

教育部補助技專校院建立特色典範計畫

99 年度具體計畫書

航空複合材料特色實驗室

Airplane composite material characteristic laboratory

全程計畫：自民國 98 年 5 月 至民國 101 年 2 月 28 止

本年度計畫：自民國 99 年 1 月 至民國 99 年 12 月 止

中華科技大學

中華民國九十八年十一月二十六日

目錄

一、計畫基本資料表	3
二、整體計畫執行內容摘要	5
三、本年度計畫執行內容摘要	6
四、背景及現況	7
五、計畫目標	13
六、具體內容及配套措施	16
七、實施進度及分工	28
八、經費需求及行政支援	33
九、預期成效及影響	39
十、觀摩活動規劃	42

(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		計畫歸屬	<input type="checkbox"/> 新申請案 <input checked="" 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		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				
	99				
	100				
	合計				
延續案 (已補助年度請填核定補助情形、未執行年度請填經費需求)	98(已執行)	500,000	2,000,000	720,000	2,500,000
	99(未執行)	550,000	2,720,000	760,000	3,270,000
	100(未執行)	550,000	3,270,000	890,000	3,820,000
	合計	1,600,000	12,390,000	4,010,000	13,990,000
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

(二) 整體計畫執行內容摘要

本計畫乃針對綠色能源產業相關的航空複合材料及複合材料風力發電機做一整合性研究及教學規劃：

主持人：蘇盛竹副教授、譚嗣羸助理教授、吳家宏助理教授

目的：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，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。

(2) 分項計畫2——複合材料風力發電葉片設計製造技術

主持人：張瑞榮教授、曾育鍾助理教授、金大仁教授、

目的：建立一套分析設計、製造、測試複合材料風力機系統的設備及方法，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，並建立一套應用複合材料修補這些零組件的方法與程序。研究結果提供開發輕量高強度、高性能之複合材料風力發電機。

(3) 分項計畫3——複合材料量測及非破壞性檢測技術

主持人：呂學育助理教授、蘇盛竹副教授、賴峯民副教授

(1) 分項計畫1——飛機複合材料製造修護技術

目的：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，並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。

(三) 本年度計畫執行內容摘要

本年度為計畫執行第二年，主要的執行內容為實體複合材料飛機及風力葉片製作，以及各子計畫實驗室籌建、技術開發與教學訓練，並繼續強化第一年已執行之實驗室能量，如飛機複合材料結構以及風力發電複合材料葉片的設計製作及測試驗證，將建立複合材料航空飛機之設計製作、複合材料風力葉片開發技術，以提升複合材料產品開發。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製作及維修，建立以非破壞檢測為核心之維修策略，建立維修及檢測資料庫，提出最佳維修方法及程序，增加複合材料維修效益，提升複合材料之可靠度及安全性。

子計畫 1 主要目標為建構航空飛機材料製造與維修技術研究及相關設備建置。(1) 航空三明治結構製造技術；(2) 複合材料無人飛機與超輕型飛機結構製作技術；(3) 完成複合材料蒙皮結構修補技術。擬於本年度具體製作無人飛機及及新一代複合材料載人超輕型飛機。另一方面，規劃航空複合材料相關課程及教育訓練，以提供學生學習航空複合材料之設計、製造及修護技術。

計畫 2 主要目標為建構複合材料風力葉片製作與測試驗證技術研究及相關風力發電機設備建置。(1) 複合材料風力機葉片的結構設計；(2) 複合材料風力葉片製作技術開發；(3) 風力葉片之性能與材料監測及健康監控能量。擬於本年度具體製作 1kw 商用風力發電機葉片及相關機構。量測及建立該風力機之氣動力及結構資料庫。

計畫 3 主要目標為建構複合材料物理與機械性質量測技術及非破壞性檢測技術。(1) 複合材料物性、機械性質等之量測設備及技術；(2) 飛機及風力機的零組件結構強度試驗；(3) 複合材料非破壞性檢測方法建立。擬於本年度建立航空級複合材料量測及非破壞性檢測之技術，完成檢測人才培育課程設計。

在教育訓練及人才培育方面，將持續複合材料之設計、製作及檢測課程，加強校外相關產業之合作及參訪，架設教學網頁，舉辦成果觀摩展技術發展等，以提昇複合材料之人才素質與量。

(四) 背景及現況 (含與產業發展及校務發展計畫重點)

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。複合材料中之強化纖維包括碳纖維、石墨纖維、玻璃纖維、Kevlar 纖維等，經常運用於電機、電子、航太、汽車、船舶工業、及運動器材上。複合材料可以讓我們藉由疊層角度，編織手法或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，由於這些原因，使得複合材料有被廣泛應用在航太、汽車、軍事用途、風力發電、運動器材、工具機、電子材料等工業上，已取代傳統的金屬材料，成為未來主要之應用材料。複合材料最早在航太高科技工業上應用，現代及未來飛機結構已朝向重量更輕的複合材料製造新一代飛機，這種重量較輕的飛機有助於節省燃料。使用複合材料最大的優點就是可以增加結構強度減輕飛機重量並節省燃料。複合材料更是二十一世紀政府支持的十大重點新興產業。國內之複合材料產業在工業產品、運動、腳踏車休閒產品方面成績斐然，多項產品的品質與產量高居世界第一位。近年來，無論在航太材料和運動器材及綠色風力發電等複合材料一直列為已開發國家所發展之尖端材料。它開創人們新的視野，也擴大人們生活的層面。各國莫不投入大量人力與資源從事相關學術研究與產業發展。

近年來台灣的傳統產業逐漸衰退，普遍認為應尋求轉型契機以創造另一波榮景，廠商除將生產線遷往其他開發中國家外，並積極朝向精緻化發展以期提昇附加價值及市場競爭力。以航空工業之特性而言，近年來我國在航空維修/改裝業如長榮客機改裝為貨機案舉世聞名，而飛機維修亦有突破性發展。此外，航空工業為一綜合性系統整合之民生產業，其受不同類型景氣循環影響之特性正可分散台灣產業過度於集中在電子業的風險。而航空維修/改裝業兼具資金、技術及勞力密集的產業特性，應也是非常適合在台灣發展。而目前新型飛機已採取了 40%以上之複合材料，未來將取代金屬材料採用更高比率之複合材料。複合材料之設計、製造、修補技術將是我們教育及科技發展之重要課題。

本校航空製造產業及綠色能源產業成效

航太工業之為最具代表性的高科技產業，其產業關聯效果大，產品技術層次及附加價值高，可帶動相關工業，達到整體產業升級的目的；運用我國航空工業的基礎及優越的地理位置，進而發展台灣成為航空維修/改裝業的重鎮。本校為配合政府政策，全力發展航太工業人才之培育工作，結合地區產業發展，提供航空產業結構人力需求合乎目前求職求才現況，成立全國唯一專業飛機維

修為主之人才培育系所，依照美國航空 FAR-147 及歐洲航空聯盟 JAR-147 國際法規標準來訓練航空維修所需之專技人才。華航、長榮、華信、立榮、復興等航空求。

目前中華科技大學已建立了飛機設計製作複合材料修補研究與教學之初步能量，除已開設複合材料製造修補課程為業界培訓人才外，已具成熟之複合材料製造，真空袋成型、三明治結構、蜂巢結構製程與修補(圖 1, 2)，配合航空飛機維修人員專長訓練，訓練複合材料修補專業人員。並且開發纖維材加工、製作、複合材料非破壞性檢驗等相關技術及課程。同時，鼓勵研究自行研究設計及製作可載人之複合材料無人飛機與複合材料超輕航機(圖 3, 4)，研究自製複合材料飛機，搭配飛機氣動力及結構力學設計輕且結構強之短場起降飛機，其機身、機翼結構採用高強度的玻璃纖維及碳纖維複合材料，內部結構及部分肋樑採用高強度纖維三明治結構材料，並應用 CNC 機具加工製作模型，選用模具配合熱處理爐及真空加壓成型法加工製作。同時，配合推動飛航安全各項航空材料先經過測試檢驗及品質檢驗，建立材料性能資料與設計標準依據，最後該飛機已完成飛機試飛。



圖 1. 自製複合材料結構 I 型樑



圖 2. 複合材料飛機機頭修補實體

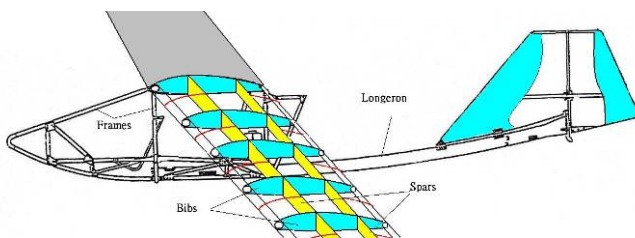


圖 3. 飛機整合結構設計



圖 4. 本校超輕複材飛機參加 2009 航太展

近期有關綠色能源開發之需求，學校已投入複合材料風力發電開發計畫，近期航空機械系結合機械系合作共同執行國科會整合型計畫，執行複合材料風力發電葉片之設計製作研究，應用本校資源設計製造一系高效率之複合材料風力發電機葉片。因為複合材料具有以上種種優點，所以利用複合材料優異特性，針對風力發電機渦輪葉片的需求，設計製作小型 1kw ~3kw 風力發電機渦輪葉片。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，滿足風力發電機渦輪葉片的需求，設計風力發電機渦輪葉片結構，執行風力發電機渦輪葉片的製作等，經葉片初步及細步設計得到最佳外型風力機葉片幾何外型後，引用航空器設計製造及維修等成功經驗及方法應用於風力機組上，設計製作小型風力發電機複合材料葉片，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。包括樹脂轉注法(RTM)之鋼模具設計製作(圖 5, 6)，以及研究各種玻璃纖維三明治複合材料葉片設計製作技術，已能製作一材質輕結構強抗強風型、且能耐疲勞、日曬雨淋，以及能搭接風力發電機葉輪轉軸之金屬及玻璃纖維接頭。

