



國防軍事

國機國造面面觀

董事長 邢有光、副教授 梁燕祝

提

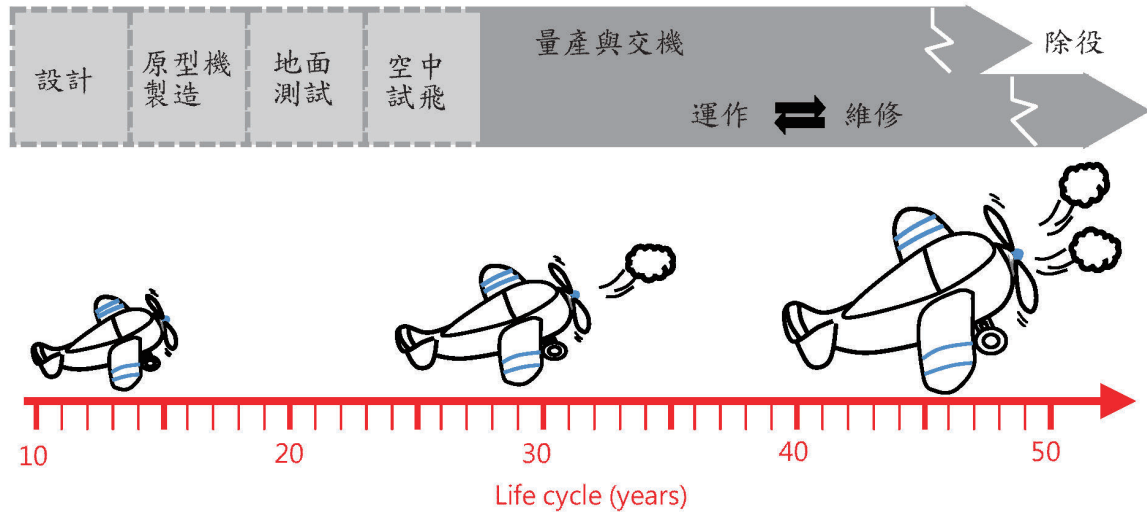
要

綜觀現今世界，擁有製造力是提升國家基礎經濟的基石，但意欲創造更高的經濟價值，具備設計能力是掌握科技技術主要的關鍵因素，從設計、製造到測試，都是知識經濟的命脈。航空工業結合各種系統的整合，具備航空工業就是提升工業水準，所以不論製造、工具設計、管理、外包等，都是知識經濟的一環。台灣屬於狹小的島國經濟，沒有豐沛的自然資源，也沒有龐大的天然農業環境；但我們的社會，工作力高，整體人力素質佳，這些條件促使我們有機會提升製造力到設計能量的階段，就是由OEM (Original Equipment Manufacturer 原廠委託代工商) 升級到ODM (Original Design Manufacturer 原廠委託設計商)。國機國造可以透過系統的整合以及各個介面的發展，開創屬於台灣自己擁有的ODM，全世界很多開發中或已開發國家無不投入這塊航空工業的大餅中搶市場。對台灣，不但可以解決目前機隊的消失性商源問題，充分滿足後勤補給與降低維修保養的花費，而且可以創造知識經濟價值，提昇國家經濟的巨量發展，這將是未來台灣經濟發展的一個重要里程碑。

關鍵詞：知識經濟，OEM 原廠委託代工商，ODM 原廠委託設計商，國機國造。

壹、飛機生命週期

到底一架飛機可以擁有多久的市場？飛機的生命週期 (Life Cycle) 有多久？通常一架飛機，從設計到原型機製造，以及為了驗證功能是否達到設計要求，經過一



圖一 飛機生命週期(Aircraft Life Cycle)

連串的地面測試，以及各式各樣的空中飛行測試，拿到型態認證後，還要為了迅速回本，需要在最快時間拿到生產認證，最後執行量產交機以及定期維修保養。最後，在飛機服役多年後，到達除役階段，約經過30~50年，如圖一。假如一架飛機保養維修良好，可以撐到六十年。Lockheed Jet Trainer T33教練機於1948年三月首航，至今已經服役近70年，當年作者邢董事長於民國56年官校畢業時，T33正是空軍官校的高級教練機，該款飛機大部分美國的盟邦都使用過，共38個國家，在亞洲地區包括韓國、日本、台灣、泰國、新加坡、菲律賓、印尼、巴基斯坦等。T33除了擔任美空軍的教練機外，還執行一些重要的飛行任務：測試時進行空中檢視。圖二為B787在2009年12月首航試飛，在西雅圖附近起飛，飛機上裝載著各種測試的感測儀器以量測其性能、效率 and 安全性。首航起飛預計執行5個半小時，因為氣候關係最後執行3小時。試飛期間有T33在旁檢視空中試飛狀況^[1]，B787的飛行測試總共6800小時，進行了八個半月才完成。



圖二 T33執行B787空中試飛檢視^[1]

飛機在生命週期中，會



Boeing 737-200



Boeing 737-800



winglet

圖三 B737-200到B737-800改款主要變革^[2]

因為科技進步以及技術研發的提升，而進行更新、改良、改款，以B737為例，從1968年到2017年，它的改款從-200到-900一直到-max，B737為目前全世界最賺錢的飛機，也只有Air Bus生產的A321和A320可以和B737相抗衡。圖三為B737-200客機更新到B737-800的兩大改變：一為翼尖小翼的設計減少翼尖渦流以降低阻力，阻力減少就可以

圖四 飛機墳場^[3]

降低推力，引擎推力需求低，燃油就省。另一項為座艙儀表由傳統類比顯示裝置改成多功能(Glass Type)顯示裝置，讓飛行座艙儀表顯示更為簡潔精緻。飛機生命的最終旅程就是來到飛機墳場，世界最大的飛機墳場位於美國亞歷桑納州沙漠中(圖四)，有好幾代的軍機存放在此。當飛機無法再服役時，因為沙漠的氣候乾燥不易

