials materials behavior and establishment the aerodynamics structure load information bank.
3. Develops the composited materials ultralight aircraft design and the manufacture energy.
4. Carries on the small composited materials anemometer leaf blade material the preview manufacture as well as leaf blade's mechanical property experiment and the weary experiment, after carries on again the material nature and the weary - life curve result establishment database the theoretical analysis.
5. Design analysis composited materials structure: Duplicate material 3D outlook product outlook structural design, structure system regulation design and construction simulation, duplicate material mold manufacture examination, aircraft and wind power leaf blade design manufacture.
6. Prepares for construction the composited materials development and technology of the destruction weary examination platform
7. Establishment composited materials design, the manufacture, the gauging and the non-destructive examination, completes the talented person of to cultivate the curriculum to design establishes various types composited materials structure gauging and the non-destruction examination information bank.
8. Prepares for construction facility of equipment the composited materials design, the manufacture, the gauging and the

non-destructive examination: Compositing materials physics and mechanical property gauging, material static state and dynamic intensity stress strain static testing.

(四) 年度計畫執行成果中文摘要

複合材料特色實驗室主要著重應用航太先進飛機設計之材料科學及結構力學開發複材飛機製程、結構設計、材料檢測、空氣動力學，應用於複合材料飛機設計製作，以及風力發電複合材料技術開發以及複合材料之工法、製造、測試、非破壞性檢測、實驗與生產於等，98年4月起至98年12月10日止。各子計畫的主要執行成效如下

子計畫 1—航空複合材料特色實驗室

- 1.1 已建置飛機設計應用計算流體力學(CFD)及氣動力分析所需要之格點軟體程式，可設計分析複雜外型三維飛機流場特性、壓力負載，飛行性能等。同時進行計算模擬分析，除驗證軟體之正確性外，並建立各項氣動力資料庫，供計畫應力分析及系統整合用。
- 1.2 開發結構力學計算分析能量，採購有限元素分析軟體 ANSYS，建立 ANSYS 模型及分析方法、實驗分析參數的取得，及驗證 ANSYS 模型的正確性。分析取得飛機及葉片表面的壓力分布及葉片在旋轉面上的有效推力。應用有限元素法之靜態分析計算結構的最大應力，以此設計葉片及接頭及元件設計，使結構更可靠。

子計畫 2—複合材料風力發電葉片設計製造技術

- 2.1 已建立靜態及轉動風力葉片氣動力設計分析與效率分析軟硬體，包括外形設計、計算流體力學方法分析、流場計算模擬分析方法。
- 2.2 研究利用繪圖軟體設計關鍵零組件所需之 RTM 模具及利用 CNC 加工方法製作模具。製作複合材料試驗所需之部分夾治具及設備。
- 2.3 利用樹脂轉注成型法製作複合材料風力發電機轉子葉片結構，開發所使用之樹脂轉注成型法之真空模具，以及複合材料風力葉片纖維疊層結構設計，可使纖維預成形物與樹脂於模具置入烤箱並在預設之溫度條件下固化成形。

子計畫 3 —複合材料量測及非破壞性檢測技術

- 3.1 建立複合材料系統的測試驗證平台。主要的測試為複合材料試片及風力機葉片的靜態破壞性強度試驗、動態試驗、內部損傷量測等技術能量及相關軟硬體能量籌建。
- 3.2 完成複合材料風力葉片氣動力性能及發電效益性能測試驗證能量。
- 3.3 完成複合材料物性、機械性質等非破壞性實驗之量測設備及技術
- 3.4 舉辦3場研討會、4次參觀見學、世貿中心教育展、邀請6場業界專家、學者蒞臨專題演講，指導複合材料設計、製造、檢測及應用等技術。同時協助課程設計，以確保課程規劃能滿足學生未來就業需求。

(五) 年度計畫執行成果英文摘要

The compound materials characteristic laboratory mainly emphatically application navigation abbrev. sulphadiazine enters the materials science and the structure mechanics development compound materials airplane and the wind-driven generator, including compound materials system regulation, structural design, material examination, aerodynamics. Applies the compound materials in Aircraft Design manufacture, as well as the compound materials wind power generation technology development. Establishes compound materials technologies and so on labor of law, manufacture, test, non-destructive examination, experiment and production. From April 2009 up to December 2009, each sub-plan mainly to carry out the result to be as follows

The sub-plan 1— aviation compound materials characteristic laboratory

- 1.1 It has been established computation fluid dynamics(CFD) for aircraft design application and the aerodynamical analysis needs of grid point software formula. Many design is analysis complex outlook three dimensional airplane flow field characteristic, the pressure load, the flight performance and so on. Simultaneously carries on the computation simulation analysis, accuracy of besides the confirmation software, and establishes each aerodynamic force information bank, uses for the plan stress analysis and the system conformity.
- 1.2 Development structure mechanics computation analysis energy, purchase limited ultimate analysis software ANSYS, establishes the ANSYS model and the analysis method, the experiment analyzes the parameter acquisition, and confirms the ANSYS model the accuracy. The analysis obtains the airplane and the leaf blade surface pressure distribution and leaf blade's in surface of rotation effective thrust. Applies static state of analysis computation structure the finite element method biggest stress,

by this design leaf blade and the attachment and the part design, causes the structure to be more reliable.

The sub-plan 2— compound materials wind power generation leaf blade design technique of manufacture

2.1 It has been established static and the rotation wind power leaf blade aerodynamic design analysis and the efficiency analyzes the soft hardware, including contour design, computation hydromechanics method analysis, flow field computation simulation analysis method.

2.2 The research use cartography software design essential spare part needs the RTM mold and uses the CNC processing method manufacture mold. Manufactures the compound materials laboratory to need the part to clamp the fixture and the equipment.

2.3 Using the resin mutually explanatory Chinese characters formation law manufacture compound materials wind-driven generator rotor blade structure, develops vacuum of mold resin of mutually explanatory Chinese characters formation law the use, as well as the compound materials wind power leaf blade textile fiber lamellar structure design, may cause the textile fiber preliminary shaping and the resin sets at into the oven in the mold and is supposing under the temperature condition to solidify the forming in advance.

Sub-plans 3 - compound materials gaugings and the non-

3.1 Establish the destructive examination technology and materials test confirms platform. The main test for the compound materials preview and anemometer technical energies and so on turbine blade's static state and destructive structural testing, dynamic experiment, internal damage gauging and is connected the soft hardware energy construction.

3.3 Completes the compound materials wind power leaf blade lift-drag ratio and the electricity generation benefit performance test confirmation energy.

3.4 Completes the compound materials nature, the mechanical property and so on of measuring apparatus and the technology the non-destructive experiment

3.4 holds 3 seminar, 4 visits sees study, the world trade center educational expo, invites 6 field experts, the scholar to visit the special lecture, instruction technologies and so on compound materials design, manufacture, examination and application. Simultaneously assists the curriculum to design, will guarantee the curriculum to plan can satisfy the student future the employment demand.

(六) 年度計畫執行內容及成果說明

1. 計畫(總計畫、分項計畫)目標

複合材料(Composite Material)具有高強度、高韌性、質量輕、耐腐蝕以及耐磨耗等特性。複合材料種類繁多，其中應用較廣者為纖維補強之高分子複合材料，其基本的組成為纖維及高分子基材。本計畫在發展航空器及風力發電複合材料的教學與技術，另外和業界合作成立校級複合材料中心，積極發展飛機複合材料製造、修補技術及開發和設計風力發電葉片設備，並培育材料測試及非破壞性檢測技術人才，目前在飛機維修、風力發電開發、及材料檢測上皆已獲得技術成果，配合教育部政策結合各技專院校教學與研究資源，在擴大與業界產學合作、綠色能源人才培訓、落實學校綠色能源教育三大層面上皆能有所建樹。而為了達到此一目標，各分項計畫間的整合架構(請參考圖 1)與分工合作關係(請參考表 1)，而各分項計畫的主要內涵可分別說明如下：

