

人機協作對於人力需求及技能發展的影響及挑戰

勞動部勞動及職業安全衛生研究所副研究員 張智奇
財團法人工業技術研究院產業學院副管理師 連瑋鑫



壹、前言

「人機協作」就是人與機器共同作業的一種模式。機器早期僅是輔助人的工具，工業時代後，機器取代大量人力，形成初步的自動化。由於新興經濟模式興起，人與機器有更加緊密的配合，產生人機協作的雛形。人機協作主要是人類透過工作經驗與機器交流，機器依據人類導入的資訊及流程執行作業，人類再根據機器執行結果進行調整，持續改善工作流程，形成一種透過資訊交流的協作模式。隨著客製化與加值型服務的增加，作業型態日趨複雜，彈性生產模式日益盛行，多人多機的協作模式成為主流生產型態。

為有效掌控多人多機間作業的正確性、效益、品質與安全性，必須藉由大量的感測

器及人工智慧的運用，使眾多人力與各式機器間形成一個具備智慧聯網的人機協作大系統。人與機器間，藉由智能化的聯結，串聯多面向的人力與資源，通過智慧聯網與聯網生產的概念，邁入智慧聯網生產的時代，即類似工業 4.0 的生產概念。由於智慧聯網的技術發展，人機協作模式推動產業轉型，加速產業革新，使人機協作成為未來主流的工作模式。

為有效掌握人機協作及智慧聯網生產型態下人力需求的變化，勞動部勞動及職業安全衛生研究所（以下簡稱勞安所）探討各國推動智慧聯網政策的發展策略，並深入瞭解智慧聯網與人機協作對人力需求及技能發展的

影響，希望達到促進國內人力發展及提升生產力的目的，藉由掌握先進國家推行智慧聯網生產造成勞動力轉變衍生問題、因應方法及相關就業政策，探討產業轉型時對人力資源的需求變化，展開新型智慧化產業於人機協作中對人員職能需求，以調查推行所需之專業人力及培育方向。

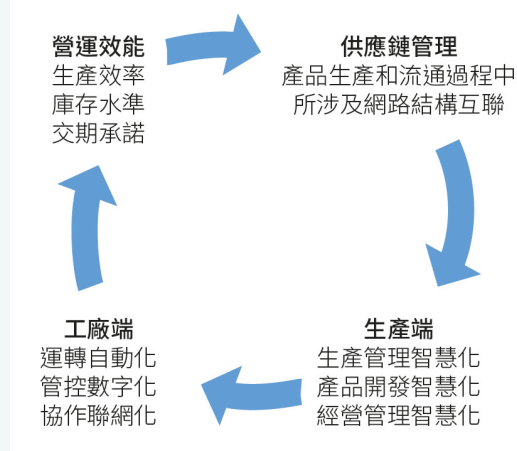
智慧聯網、人機協作等科技不僅創造新職務的需求，同時亦衝擊事務型、重複性高的工作。因此，為因應新職務職能需求，勞動部及各部會除了開發相關職能基準，供辦訓單位引用，以期職業訓練課程能對接產業人才需求之外，勞動部勞動力發展署（以下簡稱勞發署）更為新興職務發展課綱，供辦理職訓課程選用；為減緩科技對勞動人力的工作影響，勞發署亦於職訓課程導入資通訊科技（ICT）應用相關概念，以提升參訓民眾數位技能。

貳、人機協作現況

人機協作不僅是作業方式的改變，藉由聯網技術與人工智慧的運作，還可提升生產端管理、供應鏈管理及營運管理的效能，形成智慧聯網的生產模式。智慧聯網具有產業鏈長、跨多個產業群的特點，如何建立可靠的商業模式，是產業鏈獲利的首要關鍵。其中人機協作是實際執行產出的重要環節，著重在人與機器的溝通，透過機器與機器間數據資料的傳輸，輔以人為彙整與監控，為產業自動化節省大量低技術性人力，並能將人員朝具附加價值或高技術性的工作轉型。由於智慧聯網是集結各種領域技術與知識，共同