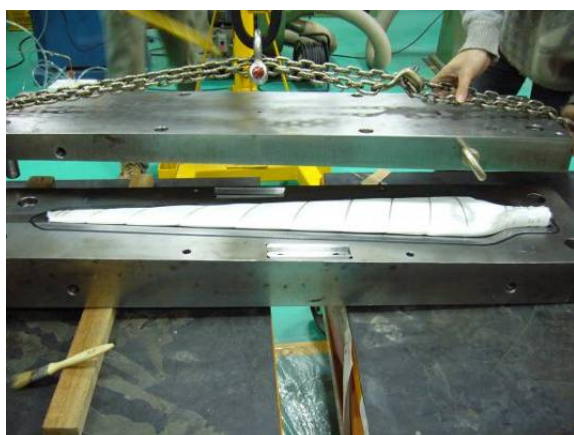


圖 5、複合材料風車葉片製作



圖 6、複合材料樹脂轉注法

航空飛行器及風力發電複合材料設計、製造、檢測、修補特色實驗室建立複合材料已具其特殊性及發展性，是材料體系的一個重要的學門，然而，複合材料應用科技工程廣泛，其中包括了複合材料之材料開發、結構設/計算/分析、製程加工技術、應用科技開發、材料測試檢驗、修補補強維護技術等。本校雖具有複合材料初步教學、研究及產品開發之成效，複合材料的發展更是我們科系發展之重點技術及關注的。為因應未來航太工業及綠色能源新科技產品開發及應用需求，也期望以此新興的材料科技作為未來年輕學子步出大學校門時進入社會的內涵，本校亦將複合材料列入未來中長程發展方向及重要投資優先考

量投資目標。但是仍缺乏複合材料科技發展所需之設計分析軟硬體、纖維及基材製程加工裝備、材料檢測及\非破壞性檢驗分析設備，修補工具及相關教學訓練材料等投資。以一私立學校經濟規模，杯水車薪，難以短期建立成效，因此期望教育部能專注本校研發教學重點以發揮投資效益。

校內發展整合情形，本系之教學目標為培育與飛機有之機體結構，航空發動機及飛機系統等裝備及零附件之拆裝，檢查修理、維護、操作及管制等之實用專業技術人才，特色如下：

- 一、設備完善：擁有全國最大最完善的航空實習場，具備波音 727 等各型實習飛機 9 架，航空引擎 32 具，系統實習模具 32 套及其他有關之檢修，非破壞檢測、飛機設計、製造及組裝等實驗室皆完整設備齊全。
- 二、本校航空機械系已設置複合材料實驗室、非破壞性檢驗實驗室、飛機設計研究室；機械系亦具複合材料實驗室，並已成功開發了複合材料超輕飛機、1kw 複合材料風力葉片、複合材料高爾夫球桿、複合材料球拍、複合材料儲氣瓶、複合材料音箱等多項複合材料產品研發，已具複合材料專業實驗雛型。
- 三、師資健全：現有航空學群教師 41 員皆分別具有設計、製造、維修之實務經驗其中具博士學位者 28 員並有 6 員獲有民航局或美國 FAA 維修証照，另有 6 員維修技術員擔任實習助理。
- 四、國際合作：與德國航空公司合作成立航空維修訓練中心，作師資、課程、訓練之交流。
- 五、認證：為全國唯一獲民航局地面機械員訓練學校授証，及獲歐盟 JAA 地面機械員訓練學校認證，學生畢業再補足維修訓練中心不足時數即可參加民航局及歐盟考照，具備國際市場就業競爭力，該項訓練並提供充分之飛機複合材料製造及修補技術能量。
- 六、重視英文教學：英文為航空國際語言，因此除一般英文教學外另有應用英文及航空技術英文等課程教學以提昇學生英文程度。
- 七、重視實務教學：除學校安排各種課程之實習外，另有學生專題製作及安排學生於暑期至航空業界去參觀實習，以提升學生實務經驗及能力。

複合材料資源整合及共享

本複合材料特色實驗室已在過去三年中共同執行國科會整合型技計畫”小型複合材料風力機之研發製造與檢測系統建立”在教學、研究、實習及建教合作之功能，已執行多年合作研發複合材料產品開發，研究方式如下：

配合國內航空及綠色能源發展之趨勢，設立以航空器複合材料飛機製造與

維修工廠以及綠色產業小型複合材料風力機研製與檢測為主的複合材料之設計、製造及分析特色實驗室，並且與產業界合作：巨亞機械有限公司林炎增總經理與砧碼機械有限公司王泰興董事長的工廠進行實驗室課程及目標為開發；金廣發公司航太事業部王忠成經理從事複合材料加工數十年熟悉複合材料製造與檢測分析技術，本次將共同參與計畫執行協助風力葉片及超輕飛機之設計與製造。

校內發展整合與教學方針配合方面，本系之教學目標為培育與飛機有之機體結構，航空發動機及飛機系統等裝備及零附件之拆裝，檢查修理、維護、操作及管制等之實用專業技術人才。

現有校內師資方面，本研究團隊由中華科技大學航機系蘇盛竹副教授兼系主任領導，成員包括中華科技大學機械系張瑞榮教授、中華科技大學航機系譚嗣瀛助理教授，中華科技大學航機系呂學育助理教授，中華科技大學航機系曾育鍾助理教授。

蘇盛竹副教授現為中華科技大學航機系主任，曾長期任職於中科院二所，從事飛彈及航空器系統的研發工作，專精於飛機設計、CFD流場分析及系統設計，複合材料加工與修補技術等實務經驗豐富。

張瑞榮教授現為中華科技大學機械系教授，擁有十餘個複合材料結構製造方法的專利，專精於RTM複合材料結構成型的製造方法。

曾育鍾助理教授現任職於中華科技大學航空系，專精於複合材料的複合材料力學、破壞力學與疲勞壽命評估及試驗。

譚嗣瀛助理教授專精於結構設計及實驗設計。呂學育助理教授專精於複合材料結構力學分析及壽命評估。

本研究團隊校外學校將與國立交通大學機械系金大仁教授，大葉大學工工系賴峯民副教授，修平技術學院工工系吳家宏助理教授等學校以及巨亞機械公司合作。分別為複合材料、材料力學、材料檢驗及材料製造等複合材料各方面專長，提供各作為本計畫之學術、技術及製造檢驗所需。

林炎增先生現為巨亞機械股份有限公司總經理，專精於機械設計和精密機械製造與加工。他以顧問方式，提供使研發之試驗設備更具經濟效益與價值，提昇研發效率。王泰興現為砧碼機械有限公司董事長，專精於精密機械製造與加工並提供其專業知識，使研發之關鍵零組件更具生產效益和經濟價值，並在技術方面給予支援，使研發效率更為提昇。金廣發公司航太事業部王忠成經理從事複合材料製造及超輕飛機製作數十年經驗，可支援飛機及風力機之設計製作合作夥伴及提供相關零組件。

本複合材料特色實驗室與交大、大業大學及修平技術學院等相關學校研究團隊已有一段長時間的合作，團友均有良好的溝通，並能彼此支援，由其在材

料實驗、結構設計與分析、量測檢驗以及在風力發電與複合材料風力葉片之生產的研發亦獲得不少優良的經驗與成果。本研究團隊成員的資源均互相分享及彼此支援，以達成本研究之目標。

中華科技大學航空機械系現有複合材料相關儀器設備：大型實體飛機11架、熱壓機、注脂成型設備(RTM)(圖7, 8)、發電機功率檢測設備、CNC雕刻機機械機台、資料擷取系統、電子計重磅秤、電源供應器、抗扭性試驗機、液晶式拉壓計、維克式硬度試驗機、NHS-120熱壓型機、大型烤箱、真空幫浦、大型冷凍庫、CNC保麗龍線切割機機台、紅外線測溫槍、BN2往覆式發動機、數位式溫濕度計、接或非接觸式轉速計、密度計/比重計、微型鑽床、振動計、複合材料超輕飛機、複合材料實體飛機機體、複材製程模具、發泡成型機、結構強度破壞測試架、結構分析軟體、噪音量測儀，風力機的噪音儀、液體滲透檢測、磁粒檢測、渦電流檢測。



圖 7、複合材料熱壓機



圖 8、樹脂轉注成形機

中華科技大學航空機械系現有複合材料相關儀器設備：現有複合材料相關儀器設備：撞擊試驗機、紅外線量測儀、量測記錄儀、頻譜分析儀、振盪器、掃描式電子顯微鏡、樹脂轉注成型機、金相研磨拋光機、萬能試驗機、彎曲疲勞試驗機、金相試片切割機、勃氏硬度試驗機、實體顯微鏡、水浸式超音波掃描儀等；製作複合材料試片的儀器設備如熱壓機、烤箱、切割機、冷凍庫等。

