機器人、自動化與先進製造

# 機器人、自動化與先進製造

機器人、自動化與先進製造科技研析：原規劃進行「我國科技預算分配機制之現況與未來」之深度研析，然為因應未來技術研析規劃之任務需求，故調整為進行「機器人、自動化與先進製造科技研析」。預計分成以下幾部分進行資料蒐整分析，第一部分為全球自動化與先進製造趨勢分析，第二部分為國內外外重要政策與推動進展，包含重要技術發展項目偵蒐等，第三部分為我國與知識存量、技術能力以及產業成接力之潛力分析，最後提出綜整分析結果與建議。

## 緒論

智慧機械 at 5+2 產業創新成果

### 全球先進製造發展趨勢

德國工業4.0  
美國AMP  
日本society 5.0

<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10358>  
德國於2011年率先於漢諾威展（CeBIT）提出以虛實整合、將製造技術、資訊技術結合網際網路為核心理念的第四次工業革命「工業4.0」，主要透過結合電腦運算領域以及感測器和致動器裝置之「虛實整合系統（Cyber-Physical System, CPS）」，實現「智慧製造」為核心的「智慧工廠」，透過數位化、智慧化轉型實現價值創造與商業模式創新的新一代工業革命(Kagermann , et al., 2013)。德國倡議「工業4.0」的背景，實際上是因為當前製造業面臨很大的壓力，主要包括：人力、原材料、能源、土地等生產要素成本增高；還有來自於資源與環境法規的更趨嚴謹；另外是來自市場的壓力，網際網路時代，消費力市場抬頭，需要個性化、訂製化的產品或解決方案，製造業企業需要改進技術和模式，廠商必須非常靈活地透過快速響應才能符合市場的需求，以具備可持續發展的競爭力（王喜文，2016）。

美國倡議實施「再工業化」，於2012年制定政府主導「先進製造夥伴計畫（Advance Manufacturing Partnership, AMP）」的國家級製造業策略，聚焦能快速商品化的新興科技，並分享政府研發設施，促進產學合作協同研發以降低商品化風險，目標為重新取得國際製造競爭力的領先地位，

陳良基 (國土及公共治理季刊文稿)  
德國在2013年以工業4.0做為規劃智慧製造政策目標的起始點，並展開相關行動方案與研發計畫，2016年再提出數位策略做為強化工業4.0發展的主要策略（Digital Strategy 2025），亦成立人工智慧研究中心（German Research Centre for Artificial Intelligence, DFKI）致力於人工智慧研究與發展，範疇涵蓋數據及知識管理、影像和語言處理、人機互動、機器人等。

美國於2016年公布《國家人工智慧研發策略規劃》（*National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan*, 2016），其發展願景為透過對人工智慧相關技術的投資，促進經濟繁榮、提升生活品質並強化美國國家安全，並擬定七大研發策略。包括：對AI相關研究進行長期投資，開發人類與AI協作的有效方法，瞭解並解決AI對倫理、法律和社會的影響，確保AI系統安全性，發展用於AI模型訓練和測試驗證的共享資料集與環境，透過標準和標竿以衡量與評估AI技術，評估國家對AI研發人員的需求等。

近年來，中國在人工智慧發展上進步神速，在數據保有量、應用場景、計算資源和軟體發展等方面具有優勢（科技新報，2017）。《中國製造 2025》已將人工智慧納入智慧製造的重點任務和主要方向，以深度整合資訊技術與製造技術為主軸，發展人工智慧技術回應智慧製造重大需求，加速人工智慧技術的研發和轉化。今（2017）年七月中國國務院公布《新一代人工智能發展規劃》（中國國務院，2017），重點任務包含布局前沿基礎理論研究、推動基礎學科的跨領域融合、發展關鍵性共通技術，同時透過創新平臺進行協作與工具共享，以及利用「千人計畫」加強人才延攬及培育人工智慧高階人才。中國的發展規劃明確訂出各階段發展目標，至2030年在理論、技術和應用都能具全球領先地位，成為全球AI創新中心以及人才培育的基地。