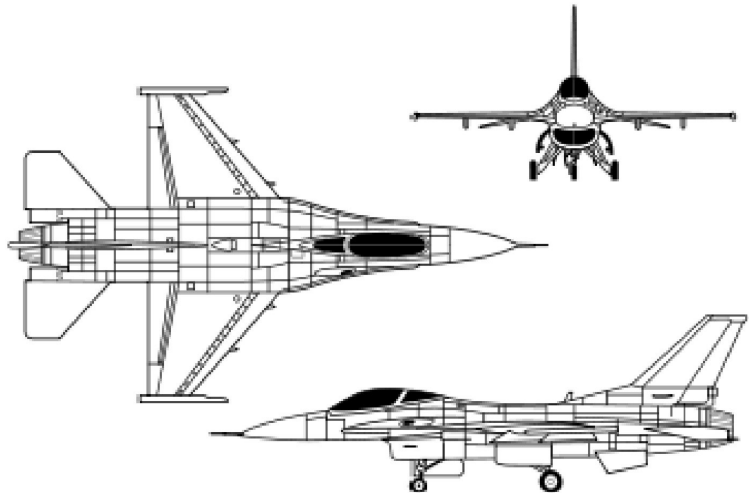


腐蝕，對於飛機的零件或結構比較好保存，所以會送來此處放置。

貳、飛機設計概念

設計製造飛機，完成後要通過認證。民航機要獲得世界兩大機構的認可，才可以在他們的國家或國際航線飛行，即是FAA(美國聯邦航空總署Federal Aviation Administration)和EASA(歐洲航空安全局European Aviation Safety Agency)。飛機的型別認證Type Certificate就是管制設計、原型機製造、地面測試與試飛這四個階段，確保飛機的設計達到安全的標準，它包括飛機設計的藍圖、材料規範、零件製程等等珍貴的設計資料。

一般飛機的設計概念在訂定性能規範(specification)後，開始進行外型設計，即進行氣動力設計(Aerodynamic Design)，決定機翼、尾翼尺寸大小及其相關位置，訂出飛機三視圖(圖五：飛機上視圖、前視圖、側視圖)，然後就可以估算推力，選定發動機。飛機的外型、重量、推力決定了飛機的性能；除非外型和



圖五 F16飛機三視圖戰隼戰鬥機^[4]



圖六 看見升力了嗎？^[5]



圖七 波音B787主翼翼尖最大位移量：地面、飛行中、到1.5倍最大負載(由下而上)。



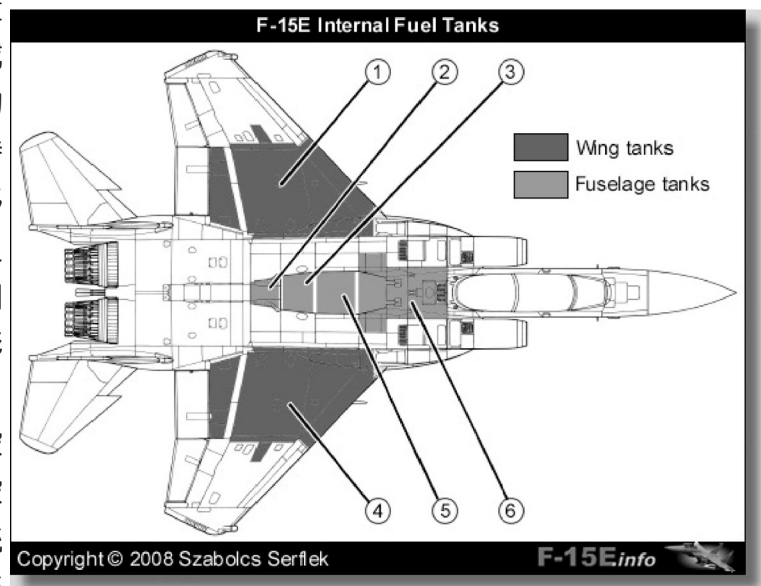
推力重新設計，否則飛機構型(configuration)就完全定型。外型設計完成後，接著就是飛機結構與次系統設計，結構設計就是設計飛機的結構要能承受飛行中所受的力，在設計的受力範圍下，能夠保持結構完整性。圖六為飛行中的飛機主翼承受升力時的變形量。飛機主翼是很有彈性的結構體，從圖六可以明顯地看到升力對於結構的影響，你看見升力了嗎？圖七為波音B787主翼翼尖上下最大位移量：從地面靜止狀況到飛行中翼尖位移量10英呎；假如到達極限負載(limit load)，即1.5倍的最大負載(ultimate load)時(安全係數1.5)，翼尖位移量26英呎^[6]。圖八為地面上的B787與飛行中的B787，明顯的看到飛機主翼受升力影響的非線性變化曲度。



圖八 你看見升力了嗎？(上圖B787地面靜止^[7]、下圖B787飛行中^[8])

完成外型設計和結構設計後，就是各項(次)系統設計，一架飛機具備液壓系統、儀電儀表系統、燃油系統、飛控系統、環控系統、通訊導航系統和發動機安裝系統等。以下特別介紹幾個飛機的次系統，以彰顯其系統整合的龐大。

1. 燃油系統：過去傳統老飛機是油囊的設計，現代飛機的結構空間就可以直接儲存



圖九 F-15E飛機燃油系統^[9]



燃油，但要特別注意防漏處理與配重。圖九為一架F-15E的燃油系統設計，包括內部機身燃油區以及機翼燃油箱。飛機在燃燒燃油時會改變飛機的重心位置，重心位置的改變會影響到飛機的操縱控制性能，所以，設計上要考量，從油箱滿載到只剩少量油時，重心移動的距離要越小越好。假如飛機還要倒飛(戰鬥機)，其燃油設計就更複雜，在加油加壓的方式就要特別注意保持平衡。