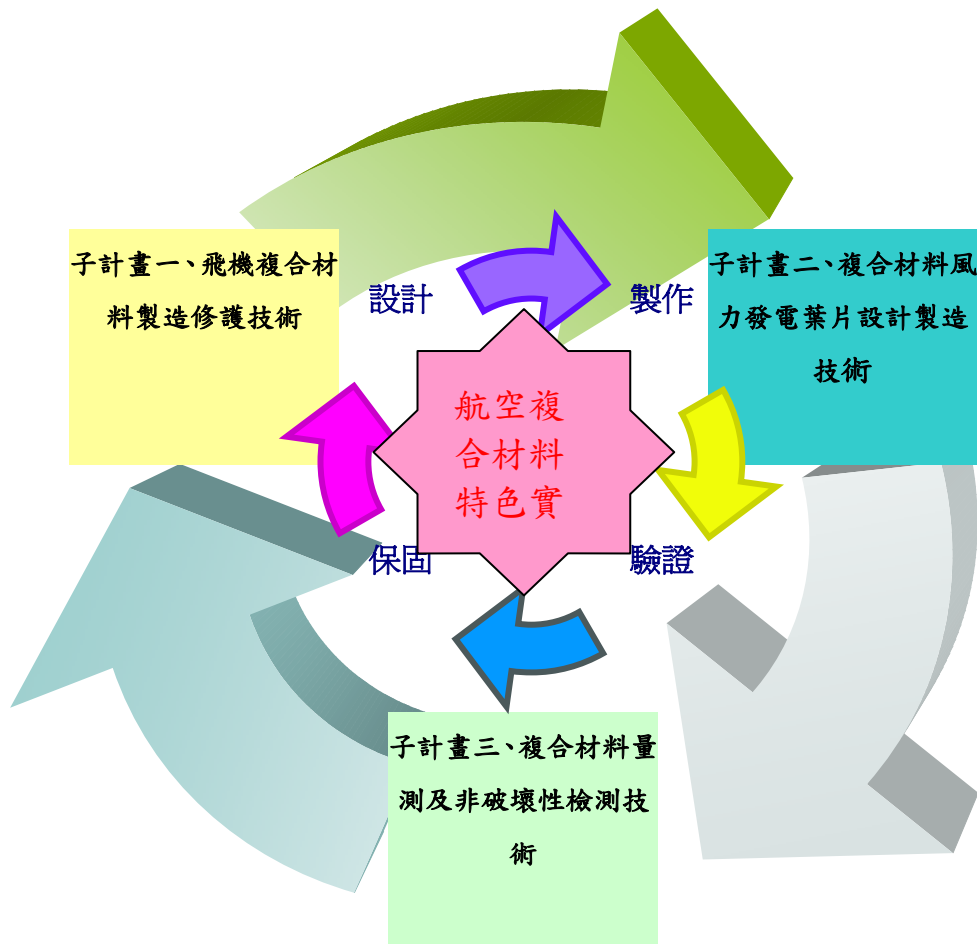


圖 1. 各分項計畫間的整合架構

表 1. 分工合作關係

	子計畫 1—飛機 複合材料製造 修護技術	計畫 2——複合材 料風力發電葉片 設計製造技術	計畫 3——複合材 料量測及非破壞 性檢測技術
第 一 年	1 航空飛機結構件 及內裝件複合材 料設計軟硬體 2 飛機氣動力及負 載設計分析能量。 3 飛機複合材料破 壞分析能量	1 風力葉片氣動力外 型設計。 2 複合材料風力葉片 纖維疊層結構設計。 3 複合材料風力葉片 氣動力性能及發電 效益性能測試驗證 能量	1 複合材料風力葉片 性能監控與系統整 合。 2 複合材料物性、機械 性質等之量測設備 及技術。 3 建立非破壞性檢測 技術平台
第 二 年	1 航空三明治結 構製造技術。 2 超輕型飛機結 構製作技術。 3 複合材料蒙皮 結構修補技術及硬 體設備	1 複合材料風力葉 片製作技術開發 2 風力機葉片的設 計與製作。 3 風力機葉片 模具製作。	1 複合材料物性、機 械性質等之量測設 備及技術。 2 完成風力機的零組 件葉片結構強度試 驗
第 三 年	1 飛機蒙皮結構製 作技術及設備 2 飛機結構整體測 試檢驗技術 3 三明治結構修護 補強技術 4 複合材料修補金 屬材料能量	1 複合材料風力葉片 三明治結構芯模層 模具開發。 2 複合材料風力葉片 結構強度測試驗證 能量。 3 風力機葉片的修補 技術。	1 風力機的零組件結 構強試驗損壞檢測 技術開發 2 航空飛機及風力發 電葉片之維修管理。

2. 計畫管理（參與學校間合作方式與整合推動之機制

以中華科技大學航機系為主，於大學部及研究所課程增修複合材料相關課程，設置複合材料特色實驗室，航機系、機械系、航電系及交通大學、大業大學、修平技術學院等相關領域合作共同組織特色實驗室，進行複合

材料教學課程設計與教材選用、設備與工具籌設、關鍵技術開發與研究、計畫管考等工作等，每兩週召集會議一次，檢討進度及交換心得。教學與研究將以下列三個領域為主要特色目標：(1) 飛機複合材料製造修護技術(2) 複合材料風力發電葉片設計製造技術(3) 複合材料量測及非破壞性檢測技術。

計畫初期在人才培育上先建立課程設計及師資培訓，辦理各項學術研討會、參觀見學、國際交流活動，以繼續吸取他人經驗，提升研發能力。研究方面以航空與綠色能源共同初期需求之氣動力分析及結構力學分析為主，建立計算流體力學分析模擬能量，提供複合材料負載需求及設計目標。同時建立結構力學分析能量，分析複合材料製作應力分析，以便進行纖維疊層製作技術開發。再者建立複合材料檢測技術開發，以及非破性檢測能量的建立。接著分別以各子計畫特性進行航空飛行器複合材料設計製作，以及風力葉片製造研究；開發製程所需之複合材料模具，複合材料纖維特性與製程研究，樹脂物理與機械性質研究等。開發最佳化無人飛機及超輕飛機，及質輕且具高強度之最佳發電效益之風力發電機。在考量國內外發展情況，及產業需求後，遂決定以實用性複合材料設計與製作技術之研發並配合政府推動之綠色科技，遂為本校主要發展之特色主題。本計畫整體運作架構如下圖所示：

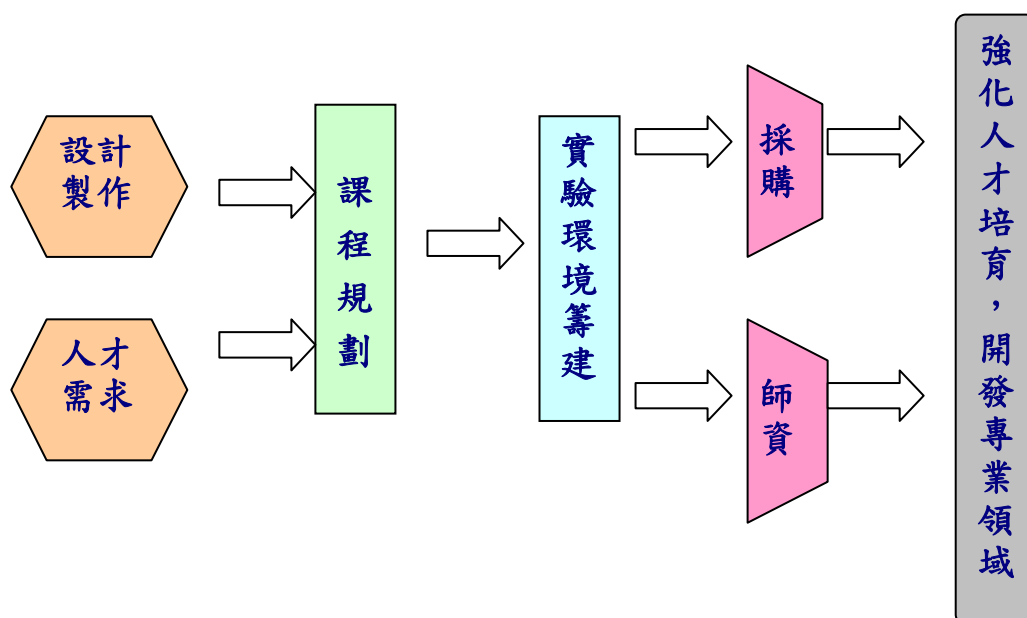


圖 2. 計畫整體運作架構圖

3. 計畫（總計畫及分項計畫）實施方式或教學方法

本計畫由航空機械系主任蘇盛竹擔任計畫總主持人，呂學育博士總計畫共同主持人，進行整個專案計畫的督導以及協調。並擬定的整合目標與方向，確立各子計畫人力調配與設備支援，同時規劃實務教學課程。做到以實務性研究為導向的整合。在計畫執行的掌控上，不定時的邀請各子計畫成員進行進度報告，藉以掌握計畫執行的進度。整體計畫規劃成三個子計畫，各子計畫皆與航空級複合材料技術發展之應用與人才培育相關，而且子計畫間也考量技術轉移與相互支援合作，期使整體計畫運作更具效率與效能。

3.1 子計畫1—飛機複合材料製造修護技術

籌建飛機複合材料結構設計、製作之關鍵技術及設備，並應用於飛機零組件之檢測及修補用，培育與飛機機體結構，複合材料修護等，應用航空高科技、高安全、高品質開發複合材料標準化製程及檢修能量，以提昇國內材料應用水準及標準化。第一年的執行成果如下：

建立航空複合材料製程與修護能量，籌建飛機結構件及內裝件複合材料設計軟硬體，包括纖維疊層結構設計、結構設計及應力分析。航機系已採購修補工作台、複合材料維修站、模具加熱箱等，透過實際教學航空複合材料修補技術及製作生產技術。另一方面，研究開發更快速及增加結構強度之複合材料修補金屬材料技術。

建立超輕型飛機設計軟硬體，包括飛機氣動力及負載設計分析能量、飛機結構力學計算分析能量，飛機組裝及性能分析能量籌建等。自行設計高性能複合材料無人遙飛機及超輕飛機，應用電腦繪圖設計質輕高強度之複合材料飛機外型及結構建立飛機複合材料破壞分析能量，包括結構及破壞強度計算、複合材料纖維強度資料庫、結構疲勞及破壞模式資料庫籌建等。

本校已於今年成立輕型航空器中心，規劃自行設計與製造複合材料無人飛機及載人之超輕飛機，利用學校師生及現有設備，配合本計畫將於 99 年度展開設計與製作工程。預計 100 年完成複合材料無人飛機及載人之超輕飛機各乙具之製作及試飛測試。

3.2 分項計畫2—複合材料風力發電葉片設計製造技術

設立小型複合材料風力發電機葉片研製與檢測為主的複合材料之設計、製造分析測試及修護風力葉片技術之特色實驗室，進行複合材料風力機葉片實驗室設備、課程及技術籌建，本年度採購：材料試驗機、Ansys 分析軟體、風力葉片模具等，藉理論分析及實作以取得設計及製作風力機關鍵零組件的技術，並設置一套應用複合材料修補這些零組件的方法與程序。由於複合材料在風力發電的應用實際上就是在風力發電機葉片上的開發，此葉片的外形流場設計、結構應力分析、材料選用、製造方法、結構性能測試及產品實驗必須緊密結合，本計畫選擇碳纖維或玻璃纖維編織布、環氧樹脂為基本材質及利用真空輔助樹脂轉注法(VA-RTM)一體成型製造葉片便成為開發此風力機葉片的關鍵技術。

- A. 建立複合材料風力葉片設計能量，開發風力葉片氣動力外型設計、氣動力係數計算分析軟體，設計最佳化風力發電機葉片外型，建立複合材料風力葉片氣動力性能及發電效益性能測試驗證能量與設備，並計算模擬氣動力流場特性與性能。該分析能量並於研究所計算流體力學課程中授課教學與專題應用。
- B. 建立複合材料風力葉片纖維疊層結構設計，開發複合材料風力葉片製作技術及籌設製作軟硬體，包括手璣法、熱壓法、真空斧結構成形技術、樹脂轉注成形法等。