形成的應用概念，為發揮人機協作的效能，須先了解整個智慧聯網生產產業鏈的全貌。智慧聯網生產包含生產端以及工廠端的智慧化，生產端智慧化是製造營運的管理智慧化，資訊無縫串連，以達到管理流程自動化。工廠端智慧化是現場設備自動化與智能化與智慧生產連結，將即時且透明資訊傳送至生產端，進行製造生產調整、安排或優化。智慧聯網生產與人機協作模式對產業價值的創造，可由工廠端、營運效能、供應鏈管理及生產端等 4 個區塊來說明，資訊循環傳遞並不斷地做優化的調整，如圖 1 所示。

圖 1 智慧聯網對傳統產業價值鏈的影響面向



目前製造業自動化發展迅速，加快機器取代低技術人力的速度。智慧聯網生產除以機器取代人力外，更著重於價值的創造，領域涵蓋 IT 產業、半導體製造、電子零組件、精密機械、油氣開發與航太製造等。隨著資通訊科技的發展，2015 年臺灣推動的「生產力 4.0」政策，加快智慧聯網生產與人機協作的發展。工業技術研究院機械與機電系

統研究所因應「生產力 4.0」的需求，發展人機協作的核心技術，包含立體視覺定位導引、手眼力協調及安全互動人機介面等自動化關鍵模組，有助於提升人機協作的效能與安全性。藉由智慧自動化生產概念的導入，協助企業因應彈性生產的需求，將傳統製造作業環境轉變為以人為本的生產友善環境。

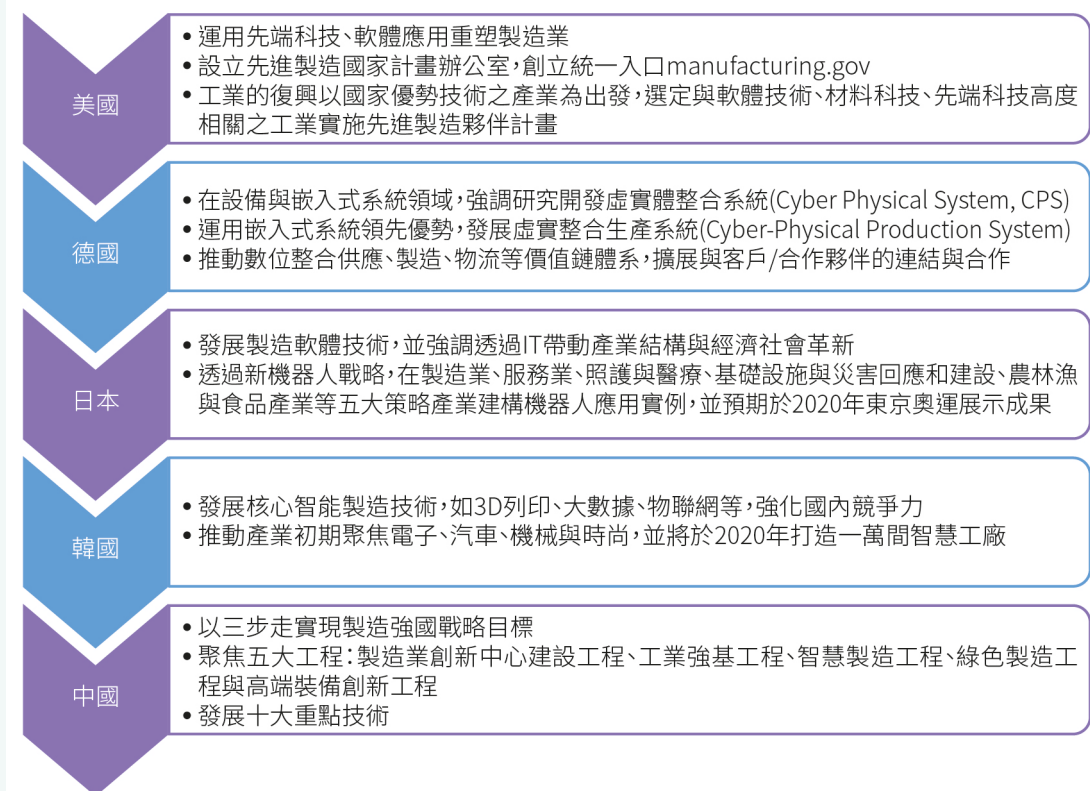
由於各國發展人機協作及自動化的時機不同，因此在自動化效能提升與聯網應用幅度上也不盡相同，所提出的策略與方法也不相同，美、德、日、韓及中國推動工業 4.0 相關策略等，詳如圖 2 所示。