2. 環控系統：不像無人飛機，一般飛機座艙因為要載人或駕駛員，機艙內當飛機飛到高空，氣壓低、溫度降，尤其到35000呎高空，大氣壓力減小，必需要有環控系統進行調節氣壓與溫度。假如沒環控系統，在低氧環境下，飛行員就會動作遲緩，甚至於昏迷。FAA規定艙壓消失時，若飛機在25000英呎的高度飛行，必需在兩分鐘內讓飛機降到8000英呎的高度。一般飛行時，為了乘客的舒適與安全，座艙壓力高度保持在8000英呎以下的條件。
3. 除冰/防冰系統：假如飛機飛行過程中，經過溼度高的低溫區，且停留時間達到積冰的狀況，機翼前緣、進氣道唇、皮托管、天線等，就會結冰，如圖十^[10]。在飛行上，這是很危險的事。機翼結冰，不但升力減少、失速攻角提早，還增加阻力。結冰狀況會讓巡航速度到失速速度間的差距突然變小，假如正在高攻角飛行，會瞬間進入失速狀況，產生掉落的危險。機翼結冰時，升力極可能降低50%。飛行中為了提高升力就會拉高攻角，這樣更容易讓飛行狀態進入失速區；假如飛機要降落，就必須加速以增加升力，相對的需要更長的跑道。緊急解決除冰是最重要的關鍵。機翼除冰的方式包括：機翼內部自體加熱氣、通電加溫、噴注化學藥劑，保護飛機表面無法結冰、加壓力變形讓冰掉落，皮托管尖端也需要除冰裝置。當一般小飛機遇到此狀況，即使機上有說明具備安全通過已知冰雪區flight into known ice (FIKI)的強化設計，還是必須迅速離開該區域避免發生危險。

4. 發動機安裝系統：發動機安裝系統在戰機上就是個挑戰，圖十一，左邊空間寬大，吊掛拆裝快速方便，右邊戰鬥機之空間要快拆快裝不但不易，目視檢查也有問題。同時，引擎著



圖十 機翼結冰

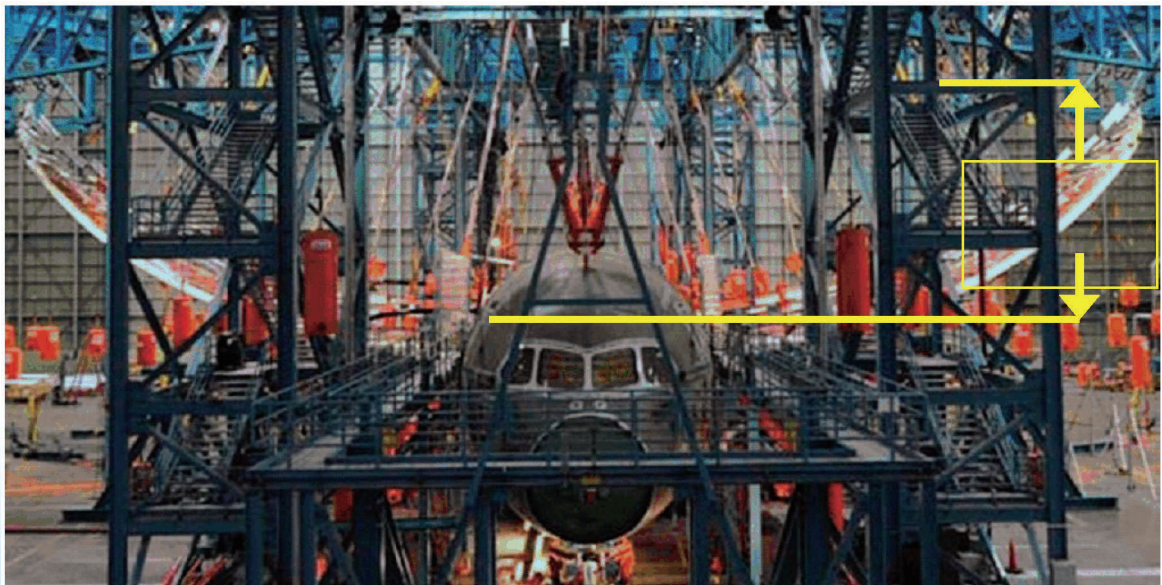


圖十一 飛機發動機安裝空間考量：好的動線(左^[11])與狹窄空間(右^[12])

火時，要考慮滅火系統與設防火牆避免往內延燒等空間都必需預置。

5. 同步工程：很多系統在設計之初沒考慮到維修、使用、裝拆等過程的狀況與動線，等到出廠後，使用者再反應意見時，不但造成後勤支援的費用增加，還會產生很多問題，這是同步工程必須要整體檢視的過程。同步工程要全面考慮到RMS：可靠度Reliability(很重要的設備儀器，要具備高可靠度，或甚至於有備用設計，不能只有一個)、可維護性Maintainability(如上列第四項，戰機發動機的維修空間)、以及保障性Supportability(發生意外時的支援性設計)。

參、飛機測試及試飛



圖十二 B787結構受力靜態測試^[13]



圖十三 逃生測試^[14]

在飛機設計、製造完成後，怎麼判定是否達到所需的性能？除了分析外，用實驗證明設計是安全的，就必須進行測試。功能測試performance test是接下來的重要工作：除了單一系統各自測試外，組合系統的測試也不可少。地面測試包括iron bird test，即把所有系統鋪陳在地上進行測試。還有各個器械在不同的惡劣環境下，功能測試運作正常以及空中測試各項功能。圖十二為B787進行結構最大受力靜態測試時的畫面，飛機主翼加壓頂到最大受力時，垂直方向最大變形量為7.6m，觀察其結構裂紋。這樣大手筆式的破壞性測試，在航空公司於原型機出廠時，還是會進行。

以下介紹幾項飛機系統測試：

1. 逃生測試：戰鬥機的逃生測試，是要確

定人在落地前，降落傘會打開，且人安全不受傷，這不易分析，所以要進行實驗測試。如圖十三，利用地面上的長軌道加速到測試速度時，座艙罩打開、座椅彈出、落地前降落傘打開。圖十四為F-16在2003年九月航展，意外發生時，低速度下，座艙低空彈射時的畫面。

2. 鳥擊(Bird Strike)測試：飛安殺手－鳥，在機場空曠的草地無所不在，尤其靠海的海鳥。大至大型海鳥對於飛機座艙罩的撞擊，小至小型賽鴿身上的腳環(腳



圖十四 F-16座艙低空彈射^[15]



圖十五 35000呎高空的鳥(左)^[16]飛機鳥擊(右)^[17]

