歐美「再工業化」策略及對台灣產業政策意涵

劉孟俊*、吳佳勳**

壹、前言
貳、歐美再工業化之緣起與政策思維
叁、美國製造回流的重要產業領域與分析
肆、先進製造技術與第三次工業革命
伍、歐美再工業化對我國產業政策意涵
陸、結論

壹、前言

近年來，歐美各國面臨產業外移，製造業的產出比重持續下滑，就業機會大量流失，連帶造成國內社會問題增加。尤其 2008 年金融風暴後至今，全球經

* 中華經濟研究院經濟展望中心主任
** 中華經濟研究院經濟展望中心助研究員
註：本研究為個人觀點，不代表本會意見。

濟情勢不穩定，歐美陸續爆發財政困境，為其經濟發展與復甦增添更多不確定因素。具體而言，製造業比重和競爭力的下降，直接導致這些國家的出口創匯能力下滑，進而缺乏支撐經濟成長的重要條件（Ezell, 2012）。對應此一變局，為能提振國家出口實力、取得新興產業主導權，歐美各國紛紛提出「再工業化」策略等優惠政策誘因，加強出口和製造業的角色，以回歸實體經濟替代金融創新和消費的成長模式（Levinson, 2012）。其主要政策考量包括吸引製造業回歸、提振出口競爭力、發展新興產業、強化中小企業實力與吸引外資投資等層面。

2009 年的 G20 匹茲堡峰會上，美國率先提出全球經濟再平衡議題，為現今歐美先進國家推動「再工業化」譜下序曲。其於會議中聲明，美國經濟要轉向可永續成長模式，加強出口和製造業在成長的角色，必須回歸實體經濟。目前有許多歐洲國家皆推動與美國類似的發展策略，如法國除協助企業再工業化外，也援款資助中小企業；英國推出「製造業振興」、「促進高階工程製造業」等政策；西班牙日前也推動「再工業化援助計畫」等方案。2012 年，德國聯邦政府頒布「高科技策略行動計畫」，其中「工業 4.0」（Industrie 4.0）即為未來計畫之重點項目之一。

觀察現今歐美推動再工業化的策略，不同於以往，作法上有其特色。傳統製造業並非「再工業化」核心，建立新興產業體方為政策核心。例如美國發展新興產業科技，企圖掌握國際主導權，更展現透過新技術帶動投資，引領全球資本再度聚首美國的企圖心。因此，觀察歐美國家藉由先進製造技術所驅動第三次工業革命等策略；及其可能衍生的商業模式創新，均值得關注。

此外，近數十年來全球生產網絡模式的興起及發展，成為世界經濟發展的重要特色之一。尤其全球經濟自由化與整合，是近 20 年來世界經濟發展最重要的趨勢，使得世界經濟原有成長模式已難以為繼，全球發展格局將面臨深度調整。加上此波歐美先進國家提出再工業化戰略，也勢必影響未來全球生產網絡（global production networks）的再布局與調整。

承上所述，本文結構安排共分五節，除前言外，第貳節為歐美再工業化之緣起與政策思維，著重歐美相關政策的背景與發展歷程。第叁節為美國製造回流的重要產業領域與分析，沿用顯示性比較利益指標（Reveal Comparative Advantage, RCA）結合國內消費與製造相對規模優勢，評估重要製造部門製造回流的潛能。第肆節著重先進製造技術與第三次工業革命，本研究以 3D 列印為例，分析未來大量生產製造模式將進入協同設計與客製化的時代。第伍節說明歐美再工業化政策與趨勢對我國產業政策的意涵。最後，第陸節為本文的結論。

貳、歐美再工業化緣起與政策思維

過去多年來，歐美等國多保持以內需消費帶動經濟之傳統發展模式，且多依靠金融創新等方式促進消費，進而拉動經濟成長。例如在過去 10 年間，美國企業利潤來自「虛擬經濟」的金融產業占 40%。然而，自從 IT 產業泡沫化後，歐美等國因久久未能出現突破性的創新性產業技術，維繫經濟活力之動能下滑許多。以 2007 年為例，歐美製造業之產值占歐美經濟總量竟分別下滑到 17.1%和 12.1%，且僅有 16.4%和 10.5%就業人口之吸納能力，更甚者，儘管在 2010 年時，製造業占美國經濟比重仍達 11.7%，創造 1.7 兆美元國民所得，但在就業方面，製造業全職當量就業人數（Full-time equivalent employees）占美國就業的比重，同年卻僅有 9.3%，較 2007 年的 10.5%少了 1.2 個百分點。

歐洲方面，自二戰結束以來，西歐各國紛紛經歷去工業化的過程。2000 年代初，主要歐盟國家的工業附加價值占 GDP 的比重已普遍低於 30%，其中製造業附加價值比重更降至 20%以下，而服務業附加價值的比重則接近或超過 70%。近 20 年來，歐洲去工業化趨勢，主要是與 1990 年代「知識經濟」的興起有關，歐洲各國普遍認為工業與製造業已趨勢微，國家競爭力須多依賴於服務業與研發。

國際金融危機下，歐盟及其成員國重新審視實體經濟與虛擬經濟關係，製造業的地位再次受到重視；於是多個歐盟成員國提出「再工業化」的概念。從歐盟層面和多個成員國的官方文件來看，歐洲的「再工業化」絕不是簡單地依靠政府力量增加製造業比重，而是著重於加強製造業的競爭力：一是繼續鞏固與強化傳統產業的某些環節和優勢產業在技術、品質、品牌、環保等多方面的既有優勢，二是努力在新興技術產業的角逐中搶占制高點。

根據歐盟統計局的資料顯示，在 1996 年到 2007 年間，工業占歐盟國內生產總值的比重從 21%降至 18%，工業部門吸收的就業人數更從 20.9%降至 17.9%。意味著在過去十數年間，歐洲因「去工業化」失去近 280 萬個就業機會，就業機會大量流失，亦造成經濟失衡的窘況。西班牙、法國、英國、比利時等歐洲傳統工業國家的經濟地位不斷下降，產品國際競爭力變弱。歐債危機爆發後，各國已逐漸體認「去工業化」政策削弱了經濟危機的抵抗及應變能力，有必要透過「再工業化」尋找新的經濟動能。

歐美製造業占經濟比重下降所導致的經濟衰退情形，連帶造成社會問題增加。美國經濟自 2007 年底陷入衰退以來，失業人口已經竄升至大約 820 萬人；2012 年美國失業率仍接近 9 ～ 10%，較 2007 年增加約為 5 個百分點；當前 2014 年失業率已降至 7%以下。同樣情況，歐盟也面臨就業機會大量流失的壓力，存在經濟失衡狀況。現今歐洲各國的失業率居高不下，2013 年歐盟失業率高達 12.7%，目前 2014 年全歐洲失業率約 11.8%，仍居高不下。失業率上升，尤其是青年人口失業率居高不下的結果，使得歐美國家除承擔內需消費疲軟後果外，同時也面臨貧富嚴重分化的問題 [1]。