3.3 子計畫 3—複合材料量測及非破壞性檢測技術

建立複合材料風力葉片保固與修護能量及複合材料風力葉片性能監控與系統整合，籌建檢測複合材料各項機械性質試驗所需的設備及分析軟硬體，本年度採購：超音波測距儀及紅外線熱相儀，建立複合材料破壞性及非破壞性檢驗之設備及技術，開發各項設計前及使用中材料性質及損傷檢驗能量，以提高複合材料製程可靠度及結構壽限，並輔助複合材料零組件之設計應用價值及改善整體系統性能提昇。

建立航空材料量檢驗量測技術平台，供產學界交流應用：本特色實驗室將建立複合材料物性、機械性質等之量測設備及技術，進行一系列實驗測試，建立複合材料性質資料庫，並整合量測設備及技術建立輔助製造之量測系統，提高製程自動化及品質之控制，以提升複合材料結構之硬品性能。

將上述設備及複合材料加工與修護技術應用於航空材料、飛機檢修、複合材料、飛機機體維修、維修操作與模擬等課程之教學實務課程上，培

養飛機維修專業人員在新科技材料製程與維護實際技術上應用。以使學生能了解製程管理的方法及概念。藉由教育訓練來培育學生相關之知識，配合航空維修教育訓練，並藉此與系上老師與研究生針對此系統於學術及實務應用上做深入的交流。

4. 人力運用情形說明

本計畫的人力配置主要由航機系主任擔任本計畫的主持人，並召集機械系、航電系、教務組、以及教學資源中心等共同參與，其分工的工作項目主要如下：(1)計畫主持人：本計畫主持人主要負責規劃與掌控本計畫的研提與執行進度，並負責構思本計畫的各項工作內容、邀請相關參與人員、以及執行成果的品質監控與報告等工作；(2)機械系：主要負責規劃「課程規劃」，並與電算中心共同建置選課機制；(3)教務組：並邀請各教學單位主管共同提供相關學習輔導資料，並參與學習輔導、就業輔導、畢業生追蹤等大要項；(4)航電系主要負責規劃學生專題製作，參與校外學生專題競賽。更具體而言，本計畫的人力運用情形如下：

(一) 分項計畫1：計畫

工作職稱	工作內容	負責人員
總計畫主持人	綜理計畫全盤事宜、協助總計畫數位資源之規劃與支援	蘇盛竹主任
「飛機複合材料製造修護技術」分項計畫主持人	計算流體力學程式開發及計算 無人飛機設計製作 超輕飛機設計製作 複合材料製程技術開發	蘇盛竹副教授
「複合材料風力機之研發」分項計畫主持人	結構力學程式開發及計算 風力葉片設計製作 風力複合材料製程技術開發 複合材料特性研究	張瑞榮教授
「複合材料量測及非破壞性檢測技術」分項計畫主持人	複合材料性質測試實驗 非破壞性實驗能量建立 結構材料疊層設計分析	呂學育助理教授
成果觀摩展	1、議程策劃/主持人聯絡	教務處

	2、現場技術支援 3、膳食/交通/文宣	電算中心 學務處 研發處
校外諮詢人力	機械製作及檢驗技術的研究諮詢	巨亞機械公司 林 總經理

- A. 實驗室設備大多設置於中華科技大學航機系及機械系，航機系除教師負責督導實驗室外並航機系並由4位專業實習助教負責管理及協助教學與研究工作。
- B. 訂定實驗室使用及借用管理規章，由負責老師定期呈報。
- C. 除航機系及機械系使用該實驗室外，目前已開放給本校航電系、航管系、中華維修訓練學校等教學研究使用外，並已與校外交通大學、大葉大學、修平技術學院等研究實習等，將持續擴大使用效益及校際合作資源供享。

5. 經費運用情形說明（含學校配合款及措施）

本專案計畫所需經費含資本門及經常門如下表所示，共計新台幣貳百拾伍萬元整。其中，教育部專款補助新台幣壹百柒拾捌萬元整，本校提撥配合款伍拾肆萬元整。

資本門經費

設備名稱	說明	總 價	經費來源	
			教育部補助 經費	本校配合款 金額
修補工作台	複材修護教學實驗台	240,000	0	240,000
複合材料維修站	飛機線上複材維修工作站	300,000	0	300,000
模具加熱箱	複材製作成形加熱設備	80,000	80,000	0
材料試驗機	材料應力應變量測	500,000	500,000	0
Ansys 分析軟體 5 人版	結構力學計算分析	200,000	200,000	0

風力葉片模具	複合材料成形模具 風力	360,000	360,000	0
超音波測距儀	複合材料厚度量測	70,000	70,000	0
紅外線熱相儀	複材加工分析及非 破壞分析	250,000	250,000	0
總金額		2,000,000	1,460,000	540,000

經常門經費

	內容	單 價	經費來源	
			教育部補助 經費需求	本校配合 款金額
實驗用耗材	碳纖維、玻纖維、應變規、樹脂、 硬化劑、五金金屬材料、五金工 具、化工材料、砂紙、金屬加工、 脫模劑、丙酮、O型環、烤克、 電子零組件等	326,000	146,000	180,000
教學用耗材文 具	文具、碳粉、墨水匣、紙張、影 印、裝訂、磁帶、電池、光碟片、 加工桌、彩色碳粉匣、電腦零件 與相關耗材等	30,000	30,000	0
設備維護費	相關設備維護費	15,000	15,000	0
參訪、實習、 參與研討會	含車費、保險與誤餐費、研討會 註冊費、工讀費、論文發表會	29,000	29,000	0
辦理教學研討 會	場地佈置費、茶點、講義印製、 演講費、工讀費	70,000	70,000	0
教學輔助教材	課程輔助相關教具及教材	30,000	30,000	0
總金額		500,000	320,000	180,000

七、年度計畫執行成效（請盡量具體、量化）

（一）子計畫 1—飛機複合材料製造修護技術

i. 空氣動力學設計、計算、模擬

建立飛機設計製作複合材料修補研究與教學，自行研究設計及製作複合材料無人飛機及超輕航機。首先開發飛機氣動力計算模擬之飛機設計工具。使用 CATIA 繪圖軟體繪製三維外型流場建模，接著建立 3D 網格外型曲線，可計算三維非穩態可壓縮流黏性流場方程式有限體積差分法程式所需計算網格，可精確計算複雜外形飛行體流場特性、分離流及氣動力數據等。網格建模軟體以 GridGen 軟體建立 3D 空間網格外型曲線。應用於計算三維非穩態可壓縮流 Euler 方程式及黏性流場方程式 Flux Vector Splitting 之有限體積差分法程式開發，可精確計算複雜外形飛行體流場特性、分離流、震波及氣動力數據等。數值方法可計算分析及檢視三維機翼表面複雜氣流形式、流體質點路徑、速度及壓力等特性。機翼表面上負載分佈及各種姿態攻角下所產生之分離流形式及強度與位置結果亦可正確地計算及分析。計算結果提供飛機外型全機表面壓力及負荷分佈與性能設計，該壓力分佈資料可充分支援飛機複合材料應力分析及纖維疊層設計，設計結果可降低飛機重量及提昇飛機飛行性能。

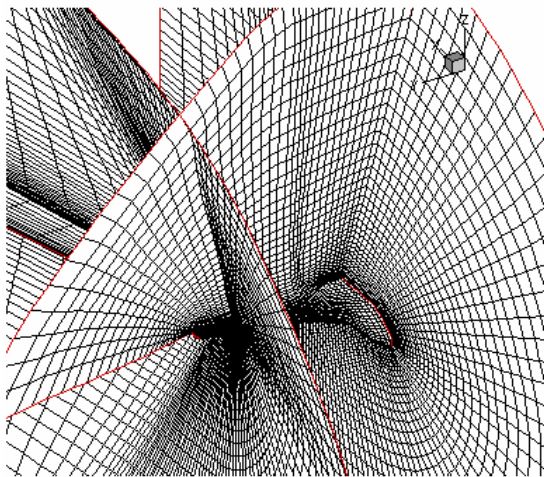


圖 3 飛機氣動力流場網格系統

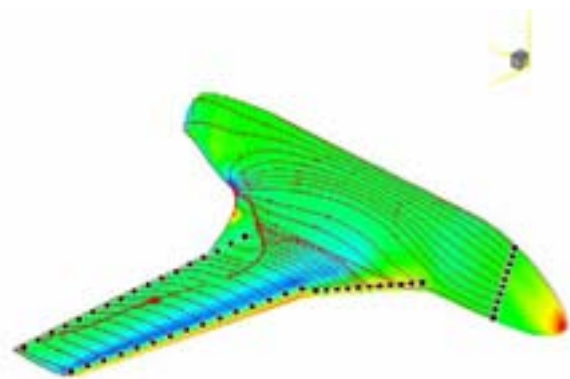


圖 4. 飛機流場氣動力流場計算結果

ii. 複合材料製作技術與教學方法

複合材料可應用於結構樑及三明治結構設上，複合材料結構件製作採用真空袋成型法及熱壓法，真空袋成型法及熱壓法又稱為隔膜成形法：利用烤箱及熱壓機加熱，並抽真空除去複材積層內之水份及空氣，並利用大氣壓及或熱壓機加壓使其貼附於模型中成型，複合材料熱壓機及樹脂轉注成形機。