巨亞公司現有複合材料相關儀器設備：龍門銑床、4M龍門銑床、2M龍門銑床、1.5M傳統銑床、CNC車床、傳統車床、三次元檢測儀器。砒碼公司提供：精密CNC銑床、攻牙機、拋光機、導角機鑽孔機。

各成員之服務單位願意提供場地供進行風力機及元件之各種功能及可靠性試驗，並提供電腦進行本計畫之電腦模擬與數值分析工作。預期培育風力發電機(可發電500W永磁式發電機)與複合材料風力葉片領域的設計、製作及試驗方面的人才。建立一套生產與驗證風力機系統的準則程序與開發測試驗證平台，

供國內外業界參考使用。

本計畫除結合本校機械系張瑞榮、交大金大仁、本系曾育鐘、呂學育等複合材料專長教師，並與巨亞、金廣發、工研院等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，並開發新形式複合材料葉片及無人飛機設計製作。同時，將擬聘複合材料業界兼任教師於學校開發複合材料製作及檢驗課程。

(五) 計畫目標 (發展重點項目)

複合材料特色實驗室相關設施為結合飛機設計、材料科學、結構力學、複材飛機製程、結構設計、材料檢測、空氣動力學、非破壞性檢測、複合材料、工法、製造、測試、實驗與生產於一體，為龐大的系統工程，未來在民航維修、能源開發及民生市場具有大量之技術及人力需求，需要投入相當的工業基礎及相關科技發展。本校戮力於整合國內各技專院校複合材料設備及研究資源，積極培育綠色能源專業人才，充實產業能量，在飛機複合材料及風力發電方面籌建複合材料實驗室並引進材料設計、製造及檢測設備，並透過和校內與校際策略聯盟共同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，例如複合材料產品製作(風力發電葉片實作)配合業界公司整合複合材料風力機之研製。同時，在飛機複合製造及修補技術方面整合德國漢莎航空公司及亞洲航空公司獲教育部『航空維修產業攜手計畫』，本校欲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。

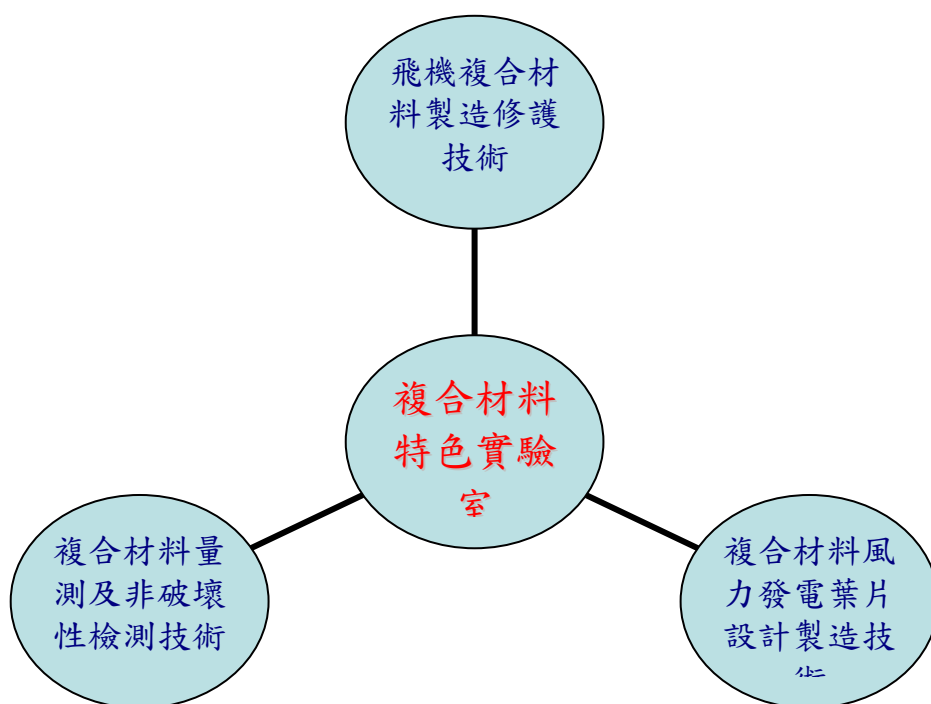


圖 9. 航空複合材料特色實驗室架構

一、在人才培育方面

- 1 開設複合材料特色學程，學生修滿學分給與學程證明
- 2 依飛機複合材料、風力發電技術、材料檢驗架設教學網站。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。
- 3 舉辦綠色能源專業技術教學研討會。
- 4 配合學生專題製作，設計及製作複合材料教學設備課程。
- 5 帶領學生參訪業界綠色能源技術研發及設備生產廠商，以吸收最新知識。
- 6 聘請業界專家到校專題演講。
- 7 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。
- 8 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

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：

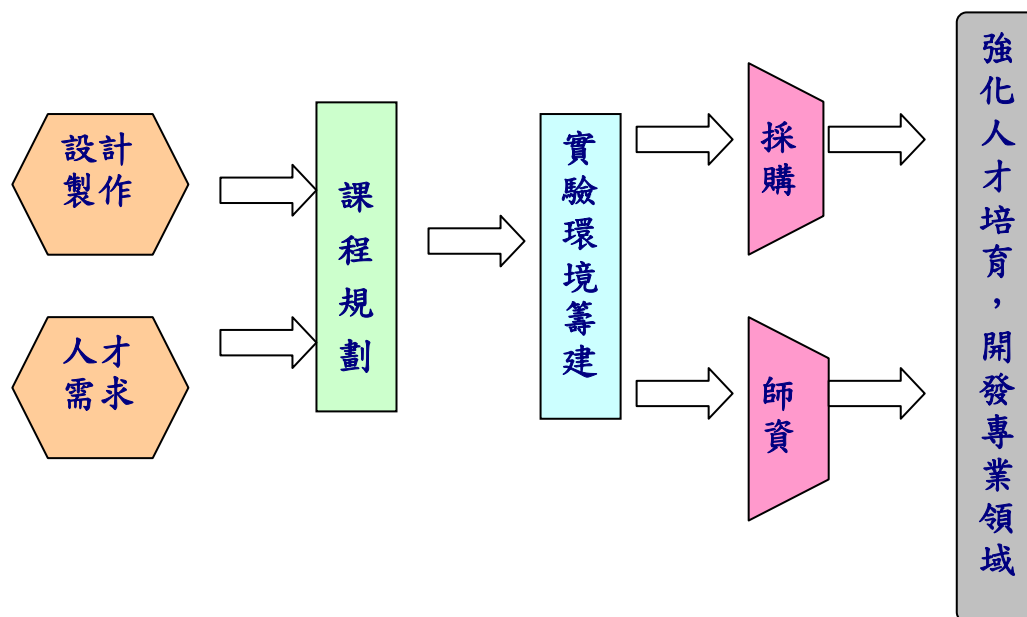


圖 10. 計畫整體運作架構圖

二、在技術研發方面

(A) 推動航空飛機複合材料製作及修補技術能量建立

- 1、培育複合材料飛機結構及材料應用領域的設計、製作及試驗方面的人才。
- 2、各式結構力學、材料科學及氣動力學結構負載資料庫之建立。
- 3、開發複合材料無人遙控飛機設計及製作能量。
- 4、開發複合材料超輕型飛機設計及製作能量。
- 5、建立飛機三明治複合材料結構設計製作能量。
- 5、建立複合材料纖維疊層、編織及結構設計與製程技術開發。
- 6、開發飛機複合材料真空樹脂轉注成形法製程能量。

- 7、建立複合材料破損修補技術能量。
- 8、建立三明治結構修護技術。
- 9、建立並開發整體飛機結構性能測試與驗證平台，供業界參考應用。
- 10、編寫飛機複合材料製造及修補開發手冊。

(B) 開發複合材料風力機之設計製造、檢測

- 1、發展離域型風力發電系統。
- 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。
- 5、建立一套試驗驗證風力機系統的準則及程序，供業界參考使用。
- 6、編寫風力發電葉片製作、檢測與性能量測技術應用資料庫。
- 7、建立並開發測試驗證平台，供業界參考應用。
- 8、建立風電場建設和維護專用裝備系統。
- 9、建立風電場集中和遠端監控系統。
- 10、發展風力機葉片修補技術。

(C) 持續發展複合材料量測及非破壞性檢測技術

- 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。
- 5、開發複合材料損傷及疊層剝離檢驗技術。
- 6、開發複合材料結構監測及健康監控能量。
- 7、建立一套試驗驗證材料製作的準則及程序，供業界參考使用。
- 8、建立各式複合材料結構量測及非破壞檢測資料庫。
- 9、建立複合材料量測及非破壞檢測的準則及程序，供業界參考使用。
- 10、建立並開發複合材料量測及非破壞檢測技術平台，供產學界交流應用。

(六) 具體內容及配套措施(如校內發展整合情形與現有設施及未來設施規劃、課程規劃、使用規劃、管理規劃等)

1、分項計畫 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。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，如圖 11.，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。