智慧自動化生產概念以機器人為核心，可取代人力枯燥的操作工作，因應少樣多量的生產特性，亦可將機器人技術導入職場服務，發展出不同服務型機器人，創造機器人產業。隨著人機協作的發展，各產業對人與機械協作的模式不盡相同，因此可能衍生出不同層次的勞動議題，必須及早規劃因應，以避免造成勞動市場的衝擊。

參、人機協作人力需求調查

人機協作人力需求，須考量作業本身需求外，尚須考量聯網技術與人工智慧等人力需求。根據國家發展委員會智慧聯網生產相

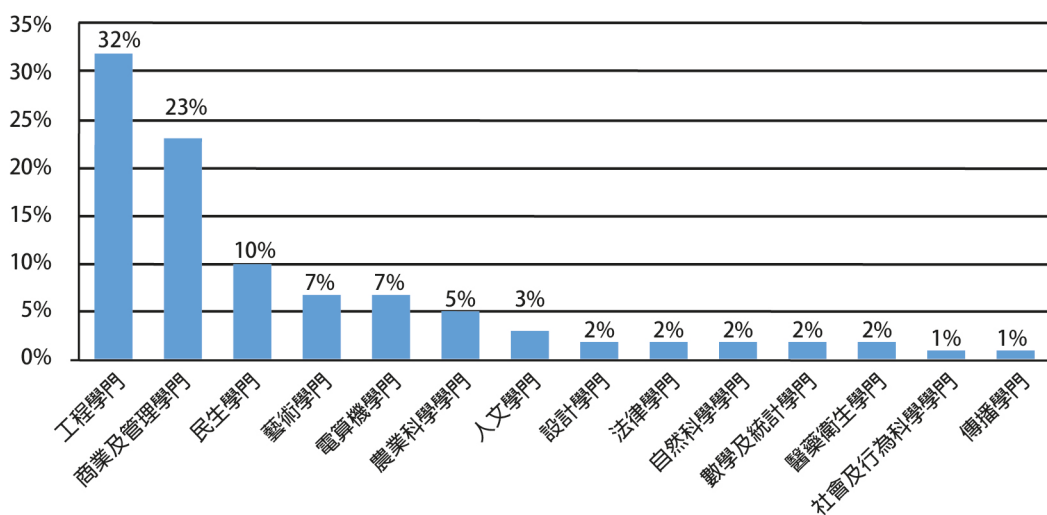
圖 2 各國因應工業 4.0 所推動之政策



關產業所需人才調查結果，在基本學歷要求方面，多以大專學歷為主要需求，而智慧機器人領域對於電子工程師、軟體開發及程式設計則要求較高的學歷，須具備碩士以上學歷。各職類教育程度需求部分，以大專為主要基本學歷要求占 81%，其次為碩士以上學

歷占 12%。對產業專業人才的基本需求，以工程學門占 32% 為最多，商業及管理學門占 23% 次之（如圖 3）；其中，專業人員之職類細項需求項目又以科學及工程（50%）及資訊及通訊（20%）領域需求比率最高，相關人員職能細項需求詳如表 1 所示。