[1] OECD 祕書長 Angel Gurria 於 2012 年 9 月初公開表示。

解決就業問題，推測是歐美國家推動再工業化的重要動機之一。因金融風暴後，歐美經濟多呈現「無就業復甦」之情勢，藍領工資成長相對緩慢，甚至有下降的情形。反觀過去歐美跨國企業主要海外投資地區，如中國大陸，其境內工資成本反因通貨膨脹、本國貨幣升值而大幅提升，人力成本優勢下降。美國勞工統計局報告即指出，2002 ～ 2008 年，中國大陸製造業的實際時薪上漲 1 倍，而美國只上漲了 20%。據此，奇異公司在亞洲生產的整體成本優勢已從 10 年前的 30%下降至目前的 6%，Sirkin, Zinser and Hohner（2011）更大膽預測，中國大陸與美國兩國的產品生產總成本，將於 2015 年時趨於一致。

金融風暴而起的經營風險，再加上新興國家人力成本上升，形成各先進國家海外製造業回流趨勢，也構成今日歐美「再工業化」的主要思維。歐美推動「再工業化」，針對產業規劃、資金與政策傾斜等議題設計全面性配套，加強提升「美國製造」、「歐洲製造」等商品之價值，其具體措施包含戰略規劃、資金補貼、政策優惠等措施，重點發展中小製造企業、出口製造業和高科技製造業，同時扶持鋼鐵、汽車等傳統製造業，並期待藉由增加出口，改善當地就業情況。

以 2008 年的統計數據為例，美國出口 1 兆美元產品，即可支援五分之一的製造業工作機會。美國並已於近年召集貿易代表署、商務部、財政部、勞工部、農業部等政府部門負責人，組成「促進出口內閣」，重啓 1970 年代的「總統出口委員會」，為美國企業提供出口諮詢服務。2010 年 3 月，美國發布的《出口倍增計畫》（National Export Initiative, NEI），更是落實再工業化的具體作為之一。歐美「再工業化」即藉由提升原產商品價值，於國際市場中強化商品出口實力與競爭能力，同時也改善國內就業問題。

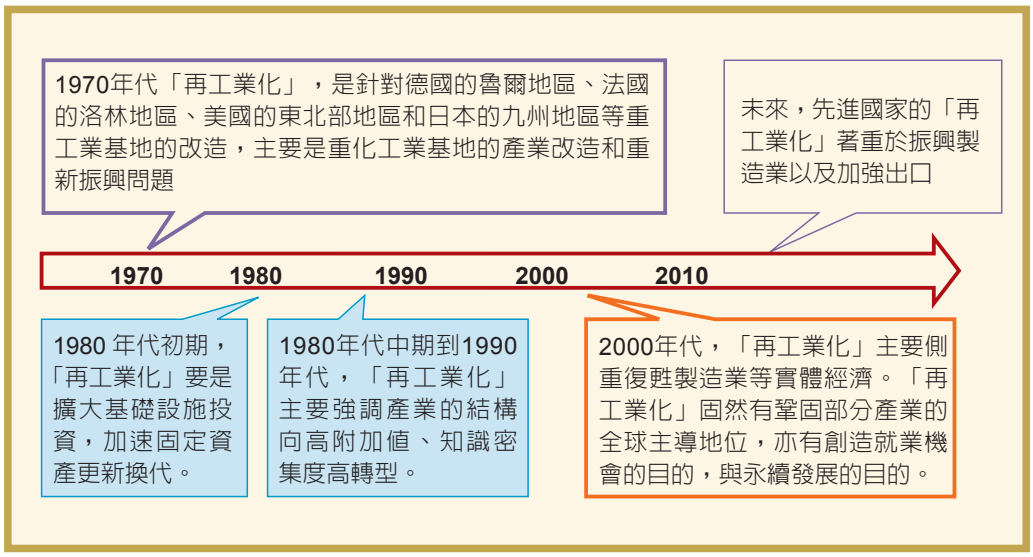


圖1　1970～2010年代「再工業化」發展歷程

進一步而言，「再工業化」也並非近年才興起的新興思潮，回顧其發展歷程如圖 1 所示：1970 年代即有「再工業化」的概念，當時是指德國魯爾地區、法國洛林地區、美國東北部地區和日本九州地區等重工業基地，針對當地進行產業改造和重新振興問題所提出之發展策略。1980 年代初期，「再工業化」改以擴大基礎設施投資，加速固定資產更新換代做為主要號召，及至 1980 年代中期到 1990 年代，更以強調產業結構朝向高附加價值與高知識密集度方向轉型，做為策略發展之核心；時至 2000 年代，「再工業化」的目的轉向側重於復甦製造業等實體經濟，藉由振興製造業及加強出口，企圖重新掌握全球產業主導之地位。

綜合而言，歐美各國推動「再工業化」以扶持製造業，不僅為復甦製造業等實體經濟創造就業機會，更是為鞏固其全球產業主導地位與永續發展等目的。有鑑於製造業對於經濟與就業的重要性，推動「再工業化」政策，不單側重復甦製造業等實體經濟，有鞏固部分產業的全球主導地位，更有創造就業機會與永續發展的目的（Kaushal, Mayor, & Riedl, 2011）。

叁、美國製造回流的重要產業領域與分析

大體而言，內需市場與製造的規模優勢則較可能誘發相關的創新與製造回流。美國具有成為北美地區絕大多數產品的首選供應商，尚且具備足夠的出口優勢，成為全球市場的領導企業（尤其在航太、化學、機械、醫藥設備及半導體等產業）。儘管當前美國製造業的人力與物流成本高於中國大陸，但卻能擁有較大的市場優勢，且這些產業多半都已藉由擴張投資規模、累積智慧財產權、培養高技術性人力以及與顧客建立密切連結等方式，創造出全球性的競爭優勢，可望成為美國再工業化下的焦點產業。

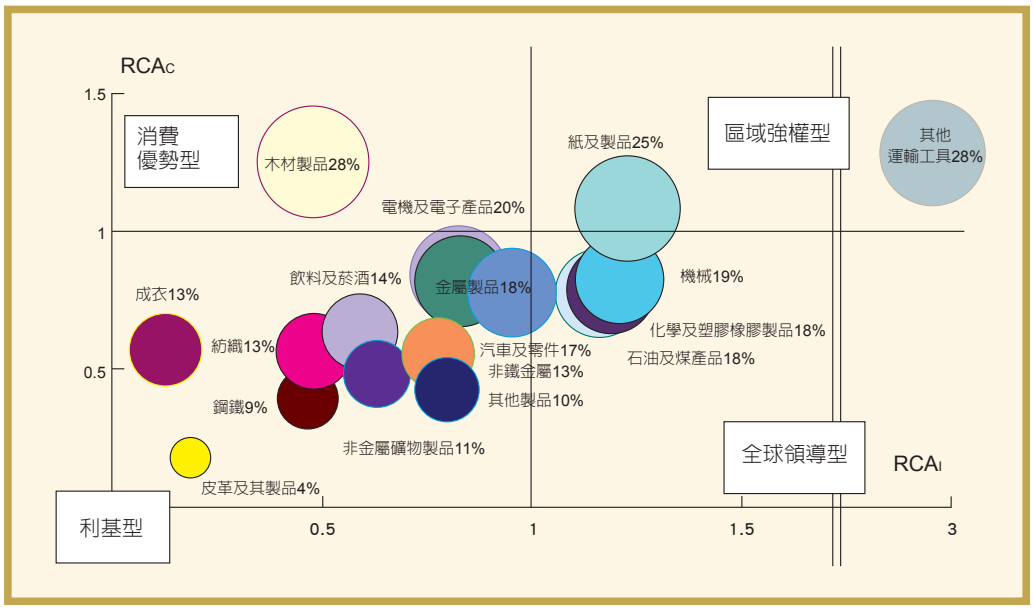
至於部分產業美國已是全球最大的市場，相鄰的墨西哥和加拿大也具有極佳的市場潛力；再者，其產品的特殊需求，如較短的運輸時間、安全與靠近供應產地等，使生產成本的重要性逐漸降低。是故，大部分美國製造商仍可從北美市場獲利，至少可望成為北美市場的領導者。