環是金屬，重傷害），對於發動機葉片的損害，造成熄火，都是嚴重的FOD問題。當鳥擊發生時，擋風罩脆裂，艙壓失效會造成飛行員失能或昏迷。但有讀者會問，35000呎高空哪有鳥？確實，紀錄上加拿大雁會飛達該高度，如圖十五。由於FOD造成結構承受壓差的程度不易分析，所以須以實驗進行測試。IDF在進行鳥擊測試時，一開始用3.5磅超市買的冷凍雞，以砲管加壓打擊到座艙罩或引擎，但不管任何角度測試都失敗；後來發現是用冷凍雞產生的問題，改成溫體雞（不能死很久的）就成功了。已經拍成電影的泛美航空迫降哈德遜河，就是一次鳥擊造成的意外。在2009年1月15日，泛美航空的空中巴士A320由紐約拉瓜迪亞機場起飛1.5分鐘後，引擎吸入加拿大雁並發生鳥擊，在飛行大約6分鐘後迫降在哈德遜河，在極寒冷的天氣下，不可思議地機上全數生還，並被金氏世界紀錄大全記錄為“史上最成功的水上迫降”。

3. 艙壓測試：會造成艙壓異常漏壓的原因包括：蒙皮破洞、結構受損產生裂紋或艙門充氣墊圈脫落或加壓設施故障。美國聯邦航空法規規定，所有座艙加壓的設計必需讓飛機在任何高度飛行時，其座艙壓力高度在8000英尺以下。假如艙壓降低或消失，假如飛機高度在25000英尺時，此時乘客面臨此情況不能超過2分鐘，若座艙壓力高度是40000英尺，則超過一秒鐘都不允許，要即刻讓乘客脫離此致命環境。測試艙門受艙壓之安全性，最快方法是，在艙門四方與機身搭接處畫四條線，讓艙壓加到規定測試的壓力值與作用時間，測試完成恢復原狀後，檢查四條線是否在搭接介面有無錯開，錯開表示經過持續的艙壓後，結構會移位。
4. 設備(Appliance)測試：飛機上，除機體、發動機、螺旋槳外，其他任何儀表、機台、裝備、零件、裝置、通訊設備均稱為Appliance。飛機上有很多的設備，所有設備均須視需要，執行下列之測試，以確保功能正常運作，如圖十六^[18]。

●環境測試(撞擊、溫度、壓力、雷、電、磁、風、雨、霉、霧、沙塵、鹽化腐



圖十六 飛機設備測試^[18]

蝕等等惡劣環境下的測試)：黑盒子、座椅、窗、門、椅背顯示螢幕等都要達到安全撞擊測試以及防火等等測試標準。

- 振動測試：不同的振動頻率對機構的影響各異，尤其當振動頻率到達共振頻率時，結構將會產生很大的振動，造成發散破壞。所以飛機上的所有裝備，在組裝完成，必須要通過振動測試。
- 防火測試：造成燃燒的條件有四個因素，除了溫度到達燃點、要有燃料、氧化劑和氣壓讓燃料霧化也是主要原因。飛機的防火測試，還要包括駕駛艙火場隔離，這和貨機在駕駛艙前會設計一定強度的防撞擊網或牆一樣，保證駕駛員的安全。

5. 飛機空中重心系統測試：
要測試飛機的重心，靜態的比動態的容易，在飛機完修後，頂飛機就是重要的測試，看重心有無偏離，就算除漆重新油漆後，也要進行重心測試。圖



圖十七 A380空中測試重心



十七為A380進行空中模擬重心的過程，空中測試當然含不同的攻角及油箱不同含量的配置。

6. 飛機空中除冰Di-icing of airplanes：除了前述加溫、加熱氣除冰外，還有沿著主翼前緣到翼後緣噴水，以及機身上方往下噴水(但要避開窗子)。測試飛機空中除冰，需要讓飛機先結冰，所以有另一架飛機在前面噴水製造結冰狀態。然後一一測試除冰功能，加溫，加電或利用管線膨脹讓飛機除冰。

IDF經國號戰機歷經7500架次的空中測試，以每天10次測試估算，不考慮天候狀況不佳時，就超過兩年。所以研發一架戰機或飛機，不是各單位完工就好，是一個長程的系統整合工作，測試回報與問題解決都是需要相關系統負責單位再討論與修正，來來回回地實現所有的功能在要求的狀態下，均運作正常。空中測試包括正常狀態區、不正常狀態區以及介於兩區間的警告區。

肆、飛機製造概念

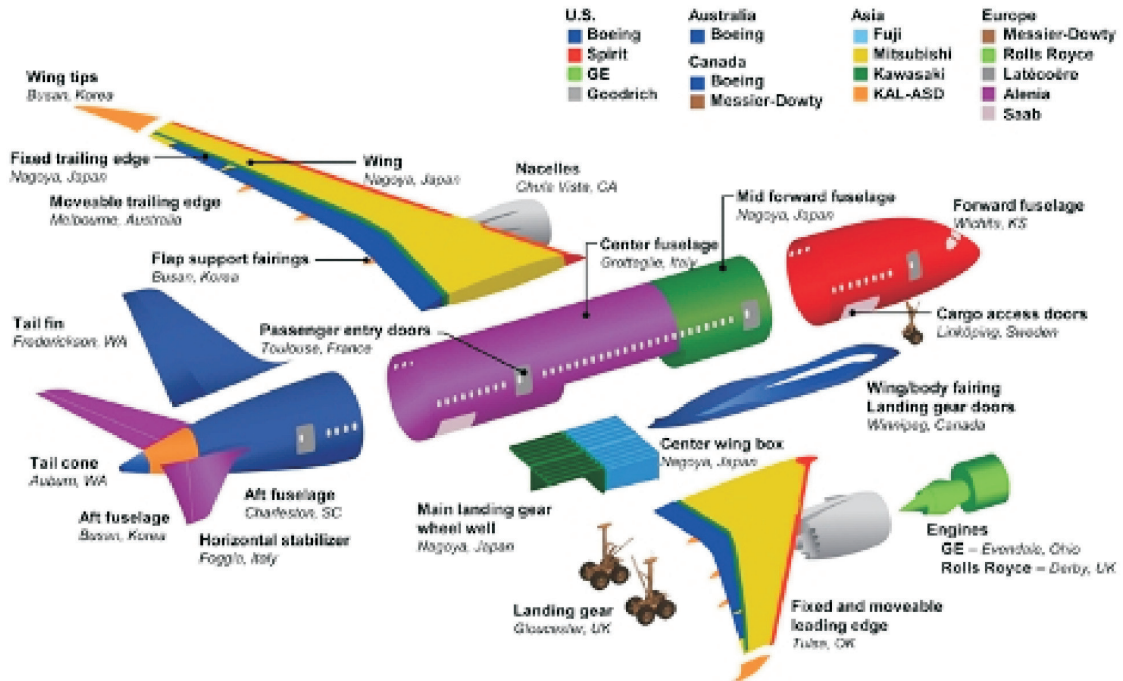
即使是飛機的零件組裝或工具的外包，都要符合FAA的規定條件下，通過的認證來執行，尤其是輔助工具的設計與製造，很具挑戰性，有時候製造飛機時的輔助工具是生產效率的關鍵。維修飛機零組件，FAA的要求有四大項：維修手冊(How)、訓練完成的維修人員(Who)、手冊要求的維修工具(Tool)、以及通過認證的測試儀器(Test Stand)。這都是後勤補給要花費的大錢，全都需要通過認證。所以，為何製造一架飛機會傾注這麼多的精神與人力和時間，其背後換取的價值是不可限量的。以下簡略介紹飛機製造的概念。

