

科技發展觀測平台「2015 年先進製造議題」年度報告

-重要國家推動先進製造發展之策略-

黃財丁

國家實驗研究院科技政策研究及資訊中心副研究員

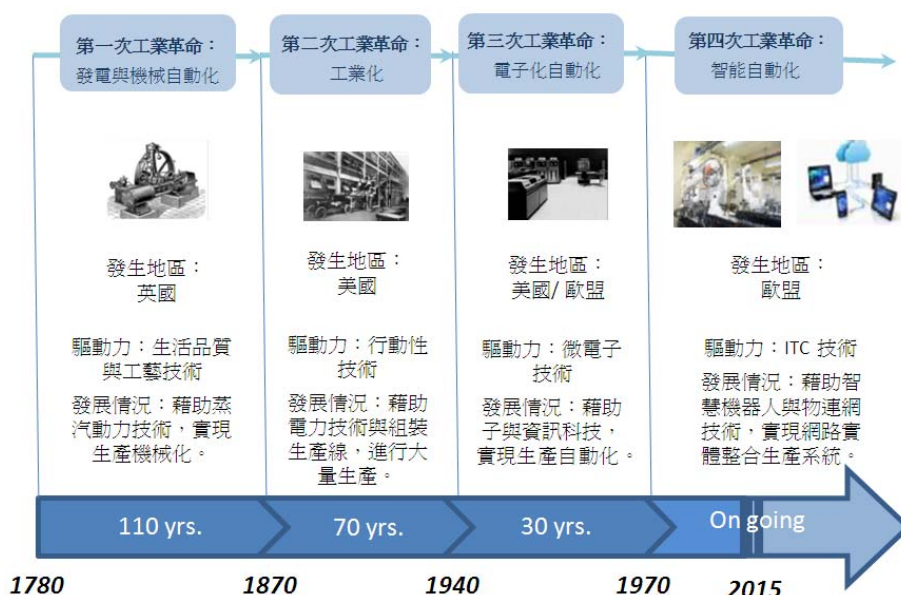
先進國家製造業持續外移的結果，已經造成其國內失業率居高不下，經濟發展長期停滯，又碰上美國次級房貸風暴及歐債肆虐的結果，各國產業競爭力持續下降。有鑑於此，先進國家乃積極推動再工業化策略，以及發展先進製造計畫，此不僅是要促進製造業振興復甦而已，主要目標是要積極鞏固其製造業的全球霸主地位，更兼而創造國內就業機會，並且保持產業永續發展；自 2015 年起正式揭開了第四次工業革命的序幕。文中針對聯合國產業發展組織、歐盟等國際組織，以及重要國家---美國、德國、英國、日本、中國、韓國及台灣等國在推動製造業振興及先進製造技術開發方面之政策與相關措施，進行分析介紹。也針對主要國家發展先進製造的政策與作法足供我國借鏡之處作一些整理；最後並綜合各方所提出的意見，整理歸納出一些可行的作法，提供相關單位及製造業界決策人士參考。

關鍵詞：先進製造、智慧機械、再工業化(Reindustrialization)、先進製造夥伴計畫(AMP)、國家製造創新網絡(NMMI)、戰略性新興產業、工業 4.0、Cyber-Physical-System (CPS)、韓國製造業創新 3.0、生產力 4.0

一、全球智慧化生產的浪潮

1. 工業革命進程

回顧工業革命的歷程總共經歷了四次重大變革，參見圖 1；第一次工業革命是發生在 1760 年到 1870 年之間，係藉由蒸氣機的動力，取代人力或獸力，實現了機械化生產方式，約歷經 110 年的發展，其發生在英國，可稱為發電與機械自動化時代。第二次工業革命發生在 1870 年，因發電技術與生產線的發明，開啟了大量生產製造的時代，創造了大量生產、大量消費的社會，約歷經 70 年的發展，發生在美國，稱為工業化時代。第三次工業革命發生在 1940 年代，是由於電子、資訊科技的突飛猛進，並且廣泛應用在工業生產上，實現了新型態的生產自動化模式，締造了第三次工業革命，約歷經 30 年的發展，發生在美國與歐盟，稱為電子化自動化時代。自 1970 年代開始，由於資訊與網路技術的更加精進發展，以及機器人應用技術益趨成熟，進而與生產設備結合，逐漸建立了智慧型生產系統；再隨著物連網技術的發展精進，自 2015 年起朝向網路與實體設備整合的生產製造系統方向發展，也就正式揭開了第四次工業革命的序幕，發生在歐盟，也可稱為智能自動化時代；如今在這個智能自動化時代中，為滿足大家對產品的各種不同需求，少量多樣快速的生產型態已經成為現今製造工廠運作的常態了(董偉龍，2014)。

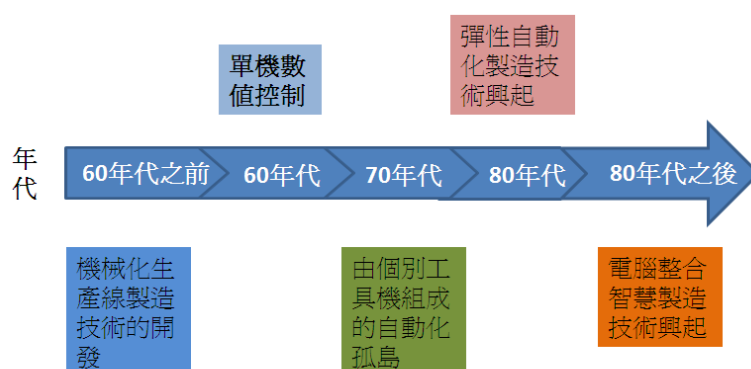


資料來源：參考董偉龍、于清笈，從中國製造到中國智造---中國智能製造與應用企業調查，以及 Dr. h.c. Detlef Zühlke 簡報、Industry 4.0---the German Vision for Advanced Manufacturing 資料；本研究重新繪製。

圖 1 工業革命的歷程

2. 智慧自動化生產浪潮

在歷經 300 年的工業化發展之後，工業先進國家都競相利用資訊科技來打造新一代工業化的生產模式。製造業身為工業發展的主體和基礎，在很大程度上其發展係得益於廣泛且深入地利用資訊科技。製造業資訊化是把資訊科技、自動化技術、現代生產管理技術與製造加工技術進行完美的結合，進而帶動產品設計、企業管理模式、企業合作生產關係等全面的創新發展，因此進一步提升製造業的生產力，也就是現代工業創新發展的一個嶄新里程，製造自動化發展進程如圖 2 所示。



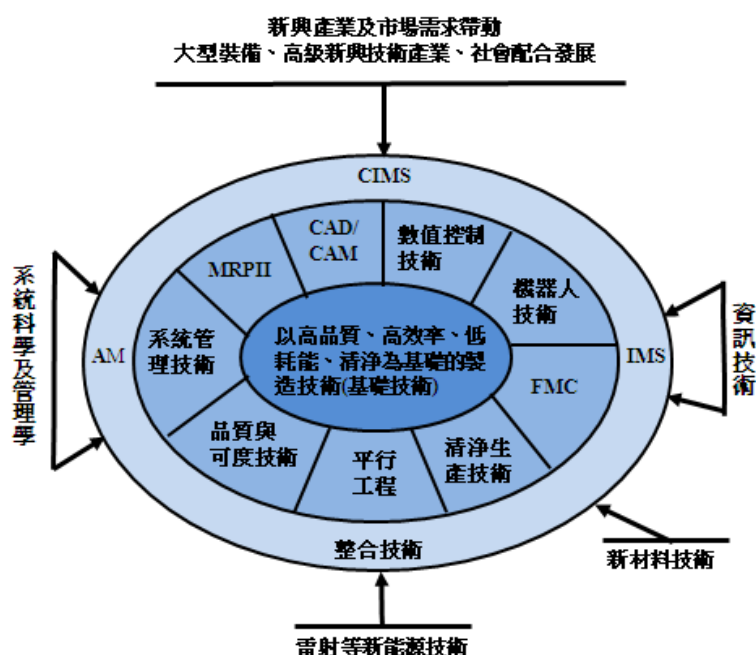
資料來源：參考韓權利，趙萬華，丁玉成，未來的製造模式---智慧製造，機械工程師，2002 年 1 月；本研究重新繪圖。

圖 2 製造自動化發展進程

雖然企業資訊化是從上世紀五〇年代開始，在整個漫長的工業化發展歷程中僅占六分之一而已；但是以電腦、網際網路等為核心的現代資訊科技已經蛻變成帶動人類經濟社會成長的最重要動力來源。目前，製造業資訊化已席捲全球，美、日、德等先進工業化國家在這方面一直領先群倫，而且也獲致豐碩的成果。

自一九七〇年代開始，美國在與日本等新興工業化國家競爭之中，漸失優勢。為扭轉此種局面，美國國會議員、政策諮詢機構，以及相關的研究機構都一致呼籲美國政府出面組織、協調及支援產業界進行技術創新，以帶動國家經濟持續成長。1991 年，白宮科學技術政策辦公室(Office of Science and Technology Policy, OSTP)發表美國國家關鍵技術報告，也正式開啟了美國工業資訊化的時代。

在 1991 年，美國提出先進製造技術(Advanced Manufacturing Technology, AMT)發展戰略。所謂先進製造技術，即是將機械、電子、資訊、材料、能源與現代管理等相關技術整合應用於整個產品生產製造過程中，亦即應用於設計、製造、檢測、管理及售後服務等企業營運過程，而達到高品質、高效率、低耗能、生產作業可以靈活調整的成果，因而將這些技術統稱為先進製造技術。先進製造技術是製造業為了提高競爭力以適應時代進步的要求，對製造技術不斷最佳化及推陳出新而形成的創新技術群組。在不同的國家、不同的產業發展階段，先進製造技術也常有不同的定義內容及組成要素。美國機械科學研究院(American Mechanical Science Institute, AMST)所提出的先進製造技術系統圖如圖 3 所示。



資料來源：參考熊文平、孫宗禹，先進製造技術及其發展趨勢，機械研究與應用，16(3)，2003 年 9 月，PP.10-11；本研究重新繪圖。

圖 3 AMST 所提出的先進製造技術系統

如圖 3 所示，第一個層次是高品質、高效率、低耗能、潔淨基礎的製造技術；鑄造、鍛壓、焊接、熱處理、表面處理、機械加工等基礎技藝至今仍在生產過程中被大量採用，而且是符合經濟效益的技術，這些基礎技藝經過最佳化，形成高品質、高效率、低耗能、潔淨為基礎的製造技術的核心及重要組成部分。這些基礎技術主要包括：

精密下料、精密塑性成形、精密鑄造、精密加工、精密測量、毛坯強化、精密熱處理、優質高效率連接技術、功能性防護塗層及各種與設計有關的基礎技術及各種現代管理技術等。第二個層次是新型製造單元技術；這是在市場需求及新興產業的帶動下，製造技術與電子、資訊、新材料、新能源、環境科學、系統工程、現代管理等現代技術結合而形成的嶄新製造技術，如製造業自動化單元技術、極限加工技術、品質與可靠度工程技術、系統管理技術、CAD/CAM、潔淨生產技術、新材料成形加工技術、雷射與高密度能源加工技術、工程模擬及工程設計最佳化技術等。第三個層次則是先進製造整合技術；這是應用資訊科技與系統管理技術，透過網路與資料庫對前述兩個層次的技術整合而成的，如 AM、CIMS、IMS 及虛擬製造技術等。上述三個層次都是先進製造技術的組成部分，但其中每一個層次都不等於先進製造技術的全部。(熊文平等，2003)

二、當前製造業發展所面臨的困境

歷經長期工業發展之後，世界各國的經濟也隨之繁榮進步，在享受各項經濟繁榮果實之後，先進國家都將發展服務業，作為國家產業發展的重心，企望藉由服務業繼續發展興盛，可以繼續享受富足的生活。在上世紀六、七〇年代，隨著美國大規模生產模式建置完備，美國人就把生活的重心轉移到如何發掘新型態的生活方式、如何改善工業發展對環境所造成的破壞，以及對消費者權益更有效地保護等議題上。終致公、私部門的消費占經濟發展的比重大幅提高，其比重已占 GDP 的絕大部分。在幾十年過渡消費，而且又長期的投資不足的情形下，導致美國生產力嚴重衰退。

1980 年，美國學者 Amitai Etzioni 在所發表「美國再工業化」論文中就指出，美國若想繼續享有高水準的生活方式，就必須重振生產力，全面提高升工業生產的效率，也就是要推動再工業化，以確保國家經濟持續發展。到 1985 年，Roy Rothwell 與 Waiter Zegveld 兩人在「再工業化與科技(Reindustrialization and the Technology)」乙書中進一步提到：科技發展與再工業化是緊密聯繫在一起的；並明確指出，當時大部分學者普遍認為發達經濟應以發展服務業為主軸，並將大量製造生產作業轉移到新興工業國家的觀點是錯誤的。他們認為：服務業的發展與強有力的生產製造業是互補的，而且缺一不可；現階段再工業化的意

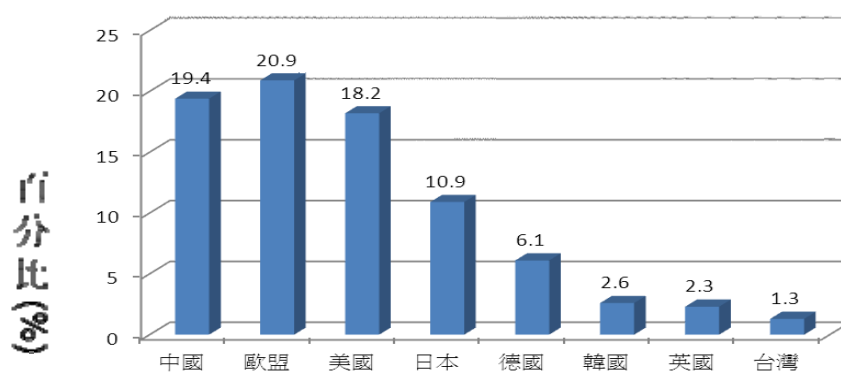
義是指大力發展知識密集型產業與以科技為基礎的新興產業。因為通常更高附加值的產品都是和更高水準的科技緊密聯繫在一起的。(常少觀，李鋼，2014)

好景不常，這些先進國家在製造業持續外移的結果，已經造成其國內失業率居高不下，經濟發展長期停滯，再碰上美國次級房貸風暴(Subprime Mortgage Crisis)與歐債惡化肆虐的結果，各國產業競爭力也就持續下降。

有鑑於此，先進國家乃積極推動再工業化策略，其不僅止於促進製造業復甦等實體經濟層面的振興而已，主要目標是要積極鞏固某些產業的全球霸主地位，更兼而創造其國內就業機會並保持產業永續發展為目的。

1. 主要國家製造業展現況

2010 年主要國家製造業產出占全球製造業產出比重如圖 4 所示，其中歐盟、中國與美國都占 20% 左右；日本約占 11%，德國占 6.1%，韓國占 2.6%，英國占 2.3%，我國則占 1.3%。