本研究沿用顯示性比較利益指標策略評估製造部門的國內消費與製造相對規模優勢，其計算模式如下：

其中，RCA_C ＝美國消費內需各業比重／全球消費內需各業比重

RCA_I ＝美國產出各業比重／全球產出各業比重

RCA_C 與 RCA_I 算式分別表示特定產業 I 在美國的市場規模優勢與製造規模優勢之水準；其中，RCA_C 代表該產業在美國的市場顯示性比較利益，RCA_I 則代表該產業在美國製造的顯示性比較利益。結合 GTAP 8.1 版資料庫，可計算 $RCAc$ 與 $RCAi$ ，將製造業部門區分為四群（詳見圖 2）：



註 1：產業分類按照 GTAP 分類別。

註 2：圓圈大小與數字代表美國消費市場所屬產業占全球比重（單位：%）。

資料來源：計算自 GTAP 8.1 版資料庫。

圖2　美國製造與國內消費優勢製造業部門

一般而言，*RCA*>1 表示該產業具有優勢，反之 *RCA*<1 則不具競爭力。據此，進一步對美國製造業 *RCAc* 與 *RCAI* 分為四大產業族群，分別為（1）全球領導型產業（global leaders）；（2）區域強權型產業（regional powers）；（3）消費優勢產業；與（4）利基型產業。具體而言，屬於全球領導型產業與區域強權型產業較可能有回流的潛力。但值得注意的是，以 *RCA* 區分產業群組並非絕對，仍須結合其他指標。因此，以下的產業的群組分析，跳脫產業 RCA 值大於或小 1 的絕對區分，各產業部門括號內的前後數值分別代表 *RCAI* 與 *RCAc*。

（一）全球領導型產業（global leaders）：美國製造比較優勢較高，國內消費優勢較低的產業。例如：石油及煤產品（1.16, 0.77）、化學及塑橡膠（1.18, 0.78）、機械產業（1.21, 0.82）。近年來在美國頁岩油氣開採實現商業化降低製造成本，以及先進製造技術的政策引導下，已成為製造業回流的代表。

（二）區域強權型產業（regional powers）：美國製造相對優勢較高，國內消費相對優勢較高的產業。國內消費市場可做為引導產品創新的驅動力，成為美國維繫製造優勢的重要領域。例如，紙及紙製品（1.23, 1.07）、汽車以外運輸工具（2.99, 1.24）。

（三）消費優勢產業：國內消費相對優勢較高，而製造相對優勢較低的產業，可透過國內需求結合創新優勢，帶動製造業回流的誘因，主要為木製品（0.48, 1.25）。

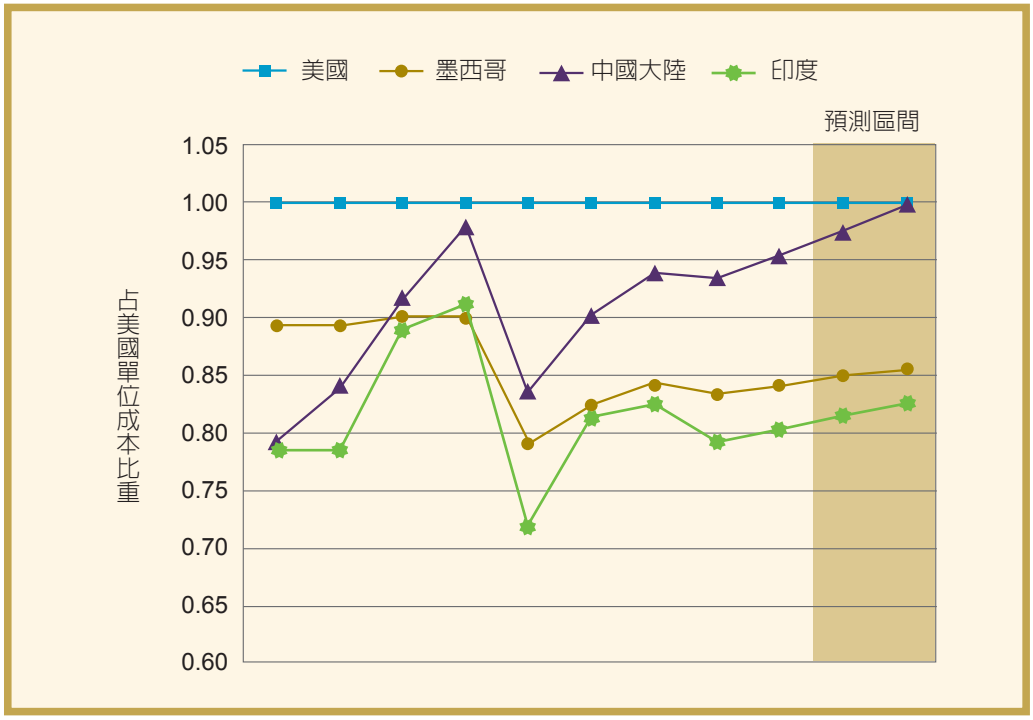
（四）利基型產業：利基型產業為國內消費與製造相對優勢較低的產業群組。主要包括皮革製品（0.19, 0.18）、成衣（0.12, 0.56）、紡織（0.48, 0.56）、鋼鐵（0.47, 0.39）、飲料及菸酒（0.59, 0.62）、非鐵金屬（0.78, 0.56）、非金屬礦物製品（0.63, 0.48）、金屬製品（0.83, 0.81）、汽車及零件（0.96, 0.77）以及其他製品（0.80, 0.43）等。

其中，消費優勢產業與利基型產業的廠商若選擇回美製造，提供客製化產品的服務，藉此滿足國內特定的需求偏好。值得注意的是，以上四類的產業分類是有其相對的概念，並非單依賴數值的計算。