圖 3 職類學門領域需求分布圖



資料來源：國家發展委員會

表 1 各職類細項需求狀況與學門 - 學類需求狀況

各職類細項需求狀況					
專業人員		技術員及助理專業人員		民意代表、主管及經理人員	
所需職類細項	比率	所需職類細項	比率	所需職類細項	比率
科學及工程專業人員	50%	商業及行政助理專業人員	66%	行政及商業經理人員	54%
資訊及通訊專業人員	20%	法律、社會、文化及有關助理專業人員	21%	生產及專業服務經理人員	29%
商業及行政專業人員	19%			餐旅、零售及其他場所服務經理人員	13%
其他	11%	其他	13%	其他	4%

註：本表僅列出各職類中，需求占比 10% 以上之細項職類。

資料來源：國家發展委員會

在研發設計人才發展方面，主要有培育智慧設計（工具機領域）、機電整合（工具機、智慧機器人、橡塑膠機領域）、設備製程了解（電子設備領域）等能力需求。單以各職類學門領域需求而言，工程學門以電資工程學類需求比重最高（51%），其次為機械工程學類；商業及管理學門以一般商業學類需求最多（28%）、企業管理學類次之，如表 2 所示。在工作年資要求方面，多須具備工作經驗，以 2 年以下占 42% 最多，其次為 2~5 年占 36%、5 年以上占 11%，另有 7% 表示無經驗亦可、4% 表示無特別限制。經問卷結果顯示，半導體電子、機械工程、資訊軟體類工程師多需求 2~5 年的工作經驗，其他則以 2 年以下，具有工作經驗即可。

為有效掌握人機協作及智慧聯網生產的人力需求，勞安所藉由行為事例訪談及職能項目調查法，以導入人機協作與智慧聯網生產模式之企業高階主管為對象，針對企業導入前後對勞動力變動、職能需求及企業因應的

方式等，進行個案訪談與問卷調查。根據問卷調查統計結果，保留職能項目被勾選比例超過 50% 的研究樣本。其中以製造類（含製造、專案、研發）與資訊科技類（含製造、研發）之從業人員比率最高，分別占研究樣本之 53.85% 及 23.08%。依不同職務之工作內容與職能需求差異，將 8 類智慧聯網生產相關人員之職能，區分為 5 至 11 項不等之職能項目¹。

受智慧機械發展及市場需求影響，機械產業專業人才需求將持續成長，主要欠缺之專業人才以半導體電子、機械工程等工程研發相關人才為主，同時亦需求資訊軟體、品管、安規及維修服務等類人才。因應全球化競爭及市場需求變化加速，行銷專業人才亦成為人才需求的重點。此外，在廠商面臨人力運用的困難方面，主要包括專業人才不足、不易辨識招募對象的能力水準、優秀人才被挖角及現有人員專業能力不足等。

表 2 學門 - 學類需求狀況

學門 - 學類需求狀況					
工程學門		商業及管理學門		民生學門	
所需學類	比率	所需學類	比率	所需學類	比率
電資工程學類	51%	一般商業學類	28%	觀光休閒學類	38%
機械工程學類	18%	企業管理學類	20%	運動休閒及休閒管理學類	38%
工業工程學類	11%	財務金融學類	11%	餐旅服務學類	22%
		風險管理學類	11%		
其他	20%	其他	30%	其他	3%

註：本表僅列出各學門中，需求占比 10% 以上之學類
資料來源：國家發展委員會

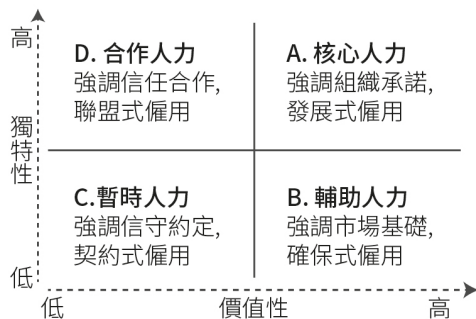
除了人機協作與智慧聯網生產勞動力需求外，勞安所並藉由調查結果，分析產業轉型時可能造成的勞動力排擠，提出人力需求與職能要求分析建議，以提供政府施政參考，並作為企業內部辦理人力調整及訓練規劃依據。