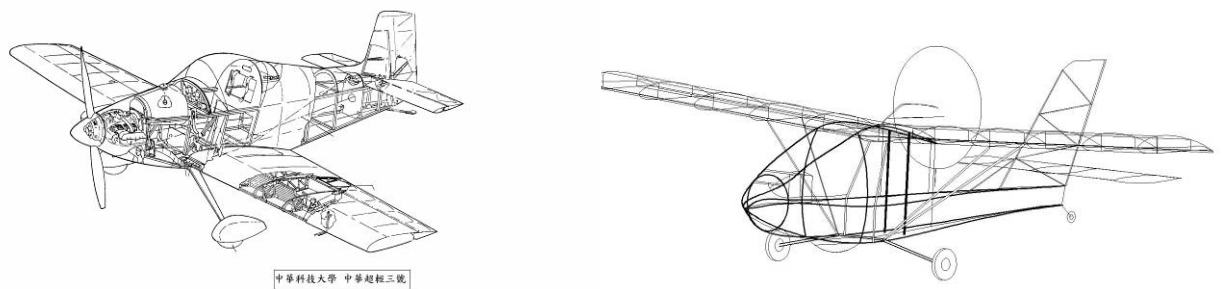


圖 11. 中華科技大學自製超輕飛機

(1) 校內發展整合情形

A. 建立航空複合材料製程能量：

- i、建立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。
- ii、建立航空三明治結構製造技術及設備，包括熱壓法、真空斧結構成形技術。
- iii、建立飛機蒙皮結構製作技術及設備，包括預浸布及編布結構件成形技術，樹脂轉注技術等開發。

B. 建立複合材料超輕型飛機設計製造能量：

- i. 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。
- ii. 建立超輕型飛機結構製作技術，包括蒙皮預成型技術、離模技術、飛機結構樑肋設計製作、複合材料組裝及結合技術等。
 - iii. 建立飛機結構整體測試檢驗技術，包括飛機尺寸及形狀檢測、飛機結構強度測試、飛機疲勞強度測試等。
 - iv. 開發複合材料無人遙控飛機設計及製作技術，並參加國內遙控飛機設計製作競賽。
 - v. 開發複合材料超輕飛機設計及製作技術，製作實體載人之飛機機體、機翼、及各系統。

C. 飛機複合材料修補技術能量開發：

- i. 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。
- ii. 複合材料蒙皮結構修補技術及硬體設備建立，包括手積法、真空熱壓法、樹脂成型特性分析、真空袋成型技術等。
- iii. 三明治結構修護補強技術，包括三明治結構破損檢測、蜂巢結構修補、夾層結構修護、飛機鼻錐罩修理等。
- iv. 複合材料修補金屬材料能量，包括金屬與複合材料結構補強分析、複合材修補金屬蒙皮技術、金屬材料腐蝕修補及維護技術等。

(2) 現有設施及未來設施規劃

- A. 分析計算能量方面：現有設施包括CATIA 電腦輔助繪圖設計軟應硬體10套、AutoCAD 軟體、Star-CD 計算流力分析軟體等，未來將補足CATIA 軟體50套，採購Anysis 結構設計分析軟體、Solid edge 結構設計製作分析軟體、
- B. 複合材料製程設備方面：現有設施包括材料試驗機、複合材料工作台、複合材料修護站、熱壓機、CNC 芯模雕刻機、CNC 熱線切割機、蒸汽機、真空幫、增壓機、樹脂轉注機、熱烤箱、冷凍櫃等；未來將規劃建立自製超輕飛機、動態材料試驗機、高壓熱烤箱、真空幫及儲氣槽組、熱電毯、樹脂預浸布成型、加溫箱機等。
- C. 複合材料成形模具。
- D. 複合材料修補設備方面：現有真空幫浦、打磨機、鑽石切割機、粉塵收集機；未來將增設航空複合材料線上修護站、複材修補實驗台、修補工作台、航空複合材料維修站。

(3) 課程規劃

本校航空機械系及機械系與本校開設之中華航空維修訓練學校及德國漢莎航空(民航局CAA-147及歐蒙JAA-147航空訓練學校)、產業攜手合作夥伴”亞洲航空公司”，合作開辦航空複合材料四技學及學分班，開設「複合材料」、「航空材料」、「飛機維修與結構實習」、「複合材料蒙皮檢修」、「進階複合材料」、「材料力學」、「電腦輔助繪圖」、「飛機製造」、「飛機設計」、「機體結構實習」、「非破壞性檢驗」、「精密量測」、「航空品保」、「有限元素法」、「複合材料力學」、「板殼理論」、「製造科技特論」等課程，以便學生向航空複合材料專業發展，並結合業界師資與設備，共同發展航空複合材料特色。

目前與亞洲航空、長榮航空、復興航空、中華航空、漢翔航空、大鵬航空與聯合航空等單位，均有產學合作訓練計畫，且多正在執行中。完訓之學員可直接參加民航局地面機械員檢定考試。使飛機維修人員達到標準化，國際化之相當技術水準。為提升航空維修及製造技術及教學研究基礎。

特色實驗室實際需求及與他校之互補性妥適規劃數位化多媒體訓練教材。訂定精密機電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。同時，配合修讀對象擬定課程大綱、學習方式、互動討論，並公告於網路上提供線上學習。

遠距教學，利用學校遠距教學設備-主播或收播教室，並建置視訊、網路、通信系統等相關設備及其連線方式，開授遠距教學課程，將相關飛機設計、製作、驗證及品保等專業開設遠距課程及登錄遠距教學相關資訊。

(4) 使用規劃

航機系、機械系及德國漢莎航空共同除共同授課教學外並規劃下列實驗室使用計畫：

- A. 設計製作一複合材料超輕型2人座動力飛機，採用複合材料機翼及機身設計及材質，因質輕高強度及平滑流線之特性可提高該機之性能特性。借航空飛安之高規範之品保要求使學生提昇產業學習更進一步品質水準，及各階段流程方法以產品全壽期方面來思考訓練。
- B. 共同開設航空飛機維修特色實驗及民航維修訓練，培訓國內外航空複合材料製造及修補訓練，包括國內各大航空公司、菲律賓、中國大陸航空公司等之複合材料基礎及進階維修訓練課程。
- C. 複合材料製作及修補技術研究案開發，包括複合材料無人飛機開發、複合材料破壞檢修研究、中科院複合材料飛機結構製程研究及無人飛機開發等。

本計畫將與國內各複合材料產業多聯繫合作，目前已進行與工研院

機械所、台塑仁武廠及金廣發公司等針對複合材料風力發電葉片設計製造，以及複合材料特性、生產技術及原物料取得進行討論，並規劃尋求更多合作廠商共同參與複合材料技術開發。

(5) 管理規劃

- 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。

2、分項計畫2——複合材料風力發電葉片設計製造技術

配合國內航空及綠色能源發展之趨勢，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，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，風機葉片是隨著外形長度增長而轉速變慢，發電功率也隨風刮過葉片面積增加而增大，因此目前世界潮流朝向大功率及大葉片結構方向邁進，為了達到大葉片又輕量化的目的，子計畫二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。

本計畫將配合本校現有之 BN-2 飛機螺槳引擎所產生之風力進行一系列風力機性能測試(圖 7)。並已規劃進行自然風力場之風力發電實測(圖 8)，開發完整之風力系統研究，包括了不同外型葉片、偏轉角、負載及風速條件下，量測風機之轉速、輸出電壓、電流等特性，已具有小型風力發電機設計、製造、測試等能量。測試自行設計葉片過程中，收集風力發機在葉片不同的裝置角與負載的情況下，所對應的風速及轉速所產生的功率，量測不同風速下的發電量，測試不同負載、風速下最佳發電效益及不

同俯仰角、風速下最佳發電效益。



圖 7、飛機人工風場測試風力發電性能



圖 8、自然風場風力葉片性能測試

小型複合材料風力機研製與檢測主要依據 IEC-61400、德國風力發電標準規範、及美國材料測試協會的標準及中國風力機標準規劃，針對生產的小型複合材料風力機系統及零件來設計各種試驗規範的試驗方法與步驟，使得小型複合材料風力機系統及零件的功能性、剛性強度、疲勞強度及可靠度均能符合國際標準。研究結果提供開發輕量高強度、高性能之複合材料風力發電機。發展複合材料風力葉片技術整合，材料測試及零附件之檢測維修、維護、操作及監控等之實用專業技術人才，採三年期在教學、研究、實習及建教合作之功能執行方式如下：