根據 Boston Consulting Group（BCG, 2012 年）針對年營收在 10 億美元以上的美國企業執行長進行調查的結果顯示，高達三分之一企業正計畫或考慮將生產線從海外移回美國。預估在 2015 年前為美國額外創造出 200 萬至 300 萬個工作機會，並為美國增加約 1,000 億美元的經濟產出。BCG 指出，2012 年製造業回流美國只是初期階段，高峰可能落在 2014 ～ 2015 兩年。美國製造業回流的趨勢已從如奇異電器、開拓重工、惠而浦、通用電氣、福特汽車等傳統工業部門，擴展至與台灣供應鏈緊密關係的電子高科技產業。依據 BGG 的分析，5 年內會達到移回美國生產的產業計，包括如「電腦與電子」、「機械」、「五金製品」、「家用電器與電氣設備」、「家具」、「橡 / 塑膠製品」、「運輸工具」等 7 項。

Pisano and Shih（2012）強調，本土創新能量對生產活動的支持亦足以影響製造回流。歐美多數廠商的製造布局取決於財務報酬率，將製造視為成本中心，而非創新活動的一環，忽略了製造外包或外移可能損及廠商的創新能力。結果，製造業外移已嚴重侵蝕將創新發明轉換為高品質具價格競爭力商品的能耐。其關鍵是，廠商必須判斷在什麼情況之下，製造活動與創新的結合，會成為歐美再工業化、將製造據點移回本土的重要條件；而相對地，在某些情況下，仍有部分製造據點難以移回，製造活動需維持外包以降低成本。Pisano and Shih（2012）調查顯示，65%以上的企業在 2025 年前都不會停止對美國製造業資產和技術的新增投資，其也呼應美國對大多數廠商來說，仍是頗具吸引力的投資地區，且諸多企業正觀察將生產基地從亞洲等地區搬回到北美的契機。

美國諮詢公司 Alix Partners（2013）公布 Manufacturing-sourcing cost index（圖 3）顯示，目前美國相對中國大陸、墨西哥與印度等國的到岸成本（landed cost）仍高。2005 ～ 2008 年間，因能源成本上升，到岸成本一度上升。近年中國大陸工人工資持續成長，人民幣相對於美元升值。若加上非貿易障礙如行政程序、傾銷訴訟、供應鏈風險、相關土地廠房建設成本（包含隱形成本）、自動化技術、勞工素質，以及有關環保與認證等問題，中國大陸到岸成本自 2009 年起，快速上升，預期 2015 年相對美國的外包優勢將消失。相對的，墨西哥與印度仍保有外包優勢。



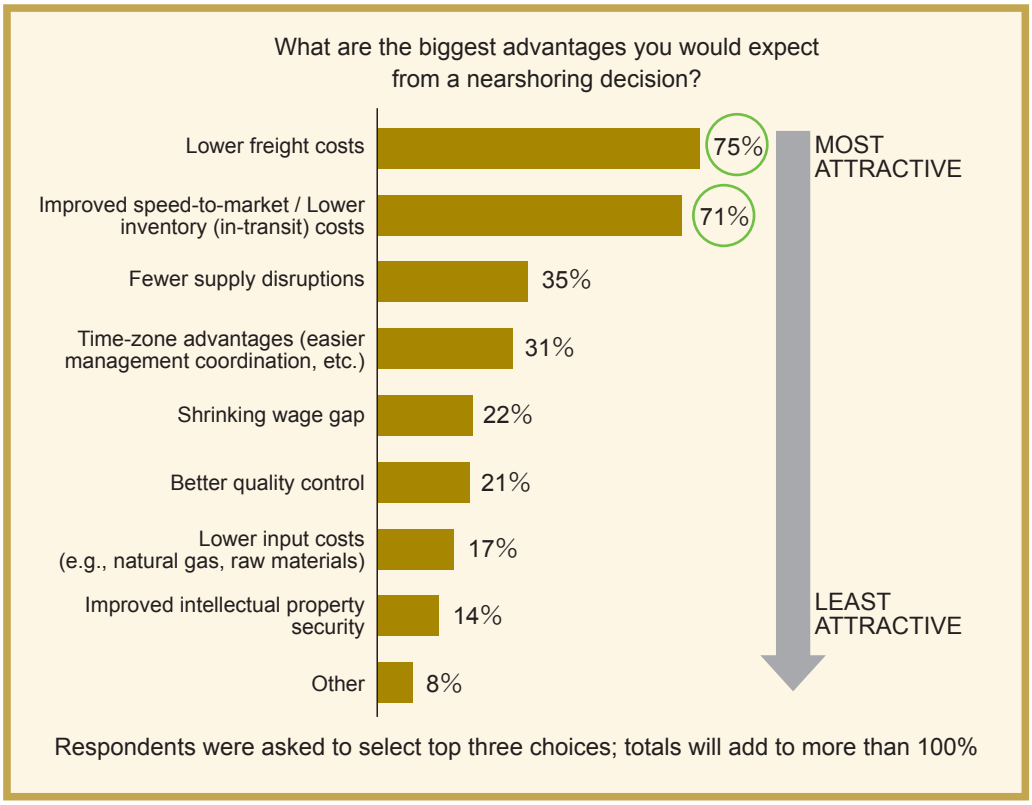
資料來源：美國諮詢公司 Alix Partners（2013）。

圖3　AlixPartners 製造外包成本指數

此外，產品競爭的白熱化以及產品交期時間愈為縮短，都為企業回歸美國或近岸外包（nearshoring）提供誘因。廠商於中國大陸工資走揚與空運成本上升，以及自動化普及的情況下，目前集中東亞區域的生產局勢有調整的空間。Alix Partners（2013）調查美國廠商近岸外包的動機，最大的優勢為降低運輸成本，快速回應市場的變化與降低存貨成本（見圖 4）。

肆、先進製造技術與第三次工業革命

歐美提出再工業化政策，其中將推動先進製造技術，以及普及產業化應用，藉以提高本土製造業競爭力列為重點之一。根據 2012 年 4 月《經濟學人》



資料來源：美國諮詢公司 Alix Partners（2013）。

圖4　美國近岸外包重要考慮因素

指出，人類已經進入「第三次工業革命」時代。回顧歷史上幾次工業革命，第一次工業革命發生於 18 世紀末，以機器取代手工，20 世紀初的第二次工業革命，特色為大量生產，近年來興起的第三次工業革命，則以「數位化製造」為概念，包括：智慧軟體、先進材料、精密機械、以 3D 列印技術為核心，結合新製程與網際網路服務，將顛覆傳統的商業模式。未來大量生產製造模式或可能發生質變，進入協同設計與客製化生產少量多樣化的時代，藉此滿足不同顧客需求。

其中，3D 列印[2]技術，或稱為積層製造（Additive Manufacturing）技術，其不同於傳統的減法製造需由材料雕琢出可用的部分，而改由堆疊方式一層層製造出新物件，這種改變可能影響製造業的原有生產模式。由於 3D 列印具「低模組化」與「生產技術成熟度低」的特性，極適合成為美國推動再工業化的新興產業。本文以下擬針對 3D 列印作為先進製造技術之發展與應用的案例研析。相對於傳統的生產流程，3D 列印為一種立體物體的加工製造，具有功能性、經濟性與用料精省等特點（見表 1）。