日本「第5期科學技術基本計畫」（日本內閣府，2016）明確指出：為實現「超智能社會」必須強化基礎技術和人才，各部會須共同合作進行AI等關鍵技術的研究開發和推動。2016年首相安倍晉三指示召開多次跨部會的「人工智慧技術戰略會議」，由總務省、文部科學省、經濟產業省等部會結合產學研界代表共同商議人工智慧發展策略。日本AI策略以產業發展應用為目標，最終發展出新產品、新服務（商業模式），主要關注於發展生產製造、醫療照護、空間移動（自動駕駛）等相關技術，而資訊安全為橫向支撐技術，隨發展進程進行整合、開發與導入。

<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10358>  
以整體經濟社會的前瞻性和策略性思維，推行實現「社會5.0」的科技創新政策與施政措施，活用新一代資通訊技術，以物聯網、大數據、人工智慧、機器人等技術為基礎，打造世界領先的「超智慧社會（社會5.0）」，藉由新經濟社會平台不斷創造新價值和新服務模式，滿足各式各樣社會需求，提升日本的國家競爭力。

<https://tw.appledaily.com/forum/20201015/QDL4RDA73RG45CRZS7C7PRLRHM/>  
2008年金融風暴後美國歐巴馬政府就積極要恢復其製造強國戰略——美國「先進製造夥伴（AMP）」計畫，來發展其先進製造業，各國政府也因應美國戰略紛紛提出對策來因應，其中以德國工業4.0戰略最引起世界矚目

日本再興戰略2016年版，日本就正式提出迎向第四次產業革命戰略，將機器人與IT、IOT、BIG DATA、AI等新技術整合來帶動日本經濟發展，更於2017年提出SOCIETY 5.0的未來投資戰略，讓日本4.0戰略除在製造業領域外，更能影響到其他領域如醫療、能源、基礎設施、金融、物流、農業，讓日本經濟內外都能維持榮景。

韓國製造2030即韓國工業4.0：重點實施四大戰略：以智能化、生態友好型和融合方式創新產業結構；以創新產業取代傳統產業；以挑戰為中心重組產業生態系統；强化政府在支持投資和創新方面的作用，為落實韓國製造業復興計畫。

中國製造2025是中國大陸學習德國工業4.0的戰略，整體戰略圍繞「創新驅動、質量為先、綠色發展、結構優化、人才為本」等五項基本方針，這五個方針正好是中國大陸要從製造大國成為製造強國的核心問題，而創新驅動就是在發展先進製造業，近5年來的推動執行應該有些成果與突破，否則不會成為中美貿易戰的爭論焦點。

台灣持續推動智慧製造之挑戰與策略建議  
<https://portal.stpi.narl.org.tw/index?p=article&id=4b1141427395c699017395c756b3203c>

美國於2011年即提出先進製造業夥伴關係計畫(Advance Manufacturing Partnership, AMP)，該計畫鼓勵製造業回流，增加本國工作機會並帶動經濟，同時也藉著促進產業轉型提升製造優勢。其後於2017 年推出Manufacturing USA」，進一步將人才、資金、創意及技術留在美國本土，以提升產業競爭力並鞏固國家安全。在COVID-19疫情期間，美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)與美國國防部以及美國衛生與公共服務部合作，動員先進製造研究人員開發模具、製程等，使生產防疫用品諸如口罩、防護罩和試管的速度能快速提升；此案例即是藉由國家級實驗室進行科學/科技研究，然後提供一站式解決方案(turnkey solution)，使相關製造產業能夠使用該工具或製程，以快速製造關鍵設備以符合國家需求(Manufacturing USA, 2020)。

此外，面對各國在高科技的高速發展，多位美國國會議員正積極倡議《Endless Frontier Act》法案，該法案目標為擴大美國國家科學基金會(NSF)職權成為國家科學與科技基金會(NSTF)，預定五年內投入1千億美元，增加對半導體、AI、量子運算、先進製造等10個關鍵重點領域之投資，以鞏固美國在科學科技創新方面的領導地位(Young, 2020)。