(1) 校內發展整合情形

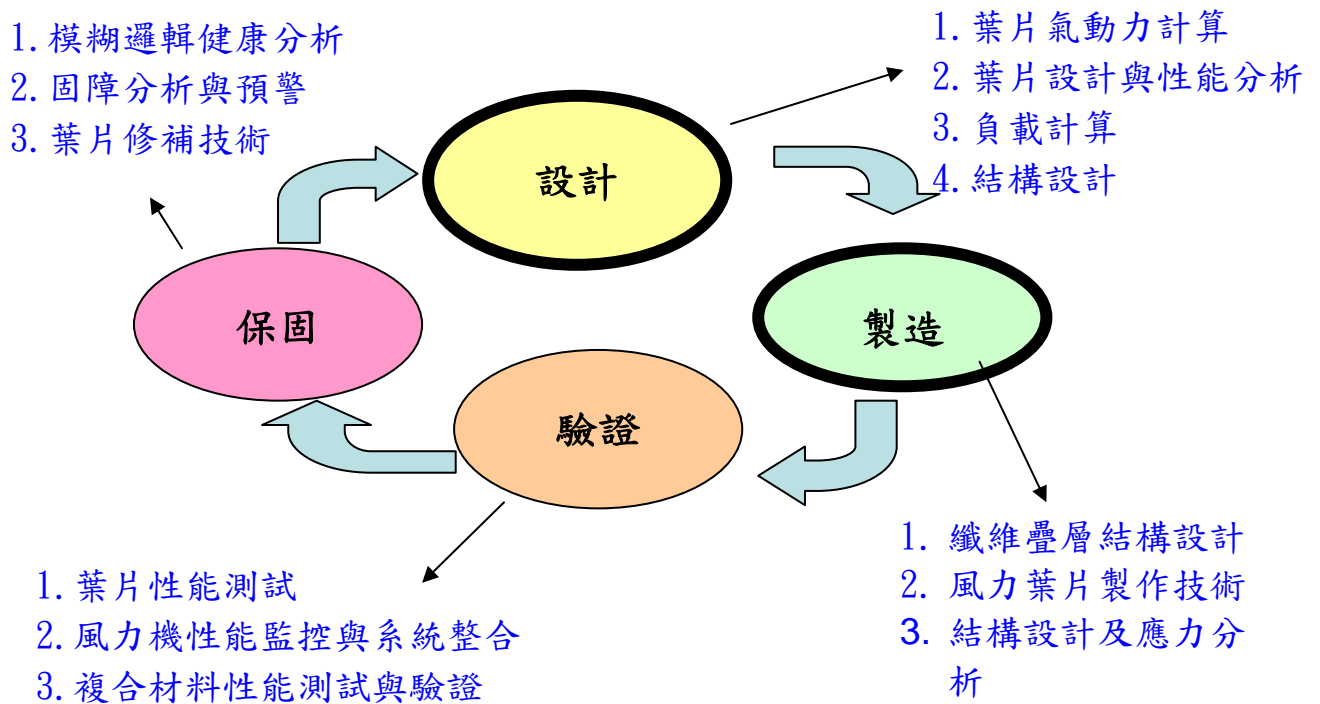


圖13. 複合材料風力機設計保固架構圖

- A. 建立複合材料風力葉片設計能量：
- 建立風力葉片氣動力外型設計、氣動力係數計算分析軟體。
 - 建立風力葉片性能計算分析軟硬體。
 - 風力葉片結構材強度計算及應力負載分析等能量。
- B. 建立複合材料風力葉片製製造能量：
- 建立複合材料風力葉片纖維疊層結構設計。
 - 複合材料風力葉片製作技術開發，製作軟硬體，包括熱壓法、真空斧結構成形技術、樹脂轉注成形法等。
 - 複合材料風力葉片模具設計開發。
 - 複合材料風力葉片三明治結構芯模層模具開發。
 - 複合材料與金屬材料搭接製作技術開發。
- C. 建立複合材料風力葉片測試驗證能量：
- 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。
 - 風力機性能監控與系統整合技術能量。
 - 建立複合材料風力葉片結構強度測試驗證能量與設備：結構特性試

驗、靜態試驗、動態試驗、扭力試驗、疲勞實驗、疲勞可靠度實驗、內部損傷量測等。

- iv. 建立複合材料風力葉片結構強度測試驗證能量與設備。
- v. 開發實體 1kw 及 3kw 複合材料風力葉片設計、製造及相關系統機組。
- Vi. 複合材料風力葉片結構測試(圖 14)。

D. 建立複合材料風力葉片保固與修護能量：

- i. 建立複合材料風力葉片性能監控與系統整合，
- ii. 建立複合材料風力葉片構測試驗證技術及設備。
- iv. 建立複合材料風力葉片健康與固障分析與預警能量
- v. 建立複合材料風力葉片結構修補及維護技術(圖15)

(2) 現有設施及未來設施規劃

中華科技大學方面儀器設備提供：模具加熱箱、Ansys 結構分析軟體、樹脂轉注脂成型設備(RTM)、風力複合材料模具、風力發電機功率檢測設備、CNC雕刻機機械機台、資料擷取系統、電子計重磅秤、電源供應器、抗扭性試驗機、液晶式拉壓計、NHS-120熱壓型機、大型烤箱、大型冷凍庫、切割機、CNC保麗龍線切割機機台、紅外線測溫槍、數位式溫濕度計、接或非接觸式轉速計、密度計/比重計、微型鑽床、振動計。

未來儀器設備方面擬建立：振動量測儀、雷射位移量測儀、超音波檢測儀、頻譜分析儀、扭力試驗機、振盪器、掃描式電子顯微鏡、環境試驗機等；製作複合材料試片的儀器設備如。大葉大學提供發泡成型設備供製作發泡心材試件。

(3) 課程規劃

本計畫主要培養複合材料風力設計製造、測試及維修技術及人才，訓練學生從一個「樣品：小型複合材料風力機之風力葉片與零組件生產」，如何建立圖檔尺寸，檢查圖檔尺寸是否為樣品實際尺寸？如何控制樣品尺寸的精密度？再接著進行材料切割，製作生產所需的成品。接著再將所設計生產的產品進行機械性質測試，靜態抗拉或壓縮測試與動態疲勞測試，以檢測設計小型複合材料風力機成品的優劣性。

- A. 開設綠色風力能源特色學程，學生修滿學分給與學程證明，學程包括「複合材料」、「風力能源」、「電腦輔助工程」、「複合材料產品製作」、「計算流體力學」、「空氣動力學」、「複合材料應用」、「複合材料力學」、「板殼理論」、等
- B. 依太陽能、風力、燃料電池和生質能發電技術架設教學網站。訂定再生能源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。

C. 舉辦綠色能源專業技術教學研討會。

小型複合材料風力葉片製作教學方式：a. 手積層法、熱壓成形法、樹脂轉注成形法、真空袋成形法。b. 各種纖維材及基材之設計、加工，模具成型技術，纖維疊層理論與方法，熱壓及真空成型方式。c. 結構設計及製造加工：三明治結構理論與製程，蜂巢結構加工，輔助設備及工具應用。d. 預浸布之儲存加工，纖維材及離型材之加工、基材熱處理。e. 複合材料修補與檢驗：三明治及蜂巢結構修補技術；真空加壓熱處理技術；複材修補複材、複材修補金屬技術。

(4) 使用規劃

- A. 成立複合材料風力實驗室(風力發電葉片製作)專家實驗室，提供研究實驗室設備、軟硬體及技術平台供國內各研究單位使用，以落實教學與研究，培育業界專業人才。
- B. 與產業界合作：巨亞機械有限公司與砒碼機械有限公司的工廠
- C. 場地供進行風力機及元件設計製作及各種功能及可靠性試驗，並應用本校BN-2螺旋槳飛機進行人造風性能測試驗證，並至巨亞機械有限公司新竹竹南海邊進行自然風性能測試驗證，同時進行電腦與數值分析工作。預期培育風力發電(可發電1KW~5KW發電)複合材料風力葉片領域的設計、製作及試驗方面的人才。建立一套生產與驗證風力機系統的準則程序與開發測試驗證平台，供國內外業界參考使用。
- D. 配合學生專題製作，設計及製作綠色能源教學設備。
- E. 帶領學生參訪業界綠色能源技術研發與設備生產廠商，以吸收最新知識。
- F. 聘請業界專家到校專題演講。
- G. 本計畫已獲國科會整合型計畫執行多年，整合交通大學、大葉大學、修平技術學院等開發複合材料風力葉片設計製作工程，因可提供大型及必要之風力機設計製造空間及設備，均以本校為執行中心。

(5) 管理規劃

- 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。
- D. 將實驗結果將建立資料庫提供給相關產業設計參考。