表1　傳統生產流程與3D列印技術的比較

比較	傳統生產流程：鑄模工藝（沖壓、鍛造）	3D 列印技術：生成型工藝
功能性	優點：適合大量生產、速度快、技術成熟、相關人員經驗豐富 缺點：製程較複雜，且造成多次品管、運輸及倉儲成本、生產中不易做輕微調整、不易生產高複雜度產品、原始模型與量產後成品有落差	優點：可生產高複雜度的產品、較具修改彈性、原始模型與量產後的成品品質相同、開發新產業的商機、結合數位科技可以成為新型態電子商務 缺點：量產時速度相對較慢
經濟性	開模（需設計、制胚、灌造、加工等） 缺點：提供客製化成本較高	優點：適合小批量生產、提供客製化生產、生產流程縮短、較具環保節能之優勢 缺點：機器成本仍偏高、技術尚未成熟（如精確程度、電腦軟體等），前景仍不確定、相關人才不足
用料	缺點：產生下腳料、油墨等原料浪費	優點：省去模具外胚胎製作階段，直接生成模具、節省材料、提高品質（如重量較輕、硬度提高等） 缺點：原料來源仍不穩定、材料特殊稀缺，導致價格偏高

資料來源：整理自富比士各期報導。

[2] 這項技術由 Charles Hull 於 1984 年發明至今，已有近 30 年歷史，近年因數位環境成熟、基礎技術專利到期，以及價格降低等三大因素，帶動 3D 印表機價格走低，使得該技術擴散至個人與企業，可以製作出「減法」難以完成的特殊立體造型。

一、3D列印技術的優點與限制

一般 3D 列印製作步驟如下：首先，以 CAD（電腦設計）等軟體製作待製物體的 3D 數據；其次，把設計數據轉換成切片狀態；最後，發送至 3D 印表機進行生產加工。3D 列印有助於將製造轉型進入批量客製化的世代，大幅提升製造效率，並克服傳統加工方式遭遇的製造問題。但當前 3D 列印在大量生產的速度仍遜於傳統製程，因此主要應用包括可以較低成本進行小批量的客製化生產，有效節省原材料的使用，多年來大部分用於原始模型（prototype）的設計，特別是於航空、汽車零件及醫療器材等領域。大致而言，3D 列印技術顛覆傳統的生產模式，具有「節省製造空間」、「有效降低生產耗損」、「節省能源成本」、「製作迅速高良率」、「高度生產彈性」、「加速產品創新與設計速度」等優點，說明如下：

（一）節省製造空間

3D 列印打破過去傳統製造業的生產線模式，只要有放置 3D 列印機的空間即可，不需要傳統生產線的工廠，可節省大量空間，有利於接近市場布局。

（二）有效降低生產耗損

過去製造產品先行生產個別零組件，再將零組件組合成最終成品。每製造一個零件，就可能浪費部分材料，且最終須將所有零組件運送至特定地方進行組裝。然而，運用 3D 列印技術，所有材料是按照一層層黏貼成形製作，大幅降低材料耗損。此外，由於產品是一體成型無需另行組裝，亦減少大量組裝所需的多餘零件。

（三）節省能源成本

根據美國能源部（Department of Energy）預估，積層製造相較傳統減法製造法，可節省製程能源的消耗超過 50%（邱慶龍，2013）。

（四）製作迅速且具高良率

由於整個製程是透過電腦程式全程控管，產品製作迅速且良率高，可 24 小時全天無間斷進行生產，並可在同一地點全程生產成品，減少運送成本與降低風險。

（五）高度生產彈性

過去大量生產是傳統產業的競爭條件。相對地，3D 列印生產的單位成本較為平穩，且製作過程迅速彈性。因此，廠商可以先小量生產，測試市場反應，而後再進行產品修改與量產。同時可隨時調整產品功能與式樣，具備高度生產彈性。因而，3D 列印打破傳統的製造業的競爭規則，如「必須具備規模經濟」，或「必須降低單位勞動力成本」等特性。

（六）加速產品創新與設計速度

由於運用 3D 列印的快速原型製造優勢，可以縮短由產品概念與設計至產出的時間。使用 3D 列印不單快速原型製造，且能迅速降低產品開發的成本。結合運用功能完備的設計軟體以及多樣的列印材料，意味著設計人員將能更方便地在早期設計階段加速產品原型的製造，並從事各種反覆修改，從而提升產品的創新與設計速度。有助於產品設計人員能夠專注於產品本身的設計與開發，無須憂慮生產的相關流程。

然而另一方面，3D 列印雖具有許多優點與發展潛力，但目前仍有「列印材料受限」、「列印價格偏高」、「列印技術尚未成熟」、「專利門檻高」等發展限制。

整體而言，目前對於大多數傳統製造企業而言，3D 列印主要扮演提升研發效率與降低研發成本，及輔助製程的角色，然離大規模商業與工業化應用的階段尚有一段距離。但由 3D 列印產業研究機構 Wohlers Associates 在 2012 年報指出 [3]，2011 年積層製造產業的年複合成長率高達 29.4%，高於過去 24 年歷

[3] http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/4428/Wohlers-Associates-Publishes-2012-Report-on-Additive-Manufacturing-and-3D-Printing.aspx

史統計 26.4%的成長率，預估未來幾年仍將保持兩位數的成長。目前市場上約有 28%的 3D 列印機是用來生產最終財，預估 2016 年以後有機會超過 50%。Wohlers 預估 2015 年全球積層製造產品與服務將達 37 億美元的產值，2019 年市場規模更進一步擴大至 65 億美元。

二、先進製造技術對產業前景的可能影響

3D 列印技術不僅為歐美再工業化的重要基石[4]，亦衝擊整體製造業的運作與供應鏈結構等面向。預期 3D 列印技術在近年來開始普及，關鍵因素在於「列印設備低價化」、「網路服務成熟」及「材料種類增加」等特性，說明如下：

（一）3D 列印設備低價化

早期的專利大多掌握在 3D Systems、EOS 兩家廠商手中，但目前兩大廠商手中的專利已陸續過期，因而開放社群得以進行研究與推廣 3D 列印技術[5]。由於技術發展快速，3D 列印機生產成本普遍下滑、售價降低，有助於促進其普及化[6]。2011 年全世界個人用 3D 印表機的供貨量大約 2.3 萬台，相較前年增加 4 倍左右[7]，顯示產品低價化與普及化，已開始帶動需求呈現倍數成長。

（二）網路服務成熟

隨網路服務發展漸趨成熟，不僅使人們易於分享獨特設計，更使「大量客製化」的獲利模式可望成真，客製化與大量生產將不再是兩道平行線。隨

---

[4] 3D 列印技術於 1980 年代興起，美國擅長塑料，歐洲則發展金屬製造。

[5] 「3D 列印商機完全解析」，數位時代，2013/04/09。其中，最著名的是 RepRap 開源硬體專案，能從社群取得所有建造 3D 印表機的資訊，成立於 2009 年的家用印表機品牌 MakerBot 廠商，即根據 RepRap 專案生產 3D 印表機，花費 2 千多美元就能購得最便宜機型，而這並非僅是少數個案。

[6] 在 2010 年，Stratasys 公司 3D 列印機的售價為 1.5 萬美元，但就在 1985 年，3D 列印機的製造成本高達 70 萬美元。近年來，日系廠商連續推出僅 10 萬日圓的 3D 印表機，提升個人與非製造業企業購入與使用 3D 印表機的意願。

