

工業4.0導入國防航空產業策略之研究

The Implement of Industry 4.0 on the Strategy of National Defense Aerospace Industry

王大宇 (Da-Yu Wang)

國防大學空軍指揮參謀學院
作戰支援組上校主任教官

李彥慶 (Yan-Ching Lee)

空軍第四〇一聯隊二十六作戰隊
少校機務分隊長

摘 要

在全球智慧科技發展趨勢的拉力及就業人口遞減現實的推力雙重動力下，世界各國均朝向工業4.0的目標，針對自身的產業創新轉型、掌握關鍵技術自主能力、維持競爭力上不斷發展。我國亦提出生產力4.0發展方案，以帶動我國產業轉型升級，提升國家競爭力。國防自主的最重要里程碑是航空產業，我國藉推動產業進化與升級，並發展新的產業供應鏈生態系，以達成國機國造為目標，本研究以SWOT分析我國在工業4.0時代的內、外部現況，我國國防航空產業發展的態勢及策略，結合航空產業的少量多樣高技術，與工業4.0的少量多樣客製化，彈性的策略，促使我國可透過國機國造政策，刺激產業的自我升級，開啓全球更大的市場，達到國家安全與經濟發展並重目的。

關鍵詞：工業4.0、生產力4.0、國防自主、航空產業

Abstract

Under the trend of global smart technology and the fact of decreasing population, many countries are directly focused towards the goal of industry 4.0 via industrial transformation, and hold key technologies to keep their business being competitive. The most important milestone of autonomous national defense is aerospace industry. Taiwan has also established the productivity 4.0 development project by pushing industrial transformation and by upgrading with creating a new industrial supply chain in order to achieve the goal of producing indigenous fighter. In the meantime, SWOT analysis is used in this research in order to analyze Taiwan's current interior and external situation. The posture and strategy of aviation national defense industrial development combine with aerospace industry small-volume, large-variety high technology along with industry 4.0, which is small-volume, large-variety and customized as a flexible strategy to make our industry self-upgrade by producing indigenous fighter policy. This can open up more global market and achieve the goal of national security with economic development.

Keywords: Industry 4.0, Productivity 4.0, Autonomous National Defense, Aerospace Industry

壹、前言

2011年起在全球智慧科技發展趨勢的拉力及就業人口遞減現實的推力雙重動力下，德國提出工業4.0的概念，全球主要國家均積極推動建構網域實體(CPS: Cyber Physical System)，¹採智能化製造、生產、銷售的方式，快速反應或預測市場需求，並針對產業供應鏈垂直、水平數位化、智能化，藉開發智慧機器人、感測與物聯網(IoT: Internet of Thing)、大數據(Big data)、²雲端運算等技術來發展具有適應性、資源效率及人因工程的智慧工廠，以貫穿商業夥伴流程及企業價值流程，創造產品與服務的客製化供應能力。這樣的架構德國預劃在2030能實現，³而現在世界各國均朝向工業4.0的目標，針對自身的產業創新轉型、掌握關鍵技術自主能力、維持競爭力上不斷發展。

我國於2015年10月針對工業4.0提出生產力4.0發展方案，針對農業、製造業中的電子資訊、金屬運輸、機械設備、食品、紡織及服務業中的零售、物流等8大關鍵領域，強調將推動「優化領航產業智慧供應鏈生態

系統」、「催生新創事業」、「促進產品與服務國產化」、「掌握關鍵自主技術」、「培育務實人才」、「挹注產業政策工具」六大主軸策略，建立一套2016年至2024年的方案，以帶動我國產業轉型升級，提升國家競爭力。⁴

國防自主的最重要里程碑是航空產業，航空產業發展中心⁵自1970年介壽號（活塞式發動機螺旋槳飛機）、1973年中興號（渦輪式發動機螺旋槳飛機）、1980年自強號（無後燃器噴射飛機）的自製，到經國號戰機（超音速噴射機）於1982年由開始研發起，機身與奇異公司、發動機與蓋瑞特公司、航電系統與西屋電子公司合作，1992年起交機至1999年完成131架量產後，我國即未再自行或與他國合作生產飛機。回顧近20年的空窗期，南韓的韓國航太工業公司與美國洛克希德·馬丁公司合作，運用自我國挖角之經國號航空工程人員，發展T-50金鷹號高級教練機，⁶除部署於南韓外，亦出售給印尼⁷及菲律賓。⁸雖於2015年臺北國際航太暨國防工業展上，漢翔公司展示XAT-5及AT-3 MAX兩款高教機的概念模型，⁹但軍方尚未對外購

1 網宇實體為中共官方用辭，亦稱虛實整合、信息物理、智慧整合感控。

2 巨量資料為中共官方用辭，亦稱海量資料、大數據、大資料。

3 林士蕙，〈工業4.0有升級才有轉機〉，《遠見科技特刊》，2015年11月，頁17。

4 行政院，〈行政院生產力4.0發展方案〉，2015年9月16日，頁54。

5 航空產業發展中心後於1996年改組為國有民營漢翔航空產業股份有限公司，簡稱漢翔公司，並於2014年8月21日改制為民營化公司，8月25日於臺灣證券交易所股票上市。

6 李貴發，〈中科院在國防科技武器發展應有的角色〉，《臺北論壇》，2013年9月10日，<<http://www.taipeiforum.org.tw/>>（檢索日期：2015年12月16日）

7 王炯華，〈韓製T-50教練機 今降小港機場〉，《蘋果即時》，2013年9月10日，<<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20130910/256536/>>（檢索日期：2015年12月16日）

8 呂炯昌，〈菲律賓採購首批FA-50交機，重返超音速時代〉，《華視新聞網》，2015年11月28日，<<http://news.cts.com.tw/nownews/international/201511/201511281687515.html>>（檢索日期：2015年12月16日）

9 周思宇，〈爭空軍高教機商機 漢翔展出兩款新機型〉，《中時電子報》，2015年8月12日，<<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20150812004859-260407>>（檢索日期：2015年12月16日）

及自製表達意願。

在工業4.0時代來臨，製造業遊戲規則全面翻轉的機會中，經濟部工業局於2015年12月10日舉辦工具機航太產業4.0論壇，並進行A+I+M產業與技術大聯盟簽約，整合航太產業聯盟(A-Team4.0)、¹⁰ 產學研4.0聯盟(I-Team)及工具機聯盟(M-Team)，我國需要也必須推動產業進化與升級，並發展新的產業供應鏈生態系，以達成國機國造之目標。

貳、工業4.0

一、工業4.0的發展

2008年金融海嘯，讓歐美先進國家深刻體認到虛擬經濟的脆弱性，由於製造業的供應鏈長期向開發中國家轉移，各國都出現不同程度的「產業空心化」問題，這一波「去工業化」引起的持續低迷中，¹¹ 只有德國憑藉著發達的製造業與科學研究能力，堅持鞏固實體經濟而幸免於難；¹² 於此同時，美國也發現了產業外移引發的問題，美國總統

歐巴馬於2009年4月提出重振製造業復興的目標，並於同年12月推出《重振美國製造業政策架構》(A Framework for Revitalizing American Manufacturing)，¹³ 這是美國再工業化的起點，後於2011年6月啟動先進製造夥伴(AMP: Advanced Manufacturing Partnership)的概念，¹⁴ 希望建立美國先進製造技術的領導地位。鑑於國防武器對先進科技的需求通常為先進製造業發展的開端，美國政府加強國防安全相關領域的投資，帶動中小企業發展，並限制政府採購的範圍，¹⁵ 僅限美國本土生產的產品，美國地方政府亦制定土地和稅收優惠政策，改善投資經商環境等吸引國內外製造業廠商進駐，藉此造成美國製造業回流的浪潮。¹⁶

德國雖然在金融海嘯中成為亮點，但他們也有自己的問題，德國總理梅克爾指出，全球90%的技術與知識創新並不是在歐洲產生的，¹⁷ 假如德國製造業不能急起直追，Google、微軟、蘋果等美國網路巨頭遲

10 漢翔公司董事長廖榮鑫先生請益自行車產業巨大公司及美利達公司組成之A-Team，並經巨大公司董事長劉金標先生授權，針對航空零組件智慧製造組成航太A-Team4.0聯盟，其中A指始祖鳥Archaeopteryx。

11 寒竹，〈美國能夠走出“去工業化”的困境嗎？〉，《觀察者網》，2012年5月30日，〈http://www.guancha.cn/HanZhu/2012_05_30_76517.shtml〉（檢索日期：2016年3月14日）

12 賀桂芬，〈德國奇蹟 新彈性救了歐洲病夫〉，《天下雜誌》，2011年4月13日，〈<http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5000453>〉（檢索日期：2016年3月14日）

13 Executive Office of The President, “A Framework for Revitalizing American Manufacturing,” 2009/12/16, pp. 1-4.

14 Office of the Press Secretary, “President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership,” The White House, 2011/6/24, 〈<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/06/24/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership>〉（檢索日期：2016年3月14日）

15 中國大陸參考此方案打造紅色供應鏈，藉內需市場龐大之優勢，建構排外的供應鏈模式。

16 張德齡，〈新動能，美國製造業回流，3年增50萬個職缺〉，《遠見雜誌》，2013年9月11日，〈http://www.gvm.com.tw/Boardcontent_23300.html〉（檢索日期：2016年3月16日）

17 Nicole Sagener, “Merkel Rallies EU Member States to Drive Europe's Industry 4.0,” EurActiv, 2014/12/5, 〈<http://www.euractiv.com/section/digital/news/merkel-rallies-eu-member-states-to-drive-europe-s-industry-4-0/>〉（檢索日期：2016年6月15日）

早會進化為工業製造領域的新巨頭，德國不僅會在網路經濟上落後於世界強國，還將失去引以為傲的工業科技優勢，2010年「工業德國」報告明訂其戰略核心為「強化工業強項、克服弱點與確保未來」，在2011年4月德國的漢諾威工業博覽會中提出工業4.0的概念，將工業時代區分為4個歷程（如圖1），工業4.0即第4個歷程，第一次工業革命是以蒸汽動力為主軸，實現機械化生產；第二次工業革命是以電力應用為主軸，實現流水生產線與大量標準化生產；第三次工業革命以

電子與資訊科技(IT: Information Technology)為主軸，實現自動化生產；第四次工業革命德國希望以CPS為主軸，實現智能化生產。¹⁸

二、工業4.0的基礎

工業4.0的核心架構（如圖2），是由三項技術進行高度整合，分別是資訊技術(IT)、操作技術(OT: Operational Technology)與通訊技術(CT: Communication Technology)，帶動起來的服務創新(Service Innovation)及資料創新(Data Innovation)，¹⁹ 負責擘劃工業4.0政策的德國教育與研究部長萬卡(Johanna