我國自2016年起推動「智慧機械產業推動方案」，透過運用雲端、大數據、物聯網、智慧機器人等工業4.0技術，希望將台灣精密機械產業升級為智慧機械產業，進而創造就業並擴大整線整廠輸出，相關部會積極鼓勵學研單位進行智慧機械之感測器、模組及製程之創新研發，並推動智慧機上盒(SMB)及輔導團機制，已輔導三百餘家產業與學研單位之研發成果串聯，解決當前產業面臨的問題，使產業升級轉型，促使機械業產值連續三年突破兆元(智慧機械推動辦公室，2020)。

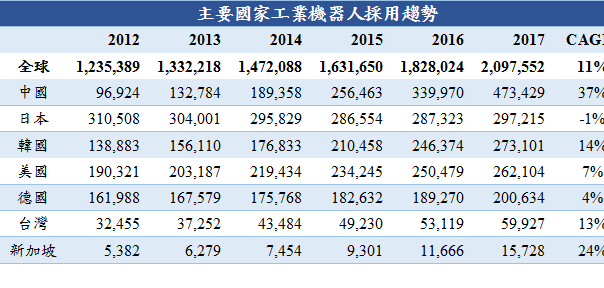
### 各國產業機器人導入概況

( 我國製造業工業機器人採用對其勞動市場的影響\_公務報告& RP)

工業機器人為可自動執行工作的機器裝置，主要是靠自身的動力和控制能力來進行運作。國際機器人聯合會（International Federation of Robotics，簡稱IFR）從1994年開始進行國際機器人生產以及使用調查統計，包含40 個國家涵蓋約90%的機器人生產與使用，為目前全球公認並廣為被使用的機器人調查資料集。IFR對其調查之工業機器人的定義為：可在三個或三個以上軸上進行編程的自動控制、或可重新編程和多功能機械手，以及可以自行定位或移動並用於工業自動化之應用的機器人。

工業機器人不同於傳統的自動化設備，功能簡單、動作單一，新式工業機器人具有三個或三個以上的軸，可以透過軟體編寫機器人的運動，並透過邏輯判斷模型實現機器人的自動控制。當機器人被賦予新式任務時，可以透過重新編寫機器人邏輯判斷模型、或透過人工智慧的深度學習模型、卷積神經網路模型(Convolutional Neural Network, CNN)等重新訓練機器人以符合新工作任務的需求。換言之，工業機器人具有自動校準的功能，可自行定位或移動，修正移動誤差以完成交付的工作或任務。

依據國際機器人聯盟(International Federation of Robotics, IFR)工業機器人調查報告，觀察前五大工業機器人採用國家，以及台灣和新加坡近年工業機器人的採用趨勢可知，中國近年來工業機器人採用的數量不斷攀升，不僅在2015年起超越日本為全球第一，且近6年來的複合成長率將近40%。韓國在2017年超越美國為全球第四，年複合成長率達14%，而日本近年的工業機器人數量似乎出現飽和的現象。2017年我國工業機器人總採用數量達6萬台，且年複合成長率高達13%。



資料來源：IFR (2018)；本研究整理。  
註：CAGR為年複合成長率，數值表2012年至2017年期間的增長。

(備註：2020年報告書(全)無法free download，須確認之前的帳號是否還可以使用，還是要再購買?)

從機器人的應用產業看，我國科學機構於2001年以後方投入服務型機器人之研究，且有愈來愈多的研究計畫投入相關的領域，而工業機器人則因為生產力4.0再興，在近幾年又吸引了研究者的投入。從機器人的運行模式來看，全自動化之自主機器人我國的科研單位有持續的投入，從持續的上升的趨勢。在機器人的移動研究上，一直是研究機器人的一個重點，但是我國的研究者自2006年後步態擷取分析控制規劃之技術突然快速竄起。在構成機器人的關鍵技術上，我國在科研機構投入投入的技術研究有感測器應用、遠端操控技術、人機介面、影像處理辨識技術、視覺系統、導航系統、糢糊理論、類神經網路與人工智慧等，其中感測器、人機介面、模糊理論、類神經網路與視覺系統發展近年來研究投入相對較高。機器手指為近10年的新興研究主題，為機器手臂技術的細部技術。