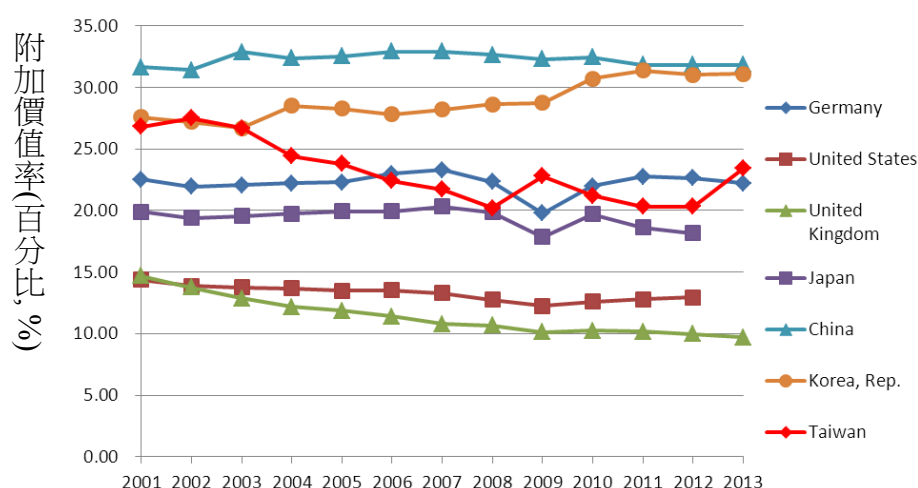
註：以 2010 年世界製造業產出 102,870 億美元為基礎，根據 2010 年價格計算而得，歐盟則為 2009 年歐盟 27 國製造業產出和占 2009 年世界製造業總產出的比例。

資料來源：參考朱森第，第三次工業革命、先進製造業、熱處理技術資料，以及 Manufacturing Output by Country: Mftg Output 資料，本研究重繪。

圖 4 2010 年主要國家製造業產出占全球製造業產出比重

再由圖 5 所示歷年重要國家製造業附加價值率變化情形可見，自 2000 年以來各主要國家的製造業附加價值率，除韓國保持微幅成長之外，中國與美國保持穩定情形，德國與日本在 2008 年下降，隨後就回

升，但仍微幅下降，台灣製造業附加價值率則自 2000 年起下降，雖有稍微回升，但仍維持在與原來相對較低的水準。相較之下，我國製造業附加價值率與先進國家仍有相當差距；過去 20 年間，我國製造業附加價值率滑落幅度較大。當前我國製造業面臨的挑戰為：中低階產品將逐漸被新興國家取代，中高階產品則仍面臨日、德、美、韓等國家強烈競爭；所以如何有效提升我國製造業的附加價值率，實是我國當下經濟與產業發展的首要任務。



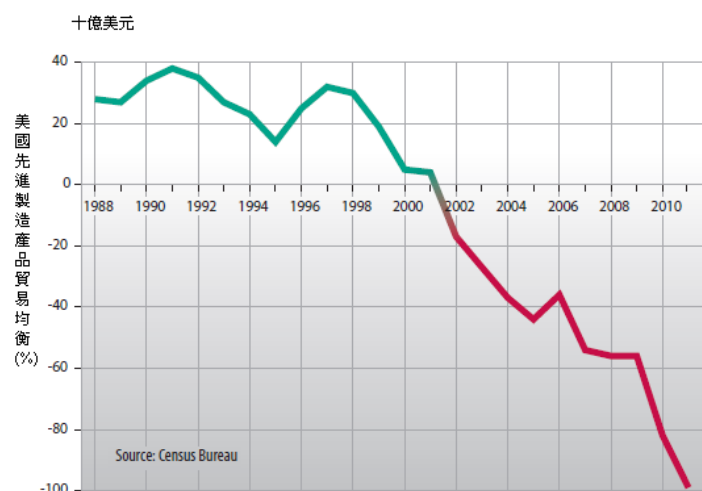
資料來源：世界銀行及主計總處統計資料；本研究整理繪製。

圖5 歷年重要國家製造業附加價值率

2. 再工業化的興起

歷經數十年製造業連續外移的結果，終於導致美國國內製造業就業人口大量流失，製造業產值占總體 GDP 的比率也日漸下滑，歷年美國先進製造產品貿易情形如圖 6 所示。歐巴馬總統在 2009 年上任之後，隨即推出「2009 年美國復甦與再投資法案」(American Recovery and Reinvestment Act, ARRA)，並將發展新興產業訂為美國再工業化的首要目標；接續在 2010 年推出「國家出口倍增計畫」(National Export Initiative, NEI)，藉以推動美國出口與製造業的成長；在 2011 年再推出「先進製造業夥伴關係計畫」(Advanced Manufacturing Partnership, AMP)，藉以提升美國本土的核心製造技術；2012 年再度推出「委外工作轉回美國計畫」(Insourcing American Jobs)，希望藉由提供減稅等優惠措施，來鼓勵製造業重新回流美國本土，並創造就業機會。

再工業化並不是一個新興的概念；三、四十年前，在對傳統工業生產基地改造及振興中的過程，就已被廣泛地應用。在上世紀七〇年代，再工業化是指對德國魯爾地區、法國洛林地區、美國東北部地區及日本九州地區等重工業生產基地改造所提出的口號。現今美國再工業化的戰略，是在加速傳統產業創新換代與科技發展過程中，再一次利用再工業化策略，來推動實體經濟的翻轉與復甦。

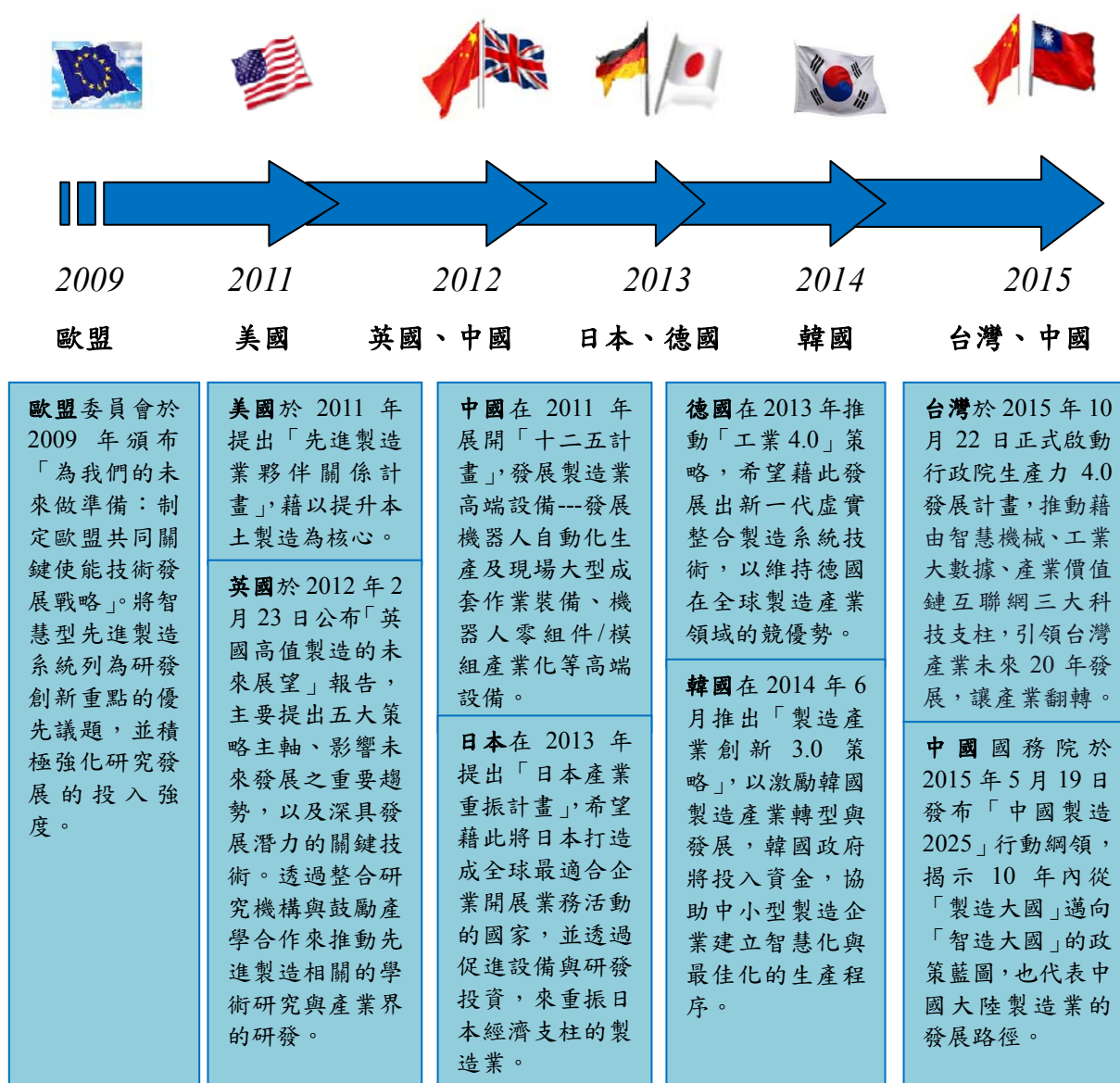


資料來源：Executive Office of the President National Science and Technology Council, A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing,
http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/iam_advancedmanufacturing_strategicplan_2012.pdf.

圖 6 歷年美國先進製造產品貿易情形

三、主要國家推動先進製造之策略

各先進國家為加強製造業競爭力，提振製造業產出占全球製造業產出比重，相繼提出振興製造業的國家級政策，冀望藉由政府與製造業界的通力合作，將製造業產出占全體 GDP 的比重新提升到一個理想的比重，並促進整體產業健全發展且升級。茲就重要國家所提出的振興製造業政策滙總整理，如圖 7 及表 1 所示。



資料來源：參考蔡禎輝，關鍵製造業製程高值化計畫介紹，P3.資料，本研究重繪。

圖 7 振興製造業已是各國的國家級重要政策

表 1 各國推動製造業振興之政策相關技術之發展動向

國家	年度	政策	發展動向
聯合國	2013	二十一世紀的製造 (21st Century Manufacturing) 報告	二十一世紀的生產製造將會帶來的願景 (1)藉由自動化與大量使用、整合 ICT 技術，來滿足大量客製化與智慧產品的生產。 (2)克服勞動力短缺問題，實現分散式製造與都市內製造共存的情境，並提高工業區資源的使用效益。 (3)滿足廠商持續發展的需求，實現綠色生產，並提高能源與資源的使用效率。

國家	年度	政策	發展動向
歐盟	2007-2013 2014-2020	FP7 計畫、展望 2020 (Horizon 2020)	FP7 計畫 (1)成立歐洲卓越科研中心。 (2)推動歐洲區域之「技術整合」。 (3)激發歐洲「基礎研究」之創造性。 (4)吸引更多「優秀學者」投入歐盟研究。 (5)建立歐盟各國研究之基礎技術「支援」及「資料庫」。 (6)加強歐盟「跨國研究之合作機制」。 展望 2020 第一支柱：Excellence in Science (基礎研究、應用研究、人才培育) 第二支柱：Industrial Leadership (產業科技、關鍵技術、SME 機制) 第三支柱：Societal Challenges (永續發展、低碳、民生社會所需)
美國	2011	先進製造戰略	(1)成立潔淨能源製造創新研究院、數位製造創新研究院、金屬製造創新研究院。 (2)2014 歐巴馬總統國情咨文宣布，將再建立六個製造創新研究院。 (3)製造業者行動。 (4)公布 19 項先進製造技術補助計畫得主。
德國	2012	2020 高科技戰略：工業 4.0	(1)數位化議程強化 ITC 產業及與傳統產業之間的連結，以及社會數位化的新形態。 (2)從水平價值創造網絡等跨領域科技的持續發展，並建立五大領域平台。
英國	2012	高價值製造策略	(1)高價值製造是將領先性技術知識與經驗應用產品製造、製造程序與社會服務上，並在促進永續成長與創造高度經濟價值方面具有強勁的潛力。
日本	2013	產業振興計畫	(1)特定工業基礎技術升級。 (2)3D 列印技術帶動未來工業生產趨勢。 (3)建立實踐成長戰略的新研發法人制度。
韓國	2014	製造業創新 3.0	(1)政策方向是將 IT、軟體、服務與製造業相融合，培育新產業；發展 3D 列印和智慧工廠等新的生產方式，提高製造業創新能力。 (2)三大戰略：(i)培育融合型新產業；(ii)提高骨幹產業的核心力量；(iii)強化製造業創新基礎。 (3)六大重點領域：(i)IT、軟體創新性應用；(ii)推動 IT、軟體與製造業融合，培育增長點；(iii)確保骨幹產業的材料、配件生產的主導權；(iv)強化製造業的軟實力；(v)有針對性培養人才、提供產業用地；(vi)打造成東北亞研發中心。 (4)由企業主導製造技術創新，而政府扮演營造環境的角色。 (5)由政府與民間人士組成的“製造創新委員會”，聯合經濟團體、各產業協會、主要大企業、中堅、中小企業和學界共同落實製造業創新 3.0 戰略，相關具體發展規劃正在制定中。 (6)提出流程創新，素材與零組件主導製造業創新基盤為目標。
中國	2014	中國製造 2025	(1)五項重點工程：(i)製造業創新中心（工業技術研究基地）建設工程；(ii)智能製造工程；(iii)工業強基工程；(iv)綠色製造工程；(v)高級設備創新工程。 (2)十大重點領域：(i)新一代資訊科技產業；(ii)高檔數控工具

國家	年度	政策	發展動向
			<p>機和機器人；(iii)航空航天裝備；(iv)海洋工程裝備及高技術船舶；(v)先進軌道交通裝備；(vi)節能與新能源汽車；(vii)電力裝備；(viii)農機裝備；(ix)新材料；(x)生物醫藥及高性能醫療器械。</p> <p>(3)八個戰略支撐與保障：(i)深化體制機制改革；(ii)營造公平競爭市場環境；(iii)完善金融扶持政策；(iv)加大財稅政策支持力度；(v)健全多層次人才培育體系；(vi)完善中小微企業政策；(vii)進一步擴大製造業對外開放；(viii)健全組織實施機制。</p> <p>(4)主要指標：(i)創新能力；(ii)品質效益；(iii)兩化融合；(iv)綠色發展。</p> <p>(5)《中國製造 2025》也成為中國大陸第一個橫跨兩個五年計畫，包括十三五（2016 年至 2020 年）與十四五（2021 年至 2025 年）之製造業十年發展綱領。</p>
台灣	2015	生產力 4.0 計畫	<p>(1)二個政策目標：(i)推動過程中，可以達到產業轉型並做到產業加值化；(ii)台灣有能力在國際市場推出新一代具有競爭力的產品或服務。</p> <p>(2)三個努力方向：(i)徹底掌握關鍵技術；(ii)學習自行車產業的 A Team 模式，鏈結角落的小團隊和技術，可以對外打國際戰爭；(iii)在職人才的新技能訓練、培養、再轉型更為關鍵，結合產業界和學界能量，打造真正所需要的人才。</p> <p>(3)六大主軸策略：(i)最佳化領航產業智慧供應鏈生態系統；(ii)催生新創事業；(iii)促進產品與服務國化；(iv)掌握關鍵技術自主能力；(v)培育實務人才；(vi)挹注產業政策工具。</p> <p>(3)目標是十年內可讓一個人領兩份薪水、完成三份工作。</p> <p>(4)十年期計畫上路初期，將優先在工具機、3C、醫療、農業等七個領域，導入物聯網、智慧機器及大數據等相關技術。</p> <p>(5)生產力 4.0 計畫將自 2017 年開始啟動。</p>