由於全球老年化趨勢及勞力成本增加，傳統職務的人力需求，尤其是勞力密集與低技術的工作職務，不斷調整精減。對企業來說，採用人機協作模式可節省研發人員在高重複性工作的時間，集中心力在更加複雜、靈活度高的設計工作，更能大幅提升創新技術所帶來的產業價值。由職務需求研究結果顯示，針對專業介面的協調人員與工程師職務大幅增加，各領域知識專家的需求也同步上升。由國內外企業導入工業 4.0 人力需求顯示，這些人力需求相對較有利於青年發揮，若能配合適當政策規劃與就業訓練，應能增加青年優質就業機會。

肆、人機協作職能需求評估

職能概念出現於 1970 年初期，其定義為工作妥善執行過程中所需的知識、技能和才能，是員工所具有之潛在基本特質。而職能模組是將潛藏在每項工作所需具備的知識、技能、行為以及個人特質等構成一個模型，且因一個工作職務涵蓋一個或多個職能群組，所以不同職務的職能模組有其分析與發展的必要性。根據美國學者 Lepak & Snell (1999) 定義之人力需求，包括核心人力、輔助人力、合作人力及暫時人力等四類，如圖 4 所示。

圖 4 組織中人力資本結構



註：修改自 Lepak & Snell(1999)

核心人力通常為組織內獨特性與價值性皆高的人力，如中高階經理或具有獨特知識、技術與能力之員工。由於核心人力所具備的技術對組織利益產生之影響較高且不易被取代，因此勞安所優先聚焦於人機協作與智慧聯網生產型態核心人力職能需求評估，並參考勞動力發展辭典對職能分析架構，將職能需求區分為：專業職能（從事特定專業工作所需具備的能力）、核心職能（符合公司文化與策略且適用於所有員工的職能）及管理職能（應用於管理工作的職能），職能需求評估流程詳如圖 5 所示。

為提升各項職能定義與分類的合理性與客觀性，協助修正各項職能定義與分類，針對智慧聯網與人機協作生產勞動力職種與職能需求變動調查，將導入智慧聯網生產後主要成長職種需求與核心職能發現歸納如表 3¹。