1. 飛機生產或外包：全世界沒有一個國家可以完完全全地自己生產製造一架飛機，所以飛機的生產製造，就要考慮到自製率的問題，選擇那些要外包或自製。如圖十八，B787的供應鏈在亞洲有Fuji負責機翼中心段機盒、Mitsubishi負責主翼，Kawasaki負責控制翼面，除了技術要求外，地緣考量也是主因，同時可以吸引當地買家，這種互惠的情形常常發生，所以航太市場供應鏈有其特殊的吸引力。考慮飛機生產外包的理由包括：

- 成本考量(Cost effective)：對於勞工成本高的國家，轉移到低薪資的區域進行生產是目前全球經濟走向的趨勢，但穩定的政局、進出口的便利、以及操作技術人員的水平，都需要考量。
- 市場佔有(Market share)：如前提，將供應鏈市場帶入該國家，政府政策上會購買該機隊，同時也為該國家提高就業率以及經濟發展。
- 分擔風險(Risk Share)：把所有的雞蛋放在一個籃子，是高風險做法，且匯率



Global Partners Bring the 787 Together



Copyright © 2013 Boeing. All rights reserved.

圖十八 B787供應鏈(美加、澳洲、亞洲、歐洲)^[19]

波動會影響貿易差額，從波音的供應鏈市場可看出，他們將各組件分散到各大洲進行有其精細的考量。

2. 供應鏈管理：供應商管理是一種挑戰，要確保品質(Quality)、要保證時程(Duration)、要確認次供應商(Sub-supply chain)的管理。所以原廠要常常稽核，確保供應鏈品質與不斷貨。飛機構件的生產製造包括：工具設計、零件製造、組裝測試、包裝交運。可以由這些程序來考慮有無能力完成，以決定自製或外包。不要小看工具設計，圖十九藍色區域為組合B777機身段所設計的工具。畢竟一架飛機這麼大，每一段在不同區域或國家製造，假如沒有好的工具讓它在製造或組合時，迅速有效率且精度高，那出廠後不同機身段兜不在一起時，怎麼解決？以一架B747為例，它的飛機零組件總計6百萬件，這是一個龐大的市場。
3. 整合、妥協與團隊合作：製造飛機的部門包括：結構、氣動力、控制、液壓、設備、服務、產品、電裝、動力、武器(戰鬥機)等等。如圖二十^[21]，假如只考慮自己部門的功能，只強化自己的部分，到最後就變成四不像的怪獸。因此，設計

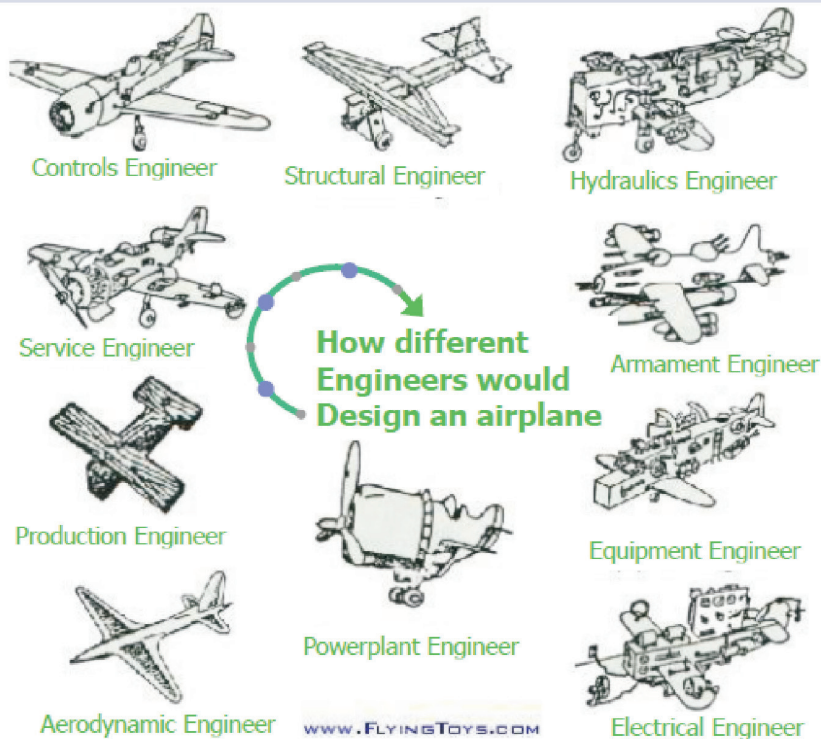


圖十九 B777組裝工具(上)B777機身組裝(下)^[20]

飛機，必需互相妥協。例如，結構與氣動力：結構要強，材料要堅固，但氣動力要輕才能飛的起來，要流線型才沒阻力，所以結構需妥協。

4. 同步工程Concurrent Engineering：通常製造產品，在設計階段，如果有考慮到產品本身製作過程的便利性，包括工具設計等，那可以省下2/3的成本。除了考慮到工具製作與生產自動化外，若加入顧客端的回應與使用方便性設計等等，將

Integration, Compromise and Team work is a must!