資料來源：參考工研院產業經濟與趨勢研究中心(IEK)資料，本研究修正補充。

以下將針對聯合國產業發展組織、歐盟等國際組織，以及重要國家---美國、德國、英國、日本、韓國、中國及台灣等國在推動製造業振興及先進製造技術開發方面之政策與相關措施，作一簡單介紹。

1. 聯合國

2013 年 4 月，聯合國產業發展組織(UNITED NATIONS Industrial Development Organization)提出 21 世紀的製造(21st Century Manufacturing)報告中，指出在 21 世紀的經濟活動、貿易、生產和發展中，製造業仍將扮演一個重要的地位。現今製造方面的問題與議題將有別於 20 世紀末，生產技術已經模組化，實體物品具有資通訊能力，新的競爭者不斷的出現，以及不斷改進的生產技術。報告中針對這些議題，提出改變的方向及企業所面臨的選擇。21 世紀的生產製造將會帶來以下三個願景：(i)藉由自動化與大量使用、整合資通訊技

術，來滿足大量客製化與智慧產品的生產；並創造有別於傳統，更舒適、更人性化的工作環境；(ii)克服勞動力短缺問題，實現分散式製造與都市內製造共存的情境，並提高工業區資源的使用效益；(iii)滿足廠商持續發展的需求，實現綠色生產，並提高能源與資源的使用效率。(Ludovico Alcorta, 2013)

2. 歐盟

歐盟再工業化戰略的總體目標設定到 2020 年要將工業產值占 GDP 的比重提升到 20%。這個目標雖然很明確，但卻不是簡單地直接基於現有產業結構來提升製造業與工業所占的比重所能達成的，而是試圖藉由推動一批新興產業的創生與發展，同時對現有產業高附加值環節的強化再造，其發展核心在迎接新一輪工業革命發展的機遇，並藉此重新建構工業與製造業的產業價值鏈。

有鑒於此，歐盟委員會在歐債危機衝擊後的低迷經濟形勢下，要如何啟動投資？又如何將投資與產業結構升級相結合？已經做過大量的研究，並據此為再工業化戰略設計一套較為全面的系統性實施框架。這個實施框架可歸納成四大支柱與六大優先領域；商業信心、市場需求、資金來源與勞動者技能是決定工業投資的四個關鍵要素，基於此，歐盟為實施再工業化戰略設計了四大支柱，分別是鼓勵新技術研發與創新、改善市場條件、增加融資機會、培育人力資本與技能轉型，旨藉此在形成綜效，共同支撐起持續的投資通道。

目前歐盟工業總體產出僅相當於 2004 年的水準，而從內部經濟的循環來看，工業部門投資難以恢復往日水準正是整體經濟復蘇乏力的癥結所在。因此，再工業化戰略除從整體上向投資者釋放積極訊息，以提振信心之外，還將透過這個實施框架從重點領域、市場、融資、人力資本等多方面著手，試圖提供一個初始的推動力道，使工業投資能夠重新進入良性循環的軌道，推動產業結構升級，進而實現提升競爭力與經濟持續成長的最終目標。(孫彥紅，2013)

智慧型先進製造系統，是歐盟明定的六大關鍵使能技術之一。歐盟第七框架未來工廠(Factories of the Future)計畫目標在開發先進微製造技術與其應用，在此計畫中，2014 年度開始實施的展望 2020 計畫(Horizon 2020)與歐盟第七研發框架計畫(FP7))的公私伙伴將持續支助開發高附加價值技術之工業研發計畫，其著眼點在清淨、高性能、環

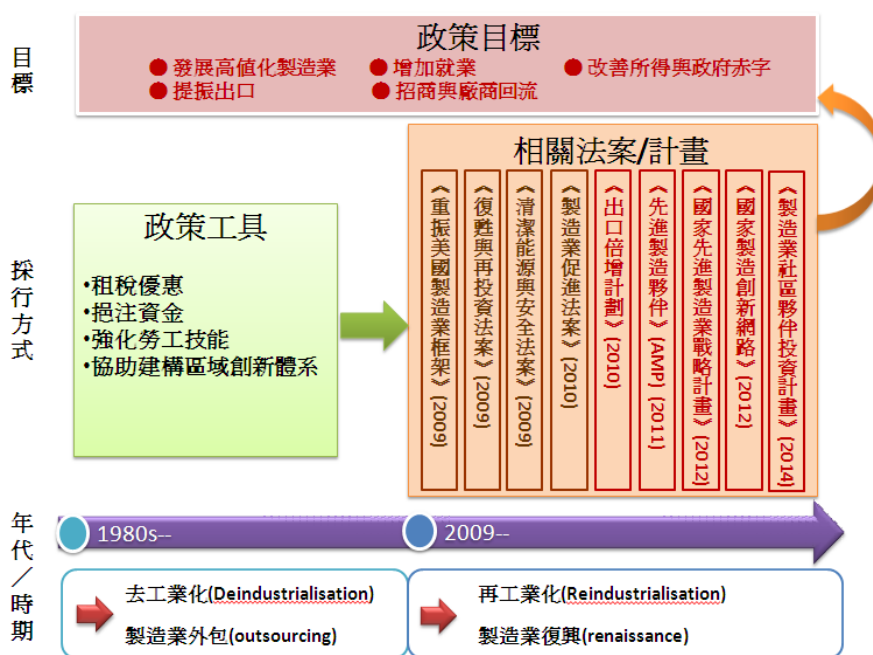
境友善性與有助社會環境永續性的製造技術。在此計畫中，將支助一系列微製造領域的工業研發計畫，以協助歐洲製造業者解決維持高品質製造所面臨的挑戰。此計畫包括六個分項計畫：(i) HiPr Project (www.hipr.eu)---金屬三次元微零件生產技術，可將細小零件的成形導入工業生產；(ii) 3D-HiPMAS (www.3D-hipmas.eu)---開發先進立體電路板成型(MID)微裝配技術的實驗性製造生產線，其目的在以電子零件直接利用三次元形塑零件取代將電子零件安裝在印刷電路板上；(iii) SMARTLAM (www.smartlam.eu)---開發由不同材料性質的功能性薄片積層，製造出中小型微零件的快速製技術；(iv) HINMICO (www.hinmico.eu)---開發高品質多材料組成的微零件，藉由更高整合度、更高效率且更便宜的製程，並增加其功能的技術；(v) Micro-FAST (www.micro-fast.eu)---藉由克服各材料在製造過程中的挑戰(包括金屬材料、複合材料、陶瓷材料及高分子材料等)的全新量產用製造系統；(vi) FaBiMed (www.fabimed.eu)---利用彈性具成本效益的工具製造技術、精密複製技術及檢驗技術，藉助同步工程、整合創新方法製作出三種不同的醫療裝置用微的零件，其包括：(i)利用藥物動力學可程式控制的無痛給藥微針陣列；(ii)照護點用小型可棄式實驗室晶片(Lab-on-a-chip)；(iii)導尿管用的小型高解析度超音波轉換器微陣列。(Andrea Pestarino, 2015)

3. 美國

2009 年，歐巴馬總統上任之後，旋即推出「2009 年美國復甦與再投資法 American Recovery and Reinvestment Act of 2009 (ARRA)」，提出「重振美國製造業框架(Manufacturing Revival Strategy)」如圖 8 所示，將新興產業訂為美國新型態工業化的發展目標。到 2010 年，再推出「國家出口倍增計畫(National Export Initiative, EI)」法案以推動出口、製造業成長為主要目標。2011 年「先進製造業夥伴關係計畫(Advanced Manufacturing Partnership, AMP)」，則以提升本土製造為核心。2012 年的「委外工作轉回美國計畫 (Insourcing American Jobs)」，則是透過提供減稅優惠，鼓勵製造業回流美國，並於 2012 年 2 月提出「國家先進製造業戰略計畫(A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing)」。

美國推動製造業回流與再工業化政策的主要目標：(i)金融風暴後體認製造業對支撐經濟成長的關鍵角色；(ii)確立製造業振興與高值發

展的產業結構調整方向；(iii)發展先進技術做為美國製造業競爭力的核心。其主要政策思維則是：(i)創新導向；(ii)以先進技術帶動新興產業發展及既有產業升級；(iii)建立連結以建構創新體系；(iv)產官學研整合平台[國家製造創新網絡(National Network of Manufacturing Innovation, MMI)]；(v)考量產業聚落特性；(vi)結合既有產業基礎(包括中小企業)。



資料來源：參考中華經濟研究院，如何運用美國製造業回流政策調整我產業發展及貿易政策資料，本研究重繪，
<http://idac.tier.org.tw/DFiles/20140915155150.pdf>。

圖 8 重振美國製造業框架

歐巴馬政府推行一系列再工業化(Reindustrialization)政策所獲得的成果，也確實吸引到不少製造業者回流美國本土，甚至於外國廠商也相繼赴美國投資生產，相關廠商近年宣布返(赴)美國投資生產情形整理如表 2。依據 2010 年美國競爭法再授權案(America Competes Reauthorization Act of 2010)第 102 條，國家科學技術委員會(National Science and Technology Council, STC)的技術委員會必須制定一份指引聯邦政府如何支援先進製造活動與計畫之國家戰略。2012 年 2 月，NSTC 以總統科學技術顧問委員會(President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST)的建議為基礎，進一步擬定了國家先

進製造業戰略計畫 (A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing)。其中包括五個戰略目標與相關行動方案，重點內容如下：(1)加速中小企業投資；(2)強化勞動力技能；(3)建立合作夥伴關係；(4)統籌聯邦政府投資，以達到最佳成果；(5)提升美國全國對先進製造之研究發展投資。(尤如瑾，2012)

表 2 廠商近年宣布返(赴)美國投資生產情形

企業名稱	主要產品	說明
福特汽車(Ford Motor)	汽車	2011 年 10 月宣布美國工廠增加僱用 12000 個時薪職缺，並調整中國、墨西哥、日本等地的生產線供應鏈，將部分汽車移回美國本土工廠生產。
開拓重工 (Caterpillar Inc.)	車軸、怪手鑽孔機 (Excavator Drill)	在德州政府提供土地及減稅誘因下，計畫縮減在日本伊利諾州之鑽孔機生產線，而擴大在德州生產怪手鑽孔機，2011 年 11 月在北卡羅萊州投資的車軸新廠開始生產，僱用 400 人以上員工，所生產的車軸組件九成以都將出口。
奇異公司 (General Electric Company, GE)	洗碗機	2011 年投資 10 億美元肯塔基州設立家電園區，所生產的新型洗碗機售價為 US\$1,199，因生產效率提升 68%，使其比原來在中國製造的產品價格下降 US\$400。
NCR	自動櫃員機 (ATM)	決定以喬治亞州哥倫布科技區為其北美製造中心，2012 年 5 月第二個廠房開工生產，僱用 300 人以上員工。
ET Water Systems	灌溉控制系統	將中國大連的生產組裝業務移回美國加州聖荷西，在美國製造更迅速、成本更低，也可提高產品品質，並加速創新。
All-Clad Metalcrafters	炊具	將鍋蓋生產自中國移回美國，以便接近市場與母廠，降低生產成本。
AmFor Eletronics	客製化線束	將線束生產移回俄勒岡州波特蘭，以便快速交貨及易於作設計修正，並將部分在中國與墨西哥的組裝業務也移回波特蘭。
特斯拉汽車 (Tesla Motors)	電動汽車	曾經，特斯拉(Tesla)不能沒有台灣。四分之一的零組件，在台灣生產；電動車的心臟：馬達，在桃園的林口工業區、特斯拉工廠生產。但特斯拉為了提高產品自製率，並申請美國政府 4.65 億美元的補助，2009 年年底，正式關閉台灣分公司，將生產產線移回加州。
蘋果公司(Apple Inc.)	手機、平板電腦	鴻海集團的下一個階段佈局，正在評估轉往美國設廠，同時在東、西岸各設一處總部，將電子模具、電子零件加工等，以及較具自動化優勢的生產線轉

企業名稱	主要產品	說明
		移美國新設的工廠生產，甚至計劃在美投資建置十代面板生產工廠。
三星電子 (Samsung Electronics)	半導體	投資 40 億美元擴建其在美國德克薩斯州奧斯丁的晶片工廠，2013 年下半年完全投產，擴大邏輯晶片的生產。
空中巴士公司 (Airbus SAS)	飛機	在阿拉巴馬州 Mobile 設立該公司第一個美國生產設施，未來將生產 A320 機種飛機，全面運作後預計將創造 1,000 個工作機會。
豐田汽車 (Toyota Motors)	廂式旅行車	規劃在印第安那州生產廂式旅行車，並將產品出口到亞洲。

資料來源：參考尤如瑾(2012)，美國的先進製造政策及其影響資料，本研究整理修正，

美國總統科技顧問委員會於 2014 年 10 月發布「加速美國先進製造業 (Report to the President Accelerating U.S. Advanced Manufacturing)」，亦稱美國先進製造伙伴計畫 2.0(Advanced Manufacturing Partnership 2.0, AMP2.0)。提出將透過構建國家級的創新網絡、保證創新人才流動管道暢通及打造良好的商業環境等三項關鍵措施，繼續保持美國在全球創新的領先地位。在 AMP2.0 中訂定先進製造技術優先發展的三大技術領域，包括：先進感測器、控制及製造平台技術(Advanced Sensing, Control, and Platforms for Manufacturing, ASCPM)；視覺化、資訊化及數位化製造技術(Visualization, Informatics and Digital Manufacturing, VIDM)；先進材料製造(Advanced Materials Manufacturing, AMM)。(PCAST, 2014)

2012 年 2 月，美國總統行政辦公室與國家科技委員會公布「先進製造業國家戰略計畫」，正式將先進製造業提升為國家戰略。在此戰略計畫中提出五個目標：(1)透過培育更有效率的聯邦能力和設施的使用，加速對先進製造業技術的投資；(2)增加正在發展的先進製造業部門所需的有技能工人供給數，使教育與培訓系統對技能需求積極回應；(3)建立及支援全國與地區的公私機構、政府-企業-大學之間的合作，以促進對先進製造技術的投資與資源配置合理化；(4)透過跨部門的投資組合最佳化聯邦政府對先進製造業投資，並適時調整；(5)增加美國公共部門與私人部門對先進製造業研究發展的總投資。