在導入智慧聯網與人機協作過程，需求成長持續超過 50% 的職務，包括機器人感知系統工程師、機器人機電整合工程師、智慧手持裝置嵌入式系統 / 應用軟體工程師、巨

圖 5 智慧聯網生產勞動力職能需求研究流程圖

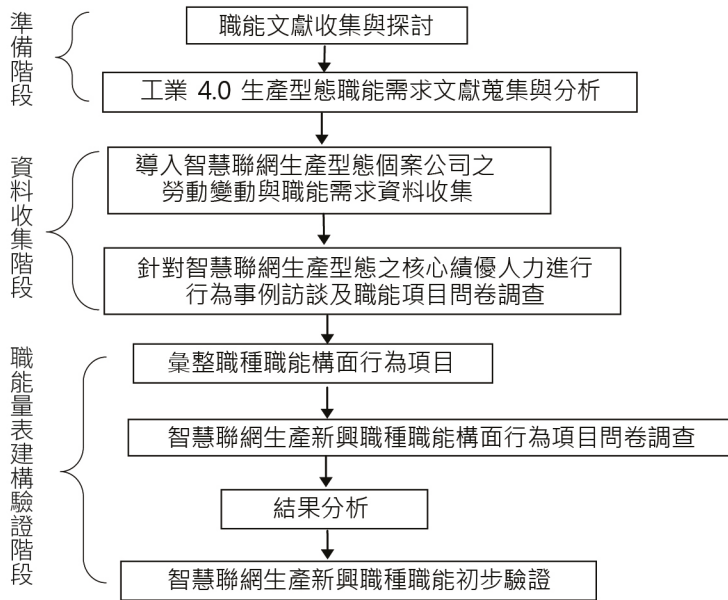


表 3 導入智慧聯網生產後持續成長之工作職務種類與核心職能項目¹

導入智慧聯網生產後持續成長之工作職務類別與核心職能		
職稱項目	職務類別	核心職能項目
機器人感知系統工程師	生產專案人員	關係建立、協商談判、問題解決、資訊蒐集、組織 / 規劃、自發性、彈性變通、市場敏感、成效導向、產品知識等共 10 項
智慧手持裝置嵌入式系統 / 應用軟體工程師	資訊科技研發人員	協商談判、問題解決、資訊蒐集、自發性、彈性變通、市場敏感、人際影響、成效導向、產品知識、產業知識、簡報技巧等共 11 項
巨量資料分析師	科學、技術、工程、數學 - 工程及技術人員	協商談判、問題解決、資訊蒐集、組織 / 規劃、彈性變通、市場敏感、產品知識、產業知識、自我挑戰等共 9 項
網站 / 系統設計規劃 / 開發人員	生產 / 資訊科技研發人員	整合生產研發人員及資訊科技研發人員之職能項目：組織 / 規劃、自我挑戰、協商談判、問題解決、資訊蒐集、自發性、彈性變通、市場敏感、人際影響、成效導向、產品知識、產業知識、簡報技巧等共 13 項
系統整合工程師	生產製造 / 專案人員	整合生產製造人員及生產專案人員之職能項目：關係建立、協商談判、問題解決、資訊蒐集、組織 / 規劃、自發性、彈性變通、市場敏感、成效導向、產品知識等共 10 項。

量資料分析師、物聯網應用工程師、網站/系統設計規劃/開發人員及系統整合工程師等職務人員，顯見智慧聯網生產型態導入後，造成企業相關職務需求大幅變動。

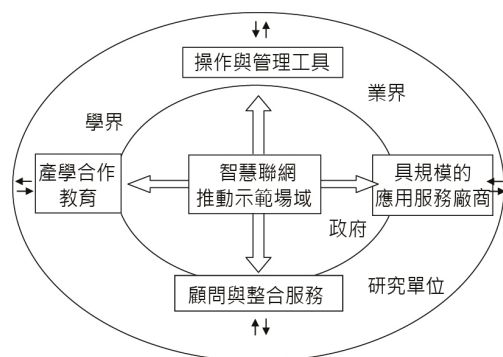
除了核心職能外，為能順利完成相關工作，亦須具備該專業工作所需之專業職能。根據製造業導入智慧聯網生產調查結果，職務需求持續成長的職業包括機器人感知系統工程師、機器人機電整合工程師、智慧手持裝置嵌入式系統/應用軟體工程師、巨量資料分析師、物聯網應用工程師、網站/系統設計規劃/開發人員及系統整合工程師等，與資通訊科技領域 (ICT) 技能密不可分。

因此，為協助企業及其從業人員專業職能得以完成工作，勞動部及經濟部等部會遂發展相關職能基準 (見第 32 頁表 4)，盼由職能基準的開發，使職業訓練課程能標準化且具一定訓練品質，以對接且符合產業的人才需求。

伍、人機協作職能發展策略與規劃

為掌握人機協作人力需求與後續發展，前述勞安所的研究也針對產業導入人機協作與智慧聯網生產之勞動力變動與職能需求與趨勢進行調查與分析，提出人機協作與智慧聯網生產概念下勞動力需求規劃，涵蓋人機協作與智慧聯網生產勞動力職能需求評估、新興職種職能評估及新興職種職能驗證。透過蒐集智慧聯網生產人工智慧與機器人的運用，及相關生產數據等，分析人機協作與智慧聯網所帶來的新型態生產模式、服務型態與勞

圖 6 發展智慧聯網與人機協作架構¹



註：修改自 Lepak & Snell(1999)