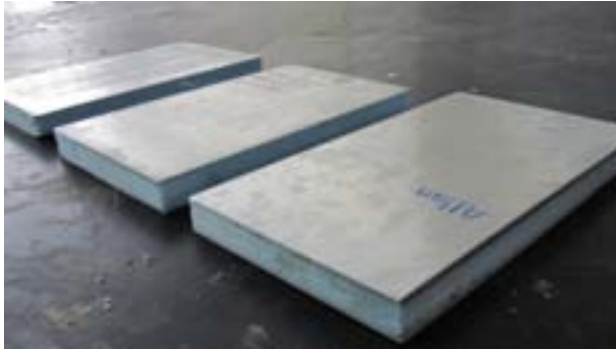


圖 5. 自製複合材料結構 I 型樑板



圖 6. 自製複合材料三明治結構



圖 7、複合材料熱壓機



圖 8、樹脂轉注成形機

玻璃纖維或碳纖維複合材料製作加工，纖維含浸樹脂之加工方式有手磯及預浸布法。其法是在模具型架上先鋪上纖維布，再用刷子上樹脂然後疊層抽真空加熱成形。另一方面，利用複合材料可修補複合材或金屬材之破壞損傷之結構，應用其纖維風方向性結構強度，不但可以修護原有之缺陷，並可增加及結構強度。目前已開發複合材料結構修補之程序及方法，並以充分應用於航空維修教育訓練上。



圖 9. 複合材料修補金屬片



圖 10、複合材料手磯法

碳纖蜂巢板結構是增加結構之強度及減輕結構重量之最佳設計，利用蜂巢板或輕型發泡材料當作夾層，建立複合材料纖維疊層、編織及結構設計與製程技術開發，外層疊多層碳纖或玻璃纖維夾板，其碳纖或玻璃纖維夾板可採用樹脂及纖維預先含浸並儲存於冷凍櫃中儲存，或纖維布浸塗樹脂後加工，並利用模具經烤箱及熱壓機加熱成形。



圖 11、 碳纖蜂巢板

設計製作一架材質輕之無人遙控飛機 UAV，總重量約在 6 公斤，翼展約 3 公尺目標，以複合材料為機翼及機身主結構，複合材料單位重量能提供的剛性、強度來看，及比剛性、比強度，複合材料更是無其他材料可以比擬。飛機另一方面採用活塞螺槳引擎且能夠裝載衛星定位導航、陀螺輔助飛行、空氣動力量測、伺服馬達驅動致動器及電腦自動設定分析操作控制系統，執行預先設定任務之多功能遙控飛機。當飛機飛行時作較大之動作時，其結構會遭受較大之應力，若飛機結構使用強度不足之材料，恐將使結構遭受破壞，為預防此一情形發生，故使用複合材料中之玻璃纖維布黏貼至前機身、上翼面前緣、垂直尾翼主樑以及垂直尾翼與水平尾翼交接處等易受較大之應力處，藉由複合材料低密度、高強度、高剛性、高疲勞強度的特性加強結構，使得飛機可承受更大之應力。

首先計畫會先進行初步設計，初步估算飛機尺寸、形狀、重量、及材料等。再利用各種計算流體力學、空氣動力學及結構力學之方程式計算出各個部位之空氣動力數據外型結構強度及安全因數。接著進行細步設計，

利用 AutoCAD 繪出藍圖、製作模型、安排內部機構、設計結構樑框、縱主樑、及安排動力系統。最後進行組裝測試並反覆修正外型及結構設計。

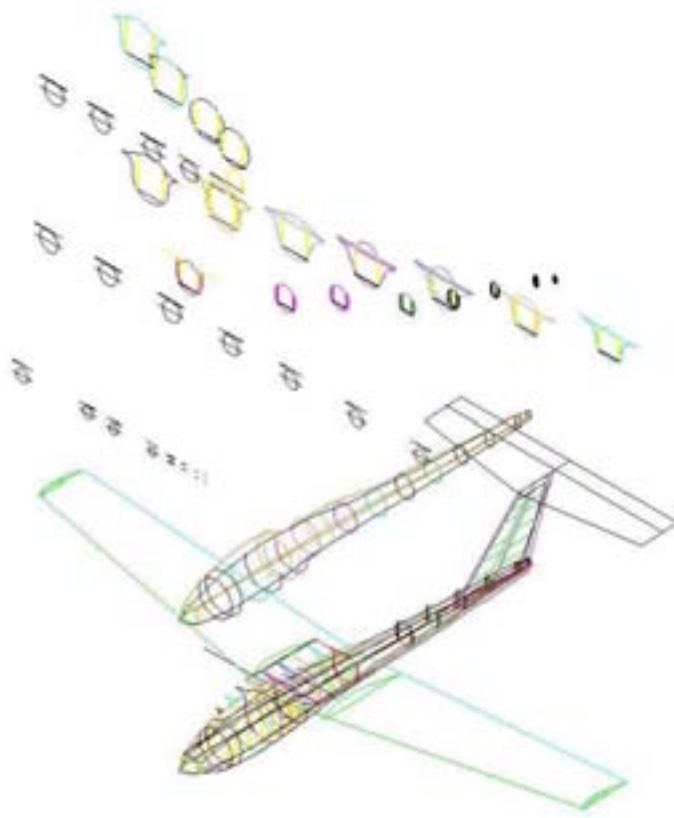


圖 12. 無人遙控複合材料飛機設計圖



圖 13. 遙控複合材料飛機機翼製作



圖 14. 自行製作之碳纖維飛機起落架



圖 15. 參與大專杯無人飛機競賽，設計製作複合材料無人遙控飛機獲第二名

iii 超輕複合材料飛機設計製作

本計畫將研究設計一架雙人座動力超輕飛機乙架，可從事基礎飛行訓練、觀光導遊、空照地圖、地理地形研究、山海難救援、海洋生態研究等多功能效益之載人超輕複合材料飛機。該飛機初步規劃空重約 180kg 可攜帶油料及將可以承載兩人負載約 200kg，故總重約 380kg 之短場操控起降超輕飛機。飛機機身及機翼採用質料輕盈之航空複合材料、低風阻結構強之超輕飛機。此飛機能執行低速飛行、省油、滯空時間長、易於起降，高升力之翼型、較大的展弦比。低耗油之動力裝置、質料輕盈之航空複合材料、低風阻機身與機翼外型、低成本。具簡易且安定強之操控性。拆裝組合運送，且安定性強及穩定控制之操作性超輕飛機。

結構設計方面利用 AutoCAD 繪出藍圖、製作模型、安排內部機構、設計結構樑框、縱主樑、及安排動力系統，如圖 16. 飛機整合結構設計。在空氣動力設計方面，利用各種計算流體力學計算分析改良流場、結構力學計算外型結構強度及安全因數。最後進行組裝測試並反覆修正外型及結構設計。機身設計採取複合材料流線型外型而次結構樑作局部修改、圓錐機鼻、加座艙門。

飛機組裝與測試，包括了機翼及機身型架模具製作、鋁合金管卯接，4130 鋼亞焊，複合材料翼肋、複合材料尾翼、蒙皮、及複材零組件等組裝，

為建立測試檢驗材料製作之可靠度及安全度，在製程階段將另製作相同之試驗件進行材料非破壞及破壞性檢驗，及應力應變實驗試驗，構圖如圖 17.

在飛機材料及結構製程方面，傳統超輕飛機大部份使用鋁合金金屬材料及覆蓋塑膠蒙布外，本計畫飛機機身、機翼尾翼表面結構、複合材料翼肋及 I 型樑製作將採用高強度的複合材料，由碳纖維及玻璃纖維材料為主，內部結構及部份肋樑採用高強度鋁合金材料及碳纖維補強，機身設計採取複合材料流線型外型而次結構樑作局部修改、圓錐機鼻、加座艙門。機翼部份使用複合材料翼肋及蒙皮加強強度。尾翼部份則加大垂直尾翼、外形流線化及複合材料蒙皮，採用複合材料真空成形法製作，如圖 19。外型結構如機身、水平尾、垂直尾等複合材料外型則須利用內外模固定形狀來成形，所以必須設計製作內外模架，計畫利用學校 CNC 機具加工製作模型，並選用模具配合熱壓機及真空及壓袋加壓成型法加工製作。本年度與金廣發公司合作自行設計製作一架單人座金屬與複合材料之超輕飛機，並參加 2009 世貿航太展，如圖 20, 21.。