2012 年 3 月，歐巴馬政府提出國家製造創新網路計畫(National Network for Manufacturing Innovation, NNMI)，倡議與企業、大學及社區共同建置全國製造創新研究網路；提出由聯邦政府出資 10 億美元，在 10 年內成立 15 個製造業創新研究所(Institute for Manufacturing Innovation, IMI)。IMI 是以德國法隆霍弗研究院(Fraunhofer Institute)為範本，將建立 15 個獨特的研究所作為區域製造創新中心。2013 年，歐巴馬政府又追加提出 10 年內將創建 45 個製造創新研究所的倡議。製造創新研究所的合作夥伴包括企業、大學、科技實驗室、非營利組織、聯邦政府、州及地方政府等。原則上，每一個製造創新研究所都可以獲得聯邦政府資助 7,000 萬美元以上，非聯邦政府及其他機構則以大於 1：1 的比率提供配合資金。初期，以聯邦政府資金投入為主，兩三年後逐漸減少，研究所的私人部門資金則會持續增加；在 5-7 年內創新研究所透過會員費、服務收費、合作研究、產品試製等方式獲取收入，並逐步實現自負盈虧的營運方式。

到 2015 年 1 月止，歐巴馬政府在催促美國國會通過資助這個倡議法案的同時，也透過行政命令啟動五個製造創新研究所，包括：(1)2012 年 8 月在俄亥俄州揚斯頓市(Youngstown City)設立第一個製造創新研究所---增材製造創新研究所(The National Additive Manufacturing Innovation Institute)；(2)2014 年 1 月在北卡羅來納州羅利市(Raleigh City)建置第二個製造創新研究所---新一代電力電子製造創新研究所(The Next Generation Power Electronic Manufacturing Innovation Institute)；(3)2014 年 2 月在伊利諾州芝加哥市(Chicago City)建置第三個製造創新研究所---數位製造暨設計創新研究所(The Digital Manufacturing and Design Innovation Institute)；(4)2014 年 2 月在密西根州底特律市(Detroit City)設立第四個製造創新研究所---輕量新金屬製造創新研究所(The Lightweight and Modern Metals Manufacturing Innovation Institute)；(5)2015 年 1 月在田納西州諾克斯維爾市(Knoxville City)建立第五個製造創新研究所---先進複合材料製造創新研究所(The Advanced Composite Manufacturing Innovation Manufacturing Institute)。

此外，在 2015 年內，歐巴馬政府還將成立四個製造業創新研究所，包括：(1)將成立整合光電子製造創新研究所(The Integrated

Photonics Manufacturing Institute)，由國防部主導。(2)國防部將出資 7,500 萬美元作為啟動基金，成立「彈性混合型電子製造創新研究所」(Flexible Hybrid Electronics Manufacturing Innovation Institute)。(3)美國能源部宣布將成立「在智慧製造中應用的清淨能源製造創新研究所」(Clean Energy Manufacturing Innovation Institute on Smart Manufacturing)，能源部將出資約 7,000 萬美元，由企業、大學等組成的研究機構也將投資 7,000 萬美元。(4)國防部也承諾出資 7,500 萬美元成立「革命性纖維與紡織品創新製造研究所」(Revolutionary Fibers and Textiles Institute for Manufacturing Innovation)，主要廠商、大學及非營利機構組成的團體將組成革命性的纖維和紡織品的新技術製造中心，以至少 1:1 的出資額度，將由企業、公共及私人投資基金等投入超過 1.5 億美元。(甄炳禧，2015)

除此之外，奇異公司也與康寧、輝瑞等當地企業，以及美國能源署、加州大學洛杉磯分校(UCLA)等機構，共同合作成立一個非營利性質的智慧製造領導產業聯盟(Smart Manufacturing Leadership Coalition, SMLC)，倡議致力於製造業的未來發展，智慧製造領導聯盟是一個非營利性組織，由製造業公司、供應商、技術公司、製造商集團、大學、政府機關及實驗室所組成。聯盟的目標是讓這些製造業的利益相關者形成合作研發、實際應用及推廣的團體，將可以開發出相關的方法、標準、平台及共享的基礎架構，促進智慧製造的推動與廣泛應用。

4. 德國

德國聯邦政府在 2011 年 1 月啟動高科技戰略 2020(High-Tech Strategy 2020)，藉以調整德國國家創新結構的缺失，包括：教育體系與創業行動，其重點在：(1)跨部門合作評估風險資金減稅，並在現有的 EXIST 計畫(EXIST Initiative)下支援大學成立公司；(2)由經濟科技部提出人才培育方案，藉以提升並善用德國工業人才的潛能，並積極爭取國外優秀人才；(3)致力通過 EU-Patent 及統一歐洲專利審判制度；另外，為因應奈米科技等共通性基礎科技之未來發展，對量測方面亦將進行全面修法；(4)要求公部門每年編列約 2,00 億歐元（約 10 兆新台幣）採購預算進行創新採購；(5)在工業共同研究領域中，經濟科技部也對企業競爭前合作研究計畫提供獎助；另一大型獎助則是針對產品即將上市的創新計畫給予長期且低利貸款的援助；(6)在能源計畫中明訂目標為：到 2050 年時一次能源的使用率減半，應用於電力消

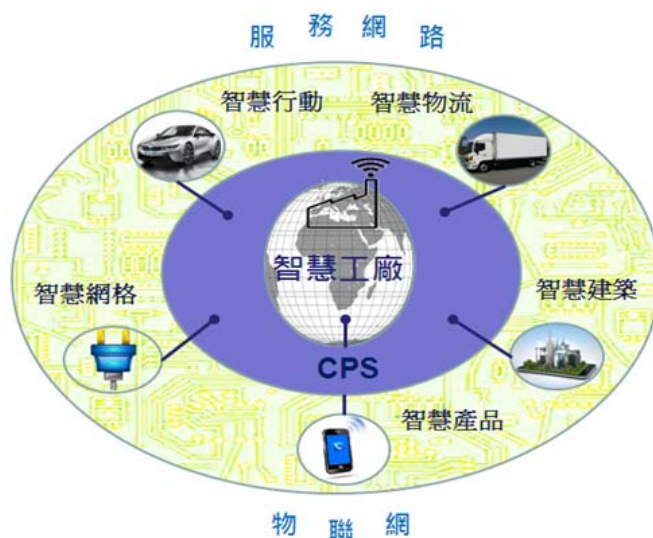
費的再生能源比例將提高到 80%，在工業技術方面必須因應此種情勢之變化，調整研發投入的方向；(7)成立單獨預算支援電動車價值創造鏈，並以 2020 年德國街頭有百萬輛電動車為目標；(8)國家航空研究計畫則加強聚焦於永續航空運輸與新物質的創新生產方法，並將在此領域之前瞻研究成果應用至其他工業領域。

2012 年 7 月，德國化工聯合協會提出「強化工業德國」倡議，希望德國政府持續以各項措施協助維持與擴大化工業的技術優勢。同年，德國聯邦政府頒布的「高科技戰略行動計畫」，其中一項未來計畫為「工業 4.0」(Industrie 4.0)。此計畫的重點為：(1)在軟體密集嵌入系統的領域，並強調研究開發「網路實體整合製造系統(Cyber Physical System, CPS)」；為強化工業自動化發展，達到引導及最佳化企業與整體價值創造鏈的目的，發展智慧型監控與自動決策生產過程乃至關重要的基礎建設；(2)第四次工業革命的機會不僅是企業生產過程的最佳化，更開啟了多項應用領域的服務商機；CPS 網路實體整合製造系統將會在未來德國生產製造業的競爭力中，扮演著決定性的角色；(3)推動未來的就業機會與服務，在智慧工廠(Smart Factory)與智慧生產(Smart Production)中，人機互動的新模式將扮演重要的角色，這種改變過程不僅會帶來全新的服務模式，也會帶動就業機會增加；(4)網路是開放的領域，社會所有的族群都可以藉此受惠；在第四次工業革命的經濟發展過程中，應該自一開始便將社會認可的價值及規範整合進去；(5)建置基礎建設與確保開放的標準，以此做為推動網路化中，安全且可信賴的商業交易過程的基礎。(吳彥寬等，2012)

德國於 2012 年提出工業 4.0 計畫，如圖 9 所示；作為落實「2020 高科技戰略」的十大未來計畫之一，戰略諮詢委員會希望在生產製造過程中，導入結合運算、通訊、控制功能與感測器的網路實體生產製造系統(Cyber-Physical-System, CPS)的智慧整合感控系統，串連物聯網與服務網絡，到 2020 年時建置以 IP 網路自動化生產的智慧工廠，形成「智慧製造+服務」的全新商機與商業模式，達到垂直整合工廠與企業管理流程，且完成從訂單到交貨的水平價值創造網路的連結。

德國政府已將工業 4.0 政策，納入「高科技戰略」(High-Tech Strategy)之中，將傾全國之力全面推動，預計到 2030 年之前可以看到初步成效。目前投入工業 4.0 計畫的整體執行經費仍屬有限，截至 2013 年底，德國政府補助金額雖僅 2 億歐元(約合新台幣 82 億 5,700 萬元)，

不過民間企業配合度相當高，包括：博世(Bosch)、西門子(Siemens)等大廠，都已配合德國政府積極投入，相信官方與產業界未來投入的資源，將會持續增加。另外，德國正在打造的完全數位化「製造生產系統---網路實體整合製造系統(Cyber-Physical-System, CPS)」，將全面整合網路技術、軟體技術、物聯網(Internet of Things, IoT)技術、雲端運算技術與大數據(Big Data)技術等，希望供作工業 4.0 的展示熱點。



註：1. GPS: Cyber-Physical-System.

2. 在工業 4.0 的生產環境中，主要係由物聯網及服務網路所組成的智慧型生產工廠。

資料來源：參考 Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 資料，本研究重繪。

圖 9 工業 4.0 的組成元素

5. 英國

英國政府為扭轉製造業發展劣勢，展開一連串措施，以企重整其製造業。2010 年 11 月英國政府決定由先進製造開始展開評估工作。同年 12 月，英國商業、創新與技能部與財政部共同公布先進製造業成長評估框架(Growth Review Framework for Advanced Manufacturing)報告，以及英國製造業整體評估分析報告。

表 3. 英國製造業未來發展的五大策略主軸

策略方向	內涵
資源效率	在資源與能源限制下，確保英國製造技術優勢。
製造系統	創造更有效率與更高性能的製造系統，提升英國製造科技的全球競爭力。

策略方向	內涵
材料整合	利用新的製造技術整合新材料、塗料與電子零組件，創造出更具創意的產品。
製造程	發展出更新、更精實與更具成本效益的製造程序。
商業模式	打造全新的商業模式，以實現更高的價值系統。

資料來源：依據 Technology Strategy Board, A Landscape for the Future of High Value Manufacturing in the UK 資料；本研究整理製表。

在投入重點方面，劍橋大學(University of Cambridge)製造研究所(Institute for Manufacturing, IfM)也接受英國技術策略委員會(Technology Strategy Board, TSB)的委託，針對未來十五到二十年間英國製造業的發展方向與策略進行為期六個月的研究，並於 2012 年 2 月 23 日的製造高峰會上公布「英國高值製造的未來展望」(A Landscape for the Future of High Value Manufacturing in the UK)報告，主要提出五大策略主軸(見表 3)、足以影響未來發展之重要趨勢，以及在高值製造領域中 22 項深具發展潛力的關鍵技術，參見表 4。(吳彥寬等，2012)

表4. 英國技術策略委員會提出高值製造22項相關的潛力技術

類別	細項技術
資源效率	(i)能源生產、儲存、管理與安全。 (ii)永續與產品全生命周期的設計、製造。 (iv)生技、生物與合成生物製程。 (iii)輕量車輛、結構與裝置之設計與製造。
製造系統	(i)飲品、醫藥及化學品製程工程能力。 (ii)小型與微型化之設計與製造。 (iii)系統模型建立與整合設計/模擬。 (iv)自動化、機械化與人機介面。 (v)隨插即用(Plug and Play)產品製造。 (vi)依規模、成本與經濟效率不同之新式機械轉換程序。 (vii)了解、設計與製造按配方制造的產品。
材料整合	(i)智慧、混合與多重材料。 (ii)智慧系統與內嵌式電子元件。 (iii)先進塗料的發展與應用。
製造製程	(i)彈性及適應性製造。 (ii)將產品開發步驟結合到平行/同步工程中。 (iii)積層製造。 (iv)淨形與近淨形製造。

類別	細項技術
商業模式	(i)管理價值鏈環節，以支援高價值製造。 (ii)建構新商業模式，以支援高價值製造。 (ii)培育及留住技術人才，以支援高價值製造。 (iii) 管理風險與彈性，以支援高價值製造。

資料來源：依據Technology Strategy Board, A landscape for the future of high value manufacturing in the UK資料；本研究整理製表。

在實際執行措施方面，英國係透過整合研究機構與鼓勵產學合作，來推動先進製造相關的學術研究與產業界的研發：第一，由英國工程暨物理科學研究委員會(Engineering and Physical Sciences Research Council, EPSRC)投入 4,500 萬英鎊(約新台幣 21.3 億元)經費資助創新製造之超精密研究中心(EPSRC Centre for Innovation Manufacturing in Ultra Precision)、創新製造之智慧自動化研究中心(EPSRC Centre for Innovation Manufacturing in Intelligent Automation)及創新製造之先進檢測研究中心(EPSRC Centre for Innovation Manufacturing in Advanced Metrology)等九個創新製造相關研究機構，並撥款 600 萬英鎊資助製造業的未來尖端技術研發。第二，由英國技術策略委員會(TSB)負責，在未來四年內將投入總額達二億英鎊的經費，籌建國家級技術創新中心；並敦請英國工業聯合會(Confederation of British Industry, CBI)製造委員會主席 Andrew Reynolds-Smith 擔任外部評審團主席，從提出申請的 140 個機構中，評選出：(i)Rotherham 先進製造研究中心(Advanced Manufacturing Research Centre, Advanced Manufacturing Park, Rotherham)，(ii)Rotherham 核能先進製造研究中心(Nuclear Advanced Manufacturing Research Centre, Advanced Manufacturing Park, Rotherham)，(iii)Coventry 製造技術中心(Manufacturing Technology Centre, Coventry)，(iv)Strathclyde 大學先進成型研究中心(Advanced Forming Research Centre (AFRC), University of Strathclyde)，(v)Bristol 大學國家複合材料中心[National Composites Centre (NCC), University of Bristol]，(vi)Wilton & Sedgefield 加工創新中心(Centre for Process Innovation, Wilton & Sedgefield)，(vii)Warwick 大學 WMG 國際製造中心(WMG International Manufacturing Centre)等七個研究機構，並將其整合成為英國高值製造技術創新中心(High Value Manufacturing Technology Innovation Centre)。第三，同步推動英國先進製造相關技