動力需求轉變，除掌握人機協作與智慧聯網生產的應用現況，並提出政府、研究機構及產學界等的整合架構，希望促進智慧聯網與人機協作的快速發展，架構詳如圖 6 所示。

在人機協作與智慧聯網生產職能需求調查方面，35 位受訪企業核心人員均強調人才在跨領域整合、彈性變通、關係建立、協商談判、人際影響、問題解決、自發性及自我挑戰等核心職能的必要性。除了專業知識外，跨領域技能與態度相關之專業職能對於人員是否能勝任智慧聯網生產型態新興職種職務至為關鍵。包括：

1. 重要知識之職能項目，包括：產品產業知識、市場敏感等。
2. 跨知識與技能之職能項目，包括：人際影響、資訊收集、簡報技巧、協商談判、問題解決、組織規劃等。
3. 跨技能與態度之職能項目，包含：關係建立、人際影響、成效導向等。
4. 態度之職能項目，包括：彈性變通、自發性、自我挑戰等。

表 4 導入智慧聯網生產後需求持續成長的工作職務及其專業職能

職稱項目	工作描述 *	專業職能 (例舉)*	發展單位
機器人感知系統工程師	依據機器人產品目的與特性，選用或研發適當的感測元件；將感測器擷取之訊號轉成可用資料後，運用高效能法則（演算法）的架構，使機器人具有環境感知能力，以協助空間定位、避障規劃、路徑規劃、人機互動等設計	人工智慧、感測處理演算法、雲端智慧管理系統、各種通訊協定、人機介面設計、高階程式語言設計知識等	經濟部
機器人機電整合工程師	參與產品或專案先期設計及規劃，並依客戶功能需求，進行機械及電控系統模組之設計、整合與測試規劃，使其符合品質安全規範，進而達成機器人系統最佳化		
通訊產業智慧手持裝置嵌入式系統韌體工程師	依據硬體產品應用設定韌體基本需求，並依標準規範分析歸納硬體、系統與介面規格，撰寫韌體程式，測試及改善與維運韌體程式、驅動及系統軟體等項工作	嵌入式系統（如 Linux 或 RTOS）核心與系統程式撰寫及開發能力、各類作業系統驅動程式的介面規格及開發知識等	經濟部
物聯網應用工程師	以產業需求的思考角度出發，熟悉物聯網系統之組成架構與雲端服務模式，提出安全及可行之物聯網解決方案，並具備有效排解問題的能力以確保系統順利運作	雲端技術與服務架構基礎、物聯網資料交換格式、無線通訊技術、雲端備援與 HA 機制等	經濟部
巨量資料分析師	依客戶或公司自訂目標，能具體執行資料加值的各項作業，協助產品建構與決策最佳化	網頁資料擷取概念、分散式儲存概念、雲端運算概念等	經濟部
網站/系統設計規劃人員	進行網路/系統之設計、開發及測試等相關工作	IT 軟硬體及安全協定與標準、執行程序間通訊的大型應用程式開發技術、資料庫管理系統等	勞動部
網站開發人員	進行網站架設、網頁程式開發與維護		

註：* 係參考勞動部勞動力發展署職能應用平臺相關職能基準

隨著分享經濟、個人化經濟、隨選 (On-Demand) 經濟與服務經濟四大新興經濟模式急速竄起，未來產業升級模式應著重於智慧化與服務化的生產模式。傳統產業廠商可透過數位網路與合作夥伴加強合作，提供解決方案和系統，有效擴展系統外的數位化服務及額外的客戶利益，創造新的人力需求，進一步建立新興經濟模式所需人力需求模式。為掌握工業 4.0 的進程與發展重點，企業需先有全球化競爭的危機意識，再針對自身條件做產業升級，尋求產業內協同合作及國際互助資源，以利企業轉型並依實際情況調整。我國企業因應智慧聯網生產的方式大都為導