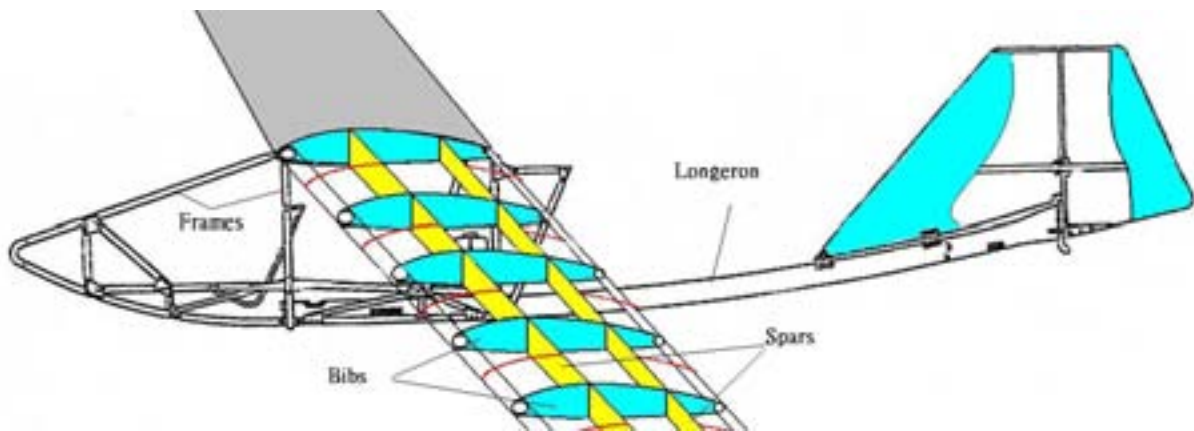


圖 16. 飛機整合結構設計

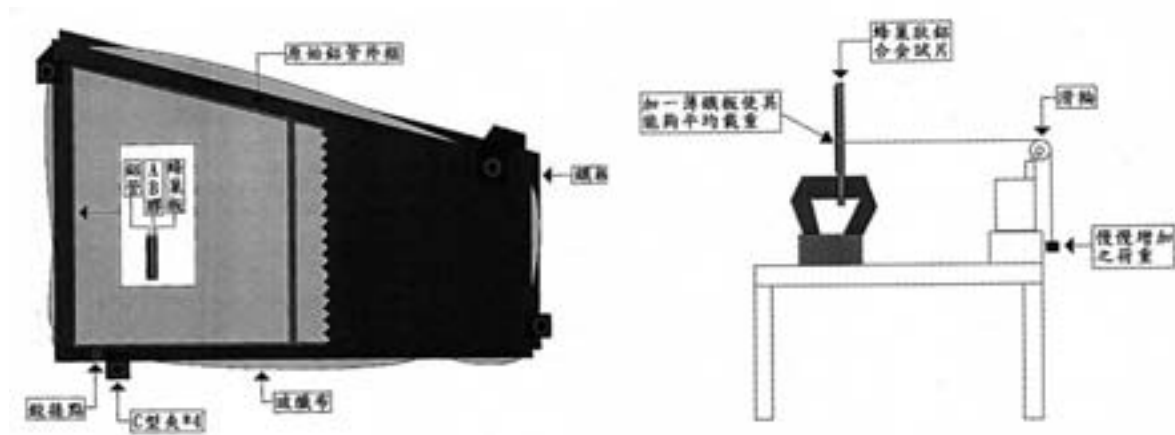


圖 17. 複合材料飛機尾翼製作及檢測



圖 18. 複合材料翼肋 I 型樑製作



圖 19. 複合材料真空成形法製作



圖 20. 飛機複合材料法製作



圖 21. 自製複合材料超輕飛機 2009 世貿航太展

計畫 2——複合材料風力發電葉片設計製造技術

複合材料風力機之研發

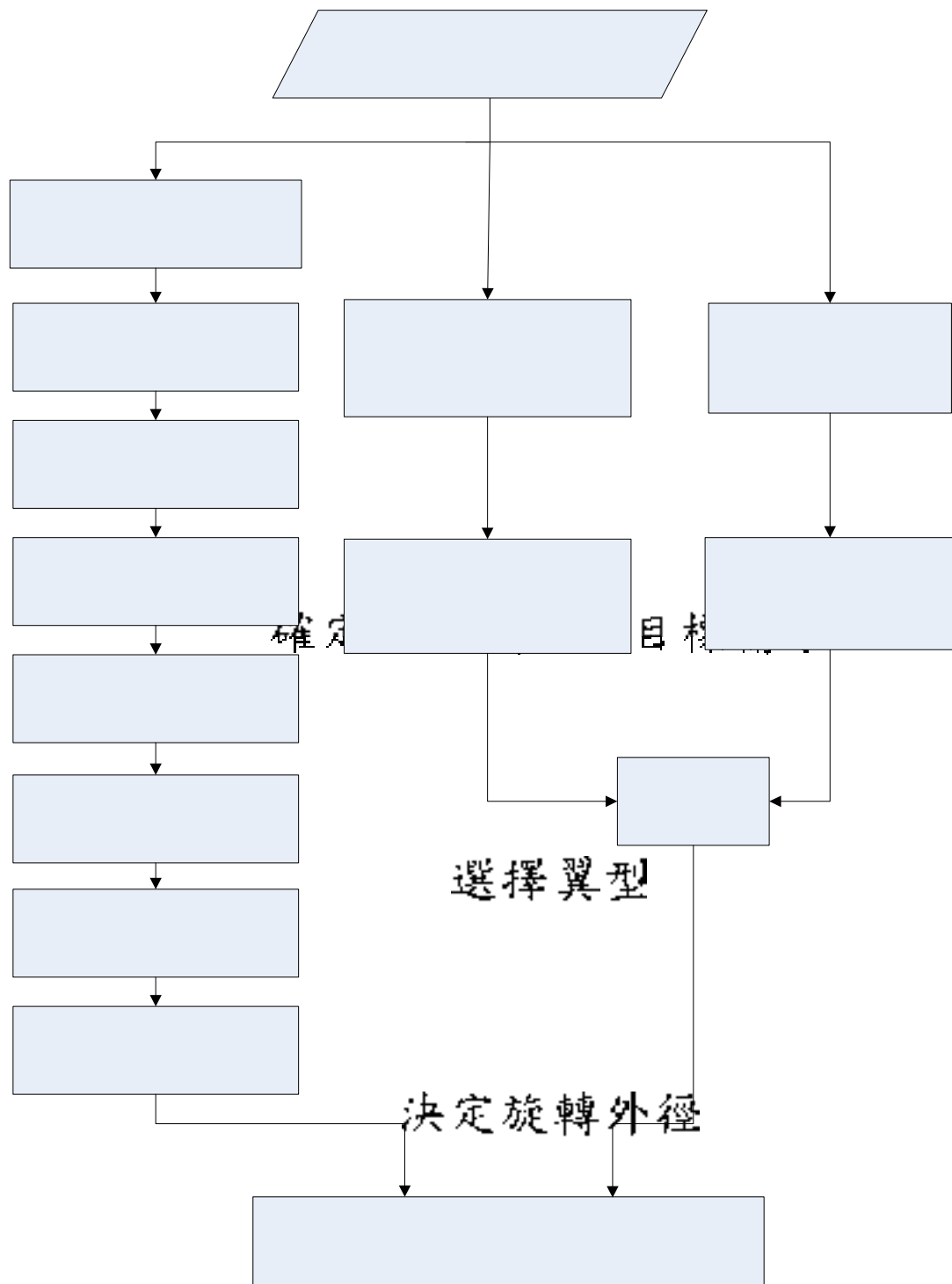
- 1、開發型風力發電系統。
- 2、發展風力機葉片材料。
- 3、發展風力機葉片設計軟體。
- 4、完成製作一可發電 1-10KW 的複合材料風力發電機。

(三) 複合材料量測及非破壞性檢測技術之研發

- 1、建立材料機械性能檢測設備能量及人才。
- 2、建立複合材料檢測技術能量及軟體。
- 3、建立複合材料動態及疲勞特性檢驗能量。
- 4、建立複合材料非破壞性檢驗設備及技術能量。

風力發電為自然潔淨無污染之綠色能源，被聯合國列為「明日之星」產業，風力發電成本已降低，近年來國內外政府及民間大幅發展風力發電。風力發電是藉由空氣的氣動力作用（包括升力及阻力）轉動葉片以擷取風的動能，進而轉換成電能，其動力來源主要是靠葉片與風向間適當的攻角 (Angle of Attack) 產生的浮力，推動葉片轉動。風力機旋轉發電時，葉片偏轉角在葉片根部按風速大小而調節葉片偏轉角，進而控制風力機轉速與提昇發電能量與效率。此偏轉角大必須依據 3D 翼型特性、風速、轉速及發電負載等精確計算、設計、測試及控制，方能達到最佳效益，本計畫以軸流式三葉片為主要研究目標。因此，葉片氣動力計算分析及測試驗證為主要關鍵技術，然而葉片因風的作用受到的總揚升力與阻力對整體性能會有一定之特性曲線，而負荷與重量確是與發電量正比增加，隨之而來的就是整體結構強度及經費的增加，因此考量風力機的發電性能及使用年限、維修成本及複雜性…等的因素，本計畫積極開發質輕且結構強度強之複合材料風力葉片。

最佳風力發電機性能匹配之技術需應用計算流體力學數值計算模擬方法來設計，計畫第一年已應用一系列計算流體力學及風力葉片理論，設計一組高性能小型風力葉片外型，並研發製作複合材料模具及自製一高效率、質量輕及噪音低的複合材料 1kw 小型風力發電機葉片組，來取代現有市售所設計的葉片，從定訂目標、初步設計、細部設計、製作、再進行驗證風力發電機系統在人造風的情況下運轉情形，並且比較測試不同葉片的發電效能，以及評估自行設計的葉片裝置角對風力機最佳功率輸出之關係，圖 22. 為本案研究風力葉片設計流程圖。



葉片設計

2D
氣動力

葉片截
3D風力葉
(理)

圖 22. 風力葉片設計流程圖

為設計高效益複合材料風力葉片，採用國際新能源實驗室現代高效率 S831 系列外形作氣動力分析，先進行氣動力計算模擬，與子計畫一相關之氣動力分析方式，發展一計算流體力學分析風力葉片之氣動力特性，並同時與實驗結果比對，獲得詳盡流場特性輔助葉片設計及問題分析，圖 23~26

顯示，氣動力計算結果與實驗穩合，可充分應用於風力發電葉片之設計。

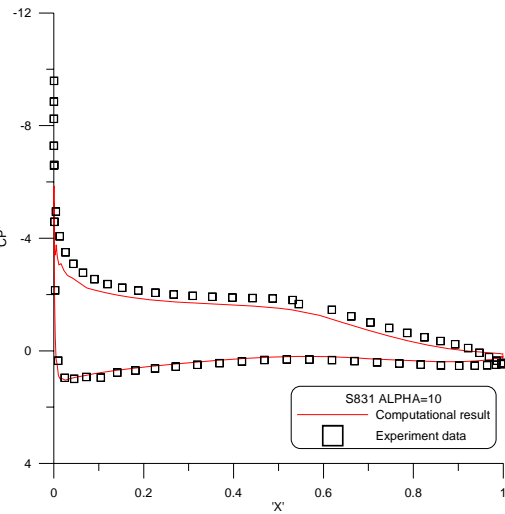
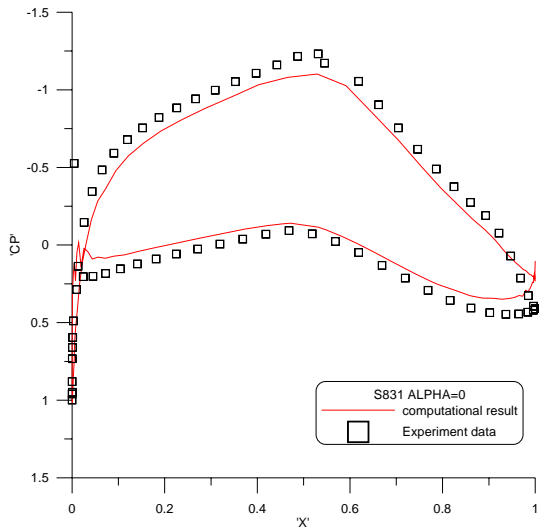