術研發與產業發展，並擴大廣受好評的製造業諮詢服務業務，增加 700 萬英鎊預算，集中專家資源於製造業供應鏈方面的研發，著重在提高整體生產力。另一方面，針對具創新能力的產業界人士或具潛力之製造相關領域的研究人員，額外提供最長為期五年的獎助學金，鼓勵其從事先進製造相關領域之進修研究。(吳彥寬等，2012)

6. 日本

製造業占日本經濟舉足輕重的地位，2004 年製造業約占全國 GDP 的 21%，2006 年製造業出口約 5,107 億美元，約占總出口額的 80%，參見表 5。

表5 2006年日本與美國製造業比較

指 標	日 本	美 國
GDP(US\$ Billions)	4,360	13,246
出口（產品、服務）(US\$ Billions)	647	1,037
製造業出口(US\$ Billions)	510.7	924
製造業出口占總出口額的比重(%)	80%	63%

資料來源：日本貿易振興機構、WTO、經濟學人資訊部、國際貨幣基金組織。

目前日本提升製造業競爭力促進經濟發展的政策，主要朝著四個面向開展：(i)在官、產、學、研各個層面同步推動創新計畫；(ii)科技研發經費投入與製造業競爭力戰略路線圖之間維持緊密的配合，並且資助情況良好；(iii)將人力資源視為製造業競爭力的關鍵；(iv)產業界同步採取宏大的製造業競爭力戰略，而且幾乎沒有接受政府的直接資助或是干預。

(1)創新計畫「Innovation 25」

歷經十餘年經濟停滯之後，日本正在尋求各種途徑，來促進經濟擴張，特別是製造業部門。在學術界、政府及產業界之間正展開一項頗具凝聚力的創新工程。在日本經濟發展的各個部門中，大家普遍相信創新是提高生產力、保持強勁的經濟成長及全球競爭力的關鍵所在。創新不僅被看成是技術發明，也被認為是一項廣義的社會變革，對於創造新的社會體系與價值觀都會有新的想法和發現。2006 年，日

本首相提出 Innovation 25 計畫，勾勒出一個長期的戰略目標，其核心內容只有一個---即創新，主要目的是希望在日本逐漸步入老年化社會的時候，仍然能夠保持經濟適度的成長。

(2)戰略路線圖：科技研究發展與產業緊密配合

日本政府的科技發展戰略路線圖的特點是科技研究發展必須維持與產業界緊密地配合，彼此之間有良好的協調性、組織性與連貫性，且資助情況良好。科技發展戰略路線圖包含以下關鍵部分：(i)根據研究發展的不同階段提供不同程度的研究資金。(ii)建立一個可持續、漸進的產業界、學術界與政府之間的合作關係。(iii)促進新技術在公共部門的應用。(iv)促進私營企業的創業活動與研發投入。日本通過大型商業化計畫來管理研發投入，以及加強產、官、學、研之間的合作，希望借此提升其製造業的競爭力，此即創新高速公路理念：公-私部門間密切的合作 (Innovation Highway Concept: Public-Private Sector Collaboration)。

(3)人力資源與教育：人才培育

日本將人力資源視為提升製造業競爭力的關鍵，通過培養開拓性技術拔尖人才與基礎研究人才，來提高基礎研究的比重，並在此基礎上開發創造性的應用。日本政府提出一系列計畫，建構成日本人才總體戰略。日本人才戰略的具體內涵概括有以下幾個計畫：(i)日本經濟產業省及文部科學省負責 240 萬科技人才開發綜合推進計畫。日本政府決定，從 2002 年 6 月開始實施大量培養科技人才的國家戰略。目標為到 2006 年，培養精通資訊科技、環境、生物、奈米材料等尖端技術的人才 240 萬人。(ii)文部科學省主導 21 世紀卓越中心計畫(Global COE)。在 2002-2004 年間創立了 274 個卓越中心，五年中對每一個項目資助額度約為 110 萬美元，總金額達到 15 億美元。專案通過資助設立世界級研究及教育基地的方式，在日本大學中培養競爭型學術氛圍。(iii)文部科學省制定科學技術人才培育綜合計畫，此計畫將培養產業人才列為重點目標。日本還將提高勞動力的移動性、吸引外國直接投資及引進海外人才、創新型市場機制等視為提升製造業競爭力的關鍵。(iv)日本政府的產業政策與私營部門的競爭力戰略，日本政府採取高起點行業標準、嚴格反壟斷措施及嚴格的智慧財產權保護制度等措施，都是日本保持其製造業競爭力的關鍵。此外，日本政府的產業政

策近期也出現一些新變化，新的大學技術移轉許可辦法，大學教授也可以創立公司且無需政府批准等。面對來自於中國的製造競爭力的壓力，日本產業界迅速與大學建立了合作關係[例如產、官、學的合作典範：石川科學園區(Ishikawa Science Park)等]，以獲取提升製造競爭力的關鍵技術，並快速商品化。(Jane Corwin; Rebecca Puckett, 2009)

1990 年 4 月，日本政府在通產省轄下成立機器人與工廠自動化國際研究所(International Robot and Factory Automation Technology Center)；1995 年，正式邀集美國、加拿大、澳洲、瑞士、韓國及歐盟等國家共同參與為期十年的智慧型製造系統(Intelligent Manufacturing Systems, IMS)國際合作研究計畫，在 2005 年十年屆滿之後，將執行方式，修改為每項計畫執行滿五年後，必須進行評估，再據以確認是否再繼續執行。此計畫最初是為了克服彈性製造系統(FMS)及電腦整合製造系統(CIMS)的局限性，將日本工廠的加工製造專業技術與歐盟國家的精密工程技術及美國的系工程統技術，三者完善地整合起來，希望能開發出人與智慧設備之間，不會受到生產操作與國界限制的智慧型製造系統，所進行的共同開發高級技術製造加工系統的國際合作研究計畫。IMS 的目標是全面展望 21 世紀製造技術的發展趨勢，預先開發出下一代的製造技術，同時致力於將全球的製造資訊、製造技術系統化地整合與標準化的重整研究。

為扶植先進製造業，日本於 2010 年 2 月 10 日在經濟產業省轄下成立產業結構審議會，並成立產業競爭力研究部；2010 年 5 月，產業競爭力研究部公布「產業結構藍圖」，2010 年 6 月日本內閣通過的「新增長戰略」，並規劃日本經濟從 2011 年到 2020 年的調整路徑，其中包含對先進製造業的發展構想與相關的支持政策。根據「產業結構藍圖」，日本政府已經核定旨在提高產業競爭力的「產業結構藍圖」。根據此藍圖，日本今後將集中力量發展基礎設施出口、環境能源產業等五個領域，希望到 2020 年創造出規模達 149 萬億日元的市場，並增加 258 萬個就業機會。日本未來將重點發展以下五個領域的產業：(1)核電廠、航運、鐵路等方面的基礎設施的出口；(2)環保車輛等環境能源技術；(3)文化產業；(4)醫療、照護、健康及育嬰方面的服務；(5)機器人、航空太空等尖端技術。根據日本政府去 2010 年提出的新增長戰略，到 2020 年，日本名義國內生產總值平均每年將成長 3%，年均實際經濟成長率為 2%。為實現此目標，日本必需從根本上進行產業結

構的調整轉型，增加經濟活力與競爭力。

在 2014 年 4 月，日本行政法人科技振興機構開發戰略研究中心 (Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency, CRDS JST) 成立一個針對下一代製造技術基礎技術的跨部門小組進行深入探討，目前先進行「下一代製造：基礎技術與平台整合戰略」調查研究；探討議題包括：(i) 在製造業中產生了怎麼樣新典範？為加快這個新典範的移轉，其基礎技術如何快速建立？(ii) 為促使日本製造業贏得國際競爭優勢，應該如何建立未來的製造文化？(iii) 應如何推動日本的下一代製造技術相關的研究發展？

在其 2014 年 12 月公布的期中調查報告中顯示：此項研究是針對支撐製造業與製造技術新時代的基礎技術進行全面性的研究，企望其結果能提供擬訂國家促進製造業發展方案的討論基礎。另外，對支撐下一代製造技術的新基礎技術中的設計技術與製程技術方面，也進行一些較深入的研究。而且，針對利用網路服務提供的製造應用戰略方面，就以下二個策略議題，探討如何擬定具體推動的相關措施。策略一：服務系統與製造整合---以資訊與通訊技術為核心的服務系統基礎設施的建設與製造業服務化為主軸，推動日本製造業發展的新方向；據此，邀集各領域的相關專家學者，共同參與研商，訂定出具體研究開發議題的技術發展路徑圖。策略二：加速具全球競爭力的製造技術進入市場---製造基礎技術開發的目標，在展開從永續的分散式網路型研究開發據點的準備、相關要件研究，到服務系統驗證等一連串的整合型研究；並應採取產、官、學合作方式進行。另外，希望本項調查報告能在規劃第五期科學技術基本計畫時，協助訂定加強日本製造業國際競爭力的政策方向；此外，也希望能提供長期推動日本科技創新的產業界、大學、研究機構、政府機關及非營利組織等利害關係者，在討論下一代製造技術發展時的討論依據。(科學技術振興機構 研究開發戰略センター，2014)

2015 年 2 月，日本機器人革命實現會議公布日本機器人發展策略：展望、策略、行動計畫(Japan's Robot Strategy —ビジョン・戦略・アクションプラン—)，計畫書中指出機器人革命可用下列三點來說明：(i) 傳統機器人將會因為感測器及人工智慧的導入，而進入一個新的境界，汽車、家電、行動電話或房子都可被視為一台機器人；(ii) 機器人的使用範圍將不再侷限於製造，將擴展到日常生活的各個層

面；(iii)機器人的使用，將會導入社會生活的各個層面之中，如此將使得這個社會更方便、富裕與繁榮。為因應這些變革，機器人的發展必須有所改變；日本機器人的發展策略為：(i)機器人的使用必需非常簡單，同時讓機器人的功能非常有彈性，能迎合不同的需求，不同的領域；(ii)創新性，基礎設施必需要到位；(iii)人力資源的發展，培養系統整合人才，資訊科技專才，以開發機器人的核心軟體，此外資訊安全也要給予相當的重視；(iv)開發下一代技術，人工智慧尤其重要，感測、認知、控制為機器人的三大核心技術；(v)全球化，機器人的開發應依據國際標準，包含個人裝置、中介軟體、機器人作業系統、通訊協定、設備互通性、網路型機器人系統、機器人功能評估等。

7. 中國

為實現中國從製造大國邁向製造強國奠定技術基礎。在 2010 年 10 月公布的「國務院關於加快培育和發展戰略性新興產業的決定」及 2011 年 3 月公布的「中華人民共和國國民經濟和社會發展第十二個五年規劃綱要」中，明確指出高級設備製造業領域中的重點方向，關係到國家的經濟發展潛力和未來的發展空間。

2015 年 5 月 19 日國務院正式發佈中國製造 2025，部署全面推進實施製造強國戰略，這是中國實施製造強國戰略的第一個十年行動綱領。中國製造 2025 是中國特色的工業 4.0，為實現其製造業由大到強的大戰略，其中提出三步走戰略：第一步：力爭用十年時間，邁入製造強國行列。掌握一批重點領域關鍵核心技術，優勢領域競爭力進一步強化，產品品質大幅提升。製造業數位化、網路化及智慧化獲得明顯進展。重點產業單位工業加值的能源消耗、原物料消耗及污染物排放明顯下降。到 2025 年，製造業整體素質將大幅提升，創新能力顯著增強，全體勞動生產力明顯提升，兩化(工業化與資訊化)融合將邁入新境界。形成一批具有較強國際競爭力的跨國公司及產業群，在全球產業分工與價值鏈中的地位明顯提升。第二步：到 2035 年時，中國製造業將整體達到世界製造強國陣營的中等水準。創新能力大幅提升，重點領域發展將獲得重大突破，整體競爭力明顯增強，優勢產業將形成全球創新的領導能力，全面實現工業化。第三步：新中國成立一百年時，製造業大國地位將更加穩固，綜合實力也將進入世界製造強國的前列。2020 年和 2025 年中國製造業主要指標如表 6 所示。(中國國務院, 2015)

表 6 2020 年和 2025 年中國製造業的主要指標

類別	指 標	2013	2015	2020	2025
創新能力	規模以上製造業研發經費內部支出占主要營業務收入比重(%)	0.88	0.95	1.26	1.68
	規模以上製造業每億元主要營業務收入的有效發明專利數(件) ¹	0.36	0.44	0.70	1.10
品質效益	製造業品質競爭力指數 ²	83.1	83.5	84.5	85.5
	製造業增加值率提高	---	---	比 2015 年 升高 2 個百分點。	比 2015 年 升高 4 個百分點。
	製造業全體勞動生產率增加率(%)	---	---	7.5 左右(十三五期間 年均增加率)。	6.5 左右(十四五期間 年均增加率)。
兩化融合	寬頻普及率 ³ (%)	37	50	70	82
	數位研發設計工具普及率 ⁴ (%)	52	58	72	84
	關鍵加工程序數值控制比率 ⁵ (%)	27	33	50	64
綠色發展	規模以上單位產業增加值耗能率下降幅度	---	---	比 2015 年 下降 18%。	比 2015 年 下降 34%。
	單位產業增加值二氧化碳排放量下降幅度	---	---	比 2015 年 下降 22%	比 2015 年 下降 40%。
	單位產業增加值用水量下降幅度	---	---	比 2015 年 下降 23%。	比 2015 年 下降 41%。
	工業固體廢物綜合利用率(%)	62	65	73	79

備註：1.規模以上製造業每億元主要營業務收入中的有效發明專利數=規模以上製造企業有效發明專利數/規模以上製造企業主要營業務收入。
 2.製造業品質競爭力指數是反映中國製造業品質整體水準的經濟技術綜合指標，是以品質水準與發展能力兩個面向共計 12 個具體指標計算得出。
 3.寬頻普及率以固網寬頻家庭普及率為代表，固網寬頻家庭普及率=固網寬頻家庭用戶數/家庭戶數。
 4.數位研發設計工具普及率=應用數位研發設計工具的規模以上企業數量/規模以上企業總數量(相關資料來自 3 萬家樣本企業，下同)。
 5.關鍵加工程序數值控制率為規模以上工業企業關鍵加工程序數值控制率的平均值。

資料來源：中國國務院(2015)，中國製造 2025 檔印發：實現製造業強國戰略(全文)，本研究整理。

在中國製造 2025 中的製造業創新中心(工業技術研究基地)建設將包括：滿足重點產業轉型升級及和新一代資訊科技、智慧製造、增材製造、新材料、生物醫藥等領域創新發展的共同需求，將設置多個製造業創新中心(工業技術研究基地)，重點開展產業基礎與共同關鍵技術的研發、成果產業化、人才培訓等工作。制定完善的製造業創新中心遴選、考核、管理的標準與作業程序。預計到 2020 年時，將成立約 15 個重點製造業創新中心(工業技術研究基地)，希望到 2025 年時成立 40 個製造業創新中心(工業技術研究基地)。