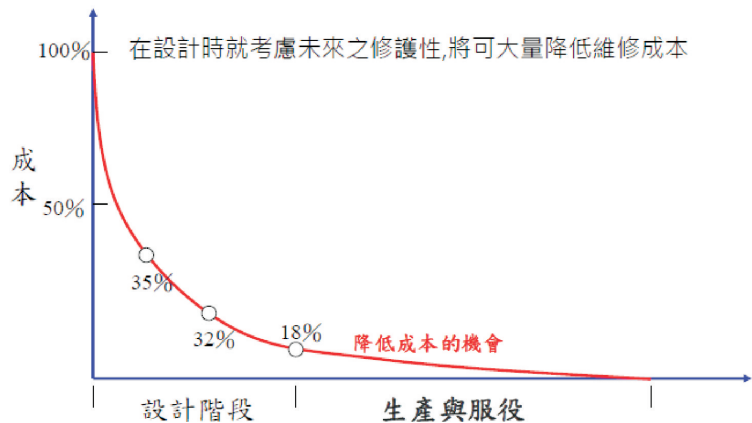
圖二十 以各系統出發為導向的飛機設計產品



會再下修花費的成本降到20%以內。圖二十一為不同階段進行同步工程的成本下修情形，同步工程對於成本下修的影響程度，是非常吸引人的利潤。

經濟合作發展組織(OECD)曾言知識經濟是：以知識資源的擁有、配置、產生和使用，為最重要生產因

素的經濟型態。在過去，勞動、土地、資本、企業能力是構成經濟發展的因素，但現在除了前述四大因素外，增加了『知識』，航空產業就是龐大的知識經濟體。張忠謨先生講的更直白：知識經濟的英文原文是knowledge-based economy，就是「以知識為基礎的經濟模式」，事實上知識經濟的重點是如何轉知識為金錢、利潤。因此，對於航空工業，我們要想辦法保有它、發展它、與擴大它。



圖二十一 同步工程的影響

伍、世界高級教練機介紹

世界各國的教練機歷經很多年的發展，大多是性能提升(Upgrade concept)的概念式發展。以下針對幾個國家，列出其著名的機型歷史：

1. 英國Hawk Advanced trainer

Hawk機型1974年首航，到現在歷經43年，這過程性能提升的機型達30餘種，圖二十二為Hawk幾種機型列表，Hawk T1、Hawk 127、Hawk 208。

2. 美國T 38 Trainer

T38A由1959年首航，到1972年總共生產一千多架，主要供美國空軍與海軍訓練用。F-5系列，也生產近30年，1972年F-5E由T38性能提升改款，1987年停產



圖二十二 Hawk T1、Hawk 127、Hawk 208(由左到右) [22]



，到現在經過30年，還在飛行服役。F-20是F-5E的藍圖改良，為了搶奪世界輕型戰機的市場而設計，在1982年首飛，但因為雷根政府不願意自家戰鬥機市場互相競爭，只製造3架就取消服役，後來為補償諾普公司Northrop Corporation，就允許次系統技術轉移到台灣，圖二十三為T38A、F-5E、F-20。



圖二十三 T38A^[23]、F-5E^[24]、F-20^[25] (由左到右)

3. 俄羅斯Yak 130與義大利M346 Advanced Trainer

俄羅斯Yak130機型因為當時政治與經濟環境的關係，1996年首航到2009年服役(歷經十三年)，由於1993年俄國空軍經費不足，讓義大利加入教練機計畫，所以產生兩架類似的機型，義大利M346在2004年首航，目前均服役中。



圖二十四 Yak 130(右)、M346(左)^[26]

4. 捷克

捷克噴射教練機從1963服役至今，改款非常多型，圖二十五為L29、L39到L59/L139的機型變化，從高尾翼設計的L29，到尾翼在中段以及低主翼且進氣道在上方的主要機型設計。其中L39信天翁目前現役，有2800架生產到各個國家。



圖二十五 捷克噴射教練機L29^[27]、L39^[28]、L59/L139^[29] (由左到右)



5. 伊朗

伊朗2017年4/15發佈可攜載武器、區域巡航的Kowsar Advanced Jet Trainer，該款教練機和漢翔的AT3非常雷同，只是為了FOD將進氣道口高低調整。



圖二十六 伊朗Kowsar噴射教練機(左)和AIDC AT 3 (右)^[30]

6. 波音公司

美國Boeing T-X Advanced Trainer，是未來美國空軍教練機的機款，單引擎、雙垂尾(可以更高攻角飛行)的設計，同時導入先進座艙設計，相較於F35更為廉價，讓更多國家買得起。如圖二十七，在2016年12月



圖二十七 美國波音新一代T-X教練機^[31]

完成原型機的全部試飛任務，均達到美空軍要求，2017年4月第二架進行試飛，且提早兩天完成所有飛行測試報告。此外，該案為美國聖路易斯城帶來1800個工作職缺。

7. 中華民國教練機

雖然中華民國的教練機不是選擇利用XAT-3教練機種提升計畫，而是利用IDF戰機改款成教練機，但如同做好的西裝要改型，需要配合需求剪裁一樣，也需要花很多心力在飛機設計與製造上互相配合。

陸、國機國造經濟面

[國機國造]的意義就是自己設計飛機、自己製造飛機、自己量產飛機。國機國造重點應當是指飛機設計，而非僅生產製造，若沒設計，僅依藍圖施工製造，是標



準的代工 (OEM)，但我們希望走向原廠設計製造 (ODM)。假如具備設計能力，那製造能力自然能慢慢跟著提升，只製造沒有設計，那純粹是代工，真正賺錢的設計還是掌握在對方手裡，被掐著脖子走，談的永遠是怎麼樣在有限的資源中獲利，怎麼樣和國際大廠削價競爭，當製造業環境如人力成本、水電廠務等成本和損耗率增加時，就沒辦法再提高獲利。因此，成為ODM是各製造業提升經濟發展的最大目標。