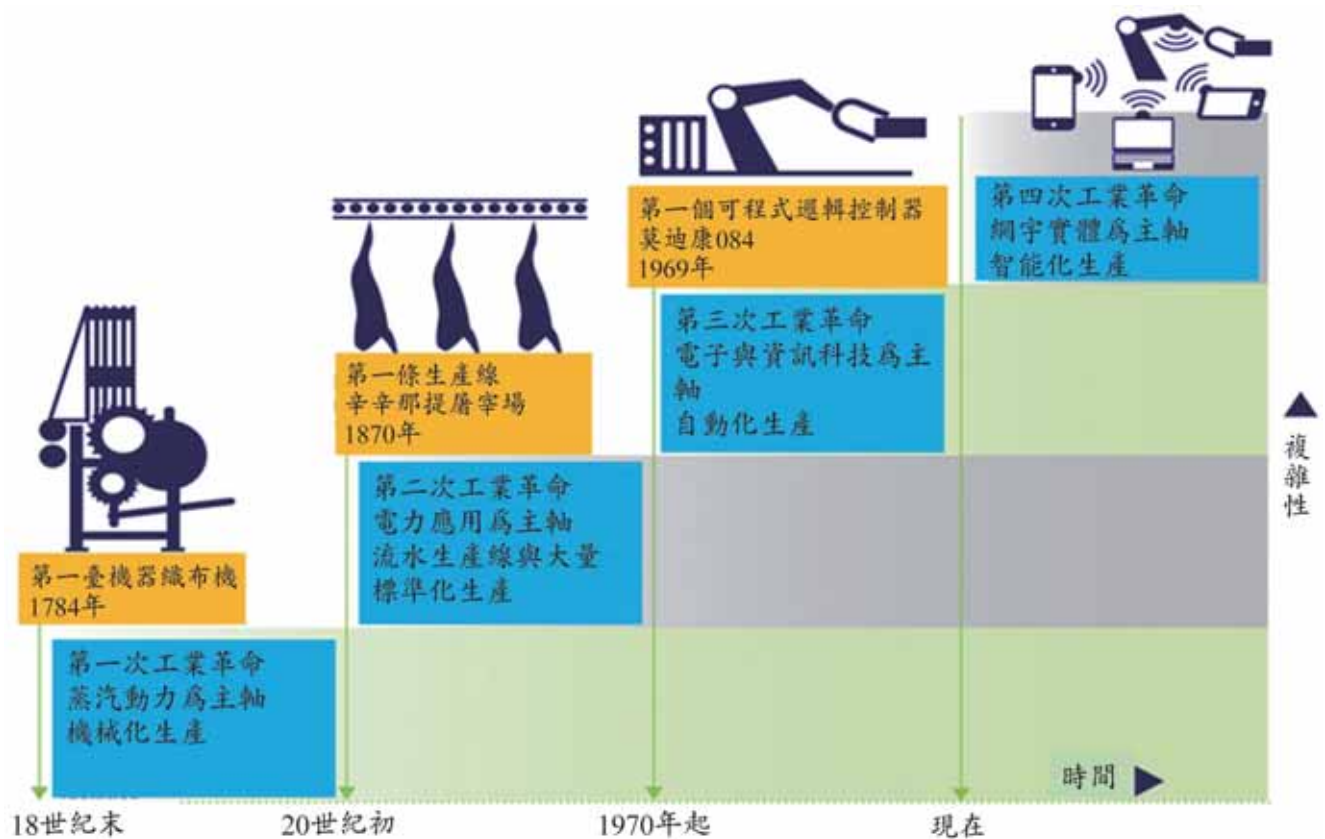


圖1 工業革命流程圖

資料來源：Wolfgang Wahlster, "Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber-Physical Production Systems," Recent Trends in Artificial Intelligence and Cognitive Science (Zürich: SGAICO, 2013/5/27), pp. 8-11.

18 Lydon, Bill, 2016/6/28. "Industry 4.0: Intelligent and flexible production," InTech, Vol. 63, No. 3, pp. 12-17.

19 David, 〈從綜觀來看 工業物聯網與工業4.0核心架構〉，《科技產業資訊室》，2015年3月20日，<<http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=10877>>（檢索日期：2016年3月16日）



圖2 工業4.0核心架構圖

資料來源：David，〈從綜觀來看，工業物聯網與工業4.0核心架構〉，《科技政策研究與資訊中心》，2015/3/20，〈<http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=10877>〉

Wanka)在出席2015年漢諾威工業展時解釋，「工業4.0說穿了就是一種智慧生產方式，核心在於透過大數據、物聯網、網路等技術串聯工廠、生產商、消費者。」²⁰將製造業、生產業與服務業合為一體，不再透過傳統產業環節為媒介，而是直接服務消費者，代理商、經銷商、零售商等媒介都會大幅縮減。

整合能力是工業4.0時代最重要的基礎，世界第二大管理諮詢公司羅蘭貝格認為，工業4.0是一個系統體系(SoS: System of Systems)，以CPS為核心，建構智慧工廠，以智慧工廠為中心，整合為工業4.0（組成元素如圖3）

，²¹因資訊的整合，將過往大公司的型態（統包式）或轉發包（由上而下）的模式轉換為多元競爭，由系統運算最適合的工廠執行最適合的工作，其基礎分述如後：

(一)智慧工廠

智慧工廠的核心為先進製造系統(Advanced Manufacturing System)，將工廠內的設備嵌入各式感測器(SENSORS)，將奈米材料或先進材料(Nanotechnology/Advanced Materials)用3D列印或積層製造(3D Printing/Additive Manufacturing)的方式製作，由機器人(Robot)完成組裝、生產後，以自動駕駛車(Autonomous Vehicle)運送至銷售端。

1.先進製造系統：負責接收、運算所有訊息，並下達指令，協調所有流程，其核心為CPS，特色為全自動化、完全互聯、機器與機器間通信(M2M)。

2.感測器：將壓力、距離、影像、溫度、震動等各式感測器，嵌入各式設備中，除了可以監控每一原料或半成品，並回傳資料，藉資訊的統計及分析建構可追溯性及可預測性之特性，以達到零誤差的目的。²²

3.奈米材料或先進材料：以更先進的材質及功能提高產品附加價值，其特性為差異性，此特性造成客製化產品的多樣化。

4.3D列印或積層製造：傳統的金屬精密加工用車、銑、刨、磨、鑽等方式，3D列印或積層製造則是將離散材料逐層累加原理製造實體零件的技術，其特性為節約，另可

20 陳育晟，〈迎接第四次工業革命 全球智慧生產大進擊〉，《經貿透視》，2015年7月13日，〈<http://udn.com/news/story/6866/1052182>—迎接第四次工業革命—全球智慧生產大進擊〉（檢索日期：2016年3月16日）

21 David，〈工業4.0與機械4.0範疇及內涵〉，《科技產業資訊室》，2015年10月28日，〈<http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=11726>〉（檢索日期：2016年3月16日）

22 黃耿祥、邱林聰、蔡身興、林裕城，〈人類的第七感—感測器〉，《科學發展》，第422期，2008年2月，頁54-58。

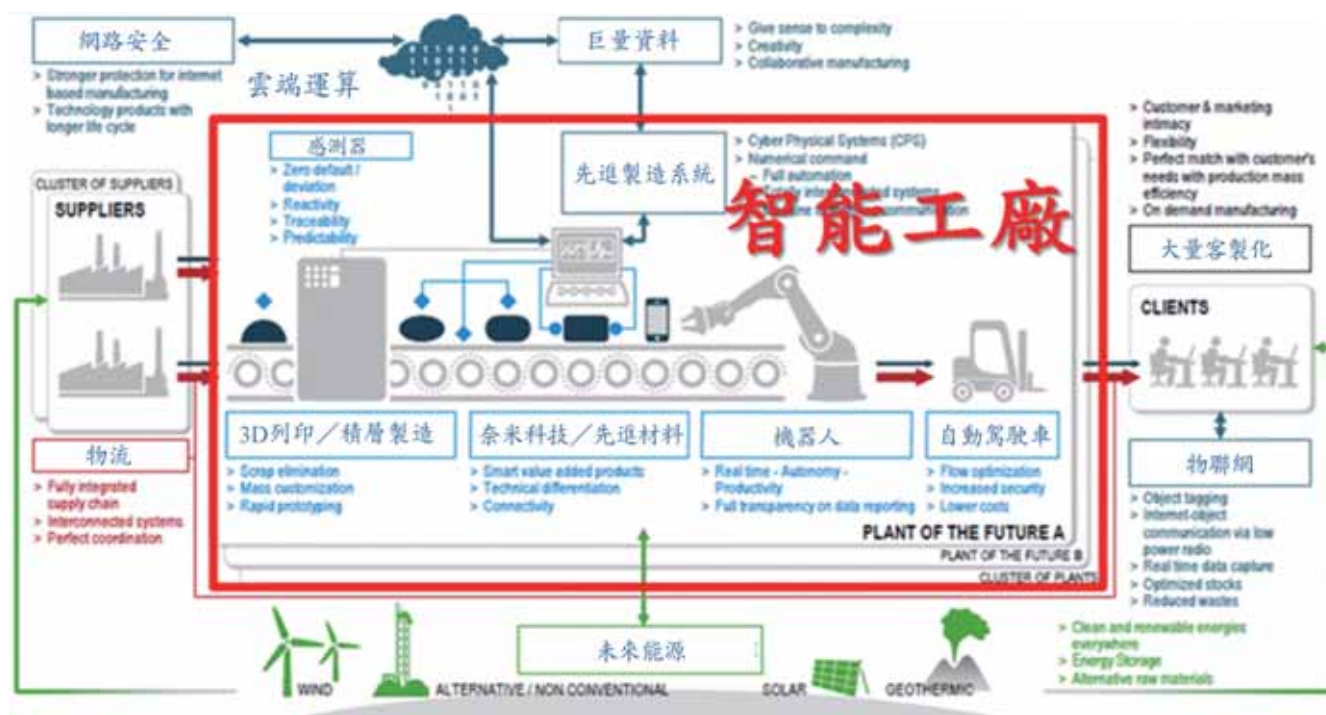


圖3 工業4.0組成元素架構圖

資料來源：Didier Tshidimba, Frank Lateur, Industry 4.0 Manufacturing in Belgium should embrace digital technologies to step up competitiveness and create differentiated products (Belgium: ROLAND BERGER, 2015), pp. 5-6.

智慧化建模，更適用大規模生產。²³

5. 機器人：隨著機器人的成熟，搭配感測器的運用，數據的蒐集變得更方便，其特性除執行工作的精準度外，數據完全透明讓工作排程更有效率。

6. 自動駕駛車：自動駕駛車的成熟讓人力更為精簡，並朝提高安全性及降低成本的面向持續發展。

(二) 未來能源

隨著煤、天然氣、石油等化石燃料存量逐漸減少，核能的不安全性，未來能源的特性在於潔淨及可再生，主要發展包括太陽

能、生質能、地熱能、海洋能、風力和氫燃料電池。²⁴

(三) 物聯網

隨著M2M的通訊需求，原本的IPv4協定可以使用43億（2的32次方）個IP位置預見會不敷使用，而IPv6協定可提供2的128次方個IP位置，數位感測器才能簡化、安全有品質的環境下獲得服務。²⁵

(四) 大量客製化

大量化與客製化原本是兩個對立的面向，大量化帶來的是制式化與低價，而客製化帶來的則是少量生產和高價，但智慧工廠

23 高辰，〈美空軍首次批准將3D列印零部件用於E-3預警機〉，《中國新聞網》，2016年2月3日，<<http://big5.chinanews.com/mil/2016/02-03/7746632.shtml>>（檢索日期：2016年3月16日）

24 陳崇憲、蘇桓嫻，〈淺談「再生能源發展條例」立法內容〉，《能源報導》，第201006期，2010年6月，頁5。

25 行政院國家資訊通訊發展推動小組，〈網際網路通訊協定升級推動方案〉，2011/12/30，頁1。

讓兩個對立的面向運用系統整合後，一方面提供消費者多樣的細部選擇，一方面滿足大量客戶，達到彈性生產。²⁶

(五)物流

工業4.0的物流特性是完美協調，在智慧工廠的架構下，所有的作業都被拆解，由最適合的工廠執行，而物流也從以往單純地連結工廠與銷售點，進化到依據系統的最適流程，將原料或半成品轉移至最需要的地方，達到效能的最大化。

(六)大數據

巨量資料是將資料趨勢萃取出來的概念，在複雜中尋求意義，找出相關性、未顯露的模式甚至市場趨勢，繼而回饋資訊去模擬並調整製程，促成更強的決策能力、洞察力與最佳化處理。²⁷

(七)資訊安全

隨著網路的運用，資訊安全更顯重要，在工業4.0的架構下，資訊安全的強度與科技產品的生命週期成正比，完善的安全規劃，才能保障智慧工廠的發展。

三、各國因應工業4.0之作為

自德國推出工業4.0的戰略構想後，各國均開始思考自身工業與商業的比重與國家的優勢，希望在這一波浪潮中能乘風而起，而不是落後於其他國家，以下就各國的因應作為做探討：

(一)英國

英國是第一次工業革命的起源地，也是現代工業的搖籃，但製造業在英國的經濟體系中重要性不斷下滑，其產值佔GDP比例從1970年的30%降到2014年的10%，而從業人口從1966年的900萬人降到2011年的300萬人，在金融風暴後，破裂的金融泡沫，遲緩的經濟復甦，讓英國重新認識製造業，英國政府科技辦公室於2013年提出《英國工業2050戰略》(The future of manufacturing: a new era of opportunity and challenge for the UK)，製造業並不是傳統的「製造後銷售」，而是以生產為中心的價值鏈，強調服務+再製造。