中國國家製造強國營建戰略諮詢委員會於 2015 年 9 月 29 日日日正式發布〈中國製造 2025〉重點領域技術路線圖(2015 版)，明確訂定新一代資訊科技產業等十大領域的發展方向與目標。此路線圖中所牽涉的十大重點領域包括：新一代資訊科技、高階數控工具機與機器人、航太空設備、海洋工程設備及高科技船舶、先進軌道交通設備、節能與新能源汽車、電力設備、農業設備、新材料、生物醫藥及高性能醫療器械等。

這些領域共分成 23 個重點方向，每一個重點方向又分成若干重點產品。其中，新一代資訊科技產業包括四個方向，分別是積體電路及其相關設備、資通訊設備、作業系統與工業軟體、智慧製造核心資訊設備；高階數值控制工具機與機器人則包括兩個方向，分別是高階數值控制工具機與基礎製造設備，以及機器人。航太空裝備包括四個方向，分別是---飛機、航空發動機、航空機載設備與系統、航太設備；節能與新能源汽車包括---節能汽車、新能源汽車、智慧連網汽車；電力裝備包括---發電設備、輸變電設備。新材料包括---先進基礎材料、關鍵戰略材料及前沿新材料。

路線圖中的每一個重點發展方向，都按照需求、目標、發展重點、應用示範重點、戰略支撐與保障等五個向度進行分析與描繪，分別形成了從 2015 年到 2025 年的發展路徑，展望 2030 年的詳細技術路線圖。考慮到市場與技術的變化加速，未來，諮詢委員會將進一步召集相關領域權威專家進行深入探討，並及時對技術路線圖作動態調整，每兩年將滾動式地修訂與公布一次新版的路線圖。(中國國務院工業和資訊化部規劃司，2015)

8. 韓國

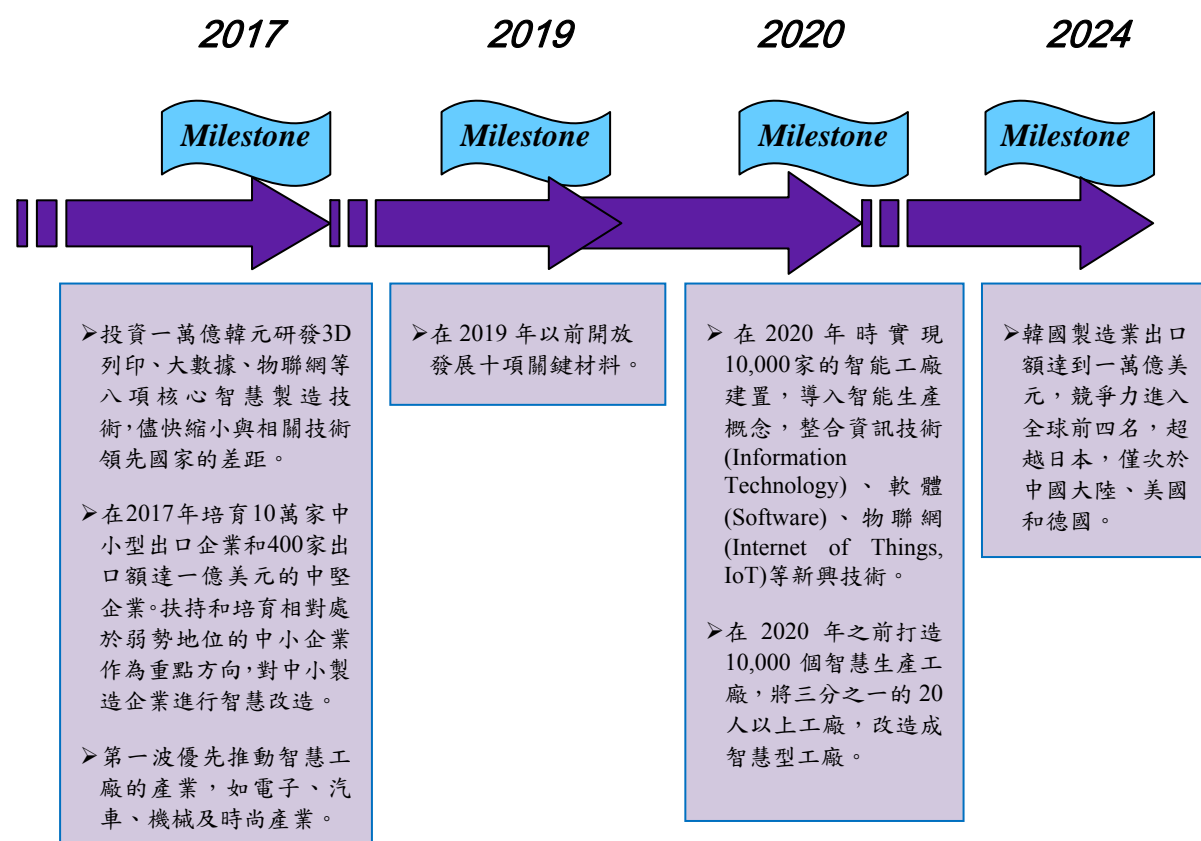
韓國總統朴槿惠上任以來，提出對內發展「創意經濟」，對外推動「中等強國」的策略，積極推動「韓國國家轉型策略」。因為韓國的資通訊、汽車、石化等支柱產業，在產業典範移轉與後進國家(如中國)的追趕下，產業開始面對獲利衰退與成長緩慢的挑戰。其中推動國家轉型的重點政策為「新成長動能」政策，希望透過主力產業的結構升級，加強傳統企業與資訊產業之間的交流合作，以提高現有產業的附加價值。

1991 年 8 月韓國正式提出實施「高級先進技術國家計畫(Highly Advanced National Project, HANP)」，即是著名的 G7 計畫。G7 製成品技術開發計畫中的先進製造系統專案是開發一個將市場需求、設計、廠房中的生產製造及銷售整合在一起的系統，旨在改進產品品質，提高生產率，增強國際競爭力，使韓國的製造技術達到世界一流的水準。此計畫由韓國工商部主導，投資總額為 5.95 億美元，其中政府出資 2.77 億美元，企業界配合籌集 3.18 億美元。

2014 年 6 月，韓國政府公布「實現創造經濟，製造業創新 3.0 戰略」，主要政策方向為將資通訊技術、軟體、服務與製造業融合，培育出新興產業；發展出 3D 列印及智慧工廠等新生產技術，以提高製造業的創新能力。包括三大戰略及六大課題；三大戰略為：(1)培育融合型的新興產業；(2)提高骨幹產業的核心能量；(3)強化製造業創新基礎。六大課題為：(1)資訊科技與軟體技術的創新應用；(2)推動資訊科技、軟體技術與製造業融合，培育產業成長點；(3)確保骨幹產業的材料、零組件生產主導權；(4)強化製造業的軟實力；(5)有計畫地培育人才、提供產業用地；(6)將韓國打造成東北亞研發中心。

韓國製造業創新 3.0 戰略行動方案的提出，係針對當前韓國製造業在工程技藝、設計、軟體服務、關鍵材料及零組件研發、人才培育等領域的薄弱環節，大力投入，以獲得重要突破。其中並提出，到 2017 年之前，將投資一萬億韓元研發 3D 列印、大數據、物聯網等八項核心智慧製造領域技術，企望能藉此快速縮小與技術領先國家之間的差距。在策略執行上，已充分考量到韓國中小企業生產效率相對較低、技術研發實力不足的特點，透過大企業母雞帶小雞的方式，帶動中小企業進入工業 4.0 的生產階段。其主要方式係透過「以點擴面」的推

動方式，由試點產業/試點地區逐步向全韓國擴散的「漸進式」推動策略。目前「韓國製造業創新 3.0」已公布的願景目標與重點產業里程碑，整理如圖 10 所示。(陳佳安, 2015)



資料來源：參考陳佳安(2015)，「韓國製造業創新 3.0」對台灣傳產的啟示，傳統產業加值轉型整合推動計畫-總體環境觀測與政策議題剖析資料，本研究補充、整理繪圖。

圖 10 「韓國製造業創新 3.0」的願景目標和重點里程碑

韓國政府透過推動韓國製造業創新 3.0，具體落實 2012 年朴槿惠總統上台後所提出的「創造經濟」政策，韓國製造業創新 3.0 最大的重點在於整合資訊科技、軟體實力創造出新興產業及提高製造業附加價值，期望將韓國從後進國家的追趕型策略，轉型為先導型策略，提高韓國製造業的全球競爭力。近期韓國 ICT 智慧生產工廠建置計畫重點，整理如表 7。(林葳均，2015)

表 7 韓國建置 ICT 智慧生產工廠的目標

項目	重點	內容
投資	到 2017 年前，投入一萬億韓元(約 US\$ 240 Million)研發。	物聯網(IoT)、3D 列印(3D Printing)、雲端運算(Cloud Computing)等領域。
目標	建立 10,000 家 ITC 智慧工廠。	以中小企業為主。
步驟一	第一階段目標，到 2015 年時建造 350 家智慧工廠。	(1)電子產業(目標 120 家)：如三星集團(Samsung)、樂金集團(LG)。 (2)汽車產業(目標 100 家)：如現代汽車(Hyundai)。 (3)機械產業(目標 50 家)：如斗山集團(Doosan)、曉星集團(Hyosung)。 (4)時尚產業(目標 50 家)：如 Jell Texture。
步驟二	第一階段目標，到 2017 年時建構新興產業及其研發能力。	聚焦於前瞻新興產業，如智慧汽車(Smart Motor)及智慧型機器人(Intelligent Robot)。

資料來源：參考中經院及韓國科技部(Ministry of Science and Technology of Korea)及 IEK 資料，本研究整理。

韓國製造業創新 3.0 的初期策略，高度聚焦於電子、汽車、機械及時尚等四大產業。首重電子產業，目標在 2015 年前選定 120 家企業，推動智慧型工廠，數量最多；汽車產業次之，目標 20 家；相關產業也將在 2015 年 3 月提出較明確的次產業投資計畫、預定發展項目及推動時間，參見表 8。從表中可發現，雖然計畫主軸定位，以提高中小企業的生產效率為主，但目前的先行計畫仍以集團企業作為先鋒部隊，採取由大企業帶動中小企業發展的策略。

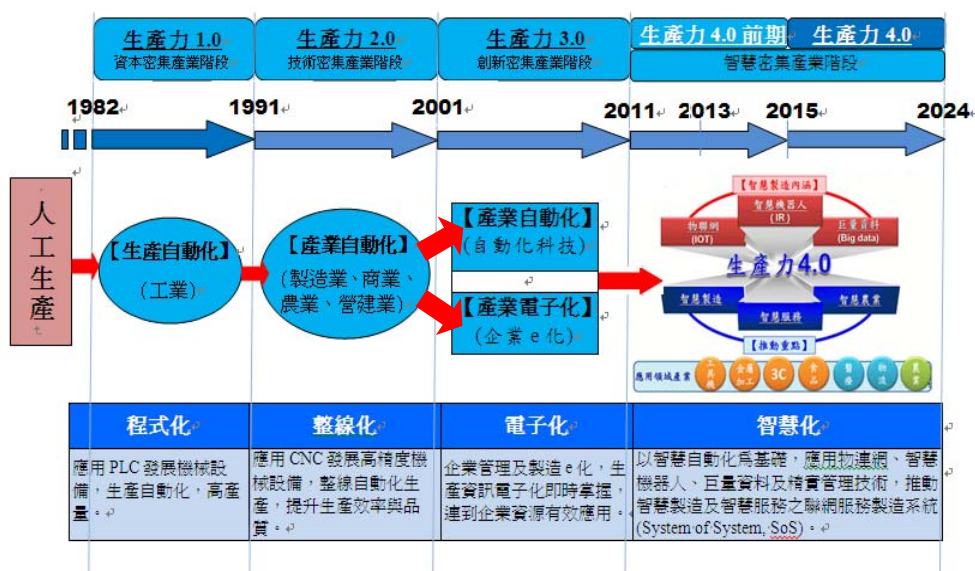
表 8 韓國重點集團投資智慧工廠的相關計畫

集團	次產業	內容	期間
三星集團 (Samsung)	三星電子 (Samsung Electronics)	新建半導體生產線(京畿道平市)。	2015-2017
	三星顯示 (Samsung Display)	擴充 OLED 生產線。	2015
現代-起亞汽車集團 (Hyundai-Kia)	現代汽車 (Hyundai Motor)	建置全球營運中心。	2015
浦項鋼鐵 (Posco)	浦項鋼廠 (Posco Steel Mill)	高爐維修 (Furnace Maintenance)。	2014-2015
	光陽鋼廠 (Gwangyang Steel Mill)	高爐擴充 (Furnace Capacity Expanding)。	2014-2016
		建置片狀石墨鑄鐵生產能力，提供車用鋼鐵材料。	2015-2017
現代重工集團 (Hyundai Heavy Industries)	現代石油化工 (Hyundai Chemical)	在大山興建凝析油精煉廠(Condensate Refinery)與相關生產製造設備，以提煉美國的頁岩氣。	2014-2016
	韓國煉油商 (Hyundai Oilbank)	在大山興建流體化床鍋爐(Fluidized Bed Combustion Boiler, FBC Boiler)。	2014-2016

資料來源：參考中經院及韓國全國經濟人聯合會(The Federation of Korean Industries, FKI)及 IEK 資料，本研究整理。

9. 台灣

我國自動化產業的發展的基礎是建立於 1980 年代；近三十年來，歷經資本密集、技術密集及創新密集等三階段，每十年就產生一次階段性的重大轉變。第一個階段自 1982 年到 1991 年，利用可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)發展可程式控制機械設備，達成生產自動化，由全人工作業進展到利用半自動化設備生產，增加產量，也就是生產力 1.0 年代；第二個階段自 1992 年到 2001 年，利用電腦化數值控制器(Computer Numerical Controller, CNC)發展高精度的機器設備進行全線自動化生產，即運用數值控制設備，由半自動化進展到全線自動化生產，提升生產效率與品質，也就是生產力 2.0 年代；第三個階段自 2002 年至 2011 年，利用先進的企業管理及製造 e 化技術，生產資訊由紙本作業進化到電子化，而可及時掌握生產資訊，達到企業資源有效利用，亦即是生產力 3.0 年代，參見圖 11。