整體而言，學研機構在機器人領域的持續研究投入，讓我國在科研累積了相當的技術能量，能夠提供未來機器人的發展，若能夠有效運用相關的科研能量，進行既有科研能量的橫向串聯，系統的性培育機器人研發的人才，並在技術、研發設備、實驗場域上提供新創團隊的研發支援，將能夠讓政府過去的科研投資，透過創新團隊將技術轉譯為社會應用，進而產生更高的社會影響。

### 自動化生產對勞動市場與生產力之影響

( 我國製造業工業機器人採用對其勞動市場的影響\_公務報告)

企業藉由智慧化及數位化來降低生產成本、提高生產效率，雖然在自動化的過程可能導致部分工作被取代，產生失業問題，但另一方面，新的科技也會創新的工作機會，新勞動力的需要。自動化和機器人的導入會提高生產效率，生產效率的提升會使產品的價格下滑進而創造更多的產品需求，以及衍生性的支援產業與服務，進而創造更多的就業機會，促進經濟的增長。Bessen(2015)描述科技發展與勞動人口關係時，舉了好幾個例子說明科技發展不僅僅是勞動力取代和造成失業，科技發展也同樣創造出更多的就業人數。19世紀紡織工業革命時，織一碼布的 98% 勞力被自動化，織布的工作從 100% 手工變成僅需 2% 手工，但是織布工業的總從業人數並沒有減少，反而因為布匹的價格下跌後，布的應用變得更多元，導致布的需求大增，造成了織布工業的總就業人數變得更多，產業規模也因此更加擴大。當把一個原本大多由人工執行的職務予以自動化，它的生產力就會大幅提升，供給增加會造成產品的價格降低，價格下跌又會讓更多的消費者具有購買能力或增加商品的採購意願，再次提高產品的需求。織布產業自動化使得19世紀初期，許多人只有一套全手工製造的衣服，然而到了 19 世紀末期，大多數人擁多套衣服，部分家庭在窗戶掛上了布製窗簾，地板上鋪了地毯，家具上鋪了裝飾布。換言之，當紡織的自動化增加生產效率、降低了生產成本會讓布匹的產品價格下滑，人們因而能夠用相同的代價購買更多的布匹並擴展布匹使用情境。大量的布匹應用又導致布匹的需求暴增，新增加的巨量需求足以抵消機器取代人力造成的人力需求減少。

雖然Keynes(2010)和Heilbroner(1965)皆曾提出自動化將使勞動力變得多餘或因機器取代人工造成廣泛的失業現象，然而在過去的自動化和機器人發展的過程中並沒有出現。2013年德國提出工業4.0(Industry 4.0)高科技計畫後，ICT、大數據、人工智慧的整合應用，將帶動新生產模式的產生。隨著工業機器人技術發展，國際數據資訊(International Data Corporation, IDC)預計到2021年將會出現負責機器人監督和協調的智慧機器人代理服務，更接近類人能力的自動化服務將會出現，此種發展預計帶動 30% 的整體效能，卻也引發人們更進一步的疑慮，再次喚起生活、工作被人工智慧和機器人徹底改變的恐懼(林嘉慧, 2017)。

企業藉由智慧化及數位化來降低生產成本、提高生產效率，雖然在自動化的過程可能導致部分工作被取代，產生失業問題，但另一方面，新的科技也會創新的工作機會，新勞動力的需要。自動化和機器人的導入會提高生產效率，生產效率的提升會使產品的價格下滑進而創造更多的產品需求，以及衍生性的支援產業與服務，進而創造更多的就業機會，促進經濟的增長。廠商自動化設備的採用透過負向的取代效應(Displacement Effect)和正向的生產力效應(Productivity Effect)兩種不同方式，影響勞動市場就業的變化(Petropoulos, 2017)：