《英國工業2050戰略》為提振製造業而努力，並不是試圖將英國帶回日不落國的工業發展模式，不再以勞動力為主，而是著眼於未來發展，為英國經濟再打造一顆引擎。²⁸

(二)法國

法國的製造業產值從1971年的33.6%，降到2013年的18.7%，而世界經濟論壇2014年全球競爭力排名顯示，法國的國家競爭力排名第23，為改善法國製造業的競爭力，力促產業復興，法國於2013年提出「新工業法國」計畫，針對4類34項優先發展項目（如表1），擬定收復計畫。²⁹

並於2015年5月發表第二階段「未來工業」計畫，針對法國認為有能力處於世界領先地位的領域，推動進一步的布局，將其

26 張小玫，〈物聯網將掀起工業4.0革命〉，《科技政策觀點》，2015年6月25日，<<http://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10095;jsessionid=971FE3AFB9D9C9E23A8261E57C3C7D8F>>（檢索日期：2016年3月16日）

27 Doug Laney, "Solving 'Big Data' Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data," *Gartner*, 2011/6/27, <<http://www.gartner.com/newsroom/id/1731916>>（檢索日期：2016年3月16日）

28 張蓓，〈英國工業2050戰略重點〉，《學習時報》，2016年2月15日，<<http://www.studytimes.cn/zydx/DDSJ/SHIJJJ/2016-02-15/4720.html>>（檢索日期：2016年3月18日）

29 DGE, "The New Face of Industry in France," 2015/3/21.

表1 新工業法國4類34項優先發展項目表

分 類	優 先 發 展 項 目
能 源 和 環 保	可再生能源、100公里僅消耗2公升汽油的汽車、電動車充電站、電池自主與效能、自動駕駛車輛、電動飛機與次世代飛行器、重行飛艇、運輸裝載之軟體與系統、電力驅動衛星、未來高速鐵路(TGV)、生態船舶、智慧紡織、木材工業、綠色循環與材料、建築的熱能創新、智慧電網、水與其他稀有資源管理、綠色化學與生態燃料。
數 位 科 技	巨量資料、雲端運算、數位教育、電信主權、奈米電子、連接主體、擴增實境、無接觸服務、網路安全。
技 術 和 社 會	醫療的生態科技、數位醫院、新的醫療方法與設備、安全的食用產品、超級電腦、機器人、未來工廠。

資料來源：DGE, “New Face of Industry in France,” 2013/3/21.

表2 法國未來工業計畫重點產業表

類別	發 展 產 業
新資源(New resources)	生態產業、化工材料、採掘業、初級加工業。
智慧城市(Smart cities)	生態產業。
低碳運輸(Eco-mobility)	汽車工業。
明日交通(Tomorrow's transport)	航空、鐵路、海運。
智慧食物選擇(Smart food choices)	農牧業。
數據經濟(The data economy)	數位科技。
智能設備(Smart devices)	數位科技、快速消費品業 ³⁰ 。
數位保障(Digital confidence)	數位科技。
未來醫藥(Medicine of the Future)	健康醫學。

資料來源：DGE, “The New Face of Industry in France,” 2015/5/18.

重點置於9個類別上（如表2）。

法國希望工業生產轉型成數位製造和智慧製造，鼓勵所有企業現代化生產基地和使用數位科技來改造業務模式，透過生產機械工具的技術升級，帶動製造業的商業模式變革，進而提升民眾生活品質。

(三)日本

日本於2012年由經濟產業省提出「日本產業政策之挑戰及方向」規劃報告後，檢討日本經濟的惡性循環為企業產出附加價值低，導致雇用環境惡劣；勞動所得下降，導致對未來環境不安；儲蓄率增加，導致國內消費低迷；投資減少，導致通貨緊縮，日本經產省認為2008～2011年GDP下降40兆元的

30 快速消費品指使用壽命較短、消費速度較快的消費品。可分為個人護理品、家庭護理品、食品飲料、煙酒等4類。

主因就是企業產出附加價值低，唯有改善產業結構，才能渡過難關。³¹

2013年日本推出產業再興計畫，置重點於機器人，成立「機器人革命實現會議」，目標在2020年時，日本得以獨步全球，在各領域實現機器人實用化。2014年再擬定機器人新策略，成立「改革製造事業」、「推動機器人利用、活用」、「推動機器人創新」小組，推動具體課題，以達到成為世界機器人創新基地、世界第一的機器人應用國家、邁向世界領先的機器人新時代這三大目標。³²

2015年日本提出《日本製造業白皮書2015年版》，內容提到雖然日本製造業在機械設備製造、汽車及關鍵零組件有優勢，但因應未來發展及工業4.0的衝擊，規劃全力發展機器人及IT產業，並跨越企業與企業、行業與行業間的壁壘，強調橫向合作，以提高日本製造業的競爭力。³³

(四)韓國

韓國於2014年推出《經濟革新3年計畫》，期望能夠改善經濟體質、實現創意經濟，並且平衡內銷與出口的結構。希望充分運用FTA的經濟優勢與機會，在2017年達到GDP增長4%、就業人口率達70%、國民所得達4萬美元等3項目標。³⁴韓國產業通商資源部

(MOTIE: Ministry of Trade, Industry & Energy)於2014年6月提出《製造業創新3.0》的政策，目標是透過資訊技術、開發軟體及物聯網等新興技術整合，導入智能生產概念，聚焦於電子、汽車、機械、時尚這四項產業上，希望延用過往政府挹注扶植的方式，以三星、樂金等集團企業為先鋒，加速產業發展，建構新興產業，強化智慧機器人(Intelligent)及智慧車(Smart motor)的產業發展。³⁵

(五)中國大陸

中國大陸自其改革開放以後，龐大的勞動供應力發展勞力密集型製造業，並引進外資賺取外匯，以模仿的方式促進技術升級，帶來高速經濟成長，但隨著土地、勞動力、資源、環境等成本迅速提高，需要調整戰略構想，迎頭趕上美歐先進國家。

2014年中國大陸的中國工程院啟動《製造強國戰略研究》專案，研究從製造大國轉變為製造強國，於2015年提出《中國製造2025》推動方案，以「創新驅動、質量為先、綠色發展、結構優化、人才為本」為發展戰略。³⁶以提高國家製造業創新能力、推動資訊化與工業化兩化融合、強化工業基礎能力、加強品質品牌建設、全面推動綠色製造、大力推動重點領域突破發展、³⁷深入推

31 經濟部，〈日本產業政策對臺灣之啟示〉，2012/8/29，頁7-11。

32 平田卓也，〈邁向機器人革命的實現〉，2015/9/7，頁1-4。

33 日本厚生勞動省，〈日本製造業白皮書2015年版〉，2015/6/20，頁2-7。

34 黃定國，〈南韓「經濟革新3年計畫」初探〉，《國際經濟情勢雙週報》，第1806期，2015年4月，頁5-11。

35 Jinwoo Park, "Current status and future directions for Korean industries: Focusing on Industrial Innovation Program 3.0 of Korea," (Seoul National University, 2014), pp. 45-52.

36 工業和信息化部規劃司，〈《中國製造2025》解讀之五：準確把握實施《中國製造2025》的總體要求〉，《中華人民共和國工業和信息化部政策解讀》，2015年5月19日，<<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1653018/c3780683/content.html>>（檢索日期：2016年3月22日）

37 重點領域有新一代資訊技術產業、高檔數控機床和機器人、航空航太裝備、海洋工程裝備及高技術船舶、先進軌道交通裝備、節能與新能源汽車、核能或可再生能源電力裝備、農機資訊整合系統、奈米高新材料、生物化學醫藥及高性能醫療器械等10項。

進製造業結構調整、積極發展服務型製造和生產性服務業及提高製造業國際化發展水準為任務與重點，希望能保持國家競爭力。

四、我國生產力4.0的特色

我國面臨市場快速變化、製造版圖重新洗牌、全球生產要素資源有限等挑戰，與國內人均產值成長趨緩、勞動人力不足及營運模式待轉型等課題，除開發中國家搶占我國以往擅長之量產市場之外，歐洲先進大廠亦已開始搶占中階市場。為因應此國際趨勢，行政院已於2015年9月17日核定「生產力4.0發展方案」，聚焦於製造業、商業服務業及農業。

為加速產業導入生產力4.0能量，整合智

慧機械／機器人、物聯網、巨量資料或精實管理等方面之自動化、電子化、巨量資料、管理顧問等技術登錄單位及相關公協會能量，成立「生產力4.0專家團」，提供產業諮詢診斷與輔導，並運用政府專案計畫資源，提供企業智能化訪視診斷、技術輔導、示範觀摩、供需媒合等服務，³⁸達到產業全面複製擴散的效果，以強化聯盟與系統化之策略（如圖4），政策執行上強調三項原則：

（一）掌握關鍵自主技術，推動產業的進化與升級

依據我國盤點產業情況，設定領航製造業別（電子資訊、金屬運具、機械設備、食品、紡織）、領航商業服務業別（零售與

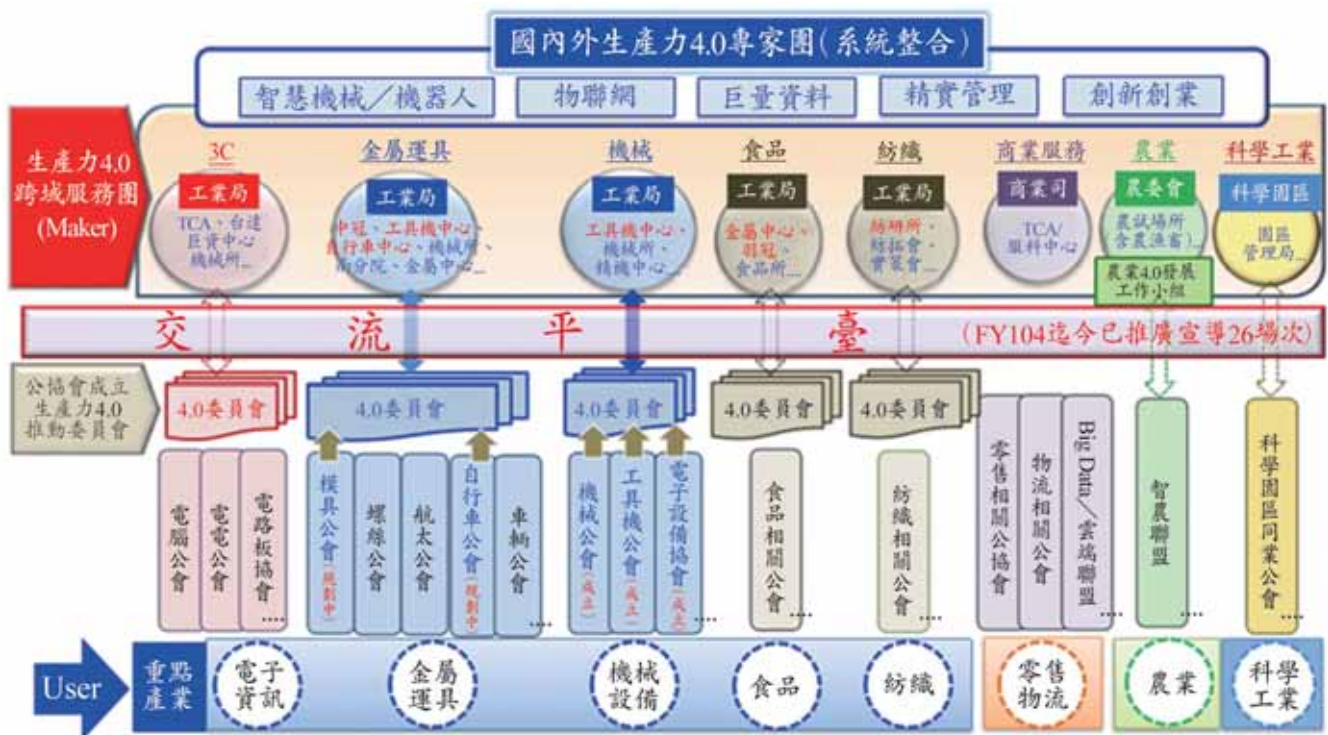


圖4 生產力4.0產業聯盟規劃架構圖

資料來源：行政院，〈行政院生產力4.0發展方案〉，2015年9月16日，頁70。

38 經濟部成立智慧自動化產業推動辦公室，提供服務項目計訪視診斷、技術輔導、示範觀摩、供需媒合、能量宣導、臺商回臺觀摩、海外市場拓銷等7項。

物流)、及領航農業別(生技農產業、精緻農產業、精準農產業),分就感測與網路、物聯網應用、智慧機械與機器人應用、巨量資料分析與精實管理等5個面向,針對企業特性打造拔尖規劃。