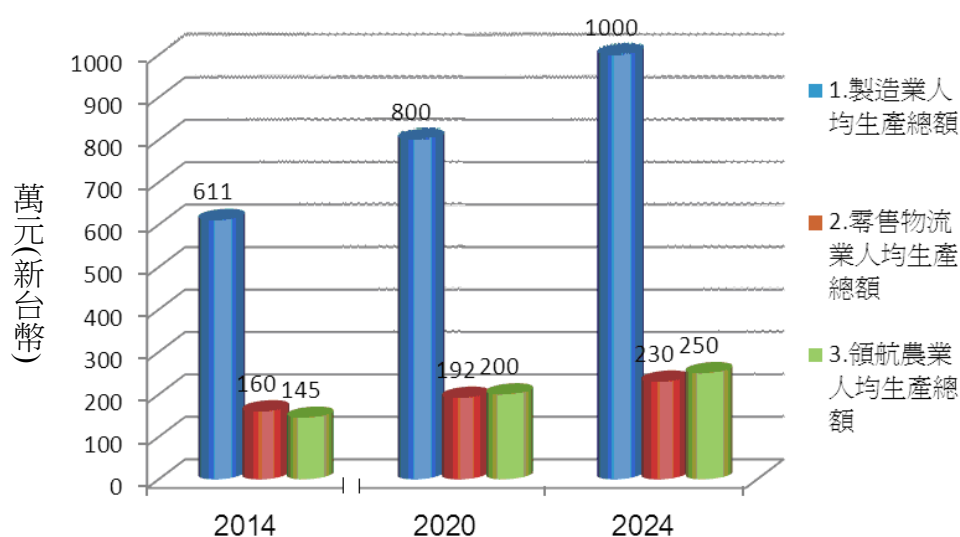


資料來源：經濟部工業局，本研究重繪。

圖 11 我國製造業自動化發展歷程

自 2011 年行政院推動「智慧自動化產業發展方案」，我國製造業也就進入智慧密集型產業發展階段，將專用機大量生產的模式推展至利用具有訊號感測、資料處理、智慧決策、作動控制等功能的智慧機器人的應用，而發展出智動化生產系統，也就是即將揭開生產力 4.0 序幕的年代。此計畫結合經濟部工業局、技術處、科技部(前身為國科會)等三個部會署，帶動十個重點產業發展。此計畫有五個策略簡稱：A-PLUS，分別代表策略一「Automation」---鎖定自動化產業缺口，依優先順序全面推動；策略二「Paradigm」---選擇國內重點產業發展成功典範，全面擴散普及；策略三「Leverage」---整合資源，促進企業運籌能量；策略四「User Oriented」---發展優質平價自動化產品及服務，協助中小企業升級並促進外銷；策略五「Services」---自動化技術跨領域多元應用，增進優質生活與服務加值。

行政院在 2015 年 10 月 22 日正式啟動行政院生產力 4.0 發展計畫，毛治國院長並呼籲相關產業界盡快仿效自行車業界過去組成 A-Team 的成功模式，積極有效地採取團隊整合的集體作戰方式，來提升我國產業的生產力與競爭力。



資料來源：參考吳明機(2015)，行政院生產力4.0發展方案簡介，經濟部工業局，104年10月22日，本研究繪圖。

圖 12 生產力 4.0 科技發展方案預期效益及績效

在生產力 4.0 科技發展方案中，選定了「智慧機械、工業大數據、產業價值鏈互聯網」等三大科技，發展為台灣未來產業的核心技術。在生產力 4.0 科技發展方案中將導入各行各業的生產流程，目前不只限於科技業、製造業、服務業、農業，甚至電信產業也都高度關注，各大供應鏈業者也都將一起共襄盛舉。生產力 4.0 科技發展方案的預期效益及績效如圖 12 所示。

「生產力 4.0 科技發展方案」是以行政院目前所推動的「智慧型自動化產業發展方案」為基礎，並整合商業自動化、農業科技化的發展進程，而規劃出生產力 4.0 科技發展方案，期能藉由開發智慧機器、物聯網、巨量資料、雲端運算等技術，來引領製造業、商業服務業、農業產品與服務的附加價值提升，同時，發展人機協同工作的智慧型工作環境，以填補高齡化社會，工作人口遞減的勞動力缺口。

推動的首要目標，在於掌握產業轉型發展所需的關鍵技術自主能力；其次在作法上，考量中小企業體質，以擴大複製自行車產業 A-team 模式，來創造出螞蟻雄兵式的競爭優勢，加速產業轉型；第三，人才是本方案推動的核心關鍵，除了要培育生產力 4.0 所需的高級研究人力，以提升業界研發能量外，亦要加強產學連結。培育技職人才以及

在職人員技能的升級轉型等相關配套工作，達到固本、扎根、搶單的目標，維持國際競爭力。

期程	2015-2024年
願景	促進經濟成長、產業國際競爭力
重點產業	電子資訊、金屬運輸、機械設備、食品、紡織、零售、物流、農業等。
三大科技支柱	☆智慧機械 ☆工業大數據 ☆產業價值鏈互連網

六大主軸策略 一、優化領航產業智慧供應鏈生態系統 二、催生新創事業 三、促進國產化 四、掌握關鍵技術自主能力 五、培育實務人才 六、挹注產業政策工具	目標(2024年) ◎製造業人均產值提升到1,000萬元。 ◎促進當年投資2,500億元。 ◎衍生創新產業產值500億元。 ◎帶動新增就業人口2.8萬人。
---	--

資料來源：參考蔡禎輝，關鍵製造業製程高值化計畫介紹資料，本研究修正重繪。

圖15 我國生產力4.0推動計畫

生產力 4.0 科技發展方案的主要目標，在「促進經濟成長、產業國際競爭力」如圖 13 及圖 14 所示，其中提出六大主軸策略如下：(1)最佳化領航產業智慧供應鏈生態系統，包括---(i)深化企業垂直價值鏈智慧化能力(垂直)，(ii)打造產業水平價值鏈智慧化能力(水平)；(2)催生新創事業，包括---(i)CPS 零組件(如感測器、傳感器、控制器等)及智慧設備製造業，(ii)CPS 解決方案服務業，(iii)積層製造關鍵設備、系統、零組件、材料產業，(iv)積層製造應用新創產業等；(3)促進相關設備與各項軟體國產化；(4)掌握關鍵技術自主能力；(5)培育實務人才；(6)挹注產業政策工具。



註：新創事業包括：(1)CPS零組件(如感測器、感測器、控制器等)及智慧設備製造業，(2)CPS解決方案服務業，(3)積層製造關鍵設備、系統、零組件、材料產業，(4)積層製造應用新創產業等。

資料來源：科技會報辦公室，行政院生產力 4.0 發展方案，P.54，Sep. 2015。

圖 14 「行政院生產力 4.0 發展方案」的六大主軸策略

生產力 4.0 科技發展方案包括三大領域：(1)製造業 4.0，策略性選擇---(i)電子資訊業，(ii)金屬運具業，(iii)機械設備業，(iv)食品製造業，(v)紡織製造業；產值約占總體製造業的 62%。(2)農業 4.0，策略性選擇---(i)生技農產業(蝴蝶蘭、種苗、菇類)，(ii)精緻農產業(稻作、農業設施、養殖漁業、家禽/水禽)，(iii)精準農產業(溯源農產品、生乳、海洋漁業)；產值約占總體農業的 50%。(3)商業 4.0，策略性選擇---(i)零售業，(ii)物流業；產值約占總體服務業的 18%。(科技會報辦公室，2015)

四、重要國家先進製造策略對我國製造業發展的啟示

1. 我國製造業競爭優勢與所面臨的挑戰

在 2013 年全球製造業競爭力指數中，我國排名全球第六，主要原因是我國除了擁有高度的經濟自由體制與完善的製造生產能力之外，尚且具備下列幾項優勢：(i)產業群聚全球第一。(ii)專業人力充沛。(iii)

具備快速商品化能力。(iv)鄰近全球最大的單一市場---中國大陸。我國製造業目前也正正面臨著國內外市場的強烈競爭、人均產值成長停滯及勞動力不足等課題的挑戰，相關情況如下：(i)開發中國家搶占量產市場，而且工業化先進國家又搶占高級客製化市場的雙重挑戰。(ii)傳統追求低廉勞力及大量生產的製造模式，已經無法滿足現今少量多樣及大量客製化市場的需求。(iii)生產要素資源有限(包括土地、人力、水電等)，產業發展正面臨著環境保護與永續發展的雙重壓力。(iv)人均產值成長緩慢，勞動力不足，必須協助勞工提升工作品質及生產效率；預估到 2020 年時我國就業人力的缺口將高達 196 萬人，亟需解決缺工、工資上漲等人事成本高漲的課題。(v)產業營運模式亟待轉型，傳統產品銷售模式已經無法大幅帶動生產力的提升；產業營運模式亟需從企業對企業(B to B)轉變成企業對企業再加客戶[B to (B+C)]的新型營運模式。

2. 主要國家發展先進製造政策與作法足供我國借鏡

在綜合分析各主要國家發展先進製造的策略，以及實際推動的相關作法之後，從中可以看到不少值得我國推動製造業升級與生產力提升的借鏡之處，茲擇其重點說明於下。

德國在製造領域技術一向領先各國，在 2011 年 1 月啟動高科技戰略 2020(High-Tech Strategy 2020)，藉以調整德國國家創新結構的缺失，包括：教育體系與創業行動；如今又推出新一代工業革命的「工業 4.0 計畫」，其發展方向明確地指向網路實體整合生產製造系統(Cyber Physical System, CPS)等先進技術領域的探索。CPS 乃是全面整合網路技術、軟體技術、物聯網(Internet of Things, IoT)技術、雲端運算技術與大數據(Big Data)等技術，希望供作工業 4.0 的展示熱點。期望到 2020 年時建置以 IP 網路智動化生產的智慧工廠，形成「智慧製造+服務」的全新商機與商業模式，達到垂直整合工廠與企業管理流程，且完成從訂單到交貨的水平價值創造網路的連結。德國已具多年自動化實務經驗與人工智慧研究的基礎，這個計畫是跳出了自動化全面取代人的思維，重新強調人機協同合作，將人納入「智慧系統」的設計之中。因此人在未來的智慧工廠中並未被邊緣化、而是由勞力工作的操作者升級為生產過程的設計者、決策者與流程的管理者。

美國則藉由先進製造的各項扶持政策，大力發展先進製造技術，

如：先進製造夥伴聯盟(AMP)、國家製造創新網絡(NNMI)、製造創新研究院網絡(IMI)、積層製造(3D 列印)創新研究院(NAMII)等；以作為區域創新與人才培育中心，縮短基礎研究與技術開發間的差距，藉此加速推展新技術與新產品的商業化進程。每一個研究單位將發展出其獨特的重點領域，匯集企業、大學及社區大學的資源，由公私合資開發各種先進製造的領先技術與培育相關人才，促進在地生產；如此持續地在先進製造的新藍海裡開疆拓土，希望藉此建立美國先進製造技術的全球領先地位。(蘇孟宗，2013)

英國則延續其自 1960-1970 年的大政府思維，透過政策引導產業發展。由工程暨物理科學研究委員會(EPSRC)投入 4,500 萬英鎊(約新台幣 21.3 億元)經費資助創新製造之超精密研究中心、創新製造之智慧自動化研究中心及創新製造之先進檢測研究中心等九個創新製造相關研究機構；另外，由英國技術策略委員會(TSB)負責，未來四年將投入總額達二億英鎊的經費，籌建國家級技術創新中心，並透過與各研究機構的合作，加速製造相關的新興技術產業化應用；而且敦請英國工業聯合會(CBI)製造委員會主席 Andrew Reynolds-Smith 擔任外部評審團主席，從提出申請的 140 個機構中，評選出七個研究機構，將其整合成為英國高值製造技術創新中心(High Value Manufacturing Technology Innovation Centre)。

日本提升製造業競爭力以促進經濟發展，主要朝著四個面向開展：(i)在官、產、學、研各個層面同步推動創新計畫；(ii)科技研發經費投入與其製造業競爭力戰略路線圖之間維持緊密的聯繫關係，並且資助情況良好；(iii)將人力資源視為提升製造業競爭力的關鍵；(iv)產業界也同步採取宏大的製造業競爭力戰略，而且幾乎沒有接受政府的直接資助或是干預。根據「產業結構藍圖」，日本今後將重點發展以下五個領域的產業：(1)核電廠、航運、鐵路等方面的基礎設施出口；(2)環保車輛等環境能源技術；(3)文化產業；(4)醫療、照護、健康及育嬰方面的服務；(5)機器人、航太空等尖端技術。冀望到 2020 年創造出規模為 149 萬億日元的市場，增加 258 萬個就業機會。同時，該藍圖還明確提出吸引海外研發機構及高階人才的「日本亞洲據點化戰略」(亦即推動日本成為跨國企業的亞洲據點)、法人稅改革、制定有助於企業併購的競爭政策、修訂公司法等。另外，日本機器人革命實現會議發布日本機器人發展策略：展望、策略、行動計畫(Japan's Robot

Strategy —ビジョン・戦略・アクションプラン—)，計畫中指出機器人革命將呈現以下三個願景：(i)傳統機器人將會因為感測器及人工智慧的導入，而進入一個新的境界，汽車、家電、行動電話或房子都可被視為一智慧台機器人；(ii)機器人的使用範圍將不再侷限於製造作業，將擴展到日常生活的各個層面；(iii)機器人的使用，將會導入到人類社會生活中的各個層面，因而使得整個人類生活更加方便、富裕與繁榮。為因應這些變革，機器人的發展必須再加強創新與變革。

中國十二五計畫中，明確指出高級設備製造業領域的重點方向，關係到國家的經濟發展潛力和未來的發展空間。中國製造 2025 則部署了全面推動製造強國戰略，為實現其製造業由大到強的大戰略，在中國製造 2025 計畫中提出了三步走戰略。冀望到 2035 年時，中國製造業將整體達到世界製造強國陣營的中等水準。到中共建國一百年時，製造業大國地位更加穩固，綜合實力進入世界製造強國的前列。

韓國製造業創新 3.0 最大的重點在於整合資訊科技、軟體實力創造出新興產業及提高製造業的附加價值，期望將韓國從後進國家的追趕型策略，轉變為先導型策略，並且提高韓國製造業的全球競爭力。韓國製造業創新 3.0 係參考德國工業 4.0 戰略的基本理念，其方案完整，內容具體，有不少獨到之處。(1)戰略目標明確，以促進製造業與資通訊技術融合，從而創造出新興產業，並提升韓國製造業競爭力為目標。(2)在戰略設計上，則堅持以韓國的國情為基礎。在戰略執行方面，都已充分考量到韓國中小企業生產效率相對較低、技術研發實力不足等問題，因而採取由大企業帶動中小企業，由試點地區逐步向全國擴散的漸進式推廣策略。(3)引導企業在製造業創新 3.0 戰略實施中發揮關鍵性作用。韓國政府將扶持與培育相對處於弱勢的中小企業作為發展的重點方向，並計畫透過對中小製造業的智慧化改造，來達成提高製造業附加價值的目標。(4)高度重視提升韓國製造業的軟實力，並將其作為強化製造業的核心競爭力，以及迎戰其他國家競爭的主要手段。