入自動化設備或機器人，並朝關燈工廠方向推動，與德國朝開創加值型服務之規劃不同，短期內雖可達到精簡人力與降低成本的目標，但長期可能不利產業升級與人才發展。

由於已導入智慧聯網生產的企業均強調核心職能的必要，並建議教育機構、職訓單位與研究機構等，應共同發展與開辦智慧聯網及人機協作所需的各項專業課程，以加速培育專業人才及跨領域人才。因此，勞發署自 2018 年起即開發「物聯網應用工程師」、「電控設計工程師」、「機電整合應用工程師」、「行動應用程式 (APP) 開發」、「智

慧建築綜合佈線」及「智慧綠建築輔助設計專案人員」等課綱，供各分署依其轄區產業特性，靈活運用於所開辦的職業訓練課程，包括物聯網應用設計班、物聯網開發與行動裝置應用班、自動控制（微處理與 PLC 控制）班、機電整合班、網路管理與通信技術整合實務班、智慧電子實務應用等班。同時，亦藉由產業人才投資方案、勞工自主學習計畫等方式，整合民間訓練資源，推動辦理 AI 智能等相關職業訓練課程（如 AI 智慧系統整合應用人才就業養成班、數據分析與 AI 人工智慧應用班等）。

除了因人機協作時代來臨而新增的工作職業 / 職務及其職業訓練外，對於受到影響、將會減少的工作人員（如第一線生產操作人員、倉管人員等）也需要再培訓（re-skilling）。因此，勞發署亦廣泛地在機械、電機、程式設計、建築、商業設計及商業行銷等各領域的自辦職前訓練課程中，導入資訊通訊科技（ICT）概念課程，並透過業界講師講述科技應用與產業實務結合的案例，盼能協助參訓民眾提升共通性數位能力，有效促進產業升級與人才培育、擴大就業機會。

陸、結語

對於製造業而言，工業 4.0 最終目標不是以機器取代人力，而是以科技與網絡智慧地運用生產機械 / 工具，整合現有生產資源、改善生產效能。正因科技引進與運用驅動工作內容、方式及型態之改變，並使工作職業 / 職務受到影響。為了能在工業 4.0 時代下更有效率地展開工作，勞動人力須具備

結合工作或流程的專門知識（如操作機器或更換工具）與 IT 技能（包括最基礎的表格製作、系統介面使用，到高階的系統語言編寫、運作及數據分析等）的能力⁶（Boston Consulting Group, 2016）。在工業 4.0 的時代，勢必衝擊既有工作，但同時也將創造大量跨領域、跨職能的工作機會。因此，對於個人或從業人員而言，新工作並不會以熟悉的形式出現，比起隨時有可能被淘汰的特定技能，對於學習本身的熱愛、持續學習、擴增所需技能更至關重要。

此外，政府相關部門亦應著重於科技人才培訓效能之提升、促進科技人才跨領域技能並強化勞動移動機能，掌握科技人才就業相關訊息，結合產業團體或區域工業團體之資源，協助產業調查未來發展所需人力和職能缺口，依產業需求建構相關職能基準，落實職能品質認證，建立人才培育的機制，連結研究單位、學術界及產業界，形成以衛星工廠或聚落產業共同培養關鍵人才之發展模式。

參考文獻

1. 張智奇、林懿貞，智慧聯網生產型態下勞動市場供需與青年就業促進研究，勞動及職業安全衛生研究所，2017。
2. Tim O' Reilly，未來地圖(譯)°wtf? what's the future and why it's up to us, 2017。
3. 波士頓諮詢顧問公司(Boston Consulting Group)，工業4.0時代的人機關係- 到2025年，技術將如何改變工業勞動力結構，2016。
4. 鍾文雄，AI智慧發展下，產業勞工應具備之職能，2019。
5. SEMI Taiwan，工業4.0大權，從淺到深一篇搞懂它，2019。
6. 波士頓諮詢顧問公司(Boston Consulting Group)，工業4.0時代的人機關係- 到2025年，技術將如何改變工業勞動力結構？(2016.05)