(二)推動產業聯盟,帶動產銷關係演化,藉此發展新的產業供應鏈生態系

世界經濟論壇(WEF)已連續三年(2012~2014)評選我國產業群聚發展居世界第一,而中衛體系³⁹功不可沒,而電電公會、⁴⁰機械

工會、工具機工會⁴¹更是智慧工廠的基礎,提供其他產業公會所需具4.0等級的設備,跨域促成聯盟合作,形成新的生態系。

(三)強化人才培育,促進產學連結,使人才不虞匱乏

人才培育可分為核心基礎及產業應用兩部分,讓產業基層及中階人力,從「操作者」晉升為「控制者」和「管理者」,協助企業提升員工生產力4.0核心職能,以補足能力缺口(如表3)。

表3 我國生產力4.0核心職能表

能力 領域	巨量資料分析	智慧機械與 機器人應用	物聯網應用	精實 管理
知識	●雲端運算 ●巨量資料管理 ●智慧型資訊檢索 ●分散式處理 ●機器學習 ●資料探勘與分析 ●資訊與網路安全 ●商業智能化 ●自然語言處理 ●樣型比對 ●特定領域專業知識〔註〕	●虛擬設計分析／生產模擬分析(CPS) ●機電整合 ●人機介面設計 ●人機介面與團形監控應用 ●可程式控制器 ●CNC控制器應用軟體開發 ●機械系統動態特性 ●致動器／感測器特性 ●運動控制 ●機械系統動態特性 ●軟體與硬盤設備整合應用 ●特定領域專業知識〔註〕	●系統整合 ●網路分析與資料傳輸 ●信號與系統設計 ●資訊安全與網路安全 ●高速行動網路應用與系統設計 ●感知層網路應用與系統設計 ●嵌入式系統整合與應用 ●智慧聯網系統 ●營運模式設計 ●智慧終端應用 ●特定領域專業知識〔註〕	●生產排程最佳化 ●MES製程管制系統 ●特定領域專業知識〔註〕
技能	●程式語言：Java, Python, C, Scala等 ●分散式資料處理架構與運算工具：Spark, Hadoop, MapReduce等 ●數據分析應用程式語言：R, Matlab等 ●資料庫程式語言：SQL, No-SQL	●程式語言：C等 ●模擬軟體工具應用能力 ●2D/3D識／繪圖能力 ●PLC編輯軟體的使用	●程式語言：C, Python等	

資料來源：行政院，〈行政院生產力4.0發展方案〉，2015年9月16日，頁135。

39 1984年經濟部工業局成立「中心衛星工廠制度推動小組」，1990年改組為「財團法人中衛發展中心」，建構中小企業群聚的體系，大企業將其所欲生產之工業產品的細部零件，分別交由各個中型企業生產，各個中型企業將更細部的元件交由小型企業生產，即成以大企業為中心的網路體系。

40 電機電子工業同業公會之簡稱，現有會員廠商3,022家，其本業及上、下游產業產值及出口值約各佔臺灣總產值及總出口值的一半，是臺灣最重要的產業公會。

41 我國工具機產業為全球第7大生產國，與第4大出口國。

表4 各國因應工業4.0政策歸納表

國 家	政 策	計 畫	重 點
中華民國	生產力4.0	成立「生產力4.0專家團」，推動產業聯盟，打造拔尖規劃，推動產業的進化與升級。	
美 國	再工業化	創造製造業回流，強化先進製造技術的領先地位。	
德 國	工業4.0	強化人機界面，使中小企業可跨公司合作，產業群聚的整合能力。	
英 國	英國工業2050戰略	以生產為中心的價值鏈，強調服務＋再製造。	
法 國	新工業法國	透過生產機械工具的技術升級，帶動製造業的商業模式變革。	
日 本	工業4.1J	在各領域實現機器人實用化，成為世界機器人創新基地。	
韓 國	製造業創新3.0	延用過往政府挹注扶植的方式，聚焦於電子、汽車、機械、時尚這4項產業。	
中國大陸	中國製造2025	提高國家製造業創新能力、推動資訊化與工業化兩化融合，從製造大國變製造強國。	

資料來源：本研究整理。

綜合各國面對智能化生產提出的政策及計畫重點如表4所示，各國均以自身的需求，擬定具特色及發展潛力的方向，希望能在這波浪潮中立足，取得優勢。

參、國防航空產業的發展

國防法第22條第1款訂定：「行政院所屬各機關應依國防政策，結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先，向外採購時，應落實技術轉移，達成獨立自主之國防建設。」軍備的獲得來源，可透過向他國採購、自行製造或合作生產，國防法明定了自製為優先的獲得順序，而透過向他國採購時，亦需落實技術轉移。

我國自1988年簽署華航購機案第一份工業合作協議書後，於1993年行政院核定成立5個推動小組推動工業合作計畫，2001年再整併為「工業合作推動小組」，有效統合

與運用工業合作資源。2009年行政院核定經濟部與國防部共同建立「工業合作精進之組織架構及作業流程」，整合運用工業合作資源，以提升國內產業水準與協助建立國防工業，⁴²其目的在於因應總體經濟與社會環境的結構性改變，依照產業結構優化與國防能量自主之具體目標，擬定國防資源協助產業發展與民間能量支持國防建設之策略，以及推動三業四化⁴³中堅企業、強化產業升級轉型能量、引進軍民通用關鍵技術及協助強化國防維修能量等4項行動方案，以期達到增加就業人數、促成國內投資與提高年產值等計畫目標。

除武器裝備自製外，合作生產後將技術轉移，或採購後將技術轉移，在武器裝備故障時，能由國內廠商完成修復或生產者，均能達到「擁有自主性的軍備」及「帶動國家經濟發展」之目的，故國防自主之定義為

42 《推動工業合作計畫網》，<http://www.icpo.org.tw/editor_model/u_editor_v1.asp?id={4F9CADE8-B590-483F-B7AF-D4B842690666}>（檢索日期：2016年5月22日）

43 三業四化為我國2011年底提出的產業結構提升方案，指製造業服務化、服務業科技化及國際化、傳統產業特色化。

整合產、官、學、研科技資源，結合民間能量，發展國防科技工業，帶動國家整體經濟，提升國家競爭力之目標。

一、航空產業的分類

依據我國2003年頒布之航空產業發展方案，航空產業涵蓋航空工業、軍用航空工業、航空服務業及航空運動休閒業等，彼此間具有連動性與依存關係，其中軍用航空尖端工程技術及核心能量之發展，可用於民用飛機設計生產，而民用航空之低成本化技術與管理，則可降低軍用飛機之生產成本，屬於需求面的航空服務業之景氣與航空運動休閒業之興衰與否，則直接影響航空工業之榮枯，本研究就航空工業分類：

(一)機體結構

可分為前機身、中機身、後機身、機翼、直尾翅、起落架等部位，所需之產業類別有金屬機械加工、白鐵成型、複合材料加工、熱處理、焊接及次組件裝配等。

(二)發動機

可分為壓縮器、燃燒室、渦輪、燃油系統、滑油系統等部位，所需之產業有精密加工、精密鑄造、珠擊加工、鐳射加工、精密噴塗、精密焊接、振動研磨、鉗工等。

(三)內裝

可分為座椅、餐車、照明燈具、客艙娛樂系統、內裝飾板等產品，飛機內裝產業涵蓋的領域包含塑膠、機械加工、紡織、複合材料、電子等產業領域。

(四)航儀電系統

主要是通信、導航、顯示、運算4類，產品項目有全球衛星定位系統、航空電源轉換器、航電電磁線圈、機載電腦、駕駛艙液晶平版顯示器等，主要是電子業。

(五)維修

包含維護、修理、翻修(MRO: Maintenance, Repair, Overhaul)，針對飛機、發動機執行定期保養。

(六)武器系統

軍用飛機專有之機槍、火箭、飛彈、炸彈為其主要類型，這個部分屬於無法於民用共通部分，我國的發展以中科院為主，而非帶動國家經濟發展項目。

由於中衛體系的整體規劃，⁴⁴我國航空產業扶植許多下游廠商，雖然近20年未生產新飛機，但各衛星工廠品質達到要求後，自行發展下，反而開拓好的成績。

二、各國航空產業的發展

延續二戰後的局勢，航空產業由美國、蘇俄兩大國為最大輸出國，英國、法國也掌握部分優勢，其他國家多數以採購上述四國飛機為主，自主生產飛機到打入國際市場困難重重，但各國莫不躍躍欲試，希望也能在航空產業中帶動科技發展、製造業蓬勃、經濟活絡等益處，各國航空產業發展概況如表5。

(一)捷克

捷克國內戰鬥機計租用瑞典的JAS-39獅鷲14架至2027年，及自行生產的L-159型機23架；⁴⁵在冷戰時期，捷克在華沙集團國家中負責研製軍用教練機，⁴⁶蘇聯解體後，在原

44 1995年5月31日漢翔航空工業股份有限公司設置條例第3條第2款協助國內航空工業建立中心衛星體系與制度。

45 Flightglobal Insight, World Air Force 2015 (UK: Flightglobal, 2016), p. 14.

46 王繼新，〈航空界的波西米亞風—捷克航空工業的歷史與現狀掃描〉，《航空世界》，2014年5月17日，<<http://www.scimao.com/read/239030>>（檢索日期：2016年5月8日）

表5 各國航空產業發展概況表

國 家	模 式	發 展 概 況	主 要 產 品
捷克	採購系統	機體自製，發動機向漢威公司購買，航電系統向波音公司購買，將飛機出售至伊拉克及美國，增強自我發展的市場基礎與技術延續。	L-159 戰鬥機
巴西	精進強項	初期以提供內需軍機為主，以螺旋槳戰鬥機、客機為發展主力，後續從小型螺旋槳飛機做到中型運輸機，以戰鬥機採購，運輸機自製模式，打入軍火市場。	KC-390 運輸機
南非	仿製與研發	初期以仿製及特許生產累積經驗，後以直升機為突破口，並強化在飛彈的研發，以突破國際武器禁運。	Rooivalk 直升機
以色列	強化 次系統能力	初期自製戰機，後機體引進已成熟飛機，安裝自行開發航電類次系統及飛彈，產製專屬構型的戰機。	F-16I 戰鬥機
伊朗	逆向工程	因西方國家的制裁，鑽研已獲得的機型，並逆向工程製造類似之戰機、飛彈的武力；另亦是少數研發隱形戰機的國家。	HESA Saeqeh 戰鬥機

資料來源：本研究自製。

有L-29、L-39、L-59等教練機的基礎上，捷克希望建立自主國防，於是機體由捷克自製，採購漢威公司(Honeywell)的F124-GA-100發動機，並採用由波音公司的航空電子設備，生產了輕型戰鬥機L-159，⁴⁷ 之後積極參與他國的供應鏈體系，如義大利C-27J、瑞士PC-6及美國通用發動機等下游產品，另也與巴西合作KC-390軍用運輸機的設計與製造工作，以增強自我發展的市場基礎與技術延續；於2012年與伊拉克簽約，販售28架（10億美元）L-159戰鬥機，這是捷克首次將自行設計生產的戰鬥機銷往國外，⁴⁸ 2015年又出售28架給美國的兆肯國際公司(Draken International)，⁴⁹ 該公司為民營航空服務公司，主要工作

是承包美國政府下的軍事訓練合約。

(二)巴西

巴西國內戰鬥機主要是自製的螺旋槳EMB-314大嘴鳥，及巴西與義大利合作生產的AMX噴射機及採購的F-5型機，⁵⁰ 由政府投資成立的巴西航空工業公司，初期以提供內需軍機為主，以螺旋槳戰鬥機、客機為發展主力，該公司於1994年轉為民營，生產線上軍機以運輸機為主，KC-390試圖搶下C-130的龐大中型戰術運輸機的市占率；⁵¹ 戰鬥機部分未來採購瑞典的JAS-39獅鷲100架，其發展方針以戰鬥機採購，運輸機自製模式，集中發展。

(三)南非

47 劉壯，〈捷克計畫開發適於歐洲以外市場的新型L-159飛機〉，《人民網》，2006年8月4日，<<http://military.people.com.cn/BIG5/42963/52992/4669419.html>>（檢索日期：2016年5月2日）