圖 23 壓力係數比較於功角 $\alpha = 0 \text{ deg}$

圖 24. 壓力係數比較於功角 $\alpha = 10 \text{ deg}$

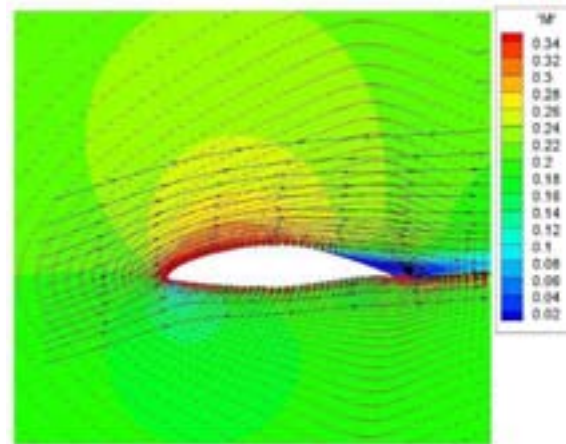
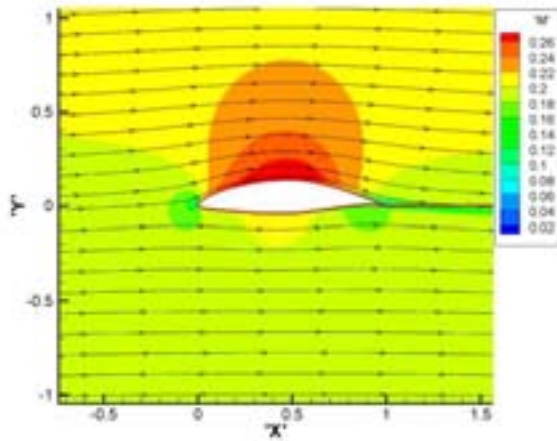


圖 25. 速度分佈於功角 $\alpha = 0 \text{ deg}$

圖 26. 速度分佈於功角 $\alpha = 10 \text{ deg}$

本計畫將進一步計算流體力學(CFD)應用於 3D 轉動葉片流場，首先必須先建立三維計算網格點，並考量黏性/可壓縮流場及氣動力分析計算流體程式故應用於三維薄黏層流體方程式 3D Thin-layer Navier-Stoke Equations 求解三維轉動可壓縮黏性流計算流體力學程式，計算模擬不同轉速旋轉風力發電機的扭曲翼形渦輪葉片之各項氣動力流場性質。本研究主題以國際新能源實驗室 NREL 所開發之 S831 翼型為主設計目標為 1KW 三維

風力發電機葉片，如圖 27. 所示，應用國際新能源實驗室 NREL-S831 風力發電新型高效率翼剖面外形實驗數據，應用上述數值計算方程式解三維扭曲葉片渦輪葉片黏性流，圖 28 為計算網格系統，搭配實驗驗證計算流體力學程式之正確性，同時獲得更詳盡流場資料如圖 29，有助於修訂渦輪葉片性能及操作程序以獲得最佳發電效率。S831 風力葉片測試條件雷諾數為 6×10^6 ，轉動速率分別為 $\Omega=0\text{rpm}$, 60rpm , 600rpm 等，計算模擬情況將討論其渦輪葉片翼剖面壓力、升力、阻力等，如圖 30，可以充分應用於複合材料葉片之結構力學及複材製作之依據及測試驗證條件。

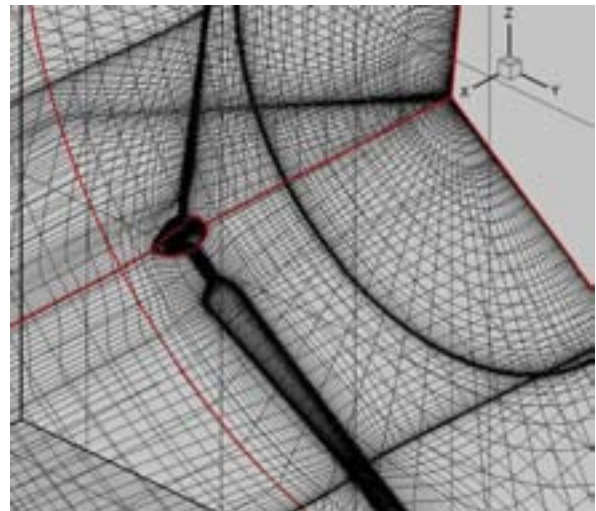
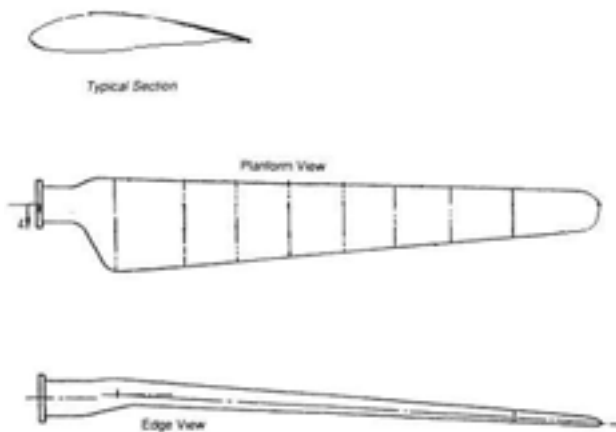
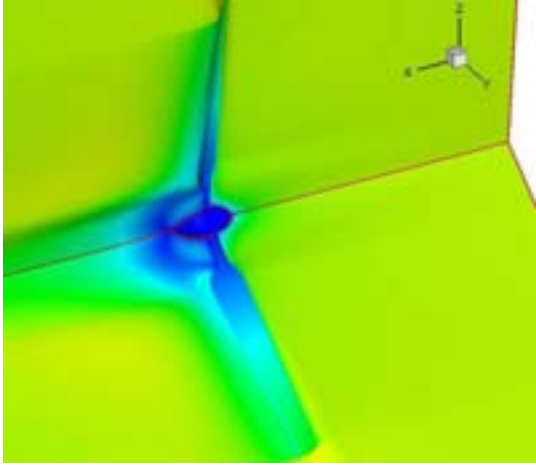


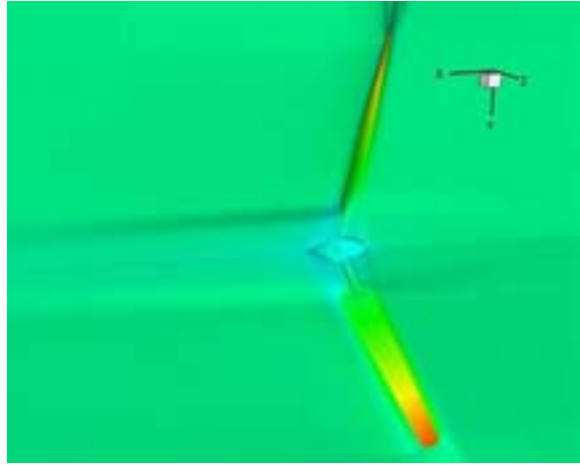
圖 27、轉動風力發電機葉片三視圖

圖 28、 H-H 風力葉片網格系統

計算流體力學計算結果不但可以支援結構分析，並且提供最佳化高性能葉片設計之依據，圖 31, 32. 顯示轉子葉片翼尖處會因上下壓力差所產生之翼尖尾流及速度向量變化情況，該翼尖尾流將產生誘導功角及減少風壓之轉動壓力能量，且翼尖渦流會因為低轉速高功角而增加其強度。也因為此效應作用，因此有許多翼尖小翼或增加扭角而獲得改善。接著開發最佳化風機控制模式可分析風力發電機於不同風速、轉速、溫度、大氣壓、偏轉角下，分析輸出功率及匹配效益問題。