取代效應：自動化技術直接取代勞動的工作或任務，造成勞動失業的產生。

生產力效應：因自動化設備增加而產生的勞動力需求，或是因自動化造成其它產業對勞動力需求的提高。

## 國內外重要政策與方案推動(投入)概況(含重要技術項目)

### 主要國家

德國工業4.0  
美國AMP  
歐巴馬

日本society 5.0  
<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10358>

日本為兼顧經濟發展與社會課題而率先倡議「社會5.0」，目的在利用科技創新發展解決日本面臨的少子老齡化、人口結構老化導致勞動力不足、能源、資源、糧食短缺、環境問題、自然災害、安全保障等社會課題挑戰，透過物聯網、大數據、人工智慧、機器人等第四次工業革命（「工業4.0」）先進技術發展為基礎，以及跨領域融合擴展應用到所有產業和社會生活中，藉由科技創新政策方向導引與落實未來社會創造的行動方案達到日本在產業創造新價值與新服務、生活與生存方式的改變，不僅要提升產業競爭力，還要提升生活的便利性及解決日本當前社會存在的問題，實現以人為本的超智慧社會（社會5.0）。

日本內閣會議於2016年1月22日審議通過「第五期科學技術基本計畫（2016~2020）」，此期基本計畫的最大亮點是首次提出超智慧社會「社會5.0」概念論述，對超智慧社會給予定義並將之命名為「社會5.0」，所謂「社會5.0」，係透過網絡與實體空間高度融合，將必要的產品或服務在必要的時刻提供給必要的人，跨越年齡、性別、區域、語言的藩籬，完全滿足未來社會人類生活上的各種需求，同步解決經濟發展與社會課題，人們可以享有舒適且充滿活力的高品質生活，追求以人為中心的新經濟社會。日本率先倡議將以世界先驅致力實現超智慧社會（社會5.0）願景，主要意圖是以最大可能應用新一代資通訊技術(ICT)，透過網絡空間與實體空間的融合來解決經濟和社會問題，共享給人們帶來愉悅生活的「超智慧社會」社會型態（日本內閣府，2016a）。

與專注於製造業新生態系統的美國「先進製造夥伴計畫」和德國「工業4.0」不同，日本「第五期科學技術基本計畫」政策重點聚焦於未來的產業創造與社會變革，重新構想產業與整個社會的關係，因此從更高一個層面構建了全新的一個舒適、有活力的社會目標願景（如表1），並在倫理、法律、社會影響(Ethical, Legal and Social Implications，ELSI)等議題建立起全國性共識，期望藉由強化非連續性與破壞式創新，在整個經濟社會中促進全民參與創新，融合網路空間與實體空間，實現社會全體最適化的新經濟社會（日本文部科學省，2016）。

### 我國

智機中心  
蔡孟勳老師  
林盈達老師

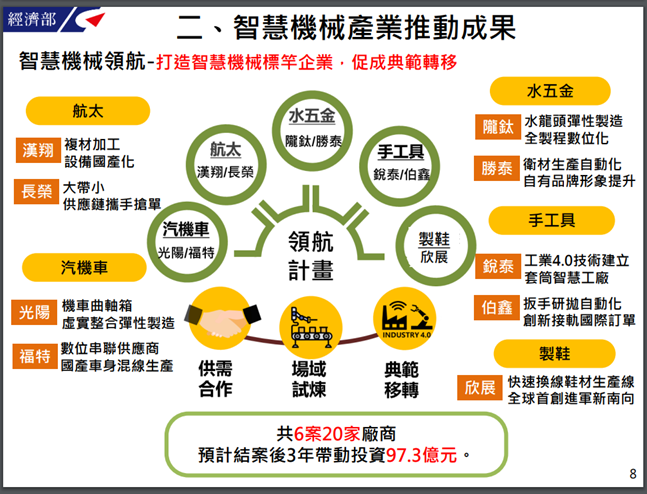
為順應全球少量多樣生產、大數據即時分析的智慧製造發展趨勢，政府自105年7月起推動「智慧機械產業推動方案」，期讓臺灣機械產業從「精密機械」進步為「智慧機械」，並全方位帶動產業智慧化升級轉型，以達成「智機產業化」及「產業智機化」之願景，朝成為「亞洲高階製造中心」的目標邁進。在業者與政府的努力之下，機械產業總產值在106年首度突破兆元大關，成為繼半導體、面板後我國第3個兆元產業，且連續3年產值破兆元。(行政院，2020)