48 Gareth Jennings, "Iraq receives first L-159 jets from the Czech Republic," IHS Jane's Defence Weekly, 2015/11/5, <<http://www.janes.com/article/55766/iraq-receives-first-l-159-jets-from-the-czech-republic>>（檢索日期：2016年5月2日）

49 CzechTrade工業貿易部，"Aero Vodochody商談出售戰鬥機的L-159," 2013/9/12, <<http://www.czechtrade-china.cn/zh/news/detail-26774/>>（檢索日期：2016年5月3日）

50 同註45，頁12。

51 厲博，〈巴西預計KC-390運輸機可產210架占30%市場份額〉，《中國新聞網》，2013年11月6日，<<http://www.chinanews.com/mil/2013/11-06/5469931.shtml>>（檢索日期：2016年5月12日）

南非因為種族隔離政策遭世界各國抵制，他們以軍方成立民間公司的方式規避國際武器禁運，成立阿特拉斯飛機公司(Atlas Aircraft Corporation)，⁵²以仿製及特許生產的方式，將義大利馬基公司(Aermacchi)生產的MB-326雙座噴射教練機，改成單座輕型攻擊機Impala Mk. I，將法國達梭的Mirage III，修改成為阿特拉斯獵豹Atlas Cheetah，將法國航天製造公司的美洲豹直升機(Pumahelicopter)升級，稱為羚羊(Oryx)，經過長時間投入，他們在過程中找到了產業能夠發展的契機，開始研製屬於自己的武裝直升機紅隼(Rooivalk)，此外，也積極投入民航機製造的產業鏈中，目前為A350及A380一些關鍵零附件的供應商；另南非與巴西合作生產V3E A-Darter空對空飛彈並自製Mokopa空對面反坦克飛彈，在直升機及飛彈技術大量投資。

(四)以色列

以色列航空工業早期也以自製為主，於1973年研發Kfir幼獅戰鬥機，除使用奇異公司的J-79發動機外，餘均為自製，⁵³後續以色列調整策略，以無人機、航電系統、飛彈等為主項目，目前現役99架F-16I風暴型戰機，即以F-16D型機為基礎，新型航電設

備、彩色座艙顯示器及頭盔瞄準具由Elbit（埃爾比特）公司生產；電子戰系統由Elisra（埃利斯拉）公司生產；機載武器及火控系統由Raphael（拉斐爾）公司生產；而以色列飛機工業公司則承擔約25%的機體零附件。⁵⁴

(五)伊朗

伊朗自1979年起遭西方國家制裁，伊朗航空製造工業公司(HESA: Iran Aircraft Manufacturing Industrial Company)針對制裁前獲得的F-4、F-5、F-14等型機，鑽研其機體結構，以提供飛機的維護需求。⁵⁵在F-5的基礎上，逆向工程製造HESA Azarakhsh（閃電）⁵⁶及HESA Saeqeh（雷鳴）⁵⁷兩款飛機，空對空飛彈部分以美國AIM-9為基礎，自製Fatter空對空飛彈⁵⁸使用。F-14機隊則在AIM-54A無法使用後，將鷹式飛彈（地對空）改裝成空對空飛彈，後續亦自製Fakour 90空對空飛彈延續其戰力。⁵⁹此外伊朗自行研發隱形戰機Qaher-313（征服者），雖然尚未完成部署，以色列甚至以騙局形容，⁶⁰但伊朗航空工業努力的痕跡不容小覷。

三、我國航空產業的現況

依據經濟部航空產業發展推動小組公布我國航空產業歷年產值（如圖5），雖然在

52 《大連中小企業服務平臺》，<<http://service.twwn.com/mob/substance.php?id=10889&nid=89>>（檢索日期：2016年5月12日）

53 《維基百科》，<https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Kfir>（檢索日期：2016年5月12日）

54 《大衛王之鷹》，<http://www.afwing.com/intro/f16_talk/f16i/f16i-1.htm>（檢索日期：2016年5月12日）

55 翼生活，〈35年制裁，伊朗民航成為全球航空業“小強”〉，《民航資源網》，2015年10月20日，<<http://news.carnoc.com/list/326/326677.html>>（檢索日期：2016年5月12日）

56 《維基百科》，<https://en.wikipedia.org/wiki/HESA_Azarakhsh>（檢索日期：2016年5月12日）

57 《維基百科》，<https://en.wikipedia.org/wiki/HESA_Saeqeh>（檢索日期：2016年5月12日）

58 《維基百科》，<https://en.wikipedia.org/wiki/Fatter_h>（檢索日期：2016年5月12日）

59 《XAIRFORCE》，<<http://xairforces.net/airforces.asp?id=50#.V1bsDGh942w>>（檢索日期：2016年5月12日）

60 Ben Zion, “Iran's cutting-edge fighter a hoax, critics claim,” The Times of Israel, 2013/2/4, <<http://www.timesofisrael.com/irans-cutting-edge-fighter-a-hoax-critics-claim/>>（檢索日期：2016年5月12日）

新臺幣億元

我國航空產業歷年產值

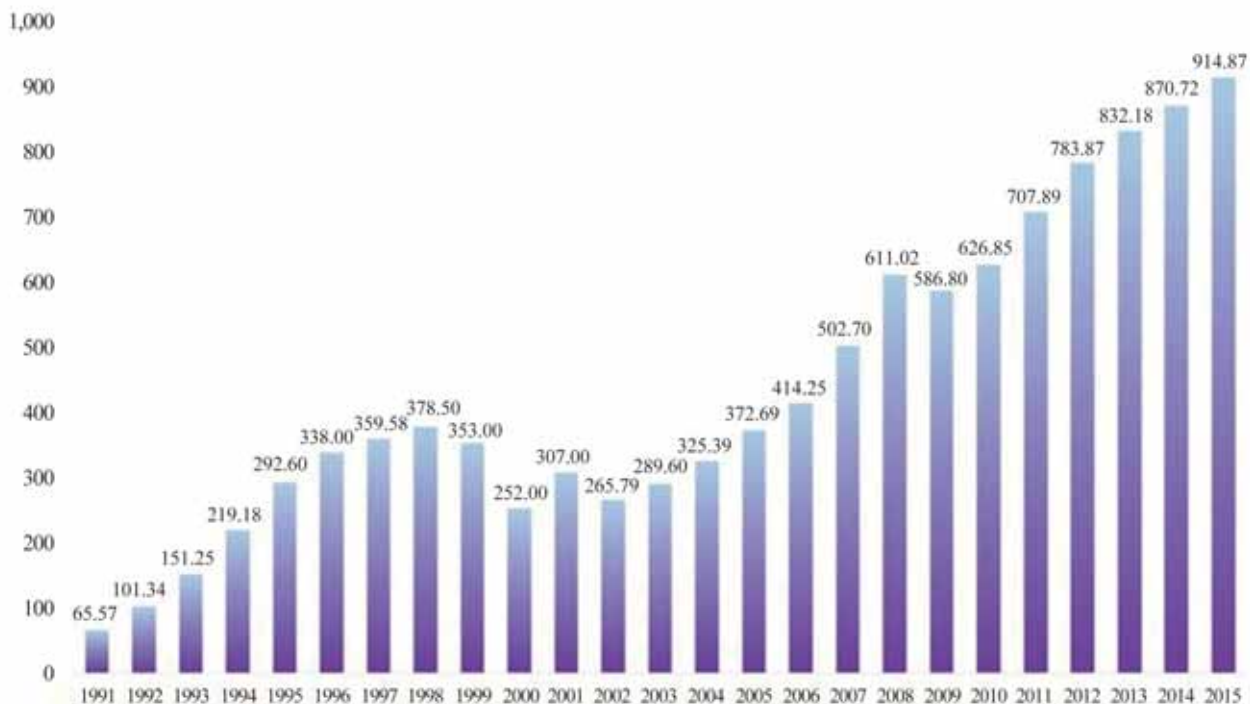


圖5 我國航空產業歷年產值趨勢圖

資料來源：經濟部工業局，〈我國航空產業歷年產值〉，《經濟部航空產業發展推動小組》，<<http://www.casid.org.tw/Page.aspx?ID=9e2d07e8-9f61-4e7a-8485-63b5dcd16dda>>

1999年F-CK-1經國號戰機第131架量產交機後，整體產值大幅下滑，但產業亦由創造工作機會轉變為帶動下游產業，2015年的914億已是1998年378億的2.4倍。其中的龍頭漢翔公司，由原本的軍用轉為軍民通用，營收由原本軍用100%已調整為民航機與軍用比為60：40，顯見其轉型成功。且已有15家公司上市，雖然航太產業門檻高，且認證時間長，但訂單時間長、能見度高、毛利率高的優勢仍讓國內許多企業投入市場。

過往國防部為孕育航空產業的搖籃，但採購量不可能有那麼大，且完整的軍工體系需要大量的人才、資源、市場，客觀條件

實在很難只靠軍事用途供應產業發展。隨著國際代工體系的興起，國際航太飛機及發動機生產供應鏈大致分為四階（如圖6），依次為：元件／生料供應商(Tier4)、零組件供應商(Tier3)、次系統供應商(Tier2)（機載設備、模組段特殊關鍵性零件）及主製造商(Tier1)。

國內廠商中，漢翔曾有IDF的全機整合經驗，目前為爭取為主要製造商的系統Tier 1及本國高教機的主製造商；長亨被授權技術製造飛機引擎的主要模組，已被奇異(GE)及斯奈克瑪(Snecma)檢定為是飛機引擎製造Tier 1層級技術的專業供應商；⁶¹ 寶一主要

61 《MoneyDJ理財網》，<<http://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/WikiViewer.aspx?KEYID=09016fb8-7af9-44e2-8679-eb892e0b2bdb>>（檢索日期：2016年5月12日）

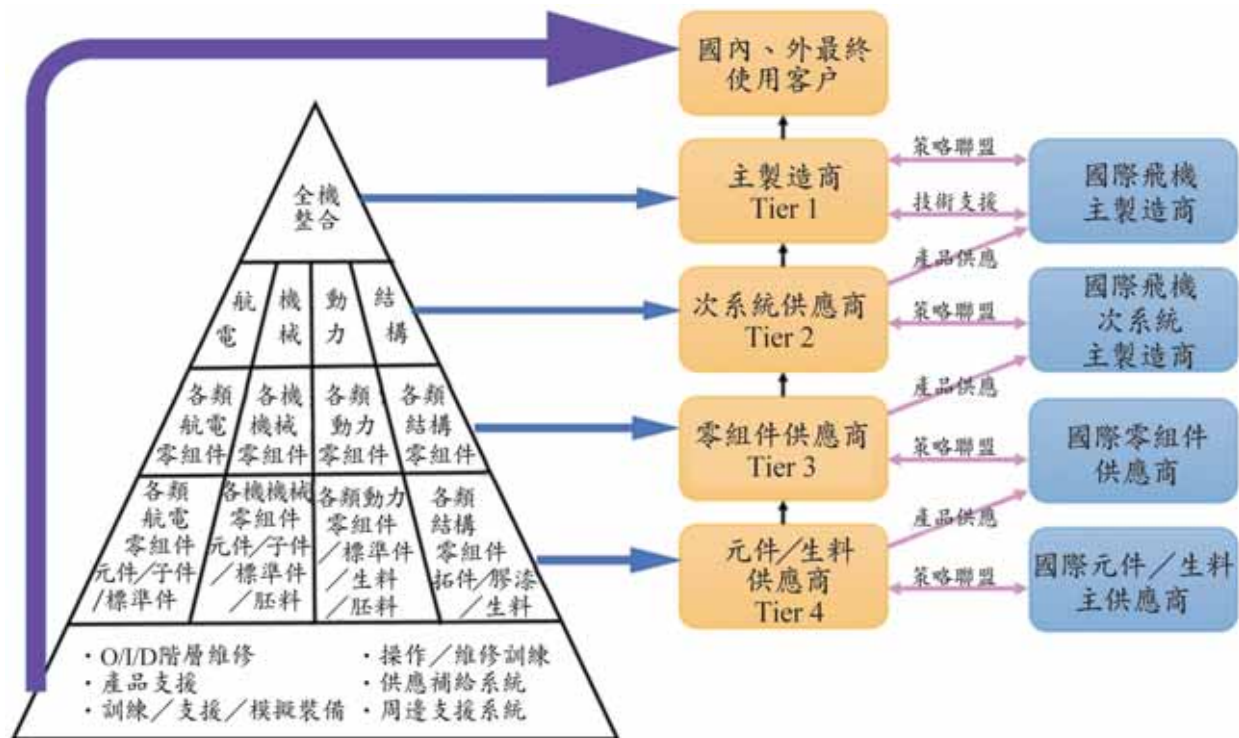


圖6 生產供應鏈階層圖

資料來源：漢翔公司，《漢翔股票初次申請上市公開說明書》（臺灣：漢翔公司，2014/8/8），頁37。

產品為飛機發動機內的高溫段零件，是國際引擎龍頭廠商斯奈克瑪及美國引擎大廠普惠(Pratt&Whitney)等公司的Tier 1供應商；⁶² 駐龍在2012年完成建立符合波音公司新一代規範之全自動航太陽極化後製程處理工廠，成為國內民間第一家投入建立航空鋁合金陽極化、噴漆、螢檢等特殊製程之廠商，其供應鏈階層已從原本的Tier 3零組件製造提升至Tier 2組合件製造能力。⁶³ 這些漢翔的合約