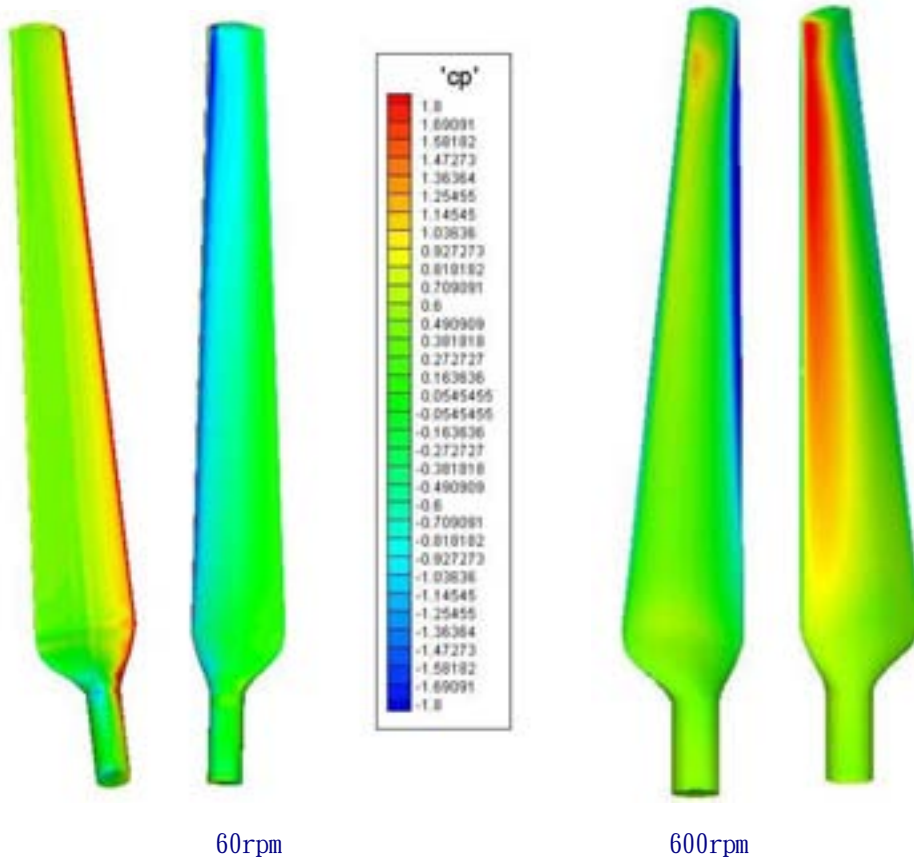


$\Omega=60\text{rpm}$



$\Omega=600\text{rpm}$

圖 29、風力葉片旋轉 $\Omega=60\text{rpm}$ 及 600rpm 轉速下速度分佈圖



60rpm

600rpm

圖 30、風力葉片旋轉 $\Omega=60\text{rpm}$ 及 600rpm 轉速下表面壓力分佈圖

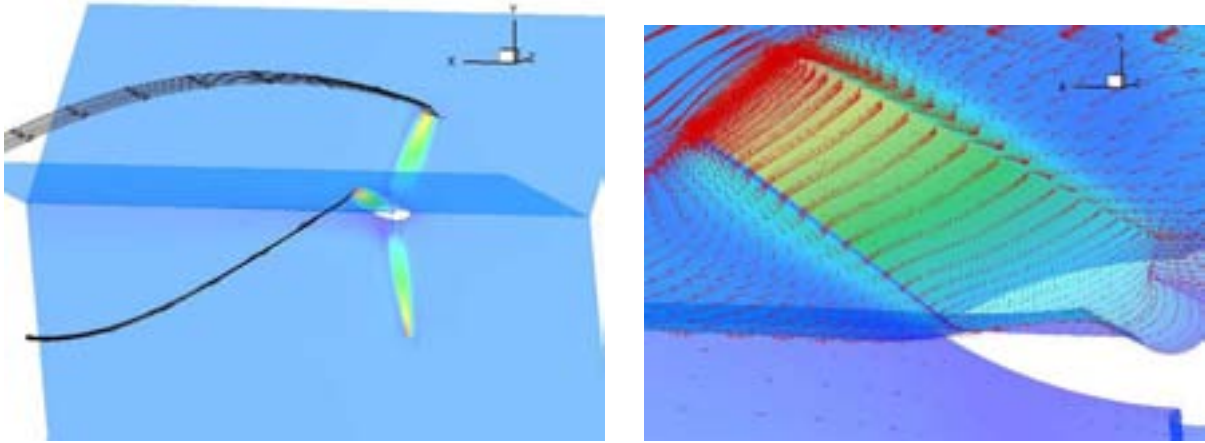


圖 31、轉動風力葉片翼尖渦流現象 圖 32、風力葉片旋轉 $\Omega=600\text{rpm}$ 速度向量

繪圖軟體設計關鍵零組件所需之 RTM 模具及利用 CNC 加工方法製作模具。製作試驗所需之部分夾治具及設備。組裝風力機供進行可靠度試驗用。產出具實用性及經濟價值的風力機。為驗證複合材料實際與理論差異，安排一系列風力葉片計算模擬該葉片應力分鐘，接著進行負債破壞實驗與量測比較，從葉片元素動量計算負載分佈(圖 33.)，提供給 ANSYS 軟體進行理論分析，計算結果可得應力分析之分佈情形，與實驗之破壞位置相符，可先行進行纖維補強之實驗模擬，以取得較佳之應力分佈，供複合材料風力葉片製程補強之參考。經應力分析後上述設計計算之氣動力負載及結構外形做之有限單元分析(圖 34.)，以及進行風力葉片之靜態壓力試驗，做理論與實驗的結果比較，並對各種製程方法作比較。

因本實驗量測之初已得知複合材料風力葉片之最大受力值，破壞位置在受拉應力中心處，但從實驗破壞之位置與型態，其破壞位置卻發生在壓應力處，因本實驗所研製風力葉片之芯模其材料係數較低，故在彎曲試驗中其破壞位置會發生在壓應力處且呈現一內凹式破壞之情形，如圖 31.。從理論分析中，其應變分佈圖與實驗所得之結果非常接近，故若需對風力葉片進行補強，可先由理論進行分析以求得補強之最佳層數與位置。

本研究的複合材料風力葉片，經過一連串的實驗與有限單元的理論分析，綜合得到下述的結論：

- (1) 所設計的複合材料風力葉片，在手積層結合樹脂轉注真空成形法製程下，以得到非常完整的成品，無論在重量的減輕、承受的強度及加工的簡化都有相當的成果。
- (2) 在各種製程下，以手積層結合樹脂轉注真空成形法製作之複合材料風力葉片，無論在結構強度或重量都可以達到所需目標，而在其他製程上都未能達到高強度且質輕之需求。

- (3) 在製程改善方面，本文所使用之手積層結合樹脂轉注成形法，其所需之工時短、結構強度佳、可獲得良好之光滑曲面，故可提供其他產品製程之選擇，並非只需使用一種複合料製作方法，而可結合兩種以上之製作方法，如本研所使用之製程。

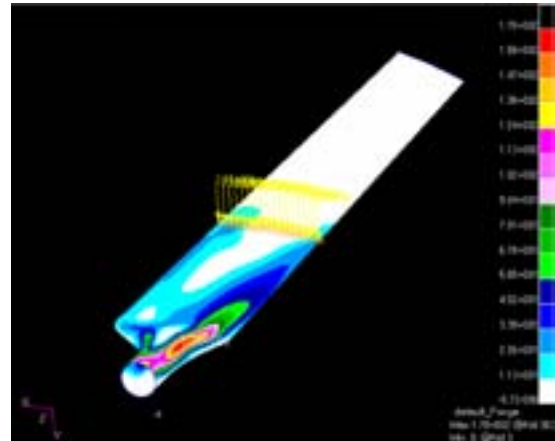
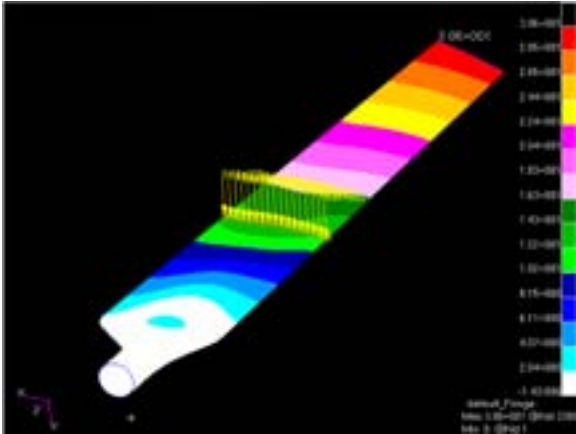


圖 33、葉片元素動量計算負載分佈

圖 34、葉片有限元素計算應力分佈

4. 1kw 小型複合材料風力葉片製作

經初步設計得到較佳外型風力機葉片幾何外型後，本計畫另一方面的目的是針對所設計之葉片進行設計製作及結構分析，利用複合材料具有高強度與勁度、低密度、易製作、環境穩定度及優良的抗疲勞性，針對風力發電機渦輪葉片的需求，來設計風力發電機渦輪葉片結構，執行風力發電渦輪葉片的製作，葉片製程方面分別利用了樹脂轉注成型法(Resin Transfer Molding RTM)、真空樹脂轉注成型法(Vacuum Resin Transfer Molding VARTM)及手積塗層法等三種方法。

風力發電機葉片設計以國際新能源實驗室 NREL 所開發之 S831 翼形為主設計目標，葉片使用材料的型號為 30k 的保麗龍，經保麗龍線切割機製做而成，該葉片單隻翼展為 1m，翼根最大弦長為 160mm，翼尖弦長為 90mm。本計畫實體風力葉片是以三明治玻璃纖維結構為目標，將採用手積層結合樹脂轉注成形之製程方法。同時，由學校補助設計製作一複合材料葉片製程所需之複材樹脂轉注鋼模(如圖 35)，應用 3D CNC 製作芯模(如圖 36)，以及複合材料樹脂轉注法自製風力發電葉片鋼模組，如圖 37。

首先將一種乾式玻璃纖維編織材料剪裁成風車葉片平面展開圖，並將

其包覆於葉片芯模上(如圖 38.)，再以纖維線加以固定形成預成形物，接著用樹脂轉注成型機依比例調和過的樹脂與硬化劑均勻塗佈於預成形物上，並將模具塗上一層離型劑，將預成形物放入下模內，上下模闔蓋並以 O 型環密封抽真空，轉注成型機管進行樹脂注入，固化成形。計畫中利用樹脂轉注成型法製作複合材料風力發電機轉子葉片結構，先行準備設定真空模具，係本發明所使用之樹脂轉注成型法之模具，模具為一種真空模具設計，其中包含上模、下模、模具承座及真空環，其中上模包括上模穴、抽真空孔洞、樹脂注入孔及排氣孔，而下模除了具有下模穴外，其真空環環繞下模模穴四周，並與上模底緣緊密接合以使模穴達真空狀態。最後於模具一端設有抽真空氣孔及另一端面設有樹脂注入口，先將前處理過之複合材料風力發電機轉子葉片預成形物結構置入模穴中，再將上下模具緊密接合，並抽出模穴內部空氣，再控制樹脂注入口流量及黏度流入模穴內部，如此可使纖維預成形物充分浸潤於樹脂內，如圖 39，而後將模具置入烤箱並在預設之溫度條件下固化成形。依序拆除模具，取出成品，即完成一體成型複合材料風車葉片的製作，如圖 40. 所示。