[7] 「3D 列印開花宣言（上）人人皆可製造的時代」，日經技術在線中文網，2013/03/08。

著社交網絡服務（Social Networking Service, SNS）推動的資訊交流日趨活絡，消費者逐漸接受 3D 列印的產品，3D 印表機相關的網路服務電子市場亦相繼出現。同時，3D 列印可以融入新的電腦輔助設計技術，並通過網路發送到全球各地，有助落實客製化設計與便捷化生產各類訂製產品的程序。

（三）材料種類增加與產業領域擴大

3D 列印的新材料及應用範圍正不斷被開發出來，甚至涵蓋製造業以外的其他產業領域，如：醫療和食品等。根據 Gartner（2012）[8] 預測 3D 列印技術，約需 5 ～ 10 年，可望從利基市場發展為成熟技術。

整體而言，由於 3D 列印市場正在擴大，投入該市場的企業持續增加，企業彼此競爭更加劇烈，進一步引導 3D 印表機的價格走低，伴隨網路服務普及；以及材料種類的增加，帶動 3D 列印之應用進入高速成長階段。隨著 3D 列印能使用的材料越來越多，以及能夠製作的精密程度越來越高，3D 列印的應用範圍也不再侷限於工業用模型製造，而且延伸其他產業應用領域，包括：國防與航空、汽車工業、保健市場、消費零售市場、供應鏈、製造業，以及商業及其可能的發展（見表 2）。

三、先進製造技術與商業模式創新

3D 列印技術的發展可能重塑產業的樣態，尤其開拓小型企業的生存空間。商品製造亦由資本密集型，轉變成更接近藝術與軟體的商業模式，有利於創新創業的發展。尤其是，3D 列印和其他數位生產技術的特點，在於其不存在規模經濟的問題。製造多個產品或單一產品的單位成本並沒有太大差異。因此 3D 列

[8] Fenn, J. and H. LeHon (2012), Emerging Technologies：What's Hot for 2012 to 2013, Gartner, PowerPoint, September 19, 2012。

表2　3D列印的衝擊層面與發展情境

	近期	可能的發展	未來的情境	相關產業
國防與航空	飛行 器重量減輕 少量的零件	列印整個機翼 應用在太空探索 在戰場列印	列印整個飛行器 自修復的軍事運載工具	飛機製造 飛機零組件 機體製造 飛機維修 運輸設備
汽車工業	設計與原型 售後的客製化與車輛維修	某些車輛的輕量和特殊零件 由群眾設計與製造的車輛	由3D列印出的富創造性的車輛	汽車製造 車體製造 汽車零組件 汽車維修 汽車銷售
保健市場	牙科及骨頭移植 醫學設備 製藥	用於移植的組織和簡單列印的器官 奈米級的藥物 複雜列印的器官		醫材 藥品、醫用品 化學製品 醫學設備
消費零售市場	驚奇的產品 客製化的產品 DIY社群的普及	店裡的新體驗及創新行銷 與消費者共同創造	年長消費者也為自己購買3D列印機	電子商務 網路拍賣 設計 行銷
製造業	快速的產品設計 少量的特殊產品製造 列印的零件運用於電子產品	新產品將具有列印製成的零件 重新組裝 3D列印與傳統製造共存	工廠裡將有成排的3D列印機	食品 紡織 金屬加工與製品 樹脂材料 電子零組件 3D列印設備
供應鏈	列印工作室服務小眾利基市場 粉末鈦和其它材料的需求高漲	材料回收重複使用 離岸生產模式受到挑戰	商業模式重整 直接供應：運送設計，而非成品 對新產業的資本將重分配	全球運籌管理 物流倉儲 軟體設計 網路服務
商業	智財權議題爭論 群眾集資的模式成熟	3D列印相關的新公司林立 由於需求行為改變，商品價值將有所調整	對新產業的資本將重分配	物流 法律 行銷

資料來源：整理自 Srinivasan, V. and J. Bassan（2012）。

印製造的優勢在於製造少量多樣化產品。相對地，大規模生產的優勢在於重複製造與標準化，而 3D 列印則有利於個性化與客製化。數位製造時代的一大特色為規模生產與客製化之間做出選擇，目前兩種生產模式已經成為自動化的製造方法。

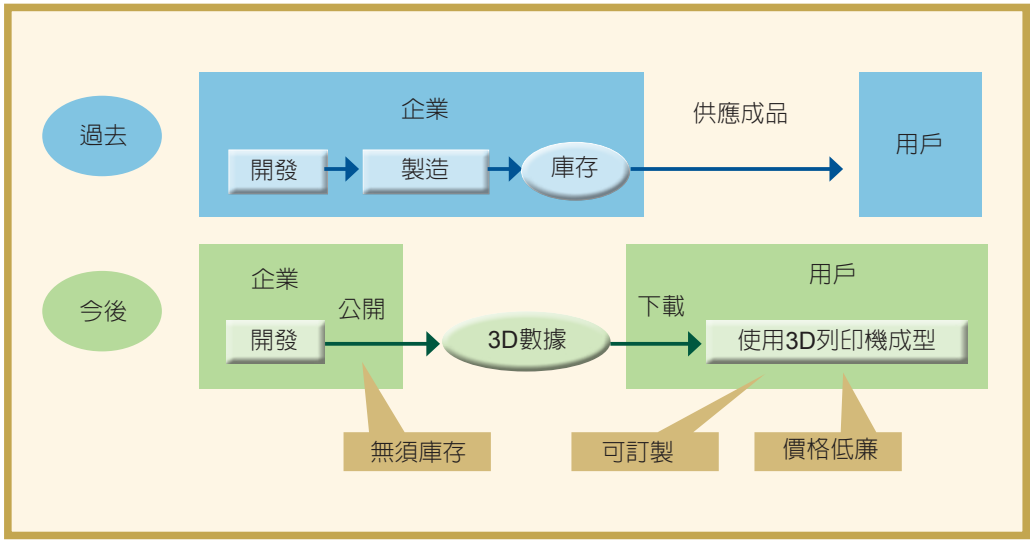
3D 列印的數位製造顛覆傳統製造經濟學有關大規模生產的優勢，傳統製造最大的投入為前期的工具和模具投入，而且產品越複雜，更改越多，成本也就越高。3D 列印製造則剛好相反，傳統製造中昂貴的投入在數位製造中消弭。

3D 列印技術除了改變未來生產模式，並配合社群網路及雲端科技的發展契機，可能引發新型商業模式，對於廠商銷售模式及全球布局產生重大影響，包括：（1）「社群式製造」（social manufacturing）模式，協同合作生產方式的出現。由於雲端科技與智慧型手持裝置的蓬勃發展，加上社群網路已成為全球同步溝通的平台，未來廠商可先經由社群網路試探產品的市場反應，並與消費者互動協同設計與生產。提供一個共創（co-creation）的管道，雙方亦可共享獲利（co-sharing），模糊傳統製造與消費者的界線[9]。（2）轉變產銷模式，降低企業庫存壓力[10]（見圖 5）。3D 列印在零件維護項目的應用前景值得期待。例如：企業可望藉由 3D 印列模式降低長期儲備辦公設備零件維護成本。企業對於已經停產、需求量不大的產品維護零件將只需保留 3D 資訊。用戶只需利用資訊，按照需求到附近的營業場所、3D 印刷服務公司即可訂製成型產品，有助企業實現最小化庫存成本。