願景  
(一) 「智慧機械」產業化：以精密機械導入機器人、物聯網、大數據、網宇實體系統（CPS）、精實管理、3D列印及感測器等智慧技術，發展智慧機械解決方案，建立智慧機械產業生態體系。  
(二) 產業「智慧機械化」：應用智慧機械解決方案，協助重點產業導入智慧製造，以提高生產力，同時提供創新、客製化或智慧化的產品與服務。

至109年七月底推動成果  
為提高中小企業數位化能力 ，推動中小企業導入智慧機上盒（Smart Machine Box），讓管理者可以隨時查看工廠生產動態，並及時分析與排除各種生產製程問題。共計已推動4,645臺設備聯網，並吸引46家系統整合單位參與，協助11類產業（超過200家）應用端業者投入設備聯網及資訊可視化。

在AI應用加值方面，推動「智慧機械產業創新人工智慧（AI）應用加值計畫」，讓具備數位化能力之忠孝企業業者與上下游供應鏈進行數位串流，提升供應鏈管理效率。共計推動包含工具機、紡織、汽車零組件等15個產業53家中小型製造業與其上下游供應鏈約230家業者，導入AI應用。另協助包含機器人、工具機、自行車及紡織等次產業40家中小企業業者，解決檢測分析及品質預測等問題，加速推動產業製程設備AI化。

另在智慧機械產業領航之標竿企業部分，政府推動「智慧機械領航計畫」，補助包含汽機車、航太、水五金/手工具及製鞋等已具備數位化能力之20家廠商，由工業3.0邁向4.0，突破生產瓶頸，同時建構我國工具機、航太、水五金/手工具、汽機車及製鞋等6大產業聚落試煉場域，預計未來將帶動97.3億元的投資。



有關人才培育，則針對「智慧製造跨領域課程」開發3門共通教材，搭配種子師資培訓及智慧製造跨校跨域教學策略聯盟進行推廣，已有20所學校35門課程使用智慧製造共通教材授課。  
<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/1af112a3-80a1-4f45-bc46-f1ca48d16a30>

台灣自2016年起推動「智慧機械產業推動方案」，透過運用雲端、大數據、物聯網、智慧機器人等工業4.0技術，希望將台灣精密機械產業升級為智慧機械產業，進而創造就業並擴大整線整廠輸出，相關部會積極鼓勵學研單位進行智慧機械之感測器、模組及製程之創新研發，並推動智慧機上盒(SMB)及輔導團機制，已輔導三百餘家產業與學研單位之研發成果串聯，解決當前產業面臨的問題，使產業升級轉型，促使機械業產值連續三年突破兆元(智慧機械推動辦公室，2020)。

2016年 5+2 產業創新 之 智慧機械產業推動方案  
<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvMC85NzMzLzhjYTA2ZmExLWM2MmMtNDRmMC04ZDYxLTFlNWRjYmM1ZTNlNS5wZGY%3d&n=5pm65oWn5qmf5qKwKOihjOaUv%2bmZouWwjeWkluiqquaYjueJiCkucGRm&icon=..pdf>

政府為台灣經濟與產業結構轉型，以「結合在地產業」、「國內需求支持產業」、「進入國際市場」為三大施政目標，提出「五大產業」作為推動重點；另為兼顧環境永續發展，陸續增加了兩項產業，即為「5+2」新創重點產業：綠能科技、亞洲矽谷、生技醫藥、智慧機械、國防產業、新農業及循環經濟。

智慧機械  
整合智慧技術元素(如：機器人、物聯網、大數據、虛實整合、精實管理、3D列印、感測器等)，使其具備故障預測、精度補償、自動參數設定或自動排程等智慧化功能者。

智慧機械推動辦公室 推動策略  
<http://www.smartmachinery.tw/page/about/index.aspx?kind=31>

智慧機械推動之相關計畫，含計畫期程  
<http://www.smartmachinery.tw/page/about/index.aspx?kind=50>

## 我國潛在科研能量

### 知識存量

### 技術能力

### 產業承載力

## 結論與建議