飛機的設計製造，最賺錢的，是交貨後長期的後勤支援 (Logistic Support)，好的後勤補給規劃，需要籌畫整個壽期之維修、零件補給、並維持飛機在可用狀態下。此階段的特色是：

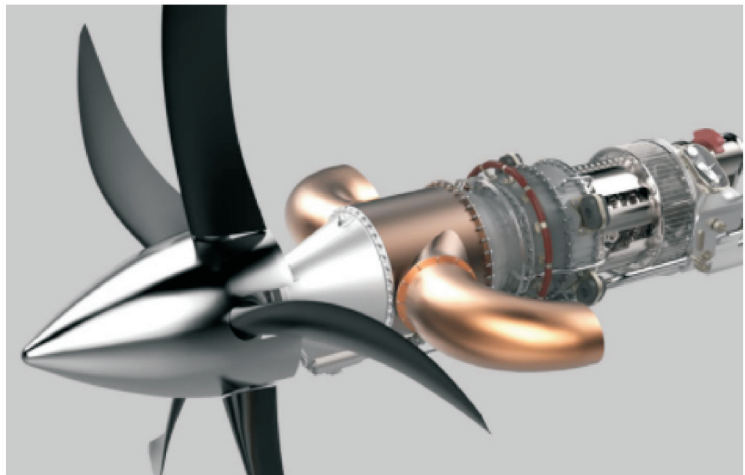
- 費用龐大：前述飛機的壽命在良好的保養之下可以達40年以上，這樣的維修保養市場非常龐大無庸置疑。
- 時間緊迫：服役中的機隊，不能閒置，尤其是民航機，時間就是金錢，破損或失能的零件、儀器、儀表送修，都有緊迫性，好的後勤支援補給很重要。

這樣的特色，除非自己設計，後勤支援問題就可以迎刃而解。後勤支援補給最常面對的問題是：

消失性商源的問題

消失性商源問題，指製造廠商(供應商)的壽命，隨著科技進步，零件汰換速率快而消失倒閉，或者，該零組件功能不佳，被更新的科技取代(如多功能顯示的儀電儀表)。如何買到符合FAA、EASA認可的廠商之設備，有時候即使很昂貴的二手貨，還是得下單訂貨。只有自己設計製造的產品，通過FAA或EASA的認證，就能解決這一類問題。此外，科技的進步，3D列印技術已經提升到金屬列印的階段，過去傳統的切削等機工件，可能

靠3D列印技術完成。飛機設計製造的技術一直在進步，2016年底，GE公司發佈未來打算整合35%的渦輪螺旋槳飛機引擎零件，用3D列印完成，因為3D列印更流線型，讓引擎可以省油20%，增加10%推力^[32]，該案將在2017年底提供完整的測試報告，如圖二十八。3D列印極可能是未來解決消失性商源



圖二十八 GE未來打算3D列印完成35%引擎零件^[32]



的改革方法。

綜觀前述，在此提出國機國造的利基，有六大優勢：國際接軌、開拓商機、國力展示、人才培養、發掘工業斷鏈之處、提升工業水準（圖二十九）。例如：如何發掘工業斷鏈之處，以自製率來看，國機國造可以蒐集所有飛機零件資料，其中有多少百分比自己製造？這些自製的產品價值多少？未來要發展的項目佔多少百分比，找出自己的弱點（即斷鏈處），朝未來發展的目標前進。



圖二十九 國機國造的利基

建立這些能量，將是對「國家經濟發展」永恆而持續的餽贈，為後代子孫尋求更長遠的規劃。或許有些人提出不一樣的觀點，外購是否更符合經濟效益？660億共60架，每一架11億就解決，不會花更多錢，但那只是看到買飛機那一刻，未來服役的三十年、四十年後勤補給的花費？就是本文中強調的，外購會產生『製造/後勤支援/消失性商源問題無法解決』的問題。現階段，台灣亦可以挑戰工具的設計與製造，這是龐大的商機。

國機國造的商機，在於解決以下問題：

- 後勤支援成本
- 消失性商源問題
- 系統資源整合能力
- 性能提升設計

為我國航空界創造的機會是：

所有問題一 解決，性能持續提升。

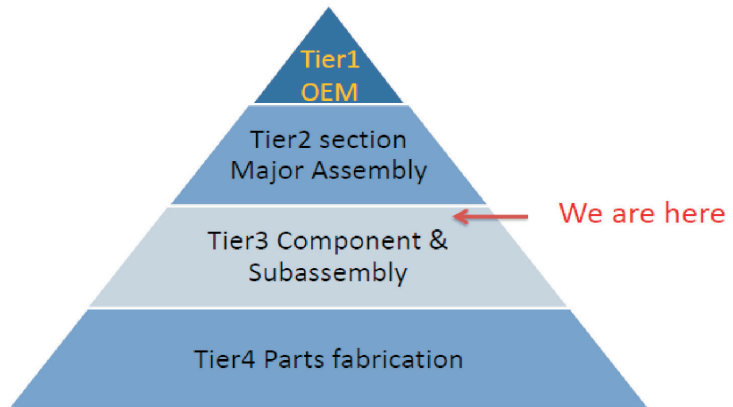
柒、國機國造應走的方向

本文一再強調國機國造對國家社會的經濟發展與人才培育的影響，最重要的就是利用航太工業的發展，提高設計與製造各系統的整合能力，達到全面工業水準的提升。國家需要靠專案來持續練兵，人才留用與培養是最難持續的關鍵，往往在經費減縮下，專案沒有繼續進行，造成人才流失。新人要花幾年培養，持續的練兵才