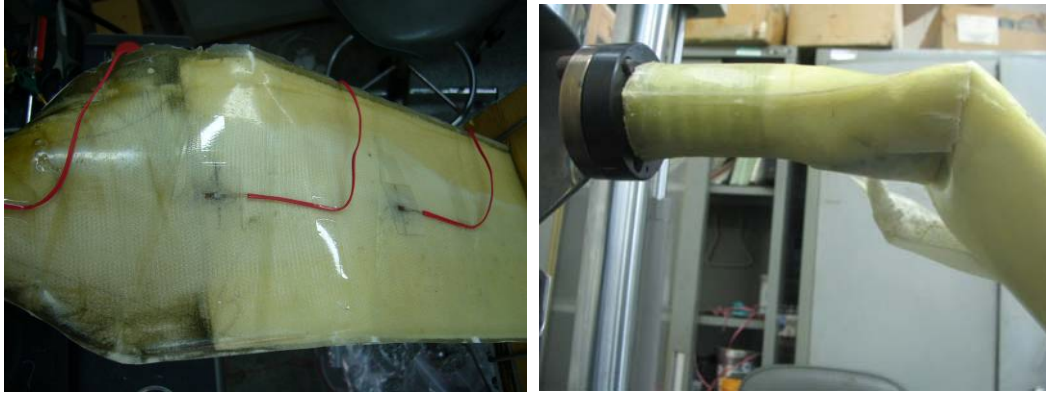


圖 14、風力葉片負載破壞實驗

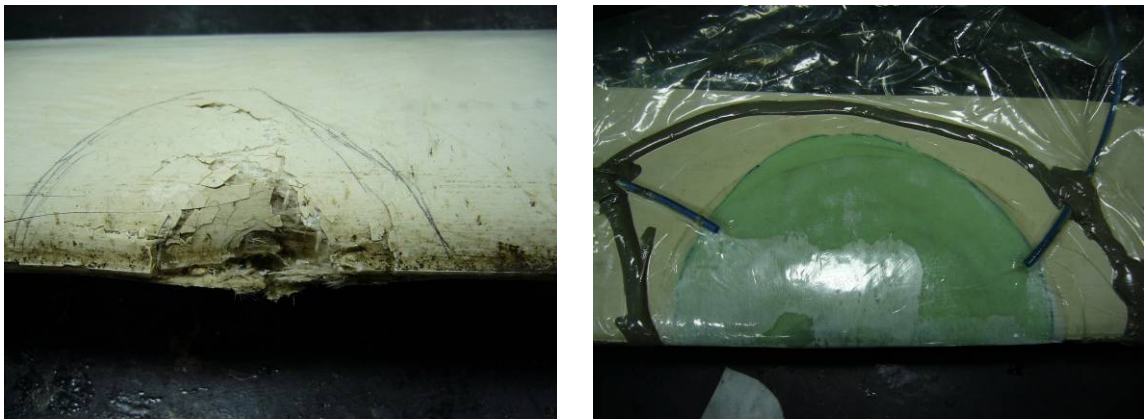


圖15、複合材料風力葉片結構修補技術

3、分項計畫 3——複合材料量測及非破壞性檢測技術

本計畫目標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體，並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。

隨著非破壞檢測技術的進步，支援維修管理之預警能力已大為提升，非破壞檢測方法可有效地進行長期監測及定期檢查，以掌握結構的整體狀況，作為維修管理上之參考依據。基於非破壞檢測之預警系統，進行航空飛機及風力發電葉片之維修管理，其中監測系統主要以長期之檢測，以非破壞檢測掌握整體狀況，配合資料蒐集、非破壞檢測評估及監測，提供必要資訊以利有關結構之修補、更換及修復的最佳決策下達。

(1) 校內發展整合情形

A. 建立航空材料量檢驗量測技術平台，供產學界交流應用：

材料量測檢測技術可輔助製造程序及品質之掌控，並可提供確保結構安全的修補策略。提供製造程序及品質控制之輔助，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，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。

B. 建立航空材料非破壞性檢測技術平台：

非破壞性檢測技術為複合材料結構品保之重要工具，藉由先進之非破壞檢測技術可適時檢測出結構損傷，進行修補或更換，確保複合材料結構之安全。本特色實驗室將建立非破壞性檢測技術平台，以輔助複合材料飛機及風力發電葉片結構之設計、製造及修護，尤其飛機及風力發電葉片結構安全有賴可靠之維修工作，更須先進之非破壞檢測技術輔助，可防患於未然、防微杜漸。

D. 培訓複合材料量測及非破壞檢測人才

整合子計畫一執行「航太非破壞性檢測教學實驗室」之設立，將使本校在航空維修教學能量更為完整，學生除了在航空複合材料檢測、飛機、發動機及飛機結構系統件上檢測及維修能力外，另在航空品保之檢驗教學上能更具特色，增置一間NDI特色實驗室可以完整培育出國內航空維修所需之各類人才，以提昇國內之飛航安全。

E. 風力機的零組件結構強試驗損壞檢測技術開發：

風力機的零組件葉片結構強度試驗、疲勞實驗、共振頻率量測及風力葉片損傷檢查，提供給子計畫二參考以設計可承受最大極限負載的風力機的葉片及零組件。

F. 非破壞檢測之預警系統：

進行航空飛機及風力發電葉片之維修管理，其中監測系統主要以長期之檢測，以非破壞檢測掌握整體狀況，配合資料蒐集、非破壞檢測評估及監測，提供必要資訊以利有關結構之修補。

(2) 現有設施及未來設施規劃

A. 材料檢測方面本校已具備有超音波測厚儀、紅外線熱相儀、撞擊試驗機、紅外線量測儀、量測記錄儀、振盪器、掃描式電子顯微鏡、金相研磨拋光機、萬能試驗機、彎曲疲勞試驗機、金相試片切割機、勃氏硬度試驗、維克式硬度試驗機等，未來將規劃建立動態疲勞實驗台、振動頻譜分析儀。

B. 非破壞性檢測方面本校已具備有三軸向浸水式超音波即時顯像檢測系統、液滲探傷檢測系統、磁粉探傷磁床檢測系統、實體顯微鏡、超音波檢測台、內視鏡等，未來將規劃建立超音波探傷儀、雷射熱線成像儀、專業內視鏡等。

(3) 課程規劃

- A. 開設「複合材料」、「非破壞性檢測」、「材料力學」、「航空材料」、「有限元素法」、「製造科技特論」、「精密量測」等課程
- B. 配合飛機複合材料製造及修護，以及風力發電複合材料葉片設計及製造，架設複合材料量測及非破壞性檢測技術教學網站。訂定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。
- C. 舉辦複合材料量測及非破壞性檢測技術教學研討會。
- D. 配合學生專題製作，設計及製作複合材料量測及非破壞性檢測教學設備。
- E. 帶領學生參訪業界複合材料量測及非破壞性檢測技術研發與設備生產廠商，以吸收最新知識。
- F. 聘請業界專家到校專題演講。
- G. 成立複合材料量測及非破壞性檢測專業實驗室，以落實教學與研究，培育業界專業人才。

(4) 使用規劃

- A. 本實驗室將提供航機系、機械系、航電系及德國漢莎航空共同除共同授課教學研究使用。
- B. 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。
- C. 本特色實驗室亦可成為產業界與學術界溝通的橋樑，提供航空及風力發電業界開創學界與產業界研發新產品、新技術的合作平台。
- D. 共同開設航空飛機維修特色實驗及民航維修訓練，培訓國內外航空複合材料製造及修補訓練，包括國內各大航空公司、菲律賓、中國大陸航空公司等之複合材料基礎及進階維修訓練課程。
- E. 將建立以非破壞檢測為核心之維修策略，建立維修資料庫，提出最佳維修週期及程序，以降低維修成本，增加維修效益，提升結構系統之可靠度及安全性。

(5) 管理規劃

- 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) 管理規劃

- E. 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。

F. 訂定實驗室使用及借用管理規章，由負責老師定期呈報。

G. 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。

(七) 實施進度及分工(成效管考機制另請編列「計畫查核點」)

一、計畫任務編組及分工

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	協助總計畫及各分項計畫之進行以及各方案之推動，並掌控進度	蘇盛竹副教授
「複合材料風力機之研發」分項計畫主持人	協助總計畫及各分項計畫之進行以及各方案之推動，並掌控進度	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	協助總計畫及各分項計畫之進行以及各方案之推動，並掌控進度	呂學育助理教授
成果觀摩展	1、議程策劃/主持人聯絡 2、現場技術支援 3、膳食/交通/文宣	教務處 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 林炎增 總經理
校外諮詢人力	機械製作及檢驗技術的研究諮詢	王泰興現為砧碼機械有限公司董事長
校外諮詢人力	複合材料及超輕飛機製作技術的研究諮詢	金廣發公司 王忠成經理

本計畫分三年來規劃，實施及分工如下表所示：

項目	執行時間	執行單位
第 一 年		
軟硬體設施規劃	98年5月~98年5月	航機系、機械系、航電系
課程規劃及準備	98年5月~98年6月	航機系、機械系
軟硬體採購	98年5月~98年10月	航機系 機械系
執行相關課程	98年5月~98年12月	航機系、機械系
列出清冊報部	98年12月31日前	航機系、機械系
辦理研討會、觀摩會	98年12月15日前	航機系、機械系、航電系
第 二 年		
課程規劃及準備	99年1月~98年6月	航機系、機械系
執行相關課程	99年3月~98年12月	航機系、機械系、航電系
軟硬體設施規劃	99年4月~98年5月	航機系、機械系、航電系
軟硬體採購	99年6月~98年10月	航機系、機械系
列出清冊報部	99年12月31日前	航機系、機械系
辦理研討會、觀摩會	99年12月15日前	機械系、航機系
第 三 年		
課程規劃及準備	100年1月~98年6月	航機系、機械系
執行相關課程	100年3月~98年12月	航機系、機械系、航電系
軟硬體設施規劃	100年4月~98年5月	航機系、機械系、航電系
軟硬體採購	100年6月~98年10月	航機系、機械系
列出清冊報部	100年12月31日前	航機系、機械系
辦理研討會、觀摩會	100年12月15日前	機械系、航機系

計畫項目由參與的教授負責執行購案、設備的使用、課程講義的編輯及課程的評鑑等工作。另外，計畫總主持人將定期召開討論會，除了解業務外，並且控管與協調各分項的進度。各分項計畫主要工作分述如下：