商紛紛在尋求高利潤的同時，提高技術與能力，達到世界級水準。

國防產業出口的經濟價值遠大於一般工業產品，韓國出口一架金鷹50教練機的效果可以與出口1,150輛重型汽車的效果相匹敵，這就是韓國最近十年來大力發展國防產業的主因。⁶⁴ 即使不是整架飛機，一般五金螺桿與航空用螺桿的價格差45倍，在強化產業核心能量與擴大衍生應用價值的考量下，⁶⁵ 如

62 《MoneyLINK富聯網》，〈<http://money-link.com.tw/RealtimeNews/NewsContent.aspx?SN=2731060001&PU=0010>〉（檢索日期：2016年6月1日）

63 工業局，〈傳產南分團協助南臺灣航空業者再升級，經濟部致力推動航空結構系統模組供應能量〉，《中華民國經濟部即時新聞》，2015年1月24日，〈https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=40592〉（檢索日期：2016年5月12日）

64 鄭博文，〈名家觀點—國機飛得了嗎〉，《中時電子報》，2016年4月27日，〈<http://www.chinatimes.com/newspapers/20160427000498-260109>〉（檢索日期：2016年5月12日）

65 張家祝，《臺灣經濟現況與未來產業發展關鍵》（長榮大學），頁29。

果搭配工業4.0的特性，在品質、時效、多元的優勢下，可以為我國的產業升級打造一條康莊大道。

隨著工業4.0時代來臨，2016年3月1日由漢翔公司與中衛中心簽署合作備忘錄，為建構完整航太產業供應鏈，提升臺灣在國際航空產業層次及整體競爭實力，共同成立推動「航太產業A-Team 4.0」的編組架構，⁶⁶ A-Team 4.0的構想將整合原物料供應、機械設備、生產製造及物流運輸等產業，成立航太產業A-Team 4.0聯盟，並於2016年6月2日進行超過170家成員的誓師大會，以「精實體質，提升競爭」為宗旨，希望進一步完整供應鏈體系，⁶⁷ 成為國際航太大廠的主供應商，爭取全球約5兆美元航空市場商機。

另無人飛行載具已成為21世紀航空產業的新興產品，全球航空產業國家與業者無不積極投入相關產品的研製工作。國內已有碶基、智飛、經緯、剛鈺等公司積極投入各項固定翼或旋翼型無人飛行載具系統與自有品牌產品開發。配合政府推動製造業服務化概念，協助國內廠商以客製化作法將無人飛行系統朝服務多元化發展，以提高市場占有率。⁶⁸

目前中華民國陸軍使用中科院研發之銳鳶無人偵察機，為中科院花費5年時間，斥資30億新臺幣，研發之長程無人偵察機，惟空軍認為作戰半徑不足，且無法掛載武器，不予採購，故僅陸軍使用。⁶⁹「2015年臺北國際航太暨國防工業展」中科院首度對外展示戰略型無人機，屬軍方政策研發的「戰略型無人機」，具有「長距離、長滯空」性能，也就是「飛得更遠，飛得更久」；此次展出屬於基本型，也可以視任務需要，改裝為可掛載機砲、空對地及空對空飛彈等攻擊型武器的作戰型無人機。⁷⁰

民進黨智庫新境界文教基金會，於2014年10月公布之國防政策第七號藍皮書—「振興臺灣核心國防產業」中提出發展策略：⁷¹

(一)高級教練機以自我研製為優先。

(二)啟動短場或垂直起降戰機之研製，將有助於航太產業龍頭漢翔公司在穩定的需求下尋求技術突破。

(三)國防部須營造無人飛行載具的高競爭性市場，一方面保持多款軍用無人飛行載具的科技水準；另一方面促進更多廠商或研究團隊投入研發，活絡整體無人機市場。

蔡英文總統於當選後進行產業之旅，

66 韋樞，〈漢翔攜手中衛 共推航太產業聯盟〉，《中央通訊社》，2016年3月1日，<<http://www.cna.com.tw/news/ahel/201603010391-1.aspx>>（檢索日期：2016年5月12日）

67 何美如，〈產業：航太產業A-Team 4.0今舉行誓師大會，力拼航太大廠的Tier 1供應商〉，《財訊快報》，2016年6月2日，<https://tw.finance.yahoo.com/news_content/url/d/a/20160602/%E7%94%A2%E6%A5%AD-%E8%88%AA%E5%A4%AA%E7%94%A2%E6%A5%ADa-team-4-0%E4%BB%8A%E8%88%89%E8%A1%8C%E8%AA%93%E5%B8%AB%E5%A4%A7%E6%9C%83-065303746.html>（檢索日期：2016年6月6日）

68 雷震台，〈臺灣航空產業發展現況及未來展望〉，《中華民國航空太空學會會刊》，第2014卷第1期，2014年1月，頁6。

69 《挑戰新聞軍事精華版》，<<https://www.youtube.com/watch?v=ynG0dHqHDgs>>（檢索日期：2016年5月19日）

70 羅添斌，〈具攻擊力我戰略無人機週四亮相〉，《自由時報》，2015年8月11日，<<http://news.ltn.com.tw/news/politics/paper/905596>>（檢索日期：2016年5月19日）

71 新境界文教基金會，〈振興臺灣核心國防產業〉，國防政策藍皮書第七號報告，2014/10，頁8-10。

期許漢翔要扮演臺灣航太產業的領頭羊角色，並提出提高自製的產值比例，進行技術經驗的世代傳承，及儘速完成原型機進行試飛的三個期待。希望漢翔整合國內航太產業，加速國內產業升級，打造航太工業與智慧機械兩個重要引擎，並發揮互補相乘效果。⁷²

肆、國防航空產業發展策略

一、SWOT分析

本研究執行SWOT分析，依現有航空產業導入工業4.0後，對於國防航空產業依產業、供應鏈及政府政策進行內外部分分析，俾能聚焦問題所在，完整探討發展策略（如表6）。

(一)優勢

1. 經國號戰機的整合經驗：我國發

展航空產業的時間相對較早，在過往發展教練機及經國號戰機所累積經驗上有優勢，且具有完整軍機開發與生產經驗，只要機會合適，即可以其具備的技術與設備，迅速切入市場。（產業）

2. 航空產業聚落化：國內航空製造龍頭漢翔、長榮宇航，與中興電工等上百家供應鏈合組臺灣航太聯盟A Team，藉中衛體系的合作模式，促進業界合作，愈來愈多零組件能達到國際標準，並且已發展出更多Tier 1層級的製造商。（產業）

3. 工具機及電子產業能力強：五軸工具機及拓模結構生成模擬等能力，我國均有亮眼的成績，對少量多項、完美品質為需求的航空產業而言，製造技術水準高，並具備基礎工業與周邊後勤支援體系。（供應鏈）

4. 政府支持整合：航空產業為具高度

表6 我國航空產業導入工業4.0後SWOT分析表

內部環境 外部環境	優勢(Strengths)	劣勢(Weaknesses)
	- 經國號戰機的整合經驗 - 航空產業聚落化 - 工具機及電子產業能力強 - 政府支持整合	- 國內市場過小，不易達成經濟規模 - 政府對武器獲得缺乏整體策略 - 標準尚未整合 - 原物料缺乏，受制於控制國
機會(Opportunities)	SO（掌握內部優勢，運用外部機會）	WO（克服內部劣勢，利用外部機會）
- 各國爭取市場，合作開發機會增加 - 世界航太工業重整，工業4.0衝擊 - 工業合作計畫引進關鍵技術 - 產值高，攻關後獲利保證	自行研發，訂定規格，引進關鍵技術，將生產線留在國內。	合作生產，成為飛機供應商，持續引進關鍵技術，並扶植產業供應鏈。
威脅(Threats)	ST（利用內部優勢，免除外部威脅）	WT（減少內部劣勢，避免外部威脅）
- 新興航太產業聚落成形 - 關鍵技術取得不易 - 國際地位受中國大陸打壓	合作研發，主導整合，各自擁有關鍵技術。	掌握關鍵技術，扶植產業供應鏈，與中國大陸合作。

資料來源：本研究整理。

72 廖壬凱，〈蔡英文訪漢翔 盼自研自製教練機〉，《中央通訊社》，2016年3月28日，<<http://www.cna.com.tw/news/aip/201603280267-1.aspx>>（檢索日期：2016年6月29日）

技術整合、產業關連性廣、高附加價值，為綜合性尖端技術工業，可帶動產業升級、提升產業競爭力及附加價值率；⁷³ 藉AIM將航空A-TEAM與工具機M-TEAM，以政府主導I-TEAM的模式建立整合平臺。（政府）

（二）劣勢

1. 國內市場過小，不易達成經濟規模：我國的內需市場小，除民生用品外，大部分商品均以外銷為主要獲利模式，雖然飛機的MRO仍可產生獲利，但生產類相關產業無法有足夠市場，易造成廠商退卻。（產業）

2. 政府對武器獲得缺乏整體策略：漢翔自行研發與製造經國號戰機(IDF)，在政府政策搖擺下，說不做，就不做，使IDF被迫宣告停產，這不僅突顯臺灣航太政策的執行，缺乏一貫性，也衍生臺灣航太研發人才嚴重斷層，與航太設備閒置等諸多問題。（政府）

3. 標準尚未整合：工業4.0的整合標準目前主要以德國、日本、美國的發展為主，我國傳統是跟隨美國腳步，但德國率先興起，已取得先機，我國因主要仍屬代工體系，故以母體為依歸，需同時滿足各國標準，這對整合有極大影響。（政府）

4. 原物料缺乏，受制於控制國：我國原物料均須自外國進口，如供應國提高價格或停止供應，將造成無法出貨，如屬關鍵器材則直接影響上游廠商或修維護作業。（供應鏈）

（三）機會

1. 各國爭取市場，合作開發機會增

加：以釋放商機為誘因，由代工生產(OEM: Original Equipment Manufacturer)、原始設計製造(ODM: Original Design Manufactures)、到風險分擔的合作開發，目前各國客機均以此模式運作。（供應鏈）

2. 世界航太工業重整，工業4.0衝擊：我國生產力4.0的規劃是以已具規模的電子業、自行車業、汽車業為優先，但客製化、整合力與多層供應、少量多項的結合，讓我們有機會領先各國。（產業）

3. 工業合作計畫引進關鍵技術：目前各國發展航空產業除少數大國擁有完全技術外，均以各自關鍵技術為主發展，而工業4.0的奈米材料或先進材料、3D列印或積層製造及感測器的導入，產生更多產品。（政府）

4. 產值高，攻關後獲利保證：以螺栓為例，汽車維修螺栓是一般五金螺栓的4倍價格，汽車引擎螺栓是12倍價格，航空用螺栓是45倍價格，在設備投資，取得品質認證後即可保證獲利。（供應鏈）

（四）威脅

1. 新興航太產業聚落成形：中國大陸、墨西哥、馬來西亞、摩洛哥、阿聯大公國、印度等新航太業製造聚落，因應貼近客戶的潮流，將發動機貼近供應各飛機製造商。（產業）

2. 關鍵技術取得不易：各國均將航空產業視為戰略型產業，以美國而言，政府「總體研發預算」分配依功能分為八大類，但以國防(National Defense)預算為最高。英國的十大類「前瞻專案」(Foresight Programs)，包括了國防、航空及系統(Defense, Aerospace &