有源源不絕的知識力。在此提出適合台灣發展航空工業的項目：

- 飛機結構設計
- 飛機工具設計與製造
- 複合材料組件/零件製造
- 精密機械加工
- 航電裝備設計及製造



目前在全球航太供應鏈 全世界沒有一個公司有能力單獨完成設計製造一架飛機市場，主要分類成四階段（

圖三十 全球航太供應鏈市場分類

如圖三十)，最底層(第四層)純粹配件組裝，第三層零組件製造與組裝，第二層主區段組裝，以及第一層的原廠設備製造(OEM)，台灣目前位在第三層上方，還沒達到日本的發展，如主翼和控制翼面的製造與搭接。依現今市場，沒有一個國家有能力可以獨力完成設計製造一架飛機，所以，定位好自己的市場，搶時機進入，是最好的機會。

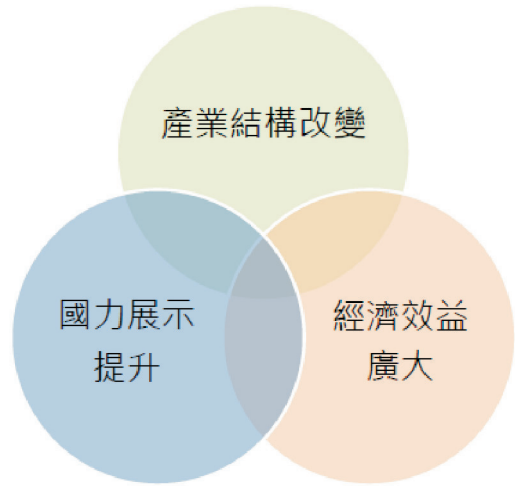
捌、簡單的結語



圖三十一 全球發展航空工業的國家^[33]



目前全世界那些國家具備發射衛星上太空的能力？往往朗朗上口的是：美國、俄羅斯、歐盟、大陸、日本、印度。不禁令人好奇，已經發展航太工業的國家有那些？圖三十一為目前發展航太工業的國家，包括：加拿大、美國、巴西(美洲)；瑞典、法國、德國、西班牙、英國、義大利、捷克(歐洲)；伊朗、以色列、印度、大陸、俄羅斯、日本、南韓、澳大利亞。都是已開發國家或開發中國家，台灣在此打個問號，因為不知道將來有沒有毅力持之以恆。可是，墨西哥、波蘭、泰國、馬來西亞、印尼，這幾個國家正努力發展航空工業。在此強調，發展航空工業需要政府強力支持，它位在科技尖端，可以改變產業結構；它囊括的產業供應鏈之龐大，可以擴大經濟效益；它具備的魅力可以展示宣揚國力。最重要的是，它靠腦力知識賺大錢(圖三十二)。



靠腦力知識賺大錢

圖三十二 發展航空工業的優點

誌謝

感謝空軍軍官學校的邀請，此篇文章為『第24屆三軍官校基礎學術研討會』邢有光董事長的開幕演講。

參考文獻

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_787_Dreamliner。
- [2] <http://www.boeing.com/>
- [3] <https://www.pinterest.com/pin/374713631468907020/>
- [4] <https://zh.wikipedia.org/wiki/F-16>
- [5] <https://i2.wp.com/www.ytv.co.jp/birdman/toripedia/2016/K08/photo.png>
- [6] <https://aviation.stackexchange.com/questions/838/what-are-the-effects-of-the-boeing-787s-very-flexible-wings>
- [7] <http://bgr.com/2015/06/12/boeing-787-dreamliner-takeoff-vertical-fighter-jet/>
- [8] <http://airinfo.org/newsite/tag/b787/page/17/>
- [9] <http://www.f-15e.info/joomla/technology/fuel-system/90-internal-fuel-system>
- [10] <http://pilotgetaways.com/mag/nd09/icing>
- [11] <https://www.pinterest.com/pin/332773859939610494/>
- [12] <http://www.myaandplicense.com/>
- [13] <http://news.softpedia.com/news/Boeing-787-Ultimate-Load-Wing-Test-Completed-138618.shtml>
- [14] <http://www.martin-baker.com/services/testing-and-qualifications>
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/General_Dynamics_F-16_Fighting_Falcon
- [16] <http://imgur.com/gallery/rVzWpaN>



- [17] <https://www.quora.com/Why-is-an-aircraft-bird-strike-a-serious-issue>
- [18] <http://www.emcia.org/awareness/Pages/InterferenceExamples/AviationAerospace.htm>
- [19] http://www.boeingblogs.com/andy/archives/2013/02/supply_chain.html
- [20] <https://www.wired.com/2013/06/boeing-robots-777/>
- [21] <http://i2.photobucket.com/albums/y46/flyKlWl/engairplane.jpg>
- [22] https://en.wikipedia.org/wiki/BAE_Systems_Hawk
- [23] <http://www.pcaviator.com/store/images/D/MilViz-T38A-Talon-Download-PCAviatorAustralia-1-01.jpg>
- [24] <http://www.gotech.at/f5e.jpg>
- [25] <https://i.ytimg.com/vi/N5hSfTfFsMY/maxresdefault.jpg>
- [26] <https://zh.wikipedia.org/wiki/M-346%E6%95%99%E7%B7%B4%E6%A9%9F>
- [27] https://en.wikipedia.org/wiki/Aero_L-29_Delf%C3%ADn
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Aero_L-39_Albatros
- [29] <http://imgproc.airliners.net/photos/airliners/1/0/4/1131401.jpg?v=v40>
- [30] <http://defence-blog.com/news/iran-unveils-new-kowsar-advanced-jet-trainer.html>
- [31] <http://www.boeing.com/defense/t-x/index.page>
- [32] <https://3dprint.com/154342/ge-aviation-advanced-turboprop/>
- [33] http://www.lib.utexas.edu/maps/world_maps/world_2000.jpg

作者簡介

董事長 邢有光

學歷：空軍官校48期、科羅拉多大學航空博士、哈佛大學高級管理班。經歷：經國號戰機(IDF)總工程師、中科院航空研究所副所長、漢翔航空工業股份有限公司董事長。現職：華錫鈞航空工業發展基金會董事長。

副教授 梁燕祝

學歷：國立成功大學航空太空工程研究所博士，經歷：亞洲航空公司專案經理、空軍官校一般教學部航太系助理教授，現職：空軍官校一般教學部航太系副教授。