分項計畫1：飛機複合材料製造修護技術

分項計畫2：複合材料風力發電葉片設計製造技術

分項計畫3：複合材料量測及非破壞性檢測技術

2. 計畫查核點：

名稱	年度查核點	預定進度	執行進度			備註
			超前	符合	落後	
總計畫	督促各分項計畫執行					
	召開教學討論會，追蹤進度					
	分項計畫成果彙整，報告繳交					
分項計畫 1	小型飛機結構與氣動力設計					
	小型飛機結構製作					
	複合材料無人飛機設計製作					
	飛機複合材料破壞分析能量					
	添購複合材料成形模具					
分項計畫 2	舉辦複合材料研討會					
	小型風力機設計					
	小型風力葉片製作					
	添購 CATIA 繪圖 50 人版					
	添購無線動態資料擷取系統					
	複合材料風力機示範實驗					
分項計畫 3	教導及製作小型風力機					
	複合材料檢測					
	飛機結構整體檢驗技術					
	添購超音波探傷儀					
	添購維克氏硬度實驗儀					

二、計畫查核點

計畫 年度	查核點
98 年度	1. 建置特色實驗室 2. 完成校外相關產業參訪 3. 架設教學網頁 4. 成果觀摩展

	<p>5. 技術發展</p> <p>A. 完成航空飛機結構件及內裝件複合材料設計軟硬體</p> <p>B. 完成飛機氣動力及負載設計分析能量。</p> <p>C. 完成飛機複合材料破壞分析能量。</p> <p>D. 建立風力葉片氣動力外型設計。</p> <p>E. 複合材料風力葉片纖維疊層結構設計。</p> <p>F. 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。</p> <p>G. 完成複合材料風力葉片性能監控與系統整合。</p> <p>H. 完成複合材料物性、機械性質等之量測設備及技術。</p> <p>I. 完成建立非破壞性檢測技術平台。</p>
99 年度	<p>1. 建置特色實驗室</p> <p>2. 完成校外相關產業參訪</p> <p>3. 架設教學網頁</p> <p>4. 成果觀摩展</p> <p>5. 技術發展</p> <p>A. 完成航空三明治結構製造技術。</p> <p>B. 完成複合材料無人遙控飛機製作技術。</p> <p>C. 完成複合材料超輕型飛機結構製作技術。</p> <p>D. 完成複合材料蒙皮結構修補技術及硬體設備</p> <p>E. 完成風力葉片性能計算分析軟硬體。</p> <p>F. 完成複合材料風力葉片製作技術開發</p> <p>G. 完成 1kw 風力機葉片的設計與製作。</p> <p>H. 完成 3kw 風力機葉片模具設計製作。</p> <p>I. 完成複合材料物性、機械性質等之量測設備及技術。</p> <p>J. 完成風力機的零組件葉片結構強度試驗。</p>
100 年度	<p>1. 建置特色實驗室</p> <p>2. 完成校外相關產業參訪</p> <p>3. 架設教學網頁</p> <p>4. 成果觀摩展</p> <p>5. 技術發展</p> <p>A. 完成飛機蒙皮結構製作技術及設備</p> <p>B. 完成飛機結構整體測試檢驗技術</p> <p>C. 完成複合材料超輕型飛機測試驗證。</p> <p>D. 完成三明治結構修護補強技術</p> <p>E. 完成複合材料修補金屬材料能量</p> <p>F. 完成發複合材料風力葉片三明治結構芯模層模具開發。</p> <p>G. 完成複合材料風力葉片結構強度測試驗證能量。</p> <p>H. 完成 3kw 風力機葉片模具設計製作。</p>

- I. 完成風力機葉片的修補技術。
- J. 完成風力機的零組件結構強試驗損壞檢測技術開發
- K. 完成航空飛機及風力發電葉片之維修管理。

四、甘梯圖(Gantt Chart)

本計畫進度以甘梯圖(Gantt Chart)表示如下：

98年 項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
軟硬體設施規劃				■								
軟硬體採購					■							
風力葉片製作						■						
舉辦研討會					■				■			
執行相關課程			■									
辦理發表會展示具體成果								■				
99年 項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
軟硬體設施規劃	■											
軟硬體採購			■									
超輕飛機設計製作	■											
1kw 風力葉片製作		■										
舉辦研討會					■				■			
執行相關課程			■									
辦理發表會展示具體成果								■				

100年 項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
軟硬體設施規劃												
軟硬體採購												
超輕飛機設計製作												
執行相關課程												
3kw 風力葉片製作												
舉辦研討會												
辦理發表會展示具體成果												

(八) 經費需求及行政支援

一、總經費需求

本計畫經費總金額為 \$ 9,590,000 元，其中申請教育部專案補助經費 \$ 7,220,000 元，學校提列相對配合款 \$ 2,370,000 元（資本門：1,500,000 元，經常門：870,000 元），為教育部專案補助核准金額之 33%。資本門總經費需求與經常門總經費需求如下表。

一、總經費需求

分項計畫	經費需求		
	年度	教育部獎助款	學校配合款
飛機複合材料製造修護技術	第一年	252,000 元	540,000 元
	第二年	172,000 元	700,000 元
	第三年	1,302,000 元	0 元
複合材料風力發電葉片設計製造技術	第一年	1,060,000 元	180,000 元
	第二年	990,000 元	60,000 元
	第三年	1,400,000 元	0 元
複合材料量測及非破壞性檢測技術	第一年	468,000 元	0 元
	第二年	1,348,000 元	0 元
	第三年	228,000 元	890,000 元
總金額		7,220,000 元	2,370,000 元

執行年度	經常門	資本門	教育部補助款	學校配合款
98	500,000	2,000,000	1,780,000	720,000
99	550,000	2,720,000	2,510,000	760,000
100	550,000	3,270,000	2,930,000	890,000
合計	1,600,000	7,990,000	7,220,000	2,370,000

二、各項分項計劃預算

(一) 飛機複合材料製造修護技術分項計畫預算編列

飛機複合材料製造修護技術分項計畫-資本門				
需要設備項目	經費需求			
	基本教學設備			
	數量	單價	總價	執行年度
修補工作台	4	60000	240,000	98
複合材料維修站	1	300000	300,000	98
模具加熱箱	1	80000	80,000	98
複合材料成形模具	1	700000	700,000	99
真空幫及儲氣槽組	1	250000	250,000	100
樹脂成型機	1	660000	660,000	100
動態資料擷取系統	1	220000	220,000	100
		總金額	2,450,000	

飛機複合材料製造修護技術分項計畫(經常門) — 99年

項目	經費需求			
	線材與耗材費及其他經常門費用			
	內容	單價	數量	總價

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	100,000	1	100,000
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	10,000	1	10,000
設備維護費	相關設備維護費	5,000	1	5,000
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	7,000	1	7,000
辦理教學研討會	場地佈置費、茶點、講義印製、演講費、工讀費	40,000	1	40,000
教學輔助教材	課程輔助相關教具及教材	10,000	1	10,000
		總金額		172,000

(二)複合材料風力發電葉片設計製造技術分項計畫預算編列

複合材料風力發電葉片設計製造技術分項計畫-資本門				
需要設備項目	經費需求			
	基本教學設備			執行年度
	數量	單價	總價	
材料試驗機	1	500,000	500,000	98
Ansys 分析軟體 5 人版	1	200,000	200,000	98
風力葉片模具	1	360,000	360,000	98
CATIA 繪圖軟體 50 人版	1	620,000	620,000	99
無線動態資料擷取系統	1	200,000	200,000	99
複合材料研磨機	2	120,000	240,000	100
CNC 3D 雕刻機	1	430,000	430,000	100

Solid Work 工程製作軟體 50 人版	1	500,000	500,000	100
		總金額	3,050,000	

複合材料風力發電葉片設計製造技術分項計畫(經常門) — 99年				
項目	經費需求			
	線材與耗材費及其他經常門費用			
	內容	單價	數量	總價
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	160,000	1	160,000
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	10,000	1	10,000
設備維護費	相關設備維護費	5,000	1	5,000
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	7,500	2	15,000
辦理教學研討會	場地佈置費、茶點、講義印製、演講費、工讀費	30,000	1	30,000
教學輔助教材	課程輔助相關教具及教材	10,000	1	10,000
		總金額		230,000

(三) 複合材料量測及非破壞性檢測技術分項計畫預算編列

複合材料量測及非破壞性檢測技術分項計畫-資本門— 99年				
需要設備項目	經費需求			
	基本教學設備			
	數量	單價	總價	執行年度

超音波測距儀	1	70,000	70,000	98
紅外線熱相儀	1	250,000	250,000	98
超音波探傷儀	1	800,000	800,000	99
維克氏硬度實驗儀	1	400,000	400,000	99
敲擊式非破壞檢測	1	550,000	550,000	100
無線動態結構測試	2	210,000	420,000	100
		總金額	2,490,000	

複合材料量測及非破壞性檢測技術分項計畫(經常門) — 99年

項目	經費需求			
	線材與耗材費及其他經常門費用			
	內容	單價	數量	總價
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	116,000	1	116,000
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	10,000	1	10,000
設備維護費	相關設備維護費	5,000	1	5,000
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	7,000	1	7,000
教學輔助教材	課程輔助相關教具及教材	10,000	1	10,000
		總金額		148,000