---

[9] 2009 年成立 Quirky 是基於此概念成立的公司，Quirky 從網路上募集創意清單，使用者只要繳交 10 美元，就能在網站上提出自己創作產品的雛型，廣大網路社群可成為產品顧問。Quirky 每週會選兩個最熱門的計畫登上網站「頭條」，社群提出建議與訂價。最終，Quirky 會利用 3D 列印做出模型 (prototype)，並且與通路商議上架藉以落實商品化。

[10]「3D 列印開花宣言（下）試製門檻降低，革新開發流程的好機會」，日經技術在線中文網，2013/03/12。



資料來源：日經技術在線中文網，2013/03/12。

圖5　轉變企業與用戶關係

同時，3D 列印亦可促進代印代銷的新商業模式成形。3D 列印廠商為客戶製他們設計的各種產品，並為客戶提供銷售其創意產品的網路平台。設計者不必花費在開模生產，與承擔大量成品的製作庫存成本的風險，3D 列印廠商亦可從上傳作品得到許多免費的設計資源，提供了創新創業的成長空間。

伍、歐美再工業化對我國產業政策意涵

一、我國產業政策的調整

歐美再工業化對我國產業政策的調整，至少有以下層面值得進一步掌握：

（一）美國「再工業化」具有正面效益，但僅有部分產業具備回流的條件。美國製造業仍具全球競爭力，首先，美國是世界第三大出口國，僅次於德國與中國大陸。前三大出口產業集中在（1）機械與設備；（2）化學、橡膠、

塑膠與燃料；（3）運輸設備。加上近來頁岩油氣的成功開採技術突破與應用，化學與運輸設備業不僅是美國主要的出口產業，而且附加價值高，成為美國推動「再工業化」優先選擇產業對象。

（二）吸引回台生產的製造業對象需有策略性選擇：單純勞力密集之低附加價值產業目前在我國亦無市場競爭力，未必是鼓勵回台生產的產業對象。相對地，除「加強推動台商回台投資方案」側重國際品牌行銷、價值創造、研發創新與事業營運模式等方面具有規模優勢的台商外，亦可鼓勵回流企業在台打造綜合貿易商，支援我國產業的全球市場布局。

（三）歐美再工業化牽動我國海外投資布局，需有協助廠商佈局先進國家的作法：中國大陸在歐美再工業化趨勢，以及國內生產成本上漲下，可能面臨產業雙移轉的壓力。勞動密集產業有移向東南亞趨勢，跨國企業屬於資本密集及技術密集產業則有遷回歐美市場的可能。作為跨國企業重要供應鏈一環的台灣產業，也面臨生產再佈局的壓力。自然，生產基地回流台灣是重要的選擇之一。在歐美再工業化的推動下，配合國際大廠生產線遷回本土，有可能需要輔導台商開發歐美市場的需求，再進行海外布局調整。

（四）台美經貿談判面臨美國進一步開發亞太市場的壓力，我國需有對應談判策略：著眼於亞太市場的重要性提升，美國結合運用出口倍增計畫，以開拓亞洲市場強化製造業競爭力，進而改善國內就業機會。預期，美國將結合運用 TPP，積極開發亞洲市場。我國或可思考如何透過台美 TIFA 對話契機，運用美國在亞洲市場再布局的機會，強化台灣在全球產業鏈的可能角色。

（五）結合運用快速產業化的能力，主動開發多元海外市場的策略：針對中國大陸等新興市場的崛起，有必要加強相關的產品與製程的創新研發，尤其我國 OEM/ODM 廠商過去習慣於為先進國家品牌大廠提供製造服務，未來有可能轉向開發新興經濟體的市場。

二、先進製造技術發展對我國產業相關政策的建議

與歐美再工業化高度相關的先進製造技術，其發展主要表現在兩個面向，一是精密的工程技術；二是以 CIMS（Computer Integrated Making System；電腦整合製造系統）為代表的機械製造高度自動化。觀察目前歐美先進製造技術主要呈現在六大技術領域：（1）數控技術；（2）電腦輔助設計與電腦輔助製造；（3）特種加工技術；（4）機器人技術；（5）成組技術（6）柔性製造系統。目前各國均積極發展先進技術，其中又以「3D 列印」最受到矚目，其技術已有效綜合上述六大先進製造技術的基礎特點。

關於 3D 列印技術的後續相關發展，最值得關注者為其衍生「社群製造」（social manufacturing）等新型的商業模式。此模式不但將促使全球產業鏈逐漸被壓縮與簡化，亦可能將離岸外包（off-shore outsourcing）模式轉向近岸外包（near-shore outsourcing）與國內生產並重的模式。本研究針對歐美再工業化相關先進製造技術，以 3D 列印的發展為例進行研析，對於可能誘發的商業模式創新，以及可能的風險，羅列以下建議。

（一）以實務面觀之，部分技術成熟的產業仍存在製程創新的可能性，而製程技術的突破，則可能進一步改變產業競爭的局面。我國需特別留意先進製造形成的「去模組化」衝擊：新科技有時會使產品設計與製造的關係趨向緊密。

（二）應把握重要專利到期的契機，加速推動 3D 列印等先進製造關鍵技術的研發。影響 3D 列印最重要的多項專利，即將在 2015 年到期，台灣應加速推動 3D 列印的關鍵技術研發。特別應強化國際科技合作：應透過聯盟合作機會，進一步促進台廠與國際 3D 列印等先進製造大廠展開技術合作的可能，協助台灣企業與學研單位機構參與媒合活動，尋求雙方合作的機會。

（三）應協助穩定材料供應：目前台灣許多材料必須仰賴進口，為了確保材料穩定供應，政策上可協助增加材料來源供貨穩定度並提升議價空間。

（四）培育專業技術人員，以滿足 3D 列印繪圖軟體設計、操作與設備維護等人才之需求。3D 列印主要以雷射技術為基礎，另得搭配列印機設備製造與維護、列印材料、3D 列印軟體等開發，預計 3D 列印發展進程將會引爆一波人才需求。台灣未來可結合工具機產業的數位製造技術，轉換到 3D 列印軟體設計與製造的創新能耐。

（五）加速電子商務法規的調整，強化對應 3D 列印的社群製造（social manufacturing）環境。建議營造社群製造模式的有利環境，提供給設計、製造與消費一個協同創作的環境。3D 列印技術所衍生的社群式製造模式，有利於創造出一個給設計師、製造商與消費者協同創作的環境，並可促進代印代銷模式興起，相當適合台灣中小企業的發展型態。未來政府若能規劃結合電子商務的銷售平台，應有助於台灣製造業擺脫代工低毛利的命運，中小企業與個人可專注於創新設計與拓展行銷通路，同時帶動服務貿易的成長。