⁷³ 唐鎮亞，〈航太工業全球競爭力發展策略〉，發表於「第四屆全國工業發展會議」（臺北：經濟部，2001年5月7日），頁3。

Systems)，要工業合作取得他國關鍵技術並不容易。⁷⁴（供應鏈）

3.國際地位受中國大陸打壓：雖然經濟上多數國家均與我國企業進行貿易，但政府級別的合作開發或合作生產卻幾乎沒有。（政府）

二、策略研析

運用T.O.W.S矩陣分析發展掌握內部優勢，運用外部機會的增長型策略(S-O)，利用內部優勢，免除外部威脅的多元型策略(S-T)，克服內部劣勢，利用外部機會的扭轉型策略(W-O)，及減少內部劣勢，避免外部威脅的防禦型策略(W-O)，並分別針對尚未掌握關鍵技術之垂直、短場起降或隱形戰機、已掌握大部分技術之高級教練機、技術門檻較低之無人飛行載具，分別訂定策略，期能尋

求最適合之策略以達國機國造之目標。

(一)未掌握關鍵技術（如表7）

1.增長型策略

(1)優點：我國航空工業能量大幅提升，獲得自製所望機種，並可依此模式複製至其他產業，基礎面愈完善，後勤維保能力愈強，競爭力也益強。

(2)缺點：關鍵技術科研攻關耗日廢時，若亦無法工業合作引進，戰機發展期程無法掌握，可能耗日費時亦無成果。

2.多元型策略

(1)優點：以軍事合作為基礎與中國大陸發展軍事互信，突破國際限制，靠攏最大市場，確保資源無虞。

(2)缺點：脫離過往70餘年依靠美軍的格局，所有後勤支援體系及指管通情系統

表7 未掌握關鍵技術之策略研擬表

增長型策略 S-O（掌握內部優勢，運用外部機會）	扭轉型策略 W-O（克服內部劣勢，利用外部機會）
自訂規格或以美系規格為主，整合國內優勢基礎工具機及電子產業，發展符合規格之零附件、組件或系統；無法自製部分，由產官學界科研攻關或工業合作引進。	自訂規格或以美系規格為主，整合國內優勢基礎工具機及電子產業，發展符合規格之零附件、組件或系統；無法自製部分，與國外同樣需求垂直、短場起降或隱形戰機國家合作研發及生產。
多元型策略 S-T（利用內部優勢，免除外部威脅）	防禦型策略 W-T（減少內部劣勢，避免外部威脅）
捨棄以美系為主的架構，尋求與中國大陸合作，無法自製部分，藉中國大陸之經驗取得；可自製部分整合國內優勢基礎工具機及電子產業，發展符合規格之零附件、組件或系統，利用與中國大陸合作機會，突破市場限制。	捨棄以美系為主的架構，尋求與中國大陸合作，整合國內優勢基礎工具機及電子產業，發展關鍵技術，以更佳的品質、更好的功能成為不可或缺的供應鏈，後續再引進中國大陸的技術，持續發展比中國大陸更好的產品。

資料來源：本研究整理。

74 許慧儀，〈國防科技自主之重要性〉，《臺灣新社會智庫》，2016年1月18日，<<http://www.taiwansig.tw/index.php/%E6%94%BF%E7%AD%96%E5%A0%B1%E5%91%8A/%E7%A7%91%E6%8A%80%E7%B6%93%E6%BF%9F/38-%E6%99%82%E4%BA%8B%E7%84%A6%E9%BB%9E/%E6%8E%A8%E8%96%A6%E8%A7%80%E9%BB%9E/6972-%E5%BE%9E%E8%88%AA%E5%A4%AA%E7%94%A2%E6%A5%AD%E6%94%BF%E7%AD%96%E8%AB%87%E8%BB%8D%E6%A9%9F%E5%9C%8B%E9%80%A0%E4%B9%8B%E5%BF%85%E8%A6%81%E6%80%A7>>（檢索日期：2016年5月22日）

均須轉換；另垂直、短場起降或隱形戰機可能讓中國大陸無法支持合作。

3. 扭轉型策略

(1)優點：與國外合作可互補各國的航太工業能力，規模變大，市場也隨之變大，成本也就可以降低，且後續的MRO市場亦可共享。

(2)缺點：合作須有共識，要在資源上合理分配，亦須在美國與中國大陸兩大團隊間求生存，主導權可能要由其他國家掌控，合作的談判與參與的程度是最大挑戰。

4. 防禦型策略

(1)優點：以軍事合作為基礎與中國大陸發展軍事互信，專注在部分優勢關鍵技術，可集中資源，獲得更精良的產品。

(2)缺點：尚未踏入航空產業的企業沒有足夠機會進入，無法帶動浪潮；另資源投入在同樣的技術，一旦落後就難再追回，可能全盤皆失。

(二)已掌握大部分技術（如表8）

1. 增長型策略

(1)優點：我國高級教練機需求有急迫性，且漢翔自IDF後無全機整合經驗，可

藉此機會重新檢整能力，而生產線完全由國內支撐，可紮實我國航空產業基礎面。

(2)缺點：若我國的航空產業信心大於能力，已迫切需要換裝的高級教練機可能面臨繼續延役的高風險中。

2. 多元型策略

(1)優點：以軍事合作為基礎與中國大陸發展軍事互信，打破國共不兩立的歷史情仇，靠攏最大市場，以現貨採購並引進生產之策略，可快速完成高教機換裝。

(2)缺點：中國大陸產品與我國自製相容性、後續維護模式及市場未知，均可能造成影響，亦不可忽視美國在我國向中國大陸靠攏後之怒火。

3. 扭轉型策略

(1)優點：依據合作的意向，將市場做大，亦可加速高教機換裝期程，獲得主導整機整合的經驗，提供後續下一代戰機研製、整合之人才與模式。

(2)缺點：時間的壓力在我國，可能無法談出較好的合作機會，加上久無生產製造的新產品易受市場質疑，須長時間驗證後方有機會打入市場。

表8 已掌握大部分技術之策略研擬表

增長型策略 S-O（掌握內部優勢，運用外部機會）	扭轉型策略 W-O（克服內部劣勢，利用外部機會）
自訂規格或以美系規格為主，整合國內優勢基礎工具機及電子產業，發展符合規格之元件、零附件、組套件或系統，並建立完整供應鏈及維修體系。	自訂規格或以美系規格為主，整合國內優勢基礎工具機及電子產業，發展符合規格之零附件、組套件或系統，尋求共同開發市場，以資金挹注方式分散風險，或其他更優秀系統能力國家之共同開發，以加速高教機換裝期程。
多元型策略 S-T（利用內部優勢，免除外部威脅）	防禦型策略 W-T（減少內部劣勢，避免外部威脅）
整合國內優勢基礎工具機及電子產業，盤整供應鏈後，無法自製部分以中國大陸現貨為主合作生產，或引進技術，尋求共同開發市場，以加速高教機換裝期程，並擴大後續市場。	以中國大陸自製教練機L-15為基礎，結合我國技術進行改裝，對中國大陸釋出合作善意，將改裝後更好的型別列裝至已部署單位，以取得其市場及後續其他機型之供應鏈。

資料來源：本研究整理。

4.防禦型策略

(1)優點：以軍事合作為基礎與中國大陸發展軍事互信，除可爭取市場外，亦可快速完成高教機換裝，保持更大的彈性。

(2)缺點：我國對高級教練機需求確有急迫性，但談判時間耗日費時，若談判未果可能造成高級教練機換機期程延後。

(三)無人飛行載具（如表9）

1.增長型策略

(1)優點：發展無人飛行載具可讓戰場空間更多元，搭配新的戰術戰法研發，可增加更多勝算；另無人飛行載具投資成本亦較低，可吸引更多有意發展航空產業的公司投入。

(2)缺點：空域使用、分配及生產規格均尚未訂定，編制規模、運用模式、組織調整及維修體系等均須重新制定。

2.多元型策略

(1)優點：無人飛行載具投資成本亦較低，可吸引更多有意發展航空產業的公司投入；與中國大陸合作，可形成互信之機制。

(2)缺點：我國尚未形成優勢前與中

國大陸合作，可能無法形成談判之籌碼。

3.扭轉型策略

(1)優點：無人飛行載具投資成本亦較低，可吸引更多有意發展航空產業的公司投入；軍民共用型式優先發展，可形成規模，較易拓展市場。

(2)缺點：空域使用、分配及生產規格均尚未訂定，編制規模、運用模式、組織調整及維修體系等均須重新制定。

4.防禦型策略

(1)優點：無人飛行載具投資成本亦較低，可吸引更多有意發展航空產業的公司投入；與中國大陸合作，可形成互信之機制。

(2)缺點：新開發或研究中代表風險，可能完全沒有效益。

伍、結 論

工業4.0引發的製造業升級是必然的趨勢，全面性智能化是其特性，更多的資訊蒐集、統計及預判，隨時監控、隨時提醒，架構在國防航空產業上，可區分在設計研發、製造流程、機體整合、後勤補保等4大部分，

表9 無人飛行載具之策略研擬表

增長型策略 S-O（掌握內部優勢，運用外部機會）	扭轉型策略 W-O（克服內部劣勢，利用外部機會）
自訂規格，確認所需之各型無人飛行載具能力，發展偵察、攻擊、通導中繼、匿蹤等類型，亦可向臨近空間發展，並可導入新研發的武器、雷達、偵察裝備等測試。	自訂規格，確認所需之各型無人飛行載具能力，發展偵察、攻擊、通導中繼等類型；另可優先針對軍民共用型式發展，可擴大市場，並進行出口。
多元型策略 S-T（利用內部優勢，免除外部威脅）	防禦型策略 W-T（減少內部劣勢，避免外部威脅）
針對民用無人飛行載具較無爭議，可與中國大陸合作，爭取廣大市場；軍用部分我國可自行研發，亦可以此為籌碼，做為與中國大陸軍事互信之基石。	針對民用無人飛行載具較無爭議，可與中國大陸合作，爭取廣大市場；軍用部分可參與中國大陸新開發或研究中之無人飛行載具，成為其供應商或合作廠商。

資料來源：本研究整理。

與過往會產生完全不同的概念，也可能造就我國迎頭趕上之契機。

我國航空產業在1990年代曾創造輝煌的一頁，讓美國軍售政策轉向，這是許多老前輩們創造的璀璨篇章，在採購困難的今日，加上社會面臨到產業外移，失業率攀高的經濟困境，能否藉國防航空產業帶動並刺激國內產業自我升級，兼顧國家安全與經濟發展，產業升級與國防自主都需要龐大的資源，以舉國之力來達成。

在工業4.0時代來臨的當下，局面看似更複雜，機會也伴隨而生，產業升級是我國唯一的出路，而國防航空產業雖然看似市場不大，但能生產航空零件就是品質保證，加上工業4.0的彈性製造，將為產業造就更多的機會和利潤。

本研究歸納得知，跨界整合是未來必備條件，整合能力愈強就愈能創造價值，而跨業整合才能讓效果加乘，這些整合目前政府和企業都在推動，充分的溝通及正確的策略將是重要的關鍵；另不同的品項可發展的策略亦有所不同，不可墨守成規，拘泥形式，策略不可一視同仁，針對性的彈性策略保持最佳的效益，端視其可行性及效益最大化訂之。

少量多樣高技術是航空產業的特色，工業4.0的目標就是利用智能做到少量多樣客製化，結合兩者，帶動產業升級，厚植基礎工業能力，發展具臺灣特色的國防建設，以經濟建構國防，以國防支援經濟，扶植民間產業投入國防航空產業的研發與產製。

將我國的航空產業區分為尚未掌握關鍵、已掌握大部分技術、無人飛行載具後，每一區塊都有適合的模式，在目前產業上一大一小（漢翔與其他）的結構下，政府如何

在國機國造的政策下，保持彈性、多變的最佳化，這也是工業4.0導入後的最大利基。

依尚未掌握關鍵技術之垂直、短場起降或隱形戰機、已掌握大部分技術之高級教練機、技術門檻較低之無人飛行載具，並延續目前政府的規劃，分別提出建議策略：

一、尚未掌握關鍵技術

與其他具相同需求的國家合作研發、生產。不採取自行技術突破，改以合作研發方式結合各國優勢以求發展，以擴大需求市場，造就更多需求。至於下一代戰機國機國造的目標，亦可利用工業合作，造就有利環境，讓國內產業自行升級。