行政支援

一個優質的複合材料特色實驗室之小型複合材料風力機之研發製造與檢測系統建立至少包括了專案管理、課程設計、內容建構、技術支援、及課程實施與推廣等面向。為了完整提供網路教學教師相關的行政支援，在行政配套措施方面，成立「網路教學推動委員會」，協助實施網路教學教師必要的教學設計與多媒體支援服務。校內發展整合網路教學行政服務團隊，各組提供服務項目如下表所示。除了有效支援教師網路教學與學生線上學習相關服務外，更建立有完善的網路教學相關規範：「網路教學實施辦法」、「網路教學課程補助及獎勵要點」、「網路教學評鑑實施要點」等，於網頁公告方便參考，也製成光碟版發給每位實施網路教學之教師以為實施依據，可確保優質網路教學品質。歷年所舉辦訓練課程、座談會、專題演講、講義、實況錄影、活動記實、歷史公告等與網路教學相關之各項資訊，也可於網站迅速取得，對於實施網路教學計畫的推動助益甚大。

網路教學行政服務團隊工作執掌表

單位	主要負責項目
網路教學推動委員會	網路教學政策及相關辦法之制訂、執行、督導及考核
註冊及課務組	網路課程開課、審查等相關事宜
教學服務組	教學評量、數位教學設計與多媒體數位教材發展、績優e教師選拔
圖書資訊組	網路學習資源規劃與管理、數位典藏
電腦教學組	規劃辦理教師專業發展訓練營、規劃全校電腦資訊課程提昇學生資訊科技素養能力
網路規劃組	數位學習新技術推廣與支援、數位學習平台開發與維運、多媒體教學錄製軟體工具開發與整合

(九) 預期成效及影響

一、工作項目成果

第一年預期完成之工作項目及成果：

- (1) 飛機複合材料設計、製作、檢測等教學、研究等技術與設備能量建立。
- (2) 複合材料之應用及產品科技開發、結構設/計算/分析、製程加工技術。
- (3) 複合材料修補補強維護技術能量。
- (4) 建立複合材料材料檢測及結構非破壞性測試檢驗技術與設備能量。
- (5) 航太工業及綠色能源新科技產品開發及應用

產業應用方面

- (1) 借航空及風力發電之高科技及高品質技術門檻，帶動提昇我國相關材料及工業成長。
- (2) 為國內華航、長榮、華信、立榮、復興等各大航空公司培訓專業人才。
- (3) 與德國漢莎航空及中華航空維修訓練學校合作，培訓航空器複合材料飛機製造、維修及檢測人才。
- (4) 開發綠色風力葉片製作為主之複合材料之設計、製造及分析特色實驗室。

教育訓練方面預期成果

- (1) 結合本校航空機械系、機械系及中華維修訓練學校合作共同執行複合材料產品開發及設計、製作、測試等研究達資源整合目的。
- (2) 使學生能建立的試驗平台與試驗程序。
- (3) 增加學生對於量測方法的學習與應用。
- (4) 培養飛機複合材料維修、製作、設計等人才。
- (5) 培養複合材料風力機的葉片及零組件設計、製作、檢測人才。

第二年預期完成之工作項目及成果：

- (1) 複合材料修補工具及相關教學訓練材料等建立。
- (2) 建立飛機複材修補操作準則及程序,可供業界參考。

- (3)開發製作複合材料無人飛機，參加全國競賽。
- (4)設計製作載人複合材料超輕飛機。
- (5)建立試驗及驗證風力機系統的準則及程序,可供業界參考。
- (6)設計製造 1kw 複合材料風力發電機葉片。
- (7)建立並開發複合材料非破壞性測試驗證平台，供人才培訓及業界應用。
- (8)建立各種頻率下疲勞測試之變形與壽命量測模式。
- (9)建立一套設計複合材料風力機的方法及程序。

學術方面預期成果

- (1)訓練學生合材料產品的設計開發與繪圖施工之操作。
- (2)讓學生學習到模具如何開發與設計，以建立學生在製造上的興趣。
- (3)使學生能夠瞭解的複合材料可靠度評估及分析。
- (4)讓學生了解理論值與實驗值驗證的重要性。
- (5)培養實體複合材料的系統分析及量測人才。

產業應用方面

- (1)技術規範導入有助益對品質品管及安全要求，可帶動國內相關產業之技術及品質性能之提昇，
- (2)複合材料技術設備與國際同軌，提高我國產業競爭力。
- (3)開發的量測設備及複合材料風力機製作程序，可提供業界參考。

教育訓練方面預期成果

- (1)讓學生學習到模具如何開發與設計，以建立學生在製造上的興趣。
- (2)使學生能夠瞭解風力機的可靠度評估及量測。
- (3)讓學生了解理論值與實驗值驗證的重要性。
- (4)培養實體風力機的系統分析及量測人才。

第三年預期完成之工作項目及成果：

- (1)複合材料修補工具及相關教學訓練材料等建立。
- (2)建立飛機複材修補操作準則及程序,可供業界參考。
- (3)自製載人複合材料超輕飛機測試驗證。

- (4)設計製造 3kw 複合材料風力發電機葉片。
- (5)建立試驗及驗證風力機系統的準則及程序,可供業界參考。
- (6)建立並開發複合材料非破壞性測試驗證平台,供人才培訓及業界應用。
- (7)建立各種頻率下疲勞測試之變形與壽命量測模式。
- (8)建立一套設計複合材料風力機的方法及程序。

學術方面預期成果

- (1)實體風力機的動態量測、可靠度試驗及噪音量測的試驗程序方面,也可供對風力機研發有興趣之學者參考。
- (2)開發複合材料測試驗證平台
- (3)實體風力機的動態量測、可靠度試驗及噪音量測的試驗程序方面,也可供對風力機研發有興趣之學者參考。

產業應用方面

- (1)開發的量測設備及複合材料風力機可靠度試驗程序及噪音量測程序,可提供業界參考。
- (2)建立一套測試複合材料風力機的測試設備與平台。
- (3)產出一具實用性及經濟價值的複合材料風力機。
- (4)建立航空飛機零組件及風力機的零組件試驗程序,供業界參考應用。

在教育訓練方面預期成果

- (1)讓學生學習到模具如何開發與設計,以建立學生在製造上的興趣。
- (2)使學生能夠瞭解風力機的可靠度評估及噪音量測。
- (3)讓學生了解理論值與實驗值驗證的重要性。
- (4)培養實體風力機的系統分析及量測人才。
- (5)建立複合材料風力機在運轉時風力機的多點應變量試驗、振動頻率試驗、性能測試與穩定性檢測的試驗程序,可提供業界參考。
- (6)建立一套複合材料風力機可靠度試驗程序及量測程序,可提供業界參考。

(十) 觀摩活動規劃

複合材料特色實驗室之航空飛機複合材料製造修護技術及複合材料風力葉片之研發製造與檢測系統建立，舉辦飛機複合材料製造修護技術及小型複合材料風力機系統整合與應用發展教學觀摩會，以複合材料風力機實務製作為主題，內容將涵蓋複合材料無人設計製作及複合材料與最佳化複合材料風力葉片設計、風力發電監控與管理系統運作等項目，邀請產業及各級聯盟學校教師參與研討，其目的在蒐集與展示優良教學方法與教案，以供產學聯盟各級學校學習，並錄製教學影帶或多媒體，上網宣導，擴大與分享教學成效。

教學觀摩內容包含教材展示, 實驗室展示及實際教學，研討暨示範講解主題：

1. 航空飛機複合材料製造修護技術
2. 超輕複合材料飛機製造修護技術
3. 小型複合材料風力機葉片之試片結構檢測
4. 複合材料風力機葉片結構測試
 - 4.1 葉片結構測試與應變量測
 - 4.2 葉片結構測試-單點抗彎曲測試
5. 無人遙控複合材料飛機展示
6. 複合材料風力葉片振動共振頻率測試
7. 複合材料衝擊測試
8. 複合材料非破壞性檢測技術

一、待飛機複合材料製造修護技術；複合材料實驗室(風力發電葉片設計與製作)建置完成後將舉辦教學觀摩會，邀請相關學校師生，及業界代表蒞臨參觀及討論。

二、於寒、暑假辦理短期訓練，提供外校師生學習及使用本特色實驗室。並將教學、實習資料上網，以達到教學資源分享目的。

三、與業界合作方面，可利用本實驗室與業界共同研發先進產品，降低業界人員、設備、研發成本，如此將可達到設備、人員資源分享目的。

四、預計活動規劃：

- 1、99年3月 參加全國無人飛機競賽
- 2、99年4月 系時間專題演講一
- 3、99年5月 航空複合材料製造修護相關材料應用參訪
- 4、99年5月 系時間專題演講二
- 5、99年7月 風力發電及複合材料應用研討會
- 6、99年8月 台電風力發電參訪

- 7、99年8月 複合材料製作技術專業訓練
- 8、99年8月 複合材料飛機設計製作觀摩
- 9、99年10月 非破壞性檢測研討會
- 10、99年11月 風力發電公司參訪
- 11、99年11月 專題演講三
- 12、99年12月 複合材料應用成果發表會

航空複合材料特色實驗室”九十九年度具體計畫書

中華科技大學