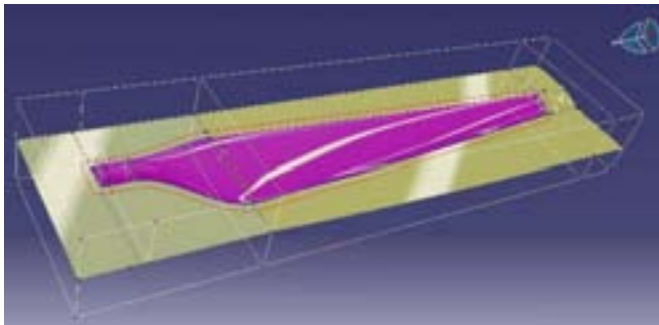


圖 35、風力發電葉片模具設計

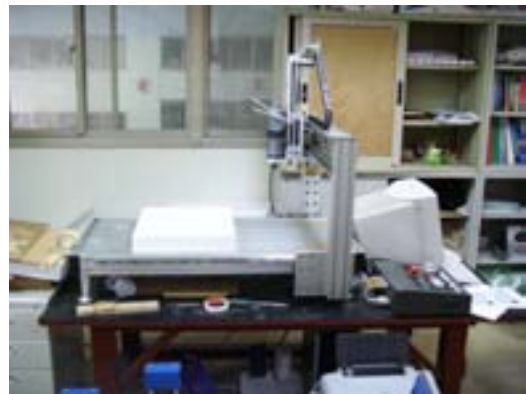


圖 36、複合材料葉片 CNC 芯模製作



圖 37、玻璃纖維編織材料

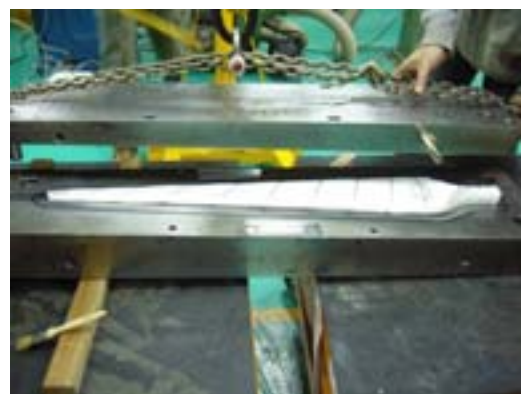


圖 38、複合材料風車葉片製作-合模

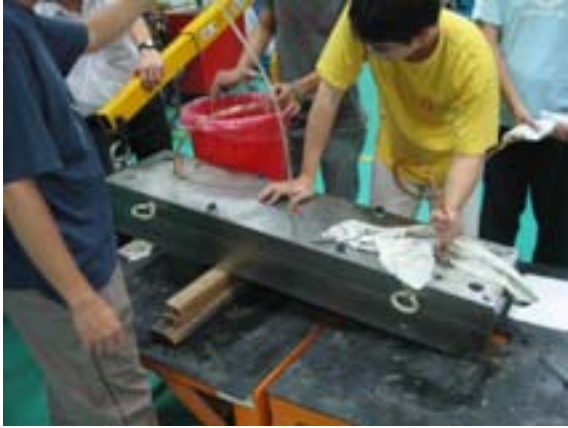


圖 39、複合材料樹脂轉注法



圖 40、複合材料風車葉片成型

計畫 3——複合材料量測及非破壞性檢測技術

風力複合材料葉片材料檢測

風力發電渦輪葉片的結構設計是使用玻璃纖維，纖維材料是一種非等向性材料，此種材料在纖維方向具有高強度、高勁度且重量輕的特性，藉由疊層角度、編織手法及製程的變化達到所需的結構設計強、剛性、耐蝕性、耐疲勞性，甚至傳統金屬所無法比擬特有的力學異向性，應用複合材料各種優點配合風力發電機渦輪葉片最佳化校效能需求，來設計製作及驗證高性能風力發電機渦輪葉片結構及性能。為充分了解該纖維特性，特設計製作複合材料不同疊層及角度試片如圖 41, 42，並於玻璃纖維複合材料試片上安裝應變規，最後進行一系列材料拉伸應力/應變實驗(圖 43, 44)，以測試出材料特色及選擇適當之疊層及角度之複合材料。為驗證複合材料實際與理論差異，安排一系列風力葉片計算模擬該葉片應力分鐘，接著進行負載破壞實驗與量測比較，從葉片元素動量計算負載分佈。實驗結果再提供給 ANSYS 軟體進行理論分析比對，計算結果可得應力分析之分佈情形，與實驗之破壞位置相符，可先行進行纖維補強之實驗模擬，以取得較佳之應力分佈，供複合材料風力葉片製程補強之參考。經應力分析後上述設計計算之氣動力負載及結構外形做之有限單元分析，以及進行風力葉片之靜態壓力試驗，做理論與實驗的結果比較，並對各種製程方法作比較。

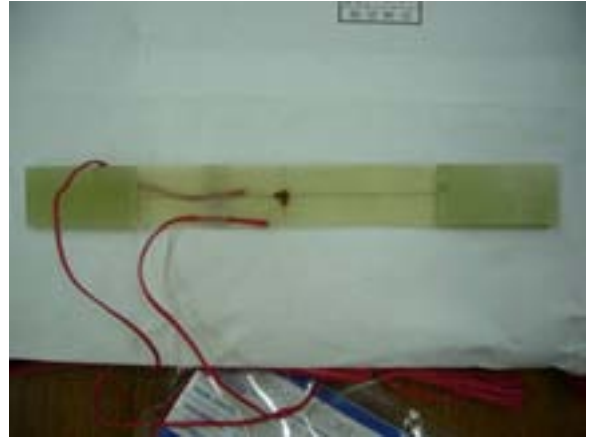


圖 41、複合材料不同疊層及角度試片製作 圖 42、複合材料試片安裝應變規



圖 43、複合應力/應變實驗 圖 44. 新購材料拉伸實驗機

非破壞性檢驗

航空飛航器維修檢測方面，先進之非破壞檢測技術可適時檢測出材料疲勞裂縫，進行修補或更換，避免飛航中發生斷裂，確保飛航安全；複合材料之非破壞性檢測以超音波及熱成像為主要非破壞檢測技術，高頻超音波可用於檢測非等向材料或非金屬材料缺陷與脫層，並可應用超音波探測複合材料厚度及及材質特性等，在檢測複合材料之脫層方面，可在不接觸之前提下，於一定距離外檢測飛機機翼或尾翼結構遭受撞擊後之脫層，確保飛航安全(圖 45)；紅外熱像儀使用非接觸紅外測溫原理，可將被測目標

各部位的溫度在熱像圖中以顏色進行區分，我們就可以依據材料熱傳導對各部位破壞缺陷部分不同的顏色對溫度進行判斷(圖 46)。檢測技術已列入課程計畫，以及飛機維修人員之專業訓練課程；本計畫已充分支援中華科技大學民航維修 147 訓練學校課程，並提供勞委會職訓局”飛機維修乙照”之術科考試訓練及考試作業。



圖 47. 超音波非破壞性檢測



圖 48. 紅外熱像儀探傷

一、在人才培育方面

- (一) 開設航空工程特色學程，學生修滿學分給與學程證明
- (二) 依飛機複合材料、風力發電技術、材料檢驗訂定複合材料整合人才培育訓練計畫與教學目標編撰教材，錄製影帶製作動畫。
- (三) 舉辦複合材料專業技術應用研討會 2 場。
- (四) 配合學生專題製作，設計及製作複合材料教學設備課程。
- (五) 帶領學生參訪業界航空維修及綠色能源技術研發及設備生產廠商 6 場，以吸收最新知識。
- (六) 聘請業界專家到校專題演講 8 場次。
- (七) 成立專業實驗室，含飛機複合材料製造實驗室(複合材料修補技術)、複合材料風力葉片實驗室(風力發電葉片設計製作)、複合材料非破壞實驗室以落實教學與研究，培育業界專業人才。
- (八) 培育複合材料及綠色能源領域的設計、製作加工及試驗方面的人才



圖 49 中華航空公司參觀見學



圖 50. 國家太空中心參觀見學



圖 51 參觀台電風力發電機組設備



圖 52. 復興航空專家演講



圖 53 新竹空軍基地飛機維修觀摩



圖 54. 舉辦專題研討會

(七)經費運用情形一覽表

計畫序 及名稱	執行 年度	本年度核定經費 (單位:元,含配合款)					實際執行數 (單位:元,含配合款)					執行率 (%)			備註
		經常門			資本門(軟硬 體設施費)	合計	經常門			資本門(軟硬 體設施費)	合計	經常門	資本門	合計	
		人事費	業務費	其他 (請說明)			人事費	業務費	其他 (請說明)						
分項計 畫 1	98	0	教育部補 助 172000		教育部補助 80,000 學校配合款 540,000			教育部補 助 172000		教育部補助 80,000 學校配合款 540,000	792000	100%	100%	100%	
	99														
	100														
分項計 畫 2	98		教育部補 助 180000		教育部補助 1,060,000			學校配合 款 180000		教育部補助 1,060,000	1240000	100%	100%	100%	
	99														
	100														
分項計 畫 N	98		教育部補 助 148000		教育部補助 320,000			教育部補 助 148000		教育部補助 320,000	468000	100%	100%	100%	
	99														
	100														
合計			500,000		2,000,000			500,000		2,000,000	2500000	100%	100%	100%	

備註：

- 一、本表所填各項數據應與「經費收支結算表」一致。
- 二、「經常門」執行率未達 80% 以上或「資本門」執行率未達 90% 以上，應於「備註」說明具體理由，並附相關證明文件，否則將依規定刪減、停撥下一年度之經費補助或終止補助。
- 三、新申請案僅需填第 1 年經費運用情形。

(八) 年度計畫查核點執行情形：

計畫序號及名稱	年度查核點	執行進度			落後原因說明
		超前	符合	落後	
計畫 1	1. 硬體採購與安裝		√		
	2. 特色實驗室	√			
	3. 課程規劃		√		
	4. 教學觀摩		√		
計畫 2	1. 硬體採購與安裝		√		
	2. 特色實驗室	√			
	3. 課程規劃		√		
	4. 教學觀摩		√		
計畫 3	1. 硬體採購與安裝		√		
	2. 特色實驗室		√		

	3. 課程規劃		√		
	4. 教學觀摩		√		

※「年度查核點」之填寫應與核定後之詳細計畫書所列內容一致。