（六）儘速通過立法規範，建立安全防護網，避免 3D 列印可能衍生的社會負面衝擊。3D 列印技術亦引發有關社會層面的議題。首先，在社會與國安方面，包括武器等[11]。另外，高精密度 3D 印表機，以及特殊材料的輸出許可需要妥善管制。其次，在智慧財產權方面，倘若商品數據藍圖可以輕易從電腦下載，如同影片或音樂一般的進行複製，將助漲盜版更加猖獗。第三，在安全認證方面，由於不同列印材料種類與等級、列印機精密程度，與加工程序皆會影響最終產品韌性、強度與安全性。綜合上述衝擊層面，需要協調相關部會即早因應，並且儘速通過立法規範，建立一套完備的監管機制。

---

[11]（1）3D 列印塑膠手槍，或是手銬鑰匙可輕易突破安檢形成維安漏洞；（2）美國去年有集團用 3D 列印技術，製成 ATM 插槽的讀卡機，搭配攝影機監控提款人，取得帳號和密碼進行盜領。

陸、結論

根據 BCG 預測，美國製造業將可望在未來 5 年內復興，而在考量到勞力與成本之比重、運輸成本、及時上市（time to market）、生產線與設計團隊之距離等策略需要，大量外包給中國大陸的時代即將結束，其也有可能影響我國在全球的產業地位。於經濟全球化的長期趨勢不可逆轉下，但全球經濟格局的調整和轉型，無疑給我國經濟發展模式帶來深刻影響。歐美再工業化驅動製造回流下，似有給台灣更進一步的挑戰，但也帶給我國重新思考如何吸引產業回流的契機，填補過去產業長期過度外移造成的問題。另一方面，歐美再工業化亦有其先進製造技術的突破，結合新商業模式的形成，也對我國經濟有其挑戰與發展機會。

一、歐美「再工業化」策略存在差異

美國再工業化政策動機在於透過刺激國內需求與穩定金融機構，達成帶動國內經濟成長之目的。同時促進國內勞動市場發展，所採行的策略偏重於強化出口動能與扶植中小企業等兩大面向。並將洽簽自由貿易協定及參與區域貿易整合等促進貿易自由化之措施，列為其主要的實行策略。

相對地，歐洲的再工業化活動則將重點置於研發創新活動之推廣，特別是能源環保相關領域的研究與商業化活動。其目標在於制定並執行製造業的研發與創新發展戰略，協助歐洲製造業朝向知識密集且具創新動能的部門轉型。進一步以發展新興產業及結合新型科技的方式，提高歐洲製造業的競爭力及穩定其國際市場地位，最終達成使歐洲成為知識經濟、包容社會、綠色經濟等成長模式的目標。

二、再工業化策略成效判斷

基本上，根據松村博行（2013）觀點，歐美再工業化未必全然樂觀。雖然近年來海外生產成本與運輸成本不斷提升，但要因而帶動美國製造業回流，尚需成功壓制美國國內勞動成本（特別是新員工）的上升速度，方能形成促進製造回流的誘因。但即使如此，美國製造回流仍有其侷限，觀察目前能夠移回美國本土的製造業別，多由中國大陸移回且集中在北美市場為主。另根據 Pisano and Shin（2012）一文指出，產業型態若具備高度模組化特質，則有利於海外外包生產，加上美國長期以來並不擅於供應鏈生產管理，因此部分產業的現有供應鏈若是偏長，研判仍屬不易回流的產業。

另外，美國製造回流亦有其侷限，主要是以內需市場為前提的產品製造。歐美製造回流可能面臨人才不足的挑戰。缺乏具有相對技術的人才，足以妨礙製造回流。歐美製造業外移已久，支持當地製造業的許多因素，如供應商、技術工等，早已流失殆盡，未必能夠輕易重建產業鏈，達成製造業回流的目標。

相對地，歐美各國的先進製造科技發展，可結合龐大內需市場的優勢，可享有產品差異化進展。將有別於過去大量製造的主要生產模式，可透過控制機械加工生產少量精密零件的方式來獲利。3D 列印生產便是先進製造的一個典型例子，在電腦控制下製造複雜的零件製造，從而降低客製化、差異化的製造成本。就歐美再工業化後，不單是製造業的回流，可預期將可形成新的商業模式。

總體言之，歐美國家推動再工業化逐漸成為趨勢，然而由於歐美國家製造業已長期外移，因此其再工業化政策在短期內急需擁有專業技能的人才，與豐富生產經驗的製造廠商支持。我國應把握美國推動「再工業化」的目的之一：吸引企業到美國投資的契機，儘速於台美貿易暨投資架構協定（TIFA）與台美雙邊投資協定（BIA），協助台灣製造業廠商赴美投資先進製造業，藉此獲取先進製造技術並同時拓展美國市場，提升台商進行「數位化」與「客製化」生

產的營運能力，擺脫台商長期代工陷於低毛利的窘境，以及降低過去台灣 FDI 過度向中國大陸集中的風險。為此，相關產業與技術政策也需加以調整，藉以因應未來需求。另一方面，台灣可以思考的是如何運用快速產業化的能力，與為製造業外移和重建所苦的部分歐洲國家，進行技術產業化的合作。我國亦可學習德國致力藉由創新持續提升工業競爭力的作法，再建技職體系對於人才的供給刻不容緩，應以國家為實驗場域進行製造前瞻技術所開發之產品的應用與採購。

參考文獻

1. Ezell, S. (2012). "Why the United States Needs a National Manufacturing Strategy." Innovations：Technology, Governance, Globalization, 7 (3), 179-191.
2. Kaushal, A., Mayor, T., & Riedl, P. (2011). "Manufacturing's Wake Up Call." Strategy+ Business, 64, 30-44.
3. Levinson, M. (2012). "Manufacturing the Future: Why Reindustrialization Is the Road to Recovery." In New Labor Forum (Vol. 21, No. 3, pp. 10-15). The Murphy Institute / City University of New York.
4. Pisano, G. P., & Shih, W. C. (2012). "Does America really need manufacturing?" Harvard Business Review, 90 (3), 94-+.
5. Sirkin, H. L., Zinser, M., & Hohner, D. (2011). "Made in America, Again. Why Manufacturing Will Return to the US." The Boston Consulting Group. http://www.bcg.com/documents/file84471.pdf

6. Srinivasan, V. and J. Bassan (2012), "3D printing and the future of manufacturing," CSC LEADING EDGE FORUM, http://assets1.csc.com/innovation/downloads/LEF_20123DPrinting.pdf
7. 松村博行（2013），「製造業再興を目指す米国の試み――オバマ政権のイニシアチブとその限界」，立命館国際地域研究，第 37 号，2013 年 3 月，頁 37-53。
8. 董安琪（2011），「全球化下台灣的產業發展與產業政策」，http://www.econ.sinica.edu.tw/upload/file/1129_1.pdf
9. 趙郁竹（2013），「3D 列印商機完全解析」，數位時代，2013/04/09。
10. 邱慶龍（2013），「雷射與積層製造的重要性」，雷射光谷推動促進網，http://www.laservalley.org.tw/upload/i_technology/marketplace-13-01.pdf