二、已掌握大部分技術

高級教練機以自我研製為優先，但尚未掌握技術的部分，建議引進中國大陸的產品，高教機不是攻擊機，爭議性相對較低，可藉雙方合作的軍事合作與其發展軍事互信，進而降低威脅，並可開拓完全不同的一個市場，創造不同的視野。

三、無人飛行載具

自訂規格，確認所需之各型無人飛行載具能力，發展偵察、攻擊、通導中繼、匿蹤等類型，亦可向臨近空間發展。並可導入新研發的武器、雷達、偵察裝備等測試，促進更多廠商或研究團隊投入研發，活絡整體無人機市場。

（收件：105年7月19日，接受：105年8月22日）

參考文獻

中文部分

專書

- 韋康博，2015年。《工業4.0，從製造業到「智」造業，下一波產業革命如何顛覆全世界？》。臺北：商周出版。
- 漢翔公司，2014年。《漢翔股票初次申請上市公開說明書》。臺灣：漢翔公司。

期刊論文

- 林士蕙，2015/11。〈工業4.0有升級才有轉機〉，《遠見科技特刊》，頁17。
- 張建一、王寶苑，2014/9。〈迎戰第4次工業革命〉，《產業雜誌》，頁3-14。
- 陳崇憲、蘇桓嫻，2010/6。〈淺談「再生能源發展條例」立法內容〉，《能源報導》，第201006期，頁5。
- 黃定國，2015/4。〈南韓「經濟革新3年計畫」初探〉，《國際經濟情勢雙週報》，第1806期，頁5-11。
- 黃耿祥、邱林聰、蔡身興、林裕城，2008/2。〈人類的第七感—感測器〉，《科學發展》，第422期，頁54-58。
- 雷震台，2014/1。〈臺灣航空產業發展現況及未來展望〉，《中華民國航空太空學會會刊》，第2014卷第1期，頁6。

研討會論文

- 平田卓也，2015/9/7。《邁向機器人革命的實現》，「2015台日科技高峰論壇」。臺北：亞東關係協會，頁1-4。
- 唐鎮亞，2001/5/7。〈航太工業全球競爭力發展策略〉，「第四屆全國工業發展會

議」。臺北：經濟部，頁3。

- 張家祝，2014/11/28。〈臺灣經濟現況與未來產業發展關鍵〉，「王子濱先生管理講座」。臺南：長榮大學，頁29。
- 賴維祥，2013/8/16。〈全球無人飛機系統發展現況〉，「無人飛機系統應用研討會」。臺北：經濟部國際貿易局，頁9。

官方文件

- 日本厚生勞動省，2015/6/20。〈日本製造業白皮書2015年版〉，頁2-7。
- 中國國務院，2015/5/8。〈中國製造2025〉，國發〔2015〕28號，頁1-20。
- 行政院，2015/9/16。〈行政院生產力4.0發展方案〉，頁54-135。
- 行政院國家資訊通訊發展推動小組，2011/12/30。〈網際網路通訊協定升級推動方案〉，頁1。
- 經濟部，2012/8/29。〈日本產業政策對臺灣之啟示〉，頁7-11。
- 新境界文教基金會，2014/10。〈振興臺灣核心國防產業〉，國防政策藍皮書第七號報告，頁8-10。

網際網路

- 《MoneyDJ理財網》，<<http://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/WikiViewer.aspx?KEYID=09016fb8-7af9-44e2-8679-eb892e0b2bdb>>。
- 《MoneyLINK富聯網》，<<http://money-link.com.tw/RealtimeNews/NewsContent.aspx?SN=2731060001&PU=0010>>。
- 《大連中小企業服務平臺》，<<http://>>。

- service.twtn.com/mob/substance.php?id=10889&nid=89>
- 《大衛王之鷹》，<http://www.afwing.com/intro/f16_talk/f16i/f16i-1.htm>。
- 《挑戰新聞軍事精華版》，<<https://www.youtube.com/watch?v=ynGOdHqHDgs>>。
- 《推動工業合作計畫網》，<http://www.icpo.org.tw/editor_model/u_editor_v1.asp?id={4F9CADE8-B590-483F-B7AF-D4B842690666}>。
- 《維基百科》，<https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Kfir>。
- 《維基百科》，<https://en.wikipedia.org/wiki/HESA_Azarakhsh>。
- 《維基百科》，<https://en.wikipedia.org/wiki/HESA_Saeqeh>。
- 《維基百科》，<<https://en.wikipedia.org/wiki/Fatterh>>。
- CzechTrade工業貿易部，2013/9/12。〈Aero Vodochody商談出售戰鬥機的L-159〉，<<http://www.czechtrade-china.cn/zh/news/detail-26774/>>。
- David，2015/3/20。〈從綜觀來看工業物聯網與工業4.0核心架構〉，《科技產業資訊室》，<<http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=10877>>。
- David，2015/10/28。〈工業4.0與機械4.0範疇及內涵〉，《科技產業資訊室》，<<http://iknow.stpi.narl.org.tw/post/Read.aspx?PostID=11726>>。
- 工業和信息化部規劃司，2015/5/19。〈《中國製造2025》解讀之五：準確把握實施《中國製造2025》的總體要求〉，《中華人民共和國工業和信息化部政策解讀》，<<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1653018/c3780683/content.html>>。
- 工業局，2015/1/24。〈傳產南分團協助南臺灣航空業者再升級，經濟部致力推動航空結構系統模組供應能量〉，《中華民國經濟部即時新聞》，<https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=40592>。
- 王炯華，2013/9/10。〈韓製T-50教練機今降小港機場〉，《蘋果即時》，<<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20130910/256536/>>。
- 王繼新，2014/5/17。〈航空界的波西米亞風—捷克航空工業的歷史與現狀掃描〉，《航空世界》，<<http://www.scimao.com/read/239030>>。
- 李貴發，〈中科院在國防科技武器發展應有的角色〉，《臺北論壇》，2013年9月10日，<<http://www.taipeiforum.org.tw/>>。
- 呂炯昌，2015/11/28。〈菲律賓採購首批FA-50交機，重返超音速時代〉，《華視新聞網》，<<http://news.cts.com.tw/nownews/international/201511/201511281687515.html>>。
- 何美如，2016/6/2。〈產業：航太產業A-Team 4.0今舉行誓師大會，力拼航太大廠的Tier 1供應商〉，《財訊快報》，<https://tw.finance.yahoo.com/news_content/url/d/a/20160602/%E7%94%A2%E6%A5%AD-%E8%88%AA%E5%A4%AA%E7%94%A2%E6%A5%ADa-team-4-0%E4%BB%8A%E8%88%89%E8%A1%8C%E8%AA%93%E5%B8%AB%E5%A4%A7%E6%9C%83-065303746.html>。

- 周思宇，2015/8/12。〈爭空軍高教機商機 漢翔展出兩款新機型〉，《中時電子報》，<<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20150812004859-260407>>。
- 韋樞，2016/3/1。〈漢翔攜手中衛 共推航太產業聯盟〉，《中央通訊社》，<<http://www.cna.com.tw/news/ahel/201603010391-1.aspx>>。
- 高辰，2016/2/3。〈美空軍首次批准將3D列印零部件用於E-3預警機〉，《中國新聞網》，<<http://big5.chinanews.com/mil/2016/02-03/7746632.shtml>>。
- 許慧儀，2016/1/18。〈國防科技自主之重要性〉，《臺灣新社會智庫》，<<http://www.taiwansig.tw/index.php/>>。
- 張小玫，2015/6/25。〈物聯網將掀起工業4.0革命〉，《科技政策觀點》，<<http://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10095>>。
- 張蓓，2016/2/15。〈英國工業2050戰略重點〉，《學習時報》，<<http://www.studytimes.cn/zydx/DDSJ/SHIJJJ/2016-02-15/4720.html>>。
- 張德齡，2013/9/11。〈新動能，美國製造業回流，3年增50萬個職缺〉，《遠見雜誌》，<http://www.gvm.com.tw/Boardcontent_23300.html>。
- 陳育晟，2015/7/13。〈迎接第四次工業革命 全球智慧生產大進擊〉，《經貿透視》，<<http://udn.com/news/story/6866/1052182>>—迎接第四次工業革命—全球智慧生產大進擊。
- 寒竹，2012/5/30。〈美國能夠走出“去工業化”的困境嗎？〉，《觀察者網》，<http://www.guancha.cn/HanZhu/2012_05_30_76517.shtml>。
- 賀桂芬，2011/4/13。〈德國奇蹟新彈性救了歐洲病夫〉，《天下雜誌》，<<http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5000453>>。
- 經濟部工業局，〈我國航空產業歷年產值〉，《經濟部航空產業發展推動小組》，<<http://www.casid.org.tw/Page.aspx?ID=9e2d07e8-9f61-4e7a-8485-63b5dcd16dda>>。
- 廖壬凱，2016/3/28。〈蔡英文訪漢翔 盼自研自製教練機〉，《中央通訊社》，<<http://www.cna.com.tw/news/aipl/201603280267-1.aspx>>。
- 劉壯，2006/8/4。〈捷克計畫開發適於歐洲以外市場的新型L-159飛機〉，《人民網》，<<http://military.people.com.cn/BIG5/42963/52992/4669419.html>>。
- 鄭博文，2016/4/27。〈名家觀點—國機飛得了嗎〉，《中時電子報》，<<http://www.chinatimes.com/newspapers/20160427000498-260109>>。
- 厲博，2013/11/6。〈巴西預計KC-390運輸機可產210架占30%市場份額〉，《中國新聞網》，<<http://www.chinanews.com/mil/2013/11-06/5469931.shtml>>。
- 翼生活，2015/10/20。〈35年制裁，伊朗民航成為全球航空業“小強”〉，《民航資源網》，<<http://news.carnoc.com/list/326/326677.html>>。
- 羅添斌，2015/8/11。〈具攻擊力我戰略無人機週四亮相〉，《自由時報》，<<http://news.ltn.com.tw/news/politics/paper/905596>>。

外文部分

專書

Didier Tshidimba, Frank Lateur, 2015/6/3, “Industry 4.0 Manufacturing in Belgium should embrace digital technologies to step up competitiveness and create differentiated products” (Belgium: Roland Berger), pp. 5-6.

DGE, 2015/3/21, “The New Face of Industry in France,” .

Executive Office of the President, 2009/12/16, “A Framework for Revitalizing American Manufacturing,” pp. 1-4.

Flightglobal Insight, World Air Force 2015 (UK: Flightglobal, 2016), p. 14.

Jinwoo Park, 2013/3/20, “Current status and future directions for Korean industries: focusing on Industrial Innovation Program 3.0 of Korea” (Seoul National University, 2014), pp. 45-52.

期刊論文

Lydon, Bill, 2016/6/28. “Industry 4.0: Intelligent and flexible production,” InTech, Vol. 63, No. 3, pp. 12-17.

研討會論文

Wolfgang Wahlster, 2013/5/27. “Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber-Physical Production Systems,” Recent Trends in Artificial Intelligence and Cognitive Science (Zürich: SGAICO), pp. 8-11.

網際網路

《X Airforce》, <<http://xairforces.net/airforces>

.asp?id=50#.V1bsDGh942w> .

“Die vierte industrielle Revolution: Auf dem Weg zur intelligenten und flexiblen Produktion,” Plattform Industrie4.0, <<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>> .

Ben Zion, 2013/2/4, “Iran's cutting-edge fighter a hoax, critics claim,” The Times of Israel, <<http://www.timesofisrael.com/irans-cutting-edge-fighter-a-hoax-critics-claim/>> .

Doug Laney, 2011/6/27, “Solving ‘Big Data’ Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data,” Gartner, <<http://www.gartner.com/newsroom/id/1731916>> .

Gareth Jennings, 2015/11/5, “Iraq receives first L-159 jets from the Czech Republic,” IHS Jane's Defence Weekly, <<http://www.janes.com/article/55766/iraq-receives-first-l-159-jets-from-the-czech-republic>> .

Nicole Sagener, 2014/12/5, “Merkel rallies EU member states to drive Europe's Industry 4.0,” EurActiv, <<http://www.euractiv.com/section/digital/news/merkel-rallies-eu-member-states-to-drive-europe-s-industry-4-0/>> .

Office of the Press Secretary, “President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership,” The White House, 2011/6/24, <<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/06/24/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership>> .