我國生產力 4.0 科技發展方案包括三大領域：製造業 4.0、農業 4.0 及商業 4.0 等三個策略構面。不過所藉助的發展動力來源還是不脫智慧機器、大數據及物連網等三大推動製造業發展升級的基礎能量。在方案中所列的六大主軸策略：(1)最佳化領航產業智慧供應鏈生態系統；(2)催生新創事業；(3)促進相關設備與各項軟體國產化；(4)掌握關

鍵技術自主能力；(5)培育實務人才；(6)挹注產業政策工具。這些也都包含在主要國家發展先進製造的策略及實際推動的相關作法中，大家所共同強調並且不遺餘力全面推動的重點方向，或許各國的國情與產業發展現況未必完全相同，但是他山之石可以攻錯，由他們的具體作為中借鏡一些有效的措施，或可收事半功倍的成效，如成立先進製技術創新研究機構，獎勵產業界自覺合作，積極推動產、官、學、研之間的合作，共同進行先進製造相關技術的開發與利用等。

五、結論

由於先進國家過去很長一段時間都致力於服務業的發展，認為製造業是耗費人力而且是 3K 產業[3K 產業的說法來自日語 3K 仕事;3K 即骯髒(汚い，Kitanai)、危險(危険，Kiken)、辛苦(きつい，Kitsui)；英文則是 3D Job (Dangerous, Dirty, Difficult)]，也就長期任其持續外移到開發中國家，結果造成國內失業率居高不下，經濟發展長期停滯，再碰上美國次級房貸風暴(Subprime Mortgage Crisis)及歐債危機肆虐的結果，各主要國家的產業競爭力也就持續下降。為圖恢復各國往日的大國雄風，因而不約而同地相繼提出了再工業化、先進製造發展計畫及工業 4.0 發展計畫等一系列的振興製造業的發展策略，各國的政策內容與相關作為或許不大一樣，但是大家都一致認同要利用資通訊科技發展所帶來的新一代技術---智慧機器、大數據及物連網等三大推動產業升級的基礎動力，來發展推動下一代製造業革命的進程。

我國製造業總產值占 GDP 總值的比例約為 27.1%，是製造業占生產總值非常高的國家，雖然在資通訊硬體製造方面，有不少業者已經位居全球領導地位，在機械產業及個人輕型交通工具，如機車、自行車產業也在世界市場中獨占鰲頭，其他多項產品的生產製造也是台灣業者所精湛；但是近十幾年來，由於中國及開發中國家的崛起，導致台灣製造業相繼外移，終致我國經濟成長長期停滯不前，又因人口出生率連年陡降，人口老化加速進行之中，預期高齡化社會馬上就要來臨，工作人口遞減勞動力缺口將大幅擴大。

綜觀各國政府所提出的再工業化政策及振興製造業計畫，其著眼點仍在於製造業創新能力的再提升，對一向偏重製造的台灣產業而言，如何運用有限的研發資源，選擇與聚焦於高附加價值產品的製造上，並效法先進國家所提出的有效因應戰略措施，提升製造業的生產

力，以期在未幾年內，達到行政院在生產力 4.0 計畫中所設定的目標，正考驗著我國產、官、學、研各界決策人士的智慧與能力。以下試圖綜合各方所提出的意見，整理歸納出一些可行的作法，供作相關單位及製造業界決策人士參考：

- 一、依據行政院生產力 4.0 計畫，儘速邀集製造業 4.0 中策略性選擇的電子資訊業、金屬運具業、機械設備業、食品製造業、紡織製造業等協學會負責人、各該領域代表性企業負責人及產、官、學、研相關專家，召開行動會議，催促跨部會單位規劃具體行動方案，有效配置國家資源與私部門的資金，具體落實行政院生產力 4.0 計畫的各項規劃措施，以達成計畫中所訂目標，到 2024 年製造業人均產值提升到 1,000 萬元，促進當年投資 52,500 億元，衍生創新產業產值 500 億元，帶動新增就業人口 2.8 萬人，並促成我國製造業成為亞太優質生產力的典範。
- 二、打造精進的創新環境與培育先進製造業的技術人才，學習美國 AMP、NNMI，以及英國的高價值製造技術创新中心(High Value Manufacturing Technology Innovation Centre)的理念，整合產、官、學、研各界的資源，強化產、官、學、研之間的合作，連結區域創新系統，創建我國的製造創新網絡，開發獨特性與廣泛影響力的技術。再建我國的技職教育體系，同時針對先進製造人力之培育與延攬政策進行系統性的規劃，如鼓勵產學界共同培育業界所需的先進製造人才，適當修正移民法規，吸引高科技外籍人才來台就業與創業，以創造具有競爭優勢的人才工作環境。
- 三、積極加入美國 AMP 聯盟或 NNMI，以及歐盟 FP7 及 Horizon 2020 計畫研究網絡，與美國及歐盟研發機構合作，爭取雙方合作研發的機會：雖然我國製造業歷來與美國企業一直都保持著密切的分工合作關係，甚至也都進入其供應體系當中，但也不能保證在未來在全球新的分工體系下，我國製造業不會面臨被洗牌的危機；另外，我國與歐盟一直維持參與合作研發的關係，但是我國企業除了少數幾個個別企業因獨到技術成為歐洲企業的主要供應商之外，尚少有與歐洲企業保持密切分工合作關係者，因此我們必須迎合這股先進製造技術發展的趨勢，針對台灣的優勢項目加強研發，例如積層製造、先進精微製造、輕量化金屬製造、資通訊技術應用、雲端運算服務、智慧製造等方面，以強化台灣製造業的

發展優勢，爭取未來切入美國與歐洲企業供應鏈的機會，藉此厚植實力並加速我國產業結構的調整，以免被此波製造技術革新的浪潮所淹沒。建議透過目前台美與台歐之間的良好互動關係，協助台灣優良企業與美國 AMP 聯盟，以及歐盟 FP7 及 Horizon 2020 計畫的參與廠商合作，或者鼓勵國內大學與研究機構與美國及歐盟相關學校或研究機構合作研究，讓台灣也加入此波再工業化的浪潮。

- 四、我國是一個資源匱乏的小國家，在科技研發上不易有宏大前瞻的領先思維與能量，值此美國重新建構先進製造技術與德國建構虛實合一製造技術的機會，我國產、官、學、研各界應該積極思考透過國際合作與網絡關係，與美歐相關單位及組織建立密切合作關係。關鍵技術的發展，或許台灣無法獨自取得超前地位，但若能以台灣快速商品化的優勢能力，積極進行國際合作，在未來新興產業的發展上仍能有一番作為。
- 五、網際網路的浪潮所催生的物聯網、雲端運算與大數據(Big Data)等新興技術，在未來幾年內將會大幅滲透到製造業中。我國原本在資通訊領域即掌握製造的優勢，如何在此優勢下，積極建構未來製造業之資通訊軟硬體與服務的基盤，將是未來可以持續深入挖掘的新商機。特別是機械設備業與自動化產業如何積極投資網路與控制運算軟體，以提升附加價值與國際競爭力，將是未來機械業高值化的重要路徑。
- 六、進行製造業軟、硬體結構最佳化，包括：(i)能源與資源使用的最佳化，藉由智慧製造的實施，強化土地與能源的生產力，透過減廢及再生利用，使生產製造過程之資源使用效率最佳化；(ii)友善的人機協同作業，透過既有員工在職訓練，晉升為決策與管理者，結合智慧機器人的應用，達成人機協同生產的境界；(iii)採用彈性敏捷生產模式，透過彈性生產線與即時管理，達到快速回應市場訂單的需求變化；(iv)採用預測製造管理模式，利用巨量資料作預測分析，達成製程最佳化、預先保養及市場預測；(v)大量客製化高值/質產品，開發運用網路實體系統(Cyber-Physical System, CPS)技術切入高價值產品市場，透過生產監控與訊息即時回饋，來確保產品品質；(vi)創新製造服務網絡，透過整合製造、通路及消費之聯網服務製造系統，創造出生產、營運的新模式與新興產業。

參考文獻

董偉龍、于清笈(2014)，*從中國製造到中國智造---中國智能製造與應用企業調查*，2014年12月，

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/manufacturing/deloitte-cn-mfg-smart-manufacturing-china-zh-270214.pdf>

Detlef Zühlke(2013), *Industry 4.0---the German Vision for Advanced Manufacturing*, 2013,

<http://www.slideshare.net/vinnovase/industry-40-the-german-vision-for-advanced-manufacturing>

韓權利、趙萬華、丁玉成(2002)，*未來的製造模式---智慧製造*，機械工程師，2002年1月。

熊文平、孫宗禹(2003)，*先進製造技術及其發展趨勢*，機械研究與應用，16(3)，2003年9月，PP.10-11

常少觀、李鋼(2014)，*發達國家“再工業化”的動因與趨勢*，徐州工程學院學報（社會科學版），Vol.29，No.3，2014年5月，PP47-51。

<http://www.google.com.tw/url?url=http://gjs.cass.cn/pdf/new%2520research/csglg.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=VbktVbaQHMHMmwX4poHgDA&ved=0CBMQFjAA&usg=AFQjCNHAqANIFHy7c6Zwc87aTa0BIa4eHw>

朱森第(2014)，*第三次工業革命、先進製造業、熱處理技術*，金屬熱處理，2014，(1)

<http://rechuli.chvacuum.com/rechuligongyi/03436.html>

Executive Office of the President National Science and Technology Council(2012), *A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing*, http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/iam_advancedmanufacturing_strategicplan_2012.pdf.

蔡禎輝(2015)，*關鍵製造業製程高值化計畫介紹*，2015年1月14日，<https://www.google.com.tw/url?url=https://eip.most.gov.tw/AscxBulletin/BulletinAttachDownload.ashx%3FattachId%3D9922&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=N1H-VPilC-e3mAWXo4CQBw&ved=0CBMQFjAA&>

usg=AFQjCNesxWp2VrrUYvLYmLPOzGLUVE9bZQ

Ludovico Alcorta, John Zysman, Dan Breznitz, Martin Kenney, Stuart Feldman, Jonathan Murray, Niels Christian Nielsen, Kenji Kushida and Paul Wright(2013), *21st Century Manufacturing*, UNITED NATIONS Industrial Development Organization (UNIDO),
https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/PSD/21_Century_Manufacturing_UNIDO_2013.pdf

孫彥紅(2013)，歐盟“再工業化”治戰略解析，歐洲研究，2013年，第5期，PP.59-76，
<http://ies.cass.cn/Article/UploadFiles/201401/2014010110253829.pdf>

Andrea Pestarino, Sabino Azcarate, Yi Qin, Markus Dickerhof, Pablo Romero, Paolo Matteazzi, Heinz Kueck, Jun Qian (2015), *EU FP7 “Factories of the Future” Projects to Advance Micro Manufacturing Technology and Applications*, March 5, 2015
http://www.cmmmagazine.com/cmm-articles/eu-fp7-%E2%80%9Cfactories-of-the-future%E2%80%9D-projects-to-advance-micro-m_1/

中華經濟研究院(2014)，如何運用美國製造業回流政策調整我產業發展及貿易政策，<http://idac.tier.org.tw/DFiles/20140915155150.pdf>

尤如瑾(2012)，美國的先進製造政策及其影響，思潮(Think Wave)，No.7，Dec. 2012，pp20-24。
http://www.taiwanforesight.org.tw/Files/PublicationFile/201321113147_ThinkWave070601.pdf

甄炳禧(2015)，智慧製造與國家創新體系：美國發展先進製造業的舉措及啟示，人民論壇·學術前沿，2015年6月，
http://www.ciis.org.cn/chinese/2015-07/10/content_8060345.htm

吳彥寬、王寶苑、彭子珊(2012)，歐美再工業化浪潮方興未艾英德作法可為借鏡，思潮(Think Wave)，No.7，Dec. 2012，pp17-19。
http://www.taiwanforesight.org.tw/Files/PublicationFile/201321113114_ThinkWave070501.pdf

National Academy of Science and Engineering(2013), *Recommendations*

for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0, April 2013 ,
http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf

Technology Strategy Board(2014), *A landscape for the future of high value manufacturing in the UK*, February 2012
https://hvm.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2015/08/tsb_ifm_highvaluemanufacturingt12_009_final.pdf

Jane Corwin; Rebecca Puckett(2009), *Japan's Manufacturing Competitiveness Strategy: Challenges for Japan, Opportunities for the United States*, Apr. 2009,
http://www.google.com.tw/url?url=http://digitalcommons.ilr.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi%3Farticle%3D1651%26context%3Dkey_workplace&rc=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwiWhMjm1c3JAhVLnJQKH4Y4CA3kQFggkMAI&usg=AFQjCNEQlG7fq5_9PbmJoy6SIAXvZ3qWsA

科学技術振興機構 研究開発戦略センター(2014)，*次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～＜中間とりまとめ＞*，2014年12月，
<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/RR/CRDS-FY2014-RR-04.pdf>

日本機器人革命實現會議(2015)，*Japan's Robot Strategy — ビジョン・戦略・アクションプラン—*，2015年2月
<http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150123004/20150123004b.pdf>

中国国务院(2015)，*中國製造 2025 檔印發：實現製造業強國戰略(全文)*，2015年5月8日，
<http://finance.sina.com.cn/china/20150519/112322214243.shtml>

国家制造强国建设战略咨询委员会(2015)，*《中国制造2025》重点领域技术路线图*，2015年10月，
<http://www.cae.cn/cae/html/files/2015-10/29/20151029105822561730637.pdf>

陳佳安(2015)，「韓國製造業創新3.0」對台灣傳產的啟示，傳統產業加

值轉型整合推動計畫-總體環境觀測與政策議題剖析，2015年6月26日，
http://tipo.stars.org.tw/Handlers/FileStatisticHandler.ashx?action=DownloadNewsFile&N_ID=14813&ExtraFileName=7EI8hF5162elAY3851yJp9zvIm2434Wq81P.pdf

林葳均(2015)，*韓國：製造業創新3.0戰略實施方案*，全球台商e焦點，第267期，2015年7月8日，
<http://twbusiness.nat.gov.tw/epaperArticle.do?id=274169862>

沈榮津(2014)，*以生產力4.0創造台灣產業成長新契機*，2014年9月1日，
<http://www.slideshare.net/chenghungchen50/40-52391889>

吳明機(2015)，*生產力4.0服務團啟動儀式 行政院生產力4.0發展方案*，經濟部工業局，2015年10月22日。
<https://www.moeaidb.gov.tw/external/ctrl?PRO=filepath.DownloadFile&f=news&t=f&id=5673>

吳明機(2015)，*生產力4.0推策略與未來展望*，經濟部工業局，104年10月6日
<http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/510141162071.pdf>

科技會報辦公室(2015)，*行政院生產力4.0發展方案(民國105年至民國113年)核定本*，Sep. 2015，
http://www.bost.ey.gov.tw/Upload/UserFiles/%E8%A1%8C%E6%94%BF%E9%99%A2%E7%94%9F%E7%94%A2%E5%8A%9B4_0%E7%99%BC%E5%B1%95%E6%96%B9%E6%A1%88.pdf